

**Samband mellan energi-
besparande åtgärdsprogram
och resurskrav på ekonomin
— sysselsättning,
underleveranser**

Thomas Sterner

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	
Plac	ser

K
ALL

R96:1982

SAMBAND MELLAN ENERGIBESPARANDE ÅTGÄRDSPROGRAM
OCH RESURSKRAV PÅ EKONOMIN - SYSSELSÄTTNING,
UNDERLEVERANSER

En metodstudie för att utveckla modeller för bedömning och optimering av energisparande åtgärdsprogram i bebyggelsen; speciellt med hänsyn till deras effekter på sysselsättning och användning av knappa resurser.

Thomas Sterner

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 791391-7 från Statens råd för byggnadsforskning till National-ekonomiska institutionen, Göteborgs Universitet.

I Byggforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R96:1982

ISBN 91-540-3770-0
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm.

LiberTryck Stockholm 1982

INNEHÅLL

INLEDNING	5
1. BYGGNADSINDUSTRIN. STRUKTUR OCH KAPACITET I RELATION TILL GENOMFÖRANDET AV ENERGISPARPROGRAM	7
1.1 Inledning	7
1.2 Byggnadsverksamhetens struktur och utveckling	8
1.3 Tillgång och efterfrågan på byggarbetskraft	11
1.4 Storlek och effekt av energisparande åtgärdsprogram	18
Appendix 1: Temperaturzoner	22
2. INPUT-OUTPUT MODELLER I BEDÖMNING AV DE SAMHÄLLSEKONOMISKA EFFEKTERNA AV ENERGIBESPARANDE ÅTGÄRDSPROGRAM	23
2.1 Sammanfattning	23
2.2 Förenklad beskrivning av 'LUMO' - Långtidsutredningens modell	24
2.3 Effekten av energisparande åtgärdsprogram värderade inom ramen för en Input-Output modell	32
2.3.1 Inledning	32
2.3.2 En metodologisk utvikning	33
2.3.3 Kostnader i termer av minskad privat konsumtion	35
2.3.4 Kostnader i termer av ökat produktionskrav..	36
2.3.5 Effekten av flaskhalsar	37
2.4 Utblick mot mera generella input-output modeller	39
Appendix 2: Resultat av körningarna: tab 2.1-2.5 ..	42
3. ANVÄNDNING AV LINJÄR PROGRAMMERING FÖR UTFORMNINGEN AV OPTIMALA ÅTGÄRDSPROGRAM FÖR ENERGISPARANDE	63
3.1 Sammanfattning	63
3.2 Bebyggelsens energikonsumtion	65
3.3 Linjärprogrammeringsinsatser för optimala åtgärdsprogram	67
3.3.1 Ett enkelt exempel med två regioner	69

3.3.2	En LP modell med flera regioner, yrken & energisparåtgärder	71
3.4	Begränsningar i modellen och vidare utveckling	73
	Appendix 3: Variabellista, kapitel 3	75
4.	OPTIMALA ÅTGÄRDSPROGRAM - RESURSAL- LOKERING ÖVER TIDEN	77
4.1	Sammanfattning	77
4.2	Modellens uppbyggnad	79
4.3	Översikt över modellens funktionssätt	82
4.4	Utformningen av en optimal bana. Sammanfattning	84
4.5	Villkor för en optimal bana	86
4.6	Tolkning av resultaten	91
4.7	Vidare utveckling av modellen	96
5.	SLUTORD. KOPPLADE MODELLER FÖR UTFORM- NINGEN AV OPTIMALA ÅTGÄRDSPROGRAM FÖR ENERGISPARANDE, FÖRSLAG TILL VIDARE FORSKNING	99
	SUMMARY IN ENGLISH	105
	LITTERATURFÖRTECKNING	107
	TABELL OCH FIGURFÖRTECKNING	109

INLEDNING

Byggnader tillhör de mest långlivade av alla kapitalvaror och byggnadssektorn är därmed dimensionerad för att bygga, reparera eller byta ut byggnader i en omfattning som endast motsvarar ett par procent av hela byggnadsbeståndet under varje år. Detta gör att anpassningen till exempelvis högre uppvärmningskostnader går förhållandevis långsamt. Sjuttitalets kraftigt höjda energipriser innebär att en stor del av byggnadsbeståndet är felaktigt optimerat ur energisynpunkt och riksdagen har beslutat om tämligen omfattande åtgärder för att minska energiförbrukningen i bl a byggnader. De åtgärdsprogram för energibesparingar som diskuteras är av en sådan omfattning att flaskhalsar i olika delar av byggnadssektorn kan befaras, särskilt vid ett forcerat genomförande, eller om inte tillräcklig hänsyn tas till de svängningar i sysselsättning som normalt förekommer i branschen. Åtgärdsprogrammets utsträckning i tiden är alltså mycket betydelsefullt - både för uppkomsten av flaskhalsar på kort sikt och för den eventuella uppkomsten av överkapacitet på lite längre sikt när programmet skall avvecklas.

Syftet med detta pilot-projekt har varit att diskutera utformningen av olika modeller för att bedöma de samhällsekonomiska effekterna av energisparande åtgärdsprogram och bl a därigenom söka metoder för att utforma optimala program. Kapitel 1 är en empirisk översikt över byggnadssektorn och de planerade energisparåtgärderna som skall tjäna som utgångspunkt för formuleringen av relevanta frågeställningar i de påföljande kapitlen. I kapitel 2 undersöker vi användandet av input-output modeller för att söka fånga bl a de sekundära effekterna av de program som diskuteras. I kapitel 3 och 4 diskuterar vi användningen av olika optimeringsmetoder: (linjär-)programmering respektive optimal kontrollteori, för utformandet av åtgärdsprogram som skall vara optimala i olika avseenden. En tentativ slutsats är att det är mycket svårt att bygga en modell för optimering som dels skall kunna varieras över tiden och dels ta hänsyn till effekter och restriktioner på en så detaljerad nivå som verklig planering kräver. Det förefaller vara mer flexibelt att tänka sig en hopkoppling av olika delmodeller var och en av vilka kan vara specialgjord för en aspekt på problemet.

Kapitel 5 innehåller en kort summering utöver vilket var och en av kapitlen 2-4 har en egen sammanfattning och ett avsnitt som pekar på vidare utvecklingsmöjligheter.

Projektet har finansierats av BFR och jag vill speciellt tacka ekon dr Börje Johansson som initierat projektet och bidragit med värdefulla kommentarer till vissa avsnitt, min handledare professor Lennart Hjalmarsson samt Håkan Persson och Morgan Åberg, vilkas program för långtidsutredningens modellsystem ligger till grund för kapitel 2. Med Morgan Åberg har jag dessutom haft glädjen att diskutera stora delar av kapitel 2 och 4, liksom med många andra forskare vid Nationalekonomiska institutionen i Göteborg.

1 BYGGNADSINDUSTRIN. STRUKTUR OCH KAPACITET I RELATION
TILL GENOMFÖRANDET AV ENERGISPARPROGRAM

1.1 Inledning

Byggnadsverksamheten är en mycket central del av samhällsekonomin. Den spänner över ett stort antal delvis olikartade verksamhetsområden - från grundarbeten såsom sprängning, schaktning och byggande av hus och andra byggnader till hantverksarbeten som elinstallationer och måleri. Även ombyggnader, rivning av hus och byggandet av allehanda anläggningar såsom dammar, broar, bergrum m m ingår. Sammanlagt sysselsätter byggandet drygt 300 000 personer direkt. Detta är dock endast en mindre del av den totala sysselsättningen som byggandet ger upphov till. För produktionen inom byggnadsmaterialindustrin krävdes 1974 en sysselsättning på 90 000 personer, och produktionen av insatsvaror från andra branscher krävde över 100 000. Till detta kommer sysselsättningen i andra näringar som transport och handel. Tabell 1 visar den totala sysselsättningen som genereras av byggandet i Sverige samt dess olika andelar av den totala sysselsättningen:

Tabell 1¹⁾ Total sysselsättning inom byggnadsindustrin och andra sektorer som levererar insatsvaror till byggandet 1974 samt andelar av den totala sysselsättningen

Näringsgren	Antal syssel- satta	Procent av sysselsättn.
Byggnadsverksamhet	330 000	8
Byggmaterialindustrin	90 000	2
Övrig industri	105 000	3
Andra näringar	125 000	3
Summa	650 000	16

Tabell 1 visar att var sjätte person på arbetsmarknaden arbetar direkt eller indirekt åt byggandet. Till detta kommer omkring 100 000 som är sysselsatta utomlands med produktion av byggnadsmaterial m m som importeras till den svenska byggnadsindustrin. Inte heller sysselsättningen för svensk export av byggmaterial är medräknad i tabellen ovan.

1) Bygg 80, del 3, sid 16

1.2 Byggnadsverksamhetens struktur och utveckling

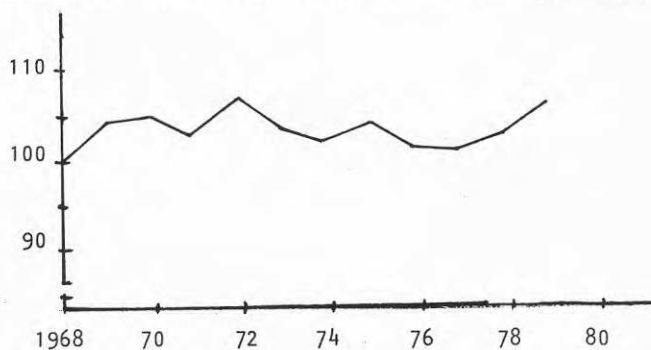
Byggnadsverksamheten brukar delas upp i ett antal områden som enligt storleksordning är:

- Nybyggnad av bostäder, indelas i sin tur i flerbostadshus och småhus och ibland i ett antal mindre undergrupper.
- Reparation och ombyggnad av bostadshus och övriga byggnader.
- Anläggningar: d v s kraft- och gasverk, distributionsledningar, vatten- och reningsverk, gator, broar, brunnar, dammar, bergum m m.
- Förvaltningsbyggnader m m: Handel, förvaltning, samfärdsel, kyrkor, sjukhus, skolor, övriga byggnader.
- Industrins byggnadsinvesteringar.

Byggnadsverksamheten ökade kraftigt under 50- och 60-talen då målen för bostadsbyggandet var mycket ambitiösa (miljonprogrammet). Denna stora bostadsutbyggnad förde med sig och sammanföll med en kraftig utbyggnad och omlokalisering av den offentliga sektorn - skolor, sjukhus, administration m m. Genom sin tyngd i ekonomin och genom behovet av byggmaterial ledde detta också till följdinvesteringar i andra näringar. Samtidigt byggde industrin ut (särskilt under 50-talet) och stora investeringar gjordes i infrastruktur - vägar och andra anläggningar.

Under 70-talet har den totala byggnadsverksamheten varit tämligen stabil som visas i diagram 1.1.¹⁾

Diagram 1.1 Total byggproduktion 1968-79. Index 1968 = 100

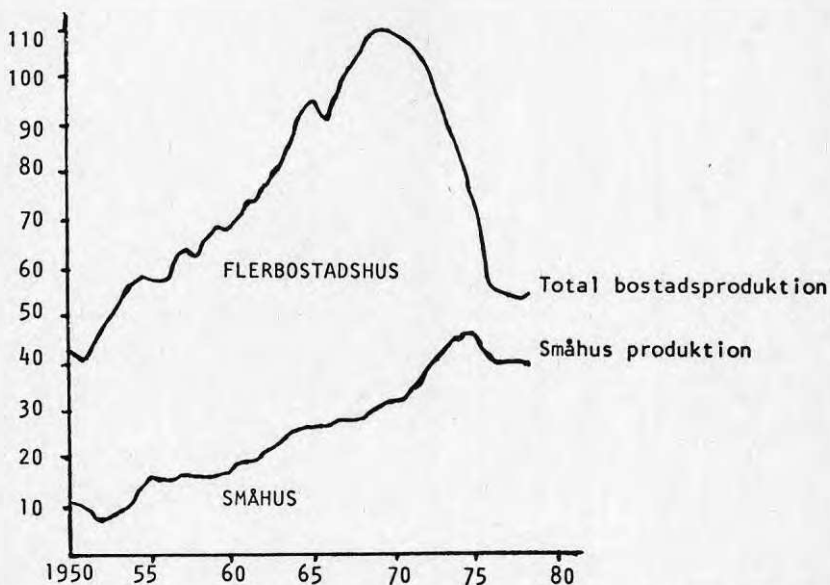


1) Svensk Byggnadsentreprenörsförening "Byggekongunktur 80" samt "Bygg 80" del 3.

Den stabila utvecklingen för den totala produktionen döljer dock stora skillnader mellan olika byggnadskategorier.

Nybyggnad av bostäder

Diagram 1.2 Produktion av bostäder 1950-79 (1000-tal)



Källa: Statistiska meddelanden Bo 1980:8.2 samt "Building Statistics" 1979

Den totala bostadsproduktionen har minskat dramatiskt under 70-talet trots att produktionen av småhus fortsatt att öka kraftigt. Produktionen av flerbostadshus har minskat med 80 procent under en tioårsperiod. I värde termer är dock minskningen i bostadsproduktion mycket mindre eftersom bostadsstandarden hela tiden stigit och eftersom andelen småhus - som är betydligt dyrare än flerbostadshus att bygga - ständigt ökat.

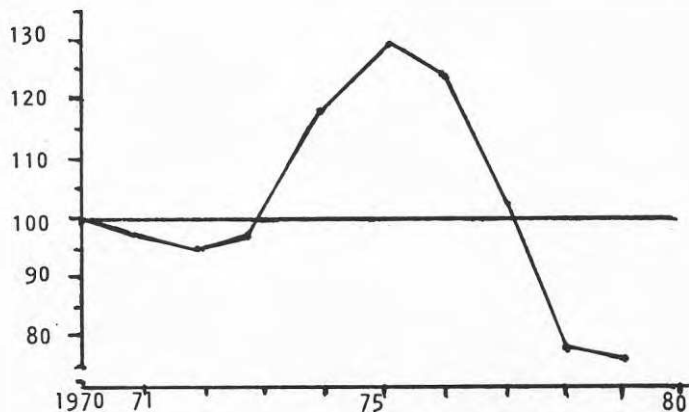
Förvaltningsbyggnader

I takt med det minskade bostadsbyggandet och det minskade ekonomiska utrymmet har även den offentliga sektorns investeringar minskat. Totalt sett har byggandet av övriga lokaler minskat med ca 10 procent under 70-talet.

Industribyggandet

Industribyggandet ökade mycket kraftigt i början av 70-talet och har sedan minskat ännu kraftigare - nästan halverats - på grund av lågkonjunkturen. Diagram 1.3 visar industribyggandet 1970-79 med 1970 som basår.

Diagram 1.3 Industrins byggnadsinvesteringar 1970-79



Anläggningsinvesteringar

Väg- och anläggningsinvesteringar har utvecklats tämligen stabilt med en relativt kraftig utbyggnad av kraftverken under början av 70-talet (framför allt kärnkraftsprogrammet) medan däremot vägbyggandet minskat.

Reparation och ombyggnad

Den snabbast växande sektorn inom byggnadsverksamheten har varit reparation och ombyggnad av bostäder såväl som av övriga byggnader och anläggningar. Sammanlagt har det varit en drygt 50 procents volymökning under 70-talet. Tabell 1.2 visar byggproduktionen fördelad på olika områden med reparation och underhåll särskilt för bostäder och övrigt byggande, 1960 till 1975 samt industriverkets prognoser fram till 1985.

Tabell 1.2 Byggproduktion 1960-85 fördelad på olika slag av byggande (Mdr kr, 1975 års penningvärde)

	1960	1965	1970	1975	1980	1985
Bostäder	9,8	14,4	16,2	16,0	15,1	17,4
därav						
Nybyggn. Flerbostadshus	4,4	6,2	6,3	2,0	1,6	2,6
Nybyggn. Småhus	3,0	5,3	6,6	9,5	8,4	8,5
Ombyggnad och reparation	2,4	2,9	3,3	4,5	5,1	6,3
(" " " (%-andel)	24,5	20,1	20,4	28,1	33,8	36,2)
Övrigt byggande	18,4	23,7	30,2	29,0	29,3	31,9
därav						
Nybyggn. Förvaltn. m m	4,2	6,3	9,0	7,4	7,7	8,5
Nybyggn. Industri	2,7	2,6	3,1	4,3	3,4	3,9
Nybyggn. Väg o anlägg.	6,2	8,0	10,0	9,0	8,9	9,3
Reparation och underhåll	5,3	6,8	8,1	8,3	9,3	10,2
(" " " (%-andel)	28,8	28,7	26,8	28,6	31,7	32,0)
Total byggproduktion	28,2	38,1	46,4	45,0	44,4	49,3

Källa: SIND 78:5 sid 54

Medan reparation inom "övrigt byggande" svarat för en tämligen konstant andel om ca 28 procent (med en viss ökning under slutet av 70-talet) har andelen inom "bostäder" ökat drastiskt under 70-talet efter en viss minskning under 60-talet.

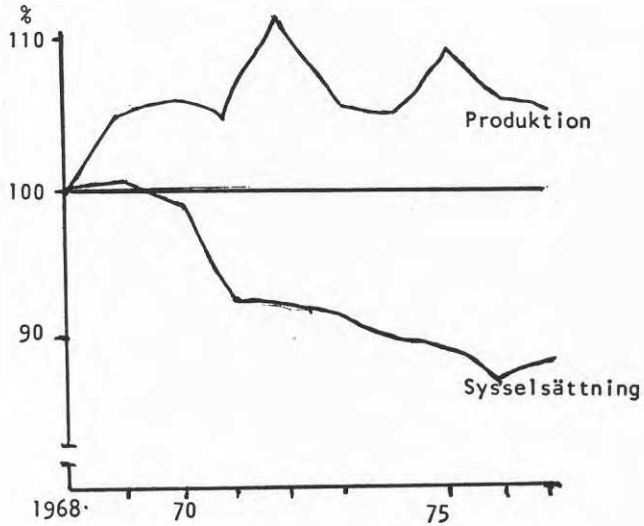
1.3 Tillgång och efterfrågan på byggarbetskraft

Om produktionsnivån för byggnadsverksamhet bara planat ut eller minskat obetydligt under 70-talet har effekterna på sysselsättningen varit desto mer dramatiska. Detta beror naturligtvis till stor del på att produktiviteten fortsatt att öka så att en ungefär konstant produktionsvolym produceras av ett avsevärt mindre antal arbetare. Det beror emellertid också på omstruktureringen mellan olika delbranscher som inneburit ökad efterfrågan på vissa typer av arbete men kraftigt minskad efterfrågan på andra. Detta beror på skillnader i arbetskrafts-åtgång mellan olika former av byggande. T ex kräver flerbostadshus

relativt sett mer betongarbetare medan småhus kräver relativt fler träarbetare och murare.

Den totala sysselsättningen visas i diagram 1.4 tillsammans med totala produktionen inom byggnadsverksamheten:

Diagram 1.4 Produktion och sysselsättning 1968-77 i procent av värdena 1968 inom byggnadsverksamhet



Källa: Bygg 80, del 3

Sysselsättningsminskningen har främst drabbat de stora yrkesgrupperna inom byggnads. Från 1965 till 1978 har antalet sysselsatta medlemmar i byggnadsarbetareförbundet minskat med ca en tredjedel från 155 000 till 104 000 medan övriga fackförbund inom byggnadsområdet endast minskat med ca 10 procent under motsvarande tid.

Tabell 1.3 Antal sysselsatta arbetare i byggnadsbranschen (1000-tal)

	1960	1965	1968	1970	1975	1978
Totalt antal sysselsatta	307	360	371	369	332	318
Sysselsatta medlemmar i byggnadsarb. förb. 1)	143	155	149	145	116	104
Sysselsatta medlemmar i övr. byggfackförbund 1)		51	51	50	47	45

Källa: Bygg 80

Fördelningen på de mindre fackförbunden visas i tabell 1.4

Tabell 1.4 Medlemstal i fyra LO-förbund 1)

Förbund	1968	1970	1975	1978
Bleck och plåt	4,59	4,65	4,89	5,39
Byggnads	179,1	177,4	158,1	156,0
Elektriker	26,9	26,0	27,0	27,1
Målare	24,6	24,7	22,9	23,2

Plåtslagare och elektriker noterar faktiskt en knapp uppgång i medlems-talen medan målarna har en viss men liten nedgång. Sysselsättningens utveckling fördelad på femsiffrig SNI-nivå d v s fördelad efter bransch-tillhörighet kan studeras i följande tabell som också visar yrkesfördelningen enligt Nordisk Yrkes klassificering (NYK).

Tabell 1.5 är sammanställd ur folk- och bostadsräkningen; en källa som är helt oberoende av den tidigare citerade statistiken. Samma tendens visar sig här. Sysselsättningen under 70-talets första hälft har minskat kraftigt, speciellt inom husbyggnad, vilket medfört att det är de stora tunga kategorierna inom byggnads som drabbats hårdast medan mindre och

1) Källa: LO's verksamhetsberättelser 1968-78. Medlemstalen i förbunden är större än antalet sysselsatta dels på grund av de arbetslösa dels på grund av pensionerade medlemmar som kvarstår i förbundet.

Tabell 1.5 Antal förvärvsarbetande med minst 20 tim/vecka fördelade efter näringsgren och yrkestillhörighet (1000-tal)

SNI	Näringsgren	1965	1970	1975
5	Byggnadsindustri	329,5	332,5	281,6
5011	Schaktning	"	17,0	17,6
5012	Husbyggnad, väg o vatten, linjebyggnad	233,3	219,7	167,5
50201	Byggnadsplåtslageri	6,4	9,7	7,1
50202	Rör o ventilationsverkst	27,6	26,6	25,1
50203	El. installation.entrep.	23,2	25,9	24,7
50204	Glas	2,8	2,9	2,5
50205	Målerientrep.	26,4	23,5	19,2
50209	Övrigt byggnadshantverk	6,4	7,2	17,9
"	Ej specificerat	3,5	-	-

FÖRVÄRVSARBETANDE (> 20 tim/vecka) efter yrke . 1000-tal.

NYK	Yrke	1960	1965	1970	1975
75	Verkst- & Byggnads-metallarb	271	297	314	327
753	Tunn- & grov-plåtslagare	28	28	27	29
754	Rörarbetare	23	23	24	21
761	Installat.-, drifts- & maskin- -elektriker	42	48	49	55
771	Byggnadsträarbetare	53	62	65	57
781	Målare, lackerare	39	38	38	35
79	Övr. byggnads- & anläggn. arb	83	93	80	64
791	Murare	16	17	14	11
793	Betongarb, byggnads- arb m fl	56	63	51	41
86	Grov o Diversearbete	63	48	40	30
874	Anläggningsmaskinförare	12	16	21	19
001	Arkitekter, ingenjörer o tekniker med byggnads- o anläggn.-tekniskt arb	37	46	58	53

Källa: Folk- och bostadsräkningen 1960, 1965, 1970 och 1975

mer specialiserade hantverksgrupper klarat sig betydligt bättre - till stor del tack vare den ökade ombyggnads- och reparationsverksamheten.

Tabell 1.6 Andelen reparation i procent av det totala husbyggnadsarbetet för sju yrkesgrupper

	1965 aug	1970 feb	1970 aug	1973 feb	1973 aug	1976 feb	1976 aug	1979 feb	1979 aug
Träarbetare	25	26	31	27	29	34	36	32	34
Murare	20	22	27	30	31	38	37	37	41
Yrkesutbild. betongarb.	18	22	21	21	24	34	33	32	30
Övr. betongarb.	18	18	20	22	24	20	22	19	25
Rörarbetare	41	39	41	38	42	53	53	39	42
Elektriker	46	41	40	46	45	49	47	53	49
Målare	52	50	56	64	63	71	72	68	76
Totalt	29	31	33	34	35	42	43	40	42

Källa: Byggfackens sysselsättningsundersökning; egna bearbetningar.

Tabell 1.6 illustrerar tydligt att reparationsverksamheten väger mycket tyngre som andel av husbyggnadsarbetet för somliga yrkesgrupper än för andra. Målare, rörmokare och elektriker tillhör de yrkesgrupper som mest gynnas vid en ökning av reparationsverksamhet, medan betongarbetare huvudsakligen sysselsätts inom nyproduktionen.

Nedgången i sysselsättning för olika yrkesgrupper tar sig naturligtvis i första hand uttryck som en ökning av arbetslösheten - och denna är följaktligen mycket ojämnt fördelad över yrkeskategorierna (se tabell 1.7). Arbetslösheten i sin tur uppges vara den främsta orsaken till avgång från byggarbetskåren. Som synes är variationerna mycket stora inte bara mellan olika yrken utan också säsongvis. Ryckighet i byggnadsverksamheten samt förändringar i dess sammansättning skapar (på grund av de olika kraven på yrkessammansättning i olika sektorer) ännu större ryckighet i sysselsättningen för olika yrkesgrupper.

Tabell 1.7 Andelen arbetslösa i procent för olika yrkeskategorier

	- AUGUSTI -							
	65	70	72	73	75	76	78	79
Träarbetare	1,0	1,0	3,8	3,2	0,9	1,1	3,5	1,3
Murare	1,8	2,7	8,0	6,3	3,5	1,0	3,6	2,7
Betongarbetare	3,7	3,7	8,7	8,3	4,6	4,4	6,7	4,1
Rörarbetare	0,8	0,6	2,4	2,6	1,3	1,0	3,1	2,7
Elektriker	1,1	0,2	1,5	1,9	0,9	0,3	1,9	1,2
Målare	0,4	1,3	1,1	0,8	0,3	0,1	0,7	0,4
Totalt	0,8	1,9	5,1	4,5	2,1	1,8	3,8	2,1

	- FEBRUARI -						
	70	72	73	75	76	78	79
Träarbetare	6,5	8,5	7,6	2,6	3,6	10,7	6,2
Murare	28,1	25,4	22,5	11,5	16,2	19,5	20,7
Betongarbetare	12,9	17,3	16,5	7,6	8,4	15,8	14,8
Rörarbetare	1,4	5,8	5,9	1,9	1,6	3,6	4,4
Elektriker	0,6	4,1	3,0	0,7	1,0	1,5	2,1
Målare	9,7	15,8	9,9	3,5	4,7	6,1	3,5
Totalt	9,5	12,7	11,1	4,5	5,3	10,0	8,3

Källa: Byggfackens sysselsättningsundersökningar, egna bearbetningar

Ojämn utvecklingstakt mellan olika regioner och existensen av odelbarheter (genomförandet av mycket stora anläggnings- och byggnadsarbeten) innebär att variationerna i byggsysselsättning accentueras genom byggarbetskraftens regionala fördelning. Tabell 1.8 visar samvariationen mellan regioner och säsong. Om samtliga faktorer, region, säsong och yrke, studeras samtidigt, accentueras problemen ytterligare. Så kunde t ex arbetslösheten bland murare i Zon 2¹⁾ vara 47 procent i februari 1979 medan arbetslösheten för elektriker i samma zon var 2 procent. Ett halvår senare i augusti 1979 var arbetslösheten bland murarna i zon 2 nere i 2,7 procent och det rädde brist både på murare och elektriker i andra zoner.

1) Se appendix för geografisk indelning

Tabell 1.8 Andelen arbetslösa byggnadsarbetare fördelade efter region

	- AUGUSTI -						
	70	72	73	75	76	78	79
Zon 1	5,7	6,6	4,9	3,5	2,9	6,0	2,5
Zon 2	3,7	7,1	7,5	3,1	2,4	5,0	2,9
Zon 3	1,5	5,0	4,1	1,9	1,5	3,8	2,5
Zon 4	1,0	4,3	2,7	2,2	1,4	3,0	1,4
Zon 5	0,9	3,5	4,8	0,8	1,3	1,7	0,7
Hela Riket	1,9	5,1	4,5	2,1	1,8	3,8	2,1

	- FEBRUARI -						
	70	72	73	75	76	78	79
Zon 1	17,3	14,7	16,9	9,1	10,1	19,7	12,7
Zon 2	14,6	20,6	17,8	7,9	10,7	15,5	14,0
Zon 3	8,8	12,6	11,3	3,5	3,9	8,1	7,5
Zon 4	7,3	7,2	6,2	2,7	3,5	8,2	6,1
Zon 5	4,7	10,4	6,1	2,5	2,5	4,5	3,0
Hela Riket	9,5	12,7	11,1	4,5	5,3	10,0	8,3

Källa: Byggnadsarbetarnas sysselsättningsundersökningar, egna bearbetningar

Bristen på yrkesarbetare och flaskhalsar i sofliga regioner leder till starka inflationstendenser och kostnadsökningar. Arbetslösheten å andra sidan är ett ekonomiskt slöseri och medför sociala och mänskliga problem. Dessutom leder den till en avtappning från byggarbetskåren som kan vara svår att återrekrytera, när behovet ökar igen.

Detta visar tydligt att sysselsättningseffekter måste studeras noga i samband med investeringsplaner som medför omfattande användning av byggnadsarbetare. Det räcker inte att studera de globala tillgångarna och efterfrågan på byggarbetskraft - i stället måste de disaggregerade effekterna på olika yrken, regioner och säsonger studeras.

1.4 Storlek och effekt av energibesparande åtgärdsprogram

Den framtida omfattningen av energisparprogram är svår att avgöra. En stor del av ombyggnadsbeslut - oavsett om det gäller energi - fattas av enskilda beslutsfattare och låter sig endast delvis påverkas av offentliga styrmedel m m. Trots detta förefaller det rimligt att bedöma effekterna av energibesparande åtgärdsprogram utifrån kvantitativa mål. I "Energisparplan för befintlig bebyggelse" regeringens prop 77/78:76 (i fortsättningen "energisparplanen") diskuteras fyra olika nivåer för energisparandet under en 10-årsperiod:

Tabell 1.9 Sparmöjligheter och totala utgifter enligt energisparplanen

Alternativ	Energibesparing 1988		Totala investeringar vid genomförandet av energisparprogrammet	
	Netto TWh/år	Brutto TWh/år	miljarder kr	
			exkl mer- värdeskatt	inkl mer- värdeskatt
I	21	27	12	14
II	32	39	28	31
III	39	48	44	48
IV	48	60	73	81

Källa: Prop 77/78:76, tabell 1.2

Propositionens rekommendationer ligger mellan alternativ II och III vilket i mycket runda tal implicerar en årlig investering på ca 4 miljarder kr. Enligt propositionens bedömning är eventuella problem med flaskhalsar mycket mer aktuella för byggarbetskraft än för byggmaterial. Som vi sett har byggnadsverksamheten stagnerat och delvis minskat under det senaste decenniet. Byggarbetskåren har minskat och kan inte utan vidare snabbt ökas - byggmaterialindustrin däremot har kvar sin produktionskapacitet. Utbildning av arbetare i denna industri tar avsevärt mindre tid än utbildning av byggnadsarbetare. Vidare kan tillfälliga toppar i byggmaterialefterfrågan mötas genom minskad export eller ökad import.

Det finns dock vissa byggmaterialektorer som kan väntas bli ansträngda på grund av åtgången från energisparåtgärder. Vidare måste man beakta sekundära effekter i ekonomin såsom ökad efterfrågan av intermediära varor och råvaror. Detta kommer att beröras i nästa kapitel.

För att ge en uppfattning om de energibesparande åtgärdsprogrammets effekt kan en jämförelse göras med byggverksamheten totalt och med vissa av dess delsektorer. Följande jämförelse görs i energisparplanen:

Tabell 1.10 De olika sparalternativens andel av några olika poster i försörjningsbalansen för år 1976

Efterfrågepost	Alt I	Alt II	Alt III	Alt IV
	%	%	%	%
Bruttonationalprodukt	0,3	0,7	1,0	1,8
Privat konsumtion	0,6	1,2	1,9	3,4
Totala bruttoinvesteringar	1,4	3,1	5,0	8,7
Totala byggnadsinvesteringar	2,4	5,3	8,5	14,8
Bostadsinvesteringar	7,4	16,2	25,6	44,8

Källa: Prop 1977/78:76, tabell 1.8

Redan såsom andel av de totala byggnadsinvesteringarna eller av bostadsinvesteringarna blir energisparåtgärderna en ganska betydande andel i alternativ III och IV. Motsvarande andelar av utgifterna för reparationer och ombyggnad blir något större, eftersom reparation och ombyggnad uppgick till något lägre belopp än bostadsinvesteringar under 70-talet (jämför tabell 1.2). Räknan man med ett program med 4 miljarder på ett år, motsvarar det ca 30 procent av utgifterna för reparationer och ombyggnad 1975.

Visserligen pågår redan i dag en relativt omfattande energisparverksamhet inom byggnadsområdet, som ingår under rubriken Reparation och ombyggnad, och visserligen förutsätts energisparprogrammet att trappas upp gradvis under ett antal år. Volymen ombyggande finansierade med statligt energisparstöd (vilket naturligtvis innefattar i stort sett alla

energisparinvesteringar) uppgick till 1,4 miljarder kr 1978/79 jämfört med 0,3 miljarder kr 1976/77 (löpande priser).¹⁾ Det är ändå tydligt att energisparplanen skulle innebära en relativt omfattande omstrukturering inom hela byggnadssektorn.

Å andra sidan är inte utbyggnaden av detta energisparprogram mera drastiskt än andra förändringar bland delsektorerna inom byggnadsområdet. Man kan jämföra med den mycket snabba tillväxten av reparations- och ombyggnadsverksamheten under de sista 10-15 åren. Man kan jämföra med byggandet av flerbostadshus, som sjunkit med 80 procent under de senaste 10 åren. Eller man kan jämföra med det enorma miljonprogrammet för byggandet under 50- och 60-talen.

Storleksordningen på energisparplanen behöver alltså inte innebära stora svårigheter för byggindustrin, sammanlagt. Huruvida den gör det, beror till stor del på utvecklingen under 60-talet av andra delsektorer, som industribyggandet och bostadsbyggandet. Som vi sett i tidigare avsnitt kan det emellertid lätt uppstå flaskhalsar i vissa speciella sektorer och regioner eller för vissa yrkesgrupper. Man måste därför särskilt beakta vilka yrkeskategorier som särskilt berörs av energisparåtgärder och i vilka regioner som dessa företas. Behovet av byggarbetskraft för de energibesparande åtgärderna, som föreslås i propositionens fyra alternativ, har uppskattats till 5-, 10-, 15- resp 25 000 personer. Berörda yrkeskategorier är framför allt träarbetare, rörmontörer och ventilationsmontörer. Till dessa kommer något hundratal av vardera elektriker, takläggare, plåtslagare, murare och VVS-konsulter. En jämförelse med tabell 1.7 visar att detta inte är de yrkesgrupper som normalt sett har störst arbetslöshetstal utan snarare sådana på vilket det redan i dag råder brist, delvis på grund av den ökade omfattningen av reparations- och ombyggnadsverksamhet. I ett remissvar från Byggnadsarbetareförbundet - på energisparplanen - påpekas risken för brist på byggnadsarbetare i framtiden, även om inte nya, mera omfattande energisparåtgärder kommer till stånd. Detta beror på ökat förväntat byggande och avgång från branschen, vars åldersstruktur är sådan att en relativt stor andel

1) Källa: "Sysselsättningseffekter av energisparinvesteringar i befintlig bebyggelse", Edward Palmer, Konjunkturinstitutet 1980-01-31.

byggnadsarbetare är över 50 år. Förbundet poängterar betydelsen av långsiktig planering och tillräckliga utbildningsinsatser för att de energisparande åtgärderna skall bidra till en långsiktigt tryggad sysselsättning för byggnadsarbetare. I propositionen diskuteras också möjligheterna för att variera takten av de energibesparande åtgärderna med hänsyn till variationer i byggandet i övrigt. Det vill säga som en stabiliserande faktor.

Denna studie ska koncentreras på att finna metoder för bedömningen av energisparprogrammets effekter och för den optimala utformningen av sådana energisparprogram. I de följande tre kapitlen skall vi diskutera tre olika metoder, input/output-analys, optimal kontrollteori och linjär programmering, som är användbara i detta sammanhang. Vi kommer att finna att dessa olika metoder inte på något sätt är konkurrerande utan snarare kompletterar varandra genom att de har olika perspektiv och syfte.

Input/output-analys (kap 2) kan användas för att på ett konsistent sätt beskriva effekterna av ett visst program på hela ekonomin. Man kan jämföra ekonomins utveckling med eller utan programmet och på så sätt finna ett mått på kostnaden i termer av utebliven konsumtion. Man kan också spåra resurskrav i olika sektorer och regioner och modellen är sådan, att den tar hänsyn till sekundära och alla andra följd effekter av förändringar i en sektor, på alla andra sektorer i ekonomin. Med en tillräckligt fin sektorsindelning kan detta uppenbarligen vara till stor hjälp för att spåra problem med flaskhalsar i olika delar av ekonomin.

I kapitel 3 diskuteras hur linjärprogrammering (såväl som andra programmeringsansatser) kan användas på den konkreta utformningen av olika energisparprogram, när det finns restriktioner i form av resurser, arbetskraft, finansiering och regionala barriärer.

Optimal kontrollteori (kapitel 4) koncentrerar uppmärksamheten på metoder för att fördela investeringar och resurser, optimalt, över tiden.

Slutligen diskuteras i kapitel 5 hur dessa olika ansatser och metoder kan tänkas kombineras till en fungerande enhet.

Appendix kapitel 1. Förteckning över temperaturzoner och regioner

<u>Zon</u>	<u>Län</u>
I	Z;AC;BD
II	S;W;X;Y
III	B ^I ;C;D;E;F;G;N;O;P;R;T;U
IV	H;I;K;L;M
V	A;B ^I .

1. Zon V omfattar verksamhetsområdet för byggnadsförbundets stockholmsavdelningar.

<u>Zon</u>	<u>Länsbokstav</u>	<u>Län</u>
V	A	Stockholm
III	B	,,
	C	Uppsala
	D	Södermanland
	E	Östergötland
	F	Jönköping
	G	Kronoberg
IV	H	Kalmar
	I	Gotland
	K	Blekinge
	L	Kristianstad
	M	Malmöhus
III	N	Halland
	O	Göteborg Bohuslän
	P	Älvsborg
	R	Skaraborg
II	S	Värmland
III	T	Örebro
	U	Västmanland
II	W	Kopparberg
	X	Gävleborg
	Y	Västernorrland
I	Z	Jämtland
	AC	Västerbotten
	BD	Norrboten

2 INPUT/OUTPUT-MODELLER I BEDÖMNINGEN AV DE SAMHÄLLSEKONOMISKA EFFEKTERNA AV ENERGIBESPARANDE ÅTGÄRDSPROGRAM

2.1 Sammanfattning

I detta kapitel diskuteras användningen av Input-output modeller för bedömningen av de samhällsekonomiska effekterna av energisparande åtgärdsprogram. Fördelarna med I-O modeller är bl a att de ger en konsistent bild av ekonomin och att betoningen på intersektoriella (och interregionala) samband möjliggör studiet av indirekta effekter och betydelsen av flaskhalsar eller andra restriktioner i en viss del av ekonomin. Syftet med detta arbete har inte varit i första hand empiriskt utan att diskutera modeller och metoder på ett principiellt plan. I pedagogiskt syfte har vi därför börjat med att illustrera I-O tekniken med några enkla beräkningar på Långtidsutredningens modellsystem 'LUMO'. Den använda modellen är inte speciellt sofistikerad beträffande priser, substitution, utrikeshandeln eller sektor- och region-indelning. Den har däremot endogeniserade investeringar vilket är en egenskap som är av speciell betydelse för våra syften.

Redan i en enkel I-O modell kan betoningen på indirekta effekter och intersektoriella samband göra modellen svåröverskådlig, vilket framhäver vikten av en korrekt förståelse för dess funktionssätt för att kunna göra riktiga tolkningar av resultaten. I avsnitt 2.2 presenteras därför den använda modellen förenklat men tämligen utförligt.

I avsnitt 2.3 används modellen LUMO till att belysa de ekonomiska effekterna av ett mycket enkelt 'åtgärdsprogram' - som helt enkelt består av fyra miljarder kronor i extra offentlig efterfrågan på byggnadssektorns tjänster. Resultaten visar att kostnaden för ett sådant program fr a beror på förekomsten av lediga resurser resp. flaskhalsar i ekonomin och speciellt i byggnadssektorn. Om denna sektor har tillräcklig kapacitet blir anpassningskostnaderna förhållandevis små: privat konsumtion minskar med 2,4 Mrd vid konstant arbetsinsats (konstant BNP) eller så måste BNP ökas med 8 Mrd. (4.5 %) för att den privata konsumtionen skall kunna bibehållas. Vissa enskilda sektorer påverkas givetvis mycket starkare men effekterna är små jämfört med om man antar fullt kapacitetsutnyttjande i byggsektorn. Då medför programmet kraftiga omstruktureringar och minskad inkomst. I extremfallet faller BNP med 13 Miljarder eller 8 %.

I avsnitt 2.4 utvidgas diskussionen till I-0 modeller i allmänhet. Av speciell betydelse är möjligheterna att inkludera priser och substitutionsmöjligheter endogent i modellen för att mera nyanserat kunna beskriva samhällsekonomiska förändringar. I andra sammanhang är det också viktigt att utveckla modeller med finare fördelning på sektorer och med regional fördelning, eftersom det just är på detaljnivå som flaskhalsar resp. undersysselsättning tydligast visar sig.

2.2 Förenklad beskrivning av modellen "LUMO" - Långtidsutredningens modell¹⁾

Inledning

LUMO är en input-output-modell med 24 sektorer.²⁾ Givet ingångsvärden för produktionen i olika sektorer år 1 (1975), givet input-output-koefficienter, marginella konsumtions- och importbenägenheter, givet exogena variabler såsom offentlig konsumtion och investeringar ger modellen en konsistent uppsättning värden för sektorsproduktionen år 5. Även konsumtion, investeringar, import, export m m kan beräknas för slutåret.

Grunden för modellen utgörs av följande ekvationssystem:²⁾

- (1) Balansekvation:
$$X_i = \sum_j a_{ij} X_j + C_i + I_i + \bar{S}_i + \bar{K}_i + \bar{A}_i + E_i - M_i$$
- (2) Konsumtionsekv:
$$C_i = a_i + b_i C - d_i \bar{P}_i$$
- (3) Investeringskv:
$$I_i = \sum_j b_{ij} (X_j - \bar{X}_j) / 5$$
- (4) Importekvation:
$$M_i = \sum_j m_{ij} X_j + m_{24,i} C_i + m_{25,i} \bar{S}_i + m_{26,i} \bar{K}_i + m_{27,i} \bar{A}_i + m_i$$
- (5) Exportekvation:
$$E_i = e_i f \left(\sum_j M_j + \bar{C}_{24} \right)$$

1) Denna modell har utvecklats, på grundval av Långtidsutredningens modellsystem, av Morgan Åberg och Håkan Persson vid Göteborgs universitet. För vidare beskrivning, analys och vidareutveckling av modellen hänvisas till deras kommande arbeten.

2) Se bif sektorsförteckning och variabelförteckning, sid 29 - 31.

Modellens arbetssätt

Modellen löses iterativt genom två (eller flera) snurror. I den innersta snurran är konsumtionen given, varje varv i iterationen beräknar nya produktionsvärden (utifrån ekvation 1) och utifrån dessa beräknas nya värden för investeringar, import och export till dess att produktionen (enl balansekvationen) konvergerar.

Om man på detta vis inte kommer tillräckligt nära målet för totalproduktionsnivån sker iteration i en yttre snurra genom att totalkonsumtion justeras upp eller ned beroende på om man ligger under resp över målnivån för produktionen. Utifrån detta beräknas nya värden för konsumtion i varje sektor och man går in i den inre iterationsslingan igen. (Vill man styra ytterligare någon variabel mot något mål kan detta göras genom ytterligare en iterationsring utanför de två nämnda.)

Stegvis beskrivning av modellen

Modellen beskrivs enklast "inifrån och ut" - dvs vi börjar med subrutiner för konsumtion, investeringar, import och export; sedan presenteras huvudmodellen med den inre slingan först. (Sambanden i modellens huvuddelar kan följas i det förenklade flödesschemat.)

Konsumtion: se ekvation (2)

Givet ett värde på den totala konsumtionen (C - som, när modellen körs, ansätts ett visst värde före första iterationen och sedan justeras för att styra totalproduktionen mot sitt mål) fördelar subrutinen detta på sektorerna med hjälp av ekvation (2). För varje sektor finns marginella konsumtionsbenägenheter m_i (a_i , b_i , d_i och \bar{P}_i) exogent givna. Efter denna fördelning på sektorerna normeras resultatet så att totalkonsumtionen C ej påverkas.¹⁾

1) Detta medför att ekvationen för konsumtionen blir något mer komplicerad vid iterativ uträkning än vad som indikeras av (2) nämligen:

$$C_i = C(a_i + b_i C - d_i \bar{P}_i) / (\sum_j (a_j + b_j C - d_j \bar{P}_j))$$

Investeringar: se ekvation (3).

Givet sektorsvärden för produktion år 1 och år 5 ($\bar{X}_{1j}; X_j$) beräknar subrutinen den årliga tillväxttakten $\hat{X}_j = (X_j - \bar{X}_{1j})/5$.²⁾ Multiplikation med koefficienten b_{ij} (flöden från sektor i för en kronas produktionsökning i sektor j) och summering över alla sektorer (j) ger den totala produktionen av investeringsvaror i sektor i . Denna subrutin gör modellen konsistent i den bemärkelsen att ökad produktion kräver ökad kapacitet och därmed ökad produktion i investeringsvarusektorerna o s v. Negativa investeringar tillåts inte. Om en sektor krymper ($X_j \leq \bar{X}_{1j}$) sätts $l_j = 0$.

Import: se ekvation (4).

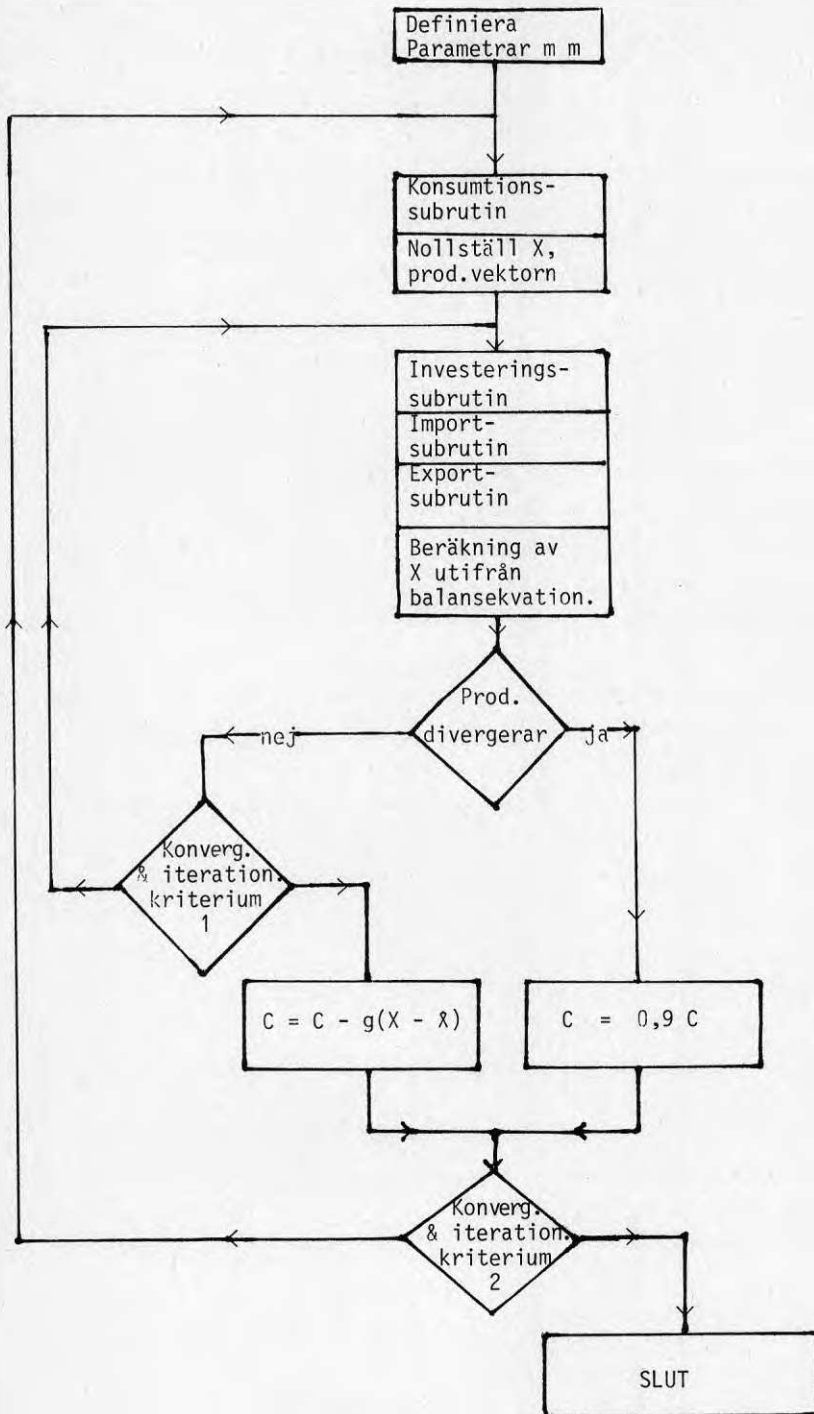
Givet värden för produktionen i varje sektor j beräknas (utifrån givna koefficienter) den nödvändiga importen av varor i sektor i , till detta kommer importinnehållet i slutefterfrågan: Privatkonsumtion och privatinvesteringar som varierar med varje iteration och importinnehållet i de exogent givna delarna av slutefterfrågan: offentlig konsumtion och investeringar samt en konstant term.

Export: se ekvation (5).

Exportfunktionen i modellen är utformad för att automatiskt uppfylla ett bytesbalansvillkor. På grund av förväntade t o t-försämringar och annat är detta krav utformat så att exporten skall överstiga importen med en viss procentsats totalt: $E = fM$ (där f enligt LU ska vara = 1.178). Denna export fördelas på sektorerna genom exogent givna exportandelar (e_i).

2) I senare versioner av modellen kommer denna linjära ansats att ersättas med andra. Se vidare H Persson och M Åberg.

FIGUR 1. FÖRENKLAT FLÖDESSCHEMA FÖR 'LUMO'



Huvudmodellen (se flödesschemat):

Modellens kärna utgörs av den innersta snurran. Denna utgår från en uppsättning värden för sektorsproduktionen (X_i som är lika med 0 i början på första iterationen) och privat konsumtion, beräknar investeringar, import och export. Sedan beräknar den utifrån detta och balansekvationen (1) en ny uppsättning värden för sektorsproduktionen. Iterationen fortsätter till dess att värden för X_i konvergerar eller antalet iterationer överstiger ett visst tak. Vid konvergens övergår modellen till den yttre snurran. Detta görs genom att totala privata konsumtionen justeras i enlighet med ekvation (6):

$$(6) \quad C = C - g(X - \hat{X})$$

Dvs konsumtionen justeras upp eller ned beroende på om den beräknade produktionen ligger under resp över målet (\hat{X}).²⁾ Därefter beräknas nya sektorsfördelade värden för konsumtionen (med hjälp av subrutinen). X-vektorn nollställs och en ny serie iterationer i den inre snurran ger en konsistent uppsättning produktionsvärden X_i för den nya konsumtionsnivån.

Om den inre snurran divergerar så att X går över ett visst värde sker ingången i den yttre snurran genom att konsumtionen justeras med hjälp av ekvation (7) i stället för (6), dvs med 10 % :

$$(7) \quad C = 0,9 C$$

Iterationen fortsätter i den yttre snurran tills produktionen (X) konvergerat tillräckligt nära sitt mål (\hat{X}), eller till dess att antalet iterationer överstiger ett visst antal.

1) För vidare diskussion om modellens egenskaper vad gäller konvergens m m se "On Extensions of a Medium Term Input-Output Model", Håkan Persson, stencil, Göteborg

2) Naturligtvis kan man i denna iteration styra någon annan variabel än totalproduktion (se vidare nästa avsnitt).

VARIABEL- OCH SYMBOLFÖRTECKNING¹⁾Investeringsmodellen

\bar{X}_i	Produktion år 1 sektor i
X_i	" " 5 "
I_i	Privata investeringsvaror producerade i sektor i
b_{ij}	Investeringskoefficient. Behov av varor från sektor i för produktionsökning i sektor j.
n	Sektorantal (23 sektorer i modellen + sektor 24 = import av turisttjänster).

Konsumtionsmodellen

C_i	Privat konsumtion i sektor i
C	Total privat konsumtion
b_i	"Marginell konsumtionsbenägenhet"
a_i	Konstantterm i konsumtionsfunktionen
d_i	"Priselasticitet"
\bar{P}_i	Prisindex för sektor i

Exportmodellen

E_i	Export från sektor i
f	Bytesbalanskrav (= 1.178)
e_i	Exportandelar
C_{24}	Import av turisttjänster

Importmodellen

M_i	Import av varor i sektor i
m_{ij}	Importkoefficient för varor till sektor i för ytterligare en enhetsproduktion i sektor j
$m_{24,i}$	Importkoefficient för varor till sektor i för konsumtion i sektor i
$m_{25,i-27,i}$	Importkoefficient för varor till sektor i för slutefterfrågan \bar{S}_i , \bar{K}_i resp \bar{A}_i

1) Parametrar - små bokstäver. Variabler - stora bokstäver varav de exogent givna har tak. Flerbokstavskombinationer är variabler och parametrar som används för modellens tekniska funktion - som konvergenskriterier m m .

VARIABEL- OCH SYMBOLFÖRTECKNING (forts)

Huvudmodellen

K_i	Kommunal konsumtion i sektor i
S_i	Statlig " " "
A_i	Offentliga investeringar i sektor i
a_{ij}	Input-output-koefficienter (varubehov från sektor i för produktion i sektor j)
X	Totalproduktion (d v s = $\sum_i X_i$)
\hat{X}	Mål för totalproduktionen
M	Totalimport (= $\sum_i M_i + C_{24}$)
g	Parameter i ekvation (6) för justering av C i den yttre snurran

Förteckning över sektorer i LU-modellen :

1. Jordbruk & fiske
2. Skogsbruk
3. Extraktiv industri
4. Skyddad livsmedelsindustri
5. Konkurren utsatt livsmedelsindustri
6. Dryckesvaru- & tobaksindustri
7. Textil och beklädnadsindustri
8. Trä, massa & pappersindustri
9. Grafisk industri
10. Gummivaruindustri
11. Kemisk industri
12. Petroleum och kolindustri
13. Jord och sten industri
14. Järn stål och metallverk
15. Verkstadsindustri exkl. varv
16. varv
17. Övrig tillverkningsindustri
18. El-gas värme och vattenverk
19. Byggnadsverksamhet
20. Varuhandel
21. Samfärdsel
22. Bostadsförvaltning
23. Privata tjänster
24. Import av utländska turisttjänster.)

2.3 Effekten av energisparande åtgärdsprogram värderade inom ramen för en input-output-modell

2.3.1 Inledning

I de körningar som presenteras här har vi genomgående sökt att finna olika sätt, inom ramen för LUM0, att värdera effekterna på ekonomin av ett visst program för energibesparande investeringar. Det är inte de faktiska kostnaderna av ett verkligt program vi eftersträvar att belysa utan metoderna för att besvara denna typ av frågeställning inom en input-output-modell. Vi har därför nöjt oss med att arbeta med ett mycket onyanserat "program" som helt enkelt består av en exogen ökning i efterfrågan på byggnadssektorn med 4 miljarder kronor per år. Vi har inte heller räknat med några effekter av programmet i form av energibesparingar eller dylikt. Det är så att säga endast kostnadssidan vi undersökt. Dessa begränsningar kommer att diskuteras i senare avsnitt om möjligheterna till utvidgning av modellen.

Resultaten av de viktigaste körningarna finns samlade i tabell 2.1-2.5 i slutet av detta avsnitt. Här följer en kort orientering om deras innehåll och syfte:

- Tabell 2.1 representerar ett "normalfall" som skall tjäna som referens åt de andra körningarna. Den representerar ekonomins tänkta utveckling utan energibesparande åtgärder.
- Tabell 2.2 visar effekten av energisparprogrammet när detta representeras av en ökad privat efterfrågan - dvs när den privata konsumtionen av produkter i byggnadssektorn ökas med 4 Mdr kr.
- Tabell 2.3 visar effekterna av samma energisparprogram - men den ökade konsumtionen har här lagts på den offentliga konsumtionen.
- Tabell 2.4(a-e) visar återigen effekten av samma program - repr. som en ökning av offentlig efterfrågan liksom i 2.3 - men med olika antaganden vad gäller förekomsten av flaskhalsar respektive ledig kapacitet i byggnadssektorn .

- Tabell 2.5 (a-c) är avsedda att visa hur mycket produktionen (och arbetstiden) måste öka för att man skall kunna bibehålla samma privata konsumtion som i referensfallet trots energisparåtgärderna.

En del av de viktigaste resultaten sammanfattas i tabell 2.6 på sidan 29.

2.3.2 En metodologisk utveckling

Det finns flera olika tänkbara sätt att modellera effekten av ett åtgärdsprogram inom modellen 'LUMO'. Det som vi funnit mest riktigt och baserat detta kapitel på var en ökning i den offentliga konsumtionen av produkter och tjänster från sektor 19 - byggnadsektorn. Den offentliga konsumtionen bestäms nämligen helt exogent i modellen och kan därför lätt ändras.

Ett annat tänkbart sätt att representera åtgärdsprogrammet visas i tabell 2.2 (och andra kolumnen i tab 2.6). Här har istället den ökade efterfrågan på byggsektorn modellerats genom en ökning av konstanttermen i funktionen för privat konsumtion av sektor 19 med 4 Mdr kr (a_{19} - se ekvation 2 sid 19)¹. Denna typ av manipulering av en term i ett system av efterfrågefunktioner är dock olämplig eftersom efterfrågefunktionerna har skattats i ett sammanhang och utgör en helhet : en förändring av en medför implicit en förändring av hela systemet.

Detta avspeglas också i resultaten (se tab 2.6) som är tämligen svårtolkade. Den totala privata konsumtionen stiger med 2,5 miljarder jämfört med referensfallet vilket betyder en minskning av konsumtionen i övriga sektorer än 19 (som ju ökar med 3,9 Mdr¹). Trots detta är det somliga sektorer i vilken den privata konsumtionen ökar som t ex 12 och 15.

1. Eftersom modellen reagerar med att minska den privata konsumtionen överlag blir inte ökningen i sektor 19 hela 4 miljarder utan bara ca 3,9

Tabell 2.6 Effekten av energisparåtgärder i byggsektorn. Sammanfattning 2.1 - 2.5

Fall:	"Normal"	Privat + konsumtion + 4 000	Offentlig konsumtion + 4 000				Normal privat konsumtion	
			2.1	2.2	2.3/2.4 a)	2.4 b)		2.4 d)
Tabell:								
Total produktion	350 000	350 000	350 000	321 000	335 000	372 000		
BNP	170 000	170 000	170 000	157 000	163 000	178 000		
Produktion i sektor:								
19	28 400	29 900	31 700	28 400	30 000	34 300		
22	18 100	17 500	18 060	18 000	18 030	18 100		
15	67 500	67 500	66 600	60 200	63 300	71 600		
13	4 080	4 200	4 400	3 900	4 150	4 750		
8	28 230	28 320	28 250	25 040	26 600	30 730		
Offentl konsumtion	18 900	18 900	22 900	22 900	22 900	22 900		
Privat konsumtion	109 400	111 900	107 000	103 400	105 200	109 400		
Privat konsumtion i sektor:								
19	0	3 880	0	0	0	0		
22	18 100	17 500	18 060	18 000	18 030	18 100		
15	11 490	11 510	11 040	10 400	10 720	11 490		
12	4 020	4 060	3 830	3 550	3 690	4 020		
Export	82 500	82 100	80 600	69 600	74 900	89 100		
Import	66 100	65 700	64 600	55 600	60 000	71 700		
Import sektor 8	1 707	1 714	1 713	1 497	1 602	1 879		
Privata investe- ringar i sektor 19	25 400	23 000	24 300	16 600	20 300	30 400		
Produktion av investeringsvaror i sektor 19	15 060	12 800	14 500	11 400	12 900	16 800		
Privata investe- ringar i sektor 19	0	0	90	0	0	240		

Äter ett annat sätt att representera åtgärdsprogrammet i modellen skulle kunna vara genom att justera input-output koefficienterna. Detta möter dock samma typ av invändning eftersom dessa utgör en helhet med vissa krav på inbördes samband m m.

2.3.3 Kostnader i termer av minskad privat konsumtion

Den tredje kolumnen i tabell 2.6 visar resultatet av körningen 2.3. Här har de energibesparande åtgärderna modellerats som en exogent bestämd ökning av den offentliga konsumtionen av varor inom byggnadssektorn (19). Det är på denna formulering av problemet som resten av kapitlet vilar. En jämförelse mellan kolumnerna 1 och 3 visar att hela produktions- och konsumtionsstrukturen är förändrad. Den privata konsumtionen har minskat med 2.4 miljarder. Denna minskning är ojämnt fördelad över sektorerna beroende på olikheter i marginell konsumtionsbenägenhet m m. Det är dock ingen sektor vars konsumtion har ökat (i motsats till körning 2.2). Två viktiga frågor inställer sig: dels huruvida dessa 2.4 miljarder i utebliven konsumtion är hela kostnaden, dels varför det blev 2.4 och inte t ex 4 miljarder?

Den vidtagna förändringen medför en ändring i hela konsumtionsstrukturen och därigenom i alla andra delar av ekonomin: intermediära leveranser, investeringar, import, export och slutligen produktion. Att kostnaden blev 2.4 miljarder d v s mindre än ökningen i offentlig konsumtion med 4 miljarder - vilket innebär att totalkonsumtionen ökat - måste tolkas så att den nya konsumtionsvektorns struktur på något vis är "lättare" att sörja för - bättre anpassad till existerande produktionsutrustning, mindre krävande i termer av import m m. En jämförelse mellan investeringsutgifter och tillväxttakter i tabellerna 2.1 och 2.3 visar att "normalfallet" innebär en relativt omfattande kapitalförstöring i byggnadssektorn vilket "undviks" genom den ändrade konsumtionsriktningen i tabell 2.3. På motsvarande sätt är den nya konsumtionsstrukturen mindre importkrävande (sektor 19 importinnehåll är 0). Detta medför mindre export och - tack vare modellens formulering av bytesbalanskrav - medför den minskade handelsvolymen i sig en form av besparing.¹⁾

1) Om detta har någon empirisk motsvarighet i verkligheten torde vara osäkert.

Huruvida denna årliga konsumtionsförlust på 2.4 miljarder kronor är ett adekvat uttryck för hela den samhällseliga kostnaden är också osäkert. Dels bör den samhällsekonomiska kostnaden beräknas som den totala diskonterade förlusten i konsumtion vilket medför att även den framtida tillväxttakten är av betydelse. Den ändrade strukturen i produktionssammansättningen kan tänkas medföra att tillväxtpotentialen blir annorlunda än i normalfallet (inte nödvändigtvis lägre). Investeringarna har sjunkit (i 2.3 jämfört med 2.1) men eftersom modellen inte har någon depreciering, då endast de investeringar som är nödvändiga för att uppnå slutårets produktionsnivå vidtas och då denna produktionsnivå är densamma i de två körningarna, kan inget med säkerhet sägas om skillnaden i potentiell tillväxttakt.

Dessutom kan det tänkas att förändringen i konsumtionsvektorns struktur i sig skulle innebära en välfärdsförlust för konsumenterna. Förändringen som diskuteras är inte någon marginell förändring kring en jämviktspunkt utan en helt ny sådan. Detta borde egentligen medföra en ny uppsättning priser som skulle spegla bl a konsumenternas preferenser och det är då tänkbart att man skulle finna att välfärdsförlusten vore större än de nämnda 2.4 miljarderna.

2.3.4 Kostnader i termer av ökat produktionskrav

I det föregående avsnittet analyserades en körning (2.3) där en omallokering av konsumtionen skett inom ramen för en fast total produktionsnivå. Kostnaderna för energisparprogrammet tolkades i termer av minskning i den övriga konsumtionen. I körning 2.5c (sista kolumnen i tab 2.6) har frågeställningen vänts: hur mycket extra produktion (= arbetstid) är nödvändig för att tillgodose dels den "normala" konsumtionsvektorn och dessutom ökningen med 4 miljarder i offentlig konsumtion av sektor 19?

Det tekniska tillvägagångssättet för körningarna 2.5 (a-c) bygger på det faktum att subrutinen för konsumtion reproducerar exakt samma konsumtionsvektor givet en viss totalkonsumtion. Genom att direkt mata in normalfallets totalkonsumtion kunde efter endast en (eller två) iterationer i den yttre snurran "normalfallet" återskapas (tab 2.5 a resp b). Tab 2.5 c är resultatet av precis samma körning, men med en ökning av

den offentliga konsumtionen i sektor 19 med 4 miljarder och därför fullt jämförbar med 'normalfallet'.

Tabell 2.6 visar att konsumtionsvektorerna är desamma, endast den offentliga konsumtionen är 4 miljarder större i sektor 19. Detta leder dock, tack vare systemets interna behov av leveranser m m, till en ökad produktion i sektor 19 med 5.9 miljarder. Privata investeringar ökar med 5 miljarder. Den totala produktionen (summan av sektorerna) ökar från 350 till 372 miljarder och BNP ökar från 170 till 178 miljarder kr. En ökning i produktiv insats (som ungefär kan antas motsvara samma ökning i arbetstid) med ca 4,6 procent.

Detta kan jämföras med körning 2.2 där privat konsumtion minskade med 2% och totalkonsumtionen ökade med drygt 1% vid konstant BNP. Orsaken till denna diskrepans kan ses i termer av att fall 2.3 utnyttjade existerande produktionskapital mer effektivt än referensfallet.

I körningen 2.5 c skapades ju i ännu större utsträckning nytt produktionskapital genom ökade investeringar. I körning 2.3 förändrades ju också själva konsumtionsstrukturen vilket kunde tänkas vara associerat med kostnader i termer av konsumenternas preferenser och ekonomins tillväxtpotential.

2.3.5 Effekten av flaskhalsar

Körningarna 2.4(a-e) gjordes för att studera effekten av flaskhalsar i en sektor - nr 19. Det tekniska tillvägagångssättet bestod som redan nämnts i att styra med produktionen i denna sektor som mål i den yttersta snurren i modellen. I 2.4 a sattes produktionsgränsen för sektor 19 vid samma tal som erhålls i körning 2.3 - med den påföljden att dessa körningar blir likvärdiga. Detta representerar ett fall där inte kapaciteten i sektor 19 är något speciellt problem så länge den totala produktionsnivån håller sig inom de stipulerade 350 000. I 2.4 b sattes kapaciteten till exakt den nivå som produktionen i sektor 19 har i normalfallet, vilket innebär att kapaciteten i denna sektor vars offentliga konsumtion man söker öka, är helt låst. Den offentliga konsumtionen (för energisparandet) går därmed direkt ut över de leveranser av byggmaterial som behövs till investeringar och intermediära varor i ekonomin. Effekterna på ekonomin blir avsevärda.

BNP faller med ca 8 procent och i somliga sektorer såsom 15 (verksindustri) och 8 (trä, massa, papper) blir produktionsminskningen över 10 procent.

Körningarna 2.4 c och d¹⁾ representerar kapacitetsnivåer mellan a och b ovan. Det är intressant att notera att förändringar i produktionsnivån i olika sektorer är resultatet av ett komplicerat samspel av faktorer - förutom de direkta effekterna av produktionsbegränsningarna i sektor 19 inverkar också de indirekta effekterna av minskad totalkonsumtion och därav ändrade strukturer i konsumtionen, importen och slutligen investeringar.

Det är t ex intressant att notera i 2.4 d (se tab 2.6) att trots en markant sänkning av den totala produktionsnivån gentemot normalfallet finns det sektorer med produktionsnivåer högre än i normalfallet .

I denna körning är byggnadssektorn låst till 30 000 vilket medför att totalproduktion och BNP faller med ca 4 % jämfört med normalfallet. Sektor 13 (jord och sten) har dock högre produktion än i normalfallet beroende på den ändrade sammansättningen av efterfrågan. Ett system med flera restriktioner i olika sektorer skulle kunna få effekter som tillsammans blev starkare och mera svåröverskådliga än den enda restriktion i byggnadssektorn som diskuterats här. Å andra sidan skulle en modell utan fasta 'produktionstak' men med priser som steg allteftersom produktionsnivån ökade i de olika sektorerna ytterligare nycera de erhållna resultaten.

1) 2.4 e representerar ett fall där kapaciteten är större än i a och normalfallet. Implicit är hela ekonomins potential större i den bemärkelsen att totalproduktionen i detta fall kommer över 350 000. e är därför i någon bemärkelse ett mellanfall mellan 2.4 a och 2.5 c.

2.4 Utblick mot mera generella Input-output modeller

I avsnitt 2.2 & 2.3 har vi illustrerat en del tillämpningsmöjligheter med en enkel I-0 modell för att belysa de samhällsekonomiska kostnaderna av energisparprogram vid olika antaganden om ledig kapacitet eller flaskhalsar. Vi kan konstatera att redan denna enkla modell har viktiga användningsområden och har bl a den fördelen att den visar på effekter inom ramen för en konsistent bild av ekonomin. Genom att analysera den använda modellens brister kan vi också peka på de utvecklingsmöjligheter som finns med en bredare klass av I-0 modeller.

En uppenbar ofullständighet i analysen i avsnitt 2.3 är som redan nämnts att endast kostnadssidan diskuterats. De tänkta åtgärdsprogrammen resulterar naturligtvis också i reduktioner i behov av energi för bostadssektorn och i viss mån från handel, industribyggnader (som är fördelade över alla industrisektorerna) och därmed i princip från samtliga sektorer. De sektorer som levererar energin är framför allt 12 (petroleum) och 18 (el, gas, värme och vatten). Ett sätt att modellera energibesparingarna vore att minska motsvarande input-output-koefficienter från sektorerna 12 och 18 till framför allt sektor 22 (bostadsförvaltning). Den exakta utformningen av dessa minskningar är dock inte helt oproblematiske. Ett sätt att använda modellen vore att se vilken reduktion i energianvändning som kompenserar minskningen i privatkonsumtion på grund av byggnadsinvesteringarna.

Ett annat problem som gäller själva det sätt på vilket vi använt vår modell är den förenkling av åtgärdsprogrammet till att helt enkelt representeras av 4 miljarder kr i byggnadssektorn. Dels har inte de åtgärdsprogram som beslutats i Sverige denna direkt fysiska karaktär utan är snarare en blandning av normer, påbud, bidrag, lån m m som kan väntas påverka inte bara energisparinvesteringar som sådana utan - åtminstone marginellt - hela byggsektorn, t ex proportionerna mellan nybyggnation och ombyggnader. Om vi dock accepterar att arbeta med de fysiska tal som utgjort målet för en viss plan, är det uppenbart att det inte är 4 miljarder av den vanliga byggnadssektorns produktion

som eftersträvas utan 4 miljarder med en något annan sammansättning vad gäller insatsvaror, yrkeskategorier m m. Ett sätt att kringgå detta problem skulle kunna vara att justera den efterfrågan som lagts in (som offentlig konsumtion) så att denna fick formen av en vektor, där den tunga posten fortfarande vore bygnadssektorn men med en viss vikt för sådana sektorer som har större betydelse som leverantörer för energisparåtgärder än för bygnadsverksamhet i allmänhet. Ett mera direkt sätt att angripa problemet vore att utvidga modellen med ytterligare en sektor - för energibesparande åtgärder.

Det begränsade antalet sektorer är över huvud taget ett problem som kraftigt minskar användbarheten av modellen för vissa ändamål såsom konkreta studier av kapacitetsgränser och sysselsättningseffekter inom bygnadssektorn. Många av de viktigaste restriktionerna vad gäller kapacitet inom bygnadsmaterialindustrin och vad gäller sysselsättning uppenbarar sig först - som vi sett i kapitel 1 - på en relativt detaljerad nivå, disaggregerad både med avseende på region och bransch. Det pågår arbete på skilda håll med att utveckla input-output-modeller i dessa riktningar. Som exempel kan nämnas nationella input-output-tabeller med 80-talet sektorer inom konjunkturinstitutet. För modeller som dessutom är regionalt uppdelade torde inte förekomma mer än 20-talet sektorer.

Regionala input-output-modeller kan utformas på ett antal olika sätt. Vid s k "full information"-modeller behandlas varje sektor i en viss region som en egen sektor i förhållande till alla andra sektorer och regioner. D v s man registrerar insatsvaror till sektor 'i' i region 'k' från varje annan kombination av sektorer och regioner i modellen. Leveranser till slutlig förbrukning, export och import hanteras analogt.¹⁾ Modellen blir givetvis mycket stor och därmed också kraven på informationsmängden. I vissa sammanhang (t ex vid studiet av en region) kan modeller baserade på s k "begränsad information" vara fullt tillräckliga. I dessa skiljer man mellan insatser från sektor j inom regionen och från övriga landet - men inte mellan övriga regioner, inom landet och utlandet. En modell av ungefär denna typ har utvecklats vid

1) Se t ex den modell som utvecklats av Folke Snickars i "Inom- och mellanregionala beroenden i det svenska produktionssystemet 1975". SOU 1979:90

nationalekonomiska institutionen i Lund¹⁾ för bedömning av sysselsättningseffekter. Den har 23 industrisektorer, 27 regioner och skiljer mellan den egna regionen, resten av Sverige och utlandet.

Ytterligare en aspekt som skulle vara värdefull i den modell som används för denna typ av bedömningar är förstås prisrörelser och substitutionsprocesser. Att kunna studera effekten av olika prisbanor är naturligtvis alltid viktigt vid värderingen av t ex energibesparingar. En sådan prisförändring kan dock studeras inom ramen för en modell av typ LUMO, däremot kan man inte få fram endogena prisförändringar och substitutionsprocesser som resultat av stigande kapacitetsutnyttjande. Också modellen för utrikeshandel och bytesbalans behöver nyanseras, särskilt för att studera större förändringar. LUMO reagerar något mekaniskt, vid inkomst- och produktionsminskningar reduceras själva andelen export och import - vilket, tack vare formuleringen av bytesbalanskravet, innebär en resursbesparing för ekonomin. I en MSG-modell²⁾ finns förutom den input-output-struktur och de beteendeekvationer m m som finns i LUMO även mekanismer för att endogent bestämma priser och växelkurs gentemot utlandet.

Efter denna kortfattade genomgång av utvecklingsmöjligheter och generaliseringar utifrån den modell som använts i avsnitt 2.2-3 återstår att söka avgöra vilken kombination av modeller som är bäst lämpad för konkreta bedömningar av energisparåtgärders effekter på delbranscher, materialindustri, sysselsättning, regionalt och yrkesmässigt. Man kan frestas att sträva efter att bygga en stor modell som tillgodoser de flesta av de krav vi diskuterat. Det kan dock mycket väl tänkas att det är mer effektivt att söka koppla samman delmodeller med delvis olika metodik och räckvidd. För att bedöma sysselsättningseffekter m m inom skilda delar av byggnads- och byggmaterialområdet behövs en detaljrikedom som kanske endast kan tillfredsställas inom en speciell submodell för byggnadssektorn. För att bedöma de övergripande effekterna på samhällsekonomin behövs en modell med den flexibilitet och de nyanser som t ex en MSG-modell kan erbjuda medan regionala input-output-modeller eller input-output-modeller med många sektorer kan tänkas användas för att fördela dessa indirekta samhällsekonomiska effekter ned på regional och sektoriell nivå. Detta kommer att diskuteras ytterligare i kapitel 5.

1) "Indirekta sysselsättningseffekter", Sonny Johansson. Integrerad Arbetsmarknadspolitik. Rapport nr 7. Sept 1976, Lunds universitet

2) Se t ex den modell för Sverige som utvecklats av Lars Bergman, EFI

Tab 2.1 'Normalfallet' eller referensalternativet för den Svenska ekonomin 1980.
 För 23 specificerade sektorer och totalt (24 sektorer inkl 'import av turisttjänster').

SEKTOR	TOTAL PRODUKTION	PRIVAT KONSUMTION	PRIVATA INVESTERINGAR	IMPORT	EXPORT	OFFENTLIG FÖRBRUKNING
1 Jordbruksfisk	9075.	4184.	2.	2672.	577.	103.
2 Skogsbruk	4656.	77.	0.	156.	114.	0.
3 Extraktiv	4537.	0.	0.	3691.	2436.	174.
45. Livsmdl	16150.	10677.	0.	1746.	457.	504.
5K. Livsmedl	6663.	6061.	0.	3079.	378.	162.
6 Dryck/Tobk	8944.	8763.	0.	810.	63.	15.
7 Textil/bdkl	10479.	10086.	92.	6229.	2401.	455.
8 Trä M. Papp	188233.	18859.	435.	1707.	13635.	534.
9 Grafisk	28233.	2371.	0.	328.	368.	223.
10 Gummi	5516.	798.	0.	839.	750.	0.
11 Kemisk	2235.	4159.	0.	10194.	5398.	1147.
12 PetroliKol	15458.	4019.	0.	2474.	320.	833.
13 Järn/Åst	8888.	264.	0.	1319.	864.	93.
14 Järn/Åst	4077.	77.	0.	3826.	7396.	0.
15 Verkstad	14996.	11488.	0.	20023.	35476.	3724.
16 Vagn	67500.	852.	9587.	699.	2571.	113.
17 Övrigt:llv	3319.	1523.	252.	1467.	703.	157.
18 Elgasvä.va	1072.	2484.	14.	17.	56.	704.
19 Byggnads	8081.	0.	15059.	0.	0.	0.
20 Handel	28367.	0.	0.	1265.	1660.	0.
21 Samfärds	30203.	4782.	0.	1473.	4463.	1294.
22 Bostförv.	20822.	18099.	0.	0.	0.	0.
23 Priv.tjst	18099.	12887.	0.	2053.	2452.	306.
23 Priv.tjst	32607.					

SUMMA 349975.

109443.

25443.

66065.

82538.

18873.

Tab 2.1 forts.

SEKTOR	INVESTERINGS- UTGIFTER	KAPITAL- STOCKAR	TILLVÄXT- TAKTER
1	88.	31762.	0.0028
2	0.	7449.	-0.0179
3	443.	9981.	0.0570
4	105.	8075.	0.0139
5	63.	3332.	0.0268
6	221.	10733.	0.0230
7	598.	10475.	0.0798
8	1497.	40937.	0.0448
9	111.	7722.	0.0155
10	119.	2458.	0.0637
11	1189.	17004.	0.1075
12	448.	5333.	0.1450
13	43.	8155.	0.0054
14	1504.	26993.	0.0773
15	2877.	54000.	0.0726
16	0.	2323.	-0.0372
17	7.	536.	0.0138
18	4479.	92929.	0.0635
19	0.	8510.	-0.0121
20	1235.	33223.	0.0457
21	1786.	76415.	0.0265
22	7939.	343883.	0.0261
23	693.	34237.	0.0225
<hr/>			
SUMMA	25443.	836469.	
BNP=	170233.	PRIVAT INVESTERINGSKVCT=0.1495	

Tab 2.2 Utvecklingen av den svenska ekonomin under samma förutsättningar som i Tab 1 men med en exogen ökning i den privata konsumtionen av byggnadsindustrins tjänster med 4 Mdr kr.

SFRTFR	TOTAL PRODUKTION	PRIVAT KONSUMTION	PRIVATA INVESTERINGAR.	IMPORT	EXPORT	OFFENTLIG FÖRBREKNING
1Jordbr.fisk	8646.	4096.	0.	2588.	574.	107.
2Skogsbruk	4667.	75.	0.	156.	114.	0.
3Extraktiv	4545.	0.	0.	3705.	2424.	174.
4S. Livsmdl	15822.	10429.	0.	1723.	454.	504.
5K. Livsmdl	6601.	6664.	0.	3048.	376.	162.
6Dryck/Tobk	8828.	8632.	0.	791.	63.	15.
7Textil/bkl	10220.	5891.	91.	6229.	2389.	455.
8Tj.M. Papp	29320.	1832.	429.	1714.	13570.	574.
9Träfisk	5493.	2349.	0.	322.	367.	1254.
10Gummi	2231.	795.	0.	339.	747.	222.
11Kemisk	15410.	4129.	0.	10154.	5373.	1147.
12Retrikkol	8538.	4061.	0.	2474.	318.	873.
13Jordsten	4216.	260.	0.	1300.	960.	0.
14Järn/stål	15007.	7.	0.	354.	7362.	3724.
15Verkstäd	67543.	11510.	9452.	19907.	35306.	117.
16Varv	3219.	872.	247.	701.	2559.	157.
17Övr.igt./llv	1074.	1506.	14.	1444.	707.	704.
18Elgasvä. va	8089.	2507.	0.	17.	56.	0.
19Byggnads	29863.	3884.	0.	0.	0.	7075.
20Handel	30043.	0.	0.	1271.	1652.	0.
21Samfärdsl	23766.	4748.	0.	1466.	4442.	1264.
22Bostförlv.	17505.	17505.	0.	0.	0.	0.
23Priv.tjst	32573.	12697.	0.	1959.	2446.	266.
SUMMA	349582.	111867.	22991.	65650.	82147.	13873.

1. Ökningen har utformats som en ökning i konstant termen i konsumtionsfunktionen för sektor 19. På grund av den allmänna resursknappheten (den totala produktionen ökar ju inte) sjunker emellertid konsumtionen i de flesta sektorerna något och ökningen i byggnadsindustrin blir inte fullt 4 miljarder i konsumtion.

Tab 2.2 Forts

SEKTOR	INVESTERINGS- UTGIFTER	KAPITAL- STOCKAP	TILLVÄXT- TAKTFR
1	0.	31310.	-0.0001
2	0.	7467.	-0.0174
3	448.	11117.	0.1577
4	72.	17911.	0.0096
5	57.	3301.	0.0188
6	103.	11593.	0.0201
7	546.	10220.	0.0722
8	1523.	41064.	0.0455
9	104.	7690.	0.0146
10	118.	2454.	0.0472
11	1178.	16551.	0.1065
12	454.	5363.	0.1470
13	58.	8431.	0.0124
14	1508.	27013.	0.0775
15	2934.	54034.	0.0728
16	0.	2323.	-0.0372
17	7.	537.	0.0140
18	4497.	92022.	0.0639
19	1.	8555.	-0.0022
20	1200.	33048.	0.0444
21	1745.	76210.	0.0259
22	5631.	332597.	0.0187
23	677.	34160.	0.0220

SUMMA

22551.

824665.

BNP = 170224.

PRIVAT INVESTERINGSKVOT=0.1351

Tab 2.3 ökning i den offentliga konsumtionen av byggnadsindustrins tjänster med 4 Mdr.

SEKTOR	TOTAL PRODUKTION	PRIVAT KONSUMTION	PRIVATA INVESTERINGAR	IMPORT	EXPORT	OFFENTLIG FÖRBRUKNING
1 Jordbr&fisk	8976.	4124.	0.	2603.	563.	103.
2 Skogsbruk	4655.	77.	0.	156.	111.	0.
3 Extraktiv	4510.	0.	0.	3618.	2378.	174.
4 S. Livsmedl	15950.	10547.	0.	1731.	446.	504.
5 K. Livsmedl	6525.	5897.	0.	3002.	369.	162.
6 Dryck/Tobk	8778.	8578.	0.	783.	62.	15.
7 Textil&bkl	10198.	9920.	88.	6229.	2344.	455.
8 Tr&M. Papp	28246.	1818.	415.	1713.	13310.	534.
9 Grafisk	5444.	2306.	0.	311.	360.	1254.
10 Gummi	2203.	772.	0.	820.	732.	223.
11 Kemisk	15231.	4038.	0.	10051.	5270.	1147.
12 Petroli&kol	8675.	3827.	0.	2474.	312.	833.
13 Jor&sten	4388.	259.	0.	1258.	844.	93.
14 J&rn&st&l	14829.	799.	0.	2474.	844.	1.
15 Verkstad	66615.	11041.	9136.	3805.	7219.	3724.
16 &ary	3203.	1446.	223.	19345.	34630.	113.
17 Overigtillv	1065.	799.	14.	668.	2510.	157.
18 El&gasv&. va	7938.	2372.	14457.	1419.	687.	704.
19 Byggnads	31713.	0.	0.	17.	55.	0.
20 H&ndel	29756.	0.	0.	1270.	1620.	1294.
21 Semf&rdsl	20528.	4640.	0.	1439.	4357.	0.
22 Bost&rv.	18061.	18061.	0.	0.	0.	0.
23 Pr. iv. tj&st	32489.	12613.	0.	1915.	2393.	306.
SUMMA	349975.	106554.	24332.	64627.	80571.	22873.

Tab 2.3 forts

SEKTOR	INVESTERINGS- UTGIFTER	KAPITAL - STOCKAR	TILLVÄXT - TAKTER
1	19.	31416.	0.0006
2	0.	7448.	-0.0179
3	431.	9922.	0.0555
4	85.	7975.	0.0113
5	49.	3263.	0.0162
6	181.	10534.	0.1188
7	541.	10198.	0.0723
8	1501.	40956.	0.0449
9	91.	7621.	0.0126
10	112.	2423.	0.0599
11	1139.	16754.	0.1030
12	423.	5205.	0.1367
13	167.	8776.	0.0210
14	1444.	26692.	0.0742
15	2736.	53292.	0.0691
16	0.	2242.	-0.0429
17	6.	573.	0.0123
18	4149.	91282.	0.0588
19	91.	5814.	0.0100
20	1137.	32731.	0.0420
21	1570.	75336.	0.0233
22	7794.	343158.	0.0256
23	668.	34113.	0.0217

SUKMA

24332.

831384.

BNP = 170104.

PRIVAT INVESTERINGSKVCT = 0.1430

8 Tab 2.4 a) Ökning i den offentliga konsumtionen av byggnadsindustrins tjänster med 4 Mdr. Samma produktions nivå i byggnadsindustrin som i tab 2.3 - dvs inga speciella kapacitetsrestriktioner i sektor 19.

SEKTOR	TOTAL PRODUKTION	PRIVAT KONSUMTION	PRIVATA INVESTERINGAR.	IMPORT	EXPORT	OFFENTLIG FÖRBRUKNING
1 Nordbräffisk	8976.	4124.	0.	2603.	563.	103.
2 Skogsbruk	4655.	77.	0.	156.	111.	0.
3 Extraktiv	4510.	0.	0.	3618.	2378.	174.
4 Livsmedl	15950.	10546.	0.	1731.	446.	504.
5 Livsmedl	6525.	5897.	0.	3002.	369.	162.
6 Dryck/Tobk	8778.	8578.	0.	783.	62.	13.
7 Textil/bk1	10197.	5920.	88.	6229.	2344.	455.
8 Trä M. Papp	28246.	1818.	415.	1713.	13311.	534.
9 Grafisk	5444.	2305.	0.	311.	360.	1254.
10 Gummi	2203.	772.	0.	820.	732.	223.
11 Kemisk	15231.	4038.	0.	10051.	5270.	1147.
12 PetroliKol	8675.	3827.	0.	2474.	312.	833.
13 Järn&stål	4388.	259.	0.	1258.	844.	03.
14 Järn&stål	14830.	799.	0.	3805.	7219.	0.
15 Verkstad	66616.	11040.	9137.	19347.	34630.	3724.
16 Järn	3203.	799.	223.	668.	2510.	113.
17 Övrigt metall	1065.	1486.	14.	1418.	687.	157.
18 Elgasva. va	7937.	2371.	0.	17.	55.	724.
19 Byggnads	31714.	0.	14458.	0.	0.	11078.
20 Handel	29756.	0.	0.	1270.	1621.	0.
21 Samfärdsl	20528.	4640.	0.	1430.	4357.	1294.
22 Bostförv.	18061.	18061.	0.	0.	0.	0.
23 Priv. tjst	32489.	12612.	0.	1915.	2393.	306.
SUMMA	349976.	106943.	24335.	64628.	80572.	22873.

1. DET HÄR ÄR EN VERSION AV LUNGA DÄR HELA ITERATIONEN STYRS AV PRODUKTIONEN
 I SEKTOR 19 BYGGNADSINDUSTRI. I DENNA KÖRNING STYRS PRODUKTIONEN MOT VÄRDET
 31713 SOM ÄR SAMMA VÄRDE SOM (19) ANTAR DÅ STYRNINGEN SKER AV TOTALPRODUKTIONEN
 MOT 350 000. DEN VISAR ALLTSA VAD SOM HÄNDER DÄ DEN OFFENTLIGA KONSUMTIONEN
 AV BYGGNADSINDUSTRI ÖKAR MED 4 MILJARDER SAMTIDIGT SOM KAPACITETEN I DENNA
 SEKTOR TILLÄTS EXPANDERA "FRITT".

Tab. 2.4 a) forts

SEKTOR	INVESTERINGS- UTGIFTER	KAPITAL- STOCKAR	TILLVÄXT- TAKTER
1	19.	31416.	0.0006
2	0.	7448.	-0.0179
3	431.	9922.	0.0555
4	85.	7975.	0.0113
5	49.	3262.	0.0162
6	181.	10533.	0.0188
7	541.	11197.	0.0723
8	1502.	40957.	0.0449
9	91.	7621.	0.0126
10	112.	2424.	0.0599
11	113.	16734.	0.1030
12	423.	5205.	0.1367
13	167.	8776.	0.0215
14	1444.	26653.	0.0742
15	2736.	53292.	0.0691
16	0.	2242.	-0.0429
17	6.	533.	0.0124
18	4149.	91280.	0.0588
19	91.	5514.	0.0100
20	1137.	32732.	0.0420
21	1570.	75336.	0.0233
22	7793.	343156.	0.0236
23	668.	34114.	0.0217
SUMMA	24335.	831383.	
BNP =	170095.	PRIVAT INVESTERINGSKVCT=0.1431	

Tab 2.4 b) Ökning i den offentliga konsumtionen av byggnadsindustrins tjänster med 4 Mdr. Produktionskapacitet i sektor 19 helt läst till den nivå som råder i normalfallet.

SEKTOR	TOTAL PRODUKTION	PRIVAT KONSUMTION	PRIVATA INVESTERINGAR	IMPORT	EXPORT	OFFENTLIG FÖRBRUKNING
1 Jordbr&fisk	8707.	4037.	0.	2486.	486.	103.
2 Skogsbruk	4117.	77.	0.	156.	96.	0.
3 Extraktiv	3946.	0.	0.	3259.	2053.	174.
45. Livsmedl	15514.	10358.	0.	1690.	385.	504.
5K. Livsmedl	6239.	5662.	0.	2867.	318.	162.
6 Dryck/Tobk	8492.	8313.	0.	742.	53.	15.
7 Textil&bkl	9264.	9661.	47.	6229.	2024.	455.
8 Trä M. Papp	25036.	1760.	221.	1497.	11493.	534.
9 Grafisk	5186.	2212.	0.	285.	310.	1254.
10 Gummi	2002.	734.	0.	766.	632.	310.
11 Kemisk	13852.	3865.	0.	9207.	4550.	223.
12 Petroli&kol	7789.	3551.	0.	2474.	269.	833.
13 Jor&sten	3914.	251.	0.	1162.	729.	93.
14 Jär&stål	13048.	7.	0.	3367.	6234.	0.
15 Yrkerstad	60158.	10399.	4868.	13464.	29903.	3724.
16 Övrigt tillv	2698.	1432.	52.	560.	2167.	113.
17 Berg&svä. va	967.	2211.	5.	1348.	593.	157.
18 Byggnads	7352.	0.	11399.	17.	47.	704.
19 Byggnads	28367.	0.	0.	0.	0.	0.
20 H&ndel	27234.	0.	0.	1090.	1399.	7.
21 Samf&rdsl	18877.	4437.	0.	1247.	3762.	1294.
22 Bost&rv.	18003.	18003.	0.	0.	0.	0.
23 Priv. tj&st	30468.	12218.	0.	1712.	2067.	306.
SUMMA	321228.	103368.	16593.	55623.	69573.	22973.

Tab 2.4 b) forts

SEKTOR	INVESTERINGS- UTGIFTER	KAPITAL- STOCKAR	TILLVÄXT- TAKTER
1	0.	30473.	-0.0054
2	0.	6587.	-0.0389
3	183.	8682.	0.0236
4	42.	7757.	0.0055
5	20.	3119.	0.0068
6	113.	10191.	0.0117
7	355.	9264.	0.0474
8	571.	36302.	0.0171
9	18.	7260.	0.0026
10	68.	2203.	0.0363
11	836.	15237.	0.0756
12	316.	4673.	0.1024
13	0.	7828.	-0.0028
14	803.	23486.	0.0413
15	1704.	48126.	0.0430
16	0.	1888.	-0.0677
17	0.	483.	-0.0072
18	2804.	84550.	0.0398
19	0.	8510.	-0.0121
20	582.	29957.	0.0215
21	359.	69278.	0.0053
22	7574.	342058.	0.0249
23	244.	31992.	0.0079
SUMMA	16593.	789905.	

BNP= 156784.

PRIVAT INVESTERINGSKVCT=0.1058

Tab 2.4 c) Samma föruts som a) & b) men kapaciteten begränsad till 31 500 i sektor 19 - dvs ganska nära det värde på 31 714 som representerar "fri kapacitet" i a).

SEKTOR	TOTAL PRODUKTION	PRIVAT KONSUMTION	PRIVATA INVESTERINGAR	IMPORT	EXPORT	OFFENTLIG FÖRBÄRKNING
1	8959.	4118.	0.	2595.	558.	103.
2	4620.	77.	0.	156.	110.	0.
3	4474.	0.	0.	3595.	2357.	174.
4	15922.	10535.	0.	1728.	442.	504.
5	6507.	5882.	0.	2993.	365.	162.
6	8760.	8561.	0.	781.	61.	15.
7	10138.	5905.	85.	6225.	2323.	455.
8	28038.	1814.	402.	1699.	13192.	534.
9	5427.	2300.	0.	309.	356.	1254.
10	2190.	769.	0.	817.	726.	223.
11	15142.	4027.	0.	9998.	5223.	1147.
12	8619.	3810.	0.	2474.	309.	833.
13	4358.	259.	0.	1252.	836.	93.
14	14714.	7.	0.	3777.	7155.	0.
15	66199.	11001.	8850.	18955.	34321.	3724.
16	3171.	794.	212.	661.	2487.	113.
17	1059.	1482.	13.	1414.	681.	157.
18	7900.	2362.	0.	17.	54.	704.
19	31500.	0.	14262.	0.	0.	11078.
20	29595.	0.	0.	1259.	1666.	0.
21	20422.	4627.	0.	1427.	4318.	1294.
22	18057.	18057.	0.	0.	0.	0.
23	32361.	12588.	0.	1902.	2372.	376.
SUMMA	348131.	106725.	23824.	64038.	79852.	22873.

Tab 2.4 c) forts.

SEKTOR	INVESTERINGS- UTGIFTER	KAPITAL- STOCKAR	TILLVÄXT- TAKTER
1	7.	31355.	0.0002
2	0.	7393.	-0.0192
3	415.	5842.	0.0535
4	83.	7961.	0.0109
5	47.	3253.	0.0156
6	177.	10512.	0.0184
7	525.	10136.	0.0707
8	1442.	40635.	0.0431
9	86.	7598.	0.0120
10	109.	2409.	0.0584
11	1120.	14656.	0.1012
12	416.	5171.	0.1346
13	155.	8716.	0.0195
14	1403.	26486.	0.0721
15	2670.	52959.	0.0674
16	0.	3219.	-0.0445
17	6.	529.	0.2111
18	4065.	90834.	0.0576
19	78.	5450.	0.0086
20	1102.	32555.	0.0407
21	1493.	74648.	0.0221
22	7780.	343090.	0.0256
23	641.	33979.	0.0208
SUMMA	23824.	828729.	
BNP =	169236.	PRIVAT INVESTERINGSKVOT = 0.1408	

Tab 2.4 d) Samma som a) & b) men kapaciteten i byggnadsindustrin är fixerad till 30 000 (Mkr) - mitt emellan a) och b).

SEKTOR	TOTAL PRODUKTION	PRIVAT KONSUMTION	PRIVATA INVESTERINGAR	IMPORT	EXPORT	NETTENTLIG FÖREBRUKNING
1 Jordbr&fisk	8839.	4081.	0	2545.	523.	173.
2 Skogsbruk	4378.	77.	0	156.	104.	0.
3 Extraktliv	4219.	0.	0.	3435.	2210.	174.
4 S. Livsmdl	15731.	10453.	0.	1710.	414.	524.
5 K. Livsmdl	6381.	5781.	0.	2934.	343.	162.
6 Dryck/Tobk	8636.	8447.	0.	763.	57.	15.
7 Textil&bkl	9722.	9802.	0.	6229.	2178.	455.
8 Grafisk	26591.	1789.	67.	1602.	12371.	534.
9 Grafisk	5313.	2259.	313.	298.	334.	1254.
10 Gummi	2100.	753.	0.	793.	681.	223.
11 Kemisk	14523.	3952.	0.	9619.	4898.	1147.
12 Petroli&kol	8225.	3690.	0.	2474.	290.	833.
13 Jär&stål	4145.	255.	0.	1209.	784.	93.
14 Jär&stål	13911.	7.	0.	3580.	6710.	0.
15 Verkst&d	63299.	10723.	0.	16273.	32186.	3724.
16 Varv	2943.	761.	6896.	613.	2333.	113.
17 Varrigt&liv	1014.	1459.	135.	1383.	638.	157.
18 L&gasvä.va	7640.	2292.	0.	17.	51.	704.
19 Byggn&ds	29999.	0.	12890.	0.	0.	11278.
20 Handel	28465.	0.	0.	1177.	1506.	0.
21 Samf&rdsl	15682.	4539.	0.	1340.	4050.	1294.
22 Bost&fv&.	18033.	18033.	0.	0.	0.	0.
23 Priv.&ljst	31456.	12417.	0.	1814.	2224.	306.

SUMMA 335242.

105175.

20310.

59964.

74884.

22873.

Tab 2.4 d) forts

SEKTOR	INVESTERINGS- UTGIFTER	KAPITAL- STOCKAR	TILLVÄXT- TAKTER
1	0.	30937.	-0.0025
2	0.	7004.	-0.0287
3	303.	9282.	0.0390
4	63.	7865.	0.0084
5	35.	2190.	0.0115
6	147.	10363.	0.0153
7	446.	9722.	0.0596
8	1022.	38557.	0.0376
9	54.	7438.	0.0075
10	89.	2310.	0.0478
11	993.	15975.	0.0489
12	369.	49335.	0.1193
13	70.	8290.	0.0088
14	1114.	25039.	0.0572
15	2206.	50639.	0.0557
16	0.	2060.	-0.0556
17	1.	507.	0.0022
18	3466.	87859.	0.0491
19	0.	9000.	-0.0013
20	853.	31311.	0.0316
21	950.	72233.	0.0141
22	7686.	342621.	0.0253
23	452.	330229.	0.0147

SUMMA

20310.

810166.

BNP = 163278.

PRIVAT INVESTERINGSKVCT=0,1244

Tab 2.4 e) Samma som a) & b) men kapaciteten har utökats med exakt 4 Mdr så att det överskrider värdet från tab 2.3. dvs både ökad konsumtion och produktion av sektor (19) med 4 mdr.

SEKTOR	TOTAL PRODUKTION	PRIVAT KONSUMTION	PRIVATA INVESTERINGAR	IMPORT	EXPORT	OFFENTLIG FÖRBRUKNING
1 Jordbr&fisk	5027.	4139.	1.	2623.	578.	103.
2 Skogsbruk	4762.	77.	0.	156.	114.	0.
3 Extraktiv	4622.	0.	0.	3687.	2443.	174.
4 S. Livsmdl	16029.	10579.	0.	1738.	458.	504.
5 K. Livsmedl	6577.	5937.	0.	3026.	379.	162.
6 Drvc&K/Tob&K	8828.	8523.	0.	791.	63.	15.
7 Textil&bk	10375.	9961.	97.	6229.	2407.	455.
8 Tr&M. Papp	28883.	1828.	455.	1736.	13672.	534.
9 Graf. f. sk	5493.	2322.	0.	315.	369.	1254.
10 Gummi	2243.	778.	0.	830.	752.	223.
11 Kemisk	15501.	4068.	0.	10216.	5413.	1147.
12 Petro&Kol	8843.	3874.	0.	2474.	320.	833.
13 Jär&st&n	4481.	260.	0.	1277.	867.	93.
14 Jär&st&l	15183.	7.	0.	3892.	7416.	0.
15 Ver&st&d	67880.	11151.	10022.	20551.	35572.	3724.
16 Varv	3302.	812.	256.	689.	2578.	113.
17 Övrigt i liv	1085.	1495.	15.	1431.	705.	157.
18 Elektr. & sv. va	8045.	2399.	0.	17.	56.	704.
19 Byggnads	32367.	0.	15055.	0.	0.	11078.
20 H&rd&del	30248.	0.	0.	1306.	1665.	0.
21 Samf. & rds l	20849.	4675.	0.	1476.	4476.	1294.
22 Bost. & förv.	18070.	18070.	0.	0.	0.	0.
23 Priv. & l. st	32881.	12680.	0.	1950.	2458.	306.

SUMMA 355576.

107562.

25900.

66430.

82762.

22873.

Tab 2.5 a) Normalfallet (Modifierad metod 1).

SEKTOR	TOTAL PRODUKTION	PRIVAT KONSUMTION	PRIVATA INVESTERINGAR.	IMPORT	EXPORT	OFFENTLIG FÖRBRUKNING
1 Jordbräffisk	9074.	4184.	2.	2671.	577.	103.
2 Skogsbruk	4654.	77.	0.	156.	114.	0.
3 Elektricitet	4535.	0.	0.	3690.	2435.	174.
4 S. Livsmedl	16148.	10676.	0.	1746.	456.	504.
5 K. Livsmedl	6663.	6060.	0.	3778.	377.	162.
6 Dryck/Tobak	8944.	8762.	0.	810.	63.	15.
7 Textil/fabri	10476.	10085.	0.	6229.	2400.	455.
8 Trä. M. Papp	28222.	1859.	435.	1736.	13629.	534.
9 Grafisk	5515.	2370.	0.	328.	368.	1254.
10 Gummi	2234.	798.	0.	839.	750.	223.
11 Kemi	15453.	4158.	0.	10191.	5396.	1147.
12 PetroliKol	8885.	4019.	0.	2474.	319.	833.
13 Jordbsten	4076.	264.	0.	1319.	864.	0.
14 Järnsten	14990.	7.	0.	3825.	7392.	0.
15 Verkstad	67478.	3318.	9573.	20003.	35460.	3724.
16 Varv	1072.	11487.	252.	698.	2570.	113.
17 Övrigt. Iiv	1072.	1523.	14.	1466.	703.	157.
18 Elektr. sv. va	8079.	0.	0.	17.	56.	704.
19 Byggnads	28356.	0.	15049.	0.	0.	0.
20 Handel	30194.	0.	0.	1265.	1659.	0.
21 Samförsd	20816.	4781.	0.	1472.	4462.	1294.
22 Bostförv.	18099.	18099.	0.	0.	0.	0.
23 Priv.t.fst	32600.	12886.	0.	2052.	2451.	306.
SUMMA	349882.	109443.	25417.	66035.	82502.	18873.

1. DET HÄR ÄR EN VERSION AV "NORMALFALLET" KONSTRUERAD GENOM ATT DEN "NORMALA" TOTALKONSUMTIONEN MATATS IN SOM INDATA SÅ ATT "RÄTT" KONSUMTIONSVektor ERHÅLLS REDAN VID FÖRSTA ITERATIONEN. SYFTET MED KÖRNINGEN ÄR ATT GE EN GRUND FÖR JÄMFÖRELSE MED DEN MOTSVARANDE KÖRNINGEN MED ÖKAD OFFENTLIG KONSUMTION AV ENERGISPARANDE INVESTERINGAR.

Tab 2.5 a) forts

SEKTOR	INVESTERINGS- UTGIFTER	KAPITAL- STOCKAR	TILLVÄXT- TAKTER
1	87.	31759.	0.0028
2	0.	7446.	-0.0179
3	442.	9977.	0.0569
4	105.	8074.	0.0139
5	63.	3331.	0.0208
6	221.	10732.	0.0229
7	597.	10476.	0.0797
8	1494.	40922.	0.0447
9	111.	7721.	0.0154
10	119.	2458.	0.0636
11	118.	16959.	0.1074
12	448.	5331.	0.1449
13	42.	8152.	0.0053
14	1502.	26982.	0.0771
15	2874.	53983.	0.0726
16	0.	2322.	-0.0373
17	7.	536.	0.0137
18	4474.	92907.	0.0634
19	0.	8507.	-0.0122
20	1233.	33214.	0.0456
21	1782.	76395.	0.0264
22	7938.	343880.	0.0261
23	691.	34230.	0.0225
SUMMA	25417.	836335.	
BNP =	170200.	PRIVAT INVESTERINGSKVOT=0.1493	

Tab 2.5 b) Normalfallet (Samma som (a) men 2 itereringar i den yttre snurran).

SEKTOR	TOTAL PRODUKTION	PRIVAT KONSUMTION	PRIVATA INVESTERINGAR	IMPORT	EXPORT	OFFENTLIG FÖRBRUKNING
1 Jordbr&f&isk	9075.	4185.	2.	2672.	577.	103.
2 Skogsbruk	4656.	77.	0.	156.	114.	0.
3 Textilaktiv	4537.	0.	0.	3692.	2436.	174.
4 S. Livsmedl	16150.	10677.	0.	1746.	457.	504.
5 K. Livsmedl	6664.	6061.	0.	3079.	378.	162.
6 Dryck/Tobk	8945.	8763.	0.	810.	63.	15.
7 Textil&bkl	10479.	10086.	92.	6229.	2401.	455.
8 Gr&f&isk	28235.	1859.	435.	1707.	13636.	574.
9 Gr&f&isk	5516.	2371.	0.	328.	368.	1254.
10 Gummi	2235.	798.	0.	839.	750.	223.
11 Kemisk	15459.	4159.	0.	10194.	5399.	1147.
12 Petro&kol	8889.	4020.	0.	2474.	320.	833.
13 J&rd&sten	4078.	264.	0.	1319.	864.	93.
14 J&rn&st&l	14597.	7.	0.	3827.	7396.	0.
15 Verkst&d	67503.	11485.	9590.	20026.	35478.	3724.
16 Varv	3320.	852.	253.	699.	2571.	113.
17 Övrigt illv	1072.	1523.	14.	1467.	704.	157.
18 El&gasvä. va	8081.	2484.	0.	17.	56.	704.
19 Byggn&ds	28369.	0.	15061.	0.	0.	0.
20 H&ndel	30204.	0.	0.	1265.	1660.	0.
21 Samf&rdsl	20823.	4782.	0.	1473.	4464.	1294.
22 Bost&rv.	18099.	18099.	0.	0.	0.	0.
23 Priv. tj&st	32608.	12887.	0.	2053.	2452.	306.
SUMMA	345592.	105444.	25447.	66070.	82545.	18873.

Tab 2,5 b) forts

SEKTOR	INVESTERINGS- UTGIFTER	KAPITAL- STOCKAR	TILLVÄXT- TAKTER
1	88.	31762.	0.0028
2	0.	7449.	-0.0178
3	443.	9982.	0.0570
4	105.	8075.	0.0139
5	63.	3332.	0.0208
6	221.	10733.	0.0230
7	598.	10479.	0.0798
8	1498.	40940.	0.0448
9	111.	7722.	0.0155
10	119.	2459.	0.0637
11	448.	17005.	0.1075
12	43.	5333.	0.1450
13	43.	8136.	0.2054
14	1504.	26995.	0.0773
15	2878.	54003.	0.0727
16	0.	23224.	-0.0372
17	7.	536.	0.0138
18	4479.	92933.	0.0635
19	0.	8511.	-0.0121
20	1235.	33225.	0.0457
21	1786.	76419.	0.0265
22	7939.	343883.	0.0261
23	693.	34238.	0.0225

SUMMA

25448.

836493.

BNP = 170239.

PRIVAT INVESTERINGSKVCT=0.1495

Tab 2.5 c) 'Nödvändig produktionsstruktur för att bibehålla samma konsumtionsvektor som i 'normalfallet' trots en ökad offentlig konsumtion av byggnadsindustrins tjänster med 4 miljarder.

SEKTOR	TOTAL PRODUKTION	PRIVAT KONSUMTION	PRIVATA INVESTERINGAR.	IMPORT	EXPORT	OFFENTLIG FÖRRÄCKNING
1 Jordbr&fisk	9179.0	4184.0	4.0	2685.0	623.0	103.0
2 Skogsbruk	5071.0	77.0	0.0	156.0	123.0	0.0
3 Extf&ktiv	4947.0	0.0	0.0	3887.0	2631.0	174.0
4 S. Livsmedl	16265.0	10676.0	0.0	1761.0	493.0	504.0
5 K. Livsmedl	6732.0	6062.0	0.0	3098.0	408.0	162.0
6 Dryck/Tobk	8979.0	8760.0	0.0	812.0	68.0	15.0
7 Textil&bkl	10897.0	10085.0	121.0	6229.0	2592.0	455.0
8 Graf&fisk	30728.0	1859.0	570.0	1879.0	14724.0	574.0
9 Graf&fisk	5636.0	2370.0	0.0	329.0	398.0	1254.0
10 Gumm&pl	2357.0	798.0	0.0	860.0	810.0	223.0
11 Kemisk	16286.0	4158.0	0.0	10694.0	5829.0	1147.0
12 Petro&lkol	9334.0	4019.0	0.0	2474.0	345.0	1147.0
13 Järn&st&al	4750.0	264.0	0.0	1332.0	933.0	833.0
14 Järn&st&al	16207.0	7.0	0.0	4142.0	7986.0	93.0
15 Verk&stad	71558.0	11487.0	0.0	24036.0	38307.0	0.0
16 Varv	3590.0	852.0	12578.0	749.0	2776.0	3724.0
17 Övrigt&illv	1142.0	1523.0	353.0	1469.0	760.0	113.0
18 Elektr&v&va	8374.0	2483.0	20.0	17.0	60.0	157.0
19 Byggn&ds	34259.0	0.0	16785.0	0.0	0.0	704.0
20 Handel	31674.0	0.0	0.0	1410.0	1793.0	0.0
21 Samf&rd&sl	21784.0	4781.0	0.0	1585.0	4820.0	1294.0
22 Bostf&rv.	18099.0	18099.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23 Priv.&lj&st	34019.0	12986.0	0.0	2056.0	2647.0	306.0
SUMMA	371868.0	105443.0	30431.0	71658.0	89126.0	22873.0

Tab 2.5 c) forts

SEKTOR	INVESTERINGS- UTGIFTER	KAPITAL- STOCKAR	TILLVÄXT- TAKTER
1	161.	32126.	0.0051
2	0.	8114.	-0.0016
3	623.	10883.	0.0802
4	117.	8133.	0.1155
5	170.	3366.	0.0211
6	230.	10775.	0.0238
7	681.	10897.	0.0909
8	2221.	44556.	0.0664
9	144.	7890.	0.0201
10	146.	2593.	0.0781
11	1371.	17915.	0.1240
12	502.	5601.	0.1623
13	312.	9500.	0.0393
14	1540.	29173.	0.0996
15	3527.	57247.	0.0890
16	0.	2513.	-0.0239
17	14.	571.	0.0278
18	5154.	96305.	0.0731
19	243.	10278.	0.0269
20	1559.	34841.	0.0576
21	2492.	79946.	0.0369
22	7938.	343880.	0.0261
23	989.	357720.	0.0321

SUMMA

30431.

862821.

BNP = 178016.

PRIVAT INVESTERINGSKVCT=0.1709

3 ANVÄNDNING AV LINJÄR PROGRAMMERING FÖR UTFORMNINGEN AV OPTIMALA ÅTGÄRDSPROGRAM FÖR ENERGISPARANDE

3.1 Sammanfattning

I kapitel 1 har vi sett att byggnadssektorn karakteriseras av en mycket ojämn utveckling där det kan råda arbetslöshet i somliga sektorer eller regioner, medan det är flaskhalsar och överhettning i andra. I kapitel 2 såg vi dessutom att kostnaderna för ett åtgärdsprogram av en viss storlek och dess effekter på den övriga ekonomin till mycket stor del berodde på i vilken utsträckning som flaskhalsar orsakades i olika led. I det här kapitlet skall vi undersöka en metod för att planera åtgärdsprogram för energisparande på ett så effektivt sätt som möjligt¹. Detta innebär i princip att vi söker så stor energibesparing per investerad krona som möjligt.

I den konkreta planeringssituationen finns dock alltid många fler mål än lönsamheten att ta hänsyn till. Mål såsom sysselsättning, regionala mål, försörjningstrygghet för energi m m. Ett vanligt sätt inom linjär programmering som vi skall använda är att formulera lönsamheten som slutmål och de andra "målen" som restriktioner.

En viktig förutsättning för att kunna bedöma konkreta effekter av olika åtgärdsprogram på lokal nivå (för olika grupper av underleveranser och olika yrkesgrupper) är en relativt detaljerad statistik över byggnadsbeståndet. Detta är också nödvändigt för att kunna planera optimala åtgärdsprogram på den detaljnivå som vi skall diskutera i detta kapitel. Idealiskt skulle statistiken omfatta ett stort antal byggnadstyper regionalt så att bedömningar av vilka åtgärder som kan komma i fråga resp vara mest lönsamma i varje region kan göras. Utifrån detta kan potentiella energibesparingar ställas mot kostnader och ev knappheter i resurser, arbetskraftstillgång m m. Det kan hända att största potentiella energibesparingar skulle nås med en viss åtgärd i en typ av bebyggelse i en viss region, men att detta skulle medföra användandet av arbetskraft som det redan råder brist på där och att avvägningen följaktligen måste göras mellan att omskola arbetskraft, flytta arbetskraft eller vidtaga andra mindre lönsamma energibesparande åtgärder -

1. Observera att med 'åtgärdsprogram' menas de fysiska åtgärderna i bebyggelsen. Utformningen av indirekta medel för att nå dessa mål - och därmed förbundna incitamentsproblem - diskuteras inte i detta arbete.

eventuellt i andra regioner. Utformningen av den nödvändiga statistiken diskuteras något i avsnitt 3.2 där en mycket stiliserad modell över byggnadsbeståndet presenteras. Syftet med denna modell är att kunna följa byggnadsbeståndets förändring m a p energiåtgång.

I avsnitt 3.3 utvecklas exempel på linjärprogrammeringsansatser för optimering av åtgärdsprogram. Metoden visar sig användbar dels därför att den tillåter explicit formulering av ett stort antal restriktioner - såsom regionala arbetskraftstillgångar av olika yrkeskategorier. Dessutom finns till varje LP-formulering en s k "Dual"-formulering genom vars lösning vi kan erhålla "skugg-priser" för varje restriktion i det ursprungliga problemet ("primalen"). Har vi t ex en restriktion på mängden snickare i Norrland kan skuggpriset på denna yrkesgrupp i Norrland säga oss värdet (i termer av målfunktionen: lönsamhet) av ytterligare snickare i Norrland. Om det finns många lönsamma energisparprojekt som kräver snickare i Norrland (i relation till tillgången) blir detta skuggpris högt. Det är detta skuggpris som i planeringssammanhang är relevant vid bedömning huruvida det lönar sig att omskola eller förflytta arbetskraft.

Det är viktigt att observera att det som diskuteras i detta kapitel är de direkta effekterna och kostnaderna i samband med olika åtgärdsprogram. De indirekta effekterna genom produktionssystemet som vi diskuterat i kapitel 2 är inte inkluderade i denna presentation av LP - modellen. Man kan dock lätt tänka sig att kombinera ihop dessa modeller - t ex för att ta med indirekta effekter såsom fläskhalsar i någon sektor bland restriktionerna i programmeringsmodellen. I det sista avsnittet 3.4 berörs några utvidgningar av modellen.

3.2 Bebyggelsens energikonsumtion

Energikonsumtionen i en viss byggnad kan analyseras med hjälp av följande faktorer : *

- 1) Storlek (t ex kvm för lägenheter eller volym för lokaler); (m).
- 2) Brukarbeteende (t ex vädring i bostäder); (A_t).
- 3) Region eller temperaturzon (r = 1..R).
- 4) Klimatfaktorer (ofta används graddagar); (T_t).
- 5) Byggnadens typ och standard ur energisynpunkt (b = 1..B).

Med brukarbeteende menas i detta sammanhang de faktorer av betydelse för energiförbrukning som inte kräver speciella fysiska installationer eller åtgärder utan enbart är beroende av det sätt på vilka dessa och byggnaden används av de som bor/jobbar i den. Denna faktor är av stor betydelse för energiåtgången och troligtvis en viktig faktor att påverka vid försök att spara energi, t ex genom information, rådgivning och prispolitik (energipriset). Sådana åtgärder kan mycket väl vara del av ett energipolitiskt åtgärdsprogram men diskuteras inte här eftersom de inte primärt är av betydelse för underleveranser och sysselsättning inom byggnadssektorn.

Indelningen i temperaturzoner följer i allmänhet, av praktiska skäl, de administrativa regionerna - länen, efter vilka statistiken är indelad. I vissa fall är länen grupperade till större zoner med något så när homogent klimat. Se t ex den indelning som redovisas i appendix till kapitel 1. Betydelsen av allmänna (ev regionala) klimatvariationer fångas upp av en variabel (T_t), som brukar mätas i form av "graddagar".

Vad gäller typ av byggnad brukar statistiken skilja på ett antal grupper: t ex flerbostadshus, småhus, fritidshus, industribyggnader, handel, kommunala och övriga servicelokaler. För att bestämma energiförbrukningen eller för att planera (eller progosticera) energisparåtgärder i en viss region räcker dock inte denna indelning. Man skulle behöva någon form av klassindelning med avseende på energistandard. För varje typ av byggnad som nämnts ovan - t ex småhus - skulle man då ha en indelning med hjälp av vilken en bedömning av olika energisparåtgärders lönsamhet skulle kunna ske. På regional nivå skulle kunskapen om denna fördelning kunna användas till dels bedömning av energisparpotential,

* Index t markerar olika tidsperioder.

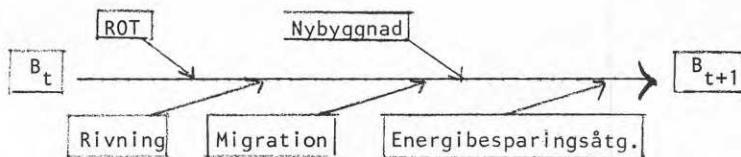
dels vilka åtgärder som skulle bli aktuella och därmed behovet av olika typer av arbetskraft och underleveranser i form av byggmaterial. Denna indelning kan konkret utföras på flera olika sätt. Byggnadernas ålder är givetvis en naturlig indelningsgrund eftersom den kan antagas vara nära korrelerad med energistandarden. Vidare kan en indelning i olika intervall för den specifika energiförbrukningen tänkas eller också kan genomförandet av olika konkreta energibesparande åtgärder registreras. Detta skulle ge kategorier som: "Småhus, 40-tal, med tilläggsisolering och byte till 3-glas-fönster".

Vi har betecknat byggnadstyper $b = 1 \dots B$ och regioner $r = 1 \dots R$. Landets byggnadsbestånd kan då betecknas med en matris $\bar{B}_t = (m_{brt})$ vars element anger förekommande kvantitet av en viss byggnadstyp i en viss region, vid en viss tidpunkt t . Energiförbrukningen ett visst år i byggnadsstocken kan då ses som en funktion av bebyggelsens fördelning på byggnadstyper och regioner, brukarbeteende och klimatfaktorn:

$$E_t = f(\bar{B}_t, A_t, T_t).$$

Av dessa faktorer är det byggnadsstocken som intresserar oss här. Dess fördelning påverkas genom tiden av ett flertal faktorer varav de viktigaste är: nybyggnad, rivning, reparationer och ombyggnad (ROT), migration och dyl (som kan innebära t ex att ett "småhus" blir "fritidshus") samt slutligen specifika energibesparande åtgärder.

Figur 3.1 Byggnadsbeståndets förändring



Detta betyder att energibesparingsåtgärder får två effekter av intresse: dels kräver de resurser, dels förändrar de byggnadsstocken, vilket i sin tur innebär att energikonsumtionen minskar och att utgångspunkten (vad gäller t ex energibesparingsmöjligheter) inför

nästa planeringsperiod förändras.

Det är av stor betydelse att förändringarna i byggnadsstockens sammansättning och regionala fördelning genom nybyggnad, rivning, ROT, energisparåtgärder m m registreras. Det finns naturligtvis i varje given situation alltid möjligheter att ytterligare sänka energiförbrukningen i byggnadsstocken men sammansättningen av de lämpliga åtgärderna (och därmed de konkreta behoven av arbetskraft och material av olika kategorier) kommer att variera genom tiden allt eftersom byggnadsstocken förändras.

Tillgänglig statistik över byggnadsstocken är relativt detaljerad vad gäller regional fördelning och fördelning med avseende på byggnadstyper, användningsområde och även ålder. Vad gäller förekomsten av energibesparande åtgärder eller energistandard är statistikens täckning inte lika god. Under 1978 och 1979 har dock mindre enkätundersökningar genomförts för lokaler, småhus och flerbostadshus. Dessa enkäter har viss regional fördelning (4 temperaturzoner), 3 åldersgrupper samt viss fördelning på användningsområde (för lokaler). Vidare anges uppvärmningssätt, yta och energiåtgång. Vidare finns annan statistik över fördelningen mellan olika typer av energibesparande åtgärder för dem som utnyttjat energisparbidrag. Det finns således tillräckligt med material för en rudimentär indelning av den typ som skisserats ovan men detta är ett område där en utvidgning och fördjupning av statistiken är mycket önskvärd.

3.3 Linjärprogrammeringsansatser för optimala åtgärdsprogram

Vi skall i detta avsnitt utveckla några abstrakta exempel på hur linjärprogrammering kan användas för optimering av energisparprogram. Vi har redan introducerat en begreppsapparat för att beskriva byggnadsstocken. För varje typ av byggnad kan ett antal energisparåtgärder tänkas. Exempel på sådana är: tätning, isolering (av olika byggnadsdelar och i olika utförande), installation av 3-glasfönster, byte av uppvärmningssystem, installation av reglersystem som termostatventiler m m. En och samma typ av åtgärd, t ex "isolering" har emellertid helt olika innebörd för byggnader av olika typ och

energistandard. Detta innebär att energibesparingen såväl som åtgången av arbetskraft och material vid genomförandet av åtgärden blir annorlunda. Vi har därför valt att beteckna denna typ av åtgärd genomförd på olika byggnadstyper som helt olika åtgärder. Vi betecknar åtgärderna $i = 1, \dots, N$ vilket i sin tur kan indelas i ett antal olika åtgärder för varje byggnadstyp b , viz:

$i = 1, \dots, n_1, \dots, n_2, \dots, \dots, n_b, \dots, n_B = N$ (där åtgärderna $1, \dots, n_1$ avser byggnadstyp 1; $(n_1 + 1), \dots, n_2$ avser typ 2 o s v)¹. För varje åtgärd och för varje region förutsätts att det finns tekniskt givna uppgifter angående energibesparingen (per enhet av resp byggnadstyp) likväl som för arbetskraftsåtgång, materialåtgång och därmed totalkostnad.

Vi kommer i det följande att skilja mellan q olika yrkesgrupper ($j = 1, \dots, q$) men endast en typ av material. Orsaken till detta är att tillgång på arbetskraft i olika yrkesgrupper förmodligen är viktigare för planeringen än byggnadsmaterial och dessutom blir analysen exakt analog för ett antal olika grupper byggnadsmaterial som för olika yrkesgrupper. Det ökade antalet index och ekvationer riskerar däremot att skymma helheten om även olika materialkategorier inkluderas.

Genomförandet av åtgärd i på en byggnad belägen i region r antas medföra: energibesparing $e_{i,r}$, arbetskraftsåtgång l_{ij} för varje yrkesgrupp $j = 1, \dots, q$, samt en materialåtgång k_i . Observera att åtgången av material och arbetskraft e_j betraktas som en variabel som är beroende av regioner, (en sådan regional variation kan lätt införas, men tillför för tillfället inte tillräckligt i relation till den ökade komplexiteten av uttrycken). Priser på energi, arbetskraft och byggnadsmaterial förefaller det dock naturligt att låta variera med hänsyn till region. De betecknas enligt följande:

Kostnad för en enhet energi i region r	P_{er}
" " " " byggnadsmaterial i region r	P_r
" " " " arbetskraft i yrke j ,,	W_{jr}

1. Fördelen med detta beteckningssystem är att det reducerar antalet index att de allmänna slutsatserna påverkas. Se också variabelförteckningen sid 7

Detta betyder att den totala kostnaden för genomförandet av åtgärd "i", i region r, och i en omfattning av m enheter (tex kvm) , är:

$\sum m(l_{ij}w_{jr} + k_{ip_r})$. Motsvarande energibesparing är $m e_{ir}$ per år, vars ekonomiska värde är $m e_{ir}P_{er}$.

3.3.1 Ett enkelt exempel med två regioner

Innan modellen utvecklas i sin helhet kan det vara lämpligt att se hur den fungerar i ett enklare exempel. Vi skall därför tillsvidare begränsa oss till ett fall med endast en typ av energisparande åtgärd, en typ av byggnadsarbete och två regioner ($i=j=1$; $r=2$). Arbetskraften i bägge regionerna är begränsad till L_1 resp L_2 enheter. Vårt mål formuleras så, att med hänsyn till restriktionerna vad gäller arbetskraft, skall vi maximera de samhälleliga intäkterna från de energibesparande åtgärderna:

$$\text{Max } D = m_1(e_1P_{e1} - a(lw_1 + kP_1)) + m_2(e_2P_{e2} - a(lw_2 + kP_2))$$

där e_rP_{er} är värdet av energibesparing per enhet åtgärdad bebyggelse och $a(lw_r + kP_r)$ är motsvarande årliga kostnad (a är en annuitetsfaktor).

De enda restriktionerna som vi skall beakta för tillfället är tillgången på arbetskraft i resp region:

$$m_1 l \leq L_1$$

$$m_2 l \leq L_2$$

Till varje linjärprogrameringsproblem ("primal") finns en "dual" med följande egenskaper: Dualen har en variabel (kallad skuggpris) för varje restriktion i primalen. Dualen har lika många restriktioner som det finns variabler i primalen. Dualen till ett maximeringsproblem är ett minimeringsproblem (och vice versa). Koefficienterna i primalens målfunktion blir konstanttermer i dualens restriktioner - och vice versa. Kolumnerna för koefficientmatrisen för restriktionerna i primalen blir rader i motsvarande matris för dualen och vice versa. Olikhetstecknen i restriktionerna vänds åt motsatt håll¹⁾.

1. Detta är välkända resultat inom linjärprogramering och kan studeras utförligare i Läroböcker inom linjärprogramering.

Dualen till ovanstående problem blir således:

$$\text{Min } D' = \rho_1 L_1 + \rho_2 L_2$$

givet:

$$1\rho_1 \geq e_1 P_{e1} - a(lw_1 + kP_1)$$

$$1\rho_2 \geq e_2 P_{e2} - a(lw_2 + kP_2)$$

ρ_1 och ρ_2 är skuggpriser på arbetskraft i resp region. Om någon av restriktionerna i primalen inte uppfylls med likhet blir motsvarande skuggpris 0. Detta betyder att om inte all tillgänglig arbetskraft i en region (av en viss yrkeskat.) används är en ökning i tillgången på denna arbetskraft av inget värde för uppfyllandet av målfunktionen. Om detta inte är fallet kan dessa skuggpriser anta större eller mindre värden beroende på hur mycket målfunktionen (i primalen) skulle öka med ytterligare en enhet av den knappa resursen.

Det ovan formulerade exemplet är ofullständigt i (åtminstone) ett viktigt avseende, nämligen avsaknaden av en budgetrestriktion. Som en extra restriktion skall vi införa att de totala kostnaderna för energisparverksamheten inte får överstiga S kr. Problemet kan då skrivas:

$$\text{Max } D = m_1(e_1 P_{e1} - a(lw_1 + kP_1)) + m_2(e_2 P_{e2} - a(lw_2 + kP_2))$$

Givet:

$$m_1 l \leq L_1$$

$$m_2 l \leq L_2$$

(Vidare gäller $m_1, m_2 \geq 0$)

$$m_1(lw_1 + kP_1) + m_2(lw_2 + kP_2) \leq S$$

Dualen till detta problem är:

$$\text{Min } D' = \rho_1 L_1 + \rho_2 L_2 + \rho S$$

Givet:

$$1\rho_i + (lw_i + kP_i)\rho \geq e_i P_{ei} - a(lw_i + kP_i)$$

$$1\rho_2 + (lw_2 + kP_2)\rho \geq e_2 P_{e2} - a(lw_2 + kP_2)$$

(Även skuggpriserna ρ_1 , ρ_2 och ρ är ≥ 0)

Ifall knappheten på arbetskraft i bägge regionerna är så stor att ej budgetrestriktionen blir bindande, blir motsvarande skuggpris $\rho = 0$ och systemet blir detsamma som det som beskrivits innan. Om å andra sidan det vore budgetrestriktionen endast som var effektiv skulle inte tillgången på arbetskraft vara något problem och motsvarande skuggpriser på arbetskraft ρ_1 och ρ_2 skulle vara $= 0$. Om skuggpriset på arbetskraft i en region, t ex ρ_1 , överstiger marknadslönen w_1 , innebär detta att en omflyttning av arbetskraft från andra regioner kan vara lönsam. Analysen av huruvida det är lönsamt måste bero på de samhällsekonomiska kostnaderna för en sådan omflyttning jämfört med skillnaden mellan marknadslönen och skuggpriset på arbetskraft (naturligtvis är också i praktiken tidsfaktorn avgörande - hur lång tid knappheten och därmed det höga skuggpriset kommer att bestå - se vidare avsnitt 3.4).

3.3.2 En LP modell med flera regioner, yrken & energisparåtgärder

Vi skall nu visa på ett exempel med en något mer komplicerad modell i vilken det finns N olika energibesparande åtgärder som kan vidtas i R olika regioner och vars genomförande kräver q olika sorters arbetskraft.

Mängden åtgärdad bebyggelse i region r med åtgärd i betecknas $m_{i,r}$ och medför energibesparing resp kostnad per enhet:

$$P_{er} e_{i,r} \text{ resp } \sum_{j=1}^q l_{ij} w_{j,r} + k_i P_r \quad 1)$$

Med en annuitetsfaktor a (bestående av ränta och amortering) i enlighet med exemplet i föregående avsnitt kan målfunktionen skrivas:

$$\text{Max } D = \sum_{r=1}^R \sum_{i=1}^N m_{i,r} (P_{er} e_{i,r} - a (\sum_{j=1}^q l_{ij} w_{j,r} + k_i P_r))$$

1) Arbetskraftsåtgången för en enhet åtgärd i är l_{ij} för varje yrkeskategori $j = 1 \dots q$. $w_{j,r}$ är lönen inom yrke j och region r .

Arbetskraftsrestriktionerna för varje yrkeskategori i varje region får följande utseende:

$$\sum_i^N m_{ir} l_{ij} \leq L_{jr} \quad (\forall r = 1 \dots R) \\ (\forall j = 1 \dots q)$$

Positivitetsrestriktionerna:

$$m_{ir} \geq 0 \quad (\forall i = 1 \dots N) \\ (\forall r = 1 \dots R)$$

Budgetrestriktionen:

$$\sum_r^R \sum_i^N (\sum_j^q l_{ij} w_{jr} + k_i p_r) m_{ir} \leq S$$

Och slutligen en fysisk restriktion som gäller typen av byggnader i resp region som är tillgängliga för att åtgärdas med resp åtgärd:

$$m_{ir} \leq M_{ir} \quad (\forall i = 1 \dots N) \\ (\forall r = 1 \dots q)$$

Genom att skriva skuggpriserna som svarar mot dessa tre kategorier av restriktionerna ρ_{jr} , ρ resp ρ_{ir} kan dualen till detta maximeringsproblem skrivas:

$$\text{Min } D' = \sum_{j,r}^q L_{jr} \rho_{jr} + \sum_{i,r}^N M_{ir} \rho_{ir} + S \rho.$$

Givet följande NR restriktioner:

$$\sum_j^q l_{ij} \rho_{jr} + \rho_{ir} + (\sum_j^q l_{ij} w_{jr} + k_i p_r) \rho \geq P_{er} e_{ir} - a (\sum_j^q l_{ij} w_{jr} + k_i p_r) \\ \text{för alla } i=1 \dots N \text{ och } r=1 \dots R.$$

(och positivitetsrestriktion för alla skuggpriser).

Egenskaperna är desamma som i det tidigare exemplet : utöver den optimala lösningen ges en uppsättning skuggpriser som anger hur mycket målet skulle öka om man kunde släppa på de olika restriktionerna. Det är i sin tur denna typ av information som är relevant när det gäller att planera hur resurserna skall allokteras mellan utbyggnaden av kapacitetet i infrastruktur, utbildning eller omskolning av arbetskraft, eller utformningen av incitament för flyttning. Som redan påpekats, kunde flera andra restriktioner byggas in i exakt samma modellstruktur, exvis restriktioner i olika sektorer som producerar byggnadsmaterial . I detta fall vore det även naturligt att ta hänsyn till de indirekta effekterna som induceras i hela ekonomin (såsom analyserats i kap 2).

3.4 Begränsningar i modellen och vidare utveckling

En praktisk begränsning med modellen ovan är att den inte tar hänsyn till interdependenser mellan energianvändning och energiproduktion : I städer kan man ofta tala om en avvägning mellan investeringar i kraftvärme kombinerad med relativt litet energisparande å ena sidan och individuell uppvärmning med kraftigare isolering å andra sidan. Eftersom det också finns odelbarheter i kraftvärmeutbyggnaden kan denna avvägning i många fall dominera energiplaneringen på kommunal nivå. Vi tänker oss att denna form av avgörande fattas i andra modeller innan energisparprogrammen som vi analyserat formuleras.

En annan begränsning som vi arbetat med är linjäriteten. Vi har t ex behandlat tillgången på arbetskraft som en rent kvantitativ restriktion. En mer verklighetsnära beskrivning vore att arbetskraften blir dyrare och dyrare allteftersom sysselsättningen i en viss yrkesgrupp ökar. Då blir dock, i våra modelltermer, w (lönen) beroende av l (sysselsättningen) och därmed blir målfunktionen icke-linjär. Målfunktionen skulle naturligtvis också kunna vara icke-linjär av andra orsaker - t ex på grund av preferensstrukturens utseende. Detta behöver dock inte betyda alltför

omfattande förändringar i modellen : det finns metoder för icke-linjär programmering som i många avseenden liknar linjärprogrammering till sin struktur,även om de är mer komplicerade (och därmed dyrare när det gäller att behandla stora datamängder). Man kan också i många fall använda sig av LP genom att approximera en viss icke-linjär funktion med en som är styckvis linjär.

Ytterligare en viktig begränsning med den modell som vi arbetat med i detta kapitel är att den är statisk eller endast gäller en period. Det finns vissa möjligheter att 'dynamisera' modellen inom ramen för LP : om man t ex antar konstanta tillväxttakter i alla sektorer kan LP-analysen gälla optimala banor istället för varugrupper. Detta är dock en mycket stark förutsättning och ger egentligen inte så mycket mer än den statiska analysen. Ett annat sätt är att betrakta varor vid olika tidpunkter som olika varor, introducera någon slags produktionsfunktion, och en preferensfunktion över tiden så att man i målfunktionen kan optimera en bana för målvariablerna över tiden. Även i detta fall blir modellen snabbt tämligen komplicerad och vi har därför funnit det mera pedagogiskt att renodla de dynamiska aspekterna i en specieell modell i kapitel 4 som koncentreras på att tillåta stor valfrihet beträffande variablernas tidsförlopp.

VARIABELLISTA FÖR KAPITEL 3

$i = 1 \dots n_1, n_1+1, \dots, n_2 \dots n_B = N$	Energisparåtgärder, grupperade efter den byggnadstyp som de appliceras på.
$j = 1 \dots q$	Yrkeskategorier
$r = 1 \dots R$	Regioner (el temperaturzoner)
$b = 1 \dots B$	Byggnadstyper
$m, m_{br},$ el m_{brt}	Mått på mängden byggnader i en viss kategori mätt i kvm eller något volym-mått. Förekommande index indicerar region, byggnadstyp och ev tidsperiod ¹).
m_{ir}	Betecknar på motsvarande sätt mängden byggnader åtgärdade med åtgärd 'i' belägen i region 'r'.
M_{ir}	Totala mängden byggnader i region 'r' som kan åtgärdas med åtgärd 'i'.
l_{ij}	Åtgång av arbetskraft i yrke 'j' för utförandet av en åtgärd 'i'.
L_{jr}	Total tillgång på arbetskraft i yrkesgrupp 'j' och region 'r'.
e_{ir}	Energibesparing per enhet bebyggelse som åtgärdas med åtgärd 'i' i region 'r'.
$\bar{B}_t = (m_{brt})$	Matris som beskriver byggnadstocken vid en tidpunkt t.
T_t	Klimatvariabel (t ex antalet graddagar).
k_i	Åtgång av byggnadsmaterial för åtgärd 'i' per enhet åtgärdad bebyggelse.
P_r	Prisindex för byggnadsmaterial i region 'r'.
w_{jr}	Marknadslön för yrkesarbetare i yrke 'j' och region 'r'.
a	Annuitetsfaktor (dvs ränta + avskrivning på investeringarna).
S	Total budget för åtgärdsprogrammet.

1) I avsnitt 3.3.1 förekommer också variabler indicerade med (1,2) för region och utan övriga index för yrken och byggnadstyper m m.

$\rho, \rho_{ir}, \rho_{jr}$	Skuggpriser på budgetrestriktionen, och övr. restrikt. (Arb.kraft resp.fysiska)
A_t	Variabel för brukarbeteende
$E_t = f(T_t, \bar{B}_t, A_t)$	Energiåtgången ett visst år som funktion av byggnadsstocken, klimatfaktorn och brukar- beteende
P_{er}	Priset på energi i region r
D	Maximanden (totala intäkter av energispar- programmet)
D'	Minimanden i motsvarande dual-problem. (Vid optimala program är $D=D'$)

4 OPTIMALA ÅTGÄRDSPROGRAM - RESURSALLOKERING ÖVER TIDEN

4.1 Sammanfattning

I de programmeringsmodeller vi diskuterat hittills har uppmärksamheten koncentrerats kring effekten av olika former av restriktioner, regionalt, ytkesmässigt, m m. Dessa modeller har dock i huvudsak varit statiska - det har inte funnits utrymme för åtgärdsprogram som varierar uppbyggnadstakten för olika komponenter för att uppnå maximal effekt. Sådana variationer är dock av stor betydelse i verkligheten. Det finns många exempel på att perioder av intensiv uppbyggnad och investeringar i vissa sektorer lagt grunden för och sedan möjliggjort en intensiv utveckling i andra sektorer och av inkomster och konsumtion. Vid snabba förändringar i produktionens inriktning (orsakade exvis av politiska beslut eller av oförutsedda internationella förändringar) uppstår lätt flaskhalsar i de sektorer som skall byggas ut (och i olika leverantörsled). Som vi sett i kap 2 karakteriseras byggnadssektorn av mycket tvära kast i produktionsinriktning och flaskhalsar (samt arbetslöshet) är ett vanligt problem i samband med detta.

Vi skall i detta kapitel konstruera en modell som med hjälp av 'optimal kontroll teori', är speciellt konstruerad för att ge oss stor frihet att variera tillväxttakten för olika sektorer vid olika tidpunkter inom ett och samma program, och inom ramen för en konsistent, dynamisk modell över ekonomin. En vanlig tillämpning av optimal kontrollteori visar hur man kan maximera det (diskonterade) värdet av privat konsumtion under en viss tidsperiod då det föreligger ett val mellan att konsumera hela produktionen eller investera en större eller mindre del i att utöka den produktiva kapaciteten. Det typiska resultatet är att man skall investera så stor del av resurserna som möjligt (tillåtet) under en viss period för att sedan slå över till att enbart producera konsumtionsvaror (på en nivå som alltså blir mycket högre än vad som kunde uppnåtts i utgångsläget).

I detta kapitel har vi valt att formulera en modell som speciellt koncentrerar uppmärksamheten på ett delvis annorlunda problem: avvägningen mellan investeringar som skall spara energi (och därmed

öka utrymmet för konsumtion) å ena sidan, och å andra sidan investeringar som utökar ekonomins produktiva kapacitet.

Att låta tillväxttakten variera fritt i olika sektorer ställer stora krav på beräkning av optimala banor o dyl och vi blir därför tvungna att begränsa oss vad gäller antalet variabler. Modellen blir trots detta relativt matematiskt komplicerad. Vi har därför valt att sammanfatta några av de viktigaste punkterna i detta avsnitt och koncentrera de matematiska härledningarna till avsnitt 4.5 och 4.6 som kan undvaras utan att sammanhanget går förlorat.

I avsnitt 4.2 resp 4.3 presenteras modellens uppbyggnad och utseendet på de banor som representerar de två extrema alternativen - enbart satsning på energibesparande åtgärder eller enbart produktiva investeringar. Den förra leder initialt till stora öknings i konsumtionsutrymmet, men dessa öknings avtar i takt med att uppvärmningskostnaderna (och därmed de potentiella "besparingarna") avtar. Med de produktiva investeringarna är det snarast tvärtom - konsumtionsökningen blir liten i början men ökar exponentiellt.

I avsnitt 4.4 presenteras översiktligt den optimala banan som en kombination av de två nämnda, den börjar med energisparande investeringar och slår sedan om till tillväxtbanan. På sid 80-81 visas att i fall med diskonteringsränta = 0 kan den optimala banan karakteriseras på ett enkelt geometriskt vis : övergången från den energisparande banan till tillväxtbanan sker då den momentana konsumtionsökningen av energisparstrategin är lika med den genomsnittliga konsumtionsökningen av tillväxtbanan - sett över hela den återstående tidsperioden. I avsnitt 4.5 och 4.6 härleds resp tolkas de matematiska uttrycken för den optimala banan. Avsnitt 4.7 slutligen är en mera generell utblick över användningen av den typ av modeller för våra syften.

I avsnitt 4.7 slutligen diskuteras vidareutveckling av modellen. Alternativa formuleringar av modellen på vissa punkter är tänkbara och likaså skulle den kunna kompletteras med ytterligare restriktioner vilka skulle kunna modifiera resultatet i vissa avseenden. Modellen behöver inte nödvändigtvis avse hela ekonomin, den skulle kunna användas för att undersöka relativa tillväxttakter för delsektorer inom t ex byggnadssektorn. Den kan dock, under alla omständigheter, endast användas till mycket aggregerade bedömningar vilket innebär att den måste kompletteras med mera disaggregerade modeller för att närma sig den konkreta planeringsnivån. Möjligheter till sådana kombinationer av olika modellansatser kommer att diskuteras i kapitel 5.

4.2 Modellen

Modellen avspeglar en ekonomi som endast producerar en vara x (som alltså kan tolkas som den samlade produktionen i samhället). Denna produktion används till fyra olika områden inom konsumtion och investeringar. Konsumtionen är av två slag: dels konsumtion av energi eller uppvärmning v , dels all övrig konsumtion c . Investeringarna är på motsvarande sätt uppdelade i investeringar som utökar ekonomins produktionsapparat ('produktiva' investeringar i , som möjliggör utökad produktion av x) och energisparande investeringar b , som sänker värmekostnaderna.

På detta sätt avspeglar modellen konflikten mellan energiutgifter och övrig konsumtion å ena sidan och mellan investeringar som sänker energiutgifterna å ena sidan och investeringar som utökar produktionen - och därmed konsumtionen å den andra.

Var och en av dessa fem variabler är att betrakta som en funktion av tiden:

Produktion	$x_t = x(t)$	1)
Konsumtion	$c_t = c(t)$	
Värmekostnader	$v_t = v(t)$	
Produktiva investeringar	$i_t = i(t)$	
Energibesparande investeringar	$b_t = b(t)$	

Den konkreta utformningen av modellen är beroende av de samband som specificeras mellan dessa variabler. Dessa utgörs dels av ett balansvillkor för produktionen, dels av ett antal beteende-antaganden eller tekniska samband som antas gälla. Den modellspecifikation som kommer att behandlas här preciseras i ekvationerna (1) - (5) och kommenteras nedan:

$$(1) \quad x = c + v + i + b$$

$$(2) \quad b + i = \sigma x$$

$$(3) \quad \dot{x} = \gamma i$$

($\dot{x} = \frac{dx}{dt}$ är produktionens tidsderivata)

$$(4) \quad \dot{v} = -\delta b v$$

(\dot{v} är på motsvarande sätt minskningen i uppvärmningskostnaderna)

$$(5) \quad M = \text{Max} \int_0^T c e^{-rt} dt \quad (M \text{ är målfunktionen - Värde av den diskonterade konsumtionen över de närmaste } T \text{ perioderna}).$$

(där σ, γ, δ , och r är exogent givna parametrar).

Ekvation (1) är balansvillkoret och (5) är den målfunktion som förutsätts maximeras - det till nuvärde diskonterade värdet av konsumtionen under de närmaste T perioderna. ($t = (0, T)$ utgör modellens planeringshorisont och ingen hänsyn tas till vad som händer då $t > T$, dvs efter denna planeringshorisont).

Ekvation (2) anger att de totala investeringarna utgör en konstant andel av produktionen (konstant sparkvot). En något annan innebörd och vissa skillnader i modellens funktionssätt erhålls om man istället låter konsumtionen utgöra en konstant andel av produktionen så att värmekostnader och investeringar tillsammans får dela på ett visst

1) Dessa variabler skrivs utan tidsindex (x, c, v, i, b) då ingen risk för förväxling finns. Detsamma gäller kommande variabler med tidsindex (p och u).

utrymme. Vi har dock velat poängtera konflikten de två olika typerna av investeringar. För byggnadsindustrins vidkommande kan dessa uppfattas som energibesparande byggnadsinvesteringar och andra byggnadsinvesteringar. Dvs vi får här en uppdelning mellan de specifikt energibesparande åtgärderna och all övrig byggnadsverksamhet.

Ekvation (3) anger att produktionens ökning är proportionell mot investeringarnas absoluta storlek, ett konventionellt antagande, vilket, som vi skall se i avsnitt 4.3 medför exponentiell tillväxt.

Ekvation (4) definierar på motsvarande sätt minskningen i uppvärmningskostnaderna. Denna är formulerad så att minskningstakten avtar med nivån på uppvärmningskostnaderna. Detta medför att den relativa fördelen med dessa energibesparande investeringarna är störst i början (då uppvärmningskostnaderna är stora) och minskar successivt.

Modellen är så formulerad att uppvärmningskostnaderna förblir konstanta om inga energibesparande investeringar görs - de ökar inte som en konstant andel av BNP, vilket vore en annan tänkbar formulering. Motiveringen för detta är att energikonsumtionen i tillkommande bebyggelse kan dimensioneras efter helt nya energipriser och ingår överhuvudtaget inte som en central variabel i denna model vars syfte är att kartlägga program för att minska energiåtgången i den nuvarande stocken av bostäder. Denna energiåtgång är konstant i fysiska termer under byggnadsbeståndets hela livslängd om inte åtgärder vidtas för att minska den.

Det finns alltså inom modellen två sätt att öka konsumtionen, antingen genom att minska uppvärmningskostnaderna v eller genom att utöka själva produktionsvolymen x genom produktiva investeringar. Dessa åtgärder, 'i' & 'b', får effekter som har olika tidsprofil vilket skall närmare studeras i nästa avsnitt.

4.3 Översikt över modellens funktionssätt

Syftet med modellen är att bestämma fördelningen mellan energibesparande och 'produktiva' investeringar. Detta görs genom en kontrollvariabel u_t enligt följande två ekvationer:

$$(6) \quad i = u \sigma x \quad 0 \leq u \leq 1.$$

$$(7) \quad b = (1-u) \sigma x$$

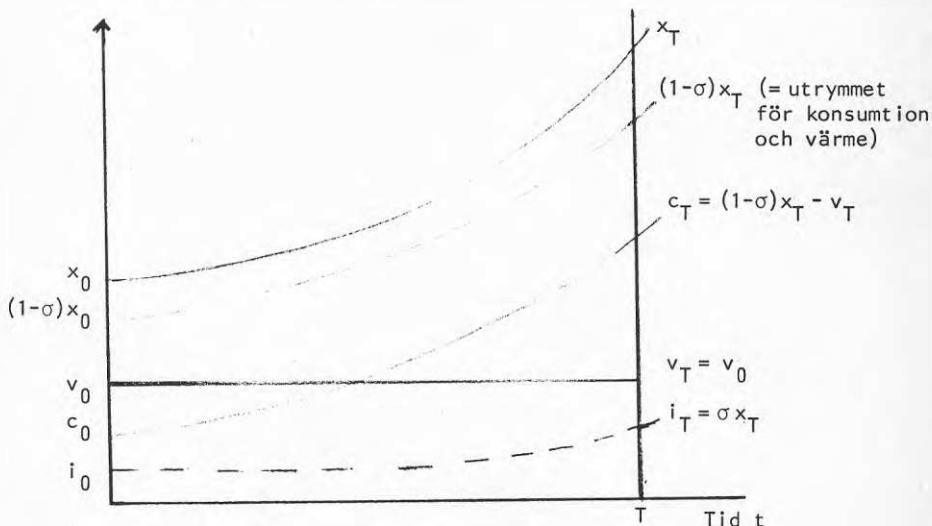
Då $u=0$ investeras endast i energibesparande och då $u=1$ investeras bara för att utöka produktionen. Vi skall börja med att, i detta avsnitt, studera dessa två ytterlighetsfall för att närmare visa på modellens dynamiska egenskaper.

Konsumtionsökning genom tillväxt

Vi börjar med att studera den bana som impliceras av $u=1$, dvs alla investeringsresurser satsas på produktiva investeringar. Från ekvationerna (1) - (7) härleds följande ekvationssystem för denna bana:

$$(8) \quad \begin{aligned} b &= 0 \\ i &= \sigma x \\ \dot{x} &= \gamma \sigma x \\ \dot{v} &= 0 \end{aligned}$$

Diagram 4.1 Produktion, konsumtion och investeringar i 'tillväxt-fallet'



Från ekvationssystem (8) kan produktionens tillväxt bestämmas som exponentiell med följande form:

$$(9) \quad x_t = x_0 e^{\gamma \sigma t} \quad (\text{Där integrationskoefficienten bestäms utifrån startvärdet } x_0 \text{ då } t=0)$$

På motsvarande sätt kännetecknas konsumtion och investeringar av exponentiell tillväxt medan uppvärmningskostnaderna är konstanta:

$$(10) \quad v_t = v_0$$

$$(11) \quad i_t = \sigma x_t = \sigma x_0 e^{\gamma \sigma t}$$

$$(12) \quad c_t = (1-\sigma)x_t - v_t = (1-\sigma)x_0 e^{\gamma \sigma t} - v_0$$

Från (11) och (12) ges också ekvationer för produktionens och konsumtionens ökning över tiden:

$$(13) \quad \dot{x}_t = \gamma \sigma x_0 e^{\gamma \sigma t}$$

$$(14) \quad \dot{c}_t = (1-\sigma)\gamma \sigma x_t = (1-\sigma)\gamma \sigma x_0 e^{\gamma \sigma t}$$

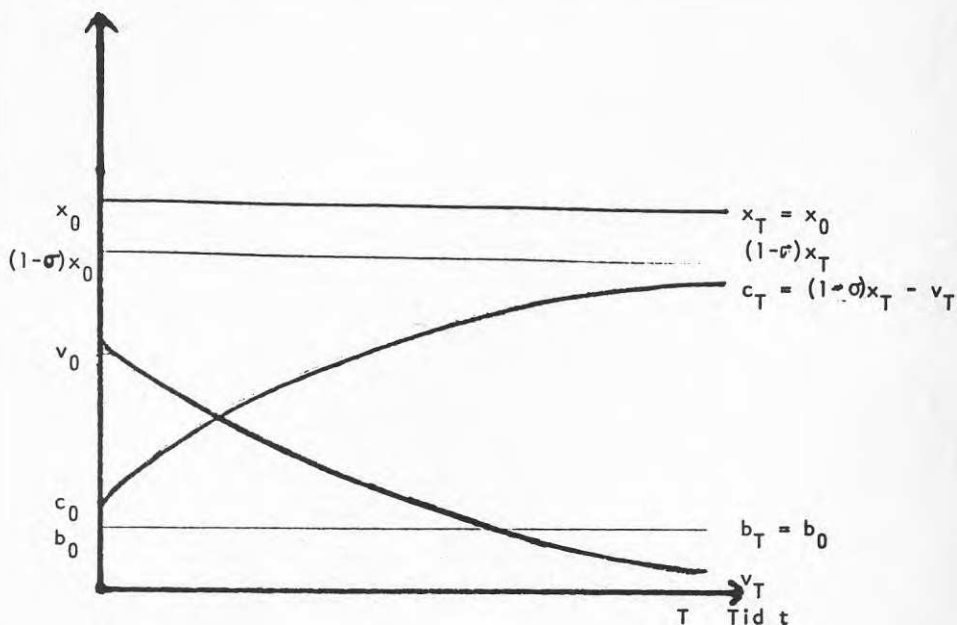
Det ligger i den exponentiella funktionens natur att även tidsderivatan för konsumtionen ökar exponentiellt som en funktion av tiden. Denna bana för modellens variabler innebär att konsumtionen uteslutande ökas genom tillväxt i produktionen och att värmekostnaderna förblir konstanta. Vi skall nu övergå till att studera den andra ytterlighetsbanan där alla investeringsresurser istället satsas på att minska värmekostnaderna medan produktionsnivån är konstant.

Konsumtionsökning genom minskade värmekostnader

Denna bana representeras i modellen av $u=0$ och karakteriseras av följande ekvationssystem som motsvarar (8) för tillväxtbanan:

$$(15) \quad \begin{aligned} i &= 0 \\ \dot{x} &= 0 \\ x &= x_0 \\ b &= \sigma x_0 \\ \dot{v} &= -\delta b v = -\delta \sigma x_0 v \end{aligned}$$

Diagram 4.2 Produktion, konsumtion och investeringar i 'energisparfallet'



I detta fall ser vi att modellens dynamik endast består i att värmekostnaderna sjunker exponentiellt och att konsumtionen ökar i motsvarande mån. Produktion och totala investeringar är däremot konstanta och minskningen av värmekostnaderna är sådan att besparingen (i absoluta termer) är avtagande (ekvation (4)). Detta medför att konsumtionens ökning enligt denna bana är avtagande. Följande ekvationer kan härledas för v och c :

$$(16) \quad v_t = v_0 e^{-\delta \sigma x_0 t}$$

$$(17) \quad c_t = (1-\sigma)x_0 - v_0 e^{-\delta \sigma x_0 t}$$

$$(18) \quad \dot{c}_t = -\dot{v}_t = \delta \sigma x_0 v_t$$

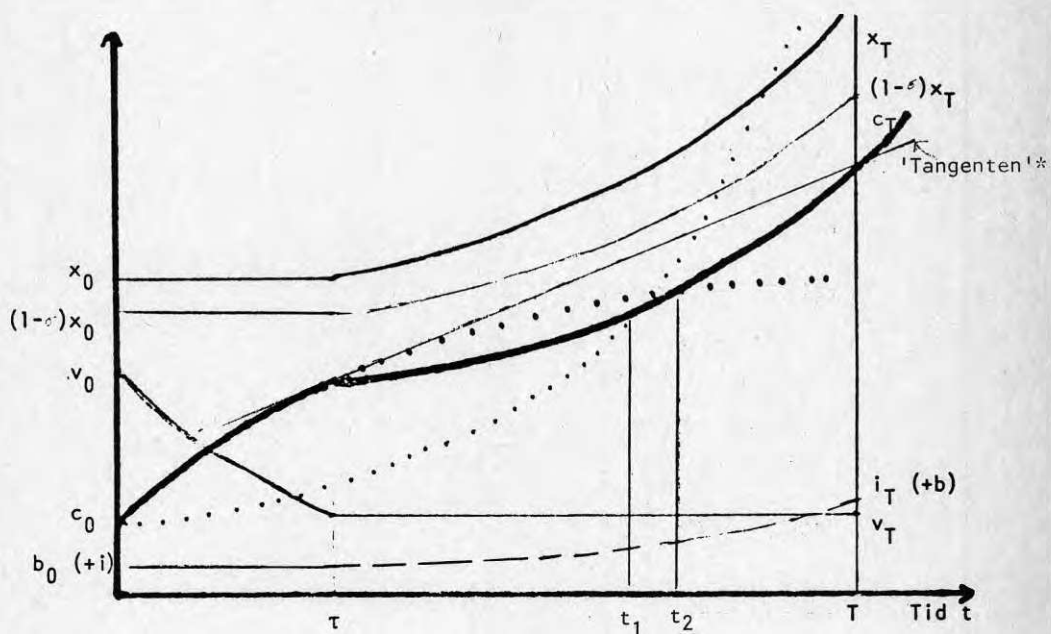
4.4 Utformningen av en optimal bana - Sammanfattning av resultat

I detta avsnitt ger vi en allmänt hållen presentation av de huvudsakliga resultaten av modellen medan härledningarna och bevis koncentreras

till avsnitt 4.5 och tolkningar samt diskussion av modellen kommer i avsnitt 4.6.

Det visar sig att det, inom modellens ramar (dvs utan att tillfoga ytterligare restriktioner utöver de redan nämnda), alltid är optimalt att koncentrera alla investeringsresurser i ett givet ögonblick till antingen produktiva eller energibesparande investeringar. Dvs den optimala banan följer alltid, styckevis, någon av de två banorna som diskuterats i avsnitt 4.3. Det är vidare så att en omkastning mellan dessa två banor förekommer endast en gång inom ett optimalt program. Denna omkastning sker dessutom endast åt ett håll - dvs från energibesparande investeringar till produktiva. Detta betyder att det endast finns tre fall att diskutera - dvs endast ett utöver de två ytterlighetsexemplen som diskuterats - och det är en kombination mellan dem som visas i följande diagram:

Diagram 4.3 Produktion, konsumtion och investeringar i ett optimalt program



* Ref. till sid. 92

I diagram 4.3 satsas först alla investeringsresurser på att nedbringa värmekostnaderna för att sedan vid tidpunkten $t = \tau$ satsa uteslutande på produktiva investeringar. (Ett generellt uttryck för den optimala tidpunkten härleddes i avsnitt 4.5). De streckade linjerna visar hur konsumtionen skulle utvecklats med de två renodlade strategierna: En satsning på produktiva investeringar från början skulle så småningom gett en högre konsumtion - men till priset av lägre konsumtion under den närmaste tiden (fram till $t = t_1$). En fortsatt satsning på energi- besparande investeringar skulle ge motsatt resultat - högre konsumtion under perioden $t = \tau, t_2$) men en lägre konsumtion mot slutet av planeringsperioden (efter $t = t_2$).

Diagram 4.3 är ritad för ett tänkt fall med optimering där diskonteringsräntan är noll. I detta fall karakteriseras punkten τ av att tangenten till kurvan för konsumtionsutvecklingen (enligt banan för energisparande) skär samma kurva just vid tidpunkten $t = T$. En högre diskonteringsränta tenderar att gynna strategin för energisparande framför tillväxtstrategin eftersom konsumtionsökningarna kommer tidigare. Detta antyder att τ skulle förskjutas åt höger av en högre diskonteringsränta.

4.5 Villkor för en optimal bana¹⁾

Avgränsning av antalet möjliga fall :

Det finns som redan nämnts bara tre möjliga fall för optimala banor enligt denna modell.

Fall 1 - enbart produktiva investeringar:

Betrakta ekvationerna (14) och (18) för konsumtionens tillväxt enligt de två resp strategierna.

Antag att konsumtionstillväxttakten är större med produktiva investeringar redan vid starttidpunkten $t = 0$:

$$(19) \quad (1-\sigma)\gamma\sigma x_0 > \delta\sigma x_0 v_0 \quad (\text{eller: } (1-\sigma)\gamma > \delta v_0)$$

1) Dessa avsnitt innehåller en del svårare matematik som kan läsas kursivt utan att sammanhanget förloras från avsnitt 4.4 till 4.7.

I detta läge väljs naturligtvis tillväxtstrategin till en början. Efter t perioder är ökningen i konsumtionen enligt (14) :

$$(14) \quad \dot{c}_t = (1-\sigma)\gamma\sigma x_0 e^{\gamma\sigma t}$$

Den potentiella tillväxten vid en övergång till energisparande investeringar har ökat eftersom x har vuxit och därmed hela utrymmet för investeringar. Enligt (18) och (19) är denna nu:

$$(18') \quad \dot{c}_t = \delta\sigma x_0 v_0 e^{\gamma\sigma t}$$

Men enligt (19) framgår det tydligt att konsumtionsökningen enligt (18') aldrig kan bli större än enligt (14), dvs ökningen i tillväxttakt är densamma - och var den en gång större för tillväxtalternativet så blir det aldrig aktuellt med en övergång till energisparande investeringar.

Fall 2 och 3, då produktiva investeringar inte omedelbart framstår som mer lönsamma:

Då (19) ej är uppfyllt kan det inte uteslutas¹ att satsningen på energisparande är optimalt - åtminstone till en början. Huruvida den i så fall förblir optimal (fall 3) eller om det sker en övergång till tillväxtbanan (fall 2) beror på faktorer som strax skall analyseras. Först kan vi emellertid konstatera att om en sådan övergång sker så kan det i analogi med resonemanget kring (19), (14) och (18') inte bli fråga om någon återgång till den energisparande banan igen.

Beräkning av den optimala tidpunkten τ för en övergång mellan banorna för energisparande respektive tillväxt

Utformningen av den optimala banan för en konkret uppsättning parametervärden kräver att vi kan skilja mellan fall 2 och 3, vilket vi gör genom att beräkna ett uttryck för τ . Vi formulerar problemet som ett problem inom 'optimal kontroll-teori':²⁾

1. Villkor 19 är ett tillräckligt men ej nödvändigt villkor för fall 1 - se vidare avsnitt 4.6.

2. För en introduktion till optimal kontrollteori se t ex Sydsaeter : Matematisk analyse Bind II.

$$\text{Maximera (5) } \int_0^T c_t e^{-rt} dt$$

genom att finna en optimal bana x_t^*, v_t^* som i sin tur definieras genom en optimal bana för kontrollvariabeln u_t^* , givet följande restriktioner och startvärden:

$$(3) \quad \dot{x}_t = \gamma i_t$$

$$(4) \quad \dot{v}_t = -\delta b_t v_t$$

$$(20) \quad \begin{cases} 0 \leq u_t \leq 1; x_0, v_0 & \text{givna startpunkter för } x_t, v_t, \\ i_t, b_t, v_t, \geq 0 & \text{för alla } t \in (0, T). \end{cases}$$

Vi definierar Hamiltonfunktionen H:

$$(21) \quad H = p_{0t} e^{-rt} (x_t (1-\sigma) - v_t) + p_{1t} \gamma \sigma u_t x_t - p_{2t} (1-u_t) \delta \sigma x_t v_t$$

Det finns nu en sats som säger att:

givet en optimal bana definierad som $(u_t^*, x_t^*, v_t^*)^1$ som maximerar (5) givet (3), (4) och (20) så existerar det kontinuerliga funktioner (p_{0t}, p_{1t}, p_{2t}) sådana att (u_t^*, x_t^*, v_t^*) även maximerar Hamiltonfunktionen (21), och följande villkor uppfylles:

$$(22) \quad (p_{0t}, p_{1t}, p_{2t}) \neq (0, 0, 0)$$

$$(23) \quad p_0 = 0 \text{ eller } 1$$

$$(24) \quad \dot{p}_{1t} = -\frac{\partial H}{\partial x} \quad (\text{utom i punkter då } u_t^* \text{ är diskontinuerlig})$$

$$(25) \quad \dot{p}_{2t} = -\frac{\partial H}{\partial v}$$

$$(26) \quad p_{1T} = p_{2T} = 0 \quad (\text{eftersom vi inte lagt några restriktioner på } x \text{ och } v \text{ vid sluttiden } T)$$

På grund av (22), (23) och (26) framgår att $p_0 = 1$, och Hamiltonfunktionen kan skrivas:

$$(21') \quad H = e^{-rt} (x(1-\sigma) - v) + p_1 \gamma \sigma u x - p_2 \delta (1-u) \sigma x v. \quad \text{eller:}$$

1. Variablerna här betecknade med * avser variablevärden längs den optimala banan, och det är dessa värden som åsyftas i fortsättningen fast vi för enkelhetens skull ej skrivit ut varken dessa eller tidsindex i härledningarna.

$$(22'') \quad H = u(\sigma x)(p_1 \gamma + p_2 \delta v) + e^{-rt}(x(1-\sigma) - v) - p_2 \delta \sigma x v$$

Partiell derivering ger:

$$(24) \quad \dot{p}_1 = p_2 \delta (1-u) \sigma v + (\sigma-1)e^{-rt} - p_1 \gamma \sigma u$$

$$(25) \quad \dot{p}_2 = e^{-rt} + p_2 \delta (1-u) \sigma x$$

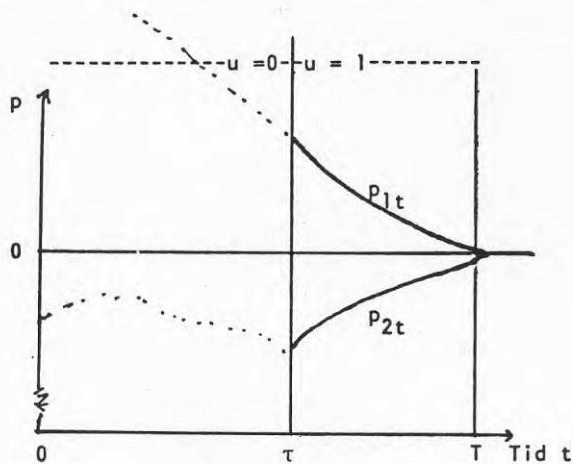
Av ekvation (22'') framgår att H maximeras om u antingen är lika med 1 eller 0 beroende på om $(p_1 \gamma + p_2 \delta v)$ är positiv eller negativ. Den vändpunkt då u går från 0 till 1 (så att hela modellen övergår från den energisparande banan till tillväxtbanan) måste infalla då detta uttryck är noll:

$$(27) \quad (p_1 \gamma + p_2 \delta v) = 0$$

Vi skall i det följande härleda uttryck för p_1 och p_2 och därmed genom (27) härleda uttryck för det optimala värdet på τ . Vi börjar med att konstatera att p_2 alltid är negativ medan p_1 alltid är positiv:

Då $t = T$ är enligt (25) och (26) $p_{2T} = 0$, $\dot{p}_{2t} = e^{-rt} > 0$. Detta betyder att $p_{2t} < 0$ då $t \rightarrow T$, dvs p_2 måste vara negativ strax innan T . Om nu p_2 vore positiv för något värde av $t \in (0, T)$ skulle detta medföra att även derivatan \dot{p}_2 vore positiv i denna punkt vilket skulle medföra att p_2 ständigt ökade och aldrig skulle kunna antaga ett negativt värde innan T . Alltså kan aldrig p_2 vara positiv.

Genom ett analogt resonemang visas att p_1 är positiv strax innan T . Av (24) följer då att \dot{p}_1 är negativ (givet att p_2 alltid är negativ). Detta betyder att p_1 varit positiv och större tidigare än den tidpunkten strax före T som åsyftades ovan. Genom induktion framgår att p_1 alltid är positiv för $t \in (0, T)$.

Diagram 4.4: Utveckling av p_1 och p_2 över tiden från $t=0$ till $t=T$ 

Låt oss undersöka p_1 och p_2 för tiden $t > \tau$ då $u=1$, vi får då:

$$(25') \quad \dot{p}_2 = e^{-rt}$$

$$(24') \quad \dot{p}_1 = (\sigma-1)e^{-rt} - p_1\gamma\sigma u$$

Lösning av (25) ger $p_2 = -\frac{1}{r}e^{-rt} + C_1$. Genom villkoret (26) kan integrationskonstanten bestämmas: $C_1 = -\frac{1}{r}e^{-rT}$ så att vi får:

$$(28) \quad p_2 = -\frac{1}{r}(e^{-rt} - e^{-rT}) \quad \text{för } t \in (\tau, T)$$

Lösning av (24) ger $p_1 = \frac{(\sigma-1)e^{-rt}}{\gamma\sigma-r} + C_2 e^{-\gamma\sigma t}$. Genom (26) kan inte-

grationskoefficienten bestämmas: $C_2 = \frac{(1-\sigma)e^{-rt} e^{\gamma\sigma T}}{\gamma\sigma-r}$ vilket ger:

$$(29) \quad p_1 = \frac{(\sigma-1)e^{-rt}}{\gamma\sigma-r} (1 - e^{(\gamma\sigma-r)(T-t)}), \quad \text{för } t \in (\tau, T)$$

Då $u=0$, dvs innan $t=\tau$ är uttrycken för p_1 och p_2 mer komplicerade. Det är dock inte nödvändigt att beräkna dessa eftersom p är kontinuerlig överallt i $(0, T)$ och alltså även i $t=\tau$ (den är dock normalt inte deriverbar i denna punkt).

Genom insättning av (28) och (29) i (27) ges villkoret¹⁾ för ett optimalt värde på τ

$$(30) \quad \delta v_0 e^{-\delta \sigma x_0 \tau} \left(\frac{1}{r} (e^{-r\tau} - e^{-rT}) \right) = \frac{\gamma(\sigma-1)e^{-r\tau}}{\gamma\sigma-r} (1 - e^{(\gamma\sigma-r)(T-\tau)})$$

Genom att sätta $r=0$ kan motsvarande villkor för det odiskonterade fallet beräknas:

Observera först att $e^{-r\tau}$ genom Taylorexansion kan skrivas:

$$e^{-r\tau} = 1 - r\tau + \frac{(r\tau)^2}{2!} \dots$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{r} (e^{-r\tau} - e^{-rT}) &= \frac{1}{r} ((1-1) - (r\tau - rT) + (r^2\tau^2 - r^2T^2) - \dots) = \\ &= (T - \tau) + h(r) \end{aligned}$$

Det följer därför att $\lim_{r \rightarrow 0} \frac{1}{r} (e^{-r\tau} - e^{-rT}) = T - \tau$

Därför följer att (30) reduceras till följande ekvation:

$$(31) \quad \sigma \delta v_0 e^{-\delta \sigma x_0 \tau} (T - \tau) = (1 - \sigma) (e^{\gamma\sigma(T-\tau)} - 1)$$

4.6 Tolkning av resultaten

I avsnitt 4.5 har vi visat på att modellens resultat kan indelas i tre fall, varav fall 1 och 3 kan betraktas som specialfall av det mer allmänna fall 2 med värden på $\tau=0$ resp T . Det uttryck som erhållits för det optimala värdet på τ , ekvation (30) är tämligen svårtolkat. τ är nämligen en funktion av 7 parametrar ($x_0, v_0, r, T, \gamma, \sigma, \delta$) och dessutom är det svårt att uttrycka τ explicit i dessa parametrar.

Vi kan emellertid för enkelhetens skull inskränka oss till att diskutera (31), villkoret för det odiskonterade fallet. Såsom redan påpekats i avsnitt 4.4, är diskonteringsens enda effekt att förskjuta

1) Villkoren i (30) och (31) är nödvändiga (men ej tillräckliga) villkor - de senare har dock utelämnats.

den relativa värderingen av framtida kontra nuvarande konsumtion, så att den relativa fördelen av vår energisparstrategi ökar jämfört med tillväxtstrategin. Detta innebär en förskjutning av τ framåt i tiden.

En geometrisk tolkning:

Efter multiplikation med x_0 och division med $(T-\tau)$ kan (31) skrivas:

$$(31') \quad x_0 \sigma \delta v_0 e^{-\delta \sigma x_0 \tau} = \frac{1}{(T-\tau)} (1-\sigma) (x_0 e^{\gamma \sigma (T-\tau)} - x_0)$$

Enligt (16) och (18) kan vänstersidan skrivas om som \dot{c}_τ eller $-\dot{v}_\tau$.

Enligt (12) kan högersidan skrivas om som $\frac{1}{(T-\tau)} (c_T - c_\tau)$.

Villkoret för ett optimalt τ kan då skrivas:

$$(31'') \quad -\dot{v}_\tau = \frac{c_T - c_\tau}{(T-\tau)}$$

Vilket skall tolkas så att 'switch-punkten' - övergången från energisparande till tillväxt sker då konsumtionsökningen (momentant) av ytterligare energisparande är lika med den genomsnittliga konsumtionsökningen med tillväxtstrategin under resten av planeringsperioden.

Geometriskt kan detta uttryckas (se diagram 4.3) så att tangenten till konsumtionskurvan för energisparande skall skära den framtida konsumtionskurvan (efter övergång till tillväxtbanan) just vid $t=T$.

Villkor för olika fall

Då den potentiella tillväxttakten i ekonomin (genom produktiva investeringar) är låg och den relativa lönsamheten av energisparande investeringar hög kan man förvänta sig att modellen skulle resultera i det som vi ovan kallat fall 3 - dvs uteslutande energisparinvesteringar under hela perioden. Villkoret för detta kan erhållas genom att sätta in 'resultatet' $\tau=T$ i villkor (31):

$$(32) \quad \frac{\sigma \delta v_0 e^{-\sigma \delta x_0 T}}{(1-\sigma)} = \frac{e^{\gamma \sigma (T-T)} - 1}{(T-T)}$$

Genom Taylorexansionen kan högersidan skrivas:

$$HS = \frac{1 + \gamma\sigma(T-\tau) + (\gamma\sigma(T-\tau))^2/2! + \dots - 1}{(T-\tau)} = \gamma\sigma + R(T-\tau)$$

vilket då $\tau \rightarrow T$ kan skrivas $\lim_{\tau \rightarrow T} HS = \gamma\sigma$ vilket betyder att (32) kan skrivas

$$(32') \quad \delta v_T = (1-\sigma)\gamma$$

Skall detta vara ett villkor för fall 3 bör det formuleras:

$$(32'') \quad \delta v_T \geq (1-\sigma)\gamma \text{ eller } \delta v_0 \geq (1-\sigma)\gamma e^{\sigma\delta x_0 T}$$

På motsvarande sätt kan vi härleda villkor för fall 1 genom att sätta $\tau = 0$ i (31):

$$(33) \quad \sigma\delta v_0 T = (1-\sigma)(e^{\gamma\sigma T} - 1)$$

Villkoret för fall 1 kan då skrivas:

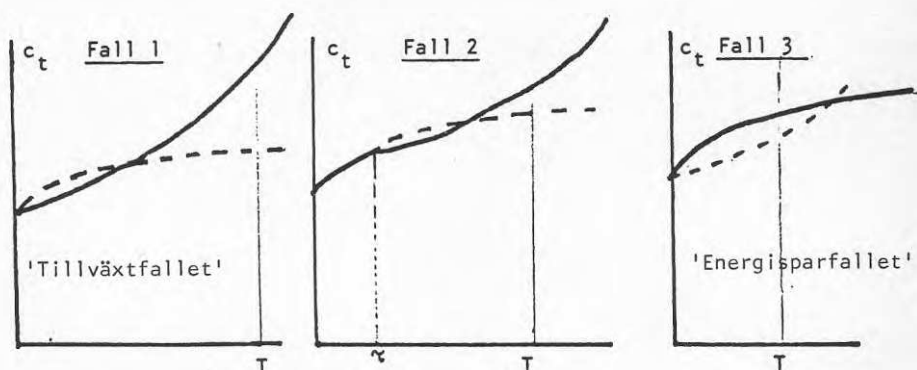
$$(33') \quad \delta v_0 \leq (1-\sigma)(e^{\gamma\sigma T} - 1)/\sigma T$$

Observera att genom Taylorutveckling kan högersidan skrivas:

$$\begin{aligned} HS &= (1-\sigma)(1 + \gamma\sigma T + \gamma^2\sigma^2 T^2 + \gamma^3\sigma^3 T^3 + \dots - 1)/\sigma T \\ &= (1-\sigma)(\gamma + J(\gamma, \sigma, T)) \end{aligned}$$

Detta visar sambandet mellan villkor (33) och (19): för små värden av γ , σ och T närmar sig (33) och (19). Villkoret (33) är dock mindre restriktivt. Detta bör tolkas så att det finns fall där energisparbanan ger större konsumtionsökning initialt ($t=0$) men då ändå tillväxtstrategin väljs med en gång, eftersom planeringsperioden är så lång och tillväxtmöjligheterna så goda att ökad konsumtion i senare perioder kompenserar för förluster under de första perioderna, (se fall 1, diagram 4.5).

Diagram 4.5: Optimala banor vid olika antaganden om parametrar



Valet av strategi kan alltså sammanfattas:

$$\text{Fall 1} \quad \delta v_0 \leq (1-\sigma)(e^{\gamma\sigma T} - 1)/\sigma T$$

$$\text{Fall 3} \quad \delta v_0 \geq (1-\sigma)\gamma e^{\sigma\delta x_0 T}$$

$$\text{Fall 2} \quad (1-\sigma)(e^{\gamma\sigma T} - 1)/\sigma T < \delta v_0 < (1-\sigma)\gamma e^{\sigma\delta x_0 T}$$

Effekten av olika värden för parametrarna

Utifrån dessa villkor kan betydelsen och effekten av förändringen av i modellen ingående parametrar analyseras. En del av sambanden kan vara tämligen komplicerade och det skulle föra för långt att analysera dem i detalj. Vi kan dock omedelbart slå fast ett antal, intuitivt rimliga, slutsatser som, genom analysen av denna modell, visats på ett stringent sätt.

Den lönsammaste strategin anges i princip av relationen mellan å ena sidan de ursprungliga uppvärmningskostnaderna V_0 samt energisparinvesteringarnas effektivitet δ och å andra sidan, den ursprungliga produktionen X_0 och 'effektiviteten' på produktiva investeringar γ . Det är därför klart hur förskjutningar i värdena på V_0, δ, X_0, γ påverkar strategin: exvis leder ökade värde på V_0 eller δ till att fall 3 ('energisparfallet') har större sannolikhet att vara optimal - eller i fall 2 så leder de till en ökning av T , perioden under vilken energisparbanan följs.

Eftersom de produktiva investeringarnas effekt över tiden är kumulativ medan energisparinvesteringarnas effekt minskar innebär en längre planeringshorizont T , ceteris paribus, en bias för tillväxtstrategin. Detta illustreras också för det odiskonterade fallet av (31'') där τ , den optimala tidpunkten för en övergång från den energisparande banan till tillväxtbanan, bestäms av att den momentana konsumtionsökningen från energisparande skall vara lika med den genomsnittliga konsumtionsökningen från produktiva investeringar. Detta betyder att ju längre T desto kortare blir τ i fall 2 (och ju större sannolikhet för att helt hamna i fall 1).

Vad gäller, slutligen, betydelsen av diskonteringsräntan r är det uppenbart att ett högre värde på r gynnar nutida konsumtionsökning framför framtida och därmed har en tendens att i första hand premiera energisparstrategin. Ett relativt högt värde¹ på diskonteringsräntan kan vara ett rimligt sätt att modelera osäkerhet om framtiden i allmänhet och tillgång samt pris på energi i synnerhet. Det är möjligt att man på detta sätt kan förklara eller 'rättfärdiga' en del av de investeringar i energisparande i exvis bostadsbeståndet vars lönsamhet på senare tid visats vara mycket låg.

1. Ett högt värde på diskonteringsräntan synes alltså få effekter som motsvarar effekten av en kort planeringsperiod T .

4.7 Vidareutveckling av modellen

En rad invändningar skulle naturligtvis kunna resas mot denna modells relevans och utformning. Att den är abstrakt behöver dock inte betyda att den inte kan ha konkret relevans för planering och bedömning inom byggnadssektorn. Detta kan kanske antydast genom en kort diskussion om tolkningsmöjligheter och vidareutveckling av modellen.

Modellen är formulerad med ett fåtal sektorer som skall täcka hela ekonomin. De två typerna av investeringar i modellen kan dock bägge tänkas vara byggnadsinvesteringar - energibesparande resp sådana som räknas som investeringar i andra sektorer. Man kan också tänka sig att helt begränsa modellen till att gälla byggsektorn i sig - så att tillväxtinvesteringarna 'i' gäller byggnadsinvesteringar i t ex byggmaterialindustrin.

En annan typ av invändningar som kan resas mot modellen gäller de 'tvära kast' mellan olika sektorer som ges. En sådan utveckling är naturligtvis precis det som man vill undvika i verkligheten, av hänsyn till trögheter i planering, trygghet i sysselsättningen m m. Den använda typen av modell är trots detta inte nödvändigtvis olämplig. För det första antyder den bara vilken utveckling som i varje tidpunkt vore lönsammast, finns det sedan skäl att genomföra vissa förändringar långsamt så är det intet som hindrar det. Modellen kan då användas för att peka ut riktningen för en förändring, medan takten bestäms med hänsyn också till andra faktorer.

Modellen skulle också kunna utvecklas genom att nya restriktioner byggs in, t ex en minsta tillväxttakt för ekonomin (mht sysselsättningen), en övre restriktion för energikostnader (t ex på grund av försörjningstrygghet) eller restriktioner på tillväxttakten i olika sektorer för att inte skapa anpassningsproblem. Vidare kan man tänka sig olika antaganden vad gäller prisutveckling i olika sektorer.

Även i själva modellformuleringen skulle det vara intressant att studera effekten av olika justeringar: detta gäller bl a utformningen av sparkvoten i relation till konsumtionen som nämndes i

avsnitt 4.2. I den nuvarande formuleringen bidrar inte energisparandet till att skapa något investeringsutrymme. Med en annan formulering på denna punkt kunde man tänka sig ett fall där man först sparade energi för att bygga upp ett investeringsutrymme och sedan övergick till produktiva - tillväxtskapande - investeringar.

I detta kapitel har vi renodlat de dynamiska aspekterna mycket hårt för att därmed kunna använda en del starka resultat från optimal kontroll teori. I de situationer då det bedöms viktigt att få med fler variabler måste i allmänhet också de använda metoderna ändras. Det betyder dock inte att vi måste gå tillbaka till den typ av statisk modell som vi diskuterat i kapitel 3, snarare kan man tänka sig ett spektrum av metoder med någon slags inbyggd 'trade-off' mellan dynamiken å ena sidan och komplikationsgraden hos modellen i övrigt.

Slutligen måste dock vår analys kunna göras på en mycket disaggregerad nivå, med ett stort antal regioner, yrkesgrupper m m. Att bygga in alla dessa detaljer i en dynamisk modell av den typ vi diskuterat här är troligtvis inte meningsfullt: Det är då bättre att koppla samman olika modeller såsom vi skall diskutera i nästa kapitel.

- 5 SLUTORD:¹ Kopplade modeller för utformning av optimala åtgärdsprogram för energisparande. Förslag till vidare forskning.

Syftet med detta pilotprojekt har varit att undersöka metoder för att analysera effekterna (på sysselsättning och resursanvändning) av omfattande energisparprogram. Vidare har modeller för optimering av dessa program diskuterats. I kap. 1 studerades byggnadssektorns utveckling under de senaste decennierna för att ge en empirisk bakgrund till den fortsatta analysen. Det framkom att svängningarna i produktionsinriktning och kapacitetsutnyttjande är mycket kraftiga och förekomsten av såväl undersysselsättning som överhettning och flaskhalsar orsakar mycket stora problem. Det framgick också att initierandet av energisparprogram av den storlek som diskuterats i regeringspropositionerna visserligen inte skulle innebära större förändringar i produktionsinriktning inom byggnadssektorn än de som varit under de gångna årtiondena, men att det ändå skulle utgöra ett så stort ingrepp att en riktig planering av programmet är av stor betydelse för sektorns stabilitet och utveckling. Särskilt framstod sysselsättningen i vissa yrkesgrupper och regioner som en känslig variabel, medan leveranser och kapacitet i byggnadsmaterielindustrin ansågs mindre känsliga.

I kap. 2 studerades användandet av input-output modeller för att bedöma effekterna av ett visst åtgärdsprogram dels på ekonomin som helhet (mätt genom t ex minskad privat konsumtion) och dels på olika sektorer. Användandet av I-O teknik tillät oss att koncentrera uppmärksamheten på intersektoriella relationer och bli studera effekterna av flaskhalsar. Ett antal datorkörningar på långtidsutredningens modellsystem genomfördes för att illustrera betydelsen av olika restriktioner och antaganden för de uppmätta kostnaderna av ett mycket enkelt 'åtgärdsprogram' för energisparande. En väsentlig fördel med I-O modeller är att de ger en konsistent bild av samhällsekonomin. Vi pekar dock på ett antal punkter som skulle behöva utvecklas i den relativt enkla modell som användes. Dels skulle inkluderandet av substitutionsmöjligheter och endogena priser som i MSG-modellen givit mycket i form av ökad verklighetsanknytning vad gäller ekonomins funktionssätt, dels skulle inkluderandet av flera sektorer och regioner varit nödvändigt för att närma sig den konkreta planeringsnivån. Det är dock tveksamt om det är meningsfullt att söka föra in flera sådana utvecklingar i en och samma modell.

I kapitel 3 visas hur linjärprogrammering (eller eventuellt andra programmeringsansatser) kan användas för den konkreta utformningen

¹ Detta slutord sammanfattar endast huvuddragen i uppsatsen; för mera konkreta resultat m m hänvisas till de utförligare sammanfattningarna i resp. kapitel.

av åtgärdsprogram då målfunktioner och restriktioner är väl kända. En viktig fördel med metoden är att den som biprodukt ger information om de sk skuggpriserna på knappa resurser och visar därmed på de mest angelägna flaskhalsarna och de mest effektiva sätten att öka den totala samhällsekonomiska lönsamheten. En kraftig begränsning är dock den statistiska karaktär modellen har.

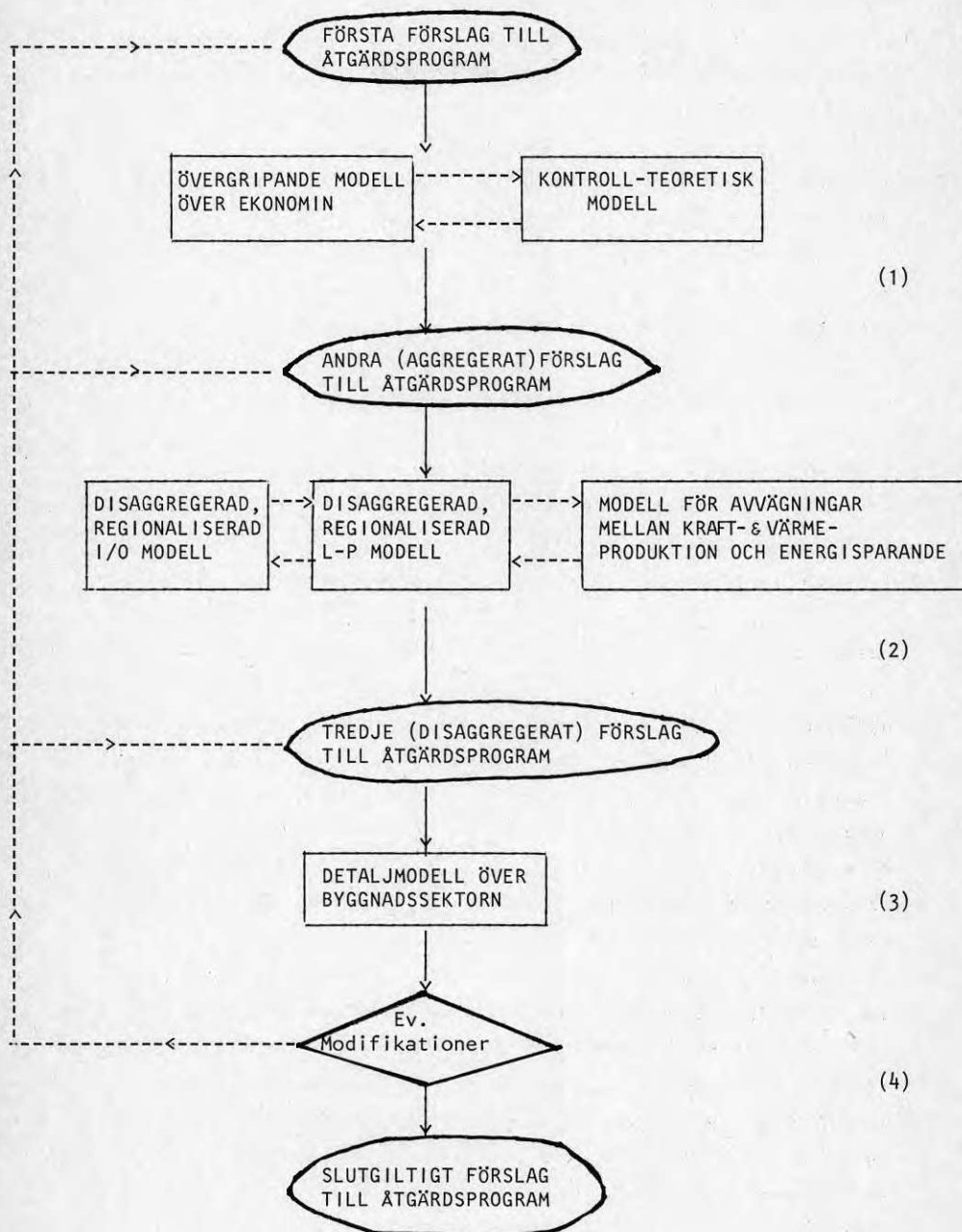
I kapitel 4 studeras i gengäld en modell som är speciellt avsedd för att tillåta maximal variation för de ingående variablerna över tiden. Den ställer därmed större krav på de matematiska beräkningarna och det torde därför inte vara meningsfullt att utveckla mycket stora eller omfattande modeller med hjälp av optimal kontrollteori. Denna typ av modell kan dock ha ett mycket stort värde för att göra övergripande bedömningar av den optimala utbyggnadstakten för ett begränsat antal sektorer inom ekonomin (eller eventuellt för ett antal delsektorer inom en sektor).

Det har framgått av denna studie att ingen av de modeller eller metoder vi undersökt kan ensam användas för utformningen av optimala åtgärdsprogram eller för att bedöma dessas effekter på ekonomin. Det förefaller också vara ett problem som är alltför omfattande för en enda modell. Att analysera vår frågeställning med hjälp av ett antal modeller kopplade till varandra förefaller både mer flexibelt, och mer ekonomiskt än utvecklingen av en 'jätte-modell' för just den specifika frågeställningen.

En sådan sammankoppling av modeller, liksom den nödvändiga utvecklingen av delmodellerna faller utanför ramen för detta projekt, men skulle kunna utgöra en fortsättning i form av ett större projekt som också skulle göra empiriska bedömningar. Vi skall här endast kortfattat visa på en möjlighet till hur de nämnda modellerna kunde fogas till en helhet.

Figur 5.1 illustrerar hur sex modeller (bl a 2 1-0 modeller, en kontrollteoretisk, en LP och en modell för byggnadssektorn) med olika inriktning och räckvidd kopplas samman för att steg för steg utforma ett konkret förslag till ett energisparande åtgärdsprogram. Genomgången av modellerna och deras funktion för helheten följer de siffror som är angivna i figuren.

Figur 5.1 Kopplade modeller för optimering av energisparande åtgärdsprogram



1) Som utgångspunkt tar vi ett grovt formulerat förslag till åtgärdsprogram, som bl a bestämmer den ungefärliga omfattningen i termer av kostnader såväl som förväntade energibesparingar. Som ett första steg är det viktigt att bedöma de allmänna effekterna på hela samhällsekonomin, vilket kräver en flexibel modell med substitutionsmöjligheter, endogena priser och växelkurser m m. Exempel på en sådan modell är MSG-modellen som diskuterats i kap 2. I samband med detta och annan information om det ekonomiska läget (t ex konjunktur utveckling) behöver vi en modell för att göra en del övergripande avvägningar om tidsprofilen för åtgärdsprogrammets genomförande. Programmets utsträckning i tiden har mycket stor betydelse för dess ekonomiska effekt m a p flaskhalsar o dyl och det kan därför vara värdefullt att, i detta första stadium, använda dels en dynamisk optimerings modell (såsom kontroll-modellen i kap 4) och dels en modell över ekonomin (såsom MSG-modellen) och att låta dessa modeller interagera så att resultat i den ena kan avstämmas i den andra.

2) Det första steget leder till vissa preciseringar och ändringar i det ursprungliga förslaget till åtgärdsprogram så att ett nytt förslag arbetas fram som är - på denna aggregerade nivå - en 'optimal' avvägning med hänsyn till den information vi haft tillgänglig om ekonomiska effekter.

Nästa steg blir att disaggregera till ett betydligt större antal sektorer och regioner. En regionaliserad input-output modell skulle då användas till att kartlägga materialflöden och sysselsättningseffekter i olika yrken, branscher och regioner. En linjärprogrammeringsmodell skulle användas för att konstruera den samhällsekonomiskt mest effektiva användningen av givna resurser för energibesparande med hänsyn till de olika faktorer som diskuterats i kapitel 3: att byggnaderna i olika temperaturzoner har olika energiförbrukning samtidigt som dessa regioner karakteriseras av olika kostnader både för energi, arbetskraft och material. Andra mål, såväl fysiska som regional- eller stabiliseringspolitiska kan också inkorporeras i modellen genom att formuleras som restriktioner. Som redan nämnts ger linjärprogrammeringen också uppgifter om skuggpriser på de olika bindande restriktionerna vilket talar om för oss värdet (i termer av målfunktionen: lönsamhet) av att kunna släppa på respektive restriktion. Denna information kan användas tillsammans med information om kostnaderna för omskolning, omflyttning eller utbildning av arbetskraft för att bedöma modifieringar i åtgärdsprogrammet.

Ett speciellt område som kan behöva analyseras på denna nivå har tidigare nämnts : sambandet mellan produktion av värme och kraft å ena sidan och lönsamheten av olika former av energisparande i fastigheten å den andra. Detta gäller särskilt för de tätorter där det är aktuellt med utbyggnad av en eller annan form av fjärrvärme.

Genom dessa modeller sker åter en revidering av programförslaget som leder fram till mera disaggregerade förslag.

3) Även om modellerna i steg 2 är mycket disaggregerade jämfört med de första vi diskuterade kan de rimligtvis inte uppnå den detaljrikedom som behövs för att helt täcka planeringen av aktiviteter inom byggnadssektorn. Det är därför troligen lämpligast att ha en speciell modell för sektorn som är kopplad till de som tidigare diskuterats. I så fall skulle den detaljerade diskussionen om arbetskraftsbehov, materialåtgång, flaskhalsar, utbildning, omskolning m m ske inom en sådan delmodell för att sedan matas tillbaka i aggregerad form till linjärprogrammeringsmodellen i steg 2.

På motsvarande sätt kan en mera detaljerad bedömning av energispareffekter göras på denna nivå för att korrigera och ersätta tidigare uppskattningar baserade på aggregerade data.

4) Såsom framgått flera gånger när vi gått från aggregerad nivå till ytterligare disaggregering, kan man vänta sig att preciseringen och den ökade informationen på detaljnivån ger upphov till förändringar som även påverkar de aggregerade planerna och därmed ger upphov till nya omprövningar på samtliga nivåer. Detta kan ge upphov till många olika 'itereringar' mellan modellerna som skisserats. För enkelhetens skull har vi dock avstått från att rita in alla dessa möjligheter i diagrammet.

Denna skiss på hopkopplingen av ett antal modeller för den optimala utformningen av energisparande åtgärdsprogram är endast tänkt som ett exempel som måhända illustrerar komplexiteten i de berörda problemen. Det är då också viktigt att notera att det finns många aspekter vi inte har analyserat men som måste bedömas som mycket viktiga i en utvidgad analys av hela problemkomplexet. På kostnadssidan gäller det framförallt betydelsen av konjunktur- eller stabiliseringspolitiska faktorer som kan ha en avgörande betydelse för genomförandetaken särskilt på kort sikt. På intäktssidan har vi använt ett mycket schablonartat sätt att behandla "värdet" av de förväntade energibesparingarna. I själva verket är detta i sig ett stort problemkomplex där det är långt ifrån självklart vilka metoder

som skall användas. Det behöver inte heller vara någon enkel värderingsmekanism, såsom ett fast kilowattimmepris. Det kan vara en blandning av kvantitativa mål som är motiverade ur beredskapssynpunkt å ena sidan och vanliga lönsamhetsmål å andra sidan. Man kan också tänka sig att använda olika tidsprofil på värdet av energibesparingarna baserade t ex på bedömningar av framtida internationella marknader för energiråvaror.

Tonvikten i detta pilotprojekt har legat på en studie av tänkbara modeller för att studera och optimera åtgärdsprogram¹⁾ för energisparande i det befintliga byggnadsbeståndet. Vi har dock även haft tillfälle att mycket preliminärt diskutera förekomsten av lämpliga databaser för att genomföra arbetet i ett eventuellt framtida projekt. Som vi då påpekat i kapitel 3, förefaller det angelägnaste området för utvidgningar av statistiken att gälla själva byggnadsstocken: dess energistatus (isolerstandard m m), förekomsten av energisparåtgärder, byggnadernas användningsområde samt andra variabler fördelat på regioner.

1) Såsom konstaterades inledningsvis är det fysiska åtgärdsprogram vi diskuterat utformningen av styrmedel och därmed förenade beteende och incitamentsproblem har hittills legat helt utanför projektet.

SUMMARY IN ENGLISH

The purpose of this project is to discuss different models for the estimation of economic effects of large energy-saving programs in the building sector. Thereby it is also sought to develop methods for optimising such programs.

Chapter 1 is an empirical survey of the building-sector and the present plans for energy-saving programs. This is to serve as a background for the formulation of relevant problems and variables in the economic models developed later. In chapter 2 the use of Input-Output models is discussed. This class of models allows us to study the secondary effects of the energy-saving programs and the intersectoral connections implied, within the framework of a consistent model of the whole economy. As an illustration, a number of simulations are carried out using the Swedish Long-term Economic Planning Models (Långtidsutredningens Modellsystem) in order to investigate such factors as the importance of bottle-necks.

Chapter 3 shows how (linear-) programming methods can be used to optimize energy-saving programs in cases when all the relevant goals and restrictions in the planning procedure are well-known. An important advantage with this approach is that it supplies us with information on the shadow-prices of scarce resources and thereby gives us an indication of which bottlenecks to tackle first. A disadvantage however is the basically static character of the model. In chapter 4 we therefore proceed to develop an 'optimum control' model, specially designed to allow for a great degree of freedom as to the variation of its variables over time. This advantage is however only obtained at the price of reducing the number of variables handled.

One of the conclusions emerging from this review of models is that it surely is impracticable to build one large model with the dual purpose of optimising energy-saving programs and estimating their economic impacts. It seems much more flexible to construct various sub-models that can be combined in different ways and each of which can be specialised to concentrate on one aspect of the problem.

The construction and estimation of such a system of models has not been carried out at the present stage of investigation. Chapter 5 does however contain a very preliminary discussion on possible ways of interconnecting various sub-models to a larger system. The availability of suitable statistics for such empirical work is also discussed briefly.

LITTERATURFÖRTECKNING

- Bygg 80, Svenska byggnadsarbetareförbundet, Malmö 1979
- Byggkonjunktur 80, Svenska Byggnadsentreprenörsföreningen, Maj 1980
- Statistiska Meddelanden Bo 1980:8,2
- Building Statistics 1979, Svenska Byggnadsentreprenörsföreningen, Stockholm 1979
- SIND 78:5, Statens Industriverk
- LÖs verksamhetsberättelser 1968-78
- Folk- och bostadsräkningen 1960, 65, 70, 75
- Byggfackens sysselsättningsundersökningar 1965-1979. Byggfackens utredningsavdelning, ansvarig utg Allan Andersson
- Proposition 77/78:76
- Sysselsättningseffekter av energisparinvesteringar i befintlig bebyggelse, E. Palmer, Konjunkturinstitutet 1980-01-31
- Inom- och mellan-regionala beroenden i det svenska produktions-systemet 1975, F Snickars, SOU 1979:90
- Indirekta Sysselsättningseffekter. S Johansson, Integrerad arbetsmarknadspolitik, Rapport nr 7, sept 76, Lunds universitet
- On extensions of a medium term input-output modell, H Persson, Stencil, Göteborgs universitet, Nationalekonomiska institutionen, hösten 80
- Matematisk Analyse, Bind II, Sydsaeter
- Byggnadsinventeringarna, Statistiska Meddelanden, Serie Bo
- Statistiska Meddelanden Bo 80:8,2, Nybyggnad, rivning och ombyggnad av bostadshus 1961-79
- Energistatistik för lokaler 1978 SM Bo 1980:7, SCB
- Proposition 1978/79:115
- Undersökning av hur statligt stödda energisparåtgärder utförts. Med M 80:2, Statens Institut för Byggnadsforskning
- Bostadsstyrelsens utvärdering av energisparstödet. Del 1, 79-01-18 och Del 2, 79-02-01
- Nationalekonomisk utvärdering av energisparprogrammet, K G Mäler, L Bergman, J Bojö, C Haig. Nationalek Inst, Stockholms universitet
- Prognoser för ROT-marknaden, Staffan Wallström, Clas Wahlbin, Rapportutkast till byggforskningsprojektet "Marknadsprognoser för renovering och ombyggnad", Linköpings universitet, 79-12-21

An Energy Demand Model for the Swedish Residential Heating Sector,
L Bergman, BFR Document Do:1976

A Quantitative General Equilibrium Model of the Swedish Economy, L Bergman,
A Por, International Institute for Applied Systems Analysis,
Laxenburg, Österrike, Dec 1979

Bostads- och Byggnadsstatistisk Årsbok 1979, SCB

Sektorsrapport från Hushållningsgruppen till Energikommisionen,
Ds I 77:10 samt 77:13

FIGUR- OCH TABELLFÖRTECKNING¹⁾

KAPITEL 1		<u>Sid</u>
Tabell 1.1	Total sysselsättning inom byggnadsinsustrin och andra sektorer som levererar insatsvaror till byggandet 1974 samt andelar av den totala sysselsättningen.	7
Diagram 1.1	Total byggproduktion 1968-79	8
Diagram 1.2	Produktion av bostäder 1950-79	9
Diagram 1.3	Industrins byggnadsinvesteringar 1970-79	10
Tabell 1.2	Byggproduktion 1960-85 fördelad på olika slag av byggande	11
Diagram 1.4	Produktion och sysselsättning 1968-77 inom byggnads.	12
Tabell 1.3	Antalet sysselsatta arbetare i byggnadsbranschen 1960-78	13
Tabell 1.4	Medlemsantal i fyra LO-förbund	13
Tabell 1.5	Antal förvärvsarbetande med minst 20 tim/vecka, fördelade efter näringsgren och yrkestillhörighet	14
Tabell 1.6	Andel reparationer i procent av det totala husbyggnadsarbetet för sju yrkesgrupper	15
Tabell 1.7	Andelen arbetslösa i procent för olika yrkeskategorier	16
Tabell 1.8	Andelen arbetslösa byggnadsarbetare fördelade efter region	17
Tabell 1.9	Sparmöjligheter och totala utgifter enligt energisparplanen	18
Tabell 1.10	De olika sparalternativens andel av några olika poster i försörjningsbalansen för 1976	19
Appendix	Förteckning över temperaturzoner och regioner	22
KAPITEL 2		
Figur 2.1	Förenklat flödesschema för LUMO	27
Fört. 2.1	Variabel och symbolförteckning för kap 2	29
Fört. 2.2	Förteckning av sektorer i LU-modellen	31
Tabell 2.6	Effekten av energisparåtgärder i byggsektorn ²⁾	34
Tabell 2.1-2.5	Körningar med LUMO ²⁾	42
KAPITEL 3		
Figur 3.1	Byggnadsstockens förändringar	66
Appendix	Variabellista för kap 3	75

1) Inklusive diagram, appendix m m

2) För förteckning över körningarna se avsnitt 2.3.1. Tabell 2.6 är en sammanfattning av 2.1-2.5 men har placerats före, eftersom texten huvudsakligen refererar till denna sammanfattande tabell.

FIGUR- OCH TABELLFÖRTECKNING (forts)

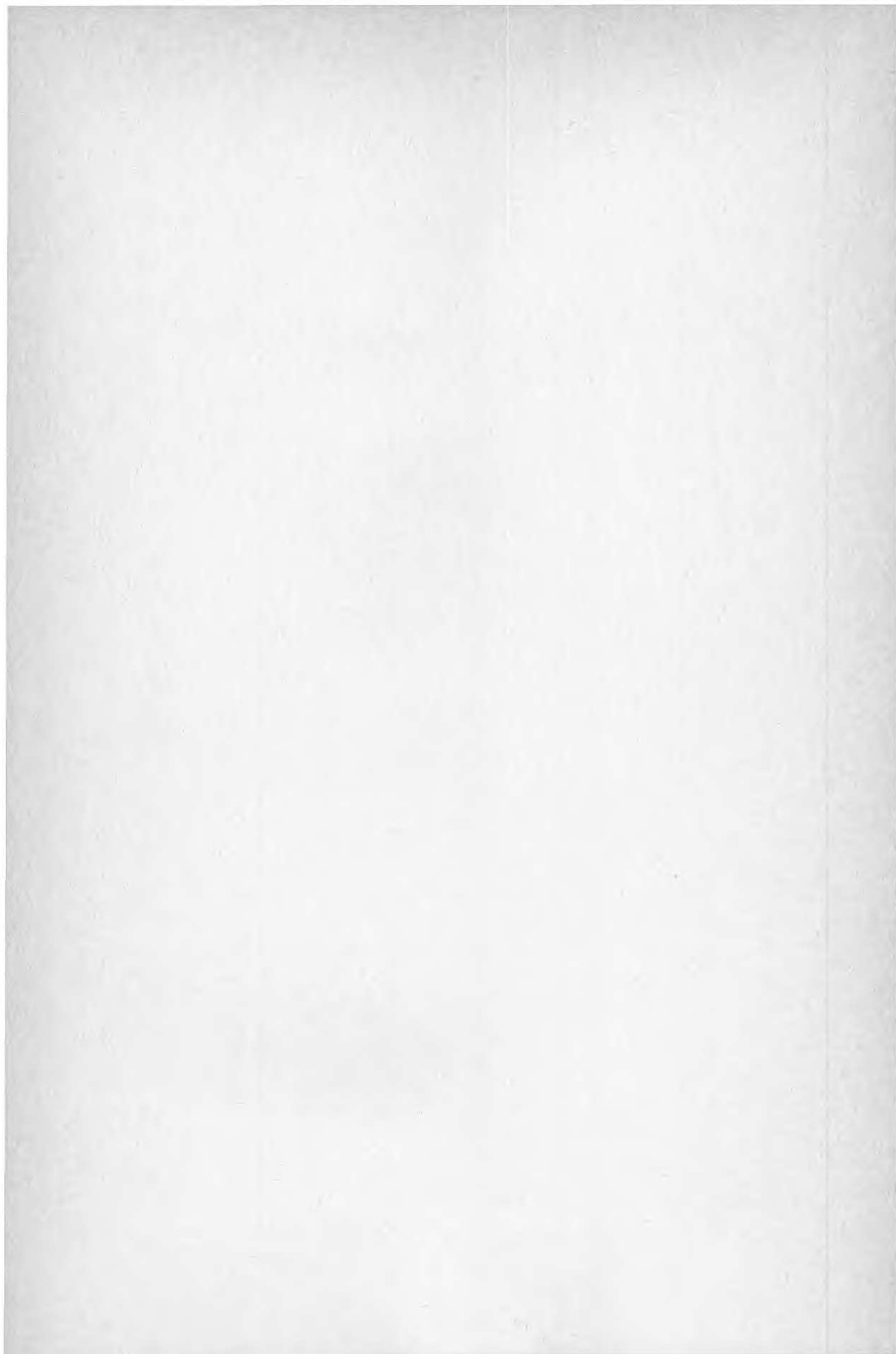
Sid

KAPITEL 4

Diagram 4.1	Produktion, konsumtion och investeringar i "tillväxtfallet"	82
Diagram 4.2	Produktion, konsumtion och investeringar i "energiparfallet"	84
Diagram 4.3	Produktion, konsumtion och investeringar i ett optimalt program	85
Diagram 4.4	Utveckling av p_1 och p_2 över tiden från $t=0$ till $t=T$	90
Diagram 4.5	Optimala banor vid olika antaganden om parametrar	94

KAPITEL 5

Figur 5.1	Användning av kopplade modeller för att finna ett optimalt åtgärdsprogram för energisparande	101
-----------	--	-----



Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
791391-7 från Statens råd för byggnadsforskning
till Nationalekonomiska institutionen, Göteborgs
Universitet.

R96: 1982

ISBN 91-540-3770-0

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700596

Abonnemangsgrupp:
X. Samhällsplanering

Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm

Cirka pris: 35 kr exkl moms