



LINRAT - en energirationeringsmodel for Danmark

Pedersen, Jesper Munksgaard

Publication date:
1986

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Pedersen, J. M. (1986). *LINRAT - en energirationeringsmodel for Danmark*. Roskilde: Risø National Laboratory. Risø-M, Nr. 2611

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LINRAT
**- en energirationeringsmodel
for Danmark**

Jesper Munksgaard Pedersen

Forskningscenter Risø, 4000 Roskilde, Danmark
August 1986

RISØ-M-2611

LINRAT - EN ENERGIRATIONERINGSMODEL FOR DANMARK

Jesper Munksgaard Pedersen

Abstract. Formålet med rapporten er at analysere mulighederne for en samfundsøkonomisk optimal allokering af knappe energiresourcer i en situation med et kortvarigt forsyningssvigt på importerede olieprodukter. Den frie prisdannelse på olieprodukter afvises indledningsvis som en effektiv allokeringmekanisme bl.a. på grund af privatøkonomisk spekulation og trægheder i pristilpasningen. I stedet anbefales en kvantitativ rationering, der inkorporerer explicitte samfundsøkonomiske hensyn og allokere de knappe energimængder mellem forskellige sektorer og anvendelser i økonomien. LINRAT er en empirisk baseret energirationeringsmodel for Danmark. Modellen er samtidigt en input-output model og optimeringsmodel og kan på grund af fuldstændig linearitet løses ved hjælp af lineær programmering. LINRAT maksimerer den samlede beskæftigelse i økonomien under givne restriktioner indeholdt i fire selvstændige moduler. I input-output modulet implementeres produktionskapaciteter, forbrugsbegrænsninger, lagertræk og handelssanktioner i 14 sektorbalancer for ikke-energivarer. Modulet rummer samtidigt den totale energi-

(fortsættes næste side)

August 1986

Forskningscenter Risø, DK-4000 Roskilde, Danmark

balance i økonomien. I substitutionsmodulet opsplittes den totale energibalance i balancer for 10 energityper, i hvilke det yderligere er muligt at specificere substitutions- og besparelsesmuligheder. I raffinaderimodulet fastlægges tekniske sammenhænge mellem produktionen af fire raffinerede olieprodukter og anvendelsen af to råolietyper. I rationeringsmodulet reguleres erhvervenes energiforbrug under forsyningskrisen. LINRAT er implementeret som et edb-program på Forskningscenter Risøs centrale Burroughs computer. Resultater af modelkørsler bringes i den sidste del af rapporten, hvor to scenarier opstilles: den uforstyrrede økonomi og krisereferencescenariet. Endvidere beskrives modellens adfærd gennem følsomhedsanalyser af de enkelte styringsinstrumenters indflydelse på makroøkonomiske nøgletal.

Nærværende afhandling er indleveret til bedømmelse ved Økonomisk Institut Københavns Universitet i forbindelse med erhvervelsen af den økonomiske licentiatgrad (lic.polit).

ISBN 87-550-1274-4

ISSN 0418-6435

Grafisk Service Risø 1986

INDHOLDSFORTEGNELSE

	Side
TAKSIGELSER	5
FORORD	7
1. INDLEDNING	9
1.1. Disposition	10
1.2. Et uligevægtsteoretisk udgangspunkt	11
1.3. Forsyningssvigtet	31
2. METODE	34
2.1. Det generelle LP-problem	37
2.2. LP og input-output analyse - kapacitetsrestriktioner	40
3. MODELUDVIKLING	50
3.1. Opstilling af simpel LP-io model	50
3.2. Importen	53
3.3. Disaggregering af de endelige anvendelser	65
3.4. Beslutningstagerens præferencer - kriteriefunktionen	69
4. LINRAT - EN ENERGIRATIONERINGSMODEL FOR DANMARK	74
4.1. Modelspecifikation for LINRAT	74
4.2. LINRAT's modulære struktur	84
4.3. LINRAT's relationer	121
5. DATAGRUNDLAG OG AGGREGERINGSNIVEAU	137
5.1. Datakilder	137
5.2. Aggregeringsniveau	141
5.3. Datakonstruktion	144
6. MODELKØRSLER	152
6.1. Indledning	152

	Side
6.2. Energiintensitet og beskæftigelsesintensitet i LINRAT's sektorer	153
6.3. Den uforstyrrede økonomi	159
6.4. Krisereferencescenariet	172
6.5. Raffinaderimodulet	203
6.6. Rationeringsmodulet	229
6.7. Substitutionsmodulet	238
6.8. IO-modulet	245
6.9. Samlet vurdering af modelkørsler	258
7. MODELKRITIK	263
8. AFSLUTNING	270
REFERENCER	277
ENGLISH SUMMARY	278
APPENDIX A. Implementering af LINRAT	281
LISTE OVER FIGURER	291
LISTE OVER TABELLER	293
LISTE OVER BILAG	297
BILAG	298

TAKSIGELSER

Robinson Crusoe fik ikke skrevet sin licentiatrapport, fordi han boede på en øde ø og hver dag måtte bekymre sig om fremskaffelse af sin føde. Selvom arbejdet med den foreliggende rapport har haft visse ligheder med tilværelsen som eremit på en fjerntliggende eksotisk ø, er det tvivlsomt, om rapporten havde set dagens lys, hvis mine vilkår havde været lig Robinson Crusoes.

Et stipendium på sammenlagt 3 1/2 år fra Forskningscenter Risø har sikret den nødvendige økonomiske frihed og det daglige brød, og den eksotiske ø har - i modsætning til Robinson Crusoes - været befolket med mennesker, som fulgte og bar. De, der fulgte forløbet af licentiatprojektet med nysgerrighed og interesse, har en vis andel i, at den faglige motivation har kunnet fastholdes på et rimeligt niveau i en sammenhængende periode på 3 år. De, der bar, har ved at øve indflydelse på nærværende rapport en væsentlig del af æren for, at personlige faglige ambitioner er blevet indfriet. Af bærere skal nævnes:

Lektor Jørgen Birk Mortensen og professor Erik Gørtz (Økonomisk Institut ved Københavns Universitet), der - med førstnævnte som hovedvejleder - begge med mellemrum har fået lejlighed til at evaluere og kommentere udkast til afsnit i den samlede rapport.

Cand.polit Ellen Pløger (Privatbanken (tidl. SYS, Forskningscenter Risø)) og cand.oecon Poul Erik Morthorst (SYS, Forskningscenter Risø) har som vejledere "on location" haft en tæt kontakt til forløbet af licentiatprojektet og har bidraget med megen nyttig kritik og inspirerende kommentarer.

Civ.ing. Peter Kirkegaard og mag.scient Ole Lang Rasmussen (RMA, Forskningscenter Risø) har parallelt med opbygningen af LINRAT videreudviklet LP-løsningsprogrammet LINPROG for at kunne tilgodese de specielle krav, som løsningen af en stor LP-model stiller. Endvidere har de udgjort et effektivt beredskab, når LP-tekniske problemer har skullet løses.

Programmør Søren Præstegaard og studentervedhjælp Jesper Schmaltz-Jørgensen (SYS, Forskningscenter Risø) har bidraget med væsentlig assistance. Førstnævnte har udviklet prototyperne til de programmer - report writers - der opstiller modelresultaterne i tabelform, og sidstnævnte har ved hjælp af edb-programmet RIGS udført samtlige figurer i rapporten.

Docent Peter Laut (DIA) har været behjælpelig med fremskaffelse af data vedrørende raffinaderiernes crackningsforhold.

Sekretærene Jette Larsen og Maria M. Andreasen (SYS, Forskningscenter Risø) har endelig lagt en væsentlig indsats i at renskrive indholdet af delvist ulæselige kladder og i at foretage den nødvendige tekstbehandling.

Måske Robinson Crusoe ikke ønskede at skrive en licentiatrapport, men havde sans for livets sande og mere eksistentielle kvaliteter!

TAKSIGELSER

Robinson Crusoe fik ikke skrevet sin licentiatrapport, fordi han boede på en øde ø og hver dag måtte bekymre sig om fremskaffelse af sin føde. Selvom arbejdet med den foreliggende rapport har haft visse ligheder med tilværelsen som eremit på en fjerntliggende eksotisk ø, er det tvivlsomt, om rapporten havde set dagens lys, hvis mine vilkår havde været lig Robinson Crusoes.

Et stipendium på sammenlagt 3 1/2 år fra Forskningscenter Risø har sikret den nødvendige økonomiske frihed og det daglige brød, og den eksotiske ø har - i modsætning til Robinson Crusoes - været befolket med mennesker, som fulgte og bar. De, der fulgte forløbet af licentiatprojektet med nysgerrighed og interesse, har en vis andel i, at den faglige motivation har kunnet fastholdes på et rimeligt niveau i en sammenhængende periode på 3 år. De, der bar, har ved at øve indflydelse på nærværende rapport en væsentlig del af æren for, at personlige faglige ambitioner er blevet indfriet. Af bærere skal nævnes:

Lektor Jørgen Birk Mortensen og professor Erik Gørtz (Økonomisk Institut ved Københavns Universitet), der - med førstnævnte som hovedvejleder - begge med mellemrum har fået lejlighed til at evaluere og kommentere udkast til afsnit i den samlede rapport.

Cand.polit Ellen Pløger (Privatbanken (tidl. SYS, Forskningscenter Risø)) og cand.oecon Poul Erik Morthorst (SYS, Forskningscenter Risø) har som vejledere "on location" haft en tæt kontakt til forløbet af licentiatprojektet og har bidraget med megen nyttig kritik og inspirerende kommentarer.

Civ.ing. Peter Kirkegaard og mag.scient Ole Lang Rasmussen (RMA, Forskningscenter Risø) har parallelt med opbygningen af LINRAT videreudviklet LP-løsningsprogrammet LINPROG for at kunne tilgodese de specielle krav, som løsningen af en stor LP-model stiller. Endvidere har de udgjort et effektivt beredskab, når LP-tekniske problemer har skullet løses.

Programmør Søren Præstegaard og studentermedhjælp Jesper Schmaltz-Jørgensen (SYS, Forskningscenter Risø) har bidraget med væsentlig assistance. Førstnævnte har udviklet prototyperne til de programmer - report writers - der opstiller modelresultaterne i tabelform, og sidstnævnte har ved hjælp af edb-programmet RIGS udført samtlige figurer i rapporten.

Docent Peter Laut (DIA) har været behjælpelig med fremskaffelse af data vedrørende raffinaderiernes crackningsforhold.

Sekretærerne Jette Larsen og Maria M. Andreasen (SYS, Forskningscenter Risø) har endelig lagt en væsentlig indsats i at renskrive indholdet af delvist ulæselige kladder og i at foretage den nødvendige tekstbehandling.

Måske Robinson Crusoe ikke ønskede at skrive en licentiatrapport, men havde sans for livets sande og mere eksistentielle kvaliteter!

FORORD

Energikrisen i 1973-74, som forårsagedes af OPEC's pludseligt iværksatte handelssanktioner med hensyn til råolieeksporten, kan i væsentlighed karakteriseres ved to forhold. For det første en midlertidig reduktion i tilførslerne af forskellige olieprodukter og for det andet et permanent skift i de relative faktorpriser.

Medens størstedelen af den danske energiforskning siden energikrisen har fokuseret på samfundets muligheder for en tilpasning til de ændrede pris- og forsyningsstrukturer og således især har belyst permanente og strukturelle aspekter, er det hensigten med den foreliggende rapport at analysere det danske samfunds muligheder for at mindske de samfundsøkonomiske konsekvenser af en pludseligt opstået kortvarig forsyningskrise - med primært sigte på importen af olieprodukter.

Analysen skal udkrystallisere en makroøkonomisk energirationeringsmodel for Danmark, der under en olieforsyningskrise er i stand til at allokere knappe energiressourcer på en samfundsøkonomisk optimal måde. Modellen skal derfor på samme tid være en optimeringsmodel og en planlægningsmodel. I den sidstnævnte egenskab skal modellen indeholde styringsinstrumenter, som under en forsyningskrise kan bringes i anvendelse med det formål at formindske skadevirkningerne på samfundsøkonomien.

Ovenstående er rammerne udstukket for studierne i den foreliggende rapport. I det følgende forsøges disse rammer udfyldt.

1. INDLEDNING

De to seneste tiår har fremmet erkendelsen af, at energi i egen- skab af produktionsfaktor og forbrugsvare er centralt placeret i en industrialiseret samfundsøkonomi, hvor praktisk taget al produktionsaktivitet og forbrugsaktivitet forudsætter anvendelse af energi i en eller anden form. I begyndelsen af 1970'erne blev energi - og råstoffer/ressourcer generelt - koblet til øko- nomisk vækst og befolkningstilvækst, og hovedsynspunktet var, at den økonomiske vækst i specielt de industrialiserede lande på længere sigt ville blive begrænset af råstofferne udtømme- lighed. Oliekrisen i 1973/74 demonstrerede, hvor sårbar en sam- fundsøkonomi var overfor et pludseligt opstået svigt i olie- tilførslerne, og hvor begrænsede de kortsigtede tilpasnings- muligheder var.

Selvforsyning, flerstrengethed og energibesparelser har været nøgleord i den danske energiplanlægning og i mange forsknings- projekter på energiområdet siden oliekrisen. Selvforsyningen har drejet sig om en formindskelse af afhængigheden af impor- teret energi og har udmøntet sig i opbygningen af off-shore aktiviteter til et (p.t.) betydeligt niveau. Flerstrengethe- den har drejet sig om risikospredning og forsyningssikkerhed og har i praksis betydet en spredning af energitilgangen dels på geografiske områder og dels på energityper. Energibesparel- ser har drejet sig om energieffektivisering og har resulteret i et formindsket spild af energi i forskellige anvendelser.

Ovenstående nøgleord optræder i et langtsigtet perspektiv, hvor samfundets muligheder for en tilpasning til de ændrede pris- og forsyningsstrukturer med hensyn til energivarer analyseres. Formålet med nærværende rapport er derimod at analysere mulig- hederne for en kortsigtet tilpasning til et pludseligt opstået forsyningssvigt på importen af olieprodukter. Tilpasningen skal inden for givne strukturelle begrænsninger tilstræbe at midler- tidigt knappe energiressourcer udnyttes på en samfundsøkonomisk optimal måde, således at allokeringen af energi - og specielt

olieprodukter - i højere grad tilgodeser samfundsøkonomiske end privatøkonomiske hensyn.

1.1. Disposition

I afsnit 1.2 forsøges nærværende projekt placeret i en etableret økonomisk, teoretisk referenceramme. Olieforsyningssvigtet opfattes som en midlertidig uligevægt på et af varemarkederne i samfundsøkonomien, på hvilket balancen mellem udbud og efterspørgsel forstyrres. En kvantitativ rationering af den formindskede oliemængde fremhæves som en allokeringsmetode, der i modsætning til en fri prisdannelse, rummer muligheder for at tilgodese fordelingshensyn og for at eliminere de tilpasningsomkostninger, som trægheder i prisdannelsen forårsager.

I kap. 2 fastlægges et metodisk udgangspunkt for opbygningen af en numerisk energirationeringsmodel. Maximeringen af en samfundsøkonomisk velfærdsfunktion under givne restriktioner er en generel formulering af et planlægningsproblem. Planlægningsproblemet operationaliseres ved i en simpel input-output model at introducere kapacitetsrestriktioner på arbejdskraft og energi, hvilket giver mulighed for at anvende lineær programmering til løsning af planlægningsproblemet.

I kap. 3 foretages en trinvis opbygning af en lineær energirationeringsmodel, hvor de til hvert trin knyttede problemer diskuteres. Udgangspunkt tages i en simpel lukket input-output model. Modellen åbnes ved at indbygge en importfunktion, og udseendet af denne diskuteres indgående. En disaggregering af de endelige anvendelser foretages, og det diskuteres, hvorledes beslutningstagerens præferencer kan inkorporeres i modellen.

I kap. 4 præsenteres LINRAT - en energirationeringsmodel for Danmark. Indledningsvis opstilles samtlige modellens relationer. Dernæst gives en grundig beskrivelse af de fire moduler i modellen: input-output, raffinaderi, substitutions- og rationeringsmodulet. Efter at have foretaget en klassifikation af

LINRAT's relationer afsluttes kapitlet med en gennemgang af de styringsinstrumenter, som modellen har indbygget.

I kap. 5 beskrives det datagrundlag og de datakilder, der udgør LINRAT's empiriske fundament. Input-output tabeller og energimatricer fra Danmarks Statistik udgør de væsentligste datakilder. Ved hjælp af disse og specifikke aggregeringsnøgler er hovedparten af modellens exogene variable blevet estimeret.

I kap. 6 præsenteres modelkørsler. Som udgangspunkt opstilles scenariet: den uforstyrrede økonomi, i hvilket olietilførslerne til den danske økonomi er normale. Konsekvenserne at et 20% forsyningssvigt på importen af olieprodukter illustreres i krisereferencescenariet, hvor et realistisk mix af styringsinstrumenter bringes i anvendelse. Partielle analyser udføres derefter for de enkelte styringsinstrumenter for at afsløre deres isolerede effekt. I disse analyser fokuseres primært på aggregerede makroøkonomiske nøgletal og skyggeværdier. Sidstnævnte er indikatorer for flaskehalse i systemet.

I kap. 7 formuleres en samlet kritik af LINRAT. Den generelle linearitetsantagelse diskuteres. Væsentligst fremstår kritikken af modellens datagrundlag - herunder specielt problemerne med at konstruere et konsistent datagrundlag for raffinaderimodulet.

I kap. 8 afrundes rapporten med en vurdering af, hvorledes modellens styringsinstrumenter transformeres til praktiske planlægnings tiltag. Den administrative gennemførlighed af de i kap. 6 analyserede krisetiltag diskuteres.

1.2. Et uligevægtsteoretisk udgangspunkt

I nærværende afsnit forsøges en energiforsyningskrise/et energiforsyningssvigt placeret indenfor rammerne af den etablerede økonomiske teori, og en afgrænsning af det foreliggende projekt i forhold til den økonomiske teori foretages. Endvidere

fremhæves de usikkerhedsfaktorer, der knytter sig til et forsyningssvigt, og de forudsætninger vedrørende usikkerhed, som det har været nødvendigt at opstille for at gøre energirationeringsmodellen deterministisk.

Årsagen til det energi-/olieforsyningssvigt, som er udgangspunktet for studierne i nærværende rapport, forsøges ikke belyst eller relateret til en institutionel virkelighed. Forsyningssvigtet rammes importen af olie, men det er i denne rapport ikke interessant, hvor international krisen er, eller hvor den har sit geografiske udgangspunkt.

I et forsøg på at placere forsyningssvigtet indenfor rammerne af den økonomiske teori kan blikket rettes mod ligevægts/uligevægtsteorien, i hvilken prisdannelsen på et varemarked analyseres. I overensstemmelse med terminologien inden for denne teori kan en forsyningskrise abstrakt defineres som en hurtig og kraftig udbudsændring, der bringer et marked ud af ligevægt. Ligevægtstilstanden er karakteriseret ved en balance mellem udbud og efterspørgsel på markedet, hvor prisens funktion er at etablere denne balance. I fig. 1-1 er ligevægtstilstanden illustreret af "det klassiske kryds".

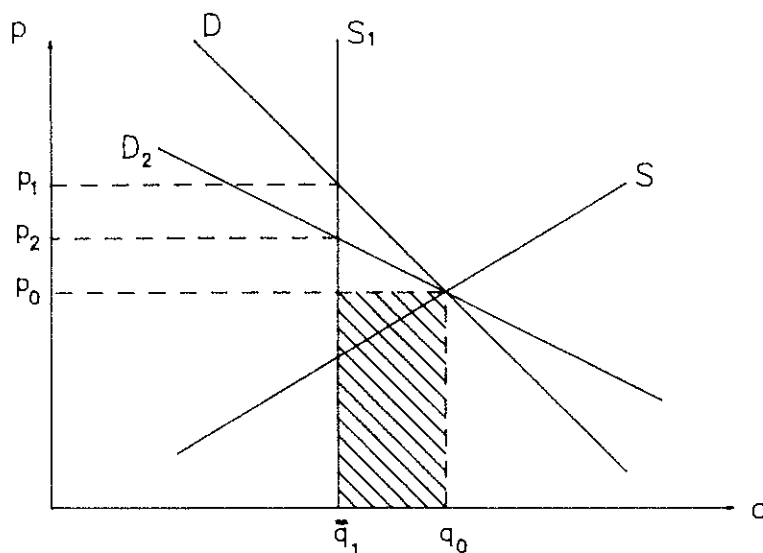


Fig. 1-1. Ligevægt og uligevægt på oliemarkedet.

Idet p symboliserer prisen på olie, og q symboliserer den efterspurgte (D) henholdsvis udbudte (S) mængde benzin¹⁾, optræder ligevægt på oliemarkedet for de sammenhørende værdier p_0 og q_0 . Denne ligevægt karakteriserer den uforstyrrede situation.

Et pludseligt og uvarslet olieforsyningssvigt på $(q_0 - \bar{q}_1)$ bringer oliemarkedet ud af ligevægt. Den udbudte oliemængde er i forhold til den uforstyrrede situation kraftigt reduceret og fuldstændig prisufølsom, dvs. olieudbudskurven er helt uelastisk overfor olieprisen (jvf. S_1). Det centrale spørgsmål er nu, hvorledes oliemarkedet skal tilpasses den ændrede udbudsbetingelse under hensyntagen til, at denne kun er kortvarig? Varigheden er dog tilstrækkelig til, at den opståede uligevægt har mulighed for at konvergere mod en ny ligevægt uden offentlig indgriben i prisdannelsen. Spørgsmålet er dog, om samfundsøkonomiske og fordelingsmæssige hensyn kan tilgodeses via en offentlig - og dermed exogen - kontrol over de markedsvilkår, som eksisterer under olieforsyningssvigtet.

Dette spørgsmål belyses i det efterfølgende, hvor tre principielt forskellige allokeringsmekanismer analyseres og sammenlignes: pristilpasning, priskontrol og mængderationering²⁾. Førstnævnte repræsenterer den uregulerede og alene af markedet bestemte allokering af olietilgangen, medens de to sidstnævnte er baseret på forskellige former for offentlig indgriben i - og kontrol over - markedsvilkårene.

1.2.1. Pristilpasning

I fravær af offentlig indgriben i vilkårene på oliemarkedet vil en ny ligevægt efter en vis tilpasningsperiode etablere sig på oliemarkedet, i hvilken det reducerede olieudbud \bar{q}_1 handles til den højere pris p_1 , jvf. fig. 1-1, hvor ligevægts-tilstanden (q_0, p_0) i den uforstyrrede situation afløses af

1) I fig. 1-1 omfatter den udbudte oliemængde (q) såvel import som indenlandsk produktion.

2) Jvf. HESSELBORN, P.O. (1979) og HESSELBORN, P.O. (1982).

en ny ligevægtstilstand (\bar{q}_1, p_1) under forsyningskrisen. Den forhøjede oliepris er i den simple statiske model i fig. 1-1 dén mekanisme, der allokere den formindskede oliemængde i økonomien og sikrer at balancen mellem udbud og efterspørgsel opretholdes. Størrelsen af olieprisstigningen i fig. 1-1 afhænger af to forhold: olieforsyningssvigtets størrelse og efterspørgselens priselasticitet.

Olieforsyningssvigtets størrelse rummer nuancer, som ikke optræder i fig. 1-1, hvor forsyningssvigtet blot summarisk er illustreret som en given reduktion af den samlede olietilgang til markedet. I en realistisk sammenhæng består olietilgangen imidlertid af tre komponenter: import, indenlandsk produktion og lagertræk. Rammes importen af et forsyningssvigt, der er fuldstændigt prisuelastisk, rummer de to øvrige komponenter en elasticitet, som ikke er vist i fig. 1-1. Den indenlandske olieproduktion kan hæves til kapacitetsgrænsen, hvis denne ikke allerede i den uforstyrrede situation er bindende. Træk fra eksisterende olielagre kan i større eller mindre omfang kompensere nedgangen i olieimporten - dog kun på kort sigt.

Betragtes lagertræk i et dynamisk perspektiv, kunne en lagerstrategi f.eks. være at trække kraftigt på lagrene i begyndelsen af forsyningskrisen, hvor økonomien er uforberedt og sårbar, for efterfølgende at mindske lagertrækkene i takt med at økonomien tilpasser sig de ændrede forsyningsvilkår.

Efterspørgselens priselasticitet påvirker prisdannelsen fra efterspørgselssiden. Jo mindre priselastisk olieefterspørgselen er, jo større bliver prisstigningen under forsyningskrisen - alt andet lige. I fig. 1-1 er dette illustreret ved hjælp af to efterspørgselskurver (D og D_2) med forskellig hældning.

En kombination af et stort olieforsyningssvigt og en meget uelastisk efterspørgsel vil resultere i voldsomme olieprisstigninger, mens små prisstigninger vil blive resultatet af den omvendte situation.

Figur 1-1 giver indtryk af, at ligevægten i den uforstyrrede tilstand (q_0, p_0) umiddelbart afløses af en ny ligevægtstilstand (\bar{q}_1, p_1) , med andre ord at olieprisen tilpasser sig øjeblikkeligt til det opståede forsyningssvigt, hvis det offentlige ikke griber ind i prisdannelsen. En sådan statisk fremstilling af pristilpasningen er urealistisk. Mere realistisk - men vanskeligere at illustrere - er det, at olieforstyrrelsen bringer markedet ud af ligevægt og ind i en tilpasningsperiode karakteriseret af uligevægt, inden en ny ligevægtstilstand etableres på markedet. Denne dynamik mangler den simple statiske ligevægtsmodel.

Tilpasningsperiodens varighed bestemmes bl.a. af markedsformen - eller rettere af organiseringen af markedets udbudsside¹⁾. Forestås det samlede udbud alene af en monopolist, vil denne være mere tilbøjelig til at introducere prisstigninger end en oligopolist, der i sine priskalkulationer inkluderer hensynet til opnået markedsandel. Usikkerheden med hensyn til længden af forsyningssvigtet vil sandsynligvis i en indledende fase af forsyningssvigtet afholde monopolisten fra at forhøje olieprisen for på længere sigt at modvirke et permanent skift i forbrugernes efterspørgsel over mod nære substitutter. Som krisen varer ved, vil olieprisen successivt blive forhøjet og konvergere mod en ny ligevægtspris. Manglende eller ufuldstændig - information om forbrugernes efterspørgselselasticitet betyder, at prisen stepvis vil tilpasse sig den ny ligevægtspris.

Incitamentet for en oligopolist til at hæve olieprisen under et forsyningssvigt er mindre end for monopolisten, fordi oligopolisten udover risikoen for at miste kunder til eksterne markeder konfronteres med risikoen for at miste markedsandel til konkurrenterne på oliemarkedet. Sidstnævnte risiko er inkorporeret som en stivhed i olieprisen på kort sigt. På længere sigt vil klemte profitter motivere prisstigninger - specielt prisstigninger, der er generelle, dvs. omfatter samtlige oligopolister på markedet, således at en priskrig undgås. Eksisterer der institutionelle hindringer mod, at oligopolisterne på olie-

1) Jvf. JOHANNESSON, M. (1979), s. 6-11.

markedet via karteldannelse agerer som én monopolist¹⁾, vil den aktuelle oligopolist have en interesse i, at det offentlige intervenserer markedet og dikterer en højere generel pris. Afholder det offentlige sig fra priskontrol vil et oligopolitisk oliemarked sandsynligvis i lang tid befinde sig i en uligevægtsituation, inden en ny ligevægt etableres.

Uanset markedsform vil der forløbe en vis tilpasningsperiode mellem to ligevægtstilstande på oliemarkedet, hvor markedet er i uligevægt. I uligevægtssituationen er ressourceallokeringen inefficent, fordi den giver anledning til revision af købs- og salgsplaner (jvf. f.eks. fig. 1-2). Til den i uligevægtssituationen gældende pris vil der ikke være overensstemmelse mellem på den ene side udbudsønsker og realiseret salg og på den anden side efterspørgselsønsker og realiseret køb - for producent respektivt forbruger. Disse uoverensstemmelser betyder, at uligevægtssituationen er ustabil, men på langt sigt muligvis vil konvergere mod en ny ligevægtssituation, hvor ressourceallokeringen er efficient.

Et problem i forbindelse med et forsyningssvigt er - som ovenfor beskrevet - den inefficente ressourceallokering på oliemarkedet under tilpasningsperioden. Et andet problem er den omfordeling, som forsyningssvigtet initierer dels af selve olieproduktet og dels af realindkomster, og som kan resultere i, at den nye ligevægtstilstand på oliemarkedet - trods efficiens - er fordelingspolitisk og/eller samfundsøkonomisk uacceptabel. I det følgende belyses nogle fordelingsmæssige konsekvenser af olieforsyningssvigtet, når markedet (prisen) får lov til frit at tilpasse sig den nye udbudsbetingelse, medens afsnit 1.2.3 beskæftiger sig med energirationering som et of-

1) Det danske oliemarked er karakteriseret ved oligopolisme, idet få store olieselskaber tilsammen behersker udbudssiden. For at forhindre at oligopolisterne gennem karteldannelse eller uofficielle prisaftaler tiltvinger sig en monopolistisk adfærd, kontrollerer det offentlige via Monopoltilsynet vilkårene for prisfastsættelsen på oliemarkedet.

fentligt styringsinstrument, der som udgangspunkt forkaster den frie pristilpasning og alternativt forfølger explicitte fordelingspolitiske og samfundsøkonomiske mål.

Sammenlignet med den uforstyrrede ligevægt på oliemarkedet betyder den nye ligevægt - ceteris paribus - at realindkomsterne direkte forringes for olieforbrugerne, medens ikke-olieforbrugerne i første omgang ikke oplever realindkomstforringelser. Spill-over effekter fra oliemarkedet til markeder for substitutter kan dog, som det vises i det efterfølgende, betyde at sidstnævnte gruppes realindkomster indirekte forringes.

Nedenstående fig. 1-2 er en illustration på mikroplan af den enkelte olieforbrugers realindkomst- eller velfærdsforringelse i forbindelse med den højere oliepris¹⁾.

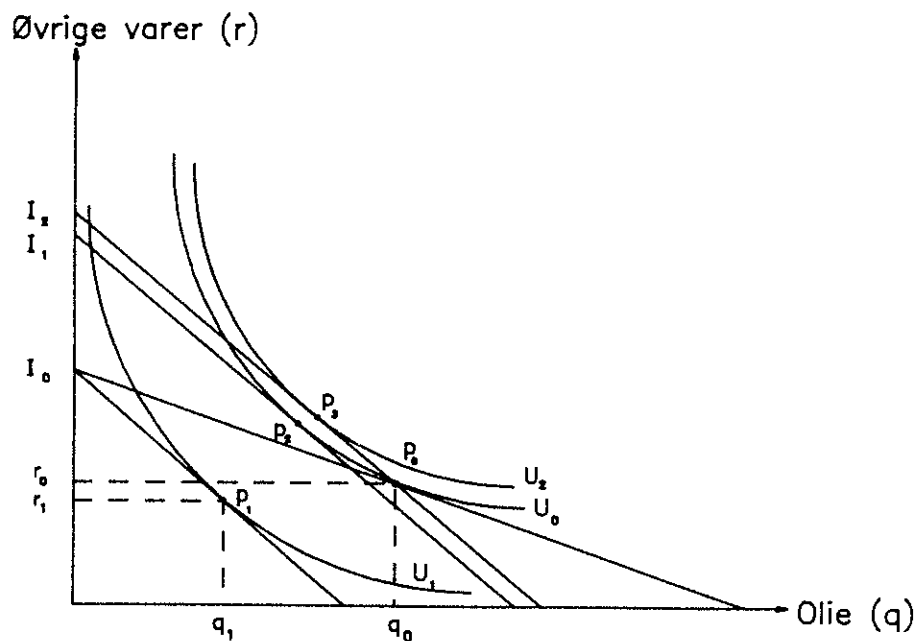


Fig. 1-2. Realindkomsteffekten af en højere oliepris.

Figuren viser olieforbrugers indifferenskort med hensyn til forbrug af olie (q) og øvrige varer (r). I den uforstyrrede ligevægtstilstand vælger forbrugeren kombinationen (q_0, r_0)

1) Der sondres ikke i nærværende sammenhæng mellem en ændring i realindkomsten og en velfærdsændring. Begge ændringer antages at kunne kvantificeres som en ændring af den enkelte forbrugers samlede forbrugsmuligheder.

af olie henholdsvis øvrige varer som sit forbrugsoptimum, det vil sige den varekombination, der indenfor den givne nominelle budgetrestriktion I_0 bringer ham op på den højeste indifferenskurve. I den nye ligevægtstilstand med den højere oliepris vælger forbrugeren kombinationen (q_1, r_1) som sit nye forbrugsoptimum. På grund af det ændrede bytteforhold mellem olie og øvrige varer ændres også - alt andet lige - den reale budgetrestriktion, således at forbrugeren, trods uændret nominal indkomst I_0 , oplever såvel et formindsket olieforbrug som et formindsket forbrug af øvrige varer, med andre ord det mindre olieforbrug beslaglægger i den nye tilstand en større andel af indkomsten, hvorved forbruget af øvrige varer nødvendigvis må reduceres. Ovenstående betragtninger forudsætter implicit priselasticiteter mellem 0 og 1. I den efterfølgende fig. 1-3 fokuseres explicit på priselasticitetens indflydelse på realindkomsteffekten.

Et mål for den realindkomstforringelse, som den højere oliepris påfører forbrugeren, er den kompensation - målt i nominal indkomst - som gør det muligt for forbrugeren at opnå en varekombination (P_2) , der opleves som lige så tilfredsstillende som kombinationen (P_0) i den uforstyrrede tilstand. Denne kompensation udgøres i fig. 1-2 af differencen $I_1 - I_0$ ¹⁾. Kompensationen er dog ikke tilstrækkelig til, at forbrugeren kan opnå den samme varekombination (q_0, r_0) som i den uforstyrrede ligevægtstilstand. Denne nødvendiggør en kompensation, der er større end $I_1 - I_0$, (jvf. I_2 på fig. 1-2). Forbrugeren ville dog ved den større kompensation vælge en anden varekombination end (q_0, r_0) - beliggende på en højere indifferenskurve (jvf. punktet P_3 på indifferenskurven U_2).

Realindkomsteffekten af en olieprisstigning er ovenstående blevet illustreret ved hjælp af den enkelte forbrugers indferenskort. Effekten kan også illustreres med udgangspunkt i for-

1) Den nominelle indkomst I_1 bestemmes som skæringspunktet mellem y-aksen (øvrige varer) og den til tangens med indferenskurven U_0 parallelforskudte nye, reale budgetrestriktion.

brugerens kompenserede efterspørgselskurve, hvilken fastlægger forbrugerens olieefterspørgsel, når ovennævnte indkomstkompensation ($I_1 - I_0$) ydes for den højere oliepris. I fig. 1-3 er indtegnet de kompenserede efterspørgselskurver for to forbrugere: A og B, hvilke efterspørger den samme oliemængde i den uforstyrrede tilstand, men på grund af forskellige priselasticiteter efterspørger forskellige oliemængder i den nye ligevægtstilstand.

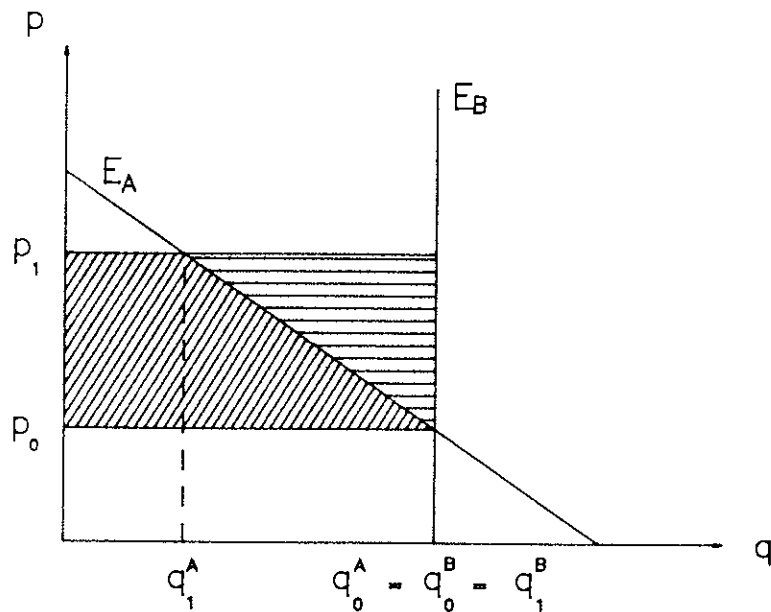


Fig. 1-3. Priselasticitetens indflydelse på realindkomsteffekten.

I den uforstyrrede ligevægt er olieprisen p_0 og A og B's olieforbrug det samme ($q_0^A = q_0^B$). Ved den nye ligevægtspris p_1 opretholder B, på grund af sin fuldstændigt prisuelastiske efterspørgsel, sit olieforbrug på et uændret niveau, medens A reducerer forbruget til q_1^A . Det skraverede areal repræsenterer reduktionen i realindkomst - eller velfærd - for forbruger A, mens B's reduktion yderligere inkluderer arealet af den linie-rede trekant.

Figur 1-3 illustrerer, at olieforbrugere på grund af forskelle i priselasticitet kan rammes forskelligt af et olieforsynings-svigt, trods samme olieforbrug i den uforstyrrede ligevægts-tilstand. Tekniske substitutionsmuligheder kan skjule sig bag forskelle i priselasticitet. Hvis fig. 1-3 specielt relateres til benzinmarkedet, kan forbruger A personificeres af en bybo med let adgang til at substituere privat biltransport med kollektiv transport under et olieforsyningsssvigt, hvorimod forbruger B kan være en landbo, hvis eneste transportmulighed er privat biltransport. Forskelle i priselasticitet kan også vedrøre transportformålet. Hvis E_A antages at fastlægge efterspørgselen efter fritidstransport og E_B efterspørgselen efter arbejdsstransport, kan fig. 1-3 anvendes til illustration af, at den enkelte forbrugers benzin/olie-efterspørgsel kan op-splittes i komponenter, der er mere eller mindre priselastiske.

Ovennævnte substitutionsmuligheder introducerer spill-over effekter i problemkredsen omkring et olieforsyningsssvigt. Hidtil er der blevet fokuseret alene på oliemarkedet og de effi-ciensproblemer og fordelingsmæssige effekter, som et forsyningssvigt fremkalder. Det er imidlertid realistisk at fore-stille sig, at også andre markeder i økonomien vil blive på-virket af olieforsyningsssvigtet, især tilgrænsende markeder for komplementære varer henholdsvis substitutter, således at førstnævnte udsættes for en faldende efterspørgsel og dermed faldende priser, medens sidstnævnte modsat oplever stigende ef-terspørgsel og priser. Betragtes olie som et input ved produk-tion af andre varer, vil spill-over effekter specielt ramme va-rer, som fremstilles i produktionsprocesser uden substitu-tionsmuligheder. Spill-over effekter betyder, at store dele af sam-fundsøkonomien kan blive påvirket af et forsyningsssvigt, der relaterer sig til ét specifikt marked, samt at også ikke-olie-forbrugere vil kunne opleve realindkomstfald på grund af pris-stigninger på tilgrænsende markeder.

Markedet for kollektiv transport kan anvendes til at eksempli-ficere en spill-over effekt. Den forhøjede oliepris resulterer i et fald i den samlede efterspørgsel efter privat biltransport

(benzin). Dette fald vil delvis blive kompenseret af en øget efterspørgsel efter kollektiv transport, hvilken i nedenstående fig. 1-4 er illustreret som en parallelforskydning af efterspørgselskurven fra E_0 (den uforstyrrede tilstand) til E_1 .

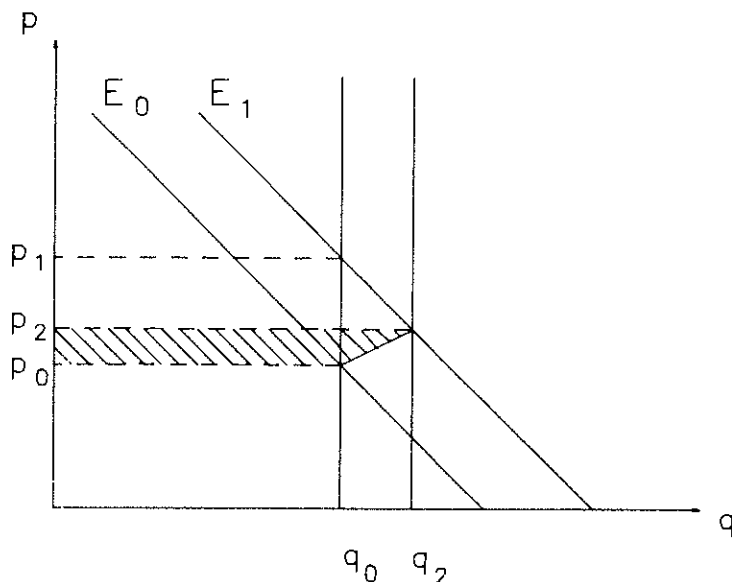


Fig. 1-4. Spill-over effekt på markedet for kollektiv transport.

I fravær af olieforsyningssvigtet determineres prisen på kollektiv transport af efterspørgselen E_0 og en teknisk kapacitetsgrænse q_0 . Er denne kapacitetsgrænse på kort sigt given, vil det pludselige efterspørgselsskift fra E_0 til E_1 bevirke, at en ny markedsligevægt etableres ved prisen p_1 og den givne mængde q_0 . Er det muligt på kort sigt at udvide kapacitetsgrænsen, vil prisstigningen blive formindsket - jvf. punktet (q_2, p_2) . Som illustreret i fig. 1-3 vil konsekvensen af en prisstigning på kollektiv transport være en realindkomst-/velfærdsforringelse for forbrugerne af kollektiv transport. I situationen med fleksibel kapacitetsgrænse repræsenterer det skraverede areal på fig. 1-4 realindkomstforringelsen for samtliche forbrugere af kollektiv transport.

Pristilpasningen i fig. 1-4 reflekterer en prisdannelse uden pålagte restriktioner fra det offentliges side. Er markedet for kollektiv transport imidlertid underlagt offentlig priskontrol, således at prisen - trods efterspørgselsskiftet - fixeres til p_0 , vil den utilfredsstillende overefterspørgsel udmønte sig i køer og ventetider. Disse uformelle rationeringsmekanismer kan resultere i en spill-over effekt tilbage til oliemarkedet, således at efterspørgselen stiger efter olie og dermed presser olieprisen yderligere i vejret.

Dette afsnit har beskæftiget sig med prisdannelsen på oliemarkedet, når det offentlige afstår fra at påvirke markedsvilkårene, og speciel interesse er blevet knyttet til dels de efficiensproblemer, som tilpasningen til en ny markedsligevægt skaber, og dels de fordelingsmæssige implikationer af en ny ligevægt med en højere oliepris. De følgende to afsnit beskæftiger sig med forskellige former for offentlig indgriben i prisdannelsen på oliemarkedet.

1.2.2. Priskontrol

Ud fra fordelingspolitiske overvejelser og eventuelt ønsket om et prisstabilt oliemarked kan det offentlige¹⁾ under et olieforstyrrelsesvigt vælge at suspendere den markedsbestemte pristilpasning og i stedet fastlåse olieprisen på niveauet i den uforstyrrede situation, jvf. p_0 i fig. 1-1. Denne priskontrol hindrer, at de indenlandske olieproducenter opnår ekstraordinære høje fortjenester på grund af en meget uelastisk efterspørgsel. Forudsættes konstante omkostninger bliver effekten af priskontrollen tværtimod mindskede fortjenester, fordi omsætningen reduceres med $p_0 \cdot (q_0 - \bar{q}_1)$ (jvf. det skraverede areal i fig. 1-1).

1) I nærværende rapport anvendes udtrykket "det offentlige" som benævnelse for den/de beslutningstager(e), der har kompetance til under en olieforstyrrelseskrise at anvende politisk, administrative styringsinstrumenter til bl.a. at påvirke markedsvilkår.

Ud fra forbrugerens synspunkt er en fastlåst og kendt oliepris alt andet lige at foretrække frem for den markedsbestemte pris-tilpasning. Alt andet er dog ikke lige, fordi efterspørgselen ved den fastlåste oliepris er større end udbudet, således at oliemarkedet er karakteriseret ved en utilfredsstillet efterspørgsel ($q_0 - \bar{q}_1$). Denne overefterspørgsel peger på, at den kontrollerede pris alene er utilstrækkelig som allokeringmekanisme, og derfor må understøttes af en rationeringsmekanisme, der fordeler den knappe oliemængde mellem de enkelte forbrugere. I det efterfølgende afsnit belyses de formelle rationeringsmekanismer, som kan iværksættes af det offentlige på baggrund af explicitte fordelingsmål, medens nærværende afsnit fokuserer på de uformelle rationeringsmekanismer, som opstår på oliemarkedet, når det offentlige vælger at kontrollere prisen, men ellers afstår fra at forsøge at styre fordelingen af olien.

Køberkollektivet vil under priskontrol samlet opleve en utilfredsstillet efterspørgsel, men hvorledes denne vil fordele sig på de enkelte forbrugere er vanskeligt at forudsige. Et stort element af tilfældighed afgør formentlig, om den enkelte forbruger enten fuldt ud får eller slet ikke får tilfredsstillet sin efterspørgsel. Købstidspunkt og købssted vil i høj grad være afgørende for, om forbrugeren kommer til at tilhøre den førstnævnte eller sidstnævnte kategori. Hvis princippet med hensyn til købstidspunkt er "først til mølle" vil køer være en af de uformelle rationeringsmekanismer, der vil etablere sig på oliemarkedet, fordi forbrugerne vil være villige til at udfylde det gap, der er opstået på oliemarkedet mellem den kontrollerede pris og ligevægtsprisen, med et velfærdstab i form af ventetid for at opnå den knappe vare. Den enkelte forbrugers efterspørgselselasticitet afgør, hvor lang ventetid denne er villig til at ofre for at få sin efterspørgsel dækket. Det nævnte prisgap - jvf. forskellen mellem p_0 og p_1 på fig. 1-1 - udgør et incitament for den enkelte forbruger til også at påtage sig søgeomkostninger¹⁾ for at få sin efterspørgsel dækket.

1) Disse søgeomkostninger kan f.eks. vedrøre øgede transportudgifter i forbindelse med opsøgning af sælgere, der stadig er i stand til at tilfredsstille en efterspørgsel.

Nedenstående fig. 1-5 illustrerer den fordelingsmæssige baggrund for, at en offentlig priskontrol, der ikke koordineres med en formel rationeringsmekanisme, vil danne grobund for et sort marked, hvor en fri prisdannelse vil finde sted (jvf. JOHANNES-SON, M. (1979), s. 18).

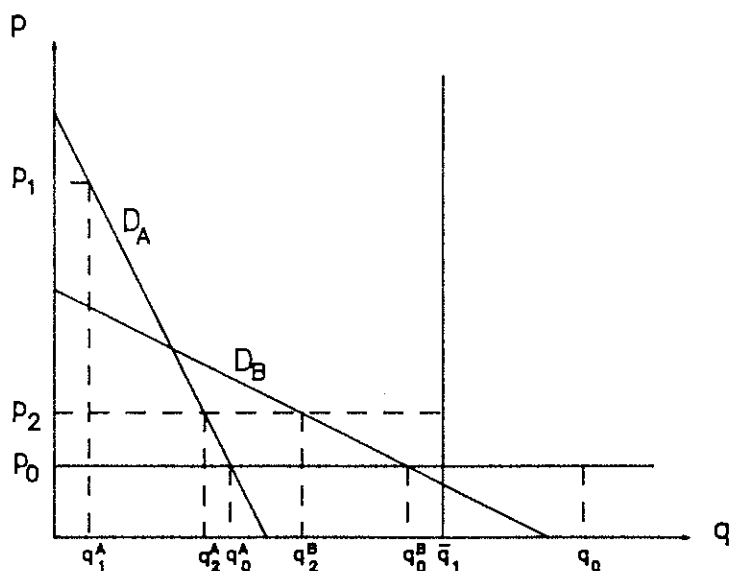


Fig. 1-5 Fordelingsmæssige konsekvenser af priskontrol.

I ovenstående figur antages den samlede efterspørgsel på oliemarkedet at hidrøre fra to forbrugere: A og B. I den uforstyrrede ligevægtstilstand er der overensstemmelse mellem de to forbrugeres efterspørgsel og deres faktiske køb. Til ligevægtsprisen p_0 efterspørger de to forbrugere henholdsvis q_0^A og q_0^B på oliemarkedet ($q_0^A + q_0^B = q_0$).

Et forsyningssvigt bevirker, at udbudet på oliemarkedet pludseligt reduceres fra q_0 til \bar{q}_1 . Hvis forbrugeren B "kommer først til mølle" - eventuelt er villig til at bruge den største ventetid i en kø - kan han få tilgodeset sin normale efterspørgsel q_0^B , medens forbruger A kun kan købe q_1^A og dermed alene opleve en utilfredsstillet efterspørgsel. Begge forbrugere betaler på grund af priskontrollen fortsat prisen p_0 for olien, men A vil være villig til at betale mere for at blive i stand

til at udvide sit olieforbrug. For en marginal udvidelse af forbruget vil A være villig til at betale maximalt prisen p_1 . Forbruger B vil på den anden side være villig til at afstå fra forbrug af en marginal enhed olie, hvis A vil betale en pris der er højere end p_0 . Forudsætningerne er dermed tilstede for en omfordeling af olien, idet begge forbrugere vil kunne blive bedre stillet af en alternativ fordeling af olien. Incitamentet til omfordeling elimineres først, når begge forbrugere har samme marginale vurdering af en udvidelse af olieforbruget, jvf. prisen p_2 og de dertil svarende efterspurgte mængder q_2^A og q_2^B ($q_2^A + q_2^B = \bar{q}_1$). Under de sidstnævnte vilkår er den etablerede fordeling af den knappe oliemængde Pareto-optimal.

Eksemplet i fig. 1-5 viser, at den offentlige priskontrol med hensyn til oliemarkedet kan resultere i en fordeling, som i økonomisk, teoretisk forstand er inoptimal. I fravær af formelle rationeringsmekanismer vil uformelle mekanismer sandsynligvis opstå. Ventetid, i forbindelse med køer, for at opnå den efterspurgte oliemængde er én rationeringsmekanisme. En anden er et uofficielt sort marked, hvor olie handles parallelt med det officielle marked, men hvor prisdannelsen ikke er underkastet offentlige restriktioner. Dette ekstra handelsled lægger beslag på nogle transaktionsomkostninger, som kunne undgås, hvis en mere hensigtsmæssig allokeringmekanisme blev etableret.

Fremkomsten af et uofficielt sort marked rummer et incitament til hamstring, idet gensalg af olie til den højere ligevægtspris på det sorte marked vil være lønsom. Effekten vil være, at fordelingen af olien på det officielle og kontrollerede marked bliver mere skæv - sammenlignet med den uforstyrrede ligevægt - end det fremgår af fig. 1-5, idet visse forbrugere vil forøge deres efterspørgsel under olieforsyningssvigtet for udover at dække deres eget umiddelbare forbrug at kunne opnå fortjenester gennem videresalg af den overefterspurgte olie på det sorte marked.

Samme efficiens- og fordelingsproblemer, som i dette afsnit er blevet koblet til det priskontrollerede oliemarked, karakteri-

serer også den i det foregående afsnit beskrevne tilpasningsperiode, hvor oliemarkedet befinder sig i en uligevægtstilstand. I tilpasningsperioden kan olieprisen befinde sig såvel over som under ligevægtsniveau og endda være ikke éntydig, dvs. variere mellem sælgere på samme tidspunkt.

I det efterfølgende afsnit udvides det offentliges kontrol med oliemarkedet til - udover priskontrol under forsyningssvigtet - også at omfatte formelle rationeringsmekanismer til allokering af den reducerede oliemængde i overensstemmelse med explicitte fordelingsmål.

1.2.3. Rationering

Rationering er en tredje allokeringmekanisme, der kan iværksættes under et olieforsyningssvigt. Pristilpasningen lod alene markedskræfterne determinere en ny ligevægtspris, ved hvilken den reducerede oliemængde blev allokeret (jvf. p_1 i fig. 1-1). Priskontrollen repræsenterede en offentlig indgriben i markedsvilkårene, hvor olieprisen under forsyningssvigtet blev fastlåst på samme niveau som i den uforstyrrede ligevægt (jvf. p_0 i fig. 1-1). Rationering forudsætter priskontrol, men udvider denne til også at omfatte en explicit mængde-allokering af den knappe (overefterspurgte) olie.

Foregående afsnit viste, hvorledes uformelle rationeringsmekanismer ville etablere sig på et marked, hvor prisen fastlåses under ligevægtsniveau af en priskontrol, der ikke ledsages af formelle kvantitative rationeringstiltag. Køer, ventetid, hamstring og et uofficielt sort marked er implikationer af en priskontrol, der involverer både transaktionsomkostninger og velfærdstab. Nogle af disse kan elimineres - eller reduceres - hvis det offentlige kombinerer priskontrollen med en formel rationering.

De fordelingsmæssige konsekvenser af et olieforsyningssvigt (jvf. fremstillingen i 1.2.1) kan af beslutningstagerne anses for at være så uacceptable ved en pristilpasning, at disse a-

lene motiverer offentlig indgriben på oliemarkedet. I stedet for at lade "the invisible hand" foretage allokeringen af den pludseligt formindskede olietilgang, således at betalingsvilighed bliver det grundlæggende fordelingskriterium, kan det offentlige vælge at suspendere prismekanismen og indføre priskontrol og kvantitativ rationering for at forfølge explicitte fordelingspolitiske og også bredere samfundsøkonomiske målsætninger. Uanset hvilken allokeringmekanisme, der bringes i anvendelse under olieforsyningssvigtet, vil det samlede forbrug af olie være det samme - blot vil fordelingen variere¹⁾.

Fordelingspolitisk interessante grupperinger kan være: sælgere/forbrugere, olieforbrugere/ikke-olieforbrugere og lav-indkomst familier/høj-indkomst familier. Afhængigt af olieefterspørgselsens priselasticitet og forsyningssvigtets størrelse vil forsyningssvigtet give anledning til en omfordeling af realindkomster fra forbrugerne til de indenlandske olieproducenter, hvis en pristilpasning får lov til at finde sted. Denne begunstiggelse af olieselskaberne kan være politisk uacceptabel og motivere priskontrol. Selv om ikke-olieforbrugerne kan blive ramt af spill-over effekter (jvf. fig. 1-4) er det åbenlyst, at olieforbrugerne vil imødesee de største realindkomstforringelser. Antages den samme forbrugskvote med hensyn til olie for lav-indkomst og høj-indkomst familier vil den direkte relative realindkomstforringelse være ens for de to familietyper, men et eksistensminimum kan blive en trussel for lav-indkomst familierne²⁾.

1) Der ses bort fra muligheden for at trække på eksisterende olielagre og derigennem påvirke tilgangen af olie til markedet under forsyningssvigtet.

2) Det kan diskuteres, om en familie, der har råd til et olieforbrug, kan befinde sig på - eller under - et eksistensminimum. I ovenstående sammenhæng anvendes "eksistensminimum" som betegnelse for en politisk fastsat nedre grænse for accept af livsvilkår og social standard - snarere end en betegnelse for en fysiologisk bestemt overlevelsestærskel.

Er forbrugskvoten højere for lav-indkomst familierne, rammes disse relativt hårdest af olieprisstigningen.

Udover ovennævnte fordelingspolitiske problemer og konflikter under pristilpasning, kan bredere samfundsøkonomiske målsætninger begrunde en offentlig priskontrol og kvantitativ rationering. En generel prioritering af en produktiv anvendelse af olie frem for blot en konsumering kunne være en samfundsøkonomisk målsætning under et olieforsyningssvigt. Målsætningen indebærer, at produktion, værditilvækst og beskæftigelse prioriteres højere end individuel komfort og betalingsvillighed. Endvidere repræsenterer betalingsbalance, eksportmarkeder og vitale samfundsfunktioner potentielle samfundsøkonomiske mål, der kan tilgodeses ved hjælp af en formel kvantitativ rationering.

En formel kvantitativ rationering af olie indebærer, at det offentlige både kontrollerer oliepris og fordeling af den knappe oliemængde, således at den enkelte olieforbruger får adgang til en given maximal oliemængde til given kontrolleret pris. Sammenlignet med den uforstyrrede tilstand på oliemarkedet og pristilpasning skal forbrugeren udover at acceptere den gældende oliepris opfylde dén yderligere betingelse for at handle på oliemarkedet: at kunne dokumentere en ret til at erhverve en given mængde af varen. Denne dokumentation udstedes af det offentlige i form af rationeringsmærker eller rationeringskuponer. Priskontrol og rationeringsmærker forhindrer, at køber og sælger aftaler en højere oliepris end den givne på det officielle marked, men som under en isoleret priskontrol foreligger muligheden for, at olien genforhandles på et parallelt sort marked, hvor forbrugere med en høj betalingsvillighed kan få tilfredsstillet deres olieefterspørgsel.

Da den formelle kvantitative rationering garanterer olieforbrugerne en given mængde til en given pris, elimineres en del af de transaktionsomkostninger og velfærdsforringelser, som priskontrollen - alene - gav anledning til. Køer, ventetid og hamstring undgås, hvis det offentlige er i stand til omgående at møde et olieforsyningssvigt med en kvantitativ rationering.

Da olieforsyningssvigtet forudsættes at optræde pludseligt og fremfor alt uvarslet, vil det offentlige i praksis ikke være i stand til omgående at implementere en kvantitativ rationering, hvilket i en kort periode giver mulighed for bl.a. hamstring. For at begrænse omfanget af privatøkonomisk spekulation og panik er det væsentligt, at det offentliges reaktionstid ikke er for lang. En genforhandling af olien i et vist omfang på et uofficielt sort marked vil derimod vanskeligt kunne undgås, fordi den kvantitative rationering i praksis ikke kan reflektere forskelle i efterspørgselens priselasticitet samt forskelle i betalingsvillighed.

Den samlede pulje af rationeringsmærker ækvivalerer i princippet den tilgængelige - men reducerede - oliemængde og fastlægger derfor en øvre grænse for det samlede olie køb/-salg på markedet. Da rationeringsmærkerne repræsenterer en ret, men ikke en pligt, til køb af en given mængde olie, foreligger den mulighed, at en vis del af rationeringsmærkerne ikke udnyttes inden for en periode, hvorved den samlede nedgang i olieforbruget bliver større end forsyningssvigtet. Problemet kan løses ved á priori at lade puljen af rationeringsmærker repræsentere en større oliemængde end den faktisk tilstedeværende, men i praksis er det umuligt at forudsige, hvor stor en del af de udstedte rationeringsmærker, der ikke vil blive benyttet. I et dynamisk perspektiv, hvor et forsyningssvigt varer flere delperioder, og hvor rationeringsmærker udstedes for hver delperiode, vil det være muligt at konvergere mod en pulje af rationeringsmærker, der afspejler udnyttelsesgraden. I dette perspektiv kan lagre anvendes som buffer. Fastholdes princippet om, at puljen af udstedte rationeringsmærker præcis ækvivalerer den tilgængelige oliemængde, kan lagre anvendes til overførsel af en uudnyttet oliemængde til den efterfølgende periode, i hvilken puljen af rationeringsmærker derfor udvides.

En ikke-konvertibel kvantitativ rationering er hidtil implicit forudsat, dvs. en rationeringsordning, i følge hvilken rationeringsmærkerne er personlige og derfor ikke kan overdrages (sælges) til anden side. Den ikke-konvertible rationering betyder, at den enkelte forbrugers køb af olie ikke kan

overstige den tildelte ration. Dette kan imidlertid lade sig gøre ved en konvertibel rationering. En sådan rationeringsordning indebærer, at rationeringsmærker kan sælges. Ved at afstå fra at udnytte en tildelt konvertibel ration sparer forbrugeren udgiften til indkøb af den rationerede vare samtidigt med, at salget af retten til rationen indbringer et beløb, der kan anvendes til forbrug af andre varer og eventuelt et udvidet forbrug af olie i en efterfølgende periode¹⁾.

Finder køb og salg af konvertible rationeringsmærker sted på et mærkemarked med fri prisdannelse er den enkelte forbruger i princippet i stand til at få tilfredsstillet sin olieefterspørgsel. Som i tilfældet med pristilpasning på oliemarkedet bliver betalingsvillighed det afgørende fordelingskriterium. Den eksisterende realindkomstfordeling samt den initiale fordeling af de konvertible rationeringsmærker er væsentlige determinanter for betalingsvilligheden.

En konvertibel rationeringsordning er et kompromis mellem to allokeringsmekanismer: pristilpasning og ikke-konvertibel rationering. Er ligevægtsprisen på mærkemarkedet p_m og den pris-kontrollerede oliepris p_o , vil den enkelte forbruger i samme periode være konfronteret med to oliepriser, idet prisen for den tildelte olieration er p_o , medens olie købt via mærkemarkedet koster $p_o + p_m$.

Den efterfølgende energirationeringsmodel LINRAT baseres på en ikke-konvertibel rationeringsordning i bestræbelserne på under et olieforsyningssvigt at lade samfundsøkonomiske hensyn træde i forgrunden og privatøkonomisk betalingsvillighed i baggrunden. Af samme grund er rationeringen differentieret, således at en prioritering finder sted mellem forskellige sektorer og anvendelser.

1) HESSELBORN, P.O (1979) sammenligner en ikke-konvertibel og en konvertibel rationeringsordning og fokuserer specielt på fordelingseffekt og prisdannelse på rationeringsmærker.

1.3. Forsyningssvigtet

I ovenstående gennemgang behandlede forsyningssvigtet som en aktuel realitet, for hvilken størrelsen var given, men i virkeligheden knytter der sig mange og væsentlige usikkerhedsfaktorer til et forsyningssvigt - som illustreret i fig. 1-6.

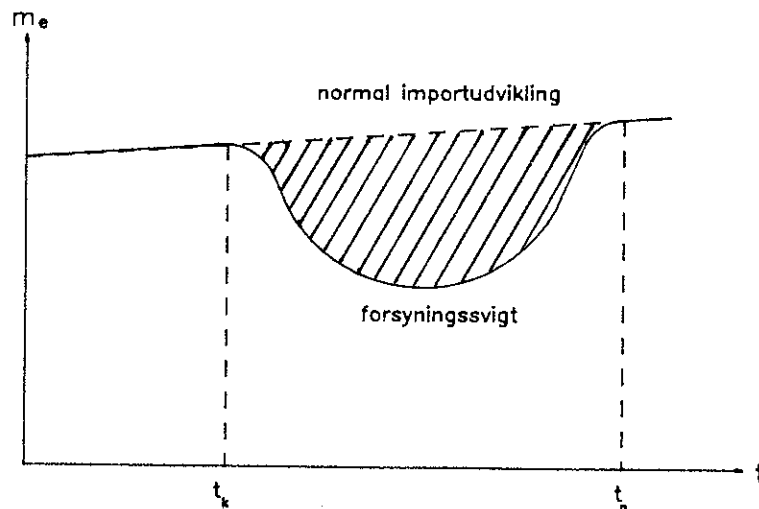


Fig. 1-6. Usikkerhed vedrørende en energiforsyningskrise.

Ovenstående figur viser energiimporten (m_e) som funktion af tiden (t). Den normale og uforstyrrede importudvikling er svagt lineært stigende over tiden, medens forsyningskrisen bevirker, at den langtsigtede importtrend reduceres i en periode - (t_k, t_n). Arealet af det skraverede område i figuren angiver størrelsen af forsyningssvigtet.

En beregning af forsyningssvigtets størrelse kræver kendskab til såvel tidspunkterne t_k og t_n som udseendet af de to importkurver. Dette kendskab gives dog først med sikkerhed ex post, dvs. når forsyningskrisen er overstået. I en planlægningssituation, hvor forholdsregler til imødegåelse af en forsyningskrisens skadevirkninger på samfundsøkonomien skal formuleres, er det imidlertid nødvendigt ex ante at skønne over forsyningskrisens

forløb. Den normale energiimportudvikling kan prognosticeret på et rimeligt sikkert grundlag, men med hensyn til energiforsyningskrisen knytter der sig usikkerhed til: om den vil indtræffe, hvornår den vil indtræffe (t_k), hvor længe den vil vare ($t_n - t_k$), og hvordan den vil forløbe.

Sandsynligheden, for at et energiforsyningssvigt vil indtræffe, er placeret udenfor rammerne af det foreliggende projekt, idet disse vedrører den samfundsøkonomisk optimale allokering af en pludseligt reduceret tilgang af energi, dvs. allokering af energi givet, at et forsyningssvigt er indtrådt. I fig. 1-7 er vist, hvorledes forsyningssvigtet forudsættes at forløbe i energirationeringsmodellen LINRAT.

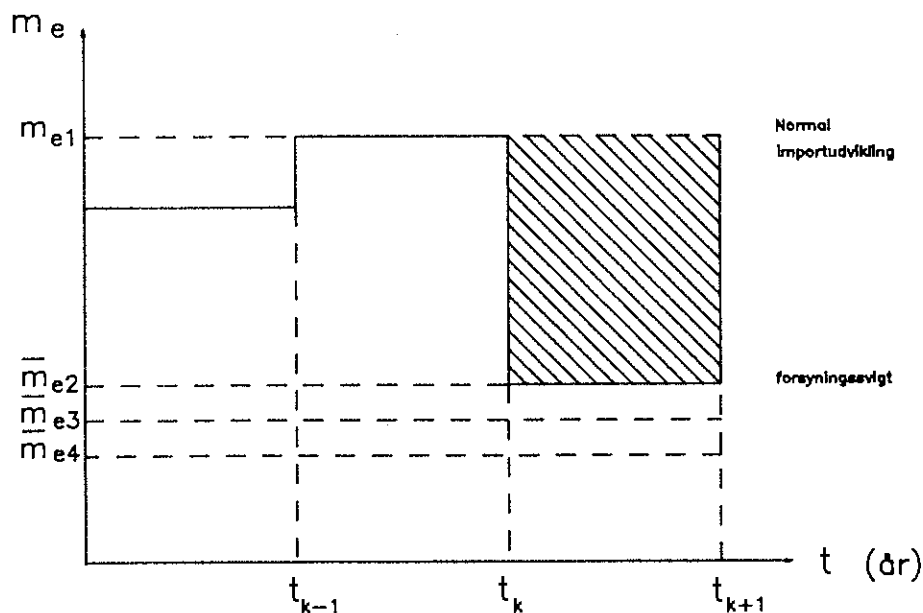


Fig. 1-7. Forudsætninger vedrørende forsyningsøsvigtet i LINRAT.

I LINRAT er tiden diskret opdelt i perioder på 1 år. Den uforstyrrede økonomi med normale energiforsyninger karakteriserer perioden (t_{k-1}, t_k) . I den umiddelbart følgende periode (t_k, t_{k+1}) rammer forsyningssvigtet \bar{m}_{e2} økonomien. Forsyningssvigtet antages med andre ord at vare 1 år, således at størrelsen af forsyningssvigtet - det skraverede areal - udelukkende afhænger af, hvor kraftigt energitilførslen reduceres, jvf. \bar{m}_{e1} og \bar{m}_{e2} på figuren. Ved fravær af forsyningssvigtet antages energiimporten at have villet være identisk med forrige periodes energiimport i den uforstyrrede økonomi, således at størrelsen af det i fig. 1-7 illustrerede forsyningssvigt er $m_{e1} - \bar{m}_{e2}$.

Af de opstillede usikkerhedsfaktorer i forbindelse med et forsyningssvigt knyttes der i LINRAT kun interesse til størrelsen af forsyningssvigtet. Denne usikkerhed illustreres af en følsomhedsanalyse med alternative antagelser om forsyningssvigtets størrelse (jvf. \bar{m}_{e2} , \bar{m}_{e3} , \bar{m}_{e4} i fig. 1-7). Denne analyse kan udføres inden for rammerne af en statistisk og deterministisk optimeringsmodel.

2. METODE

I det foregående - mere teoretisk betonede - kapitel blev det foreliggende licentiatprojekt og udviklingen af en energirationeringsmodel forsøgt placeret inden for rammerne af den etablerede økonomiske teori vedrørende prisdannelsen på et varemarked. Med udgangspunkt i den økonomiske velfærdsteori beskrives i nærværende kapitel det metodiske grundlag for den efterfølgende energirationeringsmodel - LINRAT.

Ifølge MISHAN¹⁾ er velfærdsøkonomien "that branch of study which endeavours to formulate propositions by which we may rank, on the scale of better or worse, alternative economic situations open to society". Mishans definition - eller beskrivelse - er bred og vidtfavnende, men udkrystalliserer alligevel grundideen i den metode, som anvendes i den efterfølgende energirationeringsmodel - LINRAT. Ideen er dén, at modellen blandt mange mulige krisestrategier vha. explicitte retningslinier skal pege på den samfundsøkonomisk bedst mulige - optimale - krisestrategi.

I velfærdsøkonomien er der på det principielle og verbale plan bred tilslutning blandt økonomer til følgende anbefaling:

En samfundsøkonomisk adfærd skal dirigeres af ønsket om at nå et samfundsmæssigt (-økonomisk) optimum ved at maximere en samfundsmæssig (-økonomisk) velfærdsfunktion.

Problemerne opstår imidlertid, når ovenstående anbefaling forsøges formaliseret i et teoretisk paradigme, fordi ønsket om værdifrihed - eller i de mindste en skillelinie mellem værdidomme ("value judgements") og værdifrie teorier - tvinger økonomer til at formulere en teori, der er så generel og abstrakt, at den næsten mangler substans.

1) MISHAN, E.J. (1960), s. 199ø.

Nedenstående samfundsøkonomiske maximeringsproblem rummer således mere form end substans:

$$\text{Max } W(x)$$

$$\text{Sub } g(x) \leq 0$$

Undgår man at tillægge velfærdsfunktionen W og restriktionsfunktionen g specifikke matematiske egenskaber, samt at definere variabelen x , og endvidere at tage stilling til om restriktionen er en lighed eller en ulighed, opnås et maximeringsproblem, der siger, at en samfundsøkonomisk velfærdsfunktion skal maximeres mht. variabelen x , som er pålagt restriktionen $g(x)$.

Går man et skridt videre og specificerer W som en Bergson-velfærdsfunktion¹⁾, står man - trods funktionens meget generelle udformning - allerede på gyngende grund, jvf. K.J. Arrow's kritik af Bergson's velfærdsfunktion²⁾.

Fordi velfærdsøkonomien hviler på et fundament af normativ økonomi, hvor værdifrihed er illusorisk, men alligevel forsøges etableret, ender teoribygningen med at blive så generel og abstrakt, at den bliver uanvendelig i en praktisk og operationel sammenhæng. Velfærdsøkonomien udgør derfor et teoretisk udgangspunkt for opbygningen af den efterfølgende energirationeringsmodel, men ikke et metodisk/operationelt udgangspunkt, fordi den ikke opstiller en implementerbar metode.

1) Bergson formulerede en funktionel sammenhæng mellem den overordnede samfundsmæssige velfærd, og de enkelte individers nyttefunktioner: $W = W [U_1, U_2, \dots, U_{n-1}, U_n]$, jvf. BERGSON, A. (1969).

2) ARROW, K.J. (1963).

Metoden til i praksis at bestemme det samfundsøkonomiske optimum tilvejebringes inden for disciplinen: operationsanalyse¹⁾. Metoden er lineær programmering (LP) - et delområde af den mere generelle matematiske programmering - der beskæftiger sig med opstilling og numerisk løsning af lineære modelkomplekser. LP er altså en numerisk metode til løsning af lineære modeller baseret på et numerisk datamateriale. Metoden beskrives generelt i nedenstående afsnit 2.1, og i det efterfølgende afsnit 2.2 drejes metoden i en mere specifik retning, idet det vises, hvorledes en frugtbar syntese af lineær programmering og input-output analyse (IO) kan gennemføres i en simpel to sektor model. Denne syntese etablerer udgangspunktet for udviklingen af en egentlig energirationeringsmodel i kapitel 3.

Som ovenstående antyder, er metoden - LP - allerede valgt på et indledende trin i modeludviklingsforløbet - endda før selve modelformuleringen. Valget er ikke udelukkende baseret på hensynet til et tilgængeligt LP-programmel - LINPROG (jvf. appendix A) - hensynet til modellens formål har været det dominerende. I projektbeskrivelsen vedr. nærværende licentiatprojekt optræder nøgleord som "disaggregeret planlægningsmodel", "optimal resourceallokering" og "det danske samfund". Disse nøgleord determinerer snarere valget af modeltype - input-outputmodel - end metode. Kausaliteten i valget af energirationeringsmodellens struktur og grundkarakteristika er derfor som nedenstående:

Disaggregering → IO-model → LP

Pga. IO-modellens lineære grundstruktur og pga. optimeringselementet i problemstillingen er LP valgt som en velegnet løsningsmetode.

1) Ifølge KRARUP, J. & PRUZAN, P.M. (1974) er operationsanalysens formål: "formulering af beslutningsproblemer, udvikling af metoder til analyse af disse for herigennem at tilvejebringe beslutningsgrundlag i form af vurdering af konsekvenserne af mulige handlinger, samt udpegning af optimale - eller i det mindste gode beslutninger". (op.cit. s. 3m)

2.1. Det generelle LP-problem

I dette afsnit gives på baggrund af KRARUP, J. & PRUZAN, P.M. (1974) en kortfattet formel præsentation af det generelle matematiske programmeringsproblem og derefter specielt en præsentation af det generelle LP-problem.

Et beslutningsproblem eller planlægningsproblem kan formuleres indenfor en referenceramme, som udspændes af den matematiske programmering, hvis beslutningsproblemet kan beskrives som en udvælgelse fra en mængde af mulige handlinger af den handling, hvis udfald har den største værdi (nytte) for beslutningstageren. Værdien (nytten) skal være målbar på en præferenceskala, som antager form af en intervalskala, dvs. en skala, der - når fast enhed og nulpunkt er valgt - udtrykker nytten af et givet udfald som en bestemt talværdi.

Hvis modellen af et beslutningsproblem opfylder de ovennævnte krav, kan et optimeringsproblem afledes og beskrives som en søgen efter et ekstremum for en funktion af en eller flere variable, hvor denne eller disse variable enten kan vælges frit eller er underkastet visse bånd i form af relationer (ligninger eller uligheder), der alle skal opfyldes samtidigt. Dette optimeringsproblem kan formaliseres i en matematisk begrebsverden.

Handlingen i beslutningsproblemet kan symboliseres af vektoren $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, hvor et talsæt af de n variable repræsenterer en given handling eller beslutning. Værdien (nytten) af handlingen måles af en funktion $f(x) = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, der på den ovennævnte intervenskala fastlægger et reelt tal som mål for nytten af alternative handlinger.

En handling kan være mulig ("feasibel") eller ikke-mulig ("infeasibel"). Mængden af mulige handlinger vil i praksis som regel være begrænset på forskellige måder, hvilket i modellen kan udtrykkes ved

$$\left. \begin{array}{l} g_1(x_1, \dots, x_n) (<, =, >) b_1 \\ g_2(x_1, \dots, x_n) (<, =, >) b_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ g_m(x_1, \dots, x_n) (<, =, >) b_m \end{array} \right\} \quad (2-1)$$

Restriktionssystemet (2-1) består af m relationer. Venstresiden i hver enkelt udgøres af en funktion $g_i(x)$, der som $f(x)$ fastlægger et reelt tal for alternative givne værdier af x_1, \dots, x_n ; dette tal vurderes i forhold til højresiden vha. relationsoperatoren, der i den enkelte restriktion kan være enten $<$ eller $=$ eller $>$.

En mulig løsning til modellen er en løsning (x_1, \dots, x_n) , der samtidigt tilfredsstiller de m restriktioner i (2-1). En mulig løsning svarer til en mulig handling for beslutningstageren.

Det generelle matematiske programmeringsproblem kan på en mere kompakt form formuleres som

$$\left. \begin{array}{l} f(x) = z \text{ (max el. min)} \\ g_i(x) \{<, =, >\} b_i, i = 1, \dots, m \end{array} \right\} \quad (2-2)$$

(2-2) fastlægger på abstrakt form en optimeringsmodel, der har det formål blandt alle mulige løsninger at udvælge den løsning, der maximerer - eller minimerer - kriteriefunktionen $f(x)$ ¹⁾.

Et specialtilfælde - og i praksis mest anvendte tilfælde - af det matematiske programmeringsproblem er det lineære programmeringsproblem - LP-problemet - hvor såvel kriteriefunktion som restriktioner er lineære udtryk. Et lineært programmeringspro-

1) I terminologien vedrørende matematisk programmering optræder alternative - men synonyme - betegnelser for kriteriefunktionen $f(x)$ - f.eks.: objektfunktion, målfunktion. Kriteriefunktionen er en operationel parallel til nyttefunktionen og velfærdsfunktionen i den økonomiske teori.

blem inkluderer tre elementer: Kriteriefunktion, restriktioner og ikke-negativitetsbetingelser. Det generelle LP-problem er nedenstående opstillet i formaliseret form:

$$(\max, \min) z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \quad (2-3)$$

$$\left. \begin{array}{l} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \{<, =, >\} b_1 \\ \cdot \qquad \qquad \qquad \cdot \qquad \qquad \qquad \cdot \\ \cdot \qquad \qquad \qquad \cdot \qquad \qquad \qquad \cdot \\ \cdot \qquad \qquad \qquad \cdot \qquad \qquad \qquad \cdot \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \{<, =, >\} b_m \end{array} \right\} \quad (2-4)$$

$$i \in I = \{1, 2, \dots, n\} : x_i \geq 0 \quad (2-5)$$

ad (2-3). Den lineære kriteriefunktion z skal enten maximeres eller minimeres.

ad (2-4). I hver af de m lineære restriktioner optræder netop en af de tre relationer $<, =, >$. Om restriktionernes højresider forudsættes det, at $b_1, b_2, \dots, b_m > 0$.

ad (2-5). Ikke-negativitetsbetingelsen kræver, at nogle udvalgte eller samtlige variable skal være ikke-negative.

Rel. (2-4) og (2-5) fastlægger LP-problemets løsningsområde, dvs. mængden af mulige løsninger, og rel. (2-3) udvælger fra løsningsområdet den optimale løsning - hvis den eksisterer¹⁾.

For at operationalisere ovenstående generelle LP-problem - dvs. gøre det muligt at anvende standardalgoritmer og -programmer - transformeres det til standardform, hvilken indebærer, at

- kriteriefunktionen maximeres.
- alle restriktioner i (2-4) formuleres som ligheder ved inddragelse af slackvariable: u_1, \dots, u_m .

1) Om LP-problemets løsningsegenskaber, jvf. KRARUP, J. & PRUZAN, P.M. (1974), s. 83-91.

- ikke-negativitetsbetingelsen omfatter alle LP-problemets variable.

Det er muligt at formulere ethvert LP-problem på standardform¹⁾. En kompakt formulering af LP-problemet på standardform optræder nedenstående på matrix-vektor form.

$$\left. \begin{array}{l} (\max) z = cx \\ Ax = b \\ x > 0 \end{array} \right\} \quad (2-6)$$

Ovenstående - (2-6) - er LP-problemet opstillet på en form, som er i overensstemmelse med Simplex-algorithmens krav. Denne algoritme er inkorporeret i programmet LINPROG, som anvendes til løsning af den efterfølgende energirationeringsmodel LINRAT. En kortfattet beskrivelse af algoritmens funktionsmåde samt af LINPROG og dennes indpasning i en kørselssekvens gives i appendix A.

LP kan beskrives i lyset af et generelt lineært ligningssystem bestående af m lineære ligninger med n ubekendte. Systemet er determineret for $m = n$, overdetermineret hvis $m > n$, og underdetermineret hvis $m < n$. LP beskæftiger sig med de underdeterminerede systemer, som almindeligvis vil have ingen eller uendelig mange løsninger og søger efter en løsningsvektor bestående af ikke-negative tal, som optimerer en lineær funktion (kriteriefunktion) af de variable.

2.2. LP og input-output analyse - kapacitetsrestriktioner

I det følgende bygges der bro mellem lineær programmering og input-output analyse, idet det vises, hvorledes en simpel deterministisk input-output model (io-model) kan underdetermineres ved at inkorporere kapacitetsrestriktioner. Den simple io-model fastholdes af pædagogiske hensyn, dvs. mulighed for at illustrere vha. to-dimensionale figurer, på et 2-sektor niveau.

1) Jvf. KRARUP, J. & PRUZAN, P.M. (1974), s. 70m-73n.

Den klassiske anvendelse af input-output modellen er til beregning af de direkte og indirekte krav til output i de enkelte erhverv, som en given endelig anvendelse medfører. Et særligt karakteristika for io-modellerne er estimationen af de indirekte krav til produktionssystemet - de interindustrielle leverancer - som stilles af leverancer til endelig anvendelse. De indirekte krav estimeres vha. den inverterede matrix $(I-A)^{-1}$, der har en central placering i enhver io-model, idet den både inkorporerer direkte og indirekte krav til produktionssystemet, jvf. f.eks. den simple statistiske model

$$q = (I - A)^{-1}f \quad (2-7)$$

hvor q er den enhvervsfordelte produktion, og f den erhvervsfordelte endelige efterspørgsel/anvendelse.

Ovenstående io-model (2-7) udtrykker den traditionelle io-problemstilling, hvor endelig anvendelse f er givet exogent, og hvor trækket på produktionssektorerne skal beregnes endogent. Modellen (2-7) er deterministisk, fordi q er éntydigt bestemt ud fra et givet f , og dimensionen af q og f er ens ($1 \times n$).

Traditionelt optræder i input-output analysen en forudsætning om fuld kapacitetsudnyttelse, således at den aktuelle produktionsvektor er lig med vektoren af produktionskapaciteter i hvert enkelt år. Indenfor dette snævre input-output-system af balancerende bogholderiligninger eksisterer ikke frihedsgrader til at optimere. Indføres derimod kapacitetsrestriktioner i io-analysen - jvf. nedenstående forsøg - og accepteres tilstedeværelsen af ledig kapacitet, bygges der bro mellem io-analysen og lineær programmering. "The mathematical consequences of a transition to inequalities will be that one transfers from the world of difference equations to that of optimization models. This because the freedom of movement - the consequence of the dropping of the no-excess capacity assumption - must be fenced in, to make possible the derivation of meaningful assertions from the model". (op.cit. HARTOG, J.A. (1979), s. 5).

I den ovenstående input-output model (2-7) er forudsat en erhvervsteknologi, dvs. at hvert erhverv anvender inputs i faste relative forhold, samt at der er konstant skalaafkast (ingen stordriftsfordele, produktionsfunktion homogen af grad 1). Produktionsfunktionen er en Leontief produktionsfunktion og er derfor limitational og proportional, dvs. i en situation med 2 produktionsfaktorer har man, at

$$\begin{aligned} V_1 &> \alpha_1 \cdot q, & \alpha_1 &> 0 \\ V_2 &> \alpha_2 \cdot q, & \alpha_2 &> 0 \end{aligned} \tag{2-8}$$

q : produktionen
 V_i : produktionsfaktor i ($i = 1, 2$)
 α_i : konstant ($i = 1, 2$)

Implikationen af at anvende ovenstående produktionsfunktion (2-8) er, at produktionen begrænses af den produktionsfaktor, der er relativt mindst af, dvs.

$$q = \min(V_1/\alpha_1, V_2/\alpha_2) \tag{2-9}$$

I nedenstående fig. 2-1 er vist det produktionsmulighedsområde, som fastlægges af Leontief-produktionsfunktionen (2-8).

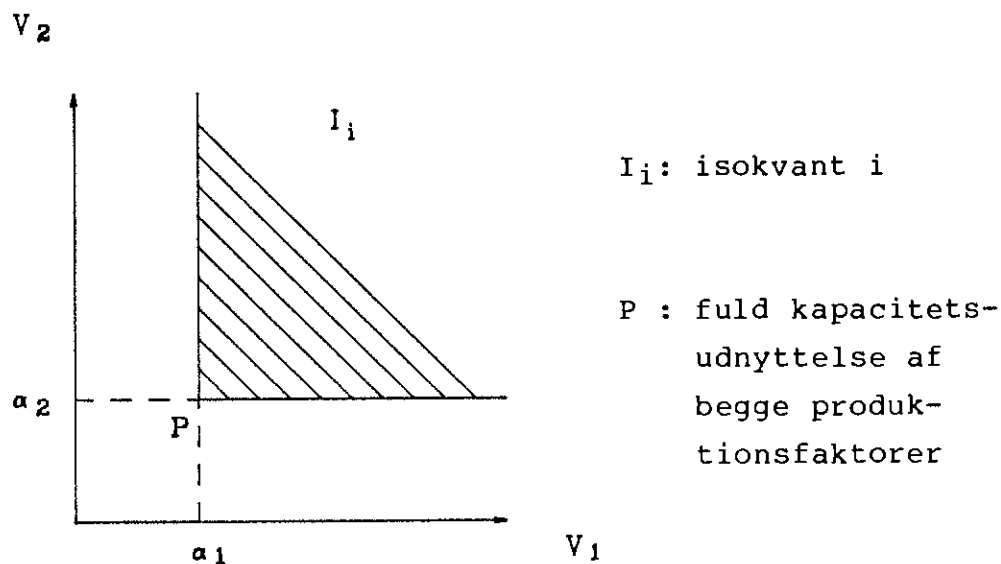


Fig. 2-1. Leontief's produktionsfunktion - 2 produktionsfaktorer.

Input-output koefficienterne er for den givne sektor - repræsenteret ved produktionsfunktionen (2-8) - bestemt ved V_1/q og V_2/q . Io-koefficienterne er konstante og bestemt ved

$$\alpha_1 = V_1/q \text{ og } \alpha_2 = V_2/q$$

hvis der er fuld kapacitetsudnyttelse af begge faktorer.

Kapacitetsrestriktioner kan inddrages i io-analysen på mikroniveau, således at produktionen i en given sektor ikke kan overstige et givet maximum, og endvidere på makroniveau via restriktioner på den aggregerede faktortilgang for f.eks. arbejdskraft og energi (jvf. nedenstående forsøg). Restriktionerne fastlægger et mulighedsområde for f.eks. produktion eller endelig anvendelse.

I det følgende introduceres kapacitetsgrænser for hhv. arbejdskraft og energi i en simpel statistisk io-model med to sektorer. Modellen er identisk med (2-7) - blot optræder den i sin "oprindelige" version. Den generelle model (2-10) kan i en to-sektor udgave formuleres som (2-11):

$$q = Aq + f \tag{2-10}$$

$$\left. \begin{aligned} q_1 &= a_{11} q_1 + a_{12} q_2 + f_1 \\ q_2 &= a_{21} q_1 + a_{22} q_2 + f_2 \end{aligned} \right\} \tag{2-11}$$

q: produktion (erhvervsfordelt)

A: inputmatrix

f: endelig anvendelse

Det forudsættes, at de to sektorer er produktive, dvs.

$$a_{11} + a_{21} < 1 \text{ og } a_{12} + a_{22} < 1$$

samt at $0 < a_{ij} < 1$

Følgende ikke-negativitetsforudsætninger kan opstilles for hhv. produktion og endelig anvendelse:

$$q_1 \geq 0 ; q_2 \geq 0 \quad (2-12)$$

$$f_1 \geq 0 ; f_2 \geq 0 \quad (2-13)$$

Indbygges antagelser om proportionalitet mellem beskæftigelse (N_i) henholdsvis energiinput (E_i) og produktion for hver af de to sektorer, fås:

$$\left. \begin{aligned} N_1 &= a_1^N \cdot q_1 \\ N_2 &= a_2^N \cdot q_2 \end{aligned} \right\} \quad (2-14)$$

hvor $a_1^N \geq 0 ; a_2^N \geq 0$ for beskæftigelsen, og

$$\left. \begin{aligned} E_1 &= a_1^E \cdot q_1 \\ E_2 &= a_2^E \cdot q_2 \end{aligned} \right\} \quad (2-15)$$

hvor $a_1^E \geq 0 ; a_2^E \geq 0$ for energianvendelsen i de to sektorer.

Ligningssystemet (2-11) omskrives og løses mht. de endogene q_1 og q_2 :

$$\left. \begin{aligned} q_1 &= a_{11} q_1 + a_{12} q_2 + f_1 \\ q_2 &= a_{21} q_1 + a_{22} q_2 + f_2 \end{aligned} \right\} \quad \Leftrightarrow \quad (2-16)$$

$$\left. \begin{aligned} (1 - a_{11})q_1 - a_{12} q_2 &= f_1 \\ -a_{21} q_1 + (1 - a_{22})q_2 &= f_2 \end{aligned} \right\} \quad \Leftrightarrow 1)$$

$$1) \quad D = \begin{vmatrix} (1 - a_{11}) & -a_{12} \\ -a_{21} & (1 - a_{22}) \end{vmatrix} = (1 - a_{11})(1 - a_{22}) - a_{21} a_{12} > 0$$

$$\left. \begin{aligned} q_1 &= \frac{(1 - a_{22})}{D} f_1 + \frac{a_{12}}{D} f_2 \\ q_2 &= \frac{a_{21}}{D} f_1 + \frac{(1 - a_{11})}{D} f_2 \end{aligned} \right\} \quad (2-17)$$

Kapacitetsgrænser kan fastlægges på mikroniveau for produktionen i de enkelte sektorer samt på makroniveau for produktionsfaktorerne arbejdskraft og energi. Man har da hhv.

$$\left. \begin{aligned} q_1 &\leq \bar{q}_1 \\ q_2 &\leq \bar{q}_2 \end{aligned} \right\} \quad (2-18)$$

$$N_1 + N_2 \leq \bar{N} \quad (2-19)$$

$$E_1 + E_2 \leq \bar{E} \quad (2-20)$$

Mulighedsområdet for produktionsværdier fastlægges af følgende seks restriktioner:

$$\left. \begin{aligned} (A) \quad 0 &\leq q_1 \leq \bar{q}_1 \\ (B) \quad 0 &\leq q_2 \leq \bar{q}_2 \end{aligned} \right\} \quad (2-12) \text{ og } (2-18)$$

$$(C) \quad a_1^N q_1 + a_2^N q_2 \leq \bar{N} \quad (2-14) \text{ og } (2-19)$$

$$(D) \quad a_1^E q_1 + a_2^E q_2 \leq \bar{E} \quad (2-15) \text{ og } (2-20)$$

$$\left. \begin{aligned} (E) \quad q_1 &> \frac{a_{12}}{(1 - a_{11})} q_2 \\ (F) \quad q_2 &> \frac{a_{21}}{(1 - a_{22})} q_1 \end{aligned} \right\} \quad (2-11) \text{ og } (2-13)$$

Produktionsmulighedsområdet, som fastlægges af ovenstående restriktioner, kan illustreres grafisk - jvf. nedenstående fig. 2-2.

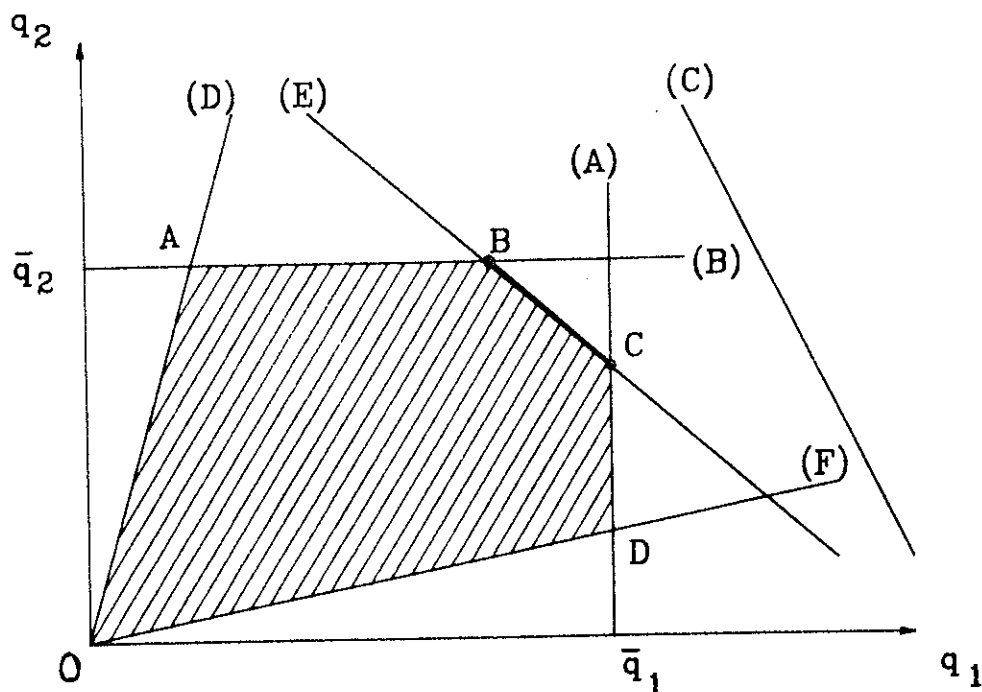


Fig. 2-2. Produktionsmulighedsområdet - 2-sektor model.

Produktionsmulighedsområdet udgøres af punkterne i mængden $OABCDO$ (skraveret). Pga. dominans ses det, at de effeciente punkter i mulighedsområdet ligger på liniestykket BC . Ovenstående figur er konstrueret således, at arbejdskraftrestriktionen (C) ikke er bindende.

Mulighedsområdet for endelig anvendelse kan fastlægges ved at fokusere på f_1 og f_2 i stedet for q_1 og q_2 . For f_1 og f_2 gælder følgende restriktioner:

$$\left. \begin{array}{l} (a') \quad f_1 \geq 0 \\ (b') \quad f_2 \geq 0 \end{array} \right\} \quad (2-13)$$

$$(c') \quad 0 < \frac{(1 - a_{22})}{D} f_1 + \frac{a_{12}}{D} f_2 < \bar{q}_1 \quad \begin{array}{l} (2-12), (2-17) \\ (2-18) \end{array}$$

$$(d') \quad 0 < \frac{a_{21}}{D} f_1 + \frac{(1 - a_{11})}{D} f_2 < \bar{q}_2 \quad \begin{array}{l} (2-12), (2-17) \\ (2-18) \end{array}$$

$$(e') \left. \begin{aligned} \frac{1}{D} [((1 - a_{22})a_1^N + a_{21} a_2^N)f_1 + \\ (a_{12} a_1^N + (1 - a_{11})a_2^N)f_2] \leq \bar{N} \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} (2-19), (2-14) \\ (2-17) \end{array}$$

$$(f') \left. \begin{aligned} \frac{1}{D} [(1 - a_{22})a_1^E + (a_{21} a_2^E)f_1 + \\ (a_{12} a_1^E + (1 - a_{11})a_2^E)f_2] \leq \bar{E} \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} (2-20), (2-15) \\ (2-17) \end{array}$$

Restriktionerne (a') - (f') kan omskrives, således at f_1 isoleres på venstresiderne (dog undtaget (b')):

$$(a) \quad f_1 \geq 0$$

$$(b) \quad f_2 \geq 0$$

$$(c) \quad f_1 \leq \frac{D \bar{q}_1}{1 - a_{22}} - \frac{a_{12}}{1 - a_{22}} f_2$$

$$(d) \quad f_1 \leq \frac{D \bar{q}_2}{a_{21}} - \frac{(1 - a_{11})}{a_{21}} f_2$$

$$(e) \quad f_1 \leq \frac{\bar{N} \cdot D}{(1 - a_{22})a_1^N + a_{21} a_2^N} - \frac{a_{12} a_1^N + (1 - a_{11})a_2^N}{(1 - a_{22})a_1^N + a_{21} a_2^N} f_2$$

$$(f) \quad f_1 \leq \frac{\bar{E} \cdot D}{(1 - a_{22})a_1^E + a_{21} a_2^E} - \frac{a_{12} a_1^E + (1 - a_{11})a_2^E}{(1 - a_{22})a_1^E + a_{21} a_2^E} f_2$$

Mulighedsområdet for endelig anvendelse kan illustreres grafisk.

Mulighedsområdet for endelig anvendelse er mængden OABCD0 i nedenstående figur, hvor locus for efficiente kombinationer af f_1 og f_2 er randstykket ABCD.

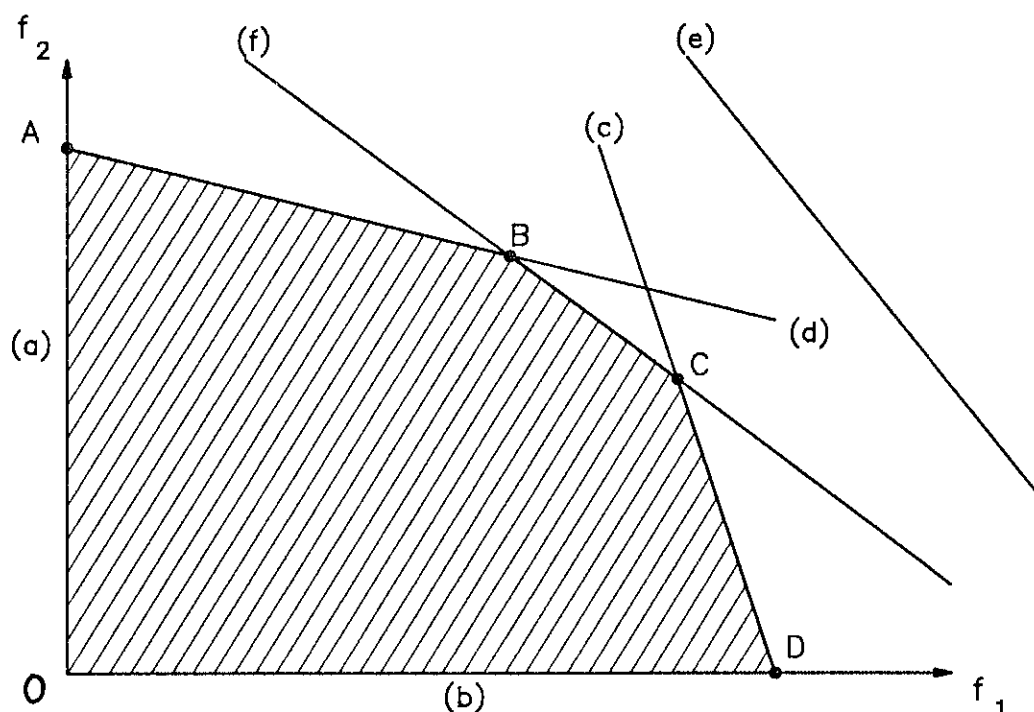


Fig. 2-3. Mulighedsområdet for endelig anvendelse.

Indførelsen af en kriteriefunktion gør det muligt at determinere optimum/optima (tangens mellem locus for efficiente punkter og objektfunktion), dvs. gør det muligt at udvælge det/de punkt(er) på randstykket ABCD, hvis koordinater optimerer den inkluderede kriteriefunktion. Er kriteriefunktionen lineær, foreligger et LP-problem, som kan løses vha. lineær programmering.

Opstilling af kriteriefunktion og indlemmelse af denne i en analyse er ikke input-output analysens traditionelle arbejdsområde, der er empirisk/deskriptivt og ikke normativt af natur, men sammenkoblingen af en io-model og en kriteriefunktion udstrækker io-analysens arbejdsområde til også at omfatte optimeringsproblemer. Sammenkoblingen gør det muligt at udpege et punkt/punkter i mulighedsområdet - givet ved restriktionerne - som det/de optimale. Kriteriefunktionen introduceres i io-modellen for at eliminere de frihedsgrader, som indførelsen af kapacitetsrestriktioner i modellen resulterer i.

Ændringer i parametrene i modellen (a) - (f) vil ændre placeringen af restriktionerne i fig. 2-3 og dermed påvirke mulighedsområdet udseende. Disse ændringer kan influere på kriteriefunktionens optimale værdi, fordi det ændrede randstykke måske fastlægger et nyt optimum. Hermed introduceres begrebet skygge-værdi eller skyggepris, som den ændring af kriteriefunktionens værdi en marginal ændring af en given restriktion resulterer i. Kaldes kriteriefunktionen W og restriktionen \bar{r} kan skyggeværdien $S_{\bar{r}}$ generelt defineres som

$$S_{\bar{r}} = dW/d\bar{r} \quad (2-21)$$

Skyggeværdien kan derved anvendes i en følsomhedsanalyse, i hvilken effekten - målt som ændringen i kriteriefunktionen - af alternative ændringer i modellens instrumentvariable vurderes og sammenlignes. Følgende skyggeværdier kan på grundlag af restriktionerne (a) - (f) dannes:

$$\frac{dW}{dq_1}, \frac{dW}{dq_2}, \frac{dW}{dN}, \frac{dW}{dE} \quad (2-22)$$

Ovenstående gennemgang har illustreret, at der mellem io-analysen og lineær programmering er en naturlig korrespondance, idet io-modeller er opbygget omkring en struktur af lineære sammenhænge. En traditionel io-model kan derfor formuleres på en form, der svarer til restriktionssystemet $Ax = b$ i det generelle LP-problem (jvf. rel. (2-6) i afsnit 2.1). Inkluderes derudover kapacitetsrestriktioner i io-modellen samt en lineær kriteriefunktion er io-modellen blevet transformeret til et LP-problem.

I det følgende kapitel 3 anvendes det værktøj, som er beskrevet og udviklet i dette afsnit, til at opbygge en egentlig energirationeringsmodel. Ovenstående simple io/LP-model udvikles trinvis, og problemerne i forbindelse med udviklingsprocessen diskuteres. Kapitel 3 beskriver derfor modeludviklingsprocessen fra den simple og generelle model til den komplekse og specifikke energirationeringsmodel - LINRAT.

3. MODELUDVIKLING

Dette kapitel skal tjene som bindeled mellem kapitel 2, hvor de grundlæggende metoder blev introduceret og sammenflettet, og det efterfølgende kapitel 4, hvor den endelige version af energirationeringsmodellen LINRAT fremlægges og beskrives. Afsnittet indføres dels for at undgå en for brat overgang fra den generelle metodegennemgang til det omfattende modelkompleks i LINRAT, dels for at fremdrage nogle væsentlige træk og problemer i den udviklingsproces, som LINRAT har gennemløbet under licentiatprojektet. Dette afsnit har altså udover en pædagogisk mission også den mission at beskrive en arbejds- og udviklingsproces.

I det efterfølgende afsnit 3.1 tages udgangspunkt i en simpel LP-io-model, der praktisk taget blot er en sammenbygning af det generelle LP-problem (2-6) - jvf. afsnit 2.1 s. 40 - og den simple io-model (2-10) i afsnit 2.2 s. 43. Den simple LP-io model udbygges derefter, på baggrund af kritik og diskussion, trinvis i retning af en mere specifik energirationeringsmodel. Udbygningen peger frem mod den endelige modelversion - LINRAT (jvf. kapitel 4).

3.1. Opstilling af simpel LP-io model

To-sektor modellen i afsnit 2.2 forlades nu, og i det følgende behandles en generel io-model med n sektorer. Nedenstående LP-model er en generalisering af 2-sektor modellen (2-11) - (2-15) i afsnit 2.2 udvidet med en kriteriefunktion, i hvilken den aggregerede endelige anvendelse maximeres.

Kriteriefunktion

$$\text{Max } W = e \cdot f$$

(3-1)

Restriktioner

$$q = Aq + f \quad (3-2)$$

$$a^N \cdot q \leq \bar{N} \quad (3-3)$$

$$a^E \cdot q \leq \bar{E} \quad (3-4)$$

Ikke-negativitetsbetingelse

$$q \geq 0 ; f \geq 0 \quad (3-5)$$

Variablene i ovenstående model har samme betydning som i relationerne (2-10), (2-14) og (2-15) i afsnit 2.2. Derudover optræder enhedsvektoren e i rel. (3-1).

I LP-modellen (3-1) - (3-5) maximeres de totale endelige anvendelser i økonomien, dvs. de enkelte io-sektorer leverancer til endelig anvendelse opsuges i en "pulje", hvis størrelse maximeres. De endelige anvendelser begrænses indirekte af det balancerede io-system - eller Leontief-restriktionerne - (3-2), i hvilket det fundamentale nationalregnskabsprincip om

tilgang = anvendelse

skal overholdes på det disaggregerede niveau, dvs. for alle modellens n sektorer skal der være balance mellem tilgang og anvendelse. Disse sektorbalancer har det for en io-model specielle karakteristika, at de inkluderer såvel de direkte som de indirekte krav til output i de enkelte sektorer, som leverancerne til endelig anvendelse stiller (jvf. den inverterede matrix' $(I-A)^{-1}$ rolle i io-modellen (2-7) i afsnit 2.2).

Io-systemet (3-2) lægger ikke direkte begrænsninger på f , men fastlægger en lineær kobling til produktionsværdierne q , på hvilke begrænsninger optræder i (3-3) og (3-4). Førstnævnte er makroarbejdskraftrestriktionen, der udtrykker, at produktet af produktionsværdierne (q) og de sektorfordelte beskæftigelses-

koefficienter (a^N) ikke må overstige den exogent givne arbejdsstyrke (N), mao. begrænses aktiviteten i produktionssystemet af den i økonomien til rådighed stående arbejdsstyrke¹⁾. Sidstnævnte er en makroenergirestriktion af principielt samme udformning som (3-3), dvs. den exogent givne energimængde \bar{E} begrænser produktionsværdierne via energikoefficienterne a^E . Begge restriktioner modellerer (postulerer) en lineær sammenhæng mellem produktionsværdi og faktor anvendelse og inkluderer ikke et aktivitetsuafhængigt faktorforbrug²⁾. Hvilken af de to restriktioner, som reelt vil blive bindende for f , afhænger af de data, som ligger til grund for en praktisk estimation af modellen.

I fig. 2-3 i afsnit 2.2 er en situation med en bindende energi-restriktion illustreret i en 2-sektor model. I den givne situation betyder det, at marginale ændringer af arbejdskraftrestriktionen ikke vil påvirke størrelsen af f , som til gengæld vil blive påvirket af selv marginale ændringer af energirestriktionen.

Vurderes LP-modellen (3-1) - (3-5) som en skitse til en energirationeringsmodel, så foreligger der i modellen mulighed for at implementere et forsyningssvigt på energivaren i rel. (3-4) ved exogent at formindske størrelsen af \bar{E} . Denne mulighed harmonerer med afgrænsningen af det foreliggende licentiatprojekt til at analysere (optimere) konsekvenserne af et kortvarigt givet forsyningssvigt på en vigtig energivare. Af i hvert tilfælde to grunde er modellen for grov at implementere et forsyningssvigt på. For det første er modellen lukket, således at der ikke skelnes mellem import og indenlandsk produktion/anvendelse, og for det andet indgår energi i modellen som én vare,

-
- 1) Det forudsættes i modellen, at arbejdsstyrken er homogen, således at der mht. arbejdskraft er fuld substitution mellem de enkelte sektorer. Det urealistiske i denne forudsætning er det næsten overføddigt at fremhæve.
 - 2) Jvf. sondringen i driftsøkonomien mellem variable og faste omkostninger.

dvs. som et aggregat af såvel primære energityper (kul, råolie etc.) som sekundære energityper (el, fjernvarme etc.)¹⁾.

3.2. Importen

At opstille en lukket model for en så åben økonomi som den danske er i sig selv principielt uhensigtsmæssigt. Mere konkret er det dog uhensigtsmæssigt, at det ikke i modellen (3-1) - (3-5) er muligt explicit at relatere forsyningssvigtet til enten indenlandsk energiproduktion eller import af energi, idet hovedsigtet med energirationeringsmodellen er at vurdere konsekvenserne af - og tilpasningsmulighederne til - et udefra kommende forsyningssvigt på en vigtig energikilde - altså specielt råolie og raffinerede produkter.

Modellen kan åbnes ved at inkludere udenrigshandelen i io-systemet (3-2). Som et første tiltag gives nettoudenrigshandelen exogent, og modellen bliver dermed praktisk taget identisk med en af THAGE, B. (1973) opstillet simpel optimeringsmodel²⁾. Det udvidede io-system bliver derfor (3-6).

$$q + \bar{m} = Aq + f + \bar{x} \quad \Leftrightarrow$$

$$(I-A)q - f + \bar{m} - \bar{x} = 0 \quad (3-6)$$

I: enhedsmatricen

\bar{m} : exogen import (erhvervsfordelt)

\bar{x} : exogen eksport (erhvervsfordelt)

1) En sondring kan opstilles mellem primære og sekundære energityper, således at førstnævnte er råvarer, der i ubehandlet form anvendes som energiinput i produktionen eller i endelige anvendelser, mens sidstnævnte er konverterede eller forædlede energityper produceret på basis af primære energityper.

2) THAGE, B. (1973), s. 373.

Inkorporeringen af (3-6) i ovenstående LP-model - i stedet for (3-2) - rejser et problem, som blokkerer for den videre modeludvikling og derfor må afklares: Er energi et primært input eller en io-sektor/io-vare?¹⁾

I LP-modellen (3-1) - (3-5) er opfattelsen af energi som et primært input - produktionsfaktor - fastholdt fra 2-sektor modellen i afsnit 2.2, idet energi er løsrevet fra io-systemet (3-2) og optræder som en produktionsfaktor (3-4). Denne relation fastlægger - som tidligere omtalt - en lineær sammenhæng mellem de sektorfordelte produktionsværdier og sektorernes samlede energiforbrug. Det giver imidlertid et forenklet billede - ja endog vrangbillede - af energiens rolle i økonomien udelukkende at opfatte den som en faktor i produktionsprocessen, fordi energi også optræder som en endelig anvendelseskomponent i f, f.eks. i privat konsum.²⁾

Derudover vil det være nærliggende og fordelagtig at fortolke vektoren a^E - energikoefficienterne - som en række i koefficientmatricen A, jvf. nedenstående fig. 3-1, hvor a^E er inkorporeret som sidste række i koefficientmatricen A.

I fig. 3-1 optræder energi som den n'te io-sektor/io-vare i koefficientmatricen A og dermed i io-modellen (3-2). Energi er altså blevet internaliseret i det generelle io-system og er som en følge deraf underlagt det samme balancekrav som de øvrige io-sektorer, dvs. tilgang = anvendelse.

1) Jvf. afsnit 5.1, hvor opbygningen af en input-output tabel er beskrevet.

2) Specielt de sekundære energityper fjernvarme og elektricitet anvendes i relativt stort omfang til konsum (endelig anvendelse).

$$\begin{array}{cccc}
 & \text{Sektor 1} & \dots\dots & \text{Sektor}(n-1) & \text{Energi} \\
 \text{Sektor 1} & \left[\begin{array}{cccc}
 a_{11} & \dots\dots & a_{1\ n-1} & a_{1n} \\
 \cdot & & \cdot & \cdot \\
 \cdot & & \cdot & \cdot \\
 \cdot & & \cdot & \cdot \\
 \cdot & & \cdot & \cdot \\
 \cdot & & \cdot & \cdot \\
 \text{Sektor}(n-1) & a_{n-1\ 1} & 1 & \dots\dots & a_{n-1\ n-1} & a_{n-1\ n} \\
 \text{Energi} & a_1^E & \dots\dots & a_{n-1}^E & a_n^E
 \end{array} \right] & = A
 \end{array}$$

Fig. 3-1. Energi inkorporeret A-matricen.

Implikationen af ovenstående diskussion bliver, at energi i den videre modeludvikling ikke længere opfattes som et primært input, men som en io-sektor/io-vare, dvs. rel. (3-4) ekskluderes i det følgende.

Udover at rumme information om io-sektorernes energiintensitet - koefficientrækken a_1^E, \dots, a_n^E - rummer A-matricen også oplysninger om energi-sektorens input-struktur, givet ved koefficientsøjlen a_{1n}, \dots, a_n^E . (Datakonstruktion og problemer i den anledning omtales i det efterfølgende afsnit 5.3). En exogen f vil derfor i (3-2) determinere et sæt af sektorfordelte produktionsværdier - q - der dels afspejler io-sektorernes samlede energiinputkrav ($q_n - f_n$), dels energisektorens samlede inputkrav $((a_{1n}, \dots, a_{n-1\ n}, a_n^E) \cdot q_n)$.

Rettes blikket igen mod den åbne io-model (3-6) med exogen udenrigshandel har denne nu energi indbygget som en io-sektor. Et forsyningssvigt på importeret energi kan gives exogent via \bar{m} , mens et indenlandsk forsyningssvigt kræver indførelsen af en yderligere restriktion. Indføres produktionskapaciteterne - \bar{q}_{kap} - som en ny exogen i LP-modellen, kan et forsyningssvigt gives som en restriktion på energisektorens (sektor n) produktionskapacitet (jvf. (3-7)).

$$q \leq \bar{q}_{\text{kap}} \quad (3-7)$$

LP-modellen: (3-1), (3-6), (3-7), (3-3), (3-5) gør det muligt at sondre mellem et indenlandsk og - af speciel interesse - et udenlandsk forsyningssvigt, men exogeniseringen af importen er en forenkling af virkeligheden og ikke uproblematisk.

Kriteriefunktion

$$\text{Max } W = e \cdot f \quad (3-1)$$

Restriktioner

$$(I-A)q - f + \bar{m} - \bar{x} = 0 \quad (3-6)$$

$$q \leq \bar{q}_{\text{kap}} \quad (3-7)$$

$$a^N \cdot q \leq \bar{N} \quad (3-3)$$

Ikke-negativitetsbetingelse

$$q > 0 ; f > 0 \quad (3-5)$$

Behandlingen af importen som negativ export - eller negativ endelig anvendelse - implicerer, at der til enhver importvare eksisterer en tilsvarende indenlandsk (dansk) produktionssektor, som med den givne produktionsteknik kan fremstille importsubstituerende varer. Modellen fastlægger derfor en fleksibilitet mellem import og indenlandsk produktion, som i praksis ikke er til stede - specielt ikke hvis modellen opstilles på et meget disaggregeret niveau, hvor varer snarere end sektorer optræder. På dette niveau vil man kunne finde importvarer, for hvilke der ikke eksisterer en indenlandsk produktion¹⁾, mens man omvendt vil

1) Dette er karakteristisk for mange af de råvarer, som handles på verdensmarkedet. Specielt i relation til energi kan stenkul fremhæves og - i et historisk perspektiv - råolie.

finde importerede varer, som konkurrerer med tilsvarende indenlandsk producerede varer. Den indenlandske efterspørgsel efter de førstnævnte komplementære importvarer er strukturelt betinget, mens den for de sidstnævnte konkurrerende importvarer er konjunktur afhængig, dvs. afhænger bl.a. af valutakurs og bytteforhold.

Situationen er dog ikke enten-eller, og ovenstående synspunkter forsøges ikke inddraget i en argumentation om at sondre mellem konkurrerende og ikke-konkurrerende import - jfr. THAGE, B. (1973). Sondringen operationaliseres vha. importkvoten, men da de importerede varer dækker et bredt spektrum - dvs. intervallet $[0;1]$ - af importkvoter, er det unuanceret og arbitrært at fastlægge en skillelinie. Kritikken af klassifikationsprincippet: konkurrerende/ikke-konkurrerende import uddybes ikke i denne sammenhæng. I stedet udnyttes den informationsværdi, som importkvoterne repræsenterer, til at skabe grundlaget for en io-model med endogen import.

Hvis det antages, at importen udgør en konstant andel af den indenlandske anvendelse af hver enkelt sektors output, mao. en antagelse om proportionalitet mellem import og indenlandsk anvendelse på sektorniveau, kan io-modellen (3-6) udvides med den generelle importfunktion (3-8), i hvilken de sektorfordelte importkvoter - u - optræder som proportionalitetsfaktorer.

$$m = \hat{u} \cdot (q + m - x) \quad (3-8)$$

På højresiden af (3-8) er \hat{u} den diagonaliserede vektor af importkvoter, og den indenlandske anvendelse består af indenlandsk produktion (q) og bruttoimport ($m-x$), hvor eksporten er exogen.

Importfunktionen (3-8) er indbygget i nedenstående io-model - (3-9) - (3-10) - med endogen import¹⁾.

$$(I-(I-\hat{u})A)q - (I-\hat{u})f - \bar{x} = 0 \quad (3-9)$$

$$m = \hat{u}Aq + \hat{u}f \quad (3-10)$$

I modellen antages det, at det direkte importindhold i eksporten - mao. reeksporten - er lig med 0.

Formuleringen af en importfunktion resulterer altså i en opsplitning af io-modellen i en importdel - (3-10) - og en indenlandsk del - (3-9) - i hvilken sektorbalancerne afspejler indenlandsk produktion og indenlandske leverancer (+ eksport). Den exogene A-matrix renses vha. importkvoter for importindhold, således at io-koefficienterne i den endogene koefficientmatrix $(I-\hat{u})A$ afspejler produktionsstrukturen i det indenlandske produktionssystem. Modellen (3-9) - (3-10) muliggør derfor en analyse af konsekvenserne af et forsyningssvigt på importeret energi for den indenlandske økonomi - givet ved produktions-

1) Udledning af io-model med endogen import.

Io-model med endogen import (jvf. (3-6)):

$$(a) \quad q - Aq - f + m - \bar{x} = 0$$

Importfunktionen:

$$(3-8) \quad m = \hat{u} (q + m - \bar{x})$$

$$(a) \quad \Leftrightarrow \quad q + m - \bar{x} = Aq + f \quad \Leftrightarrow$$

$$(b) \quad \hat{u} (q + m - \bar{x}) = \hat{u}Aq + \hat{u}f$$

Indsættes (3-8) i (b) fås:

$$(3-10) \quad m = \hat{u}Aq + \hat{u}f$$

(3-10) indsættes i (a):

$$q - Aq - f + \hat{u}Aq + \hat{u}f - \bar{x} = 0 \quad \Leftrightarrow$$

$$(3-9) \quad (I-(I-\hat{u})A)q - (I-\hat{u})f - \bar{x} = 0$$

(3-9) og (3-10) er en io-model med endogen import.

værdierne q og de endelige anvendelser f . Forsyningssvigtet antages exogent givet som en reduktion af ligevægtsimporten i den uforstyrrede økonomi til et lavere uligevægtsniveau, og svigtet kan implementeres i LP-modellen som et simpelt upper bound (jvf. afsnit 4.3, hvor relationerne i en LP-model forsøges kategoriseret):

$$m_e < \bar{m}_e \quad (3-11)$$

(3-11) fastlægger en exogen øvre grænse på energikomponenten i importvektoren: $(m_1, \dots, m_{n-1}, m_e)$.

For at undgå at den endogene bestemmelse af importen skal få uønskede betalingsbalancevirkninger, kan betalingsbalance-restriktionen¹⁾ (3-12) inkluderes i LP-modellen som en øvre grænse for den totale nettoimport. Da eksporten imidlertid er exogen, er betalingsbalancerestriktionen i praksis en øvre grænse for den totale (aggregerede) import.

$$e \cdot m - e \cdot \bar{x} \leq B \quad \Leftrightarrow \quad (3-12)$$

$$e \cdot m \leq B + e \cdot \bar{x}$$

Efter endogeniseringen af importen er den relevante og udbyggede LP-model nu:

Kriteriefunktion

$$\text{Max } W = e \cdot f \quad (3-1)$$

1) I denne sammenhæng skelnes ikke mellem en betalingsbalance og en handelsbalance.

Restriktioner

$$(I - (I - \hat{u})A)q - (I - \hat{u})f - \bar{x} = 0 \quad (3-9)$$

$$m = \hat{u}Aq + \hat{u}f \quad (3-10)$$

$$a^N \cdot q \leq \bar{N} \quad (3-3)$$

$$q \leq \bar{q}_{\text{kap}} \quad (3-7)$$

$$m_e \leq \bar{m}_e \quad (3-11)$$

$$e \cdot m - e \cdot \bar{x} \leq B \quad (3-12)$$

Ikke-negativitetsbetingelse

$$q > 0 ; f > 0 ; m > 0 \quad (3-13)$$

Spørgsmålet er nu, om modellen har en "sund" adfærd og er i stand til at give en rimelig beskrivelse af konsekvenserne af et svigt i leverancerne af den importerede energivare. Spørgsmålet må nødvendigvis besvares på baggrund af à priori stillede forventninger til modellen; disse vil dog i det følgende blive formuleret ad hoc, når modellen analyseres og diskuteres.

Modellens adfærd under et forsyningssvigt vurderes i forhold til en referencetilstand (et referencescenarium), der karakteriserer den uforstyrrede økonomi, dvs. tilstanden er en slags "ligevægtstilstand", hvor energiforsyningen er "normal". Modellen er teoretisk i stand til ex post at reproducere en stedfunden historisk tilstand¹⁾, idet empirisk observerede værdier

1) Strengt taget er der ikke tale om tilstand, men om en periode, fordi io-modellen opstiller balancer mellem flows, der optræder indenfor en tidsperiode - typisk et år. Io-modellen er dog på den anden siden også en tværsnitsmodel, der bygger på et statistisk og historisk specifikt datamateriale.

af hhv. f og \bar{x} i princippet determinerer modelløsninger af q og m , der stemmer overens med empirisk observerede værdier. Hvis reproduktionen skal lykkes, må ingen af ulighedsrestriktionerne være bindende. Modellen vil opnå samme resultat, hvis produktionskapaciteterne - \bar{q}_{kap} - i (3-7) og den exogene eksport fastsættes til de empirisk observerede værdier. I det følgende vil der blive refereret til den beskrevne tilstand som referencetilstanden eller referencescenariet, sidstnævnte vil især blive anvendt i forbindelse med modelkørsler baseret på et numerisk datamateriale.

Et energiforsyningssvigt på importeret energi implementeres i ovenstående model i rel. (3-11), således at denne - i modsætning til referencetilstanden - bliver bindende for værdien af kriteriefunktionen. Konsekvensen af forsyningssvigtet optræder i importfunktionen (3-10) - og bliver en proportional nedskæring af den indenlandske energianvendelse med energiimportkvoten som proportionalitetsfaktor. Da energibalancen i (3-9) også skal opretholdes i den nye situation, betyder det en mindsket indenlandsk energiproduktion. Effekten af nedgangen i den importerede energimængde bliver altså den paradoksale, at den indenlandske energiproduktion trækkes med ned i en situation, hvor det tværtimod ville være naturligt, at den indenlandske energiproduktion blev forøget - og endda forøget helt op til kapacitetsgrænsen givet i (3-7)!

Importfunktionen (3-10) spiller en uheldig og omvendt rolle i modellen og giver den en utilsigtet adfærd. Rollen er omvendt, fordi importfunktionen normalt anvendes til at determinere det importtræk, som en (marginal) ændring i en endelig anvendelseskomponent forårsager, mens rollen i ovenstående situation bliver den, at det exogene importbortfald determinerer den indenlandske produktionsaktivitet. I en disaggregeret io-model, hvor energi er opsplittet på forskellige sektorer og varer, f.eks. raffinaderier og råolie, og hvor forsyningssvigtet rammer den importerede råolie, vil modeladfærden blive endnu mere grel, fordi følgende kædereaktion (kausale kæde) vil blive initieret:

$$m_o^+ + q_o^+ + q_r^+ + m_r^+$$

o: råolie

r: raffinerede olieprodukter

Resultatet af en nedgang i råolieimporten i en mere disaggregeret io-model, hvor bl.a. en råoliesektor og en raffinaderisektor spiller sammen, bliver altså såvel en nedgang i den indenlandske råolieproduktion som i den indenlandske raffinaderiproduktion og importen af raffinerede olieprodukter - givet de faste importkvoter og tekniske koefficienter. Produktionsnedgangen i den indenlandske raffinaderisektor trækker således via importkvoten importen af raffinerede olieprodukter med ned!

Undersøgelsen af modellens adfærd viser, at den endogene io-model - (3-9) - (3-10) - er uhensigtsmæssig til beskrivelse og analyse af den foreliggende problemstilling, fordi modellen fastlægger en binding mellem indenlandsk produktion og import via importkvoterne. Bindningen betyder, at produktionen i en indenlandsk sektor er fastlåst, sålænge der hviler en bindende restriktion på en tilsvarende importsektor, hvilket umuliggør en flexibilitet/substitution mellem indenlandsk produktion og import.

En endogenisering af energiimportkvoten i \hat{u} er et middel til at løse den strenge proportionalitet mellem import og indenlandsk produktion, men udover at være en indirekte og teoretisk utilfredsstillende løsning af importproblemet er løsningen i modstrid med LP-modellens lineære struktur. Inkorporeringen af en endogen energiimportkvote gør optimeringsmodellen ulineær.

I stedet for at gøre al import exogen og dermed tage springet tilbage fra en fuldstændig endogen io-model til en fuldstændig exogen model kan et kompromis vælges, hvor et mere differentieret syn lægges på importen, således at nogle importkomponenter betragtes som exogene, mens andre betragtes som endogene.

Mere konkret er filosofien den, at energiimporten indbygges exogent i modellen for derved at få indbygget den flexibilitet, at udenlandsk og indenlandsk energiproduktion kan substituere

hinanden. De egentlige varemarkeder, dvs. ikke-energimarkeder, modelleres derimod endogent i modellen (givet ved importfunktionen (3-10)), for derved stadig at have inkorporeret dén adfærd, at en marginal øgning af den endelige anvendelse trækker såvel indenlandsk produktion som import, samt at forskellige kategorier af endelig anvendelse stiller større eller mindre krav til importleverancer/indenlandske leverancer. Ovenstående opsplitning af importen bevirker, at markeder i ligevægt modelleres endogent, mens markeder i uligevægt modelleres exogent. Det vil nemlig være urealistisk at forestille sig, at den strenge proportionalitet mellem indenlandsk produktion og import vil blive opretholdt i en uligevægtssituation f.eks. i en situation med forsyningssvigt på importen af et væsentligt energiprodukt. Uligevægtssituationen vil snarere være karakteriseret af flexibilitet og substitution. For det første substitution inden for ét marked mellem import og indenlandsk produktion, og for det andet (kortsigts)substitution mellem flere markeder for nære substitutter (f.eks. olie, kul, gas, el).

I stedet for at indbygge den totale - dvs. aggregerede - energiimport som en exogen kan energiimporten fordelt på energivarer/-sektorer gives exogent¹⁾. Denne disaggregering er en nødvendig betingelse for at kunne fokusere på det ovennævnte andet substitutionsaspekt. Derudover giver disaggregering af energivarer en mere realistisk - og selvfølgelig nuanceret - modellering af energiens rolle i en samfundsøkonomi, hvor energi i praksis ikke blot er en homogen vare, men et spektrum af mere eller mindre forædlede varer, af hvilke nogle i en given sammenhæng er substitutter og i en anden sammenhæng komplementære. Forskellige energityper har divergerende specifikke kemisk/fysiske egenskaber, som generelt gør det hensigtsmæssig at skelne mellem forskellige økonomiske energivarer, og som i den givne rationeringssammenhæng gør en disaggregering nødvendig²⁾.

1) Disaggregering af energi på konkrete varer og sektorer på baggrund af et empirisk datamateriale omtales i kapitel 5.

2) Disaggregeringsniveauet - dvs. antallet af inkluderede energivarer - afhænger selvfølgelig af den foreliggende konkrete problemstilling, som skal analyseres og/eller modelleres.

Den fremførte argumentation leder frem til den konklusion, at en opsplitning af energi i flere energivarer giver den foreliggende model mulighed for at belyse yderligere - og relevante - aspekter af en energirationeringsproblemstilling.

Exogeniseringen af energiimporten fordelt på energivarer/-sektorer kan implementeres i ovenstående LP-model med små formelle ændringer. Antages, at modellen inkorporerer m energivarer/-sektorer og $n-m$ ikke-energisektorer ($m < n$) kan \hat{u} og \bar{m}_e omdefineres i overensstemmelse hermed, således at

$$\hat{u} = (0, \dots, 0, \hat{u}_{m+1}, \hat{u}_{m+2}, \dots, \hat{u}_n)$$

$$\bar{m}_e = (\bar{m}_{e1}, \dots, \bar{m}_{em}, 0, \dots, 0)$$

Både \hat{u} og m_e har dimensionen $(1 \times n)$ og sondrer mellem energi og ikke-energi.

Den fuldstændigt endogene io-model (3-9) - (3-10) bliver herefter til en kombineret endogen/exogen io-model:

$$(I - (I - \hat{u})A)q - (I - \hat{u})f - \bar{x} + \bar{m}_e = 0 \quad (3-14)$$

$$m = \hat{u}Aq + \hat{u}f + \bar{m}_e \quad (3-15)$$

Den reviderede io-model overflødiggør importrestriktionen (3-11), da denne kun er meningsfuld i relation til en endogen energiimport. Den ændrede LP-model har nu følgende udseende:

Kriteriefunktion

$$\text{Max } W = e \cdot f \quad (3-1)$$

Restriktioner

$$(I - (I - \hat{u})A)q - (I - \hat{u})f - \bar{x} + \bar{m}_e = 0 \quad (3-14)$$

$$m = \hat{U}Aq + \hat{U}f + \bar{m}_e \quad (3-15)$$

$$a^N \cdot q \leq \bar{N} \quad (3-3)$$

$$q \leq \bar{q}_{\text{kap}} \quad (3-7)$$

$$e \cdot m - e \cdot \bar{x} \leq B \quad (3-12)$$

Ikke-negativitetsbetingelse

$$q > 0 ; f > 0 ; m > 0 \quad (3-13)$$

Forsyningskrisen kan i denne LP-model gives exogent via \bar{m}_e (for en enkelt energivare eller for kombinationer af flere energivarer) som en nedgang i importeret energi i forhold til referencetilstanden. Den indbyggede fleksibilitet i energisystemet i modellen vil betyde en relativ forøgelse af den indenlandske energiproduktion under et forsyningssvigt, der også absolut vil forøges op til de givne kapacitetsgrænser - dog afhængigt af forsyningssvigtets størrelse. De indenlandske produktionskapacitetsgrænser bliver i denne modelversion af central betydning for forsyningssvigtets gennemslagskraft mht. den endelige efterspørgsel f , fordi disse må forventes at binde f .

3.3 Disaggregering af de endelige anvendelser

Den exogene energiimport rejser på det disaggregerede niveau et balanceproblem i io-systemet. Problemet opstår, når referencetilstanden forlades, og et forsyningssvigt introduceres på importen af en enkelt energivare eller udvalgte energivarer, samtidigt med at importen af de øvrige - dvs. ikke af forsyningssvigtet ramte - energivarer er uændret i forhold til referencetilstanden.

Forudsættes det, at forsyningssvigtet ikke kan kompenseres fuldt ud ved øget indenlandsk produktion af den kriseramte energivare, vil den formindskede totale tilgang af energivaren resultere i

et aktivitetsfald i de sektorer, der anvender den pågældende energivare som input. Pga. den faste og lineære produktionsstruktur - givet ved koefficientmatricen A - mindskes inputkravene til de ikke-kriseramte energivarer forårsaget af de formindskede sektoraktiviteter (q_i). Da io-balancerne i (3-14) fortsat skal opretholdes på sektorniveau under forsyningssvigt, vil en uændret \bar{x} og \bar{m}_e samt en faldende q determinere en stigende f i forhold til referencetilstanden for nogle af de ikke-kriseramte energivarer¹⁾.

Nødvendigheden af en opjustering af den endelige anvendelse (f) for nogle af io-modellens sektorer for - givet den exogene energiimport - at opfylde io-systemets balancekrav, samt tvangselementet i denne opjustering, introducerer et mere nuanceret syn på f . Hidtil har f været et summarisk udtryk for de samlede endelige indenlandske anvendelser, men da såvel substitutionsmuligheder som styringsinstrumenter i en situation med et forsyningssvigt vil variere mellem delkomponenter af f , vil det være hensigtsmæssigt på dette stade af modeludviklingen at foretage en opsplittning af f , mao. at disaggregere f . I (3-16) opsplittes f på tre principielt forskellige komponenter.

$$f = c + i + g \quad (3-16)$$

c: privat konsum

g: offentligt konsum

i: lagerinvesteringer

1) Et godt empirisk eksempel er kulbalancen. Af DS data (io-tal og energimatricer tal) fra 1980 fremgår det, at ca. 96% af kulleverancerne anvendes i produktionssektorer, mens en forsvindende del går direkte til endelig anvendelse. Dette betyder, at balancen er meget skrøbelig mht. aktiviteten i de kulforbrugende produktionssektorer. Falder aktiviteten, så mindskes kulforbruget, og den endelige anvendelse må stige, for at balancen kan opretholdes - givet den exogene import af kul.

Inkorporeres (3-16) i io-modellen (3-14) - (3-15) fås:

$$(I-(I-\hat{u})A)q - (I-\hat{u})c - (I-\hat{u})g - (I-\hat{u})i - \bar{x} + \bar{m}_e = 0 \quad (3-17)$$

$$m = \hat{u}Aq + \hat{u}c + \hat{u}g + \hat{u}i + \bar{m}_e \quad (3-18)$$

Opsplitningen af f åbner mulighed for en prioritering af de tre efterspørgselskomponenter: privat konsum, offentlig konsum og lagerinvesteringer, samt for en realistisk justering af io-balancerne under et forsyningssvigt på importeret energi. I forlængelse af balanceproblemet er det måske tvivlsomt, om det private og offentlige konsum på kort sigt (dvs. under en kortvarig forsyningskrise) kan forøges med en mængde, der ækvivalerer faldet i produktionssystemets energiforbrug af en ikke-kriseramt energivare, bl.a. fordi nogle energivarer (jvf. omstående fodnote) næsten udelukkende anvendes som inputfaktorer i produktionsprocessen. Muligheden for i en sådan situation at opbygge lagre foreligger explicit i den disaggregerede io-model: (3-17) - (3-18), og dermed får modellen en ny dimension. Den hidtidige afstemning af flows omfatter nu også ændringer i stocks, og således kan det grundlæggende io-princip om tilgang = anvendelse nu udvides med en stock-dimension:

$$\text{tilgang} = \text{anvendelse} + \text{lager (ultimo)} - \text{lager (primo)}$$

Lagerinvesteringerne (i) optræder dermed som en buffer i io-systemet, der på den ene side kan løse balanceproblemet mht. den exogene energiimport, og på den anden side kan afhjælpe en kortvarig reduktion af flowkomponenten: energiimport. I den sidstnævnte rolle optræder lagerinvesteringer (= lagertræk) som et aktivt styringsinstrument, der kan anvendes i en situation med et forsyningssvigt. At lagerinvesteringerne har denne stock-dimension, rejser to problemer: det første af styringsmæssig karakter, det andet af LP-teknisk karakter.

For det første er det problematisk, at i er unbounded. Et lagertræks størrelse vil i praksis være begrænset af beslutningsta-

gerens opfattelse af hensigtsmæssighed samt af selve lagerstockens fysiske størrelse.

For det andet er det problematisk i forhold til LP-metoden, at lagerinvesteringer kan være negative (= lagertræk), fordi metoden stiller kravet om ikke-negativitet. For at omgå ikke-negativitetskravet i LP-modellen med hensyn til endogene variable må ændringer i stocks implementeres i modellen, således at de ikke kolliderer med dette krav. En løsning på problemet er at foretage en opsplittning af i i to komponenter, således at der sondres mellem lageropbygning - i^+ - og lagertræk - i^- . Følgende identitet er definatorisk opfyldt:

$$i = i^+ - i^- \quad \text{for } i^+ > 0; i^- > 0 \quad (3-19)$$

Indbygning af (3-19) i io-modellen (3-18) samt fastlæggelse af en øvre grænse for lagertræk - (3-23) - giver nedenstående aktuelle version af LP-modellen.

Kriteriefunktion

$$\text{Max } W = e \cdot f \quad (3-1)$$

Restriktioner

$$\begin{aligned} (I - (I - \hat{u})A)q - (I - \hat{u})c - (I - \hat{u})g - (I - \hat{u})i^+ + & (3-20) \\ (I - \hat{u})i^- - \bar{x} + \bar{m}_e = 0 \end{aligned}$$

$$m = \hat{u}Aq + \hat{u}c + \hat{u}g + \hat{u}i^+ - \hat{u}i^- + \bar{m}_e \quad (3-21)$$

$$a^N \cdot q \leq N \quad (3-3)$$

$$q \leq \bar{q}_{\text{kap}} \quad (3-7)$$

$$e \cdot m - e \cdot \bar{x} \leq B \quad (3-12)$$

$$f = c + i^+ - i^- + g \quad (3-22)$$

$$i^- < \bar{i}_{\max} \quad (3-23)$$

Ikke-negativitetsbetingelse

$$q, f, m, c, g, i^+, i^- > 0 \quad (3-24)$$

3.4. Beslutningstagerens præferencer - kriteriefunktionen

Med ovenstående model som udgangspunkt fokuseres nu på kriteriefunktionen, idet denne explicit fastlægger modellens adfærd i modsætning til restriktionerne, der i princippet blot lægger begrænsninger på denne adfærd. Hidtil har diskussionen vedrørende modeludviklingen kun omfattet udformningen af LP-modellens restriktioner, mens kriteriefunktionens udseende er blevet videreført ureflekteret som en reminiscens fra den simple LP-model: (3-1) - (3-5).

Prioriteringen af restriktioner frem for kriteriefunktion i den hidtidige diskussion kan dog begrundes. Fastlæggelsen af en operationel kriteriefunktion nødvendiggør det skridt, som en teoretisk økonom nødtigt tager - nemlig skridtet fra positiv økonomisk teori til normativ økonomisk teori, hvor værdifrihed som tidligere omtalt er illusorisk (jvf. kapitel 2). LP-modellens kriteriefunktion inkorporerer i rendyrket form beslutningstagerens præferencer, hvilke ikke på et sagligt og teoretisk/økonomisk grundlag kan gøres til genstand for diskussion, men må tages ad notem af økonomen, når denne beskæftiger sig med normative modeller¹⁾.

1) I denne sammenhæng tages der ikke stilling til, om beslutningstageren er en fysisk person - og i så fald hvilken - en gruppe af personer eller et samfund.

Restriktionerne i LP-modellen kan også afspejle beslutningstagerens præferencer i de tilfælde nogle krav ønskes tilgode- set eller overholdt - men ikke optimeret (jvf. betalingsbalan- cerestriktionen (3-12) og restriktionen på det maksimale lager- træk (3-23))¹⁾. Beslutningstagerens krav til visse af LP-model- lens strukturelle variable i form af bounds kan i praksis lægge så mange begrænsninger på løsningens mulighedsområde, at løs- ningen er - omend ikke prædetermineret - så dog kun i begræn- set omfang bestemt af den adfærd, som er nedlagt i kriterie- funktionen. Selvom der selvfølgelig er en principiel forskel på et kriterium, der ønskes optimeret, og et kriterium, der blot skal opfylde nogle fastlagte bounds, så kan forskellen altså i praksis være begrænset, når løsningsmulighedsområdet er lille, og bestemmelsen af hvilket kriterium (eller kriterier) der ønskes optimeret, og hvilke, der skal pålægges bounds, kan være langt fra éntydig. Dette gælder specielt, når en person- gruppes præferencer skal repræsenteres i en LP-model, og endnu mere udtalt, når persongruppen udvides til at omfatte et sam- fund/en nation, fordi en fælles consensus mht. velfærds-kriterier er vanskelig at forestille sig. Tværtimod vil samfundet kunne opdeles i grupper, inden for hvilke rangordningen af alterna- tive velfærds-kriterier er rimelig homogen, men mellem hvilke rangordningen er vidt forskellig, f.eks. vil det være tilfældet med vurderingen af en given fordelingspolitik, hvor gruppepræ- ferencer er antagonistiske.

Det er altså vanskeligt at forene modstridende præferencer i en fælles samfundsmæssig kriteriefunktion (velfærdsfunktion) og at udpege velfærds-kriterier, der er neutrale, dvs. bygger på en "bred" consensus. Dette er årsagen til, at kriteriefunktionen ikke hidtil er blevet gjort til genstand for diskussion, men er blevet overladt til "beslutningstageren", hvis opgave i praksis har været udvælgelsen af den optimale løsning fra en mængde af mulige løsninger. De mulige løsninger kan - som før nævnt - være begrænset af beslutningstagerens præferencer i form af

1) I afsnit 4.3.1 foretages en klassifikation af LP-modellen LINRAT's restriktioner.

bounds, men derudover vil de også være begrænset af såvel økon-
miske, tekniske som fysiske restriktioner, og det er erkendelsen
og formuleringen af de sidstnævnte tre typer restriktioner, der
er LP-modelbyggerens hovedopgave. Den videnskabelige værdi lig-
ger i modelleringen af de restriktioner, som kan formuleres på
et positivt videnskabeligt grundlag, og som lægger de reale be-
grænsninger på en valgsituation. Valget indenfor mulighedernes
grænser er beslutningstagerens!

Blikket vendes herefter atter mod den konkrete kriteriefunktion:
(3-1). Denne maximerer den samlede indenlandske efterspørgsel -
givet ved (3-22) - og er indifferent mht. fordelingen på efter-
spørgselskategorier. Denne arbitrære fordeling er en uheldig
egenskab ved kriteriefunktionen, fordi den kan resultere i model-
løsninger, i en situation med et forsyningssvigt, der afviger ra-
dikalt fra referencesituationen. Det offentlige konsum vil model-
len formentlig lade stige kraftigt pga. det ringe energi- og im-
portindhold i denne efterspørgselskomponent, hvorimod lagertræk-
kene, der optræder med negativt fortegn, vil blive minimeret. Den
manglende prioritering og binding af de enkelte efterspørgsels-
komponenter er uhensigtsmæssig, fordi modellen får for stort spil-
lerum mht. fastlæggelsen af de endogene, hvorved den har mulighed
for at bevæge økonomien for langt væk fra referencetilstanden.

Den løsning vælges i det følgende at implementere beslutnings-
tagerens præferencer mht. de enkelte efterspørgselskomponenter
via bounds, således at et interval af - for beslutningstageren
- acceptable værdier lægges omkring en given efterspørgselskom-
ponent under hensyntagen til dens værdi i referencetilstanden.
I stedet for den indenlandske efterspørgsel fokuseres i krite-
riefunktionen på aktiviteten i produktionssystemet og specielt
den aktivitet, der er beskæftigelsesintensiv. Modellens adfærd
skal nu være dén, at beskytte produktion og beskæftigelse under
en energiforsyningskrise, således at produktionssystemet og be-
skæftigelsen lider mindst mulig overlast. Kriteriefunktionen
(3-25) maximerer den totale beskæftigelse i økonomien som et
produkt af de sektorfordelte produktionsværdier (q) og de sek-
torfordelte beskæftigelseskoefficienter (l).

$$W = l \cdot q \quad (3-25)$$

Revideres LP-modellen i overensstemmelse med kriteriefunktionen (3-25) samt med bounds på efterspørgselskomponenterne fås nedenstående LP-model.

Kriteriefunktion

$$W = l \cdot q \quad (3-25)$$

Restriktioner

$$\begin{aligned} (I - (I - \hat{u})A)q - (I - \hat{u})c - (I - \hat{u})g - (I - \hat{u})i^+ + (3-20) \\ (I - \hat{u})i^- - \bar{x} + \bar{m}_e = 0 \end{aligned}$$

$$m = \hat{u}Aq + \hat{u}c + \hat{u}g + \hat{u}i^+ - \hat{u}i^- + \bar{m}_e \quad (3-21)$$

$$q \leq \bar{q}_{\text{kap}} \quad (3-7)$$

$$e \cdot m - e \cdot \bar{x} \leq B \quad (3-12)$$

$$c \leq \bar{c}_{\text{max}} \quad (3-26)$$

$$c \geq \bar{c}_{\text{min}} \quad (3-27)$$

$$i^+ \leq \bar{i}_{\text{max}}^+ \quad (3-28)$$

$$i^+ \geq \bar{i}_{\text{max}}^+ \quad (3-29)$$

$$i^- \leq \bar{i}_{\text{max}}^- \quad (3-23)$$

$$i^- \geq \bar{i}_{\text{min}}^- \quad (3-30)$$

$$g \leq \bar{g}_{\text{max}} \quad (3-31)$$

$$g \geq \bar{g}_{\text{min}} \quad (3-32)$$

Ikke-negativitetsbetingelse

$$q, m, c, g, i^+, i^- > 0 \quad (3-33)$$

Ovenstående LP-model kan ex post reproducere faktiske værdier af q og m på grundlag af faktiske værdier af c , g , i^+ og i^- , hvis de sidstnævnte indsættes som bounds i hhv. (3-26), (3-31), (3-28) og (3-30). Dette referencescenarium inkluderer også ex post observerede værdier for \bar{m}_e .

Energiforsyningssvigtet implementeres stadig via \bar{m}_e . De indenlandske produktionskapaciteter (3-7) for den (de) kriseramte energivare(r) er centrale, fordi de - givet \bar{m}_e - sammen med max-grænsen for lagertræk (3-23) bestemmer tilgangen af den pågældende energivare. På anvendelsessiden prioriterer modellen - givet kriteriefunktionen (3-25) - energi, der genererer beskæftigelse i produktionssystemet - givet ved A-matricen - frem for energi, der "blot" konsumeres i endelig anvendelse. Da tilgangen i økonomien generelt falder, kan de endelige anvendelser ikke under et forsyningssvigt fastholdes på det samme niveau som i referencescenariet, mao. må bounds løsnest for at opretholde et mulighedsområde for en modelløsning. I forhold til den foregående LP-modelversion er arbejdskraftrestriktionen (3-3) blevet ekskluderet for at gøre det muligt at analysere den fulde konsekvens af en produktions- og beskæftigelsesfremmende krisepolitik.

Den sidste modelversion er et godt udgangspunkt for opstillingen af den mere detaljerede og specifikke energirationeringsmodel: LINRAT, fordi grundstrukturen er ens i de to modeller. Den generelle modelteoretiske skabelon er derfor skabt for LINRAT som en syntese af en udviklingsproces, hvor forskellige modelspecifikationer er blevet diskuteret og derefter forkastet eller accepteret. Diskussionen har afklaret en del af de teoretiske aspekter, som er inkluderet i LINRAT, og repræsenterer derfor en pædagogisk overgang fra metodebeskrivelsen i kapitel 2 til dokumentationen af LINRAT i det efterfølgende kapitel 4.

4. LINRAT - EN ENERGIRATIONERINGSMODEL FOR DANMARK

LINRAT er akronym for LINær RATIONeringsmodel. Samtlige modellens relationer er lineære, således at modellen kan løses vha. lineær programmering (LP). Dette foregår i praksis på Risø's Burroughs computer (B7800) vha. programmet LINPROG (jvf. appendix A). Grundstrukturen i LINRAT er en statisk input-output model, der teoretisk og metodemæssigt ligger i forlængelse af den i foregående kapitel udviklede model. Modellen er derfor en årsmodel byggende primært på input-output data fra Danmarks Statistik. Disaggregeringsniveauet er 24 sektorer, af hvilke 14 er ikke-energi sektorer, og 10 er energisektorer/energi-varer.

Ovenstående kortfattede karakteristik af LINRAT udbygges til en mere dækkende beskrivelse i det følgende. I 4.1 gives den formelle og matematiske modelspecifikation med korte overskrifter. Afsnittet dokumenterer LINRAT's udseende, men er vanskeligt tilgængeligt, hvorfor det eventuelt kan læses kursorisk. Der refereres dog i det følgende løbende til modellens enkelte relationer, hvilket giver afsnittet en forholdsvis central placering i nærværende rapport. Den korte og stringente modelbeskrivelse udbygges i 4.2, hvor en grundigere beskrivelse gives af modellens hovedmoduler og deres funktionsmåde. Endelig foretages i 4.3 en kategorisering af modellens relationer, og det diskuteres hvilke styringsinstrumenter, disse relationer inkorporerer.

4.1. Modelspecifikation for LINRAT

I bilag 1 er samtlige LINRAT's variable defineret og grupperet i endogene (=strukturelle variable) og exogene (=inputdata). Derudover er variablene sorteret på baggrund af deres dimension: matrix, vektor og skalar. LINRAT er nedenstående specificeret under hensyntagen til de formelle krav, som det generelle programmeringsproblem stiller (jvf. afsnit 2.1), bl.a. optræder modellens endogene variable kun på restriktionernes venstre-
sider.

Kriteriefunktion

Maximering af beskæftigelsen og træk fra olielagre.

$$\text{Max } W = l \cdot q + s \cdot i^- \quad (4-1)$$

Restriktioner

Input-output balancer (sektor-/varebaserede) på et aggregeringsniveau fastlagt af den rektangulære aggregeringsmatrix I' .

$$\begin{aligned} & I'(I - (I - \hat{u}_A)A)q - I'(I - \hat{u}_C)c - I'(I - \hat{u}_G)g - I'(I - \hat{u}_I)i^+ + \\ & I'(I - \hat{u}_I)i^- - I'(I - \hat{u}_F)f^+ + I'(I - \hat{u}_F)f^- - I'(I - \hat{u}_X)x \\ & = -I'\bar{m}_e \cdot p'_{me} \end{aligned} \quad (4-2)$$

Importfunktion (sektor-/varebaseret).

$$\begin{aligned} -m + \hat{u}_A Aq + \hat{u}_C c + \hat{u}_G g + \hat{u}_I i^+ - \hat{u}_I i^- + \hat{u}_F f^+ - \hat{u}_F f^- + \\ \hat{u}_X x = -\bar{m}_e \cdot p'_{me} \end{aligned} \quad (4-3)$$

Privat konsum med bounds. Aggregeringsniveau fastlagt af aggregeringsmatricen I' .

$$I' \cdot c > I' \cdot \bar{c}_{\min} \quad (4-4)$$

$$I' \cdot c < I' \cdot \bar{c}_{\max} \quad (4-5)$$

Produktionskapaciteter og lower bounds.

$$q < \bar{q}_{\text{kap}} \quad (4-6)$$

$$q > \bar{q}_{\min} \quad (4-7)$$

Offentligt konsum med bounds.

$$g > \bar{g}_{\min} \quad (4-8)$$

$$g < \bar{g}_{\max} \quad (4-9)$$

Lagerinvesteringer med bounds.

$$i^+ > \bar{i}_{\min}^+ \quad (4-10)$$

$$i^+ < \bar{i}_{\max}^+ \quad (4-11)$$

Lagertræk med bounds.

$$i^- > \bar{i}_{\min}^- \quad (4-12)$$

$$i^- < \bar{i}_{\max}^- \quad (4-13)$$

Øvrige endelige anvendelser (> 0) med bounds.

$$f^+ > \bar{f}_{\min}^+ \quad (4-14)$$

$$f^+ < \bar{f}_{\max}^+ \quad (4-15)$$

Øvrige endelige anvendelser (< 0) med bounds.

$$f^- > \bar{f}_{\min}^- \quad (4-16)$$

$$f^- < \bar{f}_{\max}^- \quad (4-17)$$

Export med bounds.

$$x > \bar{x}_{\min} \quad (4-18)$$

$$x < \bar{x}_{\max} \quad (4-19)$$

Import med bounds.

$$m > p'_{me} \cdot \bar{m}_{\min} \quad (4-20)$$

$$m < p'_{me} \cdot \bar{m}_{\max} \quad (4-21)$$

Handelsbalancerestriktion.

$$\sum m_i - \sum x_i < B \quad (4-22)$$

Importrestriktioner (=forsyningsvigt) på energivarer - i mængder (TJ).

$$m_{12} = p_{1n} \cdot \bar{m}_{1n} + p_{tr} \cdot \bar{m}_{tr} \text{ import af let nordsø} \\ \text{og tung råolie} \quad (4-23)$$

$m_{13} < \bar{m}_k \cdot P_{me13}$	kul	(4-24)
$m_{15} < \bar{m}_{gd} \cdot P_{me15}$	gas-/dieselolie	(4-25)
$m_{16} < \bar{m}_b \cdot P_{me16}$	benzin	(4-26)
$m_{17} < \bar{m}_f \cdot P_{me17}$	fuelolie	(4-27)

Raffinaderimodul

Definitorisk given sammenhæng mellem produktion i værdi og produktion i mængde for de fire raffinerede produkter.

$q_{15} - p_{15} \cdot t_1 = 0$	gas-/diesel	(4-28)
$q_{16} - p_{16} \cdot t_2 = 0$	benzin	(4-29)
$q_{17} - p_{17} \cdot t_3 = 0$	fuel	(4-30)
$q_{18} - p_{18} \cdot t_4 = 0$	andre raf. prod.	(4-31)

Opsplitning af de producerede fysiske mængder af raffinerede produkter i to dele baseret på let nordsø hhv. tung råolie.

$t_1 - t_{1L} - t_{1T} = 0$	(4-32)
$t_2 - t_{2L} - t_{2T} = 0$	(4-33)
$t_3 - t_{3L} - t_{3T} = 0$	(4-34)
$t_4 - t_{4L} - t_{4T} = 0$	(4-35)

Definitoriske identiteter mht. total produktion baseret på let nordsø hhv. tung råolie.

$$t_{1L} + t_{2L} + t_{3L} + t_{4L} - t_{RAFL} = 0 \quad (4-36)$$

$$t_{1T} + t_{2T} + t_{3T} + t_{4T} - t_{RAFT} = 0 \quad (4-37)$$

Kapacitetsrestriktion i raffinaderierne.

$$t_{RAFL} + t_{RAFT} \leq \text{RAFKAP} \quad (4-38)$$

Crackningsflexibilitet for let nordsø.

$$t_{1L} - a_{15Lmin} \cdot t_{RAFL} > 0 \quad (4-39)$$

$$t_{2L} - a_{16Lmin} \cdot t_{RAFL} > 0 \quad (4-40)$$

$$t_{3L} - a_{17Lmin} \cdot t_{RAFL} > 0 \quad (4-41)$$

$$t_{4L} - a_{18Lmin} \cdot t_{RAFL} > 0 \quad (4-42)$$

$$t_{1L} - a_{15Lmax} \cdot t_{RAFL} < 0 \quad (4-43)$$

$$t_{2L} - a_{16Lmax} \cdot t_{RAFL} < 0 \quad (4-44)$$

$$t_{3L} - a_{17Lmax} \cdot t_{RAFL} < 0 \quad (4-45)$$

$$t_{4L} - a_{18Lmax} \cdot t_{RAFL} < 0 \quad (4-46)$$

Crackningsflexibilitet for tung råolie.

$$t_{1T} - a_{15Tmin} \cdot t_{RAFT} > 0 \quad (4-47)$$

$$t_{2T} - a_{16Tmin} \cdot t_{RAFT} > 0 \quad (4-48)$$

$$t_{3T} - a_{17Tmin} \cdot t_{RAFT} > 0 \quad (4-49)$$

$$t_{4T} - a_{18Tmin} \cdot t_{RAFT} > 0 \quad (4-50)$$

$$t_{1T} - a_{15Tmax} \cdot t_{RAFT} < 0 \quad (4-51)$$

$$t_{2T} - a_{16Tmax} \cdot t_{RAFT} < 0 \quad (4-52)$$

$$t_{3T} - a_{17Tmax} \cdot t_{RAFT} < 0 \quad (4-53)$$

$$t_{4T} - a_{18Tmax} \cdot t_{RAFT} < 0 \quad (4-54)$$

Proportionalitet mellem t_{RAFL} hhv. t_{RAFT} og den samlede raffinaderiproduktion i mængder.

$$t_{RAFL} - \alpha_L \cdot t_{RAF} = 0 \quad *$$

$$t_{RAFT} - (1 - \alpha_L)t_{RAF} = 0 \quad (4-56)$$

Substitutionsmodul

Substitution mellem energiinput i LINRAT's 25 sektorer.

$$\hat{a}_{SUB} \cdot \begin{matrix} q^{-E13} & -E14 & -E15 & -E16 & -E17 & -E18 & -E19 \\ & -E20 & -E21 & -E22 & & & \end{matrix} = 0 \quad (4-57)$$

$$* \alpha_L = \frac{(q_{kap12}/p_{me12}) + \bar{m}_{1n}}{(q_{kap12}/p_{me12}) + \bar{m}_{1n} + \bar{m}_{tr}}$$

Nedre substitutionsgrænser

E13 - $\hat{e}_{13\min}$	$\cdot q > 0$	min. kul	(4-58)
E14 - $\hat{e}_{14\min}$	$\cdot q > 0$	min. nat. gas	(4-59)
E15 - $\hat{e}_{15\min}$	$\cdot q > 0$	min. gas-/diesel	(4-60)
E16 - $\hat{e}_{16\min}$	$\cdot q > 0$	min. benzin	(4-61)
E17 - $\hat{e}_{17\min}$	$\cdot q > 0$	min. fuel	(4-62)
E18 - $\hat{e}_{18\min}$	$\cdot q > 0$	min. andre raf. pr.	(4-63)
E19 - $\hat{e}_{19\min}$	$\cdot q > 0$	min. el	(4-64)
E20 - $\hat{e}_{20\min}$	$\cdot q > 0$	min. bygas	(4-65)
E21 - $\hat{e}_{21\min}$	$\cdot q > 0$	min. fjernvarme	(4-66)
E22 - $\hat{e}_{22\min}$	$\cdot q > 0$	min. energibesparelser	(4-67)

Øvre substitutionsgrænser

E13 - $\hat{e}_{13\max}$	$\cdot q < 0$	max. kul	(4-68)
E14 - $\hat{e}_{14\max}$	$\cdot q < 0$	max. nat. gas	(4-69)
E15 - $\hat{e}_{15\max}$	$\cdot q < 0$	max. gas-/diesel	(4-70)
E16 - $\hat{e}_{16\max}$	$\cdot q < 0$	max. benzin	(4-71)
E17 - $\hat{e}_{17\max}$	$\cdot q < 0$	max. fuel	(4-72)
E18 - $\hat{e}_{18\max}$	$\cdot q < 0$	max. andre raf. pr.	(4-73)
E19 - $\hat{e}_{19\max}$	$\cdot q < 0$	max. el	(4-74)
E20 - $\hat{e}_{20\max}$	$\cdot q < 0$	max. bygas	(4-75)
E21 - $\hat{e}_{21\max}$	$\cdot q < 0$	max. fjernvarme	(4-76)
E22 - $\hat{e}_{22\max}$	$\cdot q < 0$	max. energibesparelser	(4-77)

Substitution i det private konsum af energivarer

$$c_{et} - c_{13} - c_{14} - c_{15} - c_{16} - c_{17} - c_{18} - c_{19} - c_{20} - c_{21} - c_{22} = 0 \quad (4-78)$$

$$c_{et} - e \cdot c_e = 0 \quad (4-79)$$

Nedre grænse for totale priv. energiforbrug

$$c_{et} > \bar{c}_{et\min} \quad (4-80)$$

Øvre grænse for totale priv. energiforbrug

$$c_{et} < \bar{c}_{et\max} \quad (4-81)$$

Nedre substitutionsgrænser f. enkelte energityper

$$c_e > \bar{c}_{emin} \quad (4-82)$$

Øvre substitutionsgrænser f. enkelte energityper

$$c_e < \bar{c}_{emax} \quad (4-83)$$

Energibalancer for de enkelte substitutter

kul:

$$q_{13} \cdot e \cdot E_{13} - c_{e1} \cdot g_{13} - i_{13}^+ + i_{13}^- - f_{13}^+ + f_{13}^- - x_{13} + m_{13} = 0 \quad (4-84)$$

naturgas:

$$q_{14} \cdot e \cdot E_{14} - c_{e2} \cdot g_{14} - i_{14}^+ + i_{14}^- - f_{14}^+ + f_{14}^- - x_{14} + m_{14} = 0 \quad (4-85)$$

gas-/diesel:

$$q_{15} \cdot e \cdot E_{15} - c_{e3} \cdot g_{15} - i_{15}^+ + i_{15}^- - f_{15}^+ + f_{15}^- - x_{15} + m_{15} = 0 \quad (4-86)$$

benzin:

$$q_{16} \cdot e \cdot E_{16} - c_{e4} \cdot g_{16} - i_{16}^+ + i_{16}^- - f_{16}^+ + f_{16}^- - x_{16} + m_{16} = 0 \quad (4-87)$$

fuel:

$$q_{17} \cdot e \cdot E_{17} - c_{e5} \cdot g_{17} - i_{17}^+ + i_{17}^- - f_{17}^+ + f_{17}^- - x_{17} + m_{17} = 0 \quad (4-88)$$

andre raf.produktter:

$$q_{18} \cdot e \cdot E_{18} - c_{e6} \cdot g_{18} - i_{18}^+ + i_{18}^- - f_{18}^+ + f_{18}^- - x_{18} + m_{18} = 0 \quad (4-89)$$

el:

$$q_{19} \cdot e \cdot E_{19} - c_{e7} \cdot g_{19} - i_{19}^+ + i_{19}^- - f_{19}^+ + f_{19}^- - x_{19} + m_{19} = 0 \quad (4-90)$$

bygas:

$$q_{20} \cdot e \cdot E_{20} - c_{e8} \cdot g_{20} - i_{20}^+ + i_{20}^- - f_{20}^+ + f_{20}^- - x_{20} + m_{20} = 0 \quad (4-91)$$

fjernvarme:

$$q_{21} \cdot e \cdot E_{21} - c_{e9} \cdot g_{21} - i_{21}^+ + i_{21}^- - f_{21}^+ + f_{21}^- - x_{21} + m_{21} = 0 \quad (4-92)$$

energibesparelser:

$$q_{22}^{-e} \cdot E_{22}^{-c} e_{10}^{-g} i_{22}^{+} + i_{22}^{-} - f_{22}^{+} + f_{22}^{-} - x_{22} + m_{22} = 0 \quad (4-93)$$

Rationeringsmodul - bounds på sektorfordelte energiinputs

Landbrug m.v.

$$E^1 - (E_{13}^1, E_{14}^1, E_{15}^1, E_{16}^1, E_{17}^1, E_{18}^1, E_{19}^1, E_{20}^1, E_{21}^1, E_{22}^1) = 0 \quad (4-94)$$

$$E^1 < E_{\max}^1 \quad (4-95)$$

$$E^1 > E_{\min}^1 \quad (4-96)$$

Nærings- og nydelsesmidler

$$E^2 - (E_{13}^2, E_{14}^2, E_{15}^2, E_{16}^2, E_{17}^2, E_{18}^2, E_{19}^2, E_{20}^2, E_{21}^2, E_{22}^2) = 0 \quad (4-97)$$

$$E^2 < E_{\max}^2 \quad (4-98)$$

$$E^2 > E_{\min}^2 \quad (4-99)$$

Kemisk industri

$$E^3 - (E_{13}^3, E_{14}^3, E_{15}^3, E_{16}^3, E_{17}^3, E_{18}^3, E_{19}^3, E_{20}^3, E_{21}^3, E_{22}^3) = 0 \quad (4-100)$$

$$E^3 < E_{\max}^3 \quad (4-101)$$

$$E^3 > E_{\min}^3 \quad (4-102)$$

Jern & metal (primær)

$$E^4 - (E_{13}^4, E_{14}^4, E_{15}^4, E_{16}^4, E_{17}^4, E_{18}^4, E_{19}^4, E_{20}^4, E_{21}^4, E_{22}^4) = 0 \quad (4-103)$$

$$E^4 < E_{\max}^4 \quad (4-104)$$

$$E^4 > E_{\min}^4 \quad (4-105)$$

Jern & metal (sekundær)

$$E^5 - (E_{13}^5, E_{14}^5, E_{15}^5, E_{16}^5, E_{17}^5, E_{18}^5, E_{19}^5, E_{20}^5, E_{21}^5, E_{22}^5) = 0 \quad (4-106)$$

$$E^5 < E_{\max}^5 \quad (4-107)$$

$$E^5 > E_{\min}^5 \quad (4-108)$$

Teglværker & cement

$$E^6 - (E_{13}^6, E_{14}^6, E_{15}^6, E_{16}^6, E_{17}^6, E_{18}^6, E_{19}^6, E_{20}^6, E_{21}^6, E_{22}^6) = 0 \quad (4-109)$$

$$E^6 < E_{\max}^6 \quad (4-110)$$

$$E^6 > E_{\min}^6 \quad (4-111)$$

Leverandører til byggeri

$$E^7 - (E_{13}^7, E_{14}^7, E_{15}^7, E_{16}^7, E_{17}^7, E_{18}^7, E_{19}^7, E_{20}^7, E_{21}^7, E_{22}^7) = 0 \quad (4-112)$$

$$E^7 < E_{\max}^7 \quad (4-113)$$

$$E^7 > E_{\min}^7 \quad (4-114)$$

Papir & pap

$$E^8 - (E_{13}^8, E_{14}^8, E_{15}^8, E_{16}^8, E_{17}^8, E_{18}^8, E_{19}^8, E_{20}^8, E_{21}^8, E_{22}^8) = 0 \quad (4-115)$$

$$E^8 < E_{\max}^8 \quad (4-116)$$

$$E^8 > E_{\min}^8 \quad (4-117)$$

Glas & porcelæn

$$E^9 - (E_{13}^9, E_{14}^9, E_{15}^9, E_{16}^9, E_{17}^9, E_{18}^9, E_{19}^9, E_{20}^9, E_{21}^9, E_{22}^9) = 0 \quad (4-118)$$

$$E^9 < E_{\max}^9 \quad (4-119)$$

$$E^9 > E_{\min}^9 \quad (4-120)$$

Anden fremstilling (residualsektor)

$$E^{10} - (E_{13}^{10}, E_{14}^{10}, E_{15}^{10}, E_{16}^{10}, E_{17}^{10}, E_{18}^{10}, E_{19}^{10}, E_{20}^{10}, E_{21}^{10}, E_{22}^{10}) = 0 \quad (4-121)$$

$$E^{10} < E_{\max}^{10} \quad (4-122)$$

$$E^{10} > E_{\min}^{10} \quad (4-123)$$

Bygge & anlæg

$$E^{11} - (E_{13}^{11}, E_{14}^{11}, E_{15}^{11}, E_{16}^{11}, E_{17}^{11}, E_{18}^{11}, E_{19}^{11}, E_{20}^{11}, E_{21}^{11}, E_{22}^{11}) = 0 \quad (4-124)$$

$$E^{11} < E_{\max}^{11} \quad (4-125)$$

$$E^{11} > E_{\min}^{11} \quad (4-126)$$

Transport

$$E^{12} - (E_{13}^{22}, E_{14}^{22}, E_{15}^{22}, E_{16}^{22}, E_{17}^{22}, E_{18}^{22}, E_{19}^{22}, E_{20}^{22}, E_{21}^{22}, E_{22}^{22}) = 0 \quad (4-127)$$

$$E^{12} < E_{\max}^{12} \quad (4-128)$$

$$E^{12} > E_{\min}^{12} \quad (4-129)$$

Handel & service

$$E^{13} - (E_{13}^{23}, E_{14}^{23}, E_{15}^{23}, E_{16}^{23}, E_{17}^{23}, E_{18}^{23}, E_{19}^{23}, E_{20}^{23}, E_{21}^{23}, E_{22}^{23}) = 0 \quad (4-130)$$

$$E^{13} < E_{\max}^{13} \quad (4-131)$$

$$E^{13} > E_{\min}^{13} \quad (4-132)$$

Offentlige tjenester

$$E^{14} - (E_{13}^{24}, E_{14}^{24}, E_{15}^{24}, E_{16}^{24}, E_{17}^{24}, E_{18}^{24}, E_{19}^{24}, E_{20}^{24}, E_{21}^{24}, E_{22}^{24}) = 0 \quad (4-133)$$

$$E^{14} < E_{\max}^{14} \quad (4-134)$$

$$E^{14} > E_{\min}^{14} \quad (4-135)$$

Ikke-negativitetskrav mht. modellens endogene

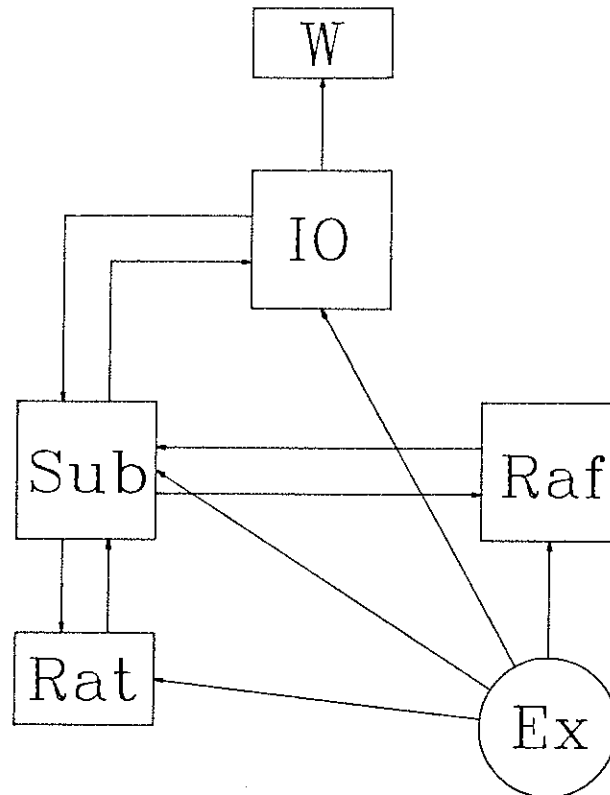
$$\begin{aligned} q, c, c_{et}, c_e, g, i^+, i^-, f^+, f^-, x, m, E_{13}, E_{14}, & \quad (4-136) \\ E_{15}, E_{16}, E_{17}, E_{18}, E_{19}, E_{20}, E_{21}, E_{22}, E^1, E^2, E^3, \\ E^4, E^5, E^6, E^7, E^8, E^9, E^{10}, E^{11}, E^{12}, E^{13}, E^{14}, \\ t_{RAF}, t_1, t_2, t_3, t_4, t_{RAFL}, t_{1L}, t_{2L}, t_{3L}, t_{4L}, \\ t_{RAFT}, t_{1T}, t_{2T}, t_{3T}, t_{4T} > 0 \end{aligned}$$

4.2. LINRAT's modulære struktur

I 4.1 er givet en præcis og matematisk beskrivelse af LINRAT, som tilgodeser dels et generelt krav om stringens og entydighed, der knytter sig til edb-implementerede modeller, dels de specifikke krav, som stilles af det generelle LP-problem (jvf. afsnit 2.1). Som LINRAT foreligger i 4.1, er det muligt umiddelbart at transformere modellen til et LP edb-program, jvf. udarbejdelsen af input generatorprogrammet - JMPGENERATOR - i appendix A.

Præsentationen af modellen i foregående afsnit prioriterer altså hensynet til direkte implementering højere end hensynet til pædagogiske kvaliteter. Sidstnævnte hensyn sættes imidlertid i højsædet i dette afsnit, hvor modellen forsøges gjort overskuelig ved at betragte den ud fra et modulært synspunkt, hvor modellen separeres i - en vis forstand - selvstændige funktionelle moduler, som kan beskrives isoleret fra modelkomplekset og i et samspil. Ud fra dette synspunkt kan visse af modellens strukturelle egenskaber afdækkes.

Nedenstående figur 4-1 præsenterer en modulær opdeling af LINRAT. Opdelingen kunne være udført anderledes, men den valgte harmonerer med dispositionen i den efterfølgende gennemgang, samt med modelspecifikationen i det foregående afsnit 4.1.



- W: Objektfunktion.
- IO: Input-output modul.
- Sub: Substitutionsmodul.
- Raf: Raffinaderimodul.
- Rat: Rationeringsmodul.
- Ex: Exogene variable til modellen.

Fig. 4-1. LINRAT's modulære struktur.

Figur 4-1 illustrerer samspelet mellem moduler i LINRAT, dvs. kategorier af endogene variable, og giver endvidere et indtryk af niveauer i modellen.

Exogene data (Ex) gives på alle niveauer i LINRAT - strengt taget også i kriteriefunktionen (W), hvor beskæftigelseskoeficienterne er exogene - og er i princippet variable, som LINRAT ikke forklarer og determinerer, men som determineres

udenfor modellens verden. Eksempler på exogene i de fire moduler er: bounds på ikke-energisektorernes energiforbrug i "Rat", substitutionsgrænserne i "Sub", crackningsflexibiliteten i "Raf" og energiimporten i "IO".

I rationeringsmodulet (Rat) implementeres den egentlige energirationeringspolitik mht. produktionssystemet, som et sæt af begrænsninger på ikke-energisektorernes absolutte energiforbrug fordelt på 9 energityper. Den givne energirationeringspolitik influerer på de disaggregerede energibalancer i substitutionsmodulet (Sub) og dermed på den aggregerede - totale - energibalance i io-modulet (IO). I io-modulet er den aggregerede energibalance integreret i et balancekompleks inkluderende de egentlige varebalancer (el. ikke-energibalancer) og øver derigennem bl.a. indflydelse på aktiviteten i produktionssystemet - udtrykt ved de sektorfordelte produktionsværdier (q). Vektoren med produktionsværdier er den centrale variable i LINRAT, fordi den i praksis determinerer størrelsen af kriteriefunktionen, i hvilken indflydelsen fra træk fra olielagre (i^m) er negligerbar. Endvidere er q også den af modellens variable, der er påhæftet flest restriktioner.

I substitutionsmodulet fastlægges de disaggregerede energibalancer ud fra den totale energibalance, som bestemmes i io-modulet sammen med de øvrige sektorbalancer i økonomien. Muligheden for at specificere energisubstitution mellem alternative energityper - indenfor den overordnede totale energibalance - foreligger i substitutionsmodulet, hvilket er en opblødning - en indirekte endogenisering - af de stive og exogent givne energikoefficienter i A-matricen. Udover energisubstitutionen rummer modulet også mulighed for at foretage deciderede energibesparelser i produktionssystemet, hvilke modificerer sektorernes totale energianvendelse. Den totale energibalance i io-modulet fastlægger dog fortsat den overordnede ramme for omfanget af energisubstitution og -besparelser (jvf. afsnit 4.2.2).

Hvor substitutionsmodulets funktion er at etablere et flexibelt energisystem udenfor io-systemet for derigennem at bryde A-matricens stive linearitet, så er raffinaderimodulets (Raf) funk-

tion den omvendte, nemlig at pålægge produktionen af de raffinerede produkter - samt deres indbyrdes fordeling - restriktioner. Opsplitningen af io-sektoren: Raffinaderier, i de fire hovedkategorier af raffinerede produkter: gas-/dieselolie, benzin, fuelolie og andre raffinerede produkter, etablerer i princippet fire selvstændige io-sektorer, hvis produktion bestemmes uafhængigt af hinanden. Opsplitningen resulterer derfor i en fleksibilitet i raffinaderiernes produktmix, som reelt ikke er tilstede, hvorfor raffinaderimodulet indføres i modelkomplekset med det primære formål at styre raffinaderiernes produktmix, dvs. koordinere produktionen i de fire principielt uafhængige io-sektorer for raffinerede produkter.

I modsætning til de øvrige moduler, der er værdi-moduler, er raffinaderimodulet et energi(mængde)-modul, der specificerer tekniske restriktioner med udgangspunkt i et fysisk energimål (TJ). Sammenhængen mellem det tekniske raffinaderimodul og de "økonomiske" værdi-moduler skabes af mængde-værdi transformationer - jvf. rel. (4-28) - (4-31) - i hvilke priserne på de raffinerede produkter er inkluderet.

Dette afsnit om LINRAT's modulære struktur rundes af med en "modelkørsel", der på et kvalitativt plan illustrerer hovedsammenhængen i modelkomplekset og samspillet mellem de enkelte moduler. "Modelkørslen" relateres til økonomiens uforstyrrede tilstand - referencetilstand - inden energiforsyningssvigtets indtræden, hvor styringsinstrumenterne er neutrale/inaktive.

Energiforsyningssvigtet rammer io-modulet som en exogen given formindskelse af importen i mængder af en eller flere energivarer. I forhold til referencetilstanden er effekten - alt andet lige - en formindskelse af den samlede tilgang af energi til økonomien. Det overvejes nu om nedgangen i den importerede energimængde skal kompenseres - eller delvis kompenseres - ved en forøgelse af den indenlandske energiproduktion og/eller træk på indenlandske energilagre. De to tiltag kan afbøde virkningerne af forsyningssvigtet på tilgangssiden. For at skabe balance i io-systemet og i energisystemet vil det imidlertid i praksis - hvis forsyningssvigtet er af en vis størrelse - yderligere være nødvendigt at implementere tiltag på anvendelsessiden.

Denne kan opsplittes i de endelige og indirekte anvendelser, hvor sidstnævnte udgøres af produktionssystemets inputkrav - givet ved A-matricen. De endelige anvendelser kan begrænses ved indførelse af forbrugsbegrænsninger - specielt for privat konsum (c) - samt eventuelt exportbegrænsninger. Disse begrænsninger fastlægges som bounds i io-modulet. I substitutionsmodulet vurderes, dels om der er substitutionsmuligheder i det private konsum af energi (blandt de direkte anvendelser), og dels om der i produktionssystemet i form af energibesparelser og substitution er en kortsigtsflexibilitet i sektorernes energiinputstruktur. På tilgangssiden kan raffinaderimodulet aktiveres, således at det exogent givne produktmix i referencetilstanden forlades til fordel for et - inden for givne grænser- flexibelt produktmix, hvilket giver modellen frihedsgrader til at prioritere mellem de raffinerede produkter.

Introduktionen af de ovennævnte styringsinstrumenter resulterer i en endogen bestemmelse af sektorernes energiinputs i rationeringsmodulet, hvis dette - som i referencetilstanden - forholdes neutralt. I stedet for at lade modelkørslen forløbe fra top mod bund i modelstrukturen, kan det omvendte udgangspunkt vælges, således at en explicit rationeringspolitik mht. sektorernes energiforbrug implementeres i rationeringsmodulet, hvorefter konsekvenserne vurderes - med eller uden aktivering af øvrige styringsmidler - for modellens endogene.

Efter denne karakteristik af de enkelte modulers funktion i modelkomplekset, samt af interaktionen mellem modulerne, følger nu en mere uddybende beskrivelse af de enkelte moduler.

4.2.1. IO-modulet

IO-modulet i LINRAT udgøres af relationerne (4-2) - (4-27), jvf. modelspecifikationen i foregående afsnit. Kernen i modulet er den endogene io-model (4-2) - (4-3), hvor (4-2) er de indenlandske io-balancer, og (4-3) er importfunktionen med endogen ikke-energiimport og exogen energiimport. Restriktionerne (4-4) - (4-27) er - bortset fra handelsbalancerestriktionen (4-22) - simple bounds på io-modellens endogene, der overordnet betragtet,

skal sikre, dels at io-modellen ikke balancerer på et for højt niveau, dels at den relative fordeling på de endelige anvendelser bliver rimelig - vurderet i forhold til en given reference-situation. Disse bounds udtrykker såvel beslutningstagerens præferencer som fysiske og økonomiske restriktioner og repræsenterer, trods deres simple udformning, væsentlige styringsmidler i modellen (jvf. det efterfølgende afsnit 4.3, hvor styringsmidlerne beskrives og modellens restriktioner kategoriseres).

En detaljeret beskrivelse af io-modellen vil ikke blive præsenteret i det efterfølgende, da modellen blot er en videreudvikling - eller modifikation - af den io-model, som blev udledt og grundigt diskuteret i kapitel 3.

Sammenlignet med io-modellen (3-20) - (3-21) inkluderer LINRAT's io-model yderligere to komponenter af endelig anvendelse. De endelige anvendelser, der ikke kan rubriceres som privat konsum, offentligt konsum, lagerinvesteringer eller lagertræk, er placeret i residual komponenten f, hvilken det (som med i) har været nødvendigt at opsplitte i en positiv (> 0) og en negativ (< 0) del for at imødekomme LP-problemets ikke-negativitetskrav. "Øvrige endelige anvendelser" f er primært et aggregat af forskellige investeringskategorier, men inkluderer også imputerede finansielle ydelser, jvf. kapitel 5 om datakonstruktion og aggregeringsniveau.

Med den valgte opsplittning af de endelige anvendelser er det io-modellens opgave i LINRAT at sikre, at nationalregnskabsprincippet: tilgang = anvendelse, overholdes på sektor-niveau. Dette balanceprincip er i nedenstående fig. 4-2 illustreret - dog på baggrund af en exogen io-model.

Exportens behandling i LINRAT markerer endnu en forskel i forhold til io-modellen (3-20) - (3-21), hvor exporten dels var exogen, dels forudsattes at være uden importindhold. Exporten er principielt endogen i LINRAT - ud fra et princip om størst mulig flexibilitet i modellen. Flexibiliteten muliggøres af de bounds, som pålægges modellens endogene - og altså specielt exporten - idet den faktiske fastlæggelse af bounds reelt af-

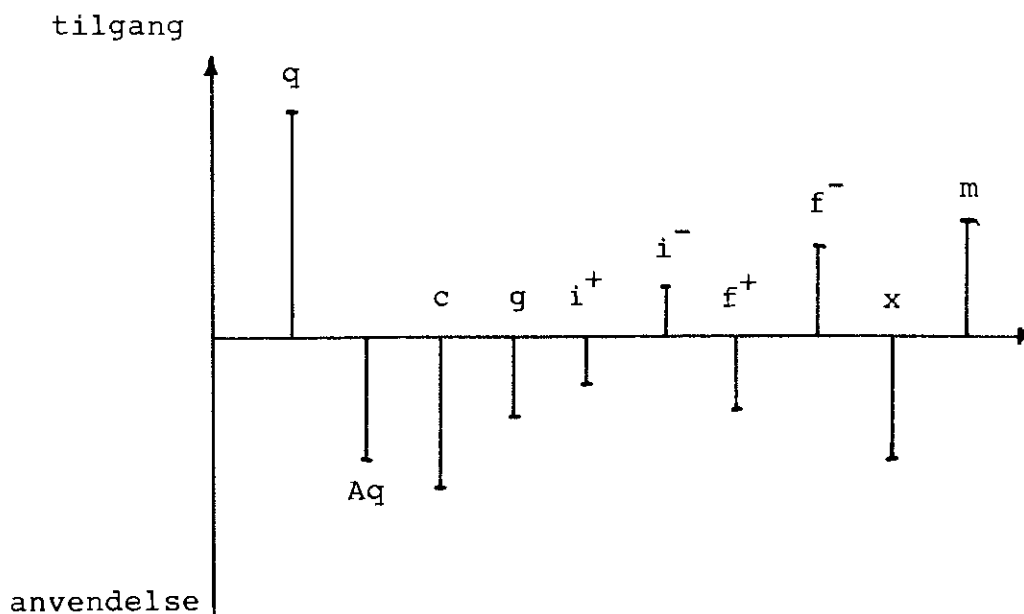


Fig. 4-2. Sektorbalance for exogen io-model.

gør, om en variabel er endogen eller exogen, eller - måske mere præcist - mere eller mindre prædetermineret, fordi forskellige grader af frihed/stramhed kan inkorporeres i bounds. Mere interessant mht. eksporten er det, at den i io-modulet som de øvrige endelige anvendelser forudsættes at have et importindhold, mao. reeksporten antages ikke længere at være nul, hvilket både harmonerer med faktiske forhold og io-modellens datagrundlag.

Eksportens ændrede status betyder, at den også indgår som et argument i importfunktionen, hvor den multipliceres med den specifikke importkvote for eksport (u_x) - og altså ikke den generelle importkvote (u) for alle endelige anvendelser. De differentierede importkvoter er en videreudvikling af importfunktionen i forhold til io-modellen (3-20) - (3-21), hvor den antagelse gjordes implicit, at forskellige kategorier af endelig anvendelse stiller samme krav til importleverancer. Denne antagelse rummer imidlertid en forenkling af virkeligheden, fordi forskelle i varesammensætning optræder mellem de endelige anvendelser, og da datagrundlaget (DS' io-statistik) samtidigt åbner mulighed for en estimation af de differentierede importkvoter - u_A , u_C , u_g , u_i , u_f og u_x - vælges en differentieret importfunktion som den mest hensigtsmæssige.

For energivarer/-sektorer er importkvoterne nulstillede, da importen fordelt på energivarer gives som en exogen i LINRAT (jvf. diskussionen i afsnit 3.2 om importens behandling i en energirationeringsmodel). Energiimporten (\bar{m}_e) gives i fysiske enheder (TJ), hvilke nødvendiggør en transformation til værdienheder via prisvektoren p_{me} for at sikre konsistens i io-modellen.

Et karakteristisk træk ved io-modellen i LINRAT er, at den er rektangulær. Årsagen er aggregeringsmatricen I' , hvis funktion er at aggregere energibalancerne for de energivarer, der rummer substitutionsmuligheder, til en total energibalance for potentiel substitution. IO-modellen determinerer mao. den overordnede, totale energibalance, mens det overlades til substitutionsmodulet at opsplitte totalbalancen i energibalancer for de enkelte energityper på baggrund af (aktuelle) informationer om tekniske substitutionsmuligheder på kort sigt. Ved multiplikationen med aggregeringsmatricen bliver den kvadratiske (25x25) A-matrix reduceret/konverteret til en 17x25 matrix, jvf. beskrivelsen af substitutionsmodulet i 4.2.2. Netop A-matricen er rektangulariseringens primære mål, fordi denne med faste tekniske koefficienter fastlægger en stivhed i produktionssystemet, der ikke muliggør kortsigtssubstitution. Rektangulariseringen af io-modellen er derfor, inden for LP-problemets lineære rammer, en måde at "endogenisere" io-koefficienterne på og dermed introducere substitution.

Rektangulariseringen af A-matricen illustreres og eksemplificeres i nedenstående afsnit, hvor der mere generelt fokuseres på substitutionsmodulet.

4.2.2. Substitutionsmodulet

Baggrunden for tilbygningen af et separat substitutionsmodul til LINRAT er, at den exogent givne A-matrix i io-modellen fastlægger en stivhed i produktionssystemet, der ikke levner mulighed for substitution mellem alternative produktionsfaktorer. A-matricen består af faste, tekniske koefficienter, der fastlåser inputstrukturen i hver af modellens sektorer, således at den relative fordeling af sektorens råvareinput - specielt energi-

input - er given. Da LINRAT er en kortsigtsmodel, er antagelsen om faste tekniske koefficienter i produktionssystemet et rimeligt teoretisk udgangspunkt. Udover at være en kortsigtsmodel er LINRAT dog også en krisemodel, der fokuserer på økonomiske uligevægtsproblemer som følge af en pludseligt opstået oliefor- syningskrise, og en direkte refleksion af produktionsforholdene i den uforstyrrede økonomi i en sådan krisemodel er urealistisk. Snarere vil produktionssystemet under en energiforsyningskrise være karakteriseret af en vis flexibilitet - specielt hvad angår energianvendelsen.

Set i et mere generelt input-output teoretisk perspektiv gøres forsøg på i LINRAT at formulere en mere tilfredstillende pro- duktionsfunktion end Leontiefs limitationale og proportionale produktionsfunktion (jvf. afsnit 2.2) - i hvert tilfælde en produktionsfunktion, hvor substitution er mulig på energisiden mellem alternative energityper. Substitution af energi med ka- pital eller/og arbejdskraft forsøges derimod ikke implementeret i LINRAT.

Overvejes substitution introduceret via en endogenisering af udvalgte inputkoefficienter, dukker et velkendt problem op - nemlig ikke-lineariteten. A-matricen er koblet multiplikativt til de endogent bestemte q-værdier, således at LP-rammen for LINRAT sprænges, hvis der gøres forsøg på at endogenisere nogle af A-matricens elementer.

En mulig løsning på problemet er at løsne op for den exogent givne inputstruktur i udvalgte sektorer, hvor muligheden for kortsigtssubstitution mellem alternative energityper er til stede. Ideen er dén, at den specifikke inputfordeling på ener- gityper ikke skal være givet exogent via A-matricen i io-modulet - blot skal det aggregerede energiinput været givet exogent, og substitutionsmodulet skal så i overensstemmelse med LINRAT's op- timeringsadfærd fastlægge fordelingen indenfor givne tekniske grænser.

Den skitserede løsning peger på en separabel produktionsfunk- tion, hvor det totale energiinput fastlægges på et overordnet

niveau, mens substitutionen mellem alternative energityper finder sted på et underordnet niveau givet det totale energibehov.

Udgangspunktet er den generelle KLEM-produktionsfunktion:

$$q = f(K, L, E, M) \quad (4-137)$$

hvor f er homogen af 1. grad; K : kapital; L : arbejdskraft; E : energi og M : råvarer excl. energi.

I LINRAT er f en separabel Leontief produktionsfunktion, hvor kapital(koefficienter) på grund af modellens kortsigtsegenskaber ikke er inkluderet:

$$\begin{array}{ll} q = f_S(L, E, M) & 1. \text{ niveau} \\ & (4-138) \\ E = e(e_1, \dots, e_9) & 2. \text{ niveau} \end{array}$$

hvor proportionaliteten og limitationaliteten på 1. niveau omfatter arbejdskraften L (1 type), det totale energiinput E og råvareinput M fra 14 ikke-energisektorer. På 2. niveau er der substitution mellem 9 alternative energityper, dvs. mulighed for en endogen bestemmelse af energiinputmixet indenfor en given energitotal.

For en vilkårlig sektor (i) er de to niveauer illustreret i fig. 4-3 henholdsvis fig. 4-4.

For overskuelighedens skyld er kun en råvare (excl. energi) repræsenteret i fig. 4-3. Figuren viser den overordnede lineære sammenhæng mellem sektorens produktion (q_i) og faktor anvendelse (L_i, E_i, M_i). En given produktion bestemmer éntydigt - via inputkoefficienterne - det nødvendige faktorinput af hver af de tre produktionsfaktorer, hvis disse ikke er knappe. Dette er imidlertid tilfældet med energi, således at mekanismen virker omvendt: den knappe energimængde E_i^* bestemmer produktionen $q_i^* = E_i^*/IOE_i$ og endvidere anvendelsen af de øvrige produk-

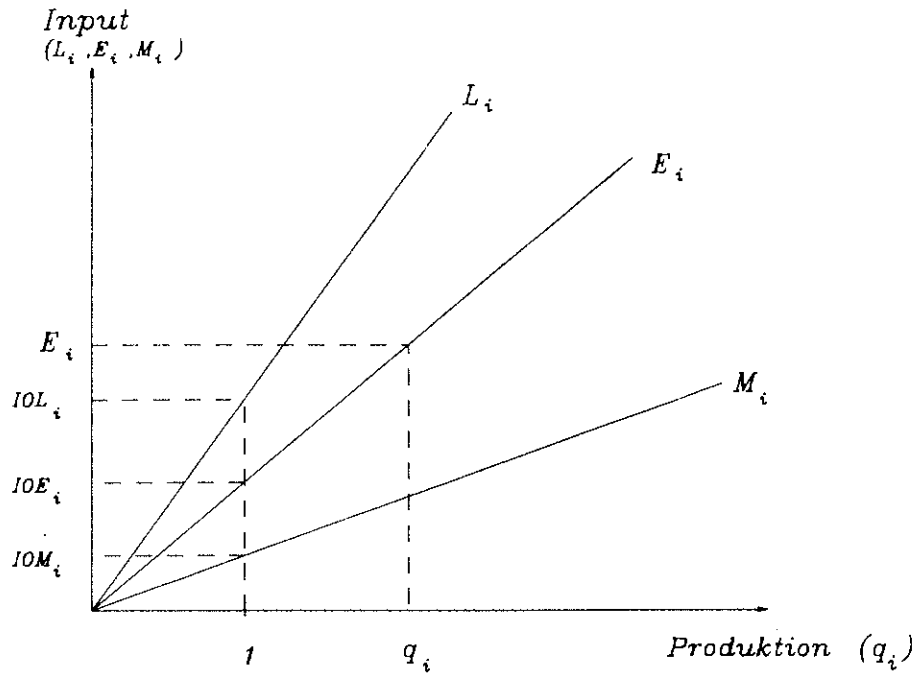


Fig. 4-3. LINRAT's produktionsfunktion - 1. niveau.

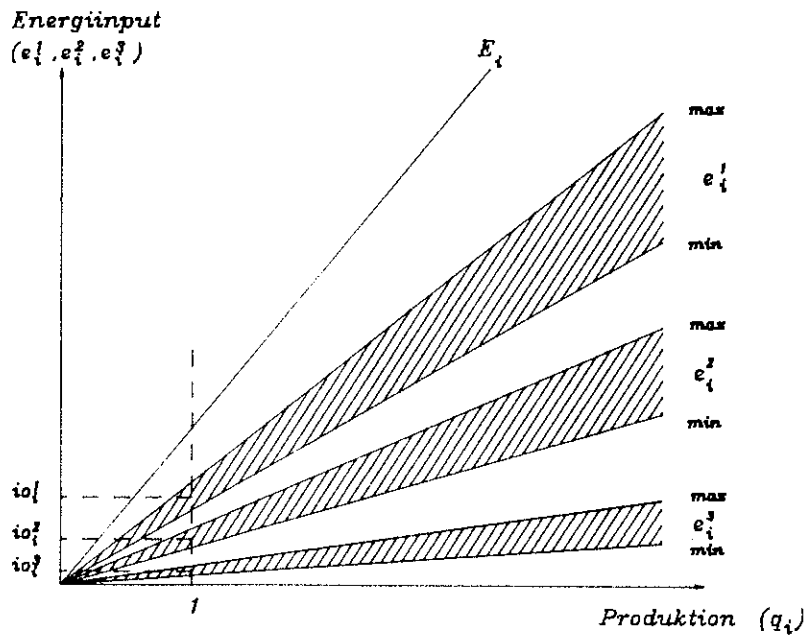


Fig. 4-4. LINRAT's energisubstitution - 2. niveau.

tionsfaktorer (limitationalitet)¹⁾. Figur 4-4 illustrerer energisubstitutionen mellem 3 energityper, hvor begrænsningerne er givet ved

$$e_i^1(q_i) + e_i^2(q_i) + e_i^3(q_i) = E_i(q_i) \quad (4-139)$$

$$e_{imin}^1(q_i) \leq e_i^1(q_i) \leq e_{imax}^1(q_i) \quad (4-140)$$

$$e_{imin}^2(q_i) \leq e_i^2(q_i) \leq e_{imax}^2(q_i) \quad (4-141)$$

$$e_{imin}^3(q_i) \leq e_i^3(q_i) \leq e_{imax}^3(q_i) \quad (4-142)$$

I sektor i bestemmes energiinputstrukturen endogent inden for den i fig. 4-3 givne totale energiinputkoefficient (IOE_i). Variationsintervallerne for de enkelte energikoefficienter er exogent givne ved max. henholdsvis min. grænser.

Disse grænser fastlægges som modifikationer af de exogene energiinputkoefficienter, som kan estimeres på baggrund af de officielle datakilder fra Danmarks Statistik (jvf. kapitel 5). I fig. 4-4 er substitutionsmulighederne forsøgt illustreret som symmetriske omkring de estimerede energiinputkoefficienter, således at disse for $q_i = 1$ udgør vertikale midterpunkter i substitutionsintervallerne²⁾. For $q_i = 1$ er

$$E_i = io_i^1 + io_i^2 + io_i^3 \quad (4-143)$$

Med udgangspunkt i fig. 4-3 og 4-4 er givet en generel beskrivelse af produktionsfunktionen og substitutionsmekanismen i

1) Limitationaliteten i produktionsfunktionen implicerer, at den relativt mest knappe produktionsfaktor bestemmer produktionsniveauet. Er de tilgængelige mængder af arbejdskraft, energi og råvarer henholdsvis L_i^* , E_i^* og M_i^* forudsættes i fig. 4-3, at

$$E_i^*/IOE_i < M_i^*/IOM_i \text{ og } E_i^*/IOE_i < L_i^*/IOL_i$$

2) Symmetrien i substitutionsmulighederne er en tilfældighed - ingen nødvendighed.

beskrivelse af modellens substitutionsmodul. Substitutionsmodu-
let omfatter relationerne (4-57) - (4-93) i LINRAT (jvf. model-
specifikationen i foregående afsnit). I (4-57) kobles substitu-
tionsmodulet til io-modulet, idet denne relation opsplitter
sektorernes totale inputenergiforbrug - givet i iomodulet - på
9 alternative energityper, der summer til totalen, men ellers
ikke i denne relation er pålagt yderligere bindinger. Ved ag-
gregeringen af A-matricen med aggregeringsmatricen I' kompri-
meres energidelen til én rækkevektor - \hat{a}_{SUB} - bestående af
totale energiinputkoefficienter.

Princippet for aggregeringen på energisiden er dét, at for
energityper, mellem hvilke der er substitutionsmuligheder på
kort sigt, aggregeres rækkerne i A-matricen til en række med
inputkoefficienter - a_{SUBj} - for potentielle energisubstitutter,
hvilken gives som en exogen (jvf. nedenstående fig. 4-5). Ener-
gityper, der er uinteressante ud fra kortsigtssubstitutionssyns-
punktet, får lov til stadig at optræde med selvstændige input-
koefficienter. Rækkeaggregeringen omfatter aktuelt alle energi-
sektorer/-varer - på nær råolie.

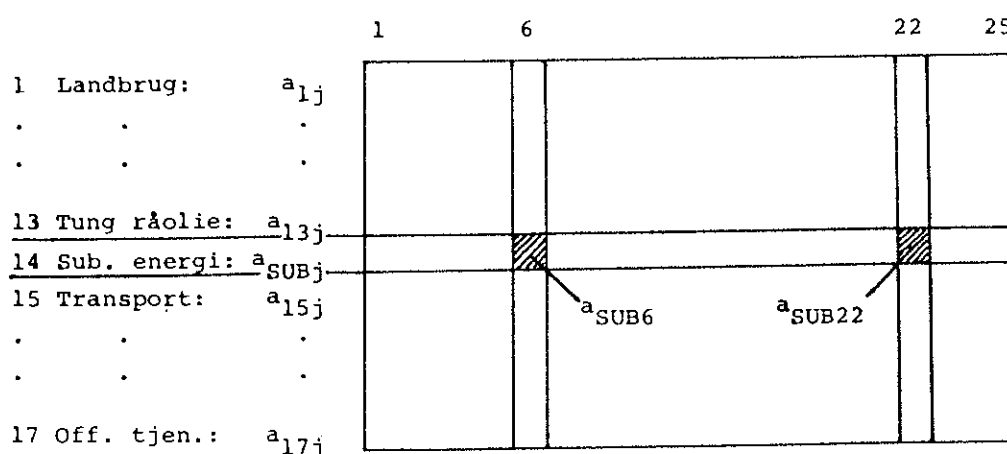


Fig. 4-5. A-matrix med kortsigtssubstitution.

De totale energiinputkoefficienter - a_{SUB6} og a_{SUB22} - for hhv. "Tegl & cement" og "Fjernvarme" er fremhævet i ovenstående rækkeaggregerende A-matrix. Overgangen fra en kvadratisk 25×25 A-matrix til en rektangulær 17×25 A-matrix reducerer antallet af balancer i io-systemet fra 25 til 17, hvilket rejser et problem. Problemet består i det tab af bindinger, som det reducerede antal balancer resulterer i. Når energi bliver aggregeret til én sektor/vare, mistes de bindinger, som på det disaggregerede niveau eksisterede mellem de forskellige energivarer og energisektorer. Disse bindinger og balancer er det nødvendigt at re-modellere udenfor io-systemet, for at modellen skal være meningsfuld. For at kunne modellere kortsigtssubstitution i LINRAT efter ovenstående retningslinier er det mao. nødvendigt at løsrive de disaggregerede energibalancer fra io-systemet og genopbygge/specificere dem et andet sted i modellen. Dette finder sted i (4-84) - (4-93) i substitutionsmodulet, hvor særskilte energibalancer er opstillet for de ni aggregerede energityper samt for energibesparelser, der modelteknisk optræder som en io-sektor (jvf. beskrivelsen i det følgende) og derfor forklarer, hvorfor dimensionen af A-matricen er 25×25 og ikke 24×24 . De mistede bindinger i forbindelse med reduktionen af A-matricen er re-modelleret i (4-58) - (4-77), hvor nedre og øvre substitutionsgrænser i produktionssystemet fastlægger nogle rammer, inden for hvilke inputmixet - substitution - kan vælges.

Substitutionsgrænsernes funktion er at lægge restriktioner på sektorernes relative energiinputmix, således at dette ikke blot bliver et arbitrært resultat af (4-57), men harmonerer med de tekniske produktionsforhold, som den kvadratiske - dvs. ikke-reducerede - A-matrix rummer informationer om. Udgangspunktet, når substitutionsgrænserne skal fastlægges, er mao. energikoefficienterne i den kvadratiske A-matrix. Ved at lade såvel de øvre som de nedre substitutionskoefficienter - e_{imin} hhv. e_{imax} - være identiske med energikoefficienterne i den kvadratiske A-matrix opnås status quo, dvs. en situation uden energisubstitution, hvor samtlige A-matricens bindinger er re-modelleret. Informationer om tekniske substitutionsmuligheder, samt eventuelt

om forældede inputkoefficienter¹⁾, kan udnyttes til at modificere A-matricens koefficienter - enten opad (e_{imax}) eller nedad (e_{imin}) - hvilket udvider modellens løsningsmulighedsområde og dermed skaber grundlag for en forbedring af den optimale løsning sammenlignet med situationen uden udnyttelse af energisubstitution.

Energisubstitution i produktionssystemet kunne alternativt tænkes indbygget i LINRAT i form af en substitutionsmatrix - A_{SUB} - således at kørsler med LINRAT kunne baseres på enten den faktiske A-matrix (uden substitution) eller en substitutionsmatrix, hvor inputkoefficienterne er forsøgt bestemt ud fra den substitution, som det på kort sigt er muligt at foretage. Når der ses bort fra problemerne med blot at få konstrueret og afstemt en konsistent substitutionsmatrix, virker selve ideen modelteknisk ikke særligt tilfredsstillende. Det virker mere tilfredsstillende at indbygge substitutionsmekanismen/-mekanismerne i selve modellen, således at modellen i sin søgen efter en optimal løsning selv foretager en substitution - givet visse substitutionsmuligheder. Ud fra disse betragtninger repræsenterer substitutionsmodulet i LINRAT derfor en mere flexibel og "endogen" løsning af substitutionsproblemet end den alternative A-matrix.

Udover substitution i produktionssystemet - dvs. den del af io-systemet, der knytter sig til A-matricen - inkluderer substitutionsmodulet endvidere substitution i det private forbrug af energivarer (jvf. (4-78) - (4-83)). I (4-78) defineres det totale private energiforbrug (c_{et}), som summen af io-modellens disaggregerede energiforbrug, og i (4-79) foretages en alternativ opsplitning af totalen givet de fastlagte substitutionsgrænser for de enkelte energityper i (4-82) og (4-83). Denne del af substitutionsmodulet giver mulighed for under en energiforsyningskrise dels at pålægge det totale private energiforbrug en begrænsning (jvf. (4-80) - (4-81)), dels inden for den givne

1) Io-tabellerne fra Danmarks Statistik publiceres med et betydeligt timelag, hvorfor de - i en eller anden forstand - afspejler produktionsforholdene og samfundet af igår. De (p.t.) i LINRAT benyttede io-data stammer således fra 1980.

energitotal at foretage en omlægning af forbrugets relative sammensætning, f.eks. i retning af ikke-kriseramte energityper.

Substitutionsmodulet rummer udover den egentlige energisubstitution, der er blevet udførligt beskrevet i det foregående, muligheden for i produktionssystemet at foretage deciderede energibesparelser, dvs. en formindskelse af energiforbruget, der ikke påvirker produktionsniveauet. Det er realistisk at antage, at en effektivisering af energianvendelsen kan finde sted i visse sektorer under en energiforsyningskrise - specielt i sektorer, hvor en væsentlig del af energianvendelsen er komfort- og adfærdsbetinget.

Energis ændrede status fra i den uforstyrrede situation at være frit tilgængelig - ved en given pris - til at blive den produktionsbegrænsende inputfaktor aktualiserer besparelsovervejelser, som ikke på samme måde var nødvendige i den uforstyrrede situation. Offentligt iværksatte energibesparelsekampanjer kan medvirke til at fremme sådanne overvejelser ved at appellere til samfundssind og fremhæve energiens rolle som et akut knapt gode.

Muligheden for energibesparelser betyder, at energisubstitutionen kan fastlægges indenfor et formindsket totalt energiforbrug og ikke som i fig. 4-4 nødvendigvis bindes af en forudsætning om uændret totalt energiforbrug i forhold til den uforstyrrede økonomi. I fig. 4-6 er samspillet mellem energibesparelser og substitution illustreret for en vilkårlig sektor i. Figuren er en simpel udbygning af fig. 4-4, der kun illustrerede substitutionsmekanismen.

Energibesparelserne optræder i nedenstående figur som en formindskelse af hældningskoefficienten for E_j , således at en lineær sammenhæng mellem produktionens størrelse og besparelsernes omfang forudsættes. Som det fremgår af figuren er kun energitypen e^1 karakteriseret ved potentielle besparelsemuligheder, medens anvendelsen af de to øvrige energityper forudsættes at være direkte bundet til produktionsniveauet.

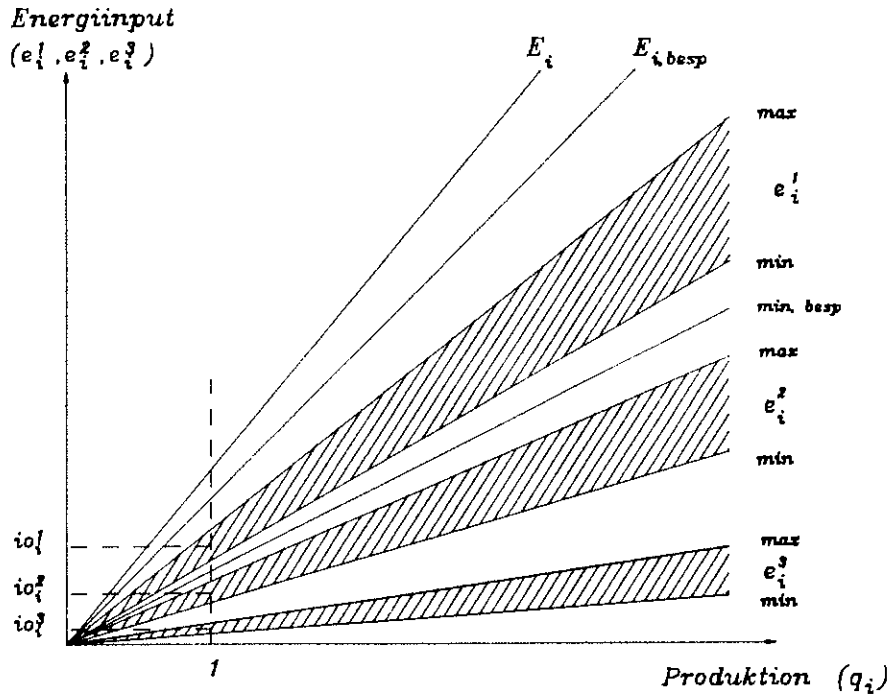


Fig. 4-6. Energibesparelser og substitution.

Io-modelteknisk inkorporeres energibesparelserne som en io-sektor i LINRAT, men i modsætning til de øvrige io-sektorer, der er såvel input-modtagende som input-leverende, tillægges energibesparelser kun den sidstnævnte egenskab, hvilket i praksis betyder, at inputkoefficientsøjlen består af lutter 0-er. Energibesparelserne er derfor gratis, dvs. stiller ikke krav om inputleverancer fra de øvrige io-sektorer i modellen. Specificeres besparelseskoefficienter for relevante sektorer disaggregerede energiforbrug kan "energibesparelser" fortolkes som en effektivitetsproducerende sektor, der indskydes mellem de enkelte energityper og den energiforbrugende io-sektor.

Forudsætningen om inputsøjlen med 0-er er i sig selv sund, men den formelle kategorisering af energibesparelserne som en io-sektor rejser et generelt problem med hensyn til konsistensen i et io-system. Muligheden for under en energiforsyningskrise at reducere den relative inputanvendelse indebærer implicit en mulighed for en relativ forøgelse af restindkomsterne, for at balancen i io-tabellen/io-systemet skal være opretholdt. Denne afledede effekt er dog ekstern i forhold til LINRAT, hvor fordelingsaspekter ikke er inkorporeret.

Sammenfattende er det substitutionsmodulets overordnede, generelle funktion i LINRAT at modificere den stivhed og statik, som io-systemet (4-2) - (4-3) repræsenterer, i en mere realistisk retning, der peger på substitution og flexibilitet som midler til at formindske de samfundsøkonomiske konsekvenser af den indtrådte energiforsyningskrise. Det er nemlig urealistisk at forestille sig, at økonomien under en forsyningskrise er så lidet flexibel, som io-systemet postulerer.

4.2.3. Raffinaderimodulet

Raffinaderimodulets overordnede funktion i LINRAT er - i modsætning til substitutionsmodulet - at skærpe de restriktioner, som io-systemet pålægger de fire kategorier af raffinerede produkter. Disse optræder i io-modulet som fire principielt selvstændige io-sektorer, hvorfor raffinaderimodulets rolle bliver en koordinering af produktionen af de raffinerede produkter, mao. fastlæggelse af et realistisk produktmix indenfor givne tekniske rammer. Endvidere er det modulets funktion at sikre en fysisk balance mellem raffinaderiernes input af to råolie kvaliteter (let nordsø hhv. tung råolie) og deres output af fire raffinerede produkter.

På baggrund af en beskrivelse af produktionsforholdene i raffinaderierne, der især fokuserer på de teknisk/fysiske forhold, som har implikationer for LINRAT's modeladfærd, præsenteres og diskuteres raffinaderimodulet i nærværende afsnit.

Raffinaderierne har en central placering i LINRAT, fordi de er de første, der direkte rammes af et råolieforsyningssvigt, hvad enten svigtet relaterer sig til den indenlandske råolieproduktion af let nordsø olie eller til importen af let nordsø olie og/eller tung råolie. Praktisk taget al import af råolie, samt den andel af den danske råolieproduktion, som ikke eksporteres, anvendes som input i den danske raffinaderisektor, der via en konverteringsproces producerer en række raffinerede produkter med forskellige kvalitative egenskaber og specifikke kemiske karakteristika. Med hensyn til sidstnævnte dækker de raffinerede produkter populært sagt et spektrum fra tunge til lette produk-

ter med asfalt og gas som de yderste extremer i spektret med henholdsvis højeste og laveste massefylde.

I en økonomisk sammenhæng er det mere interessant, at forskellige raffinerede produkter har så forskellige kvalitative egenskaber, at man ud fra et substitutionskriterium kan tale om forskellige varer, mellem hvilke der i de fleste anvendelser og produktionsprocesser kun er begrænsede substitutionsmuligheder. Det vil f.eks. være afgørende for en kemisk virksomhed, at den får leveret mineralsk terpentin og ikke tung fuelolie, medens det selvfølgelig er overflødigt at fremhæve, at flytrafikken er afhængig af leverancer af jetbenzin og ikke pludselig kan substituere over til asfalt. Derimod kan det fremhæves, at ikke engang mellem jetbenzin og motorbenzin er der substitutionsmuligheder.

På overordnet niveau, hvor forbruget af energi - herunder raffinerede olieprodukter - kan placeres i tre kategorier: rumopvarmning, proces og transport¹⁾, kan den tendens iagttages, at rumopvarmning primært anvender de lette raffinerede produkter, proces de tunge raffinerede produkter, medens transportområdet anvender de meget lette raffinerede produkter. Ligeledes på et overordnet niveau kan den generelle påstand fremføres, at over spektret af raffinerede olieprodukter er - alt andet lige - en substitution fra et tungere raffineret produkt til et lettere raffineret produkt lettere at realisere end den omvendte substitution!

I LINRAT er de raffinerede produkter, bl.a. ud fra ovennævnte substitutionskriterium, blevet aggregeret til 4 hovedkategorier af raffinerede produkter²⁾. De 4 hovedkategorier er:

1) Denne opdeling har historisk været anvendt i dansk energiplanlægning, jvf. diverse publikationer fra energiministeriet og energistyrelsen. Opdelingen anvendes f.eks. ved opstillingen af Danmarks energibalancer.

2) I afsnit 5.1 beskrives sammenhængen mellem Danmarks Statistiks energimatricedata og de i LINRAT udførte aggregeringer på energisiden.

- 1) Gas-/diesel olie
- 2) Benzin
- 3) Fuelolie
- 4) Andre raffinerede produkter

Kategorien "Andre raffinerede produkter" er bestemt residualt, og indeholder derfor en inhomogen blanding af produkter, mellem hvilke lighederne ikke er så udtalte som i de tre øvrige kategorier.

Ovenstående beskrivelse af raffinaderisektoren som en centralt placeret konverteringssektor i LINRAT rummer det væsentlige budskab, at raffinaderisektoren producerer en række forskellige produkter, som efterspørges af forskellige økonomiske agenter til forskellige anvendelser. Raffinaderisektoren er derimod den eneste agent i økonomien, som efterspørger råolie, og sektorens funktion er derfor dels at konvertere en primær - men ikke brugbar - energitype til en række sekundære og brugbare energityper. Set i dette perspektiv er det interessant at undersøge, om raffinaderisektoren er tilstrækkeligt flexibel til på kort sigt at kunne tilpasse sit produktmix til en ændret efterspørgselsstruktur, dvs. pludselige skift i den relative efterspørgsel mellem kategorier af raffinerede olieprodukter. Denne flexibilitet vil blive analyseret i det følgende.

Konverteringen af råolie til raffinerede olieprodukter samt de vigtigste involverede produktionsprocesser i et raffinaderi er illustreret i fig. 4-7.

Af overskuelighedshensyn producerer raffinaderiet i nedenstående fig. 4-7 tre kategorier af raffinerede produkter vha. et homogent råolieinput. Med det formål at få opsplittet råolien i en række anvendelige olieprodukter samt at opnå en stor andel af højt forædlede produkter, dvs. en høj andel af de lette raffinerede produkter: gas-/dieselolie og benzin på bekostning af fuelolie, gennemløber råolien tre produktionsprocesser. Først udsættes råolien for en atmosfærisk destillation, hvorved den væsentligste del af de lette produkter udskilles (ca. 2/3). Dernæst udsættes residualen - eller bundproduktet - på ca. 1/3

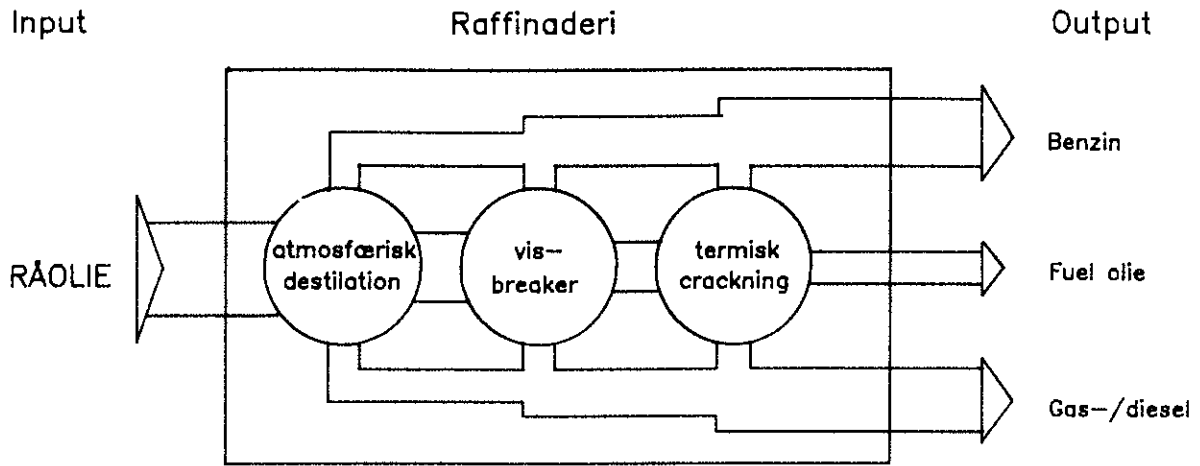


Fig. 4-7. Raffineringsprocessen.

af den oprindelige råoliemængde for den egentlige crackningsproces, hvor første trin er en mild termisk crackning ved en relativt lav temperatur, vha. en såkaldt "visbreaker", og andet trin er en hård termisk crackning ved en noget højere temperatur. I selve crackningsprocessen kan ca. 1/2 af residualen forædles til lette produkter, mens den resterende 1/2 forlader produktionsprocesserne - og dermed raffinaderiet - som fuelolie.

Ønsket om at opnå en høj andel af lette raffinerede produkter er økonomisk betinget og forudsætter, at alt andet er lige. Den væsentligt højere markedspris på - først og fremmest - benzin, men også gas-/dieselolie i forhold til fuelolie, rummer et incitament til at få den størst mulige andel af råolien konverteret til lette produkter. Modsat trækker imidlertid ønsket om omkostningsminimering, fordi en højere grad af forædling af råolien er forbundet med øgede produktionsomkostninger, såvel i økonomiske som i fysiske termer. Foruden kapitalomkostningerne i forbindelse med en avanceret og effektiv crackningsteknik vil også de variable produktionsomkostninger afhænge af det valgte crackningsniveau. Det givne crackningsudstyr kan i drift køres

"hårdere" eller "mildere" med resulterende højere eller lavere driftsomkostninger. I fysiske termer udgøres omkostningerne ved raffinaderiproduktionen af et konverteringstab i fysiske enheder, dvs. energiindholdet (i joule) i 1 ton råolie formindskes successivt i hver af de tre produktionsprocesser med et totalt konverteringstab på ca. 7% til følge (jvf. den efterfølgende fig. 4-10).

Det valgte crackningsniveau og dermed det valgte outputmix på et raffinaderi determineres derfor af en række modsatrettede hensyn, hvilke f.eks. kunne inkorporeres i en operationsanalytisk referenceramme eller model, hvor differencen mellem salgsindtægterne fra salget af de raffinerede produkter og produktionsomkostningerne i forbindelse med destillation og crackning søges maximeret under økonomiske og tekniske restriktioner.

Crackningsniveauet fastlægges af et raffinaderi både på langt og på kort sigt under hensyntagen til markedøkonomiske forhold. På langt sigt foretages investeringer i raffinaderiet, således at kapitalapparatet bliver det mest hensigtsmæssige og crackningsprocesserne de mest effektive. I nærværende sammenhæng er det imidlertid tilpasningen og crackningsflexibiliteten på kort sigt der har interesse, fordi kapitaludstyret og de tekniske produktionsforhold er givne og faste på det korte sigt, som et forsyningssvigt betragtes indenfor, og som LINRAT relaterer sig til. På kort sigt optimeres driftssituationen indenfor forholdsvis snævre tekniske grænser, hvilke imidlertid trods alt fastlægger et mulighedsområde, hvorfra driftssituationen kan udvælges. En vis flexibilitet er derfor selv på kort sigt indbygget i crackningsniveauet og dermed raffinaderiets outputmix - jvf. nedenstående fig. 4-8.

I nedenstående figur er crackningsniveauet (cr) defineret som de lette raffinerede produkters andel af den samlede raffinaderiproduktion i fysiske termer, hvor a_{15} er crackningskoefficienten for gas-/dieselolie, og a_{16} er crackningskoefficienten for benzin, dvs.

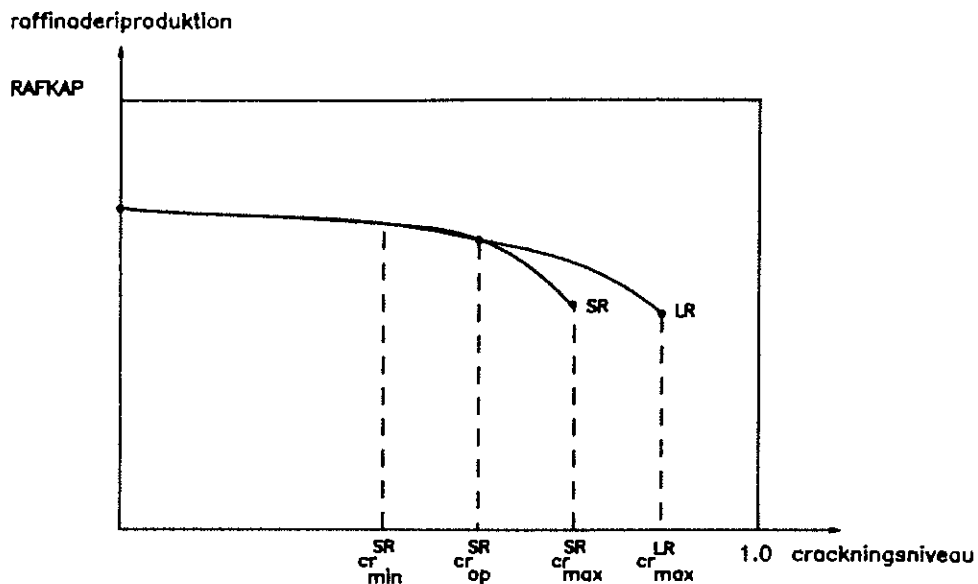


Fig. 4-8. Udbytteflexibilitet på et raffinaderi.

$$cr = a_{15} + a_{16}$$

(4-144)

hvor

$$a_{15} = q_{15}/q_{RAF} ; a_{16} = q_{16}/q_{RAF}$$

og

$$q_{RAF} = q_{15} + q_{16} + q_{17} + q_{18}$$

(jvf. variabellisten i bilag 1).

Kurverne LR og SR fastlægger den funktionelle sammenhæng mellem raffineriproduktionen - q_{RAF} - og det valgte crackningsniveau - cr - på langt hhv. kort sigt. LR defineres som den traditionelle indhyldningskurve for en sekvens af kortsigtskurver, der afspejler muligheden for over tiden at foretage en optimal kapitaltilpasning. Begge kurver er faldende, dvs. inkorporerer konverteringstab. Langtsigtskurven LR diskuteres ikke nærmere i det efterfølgende, da kapitaltilpasning ligger udenfor LINRAT's kortsigtshorisont.

Givne fysisk/kemiske grænser - cr_{max}^{SR} og cr_{max}^{LR} - eksisterer både på kort og langt sigt for, hvor højt crackningsniveauet kan presses op. På kort sigt kan crackningsniveauet fastsættes inden for mulighedsintervallet $cr_{min}^{SR} < a_{15} + a_{16} < cr_{max}^{SR}$, i hvilket

det optimale niveau cr_{op}^{SR} er valgt som det, der maximerer det driftsøkonomiske dækningsbidrag - jvf. nedenstående fig. 4-9.

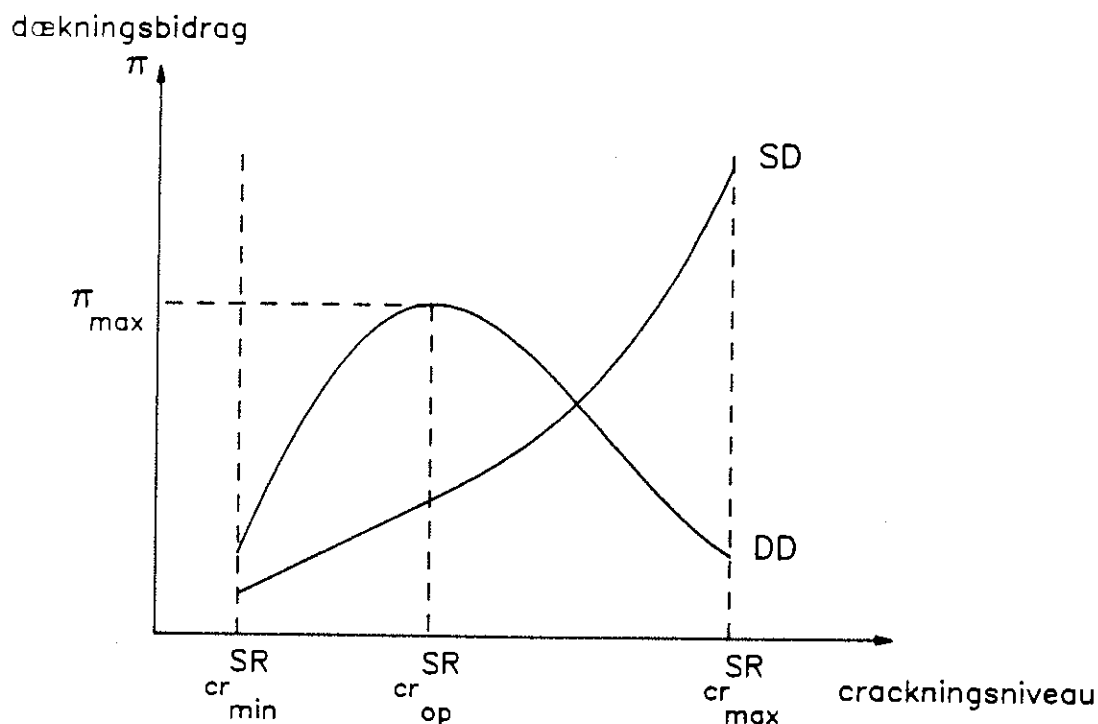


Fig. 4-9. Sammenhængen mellem crackningsniveau og dækningsbidrag.

Ovenstående kurve - DD - viser det driftsøkonomiske dækningsbidrag på kort sigt ved valg af alternative crackningsniveauer. Dette dækningsbidrag er baseret på observerede markedspriser og er måske i rimelig overensstemmelse med det samfundsøkonomiske dækningsbidrag i en ligevægtssituation, hvor udbud og efterspørgsel mht. de forskellige raffinerede produkter clearer. Er der imidlertid tale om en uligevægtssituation, hvor produktionen på raffinaderierne tvinges til at falde pga. et mindsket råolieinput, og hvor output-priserne på kort sigt er stive, kan der opstå en betydelig forskel mellem det driftsøkonomiske og det samfundsøkonomiske dækningsbidrag knyttet til valget af en given - og mulig - drifts- og crackningsstrategi. Det valgte crackningsniveau i ligevægtssituationen vil samfundsøkonomisk betragtet være inoptimalt i uligevægtssituationen, hvis der sker et skift i den relative efterspørgsel mellem de raffinerede produkter, således at de relative markedspriser kommer til at adskille

sig fra de relative knaphedsværdier - eller skyggeværdier. Et samfundsøkonomisk og politisk baseret ønske om at prioritere produktionssystemet i samfundet - karakteriseret ved produktion og beskæftigelse - i en kort sigts situation med et råolieforsyningssvigt og deraf mindskede leverancer af raffinerede produkter, er konsistent med ønsket om at prioritere raffinerede produkter, der primært har karakter af produktionsfaktorer frem for produkter, der primært optræder som forbrugsvarer i endelig anvendelse.¹⁾

Figur 4-9 viser et samfundsøkonomisk dækningsbidrag - kurven SD - der er størst ved det højeste crackningsniveau - cr_{max}^{SR} - og stigende igennem kort sigts crackningsintervallet. Kurven DD viser imidlertid, at det driftsøkonomisk - set ud fra raffinaderiets synspunkt - er mest fordelagtigt at vælge et crackningsniveau cr_{op}^{SR} mellem driftsektremerne. De to kurver divergerer, fordi DD er baseret på observerbare markedspriser, mens SD er baseret på skyggeværdier opgivet i en sammenlignelig værdienhed.

Kurverne afspejler markedsimperfektioner i en uligevægtssituation, hvor markedspriserne for raffinerede produkter enten er stive eller fastlåste fra centralt, politisk hold, og dermed ikke reflekterer produkternes sande knaphedsværdier. Skyggeværdier er derfor et begreb, der introduceres, når markeder ikke har de perfekte egenskaber, som den økonomiske teori forudsætter. Begge kurver er kortsigtskurver, der forudsætter en given kapacitetsudnyttelse. Denne determineres af den exogent givne råolieimport og den indenlandske råolieproduktion.

Ovenstående diskussion udleder den væsentlige pointe, at driftsøkonomiske og samfundsøkonomiske ønsker vedrørende driften af et raffinaderi kan divergere i en situation med et råolieforsyningssvigt. En hård crackning - højt crackningsniveau - vil være forbundet med høje driftsomkostninger og vil driftsøkonomisk betragtet være inoptimal, men vil samfundsøkonomisk vurderet generere en høj produktionsandel af lette raffinerede produkter med

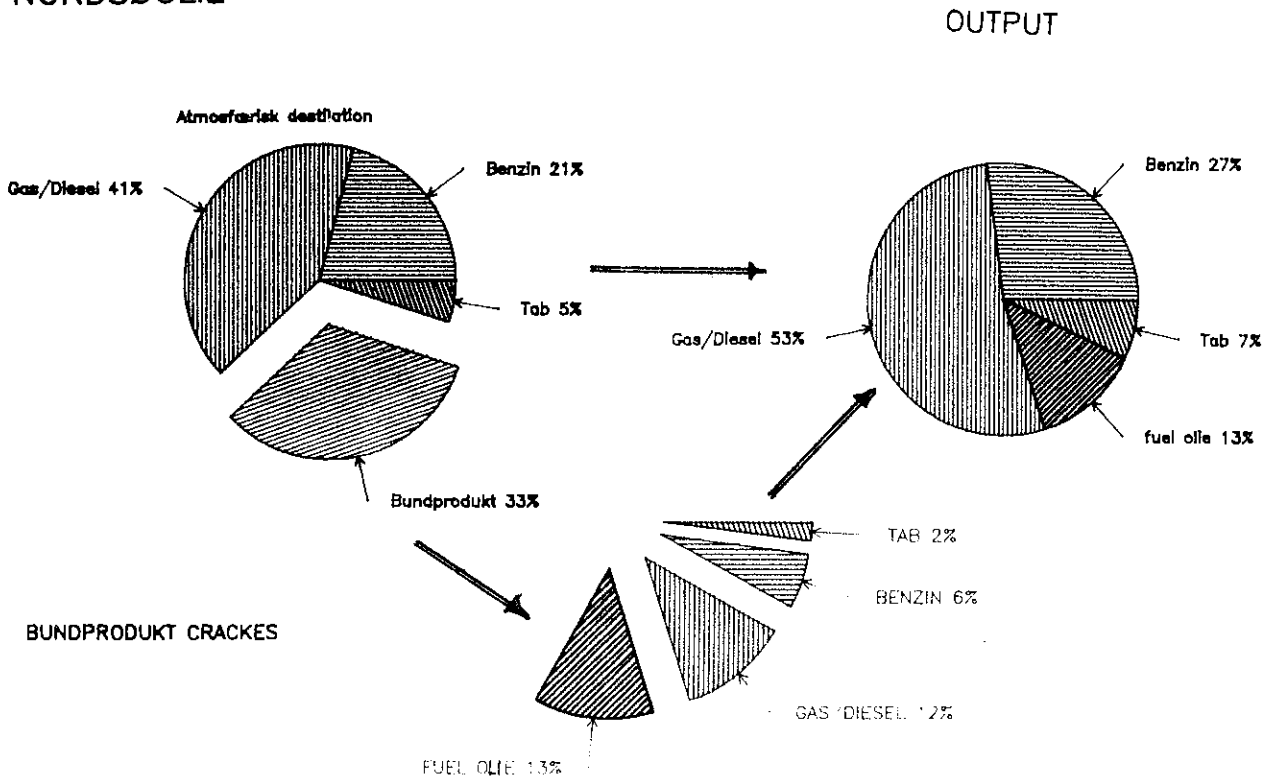
1) Begrebet "endelig anvendelse" anvendes her som en input-output term.

høje skyggeværdier, og vil derfor være hensigtsmæssig ud fra en samfundsøkonomisk betragtning.

Det økonomiske optimum mht. raffinaderidrift i en kortsigtet uligevægtssituation har hidtil været det fixpunkt, hvorom diskussionen har drejet sig. Diskussionen har forudsat en teknisk crackningsflexibilitet på kort sigt, givet ved crackningsintervallet (cr_{min}^{SR} , cr_{max}^{SR}), og drejet sig om en optimering inden for dette interval. I det følgende fokuseres på de tekniske begrænsninger, som crackningsintervallet i praksis lægger på den økonomiske optimering.

I fig. 4-7 er de væsentligste konverteringsprocesser i et raffinaderi illustreret for en model, hvor et homogent råolieinput konverteres til 3 kategorier af raffinerede produkter: benzin, gas-/dieselolie og fuelolie. Homogenitetsantagelsen er imidlertid urealistisk, fordi forskellige typer - eller kvaliteter - af råolie giver forskellige relative udbytter ("yields") af raffinerede produkter. Outputmixet determineres derfor foruden af det valgte crackningsniveau også af kvaliteten af råolieinputet. Figur 4-7 giver derfor en rimelig kvalitativ præsentation af produktionsprocesserne i et raffinaderi, men giver ikke en kvantitativ beskrivelse af afhængigheden mellem råolie-kvalitet og udbytter. Denne beskrivelse er forsøgt givet i nedenstående fig. 4-10, der viser raffineringen af en enhed råolie (=100 J) i to produktionstrin: atmosfærisk destillation og crackning (visbreaker + termisk crackning). Raffineringen er illustreret for 2 typer af råolie - en let nordsøolie og en tung Arabian heavy og viser en ligevægtssituation med driftsøkonomisk optimalt crackningsniveau. Råolie kan differentieres på mange typer og kvaliteter, som knytter sig til oliens geografiske oprindelse - ja endda oliens specifikke felttilknytning (jvf. bilag 2) - men i nærværende sammenhæng må et vist aggregeringsniveau vælges. I LINRAT optræder to råolietyper: let nordsø og tung råolie - jvf. kapitel 5 vedrørende den udførte aggregering.

NORDSØOLIE



ARABIAN HEAVY

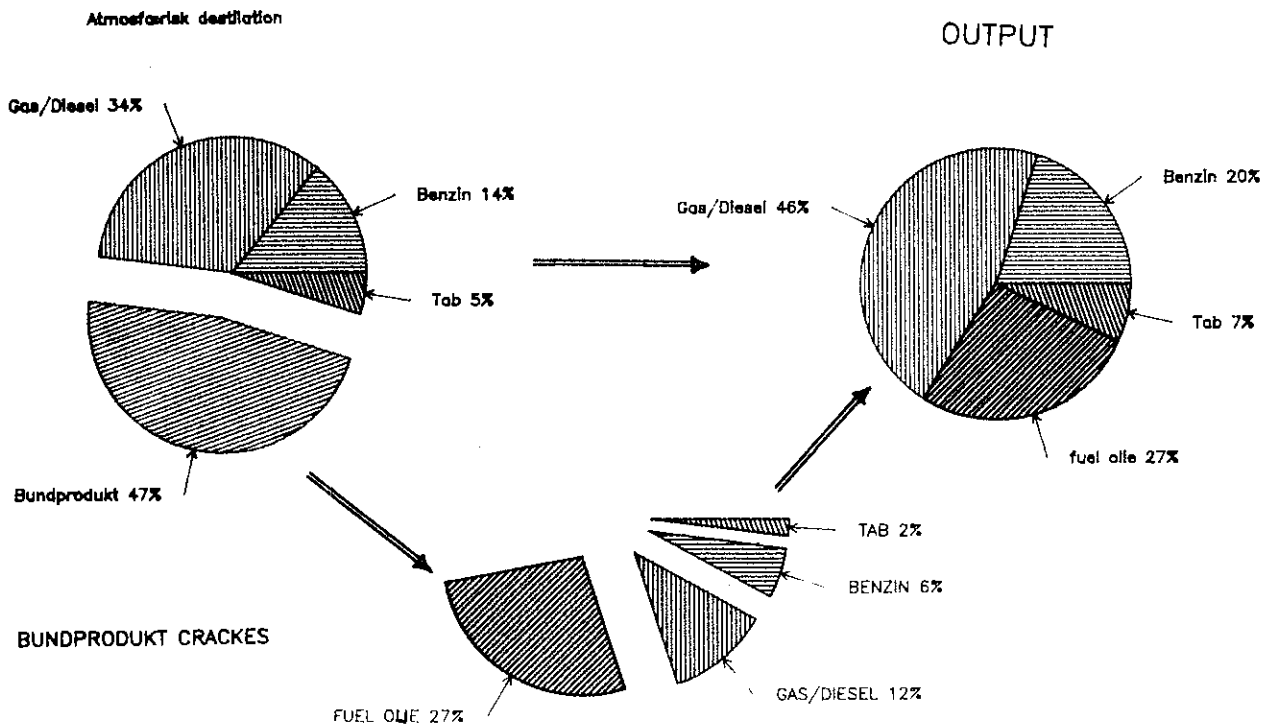


Fig. 4-10. Raffinering af Nordsøolie henholdsvis Arabian heavy.

Af fig. 4-10 fremgår det, at under samme driftsbetingelser - bl.a. normal crackning - vil de relative udbytter af de to typer råolie være forskellige, idet udbyttet af de lette raffinerede produkter (benzin + gas-/diesel) er 80% for nordsøolien og kun 66% for Arabian heavy.

En vis fleksibilitet eksisterer på kort sigt i crackningsprocessen, fordi denne kan køres "hårdere" - det vil bl.a. sige ved højere temperaturer - således at de lette produkters andel af bundproduktet kan øges. Den "hårdere" kørsel resulterer imidlertid i den uønskede bieffekt, at koksaflejringen i produktionsanlægget øges betydeligt sammenlignet med normal drift, hvor anlægget typisk hver 9. måned må lukkes ned for at muliggøre afbrænding af koksaflejringerne. Et renovationsinterval på 1-2 måneder vil formentlig være konsekvensen af den hårdere drift med øgede driftsomkostninger til følge. Det formindskede renovationsinterval vil også resultere i en lavere disponibel raffinaderikapacitet. Der vil dog under en råolieforsyningskrise eksistere en generel overkapacitet på raffinaderierne pga. den indskrænkede produktionsaktivitet, således at de formindskede renovationsintervaller ikke vil udgøre et reelt problem i relation til raffinaderikapaciteten.

I nedenstående tabel 4-1 og tabel 4-2 er for hhv. nordsøolie og Arabian heavy vist den tekniske kort sigts fleksibilitet i crackningsprocessen, idet udbytterne angives ved normal crackning - jvf. fig. 4-10 - såvel som ved hård crackning. Flexibiliteten angives for de fire produktkategorier: benzin, gas-/diesel, fuelolie og gas.

Det fremgår af tabellerne, at den potentielle udbyttefordeling er væsentlig forskellig for de to råolietyper, samt at der i crackningsprocessen er indbygget en vis fleksibilitet på kort sigt. Det er således for begge råolietyper teknisk muligt at hæve de lette produkters udbytteandel med ca. 3% (fordelt med 1% på benzin og 2% på gas-/diesel) ved anvendelse af en hårdere crackning.

Tabel 4-1. Raffineringsudbytte for Nord søolie

	Atmosfærisk destillation	Normal termisk crackning og visbreaking		Hård termisk crackning og visbreaking	
	I alt	Fra crackn.	I alt	Fra crackn.	I alt
Benzin	19-21	6	25-27	7	26-28
Gas/diesel	38-41	12	50-53	14	52-55
Fuel	39-34	19-14	19-14	15-10	15-10
Gas	4	6	6	3	7
I alt	100	39-34	100	39-34	100
Procestab	5	2	7	2	7

Anm.: Tabellens elementer er relative andele (%) af råolieinput.

Tabel 4-2. Raffineringsudbytte for Arabian heavy

	Atmosfærisk destillation	Normal termisk crackning og visbreaking		Hård termisk crackning og visbreaking	
	I alt	Fra crackn.	I alt	Fra crackn.	I alt
Benzin	14	6	20	7	21
Gas/diesel	34	12	46	14	48
Fuel	48	28	28	24	24
Gas	4	2	6	3	7
I alt	100	48	100	48	100
Procestab	5	2	7	2	7

Anm.: Tabellens elementer er relative andele (%) af råolieinput.

Kilde: Peter Laut, DIA.

Flexibiliteten fastlægger et mulighedsinterval - jvf. fig. 4-8 og 4-9 - inden for hvilket crackningsniveauet kan vælges på kort sigt. Valget foretages - mere eller mindre explicit - på baggrund af en optimeringsprocedure, hvor et dækningsbidrag maximeres. I det foregående blev det fremhævet, at et driftsøkonomisk hhv. et samfundsøkonomisk udgangspunkt kan føre til forskellige valg ved anvendelse af samme optimeringsprocedure - afhængigt af om der fokuseres på markedspriser eller skyggeverdier.

Crackningsflexibiliteten udgør ét af de styringsinstrumenter, der kan tages i anvendelse under et råolieforsyningssvigt med det formål at begrænse skadevirkningerne på samfundsøkonomien gennem en samfundsøkonomisk optimal konvertering af den knappe energiressource.

I modsætning til de øvrige moduler i LINRAT er raffinaderimodulet funderet i et teknisk udgangspunkt, fordi raffinaderiproduktion - og specielt crackning - vedrører tekniske og fysiske processer, hvorfor det er hensigtsmæssigt at få bortelimineret priselementet, således at der kun fokuseres på "rene" fysiske mængder i f.eks. TJ. En crackningsproces kan mere realistisk beskrives på et fysisk niveau, hvor produkter opgøres i tons eller joule, end på et økonomisk, hvor der både crackes på priser og mængder.

Med givne exogene priser på de fire kategorier af raffinerede produkter kan de i io-modulet inkluderede produktionsværdier - q_{15} , q_{16} , q_{17} og q_{18} - transformeres til produktioner - t_{15} , t_{16} , t_{17} og t_{18} - i fysiske energienheder (TJ). Denne transformation udføres i (4-28) - (4-31) i raffinaderimodulet. Den samlede raffinaderiproduktion i fysiske mængder kan derfor definitionisk fastlægges, som

$$t_{RAF} = t_{15} + t_{16} + t_{17} + t_{18} \quad (4-145)$$

En raffinaderikapacitet kan indføres som en øvre grænse for den samlede produktion:

$$t_{RAF} \leq RAFKAP \quad (4-146)$$

Restriktioner introduceres nu på produktmixet i (4-145) i form af crackningsflexibilitet - givet ved nedenstående crackningsintervaller, hvor crackningen udføres på raffinaderiproduktionen - outputet - q_{RAF} og ikke på inputet af råolie, hvilket ville have været mere realistisk. Forudsættes imidlertid, at konverteringsstabet ved raffinaderiproduktion er lig med 0, kan crackningen i modellen opfattes som en crackning, der vedrører input - dvs. råolie.

Nedre grænser for crackningsflexibilitet.

$$t_{15} - a_{15min} \cdot t_{RAF} > 0 \quad (4-147)$$

$$t_{16} - a_{16min} \cdot t_{RAF} > 0 \quad (4-148)$$

$$t_{17} - a_{17min} \cdot t_{RAF} > 0 \quad (4-149)$$

$$t_{18} - a_{18min} \cdot t_{RAF} > 0 \quad (4-150)$$

Øvre grænser for crackningsflexibilitet.

$$t_{15} - a_{15max} \cdot t_{RAF} < 0 \quad (4-151)$$

$$t_{16} - a_{16max} \cdot t_{RAF} < 0 \quad (4-152)$$

$$t_{17} - a_{17max} \cdot t_{RAF} < 0 \quad (4-153)$$

$$t_{18} - a_{18max} \cdot t_{RAF} < 0 \quad (4-154)$$

Raffinaderiernes produktmix bestemmes af crackningskoefficienterne - ($a_{15min}, \dots, a_{18min}, a_{15max}, \dots, a_{18max}$) - der angiver kortsigtsflexibiliteten i raffinaderiproduktionen. Hvis reference-situationen karakteriseres af manglende crackningsflexibilitet - dvs.

$$a_{15min} = a_{15max}, \dots, a_{18min} = a_{18max}$$

kan effekten af introduktionen af crackningsflexibilitet som styringsinstrument vurderes, bl.a. ved at måle forøgelsen af krite-

riefunktionens værdi. Flexibiliteten giver nemlig modellen lov til - indenfor de fastlagte intervaller - at vælge det optimale produktmix, hvilket vil være mindst lige så godt som produktmixet i referencesituationen - når kriteriefunktionen anvendes som måleskala.

Den opstillede model: (4-28) - (4-31), (4-145) - (4-154) illustrerer på en overskuelig måde hovedprincipperne i LINRAT's raffinaderimodul, men er på et væsentligt punkt en forenkling af raffinaderimodulet. Den opstillede model anvender én råolie, hvor raffinaderimodulet anvender to råolietyper som input. Hovedstrukturen er den samme i raffinaderimodulet, men en opsplitning og dublering er foretaget.

Opsplitningen er udført på produktionen af hvert af fire raffinaderiprodukter, således at de opfattes som bestående af to dele, der er baseret på hhv. let nordsøolie og tung råolie - jvf. (4-32) - (4-35). Definitoriske indentiteter i (4-36) og (4-37) summer de opsplittede produktioner til to totaler, hvilke tilsammen udgør raffinaderiproduktionen t_{RAF} . De to råolietypers relative inputfordeling i fysiske mængder - givet ved α_L - determinerer i (4-55) og (4-56) størrelsen af de to subtotaler af raffinerede produkter.

Dubleringen vedrører crackningsflexibiliteten, idet crackningsintervaller er specificeret for hver af de to råolietyper - jvf. (4-39) - (4-46) hhv. (4-47) - (4-54). Strengt taget er crackningsflexibiliteten den samme for de to råolier (jvf. tabel 4-1 og 4-2), så den reelle årsag til dubleringen er råoliernes forskellige relative udbyttepotentiale.

Crackningsflexibiliteten er i LINRAT blevet modelleret som en flexibilitet, der knytter sig til raffinaderiproduktionens sammensætning - under en forudsætning om, at flexibiliteten ikke implicerer et konverteringstab. Crackningsflexibiliteten er derved funderet i raffinaderiernes outputside, men en fuldstændig og konsistent beskrivelse nødvendiggør en inddragelse af inputsiden, således at inputstrukturen for de fire raffinerede produkter mht. råolie fastlægges. Denne problemstilling vedrører disaggregeringen af A-matricen i io-systemet (jvf. afsnit 5.3).

Disaggregeringen af A-matricen er to-dimensional. Den rækkevise disaggregering baseres på de detaljerede energibalancer i DS' energimatrice (jvf. afsnit 5.1), mens den søjlevise disaggregering baseres på den generelle forudsætning, at inputstrukturen er ens for hvert af de opsplittede underprodukter. I det følgende diskuteres konsekvenserne af en forudsætning om ens inputkoefficient for de fire raffinerede produkter mht. råolie, bl.a. belyses denne forudsætnings indflydelse på modelleringen af crackningsflexibiliteten og på samspillet mellem modellens fysiske og økonomiske niveau.

Da kun raffinaderierne anvender råolie som input, vil et råolieforsyningssvigt slå igennem i form af en reduceret raffinaderiproduktion, hvis der i denne sammenhæng ses bort fra eksisterende råolielagre. Reduktionens størrelse determineres af raffinaderiernes inputkoefficient(er), der traditionelt angiver det relative inputkrav, som en given produktionsstørrelse stiller, men som i denne sammenhæng "virker omvendt".

Forudsættes io-koefficienterne ens for de fire raffinerede olieprodukter mht. råolie, er faldet i den samlede raffinaderiproduktion i værdienheder determineret lineært af et givet råolieforsyningssvigt, hvor io-koefficienten specificerer linearteten.

Io-modulet - med io-balancerne - determinerer den samlede raffinaderiproduktion i værdienheder, men produktionen i fysiske enheder samt produktmixet i både fysiske enheder og værdienheder determineres i raffinaderimodulet. Det fysiske produktmix fastlægges mere eller mindre flexibelt af crackningsintervallerne for hver af de to råolietyper, således at større crackningsflexibilitet i LINRAT er ækvivalent med et større løsningsmulighedsområde og større muligheder for en potentiel forbedring af kriteriefunktionen. Sammenlignes to situationer, hvor alt andet er lige - bortset fra crackningsflexibiliteten, der i den ene situation er fastlåst og i den anden givet ved crackningsintervaller - er den sidstnævnte den mest gunstige, fordi et produktmix i fysiske termer kan vælges, som er mindst lige så godt - målt med kriteriefunktionen som måleskala - som det fastlåste

produktmix. "Omkostningerne" ved i den sidstnævnte situation at vælge et alternativt fysisk produktmix bestemmes af de relative priser på raffinerede produkter - jvf. rel. (4-28) - (4-31) - således at en hårdere crackning med en øget andel af lette raffinerede produkter sker på bekostning af et fald i den totale raffinaderiproduktion i fysiske mængder, fordi prisen på de lette raffinerede produkter er højere end prisen på de tunge produkter, samtidigt med at io-systemet fastlåser produktionstotalen i værdi. Det omvendte forhold gør sig selvfølgelig gældende for en mildere crackning.

Kombinationen af ens io-koefficienter og forskellige produktpriser udgør en indirekte og utilsigtet konverteringstabsmekanisme, der "straffer" en hårdere crackning med en lavere totalproduktion i fysiske enheder.

De relative produktpriser angiver transformationsforholdene - eller substitutionsforholdene - produkterne imellem i en situation, hvor produktmixet ikke á priori er givet. Relative priser og transformationsforhold er dog koblet til et økonomisk begrebsapparat, hvor bl.a. markedskræfter - dvs. udbud og efterspørgsel - determinerer de relative priser og ikke et fysisk begrebsapparat, der fokuserer på tekniske bindinger og produktionsprocesser.

Trods specifikation af crackningsintervallerne på et fysisk/teknisk niveau er det de relative produktpriser, der fastlægger transformationsforholdene, og priserne afspejler ikke de potentielle tekniske omstillingsmuligheder, der på kort sigt eksisterer i raffinaderierne. Transformationsvektoren (1,1,1,1) - uden konverteringstab - giver en mere realistisk repræsentation af det tekniske niveau i raffinaderiproduktionen end prisvektoren (0.042, 0.047, 0.025, 0.027) for gas-/diesel olie, benzin, fuel olie og andre raffinerede produkter respektivt.

Erstattes prisvektoren (P_{15} , P_{16} , P_{17} , P_{18}) med transformationsvektoren (1,1,1,1) elimineres konverteringstabsmekanismen, men samtidigt ødelægges sammenkoblingen af det fysisk/tekniske niveau i raffinaderimodulet og det økonomiske niveau i io-modulet.

Forudsættes ens io-koefficienter for de raffinerede produkter mht. råolie inkorporeres derfor i produktpriserne samtidigt to dimensioner, der ikke harmonerer: en økonomisk og en teknisk.

I LINRAT afspejler produktpriserne den økonomiske dimension, mens den tekniske indbygges i A-matricen vha. differentierede io-koefficienter. Disse estimeres på baggrund af følgende model:

$$p_i/p_j = a_j/a_i \quad i, j = [15, \dots, 18] \quad (4-155)$$

$$a_{15} \cdot q_{15} + a_{16} \cdot q_{16} + a_{17} \cdot q_{17} + a_{18} \cdot q_{18} = a_{RAF} \cdot q_{RAF} \quad (4-156)$$

$$q_{RAF} = q_{15} + q_{16} + q_{17} + q_{18} \quad (4-157)$$

De relative forhold mellem io-koefficienterne er i (4-155) lig med de reciproke prisforhold. I (4-156) sikres konsistens i disaggregeringen af den fælles io-koefficient a_{RAF} , således at det samlede råolietræk i forbindelse med raffinaderiproduktionen q_{RAF} er det samme, uanset om trækket beregnes på det aggregerede eller disaggregerede niveau. Modellen (4-155)-(4-157) specificerer et fysisk råolieinputkrav, der er ens for hvert af de raffinerede produkter. Modellen sikrer, at crackningsmekanismen fungerer på et fysisk niveau uden konverteringstab, således at den total fysiske raffinaderiproduktion er konstant, mens værdien af denne kan variere.

Ovenstående gennemgang har vist, at det modelteknisk er vanskeligt at få den fysiske modelverden i raffinaderimodulet til at korrespondere med den økonomiske modelverden i io-modulet.

Raffinaderimodulet repræsenterer det mest disaggregerede niveau i LINRAT, hvor datakonstruktionen generelt er problematisk. At skabe en korrespondance mellem io-data, energimatricedata og data for den disaggregerede råolieimport repræsenterer yderligere en vanskelighed, hvilken beskrives i det efterfølgende kapitel 5.

I det følgende gives en beskrivelse af det sidste af LINRAT's moduler - rationeringsmodulet.

4.2.4. Rationeringsmodulet

Rationeringsmodulet omfatter relationerne (4-94) - (4-135) og består af 14 - i princippet - identiske sæt af restriktioner, ét for hver af LINRAT's ikke-energisektorer. Eksemplificeret med sektoren "Tegl & cement" har restriktionssættene følgende udseende:

$$E^6 - E_{13}^6, E_{14}^6, E_{15}^6, E_{16}^6, E_{17}^6, E_{18}^6, E_{19}^6, E_{20}^6, E_{21}^6, E_{22}^6) = 0 \quad (4-109)$$

$$E^6 \leq E_{\max}^6 \quad (4-110)$$

$$E^6 \geq E_{\min}^6 \quad (4-111)$$

I (4-109) defineres det disaggregerede energiforbrug (E^6) i "Tegl & cement" på baggrund af energivektorerne i substitutionsmodulet. Energivektorerne i substitutionsmodulet er fastlagt i overensstemmelse med rækkestrukturen i A-matricen, således at vektorerne indeholder de 24 sektors forbrug af en given energitype, f.eks. kul: E_{13}^6 .¹⁾ De sektorfordelte energiforbrug korresponderer til søjlestrukturen i A-matricen, og udtrykker explicit en sektors differentierede energibehov (energimix) ved et givent produktionsniveau q_i . Den samme information rummer substitutionsmodulets energivektorer implicit, hvis disse rækkevektorer inkorporeres i en fælles energimatrix og læses vertikalt, men informationen er uoverskuelig. Behovet for i en rationeringssituation at have et overblik over produktionssystemets differentierede energiforbrug på sektorniveau tilsiger derfor opstillingen af et separat modul, hvor restriktioner kan opstilles for de enkelte sektors energiforbrug.

Tegl & cement's energiforbrug er i (4-109) sammensat af:

E_{13}^6 : kul

E_{14}^6 : naturgas

1) Formelt indeholder A-matricen 25 sektorer, da energibesparelser modelteknisk optræder som en io-sektor, jvf. afsnit 4.2.2.

E₁₅⁶ : gas-/diesel

E₁₆⁶ : benzin

E₁₇⁶ : fuelolie

E₁₈⁶ : andre raffinerede produkter

E₁₉⁶ : el

E₂₀⁶ : bygas

E₂₁⁶ : fjernvarme

mao. af det 6. element i (25x1) energivektorerne. I (4-110) og (4-111) lægges restriktioner på sektorens energiforbrug i form af simple bounds, dvs. såvel øvre som nedre grænser kan i en situation med et energiforsyningssvigt opstilles for den pågældende sektors energiforbrug. Hermed er introduceret et effektivt administrativt og politisk styringsinstrument i en rationerings-situation, hvor energien er knap.

Via bounds på de sektorfordelte energiforbrug er det muligt direkte at implementere en rationeringspolitik i LINRAT, hvor en prioritering kan foretages mellem forskellige sektorer og forskellige energityper. Rationeringsmodulet er altså - i modsætning til det tekniske raffinaderimodul - et administrativt modul, der udgør et styringsinstrument mht. produktionssystemets energiforbrug i en rationeringssituation.

I et mere modelanalytisk perspektiv muliggør tilstedeværelsen af det separate rationeringsmodul en analyse af konsekvenserne af alternative rationeringstiltag overfor produktionssektorerne. Det er muligt at sammenligne effekterne af en proportional rationering, hvor alle sektors energiforbrug begrænses relativt lige meget, med effekterne af en differentieret rationering, hvor en prioritering af sektorerne finder sted, f.eks. ud fra kriterierne beskæftigelsesintensitet og energiintensitet.

I LINRAT's modulære struktur (jvf. fig. 4-1) er rationeringsmodulet placeret på det laveste hierakiske niveau, fordi det vedrører et meget specifikt hjørne af modelkomplekset. Betragtes kriteriefunktionen (W) som modellens overordnede niveau, hvor modellens adfærd fastlægges, så repræsenterer io-modulet (IO) næste niveau i modellen, hvor den totale samfundsøkonomi bindes sammen. Tredje niveau i modelkomplekset udgøres af de partielle moduler Sub og Raf, i hvilke der er fokuseret på mere specifikke energisystemer. I substitutionsmodulet (Sub) opstilles de dis-aggregerede energibalancer i økonomien, som en opsplitning af io-modulets totale energibalance, og i raffinaderimodulet (Raf) sammenbindes produktionen af de fire raffinerede olieprodukter, som i både io-modulet og substitutionsmodulet udgør fire principielt uafhængige sektorer. Koblingen mellem andet og tredje niveau udgøres af produktionsværdierne (q), der - for udvalgte sektorer - optræder i såvel IO som Sub og Raf. Rationeringsmodulet på det fjerde niveau i modellen inkluderer derimod ingen af io-modulets endogene, men skærper i princippet blot de restriktioner, som substitutionsmodulet opstiller mht. sektorernes energiforbrug. Restriktionerne er i substitutionsmodulet relative, idet relationerne (4-58) - (4-77) angiver en proportional sammenhæng mellem produktionsværdierne og sektorernes energiforbrug, medens restriktionerne i rationeringsmodulet er absolutte bounds på sektorernes energiforbrug.

Den modulære opfattelse af LINRAT forlades nu. I det følgende afsnit fokuseres på de enkelte relationer i LINRAT, og afsnittet bevæger sig derfor på et detaljeringsniveau, der ligger lidt under niveauet i det foreliggende afsnit, hvor overordnede - og overskuelighedsskabende - temaer, som modelstruktur og modelsammenhæng, blev behandlet.

4.3. LINRAT's relationer

I dette afsnit gives en systematisk beskrivelse af de relationer, der tilsammen former modelkomplekset LINRAT. Opbrydningen af LINRAT i moduler, som udgør integrerede subsystemer med tematisk sammenkædede relationer, var den bærende ide i foregående afsnit,

hvorimod den grundlæggende ide i dette afsnit er at karakterisere og klassificere modellens 136 relationer. Væsentlige relationer er selvfølgelig allerede i de foregående afsnit blevet beskrevet og diskuteret - men i forskellige sammenhænge og ud fra andre synsvinkler. I nærværende afsnit forsøges etableret et sammenhængende overblik over modellens relationer ved først i afsnit 4.3.1 at foretage en klassifikation af relationerne, og dernæst i 4.3.2 at pege på hvilke styringsinstrumenter, der optræder i de enkelte relationer.

4.3.1. Klassifikation

Modellen består af 136 relationer - (4-1)-(4-136) i modelspecifikationen - med tilsammen 1488 skalarrækker, når der bortses fra ikke-negativitetsbetingelsen ((4-136)). Antallet af skalarrækker er så højt, fordi modellen inkluderer algebraiske variable og parametre med forskellig dimension (jvf. variabellisten i bilag 1). Spredningen i antallet af rækker - relationerne imellem - illustreres af, at kriteriefunktionen (4-1) udgør 1 LP-række; landbrugets energiforbrug (4-94) består af 10 LP-rækker; io-systemet (4-2) er opsplittet på 17 LP-rækker, mens produktionskapaciteterne (4-6) består af 25 LP-rækker.

De 136 relationer kan, hvis der ses bort fra kriteriefunktionen, der skal maximeres, og ikke-negativitetsbetingelserne, der er ulighedsrestriktioner, opdeles på 42 ligheder og 92 uligheder (> og <). Denne opdeling er foretaget ud fra et rent matematisk synspunkt, ifølge hvilket ligheder formelt - i et LP-perspektiv - lægger betydeligt kraftigere bindinger på modellens variable end uligheder. Opdelingen er dog grov og giver ikke isoleret megen information.

Den generelle klassifikation af LP-modellens relationer i:

- kriteriefunktion
- restriktioner
- ikke-negativitetsbetingelse

udbygges for restriktionernes vedkommende i en mere specifik retning, således at disse opdeles i: præference restriktioner, økonomiske restriktioner og tekniske restriktioner.

Præferencerestriktionerne fastlægges på et normativt grundlag af beslutningstageren og afspejler på det generelle plan holdninger og etiske vurderinger og på det mere konkrete plan f.eks. opfattelsen af en hensigtsmæssig fordelingspolitik. De økonomiske restriktioner formuleres med udgangspunkt i "den økonomiske teoris love", og introducerer bl.a. - helt banalt - værdi som en linearitet mellem pris og mængde. De tekniske restriktioner har et naturvidenskabeligt udgangspunkt, hvor fysikkens love stiller krav til - og angiver begrænsninger af - reale systemer.

4.3.1.1. Præferencerestriktioner. Alle præferencerestriktioner - på nær handelsbalancerestriktionen (4-22) - optræder som simple bounds.

(4-4) og (4-5) fastlægger en nedre hhv. øvre grænse for det private konsum af ikke-energivarer samt for det totale private konsum af energi (jvf. aggregeringsmatricens funktion).

(4-7) lægger en undergrænse for de sektorfordelte produktionsværdier og kan derfor anvendes til at beskytte prioriterede sektorer.

(4-8) og (4-9) fastlægger en nedre hhv. øvre grænse for det offentlige konsum fordelt på de 25 LINRAT-sektorer. I praksis er offentligt konsum afgrænset til kun at omfatte konsum af leverancer fra "Offentlige tjenester".

(4-10) og (4-11) er bounds på de sektorfordelte lagerinvesteringer, vha. hvilke lageropbygningen af f.eks. energivarer kan styres. Lagerinvesteringerne er i modellen et bruttobegreb, mao. defineret som ikke-negative.

(4-12) og (4-13) er omvendt bounds på de sektorfordelte brutto lagertræk. Heri ligger et væsentligt styringsinstrument

under en kortvarig energiforsyningskrise, hvor faldet i et energiflow - helt eller delvist - kan kompenseres ved træk på eksisterende energilagre af dels den kriseramte energivare og dels af energisubstitutter.

(4-14) og (4-15) placerer bounds på de residualbestemte endelige anvendelser, som defineres positive (> 0).

(4-16) og (4-17) placerer omvendt bounds på de residualbestemte endelige anvendelser, som defineres negative (< 0). Med de to sæt af bounds kan investeringsomfanget mht. bl.a. maskiner og bygninger styres under en energiforsyningskrise. En prioritering mellem investeringer og f.eks. privat konsum vil det være hensigtsmæssigt at få nedlagt i bounds, idet LINRAT i sin modeladfærd er indifferent mellem de forskellige kategorier af endelig anvendelse.

(4-18) og (4-19) er nedre hhv. øvre grænser for den sektorfordelte export. Vha. disse foreligger en explicit mulighed for at overveje handelssanktioner under en energiforsyningskrise. Overvejelserne skal afklare, om det bl.a. er hensigtsmæssigt fortsat at opretholde exporten af råolie og raffinerede olieprodukter i en situation, hvor det indenlandske marked er underforsynet - rationeret - med disse varer.

(4-22) er handelsbalancerestriktionen, der er specificeret som en restriktion på den aggregerede netto import. Det kan diskuteres om handelsbalancerestriktionen skal klassificeres som en præferencerestriktion eller som en økonomisk restriktion, så det kompromis er i denne sammenhæng valgt, at anvende begge klassifikationer. På den ene side manifesterer en handelsbalance et økonomisk ubalanceproblem - et "bogholderiproblem" - men på den anden side rummer fastsættelsen af en øvre grænse - B - for denne ubalance også en politisk vurdering og prioritering. Handelsbalanceproblemet er et langsigtet makroøkonomisk ubalanceproblem, og LINRAT er en kortsigts model, hvilket er et argument for en nedprioritering af handelsbalancerestriktionens rolle i den aktuelle sammenhæng, hvor energiforsyningskrisen forudsættes at være

kortvarig. Det forekommer mao. ikke rimeligt at lade handelsbalancerestriktionen være en bindende restriktion i en modelkørsel med LINRAT.

(4-80) og (4-81) er bounds på det totale private energiforbrug. Vha. disse kan en forbrugsbegrænsning implementeres på et aggregeret niveau. På et disaggregeret niveau kan forbrugsbegrænsningen specificeres i (4-82) og (4-83), hvilke dog samtidig har den funktion at angive substitutionsmulighederne i det private energiforbrug.

(4-95) - (4-96), (4-98) - (4-99), ..., (4-131) - (4-132), (4-134) - (4-135) udgør de 14 sæt af bounds på energiforbruget i ikke-energisektorerne. Disse bounds er et administrativt styringsinstrument til i en energirationeringssituation at iværksætte en fordeling af den knappe energimængde - knappe produktionsfaktor - mellem sektorerne i overensstemmelse med en politisk prioritering af sektorernes vigtighed.

4.3.1.2. Økonomiske restriktioner. I modsætning til præference-restriktionerne, der praktisk taget alle foreligger som simple bounds, udgør de økonomiske restriktioner en heterogen blanding af restriktionstyper, hvilke, som et udgangspunkt, groft kan sorteres i ligheder og uligheder. De førstnævnte inkluderer dog forskellige typer af relationer som adfærdsrelationer, ligevægtsbetingelser og definitoriske identiteter, hvilket fremgår af det efterfølgende, hvor først lighederne vil blive beskrevet.

(4-2) formulerer den overordnede makroøkonomiske ligevægtsbetingelse, der kræver balance mellem tilgang og anvendelse i makroøkonomien indenfor en fastlagt tidsperiode. Ligevægtsbetingelsen fastlægges af en io-model og er således et krav om balance på sektorniveau. Relationen kan fortolkes som en disaggregeret nationalregnskabsidentitet, hvor aggregeringsniveauet er de 14 ikke-energisektorer, råolien, den totale energibalance for potentielle energisubstitutter og energibesparelser.

(4-3) er io-modellens importfunktion med exogen energiimport og en endogen bestemmelse af ikke-energiimporten på sektorniveau. Funktionen er en adfærdsrelation, der med de differentierede importkvoter som forklaringsvariable bestemmer de importkrav, som forskellige kategorier af efterspørgsel stiller.

(4-23) opsplitter definatorisk den samlede råolieimport på to råolier: let nordsø og tung råolie.

(4-28) - (4-31) er værdi-mængde transformationerne for de fire kategorier af raffinerede produkter. De fire relationer opstiller en definatorisk given sammenhæng mellem produktion i værdi og produktion i mængder og bygger dermed bro mellem det økonomiske og det fysiske niveau i LINRAT.

(4-57) er en definatorisk identitet, der opsplitter produktionssektorernes totale energiinput på ni energityper samt energibesparelser.

(4-78) definerer det totale private energiforbrug som summen af det på ni energityper disaggregerede energiforbrug.

(4-79) er en identitet mellem det totale private energiforbrug og en alternativ opsplitning af energiforbruget i overensstemmelse med substitutionsgrænserne (4-82) og (4-83).

(4-84) - (4-93) er energibalancerne for de ni potentielle energisubstitutter samt energibesparelser. Balancerne er en disaggregering af den totalbalance, som io-systemet (4-2) opstiller for energi. Energibalancerne er værdibalancer og klassificeres derfor i denne sammenhæng som økonomiske - og ikke fysiske - restriktioner.

(4-94), (4-97),, (4-130), (4-133) definerer de 14 ikke-energisektorerens energiinputvektorer på basis af substitutionsmodulets energivektorer.

(4-6) giver - i form af en ulighed - de sektorfordelte produktionskapaciteter. Disse er øvre fysiske grænser for sektorer-

nes produktionsværdier på kort sigt. Om restriktionen derfor er fysisk eller økonomisk kan diskuteres. Sidstnævnte klassifikation er valgt, fordi restriktionen er givet som værdikapacitetsgrænser for produktionen.

(4-20) - (4-21) lægger bounds på den sektorfordelte import. Udover at kunne implementere et exogent givet forsyningssvigt på en eller flere importerede energivarer er restriktionerne i stand til i princippet at håndtere et hvilket som helst forsyningssvigt - dog givet på LINRAT's aggregeringsniveau.

(4-22) er - som fremhævet ovenstående - handelsbalancerestriktionen, hvilken kan klassificeres som både en præferencerestriktion og en økonomisk restriktion. I den sidstnævnte rolle afspejler restriktionen et økonomisk uligevægtsfænomen.

(4-24) - (4-27) er importrestriktioner for udvalgte energivarer, hvilke anses for at være de sandsynligste mål for et energiforsyningssvigt. De fire energitype-specifikke restriktioner er strengt taget overflødige i LINRAT, fordi de er inkluderet i de generelle importrestriktioner i (4-21). Denne dobbelt-dækning har derfor mere en pædagogisk funktion end en LP-teknisk funktion, og den betyder selvfølgelig i praksis, at de specifikke restriktioner ikke kan fastsættes uafhængigt af de generelle importrestriktioner.

4.3.1.3. Tekniske restriktioner. De tekniske restriktioner i LINRAT knytter sig primært til det teknisk/fysiske raffinaderimodul, i hvilket alle restriktioner er specificeret i de fysiske energienheder TJ, når der ses bort fra de fire værdibaserede koblingsrelationer ((4-28) - (4-31)) til substitutionsmodulet. Derudover repræsenterer substitutionsgrænserne i substitutionsmodulet tekniske restriktioner på trods af den kendsgerning, at de er værdibaserede. Restriktionerne beskrives mest meningsfyldt i den kronologiske rækkefølge, som relationsnumrene fastlægger.

(4-32) - (4-35) definerer en opsplitning af de producerede fysiske mængder af de fire raffinerede produkter i to dele,

hvor den ene del er baseret på let nordsø råolie og den anden del på tung råolie. Opsplitningen foretages med det formål for øje at kunne modellere forskellige råolietypers udbyttepotentiale, mao. det relative produktmix af raffinerede produkter, som en specifik råolietype determinerer.

(4-36) - (4-37) definerer totalerne for de i (4-32) - (4-35) opsplittede produkter - altså en raffinaderitotal baseret på let nordsø råolie respektivt tung råolie.

(4-38) er kapacitetsrestriktionen for den totale fysiske raffinaderiproduktion. Under et råolieforsyningssvigt er restriktionen overflødig, fordi den direkte effekt af forsyningssvigtet netop bliver en underudnyttelse af kapaciteten i raffinaderierne. Selvom restriktionen derfor sandsynligvis ikke vil blive bindende i nogen realistisk sammenhæng, er den dog medtaget for fuldstændighedens skyld.

(4-39) - (4-42) er de nedre grænser for crackningsflexibiliteten mht. let nordsø råolie.

(4-43) - (4-46) er tilsvarende de øvre grænser for crackningsflexibiliteten mht. let nordsø råolie. De to sæt af grænser indrammer et produktionsmulighedsområde for de raffinerede produkters relative fordeling i den del af raffinaderiproduktionen, der er baseret på let nordsø råolie. Rammerne gives af crackningskoefficienterne, der i referencesituationen uden crackningsflexibilitet summer til 1, men som i en situation med flexibilitet fastlægger hhv. over- og undergrænser for de enkelte raffinerede produkters relative andel af raffinaderitotalen for let nordsø råolie. Crackningskoefficienterne afspejler en teknisk flexibilitet på kort sigt i produktionsprocesserne på raffinaderierne (jvf. beskrivelsen af raffinaderimodulet i afsnit 4.2.3) og dermed et flexibelt produktionsmix af raffinerede produkter.

(4-47) - (4-54) er nedre og øvre grænser for crackningsflexibiliteten mht. tung råolie. Grænserne er ovenstående karakteri-

seret for let nordsø råolie, så her skal det blot fremhæves, at crackningskoefficienterne divergerer mellem de to råolietyper pga. forskelle i udbyttepotentiale (jvf. fig. 4-10 og tabel 4-1 og 4-2).

(4-55) og (4-56) definerer de to subtotaler for raffinaderiproduktion som andele af den samlede totale raffinaderiproduktion (t_{RAF}). Disse andele vedrører raffinaderiernes outputside - dvs. de raffinerede produkter - men de bestemmes på inputsiden som de to råoliers relative andele af det samlede råolieinput. Andelene er estimeret som α_L og $(1-\alpha_L)$ for hhv. let nordsø råolie og tung råolie (jvf. modelspecifikationen i afsnit 4.1). Restriktionerne ((4-55) og (4-56)) er nødvendige som sammenbinding af raffinaderiernes input- og outputside, således at det totale outputmix harmonerer med inputmixet.

(4-58) - (4-67) er de nedre substitutionsgrænser for produktionssektorernes energiforbrug (-input).

(4-68) - (4-77) er tilsvarende de øvre substitutionsgrænser for produktionssektorernes energiforbrug. Energien optræder i de to sæt af restriktioner som produktionsfaktor, dvs. energiforbruget er afhængigt af sektorernes aktivitetsniveau. Afhængigheden er lineær for det totale energiforbrug (jvf. (4-57)), men for det disaggregerede energiforbrug brydes lineariteten ved en elimination af A-matricens faste energiinputstruktur¹⁾ til fordel for en flexibel inputstruktur (givet ved substitutionsgrænserne), som inkorporerer de tekniske kort sigts substitutionsmuligheder samt muligheder for at foretage energibesparelser. Substitutionskoefficienterne - $\hat{\epsilon}_{imin}$ og $\hat{\epsilon}_{imax}$ - modificerer A-matricens faste io-koefficienter ved at angive intervaller, inden for hvilke en endo-

1) Jvf. aggregeringsmatricens - I' - rolle i io-systemet (4-2).

gen fastsættelse af io-koefficienterne implicit kan finde sted¹⁾).

(4-82) og (4-83) er hhv. nedre og øvre substitutionsgrænser for det disaggregerede private energiforbrug. Substitutionsgrænserne gør det muligt at indbygge substitutionsmuligheder i de private husholdningers energiforbrug, bl.a. inden for et givet totalforbrug. Endvidere kan substitutionsgrænserne anvendes til implementering af forbrugsbegrænsende foranstaltninger i en situation med et energiforsyningssvigt.

4.3.2. Styringsinstrumenter

I det foregående afsnit er samtlige LINRAT's relationer blevet karakteriseret og klassificeret i tre hovedkategorier. Formålet med dette afsnit er at fremhæve restriktioner i modellen, der har egenskab af styringsinstrumenter, og derfor aktivt kan anvendes under en energiforsyningskrise til at reducere skadevirkningerne på samfundsøkonomien. Styringsinstrumenterne er - for de flestes vedkommende - blevet omtalt ad hoc i de foregående afsnit 4.2 og 4.3.1, men omtalen har været overfladisk og ikke fixeret på styringsinstrumenternes effekt på samfundsøkonomien. Dette afsnit præsenterer samlet modellens væsentligste styringsinstrumenter og understreger dermed modellens rolle som et aktivt planlægningsværktøj til anvendelse under en energiforsyningskrise.

Energilagre. Træk på energilagre kan iværksættes i modellen for at genskabe balancen mellem tilgang og anvendelse af energi i samfundsøkonomien. Balancen eksisterer i den uforstyrrede økonomi - i referencesituationen - men et pludseligt exogent forsyningssvigt på en eller flere importerede energivarer bryder denne flowbalance. Forsyningssvigtet kan dog kompenseres enten

1) Muligheden for at fastholde status quo foreligger selvfølgelig i praksis ved at lade både de øvre og de nedre substitutionskoefficienter være lig med A-matricens energikoefficienter.

helt eller delvist ved træk på eksisterende indenlandske energilagre af kriseramte energivarer samt træk på egentlige varelagre. Effektiviteten af dette styringsinstrument afhænger foruden af lagrenes aktuelle fysiske størrelse også (og især) af forsynings-svigtets varighed, idet en flowdifference kun i en begrænset tidsperiode kan modsvares af en successiv reduktion af en eksisterende stock. Lagertræk er mao. et udpræget kortsigtet styringsinstrument, der kan anvendes som en effektiv buffer ved kortvarige og mindre forsynings-svigt, men som må kombineres med andre styringsinstrumenter ved store forsynings-svigt, som er - eller forventes at blive - langvarige.

Lagertræk implementeres i LINRAT som enten en formindskelse af lagerinvesteringerne i forhold til referencesituationen (rel. (4-10) - (4-11)) eller en forøgelse af lagertræk (rel. (4-12) - (4-13)).

På grund af den usikkerhed, der ex ante knytter sig til forløbet af et indtruffet forsynings-svigt, er det vanskeligt på et sagligt grundlag at opstille retningslinier for anvendelsen af energilagre som styringsinstrument. Et stort element af (politisk) skønligger i vurderingen af, om lagertræk skal anvendes, og i bekræftende fald: i hvilken udstrækning? Det er nok mest hensigtsmæssigt at betragte lagertræk som ét element i et mix af styringsinstrumenter.

Forbrugsbegrænsninger. Lagertræk er et styringsinstrument, der angriber det af forsynings-svigt skabte ubalanceproblem fra tilgangssiden. Problemet har imidlertid også en anvendelse, som bl.a. kan påvirkes vha. forbrugsbegrænsende foranstaltninger specielt relateret til det private forbrug.

I det private energiforbrug er det blandt LINRAT's energivarer elektricitet, gas-/dieselolie og benzin, der udgør hovedhjørnenene. Elektriciteten har et relativt bredt anvendelsesområde, mens gas-/dieselolien og benzinen mere snævert er knyttet til hhv. opvarmning og transport. De to kategorier af raffinerede produkter kan enten direkte være omfattet af et forsynings-svigt eller indirekte, hvis den indenlandske raffinaderiproduktion

tvinges nedad pga. et formindsket råolieinput. Kullenes høje inputandel - sammenlignet med fueloliens - i elektricitetsproduktionen betyder derimod, at forbruget af elektricitet er mindre kritisk under en olieforsyningskrise, hvilket peger på elektriciteten som en relevant substitut for olieprodukter, hvis substitutionsmuligheder er tilstede. Forbrugsbegrænsende foranstaltninger, der sigter mod den private opvarmning og transport, vil derfor - alt andet lige - have mere gunstige samfundsøkonomiske konsekvenser end foranstaltninger, der fokuserer på det private el-forbrug. Det fører for vidt på dette sted at diskutere, hvorledes forbrugsbegrænsninger i praksis kan udformes og administreres.

Forbrugsbegrænsninger tænkes først og fremmest relateret til kriseramte energivarer og afledede/konverterede energivarer, men kan - afhængigt af forsyningskrisens størrelse - udvides til at omfatte alle komponenter af det private konsum. Derudover kan offentligt konsum være et mål for forbrugsbegrænsende foranstaltninger. De relevante restriktioner i LINRAT er for privat forbrug (generelt): (4-4) - (4-5), privat energiforbrug: (4-80) - (4-83) og offentligt konsum: (4-8) - (4-9).

Handelssanktioner. Anvendelsessiden inkluderer udover privat og offentligt forbrug også en udenlandsk anvendelseskategori - nemlig export. I LINRAT har exporten principielt samme status som de indenlandske anvendelseskomponenter, således at modellen er indifferent mht. om energi forbruges i endelig anvendelse indenlands eller udenlands, fordi det er den indenlandske aktivitet, der indgår i modellens kriteriefunktion. Handelssanktioner kan dog i forhold til referencesituationen implementeres som en stramning af bounds på exporten (jvf. (4-18) - (4-19)), således at det indenlandske marked for udvalgte energivarer tilgødes under en energiforsyningskrise.

Styringsinstrumentet er dog politisk ømtåleligt pga. dets indgriben i etablerede udenrigshandelsrelationer. En kendsgerning er det dog, at en vis del af den danske råolieproduktion samt af den danske raffinaderiproduktion exporteres til udlandet i den uforstyrrede situation. En politisk afvejning må afgøre, om udenrigs-

handelsrelationerne skal forsøges opretholdt under en energiforsyningskrise, eller om handelssanktioner skal iværksættes.

Indenlandsk energiproduktion. Et styringsinstrument på tilgangssiden - udover træk på eksisterende energilagre - udgør den indenlandske energiproduktion, der, hvis det er muligt, kan forøges i forhold til referencesituationen. Muligheden afhænger af, om der i de indenlandske energisektorer er overskydende kapacitet, og om denne kan udnyttes på kort sigt. Modelteknisk afhænger det af, om produktionskapaciteterne i de indenlandske energisektorer - givet ved (4-6) - er fuldt udnyttede, og derfor bindende, i referencesituationen.

Formentlig er produktionskapaciteten tilnærmelsesvis fuldt udnyttet i referencesituationen i den indenlandske råolie sektor, fordi store initialinvesteringer i denne sektor kræves forrentet via en høj aktuel produktion. Kun marginale forøgelser vil det derfor være realistisk at forestille sig gennemført under en forsyningskrise mht. importeret energi, og da den indenlandske primære energiproduktion er, omend ikke perifér, så dog lille sammenlignet med den tilsvarende import, er effekten af styringsinstrumentet begrænset mht. den indenlandske primære energiproduktion.¹⁾ Derimod vil det sekundære energiproduktionssystem - konverteringssektorerne - i højere grad være karakteriseret ved overkapacitet. Den danske raffinaderisektor er aktuelt præget af en overkapacitet, og denne vil forstørres af en råolieforsyningskrise. Sektorens produktion bindes dog af den tilførte råolie mængde (jvf. afsnit 4.2.3), således at produktionsflexibiliteten til dels determineres af flexibiliteten i den indenlandske råolie sektor. Det indenlandske el-system er effektmæssigt dimensioneret på baggrund af en varighedskurve, der afspejler efterspørgselsprofilens - og dermed produktionsprofilens - variation over et år, således at systemet i princippet både

1) Disse betragtninger udspændes over de i modellen anvendte data fra 1980. Siden 1980 er den indenlandske energiproduktion vokset betydeligt både absolut og relativt i forhold til energiimporten.

er i stand til at imødekomme årets maksimale efterspørgselspres og et reservekapacitetskrav. Dette dimensioneringsprincip betyder, at el-systemet i perioder - specielt om sommeren, hvor opvarmningsbehovet er minimalt - vil rumme en betydelig uudnyttet kapacitet, der under en olieforsyningskrise kan anvendes i forbindelse med en kortsigtssubstitution fra olieprodukter til elektricitet. Den høje inputandel af kul i elværkerne er en væsentlig forudsætning for denne substitution.

Crackningsflexibilitet. Produktionsflexibiliteten i raffinaderisektoren under et forsyningssvigt på importeret råolie bestemmes, som ovenfor anført, til dels af flexibiliteten i den indlandske råoliesektor. Her tænkes på den del af flexibiliteten, der vedrører den totale raffinaderiproduktion i mængder. En flexibilitet knytter sig imidlertid også til den totale raffinaderiproduktions opsplittning på produkttyper, mao. til produktmixet, jvf. beskrivelsen af raffinaderimodulet i afsnit 4.2.3. En kortsigtsflexibilitet i raffinaderierne crackningsproces muliggør en tilpasning af produktmixet til de samfundsøkonomiske krav, som en råolieforsyningskrise rejser. Crackningsflexibiliteten er i LINRAT specificeret for to råolietyper: let nordsø olie og tung råolie, og er modelleret i (4-39) - (4-46) hhv. (4-47) - (4-54).

Energibesparelser. Gennem en effektivisering af energianvendelsen i modellens ikke-energisektorer åbnes der mulighed for under en energiforsyningskrise at reducere den totale energianvendelse i forhold til referencesituationen. Disse energibesparelser er aktivitetsuafhængige, dvs. påvirker ikke produktionsniveauet i ikke-energisektorerne. Muligheden for energibesparelser betyder, at energisubstitution kan foretages indenfor et formindsket totalt energiforbrug.

Substitution. Den overskydende kapacitet i el-systemet blev ovenstående fremhævet som et styringsinstrument, der kan kombineres med en kortsigtssubstitution fra olieprodukter til elektricitet. Substitution er mere generelt indbygget som et styringsinstrument i LINRAT, men principielt kun omfattende den kortsigtssubstitution, som det på det givne kapitalapparat er muligt at foretage

mellem alternative energityper. Da LINRAT er en kortsigtsmodel er det væsentligt at understrege, at en energisubstitution, der er et resultat af kapitalinvesteringer, ikke er mulig indenfor modellens rammer. I produktionssystemet fokuseres derfor på en teknisk flexibilitet, som ikke kommer til udtryk i den tekniske koefficientmatrix i LINRAT's io-system, men som på et eller andet niveau må være indbygget i det virkelige produktionssystem, f.eks. i form af duale fyringsteknologier og produktionsprocesser.

Energisubstitutionen i produktionssystemet bestemmes endogent i LINRAT inden for exogent givne substitutionsgrænser, der repræsenterer modifikationer af de faste io-koefficienter i A-matricen. Substitutionsgrænserne gives i (4-58) - (4-77). Substitution i det private energiforbrug bestemmes ligeledes endogent, men indenfor givne simple bounds, jvf. (4-82) - (4-83).

Energisubstitution er i denne sammenhæng blevet kaldt et styringsinstrument, men denne betegnelse er for unuanceret, når den f.eks. både anvendes om forbrugsbegrænsninger og substitution. Et styringsinstrument i modelteknisk forstand er blot en instrumentvariabel - en exogen - der kan manipuleres med det formål for øje at påvirke modellens målvariable (endogene) i gunstig retning, men muligheden for manipulation kan i praksis være større eller mindre for forskellige instrumentvariable. I dette perspektiv er forbrugsbegrænsende foranstaltninger, som et centralt og administrativt styringsinstrument, lettere at initiere og manipulere end energisubstitution, der optræder på et decentralt og teknisk/fysisk niveau.

Energirationering. I lyset af ovenstående diskussion vedrørende styringsinstrumenter kan energirationering placeres som et centralt og administrativt styringsinstrument, der kan anvendes overfor LINRAT's ikke-energisektorer under en energiforsyningskrise. Energirationeringen vedrører i LINRAT kun det egentlige produktionssystem, idet en rationering af endelige anvendelser i denne sammenhæng er kategoriseret som forbrugsbegrænsende foranstaltninger.

Energirationeringen implementeres som en reduktion af en given sektors energitilførsler i forhold til de "normale" tilførsler i referencesituationen, jvf. restriktionen (4-110) for sektoren "Tegl & cement". Rationeringen kan differentieres mht. energi-varer og produktionssektorer, således at forskellige energivarers relative knaphed samt en prioterung af produktionssektorerne lægges til grund for differentieringen. Alt andet lige vil rationeringen være restriktiv for direkte kriseramte energivarer, mens ikke kriseramte energivarer måske friholdes for at motivere substitution. Nøglesektorer i økonomien vil kunne prioriteres via energirationeringen ud fra andre kriterier end dem, som er opstillet explicit i kriteriefunktionen.

Oversigten over de væsentligste styringsinstrumenter i LINRAT har givet et indtryk af modellens anvendelsesmuligheder i en situation med et energiforsyningssvigt. Styringsinstrumenternes funktion og effekt er kort blvet beskrevet og vurderet. Modelkørslerne i det efterfølgende kapitel 6 vil give et indtryk af styringsinstrumenternes kvantitative effekter, hvadenten de anvendes isoleret eller i kombinerede mix - som en styringspolitik.

5. DATAGRUNDLAG OG AGGREGERINGSNIVEAU

I dette kapitel fokuseres på LINRAT's empiriske fundament. Empirien er blevet forsøgt nedtonet i de foregående afsnit, hvor LINRAT er blevet beskrevet på et metodisk og teoretisk grundlag, og hvor de grundlæggende mekanismer er blevet diskuteret. En fuldstændig abstraktion fra modellens empiriske virkelighed har dog været umulig at praktisere, fordi fundamentale problemer og mekanismer i modellen netop har været forbundet med det til grund liggende datamateriale. Specielt har det været vanskeligt at løsrive den principielle diskussion fra sektor-/vareopdelingen - aggregeringsniveauet - i modellen, jvf. afsnit 3.2, hvor disaggregeringen af en samlet energisektor blev gennemført, og kapitel 4, hvor specifikke LINRAT-sektorer blev anvendt til at eksemplificere mere principielle problemstillinger.

Nærværende afsnit beskriver, hvorledes LINRAT er funderet i en numerisk virkelighed, der primært består af makroøkonomiske tværsnitsdata fra Danmarks Statistik (DS). I 5.1 gøres rede for de i modellen anvendte datakilder, i 5.2 beskrives aggregeringsniveauet (-niveauerne) i modellen, dvs. hvilke sektorer, varer og endelige anvendelser, der optræder i modellen. Endelig belyser 5.3, hvorledes de enkelte exogene variable er blevet estimeret.

5.1. Datakilder

LINRAT's exogene variable er næsten udelukkende estimeret på baggrund af officielle og institutionaliserede datakilder fra Danmarks Statistik. I praksis er de fleste estimationer (aggregeringer) udført på en datapakke - ESGPACK - i Risø regi, hvilken indeholder Danmarks Statistiks disaggregerede input-output tabeller og energimatricer samt derudover disaggregerede beskæftigelses- og investeringsdata. Endvidere er udenrigshandelsstatistik fra DS blevet anvendt.

Input-output statistik publiceres årligt af DS, men med et betydeligt timelag, hvilket forklarer, hvorfor modellen bygger på et datamateriale fra 1980. Nationalregnskabets detaljerede varebalancer, af hvilke der for hvert år opstilles ca. 4000 i løbende og faste priser, udgør det centrale datamæssige grundlag for opstillingen af input-output tabellerne. Varebalancerne er årlige opgørelser over tilgang og anvendelse af en række specificerede varer og tjenester, hvor tilgangen er opdelt på leverende erhverv og på import, og anvendelsen opsplittet på input i erhvervene og en række endelige anvendelser.

Det primærstatistiske grundlag for udarbejdelsen af varebalancerne er for tilgangssiden især varestatistik for industrien og udenrigshandelsstatistikken og for anvendelsessiden specielt de 5-årige råvaretællinger, mht. erhvervenes inputanvendelse, og forbrugsundersøgelserne, vedrørende det private forbrugs sammensætning.

Suppleres varebalancerne med oplysninger om anvendelsen af primære faktorer i de forskellige anvendelser og forudsættes en erhvervsteknologi¹⁾ kan en input-output tabel konstrueres. Input-output tabellen fra DS er opbygget efter nedenstående princip.

<u>MATRIX KODER</u> Matrix nr. i ()	Input i Erhverv	Privat konsum 66 undergrupper	End. Anv. 9 hovedgrupper
Erhverv	DZB (1)	DZC (2)	DZE (3)
Erhvervsfordelt import	DMB (4)	DMC (5)	DME (6)
Ikke-varefordelt import	IVI (7)	IVC (8)	IVE (9)
Primære faktorer	YI (10)	YC (11)	YE (12)
SUM (1000 Kr.)	G (13)	C (14)	E (15)

Kilde: DANMARKS STATISTIK (1981)

1) JØRGENSEN, N. LIHN (1983) diskuterer teknologiantagelser i forbindelse med overgang fra primærstatistik til input-output tabeller.

Omstående 15 io-matricer og io-vektorer er organiseret i en databank på RECKU, hvilken rummer io-tabeller og disaggregeret nationalregnskabsstatistik for hvert år fra 1966. De i databanken optrædende 26 matricer er karakteriseret i bilag 3, bl.a. ved deres dimension.

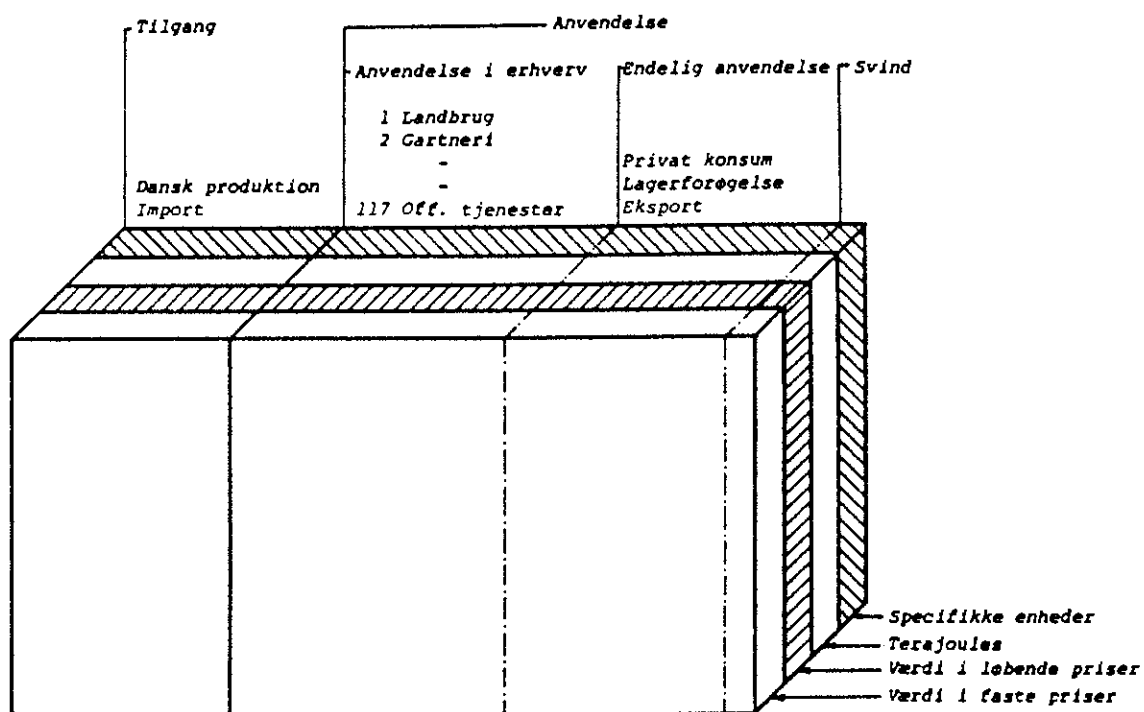
Antallet af rækker i de 6 første matricer i omstående io-tabel er 117, hvilket ækvivalerer antallet af io-sektorer/erhverv. En oversigt over DS' io-sektor gruppering og grupperingen af den endelige anvendelse på 9 hovedgrupper findes i bilag 4.

Input-output statistikken repræsenterer den største datakilde for LINRAT og er en grundforudsætning for opbygningen af IO-modulet (jvf. rel. (4-2) og (4-3)).

Energimatricerne fra DS er imidlertid også en central datakilde og en forudsætning for den disaggregerede energiside i LINRAT og energibalancerne i substitutionsmodulet. Opstillingen af energimatricerne er i DS koordineret med udarbejdelsen af nationalregnskabet og io-tabellerne, således er f.eks. erhvervsgrupperingen på de 117 io-sektorer et fælles udgangspunkt.

Som et led i opstillingen af nationalregnskabet udarbejdes 23 balancer vedrørende specifikke energivarer. Disse energibalancer har en speciel status ved at være integreret i et separat afstemningssystem og adskiller sig fra de øvrige varebalancer ved at være beregnet og afstemt i både værdier og fysiske mængder. Energibalancerne er inkorporeret i en energimatrix, der er en årlig opgørelse over tilgangen af de 23 energivarer - fordelt på dansk produktion og import - samt anvendelsen specificeret på input i de 117 io-sektorer og de fire endelige anvendelseskategorier: Privat konsum, lagerændringer, export og svind. Omstående fig. 5-1 illustrerer strukturen i en energimatrix.

De 23 energivarer i energimatricen er opstillet i bilag 5 med angivelse af bl.a. specifikt varenummer i nationalregnskabet og specifik energienhed. I overensstemmelse med io-tabellerne foreligger årlige energimatricer tilbage til 1966. Det væsentligste datagrundlag for matricerne udgør DS' energitællinger i årene



Kilde: DANMARKS STATISTIK (1983).

Fig. 5-1. Strukturen i en energimatrix.

1966, -70, -75, -78 og -80, i hvilke erhvervene har givet oplysninger om årets mængdemæssige energiforbrug af forskellige energivarer.

Udover input-output statistik og energimatricer, der udgør de primære datakilder, har det været nødvendigt at inddrage mere specifikke datakilder til empirisk understøttelse af raffinaderimodulet. DS' udenrigshandelsstatistik og datamateriale fra Energistyrelsen (jvf. bilag 2) er anvendt til belysning af fordelingen af importen af råolie og olieprodukter på oprindelseslande. Endvidere er data vedrørende raffinaderiernes crackningsflexibilitet på kort sigt (jvf. tabel 4-1 og 4-2 i foregående afsnit) blevet anvendt.¹⁾

1) Disse data er formidlet af docent Peter Laut, DIA.

5.2. Aggregeringsniveau

Udgangspunktet for sektoropdelingen i LINRAT er de i bilag 4 givne 117 officielle io-sektorer, på hvilke aggregeringer og disaggregeringer er udført. De officielle io-sektorer repræsenterer en meget disaggregeret og detaljeret opsplitning af samfundsøkonomiens produktionssystem og udgør, hvad outputmix angår, 117 relativt homogene produktionssektorer eller analyseenheder.

Da de 117 io-sektorer kompletterer produktionssystemet i samfundsøkonomien, udgør de et hensigtsmæssigt udgangspunkt for sektoropdelingen i en makroøkonomisk model som LINRAT, men udgangspunktet er for disaggregeret og generelt og tilgodeser ikke LINRAT's specifikke anvendelsesområde som energirationeringsmodel. Til dette formål er energisystemet i io-tabellerne fastlagt på et for summarisk niveau, der bl.a. nedtoner råoliens placering som en strategisk vare i makroøkonomien. Råolien er placeret i DS-sektor nr. 7: "Brunkulslejer, råolie og naturgas", der udgør en samlet sektor for primær energiproduktion, mens den sekundære energiproduktion - energikonverteringssystemet - er opsplittet på fire DS-sektorer: "Olieraffinaderier" (DS-nr. 57), "Elforsyning" (DS-nr. 91), "Gasforsyning" (DS-nr. 92) og "Fjernvarmeforsyning" (DS-nr. 93).

Ud fra LINRAT's synspunkt er en modellering af energisystemet på vareniveau principielt mere hensigtsmæssig end en modellering på sektorniveau, bl.a. for at muliggøre en analyse af effekten af substitution mellem alternative energivarer. Vurderet i dette perspektiv er de sidstnævnte tre konverteringssektorer (DS-nr. 91-93) ideelle analyseenheder, idet de producerer de homogene energivarer el, gas og fjernvarme respektivt. Derimod er raffinaderiernes produktion for inhomogen - jvf. afsnit 4.2.3 - til summarisk at kunne inkorporeres i LINRAT's energisystem, og sammenlægningen af al primær energiproduktion i én sektor er oplagt uhensigtsmæssig, specielt fordi en sondring mellem kulimport og råolieimport er nødvendig.

I lyset af ovenstående overvejelser er en disaggregering, vha. energimatricedata og udenrigshandelstal, foretaget af DS-sektor

nr. 7 og nr. 57, således at førstnævnte i LINRAT er opsplittet i: "Råolie", "Kul" og "Naturgas", og sidstnævnte i: "Gas-/diesel olie", "Benzin", "Fuel olie" og "Andre raffinerede produkter".

Sammenlignet med io-tabellens 5 energisektorer består energisystemet i LINRAT således af 10 energisektorer/-varer. De resterende 112 io-sektorer, der kan karakteriseres negativt som ikke-energiesektorer, er derimod blevet aggregeret til 14 LINRAT-sektorer, hvilket giver et totalt sektorantal på 24, når der ses bort fra energibesparelser, som principielt optræder som en io-sektor. Overvejelserne bag aggregeringen af ikke-energisiden er relativt uinteressante i nærværende sammenhæng og vil derfor ikke blive beskrevet nøjere.¹⁾

En oversigt over LINRAT's 24 sektorer og varer er givet i nedenstående tabel 5-1, hvor korrespondancen til datakilderne er fremhævet. Tallene i () henfører til de officielle io-sektornumre (jvf. bilag 4) og tallene i [] henfører til varenumrene i energimatricen (jvf. bilag 5).

De endelige anvendelseskategorier i LINRAT er tidligere blevet omtalt - jvf. afsnit 4.2.1 - men nedenstående tabel 5-2 giver en samlet oversigt over modellens endelige anvendelser og sammenhængen med de officielle io-tabellers endelige anvendelser (jvf. bilag 4). Sammenhængen er - som i nedenstående tabel 5-1 - angivet ved det/de korresponderende io-numre i en parentes ().

1) Ved fastlæggelsen af industriens branchegruppering - dvs. LINRAT-sektor nr. 2-10 - er der bl.a. skelet til et igangværende industriprojekt i Systemanalyseafdelingen på Forskningscenter Risø, i hvilket ADAM's 6 industribrancher er disaggregeret til 13 brancher ud fra et homogenitetskriterium mht. energiinputstruktur.

Tabel 5-1. Sektorerne i LINRAT

<u>LINRAT nr.</u>	<u>Sektor/vare</u>	<u>io-nr./energivare-nr.</u>
1	Landbrug m.v.	(1-6)
2	Nærings- & nydelsesmidler	(9-29)
3	Kemisk industri	(50-56,59-61,89,90)
4	Jern & metal I	(68-71)
5	Jern & metal II	(72-88)
6	Tegl & cement	(64,65)
7	Leverandører til byggeri	(8,37,58,66,67)
8	Papir & pap	(39)
9	Glas & porcelæn	(62,63)
10	Anden fremstilling	(30-36,38,40-49)
11	Bygge & anlæg	(95)
12	Råolie	(7), [7]
13	Kul	(7), [3-5]
14	Naturgas	(7), [21]
15	Gas-/diesel olie	(57), [8,13-16]
16	Benzin	(57), [9-12]
17	Fuel olie	(57), [17]
18	Andre raffinerede produkter	(57), [18-20]
19	El	(91)
20	Bygas	(92)
21	Fjernvarme	(93)
22	Transport	(99-103)
23	Handel & service	(94,96-98,104-116)
24	Offentlige tjenester	(117)

Tabel 5-2. De endelige anvendelser i LINRAT

LINRAT variabel	Endelig anvendelse	io-nr.
c	Privat konsum	(1)
g	Offentligt konsum	(2)
i ⁺	Lagerinvesteringer	(7)
i ⁻	Lagertræk	(7)
f ⁺	Øvrige endelige anv. (> 0)	(3-6,9)
f ⁻	Øvrige endelige anv. (< 0)	(3-6,9)
x	Export	(8)

Anm.: Pga. ikke-negativitetskravet, som det generelle LP-problem stiller, er både lagerforskydninger og øvrige endelige anvendelser opsplittet i en positiv og en negativ delkomponent.

5.3. Datakonstruktion

I de to foregående afsnit er det til grund for LINRAT liggende datamateriale samt det aggregeringsniveau, som LINRAT er formuleret på i relation til datamaterialet, blevet beskrevet. De to afsnit giver derfor et indtryk af, hvor detaljeret modellen er som makroøkonomisk model og hvilke områder af makroøkonomien, der er prioriteret i modellen. I nærværende afsnit fokuseres på datakonstruktionen, dvs. dén estimation af modellens exogene, som er foretaget på baggrund af de i afsnit 5.1 beskrevne datakilder bl.a. ved anvendelse af de i afsnit 5.2 opstillede aggregeringsnøgler (-niveauer). Der lægges speciel vægt på de problematiske sider ved datakonstruktionen og de forudsætninger, det har været nødvendigt at specificere ad hoc.

For at opnå en detaljeringsgrad mht. energivarer, som den officielle io-sektoropdeling ikke rummer, har det - som tidligere beskrevet - været nødvendigt at foretage en opsplittning af de to io-sektorer: "Brunkulslejer, råolie & naturgas" og "Olieraffinaderier" på de førnævnte 7 energivarer. Dette implicerer, at de fleste af LINRAT's exogene variable (jvf. variabellisten i bilag 1) skal fastlægges på både io-sektor- og energivarer-niveau, således at det exogene modelinput ikke blot kan konstru-

eres ved simple aggregeringer på de tilgængelige, officielle input-output data. I det følgende beskrives datakonstruktionen mht. de enkelte exogene variable, bl.a. beskrives hvorledes io-data og energimatricedata er blevet kombineret.

A-matricen. Konstruktionen af den exogene A-matrix i LINRAT - repræsenterende de i tabel 5-1 specificerede 24 sektorer/varer samt energibesparelser - baseres på en aggregering af den officielle exogene 117x117 A-matrix fra 1980, dvs. en aggregering af DZB + DMB (jvf. tabellen s. 138) til en 19x19 nominal matrix med 17 LINRAT-konsistente sektorer og to energisektorer til videre opsplitning. Ses bort fra energibesparelser, udføres opsplitningen af de 2 energisektorer: "Brunkulslejer, råolie & naturgas" (DS-sektor nr. 7) og "Olieraffinaderier" (DS-sektor nr. 57) i 3 trin:

1. Konstruktion af rækker - på gammelt søjleantal (dvs. konstruktion af 24x19 matrix).
2. Konstruktion af søjler - på gammelt rækkeantal (dvs. konstruktion af 19x24 matrix).
3. Fordeling af de gamle diagonalelementer i 19x19 matricen - (12,12) og (13,13) - på de nye diagonalmatricer, dvs. opsplitning af de to skalarer i en 3x3 matrix hhv. 4x4 matrix.

Ad. 1. Rækkerne konstrueres vha. energimatricens basisprisværdier (1980-tal), idet der foretages en aggregering af energivarerne i energimatricen i overensstemmelse med aggregeringsnøglen i tabel 5-1 (jvf. []). Herved opnås viden om de 19 sektorer, det private konsums, lagerændringernes og eksportens forbrug af de relevante energivarer i 1980. Dette forbrug stammer fra såvel dansk produktion som import, hvilket er i overensstemmelse med anvendelsen af en exogen io-model. For at sikre konsistens med den gamle sektorbaserede række i io-tabelen er det væsentligt at være opmærksom på to forhold. For det første kan det tænkes, at de valgte varer fremstilles i flere io-sektorer. For det andet kan det tænkes, at en given sektor fremstiller/"importerer" andre produkter end de, som branchen splittes op i, hvilket kan gøre det nødvendigt at operere med

en residual- eller restgruppe samt kontrollere størrelsen og sammensætningen af denne.

Opsplitningen af io-sektoren: "Brunkulslejer, råolie & naturgas", er relativt uproblematisk, fordi råolie kun anvendes i raffinaderierne og som eneste input, fordi anvendelsen af naturgas er lig med nul i alle sektorer (1980-tal), og fordi kul anvendes som eneste input i de øvrige energiforbrugende sektorer.

Opsplitningen af io-sektoren "Raffinaderier" er - sammenlignet med opsplitningen af den primære energisektor - mere kompliceret, fordi praktisk taget alle LINRAT-sektorer anvender et mix af de fire kategorier af raffinerede produkter. Opsplitningen afslører en manglende konsistens mellem raffinaderi-rækken i DS' io-matrix og aggregeringen af de fire varerækker baseret på energimatricedata. Årsagen er bl.a., at der i io-sektoren er placeret en betydelig produktion af asfalt og terpentin, som ikke er inkluderet i de valgte varegrupper. For generelt at eliminere problemet angående konsistens mellem io-sektor og vareopsplitning regnes kategorien af "Andre raffinerede produkter" residualt - givet sektor-rækken i io-matricen og de faktiske energimatricetal for gas/diesel olie, benzin og fuel olie. Derved opstår dog dét problem, at nogle af residualerne bliver negative. Dette løses ved en nulstilling af negative residualer og en proportional fordeling af disse på de øvrige varegrupper, således at en rækkeaggregering af de 4 raffinerede hovedprodukter resulterer i sektor-rækken i io-matricen. Konsistensen er hermed sikret, og koefficienterne til A-matricen kan beregnes ved division med de sektorfordelte 1980-produktionstal.

Ad. 2. Ved konstruktionen af søjlerne antages med én undtagelse, at inputstrukturen er ens for hvert af underprodukterne, hvilket svarer til en antagelse om ens koefficientsøjler indenfor hver af de to io-sektorer mht. underprodukter. Undtagelsen er io-koefficienterne for de fire raffinerede olieprodukter mht. råolie-input, der estimeres vha. modellen (4-155) - (4-157) i afsnit 4.2.3. Denne differentiering af inputstrukturen er tidligere begrundet med ønsket om at sikre crackningsmekanismens funktion på et fysisk grundlag uden konverteringstab.

De estimerede differentierede io-koefficienter er (0.62, 0.55, 1.04, 0.95) for gas-/diesel olie, benzin, fuel olie og andre raffinerede produkter respektivt. Til sammenligning er de tilsvarende ens io-koefficienter (0.71, 0.71, 0.71, 0.71). Bemærkelsesværdig - og i modstrid med almindelig io-teori - er den differentierede io-koefficient for fuel olie, der er større end 1, hvilket resulterer i en negativ restindkomst i forbindelse med produktionen af dette produkt. Fuel olien indgår i et produktssortiment, der udfra en samlet betragtning genererer en positiv restindkomst, jvf. de ens io-koefficienter. Disse restindkomstbetragtninger er dog placeret udenfor LINRAT's modelverden, i hvilken en realistisk crackningsmekanisme har en høj prioritet.

Implikationen af differentierede hhv. ens io-koefficienter er vist i nedenstående tabel 5-3, hvor det fysiske inputkrav mht. råolie er beregnet for en produktion på 100 J af hvert af de raffinerede produkter.

Tabel 5-3. Råolieinput ved produktion af raffinerede produkter (J)

	gd	bz	fu	ar	
Råolie	82	82	82	82	<u>diff.</u> io-koeff.
Raff. produktion	100	100	100	100	
Råolie	96	108	57	62	<u>ens</u> io-koeff.

I ovenstående tabel er to forhold interessante. For det første, at de estimerede differentierede io-koefficienter bevirker, at produktionen af hvert af de fire raffinerede olieprodukter stiller samme fysiske inputkrav mht. råolie, hvilket stemmer overens med de formulerede intentioner. For det andet, at det fysiske output ved raffinaderiproduktion er større end det fysiske input. Sidstnævnte forhold repræsenterer en fysisk umulighed og afslører en svaghed ved det anvendte datamateriale fra DS.

Ad. 3. Opsplitningen af diagonalelementet for "Brunkulslejer, råolie & naturgas" volder ingen kvaler, da dette er lig med 0.

Opsplitningen af det tilsvarende element for raffinaderierne adskiller sig ikke principielt fra fremgangsmåden i trin 1 og 2. Den "nye" 4x4 diagonalmatrix' rækkesummer er blevet beregnet i trin 1, og under antagelse om ens inputstruktur for de 4 produkter anvendes den samme inputkoefficientsøjle for hver af de 4 produktkategorier.

Importkvoterne: for inputs (u_A) og de endelige anvendelser (u_C , u_G , u_I , u_F og u_X) kan på LINRAT's aggregeringsniveau estimeres direkte på basis af de officielle input-outputmatricer, fordi den disaggregerede energiimport er exogen, hvilket betyder, at importkvoterne for alle energivarer/-sektorer i alle anvendelser er sat til 0, mao. importfunktionen (4-3) vedrører kun LINRAT's ikke-energisektorer.

Beskæftigelseskoefficienterne (1): er på sektorniveau estimeret som forholdet mellem sektorens samlede beskæftigelse (i mandår) og sektorens produktionsværdi (i faste 1980-priser). For de på baggrund af energimatricedata opsplittede undergrupper er beskæftigelseskoefficienterne forudsat identiske og lig med den io-sektorestimerede beskæftigelseskoefficient.

Produktionskapaciteterne (q_{kap}). De sektorfordelte produktionskapaciteter er pga. manglende datakilder ikke estimeret på et tilstrækkeligt kvalificeret grundlag. En forhøjelse af de faktiske 1980-produktionstal med 1% er valgt som en generel ad hoc løsning, dog er forhøjelsen på 2% for den indenlandske råolieproduktion. Såvel io-tabellen som energimatricen rummer oplysninger om indenlandske produktionsværdier for sektorer hhv. energivarer. Der er for residualkategorien "Andre raffinerede produkter" taget højde for, at denne også inkluderer indenlandsk produktion af terpentin og asfalt, som ikke kan henføres til raffinaderierne's produktion.

De endelige anvendelser. Faktiske 1980-tal fra io-tabellen og energimatricen danner udgangspunkt for fastlæggelsen af bounds på de endelige anvendelser. For privat konsum (c), lagerinvesteringer (i^+), lagertræk (i^-) og export (x) er der en konsistent korrespondance til io-tabel og energimatrix. Sidstnævnte rummer

dog ikke oplysninger om "øvrige endelige anvendelser" (f^+ og f^-) af de 23 energivarer. Da "øvrige endelige anvendelser" blandt energivarerne kun inkluderer en ubetydelig leverance fra raffinaderierne, er problemet i praksis negligibelt. Leverancen fra raffinaderierne er arbitrært fordelt på hhv. gas-/diesel olie, benzin og fuel olie - i tre lige store dele.

Importen. Bounds på importen og den exogene energiimport er baseret på faktiske importtal fra 1980. For ikke-energisektorerne (+ bygas) anvendes værdital fra io-tabellen, medens fysiske mængder fra energimatricen - opgjort i TJ - anvendes for energivarerne/-sektorerne i LINRAT. Importen af de to råolietyper er beregnet ved at konvertere oplysninger om importen i tons til brugbare data om importen i TJ - ved anvendelse af ækvivalensen: 1000 t \approx 41.9 TJ, for råolie.

Energipriserne. For de importerede energivarer er priserne (p_{me}) beregnet ved simpel division af energimatricens importværdier i faste priser med energimatricens importmængder i TJ (jvf. fig. 5-1). For de to råolietyper er importpriserne baseret på oplysninger fra Energistyrelsen om importen i hhv. værdi og mængde (tons). De indenlandske raffinaderipriser er, for de fire kategorier af raffinerede produkter, beregnet ved division af energimatricens værdital med energimatricens mængdetal. Prisfastsættelsen af "Andre raffinerede produkter" er derfor konsistent med energimatricens data og ikke med residualbestemmelsen af varegruppens størrelse på baggrund af io-data for raffinaderisektoren. Prisen på den indenlandsk producerede lette nordsø olie (p_{1n}) beregnes - som ovenstående - ved at kombinere energimatricens mængde- og værdiopgørelse af nordsøproduktionen.

Opsplitning af råolieimporten. Den samlede råolieimport opsplittes i rel. (4-23) i to råolietyper af forskellig kvalitet: let nordsø olie og tung råolie. I stedet for et explicit kvalitetskriterium, som f.eks. en råolies potentielle udbyttefordeling (jvf. bilag 2), anvendes et implicit - men mere operationelt - kvalitetskriterium, nemlig råoliens geografiske oprindelsesland. Råolieimport fra Norge og UK klassificeres i LINRAT som let nordsø olie, mens residualimporten klassificeres som tung

råolie. Som let nordsø olie henregnes endvidere den indenlandske råolieproduktion.

Den indenlandske råolieproduktion samt råolieimporten fra Norge og UK er selvfølgelig - rent notorisk - nordsø olie og er summarisk betragtet af en let kvalitet, f.eks. sammenlignet med mange råolietyper fra Mellemøsten. Alligevel dækker kategorien et heterogent mix af råolier med helt feltspecifikke kvaliteter. Sammenlignet med den residualbestemte kategori: tung råolie, der reelt er en cocktail af vidt forskellige råolietyper, er den lette nordsø olie i LINRAT dog rimeligt homogen.

Crackningskoefficienterne. To sæt af crackningskoefficienter - ét for hver råolietype - estimeres for referencesituationen, hvor crackningen er "normal", og hvor både de øvre og nedre crackningskoefficienter summer til 1.0. Idet den lette nordsø olie er den mest homogene af råoliekategoriene, udledes dennes normale crackningskoefficienter af tabel 4-1. Udledningen er dog ikke éntydig, fordi tabellen giver crackningskoefficienterne ved nogle intervaller, så crackningskoefficienterne antages at være 0.52, 0.26, 0.15 og 0.07 for hhv. gas-/dieselolie, benzin, fuelolie og andre raffinerede produkter. På grundlag af crackningskoefficienterne for den lette nordsø olie kan en residualbestemmelse af crackningskoefficienterne for den tunge råolie foretages, idet den totale raffinaderiproduktion i mængder, opsplitningen af den totale raffinaderiproduktion i en let og en tung del på basis af råoliernes relative inputandele og endelig raffinaderiproduktionen fordelt på de fire produktkategorier, anvendes som data.

Som det fremgår af det ovenstående, knytter der sig en del ad hoc forudsætninger til raffinaderimodulets datainput, fordi det er nødvendigt at kombinere flere ikke indbyrdes konsistente datakilder for at opnå det fornødne detaljeringsniveau. Det bør derfor understreges, at kvaliteten af de data, der knytter sig til raffinaderimodul, ikke er den bedste, og at disse data måske er mere konstruerede end godt er. På den anden side repræsenterer LINRAT's raffinaderimodul en mere tilfredsstillende mo-

dellering af virkeligheden, end hvis raffinaderierne blot var blevet opfattet som ét aggregat og i overensstemmelse hermed udelukkende baseret på input-output data.

6. MODELKØRSLER

6.1. Indledning

De foregående kapitler havde til formål at give en teoretisk præsentation af LINRAT. Modeludviklingen, det metodiske grundlag og de indbyggede styringsinstrumenter udgjorde de væsentligste synsvinkler i denne præsentation. I nærværende kapitel præsenteres LINRAT som et praktisk planlægningsværktøj, vha. hvilket de samfundsøkonomiske konsekvenser af en olieforsyningskrise kan beregnes og analyseres på baggrund af alternative antagelser om de anvendte styringsinstrumenter. Ud fra modelkørsler diskuteres og forklares modellens adfærd for bl.a. at få belyst graden af realisme, samt om á priori stillede forventninger indfries.

For at kunne forstå og forklare modellens adfærd gives i 6.2 en karakteristik af modellens sektorer mht. energiintensitet og beskæftigelsesintensitet. I 6.3 opstilles referencescenariet: den uforstyrrede økonomi, hvilket er et billede af den danske økonomi uden olieforsyningssvigt. På baggrund af et realistisk mix af styringsinstrumenter opstilles i 6.4 krisereferencescenariet, der viser de samfundsøkonomiske konsekvenser af et 20% forsyningssvigt på importen af olieprodukter. Udover disse to scenarier foretages partielle analyser indenfor de enkelte moduler i modellen. I 6.5 fokuseres på raffinaderimodulet og derunder bl.a. på forsyningssvigtets størrelse. Rationeringsmodulet danner i 6.6 udgangspunkt for en sammenligning mellem en differentieret og en proportional rationering af produktionssektorerens olieforbrug. I 6.7 undersøges, hvilken indflydelse energisubstitution og -besparelser i substitutionsmodulet har på krisereferencescenariet. IO-modulet danner i 6.8 rammen om undersøgelser af lagrenes betydning samt af alternative forbrugsbegrænsninger og handelsrestriktioner. Endelig gives i 6.9 en samlet vurdering af modelkørslerne, hvor hovedresultaterne trækkes frem og styringsinstrumenterne sammenlignes.

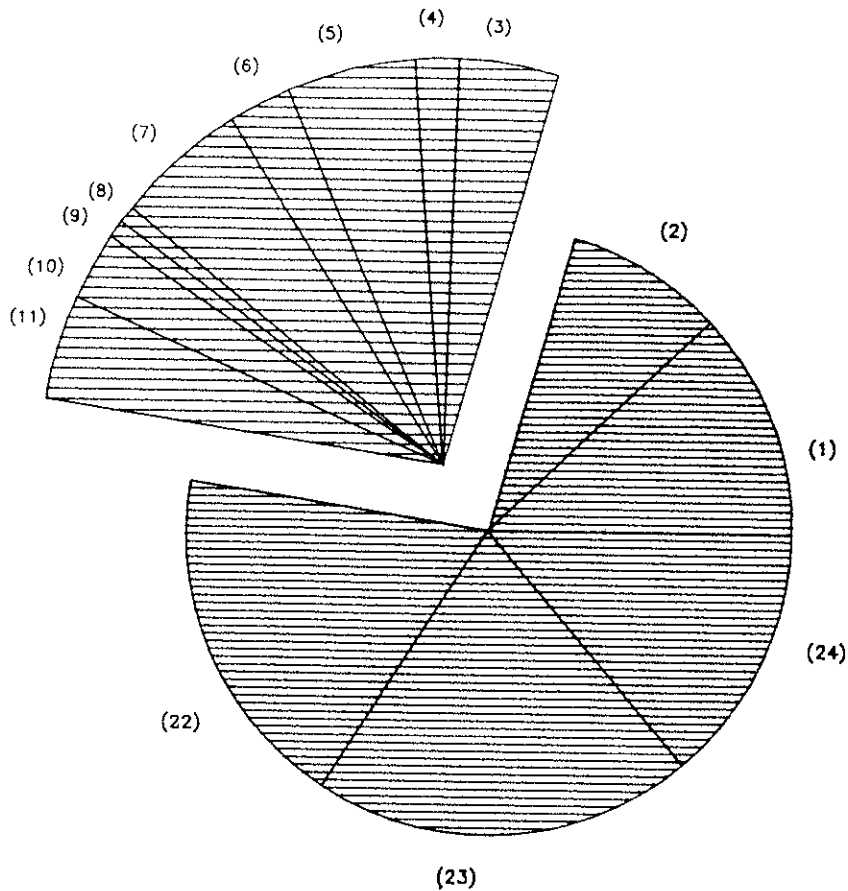
6.2. Energiintensitet og beskæftigelsesintensitet i LINRAT's sektorer

Det samlede energiforbrug i de enkelte sektorer er væsentligt forskelligt og afspejler dels forskelle i produktionsværdier - jvf. tabel 6-2 - og dels forskelle i energiintensitet - jvf. tabel 6-1. Nedenstående fig. 6-1 illustrerer fordelingen af ikke-energisektorerne totale energiforbrug. "Transport" (22), "Handel & service" (23) og "Offentlige tjenester" (24) tegner sig tilsammen for lidt over halvdelen af det totale energiforbrug, mens sektorerne 3-11 omvendt kun lægger beslag på ca. 1/4 af totalforbruget.

For bedre at kunne gennemskue og forklare modeladfærden i LINRAT under et olieforsyningssvigt er det interessant at få konstrueret et billede af sektorerne energi- og beskæftigelsesintensitet, hvor intensiteterne relaterer sig til sektorerne produktionsværdier. A priori må det forventes, at modeladfærden er korreleret med disse to intensitetsmål, således at - alt andet lige - energielette sektorer vil blive prioriteret frem for energitunge, og beskæftigelsesintensive prioriteret frem for beskæftigelsesextensive sektorer. Forventningerne bygges på, at energi vil udgøre en bindende restriktion på økonomien under et energiforsyningssvigt samt, at den sektorfordelte beskæftigelse indgår som kriterium i objektfunktionen.

For at få et differentieret billede af energiintensiteten anvendes to intensitetsmål: en total energiintensitet for al energianvendelse og en energiintensitet mht. olieprodukter (råolie + raffinerede olieprodukter). Sidstnævnte petrointensitet er interessant, fordi LINRAT specielt fokuserer på et forsyningssvigt mht. olieprodukter. Energiintensiteterne estimeres på et økonomisk niveau som værdien af det direkte energiinput, som en sektorproduktion på 1 mio.kr. kræver, dvs. energiindholdet i de halvfabrikata, som anvendes i produktionsprocessen, er ikke omfattet af de anvendte intensitetsmål. Antallet af mandår pr. 1 mio.kr. sektorproduktion anvendes derimod som estimat for beskæftigelsesintensiteten.

På baggrund af det exogene datainput til LINRAT - jvf. f.eks. kapitel 5 - kan nedenstående tabel 6-1 opstilles.



- (1) Landbrug
- (2) Nærings- & nydelsesmiddel
- (3) Kemisk virksomhed
- (4) Jern & metal I
- (5) Jern & metal II
- (6) Tegl & cement
- (7) Leverandører til byggeri
- (8) Papir & pap
- (9) Glas & porcelæn
- (10) Anden fremstilling
- (11) Bygge & anlæg
- (22) Transport
- (23) Handel & service
- (24) Offentlige tjenester

Fig. 6-1. Samlet energiforbrug i ikke-energisektorer (1980).

Tabel 6-1. Energi- og beskæftigelsesintensitet for LINRAT's sektorer

Nr.	LINRAT-sektor	Besk.	Energi-	Petroint.	
		intensitet (mandår/Mkr.)	intensitet (kkr/Mkr.)	(kkr/Mkr.)	% af ener- giint.
1	Landbrug m.v.	4.84	47.6	37.0	77.7
2	Nærings- & nydelsesm.	1.28	18.5	11.5	62.2
3	Kemisk virksomhed	2.58	33.5	18.4	54.9
4	Jern & metal I	2.38	84.5	36.7	43.4
5	Jern & metal II	3.57	15.9	8.2	51.6
6	Tegl & cement	2.71	237.3	97.6	41.1
7	Leverandører t. byggeri	3.00	77.7	54.0	69.5
8	Papir & pap	2.06	98.5	35.6	36.1
9	Glas & porcelæn	5.02	69.5	44.0	63.3
10	Anden fremstilling	3.49	14.0	5.8	41.4
11	Bygge & anlæg	3.63	12.4	9.8	79.0
12	Råolie	1.30	39.9	39.9	100.0
13	Kul	1.30	39.9	39.9	100.0
14	Naturgas	1.30	39.9	39.9	100.0
15	Gas-/diesel olie	0.05	854.6	850.8	99.6
16	Benzin	0.05	854.6	850.8	99.6
17	Fuel olie	0.05	854.6	850.8	99.6
18	Andre raffinerede prod.	0.05	854.6	850.8	99.6
19	El	1.44	424.0	132.6	31.3
20	Bygas	1.44	518.6	439.6	84.8
21	Fjernvarme	0.50	414.1	326.3	78.8
22	Transport	3.04	82.5	80.4	97.5
23	Handel & service	4.19	17.3	8.8	50.9
24	Offentlige tjenester	6.57	20.2	8.2	40.6

For at få et overblik over tabel 6-1 er nedenstående to figurer konstrueret på grundlag af tabellen, hvor fig. 6-2 viser den totale energiintensitet som funktion af beskæftigelsesintensiteten, og fig. 6-3 viser petrointensiteten som funktion af beskæftigelsesintensiteten for hver af modellens sektorer.

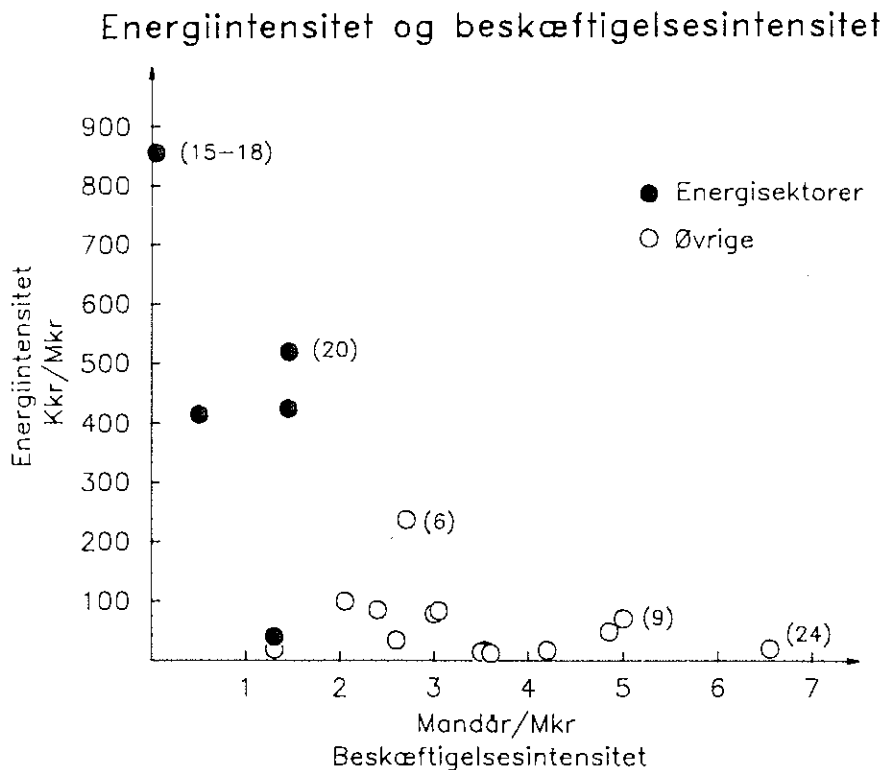


Fig. 6-2. Energiintensitet og beskæftigelsesintensitet.

Billedet i fig. 6-2 forstyrres noget af tilstedeværelsen af LINRAT's energisektorer og -varer, hvilke notorisk er meget energiintensive sammenlignet med de ikke-energi producerende sektorer. Strengt taget er det kun de energikonverterende sektorer - dvs. raffinaderier, elværker, bygas-værker og fjernvarmeværker - der er specielt energiintensive, medens den primære energisektor (råolie, kul og naturgas) i den henseende svarer pænt til gennemsnittet for de ikke-energiproducerende sektorer. For at holde forudsætningerne explicitte er det nødvendigt i fig. 6-2 at opfatte de tre primære energivarer som

én sektor for primær energiproduktion, samt de fire raffinerede produkter som én samlet raffinaderisektor, idet disse to sektorer netop udgjorde det oprindelige udgangspunkt for disaggregeringen på energivarer (jvf. afsnit 5.2). En forudsætning for disaggregeringen var: ens beskæftigelseskoefficienter, hvorfor det ikke er nogen tilfældighed, at de to varegrupper mht. dette karakteristika er fuldstændigt homogene.

De to extremer i ovenstående billede er raffinaderierne (15-18) hhv. "Offentlige tjenester" (24), hvor førstnævnte samtidigt repræsenterer den laveste beskæftigelseskoefficient (0.05!) og den højeste energiintensitet, medens sidstnævnte repræsenterer den højeste beskæftigelseskoefficient (6.57) og en relativt lav energiintensitet. Observeres endvidere, at raffinaderierne har den højeste petrointensitet, er det nærliggende at uddrage den syntese, at produktionen af offentlige tjenester skal forøges under et råolieforsyningssvigt samtidig med en midlertidig indstilling af raffinaderiproduktionen! Det uholdbare i denne krisestrategi er indlysende og understreger dels energisektorerne/-varernes specielle status i en krisesituation, dels behovet for en sammenhængende opfattelse af samspillet mellem et energisystem og en samfundsøkonomi - altså behovet for en egentlig systemanalyse baseret på en formaliseret og konsistent model.

For at undgå den forstyrrende indvirkning på helhedsbilledet er energisektorer og -varer ekskluderet i nedenstående fig. 6-3, hvor petrointensiteten er afbildet som en funktion af beskæftigelsesintensiteten for LINRAT's ikke-energiesektorer.

Summarisk betragtet fastlægger fig. 6-3 en tredeling af ikke-energiesektorerne mht. petrointensitet. "Tegl & cement" (6) og "Transport" (22) udgør de høj-petrointensive sektorer, en mellemkategori udgøres af "Landbrug m.v." (1), "Jern & metal I" (4), "Leverandører til byggeri" (7), "Papir & pap" (8) samt "Glas & porcelæn" (9), medens de lav-petrointensive sektorer udgøres af de resterende LINRAT-sektorer. Med hensyn til beskæftigelsesintensitet er billedet mere differentieret, og iøjnefaldende skillelinier kan ikke trækkes.

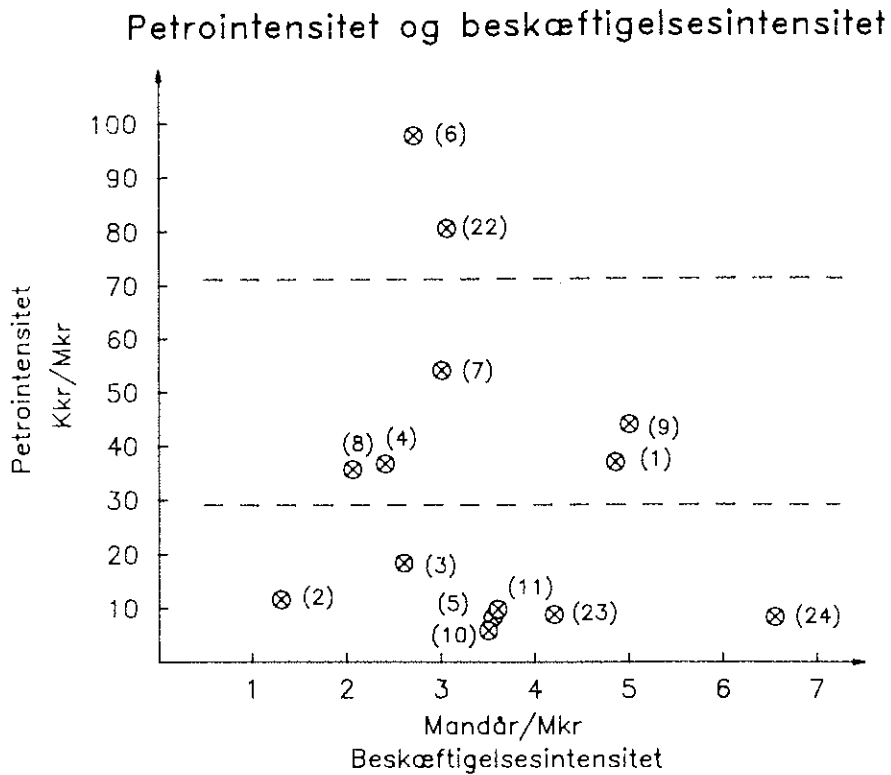


Fig. 6-3. Petrointensitet og beskæftigelsesintensitet.

Stadigvæk isoleret fra en samlet systemanalyse vil nogle kvalitative policyimplikationer af fig. 6-3 f.eks. være en uforbeholden prioritering af "Offentlige tjenester" samt endvidere af "Jern & metal I", "Anden fremstilling", "Bygge & anlæg" og "Handel og & service" under en olieforsyningskrise på bekostning af "Tegl & cement" og "Transport", hvis de anvendte kriterier er petrointensitet og beskæftigelsesintensitet. For de resterende sektorer er policy-implikationerne derimod mindre entydige, hvilket kunne være et argument for at fastholde status quo for disse sektorer i en rationeringssituation. Den manglende entydighed - sammenholdt med de manglende kvantitative implikationer - anvendes imidlertid i denne sammenhæng som argument for, at fig. 6-3 - og også fig. 6-2 - ikke kan anvendes som et kvalificeret prioriteringsgrundlag i en energirationeringssituation. Derimod giver de to figurer en væsentlig karakteristik af de i LINRAT inkluderede sektorer og dermed en baggrund for i de efterfølgende afsnit at vurdere modelkørsler og modeladfærd.

6.3. Den uforstyrrede økonomi

Udgangspunktet for kørslerne med LINRAT og fastlæggelsen af et krisescenarium er den uforstyrrede økonomi, hvor energitilførslerne - og specielt olietilførslerne - til den danske økonomi er "normale". Den uforstyrrede økonomi anvendes i det følgende som perspektivet i krisereferencescenariet (jvf. afsnit 6.4) - med andre ord som en målestok for de kvantitative effekter af et olieforsyningssvigt, når et forventet mix af styringsinstrumenter bringes i anvendelse.

Det statistiske og datamæssige udgangspunkt er som tidligere omtalt året 1980 (jvf. kapitel 5), hvorfor scenariet med den uforstyrrede økonomi altså bliver et billede af den danske økonomi og det danske energisystem i 1980 - et billede hvor skarpheden bestemmes af de valgte disaggregeringsniveauer.

Tabel 6-2 viser den af LINRAT beregnede input-output tabel for den uforstyrrede økonomi. Tabellen rummer io-balancer for hver af de 24 sektorer/varer i LINRAT, dog er tabellen excl. sektorernes inputleverancer. Den sektorfordelte tilgang udgøres af dansk produktion (q) og import (m), medens den endelige anvendelse er opsplittet i privat konsum (c), offentligt konsum (g), lagerændringer (i), øvrige endelige anvendelser (f) og export (x).

Sektorernes samlede inputleverancer kan på baggrund af tabel 6-2 bestemmes residualt som

$$b_i = q_i + m_i - c_i - g_i - i_i - f_i - x_i \quad (6-1)$$
$$i = 1, \dots, 24$$

Af f.eks. landbrugets produktion på 39.784 mia.kr. samt import på 7.456 mia.kr. leveres 36.961 mia.kr. til inputs i de øvrige sektorer.

På et overordnet nationalregnskabsstatistisk niveau optræder søjlesummerne i tabellens nederste række, hvilke repræsenterer makroøkonomiske nøgletal samt mål for den førte økonomiske po-

Tabel 6-2. Den uforstyrrede økonomi

LINRAT'S IO-BALANCER (MIO. 1980-KR.):	-Q- PROD.	-M- IMPORT	-C- PRIV. KONSUM	-G- OFF. KONSUM	-I- LAGER- ÆNDR.	-F- QVRIGE END. ANV.	-X- EXPORT
LINRAT-SEKTOR							
1. LANDBRUG	39784.	7456.	4363.		-983.	-254.	7153.
2. NAER. & NYDELSESMIDL.	70605.	8823.	22025.		585.	202.	29879.
3. KEMISK INDUSTRI	18532.	13790.	3460.		548.	583.	10397.
4. JERN & METAL I	3224.	5300.	54.		-13.	108.	1943.
5. JERN & METAL II	50003.	31557.	6012.		-1248.	18096.	26208.
6. TEGL & CEMENT	1654.	424.	3.		4.	3.	383.
7. LEV. T. BYGGERI	10496.	4393.	479.		-167.	354.	2517.
8. PAPIR & PAP	1079.	2230.	88.		-11.	0.	409.
9. GLAS & PORCELAIN	1580.	939.	627.		-70.	83.	636.
10. ANDEN PREMSTILLING	30024.	11100.	12629.		-83.	1422.	7996.
11. BYGGE & ANLÆG	52148.	0.	0.		0.	37236.	0.
12. RAAOLIE	417.	7854.	0.		-50.	0.	50.
13. KUL	0.	2795.	18.		96.	0.	2.
14. NATURGAS	0.	0.	0.		0.	0.	0.
15. GAS/DIESEL OLIE	5476.	6923.	5096.		110.	0.	1239.
16. BENZIN	2701.	1971.	2576.		229.	0.	790.
17. FUEL OLIE	2379.	2368.	69.		-206.	0.	399.
18. ANDRE RAFF. PROD.	981.	2077.	8.		157.	0.	650.
19. EL	7425.	330.	2842.		0.	0.	586.
20. BYGAS	447.	140.	300.		20.	0.	74.
21. FJERNVARME	3386.	0.	2454.		0.	0.	0.
22. TRANSPORT	34621.	0.	5356.		0.	78.	16190.
23. HANDEL & SERVICE	181362.	463.	95057.		9.	14815.	9865.
24. OFF. TJENESTER	105241.	0.	4287.	99734.	0.	0.	70.
IALT	623564.	110933.	167801.	99734.	-1076.	72727.	117436.

litik. Disse nøgletal, incl. den totale indenlandske beskæftigelse¹⁾, er for overskuelighedens skyld nedenstående gengivet - afrundet til hele mia.kr. hhv. mandår.

Tabel 6-3. Makroøkonomiske nøgletal for "den uforstyrrede økonomi".

Samlet produktion	624	mia.kr.
Export	117	" "
Import	111	" "
Handelsbalance	6	" "
Privat konsum	168	" "
Offentligt konsum	100	" "
Lagerændringer	-1	" "
Investeringer m.v.	73	" "
Beskæftigelse	2427000	mandår

Tabel 6-2 giver et detaljeret billede af dén økonomi, som LINRAT modellerer, men de relative størrelsesforhold er det vanskeligt at danne sig et overblik over, hvorfor indtrykket af økonomien i højere grad bliver broget end nuanceret. Denne indvending tages der højde for i tabel 6-4, hvor de absolutte værdibalancer er erstattet med relative andele af søjletotaler, således at hver af de 7 io-søjler i princippet summer til 100%²⁾. Tabellen giver et strukturelt indblik i økonomien og et indtryk af proportionerne mellem de enkelte sektorer samt sammensætningen af de endelige anvendelser.

1) Beskæftigelsen indgår som hovedkriteriet i LINRAT's objekt-funktion.

2) På grund af numerisk afrunding på hvert af tabellens elementer vil mindre - men ubetydelige - uoverensstemmelser kunne optræde mellem summen af de 24 søjleelementer og søjletotalen på 100%.

Fokuseres på produktionsværdierne i tabel 6-4 er forskellene sektorerne imellem betydelige. Den største sektor - "Handel & service" - repræsenterer således alene 29.08% af den samlede produktion, sammenlignet med den mindste af ikke-energisektorerne - "Papir & pap" - der blot tegner sig for 0.17%. De tre største og de tre mindste ikke-energisektorer leverer 57.28% hhv. 0.69% af den samlede produktion i samfundsøkonomien. Årsagen til denne skævdeling af produktionssystemet er, at homogenitet mht. energiinputstruktur har været hovedkriteriet for disaggregeringen af produktionssystemet (jvf. afsnit 5.2), således har specielt energi- og petrointensive sektorer fået en fremtrædende placering i LINRAT. De 10 energisektorer genererer i alt ca. 4% af den samlede produktionsværdi i samfundet, hvilket fejlagtigt antyder en underordnet betydning i samfundsøkonomien. Af den samlede import tegner disse sektorer/varer sig nemlig for ca. 22%, og ved at være inputleverandører til samtlige produktionssektorer har de en speciel strategisk betydning under en energiforsyningskrise, hvor de får rollen som flaskehals i samfundsøkonomien.

Importen domineres af "Jern & metal II" med en andel på ca. 28% efterfulgt af "Kemisk industri" og "Anden fremstilling". I denne sammenhæng er "Handel & service" på grund af ekstremt lave importkvoter uden betydning.

Af det samlede private konsum udgør varer/tjenester fra "Handel & service" ca. 57%. En anden stor forbrugspost er varer fra "Nærings- & nydelsesmidler" (ca. 13%). Aggregeret udgør de 10 energisektorer/-varer ca. 8%, med "Gas/diesel olie" som den største af energivarerne.

De øvrige endelige anvendelser (f), hvilke primært er forskellige former for investeringer, kan i praksis fordeles på tre sektorer: "Bygge & anlæg", "Jern & metal II" og "Handel & service", hvor investeringer i hhv. byggeri og maskiner repræsenteres af de to førstnævnte.

Endelig domineres eksporten af "Nærings- & nydelsesmidler" - den forarbejdede landbrugsexport - "Jern & metal II" samt af "Trans-

Ovenfor blev det anført, at de enkelte sektorer's samlede input-leverancer til øvrige sektorer kunne bestemmes residualt på baggrund af tabel 6-2 vha. rel. (6-1). For LINRAT's energivarer (* råolie) er imidlertid udarbejdet en selvstændig tabel 6-5, der explicit viser energiforbruget i hver af de 24 sektorer fordelt på de ni energivarer, således at et detaljeret billede gives af produktionssystemets energiinputstruktur. De ni første søjletotaler svarer til $b_j = b_{13}, \dots, b_{21}$ i rel. (6-1). I tabellen er yderligere inkluderet en søjle med "Energibesparelser", der angiver de enkelte sektorer's besparelsemuligheder under en energiforsyningskrise i forhold til den normale energianvendelse i "den uforstyrrede økonomi".¹⁾ Energibesparelserne er derfor definatorisk fastsat til 0 for alle sektorerne i udgangssituationen. For naturgassen kan ligeledes iagttages en nul-søjle, men årsagen er her, at naturgassen endnu ikke i 1980 er blevet introduceret på det danske marked.

Ud fra en værdimæssig betragtning er gas-/dieselolien den mest betydningsfulde af de 9 energivarer for det danske produktionssystem, idet der anvendes for ialt ca. 6 mia.kr. af dette olieprodukt. Når der ses bort fra bygassen udgør de øvrige energivarer dog også inputs af en betydelig økonomisk størrelse. Udskilles de største sektorinputs - større end 1 mia.kr. - af en enkelt energivarer fås transportsektorens forbrug af gas-/dieselolie (2.5 mia.kr.), elværkerne's forbrug af kul (2.2 mia.kr.), handel & service-sektorens elforbrug (1.1 mia.kr.) og fjernvarmeværkerne's forbrug af fuelolie (1.1 mia.kr.).

Tabel 6-5 afspejler en exogen given energiinputstruktur, idet hverken energibesparelser eller substitution mellem alternative energivarer er introduceret i udgangssituationen: "den uforstyrrede økonomi". Exogent givne energiinputkoefficienter skjuler sig derfor bag værditalle i tabellen, hvilke grundlæggende blot er konsekvensen af en antaget proportionalitet mellem produktionsværdi og energiinputanvendelse (jvf. fig. 4-3). Det er interessant at observere, hvor forskellige sektorerne er med

1) Jvf. afsnit 4.2.2, hvor en formel beskrivelse gives af inkorporeringen af energibesparelser i et io-system.

Tabel 6-5. Den uforstyrrede økonomi

LINRA*-SEKTOR	KUL	NGAS	GAS-/ DIESEL- OLIE	BENZIN	FUEL	ANDRE RAFFIN. PROD.	EL	BYGAS	FJERN- VARME	ENERGI- BESPAR.
1. LANDBRUG	0.00	0.00	908.92	145.55	341.90	77.45	415.42	0.00	3.44	0.00
2. MAER. & NYDELSESMIDL.	29.43	0.00	253.05	41.65	511.97	4.31	431.56	7.05	26.10	0.00
3. KEMISK INDUSTRI	0.07	0.00	73.69	18.25	121.91	126.54	266.97	1.36	11.46	0.00
4. JERN & METAL I	0.00	0.00	33.48	0.88	77.75	6.32	133.43	19.55	0.94	0.00
5. JERN & METAL II	0.19	0.00	211.14	27.88	97.97	71.44	333.67	10.81	41.57	0.00
6. TEGL & CEMENT	163.59	0.00	24.83	1.31	122.35	12.91	67.44	0.00	0.03	0.00
7. LEV. T. BYGGERI	21.94	0.00	128.76	8.62	165.96	262.94	165.67	59.05	3.09	0.00
8. PAPIR & PAP	29.42	0.00	0.51	0.16	35.89	1.85	38.41	0.00	0.01	0.00
9. GLAS & PORCELAIN	0.01	0.00	7.43	0.52	55.60	5.90	25.63	13.98	0.70	0.00
10. ANDEN FRENSTILLING	0.02	0.00	77.93	14.83	50.68	31.83	191.92	1.94	52.36	0.00
11. BYGGE & ANLAEG	0.00	0.00	319.75	85.91	16.12	87.83	60.40	54.43	21.27	0.00
12. RAAOLIE	0.00	0.00	16.59	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13. KUL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14. NATURGAS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15. GAS/DIESEL OLIE	0.00	0.00	0.13	44.21	50.43	638.95	20.53	0.00	0.00	0.00
16. BENZIN	0.00	0.00	0.06	21.81	24.87	315.18	10.13	0.00	0.00	0.00
17. FUEL OLIE	0.00	0.00	0.06	19.20	21.90	277.56	8.92	0.00	0.00	0.00
18. ANDRE RAFF. PROD.	0.00	0.00	0.02	7.92	9.03	114.44	3.68	0.00	0.00	0.00
19. EL	2163.18	0.00	1.05	1.23	982.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20. BYGAS	31.53	0.00	0.80	134.80	0.00	60.88	3.78	0.00	0.00	0.00
21. FJERNVARME	239.69	0.00	0.51	0.38	1104.05	0.00	57.58	0.00	0.00	0.00
22. TRANSPORT	0.00	0.00	2452.95	128.19	107.00	93.91	64.99	0.00	9.65	0.00
23. HANDEL & SERVICE	0.00	0.00	921.98	300.08	316.58	52.47	1128.12	9.61	417.74	0.00
24. OFF. TJENESTER	0.00	0.00	520.01	74.55	269.63	0.00	898.72	16.03	343.21	0.00
IALT	2679.07	0.00	5953.65	1077.94	4484.07	2242.72	4326.95	193.82	931.56	0.00

SEKTORERNES ENERGIFORBRUG (MIO. 1980-KR.)

hensyn til energiinputstruktur. I stedet for at kommentere disse forskelle, og derved give en broget, men uoverskuelig beskrivelse af sektorernes energianvendelse overlades det til tabel 6-5 at dokumentere nuancerne, medens en generel karakteristik af de enkelte energivarers betydning for produktionssystemet forsøges opstillet.

I næsten alle ikke-energisektorer er el at finde blandt de to væsentligste energiinputs - undtagelsen fra denne regel udgøres af "Tegl & cement" og "Transport", hvor førstnævnte i betydeligt omfang anvender kul og fuelolie og sidstnævnte næsten totalt domineres af gas-/dieselolien. Gruppen af raffinerede olieprodukter spiller en betydelig rolle i alle sektorer - såvel energisektorer som ikke-energisektorer - men den relative betydning varierer meget mellem sektorerne. Gas-/diesel olien er væsentligste energiinput i "Landbrug", "Bygge & anlæg" samt "Transport" og næst-væsentligste i "Handel & service" og "Offentlige tjenester". Fuelolie har en fremtrædende placering i de to energikonverteringssektorer: "El" og "Fjernvarme", og optræder som hovedenergiinput i "Nærings- & nydelsesmidler" og "Glas & porcelæn". Andre raffinerede produkter spiller hovedrollen som mellemprodukt i raffinaderierne, hvor de - selvfølgelig - sammen med råolien udgør fundamentet for produktionen af de fire raffinerede olieprodukter. En betydelig rolle spiller andre raffinerede produkter også i "Leverancer til byggeri", "Kemisk industri" og "Bygge & anlæg". Benzin spiller en mere underordnet rolle i produktionssystemet, men indgår dog som væsentligste energiinput ved produktionen af bygas¹⁾. Bygas er - som tidligere nævnt - en produktionsfaktor, der samlet er af lille økonomisk betydning. I ingen af sektorerne tilhører bygassen de væsentligste energiinputs. Denne iagttagelse kan dog godt dække

1) Benzinen har sin hovedrolle som drivmiddel i den private bilpark, og optræder derfor som en komponent (på 2.6 mia.kr.) i den private forbrugsvektor (jvf. tabel 6-2). I bygasproduktionen anvendes strengt taget ikke motorbenzin, men LVN. Som en konsekvens af den udførte aggregering på energimatricen er LVN dog i LINRAT kategoriseret som benzin.

over den kendsgerning, at bygassen er en nødvendig betingelse for gennemførelsen af visse produktionsprocesser. Fjernvarmens rolle er også af mindre betydning, dog bør "Handel & service" og "Offentlige tjenester" fremhæves, fordi de tilsammen tegner sig for ca. 80% af sektorernes samlede anvendelse af fjernvarme. Endelig har kul kun betydning for udvalgte sektorer. Elværkerne anvender ca. 81% af inputtotalen, og energikonverteringssektorerne tegner sig tilsammen for ca. 90%, således at kun en begrænset andel af kullene anvendes i ikke-energisektorer. Blandt disse skiller "Tegl & cement" sig ud som den største kulforbruger.

Hvor synsvinklen i ovenstående afsnit er de enkelte sektorer energiinputstruktur samt en understregning af de væsentligste energivarer, altså en horisontal opfattelse af tabel 6-5, drejes synsvinklen nu bogstaveligt talt 90°, således at tabellen opfattes vertikalt. Tabel 6-5 er imidlertid vanskelig at fortolke vertikalt, hvorfor tabel 6-6 introduceres som en tabel, hvor alle søjletotalerne i tabel 6-5 er normeret til 100.00%, og hvor søjlevektorerne for hver energivarer viser andele af den pågældende energivarer, som forbruges af de 24 sektorer. Tabel 6-6 giver et indtryk af, hvor skævt/lige trækker på hver af de 9 energivarer er fordelt på modellens sektorer, f.eks. kan det - som ovenfor anført - konstateres, at elværkerne næsten lægger beslag på hele inputleverancen af kul. Skævtrækket kan estimeres vha. en aggregering af de 3 største søjleelementer for hver energivarer. Anvendes denne fremgangsmåde fås følgende prioriterede listning af energivarerne: kul (96%), fjernvarme (87%), gas-/diesel olie (72%), bygas (69%), fuel olie (58%), andre raffinerede produkter (55%) og benzin (54%).

Tabel 6-5 og 6-6 giver et indtryk af det komplekse samspil mellem energisystemet og produktionssystemet i LINRAT, og skønt det samlede energiinput i produktionssystemet kun udgør 3.5% af den samlede produktionsværdi¹⁾, vil energi under et forsyningsvigt

1) Denne inputandel er estimeret som summen af søjletotaler i tabel 6-5 divideret med den samlede produktionsværdi i tabel 6-3.

blive den produktionsbegrænsende produktionsfaktor pga. den limitationale Leontief-produktionsfunktion. Tabellerne vil i den sammenhæng i det efterfølgende udgøre et nyttigt redskab til at afsløre flaskehalse i produktionssystemet, dvs. knudepunkter i io-systemet, der kraftigt begrænser flowet i hele systemet¹⁾.

De to typer af tabeller, der er blevet præsenteret hidtil, og som rummer modelberegninger foretaget af LINRAT, relaterer sig til to forskellige moduler i LINRAT (jvf. fig. 4-1). Tabel 6-2 og 6-4 knytter sig til io-modulet og tabel 6-5 og 6-6 til substitutionsmodulet i modellen. En tredje type tabel giver et billede af produktionsforholdene, som de er modelleret i raffinaderimodulet. Tabel 6-7 rummer LINRAT's raffinaderital.

Tabel 6-7. LINRAT's raffinaderital (TJ)

Raffineret produkt	Let nordsø baseret	Tung råolie baseret	Samlet produktion
Gas/diesel olie	80581	50809	131390
Benzin	40337	16892	57229
Fuel olie	23262	72286	95548
Andre raf. prod.	10843	25264	36107
Ialt	155023	165251	320275

I modsætning til de foregående tabeller, hvor måleenheden er en økonomisk værdienhed (mio. 1980-kr.), anvendes i raffinaderitabellen den fysiske måleenhed: TJ. Tabellen viser raffinaderiernes produktion af de fire raffinerede olieprodukter samlet samt opsplittet på de to råolie kvaliteter: let nordsø olie og tung råolie. Tabel 6-8 viser produktionens relative fordeling på de raffinerede produkter for hver tabelsøjle.

1) Disse knudepunkter vil i en LP-terminologi være karakteriseret af høje skygge-værdier, hvorfor et operationelt kriterium for afsløringen af flaskehalse vil være største skygge-værdier i systemet.

Tabel 6-8. LINRAT's raffinaderital i pct. af søjletotaler

Raffineret produkt	Let nordsø baseret	Tung råolie baseret	Samlet produktion
Gas/diesel olie	51.98	30.75	41.02
Benzin	26.02	10.22	17.87
Fuel olie	15.01	43.74	29.83
Andre raf. prod.	6.99	15.29	11.27
Ialt	100.00	100.00	100.00

Det er i raffinaderitabellerne, at konsekvenserne af et råolieforsyningssvigt først kan spores, idet al råolie - når der ses bort fra de endelige anvendelser: lagerændringer og export - anvendes som input i raffinaderisektoren. I det efterfølgende afsnit sættes de tre tabeltyper ind i dét sammenhængende billede af økonomien, som et scenarium repræsenterer.

6.3.1. Et scenariums konfiguration

Råolieforsyningssvigtet introduceres i LINRAT som en exogen given (nedgang i) råolieimporten i TJ. Dette sker i råoliebalancen, hvor en exogen given råoliepris transformerer et fysisk forsyningssvigt til et økonomisk forsyningssvigt, hvorved dette gøres sammenligneligt med de øvrige værdibaserede io-balancer.

Lagertræk og exportreduktion kan mindske - eller eliminere - forsyningssvigtets gennemslagskraft på den indenlandske samfundsøkonomi. I det omfang disse styringsinstrumenter ikke bringes i anvendelse vil raffinaderierne blive ramt på inputsiden, hvorved grundlaget for produktionen af de raffinerede produkter bliver formindsket. Udover det relative fald i råoliemængden bestemmes faldet i produktionen af hvert af de raffinerede produkter af råoliens kvalitet samt af crackningsflexibiliteten på raffinaderierne. I udgangssituationen antages crackningsflexibiliteten at være praktisk taget 0, således at produktmixet baseret på let nordsø olie hhv. tung råolie er exogent givet.

Raffinaderitabellen viser resultatet af de fysiske og tekniske bindinger, som raffinaderimodulet i LINRAT lægger på raffinaderiproduktionen. Via de exogene priser på raffinerede produkter spiller disse bindinger tilbage på balancerne for raffinerede produkter i io-modulet og dermed io-tabellen. Balanceproblemerne, som initieres af et råolieforsyningssvigt, vil blive forstærket af exogent givne forsyningssvigt på de importerede raffinerede produkter, således at balancernes anvendelsessider må reduceres for at genskabe identitet. Forbrugsbegrænsninger og handelsrestriktioner udgør styringsinstrumenter til reduktion af de endelige anvendelser af raffinerede produkter, og disse vil i bedste fald forhindre forsyningskrisen i at ramme produktionssystemet i økonomien. "Bedste fald" er hér vurderet i overensstemmelse med LINRAT's objektfunktion, der prioriterer beskæftigelse - og dermed produktion - fremfor endelige anvendelser. Dette resulterer i en modeladfærd, hvor de endelige anvendelser af raffinerede produkter først - i det omfang som de exogent givne lower bounds fastlægger - reduceres, hvorefter inputleverancerne af de raffinerede produkter til produktionssystemet rammes.

Slår olieforsyningskrisen igennem på produktionssystemet vil LINRAT foretage den optimale allokering af de knappe energivarer til de enkelte sektorer i overensstemmelse med et samfundsøkonomisk ønske om at optimere beskæftigelsen i økonomien. LINRAT's spillerum for allokering af energi til produktionssystemet kan indskrænkes ved at fastlægge nedre grænser for de enkelte sektoreres produktion eller - måske snarere - ved at opstille nedre grænser for de endelige anvendelser af ikke-energivarer. Allokeringen af energivarer til de enkelte sektorer optræder i tabellen: Sektorernes energiforbrug, (jvf. tabel 6-5). Tekniske substitutionsmuligheder på kort sigt og energi-besparelser udvider modellens spillerum¹⁾ og påvirker således allokeringen af energiinputs.

1) Spillerum er inden for en LP-terminologi synonymt med mulighedsområde.

I dette afsnit er de tre tabeltyper forsøgt placeret i en sammenhæng gennem en beskrivelse af et råolieforsyningssvigts incidens mht. samfundsøkonomien. Denne sammenhæng skulle gerne bibringe et helhedsbillede af økonomien - et scenarium - snarere end et tabelleret talkaos.

6.4. Krisereferencescenariet

Krisereferencescenariet udgør det andet fixpunkt i dette kapitel om modelkørsler. Det første - den uforstyrrede økonomi - blev beskrevet i det foregående afsnit. De to fixpunkter repræsenterer grundscenarier, som i det følgende vil blive anvendt som målestok for de partielle analyser, der bl.a. knytter sig til anvendelsen af de enkelte styringsinstrumenter. Disse analyser har formelt karakter af parameterstudier og følsomhedsanalyser med det formål at afdække hjørner af modellens virkemåde i modsætning til de totalbilleder, som grundscenarierne repræsenterer.

I den samlede præsentation af kørslerne med LINRAT optræder tre analyseniveauer. 1. niveau er den uforstyrrede økonomi, hvor LINRAT's scenarium afspejler faktiske io-tal. 2. niveau er krisereferencescenariet, der sammenlignes med "den uforstyrrede økonomi", og 3. niveau er partielle studier og sekundære krisescenarier, hvilke sammenlignes med krisereferencescenariet.

Krisereferencescenariet opstilles som et realistisk bud på forløbet af en olieforsyningskrise mht. importerede olieprodukter, hvor et sandsynligt mix af styringsinstrumenter - såvel administrative som tekniske - bringes i anvendelse. Forudsætningerne gøres der rede for i nedenstående afsnit 6.4.1, og i de to efterfølgende afsnit præsenteres hhv. modelresultater og diskussion/beskrivelse af krisescenariet.

6.4.1. Forudsætninger

Den samlede import af råolie antages reduceret med 20% i forhold til den uforstyrrede økonomi, og importen af hvert af de fire raffinerede produkter reduceres ligeledes med 20%. Forsy-

ningssvigtet omfatter kun den tunge råolie, dvs. forsynings-
svigtet relaterer sig til den råolieimport, der ikke stammer
fra Norge hhv. UK og ækvivalerer således en nedgang på ca. 37%
i importen af tung råolie. Crackningsflexibiliteten på raffina-
derierne antages for begge råolietyper at være $\pm 2\%$ for gas-/
diesel olie, fuel olie og andre raffinerede produkter samt $\pm 1\%$
for benzin, jvf. tabel 4-1 og 4-2.

Med hensyn til lagre sondres der mellem olielagre og lagre af
ikke-energivarer, idet lagertræk for olieprodukter specificeres
i forhold til de tilstedeværende lagerbeholdninger, medens der
for ikke-energivarer forudsættes at eksistere transaktionslagre
på 5% af den årlige produktionsværdi. De to lagertyper fastlæg-
ges derfor i overensstemmelse med et stockbegreb hhv. flowbe-
greb. I bilag 6 er de ultimo 1980 tilstedeværende lagerbehold-
ninger af olieprodukter beregnet i værdienheder på baggrund af
oplysninger fra DS' Statistiske Efterretninger om de fysiske
lagre i tons og m³. Disse lagerbeholdninger repræsenterer en
øvre fysisk grænse for, hvor langt og effektivt styringsinstru-
mentet lagertræk kan anvendes under forsyningskrisen, men denne
grænse ligger formentligt langt over, hvad der er politisk og
administrativt ønskeligt og muligt.

For det første knytter der sig usikkerhed til varigheden af
forsyningskrisen, hvilken tilsiger en forsigtig lagerstrategi,
der ikke blot tilstræber en fuldstændig afvikling af lagrene i
løbet af 1 år, og for det andet knytter der sig en ejendomsret
til olielagrene. Størsteparten af olielagrene tilhører oliesel-
skaberne, hvilke af den danske stat er pålagt en lagringspligt
om opretholdelse af mindstelagre. Det ligger uden for nærværende
afhandlings rammer at forsøge at vurdere sandsynligheden for -
og rimeligheden af - en krisestrategi, som inddrager de private
olieselskabers lagre i et generelt energirationeringsprogram.
I stedet antages en lagerstrategi, hvor højst 25% af olielagrene
afvikles inden for et år. Forudsætningerne opstilles sektorfor-
delt i nedenstående tabel 6-9.

Tabel 6-9. Maximale lagertræk i krisereferencescenariet

LINRAT-sektor	Forudsætning vedr. max. lagertræk	Max. lagertræk i forh. t. "uforstyrrede økono- mi" (mio. 1980-kr.)
1. Landbrug	5% af q*	1989.25
2. Nær. & nydelsesmidler	"	3530.25
3. Kemisk industri	"	926.60
4. Jern & metal I	"	161.20
5. Jern & metal II	"	2500.15
6. Tegl & cement	"	82.70
7. Lev. t. byggeri	"	524.80
8. Papir & pap	"	53.95
9. Glas & porcelæn	"	79.00
10. Anden fremstilling	5% af q*	1501.20
11. Bygge & anlæg	-	0
12. Råolie	25% af stock	105.68
13. Kul	ubegrænset lagertilvækst	0
14. Naturgas	0	0
15. Gas-/dieselolie	25% af stock	901.42
16. Benzin	"	228.80
17. Fuelolie	"	638.85
18. Andre raff. prod.	25% af stock	39.09
19. El	-	0
20. Bygas	0	0
21. Fjernvarme	-	0
22. Transport	-	0
23. Handel & service	-	0
24. Off. tjenester	-	0

Et par uddybende kommentarer knyttes til tabel 6-9. Grænserne for lagertræk udgør et potentiale i forhold til den uforstyrrede økonomi, således at vektoren med lagerændringer i den uforstyrrede økonomi opfattes som et nulpunkt, hvorfra styringsinstrumentet lagertræk i krisesituationen kan igangsættes. Kun sektorerne 1-10 er omfattet af forudsætningen om transaktionslagre. For de øvrige ikke-energisektorer er lagre et meningsløst begreb. Dette gælder også el og fjernvarme. For bygas og naturgas forudsættes status quo i forhold til den uforstyrrede økonomi. Kullene udgør en kuriositet i denne lagersammenhæng, fordi den faldende aktivitet på elværkerne under forsyningskrisen vil nødvendiggøre en lageropbygning af kul, hvis ikke en omfattende kortsigts substitution over til kul kan iværksættes.

Forudsætningerne vedrørende de resterende efterspørgselskomponenter: Privat konsum (c), offentligt konsum (g), øvrige endelige anvendelser (f) og export (x) - er opstillet samlet i nedenstående tabel 6-10.

Tallene i tabel 6-10 er niveauer - relative andele - i forhold til den uforstyrrede økonomi. Disse udgør nedre grænser for værdien af de enkelte endelige anvendelseskomponenter, som opadtil begrænses af de samme øvre grænser som i den uforstyrrede økonomi, mao. de faktiske 1980-tal (jvf. afsnit 6.3). De enkelte endelige anvendelseskomponenter kan altså bestemmes endogent inden for mulighedsintervallet (LL; 1.00), hvor LL er givet i tabel 6-10.

Exporten forudsættes fastholdt for alle exportkomponenter. Forudsætningen afspejler en lille åben økonomis ønsker om at fastholde exportmarkederne under en kortvarig energikrise, for ikke på langt sigt at risikere en undergravning af exportmulighederne. Langtsigtede hensyn til betalingsbalanceproblemet ligger bag prioriteringen af exportmarkederne fremfor de indenlandske markeder. Mere realistisk end den opstillede forudsætning - men betydeligt vanskeligere at håndtere - er en forudsætning om fastholdelse af exportmarkedsandele, fordi energiforsyningskrisen sandsynligvis ikke kun isoleret vil ramme den danske økonomi, men også handelsrelaterede økonomier. Disse

Tabel 6-10. Nedre grænser for endelige anvendelser. Andele i forhold til uforstyrret økonomi

LINRAT-sektor	- c_{min} -	- g_{min} -	- f_{min} -	- x_{min} -
1. Landbrug	0.90		1.00	1.00
2. Nær. & nydelsesmidler	0.90		0.50	1.00
3. Kemisk industri	0.75		0.50	1.00
4. Jern & metel I	0.50		0.50	1.00
5. Jern & metal II	0.75		0.50	1.00
6. Tegl & cement	0.50		0.50	1.00
7. Lev. t. byggeri	0.50		0.50	1.00
8. Papir & pap	0.75		0.50	1.00
9. Glas & porcelæn	0.75		0.50	1.00
10. Anden fremstilling	0.50		0.50	1.00
11. Bygge & anlæg	-		0.50	-
12. Råolie	-		-	1.00
13. Kul	1.00		-	1.00
14. Naturgas	0.00		-	1.00
15. Gas-/diesel olie	0.94		-	1.00
16. Benzin	0.90		-	1.00
17. Fuel olie	0.95		-	1.00
18. Andre raff. prod.	0.90		-	1.00
19. El	0.90		-	1.00
20. Bygas	0.90		-	1.00
21. Fjernvarme	0.90		-	-
22. Transport	0.90		0.50	1.00
23. Handel & service	0.75		0.50	1.00
24. Off. tjenester	0.75	0.75	-	1.00

vil via aktivitetsfald generelt skære importen ned. I hvilket omfang dette vil ramme den danske export er imidlertid vanskeligt at forudsige, og repræsenterer i det hele taget et studie, der ligger uden for denne afhandlings rammer. Af forhåndenværende forudsætninger synes den valgte derfor - trods optimistisk - at være den mest operationelle.

Øvrige endelige anvendelser består primært af investeringer. Af de endelige anvendelser tillægges disse den laveste prioritet under en forsyningskrise pga. muligheden for udsættelse til krisen er overstået. De nedre grænser for øvrige endelige anvendelser fastsættes derfor generelt til 50% af værdierne i den uforstyrrede økonomi uden forsøg på differentiering mellem sektorerne. I praksis er det "Jern & metal II", "Bygge & anlæg" og "Handel & service", der i nævneværdigt omfang bliver pålagt restriktioner.

Offentligt konsum tillades - uden uddybende argumentation - at falde med maksimalt 25%.

Privat konsum pålægges et differentieret mønster af nedre begrænsninger, der kræver en argumentation. For ikke-energivarer anvendes tre niveauer af begrænsninger: 0.90, 0.75, 0.50, der afspejler varigheden af en forbrugsvare, således at de kortvarige forbrugsvare - f.eks. næring- og nydelsesmidler og transport - prioriteres frem for de langvarige forbrugsvare, som f.eks. varer fra "Tegl & cement" og "Jern & metal I". For energivarer tillades de konverterede energityper - el, bygas og fjernvarme - at falde med max. 10%. Ingen introduktion af naturgas finder sted, og anvendelsen af kul er negligibel i det private konsum. For de raffinerede olieprodukter: gas-/diesel olie, benzin og fuel olie, afspejler de fastsatte niveauer effekterne af planlagte administrative tiltag under en oliefor-syningskrise¹⁾.

1) Disse tiltag samt estimerede effekter er beskrevet i en intern rapport fra Energistyrelsen.

Produktionskapaciteter er fastlagt med udgangspunkt i de faktiske sektorfordelte produktionsværdier i 1980, således at en forøgelse af disse med max. 1% forudsættes at kunne finde sted på kort sigt. For den indenlandske råolieproduktion forudsættes dog en potentiel produktionsforøgelse på 2%. En produktionskapacitet på 300 mio.kr. for naturgas indlægges i krisereferencescenariet for at åbne mulighed for en kort sigts substitution fra olieprodukter til naturgas.

Ovenstående er forudsætningerne vedrørende dels raffinaderimodulet dels io-modulet blevet belyst. Til sidst fokuseres på de forudsætninger, der knytter sig til sektorernes energiinputstruktur og derfor til substitutionsmodulet.

Det antages, at sektorerne i et begrænset omfang har mulighed for at foretage deciderede energibesparelser under en forsyningskrise, dvs. har mulighed for at opretholde et uændret produktionsniveau i forhold til den uforstyrrede økonomi ved anvendelse af et lavere energiinput (jvf. den formelle beskrivelse i afsnit 4.2.2). Besparelsemulighederne antages at omfatte gas-/diesel olie, fuel olie, el og fjernvarme og at udgøre det største potentiale i sektorer, hvor komfortelementet i energi-anvendelsen er størst. Kun ikke-energisektorer antages at kunne foretage de midlertidige energibesparelser. I tabel 6-11 er grænserne for besparelsemulighederne opstillet.

For de to service-sektorer: "Handel & service" og "Off. tjenester", er besparelsemulighederne vurderet til at være 5% for hver af de fire energityper. Årsagen til de relativt store besparelsemuligheder er, at en større del af energiforbruget i disse to sektorer er adfærds- og komfortbetinget sammenlignet med de øvrige sektorer. Således konteres de to sektorer for tilsammen 81% af sektorernes fjernvarmeforbrug, men "kun" for 46% af den samlede produktion i økonomien (jvf. tabel 6-4 og 6-6). Flexibiliteten i det danske energisystem er vurderet og forsøgt kvantificeret i en intern rapport fra Energisystemgruppen (Risø) med det sigte at beskrive kort sigts substitutionsmulighederne under en olieforsyningskrise. Flexibiliteten vurderes for det danske energisystem anno 1985 og inkluderer således naturgassen

Tabel 6-11. Energibesparelsemuligheder i ikke-energisektorer

LINRAT-sektor	Gas-/diesel	Fuel	El	Fjernvarme	Samlet besparelse
1. Landbrug	2%	2%	2%	0%	1.8%
2. Nær. & nydelsesmidler	2%	2%	2%	0%	1.8%
3. Kemisk industri	1%	1%	1%	0%	0.8%
4. Jern & metal I	1%	1%	1%	0%	0.9%
5. Jern & metal II	2%	2%	2%	0%	1.6%
6. Tegl & cement	1%	1%	1%	0%	0.6%
7. Lev. t. byggeri	1%	1%	1%	0%	0.6%
8. Papir & pap	1%	1%	1%	0%	0.7%
9. Glas & porcelæn	1%	1%	1%	0%	0.8%
10. Anden fremstilling	2%	2%	2%	0%	1.5%
11. Bygge & anlæg	2%	2%	2%	0%	1.2%
22. Transport	0%	0%	0%	0%	0%
23. Handel & service	5%	5%	5%	5%	4.4%
24. Off. tjenester	5%	5%	5%	5%	4.8%

som substitut for primært gas-/diesel olien. Implementeringen af denne fleksibilitet i LINRAT's stive io-struktur - jvf. beskrivelsen af substitutionsmodulet i 4.2.2 - rummer en aktuel og interessant modifikation af LINRAT's 1980-baserede datastruktur. Substitutionsmulighederne kvantificeres i rapporten på et fysisk grundlag - dvs. i PJ. LINRAT's substitutionsmodul angiver substitutionsmuligheder i værdienheder, hvorfor en forudsætning om at relative energipriser afspejler effektivitetsforskelle er nødvendig, således at relative fysiske substitutionsmuligheder kan modelleres som relative økonomiske substitutionsmuligheder. En grov sondring mellem energiintensiv og anden procesindustri er anvendt i rapporten. Denne sondring parallelliseres ved hjælp af fig. 6-2 til sektoropdelingen i LINRAT, idet de højpetrointensive processektorer samt processektorerne i mellemgruppen karakteriseres som energiintensive, medens de resterende processektorer kategoriseres som "anden procesindustri". Kun de egentlige industrisektorer i LINRAT omfattes af denne sondring. Substitutionsmulighederne er sammen-

stillet i nedenstående tabel 6-12 og angives som en maximal relativ ændring for en specifik energikoefficient i forhold til den estimerede værdi. Den potentielle substitut markeres med et "+".

Tabel 6-12. Kortsigts substitutionsmuligheder i %

LINRAT-sektor	Ngas	Kul	Gas-/dies.	Benzin	Fuel
2. Nær. & nydelsesmidler	+		-0.49		
3. Kemisk industri	+		-0.49		
4. Jern & metal I	+		-4.90		
5. Jern & metal II	+		-0.49		
6. Tegl & cement	+		-4.90		
7. Lev. t. byggeri	+		-4.90		
8. Papir & pap	+		-4.90		
9. Glas & porcelæn	+		-4.90		
10. Anden fremstilling	+		-0.49		
20. Bygas		+		-25.00	
21. Fjernvarme	+				-8.27
23. Handel & service	+		-0.30		

I dette afsnit er de til grund for krisereferencescenariet liggende forudsætninger blevet præsenteret explicit, hvilket muliggør en evaluering og kritik af modelresultaterne i det efterfølgende afsnit.

6.4.2. Modelresultater

De i afsnit 6.3 introducerede tre tabeltyper anvendes i dette afsnit som præsenterationsform for krisereferencescenariet. I dette afsnit gives den kvantitative og ukommenterede præsentation af scenariet, og i det efterfølgende afsnit 6.4.3 diskuteres og analyseres scenariets kvalitative indhold.

I nedenstående tabel 6-13 kan konsekvensen af olieforsyningskrisen iagttages i de makroøkonomiske nøgletal (jvf. tabel 6-3). Disse optræder i såvel aktuelle værdier som ændringer i forhold til den uforstyrrede økonomi.

Tabel 6-13. Makroøkonomiske nøgletal for krisereferencescenariet

	- værdi -	- ændring -
Samlet produktion	550 mia.kr.	-74 mia.kr.
Eksport	117 " "	0 " "
Import	84 " "	-27 " "
Handelsbalance	33 " "	+27 " "
Privat konsum	154 " "	-13 " "
Offentligt konsum	100 " "	0 " "
Lagerændringer	-14 " "	-13 " "
Investeringer m.v.	38 " "	-35 " "
Beskæftigelse	2178000 mandår	-249000 mandår

Det disaggregerede billede af samfundsøkonomien gives i tabel 6-14 med LINRAT's io-balancer. I tabel 6-15 vises ændringer - differencer - i io-balancerne i forhold til den uforstyrrede økonomi. Relative ændringer i io-balancerne vises i tabel 6-16, hvor niveauerne for de enkelte io-elementer er beregnet. Hvor niveaubegrebet er meningsløst er i tabellen indsat streger (" -- ").¹⁾

Sektorernes energiforbrug belyses i de tre følgende tabeller. I tabel 6-17 vises sektorernes aktuelle energiforbrug i mio. 1980-kr. I tabel 6-18 er ændringerne i energiforbruget beregnet, og endelig viser tabel 6-19 sektorernes relative energiforbrug sammenlignet med den uforstyrrede økonomi.

LINRAT's raffinaderital optræder samlet i tabel 6-20, hvor de betragtes ud fra fire synsvinkler.

1) "Meningsløs" defineres situationen, hvor referenceværdien er lig med 0.

Tabel 6-14. Krisereferencescenariet

LIKRAT-SKTOR	-Q- PROD.	-M- IMPORT	-C- PRIV. KONSUM	-G- OFF. KONSUM	-I- LAGER- AENDR.	-F- QVRIGE END. ANV.	-X- EXPORT
1. LANDBRUG	33594.	6842.	3927.		-2972.	-255.	7153.
2. NAER. & NYDELSESMIDL.	63135.	7502.	19822.		-2945.	101.	29879.
3. KEMISK INDUSTRI	16455.	11295.	2595.		-379.	291.	10397.
4. JERN & METAL I	2926.	4424.	27.		-13.	54.	1943.
5. JERN & METAL II	42106.	20612.	4509.		-3748.	9048.	26208.
6. TEGL & CEMENT	1047.	426.	1.		-60.	2.	383.
7. LEV. T. BYGGERI	7319.	2855.	239.		-692.	177.	2517.
8. PAPIR & PAP	922.	1716.	66.		-11.	0.	409.
9. GLAS & PORCELAIN	1298.	658.	470.		-149.	41.	636.
10. ANDEN FREMSTILLING	21933.	7403.	6315.		-1585.	711.	7996.
11. BYGGE & ANLAEG	32485.	0.	0.		0.	18618.	0.
12. RAAOLIE	425.	6337.	0.		-106.	0.	50.
13. KUL	0.	2795.	18.		427.	0.	2.
14. NATURGAS	94.	0.	0.		0.	0.	0.
15. GAS/DIESEL OLIE	4822.	5539.	4790.		-901.	0.	1239.
16. BENZIN	2326.	1577.	2432.		-229.	0.	790.
17. FUEL OLIE	1735.	1894.	65.		-639.	0.	399.
18. ANDRE RAFF. PROD.	797.	1662.	7.		-39.	0.	650.
19. EL	6550.	330.	2558.		0.	0.	586.
20. BYGAS	370.	140.	270.		20.	0.	74.
21. FJERNVARME	3039.	0.	2209.		0.	0.	0.
22. TRANSPORT	32610.	0.	4820.		0.	39.	16190.
23. HANDEL & SERVICE	168387.	421.	95057.		9.	9399.	9865.
24. OFF. TJENESTER	105127.	0.	4287.	99734.	0.	0.	70.
IALT	549502.	84427.	154485.	99734.	-14013.	38227.	117436.

Tabel 6-15. Krisereferencescenariet

DIFFERENCE IO-BALANCER (MIO. 1980-KR.):		-Q-	-M-	-C-	-G-	-I-	-F-	-X-
LINRAT-SEKTOR	PROD.	IMFORT	PRIV. KONSUM	OFF. KONSUM	IAGER- AENDR.	QVRIGE END. ANV.	EXPORT	
1. LANDBRUG	-6191.	-614.	-436.		-1989.	-1.	0.	
2. NAER. & NIDELSESMIDL.	-7470.	-1322.	-2202.		-3530.	-101.	0.	
3. KEMISK INDUSTRI	-2077.	-2495.	-865.		-927.	-291.	0.	
4. JERN & METAL I	-297.	-876.	-27.		0.	-54.	0.	
5. JERN & METAL II	-7897.	-10946.	-1503.		-2500.	-9048.	0.	
6. TEGL & CEMENT	-607.	2.	-1.		-64.	-2.	0.	
7. LEV. T. BYGGERI	-3177.	-1539.	-239.		-524.	-177.	0.	
8. PAPIR & PAP	-157.	-514.	-22.		0.	0.	0.	
9. GLAS & PORCELAIN	-282.	-280.	-157.		-79.	-41.	0.	
10. ANDEN FREMSTILLING	-8090.	-3697.	-6315.		-1501.	-711.	0.	
11. BYGGE & ANLAEG	-19663.	0.	0.		0.	-18618.	0.	
12. RAAOLIE	8.	-1517.	0.		-56.	0.	0.	
13. KUL	0.	0.	0.		331.	0.	0.	
14. NATURGAS	94.	0.	0.		0.	0.	0.	
15. GAS/DIESEL OLLIE	-654.	-1385.	-306.		-1012.	0.	0.	
16. BENZIN	-376.	-394.	-144.		-458.	0.	0.	
17. FUEL OLLIE	-644.	-474.	-3.		-432.	0.	0.	
18. ANDRE RAFF. PROD.	-184.	-415.	-1.		-196.	0.	0.	
19. EL	-875.	0.	-284.		0.	0.	0.	
20. BYGAS	-77.	0.	-30.		0.	0.	0.	
21. PJERNVARME	-347.	0.	-245.		0.	0.	0.	
22. TRANSPORT	-2011.	0.	-536.		0.	-39.	0.	
23. HANDEL & SERVICE	-12975.	-42.	0.		0.	-5416.	0.	
24. OFF. TJENESTER	-114.	0.	0.		0.	0.	0.	
IALT	-74062.	-26506.	-13316.	0.	-12937.	-34500.	0.	

Tabel 6-16. Krisereferencescenariet

LINRAT-SEKTOR	-Q- PROD.	-M- IMPORT	-C- PRIV. KONSUM	-G- OFF. KONSUM	-I- LAGER- AENDR.	-F- QVRIGE END. ANV	-X- EXPORT
1. LANDBRUG	0.84 *	0.92 *	0.90		3.02	1.00	1.00
2. NAER. & NYDELSESMIDL.	0.89 *	0.85 *	0.90		-5.04	0.50	1.00
3. KEMISK INDUSTRI	0.89 *	0.82 *	0.75		-0.69	0.50	1.00
4. JERN & METAL I	0.91 *	0.83 *	0.50		0.99 +	0.50	1.00
5. JERN & METAL II	0.84 *	0.65 *	0.75		3.00	0.50	1.00
6. TEGL & CEMENT	0.63 *	1.00 +	0.50		-16.97 *	0.50	1.00
7. LEV. T. BYGGERI	0.70 *	0.65 *	0.50		4.13	0.50	1.00
8. PAPIR & PAP	0.85 *	0.77 *	0.75		0.99 +	--	1.00
9. GLAS & PORCELAIN	0.82 *	0.70 *	0.75		2.14	0.50	1.00
10. ANDEN FREMSTILLING	0.73 *	0.67 *	0.50		19.01	0.50	1.00
11. BYGGE & ANLAEG	0.62 *	--	--		--	0.50	--
12. RAAOLIE	1.02 +	0.81	--		2.13	--	1.00
13. KUL	--	1.00	1.00		4.46	--	1.00
14. NATURGAS	--	--	--		--	--	--
15. GAS/DIESEL OLIE	0.88 *	0.80	0.94		-8.17	0.50	1.00
16. BENZIN	0.86 *	0.80	0.94 *		-1.00	0.50	1.00
17. FUEL OLIE	0.73 *	0.80	0.95		3.09	0.50	1.00
18. ANDRE RAFF. PROD.	0.81 *	0.80	0.90		-0.25	--	1.00
19. EL	0.88 *	1.00	0.90		--	--	1.00
20. BYGAS	0.83 *	1.00	0.90		1.00	--	1.00
21. FJERNVARME	0.90 *	--	0.90		--	--	--
22. TRANSPORT	0.94 *	--	0.90		--	0.50	1.00
23. HANDEL & SERVICE	0.93 *	0.91 *	1.00 +		1.00	0.63 *	1.00
24. OFF. TJENESTER	1.00 *	--	1.00 +	1.00 +	--	--	1.00
IALT	0.88	0.76	0.92	1.00	13.03	0.53	1.00

* : ubunden løsningsvariabel

+ : bindende øvre grænse

Tabel 6-17. Krisereferencescenariet

SEKTORERNE	KUL	NGAS	GAS-/DIESEL-OLIE	BENZIN	FUEL	ANDRE RAFFIN. PROD.	EL	BYGAS	FJERNVARME	ENERGI-BESPAR.
LINRAFF-SEKTOR										
1. LANDBRUG	0.00	0.00	752.13	122.90	282.92	65.40	343.76	0.00	2.90	28.14
2. NÆRR. & NYDELSESMIDL.	26.32	1.11	220.64	37.24	448.64	3.86	378.18	6.30	23.34	21.40
3. KEMISK INDUSTRI	0.06	0.32	64.46	16.21	107.17	112.36	234.68	1.21	10.18	4.11
4. JERN & METAL I	0.00	1.49	28.60	0.79	69.88	5.74	119.92	17.75	0.85	2.22
5. JERN & METAL II	0.16	0.87	173.37	23.48	80.85	60.16	275.35	9.10	35.00	10.83
6. TEGL & CEMENT	103.60	0.77	14.80	0.83	76.70	8.18	42.28	0.00	0.02	1.36
7. LEV. T. BYGGERI	15.30	4.40	84.49	6.01	114.57	183.34	114.36	41.18	2.16	3.21
8. PAPIR & PAP	25.13	0.02	0.41	0.14	30.35	1.58	32.49	0.00	0.01	0.64
9. GLAS & PORCELAIN	0.01	0.30	5.75	0.43	45.22	4.85	20.85	11.49	0.57	0.73
10. ANDEN FREMSILLING	0.02	0.28	55.51	10.84	36.28	23.25	137.40	1.42	38.25	4.68
11. BYGGE & ANLÆG	0.00	0.00	195.20	53.51	9.84	54.71	36.87	33.91	13.25	4.94
12. RAAOLIE	0.00	0.00	16.92	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13. KUL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14. NATURGAS	0.00	0.00	3.74	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15. GAS/DIESEL OLIE	0.00	0.00	0.11	38.93	44.40	562.67	18.08	0.00	0.00	0.00
16. BENZIN	0.00	0.00	0.06	18.78	21.41	271.35	8.72	0.00	0.00	0.00
17. FUEL OLIE	0.00	0.00	0.04	14.01	15.98	202.47	6.50	0.00	0.00	0.00
18. ANDRE RAFF. PROD.	0.00	0.00	0.02	6.43	7.34	92.98	2.99	0.00	0.00	0.00
19. EL	1908.30	0.00	0.92	1.08	866.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20. BYGAS	54.07	0.00	0.66	83.79	0.00	50.46	3.13	0.00	0.00	0.00
21. FJERNVARME	215.11	81.94	0.46	0.34	908.89	0.00	51.68	0.00	0.00	0.00
22. TRANSPORT	0.00	0.00	2310.48	120.75	100.79	88.45	61.21	0.00	9.09	0.00
23. HANDEL & SERVICE	0.00	2.57	810.65	278.61	279.24	48.71	995.05	8.93	368.46	129.26
24. OFF. TJENESTER	0.00	0.00	493.47	74.47	255.87	0.00	852.85	16.01	325.70	101.47
IALT	2348.07	94.07	5232.89	909.60	3803.06	1840.52	3736.35	147.29	829.78	312.98

Tabel 6-18. Krisereferencescenariet

LINRAT-SEKTOR	KUL	NGAS	GAS-/ DIESEL- OLIE	BENZIN	FUEL	ANDRE RAFFIN. PROD.	EL	BYGAS	FJERN- VARME	ENERGI BESPAR.
1. LANDBRUG	0.00	0.00	-156.79	-22.65	-58.98	-12.05	-71.66	0.00	-0.53	28.14
2. NAER. & NYDELSESMIDL.	-3.11	1.11	-32.41	-4.41	-63.32	-0.46	-53.38	-0.75	-2.76	21.40
3. KEMISK INDUSTRI	-0.01	0.32	-9.23	-2.05	-14.74	-14.18	-32.29	-0.15	-1.28	4.11
4. JERN & METAL I	0.00	1.49	-4.88	-0.08	-7.87	-0.58	-13.51	-1.80	-0.09	2.22
5. JERN & METAL II	-0.03	0.87	-37.77	-4.40	-17.12	-11.28	-58.32	-1.71	-6.56	10.83
6. TEGL & CEMENT	-60.00	0.77	-10.03	-0.48	-45.65	-4.74	-25.16	0.00	-0.01	1.36
7. LEV. T. BYGGERI	-6.64	4.40	-44.27	-2.61	-51.39	-79.59	-51.30	-17.88	-0.94	3.21
8. PAPIR & PAP	-4.29	0.02	-0.10	-0.02	-5.54	-0.27	-5.93	0.00	0.00	0.64
9. GLAS & PORCELAIN	0.00	0.30	-1.69	-0.09	-10.38	-1.05	-4.79	-2.50	-0.12	0.73
10. ANDEN FREMSTILLING	-0.01	0.28	-22.42	-4.00	-14.40	-8.58	-54.52	-0.52	-14.11	4.68
11. BYGGE & ANLAEG	0.00	0.00	-124.55	-32.39	-6.28	-33.12	-23.53	-20.52	-8.02	4.94
12. RAAOLIE	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13. KUL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14. NATURGAS	0.00	0.00	3.74	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15. GAS/DIESEL OLIE	0.00	0.00	-0.02	-5.28	-6.02	-76.28	-2.45	0.00	0.00	0.00
16. BENZIN	0.00	0.00	-0.01	-3.03	-3.46	-43.83	-1.41	0.00	0.00	0.00
17. FUEL OLIE	0.00	0.00	-0.02	-5.20	-5.93	-75.09	-2.41	0.00	0.00	0.00
18. ANDRE RAFF. PROD.	0.00	0.00	0.00	-1.48	-1.69	-21.46	-0.69	0.00	0.00	0.00
19. EL	-254.87	0.00	-0.12	-0.14	-115.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20. BYGAS	22.53	0.00	-0.14	-51.01	0.00	-10.42	-0.65	0.00	0.00	0.00
21. FJERNVARME	-24.58	81.94	-0.05	-0.04	-195.16	0.00	-5.91	0.00	0.00	0.00
22. TRANSPORT	0.00	0.00	-142.47	-7.45	-6.21	-5.45	-3.77	0.00	-0.56	0.00
23. HANDEL & SERVICE	0.00	2.57	-111.33	-21.47	-37.35	-3.75	-133.08	-0.69	-49.28	129.26
24. OFF. TJENESTER	0.00	0.00	-26.54	-0.08	-13.76	0.00	-45.86	-0.02	-17.51	101.47
IALT	-331.00	94.07	-720.76	-168.34	-681.01	-402.19	-590.60	-46.53	-101.79	312.98

Tabel 6-19. Krisereferencescenariet

NIVEAU ENERGIFORBRUG (REF = 1.00)		KUL	NGAS	GAS-/ DIESEL OLIE	BENZIN	FUEL	ANDRE RAFF. PROD.	EL	BYGAS	FJERN- VARME	ENERGI BESP.
LINRAAT-SEKTOR											
1. LANDBRUG	--	--	--	0.83	0.84	0.83	0.84	0.83	--	0.84	--
2. NAER. & NYDELSESMIDL.	0.89	--	--	0.87	0.89	0.88	0.89	0.88	0.89	0.89	--
3. KEMISK INDUSTRI	0.89	--	--	0.87	0.89	0.88	0.89	0.88	0.89	0.89	--
4. JERN & METAL I	--	--	--	0.85	0.91	0.90	0.91	0.90	0.91	0.91	--
5. JERN & METAL II	0.84	--	--	0.82	0.84	0.83	0.84	0.83	0.84	0.84	--
6. TEGL & CEMENT	0.63	--	--	0.60	0.63	0.63	0.63	0.63	--	0.63	--
7. LEV. T. BYGGERI	0.70	--	--	0.66	0.70	0.69	0.70	0.69	0.70	0.70	--
8. PAPIR & PAP	0.85	--	--	0.80	0.85	0.85	0.85	0.85	--	0.85	--
9. GLAS & PORCELAIN	0.82	--	--	0.77	0.82	0.81	0.82	0.81	0.82	0.82	--
10. ANDEN FREMSTILLING	0.73	--	--	0.71	0.73	0.72	0.73	0.72	0.73	0.73	--
11. BYGGE & ANLAEG	--	--	--	0.61	0.62	0.61	0.62	0.61	0.62	0.62	--
12. RAAOLIE	--	--	--	1.02	1.02	--	--	--	--	--	--
13. KUL	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
14. NATURGAS	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
15. GAS/DIESEL OLIE	--	--	--	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	--	--	--
16. BENZIN	--	--	--	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	--	--	--
17. FUEL OLIE	--	--	--	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	--	--	--
18. ANDRE RAFF. PROD.	--	--	--	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	--	--	--
19. EL	0.88	--	--	0.88	0.88	0.88	--	--	--	--	--
20. BYGAS	1.71	--	--	0.83	0.62	--	0.83	0.83	--	--	--
21. FJERNVARME	0.90	--	--	0.90	0.90	0.82	--	0.90	--	--	--
22. TRANSPORT	--	--	--	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	--	0.94	--
23. HANDEL & SERVICE	--	--	--	0.88	0.93	0.88	0.93	0.88	0.93	0.88	--
24. OFF. TJENESTER	--	--	--	0.95	1.00	0.95	--	0.95	1.00	0.95	--
IALT	0.88	--	--	0.88	0.84	0.85	0.82	0.86	0.76	0.89	--

Tabel 6-20. Krisereferencescenariet

LINRATS'S RAFFINADERITAL (TJ).

RAFFINERET PRODUKT	LET NORDSQ BASERET	TUNG RAAOLIE BASERET	SAMLET PRODUK- TION
a) GAS/DIESELOLIE	82002	33701	115704
BENZIN	39471	9799	49270
FUEL OLIE	25420	44279	69700
ANDRE RAF. PROD.	10990	18346	29337
IALT	157884	106127	264010

LINRATS'S RAFFINADERITAL I PCT. AF SØJLETOTALER.

RAFFINERET PRODUKT	LET NORDSQ BASERET	TUNG RAAOLIE BASERET	SAMLET PRODUK- TION
b) GAS/DIESELOLIE	51.94*	31.76*	43.83*
BENZIN	25.00-	9.23-	18.66-
FUEL OLIE	16.10*	41.72-	26.40*
ANDRE RAF. PROD.	6.96*	17.29+	11.11*
IALT	100.00	100.00	100.00

* : ubunden løs-
ningsvariabel
+ : bindende øvre
grænse
- : bindende ned-
re grænse

DIFFERENCE RAFFINADERITAL (TJ).

RAFFINERET PRODUKT	LET NORDSQ BASERET	TUNG RAAOLIE BASERET	SAMLET PRODUK- TION
c) GAS/DIESELOLIE	1421	-17107	-15686
BENZIN	-865	-7091	-7958
FUEL OLIE	2158	-28006	-25847
ANDRE RAF. PROD.	147	-6917	-6770
IALT	2860	-59124	-56263

NIVEAU RAFFINADERITAL (REF = 1.00)

RAFFINERET PRODUKT	LET NORDSQ BASERET	TUNG RAAOLIE BASERET	SAMLET PRODUK- TION
d) GAS/DIESELOLIE	1.03	0.64	0.88
BENZIN	0.98	0.58	0.86
FUEL OLIE	0.91	0.67	0.73
ANDRE RAF. PROD.	1.31	0.60	0.81
IALT	1.02	0.64	0.82

6.4.3. Diskussion af krisereferencescenarium

Efter den kvantitative præsentation af scenariet i foregående afsnit følger nu en diskussion og vurdering af scenariets kvalitative indhold samt en understregning af de væsentligste sammenhænge. Centralt placeret er spørgsmålet: Hvilke restriktioner er bindende, og hvor kraftige er disse bindinger?

Forsyningskrisens effekter på de makroøkonomiske nøgletal er betydelige. På tilgangssiden falder den samlede produktion med 12%, importen med 24% og de samlede lagre formindskes med 13 mia.kr. På anvendelsessiden er det først og fremmest investeringerne, der rammes. Disse begrænses med 47%, medens det private konsum kun begrænses med 8% (jvf. tabel 6-16). Offentligt konsum opretholdes på et uændret niveau, hvilket også gælder for eksporten - jvf. forudsætningerne. Sammenholdes importen og eksporten bliver nettoeffekten en handelsbalanceforbedring på 27 mia.kr.

Arbejdsløsheden i økonomien forøges med 249000 personer, hvilket svarer til et fald i beskæftigelsen på 10% i forhold til den uforstyrrede økonomi. Faldet i beskæftigelsen er altså lidt mindre end faldet i den samlede produktion, hvilket i totalbilledet viser en prioritering af produktionen i de beskæftigelsesintensive sektorer i modellen. I det disaggregerede perspektiv er beskæftigelsesnedgangen ulige fordelt mellem sektorerne. På grund af den forudsatte linearitet mellem produktion og beskæftigelse på sektorniveau repræsenterer de relative ændringer i produktionsværdierne yderligere relative ændringer i beskæftigelsen (jvf. tabel 6-16). En aktivitetsstigning - hvor aktivitet omfatter både produktion og beskæftigelse - finder kun sted indenfor den indenlandske råolieproduktion, hvilken forøges med 2% op til den givne kapacitetsgrænse. Blandt de resterende sektorer kan kun aktiviteten i "Offentlige tjenester" tilnærmelsesvis opretholdes under forsyningskrisen, medens aktivitetsfald på mellem 6% og 38% karakteriserer de øvrige sektorer. Aktiviteten i "Bygge & anlæg" og "Tegl & cement" falder mest med 38% henholdsvis 37%, medens "Transport" kun rammes med 6%.

Interessant er at sammenligne fig. 6-2 - afbildningen af ikke-energisektorernes petro- og beskæftigelsesintensitet og aktivitetsændringerne i tabel 6-16 for at få afsløret, om LINRAT's adfærd kan afledes af fig. 6-2. Pæn overensstemmelse er der mellem placeringen af "Tegl & cement" og "Offentlige tjenester" i fig. 6-2 og de af LINRAT beregnede aktivitetsniveauer for de to sektorer. Derimod passer "Transport" og "Bygge & anlæg" dårligt ind i dette mønster, idet førstnævnte samtidigt tilhører de to mest høj-petrointensive sektorer og rammes af det næstmindste aktivitetsfald blandt ikke-energisektorer, medens sidstnævnte rammes hårdest på aktivitetsniveauet på trods af en lav petrointensitet.

Snarere end at afspejle et modsætningsforhold mellem fig. 6-2 og tabel 6-16 afspejler disse uoverensstemmelser de til grund for scenariet liggende forudsætninger, hvilke i forskelligt omfang bl.a. båndlægger de endelige anvendelser. En afledet effekt af disse exogent givne bindinger er en høj grad af præ-determinisme med hensyn til sektoraktiviteter, således at forskellige sektorerers produktionsværdier reelt på forhånd fastlåses på forskellige niveauer. I dette perspektiv er det interessant at få afsløret hvilke af restriktionerne i systemet, der binder de endogene variable samt hvilke, der ingen indflydelse har på modelløsningen. Disse bindinger sættes i focus i det følgende, hvor krisereferencescenariet forsøges analyseret i den naturlige kronologiske rækkefølge (jvf. afsnit 6.3.1).

Udgangspunktet er råoliebalancen, hvor forsyningssvigtet på tung råolie ækivalerer en nedgang i importen af råolie på 1.517 mia.kr. Den indenlandske produktion af let nordsø olie hæves op til kapacitetsloftet og samtidigt foretages det maksimalt tilladte træk på råolielagrene, så nettoeffekten bliver en reduktion af den samlede balance med 1.453 mia.kr. Denne reduktion rammer raffinaderierne på inputsiden og gennemtvinger et samlet fald i produktionen af raffinerede produkter på 1.858 mia.kr. Yderligere mindskes importen af hvert af de raffinerede produkter med 20%.

Faldet i den samlede raffinaderiproduktion i TJ er på 18%, mens faldene er ulige fordelt på de fire raffinerede produkter (jvf. tabel 6-20d). Gas-/diesel olie produktionen mindskes f. eks. med 12%, mens produktionen af fuel olie mindskes med 27%. Der er to årsager til disse forskelle: råoliens kvalitet og crackningsflexibiliteten. Råolieforsyningssvigtet omfatter kun den tunge råolie, hvilken - sammenlignet med den lette nordsø olie - rummer et relativt højt potentiale for produktion af tunge raffinerede produkter og specielt af fuel olie (jvf. tabel 6-8). Et forsyningssvigt på den tunge råolie rammer derfor - alt andet lige - fuel olie balancen hårdest. Den anden årsag - crackningsflexibiliteten - trækker i samme retning som den første og forklarer 2% points af fuel olie produktionens fald og mindsker faldet i gas-/diesel olie produktionen med 1% point (jvf. tabel 6-8 og 6-20b).

Kun med hensyn til benzinproduktionen udnyttes crackningsflexibiliteten i raffinaderierne maksimalt, idet både den let nordsø baserede og den tung råolie baserede benzinproduktion fastlægges på et teknisk minimum. De øvrige raffinerede produkter bindes ikke samlet i tekniske extrema - dog optræder en vis prioritering af gas-/diesel olie og andre raffinerede produkter i den samlede raffinaderiproduktion.

Ligesom for råolien udnyttes muligheden for 25% lagertræk fuldt ud for hvert af de raffinerede produkter, hvilket mindsker forsyningskrisens gennemslagskraft med hensyn til samfundsøkonomien. Lagertrækkenes indflydelse på balancerne for de raffinerede produkter - og dermed på krisereferencescenariet - illustreres i nedenstående tabel 6-21, hvilken, med tabel 6-15 som udgangspunkt, sammenligner de foretagne lagertræk med reduktionen i dansk produktion + import for hvert af de raffinerede produkter.

Kompensationseffekten viser hvor stor en del af forsyningsnedgangen, som lagertrækket er i stand til at kompensere for hvert af de raffinerede produkter. Tabellen viser, at kompensations-effekten for benzin er næsten dobbelt så stor som for andre raffinerede produkter, hvilket kan være en medvirkende årsag

Tabel 6-21. Lagrenes kompositionseffekt

Olieprodukt	Ændr. i tilgang (q + m)	Ændr. i lagertræk (i ⁻)	Netto ændr. (q + m - i ⁻)	Kompensationseffekt
Gas-/diesel olie	-2039 mio.kr.	-1012 mio.kr.	-1027 mio.kr.	0.50
Benzin	-770 " "	-458 " "	-312 " "	0.59
Fuel olie	-1118 " "	-432 " "	-686 " "	0.39
Andre raff. prod.	-599 " "	-196 " "	-403 " "	0.33

til, at produktionen af benzin på raffinaderierne prioriteres i bund under forsyningssvigtet, samt at produktionen af andre raffinerede produkter prioriteres relativt. Tillades større lagertræk end de forudsatte under forsyningskrisen forøges kompositionseffekterne og dermed muligheden for at eliminere effekterne af forsyningskrisen på produktionssystemet. Lagertræk vil derfor teoretisk kunne optræde i rollen som eneste nødvendige styringsinstrument under en olieforsyningskrise.

Nettoændringerne på tilgangssiden - jvf. tabel 6-21 - nødvendiggør tilsvarende ændringer på anvendelsessiden. Da eksporten af de raffinerede olieprodukter er fastlåst i forhold til den uforstyrrede økonomi, og da ingen anvendelse finder sted i "øvrige endelige anvendelser", må reduktionen fordeles på det private konsum og på produktionssystemets energianvendelse. De givne maximale forbrugsbegrænsninger bliver bindende for gas-/diesel olie, fuel olie og andre raffinerede produkter, medens det private konsum af benzin kun mindskes med 6% - sammenlignet med restriktionen på max. 10%. De gennemførte begrænsninger af det private konsum af olieprodukter formindsker yderligere forsyningskrisens gennemslagskraft over for produktionssystemet, således at reduktionen af det samlede produktionssystemets anvendelse af raffinerede olieprodukter bliver som beregnet i tabel 6-22.

Tabel 6-22. Nedgangen i produktionssystemets olieanvendelse

Olieprodukt	Netto ændr. (q + m - i ⁻)	Ændr. i pri- vat konsum	Ændr. i prod. systemets olieanvendelse	
			- værdi -	- % -
Gas-/diesel olie	-1027 mio.kr.	-306 mio.kr.	-721 mio.kr.	-12
Benzin	-312 " "	-144 " "	-168 " "	-16
Fuel olie	-686 " "	-3 " "	-683 " "	-15
Andre raff. prod.	-403 " "	-1 " "	-402 " "	-18

I tabel 6-18 optræder de samlede nedgange i værdienheder fordelt på modellens sektorer, og i tabel 6-19 er de relative nedgange vist sektorvis. I det omfang energisubstitution og energibesparelser ikke finder sted, vil der være overensstemmelse mellem det relative aktivitetsfald og de relative fald i energianvendelsen for hver sektor, pga. proportionaliteten i produktionsfunktionen, således at "Råolie" og "Bygge & anlæg", også hvad angår energianvendelse, vil udgøre de to yderpunkter. Dette gør sig også gældende, men LINRAT's differentierede energirationeringsprogram (jvf. tabel 6-19) baseres både på energisubstitution og energibesparelser, således at den strenge proportionalitet brydes. Det er derfor muligt for "Offentlige tjenester" at opretholde et uændret aktivitetsniveau og samtidigt reducere anvendelsen af gas-/diesel olie, fuel olie, el og fjernvarme med 5% respektivt - pga. udførte energibesparelser. De samlede energibesparelser i "Offentlige tjenester" er på 101 mio. kr., og indregnes besparelserne i "Handel & service" (129 mio. kr.), repræsenterer de to sektorer tilsammen 74% af de samlede energibesparelser (jvf. tabel 6-17). Årsagen er dels antagelsen om relativt store besparelsesmuligheder (jvf. tabel 6-11), dels at de to sektorer på grund af store produktionsværdier beslaglægger en høj andel af produktionssystemets samlede energiforbrug (jvf. fig. 6-1). En væsentlig indirekte effekt af de udførte energibesparelser er en generel formindskelse af aktivitetsfaldene i produktionssektorerne sammenlignet med situationen uden energibesparelser.

I alle de sektorer, hvor besparelsemuligheder forudsættes at være til stede, udnyttes disse muligheder i fuldt omfang. Dette afsløres ikke af de i det foregående afsnit viste tabeller, men af en nøjere analyse af besparelisesvektoren i tabel 6-17. De forudsatte relative energibesparelsemuligheder knytter sig nemlig ikke til aktivitetsniveauet i den uforstyrrede økonomi, men derimod til det mindskede aktivitetsniveau i krisereferencescenariet, hvilket gør tabel 6-19 uanvendelig til verificering af, om besparelsemulighederne fuldt ud udnyttes i de enkelte sektorer.

Efter at have konstateret at energirationeringsprogrammet i maksimalt omfang udnytter mulighederne for energibesparelser fokuseres nu på, i hvilket omfang de givne substitutionsmuligheder (jvf. tabel 6-12) udnyttes.

Af tabel 6-17 fremgår det, at naturgas introduceres i alle de sektorer, hvor muligheden forudsættes at være til stede, dvs. i sektor nr. 2-10, 21 og 23. Fjernvarmeværkerne dominerer billedet, idet de tegner sig for 87% af naturgasanvendelsen og derved bortsubstituerer for 82 mio. kr. fuel olie. Trods naturgassubstitutionen i de øvrige sektorer kvantitativt er neglignibel, repræsenterer den dog en fuldstændig udnyttelse af de exogent givne muligheder. Generelt udnyttes de i tabel 6-12 givne substitutionsmuligheder i maksimalt omfang, hvilket peger på den relative knaphed som drivkraften i substitutionsprocessen, således at de kriseramte olieprodukter udskiftes med de ikke-kriseramte energivarer: kul og naturgas. Også substitutionen i bygasværkerne fra benzin til kul gennemføres, til trods for at de hidtidige modelresultater har antydnet en relativ benzinrigelighed.

Den samlede effekt af energibesparelser og -substitution bliver altså en maksimal modifikation af produktionssystemets stive og lineære inputstruktur, således at energiforbrugene i niveautal ikke blot bliver identiske med aktivitetsniveauet for de enkelte sektorer.

Energibesparelser og -substitution modificerer produktionssystemets energianvendelse i forhold til aktivitetsniveauerne, men sidstnævnte bestemmes i vid udstrækning af de bånd, der exogent pålægges de forskellige endelige anvendelseskomponenter. Dette betyder, at LINRAT's energirationeringsprogram - jvf. tabel 6-19 - såvel afspejler besparelser- og substitutionsmuligheder som restriktioner på de endelige anvendelser. I det følgende rettes opmærksomheden mod io-balancetabellerne for at afsløre, hvor vidt disse restriktioner er bindende eller ej.

Eksporten er som tidligere nævnt for alle sektorer fastlåst på niveauet i den uforstyrrede økonomi. De øvrige endelige anvendelser (f) reduceres generelt med de maksimalt tilladte 50% - undtagelsen er dog leverancerne fra "Handel & service", der kun reduceres med 37%. Ved siden af "Handel & service" repræsenterer "Bygge & anlæg" og "Jern & metal II" tyngden i de øvrige endelige anvendelser (jvf. tabel 6-4). De væsentligste praktiske konsekvenser af reduktionerne er derfor en reduktion af investeringerne i byggeriet samt af investeringerne i maskiner og kapitaludstyr med 50%. Landbruget er som eneste sektor blevet friholdt - dvs. status quo i forhold til den uforstyrrede økonomi - fordi "øvrige endelige anvendelser" for landbruget reelt dækker over forskydninger i stambesætninger.¹⁾ LINRAT's prioritering af "Handel & service" frem for de øvrige sektorer kan forklares med den gunstige kombination af beskæftigelsesintensitet og petrointensitet i sektoren (jvf. fig. 6-2).

Offentligt konsum opretholdes - trods muligheden for en 25% reduktion - på et uændret niveau. Nedgangen på 114 mio. kr. i produktionen i "Offentlige tjenester" er derfor udelukkende forårsaget af aktivitetsfald i de sektorer, som anvender offentlige tjenester som input. Det meget høje beskæftigelsesindhold og det lave energiindhold i offentlig produktion forklarer modellens prioritering (jvf. fig. 6-2).

1) "Øvrige endelige anvendelser" dækker primært over investeringer, hvilke kan udskydes til en olieforsyningskrise er overstået. For "Landbrug" er der imidlertid tale om forskydninger i stambesætninger, hvor kortsigtede hensyn ikke bør spille den dominerende rolle.

Lagertræk på olielagre er allerede blevet analyseret i det foregående. Der resterer dog muligheden for lagertræk af ikke-energivarer, dvs. i sektor 1-10 (jvf. tabel 6-9). Når bortses fra "Jern & metal I", "Papir & pap" og "Tegl & cement" udnyttes muligheden i fuldt omfang i alle sektorer. I de to førstnævnte sektorer foretages derimod slet ingen lagertræk, hvilket peger på, at produktionen er tilstrækkelig til alene at dække kravene fra de endelige anvendelser. Da produktionen indgår i modellens kriteriefunktion, vil produktionen altid blive prioriteret frem for lagertræk. Indenfor io-balancens anvendelsesside, der aggregeret ikke binder produktionen på tilgangssiden, er fordelingen på anvendelseskomponenter arbitrær pga. modellens indifferens mht. de endelige anvendelser. I stedet for at afstå fra lagertræk i "Jern & metal I" og "Papir & pap" og samtidigt foretage en maksimal reduktion af de andre endelige anvendelser, kunne lagertræk lige så vel have været anvendt til at begrænse eller hindre disse reduktioner. I det beskrevne billede af sektorernes lagertræk er det umuligt at placere "Tegl & cement". Denne sektor skiller sig ud med et lagertræk, der ikke repræsenterer et ekstrempunkt i mulighedsintervallet. Af det tilladte lagertræk på 82.7 mio. kr. udnyttes de 64.0 mio. kr. Årsagen er en negativ importkvote for lagerinvesteringer, der bevirker, at importrestriktionen i "Tegl & cement bliver bindende!"¹⁾

1) Importniveauet i den uforstyrrede økonomi udgør for alle sektorer en øvre grænse i krisereferencescenariet. På baggrund af aktivitetsfald og efterspørgselsfald i økonomien under forsyningskrisen forekommer en importstigning à priori fornuftsstridig, fordi det implicit antages, at importkvoterne ligger i intervallet $[0;1]$. Den estimerede importkvote for lagerinvesteringer i "Tegl & cement" er imidlertid -1.936, hvilken i praksis betyder, at formindskes lagrene i "Tegl & cement" med 1000 mio. kr., vil importen - alt andet lige - stige med 1936 mio. kr.! Et aggregeringsproblem er årsagen til den fornuftsstridige importkvote. LINRAT-sektoren "Tegl & cement" er et aggregat af DS' sektor nr. 64 og 65 - jvf. bilag 4 - hvilke hver for sig har importkvoter med de forventede sunde egenskaber. Problemet er blot, at lagerinvesteringerne i de to DS-sektorer i 1980 havde modsat fortegn.

Privat konsum begrænses generelt i overensstemmelse med de maksimalt tilladte forbrugsbegrænsninger (jvf. tabel 6-10). Undtagelsen er dog - som tidligere omtalt - benzin og derudover ydelser fra "Handel & service" og "Offentlige tjenester", hvilke fastholdes på et uændret niveau.

Vurderes restriktionerne, der relaterer sig til LINRAT's io-balancer, samlet, er regelen for anvendelsessiden, at de enkelte variable bindes i de exogent givne nedre grænser, medens undtagelsen er, at enten de øvre grænser bliver bindende eller variabelen er ubundet. For at skabe et overblik over samtlige bindinger i io-systemet er undtagelsen positivt fremhævet i tabel 6-16, således at de bindende øvre grænser er markeret med "+" og de ubundne variable med "*". Samme overblik gives også med hensyn til crackningsflexibiliteten på raffinaderierne, idet dog de nedre grænser her er markeret med "-" - jvf. tabel 6-20b. LINRAT's energirationeringsprogram (jvf. tabel 6-19) er karakteriseret ved en maximal udnyttelse af de givne besparelses- og substitutionsmuligheder, således at samtlige variable er bundet i de øvre og nedre grænser, der er givet i tabel 6-11 og 6-12.

Identifikationen af bindingerne i modelsystemet giver en væsentlig karakteristik af modelløsningen og afslører, at denne er bundet stramt op, men karakteristikken er unuanceret, fordi bindingerne har forskellig styrke og derved er mere eller mindre centralt placeret i modelløsningen. Skyggeværdierne - jvf. afsnit 2.2 - måler bindingernes marginale styrke og kan derved afsløre flaskehalse i systemet, dvs. ulighedsrestriktioner, der i særlig grad binder og begrænser kriteriefunktionen.

Speciel interesse knytter der sig naturligvis til styrken af energirestriktionerne i almindelighed og til restriktionerne på olieprodukterne i særdeleshed, men principielt - og LP-teknisk - er samtlige begrænsende restriktioner interessante. I dette perspektiv kan importrestriktionen i "Tegl & cement" sammenlignes med importrestriktionen på benzin. Førstnævnte repræsenterer en skyggeværdi på 73.9 mandår, medens sidstnævnte repræsenterer en skyggeværdi på 0! Dette bekræfter den tidligere gjorte iagttagelse - at benzin er karakteriseret ved en relativ

rigelighed og derfor ikke udgør en flaskehals i systemet. En rigelighed karakteriserer også kul, men det generelle mønster er, at der til energivarerne er tilknyttet de højeste skyggeverdier i systemet. I tabel 6-23 er samtlige energivareners skyggeverdier i io-systemet opstillet.

Tabel 6-23. Skyggeverdier for energivarerne i io-systemet.

Energivare	Skyggeværdi (mandår/mio.kr.)
DK råolieproduktion	300.3
Råolie import	320.9
Kul	0
Naturgas	20.6
Gas-/diesel olie	317.6
Benzin	0
Fuelolie	492.5
Andre raff. prod.	456.2
El	64.1
Bygas	62.5
Fjernvarme	149.5

Io-systemets skyggeverdier for energivarer kan fortolkes fra to synsvinkler. Set fra tilgangssiden udgør skyggeværdien den stigning i den samlede beskæftigelse i økonomien, som en forøgelse af f.eks. lagertrækket med 1 mio.kr. resulterer i. Set fra anvendelsessiden måler skyggeværdien den forøgelse af beskæftigelsen, som et formindsket krav til en af de endelige anvendelseskomponenter på 1 mio.kr. bevirker. Skyggeværdierne i tabellen er således funderet i det io-konsistente værdimål: mio. 1980-kr., der generelt anvendes i LINRAT til at integrere energivarer og ikke-energivarer i et fælles io-system, men en fysisk fortolkning af de af LINPROG beregnede skyggeverdier er interessant. Denne er for olieprodukternes vedkommende udført i nedenstående tabel 6-24, hvor skyggeværdierne er beregnet i mandår/TJ ved hjælp af de exogene oliepriser i LINRAT.

Tabel 6-24. Beregnede fysiske skyggeværdier for olieprodukter.

Energivare	Skyggeværdi (mandår/TJ)
DK råolieproduktion	10.73
Råolie import	10.44
Gas-/diesel olie	13.24
Benzin	0
Fuelolie	12.26
Andre raff. prod.	12.39

Anm.: Ovenstående skyggeværdier er ikke konsistente med skyggeværdierne i tabel 6-23 på grund af statistiske forskelle mellem importpriser og indenlandske priser for olieprodukterne. Bortset fra "Råolie import" er de indenlandske priser anvendt i beregningerne.

Tabel 6-23 og 6-24 udpeger mængden af fuelolie hhv. gas-/diesel olie som snævreste flaskehals i systemet, og denne forskel afspejles også i skyggeværdierne for dansk råolieproduktion og råolie import, hvor førstnævnte rummer det største potentiale for produktion af lette raffinerede produkter. Den høje skyggeværdi for fjernvarme er bemærkelsesværdig på baggrund af de energibesparelser, som foretages i "Handel & service" og "Offentlige tjenester".

Skyggeværdien for den enkelte energivare er den samme i alle endelige anvendelser, fordi energiimport behandles exogent i LINRAT (jvf. afsnit 3.2). Anderledes forholder det sig derimod med den endogent bestemte import af ikke-energivarer, hvor de differentierede importkvoter for den samme vare/sekter angiver forskellige belastninger af indenlandsk produktion afhængig af anvendelsesart. For de sektorer, hvor importen bestemmes endogent, vil skyggeværdierne variere med anvendelsesarten og afspejle forskelle i importkvoter. Et eksempel er de relativt høje skyggeværdier i "Tegl & cement" i nedenstående tabel 6-25.

Tabel 6-25. Skyggeverdier i "Tegl & cement".

Io-restriktion	Skyggeværdi (mandår/mio.kr.)
Import	73.9
Privat konsum	63.4
Off. konsum	48.7
Lagerændringer	0
Øvr. endl. anv.	48.7
Export	52.0

Tabel 6-25 understreger det tidligere diskuterede fænomen - nemlig at lagertræk ikke i fuldt omfang kan udnyttes i "Tegl & cement" på grund af den bindende importrestriktion.

De hidtil diskuterede skyggeverdier knytter sig til io-modulet i LINRAT. Rigeligheden af benzin, som udtrykkes af en skyggeværdi på 0 i io-systemet, kan genfindes i raffinaderimodulet, hvor skyggeværdien på den nedre crackningsflexibilitet for benzin er 13.56 mandår/TJ for både let nordsø olie og tung råolie (jvf. rel. (4-39) og (4-47) i afsnit 4.1). Skyggeværdien er 0 på de øvrige grænser for crackningsflexibilitet, hvilket harmonerer med, at kun benzin er bundet samlet af crackningsflexibiliteten (jvf. tabel 6-20b). Ud fra et fysisk synspunkt - dvs. sammenligning med tabel 6-24 - er crackningsflexibiliteten for benzin en snævrere flaskehals end de hidtil konstaterede. Skyggeværdien på 13.56 mandår/TJ ækvivalerer en økonomisk skyggeværdi på 287.2 mandår/mio.kr. (jvf. tabel 6-23). Antages at skyggeværdien er konstant over en marginal, der omfatter 1 0/00 point crackningsflexibilitet, vil en forøgelse af crackningsflexibiliteten for benzin fra 1% til 1.1% resultere i en forbedring af beskæftigelsen på 3579 mandår - alt andet lige.

Det sidste sæt af bindinger relaterer sig til LINRAT's rationeringsprogram - som det optræder i tabel 6-16 - og dermed til substitutionsmodulet. Introduktionen af energisubstitution og -besparelser modificerer skyggeværdierne i nedadgående retning,

således at disse kun i værste tilfælde er lig med io-systemets skyggeverdier. I nedenstående tabel 6-26 er skyggeverdierne for de fire raffinerede olieprodukter opstillet for hver af modellens sektorer. Ovenstående overensstemmelse bemærkes for sektorer, hvor hverken energibesparelser eller substitution er blevet introduceret - dvs. sektor nr. 12-19 og 22.

Tabel 6-26. Skyggeverdier for raffinerede olieprodukter i substitutionsmodulet

LINRAT-sektor	Skyggeværdi (mandår/mio.kr.)			
	-gas-/diesel-	-benzin-	-fuel-	-andre raff. prod.-
1. Landbrug	317.6	0	492.5	456.2
2. Nær. & nydelsesm.	255.1	0	430.0	393.8
3. Kemisk industri	255.1	0	430.0	393.8
4. Jern & metal I	255.1	0	430.0	393.8
5. Jern & metal II	297.0	0	471.9	435.7
6. Tegl & cement	255.1	0	430.0	393.8
7. Lev. t. byggeri	255.1	0	430.0	393.8
8. Papir & pap	255.1	0	430.0	393.8
9. Glas & porcelæn	255.1	0	430.0	393.8
10. Anden fremst.	255.1	0	430.0	393.8
11. Bygge & anlæg	317.6	0	492.5	456.2
12. Råolie	317.6	0	492.5	456.2
13. Kul	317.6	0	492.5	456.2
14. Naturgas	317.6	0	492.5	456.2
15. Gas-/diesel olie	317.6	0	492.5	456.2
16. Benzin	317.6	0	492.5	456.2
17. Fuelolie	317.6	0	492.5	456.2
18. Andre raff. prod.	317.6	0	492.5	456.2
19. El	317.6	0	492.5	456.2
20. Bygas	317.6	0	492.5	456.2
21. Fjernvarme	168.0	0	343.0	306.7
22. Transport	317.6	0	492.5	456.2
23. Handel & service	297.0	0	471.9	435.7
24. Off. tjenester	317.6	0	492.5	0

Diskussionen og analysen af krisereferencescenariet afrundes med - på baggrund af de observerede skyggeverdier - at antyde nogle modifikationer af styringsstrategien bag krisereferencescenariet. LINRAT's styrke som planlægningsværktøj ligger nemlig ikke i præsentationen af den endegyldige og optimale løsning, men derimod i en deltagelse i en iterativ planlægningsprocedure, hvor en exogen given styringsstrategi vurderes og revideres i lyset af de modelberegneede konsekvenser. I denne iterative procedure er det LINRAT's rolle at uddrage konsistente og realistiske implikationer af et givent mix af forudsætninger.

Alt andet lige - bl.a. omkostningerne - er det mest hensigtsmæssigt at gribe ind de steder i systemet og i krisestrategien, hvor flaskehalsene er snærest - dvs. skyggeverdierne er højest - og forsøge at udvide disse. En betydelig teknisk flaskehals udgør crackningsflexibiliteten med hensyn til benzin på raffinaderierne. En formindskelse af benzinproduktionens relative andel til fordel for produktion af de øvrige raffinerede produkter vil - hvis den er teknisk mulig - have en yderst gunstig indflydelse på aktiviteten i produktionssystemet og dermed på samfundsøkonomien. I det omfang den ikke er mulig, er det rimeligt at revidere forbrugsbegrænsningen med hensyn til det private konsum af benzin og/eller lagertrækket af benzin. Mere restriktive tiltag - f.eks. handelssanktioner og strammere forbrugsbegrænsninger - der involverer de øvrige raffinerede produkter, vil sammen med lagertræk give en betydelig forbedring af scenariet, men denne forbedring skal opvejes mod såvel politiske som langtsigtede økonomiske konsekvenser. Den relativt høje skyggeverdi på fjernvarme antyder en betydelig samfundsøkonomisk gevinst ved "blot" at gennemføre rene besparelser i fjernvarmeforbruget såvel i det private konsum som i produktionssystemet. Da en væsentlig del af fjernvarmeforbruget er adfærds- og komfortbetinget, rummer dette i særlig grad besparelsesmuligheder, der i LINRAT's forstand er gratis.

6.5. Raffinaderimodulet

I nærværende kapitel er hidtil kun de to grundscenarier blevet beskrevet. Beskrivelsen har i vid udstrækning været fastholdt på modellens disaggregeringsniveau og har endvidere haft et analytisk sigte, hvor sammenhænge på et detaljeret niveau er blevet understreget. I det efterfølgende, hvor effekten af ændrede styringsinstrumenter og forudsætninger skal undersøges, vil en mere summarisk præsentationsform blive anvendt, således at diskussionen primært centrerer om de makroøkonomiske nøgletal og dét aggregeringsniveau, som disse repræsenterer. Ligeledes vil opstillingen og analysen af scenarier i det efterfølgende blive afløst af partielle studier og følsomhedsanalyser, hvor konsekvenserne af en ændring i én exogen - eller successive ændringer - undersøges under en ceteris paribus forudsætning.

I dette afsnit fokuseres på raffinaderimodulet og de styrings- og analysemuligheder, som dette inkluderer. Først belyses konsekvenserne af forsyningssvigtets størrelse, dernæst vurderes indflydelsen af crackningsflexibiliteten og endelig opstilles alternative antagelser om råoliens kvalitet.

I krisereferencescenariet introduceredes et 20% forsynings- svigt på den samlede råolieimport samt på importen af hvert af de fire raffinerede produkter, og den tunge råolie forudsattes at bære hele råoliereduktionen. Under ellers fastholdte forudsætninger er det interessant at undersøge indflydelsen på krisereferencescenariets løsningsvariable af alternative reduktioner af olieimporten, bl.a. for at få afsløret i hvor stort omfang trækket på olielagre (25%) er i stand til at kompensere et givet forsyningssvigt, samt at få bestemt det største forsyningssvigt, som modellen, under det givne mix af forudsætninger, kan absorbere uden at bryde sammen¹⁾.

1) I LP-terminologien er dette sammenbrud karakteriseret ved no feasibility, dvs. ingen mulig modelløsning.

Med initialværdien 1% for forsyningssvigtet og med spring på 1% point indtil sammenbrudsværdi belyses udviklingen i makro-økonomiske nøgletal og produktionsværdier i ikke-energisektorer. Som i krisereferencescenariet forudsættes forsyningssvigtet at være identisk for de fire raffinerede produkter og for den samlede råolieimport, og kun den tunge råolie antages ramt af reduktionen. I nedenstående fig. 6-4 er vist udviklingen i den samlede beskæftigelse i økonomien, hvilken i praksis er identisk med udviklingen i LINRAT's objektfunktion¹⁾.

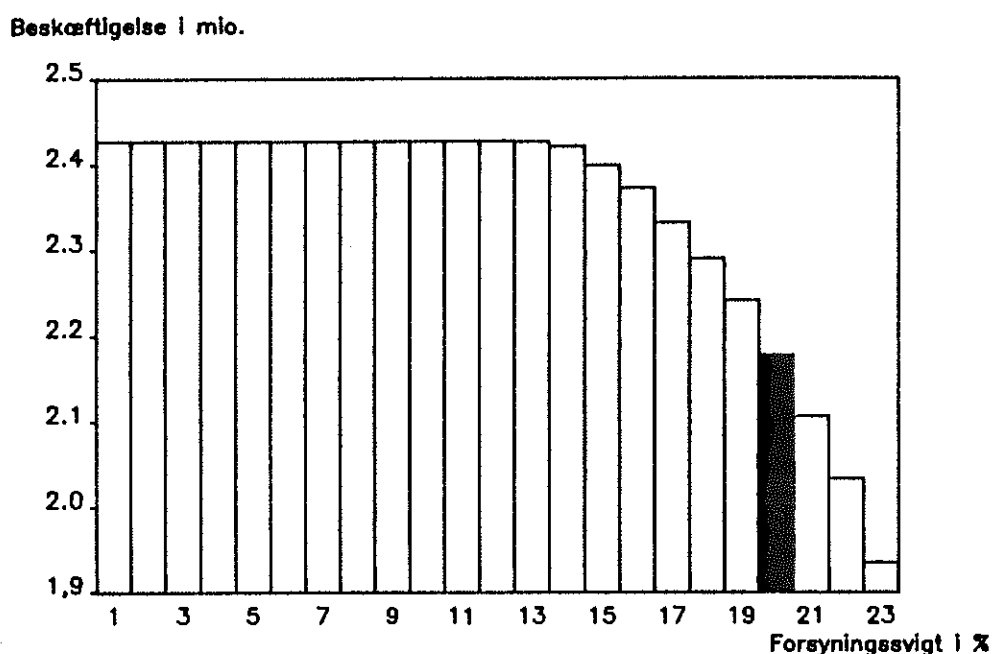


Fig. 6-4. Beskæftigelsen ved forøgede olieforstyrrelser.

Beskæftigelsen er konstant og upåvirket af forstyrrelser op til og med 13%. Niveaueet på 2.427 mio. mandår i den uforstyrrede økonomi (jvf. tabel 6-3) kan indenfor 200 mandår fastholdes så vidt på grund af de udførte krisetilpasninger, hvor træk på olielagre er den væsentligste. Havde de endelige anvendelser ikke været opadtil begrænset af værdierne i den uforstyrrede økonomi, ville beskæftigelsen ved de små forstyr-

1) Identiteten optræder "kun" i praksis og ikke faktisk, fordi også træk fra olielagre indgår i LINRAT's objektfunktion. Disse er dog numerisk vægtet så lette, at indflydelsen på objektfunktionens totalværdi bliver neglignel.

ningssvigt være vokset sammenlignet med den uforstyrrede økonomi, indtil produktionskapaciteterne var blevet bindende. Ved de små forsyningssvigt er økonomien derfor, hvad olierigelig-
hed angår, gunstigere stillet end den uforstyrrede økonomi, hvor træk på olielagre ikke er introduceret, hvilket betyder, at bindingerne på økonomien og beskæftigelsen således er af ikke energimæssig art!

Ved 14% forsyningssvigt reduceres beskæftigelsen med 5600 mandår, fordi den totale aktivitet i produktionssystemet ikke længere kan opretholdes ved hjælp af de iværksatte kriseforanstaltninger. I tabel 6-21 og 6-22 blev træk på olielagre samt forbrugsbegrænsninger med hensyn til raffinerede olieprodukter opfattet som en buffer mellem forsyningssvigtet og produktionssystemet, således at denne buffer mindskede forsyningssvigtets gennemslagskraft overfor produktionssystemet. Den relative nedgang i produktionssystemets samlede anvendelse af raffinerede olieprodukter blev med andre ord i krisereferencescenariet mindre end det introducerede forsyningssvigt (jvf. tabel 6-22). Bufferen er effektiv ved mindre forsyningssvigt, men er utilstrækkelig ved forsyningssvigt på mere end 13%. Nedenstående tabel 6-27 og 6-28 illustrerer bufferens effektivitet i den kritiske overgangsfase mellem et 13% og et 14% forsyningssvigt.

Ved et forsyningssvigt på 13% reduceres produktionssystemets tildeling af raffinerede olieprodukter med mellem 1% og 6%, hvilket på grund af substitutions- og besparelsemuligheder kun får den samlede produktionsværdi til at falde med 1.3 mia. kr. (0.2%). Ved et 14% forsyningssvigt er reduktionerne på mellem 2% og 8%, hvilket overstiger, hvad det indbyggede substitutions- og besparelspotentiale kan kompensere. Effekten bliver et fald i den samlede produktionsværdi på 3.5 mia.kr. og et fald i beskæftigelsen på 5600 mandår.

Mellem 13% og 23% rammes produktionssystemet af successivt større reduktioner af olietildelingen med accelererende fald i beskæftigelsen til følge. Accelerationen illustreres af nedenstående to marginalbetragtninger, hvor den marginale reduktion

Tabel 6-27. 13% forsyningsvigt. Ændringer i balancerne for raffinerede produkter (mio. 1980-kr.)

Olieprodukt	Ændr. i til-	Ændr. i la-	Netto ændr.	Lagrenes	Ændr. i pri-	Ændr. i produk.systemets
	gang (q+m)	gertræk (i ⁻)	(q+m-i ⁻)	kompensa- tionseffekt (c)	vat konsum	energianvendelse - værdi - - % -
Gas-/diesel olie	-1436	-1012	-424	0.70	-306	-118 -2
Benzin	- 547	- 458	- 89	0.84	- 79	- 10 -1
Fuel olie	- 656	- 432	-224	0.66	- 3	-221 -5
Andre raff. prod.	- 343	- 196	-147	0.57	- 1	-146 -6

Tabel 6-28. 14% forsyningsvigt. Ændringer i balancerne for raffinerede produkter (mio. 1980-kr.)

Olieprodukt	Ændr. i til-	Ændr. i la-	Netto ændr.	Lagrenes	Ændr. i pri-	Ændr. i produk.systemets
	gang (q+m)	gertræk (i ⁻)	(q+m-i ⁻)	kompensa- tionseffekt (c)	vat konsum	energianvendelse - værdi - - % -
Gas-/diesel olie	-1489	-1012	-477	0.68	-306	-171 -3
Benzin	- 579	- 458	-121	0.79	- 97	- 24 -2
Fuel olie	- 750	- 432	-318	0.58	- 3	-315 -7
Andre raff. prod.	- 370	- 196	-174	0.53	- 1	-173 -8

af beskæftigelse (ΔW) henholdsvis samlet produktionsværdi ($\Delta \Sigma q$) er beregnet i hver sin ende af det faldende forløb.

Tabel 6-29. Forsyningssvigtets marginale effekter

Forsyningssvigt	Ændr. i beskæftigelse (ΔW)	Ændr. i samlet prod. ($\Delta \Sigma q$)	Marginal besk. intensitet ($\Delta W / \Delta \Sigma q$)
13% → 14%	-5612	-2138	2.62
22% → 23%	-98841	-16908	5.85

Ovenstående tabel afdækker to væsentlige forhold. For det første, at sammenhængen mellem aktiviteten i produktionssystemet og størrelsen af forsyningssvigtet ikke er lineær, men snarere er exponentiel. For det andet, at den marginale beskæftigelsesintensitet er stigende, hvilket betyder, at LINRAT i den indledende fase med hensyn til reduktionen/rationeringen af produktionssystemets olietilførsler har mulighed for at prioritere beskæftigelsesintensive sektorer, mens også disse rammes i den afsluttende fase. Sammenholdt med fig. 6-2, der sammenkobler ikke-energisektorernes petrointensitet og beskæftigelsesintensitet, indikerer de i tabel 6-29 beregnede marginale beskæftigelsesintensiteter, hvilke sektorer der rammes hvornår i forløbet! Denne indikation underbygges i det efterfølgende, hvor udviklingen i de enkelte sektorer's produktionsværdier betragtes (jvf. fig. 6-8).

Forsyningssvigtet på 23% reducerer i forhold til den uforstyrrede økonomi beskæftigelsen med 492000 mandår, hvilket svarer til en relativ nedgang på 20%. For forsyningssvigt på 24% og derover er det ikke muligt at opretholde balancerne i samfundsøkonomien under de gjorte antagelser og valgte styringsinstrumenter, dvs. krisereferencescenariet bryder sammen, hvis forsyningssvigtet forøges med mere end 3% point! Årsagen er, at der stilles for høje krav til opretholdelsen af de forskel-

lige endelige anvendelser - f.eks. exporten - således at kravene til anvendelsessiden i økonomien overstiger, hvad tilgangssiden - produktion, import og lagertræk - kan præstere. Det indenlandske produktionssystem tvinges via de rationerede energitilførsler til aktivitetsfald.

Beskæftigelsestrendens negativt accelererende forløb afspejles i - eller er komplementær med - udviklingen i skyggeværdierne for olieprodukterne. I nedenstående fig. 6-5 er skyggeværdiernes afhængighed af forsyningssvigtets størrelse illustreret for de raffinerede produkter (excl. benzin), råolie samt fjernvarme. Sidstnævnte er medtaget, fordi den, når olieprodukter undtages, repræsenterer den højeste skyggeværdi blandt energivarerne.

Skyggeværdi i monddår

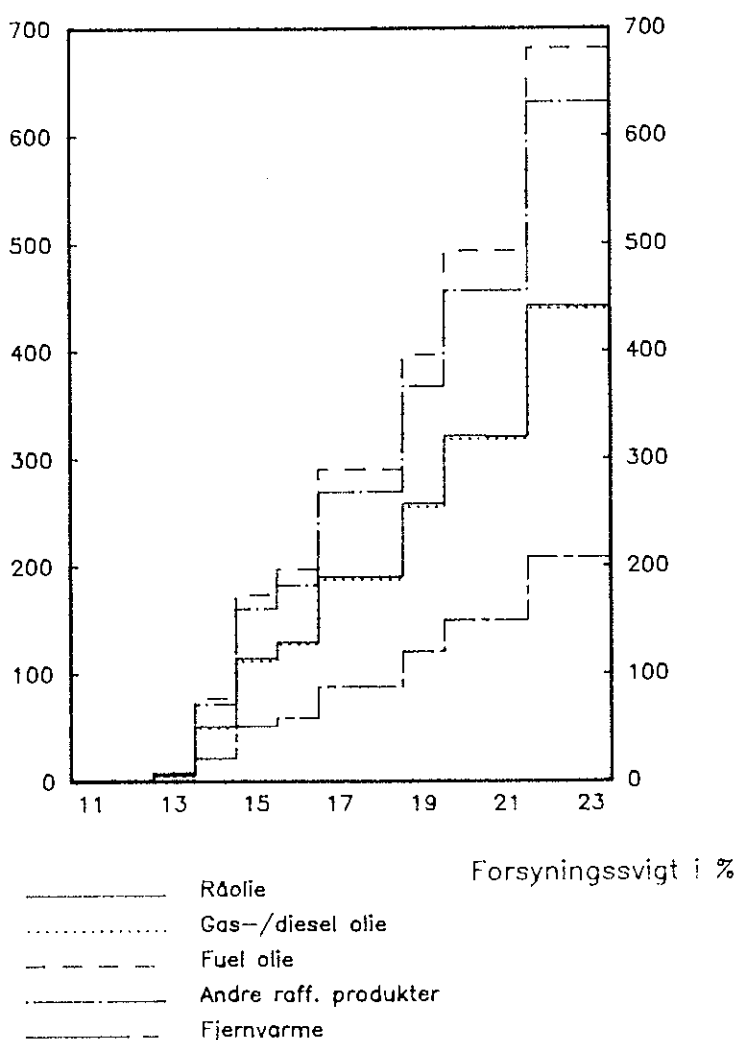


Fig. 6-5. Skyggeværdier for udvalgte energityper.

Skyggeværdierne er 0 for de fem ovenstående energityper i intervallet 1%-12% forsyningssvigt, og dette underbygger den tidligere opstillede konklusion: bindingerne på økonomien og beskæftigelsen ved de små forsyningssvigt er af ikke-energimæssig art. Fra 13% til 23% bliver energirestriktionerne bindende i stadig kraftigere grad. Trenden i skyggeværdiernes udvikling er lineær, hvilket understøtter opfattelsen af, at beskæftigelsen udvikler sig efter et exponentielt faldende forløb¹⁾.

Over hele udviklingsforløbet opretholder skyggeværdierne den samme rangordning, således at skyggeværdien for fuel olie er størst - efterfulgt af andre raffinerede produkter, råolie, gas-/diesel olie og fjernvarme respektivt. Sidstnævnte skyggeværdi afspejler knapheden på fuel olie, idet 79% af fjernvarmens energianvendelse udgøres af fuel olie. Følgende tendens er - bortset fra kul og benzin - generel: den øgede knaphed på olieprodukter forårsager en øget knaphed på de øvrige energivarer, således at skyggeværdierne for disse også følger et lineært stigende - men ikke så stejlt - forløb.

I tilknytning til beskæftigelsen blev den samlede produktion for modellens sektorer inddraget i diskussionen. Nedenstående fig. 6-6 viser ved øgede forsyningssvigt reduktionen i den samlede produktion sammenlignet med den uforstyrrede økonomi og derudover reduktionen i det samlede private konsum og i offentligt konsum. Udviklingen i de resterende nøgletal er vist i den efterfølgende fig. 6-7 for henholdsvis import, lagerændringer og investeringer. På grund af kurvesammenfald er forløbet af de makroøkonomiske nøgletal vist i to selvstændige figurer, og opmærksomheden henledes på den forskellige skalering af y-aksen i de to figurer.

1) Tages udgangspunkt i den generelle definition af skyggeværdien (jvf. afsnit 2.2 rel. (2-21)) $S_{\bar{r}} = \delta W / \delta \bar{r}$, hvor W er objektfunktionen og \bar{r} er en restriktion, vil et lineært forløb af venstresiden af ligheden (skyggeværdien) ækvivalere et exponentielt forløb af højresiden. Da W i LINRAT - i praksis - er beskæftigelsen fås altså, at fig. 6-5 fastlægger en grafisk afbildning af den første afledede af beskæftigelsen med hensyn til alternative energirestriktioner.

mia 1980-kr

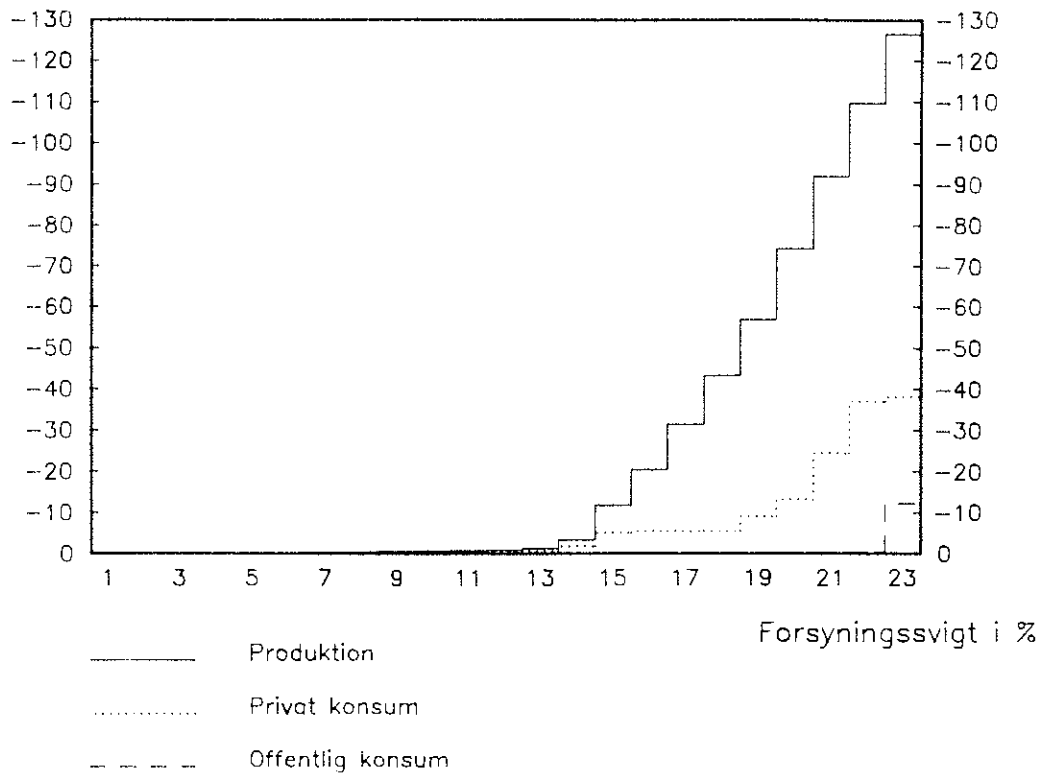


Fig. 6-6. Ændringer i makroøkonomiske nøgletal I.

mia. 1980-kr

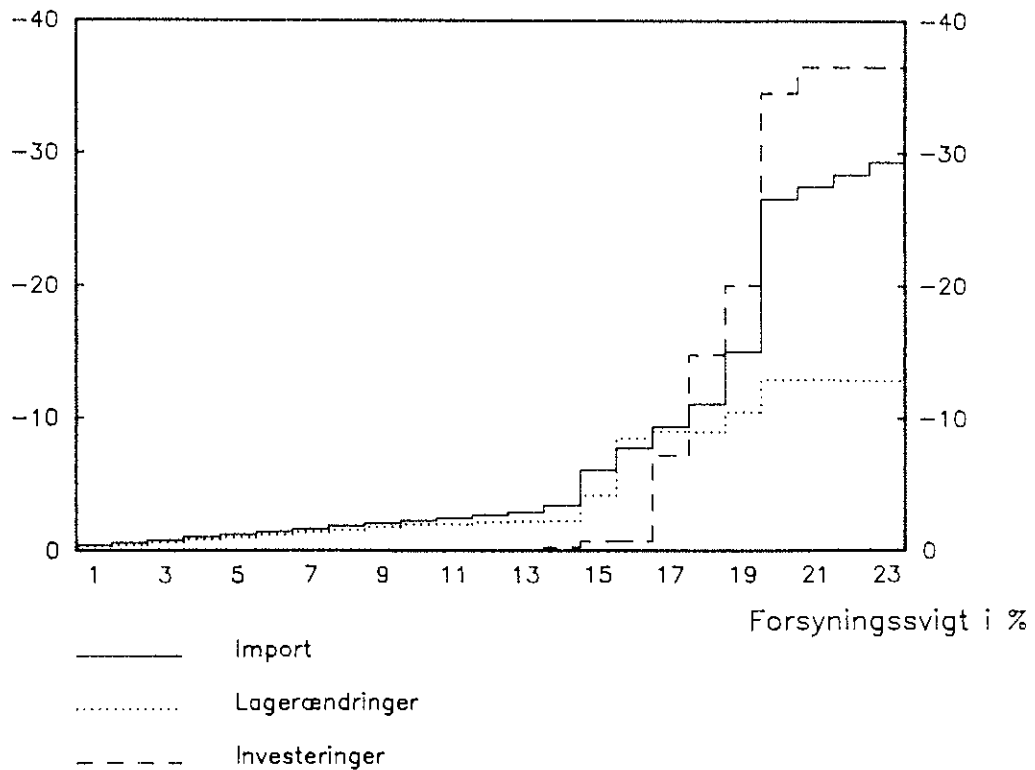


Fig. 6-7. Ændringer i makroøkonomiske nøgletal II.

Også i de ovenstående to figurer kan en skillelinie iagttages ved et 13% forsyningssvigt. For forsyningssvigt mindre end 13% er effekterne på de makroøkonomiske nøgletal minimale, medens effekterne eskalerer for forsyningssvigt større end 13%. Skillelinien markerer en tærskel, der overskrides, når forsyningssvigtet fra at være en isoleret krise i energisektorerne, bliver en generel samfundsøkonomisk krise, der rammer såvel energisektorer som ikke-energiesektorer. Reduktionen af importen op til og med 13% er praktisk taget udelukkende implikationer i værdienheder af det exogene relative forsyningssvigt på de importerede olieprodukter, således at en forøgelse af forsyningssvigtet med 1% point omtrent ækvivalerer en importreduktion på 210 mio.kr. Forsyningssvigtet på 13% er identisk med en nedgang i den samlede olieimport (råolie + raffinerede produkter) på 2.7 mia.kr. For forløbet af lagerændringerne i fig. 6-7 gælder det ligeledes, at det op til skillelinien ved 13% næsten kun afbilder trækket på olielagre. Dette træk rammer ved 13% den samlede, givne øvre grænse på 2.1 mia.kr. (= 25%) for afvikling af olielagre. Forskellen mellem importkurven og kurven for lagerændringer i intervallet 1%-13% repræsenterer et nettoforsyningssvigt i værdienheder, hvilket begrænsninger i det private konsum af raffinerede produkter samt energisubstitution og -besparelser - som tidligere omtalt - er i stand til at kompensere.

Nedgangen i det private konsum og i den samlede produktion er op til 13% forsyningssvigt minimal og hidrører fra henholdsvis forbrugsbegrænsningerne på olieprodukter og den faldende raffineriproduktion.

Fra 13%-20% forsyningssvigt nedskærer ikke-energiesektorerne (sektor nr. 1-10) deres varelagre med 11.1 mia.kr., og afbøder derved krisens negative indvirkning på samfundsøkonomien. Denne mulighed udtømmes ved 20%, hvorefter nedgangene i de øvrige nøgletal accelereres, jvf. importen og investeringerne i fig. 6-7. Fra 19% til 20% optræder kraftige ændringer i både investeringerne og importen. Disse kan relateres til tre sektorer: "Jern & metal II", "Anden fremstilling" og "Handel & service".

Af en samlet importreduktion på 11.5 mia.kr. og en reduktion af investeringerne på 14.5 mia.kr. tegner "Jern & metal II" sig begge steder for de 9.0 mia.kr., importen i "Anden fremstilling" mindskes med 1.2 mia.kr., og "Handel & service" skærer leverancerne til investeringer ned med 5.4 mia.kr.

Ved 21% forsyningssvigt reduceres investeringerne i det givne maximale omfang og leverer dermed kun mulighed for yderligere reduktioner af det private og det offentlige konsum på anvendelsessiden. Af fig. 6-6 fremgår det, at det ultimative indgreb på anvendelsessiden rettes mod offentligt konsum, der på grund af en høj beskæftigelseeffekt først reduceres, når alle andre muligheder er opbrugte. Offentligt konsum berøres kun af forsyningssvigtet på 23%, ved de øvrige forsyningssvigt opretholdes niveauet fra den uforstyrrede økonomi.

På grund af udformningen af LINRAT's objektfunktion (jvf. afsnit 4.1 rel. 4-1) er der en nøje overensstemmelse mellem ændringerne i beskæftigelsen i fig. 6-4 og ændringerne i produktionen i fig. 6-6. Tendensen til et exponentielt forløb er for produktionen mindre udtalt end for beskæftigelsen, hvilket skyldes LINRAT's prioritering af de beskæftigelsesintensive sektorer - når muligheden i det indledende forløb er til stede. Tabel 6-29 indikerer også en større krumning i beskæftigelsesforløbet end i produktionsforløbet.

Ændringerne i de makroøkonomiske nøgletal er i nedenstående tabel 6-30 opsummeret i såvel værdienheder som relative ændringer i forhold til den uforstyrrede økonomi for forsyningssvigtet på 23%, således at et overblik over, hvilke begrænsninger makroøkonomien under de givne forudsætninger kan tåle, præsenteres.

Beskrivelsen af konsekvenserne af forøgede forsyningssvigt rundes af med en tilbagevenden til LINRAT's disaggregeringsniveau, på hvilket udviklingen i produktionsværdierne belyses for modellens ikke-energisektorer. I fig. 6-8 er vist udviklingen i produktionens relative størrelse sammenlignet med niveauet i den uforstyrrede økonomi, der er normeret til 1.00. Figuren blotlægger det detaljerede mønster, der skjuler sig bag den summariske

Tabel 6-30. 23% forsyningssvigt. Ændringer i makroøkonomiske nøgletal

	- værdi -	- % -
Samlet produktion	-126 mia.kr.	-20
Eksport	0 " "	0
Import	-29 " "	-26
Handelsbalance	+29 " "	-
Privat konsum	-38 " "	-23
Offentligt konsum	-12 " "	-12
Lagerændringer	-13 " "	-
Investeringer m.v.	-36 " "	-50
Beskæftigelse	-492000 mandår	-20

produktionskurve i fig. 6-6 og fastlægger for ethvert forsyningssvigt, hvor olieprodukterne bliver bindende restriktioner, en eksakt prioritering af ikke-energisektorerne. Denne prioritering optræder til højre for selve figuren for forsyningssvigtet på 23%, hvor "Transport" som det øvre ekstremum kun får reduceret produktionsniveauet med 9%, medens "Bygge & anlæg" som nedre ekstremum indskrænker produktionen med 42%.

For lettere at kunne separere kurvernes forløb er hver anden kurve fra højre stiplet. Den tidligere konstaterede, principielle skillelinie ved et 13% forsyningssvigt er i fig. 6-8 indføjet rent fysisk, idet kun intervallet 13%-23% er interessant. Op til 13% er samtlige produktionsniveauer placeret i intervallet 1.00-1.01, således at produktionen i den uforstyrrede økonomi som minimum opretholdes, samtidigt med at enkelte sektorer udnytter den exogent givne mulighed for en produktionsforøgelse på 1%, som produktionskapaciteterne fastlægger.

Den før omtalte relative olierigelighed samt LINRAT's mulighed for en endogen bestemmelse af produktionsstrukturen - indenfor de givne rammer - fører til, at produktionssystemet på trods af et olieforsyningssvigt, er i stand til at gennemføre marginale aktivitetsudvidelser.

Produktionsniveau

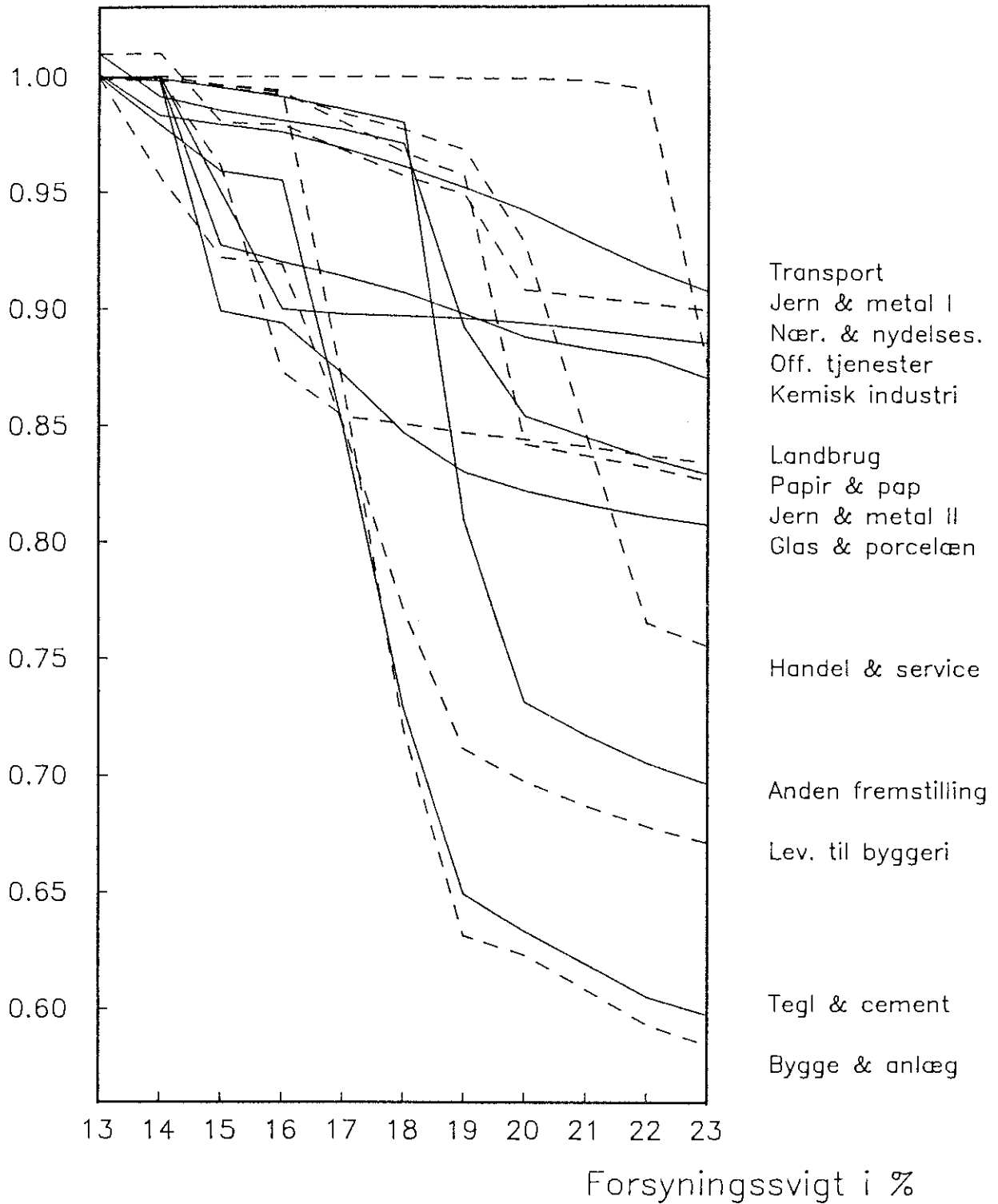


Fig. 6-8. Produktionens relative udvikling i ikke-energisektorer.

Op til et 14% forsyningssvigt bindes produktionen i "Jern & metal I" ikke af knaphed på olietilførsel, men af produktionskapaciteten! Ved større forsyningssvigt end 14% rammes produktionssystemet generelt og i stigende omfang, når undtages produktionen i "Offentlige tjenester", der først i den sidste ende af forløbet - når alle andre muligheder er udtømte - rammes. En bevægelse fra venstre mod højre i fig. 6-8 repræsenterer et øget tab af frihedsgrader for LINRAT, fordi flere og flere restriktioner bliver bindende og dermed begrænser modellens mulighedsområde, hvorved dén modeladfærd, der er inkorporeret i objektfunktionen, kun i ringe grad får mulighed for at påvirke modelløsningen.

Yderst til højre - i et 23% forsyningssvigt - er modellen fixeret i en spændetrøje, hvor produktionsniveauerne og dén prioritering af sektorerne, som disse udtrykker, blot er en implikation af den differentierede styringspolitik, der er iværksat overfor de forskellige kategorier af endelige anvendelser. Modsat får modellen lov til i figurens venstre side at fundere sin optimering i et solidt grundlag (= mulighedsområde), hvorved modellens adfærd træder tydeligere frem. Disse argumenter fører frem til den konklusion, at en forudsætning for at kunne få et indblik i modellens adfærd og egenskaber er, at den i sin optimering har visse frihedsgrader.

Produktionsniveaukurverne i fig. 6-8 udviser store indbyrdes forskelle, som det dog vil føre for vidt i detaljer at belyse. I stedet beskrives nogle sammenhænge mellem kurvernes forløb, der ikke er blevet behandlet i det foregående, hvor vertikale snit af kurverne blev betragtet.

Skyggeværdiernes udvikling i fig. 6-5 og produktionsniveaukurvernes forløb kan parallelliseres, fordi skyggeværdierne reflekterer effekten på beskæftigelsen - objektfunktionen - af de marginale indskrænkninger i produktionssystemet, som nødvendigøres af begrænsningerne på olietilgangen.

De trinvis eskalerende skyggeværdier udtrykker derfor, at produktionsbegrænsningerne rammer sektorerne i en prioriteret rækkefølge, således at vitale sektorer - vurderet med objektfunk-

tionen som målestok - rammes sidst. Sådanne sektorer udgør "Offentlige tjenester" og "Handel & service", idet produktionsniveaukurverne for disse "knækker" sent i udviklingsforløbet og først umiddelbart inden økonomiens sammenbrud. Mellem 20% og 23% forsyningssvigt er produktionsniveauet i de øvrige sektorer konstant indenfor et interval på ca. 2% point, men i "Handel & service" falder produktionsniveauet med 16% point fra 20% til 22% forsyningssvigt, og i "Offentlige tjenester" med 13% point fra 22% til 23% forsyningssvigt¹⁾.

Modsat de to ovennævnte sektorer rammes "Kemisk industri" og "Glas & porcelæn" tidligt i forløbet og har således ved et 15% forsyningssvigt fået reduceret produktionen med 7% henholdsvis 10%. Blandt de lavere prioriterede sektorer hører også "Landbrug" og "Nærings- & nydelsesmidler", der indskrænker aktiviteten kraftigt fra et forsyningssvigt på 14% til et forsyningssvigt på 16%, hvorefter dette formindskede aktivitetsniveau praktisk taget opretholdes i resten af forløbet, hvilket dels indikerer, at nedskæringsmulighederne på de relevante endelige anvendelser er opbrugte og dels, at produktionsniveauet er relativt upåvirket af produktionsudviklingen i de øvrige sektorer. Dette fører frem til en sidste væsentlig pointe vedrøren-

1) Krisereferencescenariet med 20% forsyningssvigt var karakteriseret ved at være stramt bundet op (jvf. tabel 6-16), således at næsten alle endelige anvendelseskomponenter var identiske med de givne nedre grænser. Undtagelsen var offentligt konsum, "Handel & service's" leverancer til investeringer samt de to sektorer leverancer til privat konsum. Disse nedskæringsmuligheder udnyttes ved forsyningssvigt op til 23%, således at reduktionen af offentligt konsum - og dermed produktionen i "Offentlige tjenester" - først indtræder, når nedskæringsmulighederne i "Handel & service" er udtømte. Dette punkt nås mellem et 21% og 22% forsyningssvigt og vil teoretisk resultere i en diskret forøgelse af skyggevardierne på olieprodukter, således at en kontinuert udvikling af forsyningssvigt modsvares af en diskontinuert udvikling i skyggevardierne.

de fig. 6-8: sektorerne optræder i større og mindre omfang som underleverandører for andre sektorer.

Hidtil er udviklingen i sektorernes produktionsniveauer blevet forklaret ved hjælp af sektorernes relative beskæftigelsesintensitet og petrointensitet, men en væsentlig forklaringsfaktor er også input-output strukturen i produktionssystemet, i hvilken underleverancerne mellem sektorerne er fastlagt¹⁾. "Landbrug" optræder i rollen som underleverandør til "Nærings- & nydelsesmidler", og da de to sektorer praktisk taget kun indbyrdes har leverancer, vil produktionsudviklingen mellem de to sektorer være stærkt korreleret, men relativt autonom i forhold til produktionsudviklingen i det øvrige produktionssystem. Denne korrelation bekræftes af fig. 6-8, hvor de to produktionsniveaukurver optræder i et parallelforskuet parløb med "Landbrug" beliggende ca. 5% point under "Nærings- & nydelsesmidler". Samme fænomen kan iagttages for "Bygge & anlæg", "Leverancer til byggeri" og "Tegl & cement", hvor de to sidstnævnte optræder som underleverandører. Kurverne for de tre sektorer har - med niveauforskelle - næsten et identisk udseende bl.a. med samtidige knæk ved 16% henholdsvis 19% forsyningssvigt.

Modelkørslerne med alternative olieforsyningssvigt har afsløret interessante egenskaber ved modellen, men kørslerne prætenderer ikke at være realistiske scenarier - snarere følsomhedsanalyser. Årsagen er ceteris paribus forudsætningen, der antager samme styringsstrategi overfor et 1% forsyningssvigt som overfor et 23% forsyningssvigt, hvilket er indlysende urealistisk. Den opstillede styringsstrategi er tilpasset krisereferencescenariets forsyningssvigt på 20% og vil derfor kunne anvendes i en snæver omegn omkring 20%, men selvfølgelig ikke for forsyningssvigt på kun 1%-5%.

1) Jvf. A-matricens rolle i LINRAT's io-system, rel. (4-2).

6.5.1. Råoliens kvalitet

Hvorledes - og i hvilket omfang - samfundsøkonomien rammes af et oliefor­synings­svigt hænger, som vist i det foregående, sammen med størrelsen af forsynings­svigtet. Sammenhængen omfatter imidlertid også råoliens kvalitet, fordi det ikke er ligegyldigt, hvilken råolietype, der rammes af forsynings­svigtet. I både krisereferencescenariet og følsomhedsanalysen på forsynings­svigtets størrelse relateredes forsynings­svigtet udelukkende til den tunge råolie, idet denne i et forsynings­ sikkerheds­perspektiv anses for mere usikker end den lette nordsøolie, der i LINRAT omfatter olieimporten fra Norge og UK. Råoliens kvalitet er imidlertid ikke i virkelighedens verden så landespecifik, som det antages i LINRAT, da lette råolier også importeres fra andre lande end nordsølandene. På denne baggrund analyseres i det foreliggende afsnit effekterne på samfundsøkonomien af tre kvalitativt forskellige, men lige store, forsynings­svigt på henholdsvis tung råolie (TR), let nordsø olie (LN) og begge råolietyper (TR + LN).

Råoliens kvalitet er interessant, fordi den - når der ses bort fra crackningsflexibiliteten - determinerer raffinaderiernes produktmix (jvf. tabel 4-1 og 4-2 i afsnit 4.2.3 om raffinaderimodulet) og derigennem får indflydelse på, hvilke af de raffinerede produkter, der bliver flaskehalse under et givet forsynings­svigt.

En sammenligning med krisereferencescenariet er mulig for et 20% forsynings­svigt på begge råolier, men ikke for et tilsvarende forsynings­svigt på let nordsøolie. I sidstnævnte situation er LINRAT ikke i stand til at etablere balancen for gas-/diesel olie - jvf. rel. (4-86) - og er derfor heller ikke i stand til at finde en mulig løsning. Implikationen kunne være at tillade et større træk på lageret af gas-/diesel olie, men derved vanskeliggøres sammenligningen med krisereferencescenariet. I stedet vælges et 17% forsynings­svigt som fælles udgangspunkt for sammenligningen af råolie­kvalitetens indflydelse, idet forudsætningerne ellers er uændrede i forhold til krisereferencescenariet.

I nedenstående tabel 6-31 er vist konsekvenserne af et 17% forsyningssvigt for henholdsvis råolieimport og raffinaderiproduktion, når forsyningssvigtet relateres til tre forskellige råoliekvaliteter.

Tabel 6-31. 17% forsyningssvigt på tre råolietyper. Ændring i forhold til uforstyrret økonomi (mio. 1980-kr.)

	TR	TR + LN	LN
Råolieimport i TJ	-41057	-41057	-41057
" i mio.kr.	-1290	-1335	-1389
Produktion af gas-/diesel olie	-584	-602	-889
" " benzin	-339	-492	-563
" " fuel olie	-545	-480	-232
" " andre raff. prod.	-118	-138	-237
<u>Samlet raffinaderi produktion</u>	<u>-1586</u>	<u>-1712</u>	<u>-1921</u>

Tabellen viser et forsyningssvigt, der i fysiske mængder er identisk, men i værdienheder forskelligt for de tre råolietyper. Denne forskel afspejler en prisforskel på 7.7% mellem den tunge råolie og den lette nordsøolie. Endvidere viser tabellen en raffinaderiproduktion, der målt i værdienheder rammes forskelligt, både hvad angår samlet størrelse og produktsammensætning. At det første ikke kun afspejler det sidste viser nedenstående fig. 6-9, hvor raffinaderiproduktionens samlede størrelse og sammensætning er illustreret for hver af de tre typer forsyningssvigt - i fysiske enheder. Figuren afslører, at den større reduktion i den samlede produktionsværdi ved et forsyningssvigt på den lette nordsø olie (LN) også forklares af en større reduktion i den samlede produktionsmængde i forhold til forsyningssvigtet på den tunge råolie (TR).

På grund af de exogene og værdibaserede io-koefficienter for de fire raffinerede produkter med hensyn til råolieinput slår prisforskellen på de to råolietyper igennem på den samlede raffinaderiproduktion i mængder, således at raffinaderiproduktionen i TJ mindskes med 15% af forsyningssvigtet på den tunge råolie,

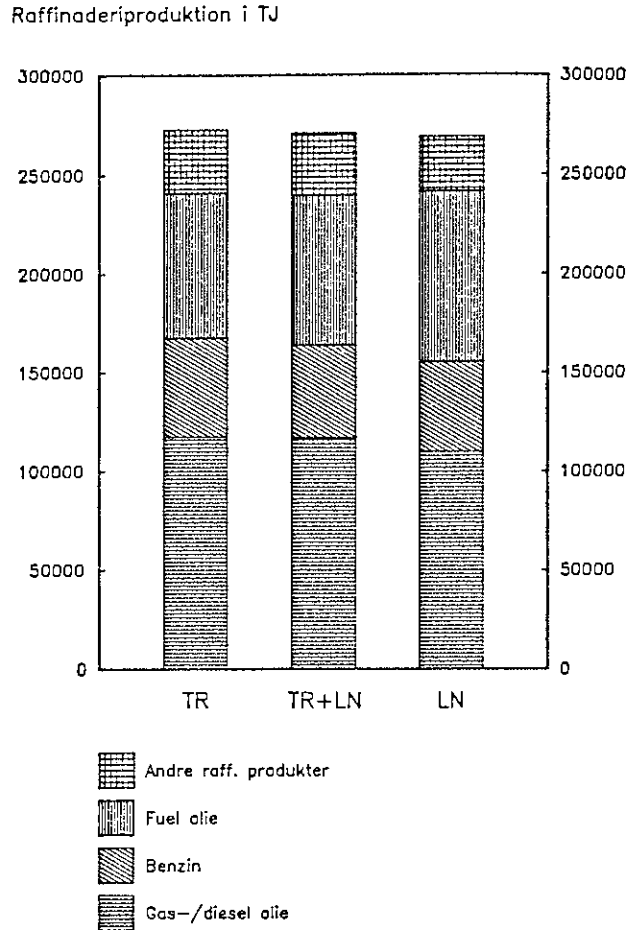


Fig. 6-9. Raffinaderiproduktion ved tre typer af forsyningsvigt på 17%.

men med 16% når forsyningsvigtet rammer den lette nordsø olie. De tilsvarende nedgange i produktionsværdierne er henholdsvis 14% og 17%, hvilke yderligere inkluderer påvirkningen af det ændrede produktmix kombineret med prisforskelle de raffinerede produkter imellem.¹⁾

Ikke kun råoliens kvalitet, men også crackningsflexibiliteten, påvirker raffinaderiproduktionens sammensætning i fig. 6-9, idet den fastlægger en teknisk elasticitet, så produktmixet ikke udelukkende determineres af råoliens kvalitet. I krisereference-

1) De exogene produktpriser i mio.kr/TJ er: 0.042; 0.047; 0.025 og 0.027 for gas-/diesel olie, benzin, fuel olie og andre raffinerede produkter respektivt.

scenariet, der var karakteriseret af en relativ benzinrigelighed, udnyttedes denne tekniske elasticitet kun i maksimalt omfang for benzin, for hvilken den nedre crackningsflexibilitet blev en bindende teknisk restriktion. Samme karakteristik kan gives af scenariet med 17% forsyningssvigt på tung råolie - blot er den tekniske binding svagere med en skyggevardi på 7.98 mandår/TJ i modsætning til 13.56 mandår/TJ i krisereferencescenariet.

Under forsyningssvigtet på den lette nordsø olie, hvor de lette raffinerede produkter bliver relativt hårdest ramt, bliver den snævraste flaskehals i systemet gas-/diesel olien. I raffinaderierne udnyttedes den tekniske elasticitet fuldt ud for gas-/diesel olien, således at den øvre crackningsflexibilitet for både let nordsø olie og tung råolie bliver bindende med en skyggevardi på 25.58 mandår/TJ - altså en næsten dobbelt så effektiv binding som i krisereferencescenariet. Knapheden på gas-/diesel olie afspejles videre i de skyggevardier, der relaterer sig til io-systemet. Disse er for de fem olieprodukter opstillet i nedenstående tabel 6-32 for de tre typer af forsyningssvigt på 17%.

Tabel 6-32. Skyggevardier ved alternative 17% forsyningssvigt (mandår/mio.kr.)

	TR	TR+LN	LN
Råolie	190.0	310.8	405.4
Gas-/diesel olie	187.0	431.0	613.8
Benzin	0	15.7	0
Fuel olie	290.0	26.9	0
Andre raff. prod.	268.6	24.9	0

Anm.: Skyggevardierne relaterer sig til bindingerne på de endelige anvendelser.

Ovenstående tabel viser, at flaskehalse ikke nødvendigvis er strukturelt givne, men i høj grad afhænger af de aktuelle antagelser og introducerede styringsinstrumenter. Fuel olien har

under forsyningssvigtet på den tunge råolie den højeste skygge-værdi blandt olieprodukterne, men denne reduceres til 0, når forsyningssvigtet rammer let nordsø olie, og som en afledet effekt rammer de lette raffinerede produkter relativt hårdest, jvf. fig. 6-9. Til trods for at benzinproduktionen rammes relativt hårdere end produktionen af gas-/diesel olie¹⁾, når forsyningssvigtet på let nordsø olie sammenlignes med forsyningssvigtet på tung råolie, så er skyggeværdien for benzin fortsat 0, medens gas-/diesel olien får rollen som eneste flaskehals blandt de raffinerede olieprodukter. LINRAT's generelt lave prioritering af benzinen er strukturelt betinget, idet benzinenes rolle som inputfaktor i produktionssystemet er lille sammenlignet med fuel olien og gas-/diesel olien.

Ud fra en fysisk betragtning, hvor prisernes indflydelse på skyggeværdiernes størrelse elimineres (jvf. tabel 6-24), repræsenterer gas-/diesel olien den væsentligste flaskehals under alle tre typer af forsyningssvigt. Denne robusthed betyder, at uanset typen af forsyningssvigt (= råoliens kvalitet) vil gas-/diesel olien - givet de øvrige opstillede forudsætninger - optræde i en strategisk og kritisk hovedrolle, der fremhæver gas-/diesel olien som det olieprodukt, over for hvilket aktiviteten i produktionssystemet er mest sårbar!

Denne konklusion understøttes af nedenstående tabel 6-33, der bl.a. viser, at den samlede produktionsværdi reduceres med yderligere 42 mia.kr. og beskæftigelsen med 160000 mandår, hvis forsyningssvigtet rammer den lette nordsø olie og ikke den tunge råolie. Tabellen viser de makroøkonomiske nøgletal ved 17% forsyningssvigtet på tung råolie i den første talsøjle og ændringerne i forhold til denne i de to næste søjler, således at focus fastholdes på effekterne af kun råoliens kvalitet.

1) Normeres raffinaderiproduktionen til (1, 1, 1, 1) for forsyningssvigtet på tung råolie, så er den (0.94, 0.91, 1.17, 0.86) for svigtet på let nordsø olie. Rækkefølgen er: gas-/diesel olie, benzin, fuel olie og andre raffinerede produkter.

Tabel 6-33. Makroøkonomiske nøgletal og råoliekvalitet. Ændr. i forhold til 17% forsyningssvigt på tung råolie.

	TR	TR+LN	LN
	-værdi-	-ændr.-	-ændr.-
Samlet produktion	592 mia.kr.	-2 mia.kr.	-42 mia.kr.
Export	117 " "	0 " "	0 " "
Import	102 " "	0 " "	-3 " "
Handelsbalance	15 " "	0 " "	+3 " "
Privat konsum	162 " "	0 " "	-10 " "
Offentligt konsum	100 " "	0 " "	0 " "
Lagerændringer	-10 " "	0 " "	0 " "
Investeringer m.v.	65 " "	-1 " "	-19 " "
Beskæftigelse (mandår)	2332000	-5800	-160000

Hvis alt andet er lige, viser ovenstående tabel, at et forsyningssvigt på den lette nordsø olie vil have de værste konsekvenser for samfundsøkonomien, når denne repræsenteres af de makroøkonomiske nøgletal. Konsekvenserne af et forsyningssvigt på den tunge råolie og et kombineret forsyningssvigt er derimod næsten de samme.

I bilag 7 præsenteres dét disaggregerede billede, der skjuler sig bag de summariske nøgletal for den lette nordsø olie. Nøgletallene tilslører, hvorledes de enkelte sektorbalancer påvirkes af de alternative antagelser om forsyningssvigtets kvalitet. I bilaget er opstillet difference io-balancer og difference energiforbrug med 17% forsyningssvigt på den tunge råolie som referencegrundlag.

Afslutningsvis er det interessant at få belyst, hvorledes forsyningssvigtets kvalitet påvirker fordelingen af den samlede produktion på de enkelte sektorer. Rammes den lette nordsø olie i stedet for den tunge råolie af et forsyningssvigt begunstiges fuel olie produktionen - som tidligere fremhævet - relativt (+ 17%), hvilket giver mulighed for en forøgelse af elproduktionen med 3%. Fuel olie rigeligheden betyder samtidigt, at

fjernvarmeværkerne ikke udnytter muligheden for substitution fra fuel olie til naturgas, men fastholder en fjernvarmeproduktion, der primært baseres på fuel olien.

"Transport" og "Landbrug" er blandt ikke-energisektorerne i særlig grad gas-/diesel olie intensive, men da nedskæringsmulighederne på anvendessiden af io-balancerne er udtømte reduceres produktionen i de to sektorer kun med henholdsvis 3% og 1%¹⁾ - jvf. diskussionen i relation til fig. 6-8. Af reduktionen på 42 mia.kr. af den samlede produktion tegner "Handel & service" sig for 22 mia.kr. Relativt hårdest rammes dog "Bygge & anlæg" (-29%) samt de to underleverandører "Leverancer til byggeri" (-16%) og "Tegl & cement" (-25%). Modellens udvælgelse af sektorer svarer nøje til forløbet af produktionsniveaukurverne i fig. 6-8 fra 17% forsyningssvigt til 23% forsyningssvigt, hvor "Bygge & anlæg" - med underleverandører - samt "Handel & service" i særlig grad rammes.

Analysen i dette afsnit vedrørende indflydelsen af råoliens kvalitet på konsekvenserne af et forsyningssvigt af en given størrelse har afdækket i hvert tilfælde to væsentlige forhold.

For det første, at forsyningssvigtet på den tunge råolie - ceteris paribus - er det mindste af de foreliggende tre onder. For det andet, at flaskehalsene i modelsystemet ikke udelukkende er strukturelt betingede, men bl.a. afhænger af hvilken råolie/hvilke råolier, der er omfattet af forsyningssvigtet.

6.5.2. Crackningsflexibiliteten

Et væsentligt styringsinstrument i den samlede krisestrategi er crackningsflexibiliteten på de indenlandske olieraffinaderier, ved hjælp af hvilken det er muligt indenfor snævre tekniske intervaller at fastlægge den mest hensigtsmæssige produktionssammensætning, når råoliens kvalitet er given. Inden for disse in-

1) Referencegrundlaget er fortsat 17% forsyningssvigt på den tunge råolie.

tervaller bestemmes produktionens sammensætning endogen i LIN-RAT i overensstemmelse med hvilke af de raffinerede produkter, der i produktionssystemet er relativt størst knaphed på.

I krisereferencescenariet var udgangspunktet en crackningsflexibilitet, der rummede en realistisk vurdering af raffinaderiernes maximale, tekniske flexibilitet under et råolieforsynings-svigt. I overensstemmelse med tabel 4-1 og 4-2 antages denne at være $\pm 1\%$ point for benzin og $\pm 2\%$ point for de øvrige raffinerede produkter. Under denne antagelse var flaskehalsen i raffinaderierne den nedre crackningsflexibilitet for benzin for begge råolietyper. Med udgangspunkt i krisereferencescenariet analyseres i det følgende dels sammenhængen mellem flaskehalse i raffineringsprocessen og størrelsen af crackningsflexibiliteten og dels den isolerede effekt på de makroøkonomiske nøgletal af alternative antagelser om crackningsflexibilitetens størrelse - specielt situationen, hvor flexibiliteten ikke udnyttes.

Nedenstående fig. 6-10 viser for tung råolie sammenhængen mellem størrelsen af crackningsflexibiliteten og skyggeværdien på de tekniske bindinger, som crackningsflexibiliteten repræsenterer, idet crackningsflexibiliteten for overskuelighedens skyld er forudsat homogen for de fire raffinerede produkter¹⁾. Fuel olie optræder ikke i nedenstående figur, da skyggeværdien er 0 for alle størrelser af crackningsflexibilitet.

For andre raffinerede produkter og gas-/diesel olie er det crackningsintervallernes øvre grænser, der er bindende, mens det for benzin er den nedre grænse, der binder raffineringsprocessen, med andre ord fastlægger kurverne for andre raffinerede produkter og gas-/diesel olie knaphedstilstande i modsætning til benzinkurven, der fastlægger tilstande med benzinrigelighed.

1) Bortset fra mindre afvigelser i intervallet 0%-0.4%, er de tilsvarende skyggeværdier for let nordsø olie identiske med skyggeværdierne for tung råolie.

Skyggeværdi (mandår/TJ)

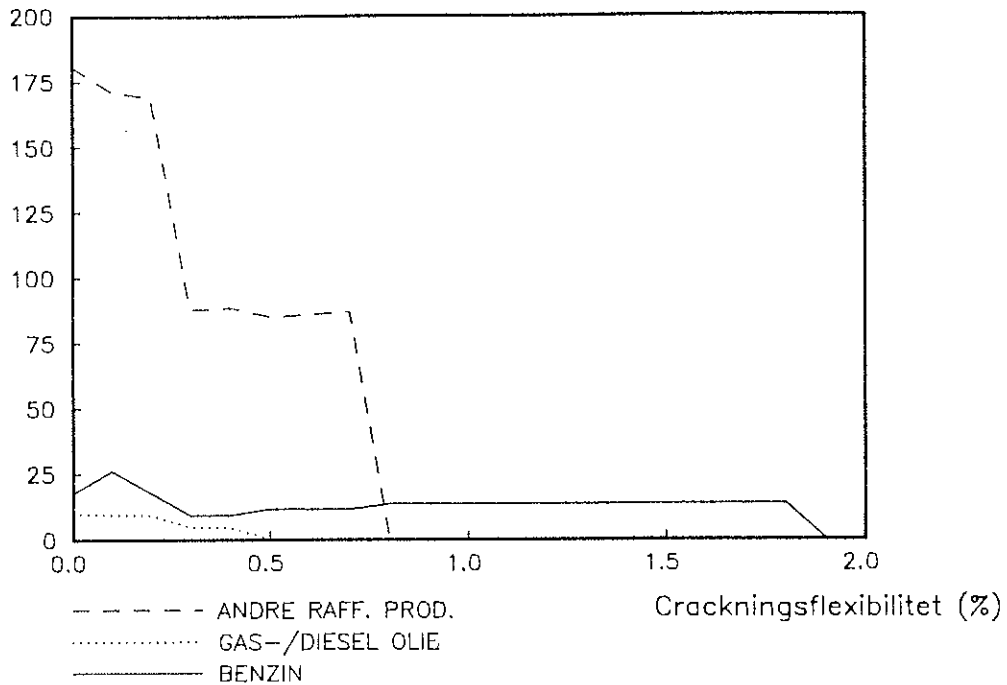


Fig. 6-10. Flaskehalse i raffineringprocessen for tung råolie.

Ved en crackningsflexibilitet, der er mindre end $\pm 0.7\%$ for hvert af de raffinerede produkter, bliver produktionen af "andre raffinerede produkter" den dominerede flaskehals på raffinaderierne. Disse produkter anvendes primært som mellemprodukter i raffineringprocesserne og er derfor en væsentlig forudsætning for opretholdelsen af produktionen af de øvrige raffinerede produkter. Denne forudsætning er til stede, når crackningsflexibiliteten er større end $\pm 0.7\%$, men er crackningsflexibiliteten mindre reduceres raffinaderiproduktionen og dermed leverancerne af raffinerede produkter til såvel produktionssektorer som endelige anvendelser. Ved $\pm 0\%$ crackningsflexibilitet reduceres den samlede raffinaderiproduktion i TJ med 7%, hvilket påvirker de makroøkonomiske nøgletal som illustreret i den efterfølgende tabel 6-34.

Kurven for andre raffinerede produkter skal ikke overfortolkes, da den snarere afspejler problemer vedrørende datagrundlaget

for raffinaderimodulet i LINRAT - jvf. bl.a. kritikken i 5.3 - end faktiske flaskehalse i den danske raffinaderiproduktion. Specielt residualbestemmelsen af andre raffinerede produkter - jvf. 4.2.3 - gør, at ikke for stor lid bør fæstes til den rolle som flaskehals, som disse produkter optræder i ved små crackningsflexibiliteter.

Kurven for benzin er derimod mere "sund" og dermed mere interessant. Denne illustrerer et praktisk taget konstant forløb af skyggeværdier på ca. 13 mandår/TJ i intervallet 0%-1.8% og signalerer en rigelighed af benzin, der først elimineres af en crackningsflexibilitet, der er større end - eller lig - 1.9%. Sidstnævnte værdi er samtidigt interessant som den grænseværdi, det er hensigtsmæssigt at nå i raffinaderiproduktionen, men som det - i hvert tilfælde med udgangspunkt i krisereference-scenariet - er formålsløst at overskride, fordi skyggeværdierne på 0 signalerer, at objektfunktionen ikke forbedres af yderligere flexibilitet.

På baggrund af ovenstående diskussion kan to værdier af crackningsflexibilitet udkrystalliseres som specielt interessante. For det første den laveste værdi - 0.8% - ved hvilken raffinaderiproduktionen ikke rammes af mangel på mellemprodukter, og for det andet den grænseværdi - 1.9% - hvor flaskehalsene i raffineringsprocessen er elimineret. I tabel 6-34 er disse værdier, samt situationen uden crackningsflexibilitet, valgt til at illustrere crackningsflexibilitetens indflydelse på de makroøkonomiske nøgletal, således at indflydelsen angives som værdiændringer i forhold til krisereferencescenariet (K.ref.)

Af tabellen fremgår det, at mangelen på mellemprodukter i raffinaderierne ved 0% crackningsflexibilitet får stor negativ indflydelse på de makroøkonomiske nøgletal. Således reduceres beskæftigelsen med ca. 12% i forhold til krisereferencescenariet - primært på grund af aktivitetsfald i "Handel & service" og "Offentlige tjenester". Focuseres på det mere realistiske interval mellem $\pm 0.8\%$ og $\pm 1.9\%$ viser tabellen, at crackningsflexibiliteten isoleret påvirker den samlede beskæftigelse med 36000 mandår. Denne påvirkning baseres dog på en flexibilitet

Tabel 6-34. Crackningsflexibilitetens indflydelse på de makroøkonomiske nøgletal (ændr. i mia.kr. henholdsvis mandår).

	Crackningsflexibilitet			
	±0%	±0.8%	K.ref.	±1.9%
Samlet produktion	-57	-2	0	+7
Eksport	0	0	0	0
Import	-2	0	0	0
Handelsbalance	+2	0	0	0
Privat konsum	-24	0	0	0
Offentligt konsum	-16	0	0	0
Lagerændringer	0	-1	0	0
Investeringer m.v.	-2	0	0	+5
Beskæftigelse	-264000	-7000	0	+29000

med hensyn til benzin, som er lidt større end den i krisereferencescenariet anvendte, og som derfor nok rummer en svag overvurdering af raffinaderiernes omstillingsevne på kort sigt.

Undersøgelsen af crackningsflexibilitetens indflydelse på raffinaderiproduktion og makroøkonomi har afsløret, at samfundsøkonomiske hensyn kan tilgodeses ved fastlæggelsen af raffinaderiernes produktionssammensætning, således at en prioritering, indenfor de givne tekniske rammer, af de raffinerede produkter ved hjælp af skyggeverdier kan formindske konsekvenserne af en olieforsyningskrise¹⁾. Undersøgelsen er baseret på forudsætningerne i krisereferencescenariet, bl.a. vedrørende træk fra olie-lagre og råoliens kvalitet, hvilke i høj grad påvirker de relative skyggeverdier og dermed den sammensætning af raffinaderiproduktionen, der i samfundsøkonomisk forstand er mest hensigtsmæssig.

1) "Givne tekniske rammer" er en kortsigtsrestriktion, der reflekterer den manglende mulighed for kapitaltilpasning på kort sigt. På længere sigt kan investeringer i raffinaderisektoren skabe øget kortsigtsflexibilitet. Er sådanne investeringer samfundsøkonomisk - men ikke driftsøkonomisk - fordelagtige, kan offentlige investeringstilskud begrundes.

6.6. Rationeringsmodulet

I de hidtidige modelkørsler er rationeringsmodulet ikke blevet bragt i anvendelse, og LINRAT har derfor haft mulighed for - i overensstemmelse med sin optimeringsadfærd - at prioritere modellens sektorer og derigennem foretage en differentieret rationering af energiforbruget i produktionssystemet. I nærværende afsnit introduceres rationeringsmodulet som et explicit styringsinstrument overfor produktionssektorernes anvendelse af raffinerede olieprodukter, og når alt andet er lige repræsenterer rationeringsmodulet formelt et yderligere sæt af restriktioner på modellens løsningsmulighedsområde. I det omfang disse restriktioner er bindende vil modellen generere løsninger, der er ringere sammenlignet med den af LINRAT fastlagte differentierede rationering uden bindinger i rationeringsmodulet. A priori er det derfor trivielt, at den differentierede rationering ud fra en modelteknisk betragtning er den optimale rationeringsform. Da rationeringsmodulet kun vedrører produktionssektorernes energianvendelse, og da kun aktiviteten i produktionssektorerne i praksis indgår i LINRAT's objektfunktion, er det indlysende, at introduktionen af restriktioner på produktionssystemets energianvendelse nødvendigvis vil resultere i dårligere modelløsninger - til trods for at disse restriktioner åbner mulighed for en mildere rationering af de endelige anvendelser og herunder specielt det private energiforbrug. Rationeringen af sidstnævnte er modelteknisk inkluderet i styringsinstrumentet: forbrugsbegrænsninger, hvilke i en praktisk planlægningssammenhæng vil være inkluderet i et samlet rationeringsbegreb.

Blandt mulige rationeringstiltag er det specielt interessant at analysere de makroøkonomiske konsekvenser af en proportional rationering, der for alle ikke-energisektorer fastsætter samme rationeringskvote for hvert af de raffinerede olieprodukter. Ligesom i afsnittet om råoliens kvalitet - jvf. 6.5.1 - er det nødvendigt at modificere krisereferencescenariet med hensyn til størrelsen af forsyningssvigtet, fordi implementeringen af den proportionale rationering ved et 20% forsyningssvigt ikke gør det muligt at løse modellen. I stedet vælges som i

afsnit 6.5.1 et forsyningssvigt på 17% med hensyn til tung råolie og raffinerede olieprodukter, hvilket anvendes som referencescenarium i analysen af konsekvenserne af den proportionale rationering.

Rationeringsmodulet sigter primært mod ikke-energisektorernes anvendelse af raffinerede olieprodukter, og udgangspunkt tages derfor i LINRAT's differentierede rationering ved 17% forsyningssvigt. Denne er i tabel 6-35 vist som reduktioner af energiforbrug og i tabel 6-36 som energikvoter i forhold til den uforstyrrede økonomi.

Tabel 6-35. Differentieret rationering. Reduktion af energiforbrug (mio. 1980-kr.).

LINRAT-sektor	Gas-/ diesel olie	Benzin	Fuel	Andre raffin. prod.
1. Landbrug	-147.83	-21.18	-55.61	-11.27
2. Nær. & nydelsesmidl.	-31.47	-4.25	-61.42	-0.44
3. Kemisk industri	-7.36	-1.57	-11.62	-10.91
4. Jern & metal I	-2.96	-0.03	-3.20	-0.20
5. Jern & metal II	-9.30	-0.55	-3.84	-1.40
6. Tegl & cement	-4.98	-0.20	-19.44	-1.94
7. Lev. t. byggeri	-25.72	-1.29	-26.24	-39.33
8. Papir & pap	-0.04	0.00	-1.20	-0.04
9. Glas & porcelæn	-1.33	-0.07	-7.61	-0.76
10. Anden fremstilling	-3.01	-0.21	-1.71	-0.45
11. Bygge & anlæg	-48.08	-11.43	-2.42	-11.68
22. Transport	-76.73	-4.01	-3.35	-2.94
23. Handel & service	-62.53	-4.70	-20.54	-0.82
24. Offentlige tjenester	-26.18	-0.03	-13.57	0.00
Ialt	-447.52	-49.52	-231.77	-82.18

Tabel 6-36. Differentieret rationering. Relativt energiforbrug.

LINRAT-sektor	Gas-/ diesel olie	Benzin	Fuel	Andre raffin. prod.
1. Landbrug	0.84	0.85	0.84	0.85
2. Nær. & nydelsesmidl.	0.88	0.90	0.88	0.90
3. Kemisk industri	0.90	0.91	0.90	0.91
4. Jern & metal I	0.91	0.97	0.96	0.97
5. Jern & metal II	0.96	0.98	0.96	0.98
6. Tegl & cement	0.80	0.85	0.84	0.85
7. Lev. t. byggeri	0.80	0.85	0.84	0.85
8. Papir & pap	0.92	0.98	0.97	0.98
9. Glas & porcelæn	0.82	0.87	0.86	0.87
10. Anden fremstilling	0.96	0.99	0.97	0.99
11. Bygge & anlæg	0.85	0.87	0.85	0.87
22. Transport	0.97	0.97	0.97	0.97
23. Handel & service	0.93	0.98	0.94	0.98
24. Offentlige tjenester	0.95	1.00	0.95	--
Proportional rationerings- kvote	0.92	0.94	0.90	0.90

Ved hjælp af de 14 ikke-energisektorerers samlede forbrug af hvert af de raffinerede olieprodukter i den uforstyrrede økonomi (jvf. tabel 6-5) og de samlede reduktioner nederst i tabel 6-35 er de proportionale rationeringskvoter nederst i tabel 6-36 beregnet. Disse udgør et vejjet gennemsnit af de differentierede energikvoter. De således beregnede proportionale rationeringskvoter inkorporeres i rationeringsmodulet som øvre grænser for samtlige ikke-energisektorerers energianvendelse under energiforsyningskrisen. De nedre grænser fastsættes til 0 for at åbne mulighed for, at visse sektorer ikke er i stand til i fuldt omfang at udnytte de tildelte oliekvoter.

I tabel 6-37 er vist konsekvenserne af den proportionale rationering med hensyn til ikke-energisektorernes anvendelse af raffinerede olieprodukter.

Tabel 6-37. Proportional rationering. Relativt energiforbrug.

LINRAT-sektor	Gas-/ diesel olie	Benzin	Fuel	Andre raffin. prod.
1. Landbrug	0.90	0.90	0.90	0.90
2. Nær. & nydelsesmidl.	0.89	0.89	0.89	0.89
3. Kemisk industri	0.87	0.87	0.87	0.87
4. Jern & metal I	0.90	0.90	0.90	0.90
5. Jern & metal II	0.83	0.83	0.83	0.83
6. Tegl & cement	0.60	0.60	0.60	0.60
7. Lev. t. byggeri	0.67	0.67	0.67	0.67
8. Papir & pap	0.83	0.83	0.83	0.83
9. Glas & porcelæn	0.81	0.81	0.81	0.81
10. Anden fremstilling	0.69	0.69	0.69	0.69
11. Bygge & anlæg	0.58	0.58	0.58	0.58
22. Transport	0.90	0.90	0.90	0.90
23. Handel & service	0.75	0.75	0.75	0.75
24. Offentlige tjenester	0.82	0.82	0.82	--

Af ovenstående tabel fremgår det, at ingen af sektorerne fuldt ud udnytter de givne kvoter for gas-/diesel olie og benzin, medens de tilsyneladende for fuel olie og andre raffinerede produkter udnyttes maksimalt af "Landbrug", "Jern & metal I" og "Transport". Da de relative energiforbrug fremtræder som af-rundede størrelser i tabel 6-37 afslører en nærmere analyse, at kun fuel olie anvendelsen i "Landbrug" henholdsvis "Transport" bindes af de givne rationeringskvoter - jvf. de indrammede elementer. Skyggeværdien for fuel olie restriktionen i "Landbrug" er 192 mandår/mio.kr., medens den tilsvarende skyggeværdi for "Transport" er 99476 mandår/mio.kr.! Sidstnævnte signalerer en flaskehals i produktionssystemet, der effektivt blokerer for den samlede aktivitet i systemet, således at beskæftigelsen i økonomien vil kunne forøges betydeligt ved blot en marginal forøgelse af fuel olie kvoten til "Transport". Forøges denne med 1% point elimineres flaskehalsen i "Transport", men en ny dukker op med hensyn til fuel olie anvendelsen i "Jern & metal I" med en styrke på 451000 mandår/mio.kr.!

Ovenstående eksempel antyder, at ad hoc modifikationer af et proportionalt rationeringsprogram med det formål at eliminere aktuelle flaskehalse blot vil eksponere flaskehalse andre steder i systemet. Dette problem ligger latent i et proportionalt rationeringsprogram og kan ikke løses ved hjælp af mindre ad hoc justeringer. Problemet består dybest set i en manglende korrespondance mellem på den ene side en rationeringsfilosofi, der ud fra en lighedsbetragtning tilstræber en ens relativ fordeling af byrderne på produktionssektorerne, og på den anden side et produktionssystem, hvor nogle sektorer i højere grad end andre har status af underleverandører, og hvor der på baggrund af de endelige anvendelser stilles forskellige krav til produktionen i de enkelte sektorer - jvf. f.eks. den differentierede forbrugsbegrænsning i krisereferencescenariet.

I den specifikke modelsammenhæng, hvor "Transport" får status af en nøglesektor, er problemet, at der exogent stilles store krav til sektorens leverancer, idet den relativt store export skal opretholdes under olieforsyningskrisen samtidigt med, at det private konsum maksimalt må begrænses med 10%. Disse krav betyder, at sektorens produktion kun i begrænset omfang kan formindskes, uden det får konsekvenser for inputleverancerne til de øvrige produktionssektorer og dermed produktionen i disse. Da der ikke eksisterer hverken substitutions- eller besparelsesmuligheder i "Transport" er sammenhængen mellem produktion og energiforbrug strengt lineær, hvorfor den mindste rationeringskvote (fuel: 0.90) indirekte kommer til at determinere den relative produktionsnedgang¹⁾. Denne produktionsnedgang overstiger, hvad de endelige anvendelser kan kompensere, således at inputleverancerne til produktionssystemet rammes med aktivitetsfald som en umiddelbar konsekvens.

Konsekvenserne af at foretage en proportional rationering af ikke-energisektorerne i stedet for en differentieret rationering baseret på en optimering foretaget af LINRAT vises i nedenstående tabel 6-38 for de makroøkonomiske nøgletal.

1) Jvf. beskrivelsen af 2-niveau produktionsfunktionen i LINRAT i afsnit 4.2.2 - herunder specielt fig. 4-3 og fig. 4-4.

Tabel 6-38. 17% forsyningssvigt på tung råolie. Ændringer i makroøkonomiske nøgletal ved proportional i stedet for diff. rationering.

	- værdi -	- relativt -
Samlet produktion	-98 mia.kr.	-17%
Eksport	0 " "	0
Import	-18 " "	-18%
Handelsbalance	+18 " "	-
Privat konsum	-31 " "	-19%
Offentligt konsum	-18 " "	-18%
Lagerændringer	-2 " "	-
Investeringer m.v.	-29 " "	-45%
Beskæftigelse	-420000 mandår	-18%

Bag den summariske reduktion på 98 mia.kr. af sektorernes produktionsværdier skjuler sig et uensartet billede. "Handel & service" tegner sig alene for de 42 mia.kr., og produktionen i "Offentlige tjenester" og "Bygge & anlæg" reduceres med 19 mia. kr. henholdsvis 15 mia.kr. Relativt repræsenterer sidstnævnte det største produktionsfald (-33%). Bemærkelsesværdigt er det, at "Landbrug" som den eneste sektor bliver bedre stillet ved den proportionale rationering, idet produktionen forøges med 5% i forhold til situationen med den differentierede rationering. Sektorens relative autonomi i produktionssystemet og først og fremmest de tildelte højere rationeringskvoter under den proportionale rationering forklarer denne produktionsforøgelse.

Den manglende fulde udnyttelse af de tildelte proportionale rationeringskvoter, der karakteriserer hovedparten af sektorerne - jvf. tabel 6-37 - betyder, at anvendelsen af olieprodukter generelt er lavere end ved den differentierede rationering, hvilket påvirker oliebalancernes tilgangsside i så groteske retninger, at tilladte træk fra olielagre ikke udnyttes, raffinaderiproduktionen reduceres samlet med 8% og den danske råolieproduktion indstilles!

Sammenligningen mellem de to rationeringsprincipper vil - som antydnet indledningsvis - nødvendigvis give den proportionale rationering en bundkarakter, fordi det i LINRAT anvendte snævre rationeringsbegreb kun vedrører produktionssektorernes energianvendelse og derfor ikke det energiforbrug, som finder sted i de private husholdninger (privat konsum). Det private energiforbrug underkastes i LINRAT kun forbrugsbegrænsninger. Sondringen mellem forbrugsbegrænsninger og energirationering er dog ud fra et modelteknisk synspunkt ikke knivskarp, hvilket betyder, at et bredt rationeringsbegreb, omfattende det private energiforbrug, uden praktiske problemer vil kunne håndteres i modellen. Vurderet i lyset af det brede rationeringsbegreb vil den proportionale rationering stå stærkere, end det fremgår af ovenstående eksempel, fordi den tildelte oliemængde, som produktionssystemet på grund af flaskehalsproblemer ikke er i stand til fuldt ud at udnytte, kan anvendes til en lempeligere rationering af det private energiforbrug - sammenlignet med den differentierede rationering.

En anden væsentlig grund til, at sammenligningen mellem de to rationeringsprincipper så éntydigt falder ud til fordel for den differentierede rationering, er, at dette rationeringsprincip logisk harmonerer med de differentierede begrænsninger, som i krisereferencescenariet dels optræder mellem endelige anvendelseskategorier og dels indenfor den enkelte anvendelseskategori med hensyn til forskellige varer. De i krisereferencescenariet fastlagte differentierede krav til anvendelsessiden i økonomien harmonerer mao. med en differentieret rationering af tilgangssidens energianvendelse. Allerede i sit udgangspunkt - krisereferencescenariet - favoriserer sammenligningen derfor den differentierede rationering, og det kunne derfor være interessant at vælge et udgangspunkt for en sammenligning, der i højere grad er i overensstemmelse med den proportionale rationerings virkemåde.

I det efterfølgende brydes koblingen til krisereferencescenariet, idet de differentierede krav til de endelige anvendelser erstattes af et generelt krav om, at hver af de endelige anvendelser maksimalt må reduceres med 15% under forsyningskri-

sen. Det generelle krav omfatter alle anvendelseskomponenter i privat konsum, offentligt konsum, øvrige endelige anvendelser og eksport, mens lagerinvesteringerne fastlåses i forhold til den uforstyrrede økonomi - dog tillades, som i krisereferencescenariet, 25% træk fra de eksisterende olielagre, hvilket begrundes, at det generelle krav til de endelige anvendelser fastsættes lavere end selve olieforsyningssvigtet.

Et generelt krav om proportionalitet med hensyn til nedskæringerne i de endelige anvendelser er i en praktisk planlægningsammenhæng urealistisk, bl.a. fordi nogle anvendelseskategorier er mindre vitale end andre indenfor den tidshorisont, som knyttes til olieforsyningens varighed. Kravet om proportionalitet med hensyn til de endelige anvendelser har udelukkende til formål at tilgodese den proportionale rationering i sammenligningen med den differentierede rationering.

I tabel 6-39 kan effekten af de to rationeringsprincipper på de makroøkonomiske nøgletal sammenlignes, idet ændringer i forhold til den uforstyrrede økonomi er vist.

Tabel 6-39. Sammenligning af differentieret med proportional rationering. Proportional begrænsning af de endelige anvendelser.

Ændringer i forhold til uforstyrret økonomi ved:				
	Diff. rationering		Prop. rationering	
Samlet produktion	-15	mia.kr.	-30	mia.kr.
Eksport	-6	"	-5	"
Import	-6	"	-10	"
Handelsbalance	0	"	+5	"
Privat konsum	-3	"	-9	"
Offentligt konsum	0	"	-2	"
Lagerændringer	-2	"	-2	"
Investeringer m.v.	0	"	-7	"
Beskæftigelse	-35000	mandår	-103000	mandår

Ovenstående tabel viser, at selv om sammenligningen mellem de to rationeringsprincipper udføres på den proportionale rationerings præmisser, giver den differentierede rationering alligevel klart de bedste modelresultater. Foringelsen af beskæftigelsen er således tre gange større ved den proportionale rationering - sammenlignet med den differentierede rationering - mens nedgangen i den samlede produktion er dobbelt så stor. Forskellen i forholdet mellem nedgang i samlet produktion og nedgang i beskæftigelsen viser, at den proportionale rationering i højere grad rammer beskæftigelsesintensive sektorer. Produktionen i "Offentlige tjenester" opretholdes således under den differentierede rationering, men reduceres med 2% under den proportionale rationering i forhold til den uforstyrrede økonomi.

Sammenlignes de to rationeringsprincippers prioritering af de 14 ikke-energisektorer, så er det - udover "Offentlige tjenester" - især "Handel & service", "Bygge & anlæg", "Anden fremstilling" og "Jern & metal II", der tilgodeses af den differentierede rationering, mens den proportionale især tilgodeser "Kemisk industri", "Jern & metal I" og "Glas & porcelæn".

Produktionssektorernes manglende evne til at udnytte de tildelte proportionale rationeringskvoter er i det aktuelle eksempel knap så udtalt som i det foregående eksempel, hvor differentierede begrænsninger blev pålagt de endelige anvendelser. For gas-/diesel olien er udnyttelsen dårligst, således at det private konsum (rumopvarmning) tildeles for ca. 90 mio. kr. gas-/diesel olie, som produktionssystemet ikke er i stand til at nyttiggøre, hvorved forbrugsbegrænsningen med hensyn til privat rumopvarmning vha. gas-/diesel olie kun behøver at være på 13% - sammenlignet med 15% under den differentierede rationering.

Benzinrigeligheden, der karakteriserede krisereferencescenariet og betød, at skyggeværdien for benzin var 0, er også fællesnævner i ovenstående sammenligning mellem de to rationeringsprincipper. Eksporten af benzin kan opretholdes under forsyningskrisen, og begrænsningen af det private benzinformbrug behøver kun at være på 10%. Benzinrigeligheden er i ovenstående eksempel interessant, fordi eksemplet eliminerer de differentierede begræns-

ninger af de endelige anvendelser som årsagsforklaring. Forklaringen er heller ikke relativt store benzinlagre. En sammenligning mellem størrelsen på lageret af det enkelte raffinerede olieprodukt (jvf. bilag 6) og den tilsvarende flowbalance i den uforstyrrede økonomi (jvf. tabel 6-2) afslører, at benzinlageret og specielt lageret af andre raffinerede produkter er relativt beskedne sammenlignet med lageret af fuel olie. Benzinrigeligheden er derfor, som tidligere antydte, strukturelt betinget af, at benzinenes rolle som inputfaktor i produktionssystemet er beskeden.

Den gennemførte sammenligning i dette afsnit mellem en differentieret og en proportional rationering af produktionssystemets olieforbrug afslørede ikke overraskende - på baggrund af viden om rationeringsmodulets funktionsmåde - at den differentierede rationering gav bedre modelresultater. Det anvendte rationeringsbegreb kan karakteriseres som et snævert rationeringsbegreb, der kun fokuserer på produktionssystemets energianvendelse. Anvendes et bredere rationeringsbegreb, der inkluderer det private energiforbrug, vil den proportionale rationering komme til at stå stærkere. Dette rokker dog ikke ved den helt centrale anke mod en proportional rationering - nemlig, at flaskehalsproblemer vil opstå i produktionssystemet, således at forringelserne af de væsentligste makroøkonomiske nøgletal vil blive unødigt voldsomme under en olieforsyningskrise. De konstaterede abnorme skyggeværdier illustrerer dette fænomen.

6.7. Substitutionsmodulet

Indbygning af en kortsigtsflexibilitet i produktionssystemets energiinputstruktur, således at de exogent givne og lineære io-sammenhænge mellem produktionsværdi og energianvendelse opblødes, er det primære formål med opbygningen af LINRAT's substitutionsmodul. Flexibiliteten består dels af deciderede energibesparelsemuligheder ved en mere hensigtsmæssig udnyttelse af de knappe energivarer under forsyningskrisen og dels af substitution mellem alternative energivarer, for hvilke substitution er umiddelbart gennemførlig og ikke forudsætter

investeringer i nyt kapitaludstyr. Flexibilitetens principielle virkemåde er illustreret i fig. 4-6 i afsnit 4.2.2, medens de til grund for krisereferencescenariet forudsatte besparelser- og substitutionsmuligheder er opstillet i tabel 6-11 henholdsvis 6-12.

For at få et indtryk af kortsigtsflexibilitetens effekt i krisereferencescenariet er tre kørsler interessante som umiddelbare modifikationer af krisereferencescenariet. For det første en kørsel uden flexibilitet - baseret på de exogene energikoefficienter. For det andet en kørsel med kun energibesparelsemuligheder og for det tredie en kørsel, hvor kun substitutionsmulighederne er inkluderet.

Udover de tre nævnte - og oplagte - kørsler præsenteres en kørsel, hvor substitutionsmulighederne udvides til - udover produktionssystemets substitutionspotentiale - også at omfatte rumopvarmningen i det private energiforbrug. Herved fremkommer en mere positiv, men samtidigt mere realistisk vurdering af flexibiliteten under en olieforsyningskrise - sammenlignet med krisereferencescenariet, der ikke inkluderede vurderinger af substitutionsmulighederne i det private energiforbrug.

Rumopvarmningen i de private husholdninger beslaglægger en betydelig del af økonomiens samlede energiforbrug. Focuseres på den uforstyrrede økonomi (jvf. afsnit 6.3) kan det iagttages, at privat konsum omfatter et fjernvarmeforbrug på 2.5 mia.kr. og et gas-/diesel olie forbrug på 5.1 mia.kr. Sidstnævnte dækker i praksis over rumopvarmning ved hjælp af individuelle oliefyr, og det er substitutionsmulighederne med hensyn til disse, som overvejelserne i det følgende knytter sig til. Sammenlignet med hele produktionssystemets anvendelse af gas-/diesel olie (6.0 mia.kr.) er den private rumopvarmning således ikke uinteressant i et substitutionsperspektiv.

Mulighederne for på kort sigt at substituere gasolien til privat rumopvarmning med andre energityper er forsøgt vurderet af

Energisystemgruppen (Risø)¹⁾. Af væsentligst betydning vurderes muligheden for i 100000 gamle énfamiliehuse at omstille kedler, der oprindeligt var konstrueret til fyring med fast brændsel, til kulfyring i stedet for den nuværende gasoliefyring. Denne omstilling kan reducere behovet for gasolie til rumopvarmning med ca. 14%. Midlertidig ibrugtagning af mindre transportable elovne (1000 W) antages samlet at kunne bidrage med en substitution på 2% af gasolien, og endelig vil en beskeden naturgas-substitution (0.2%) kunne foretages.

Substitutionsmulighederne kvantificeres i rapporten på et fysisk grundlag - dvs. i PJ - hvorfor en forudsætning om ækvivalens mellem relative fysiske og relative økonomiske (=værdibaserede) substitutionsmuligheder er nødvendig for at kunne implementere rapportens vurderinger som forudsætninger i en modelkørsel. I nedenstående tabel 6-40 er substitutionsmulighederne angivet i såvel fysiske som økonomiske termer.

Tabel 6-40. Substitutionsmuligheder i privat rumopvarmning.

	Normal	Subst.	Ændr.	Normal	Ændr.
	(PJ)	(PJ)	(PJ)	(mio.kr.)	(mio.kr.)
Kul	0	6.80	+6.80	18	+567.4
Naturgas	10.40	10.50	+0.10	0	+8.3
El	7.50	8.60	+1.10	2842	+91.8
Gas-/diesel	61.20	53.20	-8.00	5096	-667.6
Ialt	79.10	79.10	0	7956	0

Anm.: Normalforbruget i PJ er et prognosticeret energiforbrug for 1985.

Normalforbruget i mio.kr. er et observeret energiforbrug i 1980.

1) Intern rapport fra ENERGISYSTEMGRUPPEN, RISØ (1984). Samme rapport lå til grund for forudsætningerne om substitutionsmulighederne i krisereferencescenariet (jvf. tabel 6-12).

De tre første talsøjler i tabel 6-40 er direkte baseret på oplysningerne i rapporten¹⁾, medens de to sidste talsøjler repræsenterer den økonomiske fortolkning af disse oplysninger under ovenstående forudsætning om ækvivalens. I kørsler med LINRAT opfattes naturgas kun som en substitutionsmulighed under en olieforsyningskrise og ikke som en aktuelt optrædende energivare. Opfattelsen er konsistent med de i LINRAT anvendte 1980-data, i hvilke naturgassen ikke er introduceret.

I kørslen, der inkluderer substitutionsmulighederne i privat rumopvarmning, er det totale private energiforbrug fastholdt i forhold til krisereferencescenariet, og substitutionsmulighederne er inkorporeret som simple modifikationer af de i krisereferencescenariet givne bounds på det disaggregerede private energiforbrug. Resultatet af kørslen, samt af de tre tidligere omtalte kørsler, er med hensyn til de makroøkonomiske nøgletal vist i nedenstående tabel 6-41.

Tabel 6-41. Effekten af energisubstitution og -besparelser på makroøkonomiske nøgletal. Ændringer i forhold til krisereferencescenariet (mia. 1980-kr. henholdsvis mandår).

	Krisereferencescenarium			
	- subst.		- subst.	+ subst. i
	- besp.	- besp.		priv. konsum
Samlet produktion	-27	-17	-10	+28
Eksport	0	0	0	0
Import	-1	-1	0	+15
Handelsbalance	+1	+1	0	-15
Privat konsum	-18	-11	-6	+8
Offentligt konsum	0	0	0	0
Lagerændringer	0	0	0	+4
Investeringer m.v.	-2	-2	-2	+18
Beskæftigelse	-108000	-67000	-42000	+104000

1) ENERGISYSTEMGRUPPEN, RISØ (1984).

Det fremgår af tabellen, at energisubstitution og -besparelser over væsentlig indflydelse på krisereferencescenariet. Uden denne fleksibilitet i produktionssystemet ville beskæftigelsen forringes med yderligere 108000 mandår og den samlede produktionsværdi med yderligere 27 mia.kr. Disse forringelser kan næsten udelukkende relateres til "Handel & service", der rammes af en produktionsnedgang på 23 mia.kr., og repræsenterer hele nedgangen i både privat konsum og investeringer. Betragtet som et samlet styringsinstrument har energibesparelserne en større positiv effekt på krisereferencescenariet end substitutionsmulighederne i produktionssystemet isoleret. Inddrages derimod yderligere substitutionsmulighederne i den private rumopvarmning ombyttes rollerne. Den aggregerede effekt af det samlede substitutionspotentiale er med hensyn til samlet produktion og beskæftigelse 38 mia.kr. henholdsvis 146000 mandår. Interessant er det, at bortsubstitutionen af en del af den - i samfundsøkonomisk forstand - meget værdifulde gas-/diesel olie til privat rumopvarmning påvirker de makroøkonomiske nøgletal i betydeligt større (positivt) omfang end den samlede substitution i produktionssystemet.

Betragtes det disaggregerede billede, der skjuler sig bag de summariske nøgletal, kan det konstateres, at de forbedrede substitutionsmuligheder primært begunstiger sektoraktiviteten i "Handel & service", "Anden fremstilling", "Jern & metal II" og "Bygge & anlæg", hvilket ikke adskiller sig fra det billede, som de hidtidige kørsler har skabt af LINRAT's marginale prioritering af modellens sektorer.

Som vist i tabel 6-42 udnyttes de i tabel 6-40 givne substitutionsmuligheder i privat rumopvarmning ikke i fuldt omfang for substitutionen mellem gas-/diesel olie og kul, hvilket skyldes de bindinger, som crackningsfleksibiliteten pålægger raffinaderiproduktionen.

Kun 64% af den givne mulighed for bortsubstitution af gas-/diesel olie udnyttes, fordi raffinaderierne bindes af den nedre crackningsfleksibilitet for gas-/diesel olie, der kun muliggør en reduktion af gas-/diesel olie produktionen på 260 mio.kr.

Tabel 6-42. Faktisk udnyttelse af substitutionsmulighederne i det private energiforbrug. Ændringer i forhold til krisereferencescenarium.

<u>Energivare</u>	<u>Ændringer i mio.kr.</u>
Kul	+353
Naturgas	+8
Gas-/diesel olie	-429
Benzin	-34
El	+102

i forhold til krisereferencescenariet, og fordi produktionssystemet kun er i stand til at forøge anvendelsen af gas-/diesel olie med 169 mio.kr. Det sidste skyldes, at de tunge raffinerede produkter bliver de knappe og produktionsbegrænsende produktionsfaktorer, hvilket understreges af den relative forskydning mellem skyggeværdierne på energivarerne i tabel 6-43 sammenlignet med skyggeværdierne i krisereferencescenariet - jvf. tabel 6-23.

Tabel 6-43. Skyggeværdier for energivarer (incl. substitution i privat rumopvarmning).

<u>Energivare</u>	<u>Skyggeværdi</u> <u>(mandår/mio.kr.)</u>
Råolie	148.6
Kul	67.2
Naturgas	2.8
Gas-/diesel olie	67.2
Benzin	67.2
Fuel olie	370.7
Andre raffinerede prod.	343.4
El	67.2
Bygas	71.0
Fjernvarme	116.1

Anm.: Ovenstående skyggeværdier knytter sig til de endelige anvendelser i io-modulet.

Faldet i skyggeværdien for gas-/diesel olie er en logisk konsekvens af substitutionen i den private rumopvarmning. Overraskende - og interessant - er det derimod, at skyggeværdien for både benzin og kul ikke - som i krisereferencescenariet - er 0, men faktisk for begge den samme som for gas-/diesel olie. Der er to årsager til, at benzin med hensyn til knaphed ændrer status. For det første, at den generelle aktivitetsudvidelse i produktionssystemet, på grund af den frigivne gas-/diesel olie, kræver et øget benzin-input. For det andet, at benzin bindes af det overordnede krav om uændret totalt privat energiforbrug i forhold til krisereferencescenariet.

Rigeligheden af kul i krisereferencescenariet, der nødvendigjorde en lageropbygning på grund af en formindsket elproduktion, afløses af en knaphed under den udvidede substitutionsantagelse. Dette skyldes dels selve substitutionen fra gas-/diesel olie til kul og dels en øget elproduktion, der ud fra en inputsynsvinkel forklares af den øgede fuel olie produktion på raffinaderierne - på bekostning af gas-/diesel olie - og ud fra en outputsynsvinkel forklares af den øgede produktionsaktivitet og substitutionen i den private rumopvarmning fra gas-/dieselolie til el.

Komplexiteten i de af den udvidede substitution aktiverede mekanismer understreges af, at den mulige substitution fra benzin til kul i produktionen af bygas, som udnyttedes i krisereferencescenariet, ikke udnyttes under den udvidede substitutionsantagelse.

Undersøgelserne i dette afsnit om substitutionsmodulet har sammenfattende afsløret, at den kortsigtsflexibilitet, som er indbygget i substitutionsmodulet i form af energisubstitution og -besparelser, og som modificerer den stive io-struktur i produktionssystemet, har betydelig indflydelse på de makroøkonomiske nøgletal. Introduktionen af substitution i privat rumopvarmning resulterede i en forbedring af beskæftigelsen på ca. 100000 mandår og demonstrerede dermed en væsentlig større partiel effekt som styringsinstrument end den i krisereferencescenariet anvendte substitution, der kun omfattede produktionssystemet.

6.8. IO-modulet

I dette afsnit fokuseres samlet på de styringsinstrumenter, der knytter sig til de endelige anvendelser i io-modulet i modsætning til de hidtil analyserede styringsinstrumenter, der næsten udelukkende har knyttet sig til io-balancernes tilgangsside via en kobling til de sektorfordelte produktionsværdier. De endelige anvendelser er i en økonomisk, teoretisk forstand vidt forskellige, men modelteknisk set er de principielt identiske, når der ses bort fra de differentierede importkvoter, der lader det relative importtræk afhænge af anvendelsesarten. Er importen derfor underordnet, dvs. ikke inkorporeret i en bindende restriktion, i en given analysesammenhæng, er LINRAT indifferent med hensyn til om produktion + import anvendes til privat konsum, eksport eller lagerinvestering. Allokeringen på de endelige anvendelseskategorier bestemmes af de exogent givne bounds, hvilke derfor repræsenterer en identisk implementering af styringsinstrumenter med vidt forskelligt sigte.

De indledende synspunkter understreger, at en modelkørsel vil være upåvirket af, om exporten af olieprodukter under en olieforsyningskrise begrænses med x mio.kr., eller om forbrugsbegrænsninger eller lagertræk af en tilsvarende størrelse iværksættes.

Indflydelsen af tre typer af styringsinstrumenter analyseres i det følgende. I 6.8.1 belyses konsekvenserne af alternative forudsætninger med hensyn til lagertræk af olieprodukter og ikke-energivarer. I 6.8.2 gives en samlet præsentation af effekten af strammere forbrugsbegrænsninger med hensyn til det private forbrug samt af handelssanktioner, der tilstræber en handelsbalanceneutralitet i forhold til den uforstyrrede økonomi.

6.8.1. Lagertræk

Udover træk fra olielagre indgik afvikling af ikke-energilagre som et styringsinstrument i krisereferencescenariet. For sektorerne 1-10 forudsattes tilstedeværelsen af transaktionslagre

på 5% af produktionsværdien i den uforstyrrede økonomi. Med udgangspunkt i de faktiske lagerændringer i den uforstyrrede økonomi opstilledes muligheden for en fuldstændig afvikling af transaktionslagrene under olieforsyningssvigtet.

I tabel 6-44 er vist effekten på de makroøkonomiske nøgletal af i krisereferencescenariet at eliminere forudsætningen om transaktionslagre af ikke-energivarer og i stedet fastholde lagerændringerne fra den uforstyrrede økonomi.

Tabel 6-44. Ingen lagertræk af ikke-energivarer. Ændringer i makroøkonomiske nøgletal i forhold til krisereferencescenarium.

	- værdi -	- relativt -
Samlet produktion	-17 mia.kr.	-3%
Eksport	0 " "	0
Import	+4 " "	+5%
Handelsbalance	-4 " "	-
Privat konsum	-24 " "	-15%
Offentligt konsum	0 " "	0
Lagerændringer	+11 " "	-
Investeringer m.v.	+1 " "	+2%
Beskæftigelse	-82000 mandår	-4%

Samlede lagerinvesteringer på 11 mia.kr. i forhold til krisereferencescenariet er en direkte konsekvens af ikke at udnytte transaktionslagrene. Indirekte konsekvenser er et fald i den samlede produktion på 17 mia.kr. og en stigning i den totale import på 4 mia.kr. De summariske ændringer i de makroøkonomiske nøgletal dækker imidlertid over et disaggregeret billede, der både rummer modsat rettede bevægelser, og bevægelser af forskellig størrelse. Produktionsændringer i forhold til krisereferencescenariet er i såvel værdi som relativt vist i nedenstående tabel 6-45 for modellens ikke-energisektorer.

Tabel 6-45. Ingen lagertræk af ikke-energivarer. Produktionsændringer i ikke-energisektorer.

LINRAT-sektor	- værdi - (mio.kr.)	- niveau -
1. Landbrug	3998	1.12
2. Nær. & nydelsesmidl.	4076	1.06
3. Kemisk industri	577	1.04
4. Jern & metal I	0	1.00
5. Jern & metal II	64	1.00
6. Tegl & cement	199	1.19
7. Lev. t. byggeri	367	1.05
8. Papir & pap	13	1.01
9. Glas & porcelæn	35	1.03
10. Anden fremstilling	923	1.04
11. Bygge & anlæg	-1235	0.96
22. Transport	-552	0.98
23. Handel & service	-25367	0.85
24. Off. tjenester	-62	1.00

En tydelig skillelinie optræder mellem sektorer med henholdsvis uden transaktionslagre i krisereferencescenariet. De førstnævnte, dvs. sektor nr. 1-10, forøger produktionen, medens de sidstnævnte formindsker produktionen¹⁾. Årsagen er, at de øgede lagerinvesteringer må balanceres af enten tilsvarende reduktioner af de andre endelige anvendelser eller stigninger i indenlandsk produktion og import. Den første mulighed udelukkes af, at maksimale reduktioner på anvendelsessiden allerede er foretaget i krisereferencescenariet for de pågældende 10 sektorer, hvorfor de manglende transaktionslagre må kompenseres af øget produktion og import. De differentierede importkvoter for lagerinvesteringer fastlægger for forskellige sektorer forskellige træk på henholdsvis import og indenlandsk produktion

1) Der ses bort fra "Jern & metal I", hvor produktionen er uforandret i forhold til krisereferencescenariet.

og forklarer, hvorfor produktionsstigningerne ikke udviser en ensartet tendens, men er spredt i intervallet 0%-19%.

Den øgede produktion stiller krav om øget energianvendelse - specielt af olieprodukter - hvilken nødvendiggør en omfordeling mellem produktionssektorerne, idet der ikke eksisterer muligheder for yderligere reduktioner med hensyn til de endelige anvendelser af de relevante energivarer. Direkte sker omfordelingen mellem "Handel & service" og de 10 sektorer med produktionsstigninger, men indirekte inddrages "Bygge & anlæg" og "Transport" - samt i begrænset omfang "Offentlige tjenester" - på grund af koblingen som underleverandører til "Handel & service". Effekten af energiomfordelingen bliver et produktionsfald på 27 mia.kr. i de 4 sektorer, der rammes af omfordelingen og en produktionsstigning på 10 mia.kr. i de 10 sektorer, der begunstiges af omfordelingen, og endvidere et fald på 24 mia.kr. i privat konsum, der udelukkende kan relateres til "Handel & service".

Træk fra egentlige varelagre (excl. energivarer) udgør i egen- skab af buffer mellem produktion og endelig anvendelse et væsentligt styringsinstrument i en situation med et olieforsyningssvigt, som det fremgår af ovenstående to tabeller. Træk fra olielagre udgør imidlertid et betydeligt mere offensivt styringsinstrument, der direkte sigter på det fundamentale problem - nemlig de reducerede olieleverancer. Afhængigt af forsyningssvigtets størrelse, omfanget af de aktuelle olielagre samt størrelsen af de ønskede lagerreduktioner er dette styringsinstrument i stand til på kort sigt helt eller delvis at kompensere for den formindskede olieimport og derved reducere skadevirkningerne på samfundsøkonomien. I en olieforsyningskrise vil træk på olielagre naturligt være placeret som det centrale styringsinstrument, på baggrund af hvilket den øvrige styringsstrategi afledes.

I modsætning til transaktionslagrene af ikke-energivarer indgår olielagrene i modellen som reelle tilstedeværende lagerbeholdninger. Fra disse blev der for råolie og de fire raffinerede olieprodukter trukket 25% i krisereferencescenariet. I det

følgende belyses konsekvenserne af ændrede forudsætninger med hensyn til det relative lagertræk, idet de øvrige forudsætninger i krisereferencescenariet er uændrede.

Til trods for at compensationseffekten af de i krisereferencescenariet gennemførte lagertræk er væsentlig forskellig for de fire raffinerede produkter - jvf. tabel 6-21 - fastholdes forudsætningen om samme relative lagertræk for hvert af olieprodukterne. Nedenstående fig. 6-11 illustrerer, med den uforstyrrede økonomi som referencescenarium, relative ændringer i de makroøkonomiske nøgletal.

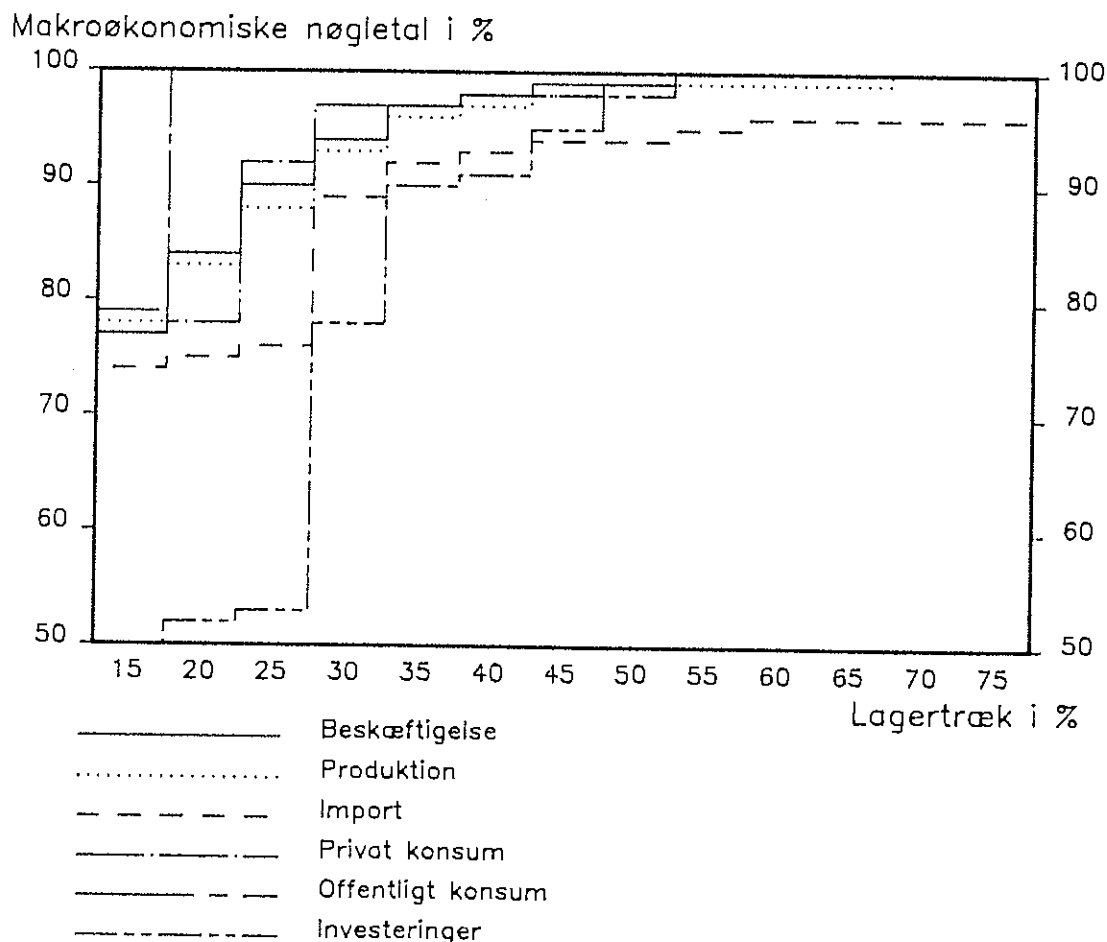


Fig. 6-11. Makroøkonomiske konsekvenser af alternative træk på olielagre.

Fig. 6-11 viser, at villigheden til afvikling af eksisterende olielagre under en olieforsyningskrise har afgørende indflydelse på krisens forløb og makroøkonomiske udbredelse. Ved 75% træk på de fem typer af olielagre - altså en tredobling af lagertrækket i forhold til krisereferencescenariet - isoleres forsyningssvigtets effekter på samfundsøkonomien, således at kun oliesektorerne rammes. Olieforsyningssvigtet på ialt 4.2 mia.kr. reducerer den samlede import med 4% - jvf. fig. 6-11 - og raffinaderiproduktionen med 2.1 mia.kr., medens det private konsum, på grund af de store lagertræk, kan opretholdes sammenlignet med den uforstyrrede økonomi! Ned til 60% lagertræk rammer forsyningskrisen praktisk taget kun oliebalancerne (incl. det private konsum af olieprodukter), men ved mindre lagertræk inkluderes successivt større områder af samfundsøkonomien. Med step på 5% er 15% lagertræk det mindst mulige under de givne forudsætninger, idet gas-/diesel olie balancen ikke kan etableres ved et lagertræk på kun 10% og derunder. Snarere end at manifestere økonomiens sammenbrud peger for små lagertræk på et urealistisk og ukoordineret mix af styringsinstrumenter, der er utilstrækkeligt til at modvirke konsekvenserne af forsyningskrisen, og som derfor i lyset af en modelkørsel må revideres.

Ved 15% lagertræk formindskes beskæftigelsen med 556000 mandår, eller med 23% i forhold til den uforstyrrede økonomi. De samlede investeringer og offentligt konsum reduceres med henholdsvis 50% og 21%. I stedet for disse urealistisk lave lagertræk fokuseres nøjere på situationen med 50% lagertræk, hvilke repræsenterer en fordobling i forhold til krisereferencescenariet. Tabel 6-46 viser, i forhold til den uforstyrrede økonomi, ændringer i tilgangen af hvert af de fire raffinerede olieprodukter og lagertrækkets kompositionseffekt - jvf. tabel 6-21.

En sammenligning af nedenstående tabel 6-46 med den tilsvarende tabel 6-21 for krisereferencescenariet afslører, at kompositionseffekten for andre raffinerede produkter kun forøges i begrænset omfang - fra 0.33 til 0.41 - af det fordoblede lagertræk, hvilket giver indtryk af, at de samlede lagerbeholdninger af denne produktkategori er relativt begrænsede. Dette indtryk forstærkes af tabel 6-47, der er en parallel til tabel 6-22 for krisereferencescenariet.

Tabel 6-46. Lagrenes kompenationseffekt ved 50% lagertræk.

Olieprodukt	Ændr. i tilgang (q + m)	Ændr. i lagertræk (i ⁻)	Netto ændr. (q + m - i ⁻)	Kompensationseffekt
Gas-/diesel olie	-2442 mio.kr.	-1913 mio.kr.	-529 mio.kr.	0.78
Benzin	-951 " "	-687 " "	-264 " "	0.72
Fuelolie	-1310 " "	-1071 " "	-239 " "	0.82
Andre raff. prod.	-580 " "	-235 " "	-345 " "	0.41

Tabel 6-47. Nedgangen i produktionssystemets olieanvendelse ved 50% lagertræk

Olieprodukt	Netto ændr. (q + m - i ⁻)	Ændr. i privat konsum	Ændr. i prod. systemets energianvendelse	
			- værdi -	- % -
Gas-/diesel olie	-529 mio.kr.	-306 mio.kr.	-223 mio.kr.	-4
Benzin	-264 " "	-194 " "	-70 " "	-6
Fuelolie	-239 " "	-3 " "	-236 " "	-5
Andre raff. prod.	-345 " "	-1 " "	-344 " "	-15

Fordoblingen af lagertrækket reducerer nedgangen i produktionssystemets anvendelse af gas-/diesel olie, benzin og fuel olie betydeligt, således at denne tangerer det område, der kan elimineres ved hjælp af energibesparelser og substitution. For andre raffinerede produkter har lagertrækket imidlertid ikke den samme effekt, hvilket skaber et flaskehalsproblem. Dette problem er ved hjælp af skyggeværdien for råolie og de raffinerede olieprodukter (excl. benzin) illustreret i nedenstående fig. 6-12, hvor lagertrækkets størrelse er indføjret som den relevante dimension¹⁾. Af hensyn til separabilitet og overskuelighed er kurverne i figuren ikke konstrueret som trappekurver.

1) Skyggeværdien for benzin er nul for alle størrelser af lagertræk. Skyggeværdierne knytter sig til de endelige anvendelser i io-systemet.

Skyggeværdi i mandår/mio.kr.

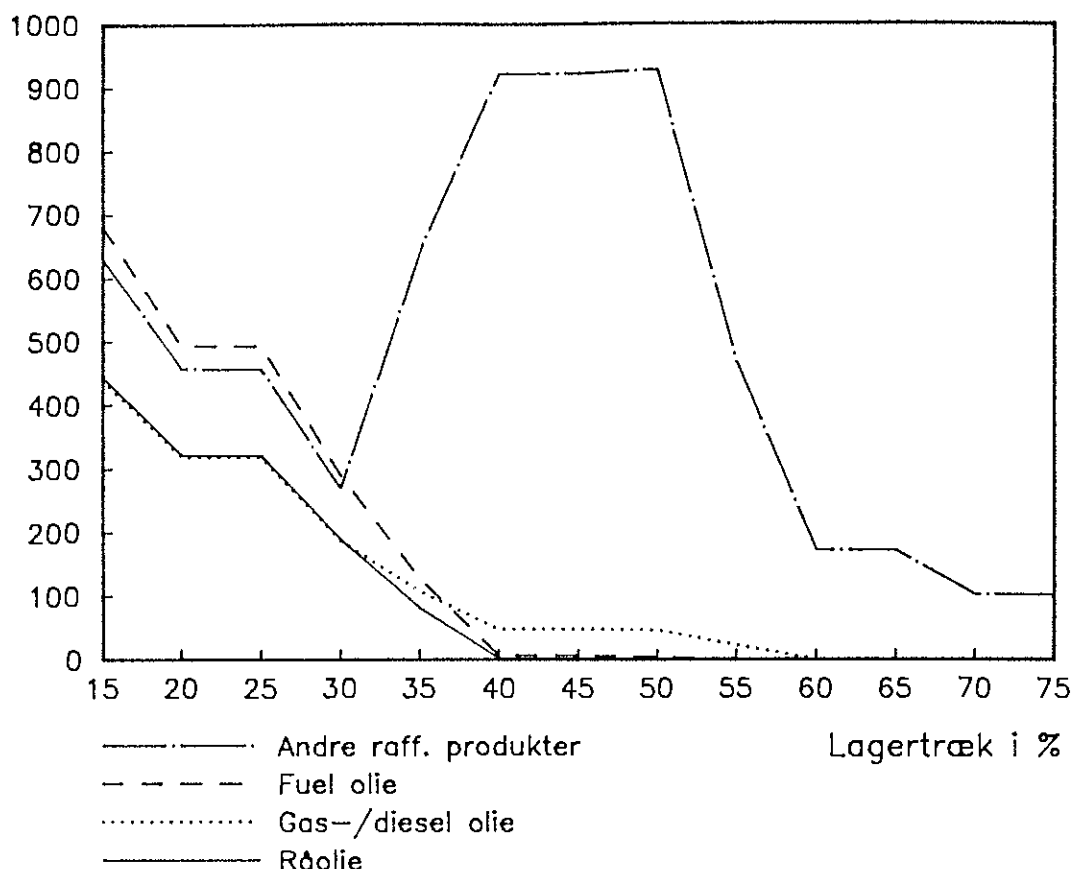


Fig. 6-12. Skyggeværdier for olieprodukter ved alternative lagertræk.

Andre raffinerede produkter, som primært anvendes som mellemprodukt i raffinaderierne, bliver en dominerende flaskehals ved lagertræk på 35% og derover, der bl.a. binder raffinaderiproduktionen ved 50% lagertræk så kraftigt, at den indenlandske råolieproduktion indstilles. Tillades derimod 100% lagertræk af andre raffinerede produkter elimineres flaskehalsproblemet, og den indenlandske råolieproduktion kan opretholdes i maximalt omfang i overensstemmelse med den givne produktionskapacitet.

Flaskehalsproblemet afspejler snarere et dataproblem i relation til modellen end et reelt raffinaderi- og lagerproblem. Residualbestemmelsen af andre raffinerede produkter er tidligere

blevet kritiseret - jvf. afsnit 4.2.3 og 5.3 - og yderligere hviler estimationen af lagerbeholdningen på et usikkert grundlag - jvf. bilag 6. I det omfang flaskehalsproblemet er reelt, er det ikke teknisk betinget, men betinget af en uhensigtsmæssig administration af interne raffinaderilagre, der formindsker produktionspotentialiet i såvel raffinaderierne som i den indlandske råolieproduktion.

I lyset af flaskehalsproblemet præsenteres de makroøkonomiske nøgletal i tabel 6-48 både for situationen med en generel fordobling af lagertrækket i forhold til krisereferencescenariet og for denne situation modificeret med en 100% udnyttelse af lageret af andre raffinerede produkter.

Tabel 6-48. Makroøkonomiske nøgletal ved 50% træk på olielagre (mia. 1980-kr. henholdsvis mandår).

	Ændr. i forh. t.		100% andre raff. prod.
	- kriseref. -	- uforst. øk. -	- uforst. øk. -
Samlet produktion	+66	-8	-1
Eksport	0	0	0
Import	+20	-6	-4
Handelsbalance	-20	+6	+4
Privat konsum	+11	-2	0
Offentligt konsum	0	0	0
Lagerændringer	+8	-5	-4
Investeringer m.v.	+33	-1	0
Beskæftigelse	+234000	-15000	0

Ovenstående tabel viser, at en fordobling af trækket fra olielagrene - uanset flaskehalsproblemet - resulterer i en betragtelig forbedring af de makroøkonomiske nøgletal i forhold til krisereferencescenariet, således at skadevirkningerne sammenlignet med den uforstyrrede økonomi er begrænsede. Udnyttes lageret af andre raffinerede produkter i maksimalt omfang kan den givne olieforsyningskrise indkapsles som en petroøkonomisk krise, der udelukkende har konsekvenser for oliebalancerne,

men er isoleret fra den øvrige samfundsøkonomi¹⁾. En af konsekvenserne er en begrænsning (3%) af det private konsum af gas-/diesel olie. Introduceres substitutionsmulighederne i det private konsum - jvf. afsnit 6.7 - får denne begrænsning ikke indflydelse på den private rumopvarmning.

Undersøgelserne i dette afsnit har understreget olielagrenes rolle som et centralt styringsinstrument, der direkte kompenserer for den reducerede olieimport. Graden af compensation afgøres af lagerafviklingens hastighed og dermed af forventningerne om forsyningskrisens længde. Afvikles olielagrene over 2 år - med 50% pr. år - og anvendes i øvrigt samme styringsinstrumenter som i krisereferencescenariet viser modellen, at de makroøkonomiske effekter af en 20% reduktion af olieimporten er begrænsede.

6.8.2. Forbrugsbegrænsninger og handelssanktioner

Som tidligere anført adskiller forbrugsbegrænsninger og handels-sanktioner sig ikke modelteknisk fra øgede lagertræk, idet disse styringsinstrumenter alle implementeres som bounds på endelige anvendelseskomponenter, mellem hvilke LINRAT er indifferent. Det er dog væsentligt at præsentere styringsinstrumenterne som selvstændige, fordi de i praksis har vidt forskellige økonomiske implikationer samt relaterer sig til forskellige områder af samfundsøkonomien.

Forudsætningerne i krisereferencescenariet vedrørende det private konsum og eksporten fremgår af tabel 6-10. Differentierede forbrugsbegrænsninger optræder for det private konsum såvel for ikke-energivarer som for energivarer, mens eksporten af samtlige varer antages opretholdt i forhold til den uforstyrrede økonomi under forsyningskrisen.

1) Nedgangene i de makroøkonomiske nøgletal i den højre tal-søjle i tabel 6-48 repræsenterer udelukkende ændringer i oliebalancerne.

I det følgende belyses konsekvenserne af henholdsvis strammere forbrugsbegrænsninger for det private energiforbrug og generelle handelssanktioner, hvor sidstnævnte kobles til importen for at sikre handelsbalanceneutralitet i forhold til den uforstyrrede økonomi, med andre ord den samlede eksport antages under energiforsyningskrisen formindsket i samme omfang som den samlede import. Eksporten af olieprodukter tillades dog maksimalt reduceret med 20% for hver produkttype for at forhindre en for høj prioritering af indenlandske hensyn. Der etableres dermed en overensstemmelse mellem den relative nedgang i de importerede olieprodukter (= forsyningssvigtet) og de handelssanktioner, der iværksættes med hensyn til den tilsvarende eksport. For de øvrige eksportkomponenter tillades ubegrænsede reduktioner.

I tabel 6-49 er de strammere forbrugsbegrænsninger opstillet. Forbrugsbegrænsningerne omfatter kun de energityper, som i praksis har en betydning i det samlede private energiforbrug.

Tabel 6-49. Forbrugsbegrænsninger. Andele i forhold til uforstyrret økonomi.

<u>Energitype</u>	<u>- C_{min} -</u>
Gas-/diesel olie	0.88 (0.94)
Benzin	0.80 (0.90)
El	0.85 (0.90)
Bygas	0.85 (0.90)
<u>Fjernvarme</u>	<u>0.85 (0.90)</u>

Anm.: I parentes er til sammenligning vist forbrugsbegrænsningen i krisereferencescenariet.

For privat rumopvarmning (gas-/diesel olie) og privat transport (benzin) er forbrugsbegrænsningerne fordoblet sammenlignet med krisereferencescenariet, mens de er forøget med 50% for el, bygas og fjernvarme. Forudsætningerne er ellers uændrede i forhold til krisereferencescenariet.

I tabel 6-50 er vist effekterne på de makroøkonomiske nøgletal af de ovenfor specificerede strammere forbrugsbegrænsninger henholdsvis iværksatte handelssanktioner.

Tabel 6-50. Makroøkonomiske nøgletal. Ændringer i forhold til krisereferencescenarium (mia. 1980-kr. henholdsvis mandår).

	Strammere for- brugsbegrænsn.	Handels- sanktioner
Samlet produktion	+27	+60
Eksport	0	-8
Import	+15	+19
Handelsbalance	-15	-27
Privat konsum	+7	+11
Offentligt konsum	0	0
Lagerændringer	+4	+8
Investeringer m.v.	+18	+34
Beskæftigelse	+102000	+212000

Begge partielle ændringer i krisereferencescenariets styringspolitik øver væsentlig indflydelse på størrelsen af de makroøkonomiske nøgletal. I det følgende rettes blikket mod sektorforskydningerne bag nøgletallene for bl.a. at få afsløret, i hvilket omfang de ændrede restriktioner er bindende.

Strammere forbrugsbegrænsninger kan ikke umiddelbart udledes af ændringen i det samlede private konsum, idet dette forøges med 7 mia.kr. Denne nettoforøgelse trækkes af et øget forbrug af leverancer fra "Jern & metal II" (1.5 mia.kr.) og fra "Anden fremstilling" (6.3 mia.kr.), idet forbruget af hver af de af forbrugsbegrænsningerne omfattede energivarer - jvf. tabel 6-49 - formindskes. Kun for benzin bliver den fastlagte nedre forbrugsgrænse - ligesom i krisereferencescenariet - ikke bindende, da LINRAT kun reducerer benzinformbruget med 7% - sammenlignet med de tilladte 20%. Dette betyder, at skyggeværdien for benzin er 0. Blandt energivarerne er skyggeværdien højest for fuel olie og andre raffinerede produkter (290 mandår/mio.kr. henholdsvis 269 mandår/mio.kr.).

Som flere af de tidligere kørsler har vist, er det sektoraktiviteten i "Anden fremstilling", "Handel & service", "Jern & metal II" og "Bygge & anlæg", der begunstiges relativt mest af produktionssystemets forøgede olietildeling. Disse sektorer tegner sig også tilsammen for stigningen på 18 mia.kr. i de samlede investeringer.

Handelssanktionerne har med hensyn til beskæftigelse og produktion dobbelt så stor effekt som de strammere forbrugsbegrænsninger og bevirker, at beskæftigelsen kun reduceres med 37000 mandår (1.5%) og den samlede produktion med 14 mia.kr. (2%) i forhold til den uforstyrrede økonomi. Handelsbalancen forringes med 27 mia.kr. i forhold til krisereferencescenariet, men er - som forudsat - uændret i forhold til den uforstyrrede økonomi. Eksporten af olieprodukter reduceres samlet med 468 mio.kr., og som det er tilfældet med de strammere forbrugsbegrænsninger, bliver de givne nedre begrænsninger bindende for alle olieprodukter - bortset fra benzin, hvor eksporten oprettholdes i uændret omfang.

Handelssanktionerne bevirker yderligere, at eksporten af el og bygas indstilles, hvorved der til indenlandsk anvendelse frigøres energi for 586 mio.kr. henholdsvis 74 mio.kr. Af ikke-energisektorerne er det praktisk taget kun "Transport", der berøres af handelssanktionerne, idet eksporten fra denne sektor formindskes med 6 mia.kr. Denne formindskelse betyder, at "Transport" som den eneste af ikke-energisektorerne - i forhold til krisereferencescenariet - får reduceret sin produktion (-5 mia.kr.), mens "Bygge & anlæg", "Handel & service" og "Jern & metal II" i rollen som leverandører af investeringsgoder i særlig grad tilgødeses af stigningen på 34 mia.kr. i de samlede investeringer. Produktionen i de tre nævnte sektorer forøges samlet med ca. 40 mia.kr.

Relativt beskedne forskydninger i oliebalancerne er årsag til de betydelige ændringer i de makroøkonomiske nøgletal, som optræder i tabel 6-50. I tabel 6-51 er vist effekten af handels-sanktioner henholdsvis strammere forbrugsbegrænsninger på produktionssystemets olieanvendelse, idet krisereferencescenariet er medtaget som sammenligningsgrundlag (jvf. tabel 6-22).

Tabel 6-51. Nedgange i produktionssystemets olieanvendelse i forhold til den uforstyrrede økonomi (værdi i mio. 1980-kr.).

Olieprodukt	Krisereference-		Strammere forbrugs-		Handelssank-	
	scenarium		begrænsninger		tioner	
	- værdi -	%	- værdi -	%	- værdi -	%
Gas-/diesel olie	-721	-12	-558	-9	-661	-11
Benzin	-168	-16	-139	-13	-105	-10
Fuel olie	-683	-15	-630	-14	-469	-10
Andre raff. prod.	-402	-18	-364	-16	-285	-13

Da skyggeværdien for benzin er 0 i ovenstående tre situationer, viser tabel 6-51, at det i særlig grad er en forøgelse af anvendelsen af de tunge raffinerede produkter, der skjuler sig bag de forbedrede makroøkonomiske nøgletal. Mere generelt viser tabellen i hvor høj grad centrale makroøkonomiske parametre er afhængige af marginale ændringer i de enkelte oliebalancer.

6.9. Samlet vurdering af modelkørsler

Den omfattende præsentation af modelkørsler og modelresultater i dette kapitel afrundes med en samlet vurdering af modelkørslerne, i hvilken hovedresultaterne forsøges udkrystalliseret. Der gøres tilløb til konklusioner i bevidstheden om, at disse på baggrund af en optimeringsmodel som LINRAT vanskeligt kan drages på et objektivt grundlag, men i høj grad vil reflektere valgte forudsætninger. Endelig foretages en sammenligning mellem de enkelte styringsinstrumenters partielle effekt mht. beskæftigelsen for at skabe et overblik over styringsinstrumenternes relative slagkraft.

Beskæftigelsesintensitet og energiintensitet er de væsentligste adfærdsdeterminanter til forståelse af LINRAT's prioritering af den enkelte io-sektor. Modelkørslerne har vist, at produktionen i "Offentlige tjenester" i alle situationer har højeste prioritet, hvilket forklares af, at sektoren samtidigt repræsenterer

en meget høj beskæftigelsesintensitet og en meget lav energiintensitet. I det opstillede krisereferencescenarium med et 20% forsyningssvigt på de importerede olieprodukter anbefaler modellen en differentieret rationering af olieleverancerne til produktionssektorerne, således at aktivitetsfald i intervallet 0% -38% bliver konsekvensen - med "Offentlige tjenester" og "Bygge & anlæg" som henholdsvis højest og lavest prioriterede sektor.

Anvendes i stedet en proportional rationering, således at alle produktionssektorer tildeles den samme rationeringskvote mht. det enkelte olieprodukt, vil der på grund af flaskehalsproblemer i produktionssystemet ske en unødigt forringelse af de væsentligste makroøkonomiske nøgletal, f.eks. beskæftigelse og produktion. Den proportionale rationering er uhensigtsmæssig af to grunde. For det første, fordi den ikke harmonerer med de differentierede krav, der under en energiforsyningskrise stilles til forskellige endelige anvendelser og til forskellige varer/tjenester indenfor den enkelte endelige anvendelse. For det andet, fordi den ikke tager højde for, at nogle sektorer i højere grad end andre har status af underleverandører i produktionssystemet. Selvom der - ganske urealistisk - stilles proportionale krav til de endelige anvendelser, har modelkørsler demonstreret, at den differentierede rationering er mest hensigtsmæssig!

Underleverandørrollen i produktionssystemet kobler to eller flere sektorer sammen i et afhængighedsforhold, der betyder, at LINRAT ikke kan prioritere sektorerne fuldstændigt uafhængigt af hinanden. Eksempler på sådanne forhold er "Landbrug" som underleverandør til "Nærings- & nydelsesmidler" og "Tegl & cement" samt "Leverancer til byggeri" som underleverandører til "Bygge & anlæg". I analysen af sammenhængen mellem størrelsen af forsyningssvigtet og de enkelte sektors produktionsniveau kunne en stor overensstemmelse konstateres mellem produktionsniveauernes forløb for de koblede sektorer.

Følsomhedsanalysen mht. forsyningssvigtets størrelse viste, at det mix af styringsinstrumenter, der ligger til grund for krisereferencescenariet, er tilstrækkeligt til at imødegå forsyningssvigt i intervallet 0%-23%. Ved større forsyningssvigt er det

nødvendigt at introducere en strammere styringsstrategi (f.eks. strammere forbrugsbegrænsninger og/eller øgede træk fra olielagre) for at få energibalancerne til at hænge sammen. Med de valgte styringsinstrumenter er der etableret en effektiv buffer mellem olieforsyningssvigt og produktionssystemet, således at aktiviteten ikke påvirkes af forsyningssvigt op til (og med) 13%. Bufferen udgøres af træk på olielagre og forbrugsbegrænsninger. Ved forsyningssvigt på over 13% er bufferen dog utilstrækkelig, og op til 23% forsyningssvigt udsættes produktionssystemet for accelererende fald i beskæftigelsen. Den udførte følsomhedsanalyse afdækkede to væsentlige forhold. For det første, at sammenhængen mellem aktiviteten i produktionssystemet og størrelsen af forsyningssvigtet ikke er lineær - snarere exponentiel. For det andet, at den marginale beskæftigelsesintensitet er stigende ved større forsyningssvigt, hvilket betyder, at LINRAT ved mindre forsyningssvigt har mulighed for at prioritere beskæftigelsesintensive sektorer, mens også disse pålægges restriktioner ved større forsyningssvigt.

Udover størrelsen af forsyningssvigtet er kvaliteten af betydning. I krisereferencescenariet var kun den tunge råolie omfattet af forsyningssvigtet. Kørsler har dog vist, at et forsyningssvigt på let nordsø olie - alt andet lige - vil have de værste konsekvenser for samfundsøkonomien. Gas-/diesel olien bliver den største flaskehals ved et forsyningssvigt på let nordsø olie. Fuel olien har denne rolle ved et forsyningssvigt på tung råolie. Disse to raffinerede produkter er i samtlige kørsler inde i billedet med de største skyggeværdier, mens benzin næsten éntydigt har skyggeværdien 0 i alle modelkørsler. Denne benzinrigelighed har to implikationer. For det første, at raffinaderierne reducerer benzinproduktionen til et teknisk minimum under forsyningskrisen til fordel for produktionen af fuel olie og gas-/diesel olie og for det andet, at begrænsningen af det private benzinforbrug - primært privat transport - er relativt moderat.

I raffinaderierne er indbygget en kortsigtsflexibilitet - crakningsflexibilitet - der betyder, at produktsammensætningen, på det givne produktionsudstyr, er flexibel indenfor snævre tek-

niske grænser. Modelkørsler har vist, at samfundsøkonomiske hensyn kan tilgodeses under en olieforsyningskrise ved fastlæggelse af raffinaderiernes produktsammensætning i overensstemmelse med beregnede skyggeverdier for raffinerede produkter. Ud fra en skyggeverdibetragtning er en crackningsflexibilitet på $\pm 2\%$ for hvert af de raffinerede produkter i krisereferencescenariet optimal, fordi beskæftigelsen ikke forbedres yderligere af en øget crackningsflexibilitet udover $\pm 2\%$.

Forsyningssvigtet skaber - når der ses bort fra benzin - direkte knaphed på olieprodukter. Indirekte forårsager det imidlertid også knaphed på øvrige energivarer, specielt konverterede energivarer, der i stort omfang er baseret på olieprodukter. Fjernvarmen er i dette billede mere centralt placeret end el, fordi denne næsten udelukkende er baseret på fuel olie, mens de ikke kriseramte kul er en væsentlig inputfaktor i elproduktionen. Kul er under olieforsyningssvigtet ikke præget af knaphed, fordi kulimporten forudsættes opretholdt. I det omfang kortsigtssubstitution er mulig, udgør kul derfor en væsentlig potentiel substitut for olieprodukter. Substitution i privat rumopvarmning fra gas-/diesel olie til kul har en betydelig makroøkonomisk effekt - jvf. den efterfølgende tabel 6-52.

Træk fra opbyggede olielagre er det mest nærliggende styringsinstrument at bringe i anvendelse under et pludseligt opstået olieforsyningssvigt, fordi det direkte sigter på det fundamentale problem: de reducerede olieleverancer. Forsyningssvigtets varighed - eller måske snarere forventningerne om varigheden - er dog afgørende for effektiviteten af styringsinstrumentet. I modsætning til de øvrige styringsinstrumenter er træk fra olielagre en udpræget kortsigtet foranstaltning. Forsyningssvigtet kan på kort sigt helt eller delvist kompenseres af lagertræk. I krisereferencescenariet betød en fordobling af lagertrækket - fra 25% til 50% - at skadevirkningerne på samfundsøkonomien af forsyningssvigtet blev begrænsede. Valgtes i stedet 60% lagertræk, kunne forsyningskrisen isoleres som en petroøkonomisk krise, der kun havde implikationer for oliebalancer og olie-sektorer.

En væsentlig del af modelkørslerne har beskæftiget sig med partielle analyser af de i LINRAT indbyggede styringsinstrumenter. Analyserne har primært været centreret omkring styringsinstrumenternes indflydelse på krisereferencescenariet og kun perifert beskæftiget sig med en sammenligning af de forskellige styringsinstrumenters effekter. I tabel 6-52 præsenteres en samlet oversigt over effekten på beskæftigelsen af de enkelte styringsinstrumenter. I tabellen er foretaget en rangordning af styringsinstrumenterne efter faldende effekt, og for hvert styringsinstrument er inkluderet en reference til det sted i rapporten, hvor påvirkningen af de makroøkonomiske nøgletal - deriblandt beskæftigelsen - er dokumenteret.

Tabel 6-52. Styringsinstrumenternes partielle effekt

Styringsinstrument	Ref.	Ændr. i beskæftigelsen (ΔW)
Differentieret rationering	(s. 234)	420000 mandår
Fordoblet træk fra olielagre	(s. 253)	234000 "
Handelssanktioner	(s. 256)	212000 "
Substitution i priv. rumopvarmning	(s. 241)	104000 "
Strammere forbrugsbegrænsninger	(s. 256)	102000 "
Lagre af ikke-energivarer	(s. 246)	82000 "
Energibesparelser	(s. 241)	67000 "
Substitution i produktion	(s. 241)	42000 "
Crackningsflexibilitet	(s. 228)	36000 "

Tabellen giver mulighed for - på et summarisk grundlag - at sammenligne styrken af de under et olieforsyningsssvigt til rådighed stående styringsinstrumenter. Tabellen giver et indtryk af gevinsten ved at introducere et givet styringsinstrument.¹⁾ Med i overvejelserne hører selvfølgelig også vurderinger af de økonomiske, administrative og politiske omkostninger. Disse vurderinger ligger uden for rammerne af den foreliggende rapport.

1) De enkelte styringsinstrumenter i tabel 6-52 er givet ved detaljerede, kvantitative forudsætninger. Ændres disse, så ændres også effekten af styringsinstrumentet. Tabellen postulerer derfor ikke éntydighed - blot implikationer af realistiske forudsætninger.

7. MODELKRITIK

Nærværende kapitel beskæftiger sig med en kritisk evaluering af LINRAT. Hvilke (nødvendige) forenklinger og begrænsninger rummer LINRAT, og i hvilken udstrækning er modellen en rimelig repræsentation af virkelighedens verden? For at skabe overblik er evalueringen i det følgende opsplittet i selvstændige kritikpunkter.

Velfærdsoptimering. En væsentlig baggrund for valget af beskæftigelsen som optimeringskriterium er en eksisterende arbejdsløshed på det danske arbejdsmarked samt udbredte ønsker hos potentielle beslutningstagere om at tilgodese beskæftigelsen i den offentlige planlægning. I en realistisk sammenhæng er beskæftigelsen imidlertid blot ét blandt mange velfærdsmål, men på grund af dels problemer med at fortolke modelkørsler på baggrund af en flerleddet objektfunktion dels problemer med sammenvejning af flere kriterier, er der i LINRAT opstillet en objektfunktion, der er éntydig med hensyn til et centralt velfærdsmål¹⁾.

Politiske og økonomiske kriterier er dog ikke udelukkende indeholdt i modellens objektfunktion, men tilgodeses også i form af bounds og restriktioner. Grænsen mellem objektfunktion og restriktion er derfor i praksis ikke knivskarp.

Overfor valget af objektfunktion er LINRAT yderst flexibel, og både modelteknisk og programmeringsmæssigt er ændringen af objektfunktion ukompliceret at implementere. Det formelle og metodiske krav til objektfunktionens udseende er blot linearitet og - hvis flere kriterier er inkluderet - kommensurabilitet.

1) Strengt taget rummer LINRAT's objektfunktion - udover den samlede beskæftigelse - også træk fra olielagre, men disse er vejet så lette, at de i praksis ingen indflydelse får på objektfunktionens værdi. Formålet er blot at hindre en indifferens med hensyn til de endelige anvendelser af olieprodukter.

Lineariteten. Samtlige LINRAT's relationer er lineære, hvilket er en forudsætning for den anvendte metode: LP. En lineær model er et godt pragmatisk udgangspunkt, hvis der ikke foreligger tungtvejende grunde til at antage mere komplicerede - og ulineære matematiske funktionsformer som beskrivelser af "virkeligheden". Hele input-output strukturen i LINRAT - og det dertil hørende tilgængelige disaggregerede datamateriale fra DS - tilsiger dog anvendelsen af en lineær modelstruktur.

Lineariteten i objektfunktionen er dog problematisk på kort sigt, hvor en stringent lineær sammenhæng mellem produktion og beskæftigelse - givet ved beskæftigelseskoefficienterne - er urealistisk. Et eksempel på mikroniveau kan illustrere problemet.

En virksomhed anvender blandt mange produktionsfaktorer fuel olie som input. Under et råolieforsyningssvigt mindskes leverancerne af fuel olie til virksomheden, og produktionen tvinges til at mindskes, da der ikke foreligger substitutionsmuligheder. Forsyningssvigtet antages at være et kortsigtsfænomen, efter hvilket normale tilstande forventes reetableret. Da virksomheden besidder en stabil og erfaren arbejdsstyrke med et specialiseret kendskab til virksomhedens arbejdsprocesser og -rutiner, vælger virksomheden - trods faldende produktion - at holde på arbejdskraften, fordi afskedigelser i den akutte situation forventes at rumme uheldige konsekvenser på længere sigt.

Det beskrevne fænomen kaldes "labour hoarding", og dette må i høj grad forventes at karakterisere en kortsigtet energiforsyningskrise, således at forsyningskrisens beskæftigelseseffekter ikke bliver så dramatiske, som LINRAT postulerer. Bortset fra at det er vanskeligt at estimere effekten af "labour hoarding", så har dette fænomen ikke indflydelse på energiallokeringsmekanismen i LINRAT. Uanset tilstedeværelsen af "labour hoarding" tilgodeser modellen i sin energiallokering produktionssektorer, der er relativt beskæftigelsesintensive og energilette. Modelteknisk kunne "labour hoarding" modelleres som energibesparelserne i LINRAT, med andre ord som en ikke inputmodtagende io-sektor. En sådan konstruktion bryder imidlertid

kun koblingen mellem energiforbrug og arbejdskraftforbrug - ikke koblingen mellem produktion og arbejdskraftforbrug - og er derfor teoretisk utilfredsstillende.

Substitution. Leontief's produktionsfunktion, der er limitational og proportional, er et traditionelt teoretisk udgangspunkt for en kortsigts io-model, hvor substitution principielt ignoreres. I LINRAT er Leontief's produktionsfunktion dog modificeret for at kunne tage højde for kortsigts energisubstitution. Et produktionssystem vil - selv på kort sigt - rumme en vis fleksibilitet, som den traditionelle io-model med exogene tekniske koefficienter ikke er i stand til at afspejle.

Der knyttes i LINRAT speciel interesse til fleksibiliteten i produktionssystemets energiinputstruktur, og denne fleksibilitet er forsøgt modelleret i et separat substitutionsmodul udenfor io-systemet, således at io-systemet kun fastlægger de totale energiinputkoefficienter, mens substitutionsmodulet specificerer substitutionsmuligheder mellem ni potentielle energisubstitutter samt energibesparelsemuligheder. Denne opblødning af A-matricen - gennem rektangulariseringen - tilfører LINRAT langsigts egen-skaber, hvorfor det må understreges, at energisubstitutionen i LINRAT kun omfatter substitution på det eksisterende kapitaludstyr.

At substitutionsmodulet er en modifikation af A-matricens stive inputstruktur betyder, at substitutionsmulighederne i LINRAT er specificeret på et økonomisk niveau, hvor værdier og ikke fysiske størrelser optræder. A-matricen afspejler en værdi-inputstruktur, og substitutionsmodulet angiver således substitutionsmuligheder i værdier, i hvilke energipriserne er en væsentlig determinant. Hvis substitutionsmodulet i LINRAT derfor skal tillægges et realistisk indhold, må det om de relative energipriser forudsættes, at de afspejler de tekniske substitutionsforhold mellem alternative energityper. Er prisen på kul og fuel olie hhv. p_k og p_f , tages dette i LINRAT som et udtryk for, at en bortsubstituering af Δq_f mængder fuel olie (i J) kræver en kulmængde - Δq_k - svarende til

$$\Delta q_k = p_k/p_f \cdot \Delta q_f \quad (7-1)$$

I et rent teknisk substitutionsmodul, hvor substitutionsforhold og -muligheder beskrives i tekniske termer, mao. hvor priserne er ekskluderet, vil det være nødvendigt at operere med effektivitetsmål for forskellige energiformer for at kunne beskrive realistiske ækvivalenser. Disse effektivitetsmål antages de relative energipriser i LINRAT at være et realistisk udtryk for. Er de relative energipriser ikke tilnærmelsesvis udtryk for reelle effektivitetsforskelle, vil LINRAT som en konsekvens anvise økonomiske substitutionsmuligheder, som ikke er teknisk mulige.

Rationeringsmodul på værdigrundlag. Rationeringsmodulet er et værdimodul, der bestemmer - enten endogent eller exogent - de enkelte sektorerers absolutte energiforbrug i værdienheder. Udførelsen af et egentligt rationeringsprogram baseret på energimængder forudsætter altså en transformation af værdier til fysiske mængder via energipriserne. Denne transformation er dog ikke nødvendig, hvis kun sektorernes relative energiforbrug samt modellens prioritering af sektorerne er af interesse.

Lagre i LINRAT. Lagerændringer og ikke lagerbeholdninger optræder i modellen, fordi den er en flow-model baseret på årlige flow-balancer. Når energilagre anvendes som styringsinstrument, er det imidlertid beholdningens aktuelle størrelse, der er interessant, idet denne sætter en øvre grænse for det maksimale lagertræk under en energiforsyningskrise. Denne sammenhæng er ikke modelleret explicit i LINRAT. Øvre grænser for lagertræk af de respektive energityper er dog inkluderet i modellen, og bør fastsættes under hensyntagen til størrelsen af de tilstedeværende lagerbeholdninger.

Forældede data. Det til grund for modellen liggende datamateriale relaterer sig til året 1980 og er derfor principielt forældet. Modelkørslerne med LINRAT beskriver derfor strengt taget den danske økonomi og energisituationen i 1980 og ikke den aktuelle situation i 1986. Årsagen til de forældede data er den lange produktionstid for io-statistik, hvilken godt nok publiceres årligt, men med et time-lag på 3-4 år. Da DS' io-statistik

udgør den grundlæggende database i LINRAT, har det været nødvendigt generelt at anvende 1980 som udgangspunkt for fastlæggelsen af et konsistent og afstemt datainput til modellen.

Stabiliteten af io-koefficienterne er afgørende for længden af deres levetid, dvs. dén tidsperiode, hvor de giver en realistisk beskrivelse af inputstrukturen i produktionssystemet. I dette perspektiv er 3-4 år en lang periode, hvor stabiliteten påvirkes af følgende forhold: tekniske fremskridt, ændringer i relative priser, ændringer i produktmix og stordriftsfordele. Det er derfor af betydning for fortolkningen af modelresultaterne, at de nævnte forhold ikke har øvet væsentlig indflydelse på størrelsen af io-koefficienterne, som de fremtræder i den senest publicerede io-tabel.

Vurderet i perspektivet: planlægningsværktøj, er det væsentligt, at LINRAT så vidt muligt reflekterer et øjebliksbillede af den danske økonomi og energisituation og ikke et retrospektivt billede af en - i energimæssig sammenhæng - fjern fortid, på hvilken en optimering måske vil udpege styringstiltag, der ikke harmonerer med de aktuelle energi- og samfundsøkonomiske forhold. For at imødegå dette problem er det af betydning, at LINRAT's inputdata tager sit udgangspunkt i de senest publicerede io-data og i forhold til disse er opdateret på områder, hvor væsentlige ændringer har fundet sted, og hvor input-output relationerne derfor er åbenlyst forældede. I nærværende rapport er denne opgave blevet nedprioriteret, men i en praktisk planlægningssituation er opgaven en væsentlig forudsætning for at kunne fæste lid til de administrative tiltag, som modelkørerne udpeger som samfundsøkonomisk hensigtsmæssige under en olieforsyningskrise.

Datamaterialet fra 1980 giver - overordnet - et indtryk af en økonomi, der er betydeligt mere sårbar overfor et forsyningssvigt på importerede olieprodukter, end tilfældet rent faktisk er i dag (1986). Forholdet mellem indenlandsk råolieproduktion og råolieimport er siden 1980 blevet betydeligt forbedret, fordi den indenlandske råolieproduktion er vokset kraftigt. Endvidere er den indenlandske naturgas blevet introduceret i samfundsøko-

nomien, hvilket ikke afspejles i 1980-tallene fra DS og dermed heller ikke i scenariet: den uforstyrrede økonomi. I krisereferencescenariet er naturgassen dog inkorporeret som en substitutionsmulighed. Naturgassen vil dels på længere sigt bortsubstituere olieprodukter og dermed mindske sårbarheden overfor et olieforsyningsssvigt og dels udgøre en potentiel kortsigtssubstitut, der under en kortvarig olieforsyningskrise kan anvendes som en midlertidig energisubstitut.

Dataproblemer i raffinaderimodulet. Raffinaderimodulet, der repræsenterer det mest disaggregerede niveau i LINRAT, er behæftet med en del dataproblemer, fordi det har været nødvendigt at kombinere flere ikke indbyrdes konsistente datakilder - jvf. kapitel 5. Disse ulemper opvejes dog af gevinsten ved en detailmodellering af nøglesektoren under et råolieforsyningsssvigt: raffinaderierne. De to hovedproblemer i konstruktionen af datamaterialet til raffinaderimodulet er 1. opsplitningen af den samlede raffinaderiproduktion på produkter, og 2. opsplitningen af den samlede råolieimport.

Ad 1. Den samlede raffinaderisektor - og dermed den samlede raffinaderiproduktion - behandles summarisk i input-output statistikken som én io-sektor. For at opnå en disaggregering af den totale raffinaderiproduktion på produkter er det nødvendigt at inddrage energimatricerne med detaljerede oplysninger om tilgang og anvendelse af 23 energiarter. Der er imidlertid ikke konsistens mellem io-statistikens raffinaderitotal og energimatricens opdeling på raffinerede produkter, hvorfor det for at sikre konsistens i LINRAT's io-modul har været nødvendigt at foretage en residualbestemmelse af en af de fire kategorier af raffinerede produkter - givet størrelsen af de tre øvrige produktkategorier samt raffinaderitotalen. Residualkategorien "Andre raffinerede produkter" har derfor nogle uspecificerede egenskaber, hvilke isoleret betragtet gør kategorien relativt uinteressant. For at sikre konsistensen i LINRAT's io-system er residualkategorien dog nødvendig.

Ad 2. Råolien er vha. bl.a. udenrigshandelsstatistik opsplittet i to råolietyper: let nordsø olie og tung råolie. Formålet med opsplittningen er at få belyst forskelle i råoliekvaliteten, mao. forkaste antagelsen om råolien som et homogent produkt og i stedet operere med råolieprodukter af forskellig kvalitet, dvs. med forskelligt udbyttepotentiale. Det ideelle kvalitetskriterium er en råolies felttilhørsforhold, fordi et givet oliefelt leverer råolie af en homogen kvalitet. Dette kvalitetskriterium implicerer imidlertid et i datamæssig henseende urealistisk detaljeringsniveau, hvorfor et geografisk lande-kriterium i stedet er blevet anvendt som et operationelt kriterium i nærværende sammenhæng. Ud fra dette kriterium afgrænses den høj kvalitative lette nordsø olie til at omfatte den indenlandske råolieproduktion samt råolieimporten fra UK og Norge. Der kan gøres indvendinger med denne afgrænsning, men den er ud fra et homogenitetskriterium rimelig. Urimelig er derimod residualbestemmelsen af den resterende komplementære råolieimport, idet denne mht. råoliekvalitet omfatter en for heterogen produktkategori, jvf. bilag 2, hvor ikke-nordsø oliernes kvalitative forskelligartethed er dokumenteret.

Skal LINRAT have status af et pålideligt og anvendeligt planlægningsværktøj, er en opdatering af visse områder af det exogene datainput en nødvendighed, fordi udviklingen på energiområdet siden 1980 er løbet stærkt.

8. AFSLUTNING

Nærværende projekt tog sit udgangspunkt i den økonomiske ligevægts-/uligevægtsteori vedrørende prisdannelsen på et varemarked. Ifølge denne teori var pristilpasning, priskontrol og mængderationering forskellige allokeringmekanismer, der kunne introduceres under et olieforsyningssvigt. Førstnævnte repræsenterede markedskræfternes reaktion på den ændrede udbudsbetingelse, mens de to sidstnævnte repræsenterede forskellige former for offentlig styring af det kriseramte oliemarked. I energirationeringsmodellen LINRAT indbyggedes en bred vifte af styringsinstrumenter - jvf. afsnit 4.3.2 - der kunne anvendes til at mindske de samfundsøkonomiske skadevirkninger af et olieforsyningssvigt. Denne rapport rundes af med en kort vurdering af anvendeligheden i en planlægnings- og styringssituation af de i LINRAT indbyggede styringsinstrumenter samt af de lovgivningsmæssige tiltag, som kan blive de praktiske implikationer af modellens styringsstrategi.

Et styringsinstrument i formel modelteknisk forstand er blot en instrumentvariabel - en exogen - der kan manipuleres med det formål at påvirke modellens målvariable - endogene - i en gunstig retning, men muligheden for manipulation kan i praksis være større eller mindre for forskellige instrumentvariable.

Olielagre udgør, pga. forudsætningen om olieforsyningssvigtets kortvarighed, et af de væsentligste styringsinstrumenter i LINRAT, idet træk fra eksisterende olielagre helt eller delvist kan kompensere et pludseligt opstået forsyningssvigt. I et dynamisk perspektiv kan træk fra olielagre optræde i rollen som et 1. periode styringsinstrument, der anvendes kraftigt i en indledende fase af forsyningskrisen for at give tid til planlægningen og iværksættelsen af mere langtsigtede tilpasninger som f.eks. forbrugsbegrænsninger, energibesparelser og energirationering.

Til direkte anvendelse i en praktisk planlægningssituation er lagerbegrebet i LINRAT for unuanceret, fordi det ikke skelner mellem typer af lagre, men for hvert olieprodukt fastlægger én given lagerbeholdning, som det offentlige har adgang til - og mulighed for at trække på - under en olieforsyningskrise. I praksis kan lagrene af de fem olieprodukter opsplittes i offentlige beredskabslagre, selskabslagre, industriens lagre og forbrugernes lagre, mellem hvilke de offentlige styringsmuligheder er væsentligt forskellige. De fire lagertyper er opstillet i prioriteret rækkefølge ud fra kriteriet: faldende offentlig styringsmulighed.

For de offentlige beredskabslagre er styringsmulighederne notorisk de bedste, men disse lagre er primært etableret ud fra et militært strategisk synspunkt til sikring af militærets og den offentlige transports olieforsyning i en krigssituation og vil sandsynligvis ikke blive anvendt under et olieforsynings-
svigt i fredstid. Selskabslagrene omfatter olieselskabernes lagerbeholdninger af olieprodukter i Danmark. Disse lagre er p.t. underlagt offentlig styring, idet offentligt udstedte bekendtgørelser fastlægger en lagringspligt for visse kategorier af olieprodukter, således at disse skal opfylde specificerede krav om mindstelagre i forhold til samlet salg i en foregående periode¹⁾. Formålet med den dikterede lagringspligt mht. olieselskaberne er en offentlig adgang til disposition over potentielle beredskabslagre. Disse kan inkluderes i et internationalt kriseberedskab koordineret i IEA regi. Lagringspligten er specificeret på et mere disaggregeret produktniveau end det, som anvendes i LINRAT. LINRAT-produkterne benzin, gas-/diesel olie og fuel olie er med en vis approximation omfattet af lagringspligten, mens denne ikke vedrører "andre raffinerede produkter".

Industriens og forbrugernes lagre af olieprodukter vil også kunne udnyttes under en olieforsyningskrise, men den offentlige styring er på dette område vanskeligere end på de to foregående

1) Jvf. Energiministeriets bekendtgørelse nr. 122 og nr. 123 af 28. marts 1984.

områder, dels fordi lagrene er små og spredte, og dels fordi den statistiske belysning af området er utilstrækkelig. Industriens lagerbeholdninger af olieprodukter, som anvendes som inputs i produktionsprocessen, belyses af officiel statistik fra DS, men forbrugernes lagre af først og fremmest gasolie til individuelle oliefyr er ikke omfattet af officiel statistik, hvilket gør en offentlig styring problematisk.

De i LINRAT anvendte olielagre - jvf. bilag 6 - omfatter offentlige beredskabslagre, selskabslagre og industriens lagre, hvoraf det er muligt med gældende lovgivning at anvende selskabslagrene som et centralt - i to betydninger - styringsinstrument ved et pludseligt olieforsyningssvigt. I fravær af offentlig styring er det sandsynligt, at såvel industri som forbrugere frivilligt vil trække på eksisterende lagre under en olieforsyningskrise - specielt hvis forbrugsbegrænsninger og rationering iværksættes af det offentlige.

Forbrugsbegrænsninger vedrører i LINRAT alene det private forbrug, dvs. de private husholdningers forbrug af såvel energivarer som ikke-energivarer. I LINRAT adskiller forbrugsbegrænsninger sig ikke modelteknisk fra rationering af det private forbrug, men i en administrativ og lovgivningsmæssig sammenhæng kan en skillelinie trækkes, således at forbrugsbegrænsningernes mål er en reduktion af efterspørgselen og rationeringens mål en reduktion af realiseret køb.

Gas-/diesel olie, benzin, elektricitet og fjernvarme udgør hovedhjørnestenene i det private energiforbrug (jvf. tabel 6-2). Gas-/diesel olie og fjernvarme er knyttet snævert til rumopvarmning, og benzin er knyttet til transport, hvorimod elektriciteten dækker et bredere anvendelsesområde. Sparekampagner, der appellerer til lavere rumtemperaturer, kan under en olieforsyningskrise anvendes til begrænsning af det private forbrug af gas-/diesel olie og fjernvarme. Sammenlignet med forbud og påbud udgør appellen en løs form for styring, og effekten af iværksatte sparekampagner er derfor vanskelig at forudsige. Manglende kontrolmuligheder gør det administrativt umuligt at håndhæve et forbud eller påbud med hensyn til privat rumopvarm-

ning. Lettere er det at kontrollere rumtemperaturen i offentlige bygninger og dermed begrænse den offentlige sektors forbrug af energi til rumopvarmning.

Den private transport - og dermed det private benzinformbrug - kan mere hensigtsmæssigt pålægges forbud og påbud, idet kontrolmulighederne her er større. Midlertidig nedsættelse af hastighedsgrænser, forbud mod privat bilkørsel på bestemte ugedage og påbud om samkørsel udgør operationelle styringstiltag med hensyn til det private benzinformbrug.

Midlertidige afgifter på specifikke energivarer - såvel som øvrige varer - vil være en forbrugsbegrænsende foranstaltning af finanspolitisk karakter. Afgiftens efterspørgselsdæmpende effekt vil afhænge af dens relative andel af nettoprisen samt af efterspørgselens priselasticitet. Afgifter er et institutionaliseret finanspolitisk styringsinstrument, der administrativt er let at implementere og kontrollere. Da midlertidige kriseafgifter ligger i forlængelse af en finanspolitisk tradition, udgør de et nærliggende styringsinstrument under en olieforbrugskrise. Udover at virke forbrugsdæmpende genererer afgifterne dog nogle realindkomsteffekter, der ud fra fordelingspolitiske overvejelser kan være uønskede (jvf. diskussionen i forbindelse med pristilpasning i afsnit 1.2.1).

Handelssanktioner kan iværksættes med hensyn til eksporten af primært olieprodukter for under en forbrugskrise at tilgodeaktiviteten i den indenlandske økonomi. Den uforstyrrede situation er empirisk karakteriseret ved, at en betydelig del af den danske råolieproduktion samt af den danske raffinaderiproduktion eksporteres. Handelssanktioner kan anvendes for enten at reducere denne normalexport eller for at forhindre, at olieselskaberne på grund af den etablerede indenlandske priskontrol forsøger at afsætte en større andel af deres olieprodukter på udenlandske spotmarkeder. Som styringsinstrument er handelssanktioner ikke indarbejdet i en administrativ praksis på samme måde som afgifter, men med toldvæsenet og Nationalbanken som kontrolinstanser repræsenterer handelssanktioner et effektivt potentielt styringsinstrument. Styringsinstrumentet er

dog politisk ømtåeligt, fordi det griber ind i etablerede udenrigshandelsrelationer, og fordi det strider imod intentionerne i det internationale kriseberedskab, som koordineres af IEA. Dette beredskab skal under en international olieforryningskrise forhindre protektionisme gennem en ligelig fordeling af den reducerede oliemængde, således at alle deltagende lande rammes relativt lige hårdt af forryningskrisen.

Indenlandsk energiproduktion. I det omfang der aktuelt er overskydende kapacitet i de indenlandske energiudvindings- og konverteringssektorer kan den indenlandske energiproduktion forøges under et forryningssvigt med hensyn til importen af olie. Et offentligt påbud om en forøget energiproduktion samt en midlertidig omlægning af produktionen kan eventuelt understøttes af en subsidiering, således at producenten ud fra en driftsøkonomisk betragtning holdes skadesløs. Den driftsøkonomiske betragtning kan anvendes i relation til den indenlandske råolie- og naturgasproduktion, som forestås af DUC, og i relation til de indenlandske raffinaderier, der drives af de store olieselskaber. Derimod er det offentlige engagement i el- og fjernvarmesektoren betydeligt, således at en offentlig styring og kontrol på dette område er lettere og mere direkte under en forryningskrise - sammenlignet med olie- og gassektorerne. Et offentligt krav om produktionsomlægning kunne vedrøre el- og fjernvarmesektoren, hvis der er muligheder for substitution bort fra olieprodukter til kul og naturgas, samt raffinaderisektoren, hvor en vis fleksibilitet muliggør en produktions-sammensætning baseret på samfundsøkonomiske hensyn.

Energisubstitution og energibesparelser er inkluderet som et styringsinstrument i LINRAT, men mere i en modelteknisk forstand end i en administrativ, fordi mulighederne for en central styring i praksis er begrænsede. Energisubstitution og -besparelser er i LINRAT indbygget som en teknisk fleksibilitet, der på et decentralt niveau udnyttes i en situation, hvor de normale energileverancer begrænses.

Energirationering er det fundamentale styringsinstrument i LINRAT samt modellens egentlige formål. En endogen bestemmelse

se af et optimalt og differentieret rationeringsprogram foretages af modellen, hvis ikke et specifikt - eventuelt proportionalt - rationeringsprogram á priori er givet exogent. Hvad enten rationeringen er differentieret eller proportional skal udleveringsbegrænsninger introduceres, således at køb af en given energivare begrænses i forhold til en foregående periodes normal køb for en given forbruger/et givet formål. Dette kræver centralt registrerede oplysninger om de enkelte forbrugeres normalforbrug af den relevante vifte af energivarer. Disse oplysninger indsamles på brancheniveau for procesindustrien, men ikke for de enkelte husholdninger. Det er med andre ord nødvendigt at operere på et vist aggregeringsniveau, hvor grupper af virksomheder og forbrugere optræder, når et rationeringsprogram skal administreres.

Offentligt udstedte og distribuerede rationeringsmærker angiver, hvor stor en kvote af et givet energiprodukt, som den enkelte forbruger/virksomhed er berettiget til i en given tidsperiode. Udleveringsbegrænsningen bliver dermed effektiv i detailledet, hvor forbrugeren/virksomheden skal dokumentere sin ret til køb af den rationerede vare ved hjælp af rationeringsmærker. En offentlig kontrol med detailledet er dog nødvendig for at sikre overensstemmelse mellem mængden af indleverede rationeringsmærker og faktisk salg indenfor en periode.

Kombineres et rationeringsprogram for en given vare med priskontrol - som i LINRAT - er den offentlige styring af det pågældende marked formelt fuldkommen. De offentlige kontrolmekanismer til sikring af, at priser og kvoter overholdes vil være omfattende. På trods af disse er det urealistisk at forestille sig, at den offentlige styring reelt kan blive fuldkommen, hvilket understøttes af erfaringerne fra besættelsens tid, hvor bl.a. sort børs handel florerede i et vist omfang.

I dette afsluttende kapitel er givet en vurdering af den administrative anvendelighed af de væsentligste styringsinstrumenter i LINRAT. Vurderingen er foretaget for hvert styringsinstrument for sig. I en planlægningssituation er det væsent-

ligt, at brugen af de enkelte styringsinstrumenter koordineres, således at en samlet krisestrategi formuleres til imødegåelse af en olieforsyningskrise. I dette perspektiv er LINRAT et anvendeligt planlægningsværktøj.

REFERENCER

- ARROW, K.J. (1963). Social choice and individual values. 2nd ed. (Wiley, New York).
- BERGSON, A. (1969). A reformulation of certain aspects of welfare economics. (I: Readings in welfare economics, eds. K. J. Arrow & T. Scitovsky) (Unwin, London).
- DANMARKS STATISTIK (1981). Brugervejledning for PASSION og nationalregnskabs databank på RECKU. Af Tim Folke (Nationalregnskabsnotat; nr. 5) (København).
- DANMARKS STATISTIK (1983). Nationalregnskabsstatistik 1966-81. (København).
- ENERGISYSTEMGRUPPEN, RISØ (1984). Intern rapport. (upubliceret).
- HARTOG, J.A. (1979). Input-output and optimization methods in planning. (Seventh international conference on input-output techniques, Innsbruck, Austria) (UNIDO, Vienna, 1984).
- HESSELBORN, P.O. (1979). Ransonering av bensin i akuta bristlägen. (Skrift/Nationalekonomiska Institutionen, Stockholms Universitet; 1979:8).
- HESSELBORN, P.O. (1982). Resursanvändning under en oljekris - några avvägningsproblem. (Skrift/Nationalekonomiska Institutionen, Stockholms Universitet; 1982:1).
- JACOBSEN, S. KRUSE (1979). Anvendt lineær programmering. 4. udgave (IMSOR, Lyngby).
- JOHANNESSON, M. (1979). Resursfördelningsmetoder i en kris-situation. (Skrift/Nationalekonomiska Institutionen, Stockholms Universitet; 1979:6).
- JØRGENSEN, N. LIHN (1983). Overgangen fra nationalregnskab til input-output tabel og -model: teknologiantagelser. (Memo/Københavns Universitets økonomiske Institut; nr. 116).
- KRARUP, J. & PRUZAN, P.M. (1974). Optimeringsmetoder; I: Lineær programmering (Polyteknisk forlag, København).
- MISHAN, E.J. (1960). A survey of welfare economics, 1939-59. Econ. J., 70, 197.
- STATENS INDUSTRIVERK (1979). Akut energibrist - en planeringsmodell. (Liber Förlag, Stockholm).
- THAGE, B. (1973). Udenrigshandelen i input-output analysen. Nationaløk. tidsskrift, 111(3), 361-381.

ENGLISH SUMMARY

LINRAT - an energy rationing model for Denmark
(in Danish)

Jesper Munksgaard Pedersen

The main aim of the present thesis is to analyse the possibilities for an optimal allocation of scarce energy resources in the event of a short-term reduction in oil supply. The analysis involves the consideration of, for example, strategic reserves, limitations on private energy consumption and rationing. The result of the study is a model - LINRAT - which can be used to decide on the optimal allocation of scarce energy resources according to a set of criteria defined by the user.

If use is made of traditional economic theory about market equilibrium, an acute oil shortage can be explained as a big reduction in oil supply that brings the oil market to a temporary state of disequilibrium. The disequilibrium is characterised by an unstable oil price and an inefficient allocation of oil. Without governmental intervention the price mechanism will establish a new equilibrium after a while, in which the supply is less and the price higher than before the oil disruption.

Unsatisfactory influences on the distribution of real income and macroeconomic considerations might force the governmental authorities to intervene in the oil market and replace the price mechanism by either price control or rationing combined with price control. Price control without rationing will cause such problems as waiting time for the consumers, queues and hoarding. The appearance of a unofficial black market is a problem that is connected both to price control and rationing combined with price control.

LINRAT (linear rationing model) assumes the existence of price control, so that the price of oil and other commodities remain constant during the disruption period. The aim of the model is then to allocate energy in an optimal way, i.e. to determine a rationing scheme.

LINRAT is an input-output model in which an object function is optimised under given constraints by the method of linear programming. As the oil disruption is assumed to last a short period; investments cannot be carried out; therefore the technical coefficients in the model can be assumed to remain constant.

To be useful as a planning tool, in practice an energy-rationing model has to operate on a highly disaggregated level, and therefore, detailed information is needed about the various sectors in the economy and the different demand categories. The official Danish input-output tables and energy matrices, which are published by the Danish Statistical Office, are used as main sources for this detailed data information.

The object function in the model is flexible and therefore it is possible to specify alternative linear combinations of criteria in collaboration with the model user. In the present version of LINRAT the aggregated employment in the economy is maximised. The constraints in the model are incorporated in four modules: an input-output, refinery, substitution, and energy-rationing module.

The input-output module is a disaggregated account system for non-energy flows and total energy flow in the Danish economy. The import of non-energy is treated endogenously and import of energy exogenously. Final demand is split into: private consumption, government consumption, investments, export and changes in stocks. The refinery module handles two qualities of crude oil and four refined products. Cracking of crude oil represents a flexibility, so that the product mix is not fully determined by the quality of the crude oil. Substitution in the short run - on an existing production plant - between al-

ternative energy products is possible in the substitution module, which further comprises the detailed energy balances. If the energy rationing scheme is not to be determined endogenously in LINRAT, a specific scheme can be implemented in the energy-rationing module.

In its present state LINRAT comprises 14 non-energy sectors, 3 energy conversion sectors and 8 energy products. Unlike the official Danish 117 input-output sectors the non-energy sectors are aggregated, the energy conversion sectors are identical, and the energy products are disaggregated. The latter ones are based on the detailed energy matrices.

Two scenarios are presented in the report: the undisturbed economy and the crisis scenario. The first one reflects the economy without oil disruption and the second one reflects the consequences of a 20% reduction in the import of heavy crude oil and refined products. A realistic mix of policy instruments is specified for the crisis scenario.

The two scenarios are used as reference scales for sensitivity analysis covering the different policy instruments and assumptions. The partial influence of the size and quality of the oil disruption is investigated. Further investigations concern the effects of: cracking flexibility, energy savings, energy substitution, restrictions on private consumption and a proportional rationing scheme.

Finally, the practical implementation of the different policy instruments in a public planning context is discussed.

APPENDIX A. IMPLEMENTERING AF LINRAT

I afsnit 2.1 blev metoden - lineær programmering (LP) - til løsning af LINRAT beskrevet på et generelt og matematisk grundlag med vægten lagt på de krav til modelspecifikation, som metoden stiller. I overensstemmelse med disse krav blev LINRAT specificeret i afsnit 4.1, på baggrund af hvilket det i indledningen til afsnit 4.2 blev fremført: "Som LINRAT foreligger i 4.1, er det muligt umiddelbart at transformere modellen til et LP edb-program". Det er denne transformation - altså implementeringen af modellen på computer - som udgør hovedtemaet i dette appendix, hvor der lægges vægt på at få belyst, hvorledes LINRAT i praksis håndteres som et numerisk analyse- og planlægningsværktøj.

LINRAT er på Risø's Burroughs B7800 computer implementeret som programmet JMPGENERATOR, der er skrevet i programmeringssproget FORTRAN77. Dette program udgør sammen med det generelle LP-løsningsprogram LINPROG hovedhjørnestenene i en kørselssekvens, hvor adskillige filer involveres. De væsentligste er repræsenteret i nedenstående funktionsdiagram, der illustrerer forløbet af en interaktiv kørsel på Risø's computer. I diagrammet er datafiler symboliseret med rektangler og programfiler med cirkler.

Som det fremgår af nedenstående figur A-1 kan en modelkørsel opsplittes i kronologisk specifikke faser, hvilke i det følgende beskrives hver for sig.

En modelkørsel indledes med en fastlæggelse af det exogene datainput, jvf. bilag 1, hvor en samlet præsentation af LINRAT's exogene variable er givet. Blandt de exogene data er det styringsinstrumenterne (jvf. 4.3.2), der knytter sig størst interesse til, idet disse, givet f.eks. et forsyningssvigt på importeret råolie, på kort sigt kan fastsættes af beslutningstageren i bestræbelserne på at mindske forsyningssvigtets skadevirkninger på samfundsøkonomien. Styringsinstrumenterne repræsenterer derfor

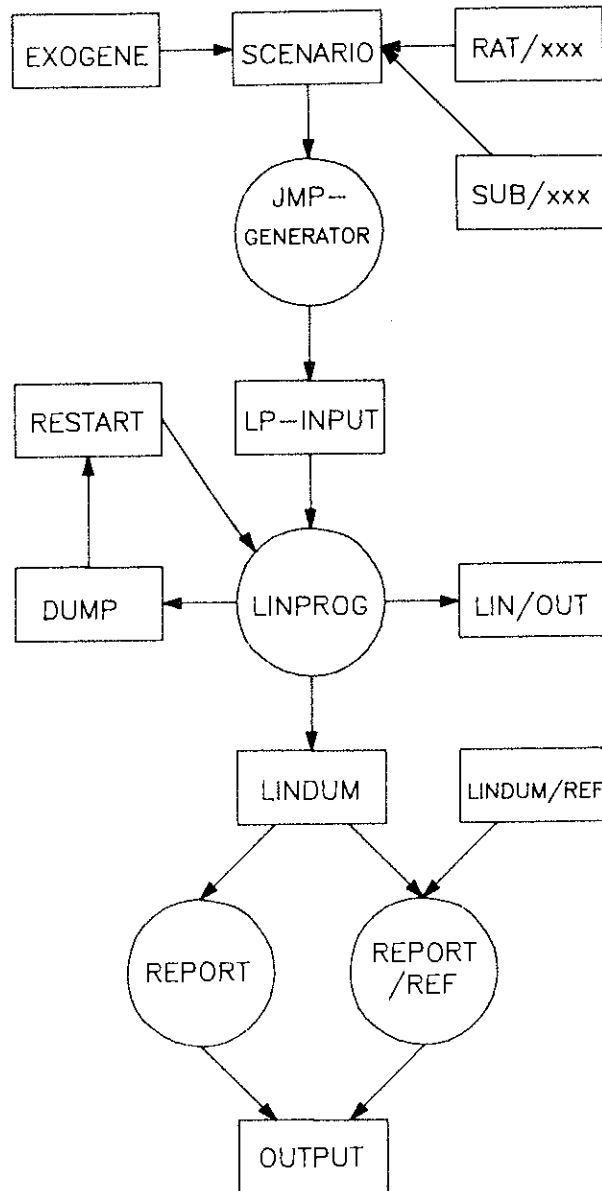


Fig. A-1. Funktionsdiagram for modelkørsel.

dén kort sigts flexibilitet i energisystem og samfundsøkonomi, som i en situation med et midlertidigt energiforsyningssvigt kan anvendes aktivt i en tilpasning af samfundsøkonomien til de pludseligt ændrede forsyningsvilkår.

De exogene data, som har langt sigts egenskaber, og derfor udgør modellens strukturelle fundament, er ikke på samme måde som styringsinstrumenterne interessante, fordi de er konstante fra modelkørsel til modelkørsel. Dette gælder f.eks. importkvoterne for ikke-energisektorer og beskæftigelseskoefficienterne.

Ovenstående sondring mellem styringsinstrumenter og strukturelle exogene ligger til grund for konstruktionen af datafilerne EXOGENE og SCENARIO. Førstnævnte rummer det samlede exogene datainput til modellen, dvs. estimerede og fastsatte værdier for samtlige LINRAT's exogene variable, mens sidstnævnte kun inkorporerer styringsinstrumenterne. Når et scenarium skal fastlægges, anvendes SCENARIO til at implementere den ønskede styringsstrategi i EXOGENE, bl.a. kan hele datablokke ved enkle operationer udskiftes, hvis f.eks. et energirationeringsprogram (RAT/xxx) eller alternative substitutionsmuligheder (SUB/xxx) skal opstilles for samtlige modellens 24 sektorer.

Eksekveringen af programmet JMPGENERATOR udgør den næste fase i kørselssekvensen. Programmets funktion er datatransformation. Det exogene datainput i frit format læses af programmet og knyttes til de relevante exogene variable. Programmet transformerer derefter data til et format, der er konsistent med de krav til inputdata, som LP-programmet LINPROG stiller (jvf. omstående tabel A-1). Programmet er konstrueret specifikt for LINRAT, som denne er specificeret i afsnit 4.1, dvs. JMPGENERATOR er en direkte implementering af LINRAT's modelstruktur i en LP-referenceramme. Programmet opfatter i overensstemmelse hermed LINRAT som én stor LP-matrix og giver som output de koefficienter i LP-matricen, som er forskellige fra 0. Disse koefficienter karakteriseres ved deres rækkenavn og søjlenavn, hvilke fastlægges for restriktioner hhv. endogene variable.

Et lille eksempel kan illustrere programmets funktionsmåde. Givet følgende lille LP-model:

$$\begin{array}{rcl} \text{Max} & 3q_1 + 2q_2 + 5q_3 & \\ & 2q_1 \quad \quad + 3q_3 < 10 & \\ & q_1 + 3q_2 + 4q_3 < 17 & \end{array} \quad \left. \vphantom{\begin{array}{rcl} \text{Max} & 3q_1 + 2q_2 + 5q_3 & \\ & 2q_1 \quad \quad + 3q_3 < 10 & \\ & q_1 + 3q_2 + 4q_3 < 17 & \end{array}} \right\} \quad (\text{A-1})$$

Modellen (A-1) består af en objektfunktion, der skal maximeres, og to ulighedstriktioner samt tre endogene variable. Programmet opfatter LP-modellen som illustreret i nedenstående tabel A-1.

Tabel A-1. LP-matrix struktur

		q ₁	q ₂	q ₃	RHS
N	OBJ	3	2	5	
L	RO1	2		3	10
L	RO2	1	3	4	17

Yderst til venstre i tabellen typebestemmes relationerne i LP-modellen med et bogstav (N: objektfunktion, E: = , G: > , L: <). I tabellens anden søjle er rækkerne i modellen navngivet, medens den tredje søjle rummer LP-modellens koefficientmatrix og søjle-navne, hvilke er identiske med modellens endogene variable. Yderst til højre er restriktionernes højresider gengivet.

Taldelen, dvs. koefficientmatricen og højresiderne, i ovenstående LP-matrix er baseret på indlæsningen af den exogene datafil EXOGENE. På baggrund af denne datafil og de etablerede række- og søjlenavne genererer programmet nedenstående inputfil - LP-INPUT - til LINPROG.

LP-INPUT består af tre sektioner, der betegnes ROWS, COLUMNS og RHSIDE. I ROWS navngives de enkelte relationer i LP-modellen og en typebestemmelse af relationerne foretages vha. de ovenfor fastlagte bogstav-konventioner. I COLUMNS genererer programmet restriktionskoefficienterne søjle for søjle fra venstre mod højre, idet den enkelte koefficients placering i LP-matricen markeres ved angivelse af søjle- og rækkenavn. I stedet for denne vertikale opstilling af LP-matricens koefficienter ville en horisontal opstilling af koefficienterne, i overensstemmelse med opfattelsen af modellen som et sæt af relationer, have været mere hensigtsmæssig; men den vertikale opstilling harmonerer med LINPROG's krav til indlæsning af input-data. I RHSIDE opstilles værdierne af restriktionernes højresider, hvis disse er forskellige fra 0.

NAME	EKSEMPEL	
ROWS		
N OBJ		
L RO1		
L RO2		
COLUMNS		
Q1	OBJ	3.0
Q1	RO1	2.0
Q1	RO2	1.0
Q2	OBJ	2.0
Q2	RO2	3.0
Q3	OBJ	5.0
Q3	RO1	3.0
Q3	RO2	4.0
RHSIDE		
RHS	RO1	10.0
RHS	RO2	17.0
ENDATA		

Fig. A-2. LP-INPUT.

Programmet JMPGENERATOR's funktion, som en datatransformerende enhed i en kørselssekvens, er ovenstående blevet illustreret med et lille LP-eksempel. Filens omfang i fig. A-2 er derfor beskedent sammenlignet med de omkring 6000 datalinier, som JMPGENERATOR producerer i forbindelse med en modelkørsel. Selve programmet JMPGENERATOR består af ca. 2600 programlinier - formuleret i programmeringssproget FORTRAN77. Opbygningen af generatorprogrammet beskrives ikke videre i denne sammenhæng. Der kan i den forbindelse henvises til JACOBSEN, S. KRUSE (1979), som specielt i kap. 9 beskæftiger sig med opstillingen af et generatorprogram.

Filen LP-INPUT, som genereres af JMPGENERATOR, kan umiddelbart anvendes som inputfil til LP-programmet LINPROG. Filen rummer en fuldstændig og struktureret karakteristik af en specifik LP-model. Fig. A-2 illustrerer, hvorledes filen er opbygget.

I kørselssekvensen udgør programmerne JMPGENERATOR og LINPROG de centrale elementer, idet førstnævnte er en implementering af modelkomplekset LINRAT, og sidstnævnte er en implementering af LP-løsningsmetoden (jvf. metodebeskrivelsen i kapitel 2). LINPROG's funktion er derfor, med udgangspunkt i de specificerede exogene data, at bestemme den optimale løsning af LINRAT, dvs. det sæt af endogene variable, der maximerer kriteriefunktionen.

I modsætning til JMPGENERATOR, der er konstrueret specifikt til LP-modellen LINRAT, er LINPROG et generelt LP-løsningsprogram, der er inkluderet i Risø's programbibliotek. LINPROG er udviklet af Peter Kirkegård og Ole Lang Rasmussen fra afdelingen RMA på Risø, og programmet er sideløbende med det foreliggende licentiatprojekt blevet videreudviklet, hvorfor den aktuelle version af LINPROG endnu (p.t.) foreligger udokumenteret. En dokumentation af programmet vil blive publiceret ved en senere lejlighed, men en kort karakteristik vil på dette sted være hensigtsmæssig.

IBM's LP-programpakke MPSX¹⁾ danner forbillede for LINPROG, idet MPSX' krav til datainput samt output-præsentation så vidt muligt er forsøgt anvendt. Det metodiske udgangspunkt i begge programmer er Simplex-metoden²⁾, ifølge hvilken et LP-problem løses i to faser. I første fase bestemmes en mulig basisløsning via Simplex-algoritmen, og denne løsning forbedres i anden fase - ligeledes via Simplex-algoritmen - indtil en optimal løsning foreligger. Hvis ingen mulige løsninger eksisterer, dvs. hvis løsningsmulighedsområdet er tomt (jvf. fig. 2-2 og 2-3), indikeres dette i fase 1.

En modificeret udgave af den traditionelle Simplex-metode anvendes i LINPROG - nemlig den reviderede Simplex-metode³⁾. Den in-

1) Mathematical Programming System Extended, Control Language, Users' Manual. - IBM (1971) SH20 - 0932-0.

2) En grundig beskrivelse af Simplex-metoden findes i KRARUP, J. & PRUZAN, P.M. (1974), s. 143-168.

3) En mere dybtgående beskrivelse af denne metode gives af KRARUP, J. & PRUZAN, P.M. (1974), s. 109-123, samt af JACOBSEN, S. KRUSE (1979), s. 69-87.

verse basis har en central betydning i den reviderede Simplex-metode, idet denne kan opbygges som et produkt af elementarmatricer, således at produktet blot udvides med en elementarmatrix i hver iteration. For at undgå, at produktformen af den inverse basis bliver for lang, som en konsekvens af mange iterationer, foretages der i LINPROG med givne mellemrum i iterationssekvensen såkaldte reinversioner, hvorved en forkortet produktform af den inverse basis beregnes.

Revideret Simplex er specielt udviklet i relation til store LP-modeller med mange strukturelle variable (endogene) og mange restriktioner, mao. computer-implementerede LP-modeller med så store koefficientmatricer, at computerens kapacitet er utilstrækkelig til at rumme disse samt foretage de til hver iteration nødvendige transformationer, som den traditionelle Simplexmetode foreskriver. I stedet for en lagring af den totale LP-matrix udnyttes dén erfaring, at tætheden - defineret som den relative andel af nulforskellige koefficienter - i store LP-matricer som regel er lille (høj sparsitet), således at kun elementer forskellige fra nul, og disse elementers indices, lagres.

Den tekniske beskrivelse af LINPROG udbygges ikke videre i det følgende. LP-løsningsprogrammet har ikke i nærværende sammenhæng status af selvstændigt studieobjekt, men udgør et redskab - omend et uundværligt redskab. I stedet beskrives de afsluttende faser i kørselssekvensen på fig. A-1 - nemlig det output, som LINPROG producerer, og som bliver resultatet af en modelkørsel.

DUMP er en datafil, der rummer de variable i modelløsningen, som indgår i basis. Udover at blive genereret, når LINPROG har fundet den optimale modelløsning, genereres filen, hvis løsningsprocessen afbrydes af en á priori fastsat grænse for tidsforbruget på computeren. I sidstnævnte situation undgås, at nyttig information går tabt, og i førstnævnte etableres et gunstigt udgangspunkt for en ny kørsel med modellen, hvis kørslen kun afviger marginalt fra den foregående. I stedet for i hvert tilfælde at skulle starte en modelkørsel fra et "nulpunkt" kan iterationerne nemlig påbegyndes - RESTART - på basis af en tid-

ligere modelløsning, der kun afviger marginalt fra nye potentielle løsninger. Tids- og ressourcebesparelserne er betydelige, når denne facilitet ved LINPROG udnyttes i forbindelse med følsomhedsanalyser og partielle parameterstudier¹⁾).

LIN/OUT indeholder det standardiserede, detaljerede og ubearbejdede output fra en modelkørsel. LIN/OUT omfatter indledningsvis en del statistik, der knytter sig til den afsluttede modelkørsel og til den aktuelle LP-model, f.eks. beskrives modelkørslen ved antallet af udførte iterationer og tidsforbrug, og LP-modellen karakteriseres ved antallet af LP-rækker hhv. variable samt ved tætheden af LP-matricen. Udover LP-statistikken rummer output den essentielle information om modellens optimale løsning, og hvis en sådan ikke eksisterer, da oplysninger om modellens række- og søjleværdier i den sidste af de udførte iterationer og de inkluderende restriktionsbrud. Sidstnævnte information er givet i afsnittet "check of solution".

Den optimale løsning gives i en række-sektion og en søjle-sektion, hvilke en hhv. den horisontale og den vertikale løsning af LP-modellen. I begge sektioner gives 8 oplysninger om den enkelte LP-række hhv. endogene variabel:

1. En nummerering af rækken respektivt variabelen. Hvis LP-matricen har dimensionen $m \times n$, nummereres rækkerne fra 1 til m og variablene fra $m + 1$ til $m + n$.
2. Navnet, som den pågældende række/variabel har fået tildelt.
3. Rækkens/variablens status, givet ved en bogstavkode på to karakterer (BS: i basis og feasibel; EQ: ikke-basis eller fast; UL: upper limit (øvre grænse); LL: lower limit (nedre grænse)).

1) Processortidsforbruget på Risø's computer for en kørsel med LINRAT er ca. 30 min., hvis der startes fra "nulpunkt" og ca. 5-10 min., hvis DUMP/RESTART-faciliteten udnyttes.

4. Aktiviteten, dvs. dén værdi, som rækken eller variabelen antager i modelløsningen¹⁾.
5. For LP-rækkerne gives oplysning om slack aktiviteten, dvs. værdien af dén slack-variabel, som inkluderes i ulighederne i Simplex-metodens fase 1. For variablene oplyses om "input costs", hvilke er de koefficienter, som er knyttet til de udvalgte variable i kriteriefunktionen.
6. Lower limit, hvilken er den laveste værdi, som aktiviteten kan antage og samtidigt være feasibel.
7. Upper limit er tilsvarende den højeste værdi, som aktiviteten kan antage og samtidigt være feasibel.
8. For LP-rækken oplyses om størrelsen af dual aktiviteten, hvilken er identisk med Simplex-multiplikatoren. For variabelen oplyses om dens skyggepris, dvs. dén forøgelse af kriteriefunktionens værdi, som en marginal øgning af den pågældende variabel - med én enhed - resulterer i.

Uden specielt kendskab til opbygningen af JMPGENERATOR og til LINPROG's virkemåde er informationsværdien i standardoutputet LIN/OUT begrænset, og selv med dette kendskab er det vanskeligt - og tidskrævende - at få overblik over modelløsningen. I lyset af disse ulemper foretages til slut i modelkørslen en bearbejdning af modelresultaterne for at opnå en hensigtsmæssig og kompakt præsentationsform.

Programmerne REPORT og REPORT/REF opstiller modelresultaterne i tabelform, således at en input-output tabel, en raffinaderitabel og en tabel med sektorernes energiforbrug naturligt knytter sig til hvert sit modul i LINRAT - jvf. tabellerne i kapitel 6. REPORT anvender kun den aktuelle modelkørsel - LINDUM - som

1) For variabelen er der éntydigt tale om løsningsværdien, medens der for LP-rækken er tale om differencen mellem rækkens højreside (RHS) og værdien af den logiske variabel.

baggrund for opstilling af tabellen i enten absolutte værdital (jvf. tabel 6-2) eller i relative andele af søjletotaler (jvf. tabel 6-4). REPORT/REF sammenligner imidlertid den aktuelle kørsel med en tidligere modelkørsel - LINDUM/REF - og opstiller tabeller, der enten viser differencerne mellem løsningsvariablene i de to kørsler (jvf. tabel 6-16) eller de aktuelle løsningsvariables relative størrelse sammenlignet med det givne referencescenarium.

Udover blot at præsentere modelresultaterne på en overskuelig og brugervenlig form udfører de to REPORT programmer derfor også beregninger på modelresultaterne, hvilke i høj grad gør det lettere efterfølgende at analysere og fortolke modelresultaterne.

En modelkørsel involverer, som det er fremgået af det foregående, et kompleks af program- og datafiler, hvilke primært knytter sig til transformation af modelinput og modeloutput og derved slår bro mellem brugerkrav og de formelle krav, som LP-programmet LINPROG stiller. Denne bro er væsentlig, når LINRAT skal anvendes som et analyse- og planlægningsværktøj.

LISTE OVER FIGURER

	Side
1-1 Ligevægt og uligevægt på oliemarkedet	12
1-2 Realindkomsteffekten af en højere oliepris	17
1-3 Priselasticitetens indflydelse på realindkomsteffekten	19
1-4 Spill-over effekt på markedet for kollektiv transport	21
1-5 Fordelingsmæssige konsekvenser af priskontrol	24
1-6 Usikkerhed vedrørende en energiforsyningskrise	31
1-7 Forudsætninger vedrørende forsyningssvigtet i LINRAT	32
2-1 Leontief's produktionsfunktion - 2 produktions- faktorer	42
2-2 Produktionsmulighedsområdet - 2-sektor model	46
2-3 Mulighedsområdet for endelig anvendelse	48
3-1 Energi inkorporeret A-matricen	55
4-1 LINRAT's modulære struktur	85
4-2 Sektorbalance for exogen io-model	90
4-3 LINRAT's produktionsfunktion - 1. niveau	94
4-4 LINRAT's energisubstitution - 2. niveau	94
4-5 A-matrix med kortsigtssubstitution	96
4-6 Energibesparelser og substitution	100
4-7 Raffineringsprocessen	104
4-8 Udbytteflexibilitet på et raffinaderi	106
4-9 Sammenhængen mellem crackningsniveau og dæknings- bidrag	107
4-10 Raffinering af Nordsøolie henholdsvis Arabian Heavy .	110
5-1 Strukturen i en energimatrix	140
6-1 Samlet energiforbrug i ikke-energisektorer (1980) ...	154
6-2 Energiintensitet og beskæftigelsesintensitet	156
6-3 Petrointensitet og beskæftigelsesintensitet	158
6-4 Beskæftigelsen ved forøgede olieforsyningssvigt	204
6-5 Skyggeverdier for udvalgte energityper	208
6-6 Ændringer i makroøkonomiske nøgletal I	210
6-7 Ændringer i makroøkonomiske nøgletal II	210
6-8 Produktionens relative udvikling i ikke-energi- sektorer	214

	Side
6-9 Raffinaderiproduktion ved tre typer af forsynings- svigt på 17%	220
6-10 Flaskehalse i raffineringsprocessen for tung råolie .	226
6-11 Makroøkonomiske konsekvenser af alternative træk på olielagre	249
6-12 Skyggeværdier for olieprodukter ved alternative lagertræk	252
A-1 Funktionsdiagram for modelkørsel	282
A-2 LP-INPUT	285

LISTE OVER TABELLER

	Side
4-1 Raffineringsudbytte for Nordsøolie	112
4-2 Raffineringsudbytte for Arabian heavy	112
5-1 Sektorerne i LINRAT	143
5-2 De endelige anvendelser i LINRAT	144
5-3 Råolieinput ved produktion af raffinerede produkter (J)	147
6-1 Energi- og beskæftigelsesintensitet for LINRAT's sektorer	155
6-2 Den uforstyrrede økonomi	160
6-3 Makroøkonomiske nøgletal for "den uforstyrrede økonomi"	161
6-4 Den uforstyrrede økonomi	163
6-5 Den uforstyrrede økonomi	165
6-6 Den uforstyrrede økonomi	168
6-7 LINRAT's raffinaderital (TJ)	169
6-8 LINRAT's raffinaderital i pct. af søjletotaler	170
6-9 Maximale lagertræk i krisereferencescenariet	174
6-10 Nedre grænser for endelige anvendelser. Andele i forhold til uforstyrret økonomi	176
6-11 Energibesparelsesmuligheder i ikke-energisektorer ...	179
6-12 Kortsigts substitutionsmuligheder i %	180
6-13 Makroøkonomiske nøgletal for krisereferencescenariet	181
6-14 Krisereferencescenariet	182
6-15 Krisereferencescenariet	183
6-16 Krisereferencescenariet	184
6-17 Krisereferencescenariet	185
6-18 Krisereferencescenariet	186
6-19 Krisereferencescenariet	187
6-20 Krisereferencescenariet	188
6-21 Lagrenes kompenationseffekt	192
6-22 Nedgangen i produktionssystemets olieanvendelse	193
6-23 Skyggeværdier for energivarerne i io-systemet	198
6-24 Beregnede fysiske skyggeværdier for olieprodukter ...	199
6-25 Skyggeværdier i "Tegl & cement"	200

	Side
6-26 Skyggeværdier for raffinerede olieprodukter i substitutionsmodulet	201
6-27 13% forsyningssvigt. Ændringer i balancerne for raffinerede produkter (mio. 1980-kr.)	206
6-28 14% forsyningssvigt. Ændringer i balancerne for raffinerede produkter (mio. 1980-kr.)	206
6-29 Forsyningssvigtets marginale effekter	207
6-30 23% forsyningssvigt. Ændringer i makroøkonomiske nøgletal	213
6-31 17% forsyningssvigt på tre råolietyper. Ændring i forhold til uforstyrret økonomi (mio. 1980-kr.)	219
6-32 Skyggeværdier ved alternative 17% forsyningssvigt (mandår/mio.kr.)	221
6-33 Makroøkonomiske nøgletal og råolie kvalitet. Ændring i forhold til 17% forsyningssvigt på tung råolie	223
6-34 Crackningsflexibilitetens indflydelse på de makroøkonomiske nøgletal (ændring i mia.kr. henholdsvis mandår)	228
6-35 Differentieret rationering. Reduktion af energiforbrug (mio. 1980-kr.)	230
6-36 Differentieret rationering. Relativt energiforbrug .	231
6-37 Proportional rationering. Relativt energiforbrug ...	232
6-38 17% forsyningssvigt på tung råolie. Ændringer i makroøkonomiske nøgletal ved proportional i stedet for differentieret rationering	234
6-39 Sammenligning af differentieret med proportional rationering. Proportional begrænsning af de endelige anvendelser	236
6-40 Substitutionsmuligheder i privat rumopvarmning	240
6-41 Effekten af energisubstitution og -besparelser på makroøkonomiske nøgletal. Ændringer i forhold til krisereferencescenariet (mia. 1980-kr. henholdsvis mandår)	241
6-42 Faktisk udnyttelse af substitutionsmulighederne i det private energiforbrug. Ændringer i forhold til krisereferencescenarium	243
6-43 Skyggeværdier for energivarer (inkl. substitution i privat rumopvarmning)	243

	Side
6-44 Ingen lagertræk af ikke-energivarer. Ændringer i makroøkonomiske nøgletal i forhold til krisereferencescenarium	246
6-45 Ingen lagertræk af ikke-energivarer. Produktionsændringer i ikke-energisektorer	247
6-46 Lagrenes kompositionseffekt ved 50% lagertræk	251
6-47 Nedgangen i produktionssystemets olieanvendelse ved 50% lagertræk	251
6-48 Makroøkonomiske nøgletal ved 50% træk på olielagre (mia. 1980-kr. henholdsvis mandår)	253
6-49 Forbrugsbegrænsninger. Andele i forhold til uforstyrret økonomi	255
6-50 Makroøkonomiske nøgletal. Ændringer i forhold til krisereferencescenarium (mia. 1980-kr. henholdsvis mandår)	256
6-51 Nedgange i produktionssystemets olieanvendelse i forhold til den uforstyrrede økonomi (værdi i mio. 1980-kr.)	258
6-52 Styringsinstrumenternes partielle effekt	262
A-1 LP-matrix struktur	284

LISTE OVER BILAG

1. LINRAT'S variable.
2. DK's råolieimport & råolieudbytter.
3. IO-matricerne i DS' databank.
4. DS' 117 io-sektorer og 9 kategorier af endelig anvendelse.
5. Energityper i energimatricen.
6. Lagerbeholdninger af olieprodukter pr. 31/12 1980.
7. Effekter af råoliekvalitet på io- og energibalancer.

Bilag 1. LINRAT's variable

LINRAT's endogene.

Vektor_(25x1)

q : produktionsværdier
c : privat konsum
g : offentligt konsum
i⁺ : lagerinvesteringer, > 0
i⁻ : lagertræk, < 0
f⁺ : øvrige endelige anvendelser, > 0
f⁻ : øvrige endelige anvendelser, < 0
x : export
m : import
E13 : sektorernes input af kul
E14 : - - - - - naturgas
E15 : - - - - - gas-/diesel olie
E16 : - - - - - benzin
E17 : - - - - - fuel olie
E18 : - - - - - andre raf. prod.
E19 : - - - - - el
E20 : - - - - - bygas
E21 : - - - - - fjernvarme
E22 : - - - - - energibesparelser

Vektor_(9x1)

E1 : Landbrug m.v.'s energiforbrug
E2 : Nærings & nydelsesmidler's energiforbrug
E3 : Kemisk industri's " "
E4 : Jern & metal (primær)'s " "
E5 : Jern & metal (sekundær)'s " "
E6 : Teglværker & cement's " "
E7 : Leverandører t. byggeriet's " "
E8 : Papir & pap's " "
E9 : Glas & porcelæn's " "
E10 : Anden fremstillingsvirksomhed's energiforbrug
E11 : Bygge & anlæg's " "

E^{12} : Transport's energiforbrug
 E^{13} : Handel & service's energiforbrug
 E^{14} : Offentlige tjenester's energiforbr. af
kul, ..., fjernvarme
 c_e : Privat forbrug af energisubstitutter

Skalar_(1x1)

c_{et} : Totale private energiforbrug
 t_{RAF} : Samlede raffinaderiproduktion i TJ
 t_1 : Samlet produktion af gas-/diesel olie (TJ)
 t_2 : " " " benzin "
 t_3 : " " " fuel olie "
 t_4 : " " " andre raf.prod.
 t_{RAFL} : Samlet raffinaderiproduktion baseret på let nordsø
 t_{1L} : Let nordsø baseret produktion af gas-/diesel olie
 t_{2L} : " " " " " benzin
 t_{3L} : " " " " " fuelolie
 t_{4L} : " " " " " andre raf. prod.
 t_{RAFT} : Samlet raffinaderiproduktion baseret på tung råolie
 t_{1T} : Tung råolie baseret produktion af gas-/diesel olie
 t_{2T} : " " " " " benzin
 t_{3T} : " " " " " fuelolie
 t_{4T} : " " " " " andre raf. prod.

LINRAT's exogene

Matrix_(25x25)

A : Den exogene io-koefficientmatrix

Matrix_(17x25)

I' : Aggregeringsmatrix, der rektangulariser io-modellen i rel. (3-2), således at energivarerne/-sektorerne fra nr. 13 til nr. 22 (incl.) aggregeres til en samlet energisektor for substituerbar energi.

Vektor_(25x1)

e : Enhedsvektor (på det relevante aggregeringsniveau - 1xn)
 u_A : Importkvoter for inputs

u_g : Importkvoter for offentligt konsum
 u_c : " " " privat konsum
 u_i : " " " lagerinvesteringer
 u_f : " " " øvrige endelige anv.
 u_x : " " " export
 l : Beskæftigelseskoefficienter
 s : Vægtning af træk fra olielagre
 \bar{c}_{min} : Nedre grænse for privat konsum
 \bar{c}_{max} : Øvre " " " "
 \bar{q}_{kap} : Produktionskapaciteter
 \bar{q}_{min} : Nedre grænse for produktionsværdier
 \bar{g}_{min} : Nedre grænse for offentligt konsum
 \bar{g}_{max} : Øvre " " " " "
 \bar{i}_{min}^+ : Nedre grænse for lagerinvesteringer
 \bar{i}_{max}^+ : Øvre " " " "
 \bar{i}_{min}^- : Nedre grænse for lagertræk
 \bar{i}_{max}^- : Øvre " " " "
 \bar{f}_{min}^+ : Nedre grænse for øvr. endelige anv. ≥ 0
 \bar{f}_{max}^+ : Øvre " " " " " "
 \bar{f}_{min}^- : Nedre grænse for øvr. endelige anv. < 0
 \bar{f}_{max}^- : Øvre " " " " " "
 \bar{x}_{min} : Nedre grænse for export
 \bar{x}_{max} : Øvre " " " "
 \bar{m}_{min} : Nedre grænse for import
 \bar{m}_{max} : Øvre " " " "
 \bar{m}_e : Den exogent givne energiimport (TJ)
 P_{me} : (1,, 1, P_{me12} ..., $P_{me22,1,1,1}$)
 Prisvektor med et-taller for ikke-energisektorer
 og priser (P_{mei}) for energisektorer i 1980 kr./TJ
 \bar{a}_{SUB} : De totale energiinputkoefficienter
 e_{13min} : Nedre substitutionsgrænser for kul
 e_{14min} : " " " " naturgas
 e_{15min} : " " " " gas-/diesel olie
 e_{16min} : " " " " benzin
 e_{17min} : " " " " fuelolie
 e_{18min} : " " " " andre raf. prod.
 e_{19min} : " " " " el
 e_{20min} : " " " " bygas
 e_{21min} : " " " " fjernvarme

e22min: Nedre grænser for energibesparelser
e13max: Øvre substitutionsgrænser for kul
e14max: " " " " naturgas
e15max: " " " " gas-/diesel olie
e16max: " " " " benzin
e17max: " " " " fuelolie
e18max: " " " " andre raf. prod.
e19max: " " " " el
e20max: " " " " bygas
e21max: " " " " fjernvarme
e22max: " grænser for energibesparelser

Vektor (9x1)

\bar{c}_{emin} : Nedre sub. grænser for privat forbrug af
alternative energityper
 \bar{c}_{emax} : Øvre sub. grænser for privat forbrug af
alternative energityper
 \bar{E}_{min}^1 : Lower bound på Landbrug m.v.'s
energiforbrug
 \bar{E}_{min}^2 : " " på Nærings- & nydelsesmidler's
energiforbrug
 \bar{E}_{min}^3 : " " på Kemisk industri's
energiforbrug
 \bar{E}_{min}^4 : " " på Jern & metal (primær)'s
energiforbrug
 \bar{E}_{min}^5 : " " på Jern & metal (sekundær)'s
energiforbrug
 \bar{E}_{min}^6 : " " på Teglværker & cement's
energiforbrug
 \bar{E}_{min}^7 : " " på Leverandører til byggeriet's
energiforbrug
 \bar{E}_{min}^8 : " " på Papir & pap's
energiforbrug
 \bar{E}_{min}^9 : " " på Glas & porcelæn's
energiforbrug
 \bar{E}_{min}^{10} : " " på Anden fremstillingsvirksomhed's
energiforbrug
 \bar{E}_{min}^{11} : " " på Bygge & anlæg's
energiforbrug

\bar{E}_{min}^{12}	:	"	"	på Transport's energiforbrug
\bar{E}_{min}^{13}	:	"	"	på Handel & service's energiforbrug
\bar{E}_{min}^{14}	:	"	"	på Offentlige tjenester's energiforbrug
\bar{E}_{max}^1	:	Upper bound		på Landbrug m.v.'s energiforbrug
\bar{E}_{max}^2	:	"	"	på Nærings- & nydelsesmidl.'s energiforbrug
\bar{E}_{max}^3	:	"	"	på Kemisk industri's energiforbrug
\bar{E}_{max}^4	:	"	"	på Jern & metal (primær)'s energiforbrug
\bar{E}_{max}^5	:	"	"	på Jern & metal (sekundær)'s energiforbrug
\bar{E}_{max}^6	:	"	"	på Teglværker & cement's energiforbrug
\bar{E}_{max}^7	:	"	"	på Leverandører til byggeriet's energiforbrug
\bar{E}_{max}^8	:	"	"	på Papir & pap's energiforbrug
\bar{E}_{max}^9	:	"	"	på Glas & porcelæn's energiforbrug
\bar{E}_{max}^{10}	:	"	"	på Anden fremstillingsvirksomhed's energiforbrug
\bar{E}_{max}^{11}	:	"	"	på Bygge & anlæg's energiforbrug
\bar{E}_{max}^{12}	:	"	"	på Transport's energiforbrug
\bar{E}_{max}^{13}	:	"	"	på Handel & service's energiforbrug
\bar{E}_{max}^{14}	:	"	"	på Offentlige tjenester's energiforbrug

Skalar_(1x1)

B	:	Betalingsbalancerestriktion
\bar{m}_{1n}	:	Let nordsø - importrestriktion

\bar{m}_{tr} : Tung råolie - importrestriktion
 \bar{m}_k : Kul-importrestriktion
 \bar{m}_{gd} : Gas-/diesel-importrestriktion
 \bar{m}_b : Benzin-importrestriktion
 \bar{m}_f : Fuelolie-importrestriktion
RAFKAP : Produktionskapaciteten i raffinaderierne (TJ)

Let nordsø.

a15Lmin: Lower bound på crackningsflex. f. gas/diesel olie
a16Lmin: " " " " " benzin
a17Lmin: " " " " " fuelolie
a18Lmin: " " " " " andre raf. prod.

a15Lmax: Upper bound på crackningsflex. f. gas/diesel olie
a16Lmax: " " " " " benzin
a17Lmax: " " " " " fuelolie
a18Lmax: " " " " " andre raf. prod.

Tung råolie.

a15Tmin: Lower bound på crackningsflex. f. gas/diesel olie
a16Tmin: " " " " " benzin
a17Tmin: " " " " " fuelolie
a18Tmin: " " " " " andre raf. prod.

a15Tmax: Upper bound på crackningsflex. f. gas/diesel olie
a16Tmax: " " " " " benzin
a17Tmax: " " " " " fuelolie
a18Tmax: " " " " " andre raf. prod.

P15 : Pris på gas-/diesel olie ab indenlandsk raffinaderi
P16 : Pris på benzin ab indl. raffinaderi
P17 : Pris på fuelolie ab indl. raffinaderi
P18 : Pris på andre raf. produkter ab indl. raffinaderi
P1n : Pris på import af let nordsø olie
Ptr : Pris på import af tung råolie

\bar{c}_{etmin} : Nedre grænse for totale private energiforbrug
 \bar{c}_{etmax} : Øvre grænse for totale private energiforbrug.

Bilag 2. DK's råolieimport & råolieudbytter

Danmarks import af råolie og olieprodukter i 1979 og 1980
fordelt på oprindelsesland.

Råolie (incl. halvfabrikata)
=====

LAND	1979		1980	
	1.000 tons	%	1.000 tons	%
Forenede Arabiske Emirater	1.117	12,8	247	3,7
Iran	773	8,9	-	-
Kuwait	459	5,3	228	3,4
Saudi-Arabien	656	7,5	856	12,7
Nigeria	317	3,7	531	7,9
Venezuela	276	3,2	50	0,7
Qatar	165	1,9	283	4,2
Opec i alt	3.763	43,3	2.195	32,6
U.K.	2.920	33,6	2.374	35,3
Norge	185	2,1	392	5,8
Sovjetunionen	1.386	15,9	929	13,8
Øvrige	447	5,1	841	12,5
I alt råolie	8.701	100,0	6.731	100,0

Olieprodukter
=====

	1.000 tons COE	%	1.000 tons COE	%
Belgien	593	6,1	620	7,2
Holland	2.700	27,6	2.290	26,4
Norge	577	5,9	410	4,7
Sovjetunionen	631	6,4	383	4,4
Sverige	1.395	14,2	1.977	22,8
U.K.	1.695	17,3	1.453	16,8
Vesttyskland	333	3,4	142	1,6
Øvrige	1.871	19,1	1.399	16,1
I alt olieprodukter	9.795	100,0	8.674	100,0

Kilde: Energistyrelsen

UDBYTTER AF RÅOLIE

Type	API ^o	pct. vægt		
		Benzin	Gasolie	Fuel
Arabian Light	33.4	16.0	44.3	39.7
Arabian Medium	30.7	15.1	35.1	49.8
Arabian Heavy	27.9	12.8	26.3	60.9
Auk	36.7	19.5	46.1	34.4
Bachaquero	13.0	2.0	6.2	91.8
Bachaquero	16.8	4.9	12.6	82.5
Basrah	34.0	16.6	42.9	40.5
Berri	37.7	18.6	48.2	33.2
Beryl	39.5	22.3	47.6	30.1
Beryl	35.9	19.5	44.7	35.8
Bonny Medium	24.7	5.8	59.8	34.4
Brent Mix	37.1	19.3	45.7	35.0
Dan	29.6	15.4	46.1	38.5
Corm	33.9	17.4	47.8	34.8
Ekofisk	43.7	28.3	43.3	28.4
Flotta	35.1	18.4	44.3	37.3
Forcados	30.1	12.8	56.6	30.6
Forties	36.4	18.8	45.6	35.6
Iranian Light	33.9	17.1	43.8	39.1
Iranian Heavy	30.7	16.2	36.6	47.2
Isthmus	33.0	17.2	44.5	38.3
Kirkuk	36.0	19.9	44.3	35.8
Kuwait	31.4	15.5	35.9	48.6
Maya	22.0	10.5	12.0	77.5
Murban	39.2	21.1	48.7	30.2
Nigerian Light	37.6	21.1	52.6	26.3
Ninian Blend	34.5	16.8	43.3	39.9
Oman	34.0	14.9	44.9	40.2
Qatar Marine	36.7	20.2	46.2	33.6
Statfjord	38.4	20.7	47.0	32.3
Tia Juana Medium	24.9	10.5	28.0	61.5
Ural Blend	32.4	15.9	42.4	41.7

Anm.:

Benzin : Inklusive nafta og opløsningsmidler.
 Gasolie : Inklusive petroleum og 0,8 pct. LPG.
 Fuel : Inklusive resterende LPG og asfalt.

Kilde: Prisberegningsregler for olieprodukter -
 Monopoltilsynet, okt. 1983

27.09.000

Jordolie og rå olie hødværende fra
 latinamerikanske minerale

	tons 1000 kr.	
IMPOR:		
006 Storbrit.(UK) ..	2408372	3398562
028 Norge	235091	348818
056 Sovjetunionen ..	773233	1100124
216 Libyen	79723	128727
288 Nigeria	537007	804795
476 Nederl.Antilber ..	36327	43716
484 Venezuela	22940	19340
812 Irak	194	45
832 Saudi Arabien ..	907521	1087671
836 Kuwait	230030	265852
844 Qatar	284531	359619
847 For Arab.Emirat	249083	296957
I alt	5764051	7854227
EKSPORT:		
I alt	0	0

Kilde: Udenrigshandelsstatistik for 1980 - DS

Bilag 3. IO-matricerne i DS' databank

INDHOLD I PASSIONFIL MED NAVNET IOyy-pp

DOKUMENTATIONSKORT

26 MATRICER MED INPUT-OUTPUT DATA FOR 19yy I 19pp-PRISER (19yy/pp)

MATRIX 1-12: KOEFFICIENTMATRICER. MATRIX 13-15: SØJLESUMMER.

MATRIX 16-17: INVERTEREDE MATRICER. MATRIX 18-20: KOEFFICIENTER FOR

IMPORT OPGJORT PÅ 2-CIFRET BTN. MATRIX 21-26: SUPPLERENDE TABELLER

VEDRØRENDE 99 UDVALGTE VARER.

MATRIX NR	CODE	DIMENSION	TITELKORT
1	DZB	117*117	INPUT AF DANSK PRODUKTION
2	DZC	117* 66	PRIVAT KONSUM AF DANSK PRODUKTION
3	DZE	117* 9	ENDELIG ANVENDELSE AF DANSK PRODUKTION
4	DMB	117*117	INPUT AF IMPORT
5	DMC	117* 66	PRIVAT KONSUM AF IMPORT
6	DME	117* 9	ENDELIG ANVENDELSE AF IMPORT
7	IVI	3*117	INPUT AF IKKE-VAREFORDELT IMPORT
8	IVC	3* 66	PRIVAT KONSUM AF IKKE-VAREFORDELT IMPORT
9	IVE	3* 9	ENDELIG ANVENDELSE AF IKKE-VAREFORDELT IMPORT
10	YI	5*117	INPUT AF PRIMÆRE FAKTORER
11	YC	5* 66	PRIVAT KONSUM AF PRIMÆRE FAKTORER
12	YE	5* 9	ENDELIG ANVENDELSE AF PRIMÆRE FAKTORER
13	G	1*117	DANSK PRODUKTION (1000 KR.)
14	C	1* 66	PRIVAT KONSUM (1000 KR.)
15	E	1* 9	ENDELIG ANVENDELSE (1000 KR.)
16	DZBINV	117*117	INVERTERET MATRIX (ENDOGEN)
17	DBINV	117*117	INVERTERET MATRIX (EXOGEN)
18	BTI	100*117	INPUT AF BTN-OPDELT IMPORT
19	BTC	100* 66	PRIVAT KONSUM AF BTN-OPDELT IMPORT
20	BTE	100* 9	ENDELIG ANVENDELSE AF BTN-OPDELT IMPORT
21	UVI	99*117	INPUT AF UDVALGTE VARER
22	UVC	99* 66	PRIVAT KONSUM AF UDVALGTE VARER
23	UVE	99* 9	ENDELIG ANVENDELSE AF UDVALGTE VARER
24	UVD	117* 99	MARKEDSANDELSMATRIX FOR UDVALGTE VARER
25	UVM	99* 1	UDVALGTE VARERS IMPORTKVOTE I DANSK ANVENDELSE
26	UVX	99* 1	UDVALGTE VARERS IMPORTKVOTE I EKSPORTEN

Anmærkning: Da der ikke beregnes lønninger i faste priser, indeholder YI matrixens lønrække værdien 0 i filerne for andre år end 1975 opgjort i faste (1975) priser, således at koefficienterne for BFI er samlet i restindkomstrækken.

Bilag 4. DS' 117 io-sektorer og 9 kategorier af endelig anvendelse

1	11.101 Landbrug	43	34.222 Offsettrykkerier
2	11.103 Gartneri	44	34.223 Serigrafiske trykkerier mv.
3	11.109 Pelsdyravl mv.	45	34.230 Bogbinderier
4	11.200 Landbrugsservice	46	34.240 Dagblade
5	12.000 Skovbrug	47	34.291 Bog- og kunstforlag
6	13.000 Fiskeri og Dambrug	48	34.292 Ugeblade og magasiner
7	20.099 Brunkulslejer, råolie og naturgas	49	34.293 Annonceblade og tidsskrifter
8	29.000 Udvinning af grus, sten og salt mv.	50	35.110 Fremst. af kemiske råstoffer
9	31.113 Svine- og kreaturslagterier	51	35.120 Fremst. af kunstgødning mv.
10	31.117 Fjerkræslagterier	52	35.130 Fremst. af basisplast mv.
11	31.121 Mejerier	53	35.210 Farve- og lakfabrikker
12	31.123 Smelteost- og mælkekond.fabrikker	54	35.220 Medicinalvarefabrikker
13	31.124 Konsumisfabrikker	55	35.230 Sæbe- og kosmetikfabrikker
14	31.130 Grønt- og frugtkonservesfabrikker	56	35.290 Fremst. af rensedmidler, lim mv.
15	31.140 Fisketilberedning	57	35.300 Olieraffinaderier
16	31.151 Oliemøller	59	35.400 Asfalt- og tagpapfabrikker mv.
17	31.152 Margarinefabrikker	59	35.510 Vulkaniseringsanstalter
18	31.153 Fiskemølsfabrikker	60	35.590 Gummifabrikker
19	31.160 Fremst. af mel, gryn mv.	61	35.600 Fremst. af plastvarer
20	31.171 Brødfabrikker	62	36.100 Fremst. af porcelæn og keramik
21	31.173 Kagefabrikker	63	36.200 Glasværker og glasbearbejdning
22	31.174 Bagierier	64	36.910 Teglværker mv.
23	31.180 Sukkerfabrikker	65	36.920 Cementfabr., kalk- og mørtelværker
24	31.190 Chokolade- og sukkervarefabrikker	66	36.993 Betonvarefabrikker, stenhuggerier
25	31.210 Fremst. af kartoffelmel, madpræg mv.	67	36.998 Fremst. af isoleringsmaterialer mv.
26	31.229 Fremst. af foderstoffer	68	37.101 Jern- og stålværker
27	31.310 Spirit- og likørfabrikker	69	37.102 Jernstøberier
28	31.338 Bryggerier	70	37.201 Metalværker
29	31.400 Tobaksfabrikker	71	37.202 Metalstøberier
30	32.118 Spindierier, væverier og tæppefabr.	72	38.121 Metalmøbelfabrikker
31	32.120 Tekstilvarefremst. excl. beklædning	73	38.138 Fremst. af byggematerialer af metal
32	32.130 Trikotagefabrikker	74	38.191 Metalenballagefabrikker
33	32.158 Rebslagerier, fiskenetfabr. mv.	75	38.198 Fremst. af værktøj, køkkenredsk. mv.
34	32.200 Beklædningsfremstilling	76	38.220 Fremst. af landbrugsmaskiner
35	32.300 Fremst. af lædervarer excl. fodtøj	77	38.228 Fremst. af industrimaskiner
36	32.400 Fremst. af fodtøj	78	38.280 Smede- og maskinrep. værksteder
37	33.100 Træforarbejdning excl. møbler	79	38.293 Fremst. af husholdningsmaskiner
38	33.200 Fremst. af træmøbler mv.	80	38.298 Fremst. af køleanlæg, komponenter mv.
39	34.110 Papir- og papfabrikker	81	38.320 Fremst. af telemateriel
40	34.128 Papiremballage- og tapetfremst. mv.	82	38.330 Fremst. af el-husholdningsartikler
41	34.210 Reproduktionsanstalter og sætterier	83	38.392 Akkumulator- og tørelementfabrikker
42	34.221 Bogtrykkerier	84	38.398 Fremst. af el-motorer og kabler mv.

85	38.410 Skibsværfter og skibsmotorfabrikker	102	71.230 Hjelpevirksomhed for søtransport
86	38.436 Panemateriel- og karosserifabr. mv.	103	71.300 Lufttransport og luftnavne
87	38.498 Fremst. af cykler og knallerter mv.	104	71.509 Tjenester i forb. med transport
88	38.500 Fremst. af måleinstrumenter mv.	105	72.000 Postvæsen og telekommunikation
89	39.010 Guld- og sølvvarefremstilling	106	81.000 Finansiell virksomhed
90	39.098 Fremst. af legetøj, fritidsudstyr mv.	107	82.000 Forsikringsvirksomhed
91	41.010 Elforsyning	108	83.110 Boligbenyttelse
92	41.020 Gasforsyning	109	83.509 Forretningsservice
93	41.030 Fjernvarmeforsyning	110	93.109 Privat undervisning
94	42.000 Vandforsyning	111	93.300 Privat sundhedsvæsen
95	50.000 Bygge- og anlægsvirksomhed	112	94.000 Forlystelser, kulturelle aktiviteter
96	61.000 Engroshandel	113	95.130 Autoreparation
97	62.000 Detailhandel	114	95.299 Husholdningsservice
98	63.000 Hoteller og restauranter	115	95.400 Arbejdstagere i priv. husholdninger
99	71.118 Jernbane- og busdrift mv.	116	97.099 Priv. velfærdsinst., foreninger mv.
100	71.133 Turist-, taxi- og fragtvognmænd mv.	117	98.099 Offentlige tjenester
101	71.210 Søtransport		

Grupperingen af endelig anvendelse

1	Privat konsum
2	Offentligt konsum
3	Investeringer i maskiner og inventar
4	Investeringer i transportmidler
5	Investeringer i bygninger og anlæg
6	Forskydninger i landbrugets stambesætninger
7	Lagerforskydninger
8	Eksport
9	Imputerede finansielle tjenester

Bilag 5. Energityper i energimatricen

Lb. nr.	Varenr. i NR	Energiart	Specifik. enhed	GJ pr. sp.enh.
1	000808	Gasværksgas	1000 m ³	17,0
2	005130	Fjernvarme	1000 GJ	
3	270101	Kul (til elværker (til gasværker (i øvrigt	tons	25,1 30,1 26,0
4	270201	Brunkul	tons	8,4
5	270203	Brunkulsbriketter	tons	18,0
6	270401 270403	Støbericinders Koks	tons	28,9
7	270901	Råolie	tons	41,9
8	271003	Jetpetroleum	tons	43,5
9	271004	Jetbenzin	tons	43,5
10	271006	Motorbenzin (afgiftspligtig)	tons	43,5
11	271008	Motorbenzin (farvet)	tons	43,5
12	271009	Anden benzin, nafta (LVN)	tons	43,5
13	271014	Petroleum (ekskl. jetpetroleum)	tons	43,5
14	271016	Autogasolie	tons	42,7
15	271018	Fyringsgasolie	tons	42,7
16	271019	Marinedieselolie	tons	42,7
17	271020 271022	Let fuel olie Svær fuel olie	tons	40,4
18	271050	Olieprodukter til videreforarb.	tons	43,1
19	271101	LPG	tons	46,9
20	271103	Anden gas (raffinaderigas)	tons	54,4
21	271105	Naturgas		
22	271701	Elektricitet	Gwh	3600,0
23	440101	Brænde	tons	12,6

Anm.: Brændværdierne i GJ svarer til dem, der anvendes i Energi- styrelsens kvartalsoversigter. Disse afviger for visse varer, og især for kul, fra dem, der anvendes i den årlige artikel "Dan- marks energibalance 19.." i Statistiske Efterretninger.

Bilag 6. Lagerbeholdninger af olieprodukter pr. 31/12 1980

Danmarks Statistik har publiceret nedenstående opgørelse over lagerbeholdninger pr. 31.12.80 af visse varer - deriblandt olieprodukter - i mængder.

Lagerbeholdninger 31/12 1979 samt 31/3, 30/6, 30/9 og 31/12 1980

Brugstarif- position	Varebeskrivelse	Mængde- enhed	31/12 1979	31/3 1980	30/6 1980	30/9 1980	31/12 1980
KAFPE OG TE							
09.01.110,130	Rå kaffe	tons	6908	4609	7576	6505	6532
09.01.150,170	Brændt kaffe	"	1728	2397	2744	2422	2030
09.02.100,900	Te	"	673	712	653	595	585
21.02.111	Pulverkaffe	"	82	105	109	93	75
17.01	SUKKER	"	409084	306667	189016	84114	383162
FAST OG FLYDENDE BRÆNDELSE							
27.01	Kul	"	3437675	2594316	3599974	4348292	3905747
27.04	Koks	"	40094	34980	34275	39312	35445
27.02	Brunkulsbriketter	"	2803	2168	1524	2470	4254
27.09	Råolie og halvfabrikata	"	545493	541648	472508	390079	424957
27.10.210	Motorbenzin, herunder flyvebenzin	m ³	633620	201185	633818	594883	594313
27.10.591-599	Gasolie	"	2355045	2118855	2349213	2345430	2411923
27.10.340	Jetpetroleum	"	54728	85111	98170	103452	72455
27.10.380	Petroleum	"	59914	54513	64372	70319	58158
27.10.691,695	Brændselsolie (let og svær fuelolie)	tons	2785467	2781691	2871809	2913672	2540616
TRÆLAST AF NÅLETRÆ							
44.04.910,							
44.05.200,400,							
44.13.300	Tømmer, planker, brædder o.lign., også høvlet, pløjet, faset, affaset eller på lignende måde bearbejdet	m ³	556104	...	571304	...	619917

Kilde: DS' Statistiske Efterretninger, 384 - Nr. B17 - 1981.

Olielagrene i ovenstående opgørelse er opgjort i m³ hhv. tons og er derfor ikke direkte anvendelige i LINRAT's værdibaserede io-system, hvorfor en to trins konvertering af lagermængderne foretages.

Trin 1. Ved hjælp af omregningsfaktorer konverteres lagrene til mængder i TJ (m³ → tons → TJ)¹⁾.

1) I Energistyrelsens Energioversigt, 1. kvartal 1985, optræder de relevante omregningsfaktorer.

Lagre i TJ:

Råolie og halvfabrikata:	424957 · 41.9	=	17806 TJ
Gasolie	: 2411923 · 0.84 · 42.7	=	86511 TJ
Motorbenzin	: 594313 · 0.75 · 43.5	=	19389 TJ
Let & svær fuelolie	: 2540616 · 40.4	=	102641 TJ

Trin 2. Ved hjælp af de exogene priser på olieprodukter i LINRAT bestemmes værdien (i 1980-kr.) af de fire lagertyper.

Lagre i 1980-kr:

Råolie og			
halvfabrikata:	17806 · 0.0325208	mio.kr. ~	579.07 mio.kr.
Gasolie	: 86511 · 0.0416787	mio.kr. ~	3605.67 mio.kr.
Motorbenzin	: 19389 · 0.0472019	mio.kr. ~	915.20 mio.kr.
Let & svær			
fuelolie	: 102641 · 0.0248966	mio.kr. ~	2555.41 mio.kr.

De tre sidstnævnte lagertyper kan paralleliseres til de i LINRAT inkorporerede raffinerede produkter: gas-/diesel olie, benzin og fuelolie respektivt, medens "Råolie og halvfabrikata" antages at være en rimelig repræsentation af aggregatet af råolien og andre raffinerede produkter i LINRAT. Ud fra denne antagelse opsplittes lageret på de to LINRAT olietyper ved hjælp af fordelingsnøglen 0.73; 0.27¹⁾).

Råolie	: 0.73 · 579.07 mio.kr.	=	422.72 mio.kr.
Andre raff.prod.:	0.27 · 579.07 mio.kr.	=	156.35 mio.kr.

1) Fordelingsnøglen er estimeret som den relative tilgang - dansk produktion + import - af de to olietyper i den uforstyrrede økonomi, dvs. $(q_{12} + m_{12}) / (q_{12} + m_{12} + q_{18} + m_{18})$ hhv. $(q_{18} + m_{18}) / (q_{12} + m_{12} + q_{18} + m_{18})$.

Bilag 7. Effekter af råoliekvalitet på io- og energibalancer.

I nedenstående to tabeller er vist konsekvenserne af at ændre forudsætningen om et 17% forsyningssvigt på tung råolie til en forudsætning om et 17% forsyningssvigt på let nordsø olie.

LINRA"-SEKTOR	-O- PROD.	-M- IMPORT	-C- PRIV. KONSUM	-G- OFF. KONSUM	-I- LAGER- ÆNDR.	-P- QVRIGE END. ANV.	-X- EXPORT
1. JANDERUG	-392.	-44.	0.		0.	0.	0.
2. NAER. & NYDELSESMIDL.	-369.	-109.	0.		0.	0.	0.
3. KEMISK INDUSTRI	-299.	-474.	0.		0.	0.	0.
4. JERN & METAL I	-72.	-243.	0.		0.	0.	0.
5. JERN & METAL II	-1402.	-1259.	0.		0.	0.	0.
6. TEGL & CEMENT	-349.	0.	0.		-36.	0.	0.
7. LEV. T. BYGGERI	-1462.	-741.	0.		0.	0.	0.
8. PAPIR & PAP	-22.	-75.	0.		0.	0.	0.
9. GLAS & PORCELAIN	-75.	-74.	0.		0.	0.	0.
10. ANDEN FREMSTILLING	-794.	-310.	0.		0.	0.	0.
11. BYGGE & ANLÆG	-13251.	0.	0.		0.	-12077.	0.
12. RAAOLIE	0.	-100.	0.		0.	0.	0.
13. KUL	0.	0.	0.		-40.	0.	0.
14. NATURGAS	-95.	0.	0.		0.	0.	0.
15. GAS/DIESEL OLLIE	-305.	0.	0.		0.	0.	0.
16. BENZIN	-223.	0.	-118.		0.	0.	0.
17. FUEL OLLIE	313.	0.	3.		282.	0.	0.
18. ANDRE RAFF. PROD.	-119.	0.	0.		0.	0.	0.
19. EL	193.	0.	284.		0.	0.	0.
20. BYGAS	-25.	0.	0.		0.	0.	0.
21. FJERNVARME	-57.	0.	0.		0.	0.	0.
22. TRANSPORT	-1037.	0.	0.		0.	0.	0.
23. HANDEL & SERVICE	-21918.	-28.	-9733.		0.	-7408.	0.
24. OFF. TJENESTER	-82.	0.	0.		0.	0.	0.
IALT	-41843.	-3457.	-9563.	0.	205.	-19485.	0.

DIFFERENCE ENERGIFORBRUG (MIO. 1980-KR.)

LINJAL-SEKTOR	KUL	NGAS	GAS-/ DIESEL- OLIE	BENZIN	FUEL	ANDRE RAFFIN. PROD.	EL	BYGAS	FJERN- VARME	ENERGI BESPAR.
1. LANDRUG	0.00	0.00	-8.77	-1.43	2.48	-0.76	3.01	0.00	-0.03	-13.12
2. NAER. & NYDELSESMIDL.	-0.15	-1.11	-1.29	-0.22	6.52	-0.02	5.50	-0.04	-0.14	-15.87
3. KEMISK INDUSTRI	0.00	-0.33	-1.17	-0.29	-0.85	-2.04	-1.86	-0.02	-0.18	-3.24
4. JERN & METAL I	0.00	-1.59	-0.70	-0.02	-0.98	-0.14	-1.69	-0.44	-0.02	-0.50
5. JERN & METAL II	-0.01	-1.01	-5.77	-0.78	-0.83	-2.00	-2.81	-0.30	-1.17	-7.60
6. TEGL & CEMENT	-34.50	-1.03	-4.93	-0.28	-24.76	-2.72	-13.65	0.00	-0.01	-0.89
7. LEV. T. BYGGERI	-3.06	-3.24	-16.88	-1.20	-21.71	-36.63	-21.67	-8.23	-0.43	-0.64
8. PAPIR & PAP	-0.61	-0.02	-0.01	0.00	-0.39	-0.04	-0.42	0.00	0.00	-0.70
9. GLAS & PORCELAIN	0.00	-0.32	-0.33	-0.02	-2.16	-0.28	-1.00	-0.67	-0.03	-0.41
10. ANDEN FREMSILLING	0.00	-0.38	-2.01	-0.39	-0.34	-0.84	-1.29	-0.05	-1.39	-4.46
11. BYGGE & ANLAEG	0.00	0.00	-79.63	-21.83	-3.82	-22.32	-14.30	-13.83	-5.41	-2.95
12. RAAOLIE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13. KUL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14. NATURGAS	0.00	0.00	-3.78	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15. GAS/DIESEL OLIE	0.00	0.00	-0.01	-2.46	-2.81	-35.55	-1.14	0.00	0.00	0.00
16. BENZIN	0.00	0.00	-0.01	-1.80	-2.06	-26.05	-0.84	0.00	0.00	0.00
17. FUEL OLIE	0.00	0.00	0.01	2.53	2.88	36.54	1.17	0.00	0.00	0.00
18. ANDRE RAFF. PROD.	0.00	0.00	0.00	-0.96	-1.10	-13.92	-0.45	0.00	0.00	0.00
19. EL	56.24	0.00	0.03	0.03	25.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20. BYGAS	26.34	0.00	-0.04	-35.55	0.00	-3.37	-0.21	0.00	0.00	0.00
21. FUERNVARME	-4.06	-83.24	-0.01	-0.01	64.55	0.00	-0.97	0.00	0.00	0.00
22. TRANSPORT	0.00	0.00	-73.45	-3.84	-3.20	-2.81	-1.95	0.00	-0.29	0.00
23. HANDEL & SERVICE	0.00	-2.72	-105.52	-36.27	-22.68	-6.34	-80.82	-1.16	-47.96	-76.81
24. OFF. TJENESTER	0.00	0.00	-0.39	-0.06	13.27	0.00	44.22	-0.01	-0.26	-58.43
IALT	40.20	-84.99	-304.67	-104.87	27.55	-119.31	-91.17	-24.75	-57.31	-185.62

Title and author(s) LINRAT - an energy rationing model for Denmark (in Danish) Jesper Munksgaard Pedersen	Date October 1986
	Department or group Systems Analysis Department
	Groups own registration number(s)
	Project/contract no.
Pages 314 Tables 58 Illustrations 36 References 15	ISBN 87-550-1274-4

Abstract (Max. 2000 char.)

The main aim of the thesis is to analyse the possibilities for an optimal allocation of scarce energy resources in the event of a short-term reduction in oil supply. For that purpose an energy rationing model - LINRAT - has been developed. LINRAT is an input-output model in which the aggregated employment in the economy is maximised under given constraints by the method of linear programming. The constraints in the model are incorporated in four modules: an input-output, refinery, substitution, and energy-rationing module. The official Danish input-output tables and energy matrices are used as main sources for data information. LINRAT comprises 14 non-energy sectors, 3 energy conversion sectors and 8 energy products. Two scenarios are presented in the report: the undisturbed economy and the crisis scenario. Given a realistic mix of policy instruments, the crisis scenario reflects the consequences of a 20% reduction in the import of heavy crude oil and refined products. The partial influence of the size and quality of the oil disruption is investigated. Further investigations concern the effects of: cracking flexibility, energy savings, energy substitution, restrictions on private consumption and a proportional rationing scheme.

Descriptors - EDB:

ALLOCATIONS; DENMARK; ECONOMIC IMPACT; EMERGENCY PLANS; ENERGY MODELS; ENERGY SHORTAGES; FUEL SUBSTITUTION; INPUT-OUTPUT ANALYSIS; LINEAR PROGRAMMING; OPERATIONS RESEARCH; OPTIMIZATION; PETROLEUM; PETROLEUM PRODUCTS; PETROLEUM REFINERIES; PLANNING; SOCIO-ECONOMIC FACTORS