



Miljø- og Energiministeriet
Danmarks Miljøundersøgelser

Landbrugsscenarier

- integreret miljøøkonomisk modelanvendelse

Faglig rapport fra DMU, nr. 257
1998

Johnny M. Andersen

Mette Wier

Berit Hasler

Henrik G. Bruun

Afdeling for Systemanalyse

Datablad

Titel:	Landbrugsscenarier	
Undertitel:	- integreret miljøøkonomisk modelanvendelse	
Forfattere:	Johnny M. Andersen, Mette Wier, Berit Hasler og Henrik G. Bruun	
Afdeling:	Afdeling for Systemanalyse	
Serietitel og nummer:	Faglig rapport fra DMU nr. 257	
Udgiver:	Miljø- og Energiministeriet Danmarks Miljøundersøgelser©	
URL:	http://www.dmu.dk	
Udgivelsestidspunkt:	November 1998	
Faglig kommentering:	Jørgen D. Jensen	
Layout:	Henriette Idskou	
Bedes citeret:	Andersen, J.M., Wier, M., Hasler, B. og Bruun, H.G. (1998): Landbrugsscenarier - integreret miljøøkonomisk modelanvendelse. Danmarks Miljøundersøgelser. 95 s. Faglig rapport fra DMU nr. 257.	
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse.	
Abstract:	<p>Rapporten beskriver et samlet integreret modelsystem til belysning af såvel økonomiske som miljømæssige konsekvenser af landbrugs- og miljøpolitiske tiltag. Intentionen med modelsystemet er, at kunne afdække påvirkningen af samfundsøkonomien, landbrugssektoren og det omgivende miljø ved alternative økonomiske udviklingsforløb.</p> <p>Modelsysteem er baseret på eksisterende modeller. På det samfundsøkonomiske niveau er ADAM anvendt til at beskrive de samfundsøkonomiske konsekvenser af et alternativt udviklingsforløb. På sektorniveau benyttes ESMEALDA til at beskrive de landbrugsøkonomiske konsekvenser, herunder ændringer i aktivitetsniveau og indsatsfaktorer. Og endelig er de miljømæssige konsekvenser eksemplificeret ved kvælstofbelastningen af farvandsområderne, som er estimeret via NP-modellen.</p> <p>I rapporten diskuteres de problemstillinger, der er forbundet med koblingen af modellerne. Den overordnede konklusion er, at det er muligt nu og her at give rimelige bud på konsekvenserne af et givet politiktiltag, hvilket er illustreret ved en konkret analyse af et scenario. Koblingen af modellerne er imidlertid ikke uden problemer, og der gives derfor også forslag til forbedringsmuligheder, hvoraf en stor del allerede er iværksat.</p>	
Frie emneord:	Integreret miljøøkonomisk analyse, ADAM, ESMEALDA, NP-model.	
Redaktionen afsluttet:	Oktober 1998	
ISSN:	87-7772-429-1	
ISBN:	0905-815X	
Papirkvalitet:	Klorfrit High Tech / 100 g	
Tryk:	Grafisk Service, Risø	
Sideantal:	95	
Oplag:	200	
Pris:	kr. 100,- (inkl. 25% moms, ekskl. forsendelse)	
Købes i boghandelen eller hos:	Danmarks Miljøundersøgelser Postboks 358 Frederiksborgvej 399 DK-4000 Roskilde Tlf.: 46 30 12 00 Fax: 46 30 11 14	Miljøbutikken Information og Bøger Læderstræde 1 1201 København K Tlf.: 33 37 92 92 Fax: 33 92 76 90

Indhold

Forord 5

Sammendrag 6

English Summary 7

1 Indledning 8

2 Det samlede modelsystem 10

3 Landbruget - et erhverv underlagt markedsregulering 14

3.1 Økonomien som rammebetingelse for dansk landbrug 14

3.2 EU's landbrugspolitik som rammebetingelse for dansk landbrug 15

4 ADAM 18

4.1 Landbrugssektoren i ADAM 18

4.1.1 Landbrugets produktion 18

4.1.2 Landbrugets inputforbrug 20

4.1.3 Efterspørgsel efter landbrugsprodukter 21

Erhvervenes køb af danske og udenlandske landbrugsprodukter 22

Eksport fra dansk landbrug 22

Privat forbrug af landbrugsprodukter 23

Investeringer i landbrugsprodukter 24

4.2 Anvendelse af ADAM til landbrugsanalyseformål 25

4.3 Videre forskning 27

5 ESMERALDA (og KRAM) 29

5.1 ESMERALDA 29

5.1.1 Generelt om ESMERALDA 29

5.1.2 ESMERALDA's struktur 30

5.1.3 Modellens formulering, datagrundlag og estimation 32

ESMERALDA's driftsgrensmoduler 32

Driftsgrens-modulernes sammenbinding 33

Kalibrering af modellen 33

5.1.4 Videreudvikling af ESMERALDA 34

5.2 KVL-modellen KRAM 34

5.2.1 Generelt om KRAM/KVL-modellen 35

5.2.2 KRAM's struktur 35

Input-modul 36

Submodul for optimering af salgsafgrødeproduktion 36

Submodul for optimering af husdyrproduktion 36

Submodul for samlet bedriftsoptimering 36

Submodul for salg og køb 37

Modellering af landbrugssektoren - struktur-submodel 37

Submodul for priser 37

5.2.3 Sammenligning af KRAM og ESMERALDA 37

5.2.4 Vurdering 38

6 NP-modellen 39

6.1 Den oprindelige NP-model 39

6.2 NP-modellen i landbrugsmodelkomplekset 41

6.2.1 Udvaskning af kvælstof fra rodzonen 41

6.2.2 Retention af kvælstof i oplande 43

6.2.3 Ammoniakemission 44

6.2.4 Deposition af den emitterede ammoniak (fra dansk landbrug) 48

6.2.5 Fosfortab til vandmiljøet 49

6.2.6 NP-modellens datagrundlag og den geografiske dimension 50

Arealanvendelse og husdyrbestand 50

Gødningsanvendelse 53

7 Sammenkobling af modellerne 59

7.1 Sammenkobling mellem ADAM og ESMERALDA 59

7.2 Sammenkobling af ESMERALDA og NP-modellen 61

7.2.1 Distribuering af ESMERALDA's arealer og husdyr til
afstrømningsoplande 61

7.2.2 Konvertering af gødningsomkostninger til mængder 67

8 Scenarier 75

9 Resultater 78

9.1 Økonomiske effekter: resultater fra ADAM og ESMERALDA 78

9.1.1 Scenarie A: Grundforløb 78

9.1.2 Scenarie B: Landbrugsøkonomiske effekter af et
liberalt 1995-scenarie 78

9.1.3 Scenarie C: Samfundsøkonomiske effekter - Integreret forløb med det
liberale 1995-scenarie 80

9.2 Miljøbelastning: resultater fra NP-modellen 82

10 Diskussion 87

Referencer 91

Forord

Nærværende delprojekt er udarbejdet under Miljø- og Energiministeriets aktiviteter vedr. integrerede miljø-informationssystemer (IMIS). Formålet med projektet har været at tilvejebringe et samlet modelsystem, der kan belyse såvel økonomiske som miljømæssige konsekvenser af landbrugs- og miljøpolitiske indgreb. Projektet har indebåret anvendelse af eksisterende modeller, der er udviklet af afdelinger i Danmarks Miljøundersøgelser og af andre institutioner. I denne rapport indgår der bl.a. beskrivelser af den landbrugsøkonomiske model ESMERALDA, der er udviklet af Erhvervsøkonomisk afdeling på Statens Jordbrugs- og Fiskeriøkonomiske Institut (SJFI), og der indgår ligeledes beregningsresultater med denne model. Beregningerne med og beskrivelserne af ESMERALDA er udført af seniorforsker Jørgen Dejgaard Jensen (SJFI), som desuden har bidraget med konstruktiv kritik af rapporten som helhed. Forfatterne ønsker i den sammenhæng at takke for bidraget til rapporten samt for et godt og konstruktivt samarbejde. Samtidig bemærkes det, at ansvaret for rapporten og de beregninger, der præsenteres, er DMU's.

Nærværende rapport omfatter dokumentation af mange af de modeller, der indgår i modelkomplekset. I mange tilfælde er der henvist til andre kilder for en mere detaljeret beskrivelse af de tekniske forhold. For at sikre en nogenlunde detaljeret beskrivelse, som kan anvendes af fagfolk på området, indgår der afsnit, der kan opfattes som meget teknisk for læsere uden økonomisk baggrund. Derfor indledes hvert afsnit med en mere overordnet beskrivelse af den enkelte model, og læseren kan herefter vælge at springe over de mere detaljerede beskrivelser.

Sammendrag

Rapporten skildrer et samlet integreret modelsystem, der kan belyse såvel økonomiske som miljømæssige konsekvenser af landbrugs- og miljøpolitiske tiltag. Dvs. et fremskrivningsværktøj fra landbrugssektoren og dens miljøbelastning. Dette med henblik på at dække det stigende behov for viden i miljøforvaltningen om hvorledes alternative økonomiske udviklingsforløb påvirker såvel landbruget som det omgivende miljø.

Formålet har ikke været at udvikle nye modeller; i stedet er der benyttet eksisterende modeller. Til beskrivelse af samfundsøkonomiske sammenhænge og generering af scenarier er der taget udgangspunkt i ADAM-modellen, , ligesom beregningen af samfundsøkonomiske konsekvenser af ændringer i landbrugssektoren også foregår her. Selve landbrugserhvervet er i ADAM beskrevet på et så aggregeret niveau, at ændringer indenfor sektoren ikke kan analyseres.

På sektorniveau er Statens Jordbrugs- og Fiskeriøkonomiske Instituts sektormodel (ESMERALDA) anvendt til beskrivelse af den samfundsøkonomiske udviklings betydning for landbruget og til analyse af forskellige landbrugs- og miljøpolitiske tiltags betydning for sektoren. Modellen genererer bl.a. ændringer i afgrødesammensætningen, husdyrholdet, råvareforbruget og indtjeningen i 19 driftsgrene på grundlag af de økonomiske og politiske rammebetingelser. Desuden er sektormodellen KRAM omtalt, idet denne model på sigt kan udgøre et alternativ til ESMERALDA.

Til beskrivelse af miljøeffekterne er anvendt DMU's NP-model. NP-modellen beskriver miljømæssige effekter af kvælstof- og fosforudvaskningen fordelt på 48 afstrømningsoplande som følge af produktionsmæssige forskydninger i landbruget. Endvidere genererer NP-modellen emissionen af ammoniak på amtsniveau. NP-modellen er blot én af flere miljømodeller, som skal kobles til modelkomplekset. På næste stadie kobles DMU's pesticidmodeller og et drivhusgasmodul, som genererer emissionen af lattergas og metan på nationalt niveau. Desuden skal der på senere tidspunkt etableres et naturmodul til at indikere naturbelastningen.

De involverede tre modeller er beskrevet særskilt, idet koblingen mellem disse ikke kan ses uafhængigt af de respektive modellers egendynamik. Det essentielle i etableringen af et integreret modelsystem har imidlertid bestået i koble modellerne på konsistent vis. Koblingen mellem de respektive modeller er ikke problemløst, og i rapporten diskuteres forskellige muligheder for at overvinde forhindringerne. Da modellerne bestandig er under udvikling, gives der også et bud på hvorledes de respektive koblinger kan foretages på sigt.

English Summary

This report describes a total integrated model system which can illuminate the economic as well as the environmental consequences of the agricultural and environmental political initiatives. In other words, a prediction tool for the agricultural sector and its environmental strain - to meet the environmental administration's growing need of information about how alternative economic developments effect both the agriculture and the surrounding environment.

It has not been the object to develop new models. Instead existing models have been used. The ADAM-model has been used as basis to describe national economic relations and to generate scenarios and furthermore, to estimate the socioeconomic consequences due to agricultural changes. In ADAM the agricultural industry itself is described on such an aggregated level that changes within the sector cannot be analysed.

On the sector level the model (ESMERALDA) of the Danish Agricultural and Fisheries Economics has been used to describe the importance of the socioeconomic development towards agriculture and to analyse the influence of various agricultural and environmental political initiatives on the sector. The model generates, inter alia, changes in the yield composition, animal husbandry, raw material consumption and the earnings of 19 scenarios based on the economic and political conditions. Furthermore, the sector model KRAM is discussed as this could be an alternative to ESMERALDA on a long view.

NERI's NP-model is used to describe the environmental effects. The NP-model describes the environmental consequences of the nitrogen and phosphorus leach divided on 48 run-off catchment areas as a result of the production changes in agriculture. In addition, the NP-model generates the emission of ammonia on county level. The NP-model is just one of several environmental models which has to be coupled to the model complex. In the next phase NERI's pesticide models and a greenhouse emission module which generates the emission of laughing gas and methane are added. In addition, a nature module to indicate strain on nature is to be established later on.

The three models are described separately as the connection between them cannot be seen independently of the respective models own dynamic. However, the essential of the development of an integrated model system has been to couple the models in a consistent way. The coupling between the respective models is not unproblematic and different ways to overcome the difficulties are discussed in the report. Since the development process of the models is constant a forecast of how the different couplings can be made on the long view is presented.

1 Indledning

Landbrugssektoren er en nøglesektor i forhold til problemer med iltsvind, eutrofiering, samt sundheds- og miljømæssige problemer med brug af pesticider. Sektorens intensive produktion har ydermere konsekvenser for landskab og natur. Herudover bidrager landbruget i ikke uvæsentlig grad til forsurening gennem emission af ammoniak, og til drivhuseffekten via emission af metan og lattergas.

Erhvervet underlægges i disse år betydelig miljøpolitisk styring, og samtidig ændres de økonomisk-politiske vilkår i takt med GATT/WTO forhandlinger, EU's landbrugspolitiske udvikling og den nationale landbrugspolitik i øvrigt.

I takt med landbrugets stadig mere betydningsfulde rolle i relation til rækken af miljøproblemer, er der i miljøforvaltningen opstået et stigende behov for værktøjer, der kan analysere betydningen af ændringer i landbrugssektoren for såvel landbruget selv som det omgivende miljø. Der er med andre ord behov for integrerede landbrugs- og miljøpolitiske analyser, der kan håndtere problemstillinger knyttet til samspillet mellem rammebetingelser, landbrugsproduktionen og dens effekter på natur og miljø. I denne forbindelse er der bl.a. behov for viden om hvorledes alternative økonomiske udviklingsforløb, f.eks. karakteriseret ved forskellige landbrugspolitiske ændringer, påvirker miljøet. Herudover er der behov for viden om hvordan forskellige miljøpolitiske tiltag påvirker ovennævnte belastningsparametre, og hvordan ændringer i miljø- og landbrugspolitik virker sammen. Endvidere er der behov for viden om konsekvenserne af de landbrugs- og miljøpolitiske tiltag på både samfundsøkonomien og landbrugets egen økonomi.

I 1996 påbegyndtes et projekt under Miljø- og Energiministeriets aktiviteter vedr. integrerede miljø-informationssystemer (IMIS). I den forbindelse indgik Danmarks Miljøundersøgelser (DMU) og Miljø- og Energiministeriets departement i 1995 en kontrakt vedr. projektet "Integrerede modeller som prognose- og prioriteringsværktøj". Et af delprojekterne er "Udvikling af fremskrivningsværktøj for landbrugssektoren og dens miljøbelastning". Formålet med delprojektet er at tilvejebringe et samlet modelsystem, der kan belyse såvel økonomiske, som miljømæssige konsekvenser af landbrugs- og miljøpolitiske indgreb. Med udgangspunkt i eksisterende modeller skal der udvikles et integreret system, der kan analysere effekter af alternative scenarier på konsistent vis. Hovedsigtet med det arbejde, der fremlægges her, er at afprøve de modeller der er i spil og koblingsmulighederne mellem modellerne. Endvidere påpeges problemer og løsningsmuligheder, og endelig er hensigten med rapporten at dokumentere udviklingstrinet for de enkelte dele af modelkomplekset.

Metodisk tager arbejdet udgangspunkt i en række eksisterende modeller, der senere efter behov kan suppleres eller erstattes af andre modeller. I det nuværende koncept tages der udgangspunkt i ADAM-modellen på nationalt niveau. De overordnede samfundsøkonomiske tendenser i scenarierne genereres på dette niveau, lige-

som beregningen af samfundsøkonomiske konsekvenser også foregår her.

Til analyse af effekter i landbrugssektoren anvendes en sektormodel fra Statens Jordbrugs- og Fiskeriøkonomiske Institut (ESMERALDA). Modellen egner sig til analyse af landbrugspolitiske indgreb og disses konsekvenser for sektorens produktion, indtjening, afgrødesammensætning, husdyrhold og faktorforbrug.

Analyse af miljøbelastningen bygger på en række modeller fra DMU. NP-modellen anvendes til at beskrive den miljømæssige belastning af vandmiljøet med næringsstoffer, og pesticidmodellerne, som er under opbygning, anvendes til at beskrive belastningen af grundvandet og overfladevandet med miljøfremmede stoffer. Endvidere er det planlagt at videreudvikle modelkomplekset med et modul til at estimere landbrugets emission af metan og lattergas og en beskrivelse/indikation af landbrugets påvirkning af naturen.

Rapporten er især rettet mod beskrivelsen af effekter på det nationale niveau. Formålet med arbejdet er at gennemprøve alternative koblinger mellem de anvendte modeller. Samtidig peger rapporten på behovene for videreudvikling af modellerne, bl.a. vedrørende de landbrugsstrukturelle og miljømæssige aspekter. Modellerne vil imidlertid blive benyttet i den form, de ligger i dag. Dog er NP-modellens estimation af ammoniakemissionen revideret som et led i indeværende projekt, og NP-modellens datagrundlag er opdateret til 1995-niveau.

Indholdet i nærværende rapport er dels en dokumentation af de anvendte modeller og sammenkoblingen mellem dem, dels en illustration af deres anvendelse gennem en række scenarier. I næste kapitel skitseres det samlede modelsystem, hvorefter kapitel 3 kort skitserer landbruget som økonomisk erhverv som baggrund for den senere gennemgang af de økonomiske modellers funktionsmåde. I kapitel 4 gennemgås den samfundsøkonomiske ADAM-model. Herefter beskrives ESMERALDA i kapitel 5 og desuden beskrives KVL-modellen KRAM, som på sigt kan udgøre et alternativ til ESMERALDA. NP-modellens muligheder, force og begrænsninger belyses i kapitel 6. I kapitel 7 beskrives koblingen mellem modellerne og dermed det samlede system. I kapitel 8 præsenteres scenarierne og i kapitel 9 resultaterne fra disse. Endelig rummer kapitel 10 en diskussion af de anvendte koblinger.

2 Det samlede modelsystem

Det er hensigten at opbygge et modelsystem, der kan behandle såvel økonomiske som miljø- og naturmæssige konsekvenser af alternative scenarier. Modellerne beskrives kortfattet nedenfor.

Til beskrivelse af samfundsøkonomiske sammenhænge og generering af scenarier tages udgangspunkt i ADAM-modellen. Landbrugssektoren er her beskrevet på helt aggregeret niveau, således at ændringer indenfor sektoren ikke kan analyseres.

På sektorniveau anvendes Statens Jordbrugs- og Fiskeriøkonomiske Instituts sektormodel (herefter ESMERALDA) til beskrivelse af den samfundsøkonomiske udviklings betydning for landbruget og analyse af forskellige landbrugs- og miljøpolitiske tiltags betydning for sektoren. Modellen behandler bl.a. ændringer i afgrødefordeling og husdyrhold, råvareforbrug og indtjening i 19 driftsgrene som følge af økonomiske og politiske betingelser.

ESMERALDA er ikke umiddelbart udviklet med henblik på at udføre miljøanalyser og indeholder derfor et begrænset antal miljøparametre opgjort i fysiske mængder. Derfor præsenteres også KVL-modellen KRAM, som er en matematisk optimeringsmodel for den danske landbrugssektor, der i lighed med ESMERALDA behandler ændringer i afgrødefordeling, husdyrhold, råvareforbrug og indtjening som følge af ændringer i priser og restriktioner (f.eks. miljøkrav). På sigt kan denne form for modellering udgøre et alternativ til den økonometriske modellering med ESMERALDA.

Til behandling af de miljømæssige konsekvenser i form af næringsstofbelastningen af vandmiljøet tages udgangspunkt i DMU's NP-model. Modellen beregner miljøbelastningen af produktionsmæssige og teknologiske forskydninger i landbruget fordelt på 48 afstrømningsområder. Konkret tages der udgangspunkt i arealanvendelsen, husdyrholdet og tilførslen af gødning.

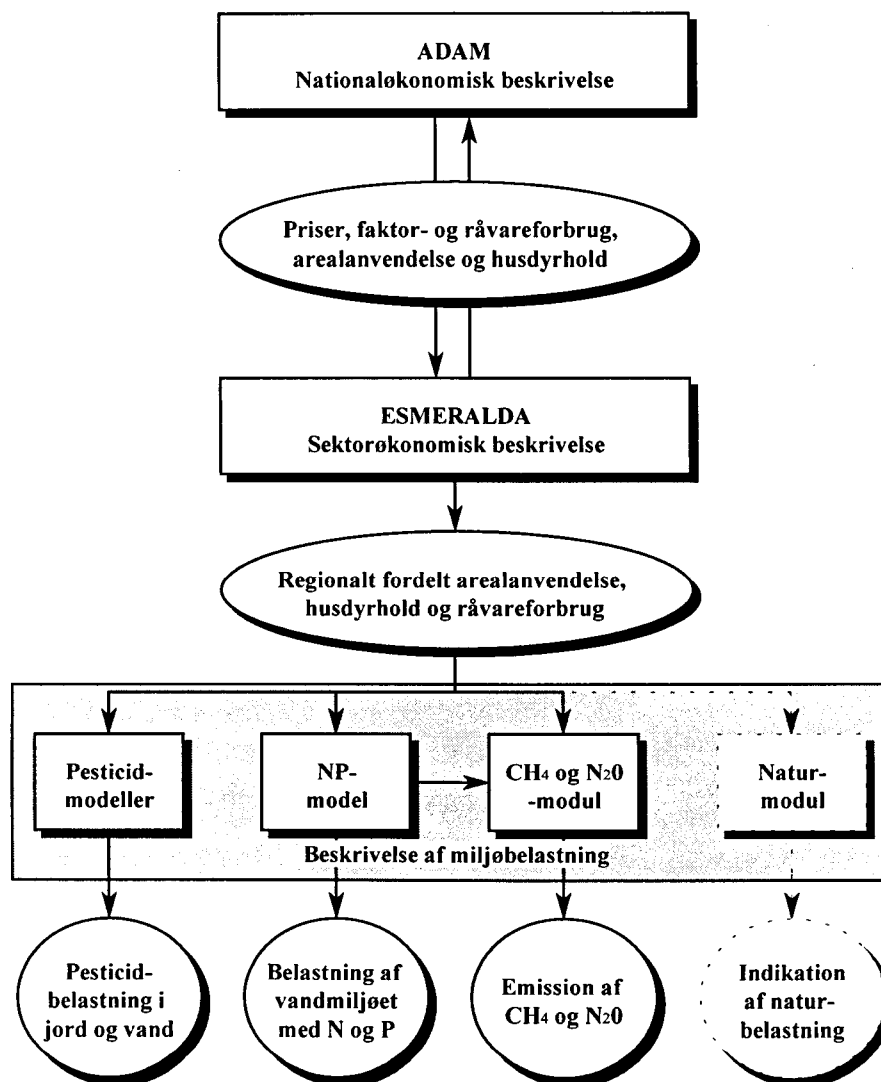
Udover landbrugets næringsstofbelastning er der en række andre miljøaspekter, der inddrages i modelsystemet på et senere tidspunkt. Belastningen med pesticider vil blive belyst via DMU's pesticidmodeller, som er under udvikling. Konkret tager pesticidmodellerne udgangspunkt i pesticidforbruget fordelt på pesticider og afgrøder. På det grundlag estimerer modellen belastningen af jord, grundvand og overfladevand.

Konsekvensberegnings-modeller for drivhusgasserne metan og lattergas vil følge IPCC's (Intergovernmental Panel on Climate Change) Guideline for National Greenhouse Gas Inventories. Konkret bestemmes emissionen af metan på grundlag af husdyrholdets størrelse og sammensætning. Emissionen af lattergas bestemmes på grundlag af håndteringen af husdyrgødningen, forbruget af kvælstof, kvælstoffiksering, ammoniakfordampning, kvælstofindholdet i planteresidualer, kvælstofafsætning fra græssende husdyrhold, kvælstofudvaskning og omfanget af organogene jorde.

Forskellige parametre i landbrugssektorens udvikling kan indikere udviklingen vedrørende natur- og biodiversitetsaspektet. Det gælder f.eks. braklægning, sprøjtning, arealer i og udenfor omdrift, gødningstilførsel, vedvarende græs, pesticidforbrug og specialisering mv.

Nedenstående figur illustrerer det samlede modelsystem, når systemet er fuldt udbygget. Kasserne indeholder de anvendte modeller, mens cirklerne indeholder de variable, der binder modellerne sammen. I det følgende fokuseres imidlertid alene på forholdet mellem den samfundsøkonomiske beskrivelse (ADAM), den sektorøkonomiske beskrivelse (ESMERALDA) og beskrivelsen af næringsstofbelastningen af vandmiljøet (NP-modellen). Som det fremgår danner ADAM og ESMERALDA tilsammen beskrivelsen af de økonomiske og politiske forhold. Koblingen til miljømodellerne sker via den geografisk distribuerede landbrugsstruktur med tilhørende indsatsfaktorer. Det er forandringerne i dette led, der forårsager de væsentligste ændringer i miljøbelastningen, som estimeres via de respektive miljømodeller, og modelkonceptets løsninger er derfor ganske følsomme overfor udformningen af snitfladerne mellem modellerne.

Figur 2.1 Det integrerede modelsystem



Nedenstående tabel angiver de mest centrale variable i det udbyggede IMIS modelsystem, det vil sige variable, der har væsentlig betydning for udviklingen i de miljøparametre vi ønsker at modellere. Der er tale om variable, der enten er behandlet i nærværende rapport eller som planlægges indarbejdet i det integrerede modelsystem som led i beslægtede IMIS projekter.

Tabellen er opdelt på exogene og endogene variable, samt procesparametre. Exogene variable er *inputvariable*, dvs. variable, der tages stilling til udenfor modelsystemet. Når der skal foretages scenariekørsler benyttes disse ofte som håndtag man kan skrue på.

Endogene variable er *outputvariable* eller *resultatvariable*, dvs. de variable der bestemmes indenfor modelsystemets rammer.

Endelig er *procesparametrene* estimerede koefficienter og parametre, der bestemmer forholdene mellem forskellige variable i modellen - de kvantificerer modellens funktionelle forhold. I princippet kan der også skrues på disse med henblik på at frembringe alternative scenarier eller foretage følsomhedsanalyser vedrørende parameterens betydning.

Opdelingen gælder for det samlede modelsystem. I praksis kan samme variabel ofte være exogen i én af de anvendte modeller og endogen i en anden. For en beskrivelse af dette henvises til de følgende kapitler, hvor modellerne gennemgås individuelt. Når en variabel benævnes exogen eller procesparameter i nedenstående tabel, betyder det, at den er exogen hhv. procesparameter i samtlige modeller i modelsystemet. Benævnes en variabel endogen, betyder det, at den bestemmes i én af de anvendte modeller - den vil så typisk optræde exogent i de øvrige.

Herudover omfatter tabellen visse variable, der af varierende årsager *ikke* er omfattet af projektet (sidste søjle), men som alligevel vurderes relativt betydningsfulde for udviklingen i de miljøparametre, projektet har til hensigt at modellere. Disse variable er imidlertid ikke omfattet af modelsystemet, som oftest fordi de kun kan afbildes meningsfyldt på et langt lavere aggregeringsniveau.

Tabel 2.1 Centrale variable i det integrerede modelsystem

Miljøparameter	Exogene variable	Endogene variable	Procesparametre Koefficienter	Ikke omfattet
Kvælstofudvaskning til havområder	Priser på forskellige landbrugsprodukter Priser på gødning, pesticider og andre indsatsfaktorer Staldtyper	Handelsgødningsforbrug	Jordtype- og afgrødespecifikke udvaskningsparametre	Fodersammensætning og foderudnyttelse
		Husdyrgødningsforbrug	Gødningsproduktion pr. husdyrkategori	Økologisk dyrket areal
		Udnyttelsesgraden af husdyrgødning	Regionale kvælstofretentionskoefficienter	
		Gødningslagertype	Kvælstoffiksering	
		Udbringning af husdyrgødning		
		Arealanvendelse, afgrødefordeling og vegetabilsk produktion		
		Husdyrhold og animalsk produktion		
Fosforafstrømning		Handelsgødningsforbrug	Afstrømningskoefficienter	Fosforretention
		Husdyrgødningsforbrug	Regionale jordtyper	
Ammoniakfordampning og -deposition	Priser på indsatsfaktorer og landbrugsprodukter Staldtyper Omfang af markfold/sommergræsning	Husdyrhold	Gødningsproduktion pr. husdyrkategori	Fodersammensætning og foderudnyttelse
		Gødningslagertype	Spredningsmatrice	
		Udbringning af husdyrgødning		
Pesticidbelastning af grundvand og overfladevand	Priser på indsatsfaktorer og landbrugsprodukter	Pesticidforbrug		Økologisk dyrket areal
		Afgrødesammensætning		
		Behandlingshyppighed		
Naturindhold i det åbne land	Priser på indsatsfaktorer og landbrugsprodukter	Braklagt areal		Markmosaik
		Arealer i og udenfor omdrift		Forhold omkring hegn
		Sprøjtning		Bedriftstørrelse
		Gødningstilførsel		Økologisk dyrket areal
		Specialisering		
Methan- og lattergasemission	Priser på indsatsfaktorer og landbrugsprodukter Staldtyper Omfang af markfold/sommergræsning	Husdyrhold	Gødningsproduktion pr. husdyrkategori	
		Handelsgødningsforbrug	Organogene jorde	
		Husdyrgødningsforbrug	Biologisk kvælstoffiksering	
		Kvælstofudvaskning	Kvælstof i planterestidaler	
		Gødningslagertype	Kvælstofdeposition på land	
		Kvælstoffiksering		
		Ammoniakfordampning		

3 Landbruget - et erhverv underlagt markedsregulering

I dette kapitel ridses landbrugserhvervets økonomiske og reguleringsmæssige vilkår kortfattet op. Der fokuseres på hovedkræfterne bag erhvervets udvikling de seneste år. Formålet med kapitlet er at tilvejebringe et grundlag for at vurdere den landbrugs-beskrivelse, som de økonomiske modeller (ADAM, ESERALDA og KRAM) tilbyder. Dette kapitel er med andre ord godt at have i bagehovedet ved læsning af rapportens øvrige kapitler.

Hvis man betragter strukturen i dansk landbrug i dag, vil man i høj grad finde, at den er en følge af de økonomiske rammebetingelser, som erhvervet er underlagt. Landbruget er et erhverv, der gennem årtier er blevet styret og reguleret som ingen anden privat sektor, og det har i høj grad vist sig muligt at gøre dette. Årsagen har bl.a. været EU's ønske om dels selvforsyning og dels sikring af rimelige indkomstvilkår i landbruget. Virkemidlerne har især været kvoter, tilskud og afgifter. Hertil kommer regulering fra dansk side, først og fremmest med det formål at reducere miljøbelastningen fra sektoren. Virkemidlerne har her især været påbud og forbud, f.eks. påbud om en vis udnyttelse af husdyrgødning, og forbud mod udbringning af husdyrgødning på frossen jord.

3.1 Økonomien som rammebetingelse for dansk landbrug

Landbrugsproduktionen er i udbredt grad bestemt af tilskudssystemet. Ved at skruer op og ned på tilskuddene, f.eks. areal- eller husdyrpræmierne kan man fra politisk hold til en vis grad styre landbrugsproduktionen. F.eks. er arealet med raps kraftigt reduceret efter reduktionen af støtten i 1992/93. Det er ikke kun de direkte tilskud der styrer; prisstigninger virker på tilsvarende vis. Hvad og hvordan landmanden producerer og hvilke natur- og miljøeffekter det forårsager, hænger altså snævert sammen med de priser og støtteordninger landbruget er underlagt.

Udviklingen har vist, at erhvervets produktion er påvirket af økonomiske hensyn, hvilket indebærer at ændringer i relative priser eller i tilskud og afgifter hvad enten rammebetingelserne udgøres af udviklingen på markedet eller landbrugspolitiske pris- og støtteordninger. Der er derfor grund til at forvente, at en modellering baseret på teori om landmandens adfærd som økonomisk agent vil fange hovedtendenserne i landbrugets strukturudvikling op, jf. bl.a. Vatn et al. (1996) og Hasler (1998). Denne betragtningsmåde kan forudsige størsteparten af de miljømæssigt interessante strukturelle parametre som afgrødefordeling, husdyrholdets størrelse og sammensætning, sprøjtepraksis og gødskning på regionalt niveau. Det udelukker naturligvis ikke, at den enkelte landmands ageren kan afvige fra dette mønster; den enkelte landmands individuelle holdninger og præferencer kan således medføre en - ud fra et rent økonomisk synspunkt -

irrationel adfærd. Det fremherskende billede er imidlertid, at den rationelle økonomiske adfærd sætter sig igennem som en økonomisk nødvendighed. Spillerummet for den enkelte landmands ageren er derfor begrænset.

Endelig skal det påpeges, at betragtes et lille lokalområde, kan de økonomiske teorier og modeller selvfølgelig ikke forudsige hvilken strukturel udvikling der vil ske netop der. Den kan afvige væsentligt fra de gennemsnitsbetragtninger, der ligger i de modelbaserede analyser. Ej heller kan de forudsige udviklingen indenfor driftspraksis på detaljeret niveau, f.eks. konsekvenser for markmosaikken eller for forhold omkring grænserne mellem markerne (f.eks. hegn). Her må man enten studere det enkelte lokalområde specifikt, eller nøjes med de generelle tendenser den økonomiske tilgang kan levere.

3.2 EU's landbrugspolitik som rammebetingelse for dansk landbrug

Der er stort set ingen produktion af landbrugsprodukter i EU, der klarer sig selv på markedets betingelser - al landbrugsproduktion i EU er reguleret i en eller anden form. Reguleringen sker enten i form af direkte eller indirekte eksportstøtte, i form af markedsbeskyttelse ved importafgifter eller i form af direkte areal- eller husdyrtilskud (hektarstøtte, ammeko- og handyrpræmier, investeringstøtte mv.).

Den omfattende grad af regulering skyldes bl.a. at EU gennem tiderne har ønsket en høj selvforsyningsgrad. Samtidig har man ønsket at fastholde høje priser på landbrugsprodukter for at sikre landbruget en indkomst på niveau med andre sektorer. Førstnævnte er især søgt reguleret gennem de produktionsfremmende foranstaltninger, og sidstnævnte ved interventions/eksport- og import-ordningerne, der til dels sikrer landmændenes indtjening. Reguleringen influerer også på verdensmarkedsprisen ved at styre producenterens udbud udenfor unionen. Via interventionsordningerne og eksport- og importordningerne eksisterer i dag 2-prisordninger for de fleste produkter, idet priserne på det indre marked ved hjælp af toldmure holdes en del højere end verdensmarkedspriserne.

Der er i praksis tale om 3 markeder for danske landbrugsprodukter: det danske hjemmemarked, EU's indre marked og verdensmarkedet, hvor handelen med tredie-lande foregår. Producenterne har en vis hjemmemarkedsfordel, hvilket bl.a. kommer til udtryk i generelt højere hjemmemarkedspriser.

Ved eksport af varerne er producenterne af landbrugsprodukter i højere grad underlagt konkurrence, hvorfor de kun har begrænset eller i visse tilfælde ingen indflydelse på prisen. Jo mere forskellige danske produkter er fra udenlandske, jo bedre grundlag er der for selv at sætte prisen. I en del tilfælde er produktet helt ensartet (f.eks. korn), hvorfor varerne afsættes under konkurrencelignende vilkår, hvor prisen er udefra givet. I de fleste tilfælde er der dog tale om en vis produktdifferentiering, således at danske producenter har en (begrænset) indflydelse på prisen.

Afsættes varerne udenfor det indre marked, er danske næringsmiddelprodukter mindre konkurrencedygtige end indenfor EU's grænser. I langt de fleste tilfælde giver EU eksportstøtte, således at differencen mellem det indre markeds pris og verdensmarkedsprisen udlignes. Producenterne kan enten søge om udligning efter varen er solgt, eller de kan få forhåndstilsagn om støtte inden salget iværksættes. EU's regler om eksportstøtte er i høj grad styret af, hvor stort udbud, der er på det indre marked. Hvis udbuddet er for stort, ønskes øget eksport til tredje lande, hvilket eksportstøtten kan sikre.¹

Endelig kan varerne som en sidste mulighed afsættes direkte til EU, der opkøber ikke-afsat produktion til garanterede mindstepriser (intervention). Denne mulighed har tidligere været meget benyttet, med en enorm lageropbygning til følge. I dag afsættes kun en lille del af produkterne til EU.

Der er altså tale om flere markeder, hvor det indre marked og verdensmarkedet er de væsentligste. Producenterne er principielt indifferente overfor hvilket af de 2 eksportmarkeder, de afsætter deres varer på. Kvæg- og plantesektorerne modtager i stor udstrækning direkte støtte; kvægsektoren er dog også reguleret via mælkekvoter. Såvel mejeri- som oksekødsproduktion er styret ved anvendelse af tilstræbte producentpriser og interventionspriser, hvor der kan ske interventionsopkøb når markedsprisen i EU ligger ca. 80% under interventionsprisen. Produktionen af handyr- og ammekvæg reguleres ved et loft for udbetaling af præmier for hvert land og hver producent, fastsat ift. referenceperioden i begyndelsen af 90'erne. EU's landbrugsreform fra 1992 bevirkede, at reguleringen af den vegetabiliske produktion blev omlagt fra prisgaranti og produktionsstøtte til et arealbaseret støttesystem for korn, oliefrø og proteinafgrøder (såkaldte reformafgrøder), hvor oliefrø og proteinafgrøder nu handles til verdensmarkedspris, mens kornproduktionen stadig er underlagt garanterede priser via interventionspriser, eksportrestitutions og importbeskyttelse. Dog er interventionsprisen lavere end før reformen fra 1992. Alle producenter der dyrker reformafgrøder modtager hektarstøtte, hvilket tidligere var betinget af braklægning af en varierende andel af bedriftens areal med reformafgrøder. Svinesektoren kan ikke siges at være underlagt samme grad af regulering som den vegetabiliske produktion og kvægsektoren, men modtager dog indirekte støtte til køb af foderkorn via regulering af kornpriserne, foruden den direkte hektarstøtte til produktionen af reformafgrøder. Selv om der indenfor markedsordningerne for svinekød ikke er nogle permanente interventionsordninger, sker der interventionsforanstaltninger når den såkaldte referencepris (dvs. den gennemsnitlige markedspris for svinekød i EU) ligger under 103% af basisprisen, der er en pris Rådet fastsætter på baggrund af de nye kornpriser. Denne beskyttelse skyldes at forholdet mellem svinekøds- og kornpriser

¹ I stort set alle tilfælde er verdensmarkedsprisen lavere end prisen i det indre marked. Den omvendte situation opstod imidlertid i 1995/96, da verdensmarkedsprisen for korn pga. begrænset udbud var højere end prisen i det indre marked. Producenterne ønskede derfor at sælge til tredje lande. For at sikre udbuddet af kornprodukter i EU, erstattede man midlertidigt eksportstøtten med en afgift på kornprodukter, der blev eksporteret ud af EU.

øver stor indflydelse på svineproduktionens udvikling og økonomi, og foranstaltningen regulerer således denne udvikling (jf. Landbrugs- og Fiskeriministeriet (1995), hvortil der henvises for en mere uddybende beskrivelse af EU's landbrugspolitik).

I det følgende skitseres hvorledes ADAM-modellen modellerer landbrugserhvervet. Kapitlet skal læses med ovenstående beskrivelse af landbrugets vilkår i baghovedet, idet den netop har til formål at give grundlag for en vurdering hvorvidt ADAM's beskrivelse er dækkende i forhold til de drivkræfter og samspil, der dominerer i virkelighedens verden. Modellen skal således vurderes på baggrund af indeværende kapitels beskrivelse af landbrugserhvervets faktiske vilkår.

4 ADAM

ADAM-modellen (Annual Danish Aggregated Model) er en makro-økonomisk konjunkturmodel for Danmark, der benyttes til analyser på kort og mellemfristet sigt (1-4 år frem). Modellen er dokumenteret i talrige arbejdsrapporter, og samlet senest i Danmarks Statistik (1996a). Den er hovedsaglig efterspørgselsbestemt, men har væsentlige crowding-out² egenskaber gennem renten på kortere sigt og gennem løn- og prisdannelsen på længere sigt. Rente-crowding-out fremkommer ved at renteforhøjelser sænker efterspørgslen, særligt investeringerne, hvorved aktivitetsniveauet nedsættes. Det har f.eks. betydning ved ekspansiv finanspolitik, idet obligationsfinansieret offentligt underskud virker rentedrivende. Løn-crowding-out fremkommer ved at stigende lønstigningstakt øger prisstigningstakten i økonomien og dermed forringer konkurrenceevnen. Den faldende eksport og stigende import, betyder reduceret dansk aktivitetsniveau. Hertil kommer en effekt gennem det private forbrug, idet husholdningernes reale formue bliver mindre.

Mens det i modelversioner frem til 1989 var crowding-out mekanismen via renten, der havde afgørende betydning, har det i senere versioner været løn-crowding-out, der har været dominerende. Denne ændring skyldes først og fremmest, at det danske renteniveau er bundet til det udenlandske, hvorfor renten ikke kan give sig på det danske pengemarked - kun på kort sigt kan den afvige fra udlandets.

4.1 Landbrugssektoren i ADAM

Landbruget i ADAM er een sektor, dvs. det er ikke opdelt på driftsgrene, bedriftstyper eller blot animalsk og vegetabilsk landbrug. Sektoren omfatter endvidere gartneri og fiskeri.

Følgende afsnit 4.1.1 til 4.1.3 er en forholdsvis teknisk gennemgang af modelleringen af landbruget i ADAM-modellen, fortrinsvis byggede på Danmarks Statistik (1996a). For læsere der ikke er interesseret i disse detaljer, kan der springes direkte til afsnit 4.2, der opsummerer de modelmæssige egenskaber og diskuterer disse i relation til nærværende projekt.

4.1.1 Landbrugets produktion

Produktionen gives fra efterspørgselssiden, som det er tilfældet med alle andre erhverv i ADAM. I landbrugssammenhæng er denne antagelse dog problematisk, idet afsætningen ikke er underlagt almindelige markedsmæssige vilkår, men derimod i et vist omfang garanteret fra EU's side, jf. kapitel 3. Produktionens omfang er i praksis hovedsageligt bestemt fra udbudssiden, hvor det foruden priserne er naturgrundlaget samt mængden og udnyttelsen af de anvendte ind-

² Crowding out er et udtryk, der dækker det forhold, at aktivitetseffekten af en ændring i en given variabel efter kortere eller længere tid fortrænges af modsatvirkende faktorer i økonomien.

satsfaktorer, der bestemmer landbrugsproduktionens størrelse, hvilket ikke er afspejlet i ADAM-modellen.

Produktionen i faste priser (fXa) gives som

$$fXa = k_a \cdot fXa + k_{ne} \cdot fXne + k_{nf} \cdot fXnf + k_{nn} \cdot fXnn + k_{ov} \cdot fXov + k_{cf} \cdot fCf + k_i \cdot fCi + k_{it} \cdot fIt + flla + k_{E0} \cdot fE0 + k_{E2} \cdot fE2 \quad (1)$$

hvor: $fX\zeta$ er produktionsværdi i faste priser, hvor ζ er erhvervene:

a = landbrug mv,

ne = energiforsyning mv,

nf = næringsmiddelindustri,

nn = nydelsesmiddelindustri eller

ov = offentligt varekøb.

De endelige anvendelser (i faste priser) er:

fCf = privat forbrug af fødevarer

fCi = privat forbrug af øvrige ikke-varige varer

fIt = investeringer i stambesætninger

$flla$ = landbrugets lagerinvesteringer

$fE0$ = eksport af næringsmidler og levende dyr

$fE2$ = eksport af animalske og vegetabiliske olier mv.

k_ψ markerer at der er tale om en koefficient, der sammenbinder leverancer fra landbruget til aftageren ψ . ψ kan enten være et erhverv eller en form for endelig efterspørgsel (dvs. investeringer, forbrug og eksport), nemlig:

a = landbrug mv.

ne = energiforsyning mv.

nf = næringsmiddelindustri

nn = nydelsesmiddelindustri

ov = offentligt varekøb

Cf = privat forbrug af fødevarer

Ci = privat forbrug af øvrige ikke-varige varer

It = investeringer i stambesætninger

$E0$ = eksport af næringsmidler og levende dyr

$E2$ = eksport af animalske og vegetabiliske olier mv.

Produktionen genereres altså som summen af en række komponenter, der hver for sig repræsenterer en leverance til et erhverv eller en endelig anvendelse. Hver komponent er et led bestående af størrelsen af produktionen i de enkelte erhverv (hhv. størrelsen af efter-

spørgslen af den enkelte efterspørgselskomponent), der ganges med en input-output koefficient, der angiver køb fra landbruget per enhed produceret (hhv. forbrugt) i det enkelte erhverv (hhv. efterspørgselskomponent).

De første 4 led angiver landbrugets leverancer til erhvervene landbrug, energiforsyning, næringsmiddelindustri og nydelsesmiddelindustri. Det femte led angiver landbrugets leverancer i form af offentligt varekøb, mens det sjette og syvende led angiver leverancer til forbrugskomponenterne "fødevarer" og "øvrige ikke-varige varer". Ottende og niende led angiver leverancer til investeringer i stambesætninger og lager, mens de 2 sidste led angiver leverancer til eksportkomponenterne "næringsmidler og levende dyr" samt "diverse ubearbejdede varer", der bl.a. omfatter animalske og vegetabiliske olier mv. I 1992 så beløbsfordelingen således ud :

Tabel 4.1 Landbrugsproduktionen fordelt på efterspørgsel, 1992 (mio kr)

Leverance til	
Landbrug	5.057
Energiforsyning	132
Næringsmiddelindustri	39.900
Nydelsesmiddelindustri	24
Offentligt varekøb	425
Privat forbrug af fødevarer	1.608
Privat forbrug af øvr. ikke-varige varer	1.188
Investeringer i stambesætninger	-34
Investeringer i lager	-203
Eksport af næringsmidler mv.	5.727
Eksport af olier mv.	3.677
Produktion i alt	57.500

Det ses at langt størstedelen af landbrugets produktion leveres til forarbejdning i næringsmiddelindustri. Herefter fordeler resten sig hovedsagelig på eksport og i mindre omfang privat forbrug.

4.1.2 Landbrugets inputforbrug

Produktionen kan tilsvarende fordeles på input, idet det her fremkommer hvorledes den samlede omsætning i landbruget er fordelt på køb af råvarer, arbejdskraft, kapital, skatter og restindkomst. Som det ses af omstående tabel 4.2, er det især landbrugets køb af råvarer fra inden- og udenlandsk næringsmiddelindustri (dvs. køb af foder mv), køb af råvarer fra landbruget selv, samt leverancer fra handels og tjenesteydende erhverv, der vejer tungt i budgettet. Køb af råvarer fra kemisk industri (gødning og pesticider), energi, jern og metal samt transportmiddelindustri tegner sig kun for mindre andele.

Lønomsætningen er meget lav i forhold til produktionsværdien sammenlignet med andre erhverv, fordi hovedparten af arbejdskraften lægges af landmanden selv. Restindkomsten, dvs. aflønning af

kapital, jord og landmanden selv, er omvendt meget høj i forhold til produktionsværdien sammenlignet med andre erhverv. Det dækker dels over, at der er tale om aflønning af en ekstra produktionsfaktor (jord) i forhold til andre erhverv, dels at landbruget er særdeles kapitalintensivt. Endelig modtager landbruget et stort subsidieprovenu i forhold til andre erhverv. De figurerer i tabellen under "Punktafgifter (minus subsidier) og registreringsafgifter" og under "Ikke-vare-fordelte indirekte skatter (netto)". Begge poster er af betydelig størrelsesorden og derudover negative, hvilket betyder at subsidierne langt overstiger afgifterne. Beløbet dækker ikke engang alle subsidier til landbrugsprodukter, idet eksportstøtten nationalregnskabsmæssigt opgøres under eksport af "næringsmidler mv". Her ligger yderligere 6,5 mia. kr i 1992.

Tabel 4.2 Landbrugsproduktionen fordelt på inputs, 1992 (mio kr)

Input fra	
Landbrug	5.057
Olieraffinaderier	281
Energiforsyning	865
Næringsmiddelindustri	2.357
Jern- og metalindustri	2.748
Transportmiddelindustri	390
Kemisk industri	1.213
Handel	4.849
Andre tjenesteydende erhverv	4.661
Import af næringsmidler mv.	6.226
Import af olieprodukter, el og gas	360
Import af kemikalier	2.247
Told	76
Punktafgifter (minus subsidier) og registreringsafgifter	-769
Moms	31
Ikke-vare fordelte indirekte skatter (netto)	-1.167
Aflønning af arbejdskraft	5.820
Aflønning af kapital, jord og landmanden	22.256
Produktion i alt	57.500

4.1.3 Efterspørgsel efter landbrugsprodukter

Landbrugets produktion bestemmes som omtalt ovenfor af efterspørgslen i ADAM, og i dette afsnit skal genereringen af denne betragtes nærmere. Landbruget sælger dels varer, der benyttes som råvarer i produktionen (primært til næringsmiddelindustri og i landbruget selv), dels til eksport og privat forbrug. Endelig går en mindre del til investeringer i stambesætninger og lager. Leverancerne bliver, som det fremgik af (1) givet ud fra et sæt af koefficienter. Disse koefficienter bestemmes endogent i modellen og hænger bl.a. sammen med beskrivelsen af landbrugets udenrigshandel. I det følgende be-

skrives landbrugets salg af varer til både erhvervene, eksport, privat forbrug og investeringer i nævnte rækkefølge.

Erhvervenes køb af danske og udenlandske landbrugsprodukter

Landbruget i ADAM producerer i princippet kun eet output, til een given outputpris. Prisen gives i modellen eksogent og fremskrives ud fra forventninger til denne. De enkelte erhverv kan vælge mellem at benytte danske landbrugsprodukter eller importere udenlandske, og dette valg afhænger af prisforholdet mellem de 2 alternativer. Hvert erhverv bruger inputs i faste forhold, men for et givet input er fordelingen på inden- og udenlandske leverancer endogen. Princippet er, at jo dyrere den danske producerede vare er i forhold til den tilsvarende importerede, desto lavere er dansk produktions markedsandel. Der arbejdes med en dynamisk model, der beskriver tilpasningen henimod en langsigtligevægt. Langsigtligevægten ser således ud:

$$fMz/fAm = \mu (p_m/p_x)^\gamma f(t) \quad (2)$$

hvor prefix f angiver, at der er tale om opgørelser i faste priser, Mz er den konkurrerende import, Am udtrykker importpotentialet, μ er importmarkedsandelen i basisåret, p_m er prisen på importvaren, p_x er prisen på den tilsvarende danske producerede vare, γ er priselastisiteten og $f(t)$ er en logistisk trend, der skal fange den øgede internationalisering over tid.

Den aktuelle importgruppe er "næringsmidler mv", der både omfatter leverancer fra landbruget og fra næringsmiddelindustrien, der videreforarbejder landbrugsprodukter. For denne gruppe er priselastisiteten nul på kort sigt, og -0.49 på langt sigt. Det betyder, at hvis importprisen stiger 1%, falder efterspørgslen efter varerne 0% på kort sigt (første år) og 0.49% på langt sigt. Varegruppens priselastisitet hører til blandt de laveste, hvilket må fortolkes som at der er relativt mindre konkurrence på næringsmiddelmarkedet. Der er ikke tale om et fuldkommen konkurrence-marked, idet der er plads til prisdifferentiering.

I importrelationen indgår endvidere en trend, der skal fange den øgede internationalisering. For "næringsmidler mv" er dens bidrag en årlig vækst i den importerede mængde på 1,3%.

Den indenlandske pris er en sammenvæjning af landbrugets og næringsmiddelindustriens outputpriser, mens den importerede pris er udlandets pris for samme varegruppe.

Eksport fra dansk landbrug

Eksporten fra dansk landbrug sker både direkte fra sektoren og indirekte gennem levnedsmiddelindustriens eksport. De relevante eksportgrupper hedder "Næringsmidler mv" og "Diverse ubearbejdede varer", der bl.a. omfatter olier, skind, lim, mv.

Eksporten for disse 2 komponenter bestemmes i relationer for deres markedsandele. Tankegangen er den samme som ved importen, jf. ovenfor, idet eksporten bestemmes ud fra forholdet mellem prisen på

den danske eksportvare og konkurrentprisen. Tankegangen er, at de relative priser bestemmer dansk eksports markedsandel. Der er tale om en dynamisk beskrivelse, dvs. at tilpasningen henimod langtsigtslige vægten er omfattet af modelleringen. Langtsigtslige vægten ser således ud:

$$fE = fEe (p/p_e)^\lambda \quad (3)$$

hvor prefix f angiver at der er tale om opgørelser i faste priser, E er eksporten, Ee udtrykker eksportpotentialt, p_e er eksportprisen, p_e er konkurrentprisen, dannet ved sammenvejning af aftagerlandenes importpriser og λ er eksportens priselasticitet.

For gruppen "næringsmidler mv" gives substitutionen gennem en estimeret priselasticitet, der på kort sigt er -0,22 og på langt sigt er -1,52, hvilket er relativt lave elasticiteter sammenlignet med andre varer. For gruppen "diverse ubearbejdede varer" er de tilsvarende priselasticiteter på nogenlunde samme niveau, nemlig hhv. -0,23 og -1,56.

Konkurrentprisen er dannet ved sammenvejning af aftagerlandenes importpriser. Prisen på danske næringsmiddelprodukter gives ud fra sektorpriserne i de erhverv, der leverer varer til eksportkomponenten, fratrukket de subsidier, der er knyttet til eksportkomponenten (dvs. EU's eksportstøtteordninger).

Ved ADAM's øvrige sektorer er prisen på den danske eksportvare omkostningsbestemt. Dette gælder ikke i landbruget - her gives den eksogent. Dette forhold har baggrund i, at mange landbrugsprodukter afsættes under fuldkomne konkurrencelignende betingelser på det internationale marked. På et sådant marked er efterspørgselselasticiteten uendelig høj, hvilket indebærer, at enhver afvigelse fra markedsprisen indebærer fuldstændigt fald i efterspørgslen. Prisen er altså givet udefra, og det danske udbud har ingen indflydelse på denne.

Når der alligevel ses prisdifferentiering i udenrigshandelen, skyldes det, at kun en lille del af landbrugets produkter afsættes direkte. Størstedelen kører igennem forarbejdningsleddet og eksporteres fra næringsmiddelindustrien, hvor der er mindre konkurrence på markederne.

Privat forbrug af landbrugsprodukter

Det samlede private forbrug beskrives i ADAM som afhængigt af den disponible indkomst og den reale private formue. På ligningsform ser det således ud:

$$C = f(Y, W_{-1}) \quad (4)$$

hvor C er det samlede private forbrug, Y er den disponible indkomst og W_{-1} er den private sektors reale formue ultimo forrige periode. På langt sigt bestemmes forbruget af indkomsten og formuens niveau, mens kortsigtstilpasningen er fastlagt i en dynamisk model.

Efter fastlæggelsen af det samlede forbrug, deles dette ud på 12 forbrugskomponenter (varegrupper) i det såkaldte dynamiske lineære udgiftssystem. Teorien bag denne fordeling er, at forbrugskomponenterne konkurrerer om det samme budget (det samlede forbrug), og forholdet mellem dem bestemmes af deres relative priser, givet nogle estimerede pris- og indkomstelastiteter, samt et fast forbrug af varen. Sidstnævnte kan for varige varer fortolkes som den fysiske beholdning af varen og for ikke-varige varer som psykisk vane-forbrug af varen. Efterspørgslen efter den enkelte vare(-gruppe) ser på ligningsform således ud:

$$C_i = C_{min,i} + (\beta_i / \sum_j \beta_j) (Iy - \sum_j (p_j C_{min,j}) / p_i) \quad (5)$$

hvor C_i er forbruget af den i 'te vare, $C_{min,i}$ og $C_{min,j}$ er vane-forbruget af den i 'te vare hhv. j 'te vare, p_i og p_j er priserne på den i 'te hhv. j 'te vare og y er forbrugers budget. Relationen kan fortolkes således, at der afgår en fast del af budgettet til minimumsforbruget af de enkelte varer ($\sum_j (p_j C_{min,j})$), hvorefter resten fordeles på varerne efter forholdet mellem β_i og $\sum_j \beta_j$, der igen indeholder information om den marginale nytte for den i 'te vare i forhold til de øvrige varers marginale nytter.

I landbrugssammenhæng er det komponenterne "fødevarer" og "øvrige ikke-varige varer", der er relevante. Fødevarer er kendetegnet ved relativt lave elasticiteter, hvilket skal fortolkes som at forbruget af denne varegruppe ikke reduceres særligt meget når prisen på den (relativt til øvrige forbrugspriser) stiger eller indkomsten falder. For øvrige ikke-varige varer (landbrugets leverancer til dette dækker bl.a. skind, huder, lim mv) er elasticiteterne højere og ligger mere på niveau med de øvrige forbrugskomponenter.

Investeringer i landbrugsprodukter

Lagerinvesteringerne i ADAM følger kapitaltilpasningsprincippet, idet der opereres med en ønsket lagerbeholdning, der afhænger af den forventede afsætning og den ønskede lagerkvote. Lagerkvoten er konstant for hvert erhverv, dvs. den antages uafhængig af omkostningerne ved at føre lager. På ligningsform ser relationen således ud

$$flla = \alpha (K^0 - K_{-1}) \quad (6)$$

og

$$K^0 = \kappa fA^e \quad (7)$$

hvor $flla$ er landbrugets lagerinvesteringer, K^0 er den ønskede lagerbeholdning, K_{-1} er forrige periodes lagerbeholdning, α er en tilpasningsparameter, κ er den ønskede lagerkvote og fA^e er den forventede afsætning i faste priser, der igen gives som et vejet gennemsnit af indeværende og forrige periodes afsætning.

Ved estimation af lagerinvesteringsrelationen er endvidere den relative afvigelse fra normalhøsten antaget at have betydning. Af den relative afvigelse fra normalhøsten antages en trediedel at blive eks-

porteret direkte, mens resten lægges på lager. Heraf eksporteres igen en trediedel de to efterfølgende år.

Investeringer i stambesætninger er de forskydninger, der sker i husdyrholdet. Til fremskrivnings-formål antages disse at være nul.

4.2 Anvendelse af ADAM til landbrugsanalyseformål

Når ADAM skal anvendes til landbrugsanalyser, melder der sig en række problemer der melder sig. De skyldes først og fremmest, at sektoren er særdeles stedmoderligt behandlet i ADAM. Der er helt klart behov for supplerende analyser med en landbrugssektormodel. Problemerne ridses op i det følgende:

1. Landbrugsproduktionen er efterspørgselstrukket i ADAM
2. Aggregeringsniveauet er for højt
3. Prisbestemmelsen er ikke hensigtsmæssig
4. Produktionsfaktoren jord er ikke modelleret

Ad 1.

- Landbruget er som alle andre erhverv i ADAM efterspørgsestrukket, dvs. at eksport, råvareefterspørgsel og privat forbrug af landbrugsprodukter bestemmer produktionens omfang. I virkelighedens verden er landbruget kendetegnet ved meget lav udbudselasticitet, idet produktionens størrelse er begrænset af produktionstekniske og naturgivne betingelser.³
- Samtidig er landbrugets afsætningsvilkår under indflydelse af EU's landbrugspolitik, der som beskrevet i kapitel 3 sikrer afsætning til garanterede mindstepriser. Landmændene kan således i praksis sælge alt hvad de producerer, dog undtaget mælk, hvor der eksisterer kvoter.
- Tilsammen bestemmer disse faktorer produktionens størrelse og sammensætning, hvorfor en efterspørgselstrukket produktion som i ADAM er uhensigtsmæssig. En beskrivelse, der tager udgangspunkt i udbudssiden, er at foretrække.

Ad 2.

- Aggregeringsniveauet er meget højt i ADAM, idet landbruget er en sektor, der ovenikøbet også inkluderer gartneri og fiskeri. Tilsvarende er der kun en pris for landbrugsprodukter. Det indebærer, at sektorens mulighed for at tilpasse sig ændrede betingelser ved at ændre outputsammensætning ikke er modelleret. Samtidig

³ De produktionstekniske betingelser er anvendelsen af råvarer og produktionsfaktorer, udviklingen i produktiviteten af disse, samt sammensætningen af produkter på outputsiden. De naturgivne betingelser er det tilgængelige areal, der kan dyrkes på, kvaliteten af jorden og de klimatiske betingelser.

bliver det svært at modellere eksporten, idet der er forskellige konkurrencebetingelser på markederne for forskellige produkter.

- Også på inputsiden er ADAM for aggregeret. Forbruget af gødning og pesticider optræder under eet som en del af leverancerne fra kemisk industri. Der er altså ikke mulighed for at følge forbruget af disse centrale hjælpestoffer explicit.

Ad 3.

- Sektorprisen på landbrugsprodukter i ADAM gives eksogent, hvilket indebærer at erhvervets omkostninger ikke har indflydelse på prisen. Hermed bliver det umuligt at vurdere effekter for afsætning af landbrugsprodukter af ændrede priser, tilskud og præmier.
- Antagelserne vedrørende den eksogene sektorpris, og beskrivelsen af eksporten hænger ikke sammen. I ADAM er der kun een eksportrelation til at beskrive afsætningen på flere markeder. Eksportprisen bestemmes her som sammenvejning af den eksogent bestemte sektorpris for landbruget og den omkostningsbestemte sektorpris fra levnedsmiddelindustrien, fratrukket eksportsubsidier. I praksis må dette fortolkes som, at landbruget ikke kan overvælte nogen omkostninger i prisen overhovedet, mens levnedsmiddelindustrien kan gøre dette fuldt ud.⁴
- En eksogen eksportpris kan begrundes på et fuldkommen konkurrencemarked for homogene landbrugsprodukter. Problemet er, at kun en mindre del af landbrugets produkter afsættes på sådanne markeder. Størstedelen ryger til forarbejdning i næringsmiddelindustrien, hvorefter det enten sælges til privat forbrug på hjemmemarkedet eller som eksport på markeder med en vis produkt- og prisdifferentiering, og sektoren burde derfor have mulighed for at overvælte en del af omkostningerne på priserne på denne type produkter. Der er således behov for at skelne mellem forskellige produkter fra landbrugssektoren og opstille eksportrelationer for hver af disse.
- Man kan stille spørgsmålstegn ved størrelsen af priselasticiteten i eksportrelationen. Den er på langt sigt -1.52, hvilket er relativt lavt - både i forhold til andre eksportgrupper og i forhold til internationale studier. Det indebærer, at afvigelser i eksportprisen fra konkurrentprisen ikke bliver straffet særlig hårdt - Danmark kan i følge ADAM tillade sig at have en vis afvigelse uden at miste markedsandele af betydning.

⁴ ADAM-gruppen foreslår selv i en rapport fra 1985 (Danmarks Statistik (1985) Arbejdsnotat nr.19 : "Input-outputsystemet i ADAM") at gøre eksportprisen eksogen. Priserne fra levnedsmiddelindustrien tænkes stadig at være omkostningsbestemte, mens landbrugsprisen skal kunne give sig. I den i omtalte rapport skitserede udformning producerer landbrugssektoren under fuldkommen konkurrence uden prisdifferentiering, og sektoren (i sidste ende jordprisen) bærer alene ændringer i verdensmarkedsprisen.

Ad 4.

- Produktionsfaktoren jord indgår ikke i ADAM. Jord er en central faktor i landbrugsmæssig henseende, dels pga. dens betydning for produktionens størrelse, dels pga. dens prisdannelse. På længere sigt bevæger jordpriserne sig relativt meget og tilpasser sig i praksis ændringer i de økonomiske betingelser. Således vil en hektarpræmie indebære stigende jordpriser, da det forventede afkast er større. Omvendt vil en handelsliberalisering med faldende outputpriser til følge betyde faldende jordpriser. Jord er altså en faktor, hvis pris sikrer økonomisk sammenhæng i landbrugserhvervet og har stor betydning for beskrivelsen af erhvervets tilpasning.

4.3 Videre forskning

ADAM-modellen egner sig bedst til analyser på det korte og mellemfristede sigt (1-4 år). Imidlertid er der stort behov for mere langsigtede analyser i miljøsammenhæng, dvs. fremskrivninger hvor modellerne kan analysere ændringer i økonomiens strukturelle og teknologiske udvikling. De såkaldte Anvendte Generelle Ligevægts (AGL) modeller sigter netop på sådanne analyser, og der er i de senere år sket en voldsom udvikling indenfor det makroøkonomiske modelområde i Danmark i og med, at man er begyndt at opbygge AGL-modeller. Fra 1993-95 opbyggede Det Økonomiske Råds Sekretariat GESMEC-modellen, og fra 1995 begyndte man i SJFI at tilpasse GESMEC til landbrugsanalyseformål. Denne model har navnet AAGE (Agricultural Applied General Equilibrium model), og i denne er GESMEC's landbrugserhverv opdelt på 5 driftsgrene (der producerer 9 varer). Der beskrives efterspørgsel efter inputs som pesticider og handels- og husdyrgødning, og der er en stærkt forbedret udenrigshandelsbeskrivelse koblet op på en global model (GTAP). Herudover har Danmarks Statistik samt Erhvervs- og Industriministeriet hver for sig påbegyndt udvikling af AGL-modeller, der vil være færdige om 2-4 år.

Det er især AAGE, der har interesse. Den vil på mange måder være langt mere informativ i IMIS sammenhæng og lettere at koble til ES-MERALDA. Den vil kunne koble ændringer i landbrugssektoren og den øvrige økonomis tilpasning og vil derfor kunne foretage en samfundsøkonomisk konsekvensvurdering på bedre grundlag.

Problemet ved AAGE er, at den ikke er i stand til at generere et scenarie (år for år) over tid, idet den er statisk-komparativ; den kalibrerer en ligevægt til tid t og til tid $t+1$, hvor $t+1$ er det lange sigt, hvor økonomien er i ny ligevægt. Forløbet over tid kan dog karakteriseres ved gennemsnitlige vækstrater for hele perioden, men de årlige afvigelser fra disse i de enkelte variable kan ikke kvantificeres. Herudover er ADAM AAGE overlegen til bestemmelse af konsekvenserne på kort og mellemfristet sigt.

Der vælges i første omgang fortsat at basere sig på ADAM under de forbehold, der nødvendigvis må tages. Det skal dog understreges, at det ikke er hensigtsmæssigt at lægge sig fast på brugen af en bestemt model for en længere årrække. I det øjeblik der byder sig andre og bedre egnede modeller til, bør man tage udgangspunkt i disse. Valg

af modeller i IMIS projekterne er en proces, der løbende revideres. Det skal i den sammenhæng bemærkes, at der p.t. er iværksat et større forskningsprojekt, hvor Danmarks Statistiks ADAM-gruppe i samarbejde med SJFI vil lave en forbedret landbrugsbeskrivelse i næste version af ADAM. Det er hensigten at benytte elementer fra ESME-RALDA i aggregeret form, og derefter indarbejde disse i ADAM. Projektet planlægges færdigt i 2001, hvorefter ADAMs afbildning af landbrugserhvervet dels vil være udbudsstyret og dels forbedret mht. opsplitning på driftsgrene og forbrug af indsatsfaktorer. Man kan dog ikke forvente en opsplitning på jordtyper, regioner og driftsformer, der alle er centrale parametre ved miljøanalyser.

5 ESMERALDA (og KRAM)

Modelleringen af landbrugssektorens tilpasning ved prisændringer og andre ændringer i rammebetingelserne foretages med sektormodellen ESMERALDA, og i dette kapitel gennemgås modellens udformning og egenskaber. I tillæg gennemgås sektormodellen KRAM, som på sigt kan udgøre et alternativ til ESMERALDA.

5.1 ESMERALDA

ESMERALDA (Econometric Sector Model for Evaluating Resource Application and Land use in Danish Agriculture) er en økonometrisk model af den danske landbrugssektor, udviklet ved Statens Jordbrugs- og Fiskeriøkonomiske Institut siden 1991. Modellen er i sin nuværende udformning statistisk-komparativ og beskriver effekterne for den danske landbrugssektor som følge af ændrede økonomiske vilkår på kort eller langt sigt. ESMERALDA er dog under stadig videreudvikling, bl.a. med henblik på en forbedret beskrivelse af den økonomiske adfærd på forskellige bedriftstyper, samt i forskellige regioner.

5.1.1 Generelt om ESMERALDA

Modellen opdeler landbrugserhvervet i 19 driftsgrene: 5 kornarter (vårbyg, vinterbyg, vinterhvede, rug og andet korn), 4 andre salgsafgrøder (markærter, raps, kartofler og sukkerroer), 4 grovfoderafgrøder (foderroer, græs i omdrift, vedvarende græs samt helsæd), 4 kvægsektorer (malkekøer, ammekøer, opdræt og slagtekalve), samt 2 svinesektorer (søer/smågrise og slagtesvin). For hver af disse driftsgrene bestemmer modellen aktivitetsniveau (antal ha eller dyr), produktionsintensitet (produktion pr. ha eller dyr), faktorintensitet (faktorindsatser pr. ha eller pr. dyr), samt aflønning af forskellige faste faktorer.

En grundlæggende forudsætning bag modellen er en antagelse om, at producenterne indenfor hver enkelt driftsgren udviser økonomisk optimerende adfærd, dvs. profitmaksimering eller omkostningsminimering, uafhængigt af de øvrige driftsgrene. Således bestemmes f.eks. faktorindsats og planlagt høstudbytte pr. hektar vårbyg ud fra en maksimering af det planlagte økonomiske nettoudbytte pr. hektar med vårbyg. Den optimale sammensætning af disse variable afhænger bl.a. af prisrelationerne, og ændrede prisrelationer vil føre til ændringer i den optimale sammensætning.

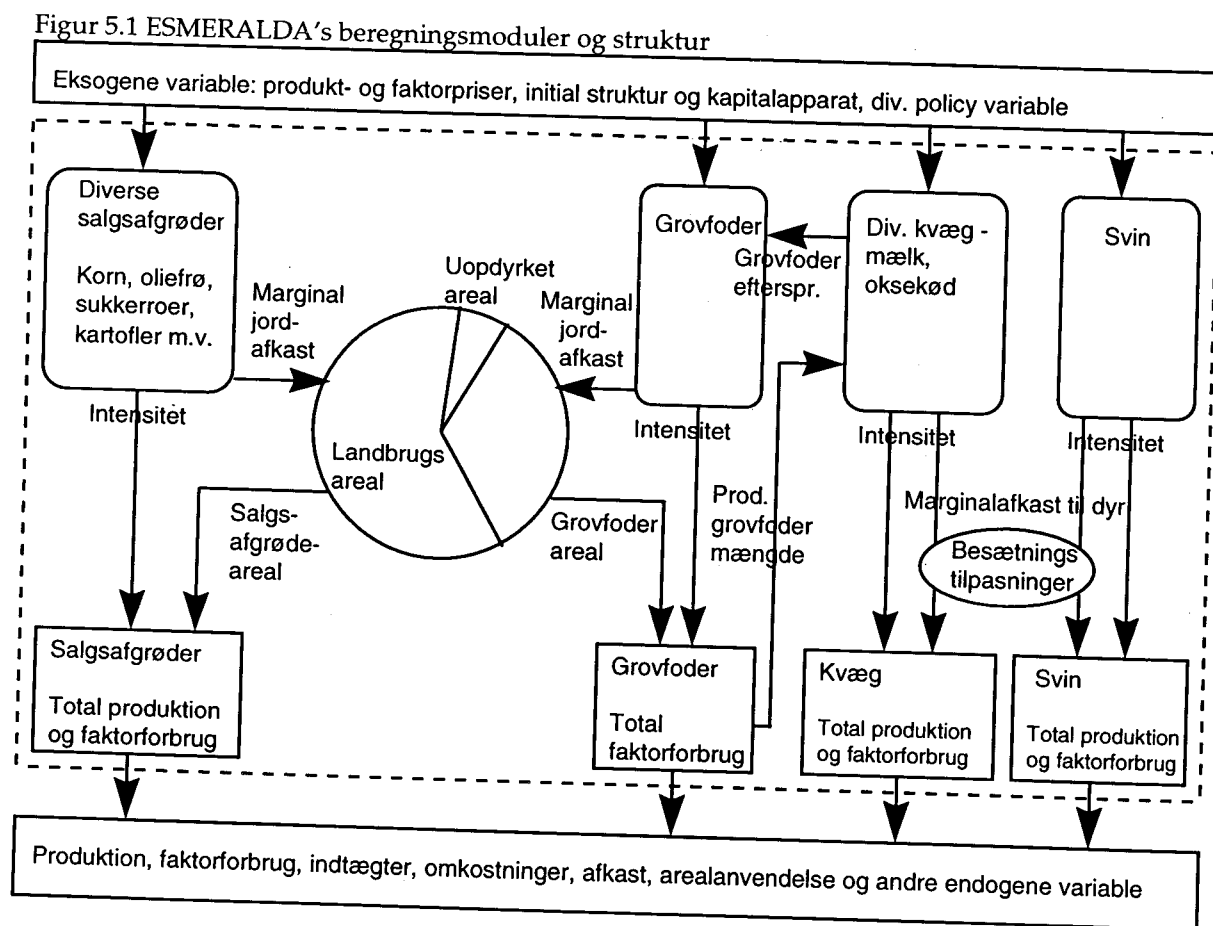
Udover produktions- og faktorindsatsen pr. aktivitetsenhed i de 19 driftsgrene bestemmes også det marginale økonomiske afkast til aktivitetsniveauet, f.eks. den marginale jordrente eller det marginale økonomiske nettoudbytte ved forøgelse af en given husdyrbesætning med ét dyr. En betingelse for økonomisk ligevægt i landbrugssektoren er, at det marginale økonomiske afkast til jord er det samme i alle driftsgrene - ellers ville der være penge at tjene ved at omlægge produktionen i retning af mere profitable driftsgrene, og arealanvendel-

sen ville ikke være i ligevægt. På langt sigt er det desuden en betingelse for økonomisk ligevægt, at den marginale forrentning af investeringer i besætninger svarer til forretningen af andre investeringer - ellers ville det kunne betale sig at tilpasse besætningsinvesteringerne. En tilsvarende ligevægtsbetingelse gælder for andre kapitalgoder. På kort sigt er kapitalindsatsen (og i nogen grad besætningsindsatsen) ikke variabel, og aktivitetsniveauerne i husdyrsektorerne ligger således forholdsvist fast.

Ændringer i økonomiske vilkår (bl.a. prisrelationer) medfører ændringer i de marginale økonomiske nettoafkast til arealer og husdyr. Modellen beregner de tilpasninger i arealanvendelse og besætningsstørrelser, som er nødvendige for at genskabe økonomisk ligevægt i landbrugssektoren, efter at ændrede økonomiske vilkår har bragt sektoren ud af ligevægt.

5.1.2 ESMERALDA's struktur

ESMERALDA er opbygget af en række forskellige beregningsmoduler. Strukturen i modellen er illustreret i figur 5.1.



Boksene med afrundede hjørner repræsenterer de driftsgrensmoduler, som beregner produktions- og faktorintensitet, samt marginale økonomiske afkast til aktivitetsniveau og kapitalindsatser for hver enkelt driftsgren. Der er således 19 sådanne driftsgrensmoduler, som er kategoriseret i henhold til de 4 viste grupperinger.

Cirkel-modulet repræsenterer allokeringen af landbrugsarealet. Når der ved en given arealallokering sker ændringer i marginalafkastet til jord i de forskellige driftsgrene, f.eks. som følge af ændrede prisrelationer, vil modellen ændre allokeringen, indtil der igen er ligevægt. Det ovale modul repræsenterer de tilsvarende tilpasninger i husdyrbesætningerne. Ved multiplikation af intensitetsvariablene i de enkelte driftsgrene med de respektive aktivitetsniveauer fås de samlede produktioner og faktorindsatser i de enkelte driftsgrene.

Modellen reagerer på de eksogene variable, som ligger i den vandrette box øverst i diagrammet, og som repræsenterer de ydre økonomiske vilkår for landbrugssektoren, og modellens output er bl.a. de variable, som er listet i boxen nederst i diagrammet.

Tabel 5.1 giver en oversigt over modellens variable, samt hvordan de indgår i modellen.

Tabel 5.1 ESMERALDA modellens variable og deres opgørelse

Variabel	Enheder
Aktivitetsniveau	antal hektar eller dyr
Primært udbytte	kg/aktivitetsenhed eller faste kr. pr enhed
Biprodukt udbytte	faste kr. pr enhed (mængde index)
Såsæd	faste kr. pr enhed (mængde index)
Kunstgødning/husdyrgødning	faste kr. pr enhed (mængde index)
Kemikalier	faste kr. pr enhed (mængde index)
Kraftfoder	faste kr. pr enhed (mængde index)
Grovfoder	faste kr. pr enhed (mængde index)
Energi	faste kr. pr enhed (mængde index)
Maskinstation	faste kr. pr enhed (mængde index)
Spec. tjenester (dyrlæge, etc.)	faste kr. pr enhed (mængde index)
Arbejdskraft	faste kr. pr enhed (mængde index)
Diverse	faste kr. pr enhed (mængde index)

De forskellige variable behandles forskelligt i forskellige typer af driftsgrene, for så vidt angår deres eksogenitet/endogenitet. Dette fremgår af tabel 5.2. Nogle variable (markeret med X) er faste pr. aktivitetseenhed, men varierer naturligvis i takt med ændringer i aktivitetsniveauet i en given driftsgren. Andre variable (markeret med E) er endogene pr. aktivitetseenhed, samtidig med at de varierer med aktivitetsniveauet.

Tabel 5.2 Variablernes endogenitet og eksogenitet i forskellige driftsgrene

	Salgsafgrøder	Grovfoder	Kvæg	Svin
Aktivitetsniveau	E	E	(E)	E(E)
<i>Pr. aktivitetseenhed:</i>				
Primært udbytte	E	E	E	E
Såsæd	X	X	-	-
Kunst-/husdyrgødning	E	E	X	X
Kemikalier	E	E	-	-
Kraftfoder	-	-	E	E
Grovfoder	-	-	E	-
Energi	E	E	E	E
Maskinstation	E	E	E	E
Spec. tjenester	X	X	X	X
Arbejdskraft	E	E	E	E
Kapitalindsats	(E)	(E)	(E)	(E)
Vedligehold	(E)	(E)	(E)	(E)
Produktpriser	X	-	X	X
Kraftfoderpriser	-	-	X	X
Grovfoderpriser	-	-	E	-
Andre inputpriser	X	X	X	X
Jordrente	E	E	-	-
Kapitalforrentning	(X)	(X)	(X)	(X)
Anm. E: endogen	(E): endogen på langt sigt, men eksogen på kort sigt			
X: eksogen	(X): eksogen på langt sigt, men endogen på kort sigt			

5.1.3 Modellens formulering, datagrundlag og estimation

Som det fremgår af figur 5.1, består ESMERALDA-modellen dels af 19 driftsgrensmoduler, og dels af en sammenbinding af disse moduler. I forbindelse med modulernes sammenbinding bestemmes de enkelte driftsgrenes aktivitetsniveauer, langsigtet kapitalindsats m.m. I det følgende redegøres der i korthed for modellen, mens en nærmere præsentation er givet i Jensen (1996).

ESMERALDA's driftsgrensmoduler

Formuleringen af ESMERALDA's driftsgrensmoduler er baseret på dualitetsteorien⁵, iflg. hvilken en veldefineret omkostnings- eller profitfunktion afspejler al relevant information om den underliggende teknologi. Dualitetsteorien giver derved mulighed for at identificere de relevante sammenhænge ved at specificere og estimere omkostnings- eller profitfunktioner for de forskellige agenter i modellen. I forlængelse af den antagede separabilitet mellem modellens driftsgrene er der således specificeret en profitfunktion for hver af driftsgrenene - dog med undtagelse af ammekøer, kvægopdræt, samt grovfoderdriftsgrenene, hvor der ikke foreligger salgsdata, og således

⁵ se f.eks. Chambers (1988) for en grundigere gennemgang af dualitetsteorien.

heller ikke profitdata. I stedet er adfærden i disse driftsgrene repræsenteret ved driftsgrensspecifikke omkostningsfunktioner. Såvel profit- som omkostningsfunktioner er specificeret pr. aktivitetsenhed, og med aktivitetsniveauet blandt de forklarende variable. Den funktionelle form er den såkaldte transcendentale logaritmiske form (translog-formen).

Profit- og omkostningsfunktionerne er estimeret på baggrund af regnskabsoplysninger fra SJFI's regnskabsstatistik. Med udgangspunkt i forholdsvis repræsentative bedriftsoplysninger fra serie A, og knap så repræsentative driftsgrenoplysninger fra serie B, er de to statistikkers bedste egenskaber kombineret, så det anvendte estimationsgrundlag for hver enkelt driftsgren består af rimeligt repræsentative oplysninger. Oplysningerne omfatter produktudbytter og indsatser af gødning, pesticider, foderstoffer, energi, tjenesteydelser, arbejdskraft, aktivitetsniveau og kapitalindsats for hver enkelt driftsgren, målt i kroner pr. ha eller dyreenhed. De resulterende estimationsdata repræsenterer alle danske landbrugsbedrifter på aggregeret niveau, samt bedrifter i 5 forskellige areal-størrelsesgrupper - ligeledes på aggregeret niveau. Datagrundlaget har således givet mulighed for at 'fange' variationer over bedriftsstørrelser i estimationen.

De forklarende variable omfatter de respektive produktpriser, samt priserne på gødning, pesticider, foderstoffer, energi, tjenesteydelser og arbejdskraft. Desuden indgår aktivitetsniveau og kapitalindsats som nævnt blandt de forklarende variable for hver driftsgren.

Driftsgrens-modulernes sammenbinding

I forbindelse med simuleringer med modellen sammenbindes de driftsgrensspecifikke moduler ved hjælp af en række ligevægtsbetingelser og restriktioner. For arealanvendelsen skal der gælde, at det marginale økonomiske afkast til jord skal være ens for de anvendelser, hvortil arealet kan allokeres, under hensyntagen til en restriktion på det samlede til rådighed værende areal. For husdyrsektorerne skal der gælde, at det marginale afkast til en dyreenhed skal svare til et relevant referenceafkast til den investering, som dyreenheden repræsenterer. Desuden skal der være en sammenhæng mellem aktiviteten i kvægsektorerne og grovfoderproduktionen, idet handelen med grovfoder er begrænset. På langt sigt er det også en ligevægtsbetingelse, at det marginale afkast til kapital skal svare til et givet referenceafkast, f.eks. markedsrenten.

I tilfælde af kvantitative restriktioner kan de ovennævnte ligevægtsbetingelser blive sat ud af kraft. Ved en begrænsning på arealanvendelsen, som f.eks. en øvre grænse for reformafgrødearealet, skal der være ligevægt indenfor gruppen af reformafgrøder og indenfor gruppen af ikke-reformafgrøder, men ikke nødvendigvis på tværs af de to grupper. En kvote på mælkeproduktionen kan indebære, at marginalafkastet til malkekøer er højere end det ovennævnte referenceafkast.

Kalibrering af modellen

Da modulerne for de enkelte driftsgrene er estimeret uafhængigt af hinanden, er der i estimationen ikke sikret, at de ovennævnte lige-

vægtsbetingelser på f.eks. jordafkastet, er overholdt. Det indebærer, at hvis man uden videre anvender de estimerede adfærdsrelationer, kan man få en modelløsning, som ligger langt fra det faktisk observerede udgangspunkt, dvs. modellen har ikke den observerede situation som en løsning, hvilket kan være uheldigt i forbindelse med anvendelse af modellen til empiriske formål.

Der er to løsninger på dette problem. En løsning er at løse modellen under de oprindelige forudsætninger, og lade denne løsning være udgangspunkt for statistisk-komparative sammenligninger. Et problem ved denne fremgangsmåde er, at denne basis-løsning kan ligge temmelig langt fra den observerede situation, og at det derfor kan være vanskeligt at forholde sig til de statistisk-komparative resultater, hvor udgangspunktet har været et andet. En anden løsning er at tilføje de ovennævnte ligevægtsbetingelser en række konstantled, som sikrer, at den observerede udgangssituation i modelmæssig forstand er en økonomisk ligevægt. Disse konstantled bestemmes i forbindelse med initialisering af modellen og fastholdes under alternativ-scenarierne. Denne tilgang svarer til at erstatte modellens ligevægtsbetingelser - udtrykt i afkastniveauer - med ligevægtsbetingelser - udtrykt i afkastændringer. I anvendelsen af ESMERALDA er det valgt at anvende den sidstnævnte fremgangsmåde.

5.1.4 Videreudvikling af ESMERALDA

ESMERALDA er for øjeblikket under videreudvikling. Således reestimeres modellen så der i højere grad tages hensyn til forskelle i jordbonitet og driftsformer. Derved muliggøres også mere præcise beregninger på regionalt og lokalt niveau. Datagrundlaget for reestimationen er bl.a. individoplysninger fra SJFI's regnskabsdatabase, som omfatter data for 1.000-2.000 bedrifter i 22 år. Endvidere er der iværksat en indsats omkring en forbedret beskrivelse af gødnings- og pesticidforbrug i modellen, herunder fordelingen på forskellige pesticidtyper og næringsstoffer. Disse videreudviklinger forventes at forbedre mulighederne for miljømæssige fortolkninger af modellens resultater, f.eks. i relation til NP-modellen, jf. kapitel 6 og 7.

5.2 KVL-modellen KRAM

I dette afsnit redegøres for KRAM (KVL's Regionalized Agricultural Model). Modellen blev tidligere benævnt KVL-modellen, men modeludviklingen sker nu under navnet "KRAM"-modellen. Flere forhold har medført at modellen er under revision i en lidt anden form end den oprindelige (Stryg et al., 1991 og Stryg et al., 1995). For det første er en del af datagrundlaget kraftigt ændret i forhold til den tidligere model og for det andet videreudvikles modellen løbende. Endelig er der sket en positiv udvikling indenfor mulighederne for matematisk programmering, ikke mindst med hensyn til computerkraft og løsnings-algoritmer, der bl.a. gør det muligt at modellere ikke-lineære funktioner. Det er bl.a. af betydning ved modellering af produktionsfunktioner, f.eks. partielle funktioner for forholdet mellem kvælstofinput og udbytte. For øjeblikket varetages udviklingen af KRAM i tre aktuelle PhD-projekter på Sektion for Økonomi, KVL.

5.2.1 Generelt om KRAM/KVL-modellen

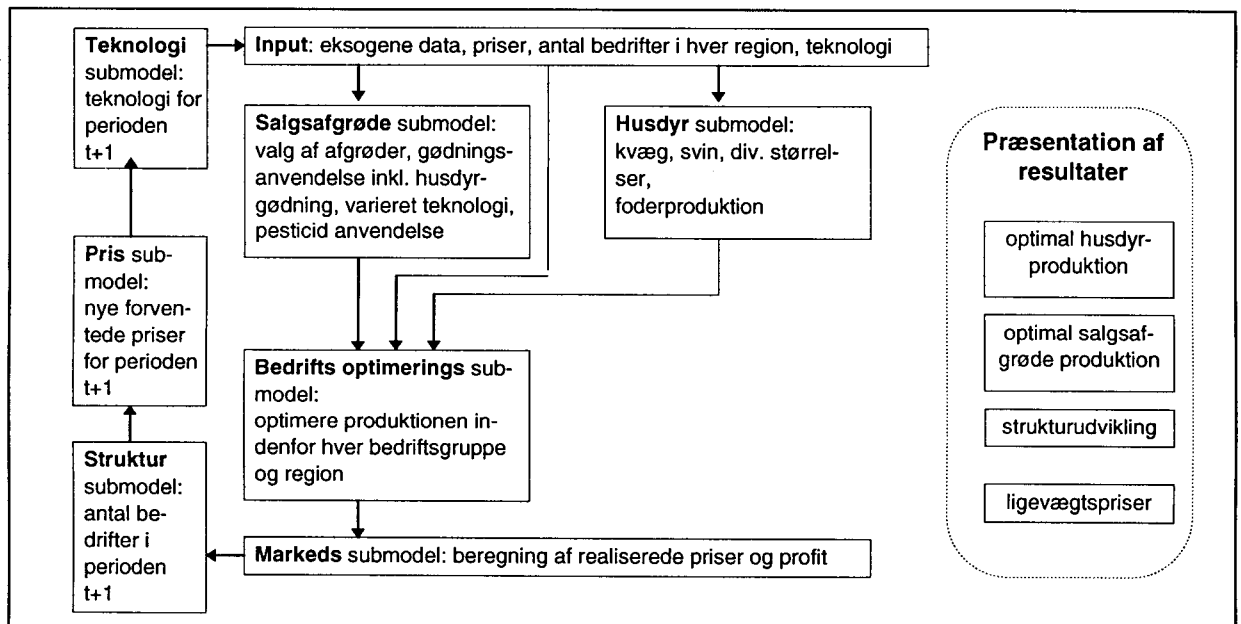
I KRAM-modellen bliver landbrugets produktion opdelt i bedriftstyperne plante, kvæg og svin og yderligere på størrelsesgrupper og regioner, hvilket svarer til den tidligere KVL-model. I tillæg skal der tilføjes en bedriftsgruppe for fjerkræ. Opløsningen på regioner er endnu ikke lagt fast. Der opereres med de samme afgrøde- og husdyrkategorier som i ESMERALDA-modellen, jf. afsnit 5.1.1. Fælles for de to modeltyper (ESMERALDA og KRAM) er også, at det forudsættes, at landmændene udviser økonomisk optimerende adfærd. I KRAM vil skift i de marginale økonomiske afkast medføre skift fra en produktion til en anden samt ændringer i aktivitetsniveauerne analogt med ESMERALDA-modellen.

Programmeringsmodeller som KRAM er normative; dvs. de fortæller hvad der skal produceres for f.eks. at maksimere profitten under realistiske betingelser. Generelt er denne metode både egnet og veludviklet mht. at modellere landbrugsproduktionen og de begrænsninger den er underlagt. Begrænsninger kan f.eks. være af miljømæssig art. Det normative aspekt er en af modellens negative sider, idet sådanne modeller kan være mindre gode til at forudsige hvad der faktisk vil ske, fordi modellernes udsagnskraft er stærkt afhængige af hvorvidt de anvendte begrænsninger og kriterier afspejler landmændenes reelle beslutninger. Dvs. at formuleringen af begrænsningerne på produktionen bør være så realistisk som mulig. En mere uddybende diskussion af modeltyper, fordele og ulemper findes f.eks. i Hasler (1998).

5.2.2 KRAM's struktur

KRAM's planlagte struktur fremgår af figur 5.2.

Figur 5.2 KRAM, KVL's Regionalized Agricultural Model



Kilde: Omarbejdet efter Wiborg, T. (1998): KRAM- A Sector Model of Danish Agriculture. Background and Framework Development. Working Paper 98-WP 193. June 1998. CARD: Center for Agricultural and Rural Development, Iowa State university, Ames, Iowa.

KRAM vil, som det fremgår af figuren, blive opdelt i en række submoduler. De mest centrale dele af modellen, der kan kobles til NP-modellen og de øvrige miljømoduler, er submodulerne vedrørende salgsafgrøder, husdyr og bedriftsoptimering. Ved kobling til ADAM er input-modulet af betydning.

Input-modul

Input-modulet omfatter alle input-data, der er nødvendige for at udføre beregninger med KRAM, og det er planlagt, at dette skal omfatte forventede priser, produktionsfunktioner for de teknologier der er omfattet, landbrugsstruktur (dvs. antal bedrifter fordelt på driftsformer indenfor hver region), restriktioner på produktionen samt tidsperiode (t). Input-data er eksogene for den første tidsperiode t , og derefter genereres data endogent. Dvs. at forventede priser, struktur og valg af teknologi beregnes endogent i modellen i periode $t+1$. Modellen opererer i en 10 års-periode.

Submodul for optimering af salgsafgrødeproduktion

Indenfor dette modul optimeres produktionen af salgsafgrøder til de forventede priser. Forventningskurven for forholdet mellem indsatsfaktorer og udbytte planlægges modelleret på baggrund af produktionsfunktioner, der er estimeret på forsøgsdata fra Dansk JordbrugsForskning.

P.t. foreligger partielle produktionsfunktioner for forholdet mellem gødning og udbytte, som umiddelbart kan tages i anvendelse. Endvidere er det på baggrund af tidligere studier og udvikling af bedriftsmodeller muligt at modellere den samlede gødningsanvendelse, herunder substitutionen mellem handels- og husdyrgødning. Substitutionen kan indarbejdes i KRAM ved at modellere anvendelsen af husdyrgødningen som en funktion af omkostningerne og gødnings-effekten (udnyttelsesgraden). Denne optimering kan udføres ved at anvende principperne i Hasler (1998), hvor der er estimeret omkostninger for anvendelse af husdyrgødning ved forskellige teknologier.

Submodul for optimering af husdyrproduktion

Produktionsniveau og valget af metoder for husdyrproduktion beregnes i henhold til de forventede priser, der er beregnet i inputsektionen. Husdyrproduktions-modulet er endnu ikke udviklet i KRAM, men det er ønskeligt at implementere ikke-lineære produktionsfunktioner for forderanvendelse og udbytte i husdyrproduktionen. Dette vil medføre muligheder for at beregne effekter af virkemidler som pantordninger på den totale udnyttelse af kvælstof på bedriftsniveau (jf. Hansen, 1991) og lignende virkemidler, der sigter mod en bedre udnyttelse af kvælstof og andre indsatsfaktorer i hele produktionen.

Submodul for samlet bedriftsoptimering

Indenfor dette submodul beregnes den samlede optimale produktion for bedriften til tidspunkt t med anvendelse af data fra de øvrige submoduler for inputpriser, salgsafgrødeproduktion og husdyrpro-

duktion. Optimeringskriteriet er maksimering af forventet profit. Det meste af optimeringsproblemet er formuleret som lineær programmering, mens der anvendes ikke-lineær programmering ved modelleringen af bl.a. gødning og udbytte. Der afprøves forskellige metoder til erstatning af de fleksibilitets- og sædskifterestriktioner, som indgik i den tidligere KVL-model. De restriktioner der blev anvendt i KVL-modellen styrede produktionen i for stor grad, men på den anden side er det nødvendigt at begrænse valgene så f.eks. sædskifte-hensyn reflekteres.

Resultatet fra optimeringen i bedrifts-submodul vil være en outputvektor bestående af den optimale produktionssammensætning og anvendelse af indsatsfaktorer samt en prisvektor for hver bedriftsgruppe. Realiseret profit beregnes ved at den optimale produktionsplan multipliceres med de beregnede ligevægtspriser.

Submodul for salg og køb

Formålet med dette submodul er at beregne den realiserede profit på basis af salg, køb og ligevægtspriser.

Modellering af landbrugssektoren - struktur-submodel

Modelleringen af landbrugssektoren vil blive foretaget i en struktur-submodel, der endnu ikke er færdigudviklet. Af interesse for miljø-analyseformål og -fremskrivninger er både modellens regionale op-splitning og modellens afbildning af sektorens udvikling over tid, der bl.a. er baseret på den forventede udvikling i fordelingen mellem bedriftsgrupperne. Udviklingen af antallet af bedrifter fordelt på størrelser og bedriftstyper modelleres ved anvendelse af en Markov-model. I korte træk anvendes der data for tidligere tiders strukturudvikling for at beskrive den fremtidige (jf. Rasmussen, 1998).

Vedrørende den regionale opsplittning er det hensigten at udvikle modellen med en regional opdeling, der bl.a. afspejler klimatiske forskelle mellem regioner samt jordtypeforskelle. Indenfor hver region vil der være et antal bedriftsgrupper, hvor bedriftsgruppeindelingen sandsynligvis vil baseres på SJFIs inddeling, dvs. driftsformer baseret på sammensætningen af standarddækningsbidraget.

Submodul for priser

Det er planlagt at operere med to set priser: forventede priser og realiserede priser. Dette er vigtigt for at reflektere den usikkerhed, der er forbundet med landbrugsproduktionen, hvor de forventede priser kan afvige fra de realiserede på grund af bl.a. indflydelse fra klimatiske udsving etc. Producenten vælger produktion efter de forventede priser, men har ikke perfekt viden om de priser han vil realisere. De realiserede priser hentes fra submodul for salg og køb (markeds-submodul).

5.2.3 Sammenligning af KRAM og ESMERALDA

I både ESMERALDA og KRAM forudsættes rationel optimerende adfærd fra landmandens side, og begge modeller kan basalt set leve-

re information om landbrugets produktion og ressourceindsats ud fra eksogent givne priser. Modellerne adskiller sig fra hinanden ved at optimeringen foregår på forskellig måde og ved at de kan opbygges på forskelligt datagrundlag.

I miljøanalyzesammenhæng er den væsentligste forskel datagrundlag og aggregeringsniveau. I ESMERALDA arbejdes der med en variabel regionalisering, mens det endnu er uvist hvor mange regioner KRAM vil arbejde med (i KVL-modellen var der 3 regioner). Derudover planlægges det i ESMERALDA at operere med heltids- og deltidssbedrifter, hvor førstnævnte underopdeles i 3 bedriftsformer, mens KRAM vil arbejde med 4. Endelig er det i begge modeller uvist hvor mange jordtyper, der vil blive indarbejdet. Den sidste og måske vigtigste forskel er modellernes mulighed for at arbejde med fysiske mængder. Med en programmeringsmodel som KRAM er det muligt at anvende et bredere datagrundlag end ved anvendelse af økonomiske modeller. Estimation af en økonomisk model som ES-MERALDA er datamæssigt baseret på tidsrækker, hvilket i praksis betyder en indskrænkning til regnskabsdata. I det omfang der ikke foreligger mængdemæssige opgørelser (f.eks. gødningsforbrug) over en længere tidsrække, er det ikke muligt at foretage økonomisk estimation. I modsætning hertil er det i en programmeringsmodel som KRAM muligt at anvende data, der kun foreligger for en kortere periode, f.eks. forsøgsdata. Det er dog en forudsætning, at de anvendte data er repræsentative.

5.2.4 Vurdering

Der er stadig et godt stykke vej tilbage før KRAM er færdigudviklet og kan indgå som et modul indenfor IMIS konceptet. Endvidere er satsningen på en model som KRAM behæftet med en større risiko end ESMERALDA, idet vedligeholdelsen og opdateringen af modellen ikke kan garanteres i samme omfang som ESMERALDA, der vedligeholdes og udvikles på sektorforskningsinstitutionen SJFI.

Fordelene ved anvendelse af en programmeringsmodel som KRAM til miljøanalyser er, at der er større mulighed for at få resultater på betydende miljøvariable opgjort i fysiske mængder. F.eks. beregnes gødningsforbruget direkte i fysiske mængder, hvormed snitfladen til NP-modellen bliver umiddelbar uden transformationsproblemer. Den større mulighed for at inddrage fysiske størrelser skyldes programmeringsmodellernes mulighed for at anvende forsøgsdata for produktionsfunktioner i sammenhæng med empirisk-statistiske data, hvilket giver mulighed for at indarbejde funktioner, hvor det statistiske materiale er utilstrækkeligt til at estimere elasticiteter.

De umiddelbare fordele ved at anvende en programmeringsmodel som KRAM kan imidlertid ikke ses uafhængig af modellens opløsningsgrad. Regionaliseringen af KRAM mv. samt sikringen af modellens repræsentativitet er også væsentlige aspekter. Det er derfor relevant at følge udviklingen af KRAM og søge at sikre, at modellen bliver udviklet på en sådan måde, at den kan anvendes i IMIS sammenhænge med en kobling til såvel den samfundsøkonomiske modellering (ADAM) og miljømodulerne, herunder NP-modellen.

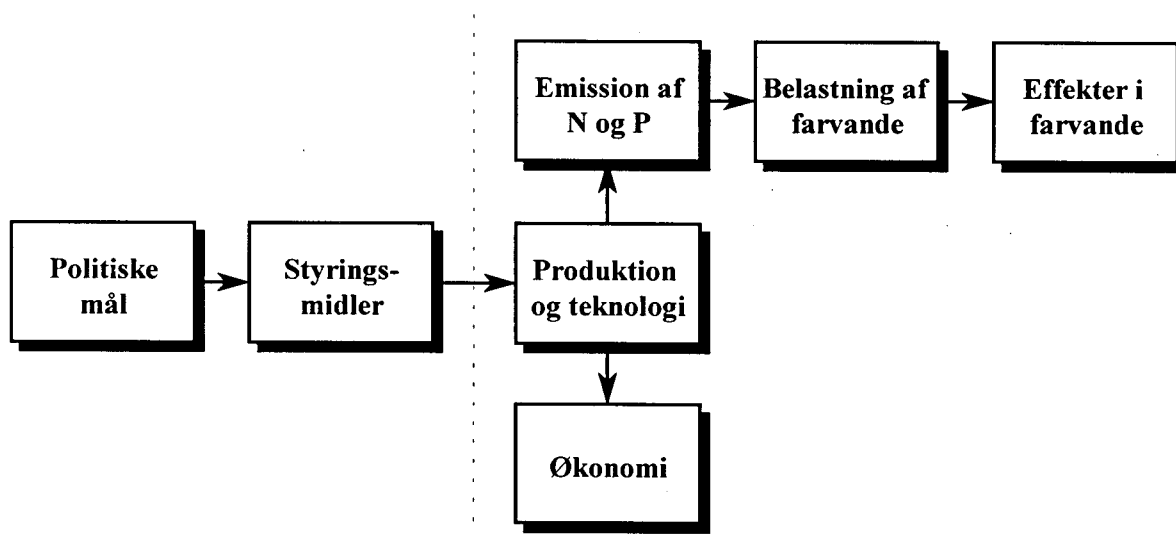
6 NP-modellen

Nærværende afsnit beskriver indledningsvis NP-modellen i sin oprindelige form. Beskrivelsen foretages overordnet med henblik på at belyse modellens form, indhold, intentioner og begrænsninger. Herefter belyses de submodeller i NP-modellen, som skal anvendes i forbindelse med landbrugsmodelkomplekset. Denne del af NP-modellen beskrives mere indgående med henblik på vurdering af modellens force og begrænsninger. I den sammenhæng inddrages de seneste landvindinger, og det påpeges hvorledes modellen kan videreudvikles på sigt.

6.1 Den oprindelige NP-model

NP-modellen er udviklet med henblik på at kunne afdække de økonomiske og miljømæssige konsekvenser ved forskellige ændringer i produktionen og teknologien. Dette med henblik på at kunne vurdere de mest omkostningseffektive tiltag ved reduktion i miljøbelastningen. Udgangspunktet er en given produktion og den tilhørende teknologi, som forårsager en given miljøbelastning og et givet omkostningsniveau, jf. højre side af nedenstående figur 6.1.

Figur 6.1 Princippet i afgrænsningen af NP-modellen



Kilde: Paaby et al. (1996): Omkostninger ved reduktion af næringsstofbelastning af havområderne, Faglig rapport fra DMU nr. 165.

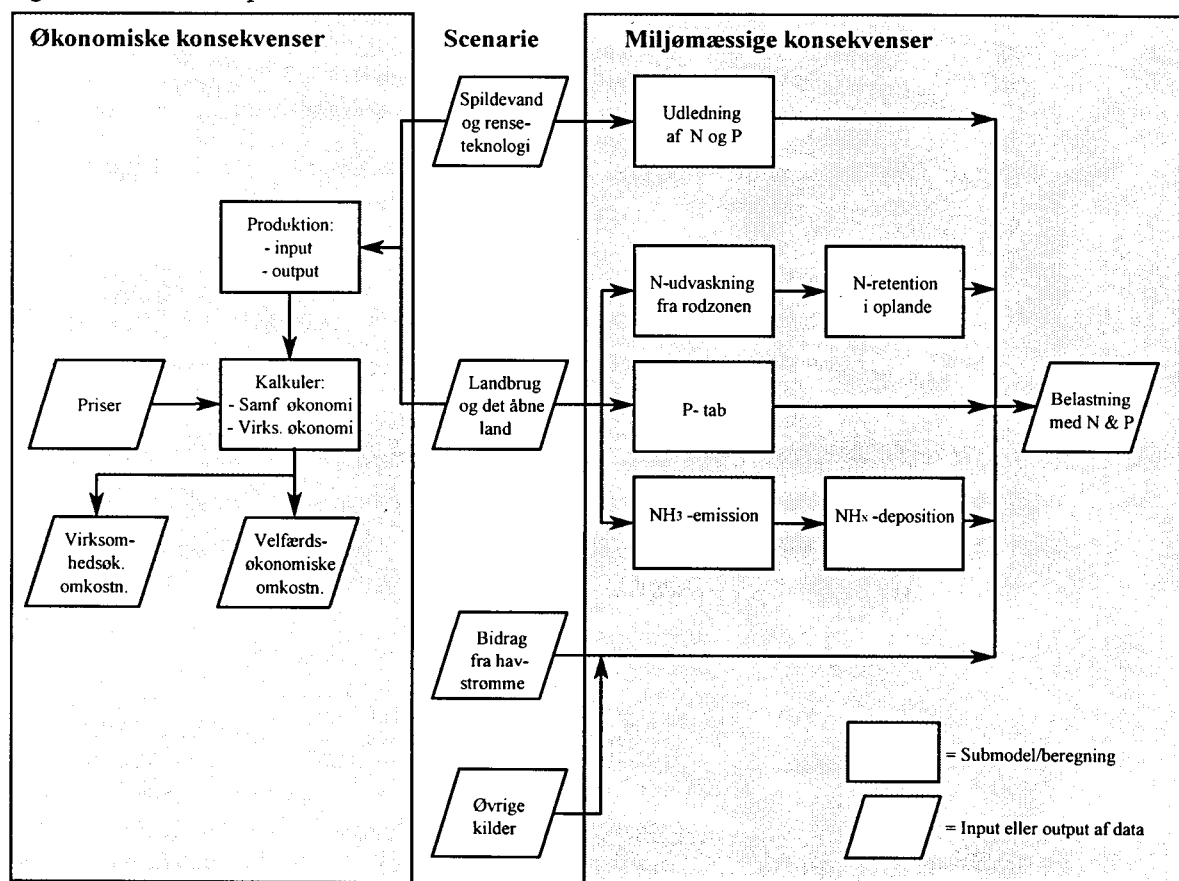
Udformningen indebærer, at modellen ikke er i stand til at belyse de mest hensigtsmæssige styringsmidler til at virkeliggøre et givet politisk mål. Belysning af effekten af forskellige styringsmidler vil kræve, at modellen udbygges med en egentlig modellering af landmændenes reaktion på f.eks. afgifter og tilskud. Den manglende adfærdsbetegnelse indebærer, at politiktiltag i form af f.eks. en gødningsafgift ikke kan analyseres i NP-modellen. Idet produktionen/teknologien ikke kan fastlægges, er det heller ikke muligt at belyse de økonomi-

ske og miljømæssige konsekvenser af en gødningsafgift. I det omfang en adfærdsbeskrivende sektormodel som ESMERALDA eller KRAM (jf. kap. 5), kan generere landbrugsproduktionen og den anvendte teknologi, vil NP-modellen imidlertid kunne bidrage til at belyse de økonomiske og miljømæssige konsekvenser af et givet politiktiltag.

Den økonomiske del af NP-modellen er således ikke en beskrivelse af landmandens produktionsmæssige og økonomiske vilkår, men derimod en opgørelse af de omkostninger, der er forbundet med alternative metoder til reduktion af kvælstofudvaskning og fosforafstrømning.

De miljømæssige konsekvenser vedrører i princippet belastningen af de indre danske farvande med næringsstofferne kvælstof og fosfor fordelt på 48 afstrømningsområder. For kvælstofs vedkommende omfatter belastningen af det marine miljø såvel tilført kvælstof via vandmiljøet som kvælstof afsat på havoverfladen. For fosfors vedkommende, som modelmæssigt befinder sig på et indledende stadie, omfatter belastningsmålet tab af fosfor til vandmiljøet som sådan.

Figur 6.2 Modelkomplekset i NP-modellen



Kilde: Baseret på Paaby et al. (1996): Omkostninger ved reduktion af næringsstofbelastning af havområderne, Faglig rapport fra DMU nr. 165.

Modelkomplekset i NP-modellen kan oversigtsmæssigt skitseres som vist i figur 6.2. Den består af to blokke, hvori henholdsvis de økonomiske- og miljømæssige konsekvenser estimeres. Input til de to blokke består af et scenarie, som specificerer:

- Spildevandsmængden opgjort i antallet af personækvivalenter samt renseteknologien for de eksisterende kommunale renselanlæg.
- Arealanvendelsen i det åbne land (inkl. arealet med skov og natur), gødningsanvendelsen samt landbrugets husdyrhold.
- Næringsstofbelastningen fra øvrige kilder i form af spildevand fra spredte bebyggelser, særskilte industrielle spildevandsudledninger, aquakulturer, regnvandsbetingede udløb, små renselanlæg og atmosfæriske bidrag (ekskl. ammoniak emitteret fra dansk landbrug).
- Nettobelastningen fra udlandet tilført med havstrømme til danske farvandsområder.

De to sidstnævnte bidrag indgår i modellen som eksogene størrelser.

NP-modellen er i sin helhed beskrevet i Paaby et al. (1996), og der henvises til denne for en mere udtømmende beskrivelse. I nærværende sammenhæng, hvor der kun anvendes delelementer af NP-modellen, indskrænkes beskrivelsen til de berørte submodeller, herunder implementerede forbedringer samt opdatering af datagrundlaget.

6.2 NP-modellen i landbrugsmodelkomplekset

I nærværende sammenhæng anvendes kun de dele af NP-modellen, der omfatter belastningen af vandmiljøet med næringsstoffer fra dansk landbrug. Denne del omfatter 5 submodeller:

- Udvasning af kvælstof fra rodzonen, jf. afsnit 6.2.1
- Retention af kvælstof i oplande, jf. afsnit 6.2.2
- Ammoniakemission, jf. afsnit 6.2.3
- Deposition af den emitterede ammoniak, jf. afsnit 6.2.4 og
- Fosfortab, jf. afsnit 6.2.5.

De respektive submodeller beskrives nedenfor med henblik at anskueliggøre modellernes potentialer og begrænsninger. Desuden beskrives det opdaterede datagrundlag, jf. afsnit 6.2.6.

6.2.1 Udvasning af kvælstof fra rodzonen

Den samlede udvasning af kvælstof fra landbruget er bestemt som summen af kvælstofudvasning fra de respektive afgrøder. Udvasningen pr. ha for en given afgrøde er bestemt på grundlag af empiriske eksponentialfunktioner, som er udviklet af Simmelsgaard (1991). Konkret estimeres udvasningen som en funktion af afgrødetypen, gødningstilførslen, jordtypen og husdyrgødningens virkningsgrad, som med NP-modellens opløsningsgrad kan beskrives som:

$$N\text{-}udv_{opland,afgr,type,jb} = \quad (8)$$

$$\left[(1 + 3,6 \cdot a) \cdot UDV\text{-}std_{afgr,jb} \cdot e^{0,7 \cdot ((N\text{-}eff_{opland,afgr,type,jb} / N\text{-}std_{afgr}) \div 1)} \right] \div$$

$$\left[1,8 \cdot a \cdot UDV\text{-}std_{afgr,jb} \right] +$$

$$\left[1,875 \cdot (0,4 \div \frac{U_n}{100}) \cdot a \cdot N\text{-}eff_{opland,afgr,type,jb} \right]$$

hvor:

$N\text{-}udv_{opland,afgr,type,jb}$ er udvaskningen pr. ha pr. år for en given afgrøde på en given brugs- og jordtype i et givet opland

$UDV\text{-}std_{afgr,jb}$ er udvaskningen pr. ha ved standardgødskning for en given afgrøde på en given jordtype, jf. tabel 6.1

$N\text{-}eff_{opland,afgr,type,jb}$ er den effektive tilførte kvælstofmængde pr. ha for en given afgrøde på en given brugs- og jordtype i et givet opland under antagelse af, at virkningsgraden for husdyrgødningskvælstofet udgør 40%

$N\text{-}std_{afgr}$ er standardgødskning med kvælstof pr. ha til en given afgrøde, jf. tabel 6.1

a udtrykker forholdet $0,4 \cdot \text{total-N}$ i husdyrgødningen / $N\text{-}eff$

U_n er virkningsgraden for husdyrgødningskvælstof.

Tabel 6.1 Parametre i udvaskningsfunktionen: Standardgødskning med kvælstof ($N\text{-}std$) samt udvaskningen af kvælstof fra rodzonen ved standardgødskning ($UDV\text{-}std$)

	Standardgødskning	Udvaskning ved standardgødskning	
		Sandjord	Lerjord
----- kg N pr. ha -----			
Vintersæd	165	45	35
Vårsæd	110	65	55
Vinterraps	230	50	40
Vårraps	170	70	55
Bælgsæd	0	75	60
Handelsroer	160	45	30
Kartofler	160	45	30
Anden afgrøde	120	40	30
Foderroer	160	45	30
Græs i omdrift	300	40	25
Græs uden for omdrift	0	15	10
Brak inden for omdriften	0	50	50
Brak uden for omdriften	0	12	12

Kilde: Interne parametre i NP-modellen.

Udvaskningsfunktion er baseret på udvaskningsforsøg ved handelsgødningstilførsel, og resultaterne er korrigeret i forhold til normalafstrømning for perioden 1970-90. På baggrund af denne funktion er der efterfølgende opstillet et analogt beregningsprincip for husdyrgødningstilførslen. Det er i den sammenhæng antaget, at virkningsgraden for husdyrgødningen er 40%, og parametriseringen af udvaskningsfunktionen har denne antagelse som forudsætning. Reelt indebærer antagelsen, at estimatet kun er gyldig, når virkningsgraden er 40%. Derfor er udvaskningsfunktionen suppleret med et ekstra udvaskningsbidrag, der korrigerer for afvigende virkningsgrader for husdyrgødningen. Konkret er det antaget, at 75% af afvigelsen i virkningsgraden udmøntes i en lavere/højere udvaskning. Hvis virkningsgraden f.eks. er 30% vil udvaskningen stige med $75/100 \cdot (40-30)/100 \cdot \text{total-N}$ i husdyrgødningen og hvis virkningsgraden er 50% vil udvaskningen blive reduceret med $75/100 \cdot (50-40)/100 \cdot \text{total-N}$ i husdyrgødningen. De resterende 25% af det uudnyttede kvælstof forventes at tabes til atmosfæren som følge af ammoniakfordampning og denitrificering. Det ligger implicit i disse antagelser, at der ikke forekommer nettomineralisering af jordens organiske materiale. Det ekstra led i udvaskningsfunktionen sikrer, at der korrigeres i den rigtige retning ved afvigende virkningsgrader, men korrektionen er ikke eksperimentelt verificeret. Der er blot tale om en udbygning af beregningsprincippet for tilførsel af husdyrgødning.

Modelleringen af udvaskningen fra marker, som er gødsket med husdyrgødning, er det svage led i udvaskningsfunktionerne. Samtidig sigter en stor del af de gennemførte statslige reguleringer af landbrugspraksis mod en bedre håndtering af husdyrgødningen med henblik på en større udnyttelsesgrad. Der er derfor behov for en forbedring af udvaskningsfunktionerne. Dette behov søges imødegået ved iværksatte IMIS aktiviteter i årene 1998-99.

6.2.2 Retention af kvælstof i oplande

Undervejs fra udvaskningen fra rodzonen til belastningen af havmiljøet sker der en kvælstofomsætning; en delmængde af kvælstoffet tabes til atmosfæren via denitrifikationsprocesserne og en anden delmængde indlejres i sedimentet i de ferske vandmiljøer. Dvs. at der skal foretages en korrektion for retentionen. Det er i den sammenhæng antaget, at reduktionen er en oplandsbetinget fast andel af den udvaskede kvælstof. Fladebelastningen pr. år fra landbrugsarealerne til de respektive kystafsnit opgøres derfor som:

$$N\text{-belastning}_{\text{opland}} = (1 - \text{Retention}_{\text{opland}}) \cdot \sum_{\text{opland}} N\text{-udv}_{\text{opland,afgr,type,jb}} \cdot \text{Areal}_{\text{opland,afgr,type,jb}} \quad (9)$$

hvor:

$N\text{-belastning}_{\text{opland}}$ er kvælstofbelastningen pr. år fra landbruget fra et givet opland

$\text{Retention}_{\text{opland}}$ er tilbageholdelseskoefficienten for kvælstofudvaskningen fra landbrugsarealer i et givet afstrømningsopland.

$N\text{-}udv_{opl\text{and},afgr,type,jb}$ er kvælstofudvaskningen pr. år fra en given afgrøde, på en given brugs- og jordtype i et givet opland

$Areal_{opl\text{and},afgr,type,jb}$ er arealet med en given afgrøde, på en given brugs- og jordtype i et givet opland

Retentionskoefficienterne for hver af de 48 afstrømningsoplande (modellen er ekskl. Bornholm) er bestemt via en massebalance på grundlag af målte eller estimerede stoftransport-data fra overvågningsprogrammet. I den sammenhæng er landbrugsbidraget opgjort som en residual for de respektive oplande under antagelsen af, at de atmosfæriske depositioner på søer udgør 20 kg N pr. ha og belastningen fra naturarealer udgør 2 kg N pr. ha. Da kvælstofbelastningen er stærkt korreleret med vandafstrømningen, er belastningsbidraget multipliceret med en klima-korrektionsfaktor for de pågældende oplande. De anvendte korrektionsfaktorer, som er opgjort som et gennemsnit for årene 1990-92, er bestemt som forholdet mellem den gennemsnitlige vandafstrømning i årene 1981-90 og den aktuelle vandafstrømning i de respektive år. De resulterende retentionskoefficienter er vist i tabel 6.2.

Tabel 6.2. Oplandsspecifikke retentionskoefficienter for kvælstof

Opland	Retention	Opland	Retention	Opland	Retention	Opland	Retention
nr.	%	nr.	%	nr.	%	nr.	%
11	70,3	33	47,6	45	45,6	63	37,7
12	65,6	34	73,2	51	53,4	64	32,1
13	69,5	35	78,8	52	36,9	65	42,5
14	30,3	36	61,0	53	38,2	66	36,9
15	16,7	37	61,3	54	49,8	67	38,2
16	62,0	38	63,8	55	48,0	71	32,6
21	56,0	39	56,4	56	38,4	72	77,4
22	61,4	40	71,9	57	48,9	73	73,7
23	61,4	41	53,7	58	46,0	81	48,1
30	9,3	42	45,5	59	50,1	82	42,4
31	38,3	43	49,2	61	52,3	92	55,2
32	63,4	44	71,4	62	50,1	93	47,3

Kilde: Interne parametre i NP-modellen.

Den nuværende beskrivelse af kvælstofretentionen skelner ikke mellem retentionen på henholdsvis sand- og lerjorde, skønt kvælstofsomsætningen og transporthastigheden er væsensforskellig på de to jordtyper. Desuden skelnes ikke mellem retentionen i det terrestriske miljø og ferskvandsmiljøet, hvilket er af betydning ved opgørelsen af belastningen af forskellige naturtyper. Denne begrænsning rådes der bod på via iværksatte IMIS aktiviteter i 1999.

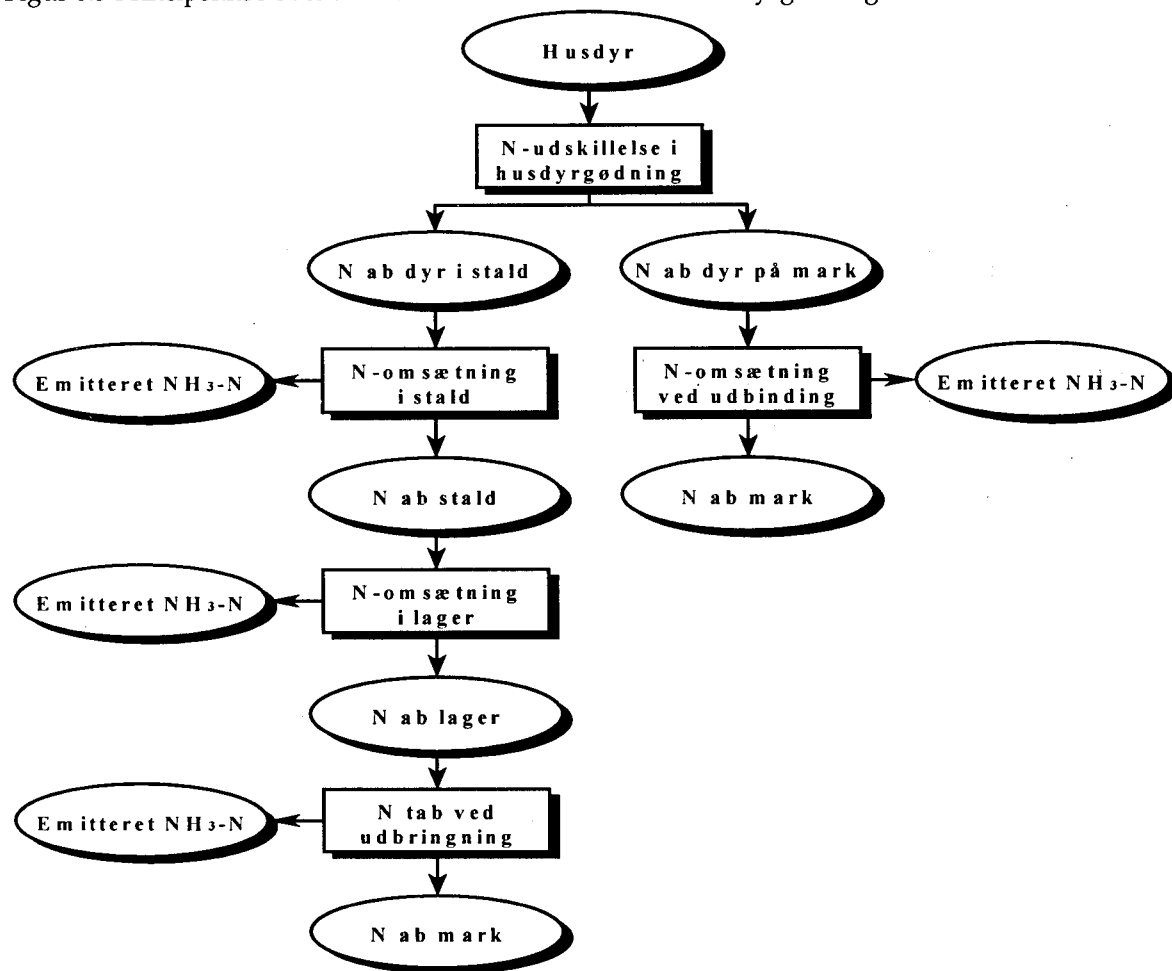
6.2.3 Ammoniakemission

Ammoniakemissionen fra landbruget er i den oprindelige NP-model bestemt som en konstant multipliceret med antallet af dyr samt en procentuel andel af handelsgødningsforbruget. Konkret er det anta-

get, at der emitteres 41,6 kg ammoniak og 27,7 kg ammoniak pr. år for henholdsvis én dyreenhed svin og én dyreenhed kvæg. Ammoniakfordampningen for handelsgødningsforbruget er antaget at udgøre 2,9% af kvælstofindholdet i gødningen (Paaby et al., 1996).

Den anvendte metode indebærer, at ammoniakemissionen kun kan variere som følge af ændringer i husdyrholdet og/eller ændringer i tilførslen af handelsgødning. Som et led i indeværende projekt er dette submodul derfor erstattet med en mere nuanceret beskrivelse af gødningshåndteringen. Konkret er der estimeret emissionskoefficienter for 18 husdyrkategorier på grundlag af en til formålet udviklet ammoniakmodel. I den sammenhæng er ammoniakemissionen for de øvrige husdyr i landbruget inddraget. Emissionen fra pelsdyr på amtsniveau indgår imidlertid kun som en konstant i NP-modellen, idet data ikke foreligger med den ønskede opløsningsgrad.

Figur 6.3 Principskitse over ammoniakemissionsmodel for husdyrgødningen



Kilde: Andersen (1998): Emission af ammoniak fra landbrugets husdyrhold samt effekten af iværksættelse af re-ducerende foranstaltninger. I: Miljøstyrelsen, Spredning og effekter af ammoniak (under trykning).

Princippet i estimeringen af ammoniakemissionen fra landbrugets husdyrhold er skitseret i figur 6.3. De forklarende variable i ammoniakmodellen er begrænset til at omfatte husdyrholdets sammensætning og størrelse fordelt på stald- og gødningslagersystem, forekomst

af sommergræsning, gødningens udbringelsestidspunkt og udbringningsmetode. Procesparametrene i ammoniakmodellen er baseret på *Normtal for husdyrgødning* (Poulsen & Kristensen, 1997), idet normtallene er baseret på grunddata, som er gennemsnitlige med hensyn til nutidens produktionsniveau, foderniveau og -sammensætning. Emissionskoefficienterne fra de respektive staldtyper og gødningslagre er ligeledes baseret på Normtalgruppens arbejde. Emissionskoefficienterne for udbringningen af gødningen er derimod baseret på Sommer (1994 & 1997). For alle procesparametre gælder, at de er baseret på en fikseret ammoniumskoncentration, tørstofindhold, surhedsgrad, temperatur mv. i gødningen. Ændringer i disse bagvedliggende variable med heraf følgende ændrede emissionskoefficienter kan ikke håndteres i modellen, men skal tilvejebringes på anden vis og efterfølgende kalibreres med ammoniakmodellens øvrige parametre. For en udtømmende beskrivelse af ammoniakmodellen henvises til Andersen (1998).

Ammoniakmodellen er baseret på landsgennemsnitlige forhold, idet de respektive forklaringsvariable ikke foreligger opløst på det ønskede geografiske niveau. Følgelig har det en begrænset værdi at implementere ammoniakmodellen som en submodel i NP-modellen, idet det samtidig kræver en stor mængde inputvariable. Alene ændringen i beregningsproceduren har medført, at antallet af husdyrkategorier i NP-modellen er steget fra 3 til 18. Ved implementering af ammoniakmodellen i NP-modellen ville det endvidere for hver husdyrkategori være nødvendigt at øge input med oplysninger om husdyrholdets fordeling på stald- og gødningslagersystem, omfanget af sommergræsning, gødningens udbringningstidspunkt og udbringningsmetode. Ammoniakmodellen er derfor fastholdt som en selvstændig model, men ved udformningen af modellen er det sikret, at denne er konsistent med NP-modellen. Ved scenarier, hvori der indgår ændret håndtering af husdyrgødningen, anvendes ammoniakmodellen derfor til at frembringe et nyt sæt emissionskoefficienter til NP-modellen. De frembragte emissionskoefficienter for 1995-situationen, som er NP-modellens nuværende basisår, fremgår af tabel 6.3.

Tabel 6.3 Emissionen af ammoniakkvælstof pr. husdyrbestandsenhed. 1995-situationen

Husdyrkategori	Kg N	Husdyrkategori	Kg N
Malkekøer, stor race	20,4	Søer	6,2
Malkekøer, jersey	17,1	Smågrise under 20 kg	1,0
Tyre, stor race	7,1	Slagtesvin, 20-50 kg og > 50 kg	2,8
Tyre, jersey	5,4	Høns (100 stk.)	33,2
Opdræt, stor race	6,1	Hønniker (100 stk.)	9,5
Opdræt, jersey	4,6	Slagtekyllinger (100 stk.)	21,3
Ammekøer	10,3	Kalkuner (100 stk.)	79,2
Moderfår	3,2	Ænder (100 stk.)	43,4
Heste	9,2	Gæs (100 stk.)	12,1

Anm. Emissionen fra væddere og lam er indeholdt i emissionen fra moderfår, og emissionen fra ornehold er indeholdt i emissionen fra søer.

Kilde: Estimeret via Ammoniakmodellen.

Estimeringen af ammoniakemissionen fra handelsgødningsforbruget er ligeledes ændret. Via Plantedirektoratets handelsgødningsstatistik, som er disaggregeret på gødningstyper, er der således estimeret regionale emissionskoefficienter. Emissionskoefficienterne for de respektive gødningstyper er baseret på Sommer (1994), som angiver et ammoniaktab på 2% af kvælstofindholdet i NPK-gødninger og ammoniumnitrat, 1% for flydende ammoniak, 15% for urea og 5% for øvrige gødningstyper. På grundlag af emissionskoefficienterne og den regionale fordeling af de respektive gødningstyper, er ammoniaktabet fra forbruget af handelsgødningskvælstof opgjort til 2,0% i Ribe og Ringkøbing Amter, stigende til 3,1% i Hovedstadsregionen.

Endvidere er ammoniakemissionen som en nyudvikling suppleret med tabet fra halmludning og afgrøder. Med hensyn til landbrugets forbrug af ammoniak til halmludning er det anslået, at 80% af ammoniakken tabes til omgivelserne (Laursen, 1989). Da forbruget i 1995 udgjorde godt 10 mio. kg ammoniak, jf. interne data i Danmarks Statistik, kan tabet derfor opgøres til 7 mio. tons kvælstof. Forbruget af ammoniak til halmludning indgår ikke som inputsvariabel til NP-modellen, og tabet på 7 mio. tons kvælstof medregnes derfor som en eksogen størrelse, som er disaggregeret på amtsniveau proportionalt med kobestandens størrelse.

En del af det tilførte og optagede kvælstof i planterne udskilles i form af ammoniak, idet gødskningsniveauet forårsager, at afgrøderne optager mere kvælstof end der kan udnyttes i proteinproduktionen. Sommer (1994) anslår, at tabet på de gødskede arealer udgør 5 kg kvælstof pr. ha. Ammoniaktabet fra afgrøderne opgøres derfor som 5 kg kvælstof pr. ha gødsket areal. Ved gødskede arealer forstås her landbrugsarealet i omdrift ekskl. arealer med brak og bælgæd.

I alt består ammoniakemissionen således af 5 bidrag, der matematisk kan formuleres som:

$$NH_3-N_{amt} = \sum_{amt} \left[Dyr_{amt,kat} \cdot Emis_{kat} + NH_3-N_{amt,pelsdyr} + NH_3-N_{amt,halmlud} + N-han_{amt} \cdot Emispct_{amt} + G-Areal_{amt} \cdot 5 \right] \quad (10)$$

hvor:

NH_3-N_{amt} er ammoniakemissionen fra landbruget pr. år i et givet amt

$Dyr_{amt,kat}$ er bestanden af dyr af en given husdyrkategori i et givet amt

$Emis_{kat}$ er emissionen af ammoniakkvælstof pr. dyr for en given husdyrkategori, jf. tabel 6.3

$NH_3-N_{amt,pelsdyr}$ er emissionen af ammoniakkvælstof fra pelsdyr i et givet amt

$NH_3-N_{amt,halmlud}$ er tabet af ammoniakkvælstof fra halmludningen i et givet amt

$N-han_{amt}$ er forbruget af handelsgødningskvælstof i et givet amt

$Emispct_{amt}$ er den amtsspecifikke procentuelle andel af handelsgødningskvælstoffet som emitteres som ammoniak

$G-Areal_{amt}$ er landbrugsarealet i omdrift ekskl. brak- og bælg-sædsarealer i et givet amt

Det bemærkes, at tabet til atmosfæren summeres på amtsniveau og ikke på oplandsniveau, idet spredningen og afsætningen af ammoniakken er baseret på emissionen på amtsniveau.

6.2.4 Deposition af den emitterede ammoniak (fra dansk landbrug)

Estimering af ammoniakdepositionen er baseret på modellen TREND (Asman, 1990), som simulerer transport, omdannelse og deposition af bl.a. ammoniak på grundlag af nære og fjerne emissioner. Resultaterne fra TREND -modellen er lagt ind i beregningsprogrammet KONSEKVENNS i form af en transportmatrice, som beskriver forholdet mellem emissionen fra ét givet amt og depositionen på 29 receptorområder (14 amter og 15 marine områder) under forudsætning af, at emissionen fra de øvrige amter og udlandet er 0. De 15 marine områder er ikke i fuld overensstemmelse med de 9 farvandsområder i det hydrologiske referencesystem. Depositionen er derfor beregnet pr. km² med henblik på at fordele depositionen på de 9 farvandsområder ved simpel forholdsregning (Paaby et al., 1996).

På grundlag af spredningsmatricen estimeres depositionen af kvælstof på kystoplande:

$$N\text{-deposition}_{kystopland} = \sum_{kystopland} NH_3-N_{amt} \cdot K_{amt \rightarrow kystopland} \quad (11)$$

hvor:

$N\text{-deposition}_{kystopland}$ er depositionen af kvælstof pr. år i et givent kystopland fra den af landbruget emitterede ammoniak

NH_3-N_{amt} er ammoniakemissionen fra dansk landbrug i et givent amt

$K_{amt \rightarrow kystopland}$ er depositionscoeffcienten for et givet amt til et givent kystopland, jf. tabel 6.4.

Tabel 6.4 Depositionskoeffcienter ($K_{amt \rightarrow kystopland}$) for 1. ordens kystområder

Amt	Nordsøen	Skagerrak	Kattegat	N.Bælt	Lillebælt	Storebælt	Øresund	S.Bælt	Østersøen	I alt
----- kg N deposition pr. kg emitteret ammoniakkvælstof -----										
Kbh.	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,060	0,000	0,000	0,060
Fr. borg	0,000	0,000	0,058	0,006	0,001	0,004	0,022	0,000	0,010	0,100
Roskilde	0,000	0,000	0,018	0,003	0,002	0,007	0,040	0,002	0,024	0,095
Vestsj.	0,008	0,002	0,041	0,024	0,002	0,029	0,010	0,002	0,016	0,133
Storstrøm	0,008	0,002	0,011	0,003	0,001	0,035	0,015	0,008	0,061	0,145
Bornholm	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,041	0,042
Fyn	0,011	0,002	0,029	0,034	0,025	0,075	0,003	0,005	0,011	0,194
Sønderjyl.	0,037	0,002	0,022	0,013	0,040	0,015	0,002	0,004	0,008	0,143
Ribe	0,068	0,004	0,026	0,012	0,006	0,006	0,001	0,002	0,004	0,130
Vejle	0,021	0,003	0,042	0,035	0,013	0,008	0,002	0,002	0,006	0,130
Ringkøb.	0,060	0,008	0,035	0,007	0,002	0,003	0,001	0,001	0,004	0,121
Århus	0,013	0,005	0,111	0,039	0,002	0,004	0,001	0,001	0,005	0,182
Viborg	0,035	0,014	0,056	0,006	0,001	0,002	0,001	0,001	0,003	0,120
Nordjyl.	0,016	0,019	0,093	0,003	0,001	0,001	0,001	0,000	0,002	0,136

Kilde: Interne parametre i NP-modellen.

Det bemærkes, at der kun medregnes deposition på kystafsnit, idet NP-modellen fokuserer på belastningen af det marine miljø. Der er i princippet ikke noget til hinder for, at estimationen kan udvides til også at omfatte deposition på landjorden, hvilket er relevant i forbindelse med opgørelse af belastningen af søer og terrestriske naturtyper.

Depositionen er baseret på parameterværdier (tørdepositions-hastigheder, omdannelsesrater og nedbørsmængder), der svarer til hollandske forhold. På grund af forskelle i overfladeruhed, og dermed i den geografiske variation i tørdepositions-hastigheder, må tørdepositionen i de marine områder forventes at være overestimeret (og underestimeret i skovområder) (Paaby et al., 1996).

6.2.5 Fosfortab til vandmiljøet

Der foreligger p.t. ikke undersøgelser af forholdet mellem fosfortilførsel og fosforudvaskning, og viden om sammenhængen mellem fosfortab, jordbund og landbrugspraksis er ligeledes begrænset. Fosfortabet i NP-modellen er derfor ikke modelleret på linie med kvælstofudvaskningen. I stedet er der taget udgangspunkt i tab fra landbrugsarealer, som er målt i 6 mindre landovervågningsoplande i forbindelse med Vandmiljøplanens Overvågningsprogram. Undersøgelsen viste, at den afstrømningskorrigerede årsmiddelkoncentration af fosfor i vandløbene synes at være højere i vandløb med lerjordsoplande i forhold til vandløb med sandjordsoplande. Det har imidlertid ikke været muligt at påvise entydige tabsforskelle på de to oplandstyper (Paaby et al., 1996).

De målte tab udgjorde 0,2 - 0,4 kg fosfor pr. ha pr. år (Andersen et al., 1994). I NP-modellen er tabet af fosfor derfor baseret på landbrugsarealet og en fast arealkoefficient, og tabet for et givet opland estimeres som:

$$P\text{-tab}_{\text{opland}} = 0,3 \cdot \sum_{\text{opland}} \text{Areal}_{\text{opland,type,jb,afgr}} \quad (12)$$

hvor:

$P\text{-tab}_{\text{opland}}$ er fosfortabet pr. år fra landbrugsjorden i et opland

0,3 er det anslåede fosfortab i kg pr. ha fra landbrugsjorden

$\text{Areal}_{\text{opland,type,jb,afgr}}$ er arealet med en given afgrøde, på en given brugs- og jordtype i et givet opland

Anvendelsen af en fast arealkoefficient indebærer, at det kun er muligt at afspejle ændringer i det samlede landbrugsareal og ikke ændringer i landbrugsstrukturen. Der er derfor behov for en mere nuanceret beskrivelse af fosfortabet, som også inkluderer betydningen af både landbrugsstruktur og -praksis (fosfortilførslen og afgrødefordelingen), og som tager højde for de forskellige tabsprocesser (udvaskning, erosion etc.). Dette aspekt er søgt imødegået ved iværksatte IMIS aktiviteter i 1998-99.

6.2.6 NP-modellens datagrundlag og den geografiske dimension

NP-modellen estimerer belastningen med kvælstof og fosfor fordelt på 48 kystafsnit, idet Bornholm ikke indgår i modellen. I nærværende sammenhæng betragtes udelukkende bidraget fra landbruget. Det nødvendige datagrundlag er derfor reduceret til arealanvendelse, husdyrhold og gødningsanvendelse fordelt på 48 afstrømningsoplande. Da gødningstilførslen (og -sammensætningen) divergerer med brugstypen, og da udvaskningen varierer med jordtypen, er de nødvendige data til NP-modellen ligeledes disaggregeret på brugstyper⁶ og jordtyper⁷. Ingen af de ønskede data er umiddelbart tilgængelige for NP-modellen og fordrer derfor en bearbejdning af eksisterende data.

Den oprindelige NP-model var baseret på et datagrundlag omhandlende året 1989. Da ESMEALDA er opdateret til at anvende 1995-situationen som basisscenario, har det imidlertid været ønskeligt ligeledes at gear NP-modellen til dette niveau. Som et led i indeværende projekt er NP-modellen derfor opdateret til 1995-niveau, jf. nedenstående. Samtidig er antallet af husdyrkategorier ændret fra 3 til 18.

Arealanvendelse og husdyrbestand

De relevante areal- og husdyrdata til NP-modellen anno 1995 omfatter 13 afgrødekategorier:

- vinterkorn (ha)
- vårkorn (ha)
- vinterraps inkl. non food vinterraps (ha)
- vårraps inkl. non food vårraps (ha)
- bælgæd inkl. konservesærter (ha)
- fabriksroer (ha)
- kartofler (ha)
- andre afgrøder (øvr. frøafgrøder, gartneriafgrøder, uspecificeret landbrugsafgrøder og sortbrak) (ha)
- foderroer (ha)
- græs og grøntfoder i omdrift (ha)
- græs uden for omdrift (ha)
- brak i omdrift ekskl. sortbrak (ha)
- brak uden for omdrift (ha)

⁶ Ved brugstyper forstås kvægbrug, svinebrug, blandede husdyrbrug og planteavlsbrug, jf. følgende definitioner:

- *Planteavlsbrug* defineres som brug med under ½ DE (Dyreenheder) pr. ha.

- *Kvægbrug* defineres som brug med mindst ½ DE pr. ha og hvor andelen af kvæg udgør mindst ²/₃ af DE.

- *Svinebrug* defineres som brug med mindst ½ DE pr. ha og hvor andelen af svin udgør mindst ²/₃ af DE.

- *Blandede husdyrbrug* defineres som brug, som hverken kan defineres som kvæg-, svine- eller planteavlsbrug.

⁷ Ved jordtyper forstås sand- og lerjorde. Sandjordene er i den sammenhæng defineret som jordtyper med farvekode 1-3 i henhold til Landbrugsministeriets landsomfattende jordklassificering og lerjordene som jordtyper med farvekode 4-8.

og 18 husdyrkategorier

- malkekøer, stor race (bestand)
- malkekøer, jersey (bestand)
- tyre, tyrekalve og stude, stor race (bestand)
- tyre, tyrekalve og stude, jersey (bestand)
- opdræt, stor race (bestand)
- opdræt, jersey (bestand)
- ammekøer (bestand)
- søer (bestand)
- smågrise under 20 kg (bestand)
- slagtesvin, 20 - 50 kg og over 50 kg (bestand)
- høns (bestand)
- kyllinger til tillæg (bestand)
- slagtekyllinger (bestand)
- kalkuner (bestand)
- ænder (bestand)
- gæs (bestand)
- moderfår (bestand)
- heste (bestand)

som skal være fordelt på oplande, brugstyper og jordtyper.

Disse data tilvejebringes via Danmarks Statistiks årlige landbrugs- og gartneritællinger, men for såvel den oprindelige NP-model (baseret på 1989-situationen) som den opdaterede NP-model (1995-situationen) foreligger de ønskede oplysninger ikke på oplande og jordtyper. Det er derfor antaget, at arealet og husdyrholdet for de respektive brugstyper er fordelt på ler- og sandjorde proportionalt med bopælskommunes andel af henholdsvis sand- og lerjorde (Paaby et al., 1996). Hvis en given kommunes landbrugsareal f.eks. består af 70% sandjorde (og 30% lerjorde), så vil 70% af afgrøderne og 70% af husdyrholdet blive tilknyttet sandjordene uanset afgrøde- og brugstype. Dog er det forudsat, at fabriksroer altid dyrkes på lerjorde, og at kartofler altid dyrkes på sandjorde.

På tilsvarende vis er det antaget, at arealer og husdyr i en kommune er tilknyttet et opland proportionalt med fællesarealets andel af bopælskommunens areal (Paaby et al., 1996). Hvis f.eks. 30% af en kommune er beliggende i et givet opland, antages det, at 30% af afgrøderne og 30% af husdyrholdet er tilhørende det pågældende opland. Der skelnes heller ikke her mellem de forskellige brugstyper.

Begge antagelser er problematiske. For det første er det tvivlsomt om landbrugsarealet er fordelt på ler- og sandjorde proportionalt med forekomsten af de respektive jordtyper. Alt andet lige må det forventes, at landbruget primært beslaglægger de mest produktive jorde (lerjorde) og sekundært de sandede jorde. Det skal i den forbindelse bemærkes, at det jordklassificerede areal udgør knap 3,5 mio. ha (Danmarks Statistik, 1993), hvorimod det dyrkede areal udgør 2,7 mio. ha (Danmarks Statistik, 1996b). For det andet er det næppe sandsynligt, at alle brugstyper i en given kommune har den samme procentuelle andel af henholdsvis ler- og sandjorde, idet det vides, at kvægbrug overvejende er lokaliseret på de sandede jorde, hvorimod planteavlsbrug overvejende er lokaliseret på de lerede jorde. Da de

respektive brugstyper har forskellig afgrødesammensætning, vil det også udmønte sig i en divergerende fordeling af afgrøder på henholdsvis ler- og sandjorde. For det tredje er andelen af fællesarealet mellem en given kommune og et opland ikke ensbetydende med at landbrugsarealet i kommunen indgår i det pågældende opland med en tilsvarende andel. Da landbrugsarealet i gennemsnit 'kun' beslaglægger $\frac{2}{3}$ af landarealet, kan fællesarealet mellem en kommune og et opland i princippet være anvendt til skov eller byområde.

De anførte forhold kan medføre fejlagtige estimater over belastningen med kvælstof. Forkert indplacering af afgrøder på jordtyper vil således influere på den estimerede udvaskning, idet udvaskningen bl.a. er betinget af jordtypen, og hermed bliver den estimerede belastning også fejlbehæftet. På tilsvarende vis vil en fejlplacering af arealerne på oplande udmønte sig i en urigtig bestemmelse af kvælstof- og fosforbelastningen. Den totale belastning med fosfor vil ikke blive berørt, men den totale belastning med kvælstof vil blive fejlbehæftet som følge af divergerende retentionskoefficienter i de forskellige oplande. Problemet kan ikke løses ved at erstatte antagelserne med andre, idet disse ligeledes vil kunne kritiseres. I stedet er det nødvendigt at udvikle en metode, som i større grad kan sikre en virkelighedstro distribuering af landbrugsaktiviteter på jordtyper og oplande. Til det formål er der i indeværende år iværksat et IMIS projekt, der via en GIS-procedure (såkaldt intelligent areal interpolering) kan bibringe en større overensstemmelse mellem model og virkelighed.

Ved opdateringen til 1995-niveau optrådte et særligt problem, idet landbrugs- og gartneritællingen for 1995 i modsætning til 1989-tællingen kun er baseret på en stikprøve. Anvendelsen af stikprøven indebar, at arealanvendelsen og husdyrholdet kun kunne disaggregeres på amter. Problemet blev løst pragmatisk ved at 'fremskrive' de kommunefordelte oplysninger i 1989-tællingen på grundlag af den amtslige udvikling:

$$Data-95_{kom,type} = Data-89_{kom,type} \cdot \frac{Data-95_{amt,type}}{Data-89_{amt,type}} \quad (13)$$

hvor:

$Data-95_{kom,type}$ er arealet med en given afgrøde eller bestanden af dyr af en given husdyrkategori i en given kommune tilhørende en given brugstype i året 1995

$Data-89_{kom,type}$ er arealet med en given afgrøde eller bestanden af dyr af en given husdyrkategori i en given kommune tilhørende en given brugstype i året 1989

$Data-95_{amt,type}$ er arealet med en given afgrøde eller bestanden af dyr af en given husdyrkategori i et givet amt tilhørende en given brugstype i året 1995

$Data-89_{amt,type}$ er arealet med en given afgrøde eller bestanden af dyr af en given husdyrkategori i et givet amt tilhørende en given brugstype i året 1989.

Der eksisterede ikke braklagte arealer i 1989, idet braklægningsordningen først blev introduceret i 1993. De fremskrevne braklagte arealer for 1995 ville dermed blive lige store i kommuner inden for det samme amt. For at afspejle variationen i de braklagte arealer i kommunerne inden for et givet amt, er de braklagte arealer i 1989 (= 0) erstattet med braklagte arealer for 1996. Herved antages det implicit, at det braklagte areal i et amt i 1995 er fordelt på amtets kommuner proportionalt med fordelingen i 1996.

Gødningsanvendelse

Den ideelle situation ville være tilstedeværelse af oplysninger om tilførslen af handels- og husdyrgødning for hver eneste afgrøde disaggregeret på opland, brugstype og jordtype. Disse data foreligger ikke, men genereres ved hjælp af flere kilder suppleret med diverse antagelser. Kilderne i den oprindelige NP-model var baseret på Danmarks Statistiks oplysninger om handelsgødningsforbruget pr. ha fordelt på brugstyper og amter og en stikprøveundersøgelse fra Plantedirektoratet omhandlende gødningsforbruget pr. afgrøde. Disse undersøgelser udarbejdes ikke længere. Ved opdateringen er der derfor i stedet taget udgangspunkt i gødningsdata indsamlet for høståret 1994 i forbindelse med Vandmiljøplanens Overvågningsprogram (Andersen & Jensen, 1996). Desuden er anvendt Plantedirektoratets opgørelse over salget af handelsgødning i 1994/95 fordelt på regioner (Plantedirektoratet, 1995). De to kilder udgør det opdaterede grundlag for genereringen af de relevante gødningsdata til NP-modellen, jf. nedenfor.

De indsamlede gødningsdata i forbindelse med Vandmiljøplanens Overvågningsprogram omhandlede knap 7.500 marker tilhørende ca. 800 bedrifter fordelt på 46 oplande. De relevante informationer i denne sammenhæng omfatter arealanvendelse, gødningstilførsel fordelt på henholdsvis handels- og husdyrgødning⁸, jordtype, amt og brugstype. Bedrifterne blev selekteret ved simpel tilfældig udvælgelse. Til nærværende formål er stikprøven blevet restratificeret efter amter og brugstype via landbrugs- og gartneritællingen, der anvendes som udtryk for populationen af landbrugsbedrifter. Efter stratificeringen er de enkelte bedrifter blevet vægtet med den reciproke værdi af udvalgsbrøken for hvert stratum. Hvis f.eks. et stratum indeholder en stikprøve på 87 bedrifter ud af i alt 870, er enhederne i stratummet vægtet med faktoren 10. Vægtningen er foretaget med henblik på at bestemme den gennemsnitlige tilførsel af handels- og husdyrgødning pr. afgrøde pr. brugstype pr. jordtype på et repræsentativt grundlag. Resultatet af eksercitsen fremgår af tabel 6.5.

⁸ Forbruget af handels- og husdyrgødning opgøres for både kvælstof og fosfor. P.t. anvendes oplysningerne om fosforbruget imidlertid ikke, idet belastningen med fosfor er baseret på en fast arealkoefficient. Såfremt estimationsmetoden ændres, er det imidlertid muligt at estimere belastningen på grundlag af den tilførte fosformængde.

Tabel 6.5 Tilførslen af handels- og husdyrgødning pr. afgrøde pr. brugstype pr. jordtype baseret på data fra knap 800 bedrifter, 1994

Brugstype	Afgrøde	Sandjord				Lerjord			
		Handelsgødning		Husdyrgødning		Handelsgødning		Husdyrgødning	
		kg N	kg P	kg N	kg P	kg N	kg P	kg N	kg P
Svinebrug	Vinterkorn	116	4	116	31	114	2	153	39
	Vårkorn	84	2	133	35	75	2	136	39
	Vinterraps	95	4	224	55	115	3	235	55
	Vårraps	115	6	103	29	83	3	179	50
	Bælgsæd	0	6	26	7	1	2	4	1
	Fabriksroer	60	3	162	56	60	0	349	94
	Kartofler	52	0	175	44	112	0	243	65
	Anden afgrøde	88	9	66	17	76	2	121	26
	Foderroer	48	0	412	100	41	0	468	106
	Græs og grøntfoder i omdrift	123	7	184	35	81	2	163	37
	Græs uden for omdrift	108	6	153	30	106	1	83	15
	Brak i omdrift	1	0	5	1	3	0	12	3
	Brak uden for omdrift	0	0	0	0	0	0	0	0
Kvægbrug	Vinterkorn	140	7	81	13	141	6	86	13
	Vårkorn	98	3	135	20	86	2	112	16
	Vinterraps	131	6	175	26	156	11	137	18
	Vårraps	54	3	129	32	134	2	105	15
	Bælgsæd	2	8	31	4	0	8	34	7
	Fabriksroer	77	12	174	31	40	0	202	40
	Kartofler	127	19	97	15	101	0	0	0
	Anden afgrøde	115	12	19	3	80	0	200	23
	Foderroer	72	2	315	54	80	1	309	56
	Græs og grøntfoder i omdrift	166	10	178	22	147	6	217	26
	Græs uden for omdrift	143	11	97	10	118	9	96	10
	Brak i omdrift	20	1	21	2	16	1	18	2
	Brak uden for omdrift	0	0	0	0	0	0	0	0
Blandede husdyrbrug	Vinterkorn	102	4	117	33	131	7	112	28
	Vårkorn	79	2	137	31	95	1	190	39
	Vinterraps	109	1	149	60	124	8	242	52
	Vårraps	80	1	185	72	134	2	105	15
	Bælgsæd	0	0	3	2	0	8	34	7
	Fabriksroer	50	0	236	74	40	0	202	40
	Kartofler	108	0	142	31	0	0	156	57
	Anden afgrøde	94	1	183	43	80	0	200	23
	Foderroer	50	0	348	78	77	0	386	92
	Græs og grøntfoder i omdrift	146	8	196	30	161	13	164	26
	Græs uden for omdrift	125	9	67	10	89	7	107	21
	Brak i omdrift	0	0	0	0	0	0	0	0
	Brak uden for omdrift	0	0	9	1	0	0	0	0
Planteavlbrug	Vinterkorn	151	13	21	4	165	16	30	9
	Vårkorn	110	9	23	5	108	12	17	5
	Vinterraps	155	12	59	11	163	13	65	17
	Vårraps	120	11	18	3	134	9	52	12
	Bælgsæd	1	11	1	0	1	13	1	0
	Fabriksroer	89	15	93	25	131	27	17	4
	Kartofler	131	15	49	11	113	0	78	18
	Anden afgrøde	116	13	30	8	97	7	2	0
	Foderroer	78	1	273	122	73	0	87	20
	Græs og grøntfoder i omdrift	89	10	38	4	21	9	20	2
	Græs uden for omdrift	115	12	8	1	96	14	35	3
	Brak i omdrift	0	0	0	0	2	0	0	0
	Brak uden for omdrift	0	0	0	0	0	0	0	0

Kilde: Estimeret på grundlag af materiale fra Vandmiljøplanens Overvågningsprogram, jf. Andersen (1996): Dyrkningspraksis og arealanvendelse. Rapportering af en dataindsamling i 46 dyrkede typeplande under Vandmiljøplanens Overvågningsprogram, DMU, Afdeling for Ferskvandsøkologi.

Det estimerede gennemsnitlige forbrug af handelsgødningskvælstof pr. afgrøde pr. brugstype pr. jordtype benyttes som fordelingsnøgle for landet som helhed. På grund af stikprøvens størrelse er det ikke muligt at disaggregere landsniveauerne til mindre geografiske enheder uden en betragtelig usikkerhed på estimerterne. For de enkelte regioner nivelleres de landsdækkende niveauer derfor proportionalt med Plantedirektoratets opgørelse over salget af handelsgødningskvælstof i de respektive regioner via afgrødefordelingen i regionen, jf. nedenstående ligning. Den første variabel i ligningen udtrykker det landsgennemsnitlige forbrug af handelsgødning pr. ha pr. afgrøde på en given brugs- og jordtype. Brøken udtrykker den regionsspecifikke korrektionsfaktor, hvor tælleren angiver det totale forbrug af handelsgødning i regionen og nævneren angiver forbruget af gødning såfremt gødningsniveauet pr. ha svarede til det landsgennemsnitlige forbrug.

$$N-han_{region,afgr,type,jb} = N-han_{afgr,type,jb} \cdot \frac{Total-N_{region}}{\sum_{region} N-han_{afgr,type,jb} \cdot Areal_{region,afgr,type,jb}} \quad (14)$$

hvor:

$N-han_{region,afgr,type,jb}$ er forbruget af handelsgødningskvælstof pr. ha for en given afgrøde på en given brugs- og jordtype i en given region

$N-han_{afgr,type,jb}$ er det landsdækkende forbrug af handelsgødningskvælstof pr. ha for en given afgrøde på en given brugs- og jordtype, jf. tabel 6.5

$Total-N_{region}$ det totale salg af handelsgødningskvælstof i en given region, jf. Plantedirektoratets handelsgødningsstatistik

$Areal_{region,afgr,type,jb}$ er arealet med en given afgrøde på en given brugs- og jordtype i en given region.

Det bemærkes, at landbrugsarealer beliggende i samme region bliver påført et identisk forbrug af handelsgødningskvælstof pr. ha ved sammen afgrødetype på de respektive brugs- og jordtyper. Tilsvarende gør sig gældende for oplande beliggende i samme region.

Til den benyttede metode kan det anføres, at forbruget af handelsgødning er en central størrelse i estimeringen af belastningen af vandmiljøet med kvælstof, og følgelig er det essentielt at der forefindes aktuelle gødningsoplysninger på de respektive niveauer. Da kvælstofudvaskningen stiger eksponentielt med kvælstoftilførslen synes problemet særligt stort, idet en overgødskning ikke opvejes af en undergødskning. Der foreligger imidlertid ikke mere detaljerede gødningsoplysninger på afgrødeniveau, og den anvendte metode skønnes derfor at være den optimale.

Desuden skal det anføres, at målet med NP-modellen ikke er at frembringe en statistisk opgørelse over belastningen af vandmiljøet med kvælstof; målet er derimod at måle effekten af tiltag i forhold til en basissituation, og til det formål er usikkerheden betydelig mindre. Ikke desto mindre bør det dog undersøges, om der kan gøres brug af Plantedirektoratets gødningsregnskaber, hvor forbruget af gødning

er opgjort på bedriftsniveau, idet en bearbejdning af disse data vil gøre det muligt at disaggregere gødningsniveauet til forbruget pr. ha pr. amt pr. brugstype. Fordelingen på afgrøder vil imidlertid fortsat være et udestående problem.

Forbruget af husdyrgødningskvælstof bestemmes indirekte i NP-modellen via husdyrholdets størrelse og husdyrgødningens indhold af kvælstof ab lager⁹. Til det formål er landets totale produktion af husdyrgødning estimeret på grundlag af *Normtal for husdyrgødning* (Poulsen & Kristensen, 1997) og antallet af årsdyr/produktionen af dyr (Danmarks Statistik, 1996b), og produktionen af husdyrgødningskvælstof ab lager er efterfølgende relateret til husdyrbestanden for de respektive husdyrkategorier. Opgørelse af kvælstofindholdet ab lager pr. husdyrbestandsenhed skal ses i sammenhæng med, at husdyrbestanden i modsætning til årsdyr/produktionen af dyr indgår i NP-modellens datagrundlag. Resultatet af øksercitsen fremgår af tabel 6.6.

Tabel 6.6. Produktionen af husdyrgødning pr. år målt i kg N og P ab lager pr. husdyrbestandsenhed. 1995

Husdyrkategori	Kg N	Kg P	Husdyrkategori	Kg N	Kg P
Malkekøer, stor race	120	23	Søer	21	7
Malkekøer, jersey	101	19	Smågrise under 20 kg	3	1
Tyre, stor race	32	7	Slagtesvin, 20-50 kg og > 50 kg	8	2
Tyre, jersey	25	6	Høner (100 stk.)	61	25
Opdræt, stor race	38	5	Høniker (100 stk.)	23	10
Opdræt, jersey	29	4	Slagtekyllinger (100 stk.)	31	8
Ammekøer	74	8	Kalkuner (100 stk.)	113	54
Moderfår	19	4	Ænder (100 stk.)	63	27
Heste	44	8	Gæs (100 stk.)	113	32

Anm. Udskillelsen fra væddere, lam, orner, udsættersøer, sopolte og haner er indeholdt i udskillelsen fra henholdsvis moderfår, søer og høner.

Kilde: Estimeret baseret på Danmarks Statistik (1996b): Landbrugsstatistik 1995 og Poulsen & Kristensen (1997): *Normtal for husdyrgødning*. En revurdering af danske normtal for husdyrgødningens indhold af kvælstof, fosfor og kalium, Danmarks Jordbrugsforskning, Beretning nr. 736.

I forhold til den oprindelige version af NP-modellen, er produktionen af husdyrgødning fra heste, får, fjerkræ og pelsdyr som noget nyt også medregnet.

Antallet af pelsdyr er imidlertid ikke opgjort på bedriftstyper, og gødningsproduktionen fra pelsdyr på amtsniveau indgår derfor som en eksogen størrelse, jf. tabel 6.7.

⁹ Det gør sig også gældende med hensyn til fosfor, og der er i forbindelse med opdateringen af datagrundlaget beregnet tilsvarende estimeret for fosfor, som kan tages i anvendelse ved ændret estimation af fosforbelastningen.

Tabel 6.7 Produktionen af husdyrgødning fra pelsdyr pr. år målt i kg N og P ab lager. 1995

Amt	Tons N	Tons P	Amt	Tons N	Tons P
Københavns Amt	1	1	Sønderjyllands Amt	57	38
Frederiksborg Amt	14	9	Ribe Amt	383	257
Roskilde Amt	23	15	Vejle Amt	176	118
Vestsjællands Amt	89	60	Ringkøbing Amt	598	401
Storstrøms Amt	21	14	Århus Amt	79	53
(Bornholms Amt	22	15)	Viborg Amt	182	122
Fyns Amt	85	57	Nordjyllands Amt	697	468

Anm. Bornholms Amt indgår ikke i NP-modellen.

Kilde: Estimeret baseret på Poulsen & Kristensen (1997): Normtal for husdyrgødning. En revurdering af danske normtal for husdyrgødningens indhold af kvælstof, fosfor og kalium, Danmarks JordbrugsForskning, Beretning nr. 736 og internt materiale i Danmarks Statistik.

Efter at produktionen af husdyrgødningskvælstof er bestemt, kan gødningen fordeles på de respektive afgrøder på de givne brugs- og jordtyper. Til det formål benyttes den tidligere omtalte landsdækkende fordelingsnøgle, som er estimeret separat for handels- og husdyrgødning, jf. tabel 6.5. I forbindelse med fordelingen af husdyrgødningen på afgrøder antages det endvidere, at der ikke forekommer nettotransport af husdyrgødning mellem amterne. Dvs. at produktionen af gødning i et amt er lig forbruget af gødning i det selv samme amt. Det indebærer, at den producerede mængde husdyrgødningskvælstof i et amt fordeles på amtets afgrøder proportionalt med den landsdækkende fordelingsnøgle; men det aktuelle gødningsniveau bestemmes af gødningsproduktionen i amtet. Formaliseret kan det udtrykkes som:

$$N\text{-hus}_{amt,afgr,type,jb} = N\text{-hus}_{afgr,type,jb} \cdot \frac{N\text{-pels}_{amt} + \sum_{amt} Dyr_{amt,kat} \cdot N\text{-norm}_{kat}}{\sum_{amt} N\text{-hus}_{afgr,type,jb} \cdot Areal_{amt,afgr,type,jb}} \quad (15)$$

hvor:

$N\text{-hus}_{amt,afgr,type,jb}$ er forbruget af husdyrgødningskvælstof pr. ha for en given afgrøde på en given brugs- og jordtype i et givet amt

$N\text{-hus}_{afgr,type,jb}$ er det landsdækkende forbrug af husdyrgødningskvælstof pr. ha for en given afgrøde på en given brugs- og jordtype, jf. tabel 6.5

$N\text{-pels}_{amt}$ er mængden af husdyrgødningskvælstof ab lager fra pelsdyr i et givet amt, jf. tabel 6.7

$Dyr_{amt,kat}$ er antallet af dyr af en given husdyrkategori i et givet amt

$N\text{-norm}_{kat}$ er mængden af husdyrgødningskvælstof ab lager for en given husdyrkategori, jf. tabel 6.6

$Areal_{amt,afgr,type,jb}$ er arealet med en given afgrøde på en given brugs- og jordtype i et givet amt

Den første variabel i ligningen udtrykker det landsgennemsnitlige forbrug af husdyrgødning pr. ha pr. afgrøde på en given brugs- og jordtype. Brøken udtrykker den amtspecifikke korrektionsfaktor, hvor tælleren angiver produktionen af gødning i amtet og nævneren angiver forbruget af gødning i amtet såfremt gødningsforbruget svarer til det landsgennemsnitlige forbrug. Heraf følger, at de nivellerede gødningsniveauer pr. ha på amtsniveau gælder for alle arealer i amtet med de respektive afgrøder på de givne brugs- og jordtyper. Tilsvarende gør sig gældende for oplande beliggende i samme amt.

Den anvendte metode indeholder flere betæneligheder. For det første vil der være variation i fodertilførslen og foderoptagelsen, hvilket indebærer, at estimationen af den samlede gødningsproduktion i et givet amt kan være fejlbehæftet. For det andet vil den landsgennemsnitlige fordelingsnøgle ikke nødvendigvis være gældende i et givet område, idet fordelingen af gødningen på afgrøder sandsynligvis også vil være påvirket af gødningsproduktionen. Eksempelvis kan man forestille sig, at der er en grænse for hvor meget husdyrgødning et planteavlsbrug vil modtage. Områder med afvigende husdyrtæthed i forhold til landsgennemsnittet, kan således have en gødningsfordeling, som divergerer fra den landsdækkende fordeling. For det tredje har antagelsen om, at der ikke forekommer nettotransport af husdyrgødning mellem amterne, en meget stor betydning for gødningsniveauet i de pågældende områder. Det geografiske niveau er her afgørende. Jo mindre et område antagelsen gælder for, jo større forskelle vil der være i gødningsniveauerne mellem de respektive områder, idet niveauerne vil afspejle områdernes husdyrtætheder. Omvendt må det forventes, at hvis der i et område anvendes store mængder af husdyrgødning, så vil forbruget af handelsgødning være tilsvarende lavt. Da estimationen af den tilførte handelsgødning og husdyrgødning foregår uafhængigt af hinanden, skal der således også tages hensyn til, at det samlede niveau er konsistent med virkeligheden.

Fælles for betænelighederne ved de anvendte metoder til bestemmelsen af tilførslen af såvel husdyrgødning som handelsgødning gælder, at det fornødne datagrundlag er utilstrækkeligt. I realiteten er det den anvendte metode, som bestemmer hvorledes den totale gødningsmængde skal fordeles på de respektive marker. Og der er ingen facitliste. Hvis fordelingen medfører for store forskelle i gødningsniveauerne i forhold til virkeligheden, vil belastningen blive overestimeret, og omvendt. Det understreger, at NP-modellen ikke er særlig egnet til at bestemme det absolutte niveau for belastningen af vandmiljøet; forcen i NP-modellen ligger i at afdække *forskellen* i belastningen ved forskellige landbrugs- og miljøpolitiske tiltag.

7 Sammenkobling af modellerne

I det nedenstående beskrives de problemstillinger og de anvendte løsningsmetoder ved koblingen mellem henholdsvis ADAM og ESMERALDA (afsnit 7.1) og ESMERALDA og NP-modellen (afsnit 7.2).

7.1 Sammenkobling mellem ADAM og ESMERALDA

Der fremtræder en række aggregeringsproblemer ved koblingen mellem ADAM og ESMERALDA. Mens ADAM kun opererer med eet output og een outputpris for hele sektoren landbrug mv (der er defineret meget bredt, idet den også dækker gartneri, skovbrug og fiskeri), opererer ESMERALDA med 19 landbrugsvarer og tilhørende priser.

På inputsiden er ESMERALDA også langt mere disaggregeret, idet den opererer med 12 inputs. I ADAM indgår inputtet jord slet ikke, kvælstof og pesticider er en del af leverancerne fra kemisk industri og de forskellige fodertyper indgår som en del af leverancer fra næringsmiddelindustri. Derimod figurerer forbrug af arbejdskraft, energi, maskin- og bygningskapital på samme niveau i begge modeller.

Da både samlet produktion og forbrug af arbejdskraft, kapital og materialer gives i begge modeller (til dels ud fra grundlæggende forskellig økonomisk teori) står vi overfor et konsistensproblem. Der må under sammenkoblingen nødvendigvis tages et valg med henblik på hvilken af modellerne, der skal være styrende.

Der er basalt set 3 måder at koble ADAM og ESMERALDA på :

1. ADAM er bestemmende for niveauet af sektorens samlede produktion og inputforbrug. ESMERALDA benyttes udelukkende som fordelingssystem, hvor totalerne hvert år er i overensstemmelse med ADAM's. Dvs. at faktorpriser, andre inputpriser, outputpris, samt input- og outputmængder kommer fra ADAM ind i ESMERALDA, der herefter fordeler disse ud på driftsgrene. ADAM er altså styrende for niveauet af samlet produktion og råvareforbrug.
2. ADAM bestemmer i grundforløbet ligevægtspriser på aggregeret niveau, der leveres til ESMERALDA og fordeles ud i form af input- og outputpriser for hver driftsgren. I ESMERALDA bestemmes herefter output- og inputniveau for de 19 driftsgrene. Ved alternative scenarier, hvor der foretages ændringer i én eller flere eksogene variable, foretages ændringerne i ESMERALDA. Der sker ingen tilbagekobling til ADAM, der udelukkende har rolle som leverandør af fremskrivninger af input- og outputpriser.
3. Som (2), men hvor der sker tilbagekobling til ADAM. Samlet faktorforbrug, inputforbrug og output kommer fra ESMERALDA ind

i ADAM. Der kan herefter beregnes samfundsøkonomiske effekter af ændringer i landbruget.

Hver løsning indebærer sine problemer. De skitseres i det følgende :

Ad 1.

For så vidt man ønsker at fokusere på afsætning på færdigvaremarkederne, herunder prisernes indflydelse på eksport og hjemmemarkedsafsætning er denne tilgang, hvor ADAM er styrende, fornuftig, idet afsætningen på færdigvaremarkederne ikke er modelleret i ES-MERALDA. Det virker dog ikke rimeligt at lade landbrugserhvervet være givet fra efterspørgselssiden, set i relation til erhvervets lave udbudselasticitet - erhvervets produktion er først og fremmest begrænset af den tilgængelige mængde jord og produktiviteten af de anvendte inputs. Samtidig virker eksportmodelleringen af landbrugsprodukter i ADAM ikke helt hensigtsmæssig.

Ad 2.

ESMERALDA's udbudsorienterede tilgang betragtes som bestemmende i hele systemet. Dvs. at det først og fremmest er det samlede tilgængelige areal, produktiviteten af de anvendte indsatsfaktorer, samt forholdet mellem input- og outputpriser, der bestemmer produktionen og inputforbruget for de forskellige driftsgrene. ES-MERALDA kan til gengæld ikke behandle effekterne på efterspørgselssiden, dvs. afsætningsmæssige effekter af at de danske priser ligger højere end de udenlandske.

Ved at vælge ESMERALDA's tilgang baseres analysen på en udbudsorienteret tankegang. Samtidig belyses samspillet mellem de enkelte driftsgrenes output- og inputpriser. I modsætning hertil gives faktorforbruget i ADAM kun for alle driftsgrene under eet og det antages uafhængigt af priser på outputsiden. Problemet ved kobling (2) er imidlertid inkonsistens, idet der opereres med eet output- og inputniveau i ADAM og eet i ES-MERALDA.

Ad 3.

Denne tilgang er muligvis den mest fornuftige, men er ret ressourcekrævende. Der sikres konsistens, samtidigt med at der beregnes samfundsøkonomiske effekter af ændringer i landbrugsstrukturen. I modsætning til (1), påvirkes ADAMs langsigtede scenarie af ES-MERALDA's udbudsbaserede produktionsbeskrivelse.

Ideelt set burde begge tilgange kombineres i samme model, idet der også er effekter fra efterspørgselssiden. Det er ikke muligt at køre modellerne simultant, idet de 2 modeller vil give et bud på produktionen fra hver sin side af markedet: udbudssiden og efterspørgselssiden.

Som eksempel på problemet kan vi tage et fald i landbrugets sektorpris. I ADAM vil denne ændring virke ekspansivt, idet et fald i outputprisen uden tilsvarende fald i konkurrentprisen vil få landbrugsproduktionen i ADAM til at stige, da dansk eksport bliver relativt

billigere i forhold til den konkurrerende, således at Danmark vinder markedsandele. Herudover kommer en effekt fra det private forbrug, idet forbrugskomponenten fødevarer bliver relativt billigere, hvorfor de danske forbrugere substituerer over mod denne. En tilsvarende effekt ses ved importen, hvor importører af råvarer fra landbruget substituerer overmod de relativt billigere dansk producerede. I ESMERALDA vil prisfaldet derimod indebære lavere produktion, idet det ikke er optimalt at producere så intensivt som før, til givne faktor- og råvarepriser - de er for dyre i forhold til indtjeningen og anvendes derfor i mindre omfang per arealenhed.

I lyset af de skitserede svagheder ved eksportmodelleringen i ADAM (jf afsnit 4.2), vælges det at basere koblingen på den i ESMERALDA givne landbrugsproduktion, dvs. på tilgang (2) eller (3). I kapitel 8 og 9 opstilles og beregnes således scenarier baseret på disse to koblinger.

7.2 Sammenkobling af ESMERALDA og NP-modellen

Det relevante output fra ESMERALDA til NP-modellen omfatter antallet af dyr fordelt på husdyrkategorier, arealet med de respektive afgrødekategorier og gødningsomkostningerne pr. ha. Oplysningerne er givet for landbrugssektoren som helhed. Dvs. at det er nødvendigt at distribuere oplysningerne fra landsniveau til såvel afstrømningsoplande som brugs- og jordtyper (afsnit 7.2.1). Desuden er det nødvendigt at konvertere gødningsomkostningerne til gødningsmængder samt en yderligere opsplitning af gødningen på handels- og husdyrgødning (afsnit 7.2.2). Begge forehavender er yderst problematiske, og eksercitsen er desuden yderst essentiel for den resulterende næringsstofbelastning. Det påpeges derfor også hvorledes ESMERALDA's resultater kan distribueres til NP-modellen på sigt.

7.2.1 Distribuering af ESMERALDA's arealer og husdyr til afstrømningsoplande

Tilsyneladende kan ESMERALDA's arealer og husdyr umiddelbart distribueres til afstrømningsoplande, brugs- og jordtyper ved hjælp af en simpel proportional fordeling af den procentuelle udvikling i de respektive driftsgrene (arealet med en given afgrødekategori eller antallet af dyr af en given husdyrkategori). Formaliseret kan det udtrykkes som

$$Driftsgren-S1_{opland,type,jb} = Driftsgren-S0_{opland,type,jb} \cdot \frac{Driftsgren-S1_{ESMERALDA}}{Driftsgren-S0_{ESMERALDA}} \quad (16)$$

hvor:

$Driftsgren-S1_{opland,type,jb}$ er omfanget af en given aktivitet i et givet opland på en given brugs- og jordtype i scenario 1

Driftsgren-S0_{opland,type,jb} er omfanget af en given aktivitet i et givet opland på en given brugs- og jordtype i scenario 0 baseret på NP-modellens datagrundlag

Driftsgren-S1_{ESMERALDA} er omfanget af en given aktivitet i scenario 1, jf. output fra ESMERALDA

Driftsgren-S0_{ESMERALDA} er omfanget af en given aktivitet i scenario 0, jf. output fra ESMERALDA.

Den første variabel udtrykker omfanget af en given driftsgren i basis-scenariet i et givet opland på en given brugs- og jordtype. Brøken udtrykker den proportionale ændring, hvor tælleren angiver omfanget af aktiviteten bestemt af ESMERALDA i scenario 1 og nævneren angiver omfanget af aktiviteten i basisscenariet (scenario 0).

Den anvendte metode er tidligere benyttet af Schou et al. (1996), hvor output fra ESMERALDA er anvendt som input i NP-modellen. Vægtningen forudsætter, at adfærden indenfor en given driftsgren ikke varierer mellem bedriftstyper og regioner. Det vil sige, at landmanden reagerer produktionsmæssigt ens på ændringer i priserne uanset om produktionen foregår på planteavlbrug eller kvægbrug og uanset om bruget ligger i Vejle eller Roskilde Amt. Metoden forvansker imidlertid også arealtilliggendet i de respektive oplande, og forvrider forholdet mellem ler- og sandjorde, jf. nedenstående argumentation.

I modelleringen af ESMERALDA er det forudsat, at det samlede landbrugsareal er konstant. Dvs. at stiger arealet med én eller flere afgrøder i et givet scenario, vil arealet tilsvarende falde for én eller flere andre afgrøder; det samlede dyrkede areal vil forblive uforandret. I ovenstående ligning vil det også gøre sig gældende på landsniveau, men ved transformationen til de enkelte afstrømningsoplande, vil det samlede dyrkede areal stige i de oplande, som har en overvægt af afgrøder i stigning, og omvendt vil det samlede areal falde i oplande, hvor de dominerende afgrøder er i tilbagegang. Det vil gøre sig gældende for alle oplande, hvor afgrødesammensætningen divergerer fra landsniveauet.

Men ikke nok med det; estimationsmetoden forvrider også forholdet mellem sand- og lerjorde. Det er velkendt, at afgrøderne ikke er jævnt fordelt på sand- og lerjorde. Eksempelvis er vinterhvede hyppigere dyrket på de lerede jorde, og omvendt er græs uden for omdrift oftest lokaliseret på de sandede jorde. I et scenario, hvor arealet med vinterhvede vokser på bekostning af græsarealerne, vil transformationsmetoden derfor øge arealet med lerjorde og reducere arealet med sandjorde.

For at imødegå denne fejlbehæftede distribuering af landbrugsaktiviteter, er det derfor nødvendigt at korrigere distributionsmetoden for arealerne på en sådan måde, at det samlede dyrkede areal i et opland forbliver uforandret. Desuden skal det sikres, at arealet med en given jordtype forbliver uforandret. Dette kan i princippet gøres ved at korrigere de fremkomne estimater ved successive oplands- og afgrødekorrektioner, jf. det fiktive eksempel i omstående tabel 7.1.

Tabel 7.1 Eksemplificering af distribueringen af ændret aktivitetsniveau på oplande

Scenario/ Driftsgren	Opland 1		Opland 2		Opland 3		landsniveau	Scenario 1	Ændring
	lerjord	sandjord	lerjord	sandjord	lerjord	sandjord			
							ha		%
<i>Scenario 0</i>									
Afgrøde 1	123 000	1 000	224 500	3 500	420 000	5 500	777 500	754 175	- 3
Afgrøde 2	75 000	2 000	50 000	2 500	320 000	6 500	456 000	446 880	- 2
Afgrøde 3	12 000	1 200	1 500	500	1 200	0	16 400	16 400	0
Afgrøde 4	15 000	65 000	1 200	3 500	500	0	85 200	98 835	+ 16
Afgrøde 5	12 000	85 000	1 700	0	300	0	99 000	117 810	+ 19
I alt	237 000	154 200	278 900	10 000	742 000	12 000	1 434 100	1 434 100	
<i>Scenario 1 - Ukorrigeret</i>									
Afgrøde 1	119 310	970	217 765	3 395	407 400	5 335	754 175		
Afgrøde 2	73 500	1 960	49 000	2 450	313 600	6 370	446 880		
Afgrøde 3	12 000	1 200	1 500	500	1 200	0	16 400		
Afgrøde 4	17 401	75 402	1 392	4 060	580	0	98 835		
Afgrøde 5	14 280	101 150	2 023	0	357	0	117 810		
I alt	236 491	180 682	271 680	10 405	723 137	11 705	1 434 100		
<i>Scenario 1 - 1. oplandskorrektio</i>									
Afgrøde 1	119 567	828	223 552	3 263	418 027	5 469	770 706		
Afgrøde 2	73 658	1 673	50 302	2 355	321 780	6 531	456 299		
Afgrøde 3	12 026	1 024	1 540	481	1 231	0	16 302		
Afgrøde 4	17 438	64 351	1 429	3 902	595	0	87 715		
Afgrøde 5	14 311	86 325	2 077	0	366	0	103 078		
I alt	237 000	154 200	278 900	10 000	742 000	12 000	1 434 100		
<i>Scenario 1 - 1. driftsgrenskorrektion</i>									
Afgrøde 1	117 002	810	218 757	3 193	409 061	5 352	754 175		
Afgrøde 2	72 138	1 638	49 264	2 306	315 138	6 396	446 880		
Afgrøde 3	12 098	1 030	1 549	483	1 239	0	16 400		
Afgrøde 4	19 649	72 509	1 610	4 397	671	0	98 835		
Afgrøde 5	16 356	98 662	2 374	0	419	0	117 810		
I alt	237 243	174 649	273 554	10 379	726 527	11 748	1 434 100		
.....									
<i>Scenario 1. - 30. driftsgrenskorrektion</i>									
Afgrøde 1	107 345	462	221 086	2 513	417 303	5 466	754 175		
Afgrøde 2	66 205	934	49 803	1 816	321 588	6 534	446 880		
Afgrøde 3	12 220	646	1 724	419	1 391	0	16 400		
Afgrøde 4	27 359	62 714	2 471	5 252	1 039	0	98 835		
Afgrøde 5	23 871	89 444	3 816	0	679	0	117 810		
I alt	237 000	154 200	278 900	10 000	742 000	12 000	1 434 100		
							-----% ændring ift. scenario 0-----		
<i>Scenario 1. - 30. driftsgrenskorrektion</i>									
Afgrøde 1	- 13	- 54	- 2	- 28	- 1	- 1	- 3		
Afgrøde 2	- 12	- 53	0	- 27	0	+ 1	- 2		
Afgrøde 3	+ 2	- 46	+ 15	- 16	+ 16	0	0		
Afgrøde 4	+ 82	- 4	+ 106	+ 50	+ 108	0	+ 16		
Afgrøde 5	+ 99	+ 5	+ 124	0	+ 126	0	+ 19		
I alt	0	0	0	0	0	0	0		

Udgangspunktet for det tænkte eksempel er en basissituation (scenario 0), hvor arealet med 5 afgrøder er fordelt på såvel 3 oplande som sand- og lerjorde. Basissituationen er givet af NP-modellen. På grundlag af et scenario fra ESMERALDA kan det opgøres, at afgrøde 1 og 2 falder med henholdsvis 3% og 2%, afgrøde 4 og 5 stiger med henholdsvis 16% og 19% og afgrøde 3 forbliver uændret. Situationen fremgår af den første blok med overskriften *Scenario 0*. Bemærk at de respektive ændringer i scenario 1 ikke ændrer det samlede areal; der er blot tale om en ændret afgrødesammensætning.

I blokken med overskriften *Scenario 1 - ukorrigeret* er de enkelte driftsgrene korrigeret proportionalt med den tænkte procentuelle ændring. Afgrødesammensætningen svarer nu til landsniveauet i scenario 1, men såvel oplandsarealet som fordelingen på ler- og sandjorde afviger nu for basissituationen. For at råde bod på dette multipliceres arealet for de respektive driftsgrene med en oplands- og jordtypespecifik faktor, som bevirker, at oplandsarealet (fordelt på ler- og sandjorde) svarer til basissituationen. Resultatet fremgår af blokken med overskriften *Scenario 1 - 1. oplandskorrektio*n. Oplandsarealerne er nu korrekte, men summen af arealerne for de enkelte driftsgrene svarer ikke længere til scenario 1. Der foretages derfor en fornyet korrektion, hvor arealerne for de enkelte driftsgrene multipliceres med en faktor, som bevirker, at det samlede areal med en given driftsgren svarer overens med landsniveauet for scenario 1. Resultatet fremgår af blokken med overskriften *Scenario 1 - 1. driftsgrenskorrektion*. De sand- og lerjordsfordelte oplandsarealer vil nu være afvigende, men sammenholdes oplandsarealerne i henholdsvis *Scenario 1 - Ukorrigeret* og *Scenario 1 - 1. driftsgrenskorrektion*, kan det konstateres, at afvigelserne er blevet mindre.

Efter 30 successive oplands- og driftsgrenskorrekationer er oplandsarealerne i overensstemmelse med scenario 0 og driftsgrensarealerne er i overensstemmelse med scenario 1, jf. blokken med overskriften *Scenario 1 - 30. driftsgrenskorrektion*¹⁰. Konsekvenserne for de enkelte driftsgrene er imidlertid omfattende og resultatet er ikke umiddelbart logisk i en landbrugsmæssig henseende. I eksemplet er det givet, at afgrøde 1 og 2, som skal reduceres, overvejende er placeret på lerjord, hvorimod afgrøde 4 og 5, som skal øges, er dominerende på sandjorde. Den forventede konsekvens af scenario 1 vil derfor være en reduktion af arealerne med afgrøde 1 og 2, som især vil finde sted på sandjorde, og omvendt vil der være en stigning i arealerne med afgrøde 4 og 5, som især vil finde sted på sandjordene. Betragtes resultatet for opland 3, kan det konstateres, at konverteringen af arealer med afgrøde 1 og 2 til afgrøde 3 og 4 er begrænset, og ændringen har udelukkende fundet sted på lerjorde. Resultatet skyldes, at de foretagne korrekationer udelukkende er af teknisk karakter uden adfærdsbeskrivende indhold. Den arealmæssige afstemning er således

¹⁰ Det er naturligvis ikke nødvendigt at foretage 30 successive oplands- og driftsgrenskorrekationer. Mindre kan gøre det, men af pædagogiske grunde er det i nærværende eksempel valgt, at der skal være fuld overensstemmelse mellem henholdsvis oplandsarealet og arealet til de respektive driftsgrene, og det forudsætter, at der skal foretages 30 successive oplands- og driftsgrenskorrekationer.

ikke en sikkerhed for en virkelighedstro oplandsdistribution af ES-MERALDA's resultater.

Ovenstående problemstillinger vedrører alene korrektioner med hensyn til arealerne, men der vil være tilsvarende problemer med oplandsdistributionen af det arealafhængige husdyrhold, som ikke kan ses uafhængig af afgrødesammensætningen. Antages det f.eks., at afgrøde 4 og 5 i ovenstående eksempel består af grovfoderafgrøder, så vil der ikke være tvivl om, at en vækst i kvægholdet vil finde sted i opland 1, men andelen af væksten vil være svær at bestemme. Det gør sig især gældende for sandjordene i opland 1, hvor afgrøderne henholdsvis reduceres med 4% og stiger med 5%. Dette problem er naturligvis ligeledes knyttet til den manglende beskrivelse af adfærden på oplandsniveau.

Da det ikke kan sikres, at de foretagne korrektioner giver en mere korrekt distribution af de respektive driftsgrene på oplande og yderligere på ler- og sandjorde, udelades disse. I stedet suppleres beskrivelsen af ændringen i miljøbelastning af vandmiljøet i et givet scenario med ændringen i oplandsarealet og lerjordsandelen. Generelt vil det gælde for et opland, at hvis oplandsarealet stiger og/eller lerjordsandelen falder i forhold til referencescenariet, så vil miljøbelastningen i oplandet være overestimeret, og omvendt.

Den anvendte metode er naturligvis ikke hensigtsmæssig, idet der hermed ikke fremkommer et entydigt resultat. Det er derfor uomgængeligt nødvendigt, at de modelbaserede adfærdsændinger fra ES-MERALDA umiddelbart kan distribueres til NP-modellen. Det væsentligste er ikke om modifikationerne foretages i ES-MERALDA eller i NP-modellen; det afgørende er, at ES-MERALDA's resultater kan transformeres entydigt til NP-modellen. NP-modellens detailniveau indbærer dog, at ES-MERALDA's driftsgrene bør disaggregeres på jordtyper og mindre geografiske niveauer. Dette arbejde er iværksat og implementeringen forventes færdiggjort primo 1999. ES-MERALDA's datagrundlag er imidlertid for spinkelt til at landbrugsaktiviteterne kan nedbrydes til NP-modellens 48 afstrømningsoplande. Det skal derfor overvejes, om input til NP-modellen kan ændres til f.eks. amter, hvorefter NP-modellen forestår den videre distribution af aktivitetsniveauet for de respektive driftsgrenene til afstrømningsoplande.

Sideløbende arbejdes der på at reestimere ES-MERALDA på driftsformer; dvs. at der tages højde for samspillet mellem bedriftens enkelte driftsgrene. I den sammenhæng vil der i ES-MERALDA blive anvendt driftsformer, hvor bedriften klassificeres på grundlag af økonomisk dominans fra en given driftsgren eller gruppe af driftsgrene. I den sammenhæng anvendes standarddækningsbidraget for de enkelte driftsgrene som inddelingskriterium¹¹. Konkret er det

¹¹ Standarddækningsbidraget for en given driftsgren bestemmes som et multiplum af aktivitetsniveauet og standarddækningsbidraget pr. ha eller husdyr for den pågældende driftsgren. For kvæg, heste og får, som betragtes som arealafhængig husdyrhold, er dækningsbidraget for grovfoder indeholdt under dækningsbidraget for de respektive husdyr. Der foretages imidlertid korrektion ved manglende overensstemmelse mellem antallet af grovfoderædende husdyr og arealet med grovfoder.

planlagt at inddele bedrifterne på 3 hoveddriftsformer, jf. tabel 7.2. Desuden overvejes det at skelne mellem heltids- og deltidsbrug.

Tabel 7.2 ESMERALDA's definition af driftsformer

Hoveddriftsform	Definition
Planteproduktion (incl. gartneri)	Mindst 1/3 af bedriftens samlede standarddækningsbidrag (SDB) stammer fra planteproduktion, og andelen af SDB fra henholdsvis svin+fjerkræ+pelsdyr og kvæg+heste+ får udgør maksimalt 1/3.
Kvægproduktion (incl. heste og får)	Mindst 1/3 af bedriftens samlede SDB stammer fra kvæg+heste+får og andelen af SDB fra svin+fjerkræ+pelsdyr udgør mindre en 1/3.
Svineproduktion (incl. fjerkræ og pelsdyr)	Mindst 1/3 af det samlede SDB stammer fra svin+fjerkræ+pelsdyr og andelen af SDB fra kvæg+heste+får udgør mindre end 1/3.

Kilde: SJFI (1996): Landbrugsregnskabsstatistik 1995/96, Serie A nr. 80.

Produktionen er imidlertid meget specialiseret, og polariseringen af bedrifterne er derfor større end ovenstående definitioner umiddelbart indikerer. For året 1995 kan det således opgøres, at for 93% af bedrifterne med planteproduktion stammer hele 2/3 af standarddækningsbidraget fra planteavl, for 69% af bedrifterne med kvægproduktion stammer 2/3 af standarddækningsbidraget fra kvæg og for 37% af bedrifterne med svineproduktion stammer 2/3 af standarddækningsbidraget fra svin (SJFI, 1996). Følgelig er der også en god overensstemmelse mellem ESMERALDA's driftsformer og NP-modellens brugstyper, idet antallet af blandede brug er få. Pilegaard (1997) har undersøgt forholdet mellem driftsformer og brugstyper blandt bedrifterne i SJFI's regnskabsstatistik for 1989/90. På grundlag af undersøgelsen er det fundet, at der i alt for 91,2% af bedrifterne er sammenfald mellem henholdsvis Planteproduktion-Planteavlsbrug, Kvægproduktion-Kvægbrug og Svineproduktion-Svinebrug, jf. tabel 7.3.

Tabel 7.3 Antal brug efter ESMERALDA's driftsformer og NP-modellens brugstyper

ESMERALDA's driftsformer	NP-modellens brugstyper			
	Planteavlsbrug	Kvægbrug	Svinebrug	Blandet husdyrbrug
	----- antal brug i % af alle brug -----			
Planteproduktion	33,5	2,0	1,8	0,8
Kvægproduktion	0,9	32,6	0,0	1,2
Svineproduktion	0,9	0,1	25,0	1,2

Anm. Baseret på 1932 repræsentativt udvalgte bedrifter i SJFI's regnskabsstatistik for året 1989/90.

Kilde: Pilegaard (1997): Notat om overensstemmelse mellem DMU's og SJFI's driftsformsdefinitioner, SJFI.

Ligeved og næsten er imidlertid ikke tilstrækkeligt. For det første kan det ikke forventes, at der altid vil være en god overensstemmelse mellem ESMERALDA's driftsformer og NP-modellens brugstyper. For det andet vil enhver definitorisk afvigelse mellem de respektive kategorier i ESMERALDA og NP-modellen medføre, at distribuerin-

gen af ESMERALDA's resultater til NP-modellen ikke kan foretages entydigt, hvilket vil afføde transformationsproblemer. Der er imidlertid ikke noget til hinder for, at NP-modellen kan reestimeres efter ESMERALDA's driftsformer. Ingen af submodellerne i NP-modellerne forholder sig til brugstypen i sig selv. Brugstypen er derfor kun relevant i forbindelse med differentieringen af gødningstilførslen, og i det omfang gødningstilførslen for de respektive afgrøder kan differentieres på driftsformer, vil inddelingen efter driftsformer være lige så anvendelig som brugstyper.

7.2.2 Konvertering af gødningsomkostninger til mængder

Forbruget af gødning i ESMERALDA opgøres i omkostninger pr. ha for de respektive afgrøder. Omkostningerne omfatter det totale forbrug af gødning; dvs. handelsgødning såvel som husdyrgødning, og kvælstofindhold såvel som fosfor- og kaliumindhold. For at informationen kan anvendes af NP-modellen, skal omkostningerne derfor dels nedbrydes på gødningstype og næringsstoffer og dels omsættes til fysiske mængder.

Anvendelse af husdyrgødning indebærer, at en del af handelsgødningsforbruget kan udelades. Følgelig er prisen på den udbragte husdyrgødning identisk med prisen på den erstattede handelsgødning¹². En del af næringsstofferne i husdyrgødningen er imidlertid på en sådan form, at næringsstofferne ikke umiddelbart kan anvendes af planterne. For at gøre prisen på næringsstofferne i handelsgødning sammenlignelig med prisen på næringsstofferne i husdyrgødningen, er det derfor nødvendigt at omregne næringsstofferne i husdyrgødning til effektiv næringsstofsindhold. Det er i den sammenhæng antaget, at udnyttelsesgraden for husdyrgødningskvælstof udgør 40% svarende til NP-modellens basisscenarie, og at udnyttelsesgraden for fosfor og kalium udgør 90%¹³. Antagelsen om en udnyttelsesgrad for husdyrgødningskvælstoffet på 40% er baseret på, at førsteårsvirkningen af husdyrgødningskvælstoffet i 1989/90 er opgjort til 34% og 42% i 1995/96 (Iversen et al., 1998). De 42% har som forudsætning, at de eksisterende landbrugsreguleringer efterleves fuldt ud. I ESMERALDA er det antaget, at udnyttelsesgraden udgør 25%. Konsekvenserne heraf er, at effekten af husdyrgødningen i ESMERALDA bliver for lav, og handelsgødningsforbruget, som opgøres som en residual, bliver for høj. I nærværende sammenhæng, hvor ESMERALDA ikke skelner mellem handelsgødning og husdyrgødning på afgrødeni-

¹² Det kan naturligvis hævdes, at prisen på håndteringen af husdyrgødning er betragtelig, hvilket indebærer, at de samlede omkostninger ved udbragt husdyrgødning er større end ved udbringning af tilsvarende mængder næringsstoffer i handelsgødning. Produktionen af husdyrgødning er imidlertid en uadskillelig del af den animalske produktion, og de heraf følgende omkostninger kan ikke afværges. Det giver derfor ingen mening at sammenholde værdien af næringsstofferne i gødningen med omkostningerne ved håndteringen af husdyrgødningen. Det kan derimod være relevant at sammenholde værdien af husdyrgødningen med omkostningerne ved alternative håndterings- og behandlingssystemer med henblik på at nedbringe omkostningerne, men det er en hel anden problemstilling, som er diskuteret nærmere i Hasler (1998) og Christensen (1997).

¹³ I *Håndbog for driftsplanlægning 1993/94* er det anslået, at nytteværdien af fosfor og kalium udgør mellem 80 og 100% (LIK, 1993).

veau, er ESMERALDA's afvigende udnyttelsesgrad imidlertid uden betydning.

På baggrund af ovenstående argumentation, kan ESMERALDA's gødningsomkostninger formuleres som summen af omkostningerne til de respektive gødningstyper:

$$\begin{aligned} \text{Omk} = & \\ & \text{Pris}_N \cdot [N\text{-han} + 0,4 \cdot N\text{-hus}] + \\ & \text{Pris}_P \cdot [P\text{-han} + 0,9 \cdot P\text{-hus}] + \\ & \text{Pris}_K \cdot [K\text{-han} + 0,9 \cdot K\text{-hus}] \end{aligned} \quad (17)$$

hvor:

Omk er gødningsomkostningen for en given afgrøde, jf. ESMERALDA

Pris_N er prisen pr. kg kvælstof

N-han er mængden af forbrugt handelsgødningskvælstof

N-hus er mængden af forbrugt husdyrgødningskvælstof ab lager

Pris_P er prisen pr. kg fosfor

P-han er mængden af forbrugt handelsgødningsfosfor

P-hus er mængden af forbrugt husdyrgødningsfosfor ab lager

Pris_K er prisen pr. kg kalium

K-han er mængden af forbrugt handelsgødningskalium

K-hus er mængden af forbrugt husdyrgødningskalium ab lager

I ligningen er de samlede gødningsomkostninger pr. ha udtrykt som summen af omkostningerne til henholdsvis kvælstof-, fosfor- og kaliumgødning, som igen er bestemt som et multiplum af mængde og pris. Næringsstofindholdet i husdyrgødningen er i den sammenhæng omregnet til effektiv gødning ved at multiplicere med de respektive udnyttelsesfaktorer.

Ligningen indeholder for mange ubekendte størrelser, hvilket indebærer, at omkostningerne til gødning ikke umiddelbart kan disaggregeres på gødningstype og næringsstoffer. Det er imidlertid ikke et mål i sig selv at opgøre forbruget af gødning. Forandringen i forbruget af gødning er fuldt ud tilstrækkeligt, og herved vil problemstillingen kunne reduceres. Normalt er såvel fosfor som kalium ikke genstand for optimering; de tilføres som grundgødsning uanset pris på afgrøde og gødning. Under den forudsætning, vil ændringen i gødningsomkostninger derfor kunne tolkes som ændring i omkostninger til kvælstofgødning, og ved uændret pris på kvælstofgødning, vil den procentuelle ændring i gødningsomkostningerne kunne tolkes som mængdemæssig ændring i kvælstoftilførslen. Fordelingen

på handelsgødningskvælstof og husdyrgødningskvælstof vil imidlertid stadig være et uløst problem, jf. senere.

Til forudsætningen kan det indvendes, at hvis der optræder en permanent ændring i høstudbyttet for en given afgrøde som følge af et ændret optimalt kvælstofsniveau, så må det forventes, at gødskningen med fosfor og kalium tilpasses det ændrede indhold af fosfor og kalium i den høstede afgrøde. Reduceres eksempelvis afgrødeudbyttet permanent med 7%, så må det forventes at forbruget af fosfor og kalium ligeledes kan reduceres med 7%. En sådan forudsætning er inddraget i tolkningen af ændringen i ESMERALDA's gødningsomkostninger af Schou et al. (1998). Konkret er der opstillet følgende relation:

$$\Delta Omk = \Delta N_{omk} + \Delta PK_{omk} \quad (18)$$

⇕

$$\frac{\Delta Omk}{Omk} = \frac{\Delta N_{omk}}{N_{omk}} \cdot \frac{N_{omk}}{Omk} + \frac{\Delta PK_{omk}}{PK_{omk}} \cdot \frac{PK_{omk}}{Omk}$$

⇕

$$\frac{\Delta N_{omk}}{N_{omk}} = \frac{1}{N_{omk}/Omk} \cdot \left[\frac{\Delta Omk}{Omk} - \frac{\Delta PK_{omk}}{PK_{omk}} \cdot \frac{PK_{omk}}{Omk} \right]$$

hvor:

Omk er gødningsomkostningen

N_{omk} er omkostningen til kvælstof

PK_{omk} er omkostningen til fosfor og kalium

Forholdet $\Delta PK_{omk}/PK_{omk}$ udtrykker den relative ændring i omkostningen til fosfor og kalium, som i forhold til ovenstående argumentation kan erstattes af den relative ændring i høstudbyttet, som estimeres af ESMERALDA. Forholdene N_{omk}/Omk og PK_{omk}/Omk , som udtrykker henholdsvis kvælstofandelen og fosfor/kaliumsandelen af de samlede gødningsomkostninger, er afgrødespecifikke konstanter. Dvs. at reelt udtrykkes forandringen i kvælstofomkostningerne som en funktion af forandringen i de samlede gødningsomkostninger og ændringen i høstudbyttet. De afgrødespecifikke konstanter er genereret på grundlag af en dekomponering af gødningsomkostningerne i SJFI's bidragsregnskaber for driftsåret 1988/89 (Schou et al., 1998).

Den anvendte metode er logisk og modsvarer umiddelbart en økonomisk optimal adfærd. Der tages imidlertid ikke højde for, at husdyrgødningen har et fikseret forhold mellem kvælstof, fosfor og kalium, hvilket indebærer, at tildeles husdyrgødningen efter indholdet af kvælstof, så vil der ofte blive tilført tilstrækkelige mængder af fosfor og kalium. Kun i de tilfælde, hvor der suppleres med handelsgødningsfosfor og -kalium kan forbruget af fosfor og kalium reduceres. For fosfor er det således, at den samlede mængde producerede husdyrgødning i dag indeholder tilstrækkelige mængder fosfor til at

dække hele landbrugets behov¹⁴. Gødningen fordeles imidlertid ikke jævnt over landbrugsarealet, idet transportomkostningerne for husdyrgødning er store i forhold til gødningens værdi. Det er således overvejende harmonikravsbestemmelserne, som forårsager en omfordeling af husdyrgødningen. Ikke desto mindre vil omkring 2/3 af landbrugsarealet få tilført tilstrækkelig med fosfor via husdyrgødningen, idet en husdyrtæthed på 1 DE pr. ha er tilstrækkelig til at dække fosforbehovet (Andersen, 1997). I det omfang harmonikravsbestemmelserne efterleves, vil et endnu større areal få dækket fosforbehovet via omfordelingen af husdyrgødningen. Da det således er mindre end 1/3 af landbrugsarealet, hvor gødskningen med husdyrgødning har et omfang svarende til 1 DE pr. ha eller mindre, vælges der at se bort for ovenstående korrektion for ændret høstudbytte. Korrektionen skal imidlertid tages i betragtning i det omfang ESMERALDA kan generere en mere nuanceret beskrivelse af gødskningen med husdyrgødningen på driftsformer, idet tilførslen af husdyrgødning til størsteparten af arealerne på planteavlsbrugene ikke er tilstrækkelig til at dække fosforbehovet, jf. gødningsintensiteten i NP-modellens parameter vist i tabel 6.5.

Fordelingen på handelsgødning og husdyrgødning er imidlertid stadig et udestående problem. Den af ESMERALDA givne ændring i gødningsomkostningerne kan således ikke umiddelbart transformeres til ændringer i henholdsvis handelsgødningskvælstof og husdyrgødningskvælstof. Problemet og den valgte løsning er illustreret i nedenstående fiktive eksempel.

Udgangspunktet i det tænkte eksempel er et referencescenario, som er givet af NP-modellen med 5 driftsgrene fordelt på 3 afgrødekategorier og 2 husdyrkategorier. For hver af afgrødekategorierne er angivet aktivitetsniveauet og gødningsintensiteten fordelt på husdyrgødning og handelsgødning. Gødningsmængderne er omregnet til effektiv kvælstofgødning ved at multiplicere mængden af husdyrgødningskvælstof ab lager med udnyttelsesfaktoren 0,4. For de 2 husdyrkategorier er produktionen af effektiv kvælstof i husdyrgødningen pr. dyr ligeledes opgjort. Det tænkte referencescenario fremgår af blokken med overskriften *Scenario 0* i omstående tabel 7.4. På grundlag af det angivne aktivitetsniveau og gødningsintensiteterne bestemmes såvel det totale gødningsforbrug som den totale produktion af husdyrgødning. Produktionen af husdyrgødning skal naturligvis, som vist i tabel 7.4, være af samme størrelsesorden som forbruget af husdyrgødning. Det indebærer implicit, at forbruget af handelsgødning altid vil blive bestemt som en residual, idet gødningsintensiteten, afgrødesammensætningen og den animalske produktion bestemmes af ESMERALDA.

Antages det nu at afgrødepriserne ændres, så kan man i eksemplet forestille sig, at ESMERALDA ville generere ændringer i såvel aktivitetsniveau som i gødningsomkostningerne, jf. blokken med overskriften *Scenario 1* i nedenstående tabel. Konkret er det antaget, at

¹⁴ Andersen (1997) har opgjort, at husdyrgødningen i 1996 indeholder 52,4 mio. kg fosfor ab lager, hvilket svarer til 21 kg fosfor pr. ha, hvis gødningen blev fordelt jævnt over landbrugsarealet. De 21 kg fosfor skal sammenholdes med, at der med afgrøden fjernes ca. 20 kg fosfor pr. ha (Grant et al., 1996).

arealet med afgrøde 1 reduceres med 10%, afgrøde 2 forbliver uforandret og arealet med afgrøde 3 øges med 24% (= reduktionen i arealet med afgrøde 1). Samtidig antages det, at gødningsomkostningen pr. ha reduceres med 12% for afgrøde 1, forbliver uforandret for afgrøde 2 og øges med 5% for afgrøde 3. Da det antages, jf. ovenstående argumentation, at ændringen i gødningsomkostningerne svarer til ændringen i tilførsel af effektiv kvælstof, kan de procentuelle ændringer umiddelbart udmøntes i ændrede gødningsintensiteter for kvælstoftilførslen (= summen af handels- og husdyrgødning). Endelig er det i eksemplet tænkt, at ESMERALDA har genereret en voksende animalsk produktion i form af en stigning i husdyr 1 på 20%. Produktionsmetoderne i den animalske produktion er antaget at være uændret, og produktionsintensiteten for husdyrgødningen vil derfor ligeledes være uændret.

Tabel 7.4 Eksemplificering af gødningsfordelingen ved et givet scenario

Driftsgrene	Aktivitetsniveau	Gødningsintensitet			Gødningsforbrug/-produktion		
		Husdyrgødning		Handelsgødning	I alt	Husdyrgødning	Handelsgødning	I alt
	enhed	-----kg eff. N/ha-----			-----tons eff. N-----		
<i>Scenario 0</i>							
Afgrøde 1, ha	120 000	45	80	125	5 400	9 600	15 000
Afgrøde 2, ha	70 000	35	65	100	2 450	4 550	7 000
Afgrøde 3, ha	50 000	107	53	160	5 350	2 650	8 000
I alt	240 000	.	.	.	13 200	16 800	30 000
Husdyr 1, stk.	300 000	40	.	40	12 000	0	12 000
Husdyr 2, stk.	400 000	3	.	3	1 200	0	1 200
I alt	.	.	.	.	13 200	0	13 200
<i>Scenario 1</i>							
Afgrøde 1, ha	108 000	50	60	110	5 437	6 443	11 880
Afgrøde 2, ha	70 000	39	61	100	2 741	4 259	7 000
Afgrøde 3, ha	62 000	120	48	168	7 422	2 994	10 416
I alt	240 000	.	.	.	15 600	13 696	29 296
Husdyr 1, stk.	360 000	40	.	40	14 400	0	14 400
Husdyr 2, stk.	400 000	3	.	3	1 200	0	1 200
I alt	.	.	.	.	15 600	0	15 600
-----ændringer i forhold til scenario 0, %-----							
Afgrøde 1, ha	- 10	+ 12	- 25	- 12	+ 1	- 33	- 21
Afgrøde 2, ha	0	+ 12	- 6	0	+ 12	- 6	0
Afgrøde 3, ha	+ 24	+ 12	- 9	+ 5	+ 39	+ 13	+ 30
I alt	0	.	.	.	+ 18	- 18	- 2
Husdyr 1, stk.	+ 20	0	.	0	+ 20	.	+ 20
Husdyr 2, stk.	0	0	.	0	0	.	0
I alt	.	.	.	.	+ 18	0	+ 18

Det ses umiddelbart, at produktionen af husdyrgødning hermed stiger fra 13.200 tons effektiv kvælstof til 15.600 tons, og samtidig redu-

ceres det totale forbrug af gødning fra 30.000 tons effektiv kvælstof til 29.296 tons. Da handelsgødningsforbruget bestemmes som en residual, kan reduktionen i forbruget af handelsgødning opgøres til 3.104 tons kvælstof. Fordelingen af gødningsmængderne på henholdsvis handels- og husdyrgødning på de respektive afgrøder fordrer imidlertid antagelser, idet ESMEALDA p.t. kun genererer den totale gødningsintensitet. Ved opsplitningen af gødningsintensiteten på henholdsvis handelsgødning og husdyrgødning antages det derfor, at de eksisterende husdyrgødningsintensiteter øges med ensartede procentsatser i et sådant omfang, at *forbruget* af husdyrgødningskvælstof svarer til *produktionen* af samme. Handelsgødningsintensiteterne estimeres efterfølgende som forskellen mellem den totale gødningsintensitet og husdyrgødningsintensiteten. Resultatet af proceduren ses tydeligt i det tænkte eksempel for afgrøde 2, hvor der i scenario 1 ikke forekommer ændringer i hverken aktivitetsniveauet eller gødningsintensiteten, men hvor den stigende produktion af husdyrgødning medfører, at husdyrgødningsintensiteten stiger med 4 kg effektiv kvælstof og handelsgødningsintensiteten tilsvarende falder. Effekten er væsentlig i miljømæssig henseende, idet kvælstofudvaskningen er større på marker gødet med husdyrgødning frem for handelsgødning.

Den anvendte procedure ved estimeringen af husdyrgødningsintensiteterne kan formaliseret beskrives som:

$$N\text{-hus-}S1_{amt,afgr,type,jb} = \frac{N\text{-pels-}SO_{amt} + \sum_{amt} Dyr\text{-}S1_{kat} \cdot N\text{-norm}_{kat}}{\sum_{amt} N\text{-hus-}SO_{afgr,type,jb} \cdot Areal\text{-}S1_{amt,afgr,type,jb}} \quad (19)$$

hvor:

$N\text{-hus}_{amt,afgr,type,jb}$ er forbruget af husdyrgødningskvælstof pr. ha for en given afgrøde på en given brugs- og jordtype i et givet amt i scenario 1

$N\text{-hus-}SO_{afgr,type,jb}$ er det landsdækkende forbrug af husdyrgødningskvælstof pr. ha for en given afgrøde på en given brugs- og jordtype i scenario 0, jf. tabel NP-modellen

$N\text{-pels-}SO_{amt}$ er mængden af husdyrgødningskvælstof ab lager fra pelsdyr i et givet amt i sceanrio 0, jf. NP-modellen

$Dyr\text{-}S1_{kat}$ er antallet af dyr af en given husdyrkategori i et givet amt i scenario 1, jf. ESMEALDA

$N\text{-norm}_{kat}$ er mængden af produceret husdyrgødningskvælstof ab lager for en given husdyrkategori, jf. NP-modellen

$Areal\text{-}S1_{afgr,type,jb}$ er arealet med en given afgrøde på en given brugs- og jordtype i et givet amt i scenario 1, jf. ESMEALDA.

Den første variabel i ligningen udtrykker det landsgennemsnitlige forbrug af husdyrgødningskvælstof pr. ha for en given afgrøde på en

given brugs- og jordtype i basisscenariet. Brøken udtrykker den amtsspecifikke korrektionsfaktor, hvor tælleren angiver den samlede produktion af husdyrgødning, og nævneren angiver forbruget af husdyrgødningskvælstof såfremt gødskningsniveauet svarede til landsniveauet. Korrektionsfaktoren er amtsspecifik, idet det antages, at der ikke forekommer nettotransport af husdyrgødning mellem amterne. Dvs. at produktionen af husdyrgødning i et givet amt er lig med forbruget af husdyrgødning. Beregningsproceduren er identisk med den procedure, der blev anvendt ved opdateringen af NP-modellen. Antallet af dyr og afgrødesammensætningen i scenario 0 er blot erstattet af de tilsvarende størrelser i scenario 1. Estimeringen af husdyrgødningsintensiteten sker således automatisk ved ændringer i husdyrholdet og/eller afgrødesammensætningen.

Den tilsvarende formaliserede beskrivelse af handelsgødningsintensiteten er som følger:

$$N\text{-han-}S1_{amt,afgr,type,jb} = \left[N\text{-han-}S0_{amt,afgr,type,jb} + 0,4 \cdot N\text{-hus-}S0_{amt,afgr,type,jb} \right] \cdot \frac{Omk-S1_{afgr}}{Omk-S0_{afgr}} \quad (20)$$

$$\div 0,4 \cdot N\text{-hus-}S1_{amt,afgr,type,jb}$$

hvor:

$N\text{-han-}S1_{amt,afgr,type,jb}$ er forbruget af handelsgødningskvælstof pr. ha til en given afgrøde på en given brugs- og jordtype i et givet amt i scenario 1

$N\text{-han-}S0_{amt,afgr,type,jb}$ er forbruget af handelsgødningskvælstof pr. ha til en given afgrøde på en given brugs- og jordtype i et givet amt i scenario 0, jf. NP-modellen

$N\text{-hus-}S0_{amt,afgr,type,jb}$ er forbruget af husdyrgødningskvælstof pr. ha til en given afgrøde på en given brugs- og jordtype i et givet amt i scenario 0, jf. NP-modellen

$Omk-S1_{afgr}$ er omkostningen pr. ha til en given afgrøde i scenario 1, jf. ESMERALDA

$Omk-S0_{afgr}$ er omkostningen pr. ha til en given afgrøde i scenario 0, jf. ESMERALDA

$N\text{-hus-}S1_{amt,afgr,type,jb}$ er forbruget af husdyrgødningskvælstof pr. ha til en given afgrøde på en given brugs- og jordtype i et givet amt i scenario 1, jf. ovenstående estimat.

Første led i ligningen udtrykker den effektive kvælstofmængde i scenario 0, som korrigeres i forhold til ændringen i gødningsomkostningen (= ændringen i effektiv kvælstoftilførsel) i scenario 1. Ved efterfølgende at fratække den effektive husdyrgødningskvælstof i scenario 1, som bestemmes som udnyttelsesfaktorer multipliceret med den ovenover beregnede tilførsel af husdyrgødningskvælstof, fås forbruget af handelsgødning som en residual. Det bemærkes, at selv om den samlede gødningsintensitet er uændret ($Omk-S1_{afgr} = Omk-S0_{afgr}$),

så kan handelsgødningsintensiteten godt forandres alligevel. Ændret afgrødesammensætning eller ændret husdyrhold kan medføre ændret husdyrgødningsintensitet, og herved vil handelsgødningsintensiteten også forandres.

Den anvendte metode til at bestemme kvælstofintensiteten for husdyrgødningen kan naturligvis diskuteres. Det kan således hævdes, at en stigning i den animalske produktion vil foranledige, at brug, der i forvejen har en høj husdyrtæthed, vil omfordele husdyrgødningen til nabobrug. Det taler for, at der ikke skal ske en ensartet procentuel ændring i gødningsintensiteterne på alle brugstyper. Det er imidlertid en forudsætning, at ESMERALDA reestimeres på driftsformer, hvis disse adfærdsmæssige forskelle skal kunne håndteres. Og endvidere skal ESMERALDA kunne skelne mellem tilførsel af husdyrgødning og handelsgødning på afgrødeniveau, hvilket forudsætter, at håndteringen af husdyrgødningen behandles endogent i ESMERALDA. I den sammenhæng er det desuden nødvendigt, at ESMERALDA og NP-modellen opererer med sammen udnyttelsesgrad for husdyrgødningen. Reestimationen af ESMERALDA på driftsformer er som tidligere nævnt påbegyndt og forventes implementeret i begyndelsen af 1999. Med hensyn til håndteringen af husdyrgødningen er der iværksat projekter i såvel IMIS-regi som SMP2-regi med henblik på at modellere disse sammenhænge.

8 Scenarier

Det er valgt at arbejde med 3 scenarier, der skitseres nedenfor. Det er valgt at basere analyserne på kobling (2), hvor ESMERALDA er styrende, og kobling (3), hvor der endvidere sker tilbagekobling til ADAM med henblik på at vurdere samfundsøkonomiske effekter (jf. afsnit 7.1, hvor de alternative koblinger (1), (2) og (3) beskrives og diskuteres).

Scenarie A: Grundforløb

Grundforløbet er Danmarks Statistiks nyeste langsigtede fremskrivning "Lang96.bnk". Der er tale om et forløb med historiske tal fra 1986 til 1995, hvorefter fremskrivningen løber til 2035. Scenariet er karakteriseret ved steady state vækst, hvilket vil sige at de aggregerede makroøkonomiske variable som forbrug, investeringer, produktion mv. vokser med samme rater på langt sigt. Forløbet danner en god baggrund for at foretage konsekvensberegninger, fordi afvigelserne i dette bliver sammenlignet med et stabilt udviklingsforløb med "klassiske" økonomiske langtsigtsegenskaber.

Scenariet kan generere samlet outputniveau, samlet outputpris, samt inputniveauer og inputpriser over en årrække. Til evaluering af samfundsøkonomiske effekter benyttes modellen kun på mellemfristet sigt, dvs. frem til år 2000.

Scenarie B: Landbrugsøkonomiske effekter af et liberal scenarie: en fiktiv uddybning af EU reformen fra 1992 beregnet med udgangspunkt i data for 1995

I dette forløb benyttes kobling (2), hvor ESMERALDA er styrende og der ikke sker tilbagekobling til ADAM. Der sættes med andre ord fokus på de landbrugsøkonomiske effekter, der bedst analyseres i ESMERALDA.

Forløbet tager udgangspunkt i en fiktiv situation, hvor EU reformen fra 1992 revideres med henblik på yderligere liberalisering af kornmarkederne. Dvs. at vi beregner effekter af at den toldbeskyttelse af korn, EU hidtil har ydet, falder bort. Det antages, at dette medfører, at kornprisen falder med 10%. Til gengæld forudsættes det, at landmændene kompenseres ved at hektarpræmien for korn sættes op. Analyseåret er 1995 og de fiktive ændringer benævnes herefter liberal 1995-scenarie.

Udenfor modelsystemet gøres følgende antagelser om ændringen i priserne i de øvrige driftsgrene. Det antages, at når kornprisen falder 10%, falder svinepriserne 3%, som følge af de lavere foderomkostninger i denne driftsgren og som følge af bortfaldet af eksportrestitutioner til svinekød. De 3% er et skøn, bl.a. baseret på Walther-Jørgensen et al. (1992). Da der imidlertid er nogen usikkerhed herom, er scenariet også analyseret for et prisfald for svin på at 4%. Det samlede prisfald for hele landbrugssektoren er 3.2%.

Effekterne af disse ændringer analyseres i ESMERALDA, som kvantificerer de strukturelle forskydninger i landbrugserhvervet. Der sker ingen tilbagekobling til ADAM. Da ESMERALDA er en statistisk-komparativ model, kan der ikke gennemføres en analyse af effekterne år-for-år, hvorfor reformens effekter kvantificeres som forskelle i forhold til basisåret 1995.

Scenarie C: Samfundsøkonomiske effekter - Integreret forløb med det liberale 1995-scenarie

Her gøres forsøg med kobling (3), idet effekterne givet ved ESMERALDA indarbejdes i ADAM med henblik på at vurdere de samfundsøkonomiske effekter af det liberale 1995-scenarie. Sektorprisfaldet og hektarstøtten ændres i 1995 som permanente niveauskift, men den af ESMERALDA beregnede effekt på produktionen antages først at slå fuldt igennem i år 2000.

ESMERALDA er en statisk model, hvilket indebærer at der til givne prisændringer antages øjeblikkelig tilpasning på mængdesiden. I virkelighedens verden vil der ofte være en vis træghed i tilpasningen til ligevægtstilstanden, især begrundet i rigiditet på kapitalsiden, herunder installations-omkostninger, usikkerhed, leveringstider mv. Kapitalbeholdningen justeres derfor kun gradvist henimod den optimale størrelse, således at ligevægtstilstanden først indtræder på længere sigt. Ofte estimeres tilpasningen som integreret del af optimeringen, f.eks. i form af de såkaldte fejlkorrektionsmodeller.

Da ESMERALDA ikke er dynamisk, fastlægges tilpasningen over tid ikke her. Ved indarbejdning i ADAM, der jo evaluerer effekter over en årrække, må der gøres eksogene antagelser om tilpasningsforløbet. Det antages, at tilpasningen til ligevægten sker over 5 år, dvs. faldet i produktionsværdi slår fuldt igennem i år 2000, såfremt prisfaldet og hektarstøttestigningen implementeres i 1995. Produktionsværdien i ADAM eksogeniseres og gives i år 2000 ud fra ESMERALDA beregnede effekt. Tilpasningen beskrives ved lineær interpolation, således at produktionsværdien lægges eksogent ind i ADAM for alle årene 1995-2000. De samfundsøkonomiske effekter vurderes herefter i samme periode, idet forløb C sammenholdes med forløb A.

De 3 væsentligste variable fra ESMERALDA's beregninger i samfundsøkonomisk sammenhæng er prisfaldet i landbrugets sektorpris, ændringen i produktionsværdien og endelig væksten i producentstøtte fra EU (hektarpræmierne). Principielt kunne man endvidere implementere det i ESMERALDA givne forbrug af råvarer, arbejdskraft og kapital i landbruget. Det vælges imidlertid at basere sig på ADAM's bestemmelse af inputforbruget, da produktivitetsudviklingen over tid dermed opfanges. ESMERALDA arbejder som statistisk-komparativ model ikke med produktivitetsudvikling over tid. En anden begrundelse for at benytte ADAM's inputforbrug er, at de betragtede ændringer i det liberale 1995-scenarie kun har meget små effekter på disse variable (jf. afsnit 9.1.3) og samtidig udgør landbrugets forbrug af disse ressourcer en meget lille del af det samlede nati-

onale ressourceforbrug¹⁵. Denne del af analysen vurderes derfor som mindre væsentlig i samfundsøkonomisk sammenhæng, hvorfor ændringerne i inputindsatsen (dvs. forbrug råvarer, kapital og arbejdskraft) ikke implementeres.

Konkret reduceres dels landbrugets sektorpris (pxa) og dels hektarstøtten, der er indeholdt i ikke-varefordelte indirekte skatter og subsidier til landbruget ($siqaa$). Begge variable er eksogene. Produktionsværdien i landbruget i faste priser (fxa) ændres ved at reducere eksporten fra landbruget. Tankegangen er, at produktionen først og fremmest afsættes på hjemmemarkedet, hvorefter residualen eksporteres. Eksportrelationen i ADAM sættes dermed ud af spillet, og analysen baseres på ESMEALDA's udbudsbestemte tilgang. Dvs. at effekten fra eksporten elimineres i ADAM, og landbrugsproduktionen eksogeniseres.

Man kunne evt. koble prisen i ADAM tilbage til ESMEALDA, da det kan formodes at der vil være effekter på råvarepriserne. Herefter kunne man i princippet iterere mellem de 2 modeller. Imidlertid er effekterne så små, jf. resultaterne i afsnit 9.1.3, hvorfor denne del af analysen ikke er relevant at gennemføre¹⁶.

¹⁵ Gødnings- og pesticidforbruget i ESMEALDA falder 9%, energiforbruget stiger 0,7% og arbejdskraftforbruget 2%. Da disse poster kun udgør lidt under 1% af hhv. økonomiens samlede råvareforbrug og arbejdskraftforbrug i udgangssituationen, må effekterne vurderes at være helt marginale i samfundsøkonomisk sammenhæng.

¹⁶ Energiforbruget har i år 2000 ændret sig -0,15%, prisen på kemikalier (herunder gødning og pesticider) -0,29% og bankernes effektive udlånsrente -0,58%.

9 Resultater

I det følgende præsenteres resultater for scenarierne. I afsnit 9.1 præsenteres de samfunds- og landbrugsøkonomiske effekter af det liberale 1995-scenarie, mens de miljømæssige effekter vurderes i afsnit 9.2.

9.1 Økonomiske effekter: resultater fra ADAM og ESMERALDA

9.1.1 Scenarie A: Grundforløb

Grundforløbet indeholder følgende udvikling for de centrale samfundsøkonomiske variable og for landbrugets produktionsudvikling.

Tabel 9.1 Grundforløbet (mio. kr., 1980-priser undtagen *)

	1995	1996	1997	1998	1999	2000
BNP	508 335	532 251	540 776	545 173	550 394	558 285
Antal ledige *(1.000 stk.)	296	276	271	280	291	297
Betalingsbalance *(løbende priser)	8 556	24 934	26 252	21 339	17 998	17 767
Privat forbrug	282 278	309 799	317 621	322 991	328 905	336 414
Investering	89 200	97 390	98 233	93 931	90 953	90 633
Eksport	228 032	231 525	235 538	239 280	242 990	246 800
Eksport af næringsmidler	52 567	53 074	53 853	54 380	54 877	55 419
Produktion i landbruget	50 376	52 015	52 445	52 915	53 304	53 757
BFI i landbruget	26 602	27 516	27 734	27 978	28 178	28 415
Beskæftigede i landbruget *(1.000 stk.)	180	182	177	173	171	168

Der er tale om et forløb med gennemsnitlig vækst i BNP på 2,0% årligt og i det private forbrug med 3,8% årligt. Ledigheden holder sig i ro på omkring 296.000 personer. Løn og priser holdes også i ro, hvorved overskuddet på betalingsbalancen opretholdes.

9.1.2 Scenarie B: Landbrugsøkonomiske effekter af et liberalt 1995-scenarie

I dette scenarie kvantificeres de økonomiske effekter af en fiktiv uddybning af EU-reformen fra 1992. Som beskrevet i kap. 8 antages at prisstøtten til korn falder bort, hvorfor kornpriserne falder 10% og svinepriserne med 3%. Samtidig kompenseres landmændene fuldt ud ved at sætte hektarstøtten for korn op.

Scenarie B vedrører udelukkende ændringerne indenfor landbruget, idet der ikke sker tilbagekobling til ADAM. Da ESMERALDA er en statisk-komparativ model kan der ikke gennemføres en analyse af

effekterne år-for-år. Udgangspunktet for beregningerne er situationen i 1995. Da ESMERALDA's database på beregningstidspunktet ikke var opdateret til 1995, er der på modellen foretaget en fremskrivning til 1995-situationen, og denne fremskrevne situation er anvendt som basis for modelberegningerne, dvs. effekterne af forskellige eksogene stød måles som ændringer i forhold til den fremskrevne 1995-situation. For at beregne de absolutte effekter for dansk landbrug, lægges de beregnede ændringer til de faktiske værdier af variablene, jf. Danmarks Statistik's Landbrugsstatistik.

Reformens effekter kvantificeres således som forskelle i forhold til basisåret 1995 som omtalt i kap. 8. I tabel 9.2 nedenfor er angivet de makro-relaterede resultater fra ESMERALDA. Der er lavet beregninger for 3 scenarier: Et 10% kornprisfald, ledsaget af et 3% fald i svinepriserne, hvilket er en følge af de lavere foderomkostningerne pga. kornprisfaldet (kornprisfald I). Da de 3% imidlertid er behæftet med betydelig usikkerhed er der som en følsomhedsanalyse gennemført en tilsvarende beregning, hvor svinepriserne antages at falde med 4% (kornprisfald II). Endelig er der i tabellen gennemført beregninger, hvor tabet af produktværdi i kornsektorerne som følge af prisfaldet, antages at blive kompenseret af en stigning i hektarpræmierne til korn, og at denne stigning kompenserer for bruttotabet af produktionsværdi pr. ha i kornproduktionen. Det er sidstnævnte scenarie, der omfatter det liberale 1995-scenarie fuldt ud, og det der benyttes i de videre beregninger.

Tabel 9.2 Landbrugsøkonomiske effekter af et liberalt 1995-scenarie (mio. kr. 1995-priser)

	Basis 1995	10% korn- prisfald I	10% korn- prisfald II	10% komp. kornprisfald	% ændring fra basis til 10% kom- penseret kornprisfald
Agg. Produktpri	100	97,2	96,9	96,8	-3,2
Produktionsværdi	46777	46357	46042	46043	-1,6
Vegetabilsk	16066	15400	15400	15406	-4,1
Animalsk	30711	30957	30642	30637	-0,2
Ha-støtte	4099	4083	4083	4953	20,1
Dyrestøtte	327	350	350	350	7,0
Brakstøtte	735	735	735	735	0
Inputs					
Gødning	1952	1691	1689	1706	-12,6
Pesticider	1150	1108	1108	1111	-3,4
Energi	1500	1515	1506	1510	0,7
Arb.kraft (forh.tal)	100	102	102	102	2,0
Kapital (forh.tal)	100	101	101	101	1,0
BFI					
Vegetabilsk	5215	5135	5135	5128	-1,7
Animalsk	19418	18921	18879	18883	-2,7
Præmier	5161	5168	5168	6038	16,9
BFI i alt	29794	29224	29182	30049	-0,9

Anm. Kornprisfald I - 3% svineprisfald
Kornprisfald II - 4% svineprisfald

Reduktion af kornprisstøtte giver i alle de analyserede scenarier anledning til et fald i produktionsværdien, såvel i den vegetabiliske som i den animalske sektor. Faldene i produktionsværdi skyldes dels prisfaldet på korn og svinekød, dels et fald i intensiteten i kornproduktion og dels tilpasning i arealet. Til gengæld sker der en stigning i svineproduktionen, idet foderprisfaldet som følge af kornprisfaldet mere end opvejer de 3%'s svineprisfald. Den lavere intensitet i korn dyrkningen bevirker et lavere forbrug af gødning og pesticider og også et lavere forbrug af energi, arbejdskraft og kapital. Til gengæld bevirker stigningen i svineproduktion for disse indsatsfaktorer en stigning, som mere end opvejer faldet i den vegetabiliske sektor. Kornprisfaldet har stort set ingen virkning på produktion og faktorforbrug i kvægsektoren, som forudsættes at være låst fast af mælkekvoter. Dog giver de ændrede foderpriser anledning til ændringer i fodersammensætningen.

9.1.3 Scenarie C: Samfundsøkonomiske effekter - Integreret forløb med det liberale 1995-scenarie

Med henblik på vurdering af samfundsøkonomiske effekter gennemføres en indarbejdning af de i ESMERALDA beregnede effekter i ADAM. Metoden er beskrevet i kap. 8, hvoraf det fremgår, at prisfaldet, stigningen i hektarstøtte og produktionsværdien lægges ind eksogent for årene 1995 til 2000.

Prisfaldet for hele sektoren i ESMERALDA er 3,2%. Gives kompensation i form af højere hektarstøtte fører det til et fald i produktionsværdien på 1,57%. I ADAM omfatter landbruget også gartneri, skovbrug og fiskeri, hvorfor produktionsfaldet kan omregnes til 1,36% for hele sektoren.

Dette produktionsfald lægges ind i år 2000. De mellemliggende år findes ved interpolation, jf. kap. 8. Resultatet fremgår af nedenstående tabel 6. Som det ses er det i ESMERALDA beregnede fald i produktionen på 1,36% fuldt gennemført i år 2000. Både denne værdi og de øvrige års produktionsværdier er lagt ind eksogent i ADAM, som beskrevet ovenfor. Da effekterne kvantificeres over tid, er de opgjort i faste priser.

Tabel 9.3 Samfundsøkonomiske effekter af liberalt 1995-scenarie (procentvise afvigelser fra grundforløbet)

	1995	1996	1997	1998	1999	2000
BNP	-0,01	-0,41	-0,46	-0,47	-0,41	-0,38
Antal ledige	0,05	1,64	2,97	3,39	2,81	2,30
Betalingsbalance	16,07	8,94	4,92	8,57	9,32	9,98
Privat forbrug	0,08	-0,10	-0,26	-0,30	-0,34	-0,39
Investeringer	-0,09	-1,23	-1,69	-1,55	-1,43	-1,24
Eksport	-0,12	-1,02	-0,73	-0,80	-0,56	-0,49
Eksport af næringsmidler	-0,57	-4,51	-3,35	-3,77	-2,93	-2,82
Produktion i landbruget	-0,25	-2,33	-2,07	-1,89	-1,57	-1,36
BFI i landbruget.	-0,26	-2,45	-2,11	-1,88	-1,53	-1,31
Beskæftigede i landbruget	-0,13	-1,38	-2,28	-2,50	-1,90	-1,48

De 3 effekter fra det liberale 1995-scenarie, der er indarbejdet, virker på hver deres til dels modsatrettede måder i ADAM. Heraf er effekten af den eksogent reducerede landbrugseksport og dermed landbrugsproduktion den dominerende. De modelmæssige konsekvenser af hver af justeringerne (isoleret set) skitseres nedenfor:

- *Faldet i landbrugets sektorpris* virker i modellen ekspansivt, idet et fald i outputprisen uden tilsvarende fald i konkurrentprisen vil få landbrugsproduktionen i ADAM til at stige. Det skyldes at dansk eksport bliver relativt billigere i forhold til den konkurrerende, således at Danmark vinder markedsandele. Herudover kommer en mindre effekt fra det private forbrug, idet forbrugskomponenten fødevarer bliver relativt billigere, hvorfor de danske forbrugere substituerer over mod denne. En tilsvarende (lille) effekt ses ved importen, hvor importører af råvarer fra landbruget substituerer over mod de relativt billigere dansk producerede.
- *Stigningen i hektarstøtten* virker positivt på betalingsbalancen, idet overskuddet stiger. Denne effekt har endvidere afledte positive effekter i den øvrige økonomi, herunder stigende BNP og privat forbrug og faldende ledighed.
- Den mest betydningsfulde effekt hidrører imidlertid fra *faldet i eksporten af næringsmidler og det heraf foranledigede fald i landbrugsproduktion*, der ikke er et ADAM-resultat, men en eksogen justering i ADAM foretaget på basis af resultatet af beregningerne med ESMERALDA. Den faldende eksport har negativ effekt på betalingsbalancen. Den bevirker desuden faldende produktion og dermed beskæftigelse i landbrugssektoren. Den lavere produktion fører endvidere til lavere råvareforbrug og investeringer i landbruget, dvs. den samlede efterspørgsel falder en del mere end den umiddelbare efterspørgselseffekt fra eksporten af næringsmidler. De kontraktive effekter fører til reduceret BNP, privat forbrug, investeringer og eksport.

De *totale samfundsøkonomiske effekter* er begrænsede, idet den procentvise afvigelse er af relativ lille størrelsesorden. Størst effekt ses på betalingsbalancen, hvor overskuddet stiger i forhold til grundforløbet (bemærk dog at den er opgjort i løbende priser) pga. den positive effekt fra stigningen i hektarstøtten. Både BNP, privat forbrug, eksport og investeringer falder pga. de kontraktive effekter fra den faldende landbrugseksport og -produktion. Tilsvarende stiger ledigheden. For de landbrugsspecifikke variable er der som ventet kontraktive effekter over hele linien, idet både sektorens eksport, produktion og inputforbrug falder.

Bemærk, at *arbejdskraftforbruget* falder 0,13% i 1995 og 1,5% i år 2000 i følge ADAM, mens tabel 9.2 viste at det steg i følge ESMERALDA's beregninger. Forklaringen er, at i ESMERALDA reagerer landbrugserhvervet på prisen ved at tilpasse sig på både input- og output-siden. På outputsiden sker der bl.a. det, at de mest arbejdskraftintensive driftsgrene går frem, på bekostning af de mindre intensive. Derfor stiger det samlede arbejdskraftforbrug. I ADAM ses den modsatte effekt - landbrugets forbrug af arbejdskraft falder. Det skyldes, at produktionen falder (denne ændring gives i ESMERALDA, og er

implementeret ved eksogent at justere den). Når produktionen falder, falder arbejdskraftforbruget nærmest proportionalt, alt andet lige. Man kan sige, at ADAM simpelthen ikke fanger tilpasningseffekterne internt i sektoren, der mht. arbejdskraftforbrug mere end kompenserer for produktionsnedgangen (iflg. ESMERALDA). Til gengæld ligger der i ADAM en modelmæssig beskrivelse af arbejdskraftens produktivitsudvikling over tid, som ikke findes i ESMERALDA, hvilket gør ADAM bedre egnet til analyser over tid. Disse omstændigheder illustrerer på udmærket vis forskellen i de 2 modeller.

9.2 Miljøbelastning: resultater fra NP-modellen

De relevante data fra ESMERALDA til NP-modellen omfatter ændringen i aktivitetsniveauet for de respektive driftsgrene samt ændringen i gødningsintensiteten for de vegetabiliske driftsgrene. ESMERALDA indeholder ikke samtlige driftsgrene i landbruget, men målt i arealbeslaglæggelse omfatter de indeholdte vegetabiliske driftsgrene 91% af det samlede areal, og målt i forhold til landbrugets produktionsværdi udgør de medtagne driftsgrene 82% (Danmarks Statistik, 1996b). For de driftsgrene, som ikke er indeholdt i ESMERALDA, er der foretaget følgende antagelser:

- de procentuelle ændringer i aktivitetsniveauet og gødningsintensiteten for vårraps antages også at gælde for vinterraps
- de procentuelle ændringer i aktivitetsniveauet og gødningsintensiteten for helsæd og græs i omdriften antages også at gælde for lucerne, fodermajs og bælgshelsæd
- aktivitetsniveauet og gødningsintensiteten for frø til udsæd og gartneriafgrøder antages at være uændret
- den procentuelle ændring i aktivitetsniveauet for ammekøer antages også at gælde for får
- den procentuelle ændring i aktivitetsniveauet for svineproduktionen antages også at gælde for fjerkræ.

Generaliseringerne skal naturligvis iagttages med forbehold. I det konkrete scenario er de fysiske ændringer i aktivitetsniveauet udelukkende forvoldt af prisændringer på korn og svin. Der er derfor grund til at tro, at der vil være et parallelt udviklingsforløb i de driftsgrene, hvor produktionen i nogen grad er baseret på samme input (f.eks. foderkorn til svin og fjerkræ, og grovfoder til kødkvæg og får) eller hvor output fra de respektive driftsgrene er umiddelbart substituerbare (f.eks. græs- og grøntfoderproduktionens forskellige driftsgrene). Generaliseringerne indeholder imidlertid nogle usikkerhedsmomenter, men udeladelse af generaliseringerne skønnes at medføre, at den resulterende miljøbelastning vil blive endnu mere fejlbehæftet. De i tabel 9.4 viste procentuelle ændringer i aktivitetsniveauet indeholder derfor ovennævnte generaliseringer. Generaliseringer har imidlertid ikke nogen almen gyldighed; der må ved hvert scenario skønnes hvorvidt og i hvilket omfang, der forekommer parallelitet mellem ESMERALDA's udeladte og indeholdte driftsgrene.

Ved vurderingen af miljøbelastningen er der taget udgangspunkt i det fiktive og fuldt udbyggede EU-reform (liberalt 1995-scenarie), hvor kornpriserne er faldet med 10%, svinepriserne er faldet med 4% og kornprisfaldet er kompenseret med en stigning i hektarpræmien. Af nedenstående tabel ses det, at den samlede effekt af ændringerne i priser og hektarpræmie bevirker, at arealet for størsteparten af salgsafgrøderne reduceres, hvorimod arealet med grovfoderafgrøder stiger. Det større grovfoderareal er grundlaget for en større animalsk produktion baseret på grovfoderædende husdyrhold. Da der er loft over mælkeproduktionen (mælkekvoter) er det kødproduktionen, som er i vækst. Svineproduktionen stiger ligeledes, idet effekten af faldet i kornpriserne (og dermed faldet i foderomkostningerne) mere end opvejer faldet i svinepriserne.

Tabel 9.4 Aktivitetsniveau og gødningsintensitet i *Liberal 1995-scenariet*

Driftsgrene	Basis (1995-situationen)	Liberal 1995-scenarie	
		Aktivitetsniveau	Gødningsintensitet
-----Indeks. Basis = 100-----			
Vinterkorn	100	98	92
Vårkorn	100	100	93
Vinterraps	100	98	100
Vårraps	100	98	100
Bælgsæd	100	100	100
Fabriksroer	100	100	100
Kartofler	100	100	100
Andre salgsafgrøder	100	100	100
Foderroer	100	96	99
Græs i omdrift	100	106	101
Græs uden for omdrift	100	99	100
Brak i omdrift	100	100	100
Brak uden for omdrift	100	100	100
Malkekøer	100	100	.
Tyre og stude	100	106	.
Kvier	100	103	.
Ammekøer	100	150	.
Søer	100	102	.
Smågrise	100	102	.
Slagtesvin	100	104	.
Fjerkræ	100	104	.
Får	100	150	.
Heste	100	100	.

Kilde: Baseret på ESMEALDA.

Kornprisfaldet medfører, at den økonomisk optimale kvælstoftilførsel reduceres med 7-8% for korn. Gødningsintensiteten for grovfoderafgrøderne stiger ikke tilsvarende, hvilket bevirker, at det samlede forbrug af gødning falder. Da mængden af husdyrgødning samti-

dig stiger som følge af væksten i den animalske produktion, vil en stor del af handelsgødningsforbruget blive substitueret med husdyrgødning.

I scenariet er det antaget, at prisændringerne umiddelbart sætter sig igennem. Det er næppe tilfældet. Der må således forventes at være en tilpasningsperiode, og i dette tidsrum må der forventes at forekomme teknologiske ændringer evt. foranlediget af politiktiltag, som vil kunne påvirke den resulterende miljøbelastning. Disse aspekter er der imidlertid abstraheret fra, og af samme grund antages det, at udnyttelsesgraden for husdyrgødningskvælstoffet udgør 40% i såvel referencescenariet som i liberalt 1995-scenarie. Forandringen i miljøbelastningen er således alene foranlediget af de i scenariet angivne ændringer i aktivitetsniveauet og gødningsintensiteten, jf. tabel 9.4.

Ændringen i aktivitetsniveauet og i gødningsintensiteten medfører, at kvælstofbelastningen reduceres med 1.700 tons kvælstof eller med godt 2%, jf. tabel 9.5. Reduktionen fremkommer som tre modsatrettede bidrag - ændret afgrødesammensætning, ændret gødningsintensitet og ændret animalsk produktion. Den ændrede afgrødesammensætning bevirker, at kvælstofbelastningen reduceres med 170 tons kvælstof, og den lavere gødningsintensitet forårsager en reduktion på yderligere 2.300 tons. Det stigende animalske produktion forårsager derimod en stigning i kvælstofbelastningen svarende til 770 tons kvælstof, og den samlede reduktion bliver derfor kun på 1.700 tons.

Selve resultatet skal vurderes i forhold til distribueringen af scenariets aktivitetsniveau, hvorved landbrugsarealet på oplandsniveau kan forandres, og forholdet mellem arealet med sand- og lerjorde kan ændre proportioner, jf. afsnit 7.2. På 1. ordens oplandene er afvigelse imidlertid så små, at disse ikke kan påvirke estimerne. Det må imidlertid formodes, at der blandt 2. ordens oplandene forekommer markante modsatrettede afvigelser, som udlignes på 1. ordens oplande. Disse afvigelser er ikke taget i betragtning.

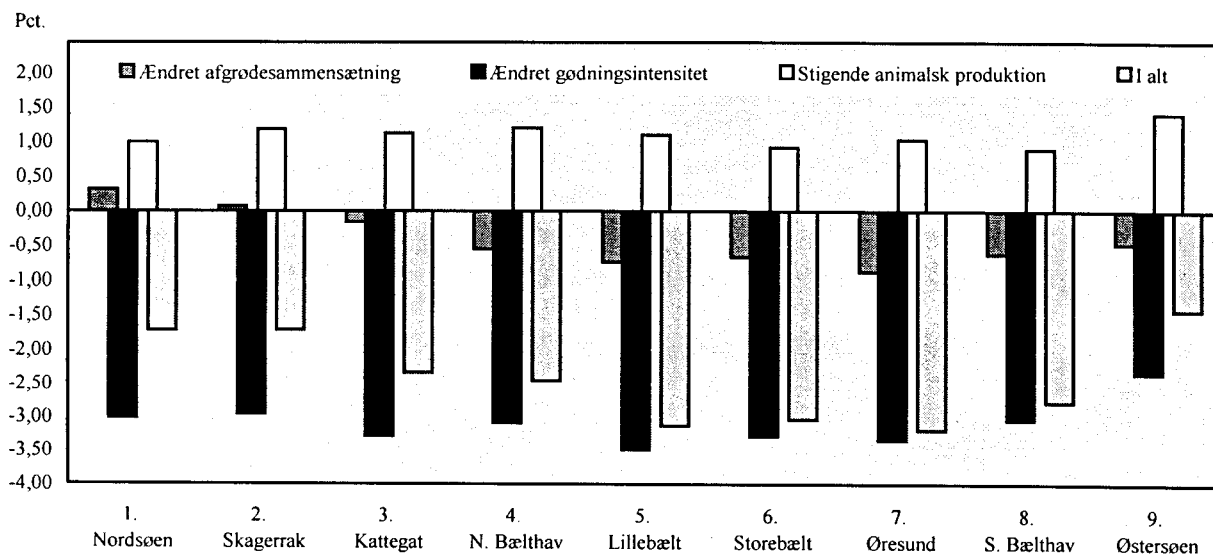
Tabel 9.5 Landbrugets belastningen med kvælstof på 1. ordens farvandsområder i 1995 og i *Liberalt 1995-scenarie*

Kystopland	Arealafstrømning		Ammoniakdeposition		I alt		Ændring I alt
	Basis (1995-situationen)	Liberalt 1995-scenariet	Basis (1995-situationen)	Liberalt 1995-scenariet	Basis (1995-situationen)	Liberalt 1995-scenariet	
	-----tons kvælstof pr. år-----						
1. Nordsøen	14 745	14 391	2 552	2 608	17 297	16 999	-1,7
2. Skagerrak	1 720	1 666	641	655	2 362	2 321	-1,7
3. Kattegat	19 830	19 176	4 378	4 466	24 208	23 643	-2,3
4. N. Bælthav	4 918	4 740	1 320	1 345	6 237	6 084	-2,5
5. Lillebælt	6 614	6 367	776	792	7 389	7 158	-3,1
6. Storebælt	8 971	8 646	1 162	1 180	10 133	9 826	-3,0
7. Øresund	1 501	1 442	269	272	1 770	1 714	-3,2
8. S. Bælthav	768	739	179	182	947	921	-2,8
9. Østersøen	920	886	751	761	1 671	1 647	-1,4
I alt	59 987	58 053	12 027	12 260	72 014	70 313	-2,4

Anm. Der er ikke foretaget korrektioner for u hensigtsmæssig distribuering af ændringerne i aktivitetsniveauet.
Kilde: NP-modellen.

Reduktionen i kvælstofbelastningen er ikke ligeligt fordelt på kystoplande. Det skyldes, at reduktionen er forårsaget af de tre modsatte bidrag, som har forskellige effekter på de respektive oplande, jf. figur 9.1. Divergenserne skyldes, at landbrugsproduktionen er specialiseret og regionaliseret.

Figur 9.1 Årsagsbetingede procentuelle ændringer i kvælstofbelastningen fordelt på farvandsområder ved Liberalt 1995-scenarie



Kilde: NP-modellen.

Det vil føre for vidt at kommentere alle divergenserne for de respektive farvandsområder. I stedet beskrives tendenserne for henholdsvis ændret afgrødesammensætning, ændret gødningsintensitet og stigende animalsk produktion i en mere stiliseret form:

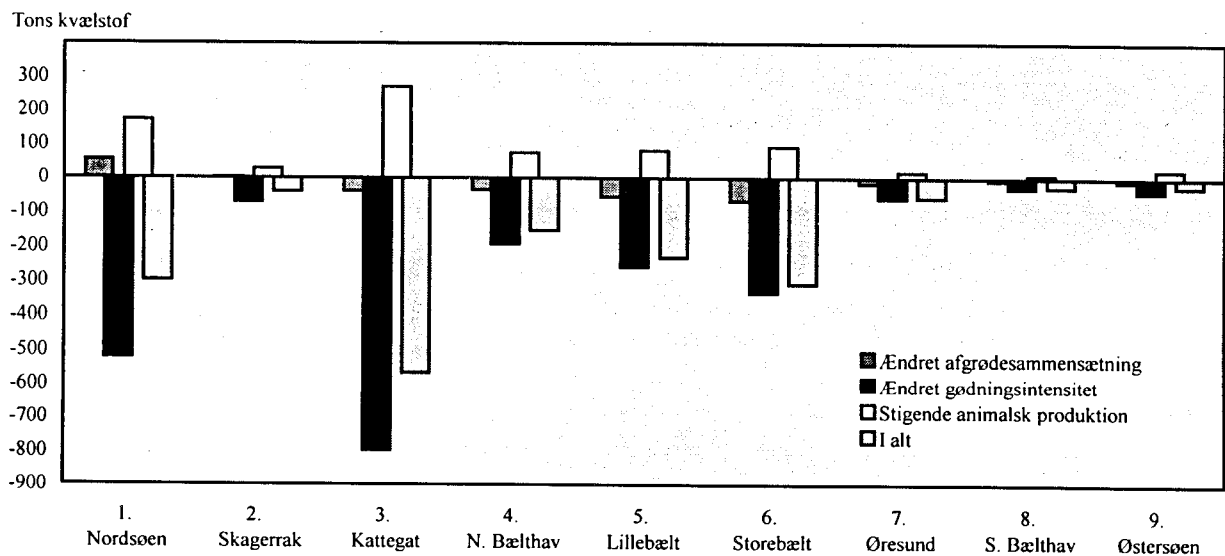
Ændret afgrødesammensætning. Den ændrede afgrødesammensætning bevirker, at en del af arealerne med korn erstattes af grovfoder. Da kvælstofudvaskningen fra grovfoderafgrøder - alt andet lige - er mindre end udvaskningen fra kornafgrøder, vil kvælstofbelastningen af farvandsområderne også blive mindre. Men da afgrødesammensætningen varierer blandt oplandene, vil den procentuelle ændring derfor påvirke oplandene forskelligt. Desuden er der variation i gødningsintensiteterne mellem de forskellige oplande, som også kan indvirke på effekten af en ændret afgrødesammensætning. Hvis f.eks. det aktuelle gødningsniveau i forhold til standardgødningsniveauet er relativt højere på grovfoderarealerne end på kornarealerne, kan effekten af de mere gunstige afgrøder reduceres, og omvendt. Dvs. at de forskelligartede gødningsintensiteter for de respektive afgrøder i de respektive oplande bevirker, at effekten af det ændrede sædskifte kan forstærkes eller reduceres. Herved reduceres den endelige effekt yderligere.

Ændret gødningsintensitet. Gødningsintensiteten reduceres generelt, og herved reduceres kvælstofudvaskningen og dermed belastningen af farvandsområderne. Reduktionen i gødningsintensiteten dækker over en lille stigning i gødningsforbruget pr. ha græs- og grøntfoder og en stor reduktion i gødningsforbruget pr. ha vinterkorn. Da kvælstof-

stofudvaskningen stiger eksponentielt med gødningstilførslen vil en overgødskning ikke opvejes af en undergødskning, men i dette tilfælde er reduktionen for vinterkorn meget stor i forhold til stigningen for græs- og grøntfoder. For oplande, hvor kornarealet er meget lille i forhold til grovfoderarealet, vil de ændrede gødningsintensiteter for henholdsvis korn og grovfoder imidlertid kunne medføre, at den lavere udvaskning for kornarealerne opvejes af en større udvaskning fra grovfoderarealerne. Og hvis kornarealet er meget stort i forholdet til grovfoderarealet, kan der naturligvis forekomme den modsatte effekt. Dvs. at den generelle gunstige effekt kan forstærkes eller reduceres alt afhængig af landbrugsstrukturen i de pågældende oplande.

Stigende animalsk produktion. Den stigende animalske produktion indebærer en større produktion af husdyrgødning. Herved vokser ammoniakemissionen, og dermed stiger kvælstofdepositionen på farvandsområder. Samtidig indebærer den større mængde husdyrgødning, at forholdet mellem husdyrgødning og handelsgødning ændres i husdyrgødningens favør. Herved vil kvælstofudvaskningen fra markerne stige, idet gødskning med husdyrgødning er forbundet med en større udvaskning end ved gødskning med handelsgødning. Herved belastes farvandsområderne yderligere. Denne tendens er entydig, men effekten vil naturligvis være størst i de oplande, hvor væksten i husdyrholdet er fremherskende.

Figur 9.2 Årsagsbetingede ændringer i kvælstofbelastningen målt i tons fordelt på farvandsområder ved Liberalt 1995-scenarie



Kilde: NP-modellen.

10 Diskussion

Der er opstillet 3 alternative koblingsmodeller mellem ADAM og ESMERALDA, hvor det er valgt at arbejde videre med den kobling, hvori ESMERALDA er styrende for bestemmelse af landbrugsproduktionens og indsatsfaktorernes størrelse. Årsagen til dette valg er, at ESMERALDA's udbudsorienterede tilgang vurderes som langt mere nuanceret og realistisk end ADAMs efterspørgselstrukne produktionsbestemmelse. Da ADAM herudover er for aggregeret til at beskrive forskydninger indenfor landbruget, vurderes ESMERALDA's tilgang alt i alt som mest hensigtsmæssig. ADAM anvendes alene til at bestemme de samfundsøkonomiske konsekvenser af ændringer i landbruget, hvor ændringerne i landbruget som sagt bestemmes i ESMERALDA.

Der opstilles et scenarie, hvor der antages en fiktiv EU-reform med henblik på liberalisering af kornmarkederne. Det antages, at EU's toldbeskyttelse af korn falder bort, samtidig med at landmændene kompenseres ved at hektarpræmien for korn sættes op. Reformen forudsættes at medføre et fald i kornprisen på 10%. De samfundsøkonomiske konsekvenser beregnes ved, at de i ESMERALDA bestemte effekter på landbruget indarbejdes eksogent i ADAM, sammen med en eksogen reduktion i prisen på landbrugets produkter og opjustering af producentstøtten fra EU.

Gennemførelsen af scenariet viser, at ADAM og ESMERALDA's forskellige tilgang til modellering af landbrugserhvervet indebærer, at de 2 modeller har divergerende opfattelse af effekterne for landbruget. Selv i de tilfælde, hvor den i ESMERALDA beregnede landbrugsproduktion indarbejdes i ADAM, regner modellerne sig frem til modsatrettet udvikling i arbejdskraftforbruget. Hovedårsagen til dette er, at ADAM ikke modellerer forskydninger driftsgrenene imellem og dermed ikke fanger effekter som forskydninger over mod mere arbejdskraftsintensive driftsgrene. Der er imidlertid iværksat et større forskningsprojekt, hvor Danmarks Statistiks ADAM-gruppe i samarbejde med SJFI vil udarbejde en forbedret landbrugsbeskrivelse i næste version af ADAM. Intentionen er at indarbejde elementer fra ESMERALDA i ADAM, hvorefter ADAM's afbildning af landbrugserhvervet vil være forbedret mht. opsplitting på driftsgrene og forbrug af indsatsfaktorer. Samtidig tages der hånd om ADAM's efterspørgselstrukne produktionsbestemmelse.

Input fra ESMERALDA til NP-modellen omfatter forandringen i aktivitetsniveauet i de 19 driftsgrene, som er indeholdt i ESMERALDA. Desuden indgår forandringen i gødningsintensiteten for de vegetabiliske driftsgrene. De 19 driftsgrene omfatter 9 salgsafgrøder, 4 grovfoderafgrøder, 4 kvægdriftsgrene og 2 svinedriftsgrene. Disse driftsgrene transformeres til NP-modellens 13 afgrødegrupper og 18 husdyrkattegrupper. Transformationen kan ikke foretages entydigt, og der er derfor anvendt en pragmatisk løsning. Eksempelvis antages det, at forandringen i aktivitetsniveauet for ammekøer ligeledes gælder får, som ikke er modelleret i ESMERALDA, og på tilsvarende vis antages det, at forandringen i aktivitetsniveauet for vårraps ligeledes

gælder vinterraps, som ej heller er modelleret i ESMERALDA. Den generaliserede transformering af ESMERALDA's driftsgrene indebærer naturligvis en vis usikkerhed, men fejlkilden ved udelukkende at transformere ændringerne for de driftsgrene, som er omfattet af ESMERALDA's modellering, skønnes at være endnu større.

Ved koblingen mellem ESMERALDA og NP-modellen er der taget udgangspunkt i NP-modellens indbyggede 1995-situation, hvor aktivitetsniveauet i landbrugets driftsgrene er distribueret på 48 afstrømningsoplande og yderligere på 4 brugstyper og 2 jordtyper. I NP-modellen indgår samtidig gødningsintensiteten for de respektive afgrødegrupper fordelt på handels- og husdyrgødning. Begrundelsen for at tage udgangspunkt i NP-modellens 1995-situation er ganske enkelt den meget store geografiske opløsningsgrad i NP-modellen, som er en nødvendighed for at kunne tolke forandringerne i miljøbelastningen på 2. ordens kystoplande. Denne opløsningsgrad kan ESMERALDA hverken generere på nuværende tidspunkt eller på sigt. ESMERALDA's rolle er derfor reduceret til at generere ændringer i aktivitetsniveauet og i gødningsintensiteten for de respektive driftsgrene, og disse forandringer er efterfølgende distribueret til NP-modellen som procentuelle forandringer.

Forandringen i aktivitetsniveauet givet af ESMERALDA gælder for en given driftsgren på landsniveau. Følgelig kan distribueringen af ESMERALDA's resultater til NP-modellens oplande, brugs- og jordtyper kun foretages ved en simpel proportional procentuel forandring; dvs. uden adfærdsbeskrivende relationer. Hvis f.eks. ESMERALDA genererer en stigning i produktionen af fabriksroer på 10% i forhold til referencescenariet, antages det, at arealet med fabriksroer i NP-modellen stiger med 10% på alle brugs- og jordtyper i alle oplande. Det er næppe sandsynligt; eksempelvis synes stordriftsfordele, jordbundsforhold og sædskifter umiddelbart at være aspekter, som også influerer på lokaliseringen af en voksende sukkerroeproduktion. Såfremt der skal genereres en mere virkelighedstro distribuering af landbrugsproduktionen, er det imidlertid nødvendigt, at ESMERALDA disaggregeres på regioner, brugstyper og jordtyper.

Den proportionale distribuering af forandringerne i landbrugsaktiviteten er imidlertid heller ikke uden problemer. Da afgrødesammensætningen og husdyrholdets sammensætning og størrelse varierer på brugstyper og jordtyper i de respektive oplande, vil en proportional forskydning i landbrugsaktiviteterne forvride de fysiske rammer i NP-modellen. I nogle oplande vil det samlede areal stige og i andre oplande vil arealet falde skønt det samlede areal burde være konstant. På tilsvarende vis vil oplandsarealets fordeling på ler- og sandjorde forandres med den proportionale distribuering af de ændrede landbrugsaktiviteter. Problemet kan indikeres i forbindelse med opgørelsen af miljøbelastningen ved at sammenholde oplandsarealerne og sandjordsandelene i et givet scenario med referencescenariet med henblik på at vurdere evt. ændringers betydning for resultatet. Generelt vil det gælde, at stiger oplandsarealet eller sandjordsandelen, så er det et udtryk for en overestimering i miljøbelastningen, og omvendt. Det vil imidlertid ikke være muligt at estimere forandringen i miljøbelastningen entydigt, og desuden skal det pointeres, at selv om oplandsarealet og sandjordsandelen er uforan-

dret ved et givet scenario, så er det blot et udtryk for at arealafstemningen er korrekt; der kan fortsat forekomme u hensigtsmæssigheder i distribueringen af landbrugsaktiviteterne. Sidstnævnte problem er klassisk og kan ikke elimineres. Da ESMERALDA opererer med et mere aggregeret niveau end NP-modellen, vil det altid være problematisk at foretage en entydig og adfærdsmæssig korrekt distribuering af den af ESMERALDA genererede forandring i aktivitetsniveauet til NP-modellen. Problemets omfang kan imidlertid begrænses ved at disaggregere ESMERALDA's driftsgrene på regioner, brugstyper og jordtyper, hvorved der implicit indbygges adfærdsmæssige distinktioner. Dette arbejde er iværksat og forventes afsluttet i begyndelsen af 1999.

Forandringen i gødningsintensiteterne udgør et særligt problem. I nærværende projekt er det antaget, at gødskningen med fosfor og kalium er konstant, idet fosfor- og kaliumtilførslen normalt ikke er genstand for optimering, men tilføres som grundgødskning. I så fald kan den af ESMERALDA genererede ændring i gødningsomkostningerne tolkes som ændringer i kvælstoftilførslen (ved faste gødningspriser). Fordelingen af gødningen på husdyrgødning og handelsgødning for de respektive afgrøder er imidlertid et udestående problem, som ikke håndteres af ESMERALDA. Den pragmatiske løsning har derfor været at fordele ændringen i den producerede husdyrgødning med samme procentsatser på alle afgrøder uanset jordtype og brugstype. Metoden er næppe holdbar. Eksempelvis må det forventes, at en stigning i den animalske produktion vil medføre, at husdyrbrug med en høj husdyrintensitet i større omfang vil omfordele husdyrgødning til planteavlbrug eller andre brug med lav husdyrintensitet. Og omvendt må det forventes, at indskrænkes den animalske produktion, så vil en mindre andel af husdyrgødningen blive omfordelt. Denne adfærd opfanges imidlertid ikke på nuværende tidspunkt af ESMERALDA, hvor de enkelte driftsgrene udgør uafhængige produktioner. Ved en reestimering af ESMERALDA på driftsformer, jordtyper og regioner er det imidlertid muligt at inddrage problemstillingen. Reestimeringen af ESMERALDA på driftsformer, jordtyper og regioner er allerede påbegyndt og forventes afsluttet primo 1999. Og på tilsvarende vis er der iværksat et større forskningsprojekt, som bl.a. har til formål at modellere landbrugets gødningsanvendelse med henblik på at kunne udføre integrerede miljøøkonomiske analyser. Resultatet af dette arbejde er derfor af essentiel betydning for de miljøøkonomiske analyser.

Endelig bør det påpeges, at håndteringen af husdyrgødningen er stedmoderligt behandlet i ESMERALDA. Konkret er udnyttelsesgraden for husdyrgødningen eksogent givet. Det indebærer, at ESMERALDA p.t. ikke er i stand til at analysere de økonomiske aspekter ved alternative metoder til udbringningen af husdyrgødningen. Når det tages i betragtning, at forøgelsen af udnyttelsesgraden i husdyrgødningen er et af de væsentligste omdrejningspunkter i den statslige regulering af landbrugets kvælstofbelastning, så er dette forhold ikke tilfredsstillende. Problemstillingen er derfor central i ovennævnte forskningsprojekt.

KRAM (KVL's Refionalized Agricultural Model) er forsat under udvikling og udgør dermed ikke et reelt alternativ til ESMERALDA. På

sigt bør det imidlertid overvejes, om KRAM udgør et bedre grundlag for at udføre integrerede miljøøkonomiske analyser. Disse overvejelserne har alene rod i koblingen mellem sektormodellen og NP-modellen, hvor KRAM er i stand til at frembringe relevante parametre opgjort i fysiske mængder; f.eks. forbruget af gødning og pesticider. Dette i modsætning til ESERALDA, hvor omkostningen, som ofte dækker over sammensatte fysiske størrelser, først skal transformeres til mængder med heraf følgende muligheder for fejltolkning. Der bør imidlertid også indgå andre aspekter i en sådan afvejning. Sektormodellens geografiske distribuering af landbrugsaktiviteter med tilhørende ressourceforbrug på oplande, brugstyper og jordtyper spiller også ind. En afvejning af, hvorvidt KRAM udgør et bedre grundlag for at udarbejde miljøøkonomiske analyser, må derfor afvente en mere afklaret udformning af KRAM.

Referencer

Andersen, H.E. et al. (1994): *Landovervågningsoplande*. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1993. Faglig rapport nr. 120. Danmarks Miljøundersøgelser, Roskilde.

Andersen, H.E. & Jensen, P.G. (1996): *Dyrkningspraksis og arealanvendelse*. Rapportering af en dataindsamling i 46 dyrkede typeoplande under Vandmiljøplanens Overvågningsprogram, Afdeling for Ferskvandsøkologi, Danmarks Miljøundersøgelser, Silkeborg.

Andersen, J.M. (1997): *Omfordelingen af husdyrgødning betinget af harmonikravsbestemmelser*. Intern notat, Danmarks Miljøundersøgelser, Roskilde.

Andersen, J.M. (1998): *Emission af ammoniak fra landbrugets husdyrhold samt effekten af iværksættelse af reducerende foranstaltninger*. I: Miljøstyrelsen, Spredning og effekter af ammoniak (under trykning).

Asman, W.A.H. (1990): *Atmosfærisk ammoniak og ammonium i Danmark*. NPO-forskning fra Miljøstyrelsen nr. A18.

Chambers R.G. (1988): *Applied production analysis - a dual approach*. Cambridge University Press.

Christensen, J. (1997): *De økonomiske incitamenter for en bedre anvendelse af husdyrgødningen*. Tidsskrift for Landøkonomi nr. 2, Det Kgl. Danske Landhusholdningsselskab.

Danmarks Statistik (1985): *Input-output systemet i ADAM*. Arbejdsnotat nr.19, Rapport fra modelgruppen.

Danmarks Statistik (1993): *Statistisk Årbog 1993*.

Danmarks Statistik (1996a): *ADAM -En model af dansk økonomi - Marts 1995*. Rapport + bilagsrapport.

Danmarks Statistik (1996b): *Landbrugsstatistik 1995*.

Grant, R. et al. (1996): *Landovervågningsoplande*. Vandmiljøplanens overvågningsprogram 1995. Faglig rapport nr. 175, Danmarks Miljøundersøgelser, Roskilde.

Hansen, L.G. (1991): *Regulering af kvælstoftabet fra landbruget - studier i anvendelse af Danmarks jord*. AKF memo, Amternes og Kommunernes Forskningsinstitut.

Hasler, B. (1998): *Styring af kvælstofanvendelsen i landbruget*. PhD-afhandling. Danmarks Miljøundersøgelser, Roskilde.

Iversen, T.M. et al. (1998): *Vandmiljøplan II - faglig vurdering*. Rapport. Danmarks Miljøundersøgelser og DJF.

Jensen, J.D. (1996): *An Applied Econometric Sector Model for Danish Agriculture (ESMERALDA)*. SJFI rapport nr.90.

- Landbrugs- og Fiskeriministeriet (1995): *Hvordan fungerer EU's landbrugspolitik*. 3. udgave. Landbrugs- og Fiskeriministeriet, Departementet.
- Laursen, B. (1989): *Notat om landbrugets kvælstofbalance*. SJFI (upubliceret).
- LIK (1993): *Håndbog for driftsplanlægning 1993/94*. Landbrugets Rådgivningscenter.
- Paaby, H. et al. (1996): *Omkostninger ved reduktion af næringsstofbelastning af havområderne*. Faglig rapport nr. 165, Danmarks Miljøundersøgelser, Roskilde.
- Pilegaard, S. (1997): *Notat om overensstemmelse mellem DMU's og SJFI's driftsformsdefinitioner*. 2. udgave, SJFI.
- Plantedirektoratet (1995): *Handelsgødningsstatistik for året 1994/95*. Meddelelse GØ-5/95.
- Poulsen, H.D. & Kristensen, V.F., red. (1997): *Normtal for husdyrgødning. En revurdering af danske normtal for husdyrgødningens indhold af kvælstof, fosfor og kalium*. Danmarks Jordbrugsforskning, Beretning nr. 736.
- Rasmussen, S. (1998): *Estimation af overgangsfrekvenser i en Markovkæde model ved kombination af mikro- og makrobaserede data, og anvendelse til fremskrivning af strukturudviklingen i landbruget*.
- Schou, J.S. et al. (1996): *Landbrugspolitik og miljøregulering - 2. delrapport*. Miljøstyrelsen, Miljøprojekt nr. 321.
- Schou, J.S. et al. (1998): *Integrated Economic and Environmental Analysis of Nitrogen Pollution fra Agriculture*. SJFI, Rapport nr. 96.
- Simmelsgaard, S. E. (1991): *Estimering af funktioner for kvælstofudvaskning*. I: Rude, S., *Kvælstofgødning i landbruget - behov og udvaskning nu og i fremtiden*. Rapport nr. 62, SJFI.
- SJFI (1996): *Landbrugsregnskabsstatistik 1995/96*. Serie A nr. 80.
- Sommer, S.G. (1994): *Ammoniakfordampning i Danmark*. Vand & Jord nr. 5.
- Sommer, S.G. (1997): *Udvikling i den beregnede ammoniakfordampning fra husdyrgødning i Danmark fra 1988 til 1995*. Danmarks Jordbrugsforskning (upubliceret notat).
- Stryg, P.E. et al. (1991): *Fremtidsperspektiver i dansk landbrug*. Skrifter fra Økonomisk Institut, Studier nr. 28, København.
- Stryg, P. E. et al. (1995): *En interregional model for landbrugsektoren med modelberegninger frem til år 2000*. Rapporter fra Institut for Økonomi, Skov og Landskab. Samfundsvidenskabelig serie nr. 4. Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole. København.

Vatn, A. et al. (1996): Policies for Reduced Nutrient Losses and Erosions from Norwegian Agriculture. Ås Science Park.

Walther-Jørgensen, Aa. et al. (1992): *Dansk svineproduktion i international belysning*. SJFI rapport nr.67.

Wiborg, T. (1998): *KRAM- A Sector Model of Danish Agriculture. Background and Framework Development*. Working Paper 98-WP 193. June 1998. CARD: Center for Agricultural and Rural Development, Iowa State university, Ames, Iowa.

Danmarks Miljøundersøgelser

Danmarks Miljøundersøgelser - DMU - er en forskningsinstitution i Miljø- og Energiministeriet. DMU's opgaver omfatter forskning, overvågning og faglig rådgivning indenfor natur og miljø.

Henvendelser kan rettes til:

URL: <http://www.dmu.dk>

Danmarks Miljøundersøgelser
Frederiksborgvej 399
Postboks 358
4000 Roskilde
Tlf.: 46 30 12 00
Fax: 46 30 11 14

Direktion og Sekretariat
Forsknings- og Udviklingssektion
Afd. for Atmosfærisk Miljø
Afd. for Havmiljø og Mikrobiologi
Afd. for Miljøkemi
Afd. for Systemanalyse

Danmarks Miljøundersøgelser
Vejsøvej 25
Postboks 413
8600 Silkeborg
Tlf.: 89 20 14 00
Fax: 89 20 14 14

Afd. for Sø- og Fjordøkologi
Afd. for Terrestrisk Økologi
Afd. for Vandløbsøkologi

Danmarks Miljøundersøgelser
Grenåvej 12, Kalø
8410 Rønde
Tlf.: 89 20 17 00
Fax: 89 20 15 14

Afd. for Landskabsøkologi
Afd. for Kystzoneøkologi

Danmarks Miljøundersøgelser
Tagensvej 135, 4
2200 København N
Tlf.: 35 82 14 15
Fax: 35 82 14 20

Afd. for Arktisk Miljø

Publikationer:

DMU udgiver faglige rapporter, tekniske anvisninger, temarapporter, samt årsberetninger. Et katalog over DMU's aktuelle forsknings- og udviklingsprojekter er tilgængeligt via World Wide Web. I årsberetningen findes en oversigt over det pågældende års publikationer.

NERI Technical Reports

1997

- Nr. 214: Ferske vandområder - Vandløb og kilder. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1996. Af Windolf, J., Svendsen, L.M., Kronvang, B., Skriver, J., Olesen, N.B., Larsen, S.E., Baattrup-Pedersen, A., Iversen, H.L., Erfurt, J., Müller-Wohlfeil, D.-I. & Jensen, J.P. 109 s., 150,00 kr.
- Nr. 215: Nitrogen Deposition to Danish Waters 1989 to 1995. Estimation of the Contribution from Danish Sources. By Hertel, O. & Frohn, L. 53 pp., 70,00 DKK.
- Nr. 216: The Danish Air Quality Monitoring Programme. Annual Report for 1996. By Kemp, K., Palmgren, F. & Mancher, O.H. 61 pp., 80,00 DKK.
- Nr. 217: Indhold af organiske opløsningsmidler og phthalater i legetøj. Analytisk-kemisk kontrol af kemiske stoffer og produkter. Af Rastogi, S.C., Worsøe, I.M., Køppen, B., Hansen, A.B. & Avnskjold, J. 34 s., 40,00 kr.
- Nr. 218: Vandføringsevne i danske vandløb 1976-1995. Af Iversen, H.L. & Ovesen, N.B. 2. udg. 55 s., 50,00 kr.
- Nr. 220: Interkalibrering af bundvegetationsundersøgelser. Af Middelboe, A.L., Krause-Jensen, D., Nielsen, K. & Sand-Jensen, K. 34 s., 100,00 kr.

1998

- Nr. 221: Pollution of the Arctic Troposphere. Northeast Greenland 1990-1996. By Heidam, N.Z., Christensen, J., Wählin, P. & Skov, H. 58 pp., 80,00 DKK.
- Nr. 222: Sustainable Agriculture and Nature Values - using Vejle County as a Study Area. By Hald, A.B. 93 pp., 100,00 DKK.
- Nr. 224: Natur og Miljø 1997. Påvirkninger og tilstand. Red. Holten-Andersen, J., Christensen, N., Kristiansen, L.W., Kristensen, P. & Emborg, L. 288 s., 190,00 kr.
- Nr. 225: Sources of Phthalates and Nonylphenoles in Municipal Waste Water. A Study in a Local Environment. By Vikelsøe, J., Thomsen, M. & Johansen, E. 50 pp., 45,00 kr.
- Nr. 226: Miljøundersøgelser ved Maarmorilik 1997. Af Johansen, P., Riget, F. & Asmund, G. 35 s., 50,00 kr.
- Nr. 227: Impact Assessment of an Off-Shore Wind Park on Sea Ducks. By Guillemette, M., Kyed Larsen, J. & Clausager, I. 61 pp., 60,00 kr.
- Nr. 228: Trafikdræbte dyr i landskabsøkologisk planlægning og forskning. Af Madsen, A.B., Fyhn, H.W. & Prang, A. 40 s., 60,00 kr.
- Nr. 229: Ynglefugle i Vadehavet 1996. Af Rasmussen, L.M. & Thorup, O. 101 s., 90,00 kr.
- Nr. 230: On the Fetch Dependent Drag Coefficient over Coastal and Inland Seas. By Geernaert, G.L. & Smith, J.A. 20 pp., 35,00 DKK.
- Nr. 231: Mere brændstofeffektive køretøjer. CO₂-konsekvenser og samfundsøkonomi. Af Møller, F. & Winther, M. 74 s., 100,00 kr.
- Nr. 232: Fragmentering og korridorer i landskabet - en litteraturudredning. Af Hammershøj, M & Madsen, A.B. 110 s., 100,00 kr.
- Nr. 233: Anskudning af vildt. Status for undersøgelser 1997-1998. Af Noer, H., Madsen, J., Hartmann, J., Kanstrup, N. & Kjær, T. 61 s., 60,00 kr.
- Nr. 234: Background Concentrations for Use in the Operational Street Pollution Model (OSPM). By Jensen, S.S. 107 pp., 125 DKK.
- Nr. 235: Effekten på sangsvane ved etablering af en vindmøllepark ved Overgaard gods. Af Larsen, J.K. & Clausen, P. 25 s., 35,00 kr.
- Nr. 236: The Marine Environment in Southwest Greenland. Biological Resources, Ressource Use and Sensitivity to Oil Spill. By Mosbech, A., Boertmann, D., Nymand, J., Riget, F. & Acquarone, M. 202 pp., 250,00 DKK (out of print).
- Nr. 237: Råvildt og forstyrrelser. Af Olesen, C.R., Theil, P.K. & Coutant, A.E. 53 s., 60,00 kr.
- Nr. 238: Indikatorer for naturkvalitet i søer. Af Jensen, J.P. & Søndergaard, M. 39 s., 50,00 kr.
- Nr. 239: Aromater i spildevand. Præstationsprøvning. Af Nyeland, B.A. & Hansen, A.B. 64 s., 60,00 kr.
- Nr. 240: Beregning af rejsetider for rejser med bil og kollektiv trafik. ALTRANS. Af Thorlacius, P. 54 s., 74,00 kr.
- Nr. 241: Control of Pesticides 1997. Chemical Substances and Chemical Preparations. By Krongaard, T., Køppen, B. & Petersen, K.K. 24 pp., 50,00 DKK.
- Nr. 242: Vingeeindsamling fra jagtsæsonen 1997/98 i Danmark. By Clausager, I. 50 pp., 45,00 kr.
- Nr. 244: Miljøforholdene i Tange Sø og Gudenåen. Af Nielsen, K., Jensen, J.P. & Skriver, J. 63 s., 50,00 kr.

