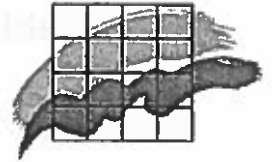


**Tema:** Miljø og Samfund - IMIS

**Titel:** IMIS-konceptet  
- opbygningen af et integreret  
miljøinformationssystem

DANMARKS  
MILJØUNDERSØGELSE  
BIBLIOTEK  
Vejlsøvej 25, Postboks 11  
8600 Silkeborg





# IMIS-konceptet

- opbygningen af et integreret  
miljøinformationssystem

*Arbejdsrapport fra DMU, nr. 129  
2000*

*Annemarie Bastrup-Birk  
Lennart Emborg*

DANMARKS  
MILJØUNDERSØGELSER  
BIBLIOTEKET  
Vejsøvej 25, Postboks 314  
8600 Silkeborg

# Datablad

Titel:	IMIS-konceptet
Undertitel:	- opbygningen af et integreret miljøinformationssystem
Forfattere:	<sup>1</sup> Annemarie Bastrup-Birk og <sup>2</sup> Lennart Emborg
Afdelinger:	<sup>1</sup> Afdeling for Systemanalyse <sup>2</sup> Miljøstyrelsen
Serietitel og nummer:	Arbejdsrapport rapport fra DMU nr. 129
Udgiver:	Miljø- og Energiministeriet Danmarks Miljøundersøgelser©
URL:	<a href="http://www.dmu.dk">http://www.dmu.dk</a>
Udgivelsestidspunkt:	Maj 2000
Faglig kommentering: Layout: Tegninger:	Hanne Bach, Lise W. Kristiansen, Knud Tybirk Ann-Katrine Holme Christoffersen Annemarie Bastrup-Birk, Linda Fischlein, Trine Bole Larnkjær; Britta Munter.
Bedes citeret:	Bastrup-Birk, A. og Emborg, L. (2000): IMIS-konceptet - opbygningen af et integreret miljøinformationssystem. Danmarks Miljøundersøgelser. 54 s. - Arbejdsrapport fra DMU nr. 129.

Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse.

**Sammenfatning:** Rapporten beskriver tanker og principper for opbygningen af en platform for integreret tankegang og handling i strategisk samfundsmæssig og miljømæssig sammenhæng. Denne platform har fået betegnelsen IMIS: Integreret MiljøInformationssystem. Formålet med opbygningen af et sådant system er at kunne udføre integrerede analyser af udvalgte miljøproblemstillinger. Et IMIS består af en værktøjskasse med både kvantitative og kvalitative værktøjer, hhv. analytiske modeller og databaser, og ekspertvurderinger. Den logiske ramme for de integrerede analyser er DPSIR-kæden (Driving forces- Pressures- State- Impacts- Responses) som danner rammen for en fælles overordnet konceptuel systemforståelse.

Opbygningen af et integreret miljøinformationssystem er en omfattende og løbende udviklingsproces. Rapporten beskriver det aktuelle indhold af IMIS værktøjskassen samt eksempler på dens anvendelse.

**Frie emneord:** IMIS, Miljøinformationssystem, integrerede modeller, integrerede vurderinger/analyser, scenarier.

**Redaktionen afsluttet:** Maj 2000

**ISSN:** 1395 - 5675

**Papirkvalitet:** Genbrugspapir  
**Tryk:** Grafisk Service, Risø  
**Sideantal:** 58  
**Oplag:** 100  
**Pris:** kr. 60,- (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  
DK-1201 København K  
Tlf.: 33 95 40 00  
Fax: 33 92 76 90  
E-mail: butik@mem.dk  
URL: [www.mem.dk/butik](http://www.mem.dk/butik)

# Indholdsfortegnelse

Forord 5

Sammenfatning 6

Summary 7

## 1 Indledning: formål og rammer 8

- 1.1 IMIS sat i relation til strategisk miljø- planlægning 8
- 1.2 Opbygning af et miljøinformationssystem 9
- 1.3 DPSIR, den logiske ramme for integrerede analyser og for IMIS 10

## 2 Opbygning af IMIS 132.1 Værktøjskassen til integrerede analyser 13

- 2.1.1 Integrerede modeller 14
- 2.1.2 Ekspertvurderinger 16
- 2.1.3 Databaser 17
- 2.2 En anvendelse af værktøjskassen: kørsler af scenarier 17
- 2.3 Anvendelse af et miljøinformationssystem 19

## 3 Det aktuelle IMIS 21

- 3.1 IMIS produkter 21
  - 3.1.1 Databaseudvikling under IMIS 24
  - 3.1.2 Miljømodeller under IMIS 24
  - 3.1.3 Sektormodeller under IMIS 26
  - 3.1.4 Realistiske scenarier: en operationalisering af IMIS 31

## 4 Diskussion og konklusion 34

- 4.1 Generelle spørgsmål om opbygning af et IMIS 34
- 4.2 Relationer til den strategiske miljøplanlægning 35
- 4.3 Konklusioner 37
  - 4.3.1 Aggregering versus disaggregering 37
  - 4.3.2 Behandling af usikkerhed 38
  - 4.3.3 Kvalitative analyser 39
- 4.4 Fremtidige IMIS områder 39

Litteratur 41

Appendiks: IMIS produkter 44

Appendiks 2: Produkter 44

- 4.5 Internationale videnskabelige publikationer 44
  - 4.5.1 Konceptet og koordination 44
  - 4.5.2 Projekter under forsyning, eutrofiering og ozonlufttemaet og under terrestrisk miljø 44

- 4.5.3 Projekter under landbrugstemaet 45
- 4.5.4 Projekter under pesticidtemaet 45
- 4.5.5 Projekt P-tab 46
- 4.5.6 Projekter under havmiljø, miljøindikatorer 46
- 4.5.7 Projekter under natur 46
- 4.6 Faglige rapporter 47
  - 4.6.1 Konceptet og koordination 47
  - 4.6.2 Projekter under forsuring, eutrofiering og ozonlufttemaet og under terrestrisk miljø 47
  - 4.6.3 Projekter under landbrug 49
  - 4.6.4 Projekter under vand, VAF projekter 50
  - 4.6.5 Projekter under natur 50
  - 4.6.6 Projekter under pesticid, overflade, miljøindikatorer 50
  - 4.6.7 Projekter under trafik 51
- 4.7 Populærfaglige publikationer 51
  - 4.7.1 Projekter under forsuring, eutrofiering og ozonlufttemaet og under terrestrisk miljø 51
  - 4.7.2 Projekter under landbrugstemaet 51
  - 4.7.3 Projekter under pesticidtemaet, overflade, miljøindikatorer 51
- 4.8 Bogbidrag og faglige artikler 52
  - 4.8.1 Projekter under forsuring, eutrofiering og ozonlufttemaet og under terrestrisk miljø 52
  - 4.8.2 Projekter under landbrug 52
  - 4.8.3 Projekter under pesticid, overflade, miljøindikatorer 52
- 4.9 Konferenceindlæg 52
  - 4.9.1 Konceptet og koordination 52
  - 4.9.2 Projekter under forsuring, eutrofiering og ozonlufttemaet og under terrestrisk miljø 52
  - 4.9.3 Projekter under landbrugstemaet 53
  - 4.9.4 Projekter under natur 54
  - 4.9.5 Projekt P-tab 55
- 4.10 Vejledninger, afhandlinger og diverse bilag og notater 55
  - 4.10.1 Projekter under forsuring, eutrofiering og ozonlufttemaet og under terrestrisk miljø 55
  - 4.10.2 Projekter under pesticid, overflade, miljøindikatorer 55
  - 4.10.3 Projekter under havmiljø, miljøindikatorer 55
  - 4.10.4 Projekter under trafik 56
- 4.11 Anvendte modeller og databaser 56
  - 4.11.1 Konceptet og koordination 56
  - 4.11.2 Projekter under forsuring, eutrofiering og ozonlufttemaet og under terrestrisk miljø 56
  - 4.11.3 Projekter under landbrug 57
  - 4.11.4 Projekter under pesticid, overflade, miljøindikatorer 57
  - 4.11.5 Projekter under havmiljø, miljøindikatorer 57
  - 4.11.6 Projekter under natur 57
  - 4.11.7 Projekter under trafik 57
  - 4.11.8 Projekter under vand, VAF projekter 58

## Forord

Denne rapport er en overordnet og principiel gennemgang af rammerne og metoderne, der ligger til grund for opbygningen af et integreret miljøinformationssystem - IMIS (Integreret MiljøInformati-onsSystem). En overordnet og sammenfattende beskrivelse af IMIS-konceptet relateres til den strategiske miljøplanlægning. Der vises eksempler på metoder og tilgange, som er blevet udviklet og anvendt i IMIS regi. En mere detaljeret gennemgang af IMIS produkterne kan ses i referencelisten sidst i denne rapport. Der henvises også til den nationale temadatabasen som er under opbygning og som kan ses på Internettet: <http://www.dmu.dk/>

Rapporten er opbygget som følger: i kapitel 1 gennemgås formål og rammer for opbygningen af IMIS som er baseret på DPSIR-konceptet (Driving forces-Pressures-State-Impacts-Responses). De efterfølgende to kapitler præsenterer henholdsvis visioner for indholdet i et integreret miljøinformationssystem og implementeringen af IMIS. De erfaringer, der er gjort igennem arbejdet med IMIS præsenteres og diskuteres i det sidste kapitel 4.

Rapporten afsluttes med et appendiks der indeholder referencer til alle IMIS produkterne.

## Sammenfatning

Rapporten præsenterer tanker og principper for opbygningen af et Integreret MiljøInformationsSystem, IMIS. Visionen med et IMIS er at opbygge en platform for integreret tankegang og handling i strategiske samfundsmæssig og miljømæssig sammenhæng. Denne platform baseres på en konceptuel systemforståelse som er DPSIR-kæden (Driving forces- Pressures- State- Impacts- Responses) og en værktøjskasse der indeholder kvantitative og kvalitative værktøjer.

IMIS sættes i relation til den strategiske miljøplanlægning. Strategisk miljøplanlægning kan betragtes som den proces, hvor man søger at tilrettelægge den samfundsmæssige mest optimale respons på de ændringer i miljøtilstanden og menneskers levevilkår som følger af den samfundsmæssige udvikling. Et integreret miljøinformationssystem kan imødekomme behovet for et operationaliseret vidgrundlag. IMIS skal medvirke til at organisere viden og værktøjer som kan danne basis for fremskrivninger af tilstanden for et givet miljøområde i udvalgte scenarier, der illustrerer forskellige samfundsmæssige udviklinger og som kan håndtere sammenhænge mellem kilde, emission, miljøtilstand og effekter og føre til en forbedret prioritering af natur- og miljøtilstanden.

Rapporten gennemgår indholdet af den aktuelle værktøjskasse der er bygget op under projektet "Integrerede modeller som prognose og prioriteringsværktøj" indenfor nøgletemaerne landbrug, pesticider, ferskvand, natur, luftforurening, hav samt bymiljø og trafik. Det drejer sig om miljø- og sektormodeller, om databaser og om det netværk af eksperter, der er opstået som følge af projektaktiviteterne. Rapporten omtaler kort, hvorledes værktøjsskassen anvendes til at køre scenarieanalyser og til at udføre konsekvensvurderinger.

Opbygningen af IMIS har bidraget til at sammenstille eksisterende værktøjer på DMU og anvende dem til integrerede analyser. Dette er kun starten på en omfattende udviklingsproces. Den videre opbygning af IMIS bør baseres på en iterativ forbedring af systemet. En af IMIS konklusionerne er at der i højere grad bør udvikles simple modeller på basis af detaljerede faglige modeller og databaser. Det er disse værktøjer der kan kobles til samfunds- og miljøøkonomiske modeller til at udføre scenarier og fremskrivninger. De i det aktuelle IMIS udvalgte temaer har været bestemt af de eksisterende værktøjer og eksperter, og er blevet anvendt som pilottemaer. Der er mange andre områder der med fordel kan indgå i integrerede analyser f.eks. ferskvand, sundhed, bæredygtig udvikling.

## Summary

The report describes principles for the building up of an integrated environmental information system called IMIS. The vision of IMIS is to develop a platform for integrated assessment and action in strategic socio-economic and environmental planning. This platform is based on a conceptual understanding of a system - the DPSIR chain (Driving forces-Pressure-State-Impacts-Responses) and a toolbox that contains quantitative and qualitative tools.

IMIS is related to the strategic environmental planning. Strategic environmental planning can be considered as the process in which one seeks to organise the most optimal response to changes in the environmental state and in human welfare as a result of the social development. An integrated environmental information system could comply with the need of an operationalised knowledge foundation. IMIS can contribute to organise knowledge and tools which (again) can create the basis of projections of the state within a given environmental area in selected scenarios. These scenarios illustrate various social developments and are able to handle the connection between sources, emissions, state of the environment and effects, and may contribute to an improved priority of the state of nature and environment.

The report goes through the contents of the actual toolbox which have been constructed during the project "Integrated models as tools for prognoses and priorities" within the key topics agriculture, pesticides, freshwater, nature, air pollution, marine as well as urban environment and traffic. It involves environment models and economic sector models, databases and the network of experts arisen from the project activities. The report shortly mentions how the toolbox may be used to run scenario analyses.

The building up of IMIS has contributed to the assembling of existing tools at NERI for the use of integrated analyses. This is only the beginning of a comprehensive evolutionary process. The further development of IMIS should be based on an iterative improvement of the system. One of the IMIS conclusions is to develop simple models on the basis of detailed technical models and databases. These tools can be connected to the socio-economic and the environmental models to perform scenarios and projections. The chosen topics of the actual IMIS have been determined by the existing tools and experts, and have been used as pilot themes. There are many other areas that profitably could enter integrated analyses assessment e.g. freshwater, health and sustainable development.



# 1 Indledning: formål og rammer

Miljøforskningen omfatter områder, hvor naturlige og menneskeskabte faktorer griber ind i hinanden. Som eksempler kan nævnes: "global change", bæredygtighed, luftforurening, vandmiljø og byplanlægning. Det er vigtigt at bevare et overblik og en helhedsopfattelse for sådanne komplekse problemstillinger.

Erkendelsen af miljøproblemerne kompleksitet er stigende og involverer i dag mange forskellige videnskabelige fagdiscipliner. Samtidig stiger computernes analytiske kapacitet og tilgængeligheden af data og dermed mulighederne for at udforske disse komplekse miljøproblemer.

I de sidste 30 år har behovet for en integreret tilgang til komplekse, sociale, økonomiske og miljømæssige problemer ført til en tværvidenskabelig forskningstilgang, *integrerede analyser*. Integrerede analyser er blevet gennemført indenfor "global change" forskningen såvel som indenfor forskning i forurening og vandmiljø.

## *Integrerede analyser*

På DMU er der opbygget en platform for integreret tankegang og handling i strategiske samfundsmæssig og miljømæssig sammenhæng. Denne platform har fået betegnelsen IMIS: Integreret MiljøInformationsSystem.

Det er sigtet, at IMIS skal anvendes til at afvikle en kombination af kvantitative og kvalitative værktøjer og scenarier. Dvs. at IMIS kobler analytiske modeller sammen (naturvidenskabelig metode) og kombinerer det med kvalitativ information (f.eks. samfundsvidenskabelig fortolkning og ekspert vurderinger).

Derved anvender IMIS videnskabelig information, hvor denne findes, og opfordrer til at der opnås en konsensus, hvor der er manglende viden og ved denne proces understøtter beslutninger indenfor miljøplanlægningen og vedrørende miljøstrategiske spørgsmål.

## 1.1 IMIS sat i relation til strategisk miljøplanlægning

### Definition

Strategisk miljøplanlægning kan defineres som tilrettelæggelse af det forberedende miljøpolitiske arbejde i en systematisk proces, der omfatter identifikation af miljøproblemer, deres udviklingsperspektiver og konsekvenser, konkretisering af målsætninger på kort og lang sigt, konsekvensvurdering af handlemuligheder, forslag til politik samt efterfølgende evaluering og overvågning (Møller, 1997).

Strategisk miljøplanlægning handler altså om at systematisere og målrette det forberedende arbejde indenfor miljøområdet. Strategisk miljøplanlægning bygger på viden og aktiviteter, der i forvejen gennemføres indenfor sektorforskningen, men strategisk miljøplanlæg-

ning skal også skabe en yderligere sammenhæng i disse aktiviteter og relatere dem til beslutningstagernes informationsbehov.

Forskningsinstitutionernes rolle i forbindelse med strategisk miljøplanlægning er blandt andet at levere den faglige viden for prioriteringerne og tilrettelæggelsen af miljøpolitikken. Derudover bør strategisk miljøplanlægning være et instrument til belysning af konsekvenserne af alternative samfundsmæssige udviklingsforløb og miljøindgrebsstrategier over for de samfundsmæssige aktiviteter som giver anledning til miljøbelastningen (emissioner, arealanvendelse) og ændringer i miljøtilstanden.

### *Interessenter*

Fra Miljø- og Energiministeriets side er der behov for adgang til værktøjer til brug for forskellige elementer i den strategiske miljøplanlægningsproces, bl.a. prioritering, vurdering af målopfyldelse, konsekvensanalyser mv. I DMU er der behov for en operationalisering af resultaterne af den løbende forskningsindsats og overvågning i relation til behovene i de miljøpolitiske forberedende processer og for at identificere mangler i den eksisterende viden i forhold hertil. Opbygningen af IMIS bør derfor også involvere forskningsinstitutioner udenfor Miljø- og Energiministeriet (udvikling/udnyttelse af forskningsresultater, data, modeller etc.).

Strategisk miljøplanlægning må betragtes som den proces, hvori man søger at tilrettelægge den samfundsmæssigt set mest optimale respons på de ændringer i miljøtilstanden og de heraf følgende konsekvenser for menneskers levevilkår og økosystemer som følger den samfundsmæssige udvikling i bred forstand. Sammenhængen mellem IMIS og strategisk miljøplanlægning er at IMIS organiserer viden, værktøjer, data og modeller i et informationssystem på en hensigtsmæssig måde i forhold til sigtet med strategisk miljøplanlægning.

IMIS kan imødekomme behovet for et operationaliseret videngrundlag for den strategiske miljøplanlægning.

Informationssystemet bør være indrettet på en sådan måde, at det kan danne basis for

- Fremskrivninger af tilstanden for et givet miljøområde i udvalgte scenarier, der illustrerer forskellige samfundsudviklinger og som håndterer sammenhænge mellem kilde, emission, miljøtilstand og effekter
- En forbedret prioritering af natur- og miljøindsatsen

## **1.2 Opbygning af et miljøinformationssystem**

Opbygningen af et integreret miljøinformationssystem er en omfattende og løbende udviklingsproces med følgende delformål:

- At kunne udføre integrerede analyser på forskellig skala med henblik på at understøtte strategiske beslutninger og langsigtet planlægning

- At udvikle nye værktøjer og metoder til integrerede analyser
- At kunne kommunikere integreret indsigt til brugere såsom beslutningstagere, offentligheden, m.m.

Arbejdet bør føre til:

- En forbedret indsigt i hvilke processer i det fysiske/biologiske miljø (luft, land, vand/hav) der har betydning på nationalt og regionalt niveau
- At der skabes et overblik over de væsentligste problemstillinger, hvor en given miljøstrategi kan påvirke områder af betydning for samfundet, inklusive miljøkvalitet og socioøkonomiske konsekvenser
- At der udvikles og anvendes værktøjer i scenarietools med henblik på at kunne forebygge langsigtede og storskala effekter af menneskelig aktivitet på miljøet
- At der anvendes kvantitative modeller til at køre scenarier der kan beregne størrelsen af disse konsekvenser, hvor det kan lade sig gøre
- At analysere troværdigheden og usikkerhederne i modeller og i scenarier og at anvende kvalitative analyser hvor de kvantitative analyser ikke findes troværdige eller anvendelige

Omfanget af både processer og problemer, der bliver undersøgt i IMIS arbejdet er betydelig mere omfattende i skala og i rum end hvad de mere traditionelle forskningsprojekter beskæftiger sig med.

Det er derfor vigtigt at påpege at et samarbejde både mellem traditionelt set konkurrerende institutioner/afdelinger og på tværs af de faglige grænser er helt nødvendig, hvis der skal opnås en ny og sammenhængende viden.

### 1.3 DPSIR, den logiske ramme for integrerede analyser og for IMIS

Der findes ikke nogen sammenfattende teori der danner grundlag for opbygningen af et integreret miljøinformationssystem. Der er derfor behov for en bred, dækkende og logisk ramme for de integrerede analyser. Der er på DMU udviklet en sådan fælles overordnet konceptuel systemforståelse, som placerer miljøproblemstillingerne i en fælles logisk struktur koblet til den strategiske proces. Arbejdet med den strategiske miljøplanlægning og opbygningen af det integrerede miljøinformationssystem er knyttet til denne konceptuelle systemforståelse der betegnes DPSIR (Driving forces-Pressures-State-Impacts-Responses), se DPSIR-tilgangen anvendes som en bred analytisk struktur, der bringer relevant videnskabelig information sammen. Tilgangen anvendes ligeledes af EEA og OECD.



Figur 1 Et eksempel på DPSIR-kredsløbet udviklet under IMIS arbejdet for luftforureningsområdet. Driving forces (samfundsmæssige aktiviteter), Pressures (resulterende emissioner og ændret arealanvendelse), State (ændringen i miljøtilstanden), Impacts (konsekvenserne af disse ændringer for menneskers levevilkår), Response (reaktioner på disse "impacts", specielt de strategiske reaktioner fx. i form af diverse foranstaltninger, der igen påvirker driving forces) (Bastrup-Birk et al., 1999).

Hovedstrukturen i de integrerede analyser følger den generelle struktur i DPSIR-konceptet og omfatter følgende system af integrerede modeller.

*Driving forces:*

Udgangspunktet er en ramme der kan beskrive den overordnede samfundsudvikling. Her kan anvendes makro-økonomiske værktøjer, f.eks. modeller som ADAM, som beskriver de økonomiske sammenhænge i de forskellige sektorer i samfundet. Disse værktøjer tilpasses så de omfatter output variable som er vigtige til belysning af de udvalgte miljøtemaer. Indenfor familien af makro-økonomiske modeller er især de såkaldte Generelle Ligevægts Modeller blevet almindelige, idet disse fokuserer på de generelle udviklingslinier snarere end konjunkturbestemte svingninger (Sinko, 1992).

*Pressures:*

Fra disse mere detaljerede sektorværktøjer (f.eks. modeller) udtrækkes data om det konkrete ressourceforbrug og aktivitetsmål som kan omsættes til konkrete emissioner af forskellige stoffer. Pressures kan betragtes som en oversættelse af økonomiske størrelser til naturvidenskabelige data (f.eks. kg, liter) om emissioner. De konkrete miljøbelastninger i form af ressourceforbrug og udledninger til miljøet afhænger imidlertid ikke kun af den generelle samfundsøkonomiske udvikling men også af teknologi, produktionsmetoder og adfærd. Eksempelvis beregnes i sektormodeller for transport et antal kørte km fordelt på forskellige køretøjer/kørselsmønstre/teknologier og herfra beregnes emissioner af CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, partikler osv. Landbrugssektormodellen beregner f.eks. pesticidforbruget, hvorefter miljøbelastningen udregnes som funktion af tab, transport og omsætning i miljøet.

*State:*

Emissionerne fra sektorværktøjerne fodres som input til forskellige typer af fysisk-kemiske spredningsmodeller, som redegør for stoffernes transport og omsætning i miljøet (f.eks. luft og vand) og deres endelige skæbne. Disse modeller giver som output en strøm eller en koncentration af stofferne gennem/i et givent medie. Disse stoflige forandringer fører endelig til afledte ændringer i en række kemiske eller biologiske tilstande eller balancer i økosystemerne, klimaændringer, forsuring, eutrofiering, toksicitet, osv. Ændringerne i tilstanden analyseres i forskellige typer af modeller (klima-modeller, jordkemiske modeller, økologiske modeller osv.)

*Impacts:*

De resulterende tilstande påvirker økosystemerne, f.eks. biodiversiteten og mennesker i form af direkte sundhedseffekter (f.eks. byluftens indhold af partikler). Disse påvirkninger kan f.eks. modelleres ved hjælp af dosis-respons kurver. Forandringer på miljøets tilstand og økosystemernes indvirker på de menneskelige livsbetingelser i

form af sundhedseffekter, forringede produktionsmuligheder, naturoplevelser osv.

Denne fælles overordnede konceptuelle systemforståelse omfatter samspillet mellem det samfundsmæssige system og økosystemerne samt muligheden for at virke tilbage på dette samspil via strategiske beslutninger og tiltag, der virker ind på forskellige led i årsagsvirkningskæden DPS. DPSIR rammen anvendes til at identificere miljøproblemerne, undersøge tilgængeligheden af data og information, følge foreslåede udviklinger, få et overblik over eksisterende institutionelle rammer, timing og rumlige overvejelser/begrundelser. For et givet miljøemne vil der være en rumlig fordeling af socioøkonomisk aktiviteter og relaterede arealanvendelser: urbane, industri, landbrug, skovbrug, handel og transport. Denne rumlige fordeling af humane aktiviteter afspejler den endelige efterspørgsel efter en række varer og tjenesteydelser indenfor og udenfor det definerede område. Miljøbelastning bygges op som resultat af disse socioøkonomiske drivkræfter og påvirker tilstanden i miljøsystemerne.

*DPSIR  
i miljøtilstandsrapporter*

I Danmarks nationale miljøtilstandsrapport fra 1993 (Miljø og Samfund) og 1997 (Natur og Miljø 1997, Påvirkninger og tilstand ) er DPSIR modellen benyttet som det strukturerende princip for rapportens opbygning, og DPSIR-indikatorer er anvendt som elementer i det man kunne kalde det kausale miljøstrategiske kredsløb. Hovedideen er at synliggøre sammenhængene og samspillet mellem udviklingen i de vigtigste samfundssektorer, og udviklingen i miljøbelastning og -tilstand, samt miljøindsatsens "feed-back effekter" på belastningen og tilstandsudviklingen.

## 2 Opbygning af IMIS

I dette kapitel præsenteres visionerne for opbygningen af et integreret miljøinformationssystem og et bud på hvordan det skal virke. Udfordringen i opbygningen af et IMIS er at finde en balance mellem simple og komplekse beskrivelser af processer, mellem natur- og samfundsvidenskaberne, mellem analytiske og kvalitative metoder, mellem aggregering og disaggregering og mellem eksogene og endogene faktorer (Rotmans, 1998).

IMIS skal være troværdigt både for forskere, der vil se deres viden repræsenteret på en hensigtsmæssig og dækkende måde efter faglige kvalitetsstandarder, og for beslutningstagere, der vil se gennemskuelige værktøjer, der kan håndtere komplekse problemstillinger nemt og hurtigt.

Opbygningen af IMIS har fulgt seks faser, om end ikke i kronologisk orden:

1. Formulering af konceptet
2. Definition og afklaring af udvalgte miljøproblemer indenfor konceptets rammer
3. Opbygning af en værktøjskasse bestående af modeller, værktøjer, databaser, m.m.
4. Afprøvning og evaluering af modeller, værktøjer, databaser, m.m.
5. Anvendelse af værktøjskassen, scenarier
6. Usikkerhedsanalyser og vurderinger

Nærværende rapport formulerer konceptet, definerer og afklarer udvalgte miljøproblemstillinger (se kapitel 4) som også indgår i afrapporteringen af de udvalgte projekter under IMIS. Kapitel 2 gennemgår opbygningen af værktøjskassen. Ovennævnte punkter 4 og 5 indgår i de enkelte projekter. Usikkerhedsaspekterne er indtil videre mangelfuldt behandlet og bør udbygges under et videreførløb af IMIS.

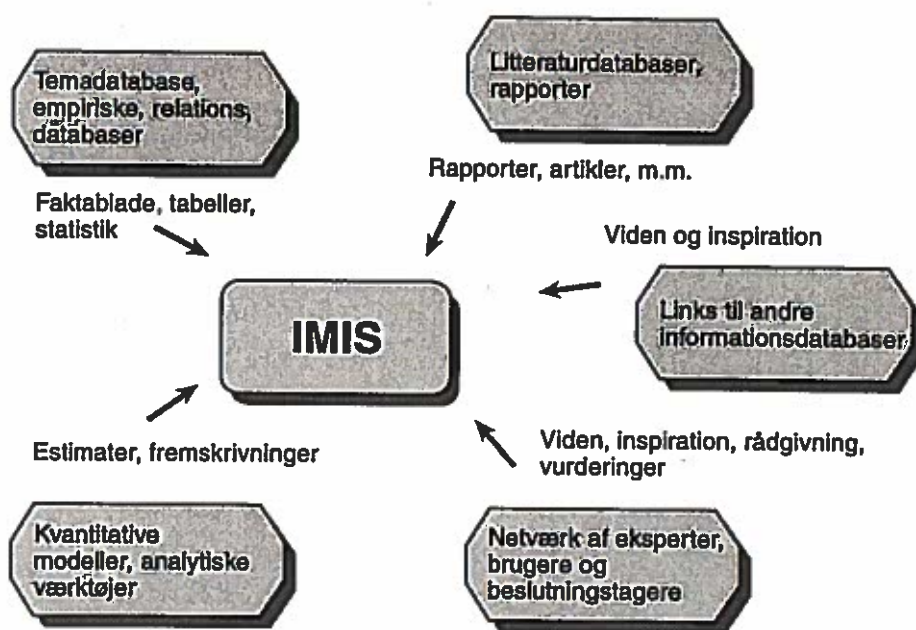
### 2.1 Værktøjskassen til integrerede analyser

#### *Kvantitative og kvalitative metoder*

Udvikling af nye metoder og værktøjer til integrerede analyser er en central aktivitet under IMIS arbejdet. For at kunne udføre integrerede analyser opbygges en værktøjskasse bestående bl.a. af kvantitative modeller, data/databaser og et netværk af eksperter og beslutningstagere. I den følgende sektion gennemgås de forskellige komponenter af værktøjskassen, deres anvendelse, deres fordele og ulemper. Anvendelser af kvantitative modeller og ekspertpaneler m.m. kan betragtes som mere traditionelle værktøjer. Derudover findes alter-



native metoder. Ideelt set må de bedste integrerede analyser baseres på en optimal kombination af de værktøjer der fremgår af nedenstående figur 2.



Figur 2

### 2.1.1 Integrerede modeller

De integrerede modeller er en vigtig del af IMIS værktøjskassen. Modellerne er analytiske værktøjer, der giver en figurativ tilgang til integrerede analyser både indenfor naturvidenskabelige og samfundsøkonomiske områder. Modellerne sigter mod at repræsentere vigtige elementer og mekanismer i et miljøproblem. Typisk vil en sådan model beskrive et miljøproblem ved at integrere området fra ende til ende. De integrerede modeller kobler allerede eksisterende modeller eller simple heuristiske modeller sammen og beskriver den kausale kæde fra drivkræfter til miljøproblemet til værdisætningen af effekter. Modellerne danner en analytisk ramme, der organiserer og præsenterer viden fra en række forskellige fagdiscipliner varierende fra konceptuelle modeller til computer modeller.

#### Eksempler

Der findes efterhånden et antal vellykkede eksempler på anvendelser af integrerede analyser baseret på modeller som en tilgang til komplekse områder som klimaændringer, grænseoverskridende luftforurening. De integrerede modeller kombinerer viden om følgende faktorer: de humane aktiviteter der driver emissioner af luftforurening; de atmosfæriske, akvatiske, biologiske processer der forbinder emissioner til koncentrationer og depositioner; de økologiske, sociologiske og økonomiske processer der forbinder luftforurening til effekter, der påvirker befolkning og samfund og de processer, ved hvilken værdisætning udføres. Omvendt kan man også forsøge at lukke den kausale kæde tilbage til drivkræfterne ved at beskrive ændringer i emissioner, som resulterer fra effekter og tilpasning ved f.eks. ændringer i arealanvendelse.

Integrerede modeller skal ikke betragtes som sandhedsmaskiner, men som heuristiske værktøjer, som øger vores indblik i nutidige og fremtidige drivkræfter bag de komplekse miljøproblemer i vort sam-

fund. Modeller er en efterligning af virkeligheden. Denne beskrivelse kan være matematisk, fysisk eller mental.

Integrerede modeller kan anvendes til at (Parson, 1997),

- Projicere konsekvenser af en bestemt miljøstrategi
- Identificere de mindst omkostningsfulde strategier til at reducere et miljøproblem
- Balancere omkostninger og monetariserede fortjenester af reduktioner i emissioner og dermed at identificere optimale strategier
- Givet en eksplicit behandling af usikkerhed identificere og rangordne strategisk relevante usikkerheder med henblik på at prioritere forskningsindsatsen

#### *Fordele*

En af de store fordele ved anvendelsen af modeller i integrerede analyser er at de bidrager til en betydelig forbedring i helhedsopfattelsen af miljøproblemet, til en større forsigtighed omkring fremskrivninger og til at anvende modeller til at udforske, karakterisere og prioritere strategisk relevante usikkerheder (Dowlatabadi and Morgan, 1993).

#### *Begrænsninger*

Tilsvarende har modelanvendelsen nogle begrænsninger bl.a. for, hvor godt modeller beskriver de systemer som de er bygget op til at beskrive. De eksisterende integrerede modeller angribes for deres svage beskrivelse af effekter og af tilpasningsmekanismer, af strategier og respons og af de basale drivkræfter især de demografiske og tekniske ændringer (Parson, 1997). Nogle af disse svagheder skyldes computermæssige begrænsninger, andre afspejler en manglende forståelse/viden om basale processer.

Brugen af integrerede modeller er også blevet kritiseret for at indeholde skjult forudindtagethed, for at anvende data, der ikke passer i sammenhænge, for ikke at understrege hvilke antagelser, der er gjort for modelkørslerne, hvilket ofte er en vigtig del af analysen.

Denne rapport vil ikke komme nærmere ind på en diskussion af modeltyper. Der henvises til den mangfoldige litteratur om emnet f.eks. Grant et al., 1997.

Et andet aspekt i anvendelsen af integrerede modeller er at disse endnu ikke er helt accepterede hverken i de naturvidenskabelige modelkredse eller af beslutningstagerne. En af udfordringerne er derfor at opbygge en naturvidenskabelig og strategisk troværdighed. Dette kan gøres ved at øge kommunikationen med faglige videnskabelige og strategiske miljøer.

Det svage led i de integrerede modeller er, at viden om vigtige processer i både sociale og naturlige systemer stadig er mangelfuld. Eksempelvis er dynamikken i klima-atmosfære-biosfære systemet fortsat langt fra velunderbygget hovedsagelig pga. manglende viden og data omkring den interne dynamik i dette komplekse system. Dette kan ses ved den linde strøm af overraskelser indenfor f.eks. modeller

der beskriver klimaændringer som f.eks. betydningen af aerosoler, solpletter, manglende C og N sinks.

Indenfor det socioøkonomiske system er situationen en anden. Det samfundsvidenskabelige viden- og datagrundlag har et mindre omfang end i det naturvidenskabelige område. Det betyder, at det kan være svært at kalibrere mellemrum og validere de modeller der anvendes til at beskrive den sociale dynamik. Men der er tilstrækkelig viden om de vigtigste socioøkonomiske processer, til at kunne anvende disse modeller i IA arbejdet.

Det er de færreste integrerede modeller, der beskriver begge ovennævnte systemer fyldestgørende. I mange makroøkonomiske integrerede modeller er de socioøkonomiske aspekter velbeskrevet i modsætning til de fysiske/biologiske aspekter. Omvendt er de naturlige systemer velrepræsenterede i de fleste biosfære modeller men de samfundsvidenskabelige elementer er dårligt repræsenteret.

### 2.1.2 Ekspertvurderinger

Ekspertvurderinger er et værktøj for kvalitative analyser, der kan supplere de integrerede modeller. Ekspertes har en stor viden og erfaring indenfor mange områder, som kan udnyttes i udvalg eller paneler. Som eksempler kan nævnes IPCC panelet (Intergovernmental Panel on Climate Change) eller panelerne omkring grænseoverskridende luftforurening under UNECE.

Ekspertvurderinger har en mere rådgivende tilgang. Paneler gennemgår, diskuterer, opsummerer forskellige videnområder baseret på modeller såvel som en syntese af faglig viden. Paneler kan udtale sig kollektivt om de mulige konsekvenser, gennemførlighed, betydning eller relevans af strategiske valg. Ekspertvurderinger bidrager hovedsagelig i form af rapporter, der kan anvendes som referencearbejde eller introduktion til et område.

Denne proces kan være problematisk for eksperterne, idet der anvendes et udtryksmåde, der normalt ikke accepteres i videnskabelig sammenhæng på grund af dets bredde og normative indhold. Paneler kan være en effektiv integrerende metode, når der skal opnås konsensus. Men deres udtalelser befinder sig mellem videnskab og strategi og står derfor til angreb. Konsensus er en nødvendig betingelse for en vis styrke. På grund af dette kan panelernes udtalelser på den anden side forekomme vage. Den manglende klarhed og generelle karakter giver ikke modstand, men til gengæld mindskes relevansen for beslutningstagerne. Panelet kan også beslutte at forkorte miljøproblemet's kausale kæde at deres udtalelser kun vedrører områder, hvor usikkerheder kan håndteres og konsensus er stærk.

#### *Participatoriske metoder*

Udover ekspertvurderinger skal en anden vigtig og mere utraditionel del af IMIS værktøjskassen nævnes. De integrerede analyser kan også baseres på tilbagemeldinger fra brugere og beslutningstagere, som kaldes for participatoriske metoder. Disse metoder kan betegnes som en paraply for interaktive tilgange, som aktivt inddrager en række brugere (beslutningstagere såvel som lægfolk). Participatoriske me-



toder er nødvendige for at opnå en struktureret dialog mellem analytikere og samfundsaktører.

Disse metoder har forskellige former. Her skal omtales tre former ifølge Parson (1997), Cohen (1997) og Rotmans (1998). Der kan være tale om øvelser, hvor deltagerne opbygger, udarbejder eller kritiserer scenarier frit eller indenfor visse rammer. Der kan også være tale om øvelser, hvor deltagerne påtager sig roller og opgaver – planlægning, forhandling og beslutninger, hver for sig eller i teams indenfor en bestemt scenario. Eller øvelser, hvor deltagerne samarbejder om at opbygge modeller for et strategisk område, som afspejler deres kollektive viden, vurderinger og værdier.

Karakteristisk for disse metoder er, at de kombinerer nogle fundamentale sider af modeller og ekspertvurderinger. Ligesom modellerne er de figurative. De søger at beskrive et kompleks beslutningsproblem eller strategisk område med en forenklet analog, der inddrager mennesker. Men disse metoder er også rådgivende ligesom paneler. Deltagerne har en dobbelt rolle: som elementer af et figurativt system er de objekter, der undersøges, og som elementer af en rådgivende proces er de dem, der undersøger sammen med de deltagere, der definerer og styrer øvelserne.

Derudover karakteriseres de metoder ved at være fjernet fra umiddelbart ansvar: de anvendes sjældent til direkte rådgivning af specifikke beslutninger. Problemstillerne har ofte en hypotetisk karakter, hører til i fremtiden, og kan befinde sig på et forskelligt abstraktionsniveau.

### 2.1.3 Databaser

Databaser er et vigtigt grundlag for et integreret informationssystem og anvendes både til kvantitative og kvalitative integrerede analyser. Databaser organiserer og opdaterer tilgængelige data indenfor forskellige områder. Der kan være tale om overvågningsdata, data fra udvalgte eksperimenter og målekampagner, videndatabaser, m.m. Der findes forskellige typer af databaser afhængig af, hvordan data og information er organiseret. En diskussion om forskellige typer af databaser er ikke på sin plads i nærværende rapport, men der henvises til kapitel 4 for nogle eksempler på databaser der indgår i IMIS.

## 2.2 En anvendelsen af værktøjskassen: kørsler af scenarier

De integrerede analyser kan anvende værktøjskassens elementer til at køre scenarier. Scenarier er hypotetiske afbildninger af fremtiden skabt mentalt eller af modeller, som afspejler forskellige mulige fremtidige udviklinger. Scenarier kan karakteriseres ved at starte fra en initial tilstand (som regel nutiden) og pege på en sluttetilstand i et fast tidshorisont; dvs. at scenarier beskriver en fremtidig tilstand, og evt. hvordan man kommer derhen med udgangspunkt i den nuværende tilstand (Rotmans, 1998). Det er vigtigt at understrege at integrerede scenarier ikke kan forudsige, hvad der vil ske, men kan afbilde mulig fremtid og tilstand og udforske forskellige udviklinger,

når basisantagelser ændres. Scenarier beskriver processer og repræsenterer sekvenser af hændelser, som er kausalt relaterede over en tidsperiode.

Scenarier kan klassificeres som fremskrivninger, prognoser, alternative udviklinger og fremtidsbilleder.

#### *Fremskrivninger*

Ved fremskrivninger tages udgangspunkt i, at den hidtidige observerede udvikling vil fortsætte. Formålet med en fremskrivning er derfor at beskrive en fremtidig situation, der vil fremkomme, såfremt den hidtidige udviklings determinanter vil få lov at virke uændret også i fremtiden.

#### *Prognoser*

Ved prognoser er formålet, at beskrive den mest sandsynlige fremtidige situation. Prognosen er altså identisk med fremskrivningen, hvis det vurderes som det mest sandsynlige, at udviklingen fortsætter uændret.

#### *Alternative udviklinger*

Mens fremskrivninger og prognoser tager udgangspunkt i en fortsættelse af de bestående udviklingstendenser, så signalerer de to øvrige benævnelser mere et brud med det bestående. Scenarier opfattet som alternative udviklingsforløb anvendes til at undersøge, hvad der vil ske, såfremt den bestående udvikling og de mekanismer, der ligger bag, påføres en række 'stød', fx. i form af styringsmidler, foranstaltninger eller ændringer i udefra bestemte faktorer med betydning for udviklingen (de internationale konjunkturer, grænseoverskridende forurening mv.).

Fremskrivninger, prognoser såvel som alternative udviklinger koncentrerer sig om at illustrere, hvad der vil ske, hvis det bestående system udvikler sig i medfør af dets udviklingsdeterminanter, og disse samtidig påføres ændringer af større eller mindre karakter eller slet ingen. Resultaterne sammenlignes normalt med opstillede målsætninger for den eller de parametre, man er interesseret i, for at afgøre, hvorvidt eller, i hvor høj grad den resulterende fremtidige situation opfylder disse målsætninger. Ved de alternative udviklinger er målsætningerne som oftest styrende ved valget af de stød som påføres det bestående system og udviklingen heraf, jf. ovenfor.

#### *Fremtidsbilleder*

Ved scenarier opfattet som fremtidsbilleder tages der mere eksplicit udgangspunkt i målsætningerne, idet fremtidsbillederne beskriver en situation, der opfylder målsætningerne, og hvor scenariebeskrivelsen bidrager til at identificere de krav, der må stilles til udviklingen, for at fremtidsbilledet realiseres og målsætningerne dermed opfyldes (backcasting). Formålet er dog det samme for alle scenarietyperne, nemlig at bidrage til analysen af, hvad der skal til og hvilke muligheder der er for at realisere en given målsætning, og der kan dog også vanskeligt i praksis trækkes skarpe grænser mellem de forskellige scenarietyper.

#### *Beskrivende vs. normative scenarier*

Der kan også skelnes mellem beskrivende og normative scenarier. Beskrivende scenarier foreslår et antal af mulige hændelser uanset om disse er ønskede, hvorimod normative scenarier tager værdier og interesser i betragtning. Aktuelle scenariestudier har for det meste været af deskriptiv karakter eller har været implicit normative.

For alle scenarietyperne gælder det imidlertid, at de bidrager til den proces, hvori målsætningerne som sådan fastlægges og til at scenarierne illustrerer konsekvenser af opfyldelse eller grader af opfyldelse af målsætninger, såsom omkostninger forbundet hermed, nødvendige strukturelle ændringer, nødvendige indskrænkninger i aktiviteter og handlemuligheder osv. alt efter hvilke midler og tiltag målsætningerne søges opfyldt.

Rotmans (1998) har identificeret en række stærke og svage sider ved scenarie arbejdet. Scenarier kan bidrage til at anskueliggøre fremtidige udviklingsforløb under forudsætning af bestemte antagelser og overvejelser. Scenarier kan anvende både data og modelresultater kombineret med kvalitativ viden. Ved at udforske fremtiden kan man få et indblik i grænser for fremtidig udvikling og dilemmaer for de strategiske prioriteringer. Desuden skal nævnes at scenarier giver muligheden for at tænke anderledes, hvilket kan udmunde i overraskende resultater og give en ny indsigt. Men der er også en række svagheder ved scenariearbejdet. Ofte udvikles scenarier ud fra et snævert, fagligt perspektiv, hvilket resulterer i et begrænset sæt af standard økonomiske, teknologiske og til en vis grad miljømæssige antagelser. Mange scenarier har også karakter af "business-as-usual", hvor det antages at aktuelle forhold er gældende i de efterfølgende årtier. I mange tilfælde har scenarie-antagelser for forskellige sektorer, regioner eller områder ikke været konsistente med hinanden.

### Konklusioner

Hvis man ser på arbejdet med integrerede analyser er der en stigende interesse for at anvende de deltagende metoder for at udvikle scenarier. En anden tendens er at udvikle scenarier, der kombinerer de beskrivende og kvantitative komponenter. Disse tendenser supplerer og styrker hinanden: en gruppe af brugere med forskellig viden, erfaringer og perspektiver giver en større rigdom til scenarier samtidig med at gode principielle beskrivelser/hypoteser understøttet af talmateriale kan engagere nøglebrugere.

En vigtig spredning af information er nødvendig for at sikre at brugerne interesserer sig for og anvender scenarie-resultaterne. Scenarier skal derfor være logiske og konsistente. Logiske scenarier betyder at relevante processer inkluderes, men må dog ikke være så komplicerede at brugerne drukner i information. Konsistente scenarier implicerer at vigtige antagelser i scenariet er checket igennem for forskelligheder i skala, sektorer og problemer. F.eks. skal antagelser om fremtidig energiforbrug sammenstilles med antagelser om fremtidig areal- og vandanvendelse.

## 2.3 Anvendelse af et miljøinformationssystem

Opbygningen af et integreret miljøinformationssystem er som allerede nævnt en løbende udviklingsproces. En anvendelse af IMIS kan ikke afvente, at eksempelvis et modelkompleks er helt færdigudviklet. Det er derfor afgørende, at der løbende er et overblik over status for data og modeller, at det til enhver tid eksisterende informationssystem kan anvendes med skyldig hensyntagen til de til enhver tid klart angivne styrker og svagheder, der måtte karakterisere systemet.

I opbygningen af IMIS er det vigtigt at sikre at den relevante viden såvel indenfor som udenfor ministeriet udnyttes i så høj grad som muligt. Hvad angår modeludviklingsarbejdet er det herudover vigtigt, at dette tilrettelægges på en måde, så der såvel internt i ministeriet som i forhold til relevante faglige miljøer udenfor ministeriet sikres en konsensus angående modellernes validitet og anvendelighed.

Informationssystemet skal kunne være et væsentligt udgangspunkt, såvel konceptuelt som konkret indholdsmæssigt, for den danske tilstandsrapport, der udgives hver fjerde år. Udviklingen af et integreret informationssystem bør tillige ses i relation til arbejdet med operationaliseringen af bæredygtighedsbegrebet.

IMIS er et system af data og modelværktøjer samt nogle relationer mellem disse. Eksisterende data og modelværktøjer befinder sig forskellige steder i ministeriet. Skal ministeriets forskellige institutioner kunne anvende IMIS efter hensigten, forudsætter det, at der etableres et overblik over informationernes lokalisering, og at adgangen til data og modeller tilrettelægges på den mest hensigtsmæssige måde.



### 3 Det aktuelle IMIS

DMU har i lang tid erkendt betydningen og værdien af flerdisciplinære tilgange med henblik på at løse miljøproblemer og har derfor udviklet værktøjer og metoder der bidrager til integrerede analyser. DMU har opbygget nogle integrerede systemer der f.eks. kobler emissioner af luftforurening, transport og omdannelse af luftforurening til depositioner og til effekter på økosystemer og mennesker. Disse projekter har samlet både naturvidenskabelig og samfundsvidenskabelig ekspertise.

Siden 1995 er der på DMU blevet arbejdet på at etablere et integreret miljøinformationssystem, der kan benyttes til at vurdere sammenhænge mellem udviklingen i de samfundsmæssige aktiviteter og udviklingen på det relevante miljøområde, herunder vurdere såvel de samfundsmæssige som de miljømæssige effekter af forskellige miljøtiltag. Som et led i regeringens forskningspakke under Finansloven for 1996 har DMU modtaget midler til gennemførelse af projektkontrakten "Integrerede modeller som prognose- og prioriteringsværktøj". Projektet løber over en 4-årig periode begyndende i 1996. Projektet bygger videre på DMUs ekspertise og udvikling af et informationssystem, der kan håndtere integrerede analyser med særlig fokus på modelarbejdet. Projektet skal ses som en målrettet og eksplicit styrkelse og udvidelse af arbejdet i DMU med opbygningen af et integreret miljøinformationssystem (IMIS) til brug for den strategiske miljøplanlægning i Miljø- og Energiministeriet.

Arbejdet med IMIS har bidraget til videreopbygningen af en tværfaglig platform på DMU, der bliver anvendt til at undersøge miljøområder/problemer som er komplekse, sammenflettet og findes på national og regional skala.

#### Aktiviteter

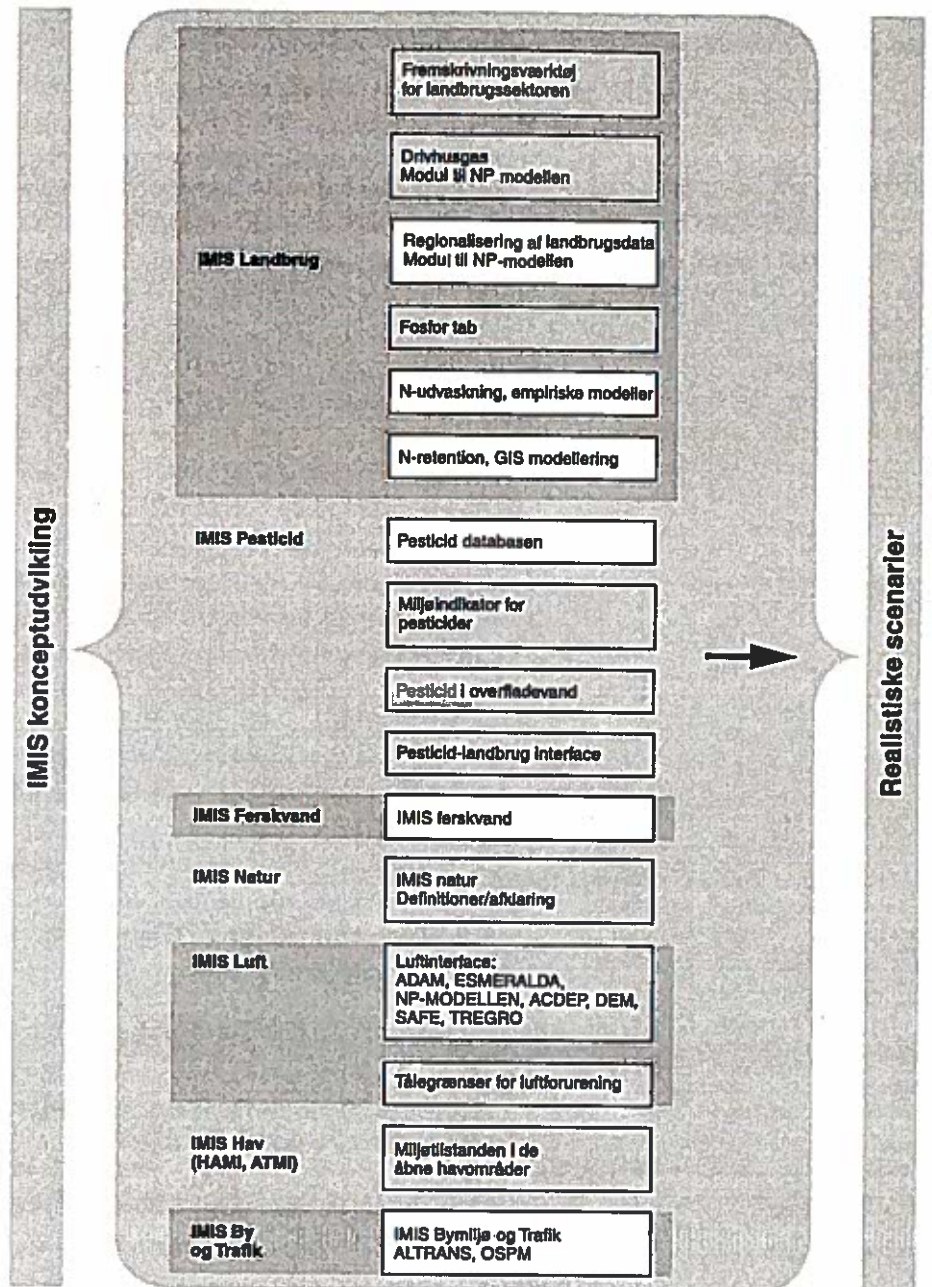
Der kan identificeres to hovedtyper af aktiviteter indenfor det aktuelle IMIS:

1. En systematisk udbygning af denne viden, at informationssystemet kan indgå som en platform for formulering af miljøstrategier og en vurdering og diskussion af disse.
2. En operationalisering af den til enhver tid eksisterende viden på de konkrete miljøområder i forhold til behov genereret i den strategiske miljøplanlægningsproces, konkretiseret ved databaser og modeller.

#### 3.1 IMIS produkter

Der er i DMU igangsat og afsluttet en række udvalgte aktiviteter med henblik på at udvikle et integreret miljøinformationssystem (IMIS). Et integreret led i et sådant informationssystem er udviklingen af modeller og værktøjer, der på sektorniveau såvel som på medieniveau og under forskellige antagelser, kan fremskrive udviklingen i

## IMIS AKTIVITETER I 1996-1999



Figur 3. IMIS aktiviteter på DMU i årene 1996-1999.

de sektor-økonomiske forhold og i de fysiske/kemiske/biologiske forhold, der har betydning for sektorens påvirkninger af miljøet. Udviklingen af sådanne modeller og værktøjer er igangsat i første omgang for sektorerne landbrug, trafik og energi.

Udviklingen af værktøjer og metoder er ikke et mål i sig selv. Formålet med koncept- og metodeudviklingen er, at kunne analysere miljøet på en integrerende måde. Der kan være tale om det lokale, nationale, regionale og globale miljø. På hvert niveau kan de socio-kulturelle, økonomiske og miljømæssige ændringer udforskes. Værktøjer og metoder i integrerede analyser og IMIS er derfor generiske dvs. at de kan anvendes på forskellig skala.

Nøgletemaer i IMIS

Nøgletemaer i det aktuelle IMIS er:

- Pesticider
- Landbrug
- Luftforurening
- Natur
- Trafik

Figur 3 viser IMIS aktiviteter for perioden 1996-1999.

Da etableringen af et integreret miljøinformationssystem er et omfattende og løbende udviklingsarbejde, er det meget vanskeligt for et givet fremtidigt tidspunkt at forudsige noget helt præcist om udviklingsgraden af f.eks. en model eller et modelkompleks, samt om hvilke elementer, der præcist vil være indeholdt heri. Det er imidlertid vigtigt at kunne angive retningen for udviklingsarbejdet samt at kunne udstykke udviklingsprocessen i nogle mere konkrete og overskuelige delprojekter.

Produktstrukturen kan indenfor et givet miljøtema beskrives ved

1. Udvikling af rammerne for et miljøinformationssystem, hvor der gives en beskrivelse af de fire første led i DPSIR-kæden
2. Udvikling af værktøjer
3. Vurdering af tiltag og scenarier

I et vist omfang vil det afhængigt af miljøtemaet være muligt at organisere informationen som et sammenhængende sæt af DPSIR-indikatorer. Efterhånden som stadig flere miljøtemaer inddrages i processen, vil informationen tillige kunne gøres sektororienteret (en given sektors bidrag til miljøproblemer og med hvor meget).

Et integreret led i IMIS er udviklingen af modeller og værktøjer, der på sektorniveau under forskellige antagelser kan fremskrive udviklingen ikke blot i de erhversøkonomiske forhold, men tillige i de fysiske forhold, der har betydning for sektorens påvirkninger af miljøet. Udviklingen af sådanne modeller og værktøjer er igangsat dels for miljømodeller dels for sektormodeller for landbrug og trafik.

I det følgende gives kun en kort beskrivelse af de udviklede værktøjer og deres anvendelse. Efter første del af projektet vedr. "Integrerede modeller som prognose og prioriteringsværktøj" foreligger en række værktøjer til anvendelse i forbindelse med scenarieanalyser indenfor nogle af de miljøtemaer, der indtil nu har været inddraget i IMIS-arbejdet. Under projektet "Realistiske Scenarier" opstilles en række scenarier indenfor miljøtemaerne: marine farvande, luftforurening (forsuring, eutrofiering og troposfærisk ozon) samt pesticider. Projektet skal demonstrere og afprøve disse værktøjer i forbindelse med opstilling og analyser af Realistiske Scenarier, dvs. scenarier, der er relevante og interessante i en aktuell miljøpolitisk sammenhæng.

For en mere detaljeret beskrivelse henvises til afrapporteringen af de enkelte IMIS produkter (se referencer i Appendiks).

### 3.1.1 Databaseudvikling under IMIS

Database opbygningen er en vigtig del af IMIS arbejdet. Som et eksempel fremhæves pesticiddatabasen.

#### *Pesticiddatabasen*

Pesticiddatabasen er udarbejdet i forbindelse med udviklingen af en model til beregning af pesticidforbruget. Pesticiddatabasen samler data og forbinder viden og data opnået i projektet. Databasen er også et vigtigt led i at koble beregningsresultater fra landbrugsscenerier til miljøeffektmodeller. For en nærmere beskrivelse af databasen henvises til Illerup et al. (1999).

I IMIS anvendes også allerede eksisterende databaser, med f.eks. emissionsopgørelser og overvågningsdata. I det følgende vil DMUs nationale temadatabase blive omtalt kort.

#### *Temadatabasen*

På DMU er der etableret en *temadatabase*, baseret på data og indikatorer, som er indsamlet i forbindelse med udarbejdelsen af miljøtilstands- og indikatorrapporter. Disse data dokumenteres i temadatabasen, idet der for hvert datasæt, figur eller tabel udarbejdes et standardblad som beskriver og dokumenterer den pågældende information (datakilde, primære og/eller sekundære data, metode til beregning af indikatoren, opdateringshyppighed, geografisk dækning m.v.).

Temadatabasen opbygges i HTML - Internet, og er ikke en database i ordets egentlige forstand, men en præsentation af miljøstatistik og indikatorer. Formålet med temadatabasen er dels at fungere som dokumentation for tilstandsrapporten "Natur og Miljø 1997", men også at der sker en løbende opdatering af datasættene, samt en udbygning med yderligere indikatorer. Som en integreret del af udbygningen af temadatabasen arbejdes med udvikling af DPSIR-indikatorer bl.a. som led i forberedelsen til den næste nationale rapport om miljøets tilstand.

### 3.1.2 Miljømodeller under IMIS

#### *Konsekvensmodeller*

Miljøkonsekvensmodeller eksisterer og udvikles især på følgende områder:

- Luftforurening
- Havmiljø
- Drivhusgasser
- Næringsstoffer (N og P)
- Pesticider
- Ferskvand
- Biodiversitet/Natur



En stor del af udviklingsarbejdet er knyttet til udviklingen af IMIS og er finansieret dels af projektkontrakten "Integrerede modeller som prognose- og prioriteringsværktøj" og dels af DMUs basismidler.

### Luftforurening

Luftforureningstemaet omfatter forsurenings- og eutrofieringsproblematikkerne og dertil forureningen med troposfærisk ozon. På længere sigt er det tanken at inddrage forureningen med POP'er og tungmetaller.

Beskrivelsen af miljøkonsekvenserne af alternative fremskrivningsforløb involverer atmosfæriske langtransportmodeller, depositionsmodeller, tålegrænsem modeller samt værktøj til beregning af grad af overskridelse af opstillede tålegrænser. Endvidere værktøjer til beregning af konsekvenser af tålegrænseoverskridelser (fx. udbyttegang som følge af forurening med troposfærisk ozon).

Organiseringen af et koncept, der involverer alle disse modeller og værktøjer på luftforureningsområdet samt deres sammenhæng med den økonomiske udvikling er beskrevet i DMU-rapporten "Tålegrænser for luftforurening: Anvendelse i strategisk miljøplanlægning" (1999). Der vil endvidere blive etableret en hensigtsmæssig snitflade mellem de samfundsøkonomiske fremskrivningsmodeller og konsekvensberegningssmodellerne. Eksempelvis må emissionerne af  $\text{NO}_x$  og  $\text{SO}_2$  fra den makroøkonomiske model ADAM (Danmarks Statistik, 1996) disaggregeres geografisk for at kunne indgå i transportmodellerne og effektberegningerne. For  $\text{NH}_3$ 's vedkommende skal der også arbejdes mod en lokalskala emissionsopgørelse, da effekterne af ammoniak primært forekommer tæt ved kilderne i landbruget (husdyr).

### Havmiljø

Under IMIS arbejdet anvendes Kattegat iltmodellen (Christensen et al., 1998). Input parametre inkluderer N deposition fra ACDEP modellen (Hertel et al., 1993) og N tilførslen fra NP-modellen (Paaby et al., 1996). "Ilt modellen" estimerer ændringen i iltforholdene i bundvandet i de åbne danske farvande som en følge af ændringer i næringsstofftilførslen. Modellen muliggør en evaluering af effekterne af forskellige scenarier på iltforholdene i de danske åbne havområder. Denne tilstand er et af de kriterier, som anvendes til at evaluere effekterne af eutrofiering på det marine miljø. Derudover kan omfanget af næringsstofftilførslen som forudsiges af de forskellige scenarier sammenlignes med de aktuelle og historiske tilførsler til det marine miljø, at de mulige effekter af scenarierne kan rangordnes.

### Næringsstoffer (N og P)

For emissionen af næringsstoffer er landbrugssektoren af central betydning. Udvaskningen af kvælstof (N) og fosfor (P) fra landbruget er af afgørende betydning for vandkvaliteten i det marine miljø og ferskvandsmiljøet. Endvidere er ammoniakfordampningen af central betydning for bl.a. eutrofieringsproblematikken.

Til vurdering af konsekvenserne i form af kvælstofudvaskning, fosforafstrømning og ammoniak tages udgangspunkt i DMUs NP-model. NP-modellen er defineret på de såkaldte 2. ordens oplande (48 afstrømningsområder). Modellen beregner belastningen af en række farvandsområder som resultat af produktionsmæssige og teknologiske forskydninger i landbruget, samt af andre bidrag som spil-

devand og depositioner fra atmosfæren. I miljødelmodellen håndteres ydermere forhold som transport og tilbageholdelse i forskellige økosystemer før den endelige belastning af fjorde og havområder bestemmes.

Hvad angår analysen af de miljømæssige konsekvenser af ændringer i såvel det landbaserede som den luftbaserede tilførsel af kvælstof til havområdet, er der etableret en sammenkobling af NP-modellen og den atmosfæriske transport og depositionsmodel ACDEP (Hertel et al., 1993) med havmodellen HAV90-modellen (Christensen et al., 1998). På fjordområdet kan effekten af ændrede kvælstoftilførsler ligeledes analyseres og der er i denne forbindelse foretaget en fjordklassifikation med henblik på følsomheden overfor ændrede kvælstoftilførsler.

NP-modellen skal forbedres således, at den giver en bedre beskrivelse af N-udvaskningen, af N-retentionen og af P-tabet.

#### *Drivhusgasser*

Der er udviklet en submodel til beregning af emissionen af lattergas og metan fra landbruget. Udvikling af konsekvensberegningsmodeller for disse drivhusgasser følger konceptet fra NP modellen, dog udbygget med forskellige variable for fysiske/teknologiske forhold.

#### *Pesticider*

På pesticidområdet er der etableret indikatorer for en række centrale miljøaspekter af pesticidanvendelsen. Udviklingen i disse miljøaspekter som følge af forskellige pesticidmissionsforløb kan herefter belyses. De miljøaspekter, det drejer sig om, er grundvandstrussel, persistens samt toksicitet. I løbet af perioden vil der blive etableret en indikator for truslen på overfladevand, ligesom det vil blive forsøgt at knytte udviklingen i emission af pesticider til det øvrige modelkompleks for landbrugssektoren.

Til behandling af konsekvenser af pesticidforbruget bygges der videre på DMUs pesticidmodel. Pesticidmodellen beregner miljøeffekter af emissionen af pesticider, fordelt på typer af pesticider, afgrøder og jordbund. Miljøeffekterne bestemmes som koncentrationen af pesticiderne i grundvand, overfladevand og i forskellige jordlag vha. teoretiske transportmodeller.

#### *Natur og biodiversitet*

Natur- og biodiversitet behandles i første omgang helt overordnet, idet forskellige parametre i landbrugssektorens udvikling kan indikere udviklingen. Det gælder f.eks. braklægning, sprøjtning, arealer i og udenfor omdrift, gødningstilførsel, specialisering mv. Det videre arbejde vil søge at inddrage resultaterne fra DMUs øvrige arbejde med natur, naturkvalitet og biodiversitet.

I IMIS-regi foregår der desuden et udviklingsarbejde på en række andre områder end de ovennævnte, nemlig bl.a. ferskvandsområdet, naturkvalitet samt luftkvalitet i byer.

#### **3.1.3 Sektormodeller under IMIS**

I de følgende afsnit beskrives en række modeller, der alle har til formål at analysere scenarier, der mere eller mindre direkte knytter an

til makroøkonomiske scenarier, hvorfor der indledningsvis gives en omtale af sådanne scenarier.

### Makroøkonomiske modeller

En del af filosofien bag DPSIR-konceptet (se kapitel 2) er, at næsten alle miljøproblemer udgår fra forskellige former for økonomisk aktivitet i form af forbrug og produktion. Makroøkonomiske scenarier, der beskriver udviklingen i disse økonomiske aktiviteter vil derfor være af central betydning i den strategiske miljøplanlægning. Typisk opereres med et basis scenarie, der f.eks. fremskriver udviklingen med udgangspunkt i den nuværende miljøpolitik og i den nuværende generelle økonomiske politik (fremskrivning/prognose). Derpå fremstilles en række alternative scenarier, der hver for sig viser virkningen af variationer i forskellige forudsætninger.

### Miljøstrategiske tiltag

Det kan f.eks. være egentlige miljøstrategiske tiltag som indførelse af yderligere grønne afgifter, det kan være andre strategiske indgreb som f.eks. en liberalisering af EU's landbrugspolitik eller det kan være variationer i rene 'tekniske' forudsætninger som f.eks. verdensmarkedsprisen for råolie.

### ADAM

Aktiviteterne bestemmes i en makroøkonomisk model. Arbejdet er her centreret om den makroøkonomiske model, ADAM (Danmarks Statistik, 1996), som anvendes af Finansministeriet til officielle økonomiske fremskrivninger. Begrebet *makroøkonomisk model* indikerer, at modellens enheder er defineret på et ret højt aggregeringsniveau (er aggregeret over individer), og i denne sammenhæng også at der gives en samlet bestemmelse af alle markedsmæssige økonomiske aktiviteter (samt den offentlige sektor). Ved anvendelse af en makroøkonomisk model, anlægges der en samlet betragtning, hvor man i princippet forsøger at tage højde for den indbyrdes afhængighed og samspil mellem de forskellige økonomiske aktiviteter i samfundet. Fordelen ved denne overordnede indfaldsvinkel er, at man undgår at operere med fragmenterede og måske delvis indbyrdes modstridende analyser på enkeltområder.

Selv om makroøkonomiske modeller og scenarier er centrale ved en operationalisering af DPSIR-konceptet, er der imidlertid en række forhold, der gør, at resultaterne ikke direkte kan anvendes i en strategisk miljøplanlægnings sammenhæng, og en række forhold, der gør dem utilstrækkelige i relation til DPSIR-konceptet som helhed. Det drejer sig bl.a. om følgende forhold:

- Output i de makroøkonomiske modeller er overvejende økonomiske termer
- Makromodellens aggregeringsniveau
- Kun små ændringer kan analyseres

En beskrivelse af ADAM kan findes en rapport fra Danmarks Statistik (1995).

### Modeller på energiområdet

Scenarieaktiviteterne på energiområdet tager udgangspunkt i satellitmodellen EMMA (Andersen og Trier, 1995) til den makroøkonomiske model ADAM, der på baggrund af en given samfundsøkonomisk udvikling fremskriver energiforbruget (herunder energiforbruget til transport) og beregner de resulterende samlede emissioner af SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> og CO<sub>2</sub> på nationalt plan. Modelværktøjet skal ses som et supplement til Energistyrelsens energimodelanvendelse i og med man i ADAM-værktøjet bl.a. kan vurdere effekterne af økonomiske styringsmidler på energiforbruget og de samlede emissioner i en samfundsøkonomisk konsistent ramme.

Satellitmodellen beregner det danske bidrag til emissionerne af CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> og NO<sub>x</sub> på nationalt niveau. Med henblik på at kunne illustrere påvirkningen af miljøtilstanden hidrørende fra emissionerne af SO<sub>2</sub> og NO<sub>x</sub>, skal disse emissioner være input til atmosfæriske luftforureningsmodeller, depositionsmodeller mv. Dette nødvendiggør en vis geografisk fordeling af emissionerne, som må foretages på basis af viden om lokaliseringen af nogle af de mest betydende kilder til disse emissioner og herudover vha. forskellige simple fordelingsnøgler.

For at kunne vurdere SO<sub>2</sub>- og NO<sub>x</sub>-emissionernes betydning for miljøtilstanden (overskridelse af tålegrænser for forsuring og eutrofiering), er det nødvendigt dels at supplere de nationale emissioner med udenlandske bidrag og dels at kombinere resultaterne med en række miljømodeller (luftspredningsmodeller mv.) og der vil i denne forbindelse være behov for en vis geografisk opdeling af emissionerne.

EMMA omfatter emissioner fra energiforbruget til trafik men der er et behov for særskilte fremskrivninger af trafikomfanget, idet emissioner fra trafik på nationalt plan ikke er tilstrækkelige i forbindelse med miljøtemaet trafik og miljø.

### Troposfærisk ozon

I forbindelse med luftforureningstemaet som led i opbygningen af IMIS arbejdes der på at inkludere emissionerne af NMVOC'er (ikke methan VOC) i modelarbejdet med henblik på bedre at kunne belyse dannelsen af troposfærisk ozon.

### ALTRANS

#### Modeller på transportområdet

Arbejdet med scenarier og scenarietværktøj på trafikområdet tager udgangspunkt i de aktiviteter, der foregår indenfor ALTRANS-projektet (Christensen et al., 2000). ALTRANS er et modelkompleks, der er designet til at kunne vurdere de forureningsmæssige konsekvenser af reguleringer på persontrafikområdet. Specielt undersøges mulighederne for og konsekvenserne af at overflytte trafik fra bil til kollektive transportmidler.

Modelværktøjet tager udgangspunkt i en beskrivelse af enkeltindividernes trafikale adfærd knyttet til en række karakteristika ved individerne (køn, alder etc.), deres husstande, de områder de færdes i samt de transportmidler, som de har mulighed for at benytte. På denne baggrund beskriver modelværktøjet individernes transportmiddelvalg som funktion af bl.a. priser for de forskellige transportmidler, udbudet af kollektiv trafik (tilgængelighed, frekvens, etc.) samt rejsehastighed. Herefter bestemmes emissionerne af CO<sub>2</sub> (på lidt



længere sigt også andre relevante stoffer) afhængigt af valget af transportmiddel. Trafikmodellens grundlag er undersøgelser af transportvaner, der består af grundige interviews om udvalgte individers transportadfærd (stikprøver) på bestemte dage, suppleret med relevante data for bl.a. takster og betjening i kollektiv transport samt boliger og arbejdspladser lokaliseret.

Opstilling af et scenario for transportmiddelvalg og emissioner kan ske ved at tage udgangspunkt i forudsætninger om udviklingen i alle de forklarende variable, hvorefter modellen beregner individernes transportmiddelvalg skaleret til hele befolkningen og de tilhørende emissioner. Udviklingen i de forklarende økonomiske variable vil kunne baseres på ADAM-fremskrivninger. I alternative scenarier kan virkningen på transportmiddelvalg og emissioner af f.eks. højere benzinafgifter, lavere takster for kollektiv transport, forbedret betjening med kollektiv transport (større afgangsfrekvens, mindre transporttid, større dækning etc.) beregnes. De videre samfundsøkonomiske virkninger af sådanne tiltag må beregnes udenfor modellen (f.eks. ved brug af ADAM).

### *Basisscenarie*

I scenariesammenhæng vil man med hjælp af dette modelværktøj være i stand til dels at konstruere et basisscenario, der beskriver udviklingen et antal år frem i tiden ved uændret trafikpolitik, og dels at konstruere en række alternative udviklingsforløb, der belyser konsekvenser af forskellige alternative kombinationer af styringsmidler overfor trafikken, (drivmiddelafgifter, udbygning af den kollektive trafik, billetpriser etc.) for trafikarbejdets størrelse og dets fordeling på transportmidler og drivmidler. De forureningsmæssige konsekvenser fås herefter ved at multiplicere trafikarbejdet med de forventede emissionskoefficienter fra et emissionsmodul.

Modelværktøjet er udviklet på nationalt niveau, men det er dog på længere sigt muligt også at udvikle modeller, der kan bruges på mindre regioner og specifikke byområder. Scenariевærktøjet holdes sammen med ADAM-modellens fremskrivninger af det samlede energiforbrug til transport og af de samlede emissioner som følge heraf, er af samme størrelsesorden og følger samme udvikling.

### **Modeller på landbrugsområdet**

På landbrugsområdet er der gennemført et arbejde med henblik på at udvikle et scenariевærktøj, der beregner såvel økonomiske som natur- og miljømæssige konsekvenser af forskellige landbrugsmæssige udviklingsforløb, herunder konsekvenser af iværksættelse af forskellige miljø- og landbrugsstrategiske initiativer. Udover at kunne fremskrive de sektorøkonomiske forhold kan man tillige beskrive udviklingen i arealanvendelse (herunder afgrødesammensætning), i husdyrholdet (nationalt og fordelt på regioner), den forventelige udvikling i anvendelse af hjælpestoffer i landbrugsproduktionen (bl.a. gødning, pesticider, energi) samt udviklingen i bedriftsstrukturen.

I projektet udvikles der snitflader mellem modellerne med henblik på integreret anvendelse.

De krav til data, der er behov for til miljøkonsekvensanalyser, vil være større end hvad en almindelig økonomisk sektormodel umid-

delbart vil kunne honorere, - fx. en geografisk fordeling af landbrugsproduktionen. Der er derfor behov for enten at tilpasse eller udbygge den økonomiske sektormodel og/eller at udvikle systemer, der kan fortolke eller disaggregere output fra sektormodellen, så dette output kan anvendes videre som input i modeller eller informationssystemer til belysning af de forskellige miljøproblemer.

De miljøproblemer, det først og fremmest drejer sig om, er 1) næringssaltbelastningen af vandmiljøet, hvor DMU har udviklet en integreret konsekvensberegningsmodel (NP-modellen), 2) belastningen af terrestriske økosystemer med ammoniakdepositioner, 3) belastningen med pesticider, hvor DMU har en konsekvensmodel som delvis parallel til NP-modellen 4) udviklingen i landskab og biodiversitet og om 5) landbrugets bidrag til klimaeffekten (methan, lattergas, kuldioxid).

Til beskrivelse af nationaløkonomiske sammenhænge og generering af makroøkonomiske scenarier tages generelt set udgangspunkt i ADAM modellen med henblik på at sikre konsistens på tværs af sektorer af et samfundsøkonomisk udviklingsforløb og de efterfølgende eventuelle miljømæssige konsekvenser. Imidlertid er landbrugssektoren her beskrevet på helt aggregeret niveau i ADAM, at ændringer indenfor sektoren ikke kan analyseres.

#### *ESMERALDA*

På sektorniveau anvendes derfor en sektormodel udviklet af Statens Jordbrugs- og Fiskeriøkonomiske Instituts, *ESMERALDA* (Jensen, 1996). Modellen anvendes til beskrivelse af den nationaløkonomiske udviklings betydning for landbruget og analyse af forskellige landbrugs- og miljøstrategiske tiltags betydning for sektoren. *ESMERALDA*-modellen behandler bl.a. ændringer i afgrødefordeling og husdyrhold, råvareforbrug og indtjening i 19 driftsgrene for så vidt angår økonomiske og strategiske betingelser. *ESMERALDA* er en national sektormodel, der opererer med driftsgrene. I løbet af det næste år vil den blive regionaliseret efter amter. Herudover vil modellen blive ændret, for at bedriftsstrukturelle forhold kan belyses.

#### *Sammenkoblingen ESMERALDA og NP*

Ved sammenkoblingen af eller ved dataoverførslen mellem *ESMERALDA* og miljømodellerne er der en række væsentlige problemer. For det første arbejder *ESMERALDA* med økonomiske værdier, mens miljømodellerne anvender fysiske enheder, - der må en oversættelse af værdier til mængder til for at modellerne kan anvendes i sammenhæng. For det andet er inddelingen af landbruget forskellig. *ESMERALDA* arbejder med driftsgrene, mens miljømodellerne anvender bedriftstyper. Den ovenfor nævnte planlagte ændring af *ESMERALDA* vil dog kunne bidrage væsentligt til en løsning af dette problem. Endelig for det tredje er regionaliseringen forskellig mellem *ESMERALDA* og miljømodellerne. Fordelingsnøgler til håndtering af dette problem kræver særlige analyser.

#### *Det samlede modelsystem*

Figuren nedenfor illustrerer det samlede modelsystem. Kasserne indeholder de anvendte modeller, mens cirklerne indeholder de variable, der binder modellerne sammen. Som det fremgår danner ADAM og *ESMERALDA* modellerne tilsammen beskrivelsen af de økonomiske og strategiske forhold, mens NP-modellen danner bindeleddet mellem landbrugets produktionsmæssige forhold og de øvrige miljø-

jømodeller, når der ses bort fra pesticider, der varetages af DMU-pesticidmodellen. Det skal nævnes, at nærings saltbelastningen af fjorde og havområder indgår som input i fjord- og havmodeller til beregning af kvalitetsindikatorer for disse medier.

### 3.1.4 Realistiske scenarier: en operationalisering af IMIS

I det hidtidige arbejde med udviklingen af IMIS til brug for den strategiske miljøplanlægning har der været lagt vægt på kortlægge, operationalisere og udvikle værktøjer og viden til beskrivelse af problematikkerne på nogle udvalgte miljøområder indenfor rammerne af DPSIR-konceptet. En væsentlig del af dette arbejde har omfattet en identifikation og udvikling af indikatorer for ændringer i miljøtilstanden samt en udvikling og sammenstilling af værktøjer og metoder til konstruktion af scenarier, der beskriver sammenhængen mellem udviklingen i miljøtilstanden og udviklingen i de samfundsmæssige aktiviteter, der udvirker forskellige belastninger af miljøet.

Det er hensigten med nærværende projekt at demonstrere og afprøve disse værktøjer i forbindelse med opstilling og analyser af realistiske scenarier, dvs. scenarier, der er relevante og interessante i en aktuel miljøstrategisk sammenhæng. Formålet hermed er for det første at udbrede kendskabet til værktøjerne i ministeriet, for det andet at opnå erfaringer med anvendelse af de forskellige værktøjer, herunder specielt når de anvendes i sammenhæng med hinanden og endelig for det tredje at undersøge i hvor høj grad værktøjerne er egnede til at belyse de problemstillinger, der ud fra en miljøstrategisk synsvinkel er de væsentlige. På denne måde skal projektet også bidrage til inspiration til relevante videreudviklinger af eksisterende værktøjer eller udvikling af supplerende værktøjer.

#### *Realistiske scenarier*

Der er opstillet en række scenarier indenfor nogle af de miljøtemaer, der indtil nu har været inddraget i IMIS-arbejdet. For landbrugssektoren drejer det sig om følgende miljøtema: marine farvande, luftforurening (ammoniak og ozon) samt pesticider.

Der udvikles scenarier for henholdsvis landbrug og transport samt et luftscenarie med henblik på at estimere effekter af ammoniak.

Der gennemføres også pesticid- og marine scenarier der begge er koblet til ovenstående scenarier. Afslutningsvis gennemføres der et ozonscenarie der demonstrerer anvendelse af værktøjet som grundlag for internationale forhandlinger om reduktioner af ozondannende luftforureninger.

#### *Landbrugsscenariet*

Dette scenarium analyserer konsekvenserne af EU's landbrugsreform (Agenda 2000) i kombination med de tiltag der er en del af Vandmiljøplan 2. For yderligere beskrivelse af scenariet og resultater se Andersen et al., 2000.

#### *Luftscenariet*

Dette scenarie analyserer baggrundsrapporter for en eventuel dansk ammoniakhandlingsplan. Der foreligger tre "grove" scenarier for ammoniakudledningen i Danmark. Vurderingen er baseret på 3 sce-

varier med udgangspunkt i 1996 emissioner (Andersen et al. 1999, Bak et al. 1999):

- 0% reduktion af danske ammoniakudslip (Scenario 1)
- 50% reduktion af danske ammoniakudslip (Scenario 2)
- 100% reduktion af danske ammoniakudslip (Scenario 3)

Dertil skal bemærkes, at en fuld efterlevelse af gældende lovgivning forventes at give en reduktion i emissioner på godt 8% i forhold til 0% scenariet. En fuld implementering af Vandmiljøplan II i år 2003 forventes at give en reduktion på 22% i forhold til 0% scenariet for 1996 emissioner. Der er ikke lavet fremskrivninger af aktiviteterne inden for landbrugssektoren, men beregningerne går ud fra implementeringer af scenarier og lovgivning på husdyrhold anno 1996. Det er endvidere antaget, at reduktionerne gennemføres med samme procent overalt i landet, og at de nødvendige tiltag ikke vil have andre afledte effekter for dansk natur.

Der er lavet statiske vurderinger, hvor ovenstående scenario 3 må siges ikke at være realistisk. Derimod har der vist sig behov for at lave mere detaljerede scenarieberegninger for området mellem scenario 1 og 2, hvor man med generelle tiltag vil kunne opnå en del af miljømålsætningen.

Målet med at optimere miljøeffekter og omkostninger for tiltag har desværre ikke vist sig at være en farbar vej i det aktuelle tilfælde. Dette er bl.a. erkendt delvist gennem arbejdet med modelinterfaces (Tybirk et al 1999) og skyldes delvist at rapportering af de økonomiske konsekvenser af tiltagene for at begrænse ammoniakudledningerne ikke var tilgængelige på det pågældende tidspunkt. Endvidere er ESMERALDA-modellen ikke specielt velegnet til dette formål.

Strategisk satses der formodentlig på generelle virkemidler i en ammoniakhandlingsplan kombineret med helt lokale vurderinger i forbindelse med VVM godkendelser af bedrifter, som midler til at opnå miljøforbedringer. Behovene for scenarier er således ændret og det blev derfor besluttet at arbejdet koncentrerer om nedenstående scenarier, som kan vise sig at være mere relevante og realistiske for implementeringen af en kommende dansk ammoniakhandlingsplan.

Scenarierne under dette delprojekt beregner de miljømæssige konsekvenserne af emissioner, spredning og deposition. Depositioner beregnes ved hjælp af resultater fra ACDEP modellen for NO<sub>x</sub> og fra KONSEKVENS 2-modellen for ammoniak. Scenarietkørslerne skal belyse spørgsmål som: betydningen af overdækning af gyllebeholdere, de bedste mulige staldtyper, en skærpet henliggetid for gylle/gødning på bar jord til 1 time, +/-30% reduktion i svineholdet i Danmark.

#### *Ozonscenariet*

Der køres scenarier for ozonkoncentrationen i Danmark for at undersøge, hvilke europæiske/internationale reduktioner af NO<sub>x</sub> og VOC der ville have de største effekter på overskridelser af troposfærisk ozon i Danmark med hensyn til human sundhed, landbrugsafgrøder, naturlig vegetation og træer (Zlatev et al., 2000).



## *Marine scenarier*

De relevante marine scenarier består af (1) ændringer i transport og energisektorerne som vil forandre den atmosfæriske deposition af N ved afbrænding af fossile brændstoffer, (2) ændringer i landbrugets dyrkningspraksis gennem ændrede gødsning eller dyrehold og den efterfølgende tab fra marker til det akvatiske miljø og (3) ændringer i den atmosfæriske deposition af N gennem ændringer i landbrugspraksis f.eks. ammoniak fordampning fra handels- og husdyrgødning og de efterfølgende ændringer i det marine miljø.

Effekterne på det marine miljø bliver også evalueret ved hjælp af en konceptuel ramme som giver en kvalitativ opgørelse af effekterne af ændringer i næringsstof tilførslen til det marine miljø. Effekterne af næringsstoffer i det marine miljø afhænger af omfanget og tidspunktet for tilførslen. Begge elementer vil blive evalueret idet de begge er vigtige determinanter for den type respons der observeres i det marine miljø.

## 4 Diskussion og konklusion

### 4.1 Generelle spørgsmål om opbygning af et IMIS

*Konsensus om koncept og mål*

En af de vigtigste erfaringer ved projektet er at den konceptuelle ramme bør udvikles og kommunikeres tidligt i processen og at der er konsensus om rammens indhold og målsætningerne med arbejdet. En sen integrationen af delprojekterne gør det svært at binde stykkerne sammen. Hvis man har en klar idé af rammen i processens start er det nemmere at lede og koordinere forskningsarbejdet således at man undgår huller og sikrer at de forskellige komponenter passer sammen som en del af en logisk helhed. Dette gælder både indenfor de enkelte projekter såvel som når alle delprojekterne skal hænge sammen.

*Iterativ udvikling af IMIS*

Opbygningen af IMIS bør baseres på en gradvis forbedring af systemet. Rammerne for de integrerede analyser skal udfyldes iterativt. Erfaringer fra en tidligere version af systemet kan anvendes til at forbedre opbygningen og fokus i den følgende version. Hvis der er uventede store usikkerheder eller manglende viden og informationer, må der anvendes flere ressourcer til at forbedre systemet. Omvendt hvis det forekommer at initiale usikkerheder eller antagelser har en lille effekt på resultaterne, behøver man ikke at investere i flere ressourcer i en forbedring af modellen.

Indenfor nogle områder som f.eks. emissionsopgørelser, meteorologi og biologi findes der meget store datamængder. Indenfor andre områder findes der et stort antal modeller som kræver supercomputere og producerer enorme mængder data. Disse databaser og modeller kører på mange forskellige computer platforme og bruger forskellig slags software. De har ofte forskellige aggregeringsniveauer og baseres på forskellige antagelser. Det er vanskeligt at integrere disse data og modeller i integrerede analyser. Der bør derfor udvikles simple modeller som kan anvendes som delkomponenter i IMIS.

*Simple modeller*

De simple modeller kan være et mindre datasæt eller en model der opsummerer data og modelresultaterne på et højere aggregeringsniveau. Simple modeller giver en nødvendig og nyttig indsigt især når de er udviklet på basis af detaljerede videnskabelige modeller og data. Som et eksempel på dette kan nævnes en simplificering af modeller for atmosfærisk transport og kemi som opsummeret simulering med en detaljeret model ved brug af en emissions-receptor matrice. Typisk vil en sådan matrice give ændringen i den atmosfæriske koncentration eller deposition ved hver receptor lokalitet for en bestemt luftforurening, der igen skyldes en ændring i emissioner ved hvert kildelokalitet. Kørsler af f.eks. Eulerske transportmodeller, der normalt tager flere timer, kan repræsenteres i en lille tabel. For at estimere ændringerne i den atmosfæriske koncentration og deposition ved hver receptor, der skyldes bestemte emissioner, multipliceres den nye emissionsvektor for hver kilde med matricen og summeres over bidragene fra hver kilde.

Nogle simple modeller er blevet kritiseret, f.eks. RAINS modellen, for ikke at være direkte baseret på troværdige videnskabelige data. Af den grund bør simple modeller dannes på basis af aggregeringer eller statistiske tilpasning af data eller modelresultater.

Det bliver ofte påpeget at simple modeller ikke repræsenterer de detaljerede fysiske, kemiske og biologiske mekanismer som vides at eksistere i systemerne. Men formålet med simple modeller er at vise, hvor godt resultaterne passer med de empiriske data og modelresultater der betragtes som troværdige. I praksis viser det sig ofte at simple modeller passer godt med sådanne data. Typisk overskygges approksimationen, der introduceres ved en forsimpning, af usikkerheder i den originale detaljerede model eller datasæt.

#### *Lineære og ikke-lineære processer*

Emissions-receptor matricer er lineære og de antager en lineær sammenhæng mellem emissioner fra hver kilde og den atmosfæriske koncentration eller deposition ved hver receptor. De detaljerede faglige/videnskabelige modeller vil ofte være dynamiske modeller med tidsforskydninger til model akkumulation over tid af de kemiske stoffer i luft eller i de akvatiske systemer. Disse modeller er stærkt ikke-lineære. Der er en udbredt konsensus blandt forskere at ozon dannelsen er en proces som påvirkes på en ikke-lineær måde af de atmosfæriske koncentrationer af en lang række af forskellige kemiske stoffer. Derfor skal man være skeptisk overfor anvendelsen af simple emissionsreceptor matricer som udvikles af simple modeller når det drejer sig om at forudsige effekten af reduktioner af ozon eksponeringer eller andre ikke-lineære forureninger. I sådanne tilfælde anbefales det at anvende en detaljeret atmosfærisk transport model til at køre et antal scenarier for forskellige emissioner. Den simple model for et sådan miljøproblem vil være en ikke-lineær respons overflade der passer til resultaterne af disse scenariekørsler.

#### *Peer-review*

Det er vigtigt for den videnskabelige troværdighed og for pålideligheden af de beregnede resultater og scenarier at systemet udsættes for peer-review. Dette gælder både for delkomponenterne, for hele systemet og for dets datagrundlag. Ikke mindst de simple modeller som ikke direkte baserer sig på videnskabelige data og for modeller som kan have en begrænset videnskabelig troværdighed. Modelkomponenterne bør derfor baseres på eller valideres med peer-reviewed videnskabelige data og modeller.

## **4.2 Relationer til den strategiske miljøplanlægning**

Sådan som strategisk planlægning defineres i den Natur- og Miljøpolitiske Redegørelse 1999 (MEM, 1999), er det klart, at scenarier og modeller må indtage en central plads heri, såfremt den strategiske miljøplanlægning skal kunne opfylde sit formål at bidrage til at miljøpolitikken fremover kan gøres mere helhedsorienteret, målrettet og omfatte alle aspekter af miljøproblematikken.

Såvel den strategiske miljøplanlægning som IMIS kan relateres til DPSIR-konceptet (se kapitel 2), der knytter udviklingen i miljøtilstanden sammen med miljøbelastningerne og med udviklingen i de samfundsmæssige aktiviteter, som disse belastninger hidrører fra, i et

integreret system. Der skal derfor udvikles metoder til at fremskrive udviklingen i miljøtilstanden som resultat af udviklingen i de samfundssektorer, som er ansvarlige for belastningerne af miljøet. Denne fremskrivning kan bidrage til en prioritering af miljøindsatsen. Dette betyder bl.a. at alle de nævnte scenarietyper- eller opfattelser i princippet kan komme i spil.

Udviklingen af sådanne metoder implicerer bl.a. anvendelsen af værktøjskassens elementer, se Figur 2, samt en løbende udvikling af en række nye værktøjer, der kan indgå i dette samspil. De forskellige værktøjer skal kunne relateres til hinanden og anvendes i sammenhæng, men det er langt fra givet, at det i alle situationer er nødvendigt eller tilrådeligt at anvende hele modelapparatet. Modelanvendelsen bør nøje tilpasses den foreliggende problemstilling.

Hvilke krav, der stilles til modellerne, afhænger også på et mere generelt plan af karakteren af den miljøpolitik, der føres, i og med indholdet af den strategiske miljøplanlægning til en vis grad vil være en afspejling heraf. Den førte miljøpolitik kan karakteriseres på mange måder, eksempelvis i forhold til dens vægtning af hhv. procesorienterede og målsætningsorienterede elementer. Eksempler på procesorienterede strategier er: den bedste tilgængelige teknologi, renere teknologi, integration af miljøhensyn i sektorpolitik, produkt orienteret miljøpolitik, bæredygtig udvikling. Eksempler på målsætningsorienterede strategier er: grænseværdier, critical loads/levels, emissionsreduktionsmål, recipientkvalitetsplaner, økologisk råderum.

#### *Ikke én model*

Dette er også en af grundene til, at DPSIR-konceptet ikke skal tages til indtægt for en ambition om hverken på kortere eller længere sigt at kunne konstruere een forkromet model, der kan håndtere alle problemstillingerne. En anden væsentlig grund er, at en flerhed af modeller, hvad enten de anvendes parallelt eller serielt, i højere grad sikrer at anvendelsen af den strategiske miljøplanlægning i formuleringen af miljøpolitikken til stadighed fører til en kritisk granskning af modellernes forudsætninger og anvendelighed.

Set i denne sammenhæng kan strategisk miljøplanlægning ses som den proces, hvori man søger at tilrettelægge den samfundsmæssigt mest optimale "response" på de ændringer i miljøtilstanden og de heraf følgende konsekvenser for menneskers levevilkår, som følger af den samfundsmæssige udvikling i bred forstand. Med udgangspunkt i et givent miljøområde/tema skal det integrerede miljøinformations-system understøtte denne proces i og med det leverer en sammenhængende og konsistent beskrivelse af hele "DPSIR-kæden".

Enhver miljøpolitik og hermed også den danske indeholder både procesorienterede og målsætningsorienterede elementer i forskellige vægtninger alt efter hvilken miljøpolitik, der er tale om. Helt generelt kan man sige, at jo mere målsætningsorienteret den førte miljøpolitik er, i jo højere grad vil der være brug for modeller, der kan beskrive tilstande, hvori målsætningerne er opfyldte og kan anskueliggøre de ændringer, der er nødvendige for at tilstandene kan realiseres.

Sammenfattende kan det siges, at en strategisk miljøplanlægning, der primært baserer sig på et makroøkonomisk scenarietværktøj, mest er i

overensstemmelse med en miljøpolitik, der lægger hovedvægten på procesorienterede elementer. Den strategiske miljøplanlægning kan i så fald betragtes som et langsigtet overvågningsystem, der giver et overblik over, hvorvidt den samfundsmæssige udvikling og de miljøstrategiske tiltag bærer i retning af opstillede miljømæssige målsætninger, - til forskel fra et system, der i højere grad mere eksplicit tager udgangspunkt i opstillede målsætninger og derudfra fokuserer på de ændringer, der er nødvendige, for at disse målsætninger realiseres.

Udviklingen af samfundsøkonomiske scenariemodeller og sektor-fremskrivningsmodeller er nødvendig som basis for strategisk miljøplanlægning generelt samt specielt som basis for tilvejebringelsen af scenarier for de forskellige miljøtemaer. IMIS arbejdet har fokuseret på landbrug og transport sektoren, på samspillet mellem sektormodeller og miljømodeller. Begrænsninger og fordele ved de forskellige modeltyper er blevet diskuteret bl. a. i relation til karakteren af de scenarier og fremskrivninger der ønskes foretaget. Derudover har der været en generel modeldiskussion i relation til belysning af konsekvenser af tiltag og styringsmidler.

### 4.3 Konklusioner

IMIS består på nuværende tidspunkt af et antal delkomponenter, dels i form af en afspejling af et DPSIR diagram for de enkelte miljøproblemer, dels i form af forskellige informationskilder (se værktøjskassen). IMIS arbejdet har bestået i at udvikle en værktøjskasse og i at anvende og videreudvikle dets elementer, dvs. både modelarbejde, databaser, m.m. baseret på DPSIR-konceptet. Der er stadig mange huller og metodiske udfordringer, men projektet har bidraget til en større viden og forståelse og nye spørgsmål kan stilles.

#### *Kommunikation*

Opbygningen af et miljøinformationssystem på DMU er mere end afrapportering. Det er en proces der medfører: opbygningen af en værktøjskasse og af et netværk mellem eksperter. Vigtigheden af kommunikationen mellem brugere og udviklere kan ikke understreges nok. En gennemgang af viden, værktøjer, m.m. udvider perspektiverne for anvendelse, afbalancering og imødekommen af behovene, fælles mål, opnåelse af gradvis forståelse. Denne kommunikation er igangsat indenfor mange af IMIS delprojekter og er nødvendig for en succesfuld opbygning af et miljøinformationssystem.

#### *Fire udfordringer*

De fire store principielle udfordringer i videreopbygningen af et IMIS: 1) aggregeringsniveauet, 2) behandlingen af usikkerheder og 3) at kunne anvende en blanding af kvalitativ og kvantitativ viden, 4) samling af komponenter i et fuldt operationelt IT værktøj.

#### 4.3.1 Aggregering versus disaggregering

Fokus- og detaljeringsgraden har stor betydning når der skal opbygges et IMIS for et bestemt miljøproblem. Det er upraktisk at modellere hvert komponent med en maksimal detaljeringsgrad. Detaljeringsgraden skal afspejle prioriteringer, videnskabelig viden, tilgængelighed i modellerne og relationerne til de andre delkomponenter.



## Aggregeringsniveau

Aggregeringsniveauet refererer til den tidslige og den rumlige opløsning. IMIS favner en række forskellige processer som opererer på forskellige tidslige og rumlige niveauer og som har en forskellig kompleksitet. Der findes ikke noget optimal rumlig og tidlig skala for IMIS: dette afhænger af problemets natur og formål. En af de største udfordringer i et IMIS er at forbinde vurderinger udført i høj skala med lav skala. Opskaleringer og nedskaleringer af det rumlige analyse niveau har dybe konsekvenser. Det er relateret til spørgsmålet om processerne er generiske og i hvilket omfang eller om de er klar rumligt forbundet. Med andre ord kan et sammenhæng holde ved større eller mindre skalaniveauer? F.eks. er land og vandproblemer af lokal eller regional karakter men de atmosfæriske processer er transregionale eller globale.

Metodemæssigt er en lokal eller regional tilgang til IMIS mere tiltalende end en global tilgang bl.a. fordi datagrundlaget er mere troværdigt og tilgængeligt på lokal plan, Der er færre interaktioner mellem årsager og effekter og det er nemmere at få en respons på arbejdet.

## Tidsskala

Der er mange forskellige tidslige skala i IMIS. Kortsigtede behov og interesser hos brugerne må tages i betragtning. Men biogeokemiske processer operer over lange perioder, hvorimod økonomiske processer opererer indenfor korte til mellemlange tidsperioder.

## Kompleksitet

Derudover forbinder IMIS mange forskellige processer der adskiller sig væsentligt fra hinanden: fysiske processer, monetære processer, sociale informationsprocesser og strategiske processer. På grund af det store antal processer der skal kombineres må en repræsentation af faglig viden være så enkelt som muligt.

### 4.3.2 Behandling af usikkerhed

Det er vigtigt at udføre analyser og vurderinger af usikkerhederne i hele systemet såvel som af de enkelte delkomponenter. Dette gøres med egnede metoder dvs. ved brug af sandsynlighedsfordelinger, baseret på variabiliteten af observerede data når dette kan lade sig gøre eller ved at gøre brug af ekspertvurderinger.

Alle størrelserne i den kvantitative del af et IMIS vil være usikre. Dette kan skyldes manglende data, ufuldstændig videnskabelig viden, approksimationer i modellerne eller en kombination af dem alle.

En eksplicit repræsentation af usikkerhed giver et klart indtryk af troværdigheden i de kvantitative fremskrivninger og analyser. Det gør at de folk der udvikler modeller kan være ærlige med systemets, delkomponenternes og modellernes præcision. Dette hjælper brugerne til at forstå hvilken vægt der kan gives til scenarieresultaterne.

I praksis må det siges at usikkerheden udtrykker en nedre grænse for den aktuelle usikkerhed fordi der ofte er uundgåelige usikkerhedskilder som glemmes. Det er en god idé at repræsentere usikkerhederne i alle input og at udbrede usikkerheden i systemet (ved hjælp af Monte Carlo metoder).

I nogle tilfælde vil der være fordelinger af observationer: her estimeres usikkerheden ud fra den empiriske variabilitet i observationerne. I andre tilfælde vil der enten ikke være nogle empiriske data tilgængelige eller data er kun indirekte relevant: her kan en sandsynlighedsfordeling vurderes af eksperter.

Følsomhedsanalyser og usikkerhedsanalyser er metoder hvor input varieres for at se input's relative effekt på resultaterne. Usikkerhedsanalyse tager sandsynlighedsfordelingen i betragtning og repræsenterer usikkerheden i input og denne fordelings bidrag til usikkerheden i output. Disse metoder er af stor værdi når det skal identificeres hvilke usikkerheder i input der har betydning.

I sådan et stort system som IMIS vil usikkerhed akkumuleres. Usikkerheden kan skyldes manglende viden om vigtige fysiologiske, kemiske og biologiske processer. Mange usikkerheder er af socioøkonomisk natur og reflekterer utilstrækkelig viden om drivkræfterne bag human adfærd. Klassificering af usikkerhedstyper og -kilder: Der kan skelnes mellem flere forskellige typer af usikkerheder. Der kan være tale om usikkerheder i de empiriske kvantiteter og i modellerne som kan skyldes subjektive vurderinger, uenigheder mellem eksperterne, systematiske fejl, approksimationer og tilfældige fordelinger. For en nærmere beskrivelse af behandling af usikkerhed henvises til f.eks. Morgan og Henrion (1990), Funkowics og Ravetz (1990).

#### 4.3.3 Kvalitative analyser

Hvor kvantitative analyser ikke kan lade sig gøre, er kvalitative analyser at foretrække, hvor en grundig gennemgang af videnskabelig litteratur og ekspert viden anvendes. En kvantitativ opgørelse af effekter er til enhver tid at foretrække hvis det kan lade sig gøre. I praksis vil dette næppe kunne lade sig gøre på grund af manglende videnskabelig viden og forståelse eller manglende ressourcer. Kvalitative analyser kan helt sidestilles med kvantitative analyser.

### 4.4 Fremtidige IMIS områder

Udover videreopbygning af eksisterende IMIS-temaer kan nævnes en række andre nye områder såsom bæredygtig udvikling, sundhed, vand, biodiversitet.

#### *Bæredygtig udvikling*

Bæredygtig udvikling er en nøgle koncept i international, national and lokal miljøstrategier siden UNCED konferencen i 1992 i Rio de Janeiro. På trods af dens betydning så er bæredygtig udvikling en meget normativ, værdiladet begreb som kan fortolkes på flere måder. På trods af forskellene har de forskellige definitioner det til fælles at de understreger behovet for at tage vare på både menneskelig udvikling og miljø samtidig. Som sådan er det nødvendigt at anvende en integreret tilgang.

#### *Sundhed*

Miljøproblemer medfører også risici for sundhed. En integreret analyse gør det muligt at syntetisere de miljømæssige og sundhedsmæs-

sige dimensioner og kan anvendes til at udforske de langsigtede potentielle effekter på human sundhed.

#### *Vand*

Vandområdet er et oplagt område for en integreret analyse fordi det inkluderer en mængde af relaterede problemer der har betydning på forskellige skala (drikkevandskvalitet, grundvandskontaminering, oversvømmelser, vandefterspørgsel og forbrug). En integreret analyse beskriver vand i sammenhæng med udvikling indenfor socioøkonomi, kultur, institutioner og miljø.

#### *Biodiversitet*

Biodiversitet, den biologiske diversitet af levende organismer, er en værdifuld reserve af fornybare naturlig ressourcer. Human aktivitet har en stigende effekt på det naturlige miljø. Biodiversitet er af særlig betydning for livskraften i økosystemer. Nogle af disse økosystemer understøtter mange økonomiske sektorer som skovbrug, landbrug, fiskeri, den farmaceutiske industri og turisme og en faldende biodiversitet udgør derfor en øget økologisk begrænsning på den økonomiske aktivitet.

## Litteratur

Andersen, F. M. and Trier, P. (1995). Environmental satellite models for ADAM. CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> emissions. National Environmental Research Institute, Denmark. Pp. 200. NERI Technical Report no. 148.

Andersen, J.M., Bruun, H.G., Jensen, J.D., Wier, M., Sørensen, P.B., Rolev, A., Hertel, O., Frohn, L.M., Conley, D. og Asman, W.A.H. (2000). Økonomiske og miljømæssige konsekvenser af markedsordningerne i EU's landbrugsreform - Agenda 2000. Danmarks Miljøundersøgelser. 64 s. Faglig rapport fra DMU nr. 308.

Bastrup-Birk, A., Tybirk, K., Wier, M. og Emborg, L. (1999). Tålegrænser for luftforurening: Anvendelse i strategisk miljøplanlægning, Danmarks Miljøundersøgelser. 129 s. Faglig rapport fra DMU, nr. 269.

Boehmer-Christiansen, S. (1995). Reflections on scientific advice and EC transboundary pollution policy. *Science and Public Policy*, vol. 22 (3), pp. 195-203.

Castells, N., Funtowicz, S. (1997). Use of scientific inputs for environmental policy-making: the RAINS model and the Sulphur Protocols. *International Journal of Environment and Pollution*, vol. 7 (4), pp. 512-525.

Christensen, L., Kveiborg, O. og Rich, J.H. (2000). ALTRANS. En Model for Persontrafik. En oversigt over metoder og resultater. Faglig rapport fra DMU (under forberedelse).

Christensen, P.B., Møhlenberg, F., Lund-Hansen, L.C., Borum, J., Christiansen, C., Larsen, S.E., Hansen, M.E., Andersen, J. and Kirkegaard, J. (1998). The Danish Marine Environment. Has Action Improved its State? Conclusions and Perspectives of the Marine Research Programme HAV90. Danish Environmental Protection Agency. Pp.117. Havforskning fra Miljøstyrelsen 62.

Cohen, S.J. (1997). Scientist-stakeholder collaboration in integrated assessment of climate change: lessons from a case study of Northwest Canada. *Environmental Modelling and Assessment*, vol. 2, pp. 281-293.

Danmarks Statistik (1996). ADAM. En model af dansk økonomi. Marts 1995.

Dowlatabdi, H., Morgan Granger, M. (1993). Integrated assessment of climate change. *Science* 259, pp. 1813.

EEA (1997) Air pollution in Europe. Eds. Jol, A., Kielland, G. EEA Environmental Monograph 4. Pp. 107. European Environmental Agency.

- Fitz, H.C., DeBellevue, E.B., Costanza, R., Boumans, R., Maxwell, T., Wainger, L. and Sklar, F.H. (1996). Development of a general ecosystem model for a range of scales and ecosystems. *Ecological Modelling* vol. 88, pp. 263-295.
- Funtowicz, S.O., Ravetz, J.R. (1990). *Uncertainty and Quality in Science for Policy* (Kluwer, Dordrecht)
- Gault, F.D., Hamilton, K.E., Hoffman, R.B. and McInnis, B.C. (1987). The design approach to socio-economic modelling. *Futures*, pp. 3-25.
- Goosen, H., Gilbert, A., Tol, R.S.J. (1998). *Water and Environment: Scoping study for the European Forum for Integrated Environmental Assessment*. Report of the Institute for Environmental Studies, Amsterdam, The Netherlands, pp. 20.
- Goosen, H., Tol, R.S.J., Vellinga, P. (1998). Challenges and opportunities for integrated environmental Assessment. Proceedings for the 1<sup>st</sup> Workshop of the European Forum on Integrated Environmental Assessment, Amsterdam, 12-14 March, 1998. Report of the Institute for Environmental Studies, Amsterdam, The Netherlands, no. W98/28, pp. 20.
- Gough, C., Castells, N., Funtowicz, S. (1998). Integrated Assessment: an emerging methodology for complex issues. *Environmental Modelling and Assessment*, vol. 3, pp. 19-29.
- Grant, W.E. (1998). Ecology and natural resource management: reflections from a systems perspective. *Ecological Modelling*, vol. 108, pp. 67-76.
- Grant, W.E., Pedersen, E.K., Marin, S.L. (1997). *Ecology and Natural Resource Management: System Analysis and Simulation*. John Wiley & Sons, Inc. New-York, pp. 373.
- Hertel, O., Berkowicz, R., Christensen, J., and Hov, Ø. (1993). Tests of two Numerical Schemes for use in Atmospheric Transport-Chemistry models. *Atmospheric Environment*. 27A, 16, pp. 2591-2611.
- Holten-Andersen, J., Paaby, H., Christensen, N., Wier, M. and Andersen, F.M. (1995). *Recommendations on Strategies for Integrated Assessment of Broad Environmental Problems*. Report to the EEA (European Environment Agency) by the National Environmental Research Institute, Denmark.
- Illerup, J.B., Bruun, H.G., Sørensen, P.B., Clausen, H. (1998). Pesticid-databasen. *Samfund og Miljø*. Integrerede Miljøinformationssystemer. DMU, 55 s. Arbejdsrapport fra DMU nr. 100.
- Jaeger, C. (1998). Risk Management and integrated assessment. *Environmental Modelling and Assessment*, vol. 3, pp. 211-225.
- Jensen, J.D. (1996). *An Applied Econometric Sector Model for Danish Agriculture (ESMERALDA)*. Statens Jordbrugs- og Fiskeriøkonomiske Institut, rapport nr. 90.



Miljø- og Energiministeriet (1999). Natur- og Miljøpolitisk Redegørelse 1999. 664 pp.

Morgan, M.G. and Henrion, M., 1990. *Uncertainty, a Guide to Dealing with Uncertainty in Quantitative Risk and Policy Analysis*. (Cambridge, Cambridge University Press).

Møller, F. (1997). Samfundsøkonomisk analyse på miljøområdet - en oversigt. Samfund og Miljø. Miljøøkonomi. Danmarks Miljøundersøgelser. 42 s. Arbejdsrapport fra DMU nr. 49

Paaby, H., Møller, F., Skop, E., Jensen, J.J., Hasler, B., Bruun, H. og Asman, W.A.H. (1996). Omkostninger ved reduktion af næringsstofbelastningen i havområderne. Danmarks Miljøundersøgelser. 187 s. Faglig rapport fra DMU nr. 165,

Parson, E.A. (1997). Informing global environmental policy-making. A plea for new methods of assessment and synthesis. *Environmental Modelling and Assessment*, vol. 2, pp. 267-279.

Rotmans, J. (1998). Methods for IA: The challenges and opportunities ahead. *Environmental Modelling and Assessment* 3, pp. 155-179.

Schneider, S.H. (1997). Integrated assessment modelling of global climate change: Transparent rational tool for policy making or opaque screen hiding value.laden assumptions. *Environmental Modelling and Assessment*, vol. 2, pp. 229-249.

Sinko, P. (1992). *Computable General Equilibrium Models in Economics: A survey on Theoretical Foundations and Applications*. Working Paper. Pp. 22.

Svirezhev, Y.M. (1998). Globalistics: a new synthesis Philosophy of global modelling. *Ecological Modelling*, vol. 108, pp. 53-65.

Tol, R.S.J., Fankhauser, S. (1998). On the representation of impact in integrated assessment models of climate change. *Environmental Modelling and Assessment*, vol. 3, pp. 63-74.

Turner, R.K., Adger, W.N., Brouwer, R. (1998). Ecosystem services value, research need, and policy relevance: a commentary. *Ecological Economics*, vol. 25, pp. 61-65.

Turner, R.K., Adger, W.N., Lorenzoni, I. (1998). Towards integrated modelling and analysis in coastal zones: principles and practices. LOICZ (Land-Ocean interactions in the coastal zone) Reports and Studies no. 11, pp.122.

Van Asselt, M.B.A., Beusen, A.H.W., Hilderink, H.B.M. (1996). Uncertainty in integrated assessment: a social scientific perspective. *Environmental Modelling and Assessment*, vol. 1, pp. 71-90.

Zlatev, Z., Dimov, I., Ostromsky, Tz., Geernaert, G., Tzvetanov, I., Bastrup-Birk, A. (2000). Calculating Losses of Crops in Denmark Caused by High Ozone Levels. *Integrated Assessment and Modelling*. (Accepted)

# Appendiks: IMIS produkter

## Appendiks 2: Produkter

### 4.5 Internationale videnskabelige publikationer

#### 4.5.1 Konceptet og koordination

Bastrup-Birk, A. and Emborg, L. (2000). Concepts and principles for the building up of the Danish Integrated Assessment System, DIAS (to be sent to Integrated Assessment).

#### 4.5.2 Projekter under forsurening, eutrofiering og ozonlufttemaet og under terrestrisk miljø

Alexandrov, V., Sameh, A., Siddique, Y. and Zlatev, Z. (1997). Numerical Integration of Chemical ODE problems Arising in Air Pollution Models. *Environmental Modelling and Assessment*, Vol. 2, 365367.

Ambelas Skjøth, C., Bastrup-Birk, A., Brandt, J. and Zlatev, Z. (2000). Studying variations of pollution levels in a given region of Europe during a long time period. *Systems Analysis Modelling Simulation*, to appear.

Bak, J. and Tybirk, K. (1998). The EU Acidification Strategy: Sensitivity of calculated emission targets for sulphur and nitrogen for Denmark. *Environmental Pollution*, 102 (SI): 625633.

Bastrup-Birk, A., Brandt, J., and Zlatev, Z. (1998). Using partitioned ODE solvers in large air pollution models. *Systems Analysis Modelling Simulation*, 32, 317.

Bastrup-Birk, A., Brandt, J., Uria, I. and Zlatev, Z. (1997). Studying Cumulative Ozone Exposures in Europe during a Seven year period. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 102, 2391723935.

Geernaert, G., Walløe Hansen, A. and Zlatev, Z. (eds.) (1997). *Regional Modelling of Air Pollution in Europe. Proceedings of the First REMAPE Meeting (Copenhagen, September 26-27, 1996)*. National Environmental Research Institute, Roskilde, Denmark.

Geordiev, K. and Zlatev, Z. (2000). Parallel sparse matrix algorithms for air pollution problems. *Parallel and Distributed Computing Practices*, (in Press)

Løkke, H., Bak, J., Falkengren, Grerup, U., Finlay, R. D., Iivesniemi, H., Nygaard, P. H. and Starr, M. (1996). Critical loads of acidic depo-

sition for forest soils is the current approach adequate? *Ambio* 25(8): 51016.

Zlatev, Z. (2000). Developing efficient algorithms for the chemical part of large air pollution models, *Mathematical Modelling*, (in Press)

Zlatev, Z. Brandt, J. and Geernaert, G. (eds.) (1999). Selected papers from the NATO ARW held in Sofia, July 510, 1998. Special Issue of the *International Journal on Environmental Management and Health*, MCB University Press, Bradford.

Zlatev, Z. Dimov, I. and Georgiev, K. (1996). Three-dimensional Version of the Danish Eulerian Model. *Zeitschrift für Mathematik und Mechanik*, Vol. 76, 473476.

Zlatev, Z., Fenger, J. and Mortensen, L. (1996). Relationships between emission sources and excess ozone concentrations, *Computers and Mathematics with Applications*, Vol. 32, No. 11, pp. 101123.

Zlatev, Z., Brandt, J., Buitjes, P.H., Carmichael, G., Dimov, I., Dongarra, J., van Dop, H., Georgiev, K., Hass, H. and San Jose, R., (eds.) (1999). *Large Scale Computations in Air Pollution Modelling*. Kluwer, Dordrecht, Boston, London.

#### 4.5.3 Projekter under landbrugstemaet

Hutchings, N.J., Sommer, S.G., Andersen, J.M. and Asman, W.A.H., (1999) Modelling the Danish ammonia emission. Submitted to *Atmospheric Environment*.

Wier, M., Hasler, B. and Andersen, J.M. (2000). "Environmental and economic effects of a fall in cereal prices in the EU Inner Market. A modelling perspective". Submitted (*Environmental and Resource Economics*).

Wier, M., Hasler, B. and Andersen, J.M. (1999). Evaluating Consequences of Agricultural Policy Measures in an Integrated Economic and Environmental Model System. In: Usó, J.L. & Brebbia, C.A.: *Ecosystems and Sustainable Development II*. WIT Press. pp. 113122.

Hasler, B. (1998). Analysis of Environmental Policy Measures Aimed at Reducing Nitrogen Leaching at the Farm Level. *Environmental Pollution* 102(S1), pp. 749-754.

#### 4.5.4 Projekter under pesticidtemaet

Sørensen, P.B., Brüggemann, R., Carlsen, L., Mogensen, B.B., Kreuger, J. and Pudenz, S. (2000). Analysis of monitoring data of pesticide residues in surface waters using partial order ranking theory Data interpretation and model development. *Environmental Science and Technology* (in Press).

Sørensen, P.B. (1998). Pesticide leaching assessment method for ranking both single substances and scenarios of multiple substance use. *Chemosphere* Vol. 36, No. 10.

Sørensen, P.B., Mogensen, B.B., Carlsen, L. and Thomsen, M. (2000). The Influence on Partial Order Ranking from Input Parameter Uncertainty. Definition of a robustness parameter. (accepted in *Chemosphere*)

#### 4.5.5 Projekt P-tab

Jensen, J.J., Andersen, J.M., Kronvang, B., Grant, R. og Pedersen, M.L. (2000). IMIS, Estimering af P-tab. DMU arbejdsrapport (under udarb.)

#### 4.5.6 Projekter under havmiljø, miljøindikatorer

Conley, D.J., Kaas, H., Møhlenberg, F., Rasmussen, B., and Windolf, J. (2000). Characteristics of Danish estuaries. *Estuaries* Accepted for publication.

Conley, D.J., Markager, S., Hertel, O., Geernaert, G.L. and Svendsen, L.M. (2000). Atmospheric nitrogen deposition and riverine nutrient input and the subsequent effects on coastal eutrophication. *Ambio*. (In Press).

#### 4.5.7 Projekter under natur

Münier, B. and Christensen, N. (1998). GIS Implementation of Vegetation Modelling at a Regional Scale. Poster In: Gittings, B.M. & Lewis, D.A. (eds.). Proceedings of the GIS Research UK 6<sup>th</sup> Annual Conference 1998 (GISRUK '98), Edinburgh, UK, 31<sup>st</sup> March 2<sup>nd</sup> April, 1998 University of Edinburgh. pp. 28-34.

Münier, B., Bruun, H.G., Nygaard, B. and Ejrnæs, R. (2000). A Preliminary Model for Predicting Geographical Distribution of Semi-natural Vegetation Types in Denmark. *Ecological Modelling* (In Press).

Münier, B., Bruun, H.G. and Nygaard, B. (1999). A Biotope Model for Predicting Plant Community Distribution. In: Stubkjær, E. & Hansen, H.S. (eds.). ScanGIS'99. Proceedings of the 7<sup>th</sup> Scandinavian Research Conference on Geographical Information Science, 79 June 1999, Aalborg, Denmark. Aalborg University Press. pp. 215-226.

Ejrnæs, R., Aude, E., Nygaard, B. and Münier, B. (2000). Prediction of conservation value using ordination and neural networks. *Landscape Ecology* (In Press).

## 4.6 Faglige rapporter

### 4.6.1 Konceptet og koordination

Bastrup-Birk, A. og Emborg, L. (2000). IMIS konceptet - opbygningen af et integreret miljøinformationssystem. DMU rapport nr. 60 pp. 60.

### 4.6.2 Projekter under forsuring, eutrofiering og ozonlufttemaet og under terrestrisk miljø

Bak, J. and Tybirk, K. (1996). Revision of calculated critical loads for nitrogen in Denmark. Arbejdsrapport fra DMU nr. 23, 19pp.

Bak, J. (1996). Tålegrænser for S og N. Faglig rapport, DMU 159, pp 1 109.

Bak, J. (1997). Modelling of Effects (CALLUNA). The Roskilde Project, Bastrup-Birk, A., Clark, D.R. and Geernaert, G. (Eds.). Ministry of Environment and Energy, National Environmental Research Institute, January 1997, pp. 88-89.

Bak, J. A. Bastrup-Birk, and K. Tybirk. (1997). Analyse af RAINSmødellen og beregnede emissionslofter for Danmark. Rapport udarbejdet for Elkraft A.m.b.A., Ballerup.

Bak, J. and Løkke, H. (1997). Calculation and mapping of critical thresholds in Europe. Status report 1997. Co-ordination centre for effects. Posch, M., Hettelingh, J.P., de Smet, P.A.M. and Downing, R.J. (eds), pp. 71-75.

Bak, J. and Løkke, H. (1999). Calculation and mapping of critical thresholds in Europe. Status report 1997. Co-ordination centre for effects. Posch, M., de Smet, P.A.M., Hettelingh, J.P., and Downing, R.J. (eds), pp. 76-78.

Bak, J., Andersen, J., Asman, W.A.H. and Hutchings, N. (2000). Transport and Effects of Ammonia, Danish Environmental Protection Agency, Technical Report, in press.

Bak, J., Bastrup-Birk, A. og Tybirk, K. (1997). Analyse af RAINSmødellen og beregnede emissionslofter for Danmark. Consultancy report, Danmarks Miljøundersøgelser, pp 34.

Bak, J. and Tybirk, K. (1996). Framework for the combination of dynamic vegetation and soil geochemical models to assess the effects of air pollution on heathlands. In: Knoflacher, M., Schneider, J. & Soja, G. (eds.). Exceedances of critical loads and levels. Umweltbundesamt, Vienna, Conference papers Vol 15: 325-335.

Bak, J., Tybirk, K., Gundersen, P. Asman, W.A.H., Jensen, J.P. og Conley, D. (1999). Natur og miljøeffekter af ammoniak. Ammoniakfordampning redegørelse nr. 3. DJF/DMU rapport, pp. 66.



- Bastrup-Birk A., Brandt, J., Schjøth, C.A., and Zlatev, Z. (1998). Studying ozone episodes in Europe with the Danish Eulerian model. Proceedings of the 23d NATO/CCMS International Technical Meeting on Air Pollution Modelling and its Application, September 28 - October 2, 1998, Varna, Bulgaria.
- Bastrup-Birk A., Brandt, J., and Zlatev, Z. (1997). Modelling the impact of long-range transported air pollutants on vegetation. In Geenaert G., A. Walløe Hansen and Z. Zlatev (eds.): "Regional Modelling of Air Pollution in Europe", Proceedings of the first Remape Workshop, September 1996, Copenhagen, Denmark. Ministry of Environment and Energy, National Environmental Research Institute, pp. 7-17.
- Bastrup-Birk A., Brandt, J., and Zlatev, Z. (1998). Modelling the impact of ozone concentrations on human health and vegetation at different sites in Europe. In H. Hass and I. Ackermann (eds.): "Global and Regional Atmospheric Modelling", Proceedings of the first GloReAM Workshop, September 1997, The Ford Research Centre, Aachen, Germany, pp. 157-166.
- Bastrup-Birk A., Brandt, J., and Zlatev, Z. (1999). Studying Air Pollution in Europe by Using the Danish Eulerian Model and TreGro. In Transport and Chemical Transformation in the Troposphere, (eds) P.M. BORRELL and P. BORRELL, FraunhoferInstitute, Germany, Proceedings of the EuroTrac2 Symposium98' VOL. 2, March 2327, 1998, GarmischPartenkirchen, Germany.
- Bastrup-Birk A., Mortensen, L. (1995). Critical levels of ambient ozone and a combination of air pollutants for biomass production of Beech. Proceedings for the Acid Reign '95' ? Conference, 2630 June, 1995, Göteborg, Sweden. 5 pp.
- Bastrup-Birk, A., Tybirk, K., Emborg, L., Bak, J. og Wier, M. (1999). Tålegrænser for luftforurening: anvendelse i strategisk miljøplanlægning. Faglig rapport no 269, DMU, pp. 123.
- Christensen, N, Tybirk, K. and Fenger, J. (1998). The atmospheric environment. Pp 31-54 in: HoltenAndersen, J, Christensen, N, Kristiansen, L.W., Kristensen, P. & Emborg, L. (eds.) The state of the environment in Denmark, 1997. NERI, Technical report no 243, 288 pp.
- Christensen, N., Tybirk, K. og Fenger, J. (1998). Luftforurening. in: HoltenAndersen, J, Christensen, N, Kristiansen, L.W., Kristensen, P. & Emborg, L. (eds.) Natur og miljø 1997. Påvirkninger og tilstand. Pp 31-54. Faglig rapport, DMU.
- Forsius, M., Alveteg, M., Bak, J., Guardans, R., Holmberg, M., Jenkins, A., Johansson, M., Kleemola, S., Rankinen, K., Rennshaw, M., Sverdrup, H. and Syri, S. (1997). Assessment of the Effects of the EU Acidification Strategy: Dynamic Modelling on Integrated Monitoring Sites. First Results. Finnish Environment Institute, Helsinki. Edita Ltd., Helsinki 1997.
- Frohn, L., Bak, J., Tybirk, K. and Geernaert, G. (2000). Integrated environmental Assessment Modelling. Final report of the Danish Sub-

project EU/LIFE Project. Coupling of CORINAIR Data to cost-effective Emission Reduction Strategy based on Critical Thresholds (LIFE 97/ENV/FIN/336). NERI, pp. 40.

Løkke, H., Bak, J., Bobbink, R., Bull, K., Curtis, C., Falkengren, Gre-rup, U., Forsius, M., Gundersen, P., Hornung, M., Skjelkvåle, B.L., Starr, M., and Tybirk, K. (2000). Critical Loads. Copenhagen 1999. Conference Report (in press).

Strandberg, M. and Mortensen, L. (1997). Critical loads and levels of natural ecosystems. Theme Report from NERI 1997/2. Pp. 31.

Strandberg, M. (eds.) (1996). Ammoniak og naturforvaltning. Faglig rapport, DMU nr. 161, 157s.

Tybirk K. og Jørgensen, V. (1999). Ammoniak i landbrug og natur. Jordbrug & Miljø 1. DMU/DJF. 39s.

Tybirk, K. Andersen, J.M., Bak, J., Asman, W.A.H. og Hertel, O. (2000). Realistiske scenarier for ammoniakudslip, spredning og natu-reffekter. Arbejdsrapport fra DMU nr. xx (under udarbejdelse)

Tybirk, K. and Thörnelöf, E. (2000). Critical loads and levels S, N and Ozone. Principles, Status, Practical use and future. In report from Welt Forum Wald, Soltau, Germany. (In press.)

Tybirk, K., Bastrup-Birk, A., Kvejborg, O., Asman, W.A.H., Andersen, J.M. og Wier, M. (1999). IMIS-luft: Operationalisering af modelinter-faces. Arbejdsnotat fra DMU. 35s. Upubl.

#### 4.6.3 Projekter under landbrug

Andersen, J.M. (2000). Agenda 2000. Økonomiske og miljømæssige konsekvenser af markedsordninger i EU's landbrugsreform. Faglig rapport fra DMU, nr. 308. Pp. 63.

Andersen, J.M. (1999). Estimering af emission af metan og lattergas fra landbruget (baseret på IPCC's estimationsmetode). Samfund og miljø Integreerede Miljøinformationssystemer (IMIS). Afdeling for Systemanalyse. Arbejdsrapport fra DMU 116. 47 s.

Andersen, J.M., Hasler, B., Østergaard, J., Jørgensen, B.B. og Peder-sen, S.A. (1998). Landbrug, skovbrug og fiskeri. I: Holten-Andersen, J., Christensen, N., Kristiansen, L.W., Kristensen, P. og Emborg, L. (red.): Natur og miljø 1997. Påvirkninger og tilstand. Danmarks Mil-jøundersøgelser. Faglig rapport fra DMU nr. 224., 187-210 s.

Andersen, J.M., Wier, M., Hasler, B. og Bruun, H.G. (1998). Land-brugsscenarier integreret miljøøkonomisk modelanvendelse. Afde-ling for Systemanalyse. Faglig rapport fra DMU 257, 93 s.

Andersen, J.M., Hasler, B., Østergaard, J., Jørgensen, B.B. and Pedersen, S.A. (1998). Agriculture, Forestry and Fishery. In: Holten-Andersen, J., Christensen, N., Kristiansen, L.W., Kristensen, P. &

Emborg, L. (eds.). The State of the Environment in Denmark, 1997. National Environmental Research Institute. NERI Technical Report .

Andersen, J.M., Bruun, H.G., Jensen, J.D., Wier, M., Sørensen, P.B., Rolev, A., Conley, D., Hertel, O., Frohn, L.N. og Asman, W.A.H. (1999). Økonomiske og miljømæssige konsekvenser af markedsordningerne i EU's landbrugsreform, Agenda 2000 (Economic and environmental consequences of the EU agricultural market reform, Agenda 2000 (In Danish with summary in English). Rapport nr. 308, Danmarks Miljøundersøgelser.

Bruun, H., Hasler, B., Jensen, J.J., Møller, F., Paaby, H. and Asman, W.A.H. (1997). Costs of Reducing Nutrient Loading of Danish Marine Waters Model, Scenarios and Results. Poster. In: Olesen, S.E. (ed.): Proceedings of the NJF Seminar Alternative Use of Agricultural Land. Danish Institute of Agricultural Sciences. SP Report no. 18, pp. 128-129.

Hasler, B., Wier, M. and J.M. Andersen (1999). Integrated modelling of changes in agricultural policy, environmental and economic effects. NJF kongress rapport, Nordisk jordbruksforskning. Nr. 3. 1999. Årgang 81.

#### 4.6.4 Projekter under vand, VAF projekter

Kronvang, B., Jensen, J. P., Lauge Pedersen, M., Larsen, S. E., Müller Wohlfeil, D.I., Wiggers, L., Kronquist, H., Tornbjerg, H. og Ringsborg, O., Storstrøms Amt (1999). NOVA 2003. Oplandsanalyse af vandløbs og søoplande 1998-2003 Vandløb og Søer. Teknisk anvisning fra DMU, nr. 15.

#### 4.6.5 Projekter under natur

Münier, B., Nygaard, B., Ejrnæs, R. and Fredshavn, J.R. (1998). Biotope Models and Nature Quality. In: Dover, J.W. & Bunce, R.G.H. (eds.): Key Concepts in Landscape Ecology. Proceedings of the 1998 European Congress of the International Association for Landscape Ecology, held at the Myerscough College 3<sup>rd</sup>-5<sup>th</sup> September 1998. IA-LE(UK), pp. 43-49.

Münier, B., Bruun, H.G. and Nygaard, B. (1999). A Biotope Model for Predicting Plant Community Distribution. In: Stubkjær, E. and Hansen, H.S. (eds.): ScanGIS'99 Proceedings of the 7<sup>th</sup> Scandinavian Research Conference on Geographical Information Science, 7-9 June 1999, Aalborg, Denmark . Aalborg University Press, pp. 215-226.

#### 4.6.6 Projekter under pesticid, overflade, miljøindikatorer

Illerup, J.B., Bruun, H.G., Sørensen, P.B. og Clausen, H. (1998). Pesticid-databasen. Samfund og Miljø. Integrerede Miljøinformationssystemer (IMIS). Afdeling for Systemanalyse og Afdeling for Miljøke-mi. Arbejdsrapport fra DMU nr. 100, 55 s.

Rasmussen, D., Emborg, L., Elmegaard, N., Mogensen, B.B. og Spliid, N.H. (1996). Overordnet IMIS koncept for pesticider. Samfund og Miljø. Integreerede Miljøinformationssystemer (IMIS). Afdelingerne for Systemanalyse, Terrestrisk Økologi og Miljøkemi. 36 s.

Sørensen, P.B., Mogensen, B.B. and Dobel, S. (2000). Aquatic pesticide risk indicator in surface waters. NERI report (In Press)

Sørensen, P.B., Mogensen, B.B., Carlsen, L. and Thomsen, M. (1998). The role of uncertainty in Hasse diagram ranking. Proceedings of Workshop in Berlin, Berichte des IGB, Heft 6, Sonderheft I. Nov. 1998.

#### **4.6.7 Projekter under trafik**

Jensen, S.S., Kousgaard, U., Christensen, L., Rich, J.H. (1999). Integreeret Miljøinformationssystem (IMIS) indenfor Bymiljø og Trafik in: Lohmann-Hansen, A. og Pittelkow, A. (Eds.). Trafikdage på Aalborg Universitet, 30-31 August 1999. Supplementsrapport, pp. 311.

Christensen, L., Kveiborg, O. og Rich, J.H. (2000). ALTRANS. En Model for Persontrafik. En oversigt over metoder og resultater. Faglig rapport fra DMU (under forberedelse).

### **4.7 Populærfaglige publikationer**

#### **4.7.1 Projekter under forsurening, eutrofiering og ozonlufttemaet og under terrestrisk miljø**

Strandberg, M. og Tybirk, K. (1998). Sidder vi bare...? om forsureningsproblemet som en myte. Det Må Ud 11:813.

Bak, J. (2000). Coupling of CORINAIR data to cost-effective emission reduction strategies based on critical thresholds Danish subproject, Impact task, Denmark.

<http://www.vyh.fi/eng//research/euproj/lifeiea/life2.htm>

Zlatev, Z., Geernaert, G. and Skov, H., 1999. A study of ozone critical levels in Denmark over a ten-year period, EUROSAP (European Association for the Science of Air Pollution) Newsletter, No. 36, 19.

#### **4.7.2 Projekter under landbrugstemaet**

Andersen, J.M. og Asman, W.A.H. (1998). Ammoniak og landbrug. Jord og Viden 143(22) pp. 10-12.

#### **4.7.3 Projekter under pesticidtemaet, overflade, miljøindikatorer**

Sorensen, P.B. (1999). Ny metode til at rangordne miljøfremmede stoffer. DMUNyt nr. 3.

## 4.8 Bogbidrag og faglige artikler

### 4.8.1 Projekter under forsurening, eutrofiering og ozonlufttemaet og under terrestrisk miljø

Dimov, I., Ostromsky, Tz., Tzvetanov, I. and Zlatev, Z. (1999). Economical estimation of the loses of crops due to high ozone levels, in: *Largescale Computations in Engineering and Environmental Sciences*. (Griebel, M., Margenov, S. and Yalamov, P. (eds.)), pp. 273-280, Vieweg, Braunschweig, Germany.

### 4.8.2 Projekter under landbrug

Andersen, J.M., Sommer, S.G., Hutchings, N.J., Kristensen, V.F. og Poulsen, H.D. (1999). Emission af ammoniak fra landbruget. Status og kilder. *Danmarks JordbrugsForskning*. 71 s. Ammoniakfordampning. Redegørelse 1.

### 4.8.3 Projekter under pesticid, overflade, miljøindikatorer

Carlsen, L., Sørensen, P.B. og Mogensen, B.B. (1999). Partial Order Ranking. En simpel metode med store muligheder. *Dansk Kemi*, vol 80, nr. 11.

## 4.9 Konferenceindlæg

### 4.9.1 Konceptet og koordination

Bastrup-Birk A., Tybirk, K., Emborg, L., Brandt, J. and Zlatev, Z. (1997). Integrated Environmental Assessment of Effects from Long-range Transported Air Pollution. *US Dutch Symposium Air Pollution in the 21<sup>st</sup> Century*, April 1997, Nordwijk, The Netherlands, pp. 13-17.

### 4.9.2 Projekter under forsurening, eutrofiering og ozonlufttemaet og under terrestrisk miljø

Løkke, H. og Bak, J. (1997). Ammoniaks betydning for forsurening, eutrofiering og reduktionsstrategi. Indlæg på Nordisk seminar vedrørende forhandlinger om ECE kvælstofprotokollen. København 45 marts 1997, Gammel Dok.

Bak, J. (1997). Is the BC/Al limit an appropriate indicator? Oral presentation at the UN/ECE-convention on Long-range Transboundary Air Pollution, 8<sup>th</sup> CCE Workshop on Mapping Critical Loads and Levels, Corrib Great Southern Hotel, 21-24 April, 1997, Gailimh (Galway), Ireland.



Tybirk, K. (1999). Critical loads for nitrogen: Some remarks on ecology, diversity conservation and ethics. Workshop on Ecological indicators. Critical loads Copenhagen. 23-28 November 1999.

Tybirk, K. og Bak, J. (1999). RAINS modellen: et eksempel på anvendelse af systemanalyse i forhold til tålegrænser. Seminar om Systemanalyse og modeller integration af miljø og samfund. DMU/Risø.

Bak, J. og Tybirk, K. (1999). Status og perspektiver for ammoniak i naturen – før og efter en ammoniakhandlingsplan. Danish Environmental Conference, Copenhagen, August 1999.

Tybirk, K. (1999). Critical loads and levels. Principles, status, practical use and future. Welt Forum Wald: Forests and Atmosphere Water Soil. July 25 1999. Soltau, Germany.

Tybirk, K. (1999). Can critical loads exceedances be valued economically? Workshop on economic valuation of abatement of air pollution. Naturvårdsverket, Stockholm.

Tybirk, K. and Bak J. (1998). The EU acidification strategy: sensitivity of calculated emission ceilings for nitrogen and sulphur for Denmark. Nitrogen the ConferNs, Noordwijkerhout, The Netherlands.

#### 4.9.3 Projekter under landbrugstemaet

Hasler, B., Andersen, J.M. og Wier, M. (1999). Integreret analyse af miljø og økonomi ved liberalisering af landbrugspolitikken. Indlæg ved session 5 "Samfund og miljø" ved DMUs jubilæumskonference Dansk Miljøforskning 1999, København 19.-20. august.

Hasler, B., Andersen, J.M. og Wier, M. (1999). Integreret analyse af miljø og økonomi ved liberalisering af landbrugspolitikken. Dansk Miljøforskning 1999, H.C. Ørsted Institut, København, 19.-20. august 1999.

Hasler, B., Wier, M. and Andersen, J.M. (1999). Integrated Modelling of Changes in Agricultural Policy, Environmental and Economic Effects. 21<sup>st</sup> Congress of the Nordic Association of Agricultural Scientists. Agriculture and Society, Ås, Norway, 28 June-1 July 1999.

Hasler, B. (1998). Analysis of Environmental Policy Measures Aimed at Reducing Nitrogen Leaching at the Farm Level. Nitrogen the ConferNs, Noordwijkerhout, The Netherlands, 23-27 March 1998.

Hasler, B. & Mortensen, J.B. (1998). Economic Incentives and Farmer's Production of Nature Quality. Workshop, Rennes, France, May 1998.

Hasler, B. (1998). Tilskud og kontrolvirvar. Godt for landmanden eller naturen? Temadag om Landskabspleje genopretning og pleje af våde enge som led i en flersidig drift med særlig henblik på miljøforhold og naturindhold, H.C. Andersens Hotel, Odense, 5. november 1998.

Wier, M., Hasler, B. and Andersen, J.M. (1999). Evaluating Consequences of Agricultural Policy Measures in an Integrated Economic and Environmental Model System. Second International Conference on Ecosystems and Sustainable Development. ECOSUD99, Lemnos, Greece, 31 May - 2 June 1999.

#### 4.9.4 Projekter under natur

Münier, B. (1999). Assessing Nature Quality . Integrating Spatial Databases for Predicting Biotope Distribution . Nordic Workshop on Landscape, Environment and Biodiversity (NordLaM) , Fuglsø Centre , Denmark , 14-16 October 1999.

Münier, B. (1999). En GIS-baseret geografisk biotopmodel . Naturkvalitet kriterier og metodeudvikling , Åbent seminar arrangeret af Danmarks Miljøundersøgelser, Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelser og Forskningscenter for Skov og Landskab. Ferskvandscentret , Silkeborg , 10. november 1999.

Münier, B. (1999). Naturen i det agrare landskab, landskabsøkologi og GIS-modellering af terrestriske biotoper. Dansk Miljøforskning 1999 , H.C. Ørsted Institut , København , 19.20. august 1999.

Münier, B. (1999). Assessing Nature Quality. Integrating Spatial Databases for Predicting Biotope Distribution. Nordic Workshop on Landscape, Environment and Biodiversity (NordLaM), Fuglsø Centre, Denmark, 14-16 October 1999.

Münier, B. (1999). Landskabsmodeller i terrestriske biotoper. Naturgrundlag og historisk arealanvendelse. GIS-seminar om Data og analysemetoder , Hollufgård, Odense SØ , 18. maj 1999.

Münier, B., Bruun, H.G. and Nygaard, B. (1999). A Biotope Model for Predicting Plant Community Distribution. ScanGIS'99, The 7<sup>th</sup> Scandinavian Research Conference on Geographical Information Science . Aalborg University , Denmark , 7-9 June 1999.

Nygaard, B. and Münier, B. (1998). Landscape Models in Terrestrial Biotopes. Poster presented at Biologisk Mångfaldskonference , Lund , Sverige , 8-9 October 1998.

Nygaard, B. and Münier, B. (1998). Landscape Models in Terrestrial Biotopes. Poster presented at the VII International Congress of Ecology , Intecol. New Tasks for Ecologists after Rio 1992 . Florence , Italy , 1925 July 1998.

Münier, B., Nygaard, B., Ejrnæs, R. and Fredshavn, J.R. (1998). Biotope Models and Nature Quality. In: Dover, J.W. & Bunce, R.G.H. (eds.): Key Concepts in Landscape Ecology. Poster presented at the 1998 European Congress of the International Association for Landscape Ecology, held at the Myerscough College 3<sup>rd</sup>5<sup>th</sup> September 1998.

Münier, B. (1999). En GIS-baseret geografisk biotopmodel. Naturkvalitet kriterier og metodeudvikling. Åbent seminar arrangeret af

Danmarks Miljøundersøgelser, Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelser og Forskningscenter for Skov og Landskab, Ferskvandscentret, Silkeborg, 10. november 1999.

Münier, B. (1999). Naturen i det agrare landskab, landskabsøkologi og GIS-modellering af terrestriske biotoper. Dansk Miljøforskning 1999, H.C. Ørsted Institut, København, 19-20 august 1999.

#### **4.9.5 Projekt P-tab**

Grant, R. (1999). Agriculture and nutrient pollution in Denmark. Workshop Water and nutrient cycling at the catchment scale: Monitoring and modelling approaches and results, 11.marts '99, Silkeborg.

Kronvang, B. (1999). Nutrient cycling in catchments pathways, transport and fate. Workshop Water and nutrient cycling at the catchment scale: Monitoring and modelling approaches and results, 11.marts '99, Silkeborg.

### **4.10 Vejledninger, afhandlinger og diverse bilag og notater**

#### **4.10.1 Projekter under forsurening, eutrofiering og ozonlufttemaet og under terrestrisk miljø**

Tybirk, K. and Bastrup-Birk, A. (1997). Integreerede Miljø Informations Systemer for Luftforurening: IMIS-luft. Status notat for 1996.

Tybirk, K. Bastrup-Birk, A., Emborg, L. og Bak, J. (1996). Integreerede Miljøinformationssystemer. Projektområde luftforurening. Status rapport fase 1.

#### **4.10.2 Projekter under pesticid, overflade, miljøindikatorer**

Sørensen, P. B. (1999). Uncertainty in Partial Order Ranking. Presentation at the 2nd Workshop in partial order ranking methods for application and method development, October 22, 1999, Risø, Svaleholm, Roskilde, Denmark.

Dobel, S. (1999). Analyzing environmental problems for a public audience using Hasse Diagrams. Presentation at the 2nd Workshop in partial order ranking methods for application and method development, October 22, 1999, Risø, Svaleholm, Roskilde, Denmark.

#### **4.10.3 Projekter under havmiljø, miljøindikatorer**

Conley, D.J., and Markager, S. (1999). Atmospheric deposition, riverine load and coastal eutrophication. Department of Atmospheric Science, National Environmental Research Institute, Roskilde, Denmark.

Conley, D.J. (1998). Atmospheric deposition, riverine load and coastal eutrophication. Danish Society of Environmental Chemistry, Copenhagen, Denmark.

Conley, D.J. (1998). Characteristics of Danish estuaries. Finnish Environmental Institute, Helsinki, Finland.

Conley, D.J. (1997). The State of Danish Estuaries. Estuarine Research Federation Meeting, Providence, RI, USA.

#### 4.10.4 Projekter under trafik

Jensen, S.S. (1999). A Geographic Approach to Modelling Human Exposure to Traffic Air Pollution Using GIS. PhD Thesis, Danmarks Miljøundersøgelser, pp. 165.

### 4.11 Anvendte modeller og databaser

#### 4.11.1 Konceptet og koordination

IMIS temadatabasen, DMU.

Den Nationale Temadatabase, DMU.

#### 4.11.2 Projekter under forsurening, eutrofiering og ozonlufttemaet og under terrestrisk miljø

RAINS modellen. <http://www.iiasa.ac.at/>

PROFILE/SAFE:

Warfwinge, P. and Sverdrup, H. (1995). Critical loads of acidity to Swedish forest soils. Methods, data and results. Reports in Ecology and Environmental Engineering 1995 (5), pp. 1104. Lund University.

TREGRO modellen:

Weinstein, D.A., Yanai, D.R. (1994). Integrating Effects of Simultaneous Multiple Stresses on Plants using the Simulation Model Tregro. *Journal of Environmental Quality*, pp. 418-428.

DEM (Danish Eulerian Model):

Zlatev, Z. (1995). Computer Treatment of Large Air Pollution Models. KLUWER Academic Publishers, Dordrecht-Boston-London. <http://www.dmu.dk/AtmosphericEnvironment/DEM>.

CCE database om tålegrænser. European database on critical loads: Co-ordination Center for Effects under UNECE, RIVM, Bilthoven, The Netherlands. [http://www.rivm.nl/index\\_en.html](http://www.rivm.nl/index_en.html)

EMEP emissioner. CORINAIR: Zlatev, Z., Ambelas Skjøth C. and Geernaert, G. (1999). Dependence of Some Ozone critical levels on emissions and meteorological conditions. (In Press).

#### **4.11.3 Projekter under landbrug**

ESMERALDA modellen:

Jensen J.D. (1996). An Applied Econometric Sector Model for Danish Agriculture (ESMERALDA), Statens Jordbrugs og Fiskeriøkonomiske Institut, rapport nr. 90, 1996.

NP-modellen:

Paaby H., Møller F., Skop E., Jensen J.J., Hasler B., Bruun. H. og Asman W.A.H. (1996). Omkostninger ved reduktion af næringsstofbelastningen af havområderne. Faglig Rapport fra DMU nr. 165, Danmarks Miljøundersøgelser, Danmark.

#### **4.11.4 Projekter under pesticid, overflade, miljøindikatorer**

Pesticidmodellen:

Rangordning af pesticider ved hjælp af Hassediagrammer: se Sørensen (1998).

Pesticiddatabasen: se Illerup et al. (1999).

Emissionsdatabasen: DMU.

National Temadatabase: Kristensen, P., DMU.

#### **4.11.5 Projekter under havmiljø, miljøindikatorer**

Coupled interface for HAV90 Oxygen model, ACDEP and NP Model.

#### **4.11.6 Projekter under natur**

NKGIS en GIS-baseret geografisk biotopmodel: Bernd Münier, DMU/SYS.

DANVEG en database og model over DANske VEGetationstyper: Bettina Nygaard, DMU/LAND.

#### **4.11.7 Projekter under trafik**

ALTRANS transportmodellen. Christensen et al., 2000.

AIRGIS luftkvalitets og befolkningseksponeringsmodellen, Operational Street Pollution Model, OSPM, digitale kort (vejmidter, bygninger, adressepunkter, matrikler), administrative registre (Bygnings og Boligregister (BBR), Centrale Person Register (CPR), Centrale Virksomhedsregister (CVR), trafikdata) samt et Geografisk Informationssystem (GIS).



#### 4.11.8 Projekter under vand, VAF projekter

##### SOILN;

Empirisk model for jordens N-status som funktion af husdyrtæthed. Grant et al. (1997). Landovervågningsoplande. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1996. Faglig rapport fra DMU nr. 210.

##### P-transport

Empirisk model for udvaskningsbetinget. Jensen et al. (2000). IMIS, Estimering af P-tab. DMU arb. rapport.