

DJF rapport



**Arealanvendelse og landskabsudvikling
Fremtidsperspektiver for natur, jordbrug, miljø og
arealforvaltning**

**Land use and landscape development
Perspectives for nature, agriculture, environment and
land management**

Jørgen F. Hansen (red.)



Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri
Danmarks JordbrugsForskning

Arealanvendelse og landskabsudvikling Fremtidsperspektiver for natur, jordbrug, miljø og arealforvaltning

Land use and landscape development Perspectives for nature, agriculture, environment and land management

Jørgen F. Hansen (red.)

Rapport fra afslutningsseminar
for projektet: Arealanvendelse
og landskabsudvikling belyst ved
scenariestudier. Vekselvirkninger
mellem natur, jordbrug, miljø og
arealforvaltning (ARLAS)

DJF rapporter indeholder hovedsagelig forskningsresultater og forsøgsopgørelser rettet mod danske forhold. Endvidere kan rapporterne beskrive større samlede forskningsprojekter eller fungere som bilag til temamøder. DJF rapporter udkommer i serierne:

Markbrug, Husdyrbrug og Havebrug.

Pris:

op til 50 sider pr. stk. DKK 55
op til 75 sider pr. stk. DKK 85
over 75 sider pr. stk. DKK 110

Abonnenter opnår 25% rabat, og abonnement kan tegnes ved henvendelse til:

Danmarks JordbrugsForskning
Postboks 50, 8830 Tjele
Tlf. 8999 1028

Alle DJF's publikationer kan bestilles på nettet:
www.agrsci.dk

Tryk: www.digisource.dk

ISSN 1397-9884

Forord

Fremtidens åbne landskab vil være præget af mange forskellige former for anvendelse. Gennem de sidste 15-20 år har miljø- og naturhensyn i stigende grad påvirket arealanvendelsen, og der er i dag ønske om at tilgodese flere forskellige hensyn og formål. Kravet om bæredygtighed omfatter ikke kun landbrugsproduktionen, men også det åbne land som helhed. Men ofte sker ændringer i arealanvendelser uden en samlet vurdering af konsekvenserne for det lokale og for det mere overordnede niveau. Hvad betyder det for eksempel for en landmand, hvis driften ekstensiveres, og der kun må være ekstensiv græsproduktion på arealerne? Hvad betyder det for naboerne? Hvad betyder det rent landskabsmæssigt? Hvad betyder det for flora, fauna og vandmiljø? Hvad betyder det for samfundsøkonomien? Forvaltningen af fremtidens landskab kræver en helhedsorienteret tilgang, hvor forskellige ønsker til arealanvendelsen konsekvensbelyses og afvejes i en sammenhæng.

I 1997 blev projektet "Arealanvendelse og landskabsudvikling belyst ved scenariestudier – Vekselvirkninger mellem natur, jordbrug, miljø og arealforvaltning" (ARLAS) iværksat under forskningsprogrammet: *Arealanvendelse – jordbrugeren som landskabsforvalter*. Projektet omfattede ca. 30 årsværk. Projektet var bredt tværfagligt og blev gennemført i et samarbejde mellem følgende institutioner: Danmarks JordbrugsForskning, Danmarks Miljøundersøgelser, Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse, Aarhus Universitet, Viborg Amt (Miljø og Teknik), Dansk Landbrugsrådgivning og Fødevareøkonomisk Institut.

Som afslutning på projektet blev der afholdt et seminar den 3.-4. december, 2002, på Golf Hotel, Viborg. På seminaret blev fremlagt og diskuteret tværfaglige forskningsresultater fra projektet. Endvidere demonstreredes arbejdet med at skabe grundlag for konkrete værktøjer til vurdering af, hvad en given ændring vil betyde for landbruget, naturen, miljøet og økonomien. Det var håbet, at seminaret herved ville bidrage til et bedre grundlag for, at der gennem samarbejde mellem landbruget, kommuner, amter, ministerier, forskere og øvrige interessenter kan skabes helhedsorienterede løsninger ved ændringer i det åbne lands arealanvendelse.

I rapporten er seminar-indlæggene præsenteret. Desuden er der givet sammendrag af diskussionerne på seminaret ved tre temasessioner samt ved den afsluttende plenumdebat. Samlet er det håbet, at rapporten derved giver et overblik over projektets resultater og potentialet heri samt et bidrag til øget indsigt i landskabsforskningens problemstillinger i dag.

Projektet blev finansieret af forskningsprogrammidler fra Fødevareministeriet og Miljøministeriet, og ministerierne takkes for at tilvejebringe det økonomiske grundlag for projektets forskning. Endvidere skal der lyde en tak til indledere ved seminaret og til alle samarbejdspartnere i projektet for et positivt og åbent samarbejde under projektførelsen. Endelig vil jeg gerne takke Birgit Sørensen, Danmarks JordbrugsForskning, for den store indsats hun har ydet i forbindelse med afholdelse af seminaret og udarbejdelse af denne rapport.

Jørgen F. Hansen



Danmarks JordbrugsForskning



Danmarks Miljøundersøgelser



Aarhus Universitet



Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse



Viborg Amt



Dansk Landbrugsrådgivning



Fødevareøkonomisk Institut

Indholdsfortegnelse

Resumé	7
Extended summary	11
Fra udmark til rekreativ ressource. <i>From outlying field to a recreation resource</i>	31
Ole Hjorth Caspersen & Frank Søndergaard Jensen	
Jordbundskortlægning i værkstedsområdet Bjerringbro/Hvorslev. <i>Soil mapping in the study area</i>	41
Søren Torp	
Modellering af N-tab fra plante-, svine- og kvægbedrifter. <i>Modelling of N-losses from arable, pig and cattle farms</i>	51
Nick Hutchings	
Effekter af ændret arealanvendelse for nitrattindhold i grundvand og overfladevand – beskrevet ved scenariestudier. <i>The effect of alternative land use on nitrate content in groundwater and surface waters – illustrated by scenario studies</i>	59
Mette Dahl, Per Rasmussen, Lisbeth Flindt Jørgensen, Vibeke Ernstsén, Frants von Platen-Hallermund & Stig Schack Pedersen	
Plantesamfundene og landskabsstruktur ved ændret arealanvendelse. <i>Plant communities and landscape structure under shifting land use</i>	71
Bernd Münier	
Effekten af landskabsændringer på den vilde fauna. <i>Effect of landscape changes on wildlife</i>	81
Chris Topping, Peter Odderskær, Jane Uhd Jepsen, Poul Nygaard Andersen, Peter Lange & Frank Nikolajsen	
Miljøøkonomiske analyser af scenarier for landbrugets arealanvendelse. <i>Economic analyses of scenarios for agricultural land use</i>	91
Jesper S. Schou & Jens Abildtrup	
ARLAS scenariesystem. Et grundlag for helhedsorienterede konsekvensvurdringer af ændringer i arealanvendelsen og landbrugsproduktionen. <i>The ARLAS scenario system. A basis for holistic evaluations of consequences of changed land use and agricultural production</i>	97
Tommy Dalgaard, Chris Kjeldsen, Birgit M. Rasmussen, Jesper R. Fredshavn, Bernd Münier, Jesper S. Schou, Mette Dahl, Irene A. Wiborg, Per Nørmark & Jørgen F. Hansen	
Sammendrag fra workshops og plenumdebat. <i>Summary of workshops and discussion in plenum</i>	119

Bilag 1. Forfatterliste. <i>List of authors</i>	133
Bilag 2. Liste over ARLAS publikationer og indlæg. <i>List of ARLAS publications and presentations</i>	135

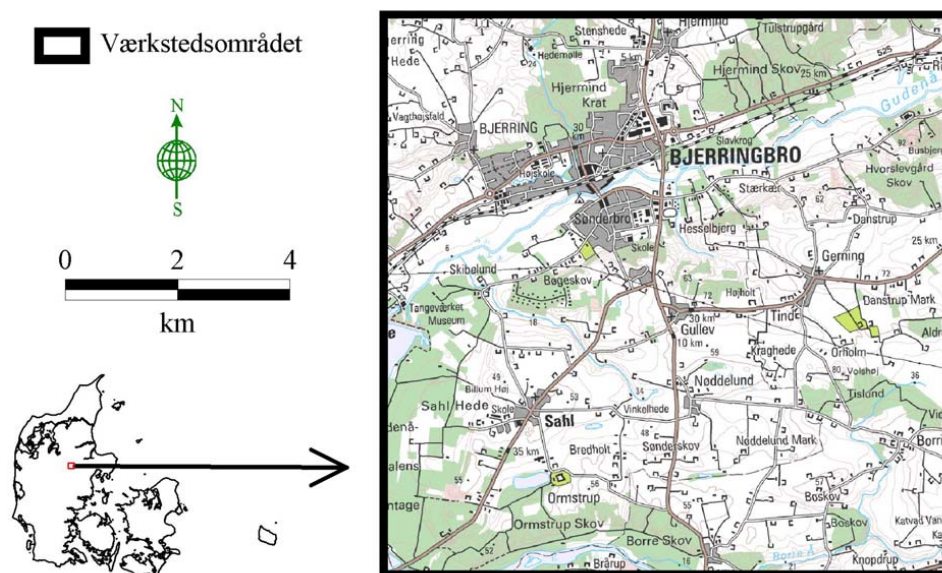
Resumé

Formålet med projektet ”Arealanvendelse og landskabsudvikling belyst ved scenariestudier – Vekselvirkninger mellem natur, jordbrug, miljø og arealforvaltning” (ARLAS) var:

- at tilvejebringe ny viden om vekselvirkningerne mellem arealforvaltning, jordbrug, natur og miljø i det åbne land gennem scenariestudier,
- at udvikle grundlaget for beslutningsstøttesystemer til en helhedsorienteret forvaltning af det danske landskabs værdier på en natur-, miljømæssig og økonomisk bæredygtig måde.

Projektet var anvendelsesorienteret og tog sit udgangspunkt i landbrugsbedriften, men set i en landskabelig sammenhæng. Fremtidens mulige landskabsbenyttelse blev belyst ved hjælp af scenarier. Herved kunne flere former for landskabsudnyttelse kombineres og ses i sammenhæng og konsekvenserne af mulige politiske målsætninger vurderes. Til dette formål blev der i projektet udviklet et ARLAS scenariesystem. I løbet af projektprioroden blev der endvidere foretaget en omfattende udvikling og tilpasning af modeller til beskrivelse af landbrugsproduktion, økonomi, miljø og natur.

Scenarierne udspillede sig i et 100 km² stort ”værkstedsområde” i Midtjylland på kanten mellem Viborg og Århus amter. Beliggenheden fremgår af nedenstående kort.



Arlas-projektets værkstedsområde ved Bjerringbro i Midtjylland.

Værkstedsområdet er beliggende øst for isens hovedopholdslinie i sidste istid. Isens langsomme tilbagetrækning og afsmeltning har bevirket en opdeling i dalsystemer og plateauagtige områder. Området repræsenterer jorde med meget forskellig bonitet. Topografien er varieret og området er præget af Gudenåens store dalstrøg. Langs denne og Tange Sø findes et større plantageområde, og langs Gudenådalens sider ses flere mindre skove, kratagtige be-

voksninger og restarealer, der på grund af hældning eller fugtighed ikke er dyrket. Hvor hældningen ikke er for stor, er jorden opdyrket eller henligger som græsning, hvilket giver et blandet skovlandskab. På mindre gode jorde ses egentlige hedeområder. En række mindre, delvist regulerede vandløb og mindre søer, enge og moseområder ses i lavninger i terrænet.

Landbruget er præget af svine- og kvægproduktion og området rummer tillige forholdsvist mange små deltidsbrug placeret omkring egnscentret Bjerringbro By. Arealanvendelsen fordeles sig overordnet med 65% til landbrug, 20% skov og krat og 15% andre arealer. Den gennemsnitlige husdyrtæthed på bedrifterne i værkstedsområdet var i 1998 på 0,8 dyreenheder pr. ha.

Indledningsvis blev der foretaget en omfattende historisk analyse af landskabsudviklingen i værkstedsområdet. Naturgrundlaget blev desuden beskrevet ud fra en landskabsanalyse, en revision af JB-kortlægningen i området og en detaljeret jordbundskortlægning i et udvalgt delområde af værkstedsområdet. Ved hjælp af feltundersøgelser, luftfotos, kort, detaljerede bedriftsoplysninger fra et udsnit af bedrifterne i området og interview af jordbrugere blev der yderligere foretaget en omfattende og intensiv dataindsamling over naturgrundlag og produktionsforhold i området. Desuden blev der indsamlet data fra eksisterende registre og databaser som fx det Generelle Landbrugsregister (GLR), det Centrale Husdyrbrugsregister (CHR) og jordbunds- og klimadatabaser. Dermed var tilvejebragt et meget detaljeret datagrundlag helt ned på markniveau.

Undersøgelser over landskabsdynamik igennem 200 år

Omkring 1815 var landbruget i værkstedsområdet karakteriseret ved et lavproduktivt, lukket kredsløb med et dynamisk samspil mellem ind- og udmark og mere eller mindre diffuse grænser imellem de enkelte arealtyper. Datidens landskab stod i klar kontrast til nutidens, der er karakteriseret ved meget veldefinerede grænser, et åbent produktionssystem med en stor import af hjælpestoffer og en markant forøget produktion. Udmarken er blevet opdyrket, omdriftsarealet udvidet og skovarealet betydeligt forøget. De større forandringer (fx skovrejsning) forekommer især i områder, som var ekstensivt udnyttet først i 1800 tallet. Området omkring landsbyerne er derimod forblevet uændret gennem hele perioden. Denne landskabsdynamik kan forklares som en kombination af afstanden mellem mark og landsby, jordtyperne og terræn. Siden 1950 er der sket en regional fordeling af landmændene, idet heltidsbedrifterne er koncentreret på den næsten skovløse moræneflade. Gudenådalens kuperede og skovklædte sider domineres derimod af fritidslandmændene. Den produktivistiske opfattelse af landskabet har været dominerende, men området er ved at skifte karakter, og bliver stadig mere præget af anlæg og aktiviteter, som er knyttet til den rekreative anvendelse.

Kortlægning af jordtyper i værkstedsområdet

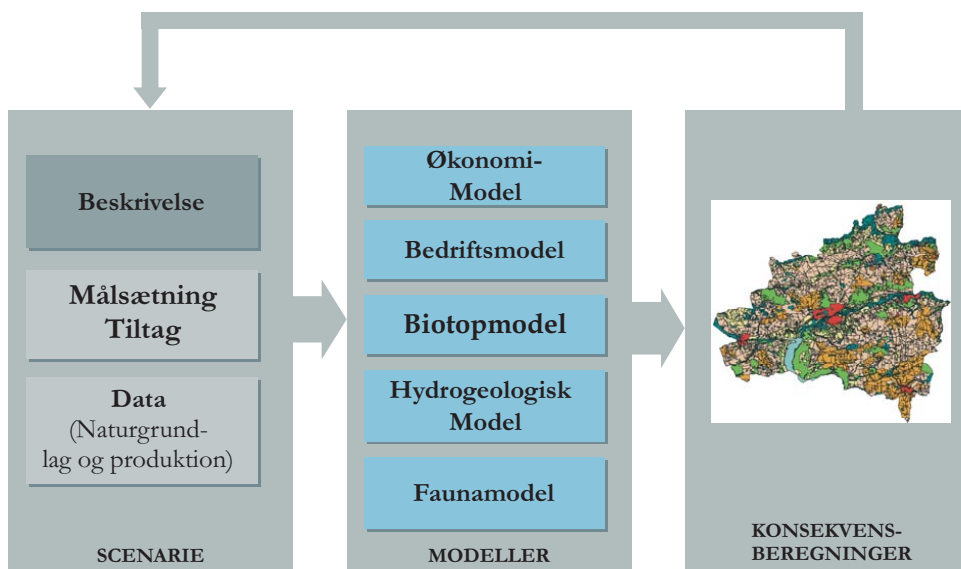
Ved hjælp af jordartskortlægningen og en fortætning af prøvepunkterne i forhold til den tidligere JB-klassificering blev der udarbejdet nye jordbundskort for området. En nyklassificering af JB-kortlægningen i værkstedsområdet tyder på, at en væsentlig forbedring af JB-klassificeringen kræver en ret stor fortætning af prøvetagningspunkterne. En yderligere detaljeringsgrad blev i ARLAS opnået ved en kortlægning på markniveau. Jordlag og horisonter blev registreret i forskellig dybde i jorden, hvilket muliggjorde fremstilling af kort for tre jorddybder ned til ca. en meter, dvs. den vigtigste del af rodrummet. Den elektromagnetiske sensor EM38, som blev brugt for første gang i ARLAS projektet, bruges i dag ved alle kortlægningsopgaver af jordbunden indenfor DJF som standard og desuden af flere konsulentfirmaer samt ved am-

ternes kortlægning i drikkevandsområder. Introduceringen af konceptet med den mobile EM38 sensor kan betegnes som en succes.

ARLAS scenarieanalyser

Opstillingen af scenarier blev foretaget i et samarbejde mellem projektets deltagere. I grundlaget for opstillingen indgik forskningsinstitutionernes forskningsmæssige vurderinger, mens Viborg Amt samt Dansk Landbrugsrådgivning som potentielle brugere bidrog med arealforvaltningsmæssige og landbrugsfaglige vurderinger. Kortlægningen af værkstedsområdet indgik i scenariesystemet og omfattede 3 hovedelementer: landbrugsbedrifterne, deres tilhørende markarealer samt "øvrige landskabselementer" (veje, bymæssig bebyggelse, læhegn, skov, ferskvand, grøftekanter m.m.). Dermed dækkedes hele fladen i værkstedsområdet. Scenarierne beskrev ændringer over både rum og tid med udgangspunkt i året 1998.

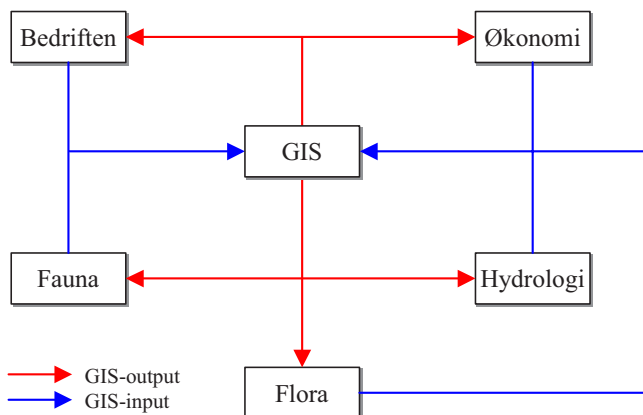
Efterfølgende blev der ved hjælp af modelberegninger foretaget en analyse og konsekvensvurdering af ændringerne i arealanvendelse og landskabsudvikling i scenarierne. Nedenfor er projektets struktur illustreret.



ARLAS-projektets struktur.

Et fokusområde i ARLAS-projektet var udvikling af et GIS-baseret scenariesystem til integrering af data og resultater af modelberegnete konsekvenser af ændringer i produktion og arealanvendelse. Nedenstående er vist principperne i systemet.

Scenarierne beskrev ændringer over både rum og tid med udgangspunkt i året 1998. I scenariesystemet håndteredes data i GIS og sendtes rundt til de forskellige simuleringsmodeller. Data returneredes til GIS, hvor de blev konverteret til kort, som kunne bruges til videre analyse og formidling.



Principskitse af ARLAS scenariosystemet.

I ARLAS projektet blev gennemført tre scenarier:

- Marginaljordsscenario:* Arealanvendelsen blev ekstensiveret på marginaljord og landskabets indhold af lysåbne, ekstensivt græssede naturtyper øgedes.
- Drikkevandsscenario:* Der anvendtes to strategier for drikkevandsbeskyttelse omfattende græsbraklægning og skovrejsning i områder, der af Viborg Amt i 2002 blev udpeget med henblik på særlig drikkevandsbeskyttelse.
- Småbiotopscenarie:* Der blev udtaget små marker (<1 ha) fra landbrugsdriften, og disse omdannedes til nye småbiotoper til gavn for den vilde flora og fauna.

Ved alle tre scenarier blev der opstillet beslutningsregler for tilpasning af driften til de ændrede betingelser for landbrugsdrift. Jo større andel af arealet, der omfattedes af ændringerne, jo mere gennemgribende driftstilpasninger forudsattes, evt. helt ophør af den oprindelig produktion.

I scenarierne modelleredes konsekvenser for miljø, natur, landbrugsproduktion og økonomi, belyst ved fire forskellige temaer: *Kvælstofbelastning til vandmiljøet, plantesamfund og landskabsstruktur, den vilde fauna og drifts- og velfærdsøkonomi*. Scenarieresultaterne sammenlignedes med udgangssituationen (basisscenariet) i 1998.

Modelberegnete konsekvensanalyser af scenarierne

Kvælstofbelastning til vandmiljøet. Til bedriftssimulering anvendtes en udbygget og tilpasset version af bedriftsmodellen "Farm ASSEssment Tool" (FASSET) til simulering af kvælstofbalancen på bedriftsniveau. FASSET kan håndtere bedriftsdata og returnerede data på markniveau for bl.a. N-udvaskning og afstrømning, der benyttedes som input til den hydrogeologiske model. Desuden overførtes data for bedriftens arealanvendelse som input i biotopmodellen og faunamodellen. Som output fra FASSET beregnedes vandnedsivning fra rodzonen i mm pr. år og nitratudvaskning i kg N pr. ha pr. år fra hver enkelt mark i værkstedsområdet.

I næste trin anvendtes den hydrogeologiske model, "A Modular Three-dimensional Finite Difference Groundwater Flow" (MODFLOW), der omfatter beskrivelse af strømnings-, redox-,

og dermed nitratomsætningsforhold fra grundvandsspejlet til vandløb. Ved hjælp af stofomsætnings- og partikelberegninger var det muligt at få et indblik i, hvor og hvor meget en given ændring i nitrattilførslen på jordoverfladen gav sig udslag i nitratkoncentrationen i grundvand og overfladevand.

I scenarieanalyserne blev der fundet en effekt af drikkevands- og marginaljordsscenariet. Den beregnede virkning på udvaskningen fra rodzonen var henholdsvis på godt 10% og 25% reduktion i forhold til udgangssituationen. Da småbiotopscenariet ikke forventedes at have nogen væsentlig betydning for nitrattabet, blev det ikke gennemregnet. I *drikkevandsscenariet* medførte skovrejsning og braklægning et beregnet fald i nitratkoncentrationen i den oxiderede del af grundvandet til under grænseværdien på 50 mg/l, et fald på ca. 55% i nitratkoncentrationen i en vandindvindingsboring og et fald på ca. 30% ved udløbet af et vandløb, der grænser op til OSD området.

Plantesamfund og landskabsstruktur. Plantesamfund og landskabsstruktur blev analyseret ved hjælp af en landsdækkende GIS-baseret Biotopmodel. Denne beskriver sammenhængen imellem vegetationen, levesteder og kårfaktorer med henblik på kortlægning af plantesamfundene indenfor de lysåbne naturtyper, der typisk inddeles i mose, fersk eng, overdrev, hede og strandeng. Modellen inddeler området i økoter, som er geografiske enheder, der er homogene med hensyn til naturgrundlag (=fysiotoper) og påvirkninger gennem menneskets arealanvendelse og drift. Biotopmodellen knytter herefter potentielle plantesamfund til disse økotopearealer. Modellen skal kunne forudsige potentialet for forekomsten af biotoper og plantesamfund afhængig af en kombination af naturgrundlaget og påvirkningerne fra (landbrugets) arealanvendelse. Plantesamfundene er beskrevet i forbindelse med et tidligere arbejde og findes nu i en database over DANske VEGetationstyper (DANVEG).

I scenarieanalyserne blev det fundet, at ekstensivering af marginaljord førte til flest lysåbne arealer med mindre kulturpåvirkning. Disse arealer var især relateret til eksisterende marker med vedvarende græsning. Samtidig øgedes sammenhængen imellem disse arealer betydeligt. Ekstensivering i vandindvindingsområder førte mest til kulturgræsland samt en del mesoeutrofe kær, hvorimod småbiotop-scenariet ikke havde større effekt. En validering af biotopmodellen i forhold til botaniske feltdata pegede på, at analyser fortrinsvis bør baseres på modellering af overordnede plantesamfund som det højeste detailniveau. Foreløbige sammenligninger af data for hele landet bekræftede dette forhold.

Den vilde fauna. Modelsystemet "Animal, Landscape and Man Simulation System" (AL-MaSS) er i stand til, ved hjælp af dels *individbaserede dyremodeller*, dels en *landskabsmodel*, at beskrive det dynamiske samspil mellem dyrene og deres omgivelser. I dyremodellerne er der for det enkelte individ defineret et artsspecifikt sæt af regler, der er bestemmende for dyrets adfærd under tidsmæssigt og rumligt skiftende forhold. Landskabsmodellen, som beskrev værkstedsområdet, indeholdt en detaljeret gengivelse af alle rumlige strukturer i landskabet i værkstedsområdet. De valgte dyrearter – *markmus*, *sanglærke*, *edderkop* og *rådyr* – er alle dyr, der har evnet at tilpasse sig et liv i det moderne landbrugslandskab, men effekterne af den ændrede arealudnyttelse udtrykt gennem drikkevands-, marginaljords- og biotopscenarierne var vidt forskellige for de undersøgte arter. Relativt til basisscenariet blev der for de undersøgte arter fundet følgende påvirkninger i de tre omlægnings-scenarier:

- Drikkevandsscenariet:* Betingelser for og bestande af *markmus*, *sanglærke* og *rådyr* forbedredes generelt, mens *edderkopper* reagerede stærkt negativ.
- Marginaljordsscenariet:* Der var ingen ændringer i populationen af *markmus* og det reproduktive output af *lærkeunger*, en uændret gennemsnitlig bærekapacitet for *rådyr* og den laveste modellerede bestand af *edderkopper*.

Småbiotopscenariet: Den gennemsnitlige bestand af ynglende *sanglærker* var reduceret, men reproduktionen var i vejrmæssigt gode år bedre. Population af *rådyr* var i alle år gennemsnitlig forøget.

Resultaterne af de udførte modelleringer kunne ikke give et endegyldigt svar på, om de foretagne ændringer i arealudnyttelsen generelt vil være positive eller negative for de modellerede arter overalt i Danmark. De udførte scenarieanalyser gav imidlertid et godt grundlag for, under de givne scenariebetingelser, at beskrive og grundlæggende at forstå konsekvenserne af det komplicerede samspil af enkeltfaktorers indvirkning på levevilkårene for de modellerede arter.

Økonomi. Analysen omfattede konsekvenserne for både markedsomsatte goder (varer, produktionsfaktorer m.v.) og ikke-markedsomsatte goder (miljøkvalitet, biodiversitet, rekreative muligheder, m.v.). Der blev foretaget en forholdsvis enkel modellering af de enkelte bedrifteres økonomi på baggrund af produktionsdata fra registre. Ved den velfærdsøkonomiske analyse søgtes at belyse konsekvensen af anvendelsen af samfundets knappe ressourcer, og denne analyse omfattede ideelt set også effekterne på ikke-markedsomsatte goder. Dette medførte, at den prioritering, der ville ske ud fra driftsøkonomisk analyse, var en anden end den, som ville fremkomme på baggrund af den velfærdsøkonomiske analyse.

I udgangssituationen blev beregnet en gennemsnitlig jordrente for alle brug på 4.000 kr. pr. ha velfærdsøkonomisk og 3.700 kr. pr. ha driftsøkonomisk. Under de opstillede forudsætninger blev der fundet både velfærds- og driftsøkonomiske konsekvenser af marginaljords- og drikkevandsscenariet. I marginaljordsscenariet blev den beregnede jordrente reduceret med -5.000 kr. pr. ha velfærdsøkonomisk og -9.000 kr. pr. ha driftsøkonomisk. I drikkevandsscenariet blev beregnet en reduktion i velfærdsøkonomien fra -2.200 til -2.900 kr. pr. ha og i driftsøkonomien fra -600 til -800 kr. pr. ha.

Perspektiver

I ARLAS-projektet blev opbygget et scenariosystem, som simultant kan levere økonomiske, miljømæssige og naturmæssig konsekvenser af ændringer i arealanvendelsen og landbrugsproduktionen, visualisere disse konsekvenser på kort, samt danne basis for at analysere geografisk relaterede vekselvirkninger mellem disse temaer. Herved blev der skabt grundlag for en helhedsorienteret analyse af forskellige valgmuligheder ved ændringer i arealanvendelsen.

I projektet var udgangspunktet for scenarieopstillingen at afspejle nogle dynamiske sammenhænge, som de enkelte modeller var velegnede til at fremstille. Der var således i højere grad et "forskningsinternt" eller teoretisk perspektiv i de tre scenarier. I den videre udvikling af scenariosystemet bør dette perspektiv vendes om, således at der tages udgangspunkt i en praktisk sammenhæng, hvor systemets resultater rettes mod afklaring af usikkerheder og konsekvenser for nogle givne "klienter". Potentialet herfor findes i systemet, men før der er skabt et værktøj, som er ligeså praktisk relevant som det er teoretisk interessant, kræves der en udvikling og operationalisering i samarbejde med potentielle "brugere" af systemet.

Systemet er endvidere i sin nuværende form meget datatungt og arbejdskrævende, hvilket især skyldes detaljeringsgraden af inputdata samt de komplicerede og dynamiske sammenhænge, som modeller og scenariosystem skal beskrive. Dette vil under praktiske forhold udgøre et ressourceproblem. Udvikling af et forenklet system (færre inputdata og "light-udgaver" af simulerings-modellerne) til anvendelse i en praktisk sammenhæng er således et

oplagt mål for fremtiden. I den forbindelse bør det også være et mål, at udviklingen sker med henblik på afdækning af konkrete behov – fx hos planlægningsmyndigheder, landbruget og dets organisationer.

Ud over konsekvensanalyser af scenarier og tiltag kræver holistiske forslag til problemløsninger i arealanvendelsen systemer til sammenligning og vægtning af forskellige scenarie-målsætninger og -virkemidler. Et yderligere udviklingsperspektiv for ARLAS-systemet er derfor opstilling af et prioriteringssystem, som med inddragelse af forskellige interessenter – jordbrugeren, den arealforvaltende myndighed, forskeren og politikeren – opkvalificerer beslutningsfasen ved afgørelser om landskabets benyttelse.

Extended summary

The project and the scenario system

In 1997, the project "Land use and landscape development, illustrated by scenarios – Interactions between nature, agriculture, environment and land management" (ARLAS) was initiated under the Danish research programme: Land use – the farmer as landscape manager. The project finished in 2002. The project was multi-disciplinary and involved collaboration between the Danish Institute of Agricultural Sciences (DIAS), the National Environmental Research Institute (NERI), the Geological Survey of Denmark and Greenland (GEUS), University of Aarhus, Viborg County, the Danish Agricultural Advisory Centre, and the Danish Research Institute of Food Economics (FOI). The objective was to develop methods to enable interactions between policy areas to be identified and quantified. In this way, policymakers can seek to avoid antagonistic interactions and promote those that are synergistic.

The focus of the project was the farm as an integrated part of the rural landscape. The policy areas targeted in the ARLAS project were agricultural production, nutrient losses, landscape and nature conservation. The process involved when investigating a policy initiative was as follows (figure 1): The policy objective was defined and one or more measures formulated. These measures were then applied to the target area, using a Geographical Information System (GIS). The results were spatially explicit changes in land use or land management.

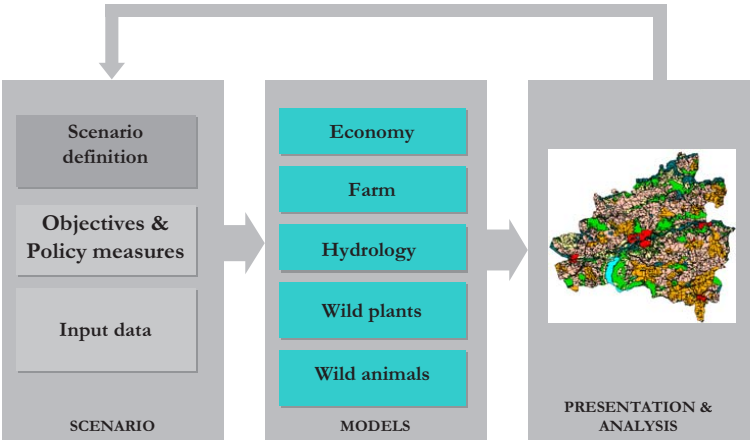


Figure 1. The ARLAS project structure.

GIS was then used to generate input files for a number of models (figure 2). The models available to the ARLAS scenario system concerned agricultural production and losses of nitrogen, hydrology and plant and animal wildlife.

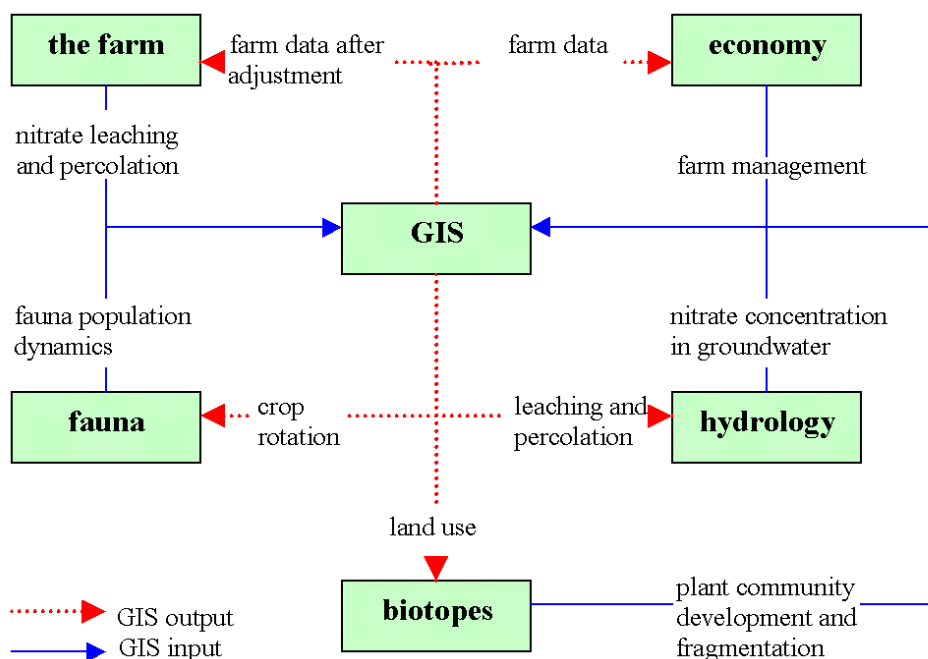


Figure 2. A simplified illustration of the scenario system in ARLAS.

The main data sources for the ARLAS scenario system were the national databases for cropping (GLR), livestock holdings (CHR), soil types and climate supplemented with data collected from the study area.

The study area for the ARLAS scenarios was an area of 100 km² in Viborg County, Denmark (figure 3).

Initially, a comprehensive historical analysis of the landscape dynamics was conducted. The area was further the focus of an intensive campaign of data collection on agricultural production, land use, soil types, geology, animal wildlife, biotopes and landscape features such as ditches and field boundaries. The detailed data were collected to enable the importance of the scale of available data on scenario outcomes to be investigated. Data were digitised and stored in GIS, which was the basis for the subsequent analyses.

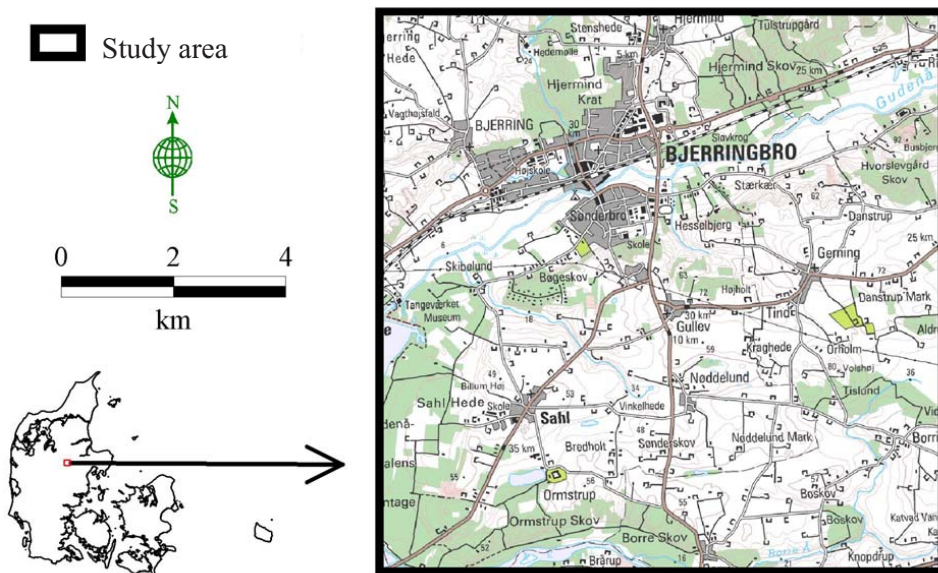


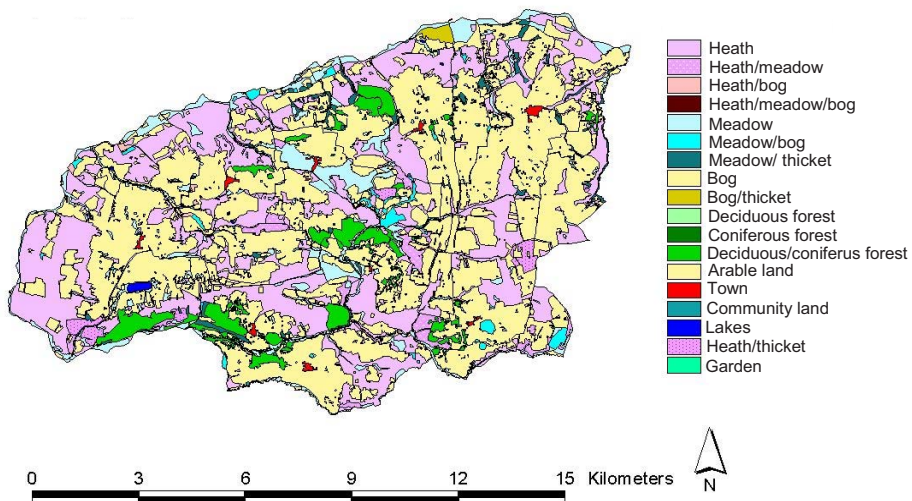
Figure 3. The study area of the ARLAS project at Bjerringbro in central Jutland.

Investigation of landscape dynamics over 200 years

Around 1815, agriculture in the study area was characterized by a low-productive, closed production cycle. There was a dynamic interaction between the tilled land and less intensively used outlying areas, with relatively diffuse borders between the different types of land use. This historic landscape contrasts sharply with that of today, which has well defined borders, an open production system with large imports and exports, and a markedly increased production. The outlying fields are cultivated, the area in rotation is increased and the woodlands considerably extended. Major changes have occurred, especially in areas that were extensively cultivated at the beginning of the 19th century (figure 4). However, land use in the areas close to the villages has remained unchanged throughout the period (figure 4). This kind of landscape dynamic may be explained as a combination of the distance between villages and outlying areas, soil types, and terrain.

Since 1950, a regionalized and specialized production pattern has developed. Mainly full-time, specialized arable, cattle and pig farmers are located on the almost treeless moraine areas, and part-time farmers dominate the hilly and wooded banks of the river Gudenå. Until recently, the productive role of the landscape has been dominant, but this is changing as the area increasingly becomes influenced by recreational activities and by settlement by commuters.

1815



1994

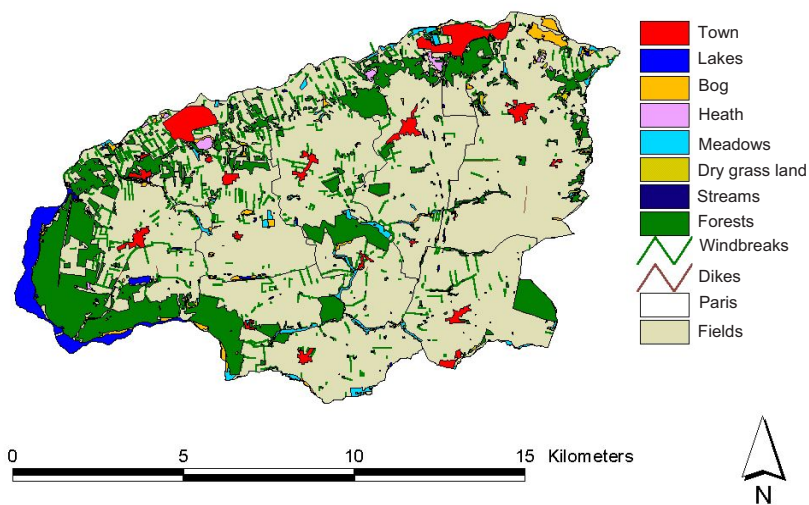


Figure 4. Changes in land use in the study area during two centuries.

Mapping of the natural resources in the study area

By laser scanning, a unique topographical image of the study area was obtained, providing a very detailed map of the landscape features (figure 5).

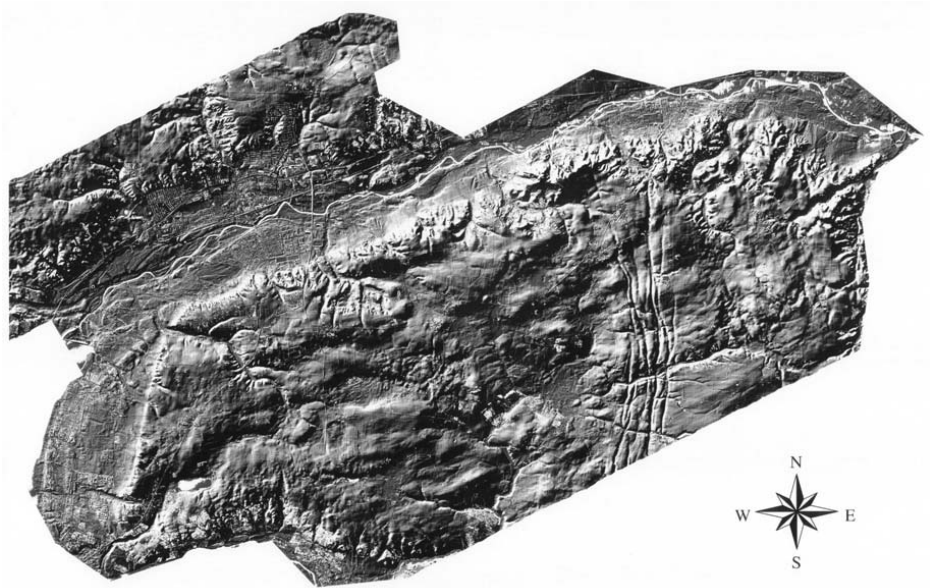


Figure 5. Laser scanning of the study area. The image is interpolated from a 2 m grid where data are cleaned for “noise” such as vegetation etc. In the original scanning, the distance is 20 cm and the resolution of the height is 15 cm. The Gudenå valley is clearly observed in the upper part of the image with glaciofluvial terraces. To the right in the image neotectonic faults are seen. (Image prepared by Chris Kjeldsen).

Soil data input for modelling in the project were based on the Danish Soil Classification System (JB-classification). To test the accuracy of the system, a reclassification of the JB-mapping was carried out in the project’s study area. The survey indicates that a substantial improvement of the JB classification can be obtained (figure 6), but requires a major increase of sampling points.

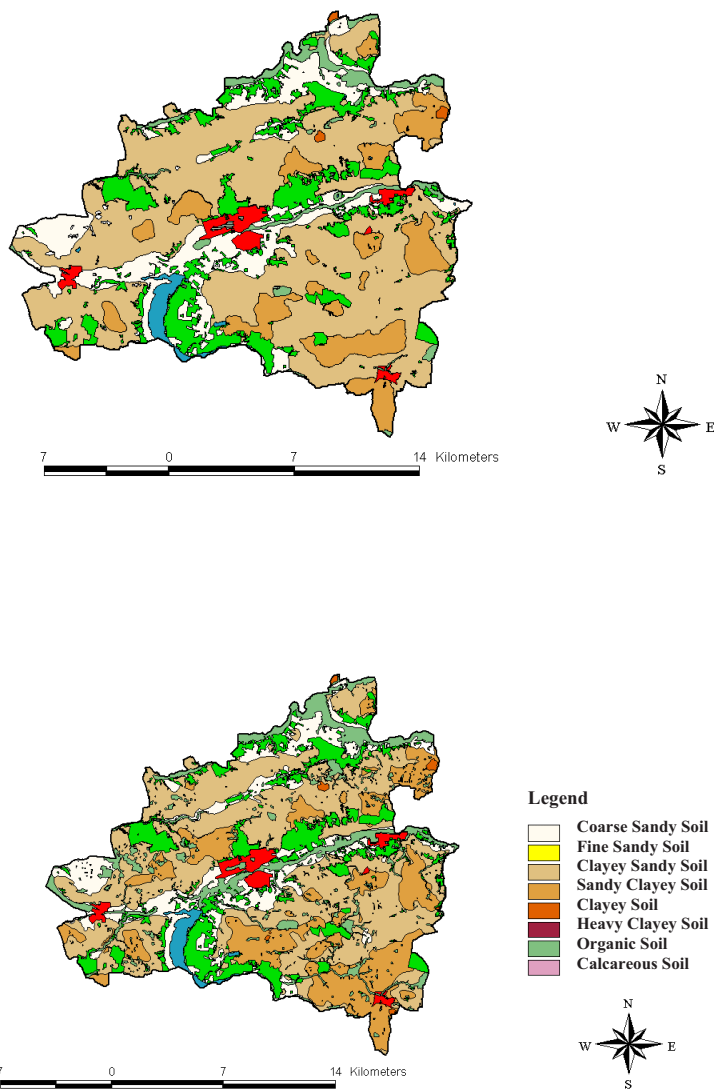


Figure 6. The old (top) and the revised (bottom) texture map of the plough layer. Towns in red.

The soil survey in the project included a detailed mapping at field level, using the electro-magnetic sensor, EM38. By this method, soil layer and horizon boundaries were registered at

different depths. This made possible mapping for three depths down to one metre, thereby covering the majority of the soil exploited by plant roots (figure 7).

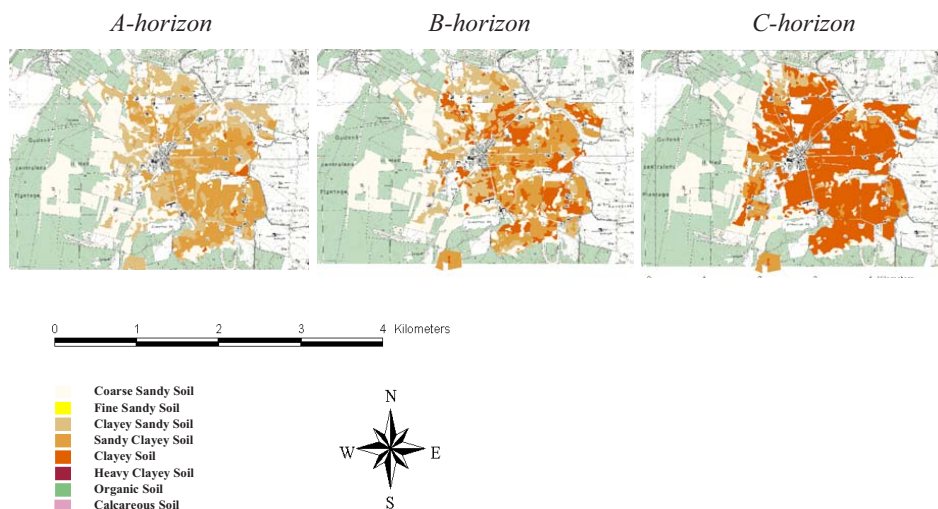


Figure 7. The texture in the plough layer (left), the B-horizon (central) and the C-horizon (right) of fields in part of the study area.

The EM38 method was used for the first time in Denmark for soil survey purposes in the project. It is now used as a standard technique for soil mapping purposes within the Danish Institute of Agricultural Sciences (DIAS) and is widely used by the agricultural extension services, in public mapping and by private companies. The introduction of the concept of the mobile EM38 has thus been successful.

ARLAS scenario analyses

The project participants defined a range of land use scenarios based on policy objectives. These scenarios aimed to show the potential of the simulation models, while simultaneously being relevant to those whose role is to administrate landscape management and farming practice. The scenario analyses were based on a comprehensive mapping of agricultural production, land use and landscape in the study area. This mapping was part of the scenario system and recognised three main elements: farms, their fields and 'other landscape elements' (roads, urban areas, windbreaks, woodlands, fresh water, roadside areas, etc.). In this way, the entire surface of the study area was incorporated in the scenario system. The scenarios described future changes in time and space, using 1998 as a base year (figure 8).

The consequences of the land use scenarios were predicted using the data management and modelling system developed in ARLAS (see figure 2). This incorporates and manipulates data within a Geographical Information System (GIS) and distributes relevant data to the different simulation models used. The simulation models return data to the GIS, where they are analysed and presented as maps and tables.

Three scenarios were used in the ARLAS project: *A marginal farmland scenario*: Increasing the amount of extensively grazed grasslands by converting from intensively-cultivated, marginal arable land (table 1). *A drinking water scenario*: Two strategies were used for the protection of the drinking water supplies: grassland set-aside and afforestation in areas designated by Viborg County in 2002 for water protection (table 1). *A small-biotopes scenario*: Fields less than 1 ha were converted into new small-biotopes for the benefit of the plant and animal wildlife (table 1).

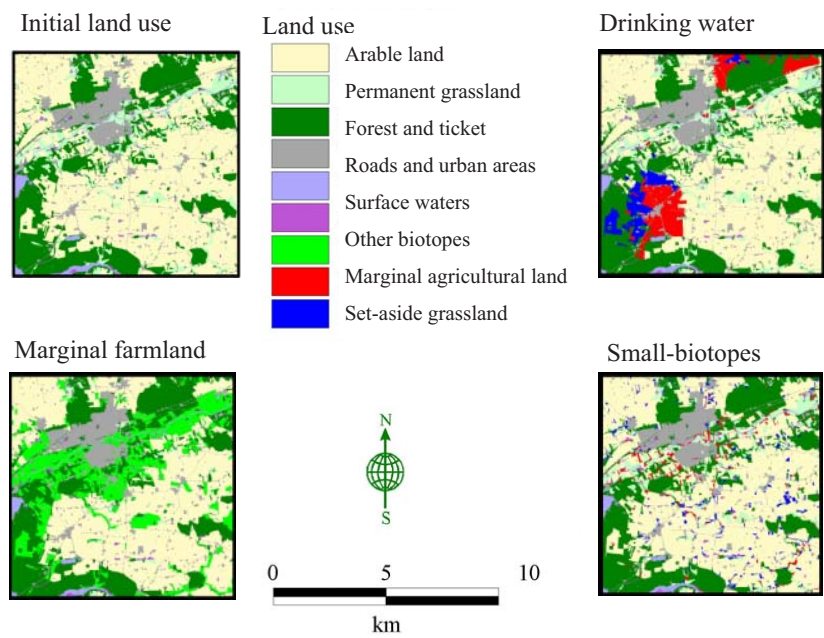


Figure 8. Initial land use in 1998 and changed land use in the three scenarios.

Table 1. Land use in the initial situation and changes in the three scenarios, ha.

	Initial situation	Marginal farmland scenario	Drinking water scenario	Small-biotopes scenario
Fields in rotation	5300	-1071	-832	-208
Permanent grassland	850	1071	-42	-157
Grassland set aside	0	0	568	168
Forest	2500	0	305	197
Roads and urban areas	1050	0	0	0
Surface waters	200	0	0	0
Other biotopes	100	0	0	0

For all three scenarios, decision rules for farm management were applied in order to adjust farming practice to the changed conditions (e.g. by shifting from dairy to arable farming, by terminating agricultural production, etc.). As the proportion of the area of individual farms affected by the changes in land use increased, the consequences for existing farming practices also increased. In the scenarios the consequences for agricultural production, farm and socio-economy, environment and nature were modeled and compared with the initial situation (the base scenario) in 1998.

Simulated consequences of the scenarios

The consequences of the scenarios for four different themes were examined: the economy, the loss of nitrogen to the aquatic environment, change in plant communities and landscape structure, and the animal wildlife.

Economy: The analyses included the consequences for both merchantable goods (articles, production factors, etc.) and non-merchantable goods (environment quality, biodiversity, recreational possibilities, etc.). A rather simple modelling of the financial situation of the individual farm was carried out, based on production data from national databases. The societal analysis should examine the consequences of the use of the scarce resources of society and, ideally, also include the effects on non-merchantable goods. This means that the ranking of outcomes seen from the farmer's viewpoint would differ from that of the wider society. The marginal farmland and the drinking water scenarios had an effect on both the socio- and farm economy (table 2).

Table 2. Main economic consequences of the two scenarios.

Scenarios:	Marginal farmland	Drinking water
Agricultural area involved	4400 ha	1300 ha
Socio-economy	-5000	-2900 ¹ -3700 ²
Farm economy	-9000	-1100 ¹ -800 ²

¹) With EU subsidy. ²) With subsidy from the Agri-environment scheme.

The effects of the scenarios showed a marked geographical variation as illustrated in figure 9. Although the overall picture was a poorer socio- and farm economy, some farms experienced an improved economy. The main reason was that these farms obtained subsidy from the environment friendly agriculture scheme due to the change in land use and production.

Loss of nutrients to the aquatic environment. The calculation was carried out in two stages. First, the farm model *Farm ASSEssment Tool* (FASSET) was used to simulate the nitrogen flow at farm level. The output from FASSET included water percolation from the root zone in mm per year and nitrate leaching as kg N per ha per year at field scale. This was calculated for every field in the study area for a 27-year period, using weather data from 1963-1990. In the next stage, the hydro-geological model *A Modular Three-dimensional Finite Difference Groundwater Flow Model* (MODFLOW) was used to simulate the flow and nitrogen transformations in water as it moved from the bottom of the root zone to ground and surface water.

Calculated effects of the drinking water and the marginal farmland scenarios are shown in table 3.

Table 3. Main effect of the scenarios on losses of nitrogen. Percentage changes in losses relative to the initial situation. N-losses were simulated by the FASSET model. N-concentrations in groundwater, in the Tyrebæk stream and in the drinking water borehole were simulated by the hydro-geological MODFLOW model.

Scenarios:	Marginal farmland %	Drinking water %
FASSET		
Nitrate leaching from the root zone	-25 ¹	-13
Ammonia loss		-30
Soil N-pool		0
MODFLOW		
N-concentrations in groundwater		-11
N-concentrations in the Tyrebæk stream		-73
N-concentrations in the drinking water borehole		-57

¹⁾ In the marginal farm land scenario only nitrate leaching from the root zone was simulated

The applied measures in the scenarios showed a substantial average effect on the losses of nitrogen to the environment. However, considerable geographical variations in the effect of the scenarios were observed as illustrated in figure 9. In most areas the scenario resulted in a reduced leaching and N-concentration in groundwater. However, in some situations N-losses and -concentrations increased due to the changes in production and land use.

Plant communities and landscape structure. A GIS based Biotope Model was developed based on a floristic classification of plant communities found within natural and semi-natural areas in Denmark. Linkage between plant community and landscape was established via a description of the plant community's ecology and their dependency on abiotic settings, land use and other human activities. A nationwide ecotope map reflecting these settings has been compiled and implemented into the ARLAS scenario system. Scenario analyses found that an extensification of marginal farmlands mainly resulted in herb-rich plant communities less influenced by agriculture (table 4).

These areas were especially related to existing fields with permanent grazing. Also, connectedness between these areas was considerably increased. Extensification of the area zoned for water protection mainly resulted in pasture and a number of meso-eutrophic meadows, whereas the small-biotopes scenario had no great effect. A validation of the Biotope Model indicates that the analyses primarily should be based on modelling of superior plant communities as the highest level of detail. Preliminary comparisons of data for the entire country confirm this fact.

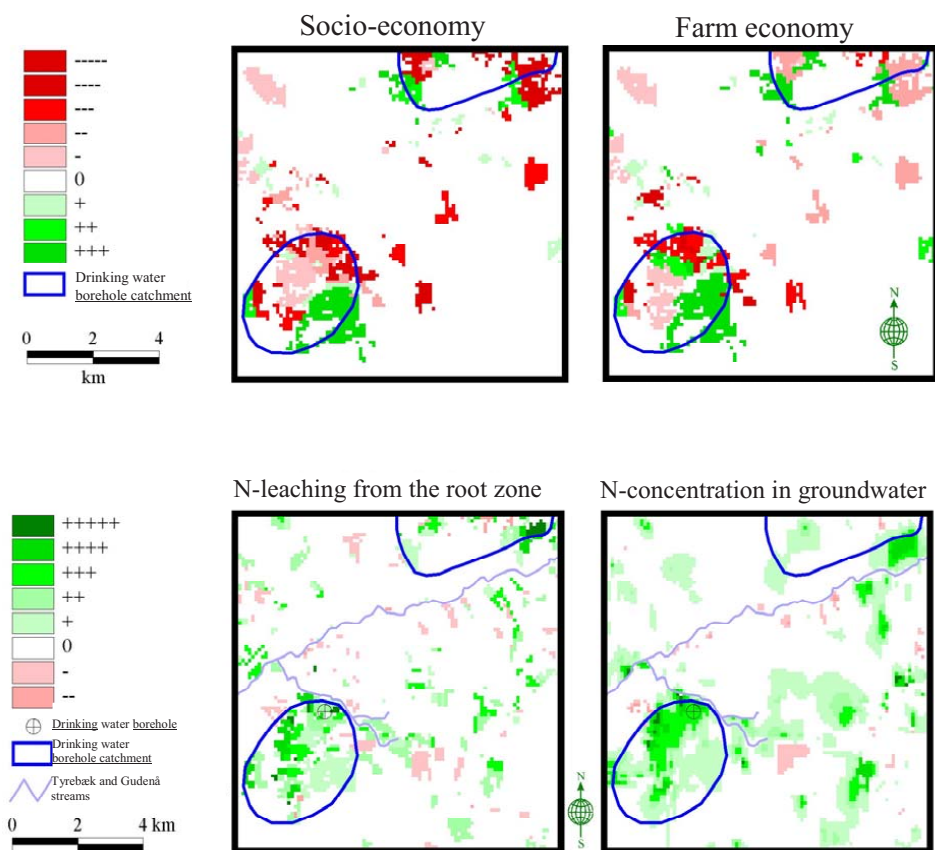


Figure 9. The effect of the drinking water scenario on the geographical variation in economy and N-losses. Top: Changes in economy for farms with subsidy from the Agri-environment scheme. Red: poorer economy. Green: improved economy. Bottom: Changes in the geographical distribution of leaching from the root zone and in N-concentrations in the groundwater aquifers just above the redox boundary. Red: increased N-losses. Green: reduced N-losses.

The average situation shown in table 4 encompassed a varied geographical distribution of the changes in plant communities by the scenarios as illustrated in figure 10.

The animal wildlife. Individual-based animal models, combined with a landscape model form the model system, *Animal, Landscape and Man Simulation System* (ALMaSS). ALMaSS was used to describe the dynamic interactions between the animals and their surroundings. In the animal models, a species-specific set of rules were defined for the individual animal – rules determining the behaviour of the animal under conditions changing in time and space. The landscape model comprised a detailed reproduction of all spatial structures in the landscape in the study area. The animal species chosen (field vole *Microtus agrestis*, skylark *Alauda ar-*

vensis, spider *Erigone atra*, *Linyphiidae*, and roe deer *Capreolus capreolus*) are all animals that can exploit a modern agricultural landscape. However, the effects of the changed land use, as expressed through the drinking water, the marginal farmland and the small-biotopes scenarios, differed widely for the different species examined (table 5).

Table 4. Main effect of the scenarios on plant communities. Changes in areas (ha) of forests, semi-cultural areas (managed dry and wet pasture) and semi-natural areas (heath, wetlands and dry grassland). Changes in connectedness of the vegetation types where positive changes indicate increased connectedness and negative changes reduced connectedness.

Scenarios:	Marginal farmland	Drinking water	Small-biotopes
Distribution (ha):			
Semi-cultural areas	347	358	-95
Semi-natural areas	735	174	107
Forest	0	308	199
Connectedness (proximity measure):			
Semi-cultural areas	-85	284	-87
Semi-natural areas	266	23	2
Forest	0	1483	487

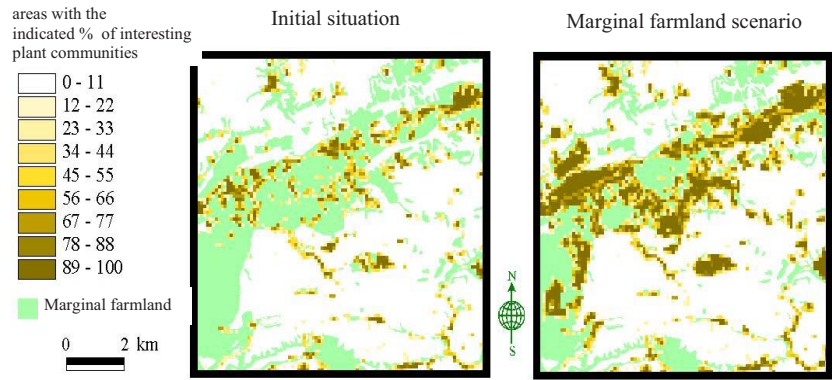


Figure 10. Scenario effects on the geographical distribution of semi-cultural and semi-natural areas with specific interesting plant communities.

Table 5. Main effect of scenarios on fauna population. Percentage changes in populations of the species.

Scenarios:	Marginal farm land %	Drinking water %	Small-biotopes %
Skylark (<i>Alauda arvensis</i>)	-10	0	-10
Roe deer (<i>Capreolus capreolus</i>)	0	100	50
Spider (<i>Erigone atra</i> , <i>Linyphiidae</i>)	-25	-20	¹⁾
Field vole (<i>Microtus agrestis</i>)	5	15	¹⁾

¹⁾ *Small-biotopes scenario was not run for spider and field vole.*

Relating to the basic scenarios, the following effects were found for the species examined in the three converting scenarios:

- The drinking water scenario:* Conditions for and population of field vole, skylarks, and reproductive outputs of young skylarks and roe deer were generally improved, while the reaction of spiders was strongly negative.
- The marginal farmland scenario:* There was no change in population of field mice or reproductive output of young skylarks, an unchanged average carrying capacity for roe deer, and the lowest population of spiders.
- The small-biotopes scenario:* The average population of breeding skylarks was reduced, but reproduction was improved in years with favourable climatic conditions. The average population of roe deer increased through all the years.

The results of the modelling carried out provides no final answer to the question: 'Will the general changes in land use affect the species modelled in a positive or a negative way all over Denmark? But the scenario analyses form a good basis for a description and an understanding of the consequences of the impact of the complicated interactions of individual factors on the living conditions of the species modelled.

As for the other themes the scenarios influences the geographical distribution of wildlife in the study area as exemplified in figure 11. Whereas the roe deer population increased substantially in the drinking water protection areas, the land use changes reduced the skylark population in these areas.

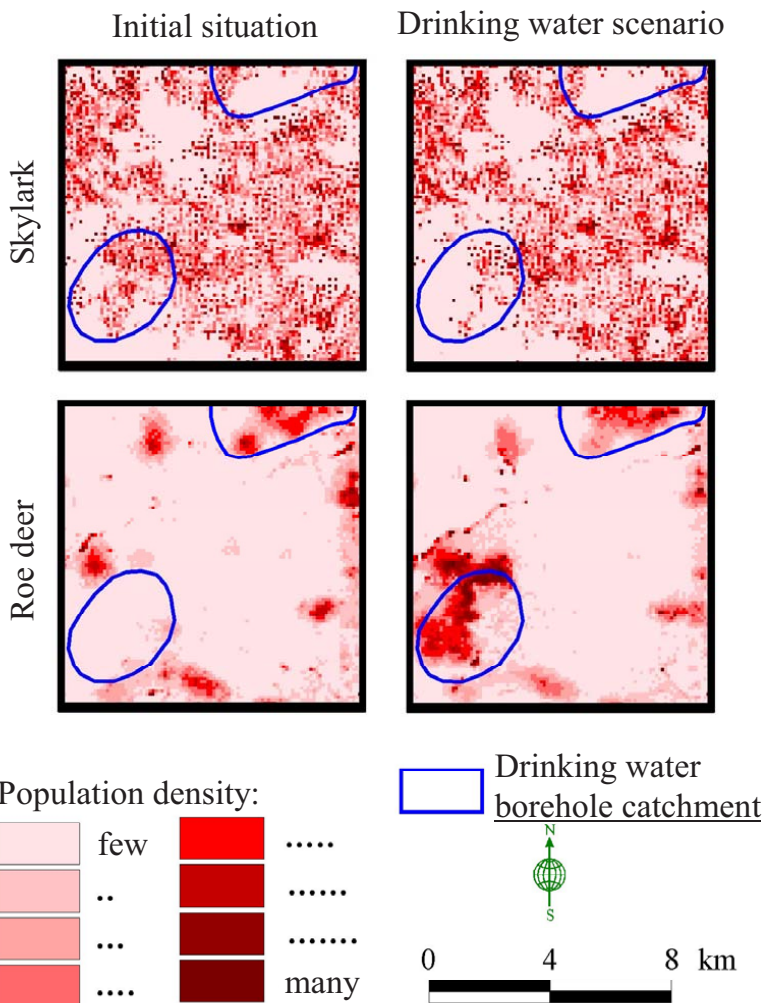


Figure 11. Scenario effects on the populations of breeding skylarks and roe deer.

Future perspectives

Various forms of land use will characterise the open, rural areas in the future. During the last 15-20 years, environmental and nature conservation considerations have increasingly influenced agricultural management, and the need for a multipurpose view of land use is now widely recognised. Today's demand for sustainability is not limited to agricultural production and profit, but includes other aspects of rural life such as the environment and landscape. Proper utilisation of the future landscape requires a holistic approach, where consequences of various different land uses are assessed and management adjusted.

In the ARLAS project, a scenario system was developed capable of simultaneously providing simulated consequences for economy, environment and nature of changes in land use and

agricultural production. Further, the system can visualise the consequences and their spatial variation on maps and facilitate analyses of geographical interactions between selected themes. The great spatial variation clearly indicates that the observed effect of scenario measures is highly dependent on scale. An average regional result may cover substantial geographical and thus farm-to-farm variations. Ideally, suitable changes in land use should be varied and adjusted to the individual farm conditions, seeking a solution as far as possible optimal to farm production, nature and the environment. The ARLAS system provides a methodological background for such analyses of landscape management. During the project, a basic system was prepared. However, to create an operational, practical and applicable system, further development in cooperation with potential end users of the scenario system is required.

In the project, a theoretical, scientific approach was chosen in the selection of scenario objectives, as the main goals were to test the dynamic relations, processes and their interactions in the simulation of consequences of implemented measures. In further developments of the system, a problem-oriented approach should be made.

The system, in its present form, is very work demanding particularly due to a huge data requirement and the dynamic and complex relations that have to be handled by the system. Development of a simplified system (less data demanding and with “light” versions of the models), targeted to studies of “real life” problems is probably a prerequisite for further application of the system, e.g. in landscape and environmental planning and in agriculture.

Holistic solutions to land management problems require a system where you can compare and weigh the objectives and measures of various scenarios in order to make the optimal choice. Time constraints, however, did not allow for the development of such a system during the project. The development would also require a “value” to be added to the single scenario objectives and measures, and this value adding would be part of the democratic political process. Further, a priority system should be developed in cooperation between research, the farming community and the political-administrative system in order to cover relevant stakeholders. Some initial considerations on the issue were, however, made in the final phase of the ARLAS project, and a very simplified illustration of a possible priority system is sketched in table 6.

Table 6. A possible compilation and classification of scenario results.

Scenarios	Marginal farmland	Drinking water	Small-biotopes
Economy	-----	---	0
N-losses	++++	++++	0
Flora	+++	+++	+
Fauna	--	+++	+

-: Negative influence. +: Positive influence. 0: No influence.

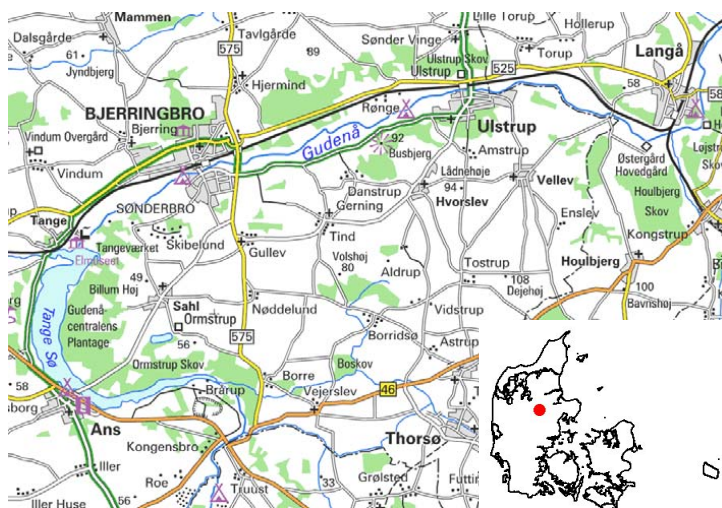
Table 6 only provides an example of a priority system. In the “real world” the priority will clearly depend on the actual natural resource situation and on the societal and political opinions.

Fra udmark til rekreativ ressource

Ole Hjorth Caspersen & Frank Søndergaard Jensen

Introduktion

Danmark er kendt som et af de mest intensivt dyrkede lande i Europa, hvor 66% af arealet anvendes til landbrug og næsten 90% af dette areal er i omdrift. Landbruget udgør med andre ord et markant islæt i det danske landskab. 12% af landet er skovdækket, men det er målet at fordoble denne andel i løbet af de næste 80 til 100 år. Presset fra urbanisering og udbygning af infrastruktur er stigende, og undersøgelser har vist et holdningsskift hos dele af befolkningen, idet mange byboere er trætte af det hektiske liv i byerne og drømmer om at flytte på landet for at komme tættere på naturen (Landdistrikternes Fællesråd, 2001). Tilsammen skaber denne udvikling et øget pres på de arealer, som traditionelt har været forbeholdt landbrugsproduktionen. Artiklen fokuserer på et område i Midtjylland (figur 1), som igennem de sidste 200 år er blevet opfattet som marginalt i forhold til de primære landbrugsområder. Området har dog igennem hele perioden været inddraget i den landbrugsmæssige produktion og har haft en vis betydning for denne. Det opfattes fortsat som marginalt, når det betragtes ud fra de landbrugsmæssige interesser, hvilket afspejles i arealanvendelsen. Men på grund af de rekreative værdier, der er forbundet med dette landskab, bliver det prioriteret stadig højere, når det betragtes ud fra et rekreativt synspunkt. Som følge heraf er området ved at skifte karakter, og det bliver stadig mere præget af anlæg og aktiviteter, som er knyttet til den rekreative anvendelse. Denne artikel illustrerer udviklingen af området igennem en 200-årig periode og fokuserer på udviklingen af multifunktionalitet i de dele af landskabet, som er marginale ud fra et landbrugsmæssigt synspunkt. Udviklingen af en flersidig arealanvendelse, der inddrager de rekreative aspekter, kan bidrage til at forbedre den lokale økonomi i denne type landbrugsområder.



Figur 1. Området ved Gudenåen i Bjerringbro og Hverslev kommuner.
The course of the Gudenå river in the study area.

Undersøgelsesområdet udgøres af et 156 km² stort område, der er præget af forholdsvis gode jorde. Gudenådalene er en af de største ådale i Danmark og domineres af sandede jorde og stejle skrænter.

Metode

Undersøgelsen af landskabets udvikling igennem de sidste 200 år blev baseret på en kortbladsanalyse ved hjælp af GIS i perioden 1800-1815, 1878, 1950 og 1995 (figur 2). For at dække perioden i begyndelsen af 1800-tallet blev 29 håndtegnede udskiftningskort digitaliseret og sammenkædet til ét kort. En række andre kortblade blev behandlet på tilsvarende måde for de tre andre perioder. Da kortbladene varierer med hensyn til kvalitet og tematisk opløsning igennem perioden, blev der udviklet en generaliseret fælles klassifikation, som blev bestemt ud fra de nyeste kort. Generelt kan det i denne forbindelse konstateres, at de ældste kortblade havde den største tematiske og skalamæssige opløsning (1:4000). Analysen af arealanvendelsens udvikling blev gennemført som en rasteranalyse i ArcView.

Til belysning af den rekreative anvendelse blev der i 1999 gennemført en spørgeskemaundersøgelse blandt gæster i kano eller kajak på Gudenåen (Jensen, 2001a).

Arealanvendelsen 1800

Ved hjælp af de digitaliserede udskiftningskort kan vi danne os et indtryk af landskabet i begyndelsen af 1800-tallet. Bjerringbro-Hvorslev-området var på det tidspunkt præget af en traditionel landbokultur, og landbruget var endnu baseret på et dyrkningsfællesskab. Jorden var fortrinsvis samlet om landsbyerne på indmarken. Udmarken, som kun blev ekstensivt udnyttet, henlå i form af hede, kær og moseområder. Kreaturer, får og heste blev fodret med hø og halm når de ikke græssede, mens kornet fortrinsvist blev brugt til levnedsmidler. Marker, heder og enge leverede de nødvendige input til systemet, og der var tale om et lukket kredsløb, som til gengæld ikke producerede særlig meget efter vore dages målestok.

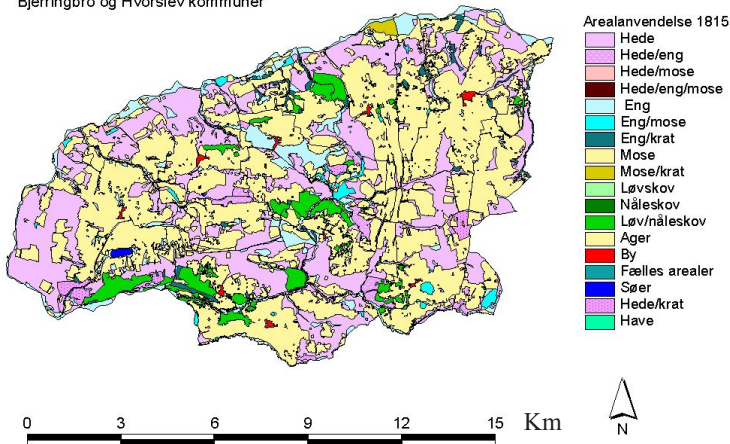
Via udskiftningskortene er det beregnet, at det egentlige opdyrkede areal udgjorde 51% af det totale areal i området omkring 1815. Opdyrkningen afspejlede en balance imellem dyrkningsgrundlagets beskaffenhed og størrelsen af befolkningen, som kun udgjorde 3993 personer i 1801.

Udmarken var blandt de områder, der nok indgik i landbrugsproduktionen, men som ikke var inde i omdriften. Der eksisterer ikke datidig statistik for dette areal. Men ved digitalisering af udskiftningskortene er det blevet muligt at danne sig et indtryk af udmarkens sammensætning og størrelse, som den så ud ved 1800-tallets begyndelse (figur 2). Som det fremgår af figuren, er de forskellige landsbyer adskilt af en mosaik af udmarksarealer, som består af forskellige tørre og våde plantesamfund.

Tørre, græssede overdrev er ikke afsat direkte på kortene, men de var hyppige; ikke mindst fordi de var vigtige af hensyn til hesteholdet. De lå typisk ved å- og erosionsdalens skrænter, og nogle af dem kan også genfindes som hedearealer på udskiftningskortene (Böcher, 1980).

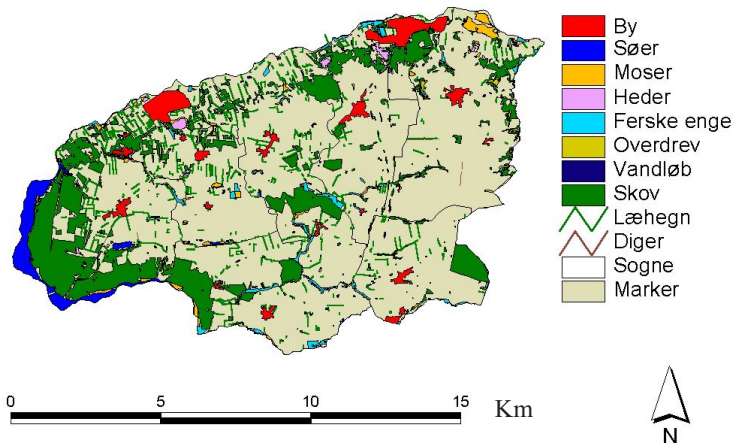
Arealanvendelsen 1815

Bjerringbro og Hvorslev kommuner



Arealanvendelsen 1994

Bjerringbro og Hvorslev kommuner



Figur 2. Arealanvendelsen i 1815 og i 1994. Kortet fra 1815 er opbygget af 29 udskiftningskort fra perioden 1800-1815. Der ses en tydelig opdeling i ind- og udmarksarealer. Den mest frugtbare jord omkring landsbyerne udnyttes mest intensivt, mens de mere uproduktive jorde anvendes mere ekstensivt. I 1994 er landskabet præget af det industrialiserede landbrug, skove har overtaget hedens plads og læhegn ses nu mange steder i landskabet.

Land use in 1815 and in 1994. The map from 1815 is compiled from 29 maps from 1800-1815. A clear partitioning between in- and outlying fields can be seen. The fertile soil around villages is intensively utilized, whereas less productive areas are extensively used. In 1994 the landscape was dominated by industrialized agriculture, forests occupies former heathland and windbreaks are found throughout the landscape. For further explanation see figure 4 in Extended summary.



Figur 3. Udmarksarealer i midten af 1800-tallet. ”Fra Skanderborg egnen”, maleri af Kyhn, 1864.

Areas of outlying fields in the mid 19th century. Paintings by Kyhn, 1864.

Trods den ekstensive anvendelse udgjorde udmarksarealerne en vigtig del af landbrugets resourcegrundlag. Heden udgjorde 31% af arealet, men den bestod af forskellige kombinationer af lyng, eng, mose og krat. Derfor blev den også anvendt på forskellig måde, men dens vigtigste funktion var dog at tjene som græsningsområde for fårene. Lynghalmen og tørv blev, grundet det ringe skovareal, anvendt som brændsel, og moserne blev anvendt til tørveskær langt ind i det tyvende århundrede. Der var tale om et dynamisk samspil mellem ind- og udmark, som medførte, at grænserne imellem de enkelte arealtypen var mere eller mindre diffuse. Datidens landskab stod derfor i klar kontrast til nutidens, der er karakteriseret ved meget veldefinerede grænser (Fritzbøger, 2001).

Arealanvendelsen i 1994

Det tyvende århundredes anden halvdel indebar gennemgribende forandringer af landbruget. Mekanisering, specialisering, rationalisering og deraf følgende strukturforandringer har været de dominerende elementer i denne forandring. Landbruget udviklede sig fra et lukket kredsløb til et åbent system karakteriseret ved en stor import af hjælpestoffer. Produktionen blev dermed markant forøget – en udvikling som fortsat bliver underbygget af et stort forædlingsarbejde.

Denne udvikling kommer klart til udtryk i Bjerringbro-området. Specialiseringen af landbruget har her bevirket en opdeling af bedrifterne i svinebrug, kvægbrug og planteavlere. Det blandede brug er derimod praktisk taget ophørt med at eksistere, primært fordi det er blevet økonomisk nødvendigt at fokusere på den rationelle, specialiserede produktion. Denne specialisering har medført, at der hvert år dyrkes op til 31 forskellige typer afgrøder i Bjerringbro-området, hvilket sandsynligvis er det højeste nogensinde (Fødevareministeriet, 1994). Af det samlede landbrugsareal er det dog fortsat korn, som dominerer, idet det i året 1996 udgjorde 51% af det dyrkede areal.

Ud over at sædskiftet blev udviklet, steg den animalske produktion også. Fåreholdet mistede dog gradvist sin betydning, efterhånden som udmarken blev opdyrket. Skoven er blevet et

markkant islæt i landskabet, idet de dårligste arealer er blevet beplantet med nåleskov. Skoven udgør dermed i dag 19% af arealet imod 4% ved 1800-tallets begyndelse.

Landskabsdynamik igennem 200 år

Forandringerne i landskabet igennem de næsten 200 år, som undersøgelsesperioden dækker, er betydelige (figur 4). Befolkningen i det tyndt befolkede landskab var steget til 6000 i 1878, hvorefter den atter begyndte at falde som følge af afvandringen til byerne.

Fuldtidslandmændene har indtil for få år siden udgjort den største gruppe igennem undersøgelsesperioden, men udviklingen har bevirket, at de i dag udgør mindre end 27% af det samlede antal landmænd. Til gengæld ejer disse 27% ca. 50% af landbrugsarealet og den største del af skovarealet. Fritidslandmændene udgør i dag en stor gruppe på 42%, mens pensionisterne udgør 24% af områdets landmænd¹. Sammenholdes bedriftsstørrelsen med bedriftstyperne viser det sig, at de fleste bedrifter under 20 ha er planteavlbrug. Det vil sige, at de fleste fritidslandmænd og pensionister er planteavlere. Jo større bedriften er, desto højere bliver endvidere andelen af kvæg- og svinebedrifter, og svinebedrifterne udgør således den største gruppe blandt bedrifter på mere end 100 ha.

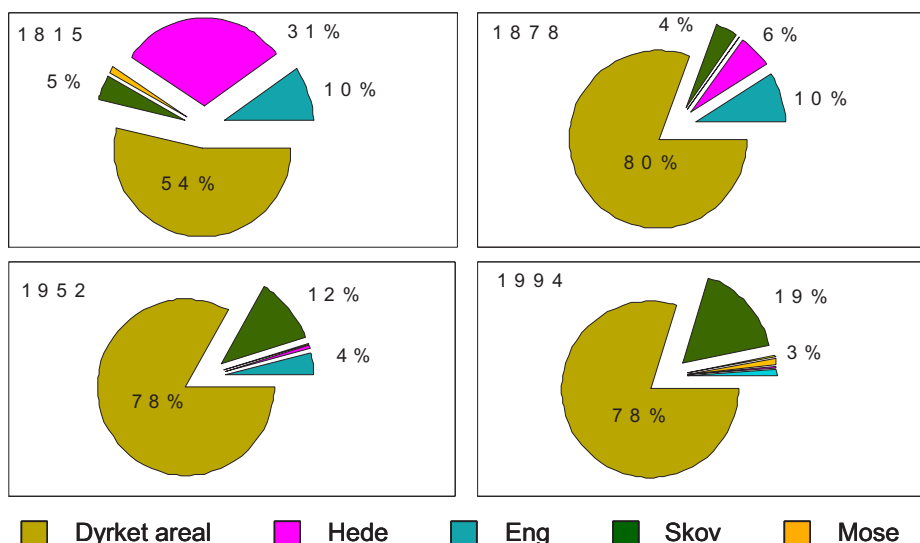
Af figur 4 fremgår det, at der er sket en generel udvidelse af omdriftsarealet, mens de tidligere udmarksarealer (hede, eng) er blevet væsentligt reduceret i omfang. Derimod er skovarealet blevet betydeligt forøget. Denne arealopgørelse giver dog ikke noget billede af, hvor i landskabet disse forandringer er forekommet og heller ikke noget om arealanvendelsens kontinuitet gennem undersøgelsesperioden. Ved at gennemføre en GIS baseret change detection analyse var det muligt at visualisere forandringerne i arealanvendelsen igennem de 200 år (figur 4). Figuren illustrerer, at de større forandringer (fx skovrejsning) især forekommer i områder, som var karakteriseret ved en mere ekstensiv arealanvendelse først i 1800-tallet. Området omkring landsbyerne er derimod forblevet uændret igennem hele perioden. Denne landskabsdynamik kan forklares som en kombination af afstanden til landsbyerne, jordtyperne og terræn (Caspersen & Fritzboeger, 2002). I visse områder har arealanvendelsen varieret for hver af de undersøgte år, og der kan meget vel være tale om hyppigere ændringer end de, som er illustreret her. De mange variationer kan her tolkes som et udtryk for, at landmanden gennem hele undersøgelsesperioden har opfattet disse arealer som marginale set ud fra et socioøkonomisk synspunkt. Her er jordrenten lav, og arealanvendelsen er derfor i højere grad end andre steder blevet tilpasset de gældende konjunkturer. Da heden mistede sin betydning, blev den oftest opdyrket, men i mange tilfælde viste forholdene sig at være for ringe til at fastholde jorden i omdrift, og i stedet blev der plantet skov på mange af arealerne.

Undersøgelsen illustrerer, at det danske kulturlandskab kan opfattes som et spejl af menneskets holdninger. I denne region har den produktivistiske opfattelse af landskabet været dominerende og tilpasningen af arealanvendelse på den tidligere udmark er et godt udtryk for denne holdning. Denne holdning er nu under forandring nogle steder i regionen. I denne forbindelse er det især undersøgelsesområdets nordlige del op imod Gudenåen, som er interessant.

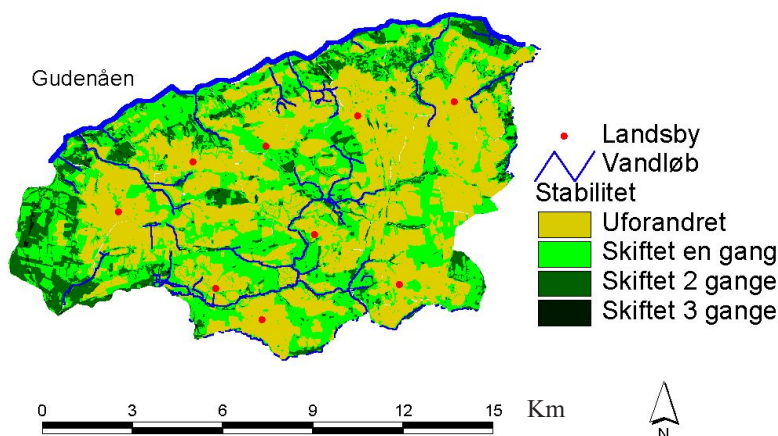
Gudenådalen er en ekstramarginal smeltevandsdal og er præget af meget varierende jordtyper, men sandet og groftsandet jord dominerer. Skrænterne har i flere områder hældninger, der er større end 12 grader og dalsiderne ned mod Gudenåen er præget af erosionskløfter og falske bakker (figur 6).

¹ Fritidslandmænd: Øvrig indtægt > landbrugsindtægt, Deltidslandmænd: landbrugsindtægt > øvrig indtægt,

Fuldtidslandmænd: udelukkende indtægt fra landbrugsvirksomhed.



Arealanvendelse 1815-1877-1950-1995



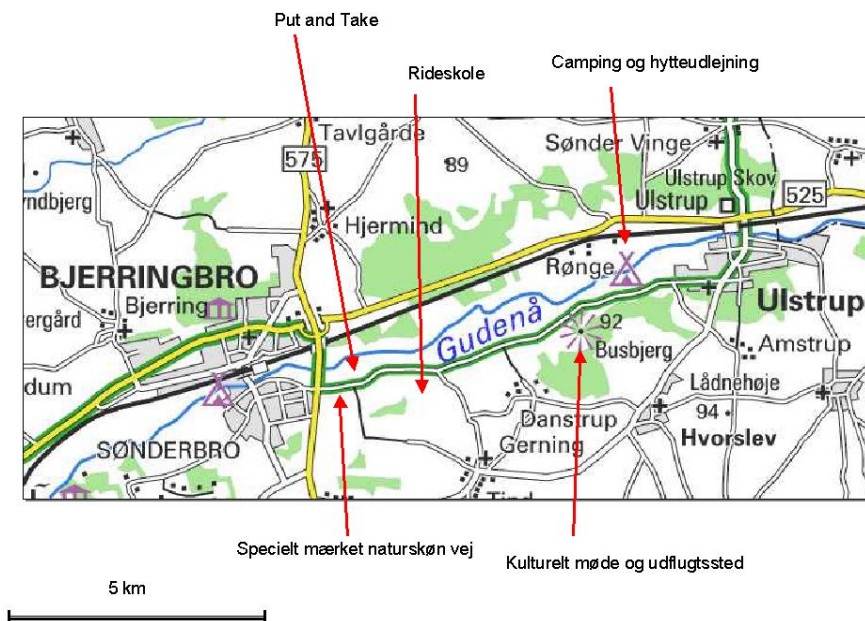
Figur 4. Udvikling og ændringer i arealanvendelsen gennem de sidste 200 år.

Development and changes in land use during the last 200 years. Explanation: Dyrket areal: Arable land; Hede: Heathland; Eng: Meadow; Skov: Forest; Mose: Bog; Landsby: Village; Vandløb: Stream; Uforandret: Unchanged; Skiftet en gang, 2 gange, 3 gange: Land use changed 1, 2, 3 times.

Undersøgelsen viser, at der siden 1950 er sket en regional fordeling af landmændene, idet hel-tidsbedrifterne er koncentreret på den næsten skovløse moræneflade. Gudenådalens kuperede og skovklædte sider domineres derimod af fritidslandmændene. Jordtypen og terræn bevirker fortsat, at dette område er af marginal interesse i forhold til det egentlige landbrug.

Udviklingen af multifunktionalitet i landskabet

Gudenåen har udviklet sig til det største område for kanosejlads i Danmark, og hvert år udlejes mere end 2000 kanoer til flerdags sejlads (Jensen, 2001a). Denne aktivitet er parallel til andre rekreative aktiviteter, som tager afsæt i det smukke og særprægede landskab (figur 5). Store dele af området er dog stadig ejet af fuldtidslandmænd, som primært udnytter de produktive aspekter af landskabet, fx anvendes nogle af ådalens sider til plantninger af juletræer, som giver et betydeligt større afkast end de mere traditionelle granplantager (figur 7).



Figur 5: Den rekreative udnyttelse af området ved Gudenåen.

Recreational use of the Gudenå river area. Rideskole: Horse riding.

Her er tale om en funktionalitet, som er ensidig, og den, visse steder intensive dyrkning af området er, grundet lokaliseringen i et vådområde, forbundet med en række negative konsekvenser for miljøet og den rekreative anvendelse. Ikke desto mindre bliver området i stigende grad opfattet som et meget naturskønt område af høj værdi. I en spørgeskemaundersøgelse blandt kanosejlende på Gudenåen angav 89,5% af deltagerne, at de tog på netop denne tur for at se på landskabet og 90,3% ønskede at være i kontakt med naturen (Jensen, 2001b). Ca. 90% fandt, at "Gudenåen løber igennem meget spændende naturområder" og "åen løber igennem rigtig natur". Med andre ord synes en rekreativ opfattelse af dette landskab at udvikle sig parallelt med den produktivistiske. Der er dog tale om en varierende landskabsopfattelse, som knytter sig til forskellige grupper i befolkningen. Den mere rekreative opfattelse af området findes især blandt fritidslandmand, udflyttere og turister.



Figur 6. Udsigt til Gudenåen fra Busbjerg. Grantræer dominerer på de tidligere overdrev og engene er flere steder blevet afløst af korndyrkning. Åen er blevet uddybet og udrettet for at forbedre afdræningen. Foto Kjell Nilsson.

A scenic view of the Gudenå river from the Busbjerg hilltop. Spruce dominates on previously common land, and meadows are cultivated with cereals. The river floor is lowered in order to improve drainage. Photo: Kjell Nilsson.



Figur 7. Nyplantninger af juletræer langs ådalens sider. Foto: Kjell Nilsson.

Christmas trees on the valley slopes. Photo: Kjell Nilsson.



Figur 8. Kanosejlads på Gudenåen. Canoeing on the Gudenå river.

Området har været præget af en kraftig dynamik igennem undersøgelsesperioden på næsten 200 år som i nogle tilfælde medfører uønskede sideeffekter på landskab og miljø. Men samtidig findes et stort rekreativt potentiale, som kan medvirke til at øge stabiliteten og forbedre de

landskabs- og miljømæssige forhold. De rekreative kvaliteter, som er forbundet med det varierende landskab, kan udnyttes i højere grad, end de bliver i dag. En øget fokusering på dette aspekt kan medvirke til at øge værdien af de arealer, som fortsat opfattes som økonomisk marginale. En fortsat udvikling af multifunktionalitet i landskabet kan blandt andet foregå ved at udvikle de egenskaber, som mange af brugerne værdsætter. Set over et længere tidsrum vil det medvirke til at øge stabiliteten i arealanvendelsen.

Litteratur

Böcher, T.W., 1980. Skrænter og strandmarker. I: Nørrevang, A. (red.): Danmarks Natur bd. 7, s. 284. København.

Caspersen, O.H. & Fritzbøger B., 2002. Long term landscape dynamics- a 300 years case study from Denmark. Danish Journal of Geography special issue 3.

Fritzbøger, B., 2001. Fortidens "grænseløse" landskaber? I: Hels, T., Nilsson, K., Frandsen, J. N., Fritzbøger, B. og Olesen, C.R. (red.): Grænser i Landskabet, s. 135-156. Odense Universitetsforlag.

Fødevareministeriet, 1994. Det generelle landbrugsregister, København.

Jensen, F.S., 2001. Trængsel eller trivsel på Gudenåen. I: Hels, T., Nilsson, K., Frandsen, J. N., Fritzbøger, B. og Olesen, C.R. (red.) Grænser i Landskabet, s. 175-192. Odense Universitetsforlag.

Jensen, F.S., 2001. Kanosejlads på Gudenåen – i 80erne og i dag. Indlæg på Ferskvandscenteret. Silkeborg 18/6-2001.

Landdistrikternes Fællesråd, 2001. Vision for 2020: Nye muligheder i landsbyer og landdistrikter i samspil med natur og miljø. <http://www.landdistrikterne.dk/vision.htm>.

Jordbundskortlægning i værkstedsområdet Bjerringbro/Hvorslev

Søren Torp

Introduktion

Jordbundskortlægningen i Bjerringbro og Hvorslev Kommuner samt den detaljerede jordbundskortlægning i Sahl sogn var en del af ARLAS projektet. Målet med projektets jordbundsdel var at indsamle jorddata, der kunne give et bedre datagrundlag og som kunne bruges til en lang række formål bl.a. ved opstilling af scenarier i projektet. Desuden var formålet at afprøve en række nye metoder til jordbundskortlægning.

Projektets jordbundsdel kan deles i tre dele:

- Landskabsanalyse, profilgravning og profilbeskrivelse i Bjerringbro/Hvorslev kommuner.
- Udpegning af nye jordboringer, tolkning og udtegning af nyt JB-topjordskort for Bjerringbro og Hvorslev kommuner.
- Markkortlægning og sensorkortlægning i Sahl sogn med fremstilling af nyt jordtypekort.

Jordprofilerne skulle give et repræsentativt billede af de jordtyper, der findes i området (Torp & Madsen, 2003). Placeringen af profilerne blev valgt, så de udgjorde en fortætning af det eksisterende kvadratnet af profiler for nitratmålinger (Østergaard, 1990).

Kortlægningen med jordboringer på kommuneplan havde til formål at fortætte det net af teksturerpunkter, der ligger til grund for Den Danske Jordklassificering (JB-kort) (Landbrugsministeriet, 1976). Boringerne placeres fortrinsvis, så de kan være med til at afklare problemer om grænsedragning i forbindelse med forskellige jordtyper og landskabselementer på de eksisterende JB-kort.

I området Sahl sogn blev der udført et særligt feltarbejde, hvor jordbunden blev kortlagt ved hjælp af forskellige kortlægningsteknikker. Der blev anvendt traditionelt håndbor og Danmarks JordbrugsForsknings jordprøveudtager, hvor borepunkts-oplysningerne lægges direkte ind i GIS. Som det første sted i Danmark blev jorden i Sahl sogn desuden opmålt med den elektromagnetiske sensor EM38 (Nehmdahl, 2000).

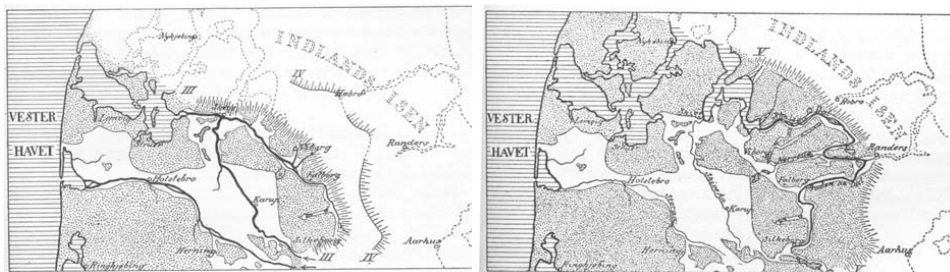
Kvartærgeologisk historie

Geologisk set er området præget af de landskabsdannende processer fra Weichsel glaciationen 115.000-10.000 år før nu (figur 1). For ca. 18.000 år siden rykkede en isbræ fra N og NØ frem til Hovedopholdslinien i Midtjylland (Fårup stadiet). Da NØ-isen var smeltet tilbage, kom et nyt fremstød fra SØ for ca. 16.000 år siden (Ungbalten eller Højvangstadiet). Denne is standsede ved Den Østjyske Israndslinie. Området, vi arbejdede i, ligger mellem Hovedopholdslinien og Den Østjyske Israndslinie (Larsen og Kronborg, 1994). Området består dels af dødislandskaber, små randmoræner med tilhørende smeltevandssletter, moræneplateauer samt smeltevands- og erosionsdale fra sen- og postglaciertiden (Larsen og Kronborg, 1994).

Ifølge Milthers (1948) findes der en randmoræne nord for Tange Sø, mellem Vindum og Fårup, gående mod nord over Vester Hede. Randmorænen er dannet, hvor isen har "stået stille" i længere tid under afsmeltningen. Randmorænen ses som en overgangszone mellem jævnt og mere bakket terræn.

Gudenå systemet er et centralt landskabselement i området. Under isens tilbagesmeltning fik smeltevandets først afløb fra Gudenådalen via Faldborgdalen til Lovns Bredning. Efterhånden som isen smeltede væk, fik Gudenåen afløb via Nørreådalen og Skalsådalen til Hjarbæk Fjord. Da isen var smeltet helt bort fra Jylland, fik Gudenåen sit nuværende afløb til Randers Fjord. De forskellige stadier i denne udvikling ses i dag som smeltevandsterrasser langs Gudenå-dalen (Larsen og Kronborg, 1994). Terrasser er dalbund fra en tidligere å, der ligger tilbage, når en ny å (et nyt stadie) eroderer sig længere ned i sedimenterne fra det gamle dalbunds niveau.

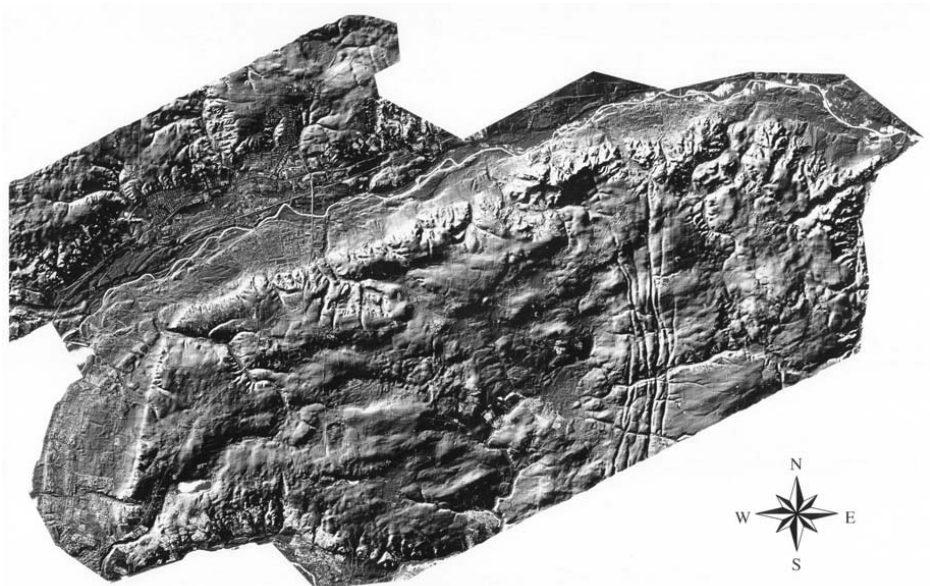
Da stagningen og tilbagesmeltningen fra hovedopholdslinien begyndte, kom store områder til at ligge under dødis. I området ses disse dødislandskaber især vest og nord for Tange Sø. De er præget af urolig topografi med mange afløbsløse vandhuller, søer og moser. Den urolige topografi skyldes, at smeltevandsmateriale er skyllet ud over og omkring fastliggende isblokke. Siden er isen smeltet, hvorved jorden er sunket ind.



Figur 1. Smeltevandsstadie III (venstre) og IV (højre) som de er tolket af N. V. Ussing (Madsen, 1928). Kortene illustrerer den periode, hvor smeltevandets vej først var gennem Faldborgdalen til Venø Bugt (III stadie) og senere til Hjarbæk Fjord (IV stadie). Det var i denne periode, at de grove sedimenter, der i dag ses som terrasser i gudenådalen, aflejredes. Området omkring byen Sahl var på et tidspunkt i denne periode influeret af smeltevand (se landskabsanalysen).

Glacial stage III (left) and IV (right) as interpreted by N.V. Ussing (Madsen, 1928). The maps illustrate the period when the glacial water had its course through the valley of Faldborg (stage III) and later discharged into the fjord of Hjarbæk (stage IV). During this period, the coarse sediments were deposited, forming terraces in the Gudenå valley. At some time during this period, the area around the village Sahl was affected by glacial water.

Området øst for Tange Sø består af et højtliggende moræneplateau uden dødispræg. Mens området var dækket af dødis, var det vanskeligt for smeltevandets at finde afløb. Derfor skete en ophobning af vand i de lavere liggende områder fx Aldrup Kær (Hansen, 1970). Efterhånden som isen smeltede tilbage, fik vandet afløb via Faldborgdalen over Rødkærso og til Lovns Bredning (Larsen og Kronborg, 1994). De vandfyldte områder blev afdrænet, og områderne ses som terrasser i landskabet fx Borre Å og Gel Å (Hansen, 1970).



Figur 2: Laserscanning af Bjerringbro-Hvorslev området. Billedet er interpoleret på basis af et 2 meters grid, hvor data først er rensset for "støj", dvs. vegetation m.m. Den oprindelige scannings afstand er 20 cm og nøjagtigheden på højden er 15 cm. Til at fremhæve højden er brugt hillshade skyggeeffekt (billedbehandling: Chris Kjeldsen).

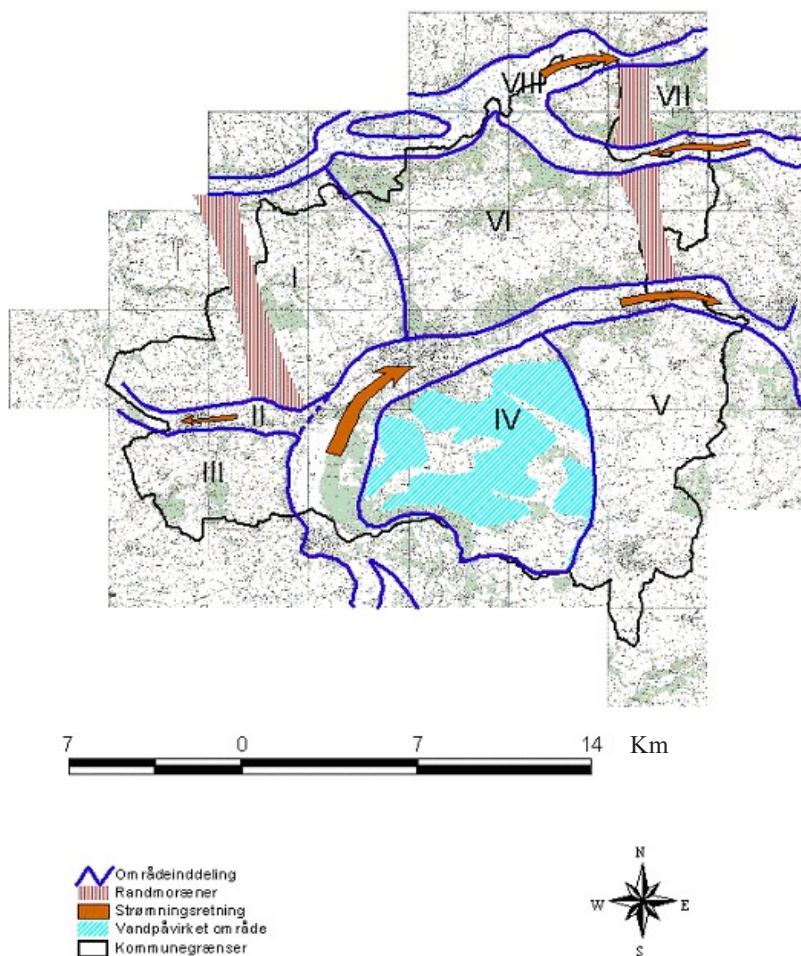
Laser scanning of the study area. The image is interpolated from a 2 m grid where data are cleaned for "noise" such as vegetation, etc. In the original scanning, the distance is 20 cm and the resolution of the height is 15 cm (image prepared by Chris Kjeldsen).

I senglacial-tiden er der flere steder sket en kraftig erosion i Gudenå området. Ved Ulstrup ses det som store sammenhængende systemer af erosionsdale, der får landskabet til at se bakket ud (falske bakker). Ved laserscanning (figur 2) fås et helt unikt billede af overfladen (Torp, 2001). I midten ses Gudenådalens morænelandskab syd og nord for ådalen. Langs kanten af ådalen ses falske bakker dannet ved vanderosion. I ådalens bund kan man ane smeltevandsterasserne som langsgående flader ved foden af bakken. De Miltherske spaltedale (Torp, 2001) ses til højre i morænelandskabet som en række nord-syd gående parallelle render.

I postglacialtiden, efter isens tilbagesmeltning, skete der både en havstigning (Stenalderhavet) og en efterfølgende landhævning. Ved landhævningen faldt erosionsbasis igen, og Gudenåen og Nørreåen skar sig ned i de marine aflejringer, der nu ses som lavtliggende terrasser i Nørreådalens (Larsen og Kronborg, 1994).

Landskabsanalyse

På kortet i figur 3 ses en overordnet kvartær-geologisk inddeling af værkstedsområdet Bjerringbro/Hvorslev. De orange pile viser smeltevandets retning under de forskellige afsmeltningsskeder. I det blåskraverede område ved Sahl-Borridsø findes aflejringer, der har været påvirket af smeltevand, mens isen spærrede for afløb mod nord i den første afsmeltningsskede.



Figur 3. Kvartærgeologisk landskabsanalyse med områdeinddeling over Bjerringbro og Hvorslev kommuner. De blå streger markerer grænserne mellem områderne. (I) Vindum randmoræne strøg, (II) Faldborgdalen, (III) Palstrup moræneplatau, (IV) småbakked moræne Sahl-Gerning-Borridsø, (V) storbakked moræne Ulstrup-Thorsø, (VI) randmorænen Terp-Torup, (VII) Svinding Ø, (VIII) Gudenå-Nørrå systemet.

Quaternary glacial terrain evaluation of the study area. Explanation: Områdeinddeling: Landscape classes; Randmoræne: Push Moraine Ridge; Strømningsretning: Water flow direction; Vandpåvirket område: Area affected by water; Kommune grænser: Municipality boundaries.

Supplerende boringer

Der blev udpeget ca. 250 steder til supplerende boringer og prøvetagning, hvoraf der blev valgt 219 (figur 4). Der, hvor det i feltet skønnedes, at geologien var forholdsvis ens, blev der i alt fravalgt 31 planlagte boresteder.



Figur 4. Kort over Bjerringbro og Hvorslev kommuner med de gamle teksturpunkter fra jordklassificeringen (åbne cirkler) og de nye bopunkter (udfyldte cirkler). Blanke områder, dvs. områder uden punkter, er byer, skove og søer.

Old (open circles) and new (closed circles) texture sampling points in the study area. Areas without sampling points are towns, forests and lakes.

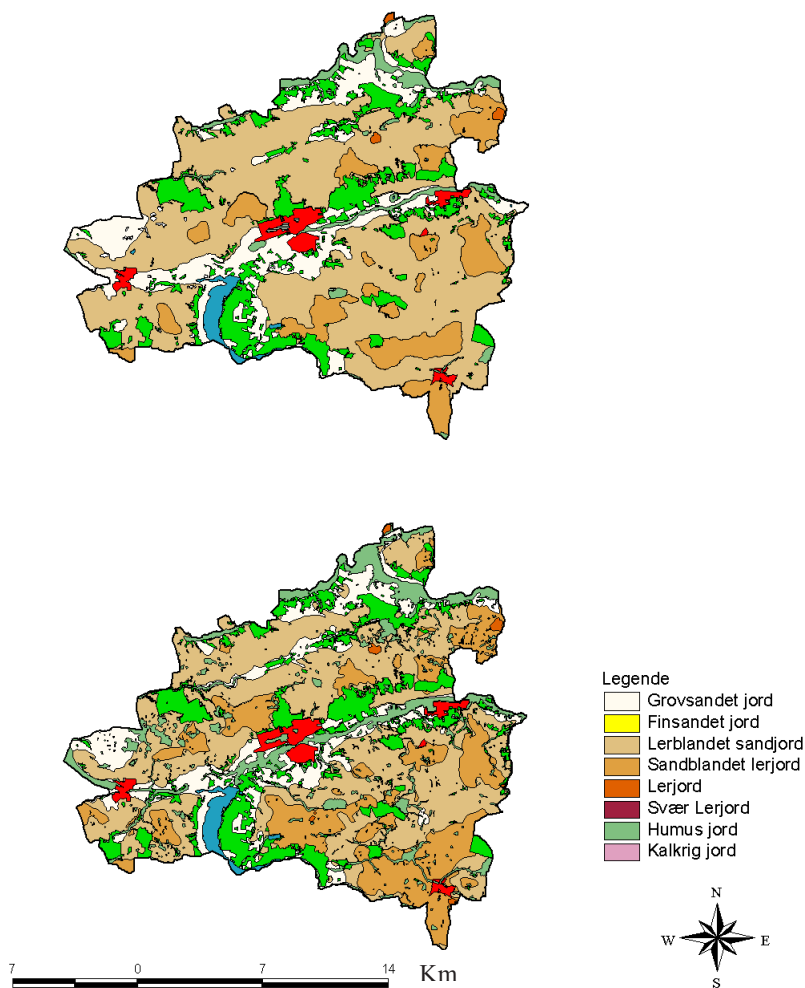
Nyt kort med det gamle JB klassifikationssystem

Til det nye kort over Bjerringbro og Hvorslev kommuner blev der benyttet følgende data: De gamle data fra teksturpunkterne fra ca. 1970 (327), de nye jordboringer fra 1998 (219), kvadratnedsdata fra ca. 1970 (7) og de nye jordprofiler fra 1997-98 (22) (figur 5).

Det samlede antal datapunkter i de to kommuner var således 578. Med et samlet areal på 334,5 km² gav det 1 datapunkt pr. 0,58 km² eller 1 pr. 57,9 ha.

Det reviderede kort (figur 5) viser teksten i pløjelaget i 0-30 cm dybde. De enkelte grænser blev lavet på basis af det tidligere kort (figur 5), således at der ikke blev ændret på grænser, hvor der ikke var nye oplysninger. De foretagne ændringer, i prioriteret rækkefølge, blev lavet med hensyntagen til tekstur, den kvartærgeologiske landskabsanalyse, højdekurverne og ellers

ved simpel interpolation. Desuden blev lavbundsarealer fra Okkerundersøgelsen (Landbrugsministeriet, 1984) inkorporeret. Lavbundsarealerne er ikke nødvendigvis humusjorde i den gamle klasse 11.



Figur 5. Det gamle JB-kort over tekturen i pløjelagets dybde for Bjerringbro og Hvorslev kommuner (øverst) og det reviderede kort (nederst). Byer er markeret med rødt.
The old (top) and the revised map (bottom) of the texture of the plough layer in the study area. Towns are in red. For further explanation see figure 6 in Extended summary.

Sammenligner man det gamle med det nye JB-kort er der især to ting, der skal bemærkes. Der er sket en udvidelse af arealer med JB 5-6 og en mindre udvidelse af grovsandsjorderne (JB 1). Det er sket på bekostning af arealerne med lerblandet sandjord (JB 3-4). Områder med

humusjorder blev udvidet til også at omfatte områder med lavbundsjorder. I det følgende op-
ridses kort, hvor ændringerne blev foretaget.

Området i og omkring Sahl by blev opgraderet fra lerblandet sandjord til sandblandet lerjord. Denne ændring passer godt sammen med den kvartærgeologiske 1 meters kartering foretaget i 1997-98. Ligeledes stemmer den bedre overens med boniteringen fra 1844 end den hidtidige jordklassificering gør. 1844 boniteringsskalaen går fra 0-24. 1844 boniteringen i de opgraderede områder ved Sahl by ligger fra 9-15 det vil sige "sand, noget lerholdigt" til "endnu mere lerholdigt" (Greve & Larsen, 2000). Markkortlægningen (omtalt nedenfor) bekræfter i store træk den grænsedragning, der blev foretaget i Sahl sogn.

Detaljeret markkortlægning i Sahl sogn

I forbindelse med Danmarks JordbrugsForsknings løbende forskning i og udvikling af kortlægningsprincipper blev Sahl sogn udvalgt som enhed for en detaljeret jordbundskortlægning på markniveau. Sognet er en velafgrænset enhed med hensyn til vandløb, grundvand, bedriftssarrondering m.fl.

På forhånd var det kendt, at udgangsmaterialets tekstur i sognet spændte fra grovsand til ler og som sådan ville udvise stor jordbundsmæssig variation. I store træk kan Sahl sogns jorder opdeles i lerede moræneaflejringer på plateuet omkranset af glasiale ferskvandsaflejringer mod nord, syd og vest i og omkring Gudenådalene.

Jordbundskortlægningen blev foretaget til fods og med et håndbor. Som hjælpemiddel samt til indtegnelse af jordbundsgrænser anvendtes s/h luftfotos i 1:10.000 anbragt i et stereoskop. Stereoskopet gav mulighed for at få et rumligt overblik over arbejdsområdet. Samtidig med at topografien og pedologiske forskelle kunne betragtes, indtegnedes de kortlagte jordbundspolygoner på luftfotoet (Torp et al., 2002). Som hjælpemidler til kortlægningsarbejdet indhentes eksisterende data fx det kvartærgeologiske jordartskort, orthofotos fra 1999 og EM38 målingerne. Når alle jordbundspolygoner var lukkede, var feltarbejdet afsluttet. Efter feltarbejdet var afsluttet, foretoges en digitalisering af de indtegnede jordbundspolygoner på kontoret, og de digitaliserede polygoner blev navngivet. Et fremtidsperspektiv kunne være et fuldstændigt færdiglavet kort i felten på en bærbar minicomputer.

Erfaringer fra DJF's jordbundskortlægninger her og andre steder i landet har hidtil været, at der findes en betydelig jordbundsmæssig variation, som ikke kan ses på jordklassificeringens basisdatakort i 1:50.000. Det vurderes, at dette kortværk ikke er tilstrækkeligt detaljeret som input til præcise modelleringer i rodzonen på bedrifts- og markniveau, og at forbedrede udvaskningsberegninger på markniveau kræver en ny og bedre jordbundskortlægning.

Til hver kortlægningsenhed knyttedes en jordtype, som blev defineret på baggrund af jordens øverste 120 cm opdelt i 3 lag: 0-40 cm, 40-80 cm og 80-120 cm. I disse dybdeintervaller blev jordens tekstur samt den pedologiske udvikling beskrevet. Jordtyperne defineredes på baggrund af feltobservationer med borer, de gravede profiler samt profildata fra Den Danske Jordprofil Database (Landbrugs- og Fiskeriministeriet, 1996).

Nye markkort fra Sahl sogn

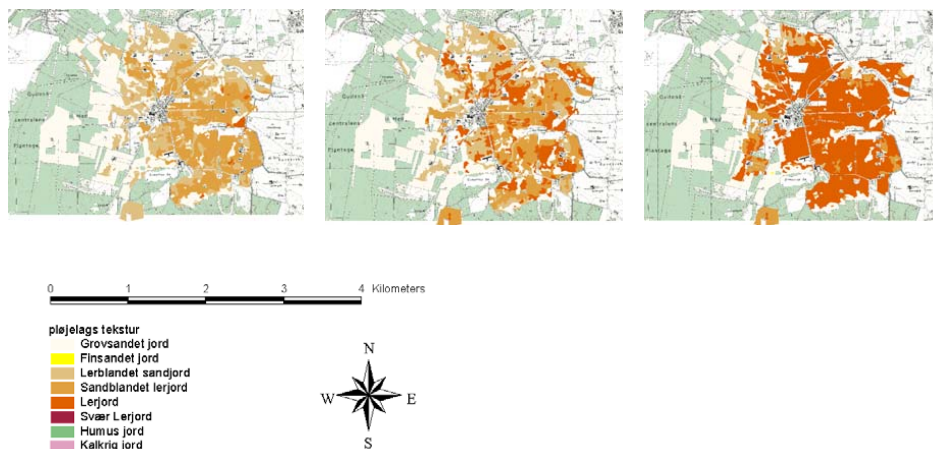
På basis af feltkortlægningen og de digitaliserede polygongrænser fra luftfotos, blev der fremstillet en række markkort. Da jordlag og horisonter blev registreret i forskellig dybde, var det muligt at fremstille kort for tre dybder indtil ca. en meter, dvs. den vigtigste del af rodrummet. Det venstre kort i figur 6 viser pløjelags-teksturen (0-30 cm) opgjort i JB-systemet (Land-

brugsministeriet, 1976). Det midterste kort viser teksturen fra pløjelaget og ned til ca. 60-70 cm dybde. Det højre kort i figur 6 viser teksturen fra ca. 60-70 til ca. 100-110 cm.

A-horisont

B-horisont

C-horisont



Figur 6. Teksturen i pløjelaget (venstre), i B-horizonten (midten) og i C-horizonten (højre) på markerne i Sahl sogn.

The texture of the plough layer (left), the B-horizon (central) and the C-horizon (right) of fields in part of the study area. For further explanation see figure 7 in Extended summary.

På det detaljerede jordbundskort fra Sahl sogn blev der registreret i alt 678 jordbundspolygoner. Til hver polygon er knyttet en række oplysninger registreret i feltet. Det er fx typejord, dvs. pedologiske horisonter med tykkelse og en felt-teksturbeskrivelse, geologi, dræningsforhold m.m.

Konklusion

Revisionen af jordklassificerings-kortet 1:50.000 i Bjerringbro og Hvorslev kommuner ved fortætning af prøvepunkterne med 219 punkter fra 327 til i alt 546 punkter har givet et nyt kort (figur 5). Der er stor forskel fra område til område på, hvor meget denne fortætning ændrede grænsedragningen. Generelt synes den valgte fortætning af prøvepunkter ikke at have ændret væsentligt ved jordtypekortet på kommuneniveau. En yderligere detaljeringsgrad vil dog være hensigtsmæssig fx ved modelberegninger på mark- og bedriftsniveau. Dette kan bl.a. opnås ved en detaljeret markkortlægning og ved brug af EM38-sensoren som hjælpemiddel. Det er dog en mangel, at de gamle teksturpunkter ikke indeholder oplysninger om underjordens pedologi og tekstur og dermed ikke giver mulighed for den samme fortætning af andre parametre end tekturen. I de nye prøvepunkter blev der registreret pedologiske horisonter og desuden lavet analyser på en række parametre, der bruges til modelberegningerne.

Borearbejdet i kortlægningsteknikkerne foregik på to forskellige måder, dels ved håndkraft og registrering på papir og dels med jordprøveudtager og computerregistrering. Håndboring er en billig og gennemsøgt metode. Den er forholdsvis hurtig, især hvor man kan benytte bil til at køre fra punkt til punkt. Digitaliseringen af registreringsark og borepunkter på kontoret medfører dog et tidsforbrug, der skal lægges til den tid, der bruges i feltet. Håndboring vil stadig

være hurtigst, hvor der er tale om enkeltboringer med stor afstand. Stedfæstelsen vil kunne gøres mere nøjagtig ved at medbringe en håndbåren GPS.

Den elektromagnetiske sensor EM38, som blev brugt for første gang i ARLAS projektet, bruges i dag ved alle kortlægningsopgaver indenfor Danmarks JordbrugsForskning som standard. Fladedækkende sensorskortlægning af jordens ledningsevne med EM38 har siden bredt sig til en række andre områder indenfor kortlægningsopgaver udført af det offentlige, landbofor- eninger og private firmaer. Introduceringen af konceptet med den mobile EM38 sensor kan betegnes som en succes.

Afprøvninger af de forskellige kortlægninger i projektet har således givet mange erfaringer, der kan udnyttes ved planlægning af og beslutning om kommende kortlægninger. En ny landsdækkende jordbundskortlægning til erstatning for Jordklassificering Danmark er et stort ønske fra mange sider indenfor landbrug og administration. Desværre vil midler til et sådant formål være svære at skaffe. Imidlertid har krav om beskyttelse af vore drikkevandsreserver og den vandafgift, der er pålagt forbruget, givet midler til, at kortlægningsarbejdet kan fortsætte i udvalgte områder.

Detaljeret markkortlægning kunne ligeledes tænkes at være et kommende lovkrav ved fx VVM-redegørelser i forbindelse med udvidelser af større landbrugsbedrifter. Et andet område, hvor et detaljeret markkort kan udnyttes, er indenfor præcisions-jordbrug. Her går udviklin- gen i retning af stedsbestemt planteproduktion, hvor markens underopdeling i kortlagte jord- bundspolygoner bruges ved jordprøvetagning, graderet gødskning, sprøjtning og kalktilde- ling m.m.

Litteratur

- Greve, M.H. & Larsen, P.E., 2000. Præsentation og anvendelse af digitalt matrikelkort fra 1844 – et eksempel fra Sahl Sogn. I: Møller, P.G., Holm, P. & Rasmussen, L. (red.): 2000: Aktører i Landskabet. Odense University Studies in History and Social Sciences vol. 232.
- Hansen, K., 1970. De miltherske spaltedale i Jylland, Dansk Geol. Foren., Årsskrift 1970.
- Landbrugsministeriet, 1976. Den danske Jordklassificering, teknisk redegørelse – sekretariatet for Jordbundsklassificering.
- Landbrugsministeriet, 1984. Okkerkortlægning, potentielt svovlsure jorder i Jylland – Areal- datakontoret, 1. afdeling 6. kontor & Miljøministeriet, Miljøstyrelsen.
- Landbrugs- og Fiskeriministeriet, 1996. Geografiske data hos Afd. for Arealanvendelse 1996. SP rapport, nr. 6, Statens Planteavlsforsøg.
- Larsen, G. & Kronborg, C., 1994. Geologisk set. Det mellemste Jylland. Skov- og Natursty- relsen.
- Madsen, V., 1928. Oversigt over Danmarks Geologi – Danmarks geologiske Undersøgelse, C. A. Reitzels forlag.
- Milthers, V., 1948. Det danske Istidslandskabs Terrænformer og deres Opstaaen. DGU III. Rk. Nr. 28.
- Nehmdahl, H., 2000. Kortlægning af jordbundsvariation, geoelektriske målinger med EM38. Geologisk Nyt nr. 2.
- Torp, S., 2001. De Miltherske spaltedale – Landskabsdannelse og laserscanning i Midtjylland. Geologisk Nyt nr. 3.

Torp, S., Kristiansen, S., Greve, M.H. & Heidmann, T., 2002. Ny jordbundskortlægning, som basis for kvælstofmodellering. Geologisk Nyt nr. 6.

Torp, S. & Madsen, H.B., 2003. Landskabsanalyse og jordbundsprofiler i værkstedsområdet Bjerringbro/Hvorslev. Intern rapport, nr. 179. Danmarks JordbrugsForskning.

Østergaard, H.S. & Mamsen, P., 1990. Kvadratnet for nitratundersøgelser i Danmark. Oversigt 1986-1989. Landbrugets Rådgivningscenter, Landskontoret for Planteavl.

Modellering af N-tab fra plante-, svine- og kvægbedrifter

Nick Hutchings

Introduktion

I ARLAS projektet blev der foretaget en væsentlig modeludvikling til beregning af N-tab til miljøet. Normalt vil man lave en separat beregning af ammoniakfordampning og nitratudvaskning. For eksempel kunne man bruge et regnearksværktøj til at beregne ammoniakemissionen og enten en empirisk model (fx NLESS, se Kristensen et al., 2003) eller en dynamisk model (fx DAISY, se Hansen et al., 1991) til at beregne nitratudvaskningen. I ARLAS blev modellen Farm ASSEsment Tool (FASSET) (se Jacobsen et al., 1998) videreudviklet, således at vi kunne beregne ammoniakemission og nitratudvaskning samtidigt. Fordelene ved at benytte en bedriftsmodel var:

- Vekselvirkningen mellem tabsposter kunne beregnes. Fx kunne en reduktion i ammoniakemission give større nitratudvaskning på grund af det højere N input til jorden.
- Konsekvenserne af ændringer i dyrenes fodringspraksis blev beregnet gennem hele systemet.
- Det var muligt at forbinde miljøpåvirkning med målbare indikatorer på bedriftsniveau (fx næringsstofbalancer).
- De økonomiske konsekvenser af tiltag mod næringsstoffab kunne beregnes.

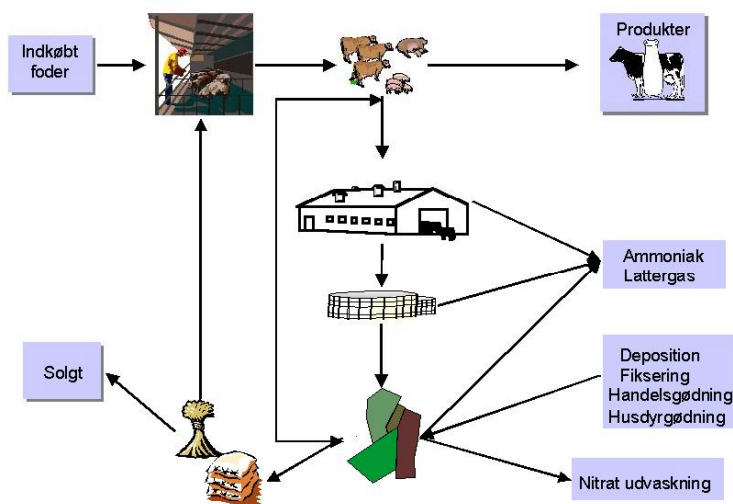
FASSET-modellen

FASSET blev oprindelige udviklet til brug på plante- og svinebedrifter, men blev under ARLAS projektet videreudviklet til kvægbrug. Ud over at udvikle eller videreudvikle modellen til afgræsning og kvægproduktion, krævede denne udvikling en langt tættere kobling af den animalske produktion og markerne. Mens denne kobling på svinebedrifter stort set kun sker gennem brugen af gødningen fra svin på markerne, bevæger dyrene på kvægbedrifter sig normalt mellem stald og mark (figur 1).

FASSET er stadigvæk under udvikling, især m.h.t. kvægbedrifter, og resultaterne, som vises her, skal betragtes som foreløbige.

Input af bedriftsdata til FASSET er:

- Størrelse og jordtype for hver mark.
- Antal af søer, årlig produktion af smågrise og slagtesvin, antallet af malkekøer, kødkvæg og opdræt.
- Fodringspraksis.
- Stald- og lagertype.
- Sædskiftet.
- Gødskning med handels- og husdyrgødning (mængde, metode og tidspunkt).
- Pløje- og høsttidspunkt.



Figur 1. N-flow i FASSET.

N-flow in the farm model FASSET. Explanation: Indkøbt foder: Import of feed; Solgt: Sold plant products; Produkter: Animal production; Ammoniak, Lattergas: Ammonia volatilization, nitrous oxide; Deposition, Fiksering, Handelsgødning, Husdyrgødning: N-deposition, N-fixation, Fertilizer, Manure; Nitrat udvaskning: Nitrate leaching.

Mens FASSET kan detailstyres, er det også muligt at styre modellen med relativt få input data. I ARLAS blev markstørrelse, jordtype, sædskifte, gødning og data for den animalske produktion for hver bedrift hentet fra scenarietværktøjet. Stald- og lagersystemer baseret på gylle blev anvendt som standard for alle bedrifter, og en standard markdrift blev brugt for hver afgrøde.

Output fra FASSET består af:

- Produktion (udbytte, animalsk tilvækst, mælkeproduktion).
- Ammoniakemission fra stalde og lagre.
- Nitratudvaskning og ammoniakemission fra udbragt husdyrgødning.
- Bedriftens N-overskud.
- Fosfor- og kulstofbalancer.
- Økonomi.

Output er enten på bedrifts- eller på markniveau. Da FASSET simulerer hver mark, stalde og lagre for sig, er det muligt at stedfæste udslip af næringsstoffer. I ARLAS projektet blev output sendt tilbage til scenarietværktøjet.

I et andet indlæg på seminaret blev vist resultater fra modelkørsler med over 500 bedrifter fra værkstedsområdet (Dalgaard et al., 2004). I nærværende indlæg illustreres forskellen mellem bedriftstyper i N-tab og N-overskuddet ved beregningseksempler for en plante-/svinebedrift med et korn-sædskifte og en malkekvægbedrift med et blandet grovfoder- og korn-sædskifte.

I begge tilfælde blev dyretætheden ændret mellem cases. Et N-overskud på bedriftsniveau blev beregnet for hver case. Bedriftens N-overskud består af N-import minus N-eksport. Inkluderet i N-import var her importeret handelsgødning og foder, N-fiksering og deposition med nedbør, mens N-eksport bestod af solgt korn, mælk og dyr.

Case studier

De to modelbedrift-typer blev baseret på 6×10 ha marker – alle med jordtypen JB4. Markerne blev drevet i et 6-årigt sædskifte.

Malkekvægbedrift

Besætningen bestod af malkekvæg samt opdræt. Fire dyretætheder blev undersøgt: 0,6, 1,0, 1,7 og 2,7 dyreenheder pr. ha. En dyreenhed er her defineret som 100 kg N pr. år ab lager.

Sædskiftet var delt mellem en grovfoderdel bestående af kløvergræs, og en korndel, bestående af vinterhvede og vårbyg med kløvergræsudlæg. Antallet af kløvergræsmarker var tilpasset således, at grovfoderproduktionen imødekom dyrenes behov (tabel 1).

Tabel 1. Sædskiftet på kvægbedrifter. *Crop rotation on cattle farms.*

DE/ha* LU/ha	År. Year		
	Kløvergræs <i>Clover grass</i>	Vinterhvede <i>Winter wheat</i>	Kløvergræsudlæg i vårbyg <i>Clover grass undersown spring barley</i>
0,6	2	3	1
1,0	3	2	1
1,7	4	1	1
2,7	5	0	1

* Dyreenheder pr. ha, 1 dyreenhed = 100 kg N år⁻¹ ab lager. *Livestock unit per ha, 1 LU = 100 kg N year⁻¹ from store.*

Plante- og svinebedrifter

På plante- og svinebedrifter var sædskiftet baseret alene på kornafgrøder med 3 år med vårbyg og 3 års vinterhvede. De følgende cases blev simuleret (tabel 2).

Tabel 2. Antal dyr på svinebedrifter. *Number of animals on pig farms.*

Case	DE/ha* LU/ha	Antal dyr. <i>Number of animals</i>	
		Søer <i>Sows</i>	Slagtesvin produceret/år <i>No. of slaughter pigs per year</i>
Svin 0 (planteavlbrug) <i>Pig 0 (arable farms)</i>	0,0	0	0
Svin 1. <i>Pig 1</i>	0,7	50	1400
Svin 2. <i>Pig 2</i>	1,5	100	2800
Svin 3. <i>Pig 3</i>	2,3	150	4200

* Dyreenheder pr. ha, 1 dyreenhed = 100 kg N år⁻¹ ab lager. *Livestock unit per ha. 1 LU = 100 kg N year⁻¹ from store.*

Drift

Afgrøderne blev gødsket efter de nuværende regler, dog således, at der ikke var import eller eksport af husdyrgødning (ingen hensyn til harmonikrav).

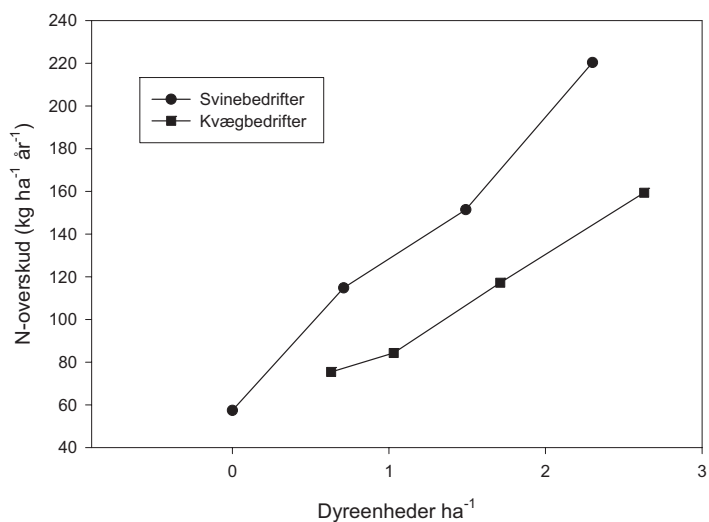
Malkekvgæg fik et lille tilskud af byg og ad libitum kløvergræs-ensilage plus ekstra kraftfoder (raps eller byg) sent i drægtighedsperioden og tidligt i laktationen. Opdræt fik et lille tilskud af byg og ad libitum kløvergræs-ensilage. Foderplanlægningen i FASSET er ret primitiv og der er ingen mulighed for at justere fodringen efter græsmængden. Alle dyr græssede i perioden maj-september. Der blev taget høslæt i kløvergræsmarker, hvis tørstofmængden var over 3 t pr. ha. Svin fik en standard foderration, afhængig af behov.

Produktion af kornafgrøder og grovfoder ud over bedriftens eget behov blev eksporteret og i tilfælde af fodermangel blev foder importeret.

Resultater

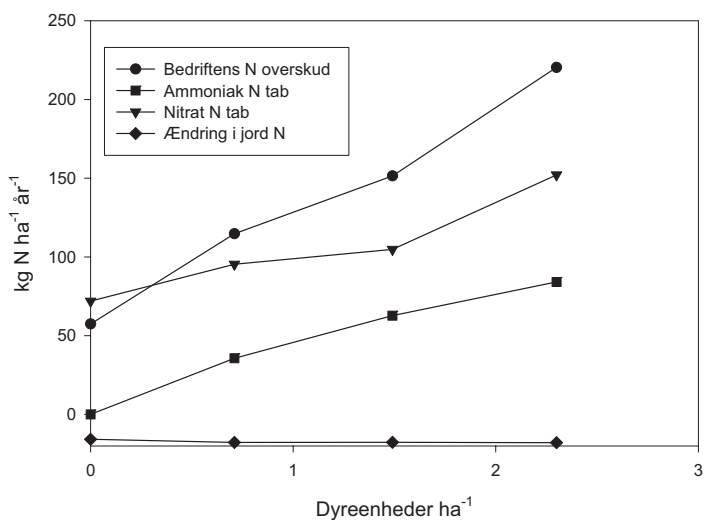
Mælkeproduktionen pr. ko var lav (ca. 4.000 l pr. år) på grund af de manglende muligheder i FASSET for en nøjagtig foderplanlægning.

Bedriftens N-overskud steg med stigende dyretæthed, men relationen var forskellig for forskellige bedriftstyper (figur 2). Da der var meget lidt denitrifikation, var tabet fordelt mellem ammoniakemission og nitratudvaskning. På svinebedrifter var der gode, positive sammenhænge mellem N-overskuddet og både ammoniakemission og nitratudvaskning (figur 3). For kvægbedrifter var der også en god positiv sammenhæng mellem ammoniakemission og N-overskuddet (figur 4), mens der fandtes negative sammenhænge mellem nitratudvaskning, N-overskuddet samt dyretæthed. Dette sidste skyldtes specielle forhold ved opstilling af malkekvgægs-bedriftstypen.



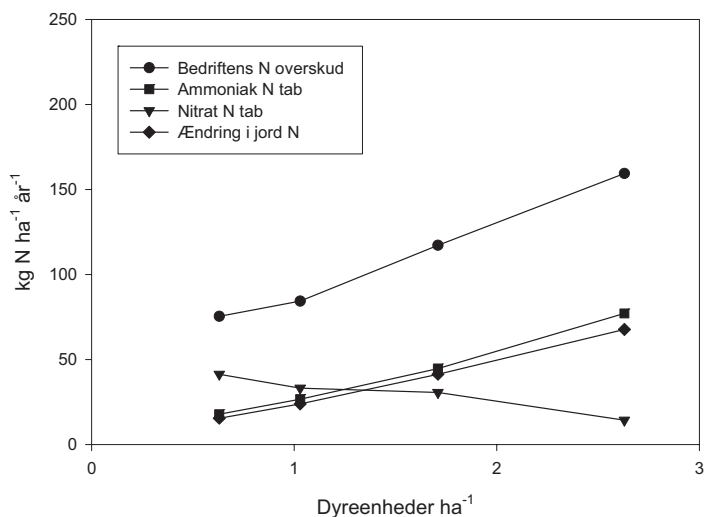
Figur 2. Relation mellem dyretæthed og bedriftens N-overskud.

Relation between animal density (horizontal axis, LU/ha) and N-surplus at farm level (vertical axis, kg N/ha/year) for pig farms (Svinebedrifter) and cattle farms (Kvægbedrifter).



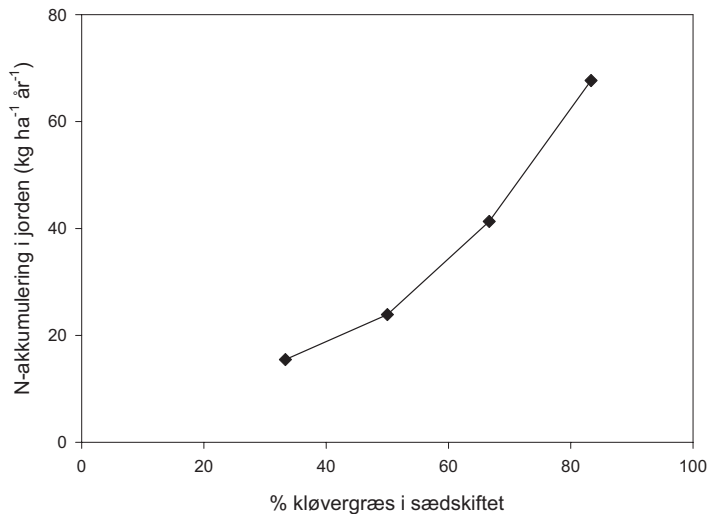
Figur 3. Fordeling af plante- og svinebedrifternes N-overskud.

Distribution of N-surplus (vertical axis, kg N/ha/year) in relation to animal density (horizontal axis, LU/ha) on arable and pig farms. Explanation: Bedriftens N overskud: N surplus at farm level; Ammoniak N tab: Ammonia volatilization; Nitrat N tab: Nitrate-N leaching; Ændring i jord N: Changes in soil-N pool.



Figur 4. Fordeling af kvægbedrifternes N-overskud.

Distribution of N-surplus (vertical axis, kg N/ha/year) in relation to animal density (horizontal axis, LU/ha) on cattle farms. For further explanation see figure 3.



Figur 5. Ophobningen af N i jorden i relation til procentdel af kløvergræs i sædskiftet.

Accumulation of soil-N (vertical axis, kg N/ha/year) in relation to percentage grass clover in the rotation (horizontal axis).

Diskussion

Ammoniakemission fra bedrifter er hovedsagelig knyttet til husdyrene og derfor også til dyretætheden. Emissionen pr. dyreenhed var højere for svine- end for kvægbedrifter, primært på grund af den højere koncentration af ammonium i svinegylle.

Forskellen mellem bedriftstyperne i sammenhængen mellem nitratudvaskning og både N-overskud og dyretæthed skyldtes forskelle i akkumuleringen af N i jorden. På svinebedrifter var der en udpining af N i jorden på 10-20 kg pr. ha pr. år, forholdsvis uafhængig af mængden af husdyrgødning. På kvægbedrifter var der en ophobning af N i jorden, stigende med stigende dyretæthed. Årsagen til denne ophobning var det højere input af organisk stof fra kløvergræsmarkerne end fra kornmarker og at nedbrydning af organisk stof i jorden forløb langsommere. Dette skyldes bl.a., at frekvensen af ompløjning i løbet af en rotation falder med stigende andel af kløvergræsmarker. I simuleringerne påvirkede både andelen af kløvergræsmarker og mængden af kvæggylle ophobningen af N i jorden, men det antages, at kløvergræsmarkerne havde størst betydning.

Relationen mellem N-ophobningen og procentdel af kløvergræsmarker var ikke-lineær (figur 5). I en rotation med græs- og kornafgrøder vil der være en ophobning af N i jorden under græsset samt en nedbrydning og udvaskning under kornet. Når procentdelen af græsmarker i kvægbrugssædskeft var høj, var der kun 1-2 år med kornafgrøder før marken igen blev tilsået med græs, hvilket i modelberegningerne øgede ophobningen af N i jorden relativt til udvaskningen. Yderligere modellforsøg er dog nødvendige for at verificere effekten.

Bedriftens N overskud som en indikator for N-tab til miljøet

Modellering indikerede, at relationen mellem en bedrifts N-overskud og N-tab til miljøet varierer med bedriftstype. På plante- og svinebedrifter var der en god sammenhæng mellem N-overskuddet og N-tab, mens sammenhængen på kvægbedrifter var mere kompleks på grund af varierende ophobning af N i jorden. Det er muligt, at modellering, kombineret med registreringer fra bedrifterne, kunne danne et grundlag for anvendelse af N-overskuddet i miljøregulering.

Litteratur

Dalgaard, T., Kjeldsen, C., Rasmussen, B.M., Fredshavn, J.R., Münier, B., Schou, J.S., Dahl, M., Wiborg, I.A., Nørmark, P. & Hansen, J.F., 2004. ARLAS' scenariosystem. Et grundlag for helhedsorienterede konsekvensvurderinger af ændringer i arealanvendelsen. Denne rapport.

Hansen, S., Jensen, H.E., Nielsen, N.E. & Svendsen, H., 1991. Simulating of nitrogen dynamics and biomass production in winter wheat using the Danish simulation model DAISY. Fertilizer Research 27, 245-259.

Jacobsen, B.J., Petersen, B.M., Berntsen, J., Boye, C., Sørensen, C.G., Søgaard, H.T. & Hansen, J.P., 1998. An Integrated Economic and Environmental Farm Simulation Model (FASSET). Statens Jordbrugs- og Fiskeriøkonomiske Institut. Rapport 102.

Kristensen, K., Jørgensen, U. & Grant, R., 2003. Baggrundsnotat til VMP II – slutevaluering. Notat om genberegning af N-LES. Internt notat, Danmarks JordbrugsForskning og Danmarks Miljøundersøgelser. www.agrsci.dk – vandmiljø og www.dmu.dk – publikationer – øvrige publikationer.

Effekter af ændret arealanvendelse for nitratindehold i grundvand og overfladevand – beskrevet ved scenariestudier

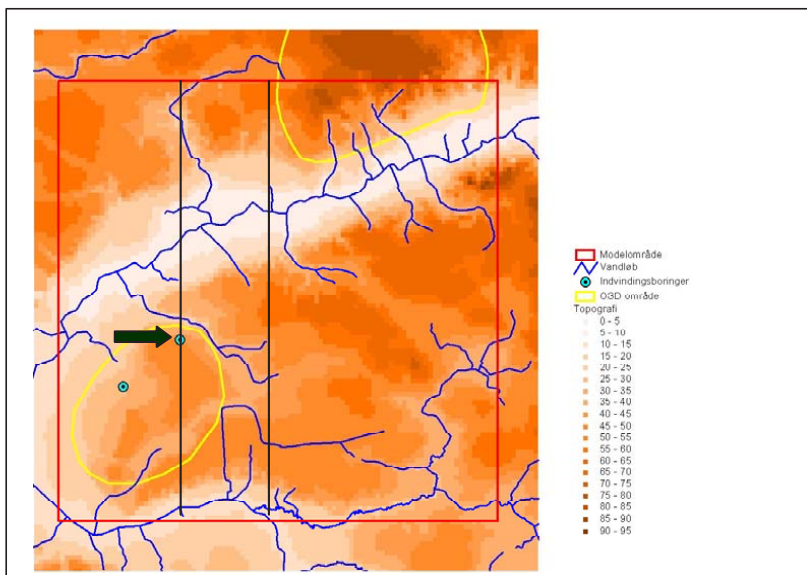
Mette Dahl, Per Rasmussen, Lisbeth Flindt Jørgensen, Vibeke Ernstsén, Frants von Platen-Hallermund & Stig Schack Pedersen

Introduktion

Den hydrogeologiske modellering fandt, i lighed med den øvrige modellering i projektet, sted indenfor det udvalgte værkstedsområde på 100 km², som vist på figur 1. Området ligger omkring Bjerringbro, umiddelbart øst og nordøst for Tange Sø. Det gennemskares af Gudenådalene.

Formålet med de hydrogeologiske modelsimuleringer i ARLAS projektet var kvantitativt at vurdere konsekvenserne af et fremtidigt drikkevandsscenario i forhold til et udgangsscenario med hensyn til:

- nitratkoncentrationen i den oxiderede del af grundvandsmagasinet,
- nitratkoncentrationen i en indvindingsboring i et udpeget område med særlige drikkevandsinteresser (OSD område) og
- nitratudvaskningen til et udvalgt vandløb (Tyrebæk), hvori der ønskes en god vandkvalitet.

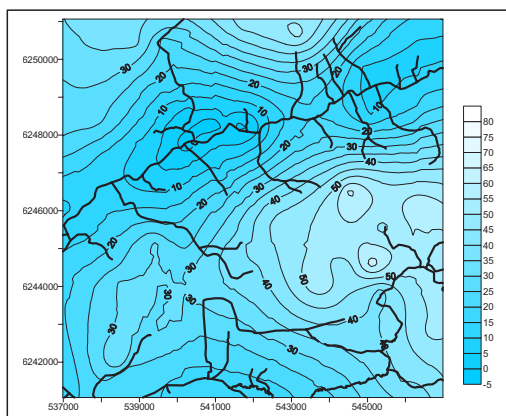


Figur 1. Topografisk kort over værkstedsområdet. Lodrette streger angiver geologiske profiler. Det østlige er vist på figur 3, det vestlige på figur 7.

Topographical map of the study area. Vertical lines indicate geological profiles, eastern profiles are shown on figure 3, western on figure 7. Explanation: Modelområde: Study area. Vandløb: Streams; Indvindingsboringer: Drinking water borehole. OSD område: Drinking water borehole catchment. Topografi: Topography, m.

Hydrogeologisk ramme

Topografisk set er værkstedsområdet meget reliefrit, idet et overordnet højt plateau mod øst og nordøst, der rækker op i 60 m DNN, gennemskæres af den markante terrasseopdelte Gudenådal, hvori Gudenåen løber i ca. kote 5 m DNN. Den gennemsnitlige nedbør i området er ca. 800 mm pr. år og den potentielle fordampning ca. 540 mm pr. år (Ovesen et al., 2000). Som det fremgår af figur 2 strømmer grundvandet kraftigt mod Gudenådalen og Tange sø fra det høje centrale plateau. Grundvandsspejlet står derfor ret dybt (15-20 m) under terrænoverfladen. Området afvandes dog også af en del mindre vandløb, der alle udmunder i Gudenåen. Der blev i dette projekt specielt fokuseret på Tyrebækken, der ligger lige nord for det centrale OSD område.

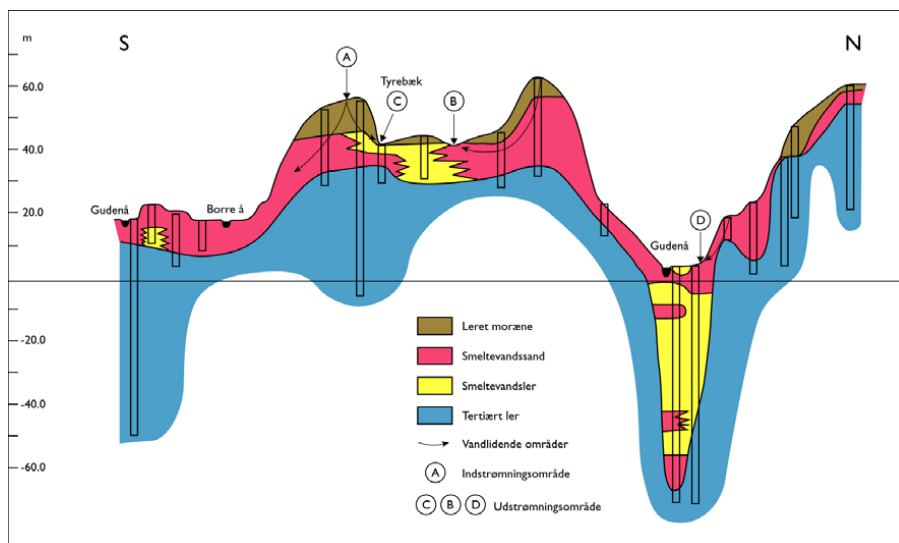


Figur 2. Grundvandets primære trykniveau i m DNN i værkstedsområdet. Grundvandet strømmer fra højt mod lav tryk.
Primary groundwater head (height in m above sea level) in the study area.

Indenfor værkstedsområdet er den overordnede geologi, illustreret i figur 3, opbygget således, at der underst ligger tertiært ler, der stedvist overlejres af tertiært glimmersand. Herover ligger et lag af smeltevandssand af meget varierende tykkelse (få meter til over 60 m). Dette lag indeholder linser af smeltevands-, moræne- og glimmerler. Øverst ligger et tyndt dæklag af moræneler på mindre end 8 meters tykkelse. Dette er stedvist borteroderet, således at smeltevandssandet herunder blotlægges i overfladen.

Området er karakteristisk ved, at det tertiære ler ofte er meget højt beliggende (0-50 m DNN) samtidig med, at det gennemskæres af indtil flere begravede dalsystemer (Sandersen og Jørgensen, 2002), der har stejle dalsider, og ofte er opfyldt af sandede aflejringer.

Gudenådalen og Tyrebækken er for eksempel underlejret af sådanne begravede dale. Et andet karakteristisk træk ved området er det meget tynde eller ikke eksisterende lerede morænedæklag, der bevirker, at det underlejrende grundvandsmagasin i smeltevandssandet har en ringe naturlig beskyttelse.

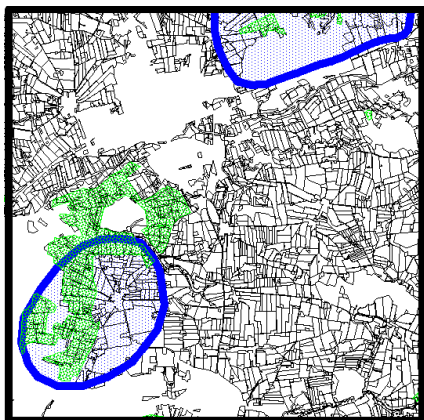


Figur 3. N-S gående forenklet geologisk profil i værkstedsområdet. Placeringen af profilet er angivet på figur 1.

N-S direction of a simplified geological profile in the study area. Location of the profile is shown in figure 1. Explanation: Leret moræne: Clayey till; Smeltevandssand, -ler: Diluvial sand, clay; Tertiært ler: Tertiary clay; Vandlidende områder: Waterlogged areas; Indstrømningsområde: Groundwater recharge area; Udstrømningsområde: Groundwater discharge area.

Scenariebeskrivelser

Udgangsscenariet, der beskriver arealanvendelsen i 1995-98, fremgår af figur 1 i Dalgaard, et al. (2004). I et fremtidigt *drikkevandsscenarie* er der indenfor bestemte indsatsområder antaget klart definerede ændringer i arealanvendelsen med henblik på at opnå et bedre miljø og et større naturindhold indenfor værkstedsområdet. Kriterier og beslutningsregler herfor er beskrevet i detaljer i Dalgaard et al. (2004). Overordnet kan dog fremtrækkes, at der fokuseredes på ændret arealanvendelse indenfor områder med særlige drikkevandsinteresser (OSD områder) udpeget af Viborg Amt, idet der i skovrejsnings-områderne herindenfor plantedes løvskov, mens resten blev udlagt med græsbrak. Disse arealer, der fremgår af figur 4, blev udtaget helt af landbrugsdriften og tilførtes ikke gødning.



Figur 4. Indsatsområder i drikkevandsscena-
riet (Dalgaard et al., 2004). Indenfor områder
med særlig drikkevandsbeskyttelse (blå
cirkler) rejstes løvskov i de grønne felter. De
blåprykkede arealer blev udlagt med græsbrak.
Områderne blev placeret med henblik på be-
skyttelse af grundvandsdannende områder til
vigtige indvindingsboringer (se figur 1).
*Protected area in the drinking water scenario
(Dalgaard et al., 2004). Green sites within the
blue circles were afforested with deciduous
trees and blue spotted sites were sown to
grass in order to protect drinking water bore-
holes (see figure 1).*

Konceptuelle modeller for opstilling af numerisk hydrogeologisk model

Der er valgt at anvende den tredimensionelle, distribuerede finite difference model MODFLOW (McDonald and Harbaugh, 1988), der beskriver mættet strømning i grundvandsmagasinerne samt vandudvekslingen med vandløb. I MODFLOW transporteres grundvand og nitraten gennem geologiske lag med forskellige hydrauliske og nitratreducerende egenskaber, der beskrives nærmere nedenfor. Lagene i modellen er bygget op af en række kasser, for hvilke vand- og stofbalancer opstilles for hvert tidsskridt. Der udveksles vand og stof mellem kasserne og med vandløbene i de kasser, hvori vandløbene er placeret. Strømningen styres af grundvandets potentialeforhold (trykniveau) og sedimenternes hydrauliske ledningsevne.

Nedsivning og nitratudvaskning fra rodzonen

Grundvandsdannelsen og nitratudvaskningen til grundvandsmagasinet i MODFLOW, dvs. input til modellen oppefra, blev antaget lig nedsivningen fra rodzonen, idet det formodedes, at den del af den umættede zone, der er beliggende mellem bunden af rodzonen og grundvandspejlet på årsbasis ikke påvirker perkolationen i væsentlig grad. Nedsivning og nitratudvaskning fra rodzonen blev beregnet med den endimensionelle vertikale jorddel af bedriftsmodellen FASSET (Jacobsen et al., 1998).

Bedriftsmodellen FASSET simulerer vand- og kvælstofomsætning i rodzonen på daglig basis med udgangspunkt i en jordkarakteristik, der afhænger af jordtype (Jacobsen et al., 1998). Arealanvendelsen i de tre scenarier simuleredes under anvendelse af aktuelle klimadata for perioden 1963-90, mens arealanvendelsen i 1998 var den kortlagte – dog flyttedes afgrødefordelingen rundt på bedriftens marker ifølge sædskifter for de enkelte bedriftstyper defineret som: plantebedrifter, kvægbedrifter og svinebedrifter (se nærmere beskrivelse i Dalgaard et al., 2004).

Som output fra FASSET beregnedes *nedsivning fra rodzonen* i mm pr. år og *nitratudvaskning* i kg N pr. ha pr. år fra hver enkelt mark i værkstedsområdet for perioden 1963-90. Under skov, byområder og andre ikke landbrugsmæssigt dyrkede arealer blev nedsivningen fastsat til 276 mm pr. år, svarende til 80% af den gennemsnitlige nedsivning fra landbrugsarealerne i perioden. Udvaskningen blev i disse områder sat til 15 kg N pr. ha pr. år. Der antoges ingen nedsivning og udvaskning fra vandløb og søer. Nitratudvaskningen omregnedes til en nitratkoncentration på grundlag af den beregnede nedsivning fra rodzonen til brug i MODFLOW.

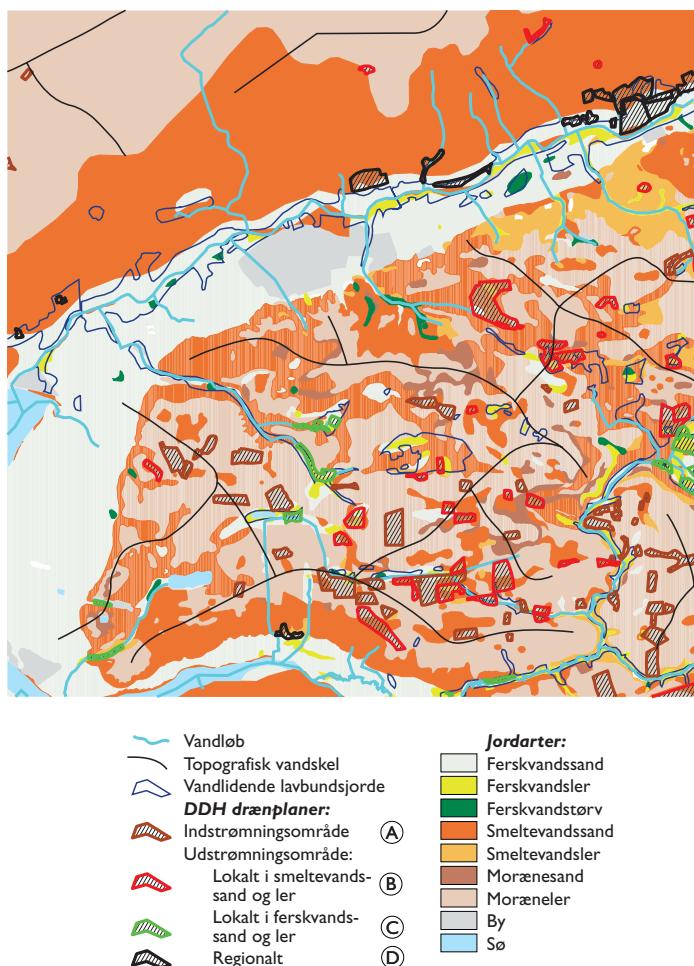
Dræning

Drænrør ligger normalt i rodzonen i ca. 1 m's dybde under terræn. Dræning er imidlertid ikke beskrevet i jorddelen af FASSET modellen. Derfor var det nødvendigt at tage stilling til udbredelsen og vigtigheden heraf for det hydrologiske kredsløb. Til brug for denne vurdering blev Det Danske Hedeselskabs drænplaner sammenholdt med jordartskort, den geologiske opbygning og beliggenheden af vandskel samt ind- og udstørningsområder vist på figur 5. Selvom drænplanerne måske ikke er fuldt dækkende, da der kan være andre aktører på området, og det ikke vides, hvorvidt Det Danske Hedeselskabs drænplaner er virkeliggjort, må de kunne tages som udtryk for, hvor i landskabet, der måtte være vandlidende jorde med drænsbehov.

Områder med drænplaner ligger i *indstrørningsområderne*, hvor grundvand dannes, typisk på eller nær lokale vandskel i moræner, der har en vis tykkelse (> 3-5 m), eller hvor der er en lille terrænhældning (se figur 3 og 5 – område A). I *udstrørningsområder*, hvor grundvandet strømmer opad mod vandløb og søer, kan drænplanerne ligge i både lokale og regionale udstørningsområder. Hvor de ligger i *lokale* udstørningsområder langs de mindre vandløb, kan de ligge i smeltevandssand umiddelbart nedenfor morænelerdækket, hvor dette er bort-eroderet (figur 3 og 5 – område B). De kan også ligge i ferskvandssand og -ler i bunden af større flade lavninger (figur 3 og 5 – område C). I det *regionale* udstørningsområde, der udgøres af Gudenådal, ligger drænplanerne ligeledes i ferskvandssand og -ler eller smeltevandssand på terrassen umiddelbart nedenfor den stejle ådalsskrænt, dér hvor ferskvandsler omkring og under Gudenåen forhindrer en god, naturlig afdræning til åen (figur 3 og 5 – område D).

De *styrende forhold* for den geografiske placering af vandlidende jorde med drænsbehov er således tilstedeværelsen af lavpermeable jorde i vandets strørningsretning og / eller en lille terrænhældning, der begge vanskeliggør en tilstrækkelig hurtig grundvandsstrømning. Endelig genererer udtalte lavninger i terrænet grundvandsudstrørningsområder, der kan give anledning til vandlidende områder. De drænede områders spredte placering i landskabet (figur 5) kan således forklares ved hjælp af ovenstående konceptuelle model. De drænede områders placering er med andre ord ikke udelukkende bestemt af den overfladenære jordart i det aktuelle drænede område.

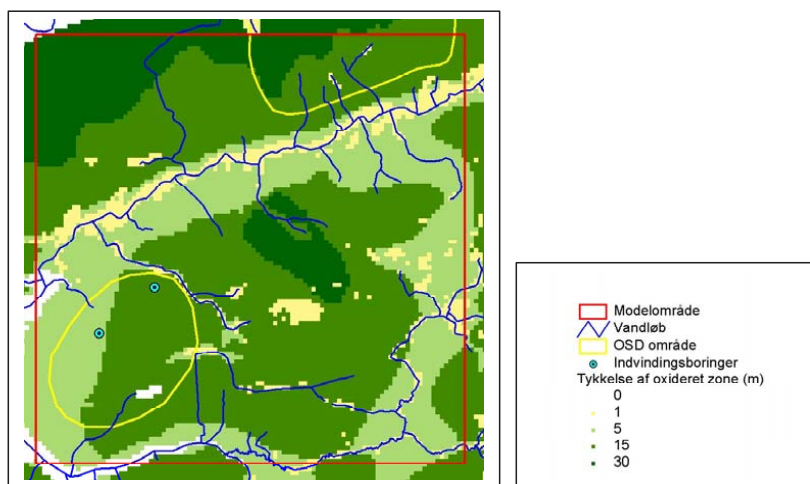
Det vurderedes, at mindre end 5% af *indstrørningsområderne* er drænede. Da dræn typisk mindsker grundvandsdannelsen med ca. 10% pr. år (Schrøder, 2002), vil drænene ikke have nogen væsentlig betydning for grundvandsdannelsen i området. I *udstrørningsområderne* vurderedes mindre end 5% af smeltevandssandet og mindre end 5% af ferskvandsaflejringerne at være drænede. Dræningen her kan derfor have nogen indflydelse på afstrømningen til vandløbene. Det blev dog til brug for den hydrogeologiske modellering besluttet *ikke at inddrage dræning*.



Figur 5. Det Danske Hedeselskabs drænplaner sammenholdt med jordartskort, beliggenhed af topografiske vandskel og områder med vandlidende lavbundsJORde ifølge målebordsblade fra 1950'erne. Drænplanerne er karakteriseret i fire typer, A til D, hvis hydrogeologiske beliggenhed er eksemplificeret på den geologiske profil i figur 3 og nærmere beskrevet i teksten. *Drainage schemes from the Danish Land Development Service in relation to soil type maps, location of topographical water divides and areas of waterlogged organic soils as mapped in the 1950s. Drainage schemes are categorized in 4 types, A, B, C and D, and the hydrogeological locations are shown on figure 3. Explanation: Vandløb: Streams; Topografisk vandskel: Topographic water divide; Vandlidende lavbundsJORde: Waterlogged soils; DDH drænplaner: Drainage schemes from the Danish Land Development Service; Indstrømningsområde: Groundwater recharge area; Udstrømningsområde: Groundwater discharge area; Lokalt i smeltevandssand og ler: Located in areas of diluvial sand and clay; Lokalt i ferskvandssand og -ler: Located in areas of freshwater sand and clay; Regionalt: Regional; Jordarter: Geological soil types; Ferskvandssand, -ler, -tørv: Freshwater sand, clay, peat; Smeltevandssand, -ler: Diluvial sand, clay; Morænesand, -ler: Sandy, clayey till; By: Town; Sø: Lake.*

Redoxforhold

Redoxkortlægningen blev for *højbundsjorde* foretaget på grundlag af boringsoplysninger fra GEUS's boringsdatabase JUPITER ud fra farveangivelser, der afspejler jernets oxidationstrin. Kun ca. 10% af borerne i området indeholdt relevante oplysninger. Oxiderede jorde har gulbrune farver, mens reducerede jorde har grålige farver. Informationerne fra borerne blev udbredt geografisk ved at tage hensyn til terræn- og jordartsforhold, idet der blev anvendt følgende enkle klasser for den oxiderede zones dybde under overfladen: 5, 15 og 30 meter. Redoxgrænsens placering afspejler i grove træk grundvandsspejlets beliggenhed. De begravede dale har tilsyneladende ikke ret stor indflydelse herpå. For *lavbundsjorde* blev der taget udgangspunkt i målebordsblade fra ca. 1950. Områder, der på disse kort er illustreret som vandlidende, formodedes at have et højtstående grundvandsspejl. På disse jorde er redoxgrænsen ofte sammenfaldende med grundvandsspejlet (pers. komm. med Carl Christian Hoffmann, DMU). Den blev derfor i disse områder placeret 1 meter under overfladen. Udbredelsen af de forskellige zoner fremgår af figur 6.



Figur 6. Tykkelse af oxideret zone (m).

Thickness of the oxidized zone, m. For further explanation see figure 1.

Lagenes nitrat-reduktionskapacitet

Det blev antaget, at morænelersdæklaget ingen nitrat-reduktionskapacitet har, da det formentlig er gennemoxideret på grund af dets opsprækning og ringe tykkelse (<8 m). Den oxiderede del af sandlaget har heller ingen nitrat-reduktionskapacitet, mens den reducerede del af sandlaget har øjeblikkelig, fuld reduktion. Dvs., at nitratkoncentrationen i vandet, der siver ud af rodzonen, i modellen kun påvirkes af opblanding med grundvandet i jorden, indtil vandet når redoxgrænsen, hvorunder nitraten øjeblikkelig reduceres fuldstændig. Det er derfor kun nitrat, der forbliver i den oxiderede zone, der når frem til grundvandsindvindingsboringer og vandløb.

Kobling af hydrogeologisk model og redoxmodel

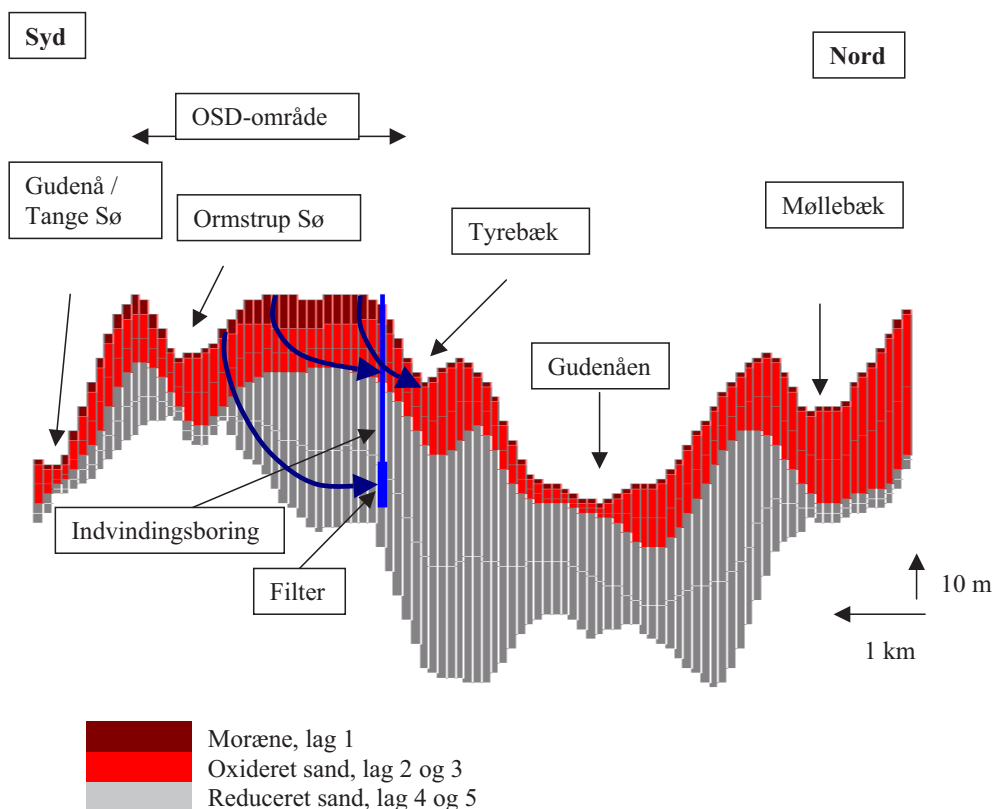
Der er tre hydrogeologiske lag i opsætningen af MODFLOW. Disse er illustreret i figur 7, der viser et nord-syd gående tværsnit placeret ved den nordlige indvindingsboring i det centrale OSD område (se figur 1). Øverst ligger et oxideret leret morænelag. I midten ligger et oxideret sandlag, hvis afgrænsning nedadtil er den kortlagte redoxgrænse. Dette lag udgøres af smeltevandssand. Endelig ligger der underst et reduceret sandlag, der nedadtil er afgrænset af det impermeable tertiære ler. Dette lag udgøres af smeltevandssand og glimmersand.

Modelopsætning for MODFLOW

Den hydrogeologiske beregningsmodel dækkede et område på 100 km² (figur 1). I modellen var der af tekniske grunde fem beregningslag (se figur 7), idet det oxiderede og det reducerede sandlag hver blev opdelt i to gennemgående beregningslag på minimum en meters tykkelse. Den horisontale diskretisering (kasseopdeling) er et 100×100 m grid. Vandløbs-systemet består udover Gudenå – Tange Sø systemet af 10 mindre vandløb, der alle udmunder i Gudenåen. Da modelområdet ikke var afgrænset ved naturlige hydrogeologiske grænser, blev der langs dele af modellens nordlige og østlige rand påført vand- og stoftransport over modelranden. Der blev medtaget to indvindingsboringer i det særlige drikkevandsområde ved Sahl (se figur 1). Boringerne indvinder fra modellens dybeste lag og har observationsfiltre i de overliggende modellag.

Input til den hydrogeologiske model af vand og nitrat var, som ovenfor beskrevet, output fra FASSET for en periode på 28 år fra 1963 til 1990. Output fra FASSET var data på markniveau, som ved import til den hydrogeologiske model blev transformeret til en værdi for hvert 100×100 m grid. Med den hydrogeologiske model blev der gennemført tilsvarende simuleringer for 28 år på grundlag af årlige værdier af grundvandsdannelse og nitratudvaskning. Modellen blev kalibreret mod observerede grundvandstrykniveauer og medianminimumafstrømning i vandløb. Kalibreringsparametrene var grundvandsmagasinerne horisontale hydrauliske ledningsevne og den vertikale hydrauliske ledningsevne for vandløbenes bund.

Til beskrivelse af nitratsens skæbne langs grundvandets strømningsveje blev modulet MT3D anvendt (Zheng, 1990). Endelig blev partikelbanemodulet MODPATH (Pollock, 1989) anvendt til at kortlægge zoner, der bidrager med grundvand til en indvindingsboring og til en strækning langs et vandløb (Tyrebækken).



Figur 7. Geologisk tværsnit ved indvindingsboring i det centrale OSD område. Profilet's placering fremgår af figur 1.

Geological cross-section of a borehole site for drinking water extraction in the central drinking water protection area. Location of the profile is shown in figure 1. Explanation: Syd: South; Nord: North; Gudenå/Tange Sø, Ormstrup Sø, Tyrebæk, Gudenåen, Møllebæk: Lakes and streams in the study area; Moræne, lag 1: Till, layer 1; Oxideret sand, lag 2 og 3: Oxidized sand, layer 2 and 3; Reduceret sand, lag 4 og 5: Reduced sand, layer 4 and 5; OSD-område, Indvindingsboring: see figure 1.

Resultater og diskussion

Resultaterne, der præsenteres fra MODFLOW, blev udtrukket efter 28 års simuleringer svarende til år 1990.

Figur 8 og 9 viser fladekort for nitratkoncentrationen i den underste del af det oxiderede sandlag lige over redoxgrænsen (lag 3 i modellen). Nitratkoncentrationen er faldet til under grænseværdien på 50 mg/l næsten overalt i OSD området som resultat af braklægning og skovrejsning i OSD området.

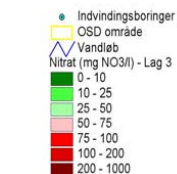
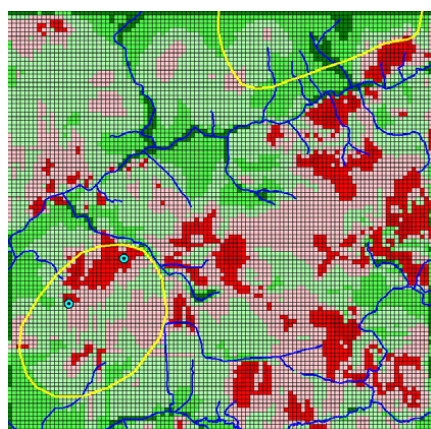
I den nordlige indvindingsboring i OSD området faldt nitratkoncentrationen med ca. 55% (fra 81 til 36 mg/l) i den oxiderede del af grundvandsmagasinet (lag 3) som resultat af braklægning i 'capture zonen' til filtret i denne dybde. Drikkevandet, der indvindes fra denne boring i

dag, hentes imidlertid fra et filter, der er placeret dybere nede i det reducerede sand. Umiddelbart havde arealanvendelsesændringerne således ikke indflydelse på kvaliteten af det drikkevand, der indvindes fra denne boring i dag. Imidlertid kan en reduktion i nitrattilførslen forsinke en eventuel 'opbrugning' af reduktionskapaciteten i de overliggende oxiderede lag, og dermed på lang sigt sikre en god drikkevandskvalitet fra denne boring.

Koncentrationen ved udløbet af Tyrebækken, faldt med ca. 30% (fra 20 til 14 mg/l) under drikkevandsscenarioet i forhold til udgangsscenarioet. Dette var primært forårsaget af skovrejsning med løvtræer indenfor OSD området i 'capture zonen' på skråningen ned mod bækken (figur 11).

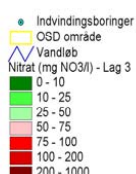
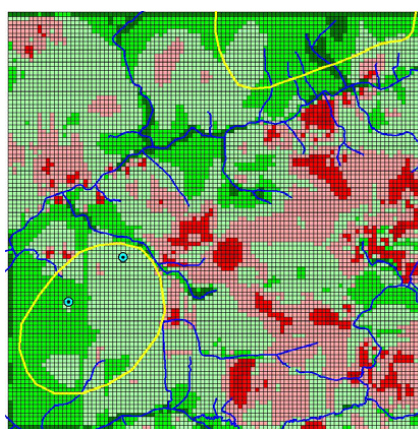
De beregnede modelresultater bør kun ses som retningsgivende, da der ikke har været mange data til rådighed i modelområdet for kalibrering af specielt nitratesultaterne, men også de hydrologiske resultater. De bør derfor kun anvendes med forsigtighed.

Det anvendte modelområde blev fastlagt af hensyn til sammenhængen mellem delprojekterne i ARLAS. De hydrologiske modelresultater ville imidlertid blive mere præcise langs randen, hvis modelområdet var afgrænset af naturlige hydrogeologiske grænser (vandskel, hvorover der ikke sker strømning). I det anvendte modelområde blev der langs dele af modellens nordlige og østlige rand påtrykt vand- og stoftransport ind i området. Et hydrogeologisk afgrænset modelområde skulle udvælges, således at der var en vandføringsstation for Gudenåen både ved indløb og udløb af modelområdet af hensyn til kalibrering af modellen.



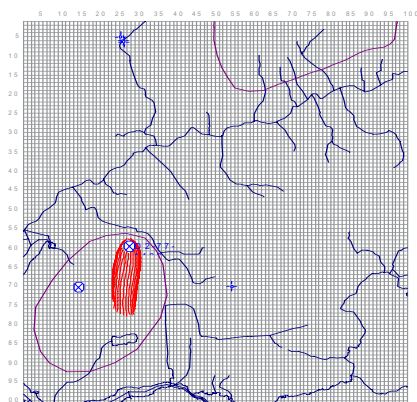
Figur 8. Udgangsscenario. Nitratkoncentration underst i oxideret sand (lag 3).

Initial situation. Nitrate concentration in deepest layer of oxidized sand. For further explanation see figure 1.



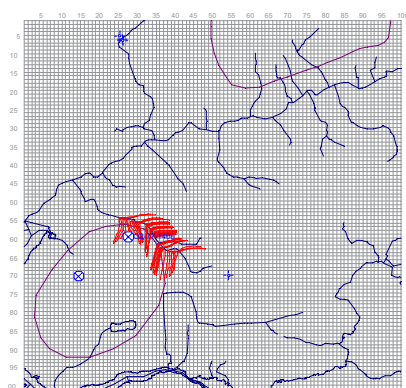
Figur 9. Drikkevandsscenario. Nitratkoncentration underst i oxideret sand (lag 3).

Drinking water scenario. Nitrate concentration in deepest layer of oxidized sand. For further explanation see figure 1.



Figur 10. Zone, der bidrager med grundvand til indvindingsboringen, kortlagt vha. partikelbaneberegninger (røde streger). Lilla streg er OSD området.

Capture zone, contributing groundwater to the drinking water borehole, mapped by particle tracking (red lines).



Figur 11. Zone, der bidrager med grundvand til vandløbsstrækningen langs Tyrebæk, kortlagt vha. partikelbaneberegninger. Lilla streg er OSD området.

Capture zone, contributing groundwater to the Tyrebæk stream, mapped by particle tracking (red lines).

Det fysiske grundlag for modellen, den hydrogeologiske opbygning, kan ligeledes forbedres, idet der er fremkommet en del nye data for beliggenheden af mange begravede dale i området (Sandersen og Jørgensen, 2002). I de tilfælde, hvor den hydrauliske ledningsevne af sedimenterne i de begravede dale adskiller sig væsentligt fra de omkringliggende sedimenter, kan dalene have væsentlig betydning for den hydrologiske cirkulation i området. I modelopsætningen blev de nye data for begravede dale under Tyrebækkens opland medtaget. Den begravede dal under Gudenåen blev beskrevet på grundlag af ældre data.

En bedre beskrivelse af nitratudstrømningen til vandløb vil endelig kunne opnås ved en mere præcis opsætning af redoxforholdene i de ånære områder. Ved opsætningen af modellen var det af modeltekniske årsager ikke muligt at fastholde 1 meter zonen kortlagt i de ånære områder. Hertil er en udvikling af selve modelkoden påkrævet. Ved en mere præcis beskrivelse af de ånære områder, vil den 'capture zone', der bidrager med overfladenært nitratrigt grundvand til vandløbet, også være mere præcist beskrevet.

Konklusion

Oftest anvendes hydrologiske modeller udelukkende til kvantificering af strømningsforhold og vandbalance for et område. Endnu ses kun få undersøgelser i Danmark, der også simulerer nitrats skæbne ved inkludering af redoxforhold og nitratreduktion langs vandets vej fra jordoverfladen gennem rodzone, grundvandsmagasiner og vådområder til udstrømning i vandløb. Dette er styrken ved det opstillede modelværktøj i ARLAS projektet. Værktøjet er således nyttigt at anvende for at få indblik i sammenhængen mellem den rumlige fordeling af ændringer i arealanvendelsen og de rumlige følgevirkninger heraf for nitratindholdet i grundvand, indvindingsvand fra drikkevandsboringer og overfladevand. Værktøjet kan således anvendes i den amtslige planlægning som retningsgivende for forslag til, hvor man skal sætte ind med arealanvendelsesændringer og -restriktioner for at opnå en ønsket miljøeffekt et givet

sted i det hydrologiske kredsløb. Kvaliteten af beregningsresultaterne, samt deres rumlige fordeling, vil dog altid afhænge af kvaliteten og den rumlige opløsning af de inddata, der styrer opsætningen af modellen. Ligeledes vil resultaternes kvalitet afhænge af, hvor godt modellen er kalibreret mod målte data. Da der ikke har været mange data til rådighed i modelområdet for en sådan kalibrering af specielt nitrateresultaterne, men også af de hydrologiske resultater, bør de konkrete beregnede tal kun anvendes med forsigtighed.

Referencer

- Dalgaard, T., Kjeldsen, C., Rasmussen, B.M., Fredshavn, J.R., Münier, B., Schou, J.S., Dahl, M., Wiborg, I.A., Nørmark, P. & Hansen, J.F., 2004. ARLAS' scenariesystem. Et grundlag for helhedsorienterede konsekvensvurderinger af ændringer i arealanvendelsen. Denne rapport.
- Jacobsen, B.J., Petersen, B.M., Berntsen, J., Boye, C., Sørensen, C.G., Søgaard, H.T. & Hansen, J.P., 1998. An Integrated Economic and Environmental Farm Simulation Model (FASSET). Statens Jordbrugs- og Fiskeriøkonomiske Institut. Rapport 102.
- McDonald, M.G. & Harbaugh, A.W., 1988. A modular three-dimensional finite-difference ground-water flow model, USGS TWRI, Chapter 6-A1, 586 pp.
- Ovesen, N.B., Iversen, H.L., Larsen, S.E., Müller-Wohlfeil, D-I. & Svendsen, L.M., 2000. Afstrømningsforhold i danske vandløb. Faglig rapport fra DMU, nr. 340.
- Pollock, D.W., 1989. Documentation of computer programs to compute and display pathlines using results from the U.S. Geological Survey modular three-dimensional finite-difference ground-water flow model, USGS, Open File Report 89-391, 188 pp.
- Sandersen, P. & Jørgensen, F., 2002. Kortlægning af begravede dale i Jylland og på Fyn. Opdatering 2001-2002. De jysk-fynske amters grundvandssamarbejde.
- Schrøder, T.M., 2002. Groundwater recharge and capillary rise in a clayey till catchment. Ph.D thesis. Environment and Resources, Technical University of Denmark.
- Zheng, C., 1990. MT3D: A modular three-dimensional transport model for simulation of advection, dispersion and chemical reactions of contaminants in ground-water systems, U.S. EPA, R.S. Kerr Environmental Research Laboratory, Ada, Oklahoma.

Plantesamfundene og landskabsstruktur ved ændret arealanvendelse

Bernd Münier

Introduktion

En væsentlig del af biodiversiteten i det åbne land er knyttet til natur- og landbrugsarealerne udenfor omdrift. Tilsammen danner de et netværk af levesteder for mange af de vilde planter i et landskab præget af intensiv jordbrugsproduktion og anden arealanvendelse. Landskabsændringer og anvendelsen af de ekstensivt drevne arealer har derfor stor betydning for disse planters forekomst og udbredelse.

En GIS-baseret Biotopmodel er udviklet som et redskab til modellering af plantesamfundenes tilstedeværelse, udbredelse og rumlig-geografiske sammenhæng. Modellen tager udgangspunkt i en landskabsøkologisk tilgang og formaliserer sammenhængen imellem vegetationen, levesteder og kårfaktorer til kortlægning af plantesamfundene. Som udgangspunkt baseres modellen på eksisterende kort og data, der efter behov kan udbygges med supplerende data. Det ensartede datagrundlag sikrer et geografisk konsistent output over hele undersøgelsesområdet.

Styrken ved en GIS-baseret model er, at den tillader analyser af enkelte steder samtidig med at geografiske sammenhænge kan analyseres, fx levestedernes størrelse, deres indbyrdes placering og beliggenhed i landskabet og deres forhold til naboarealer. Biotopmodellens anvendelsesområde er modellering af den nuværende tilstand og vurdering af konsekvenser af landskabsændringer i forbindelse med opgaver indenfor fysisk planlægning, naturforvaltning og overvågning.

I det følgende præsenteres modelresultater, hvor modellen bruges til at afdække plantesamfundenes udbredelse og ændringer i landskabsstrukturen som følge af ændret landbrugsmæssig arealanvendelse i henhold til de opstillede ekstensiverings-scenarier (se Dalgaard et al., 2004). Det viste sig, at ekstensivering af marginaljorde førte til flest lysåbne arealer med mindre kulturpåvirkning. Disse arealer var især relateret til nuværende marker med vedvarende græsning. Samtidig øgedes sammenhængen imellem disse arealer betydeligt. Ekstensivering i vandindvindingsområder førte mest til kulturgræsland samt en del meso-eutrofe kær, hvorimod småbiotop-scenariet ikke havde større effekt.

Biotopmodellen

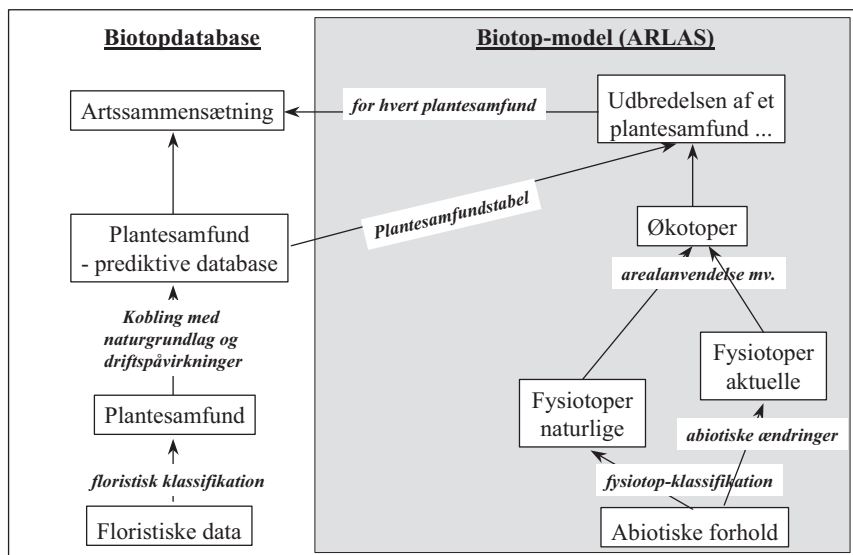
Biotopmodellen arbejder med en beskrivelse af naturtyperne og deres vegetation på plantesamfundsniveau. Inddelingen i plantesamfund er resultatet af DMU's arbejde vedrørende koncepter for biologisk-baseret naturkvalitet i de terrestriske naturtyper, der hidtil har omfattet natur- og halvnaturarealerne i det åbne land samt skovene (se bl.a. Nygaard, 1999). Vegetationen på disse arealer inddeles i 130 plantesamfund, karakteriseret ved en typisk blanding af planter, der vokser sammen under de samme økologiske forhold. Plantesamfundene er grupperet hierarkisk i overordnede plantesamfund, der igen hører til hver sin naturtype. Informationerne om plantesamfundenes artssammensætning, økologi, succession og geografiske udbredelse er samlet og systematiseret i en database over DANske VEGetationstyper (DAN-VEG). I forbindelse med analysen af ARLAS scenarier anvendtes et udpluk bestående af 57 plantesamfund tilhørende 13 overordnede plantesamfund indenfor de naturtyper, der må formodes at være relevante i undersøgelsesområdet: overdrev, kulturgræsland, hede, fersk vådområde og højmose (tabel 1).

Tabel 1. Naturtyper og overordnede plantesamfund anvendt ved modelleringen, samt arealer med anden arealanvendelse, der bibeholdes uændret.

Nature types and main vegetation types applied by the Biotope model plus other types of land use maintained unchanged.

Naturtype <i>Nature type</i>	Overordnede plantesamfund	Main vegetation types	Antal plantesamfund <i>Number of plant communities</i>
Overdrev	Kalkgræsland	<i>Calcareous grassland</i>	5
<i>Dry grassland</i>	Sand-græsland	<i>Sandy grassland</i>	2
	Surgræsland	<i>Acidic grassland</i>	2
	Torgræsland	<i>Xeric grassland</i>	3
	Kulturgræsland	<i>Dry pasture (managed)</i>	2
<i>Dry pasture</i>			
Hede	Dværgbuskhede	<i>Dwarf Shrub Heath</i>	4
<i>Heath</i>	Græs- og urterig hede	<i>Grass heath</i>	4
	Fugthede	<i>Wet heath</i>	1
Højmose	Højmose	<i>Raised bog</i>	4
<i>Raised bog</i>			
Fersk vådområde	Oligotrofe kær	<i>Mire</i>	10
<i>Wetland</i>	Meso-eutrofe kær	<i>Fen and meadow</i>	12
	Kalkkær	<i>Calcareous fen and meadow</i>	3
	Kultureng	<i>Wet pasture (managed)</i>	5
7	13	13	57
Anden	Skov	<i>Forest</i>	x
arealanvendelse	Mark i omdrift	<i>Tilled field</i>	x
<i>Other types</i>	Vand	<i>Water</i>	x
<i>of land use</i>	Byer og veje	<i>Roads and built-up areas</i>	x

I Biotopmodellen beskrives de økologiske forhold gennem en inddeling af landskabet i økotoper. Et økotop definerer et sammenhængende areal med ensartede kår, fastlagt ud fra såvel abiotiske forhold (jordbundstype, fugtighed, kalkindhold, størrelse og retning af hældningen), som varighed af den ekstensive landbrugsdrift og andre påvirkninger (gødskning, græsning, m.v.). En række digitale kort er tilpasset definitionen af kårfaktorerne i DANVEG og danner grundlag for inddelingen af landskabet i økotoper. Biotopmodellen tildeler og rangordner plantesamfund indenfor hvert økotop efter positive kårfaktorer (figur 1). Begrænsninger i det eksisterende kortgrundlag gør, at der ikke findes kort, der afspejler alle de kårfaktorer i DANVEG, der er nødvendige for, at Biotopmodellen giver et entydigt svar. Derfor fremkommer der, for en del økotoper, flertydige svar, idet modellen for nogle arealer finder to eller flere plantesamfund med lige mange passende kårfaktorer. Tilsvarende kan flere plantesamfund også høre til flere overordnede plantesamfund og naturtyper.



Figur 1. Principskitse for Biotopmodellen, udviklet ved DMU/SYS (højre halvdel) og sammenhængen med DANVEG, udviklet ved DMU/LAND (venstre halvdel). *Diagram displaying data flow of the ecological Biotope Model. The spatially referenced GIS part is shown on the right-hand side, while the ecological plant community database appears to the left. (Münier et al., 2001).*

Modellen er oprindeligt udviklet med udgangspunkt i et større område på tværs af Jylland med varierende landskabstyper, dækkende det meste af Ribe og Vejle Amter samt en bid af Nordfyn. Der er nu etableret et landsdækkende kortgrundlag, og modellen er således udbygget til at dække hele landet. Undtaget er dog indtil videre Bornholm, hvor de fysisk-geografiske forhold, og dermed de økologiske kår, er anderledes i forhold til resten af Danmark.

Biotopmodellen er blevet valideret i forhold til indsamlede vegetationsprøver i Vejle/Ribe området. Disse tests har vist, at modellen har svært ved at forudsige den rigtige vegetationstype, hvis det handler om at kunne skelne imellem de enkelte plantesamfund indenfor samme naturtype. Mange af de modellerede plantesamfund hører derimod til samme overordnede plantesamfund eller naturtype, og her kan der konstateres god overensstemmelse imellem modelresultaterne og de indsamlede vegetationsprøver (Münier et al., 2001). Valideringen peger derfor på, at analyser fortrinsvis bør baseres på modellering af overordnede plantesamfund som det højeste detailniveau. Foreløbige lignende valideringer med data for hele landet bekræfter dette forhold.

Modellering af nutidssituationen

Først modelleredes udgangssituationen for at opstille referencerammen, som de tre scenarier holdtes op imod. Størstedelen af landskabet er blevet stærkt transformeret i løbet af mange hundrede års udnyttelse, herunder tidligere tiders skovrydninger, dræning i 1800-tallet og de sidste årtiers intensive landbrugsproduktion. Nutidssituationen var derfor ikke en naturlig eller oprindeligt tilstand af vegetationen og økotoberne, men et stærkt påvirket landskab. Dette

forhold skulle der selvfølgelig tages højde for i opstillingen af basisscenariet til modellering af nutidssituationen.

Generelt har de fysisk-geografiske forhold været konstant i den periode, som Biotopmodellens kortgrundlag stammer fra. Jordbunden blev således kortlagt i løbet af 1900-tallet, dels kvartærgeologien og dels tekturen. Disse forhold må formodes ikke at have gennemgået større forandringer, bortset fra en reduktion af tørvejorde som følge af afgravning eller afvanding. Anderledes forholder det sig med jordbundsugtigheden. Kortlægningen af lavbundsarealer blev baseret på kort fra omkring 1910, hvor de afspejler en situation med mange flere vådbundsarealer i landskabet, end der findes i dag. Mange steder findes derfor en stærkt reduceret aktuel fugtighed i stedet for en tidligere vandmættet tilstand. I kortet over fugtighedsforhold indgår lavbundsarealer, og den aktuelle fugtighed skal aflæses ved at modificere forholdene i henhold til arealanvendelse og dræning. På samme måde påvirker eutrofiering næringsstofniveauet på tidligere næringsfattige lokaliteter. Andre driftspåvirkninger udgøres af græsning og høslæt. Gødskning, græsnings- og høslætintensitet blev antaget på baggrund af den nuværende landbrugsmæssige udnyttelse. Desuden har længere tids ekstensiv drift betydning og blev kortlagt ud fra registreringen af beskyttede naturtyper og ældre topografiske kort. Endelig inddroges oplysninger om vegetationstype og væksthøjde på baggrund af satellitkort i modellering af nutidssituationen.

ARLAS scenarier

Scenarietkriterierne udmøntedes i form af arealanvendelsekortet over et 100 km² stort område NØ for Tange Sø, der dannede fælles udgangspunkt for alle modeller i ARLAS. Kortet indeholdt den aktuelle arealanvendelse samt ændringer i henhold til de 3 scenarier. Tabel 2 viser, hvordan ændringerne afspejlede sig i de enkelte basiskort, der dannede grundlaget for økotopkortet til hvert scenarie. Ændringen var typisk et skift fra omdrift til vedvarende græsning, som ligeledes medførte ændringer i fugtighed og gødskning.

Tabel 2: Skema over ændringer i basiskortene til økotopkortet ved skift imellem arealtyper. *Changes in basic land use maps included in the ecotope mapping by changed land use.*

Arealtype <i>Land use</i>	Basiskort. <i>Basic land use maps</i>			
	<i>Drift Management</i>	<i>Fugtighed Drainage</i>	<i>Historisk arealanvendelse Historical land use</i>	<i>Eutrofiering Eutrophication</i>
Marker i omdrift <i>fields in rotation</i>	Omdrift <i>crop rotation</i>	Drænet <i>drained</i>	Omdrift <i>crop rotation</i>	Gødskning <i>fertilization</i>
Marginaljordsgræs <i>marginal grassland</i>	Ext. græsning <i>ext. grazed</i>	Ikke drænet <i>not drained</i>	Ukendt* <i>unknown</i>	Nej <i>no</i>
Græs i omdrift <i>grass in rotation</i>	Omdrift <i>crop rotation</i>	Drænet <i>drained</i>	Omdrift <i>crop rotation</i>	Gødskning <i>fertilization</i>
Græs u. omdrift <i>extensive grassland</i>	Int. græsning <i>int. grazed</i>	Drænet <i>drained</i>	Opdyrkning efter 1980 <i>cultivated after 1980</i>	Gødskning <i>fertilization</i>
Brak m/græs <i>set-aside grass</i>	Høslæt <i>hay making</i>	Ikke drænet <i>not drained</i>	Ukendt* <i>unknown</i>	Nej <i>no</i>

* dog 'opdyrkning efter 1980', hvis arealtype er Marker i omdrift eller Græs i omdrift (but 'tilled after 1980' for fields of type *fields in rotation* or *grass in rotation*).

Modelleringen af hvert scenario resulterede i et kort over potentiel vegetation på alle 3 niveauer: plantesamfund, overordnede plantesamfund og naturtyper.

Resultater

Arealfordeling

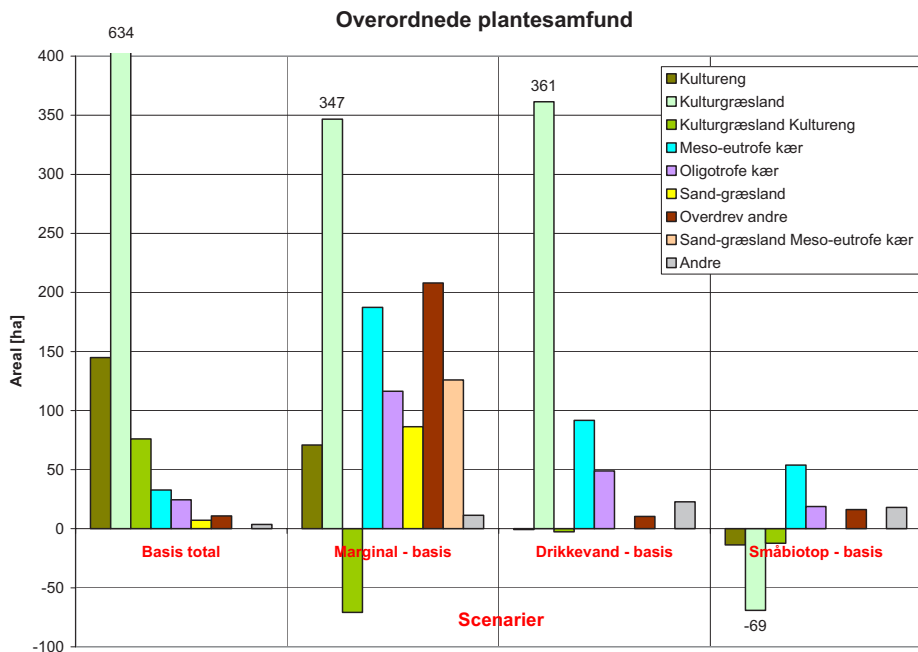
Al videre behandling af modelresultater blev baseret på overordnede plantesamfund. En del økotoper tildeltes de almindelige græsnings typer kultureng eller kulturgræsland foruden ét eller flere andre samfund. Ud fra en botanisk betragtning må mindre påvirkede områder foretrækkes frem for områder med stærk kulturpåvirkning, fordi de rummer et større potentiale for specialiserede planter i et landbrugslandskab, der er fattigt på denne type biotoper. For at fremhæve disse biotoper blev modelresultaterne efterfølgende omklassificeret således, at kultureng eller kulturgræsland blev fjernet, såfremt de optrådte i kombination med en anden type (fx Sand-græsland / Kulturgræsland blev til Sand-græsland).

I figur 2 vises resultaterne for udgangssituationen samt afvigelserne for de 3 scenarier. Det ses, at landskabet domineredes af våde og tørre arealer med høj kulturpåvirkning (kulturgræsland og kultureng). I udgangssituationen fandtes desuden lidt næringsstofrige vådområder (meso-eutrofe kær) og meget lidt næringsstoffattige vådområder (oligotrofe kær), men næsten ingen andre tørre arealer med overdrevstyper. Scenarierne var ligeledes domineret af de to almindelige græsnings typer kultureng og kulturgræsland, hvilket ikke var underligt i et landskab domineret af intensiv agerbrug, hvor de udtagne arealer for en stor dels vedkommende har indgået i omdriften eller har været anvendt til intensiv græsproduktion.

På baggrund af figur 2 kan scenarierne betragtes ud fra forholdet imellem dels våde versus tørre og dels intensivt versus ekstensivt drevne arealer. Marginaljordsscenariet viste de største ændringer, både med hensyn til kulturgræsland, kærerne og de forskellige overdrevs-samfund. Omlægningen i drikkevandsområderne gav derimod især tørre arealer med kulturgræsland samt en mindre andel kær. Endelig medførte småbiotopscenariet i det væsentlige et skift fra kulturgræsland til kær, og desuden overgik 14 ha til andre typer. Det skyldtes, at en del af skovrejsningen fandt sted på vedvarende græs, hvorimod en del ikke-skovrejsningsarealer var fugtige og blev til kultureng.

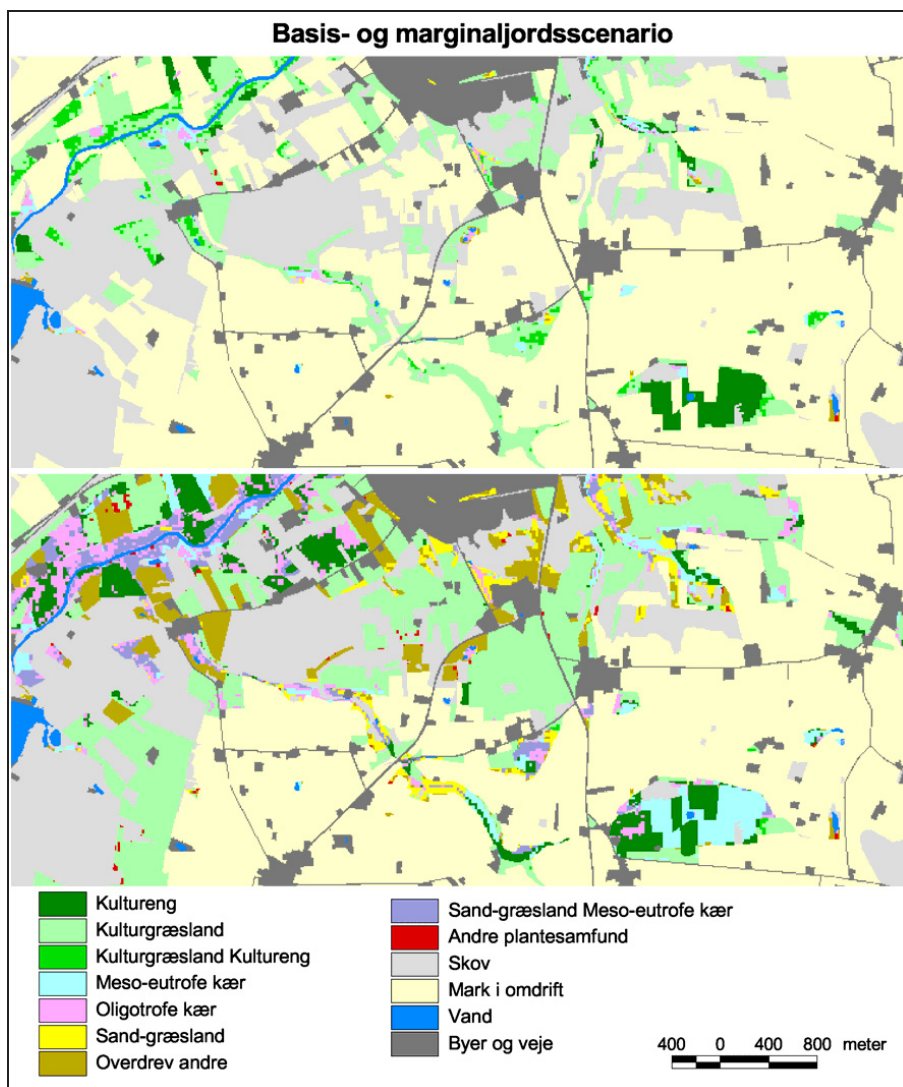
Figur 3 viser modelresultatet i form af et udbredelseskort i nutidssituationen. Desuden vises situationen ifølge marginaljordsscenariet, hvor marker i omdrift og græsningsarealer på gamle vådbundsarealer, sandjord og stærkt skrånende arealer lægges om til ekstensiv græsning. De modellerede vegetationstyper kan tolkes som en indikation af omfang og udbredelse af arealer med beslægtede kårfaktorer. Resultaterne giver dermed et aggregeret billede af de plante fordelende faktorer, hvor økotopt-kortets flere hundrede eller sågar tusinde kombinationer af kår-faktorer reduceres til nogle snes kombinationer, kendetegnet ved ét eller flere potentielle plantesamfund.

Kombineredes resultatet af marginaljordsscenariet med oplysningen om tidligere arealanvendelse af de udtagne arealer fandtes, at omdriftsarealerne blev til kulturgræs eller kultureng. Tidligere vedvarende græs derimod gav anledning til en række andre typer, forudsat at disse arealer ikke længere var påvirket af eutrofiering og at afvanding ophørte (figur 4).



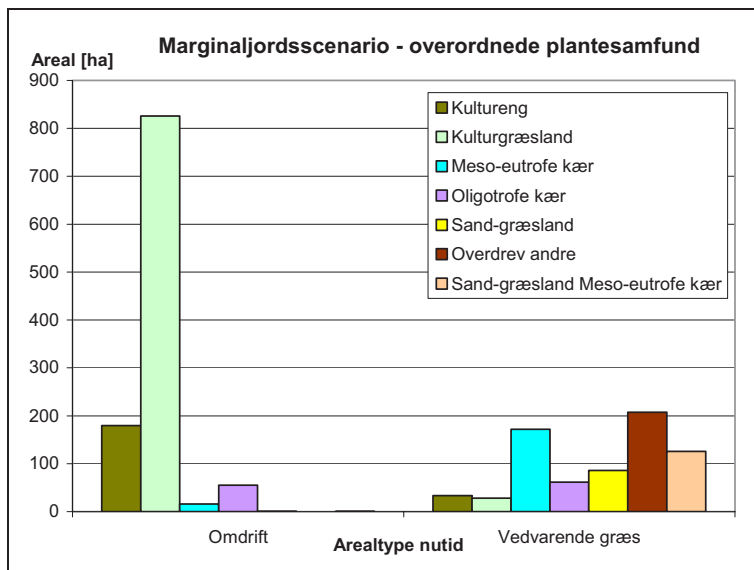
Figur 2. Modelresultater: Samlet areal i henhold til udgangssituationen og afvigelse herfra i de tre scenarier. Typer, der kun har en meget lille udbredelse i alle fire scenarier, er samlet under 'andre samfund'. Bemærk: Overordnede plantesamfund, der både er tilordnet en 'kulturtype' og andre overordnede plantesamfund, er anført under disse andre samfund, jvf. teksten.

Modelling results: Total area of the vegetation types in the initial situation (Basis total) and the deviation from the initial situation in the marginal farmland scenario (Marginal – basis), the drinking water scenario (Drikkevand – basis) and the small- biotopes scenario (Småbiotop – basis). Vegetation types of minor coverage are combined in “others (andre). For further explanations see table 1.



Figur 3. Kort, der viser den modellerede udbredelse af de overordnede plantesamfund i nu-tidssituationen (øverst) og marginaljordsscenariet (nederst).

Map showing the simulated distribution of the main vegetation types in the initial situation (top) and in the marginal farmland scenario (bottom). For further explanation see table 1.



Figur 4. Overordnede plantesamfund på nye arealer med ekstensiv græsning i marginaljords-scenariet, opdelt på arealer, der hidtil har været hhv. i omdrift og vedvarende græs.

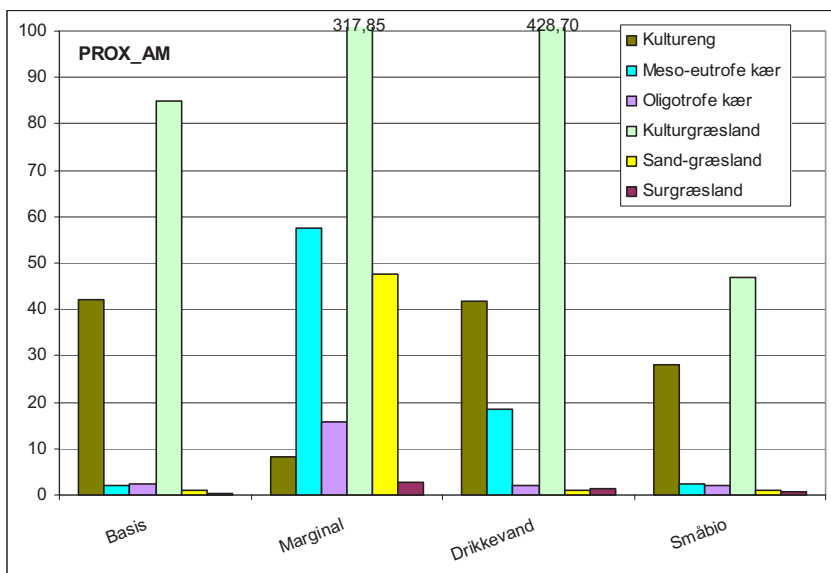
Main vegetation types on areas converted to extensive grazing in the marginal farmland scenario from areas (Arealtype nutid) in rotation (omdrift) and permanent grassland (vedvarende græs). For further explanation see table 1.

Landskabsstruktur

Effekten af et scenarie kan også bedømmes ud fra kriterier om større sammenhæng imellem halvnaturarealerne. Til nærmere belysning heraf blev der gennemført en række analyser af landskabsfragmentering ud fra de modellerede, overordnede plantesamfund (Münier et al., 2004).

Figur 5 viser som eksempel på denne mulighed, resultatet af en fragmenteringsanalyse. Som indikator er her valgt PROX, dvs. en invers kvadratisk afstand fra en patch (her defineret som et sammenhængende areal med samme overordnede plantesamfund) til alle andre patches af samme type indenfor en søgeradius, her 100 m. Målet blev derefter ganget med størrelsen af den undersøgte patch. For hele landskabet blev målet opgjort ved at summere over alle patches vægtet efter deres størrelse ($\sum AM$ = area weighted mean). Dette gav et indtryk af fragmentering og sammenhæng i landskabet med særlig vægt på sammenhæng/nærhed af større, ensartede arealer. PROX er dimensionsløs og bruges derfor udelukkende til relative sammenligninger. Er PROX lige med 0 betyder det, at den givne patch ikke har nogle naboer indenfor søgeafstanden hvorimod en høj værdi indikerer større sammenhæng og større arealer.

Generelt viser figur 5 de samme tendenser som arealopgørelsen i figur 2. Selv om marginaljordsscenarioet gav flest tørre arealer, steg sammenhængen i de meso-eutrofe kær mest – formentlig på grund af deres mere samlede beliggenhed i dalstrøgene. Denne udvikling modsvareredes af en væsentlig øget fragmentering af kulturengene, idet disse bl.a. ændredes fra intensiv til ekstensiv græsning. Drikkevandsscenarioet gav især ændringer på kulturarealerne plus lidt mere sammenhæng i de meso-eutrofe kær. Endelig øgedes fragmenteringen af de lysåbne naturtyper i småbiotop-scenariet, idet der rejstes skov på en del af arealerne.



Figur 5. Resultatet af en analyse af tætheden af ensartede arealer for seks udvalgte overordnede plantesamfund, målt som nærhed vægtet med størrelsen af det enkelte areal (PROX_AM- Fragstats) (McGarigal et al., 2003).

Analysis of the density of uniform areas of six selected main vegetation types, measured as proximity weighted by the size of the individual patch of the vegetation type. Explanation: Basis: Initial situation; Scenarios: Marginal: Marginal Farmland; Drikkevand: Drinking water; Småbio: Small-biotopes. For further explanation see table 1.

Afslutningsvis skal det understreges, at resultaterne er specifikke i forhold til de opstillede scenarier og derfor ikke umiddelbart kan generaliseres. Endvidere er de anvendte mål for landskabsstruktur følsomme over for størrelsen af det samlede udtagne areal. Som udgangspunkt vil der være en sammenhæng imellem summen af de ekstensiverede arealer og reduktionen af fragmenteringen. Denne faktors betydning bør undersøges i fremtiden, ligesom der er foreslået andre mål, der ikke indeholder denne bias.

Referencer

Dalgaard T., Kjeldsen, C., Rasmussen, B.M., Fredshavn, J.R., Münier, B., Schou, J.S., Dahl, M., Wiborg, I.A., Nørmark, P. & Hansen, J.F., 2004. ARLAS' scenariosystem. Et grundlag for helhedsorienterede konsekvensvurderinger af ændringer i arealanvendelsen. Denne rapport.

DANVEG, <http://www.danveg.dk/>, <http://www.danveg.dk/about.asp>.

McGarigal, K., Cushman, S.A., Neel, M.C. & Ene, E., 2003. FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst. Version 3.1 build 3, March 2002. Available at the following web site: www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html.

- Münier, B., Nygaard, B., Ejrnæs, R. & Bruun, H.G., 2001. A Biotope Landscape Model for Prediction of Semi-Natural Vegetation in Denmark. *Ecological Modelling* 139: (2-3) 221-233.
- Münier, B., Schou, J. S. & Birr-Pedersen, K., 2004. Combined Ecological and Economic Modelling in Agricultural Land Use Scenarios. *Ecological Modelling* 174 (1-2), Special Issue on iEMSs2002 (International Environmental Modelling and Software Society, Lugano 2002).
- Nygaard, B., Mark, S., Baattrup-Pedersen, A., Dahl, K., Ejrnæs, R., Fredshavn, J.R., Hansen, J., Lawesson, J., Münier, B., Møller, P.F., Risager, M., Rune, F., Skriver, J. & Søndergaard, M., 1999. Naturkvalitet – kriterier og metodeudvikling. Danmarks Miljøundersøgelser. Faglig rapport fra DMU 285: 118 s.

Effekten af landskabsændringer på den vilde fauna

Chris Topping, Peter Odderskær, Jane Uhd Jepsen, Poul Nygaard Andersen, Peter Lange & Frank Nikolajsen

Introduktion

En lang række faktorer er af betydning for dyrs bestandsudvikling. Ofte er disse komplekse og samspillende. Ændret arealudnyttelse eller dyrkningspraksis ændrer mange af disse faktorer. Oftest medfører de samme ændringer i arealudnyttelsen i et givet område forskellige responser for forskellige dyrearter på grund af forskelle i levevis. Modellering af effekten af forskellige omlægningsscenarier på forskellige dyrearter er en måde, hvorpå den foreliggende viden om samspillet mellem de enkelte dyrearter og det landskab, de befinder sig i, kan integreres og dermed bidrage til forståelse af enkeltfaktorernes betydning.

Modelsystemet Animal Landscape and Man Simulation System (ALMaSS), der er beskrevet i det følgende, er i stand til at tage højde for det dynamiske samspil af forskellige biologiske og abiotiske faktorer i tid og rum, der har afgørende betydning for, hvordan og med hvilken effekt en given lokalbestand af dyr bliver påvirket af forskellig arealudnyttelse og driftsbetingelser. Dette samspil modelleres ved hjælp af dels individbaseret dyremodeller, der er baseret på kendskabet til disse arters biologi, dels en landskabsmodel, der sætter scenen for disse dyrs biologiske udfoldelser.

Resultaterne af de udførte modelleringer kan ikke give et endegyldigt svar på, om de foretagne ændringer i arealudnyttelsen generelt vil være positive eller negative for de modellerede arter overalt i Danmark. De udførte scenarieanalyser giver imidlertid et godt grundlag for, under de givne scenariebetingelser, at beskrive og grundlæggende at forstå konsekvenserne af det komplicerede samspil af enkeltfaktorerens indvirkning på levevilkårene for de modellerede arter.

De valgte dyrearter er alle generalister, der har evnet at tilpasse sig et liv i det moderne landbrugslandskab, men de udtrykker gennem deres biologi og levevis forskellige typer af strategier for overlevelse og krav til levesteder. Effekterne af den ændrede arealudnyttelse, udtrykt gennem drikkevands-, marginaljords- og småbiotops-scenarierne, var der derfor vidt forskellige for de undersøgte arter. *Markmusen* er repræsentant for små, planteædende pattedyr. Den er græslandsspecialist og er som sådan tilpasset et liv i uforstyrrede, græsbevoksede arealer (ugræssede græsmarker, markkanter, grøfter, vejrabatter m.m.), mens dyrkede marker og skovbevoksede arealer ikke er velegnede til fødesøgning eller reproduktion. *Sanglærken* er knyttet til de dyrkede marker og er som oprindelig steppefugl tilpasset et liv i åbne landskaber, hvor de opdyrkede arealer på mange måder opfylder de samme habitatkrav, som kan findes i steppeområder. Sanglærken er mere end nogen anden agerlandsfugl knyttet til den åbne, dyrkede markflade og påvirkes derfor dels gennem omlægninger, der berører ændringer i dyrkningspraksis og dyrkningsareal dels gennem ændringer i de udyrkede arealer. Den modellerede *edderkoppeart* af tæppespindere blev valgt som repræsentant for den gruppe af hvirvelløse prædatorer, der gennem deres levevis, er specielt tilpasset et liv i dyrkede marker. Arten er gennem sin store sprednings- og reproduktionsevne speciel egnet til at imødegå ”katastrofer” i form af dyrkningsmæssige indgreb som fx pløjning, harvning, strigling, insekticid-sprøjtning m.m. Rådyret er en pattedyrsart, der i høj grad er tilpasset et mosaiklandskab bestående af skove, træbevoksede småbiotoper og åbne, dyrkede arealer. Rådyrets primærhabitat er skovarealer, men kombinationen af lineære og arelle småbiotoper giver muligheder for

dækning og skjul og udnyttes dels som ledelinjer ud i det åbne land, dels danner de basis for mere permanente ophold.

Materiale og metoder

Dyremodeller

De anvendte dyremodeller er alle adfærds- og individbaserede. Udgangspunktet er, som navnet antyder, det enkelte individ, for hvilket der er defineret et artsspecifikt sæt af regler, der er bestemmende for dyrets adfærd (fx sociale interaktioner, energetik, reproduktion, bevægelse og spredning) under tidsmæssigt og rumligt skiftende forhold. Overgangen fra ét sæt af adfærdsregler, der beskriver og styrer begivenhederne i en bestemt periode ("stadie") af et individs livsforløb til et nyt stadie, er beskrevet af et andet regelsæt ("overgangsstadie"), som er karakteristisk for den givne art. Et komplet sæt af indbyrdes afhængige stadier og overgange mellem disse beskriver den specifikke individ-baserede biologiske model for den pågældende art.

Modeltypen er karakteristisk derved, at alle individer til et givet tidspunkt i en given lokalitet på samme tid kan få alle relevante informationer om forskellige biotiske (fx arealtype, afgrødetype, -højde og dækningsgrad, fødemængde/kvalitet, tilstedeværelsen af andre individer fra naboterritorier) og abiotiske forhold (fx dyrkningstiltag, temperatur og nedbør), der er af betydning for de enkelte individers reaktioner og handlinger. På denne måde kan et antal dyr modtage informationer om og udnytte eksempelvis en lokal føderesource på én og samme tid. Den lokale population af dyr, der modelleres, består således af indbyrdes "kommunikerende" individer, der i tid og rum kan opfatte og reagere på forhold i det lokale miljø. De enkelte individer agerer ("agent-baserede") i forhold til disse stimuli efter, hvad der er mest optimalt for individet selv under de givne forhold med hensyn til overlevelse, reproduktion m.m. Territoriestørrelser afhænger dels af territoriets kvalitet, dels af det enkelte dyrs styrkeforhold/alder i forhold til andre territoriehævdende individer, hvilket medfører en tæthedsafhængig modellering af populationen af sanglærke, rådyr og markmus. De biologiske modeller består af en række undermodeller, der hver især beskriver de regelsæt, der karakteriserer de specielle forhold, der gør sig gældende for forskellige livsstadier (eksempelvis for sanglærkens vedkommende: hanlærker, hunlærker, ægudvikling, udvikling af redeunger og udvikling af ikke flyvefærdige unger). Detaljerede modelbeskrivelser for de modellerede arter kan ses på følgende web-adresse: www.almass.dk.

Landskabsmodel

Landskabsmodellen, eller "værkstedsområdet", udgør den "verden", som de modellerede dyr skal leve og overleve i. Den indeholder en detaljeret gengivelse af alle rumlige strukturer i landskabet (læhegn, markskel, marker, veje og bygninger m.m.). For en nærmere beskrivelse af området, se Dalgaard et al. (2004).

Ud fra flyfoto og eksisterende markblokkort blev der ved hjælp af GIS foretaget en detaljeret digitalisering af området. Alle digitaliserede arealer (polygoner) er unikke, men blev klassificeret i forhold til en række udvalgte typer eller kategorier (marker, bygninger, haver, areelle småbiotoper, læhegn, skove, veje/vejrabatter, vandløb m.m., i alt 28 forskellige) og behandling (eksempelvis vejrabatter bliver udsat for slåning, hvorimod græsarealer uden for omdrift ikke bliver slået). Ved en efterfølgende inspektion af området blev alle arealinformationer vedrørende de forskellige polygontyper korrigeret for evt. fejl i forhold til placering, arealstørrelse og polygontype. Det resulterende polygontkort havde en rasteropløsning på 1 m² (= én enhed). Hver enkelt rasterenhed var et referencenummer til en bestemt polygon og indeholdt

specifikke oplysninger, der karakteriserede den enkelte polygon. Denne datastruktur, kaldet 'flyweight' (Gamma et al., 1995), er meget hurtig, men stiller relativt store krav til computerkapacitet.

Vejrdata og vækstmodeller for afgrøder

De anvendte vejrdato var baseret på data fra Danmarks JordbrugsForskning, Foulum, fra perioden 1988-1999. I modelleringerne blev der anvendt daglige gennemsnit for temperatur (°C), nedbør (mm) og vindstyrke (m/s). De samme vejrdato indgik således i det modellerede tidsrum i kontinuerte 'loops' af 11 år.

Der blev foretaget en basal opdeling i landskabspolygoner med og uden vegetation. For på en realistisk måde at "gengive" virkelige forhold i bevoksede arealer, blev udviklet specifikke vækstmodeller for afgrødetyper og den ikke-afgrødevegetation, der anvendtes i de forskellige scenarier. Vækstmodellerne for afgrøder blev udarbejdet på grundlag af eksisterende modeller (Olesen og Heidmann, 1990; Plauborg og Olesen, 1991) samt data indsamlet ved Danmarks JordbrugsForskning og Danmarks Miljøundersøgelser. Modellerne blev baseret på "graddage", således at både bladareal (Blad-Areal-Indeks, 'BAI') og højdeudvikling var relateret til temperatursumme med en basistemperatur på 0°C. 'Ikke-afgrøde vegetation' blev modelleret ud fra data præsenteret i Al-Mufti et al. (1977). Vækstmodellen for vegetationen i skovrydninger og græsarealer uden for omdrift blev estimeret ud fra 'BAI': højderelationen for kløvergræs. Et gennemsnit af disse to modeller blev anvendt for vegetationen i vejrabatter og markskel. I modificeret form (BAI reduceret med en faktor 10) blev sidstnævnte vækstmodel anvendt for markernes ukrudtsflora. Vegetationsmodellerne for vejrabatter og markukrudt kunne justeres gennem reduktion af plantebiomassen for at illudere indgriben igennem forskellige menneskelige aktiviteter (eksempelvis slåning, herbicidsprøjtning m.m.).

Dyrkningsforhold og dyrkningsmodeller

ALMaSS indeholder en detaljeret 'farm manager' simulator, som er i stand til at formidle informationer om de aktiviteter, der har en vigtig indflydelse på dyrepopulationer. Dette opnås gennem definering af bedriftsenheder, bedriftstyper med specifikke sædskifter samt individuelle dyrkningsplaner for de anvendte afgrøder. Bedriftsenhederne blev defineret ud fra de markpolygoner, der blev dyrket af samme person. Den anvendte klassificering af bedriftstyperne plantebrug, svinebrug og kvægbrug fremkom via GLR-register oplysninger. Alle oplysninger vedrørende bedriftstyper (1998-forhold) og ejerforhold (her: reelle oplysninger om arealer drevet af samme person) var tilgængelige via krypterede GLR-register oplysninger. Dyrkningsplanerne, der beskrev vækstforhold og dyrkningstiltag, var baseret på dyrkningsvejledninger fra Dansk Landbrugsrådgivning, konsulentrådgivning fra Djursland Landboforening, Følle, Godsforvaltningen ved Fussingø Statsskovdistrikt og Danmarks Miljøundersøgelser (Afd. for Landskabsøkologi). For hver enkelt afgrødemodel blev der i videst mulig omfang medtaget de variationer i dyrkningsmæssige tiltag, der var bestemt af fx brugstype, geografiske forhold, jordbund, vejrforhold m.m. Den indbyggede variation bevirkede, at vækstforhold og dyrkningstiltag for de enkelte afgrøder, skiftede mellem marker og bedrifter i de enkelte modelår. Alle marktiltag (fx høst) blev registreret, og disse data kunne herefter registreres af dyremodellerne. I alt blev der udarbejdet dyrkningsmodeller for 48 forskellige afgrøder, hvoraf kun en del indgik i de beskrevne scenarier. For sanglærke blev effekterne af kreaturafræsning på æg og redeunger ved 'ekstensiv afgræsning', som blev anvendt på om lægningsarealerne i marginaljordssceneriet, reduceret til halvdelen af det, der blev anvendt for 'normalt' afgræssede arealer. Af modeltekniske årsager blev 'naturlig græs' anvendt som ve-

getationstype på de arealer i drikkevandsscenariet, der blev omlagt til brak. For yderligere beskrivelse af scenariebetingelserne henvises til Dalgaard et al. (2004).

I modellen gennemløb hver enkelt mark det sædskifte, der er beskrevet og begrundet for de forskellige bedriftstyper (for nærmere beskrivelse af de anvendte sædskifter se Dalgaard et al., 2004). De enkelte marker på en bedrift har forskellige afgrøder som udgangspunkt i opstartsåret for modelleringerne. For at kunne simulere forekomsten af afgrøder i forhold til deres arealmæssige forekomst, var det nødvendigt at opstille mangeårige model-sædskifter for den enkelte mark. Konstruktionen af generaliserede bedriftstype-specifikke sædskifter, der i modelleringerne var ens for alle bedrifter inden for den enkelte bedriftstype, medførte, at der kunne forekomme modelafgrøder, der reelt ikke forekom i sædskiftet i alle de aktuelle bedrifter, der var udgangspunkt for de generaliserede sædskifter. Da de samlede procentuelle andele af dyrkningsarealer for de afgrøder, der reelt blev dyrket indenfor de enkelte konventionelle bedrifter, imidlertid indgik i udarbejdelsen af de generaliserede sædskifter, var denne forskel mellem "virkelighed" og model yderst begrænset, når det samtidig tages i betragtning, at denne forskel skulle "fordeles" på samtlige bedrifter.

Modelkørsler

Som baggrund for alle dataanalyser blev der for hver af modelarterne foretaget 10 modelkørsler i alle scenarier. Hver modellering blev foretaget over en periode på 55 år. For at opnå resultater fra perioder med en "stabil" population blev de første 11 år af hver modelkørsel udeladt af dataanalyserne. Årlige bestandsstørrelser, angivet i figurer med bestandsudviklingen i de enkelte scenarier, er præsenteret som gennemsnit for de enkelte år i 10 modelkørsler. Totalbestande, dels for hele værkstedsområdet dels for 16 delområder af en størrelse på 2,5×2,5 km blev opnået ved, for samtlige modelleringer, at addere populationsstørrelserne i den modellerede årrække og dividere dette med (antal år × antal modelleringer, figur 1 og 2). Dette blev foretaget for specifikt at kunne følge de relative ændringer i delområder med arealmæssige forskelle i omlægningsprocent. Den relative effekt (I) af omlægningen på bestandsstørrelsen i de 16 delområder blev beregnet som $I = (N_{\text{scenarie}} - N_{\text{basis}}) / \hat{N}_{\text{basis, kvadrat}} * 100$, hvor

N_{basis} og N_{scenarie} er bestanden i det pågældende kvadrat hhv. før og efter omlægningen, og $\hat{N}_{\text{basis, kvadrat}}$ er den gennemsnitlige kvadratbestand før omlægningen.

Måleparametre

For markmus, edderkop og rådyr blev de enkelte bestandsstørrelser registreret ved udgangen af hvert år. For sanglærke blev antallet af ynglepar registreret i slutningen af juni og den totale bestand af voksne individer samt antallet af overlevende unger blev registreret på det tidspunkt i efteråret, de påbegynder migration. For edderkoppens vedkommende blev den registrerede enhed, af modeltekniske årsager, et 'superindivid', der repræsenterede et fastlagt, større antal individer.

Resultater og diskussion

Populationsudviklingen for markmus (*Microtus agrestis*), sanglærke (*Alauda arvensis*), edderkop (*Erigone atra*, *Linyphiidae*, tæppespindere) og rådyr (*Capreolus capreolus*) blev modelleret i fire landskabsscenarier, forskellige med hensyn til arealudnyttelse. Relativt til basis-scenariet blev der fundet følgende påvirkninger for de undersøgte arter:

- Drikkevandsscenarioet

Markmus: Livsbetingelserne for markmus var generelt forbedrede ved den arealmæssigt relative store omlægning af dyrkede arealer til naturgræs, som var en væsentlig bedre ynglehabitat end de områder, der erstattedes. På trods af en negativ udvikling i områder berørt af skovrejsning, skete der via den positive indflydelse i de øvrige omlagte arealer, en stigning i den gennemsnitlige bestandsstørrelse i hele området (tabel 1). Antallet af mus i hele området svingede betydeligt mere end i de øvrige scenarier (figur 1a-c). Bestandstilvæksten dæmpedes væsentligt af en stor og cyklisk svingende bestand af rovdyr, hvor bestanden tidsmæssigt var forskudt med et år (figur 1, b-c).

Sanglærke: Trods en generel lavere bestand af ynglepar og en negativ påvirkning fra skovrejsningsarealerne gav de store arealer omlagt til naturgræs i de fleste år (de vejrmæssigt gode til middel-gode) et relativt større output af unger (figur 1d). Efter vejrmæssigt dårlige år steg det reproduktive output hurtigere end i de øvrige to omlægningsscenarier, hvilket indikerede et højere antal succesrige yngleforsøg for yngleparrene i og omkring de omlagte områder med naturlig græs. I de to områder, med den arealmæssigt største omlægning til skov, havde dette en negativ invirkning på det reproduktive output (figur 2). Dette skyldtes, at det store areal omlagt til skov (uegnet lærkehabitat) specielt i den sydvestlige del af området, erstattede gode ynglehabitater.

Edderkop: Den modellerede art var i stor grad tilknyttet markafgrøder og reagerede stærkt negativt på de omlagte arealer (specielt skovrejsningsarealerne, figur 2), hvilket bevirkede en generel lavere bestandsstørrelse i hele området (tabel 1, figur 1f).

Rådyr: Antallet af dyr mere end fordobledes i området som helhed (tabel 1, figur 1g) som følge af en stor stigning i arealet af primærhabitaten skov i sammenhæng med tilstødende gode fourageringsområder (figur 2). Den store, positive effekt i de områder, der berørtes af skovrejsning, bevirkede en positiv afsmittende effekt til naboarealer, der ikke berørtes af omlægning.

- Marginaljordscenariet

Markmus: Modelleringerne bevirkede en mindre gns. bestandsstørrelse end i drikkevands-scenariet (tabel 1, figur 1b-c). Variationen i bestandssvingningerne var større end i basisscenariet, men uden at det bevirkede en gns. større population. Årsagen til dette var sandsynligvis, at det store areal med ekstensiv afgræsning kun var egnet til reproduktion i en kortere forårsperiode før afgræsningen startede, men i øvrigt udgjorde gode spredningshabitater. Populationen af rovdyr svingede cyklisk med musepopulationen med en tidsforskydning på et til to år. En mindre negativ effekt sås i de tre delområder, der havde det største potentiale for stor vækst i prædatorbestanden (figur 2).

Sanglærke: En generel lavere ynglebestand betød en reproduktion på niveau med basis-scenariet (figur 1e). Dette skyldtes sandsynligvis et større reproduktivt output fra yngleforsøg i områder grænsende op til de ekstensivt afgræssede arealer. Dette samlede bidrag modvirkedes af de negative effekter fra de delområder, der havde den største arealomlægning (figur 2). De ekstensivt afgræssede områder var ikke gode ynglehabitater primært på grund af forstyrrende effekter fra afgræssende kvæg.

Edderkop: Dette scenarie var det mest negative for den modellerede edderkoppeart (figur 1f). Den klare negative respons fremkom på baggrund af en negativ bestandsudvikling i de fleste delområder (figur 2), hvilket primært skyldtes, at denne art er stærkt tilknyttet og tilpasset markafgrøder. De ekstensivt afgræssede arealer er gode overvintringsområder, men kun lidt egnede som ynglehabitater.

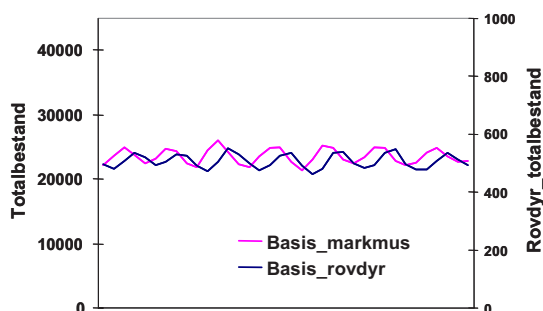
Rådyr: For hele området betragtet gav betingelserne i dette scenarie ikke basis for en gns. højere bærekapacitet af dyr (tabel 1, figur 1g). Dette resultat fremkom på baggrund af en forskelligartet udvikling i fem af de modellerede delområder. I de tre delområder med et højere bestandsniveau (figur 2) var baggrunden for dette sandsynligvis, at tilstedeværelsen af de ekstensivt afgræssede områder i skovnære arealer udgjorde en relativ bedre fourageringshabitat i relation til de udtagne arealer, samtidig med, at de omlagte arealer i nogle områder udgjorde brugbare spredningskorridorer mellem eksisterende småbiotoper og skove. I to delområder sås en negativ påvirkning af bestanden (figur 2), hvilket sandsynligvis var forårsaget af omlægning fra bedre habitater i basislandskabet (naturgræs) til dårlige (afgræssede arealer).

- Småbiotopscenariet

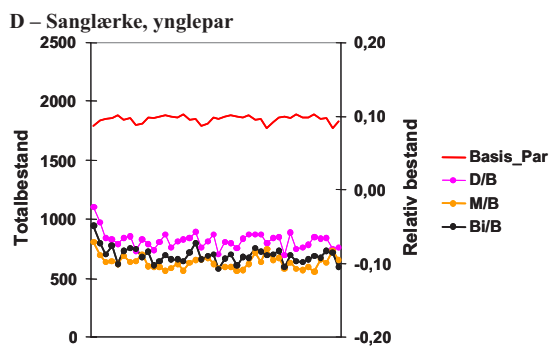
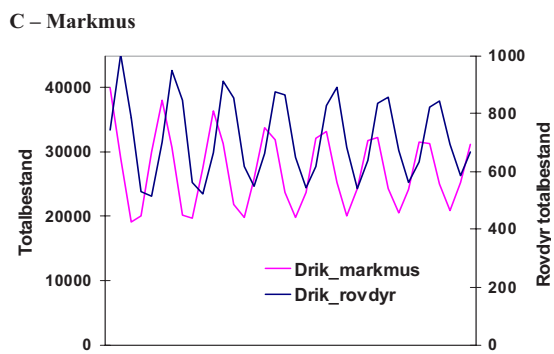
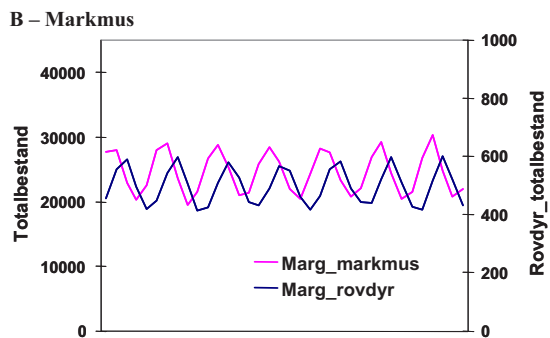
Sanglærke: Den gns. bestand af ynglepar i hele værkstedsområdet lå midt imellem de to øvrige omlægningsscenarier (figur 1d), men som i disse klart lavere end i basisscenariet. Den væsentligste årsag til dette var sanglærkens aversion mod høje strukturer (i dette tilfælde de mange nye småbiotoper med trævegetation) i landskabet, hvilket generelt i hele området mindskede arealet, hvori arten yngler. Reproduktionen var, omend lavere end de øvrige omlægningsscenarier, i vejrmæssigt gode år bedre end i basisscenariet (figur 1e), hvilket sandsynligvis skyldtes en positiv situation for yngleparrene i de 10 delområder, hvor størstedelen af de omlagte ”småbiotoparealer” blev til naturlig græsvegetation, som udgør både en bedre ynglehabitat og en bedre fourageringshabitat (figur 2). Den modsatte situation gjorde sig gældende i de øvrige delområder, hvor hovedparten af de omlagte arealer blev omlagt til skovvegetation.

Rådyr: Den gns. bestand var i alle år større end i basisscenariet (figur 1g), men den positive effekt var i forhold til drikkevandsscenariet kun ca. halvt så stor. Årsagen til dette forhold var sandsynligvis, at de omlagte områder med skovvegetation øgede mulighederne for skjul (figur 2). På grund af deres ringe størrelse ændrede fourageringsmulighederne sig imidlertid ikke væsentligt. Resultatet var, at flere dyr kunne opretholde territorier i det åbne land, men disse territorier var store og af middel eller lav kvalitet.

A – Markmus

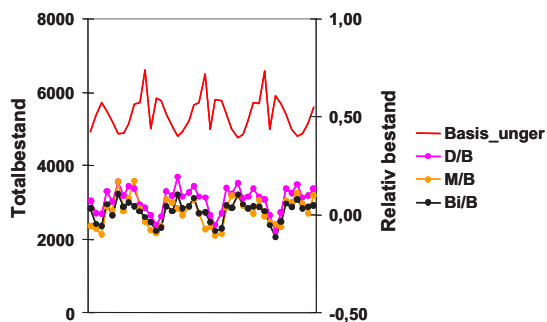


Figur 1, fortsættes

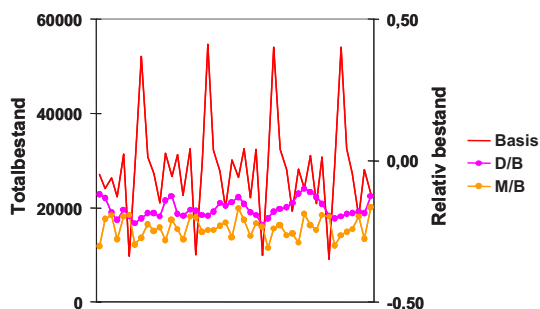


Figur 1, fortsættes

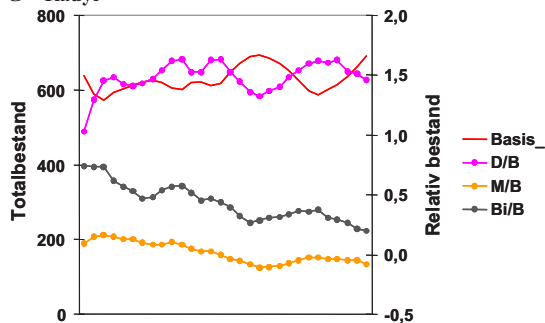
E – Sanglærke, unger



F – Edderkop

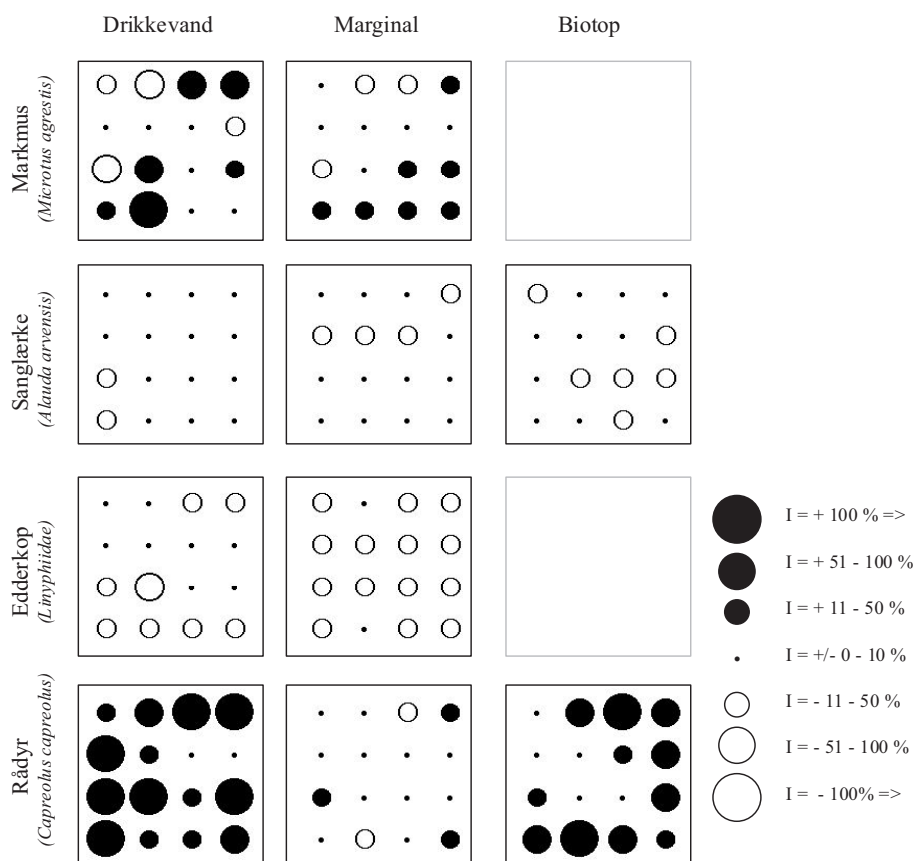


G – Rådyr



Figur 1. Udviklingen i den totale bestand af markmus og rovdyr i basisscenariet (A), marginaljordsscenariet (B) og i småbiotops scenariet (C). Udviklingen i bestanden af sanglærker (D-E), edderkopper (F) og rådyr (G) i basisscenariet (Basis) samt de relative ændringer i drikkevandsscenariet (D/B), marginaljordsscenariet (M/B) og småbiotops scenariet (Bi/B).

Development in the total population of field vole and their predators in the initial situation (A), in the marginal farmland scenario (B) and in the drinking water scenario (C). Development in breeding pairs of skylarks (D), of surviving offspring of skylarks (E), spider (F) and roe deer (G) in the initial situation (Basis), plus changes relative to the initial situation in the drinking water scenario (D/B), marginal farmland scenario (M/B) and small-biotopes scenario (Bi/B). Totalbestand: Total population; Relativ bestand: Relative population.



Figur 2. Den relative effekt af omlægningen på bestandsstørrelsen beregnet for 16 delområder á 2,5×2,5 km. Effekten (I) beregnes som $I = (N_{\text{scenario}} - N_{\text{basis}}) / \hat{N}_{\text{basis, kvadrat}} * 100$, hvor N_{basis} og N_{scenario} er bestanden i det pågældende kvadrat hhv. før og efter omlægningen, og $\hat{N}_{\text{basis, kvadrat}}$ er den gennemsnitlige kvadratbestand før omlægningen. Fyldte cirkler indikerer en positiv effekt af scenariet, åbne cirkler indikerer en negativ effekt. For sanglærke repræsenterer de angivne størrelser antallet af overlevende unger.

*Effect of scenarios relative to the basic scenario of population size calculated for 16 sub-areas of 2.5×2.5 km. The effect (I) is calculated as $I = (N_{\text{scenario}} - N_{\text{basis}}) / \hat{N}_{\text{basis, square}} * 100$, where N_{basis} and N_{scenario} are the populations in the relevant square before and after implementation of scenarios, respectively and $\hat{N}_{\text{basis, square}}$ is the average square population before implementation of the scenarios. Filled circles indicate a positive effect of the scenario and open circles a negative effect. For skylarks the effect relates to surviving young birds.*

Explanation: Drikkevand: Drinking water scenario; Marginal: Marginal farmland scenario; Biotop: Small-biotopes scenario; Markmus: Field vole; Sanglærke: Skylark; Edderkop: Spider; Rådyr: Roe deer.

Tabel 1. Den gennemsnitlige bestandsstørrelse $\pm$ SD for de modellerede arter i de fire scenarier. For sanglærke er resultatet opgivet i hhv. antal ynglepar (par) og antal overlevende unger.

The average population size $\pm$ SD of the species simulated in the four scenarios. For skylarks the numbers represent breeding pairs and surviving young birds.

Scenarie: <i>Scenario:</i>	Basis <i>Basic</i>	Drikkevand <i>Drinking water</i>	Marginal <i>Marginal farm- land</i>	Biotop <i>Small- biotopes</i>
Markmus <i>Field vole</i>	23503 $\pm$ 1166	27238 $\pm$ 5706	24447 $\pm$ 3139	
Sanglærke (par) <i>Skylark (pairs)</i>	1849 $\pm$ 31	1722 $\pm$ 33	1666 $\pm$ 17	1684 $\pm$ 27
Sanglærke (unger) <i>Skylark (young birds)</i>	5390 $\pm$ 486	5793 $\pm$ 519	5458 $\pm$ 494	5464 $\pm$ 457
Edderkop <i>Spider</i>	28384 $\pm$ 6980	23488 $\pm$ 5667	21530 $\pm$ 5324	
Rådyr <i>Roe deer</i>	630 $\pm$ 33	1561 $\pm$ 89	636 $\pm$ 35	899 $\pm$ 71

Referencer

- Al-Mufti, M.M., Sydes, C.L., Furness, S.B., Grime, J.P. & Band, S.R., 1977. A quantitative analysis of shoot phenology and dominance in herbaceous vegetation. *J. Ecol.* 65: 759-791.
- Dalgaard, T., Kjeldsen, C., Rasmussen, B.M., Fredshavn, J.R., Münier, B., Schou, J.S., Dahl, M., Wiborg, I.A., Nørmark, P. & Hansen, J.F., 2004. ARLAS' scenariosystem. Et grundlag for helhedsorienterede konsekvensvurderinger af ændringer i arealanvendelsen. Denne rapport.
- Gamma, E., Helm, R., Johnson, R. & Vlissides, J., 1995. Design patterns elements of reusable object-oriented software. Addison-Wesley pp. 393.
- Olesen, J.E. & Heidmann, T., 1990. EVACROP. Et program til beregning af aktuel fordampning og afstrømning fra rodzonen. Version 1.00. AJMET Arbejdsnotat nr. 9.
- Plauborg, F. & Olesen, J.E., 1991. Udvikling og validering af modellen MarkVand til vandingstyring i landbruget. *Tidsskrift for Planteavl's Specialserie* S2113.

Miljøøkonomiske analyser af scenarier for landbrugets arealanvendelse

Jesper S. Schou & Jens Abildtrup

Introduktion

I dette indlæg gives eksempler på resultaterne af de miljøøkonomiske analyser, som blev gennemført i ARLAS-projektet. Der gives indledningsvis en introduktion til anvendelse og metode for miljøøkonomiske analyser, hvorefter modelleringen af den økonomiske reference for studieområdet præsenteres. Herefter omtales resultaterne fra scenarieanalyserne vedrørende udtagning af agerjord med henblik på grundvandsbeskyttelse, og der afsluttes med en diskussion og perspektivering.

De velfærdsøkonomiske analyser af strategier for udtagning af agerjord viste, at i et værkstedsområdet ville braklægning under EUs hektarstøtteordning være mest omkostningseffektiv, efterfulgt af kombineret skovrejsning og EU-brak. Det mindst omkostningseffektive scenarie var skovrejsning, hvor reduktionsomkostningerne var 2 gange højere end ved det omkostningseffektive alternativ. Disse konklusioner er ganske robuste. Det er en væsentlig pointe, at resultatet ændrede sig, såfremt de budgetøkonomiske omkostninger anvendtes ved sammenligningen. Dette betyder, at som ordningerne er sammensat i dag, vil de valg som producenterne træffer, ud fra ønsket om at minimere deres tilpasningsomkostninger, ikke være sammenfaldende med de valg, der ud fra en samfundsmæssig velfærdsbetragtning fører til de laveste omkostninger.

Miljøøkonomiens bidrag til planlægningen

Formålet med miljøøkonomisk scenarieanalyse er at give et konsistent kvantitativt grundlag for at sammenligne miljøpolitiske initiativer. Derfor indbefatter miljøøkonomisk analyse konsekvenserne for både markedsomsatte goder (varer, produktionsfaktorer m.v.) og ikke-markedsomsatte goder (miljøkvalitet, biodiversitet, rekreative muligheder, m.v.). Målet er at styrke grundlaget for at opnå en omkostningseffektiv udnyttelse af samfundets ressourcer. I fald dette opnås kan mulighederne for at iværksætte nye initiativer øges, ligesom det kan være et vægtigt argument for omallokering af ressourcer til et givet indsatsområde.

Miljøøkonomi har både et deskriptivt og et normativt sigte. Den deskriptive analyse retter sig først og fremmest mod at beskrive og kvantificere de økonomiske aktiviteters påvirkninger af miljø- og naturgoderne. Resultaterne herfra kan indgå i sammenlignende analyser af forskellige reguleringsstrategiers økonomiske og miljømæssige konsekvenser eller i værdisætningsstudier, der har til formål at kvantificere befolkningens præferencer for ændringer i natur- og miljøpåvirkningerne. Den normative analyse sigter mod at belyse de velfærdsmæssige nettogevinster ved mulige miljøpolitiske tiltag gennem cost-benefit analyse samt at sammenligne omkostningseffektiviteten af forskellige former for miljøregulering. De normative analyser giver således en opgørelse af, hvad der er "bedst" vurderet ud fra præcist formulerede velfærds-kriterier.

Foruden skelnen mellem miljøøkonomiens deskriptive og normative analysetilgange, skelnes også mellem budget- og velfærdsøkonomiske analyser. Den budgetøkonomiske analyse omfatter det, som ofte betegnes drifts- eller virksomhedsøkonomiske analyser. Målet er at belyse forskellige økonomiske aktørers (husholdninger, virksomheder, offentlige myndigheder) indtægter, udgifter og effekterne på disse ved forskellige tiltag. Herved belyses ændringerne i betalingsstrømmene i det danske samfund, og de fordelingsmæssige konsekvenser kan opgøres.

Ved den velfærdsøkonomiske analyse anlægges et nationalt perspektiv, hvor de samlede velfærdsøkonomiske konsekvenser af et givet tiltag analyseres – dvs. hvordan befolkningens samlede velfærd påvirkes. Analysen omfatter således ikke de interne nationale betalingsstrømme, men søger at belyse den velfærdsøkonomiske konsekvens i form af samfundets ændrede forbrugsmuligheder. Denne analyse omfatter ideelt set også effekterne på ikke-markedsomsatte goder, hvorfor det er i den velfærdsøkonomiske analyse, at resultaterne fra værdisætningsstudier indgår.

Landbrugets økonomi i studieområdet

Miljøøkonomiske analyser af ændret arealanvendelse i landbruget kan med fordel tage udgangspunkt i en beskrivelse af det samlede økonomiske bidrag fra de landbrugsbedrifter, som berøres af de opstillede scenarier. Dette skyldes, at variationen i økonomisk udkomme og dettes sammensætning på aktiviteter er væsentlig for at kunne modellere forskelle i tilpasningsomkostningerne mellem bedrifter og dermed vurdere størrelsesordenen af disse. Ofte vil det kræve en omfattende beskrivelse af produktionsstruktur, udbytter og faktorindsats, hvilket sjældent er tilgængelig, ligesom det udgør en voldsom datamængde.

I dette arbejde blev det derfor valgt at foretage en forholdsvis enkel modellering af de enkelte bedrifters økonomi. Konkret kombineredes oplysningerne om produktionsstrukturen fra GLR (det Generelle LandbrugsRegister) og CHR (det Centrale HusdyrbrugsRegister) med nøgletal for produktionsværdi, dækningsbidrag og jordrente for de enkelte aktiviteter beregnet på grundlag af Fødevareøkonomisk Instituts (FØI) driftsgrensstatistik (FØI, 2001). Baggrunden herfor var ønsket om at anviser en metode, som også kan anvendes i administrative/praktiske sammenhænge uden alt for store omkostninger.

Modelleringen af den økonomiske referencesituation omtales kort her, idet der henvises til Schou & Abildtrup (2001) og Schou & Birr-Pedersen (2001) for en mere udførlig redegørelse.

Beregningsrutinen er beskrevet i formel 1 med jordrenten som eksempel.

$$\Pi_i = \sum_{j=n} x_{ij} \cdot \Pi_j(x_{ij}) \quad (1)$$

hvor

Π_i er jordrenten for bedrift i

x_{ij} er omfanget (ha eller antal dyr) af driftsgren j på bedrift i

$\Pi_j(x_{ij})$ er nøgletallet for jordrenten pr. enhed af driftsgren j beregnet som funktion af x_{ij} , idet udtrykket er stigende med x_{ij}

n er antal driftsgrene

Nøgletallene for aktiviteterne økonomiske bidrag afspejlede også størrelsesøkonomiske forhold. Dette skete ved, at de økonomiske nøgletal (fx jordrenten pr. ha) blev beregnet for forskellige størrelsesgrupper, dvs. antal ha eller antal dyr, for de enkelte aktiviteter. Herefter opstilledes resultaterne i en såkaldt *look-up table*, hvorfra nøgletallene blev hentet på grundlag af størrelsen af de enkelte aktiviteter på hver bedrift (fx antal ha med vårbyg eller antal slagtesvin) (se Birr-Pedersen, 2000, for nærmere præsentation af metoden).

I tabel 1 er referencesituationen for alle bedrifter i studieområdet vist. Samlet var der 506 bedrifter i området med et landbrugsareal på 8.990 ha. Husdyrproduktionen bidrog med ca. 70

procent af produktionsværdien og godt 60 procent af jordrenten. Forskellen mellem de to størrelser skyldtes bl.a. relativ højere faste omkostninger i husdyrproduktionen.

Tabel 1. Økonomisk referencesituation for bedrifter i studieområdet, 1000 kr. pr. år.
Economic reference values in 1997 for farms in the study area, 1000 DKR per year.

	I alt <i>Total</i>	Afgrøder <i>Crops</i>	Husdyr <i>Livestock</i>
Driftsøkonomi. <i>Farm economy</i>			
Produktionsværdi. <i>Production value</i>	175.600	52.000	123.600
Jordrente. <i>Land interest</i>	33.500	11.800	21.600
Velfærdsøkonomi. <i>Socio-economy</i>			
Produktionsværdi. <i>Production value</i>	207.700	67.800	139.900
Jordrente. <i>Net value added</i>	36.400	14.400	22.100

NB. Omfatter bedrifter på 5 hektar og derover. *Includes farms of 5 ha and above.*

Kilde: Schou & Abildtrup (2001).

Udtagning af landbrugsjord i vandindvindingsområder

I dette afsnit belyses de budget- og velfærdsøkonomiske konsekvenser af ændret arealanvendelse i områder med særlige drikkevandsinteresser. Analysen omfattede de områder, der er udpeget af Viborg Amt med henblik på særlig drikkevandsbeskyttelse. Arealanvendelsen i områderne består i dag af landbrugsproduktion, hvoraf ca. 90 procent er areal i omdrift, og den alternative arealanvendelse er skovproduktion, braklægning samt kombinationer heraf. I alt berørtes 1.300 ha fordelt på 47 bedrifter af scenarierne.

De analyserede strategier omfattede: Skovrejsning: Etablering af skov på alle landbrugsarealer, der er udpeget som drikkevandsområde. Braklægning: Braklægning af alle landbrugsarealer, der er udpeget som drikkevandsområde. Kombineret skovrejsning og braklægning: Skovrejsning på alle landbrugsarealer, der er udpeget som drikkevandsområde og prioriteret skovrejsningsområde samt braklægning af alle øvrige landbrugsarealer, der er udpeget som drikkevandsområde. For scenarier, hvor braklægning indgik, gennemførtes analyserne både for braklægning under EUs hektarstøtteordning og braklægning under de danske ordninger for MiljøVenlig Jordbrug (MVJ-ordningerne).

De budget- og velfærdsøkonomiske omkostninger er opgjort i tabel 2 for hvert scenarie som årlig tabt jordrente. Det ses, at de velfærdsøkonomiske omkostninger varierede betydeligt mellem scenarierne. Derimod var effekterne i form af reduceret kvælstof- og pesticidudvaskning ens for alle scenarier. Årsagen var, at den resulterende arealanvendelse, braklægning og skovrejsning, på grundlag af den eksisterende viden, vurderedes at føre til samme niveau for kvælstof- og pesticidudvaskning pr. ha. Derfor var nettoeffekten givet af referencesituationen, som er ens for alle scenarier.

Ved sammenligning af de forskellige scenariers omkostningseffektivitet bør de *velfærdsøkonomiske* omkostninger anvendes sat i forhold til den opnåede miljøeffekt i form af reduceret grundvandsbelastning. Som følge af de ensartede reduktioner i kvælstof- og pesticidudvaskningen mellem scenarierne, fulgte rangordningen af de enkelte scenariers omkostningseffektivitet den samlede omkostningsberegning. Således var det mest omkostningseffektive af de analyserede scenarier braklægning under EUs hektarstøtteordning, efterfulgt af kombineret

skovrejsning og EU-brak. Det mindst omkostningseffektive scenarie var skovrejsning, hvor reduktionsomkostningerne var 2 gange højere end ved det omkostningseffektive alternativ. Denne konklusion er ganske robust. Således viste gennemførte følsomhedsanalyser, at eksempelvis den rekreative værdi ved skovrejsning skulle øges med faktor 15, såfremt de velfærdsøkonomiske omkostninger for skovrejsningsscenariet skulle reduceres til samme niveau som braklægning under EUs hektarstøtteordning. Det skal bemærkes, at rekreative værdier kun forventedes at opstå ved skovrejsning.

Tabel 2. Årlige budget- og velfærdsøkonomiske konsekvenser af scenarier for ændret arealanvendelse i drikkevandsområder (1.300 ha i alt); ændret jordrente.

Economic consequences of changed land use in the drinking water scenario for 1,300 ha in total; change in value added.

	Budgetøkonomisk <i>Farm economy</i> 1000 DKK	Velfærdsøkonomisk <i>Socio-economic</i> 1000 DKK
Udgangssituation. <i>Initial situation</i>	8.396	11.680
Scenarier. <i>Scenarios</i>		
Skovrejsning <i>Afforestation</i>	-5.562	-5.687
Braklægning med EU-tilskud <i>Set-aside, EU-subsidized</i>	-1.131	-2.123
Braklægning med MVJ-tilskud <i>Set-aside, subsidized by the Agri-environment scheme</i>	215	-3.295
Kombineret skovrejsning og brak med EU-tilskud <i>Combined afforestation and EU-subsidized set-aside</i>	-1.064	-2.886
Kombineret skovrejsning og brak med MVJ-tilskud <i>Combined afforestation and set-aside subsidized by the Agri-environment scheme</i>	-804	-3.738

Kilde: Schou (2003).

Såfremt de budgetøkonomiske omkostninger anvendtes ved sammenligningen, ændrede resultatet sig. Dette betyder, at som ordningerne er sammensat i dag, vil de valg, som producenterne træffer ud fra ønsket om at minimere deres tilpasningsomkostninger, ikke være sammenfaldende med de valg, der ud fra en samfundsmæssig velfærdsbetragtning fører til de laveste omkostninger.

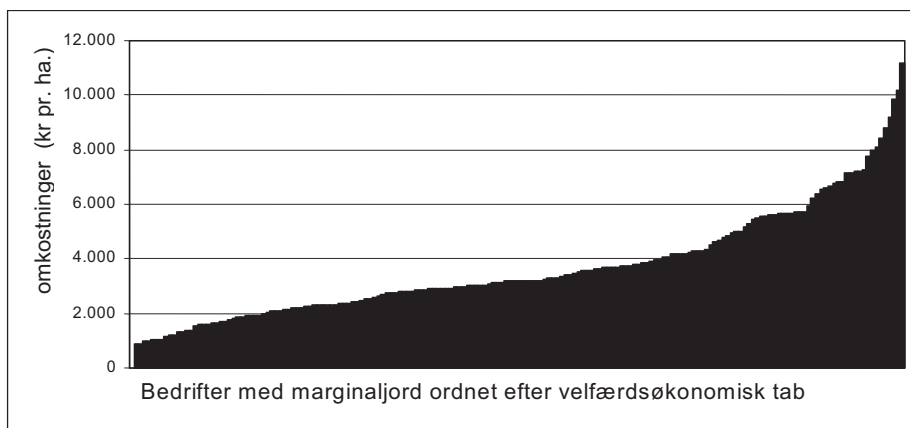
Ved analysen af scenarierne blev det ikke inddraget, hvorvidt de forventede ændringer i kvælstof- og pesticidudvaskningen ville være tilstrækkelige til at opnå en tilfredsstillende grundvandsbeskyttelse. Det blev heller ikke analyseret, om den ønskede grundvandsbeskyttelse kunne være opnået til lavere velfærdsøkonomiske omkostninger gennem andre tiltag som fx fortsat landbrugsdrift med reduceret kvælstof- og pesticidanvendelse eller andre områdeudpegninger. Derfor kunne det være særdeles interessant, set fra en miljøøkonomisk synsvinkel,

at supplere analyserne med scenarier, der omfatter kombinationer af styringsmidler, og som tillader en mere udbredt fortsættelse af landbrugsdriften samtidig med, at der opnås en tilfredsstillende grundvandsbeskyttelse.

Diskussion og perspektivering

En afgørende faktor for størrelsen af omkostningerne forbundet med udtagning af landbrugsjord eller ekstensivering af landbrugsdriften er, i hvilken grad landbrugsbedrifterne er tvunget til at tilpasse deres husdyrproduktion til den ændrede arealanvendelse. Hvis ændringerne i arealanvendelse kun berører en mindre del af bedriftens areal, vil husdyrproduktionen typisk kunne opretholdes, idet bedriftens øvrige arealer kan anvendes til udbringning af husdyrgødning, ligesom et eventuelt behov for grovfoder kan opfyldes af disse arealer. Dette er belyst i Schou & Abildtrup (2001), hvor de budget- og velfærdsøkonomiske omkostninger er analyseret for projektets marginaljordsscenario. Her blev værkstedsområdets marginaljorder omlagt til vedvarende græsarealer, som blev afgræsset med ammekøer, idet de marginale landbrugsarealer blev defineret som sandede jorde og arealer med en stærk hældning. Analysen viste, at omkostningerne reduceredes væsentligt, hvis bedrifterne med husdyr fik mulighed for at få opfyldt kravene om harmoniarealer ved indgåelse af aftaler med bedrifter med overskydende harmoniarealer og derved kunne forsætte med uændret husdyrhold.

I de scenarier, som blev opstillet i projektregi, var de berørte arealer givne, dvs. der ikke var nogen fleksibilitet i arealudpegningen. De økonomiske analyser viste imidlertid, at omkostningerne var stærkt afhængige af hvilke arealer, der indgik i scenarierne. Figur 1 viser de velfærdsøkonomiske omkostninger ved omlægning af marginaljorder til vedvarende græsarealer afgræsset af ammekøer. Den vægtede, gennemsnitlige omkostning pr. ha marginaljord var ca. 4.800 kr. pr. ha, men som det ses, var der en betydelig variation omkring dette gennemsnit.



Figur 1. Velfærdsøkonomisk jordrentetab ved omlægning af marginal jord til ekstensiv vedvarende græs, som afgræsses med ammekøer (Schou & Abildtrup, 2001).

Socio-economic losses of land interest (DKK per ha., Y-axis) for individual farms (X-axis) by conversion from marginal farmland to permanent extensive grassland grazed by suckler cows (Schou & Abildtrup, 2001).

Endvidere er omkostningerne (*in casu*) i drikkevandsscenariet afhængige af, om det er nødvendigt for opfyldelse af de miljømæssige målsætninger, at arealanvendelsen ændres på samtlige landbrugsarealer indenfor beskyttelsesområdet. Hvis arealerne, med de højeste omlægningsomkostninger, ikke berøres af beskyttelsestiltagene, kan omkostningerne reduceres væsentlig, hvilket dog forudsætter, at valget af virkemidler ved implementeringen af beskyttelsesscenerierne sikrer omkostningsminimering. Dette kan bl.a. sikres ved, at omkostningerne indgår eksplicit i prioriteringen af arealer, der skal udpeges til beskyttelsesområder eller ved valg af fleksible reguleringsmekanismer.

Sidst skal det understreges, at de præsenterede resultater er case-specifikke. Det betyder, at resultaterne ikke umiddelbart kan bruges til generelle anbefalinger. Formålet har imidlertid også primært været at udvikle en enkel og fleksibel model, der muliggør indarbejdelse af økonomiske analyser ved lokal og regional planlægning i det åbne land. Til analyser af nationale eller arealmæssige mere omfattende politiktiltag bør eventuelle priseffekter, samt afledte effekter på beskæftigelse m.m., også inkluderes i analysen.

Referencer

Birr-Pedersen, K., 2000. Scale Effects in Agricultural Production – Using a Least Square Prediction Equation for Estimating Output and Gross Margin per ha or Animal. Working Paper from the project "ARLAS". National Environmental Research Institute.

FØI, 2001. Driftsgrensstatisik. Fødevarøkonomisk Institut, www.foi.dk.

Schou, J.S., 2003. Miljøøkonomisk analyse af skovrejsning og braklægning som strategier til drikkevandsbeskyttelse. Faglig rapport fra DMU, nr. 443.

Schou, J.S. & Birr-Pedersen, K., 2001. The Cost of Spatial Planning. European Environment, 11, 211-219 (2001).

Schou, J.S. & Abildtrup, J., 2001. Økonomiske konsekvenser ved omlægning af marginaljorder til vedvarende græs – metode og resultater. Arbejdsrapport i ARLAS-projektet p. 21. Danmarks Miljøundersøgelser og Fødevarøkonomiske Institut.

ARLAS' scenariosystem

Et grundlag for helhedsorienterede konsekvensvurdringer af ændringer i arealanvendelsen og landbrugsproduktionen

Tommy Dalgaard, Chris Kjeldsen, Birgit M. Rasmussen, Jesper R. Fredshavn, Bernd Münier, Jesper S. Schou, Mette Dahl, Irene A. Wiborg, Per Nørmark & Jørgen F. Hansen

Introduktion

Formålet med dette kapitel er at give en oversigt over scenariosystemet i ARLAS og eksemplificere brugen af dette system som grundlag for helhedsorienterede konsekvensvurdringer af ændringer i arealanvendelsen og landbrugsproduktionen.

Først beskrives værkstedsområdet og datagrundlaget for de tre scenarier, som er belyst i projektet. Dernæst gennemgås kort sammenhængene og dataflowet mellem de modelsystemer, der er integreret i scenariosystemet, og endelig gives en oversigt over resultater fra scenarierne.

Materialer og Metoder

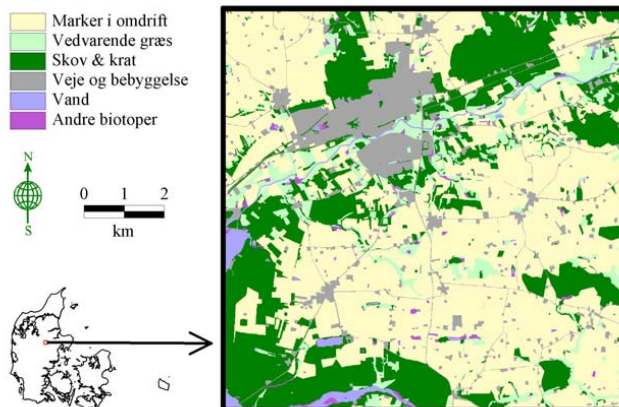
Værkstedsområdet

Værkstedsområdet ligger på kanten mellem Viborg- og Århus Amter, 30 km SØ for Randers og udgør et 10 km×10 km udsnit af et typisk og geologisk varieret midtjysk landskab (Torp, 2004; Caspersen & Jensen, 2004). Landbruget i området er præget af intensiv svine- og kvægproduktion, sammen med forholdsvis mange små deltidsbrug, placeret omkring egnscentret Bjerringbro by (Rygnestad et al., 2000). Desuden præges området af en stor andel af skov og krat, specielt ved Tange Sø, og af Gudenåen, der gennemløber området (tabel 1, figur 1).

Tabel 1. Arealanvendelsen i værkstedsområdet 1998.

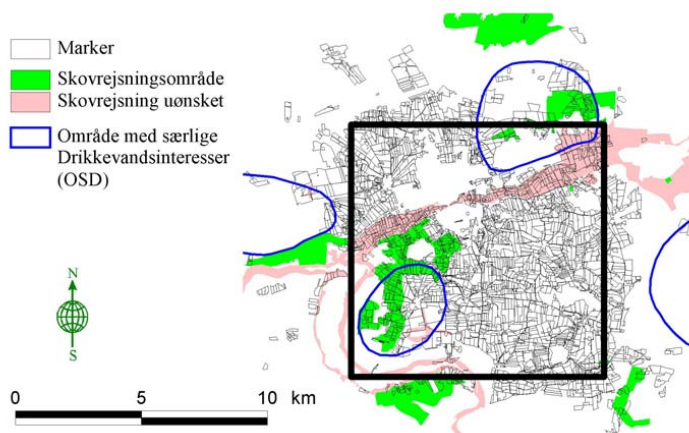
Land use in the study area in 1998.

	Værkstedsområdet (ha) <i>Study area (ha)</i>
Landbrugsjord. <i>Agricultural land:</i>	
Areal i omdrift. <i>Area in rotation</i>	5300
Vedvarende græs. <i>Permanent grassland</i>	850
Ikke landbrug. <i>Non-agricultural areas:</i>	
Skov og krat. <i>Forest and thicket</i>	2500
Veje og bebyggelse. <i>Roads and built-up areas</i>	1050
Vandområder. <i>Water bodies</i>	200
Andre biotoper. <i>Other biotopes</i>	100
I alt. <i>Total</i>	10000



Figur 1. Arealanvendelsen i værkstedsområdet 1998.
Land use in the study area in 1998. Legend: see figure 5.

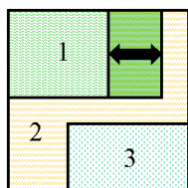
Landbrugspraksis i form af afgrødevalg og gødskning modelleredes for alle marker på de bedrifter, som har marker i værkstedsområdet (figur 2).



Figur 2. Marker, som indgår i de landbrugsmæssige beregninger i ARLAS samt disse markers placering i forhold til værkstedsområdet (firkanten) og i forhold til Viborg Amts udpeging af skovrejsningsområder, områder, hvor skovrejsning er uønsket, og områder med særlige drikkevandsinteresser (OSD).
Fields in the study area included in the calculations in ARLAS. Afforestation areas (green), areas where afforestation is not preferred (pink) and drinking water borehole catchments (blue lines) are shown.

Afgrødevalg og sædskifte

Afgrødevalget modelleredes for hver mark med en sædskiftemodel (Kjeldsen, 2000; Dalgaard et al., 2002a). Til brug for faunamodellerne anvendtes en forenklet version af den model, der anvendtes ved bedriftsimodellerne, idet afgrøden på hver mark blev valgt ud fra den statistiske sandsynlighed for at denne afgrødetype forekommer i sædskiftet på den aktuelle bedriftstype (Odderskær, 2002; Dalgaard, 2000). Modellen, der anvendtes ved bedriftssimuleringerne, indeholdt 13 forskellige afgrødetyper og skelnede mellem 3 forskellige sædskifte-kategorier (figur 3). Bedriftenes marker opdeltes i marker med et grovfodersædskifte (1), marker med et salgsafgrødesædskifte (2) og marker med vedvarende græs (3). Markerne med grovfodersædskifte placeredes tættest på bedriftens bygninger, idet hele marker blev inddraget i grovfodersædskiftet, indtil der opnåedes det areal med grovfodersædskifte, som var tættest på at dække et areal svarende til 0,36 ha grovfoderareal pr. dyreenhed kvæg på bedriften. Ifølge de empiriske oplysninger for 1998 forblev marker med vedvarende græs (3), og de resterende marker dyrkedes i et salgsafgrødesædskifte (2).



Figur 3. Skematisk oversigt over sædskiftekategoriernes fordeling på en bedrifts marker. 1) grovfoder-sædskifte, 2) salgsafgrøde-sædskifte, 3) vedvarende græs.

Schematic outline of the different types of crop rotation in the crop rotation model. 1) roughage rotation, 2) rotation of cash crops, 3) permanent grassland.

Sædskiftemodellen arbejdede med 3 forskellige bedriftstyper; A) plantebedrifter, B) kvægbedrifter og C) svinebedrifter, opdelt i henhold til EUROSTAT's og Fødevareøkonomisk Instituts metode (Dalgaard & Rygnestad, 2000). I prototypen af modellen var grovfodersædskiftet ens på alle bedriftstyper, mens salgsafgrødesædskiftet på kvægbedrifter adskilte sig fra salgsafgrødesædskiftet på svine- og planteavlsbedrifter (tabel 2). På hver bedrift holdtes markerne med vedvarende græs udenfor omdriften.

Sædskiftemodellen kørtes for en 30-årig periode. Her vises gennemsnit for 26 års sædskifte og gødskning, svarende til den 26-årige periode, som de gennemsnitlige modellerede N-tab, i form af ammoniak og udvaskning, blev opgjort for. De fire første år brugtes til initialisering af modellen for udvaskning og modellen for gødningsfordeling. Resultaterne af sædskiftemodellens afgrødevalg blev sammenlignet med empirisk indsamlede afgrødeoplysninger fra 1998 (tabel 3).

Tabel 2. Grovfoder- og salgsafgrødesædskifterne i sædskiftemodellen.
Roughage and cash crop rotations in the crop rotation model.

Grovfoder-sædskiftet <i>Roughage rotation</i>	Salgsafgrøde-sædskiftet på kvæg- bedrifter <i>Cash crop rotation on cattle farms</i>	Salgsafgrøde-sædskiftet på plante- og svinebedrifter <i>Cash crop rotation on arable and pig farms</i>
Byg-ært helsæd m. udlæg <i>Barley/pea wholecrop with undersown grass</i>	Vårbyg <i>Spring barley</i>	Vinterraps <i>Winter rape</i>
1. Års kløvergræs <i>1st year grass/clover</i>	Vinterhvede <i>Winter wheat</i>	Vinterhvede <i>Winter wheat</i>
2. Års kløvergræs <i>2nd year grass/clover</i>	Vårbyg <i>Spring barley</i>	Vårbyg <i>Spring barley</i>
Byg-ært helsæd m. udlæg <i>Barley/pea wholecrop with undersown grass</i>		Vårbyg <i>Spring barley</i>
Slætgræs <i>Grass for cutting</i>		Brak <i>Set aside</i>
Roer <i>Beets</i>		Ærter <i>Peas</i>
		Vinterhvede <i>Winter wheat</i>
		Vinterrug <i>Winter rye</i>
		Vinterbyg <i>Winter barley</i>

Tabel 3. Landbrugsafgrøder i værkstedsområdet 1998, %.
Crops in the study area in 1998, percentage.

	Empiri. <i>Field data</i>	Model. <i>Simulated</i>
Vårkorn, modenhed. <i>Spring cereals</i>	18	18
Vinterkorn, modenhed. <i>Winter cereals</i>	37	34
Raps og ærter. <i>Rape and peas</i>	13	16
Brak. <i>Set-aside</i>	8	8
Helsæd. <i>Wholecrop</i>	2	5
Omdriftsgræs. <i>Grass in rotation</i>	9	7
Roer, majs og kartofler. <i>Beets, maize and potatoes</i>	2	2
Vedvarende græs. <i>Permanent grassland</i>	10	11
	100	100

Gødskning

Produktionen af husdyrgødning blev for den enkelte bedrift beregnet på baggrund af oplysninger fra Det Centrale Husdyrbrugsregister (CHR) for året 1998. Fordelingen af husdyrgødningen modelleredes for hvert år på markerne i forhold til 1998 gødningsnormen for den aktuelle afgrøde, forfrugt og forforfrugt på den aktuelle mark og i forhold til jordtypen på hver mark (Dalgaard et al., 2002b). Der regnedes ikke med vanding i værkstedsområdet. Der spredtes ikke husdyrgødning ud på vedvarende græsmarker. Produceredes der mere plantetilgængeligt N i form af husdyrgødning, end der var behov for, ifølge normberegningerne, eksporterendes husdyrgødning til den nærmeste bedrift, hvor behovet var større end husdyrgødningsproduktionen. Hvis den nærmeste bedrift ikke kunne modtage al husdyrgødningen, eksporterendes der også gødning til den næstnærmeste bedrift, hvor behovet var større end husdyrgødningsproduktionen osv.

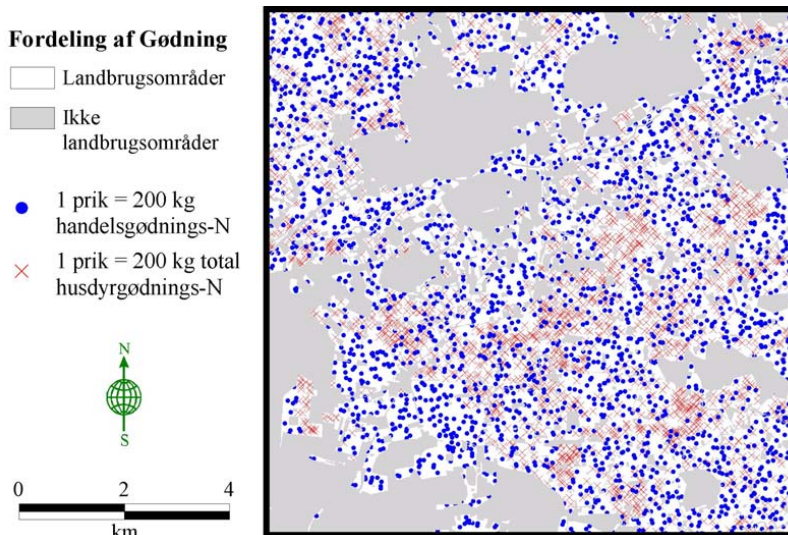
Der tildeltes nu, i hvert af de 30 år, sædskiftemodellen løb, husdyrgødning til alle marker proportionalt med N-normbehovet på de enkelte marker. Som tidligere nævnt tildeltes der ikke husdyrgødning til vedvarende græs. Dernæst suppleredes der for alle marker op til N-, P- og K-normen med handelsgødning. Således beregnedes produktionen, eksporten og udbringningen af husdyrgødning samt udbringningen af handelsgødning i værkstedsområdet (tabel 4).

Tabel 4. Gødningsproduktion og gødningsanvendelse på markerne. Modelleret praksis for 1998.

Manure production and application to fields. Model calculations for 1998.

	Areal, ha <i>Area, ha</i>	Husdyrgødning, ton total N <i>Manure, tonnes of total N</i>			Handelsgødning, ton N <i>Commercial fertilizer, tonnes N</i>
		Produktion <i>Production</i>	Eksport <i>Export</i>	Udbragt <i>Applied</i>	Udbragt <i>Applied</i>
Plantebedrifter <i>Arable farms</i>	5310	123	-77	200	482
Kvægbedrifter <i>Cattle farms</i>	1524	343	50	293	115
Svinebedrifter <i>Pig farms</i>	2155	297	27	270	98
I alt. <i>In total</i>	8990	763	0	763	695

Ved hjælp af gødningsmodellen kan fordelingen af handels-og husdyrgødning desuden vises for området (figur 4).



Figur 4. Modelleret fordeling af husdyr- og handelsgødningskvælstof på markerne i værkstedsområdet i udgangssituationen.

Simulated distribution of manure and fertilizer nitrogen on fields (white) in the study area in the initial situation. Non-agricultural areas in grey. One dot and one cross: 200 kg fertilizer and manure N respectively.

Scenarier i ARLAS projektet

I ARLAS er gennemført tre scenarier: Marginaljordsscenariet, drikkevandsscenariet og småbiotopscenariet. Scenarierne beskrev konsekvenser for landbrugsproduktion, økonomi, miljø og natur af ændringer i arealanvendelsen på landbrugsjorden.

Tabel 5. De tre scenariers ændring i arealanvendelsen (ha) på landbrugsjorden i området.
Change in land use in the three scenarios relative to the initial situation, ha.

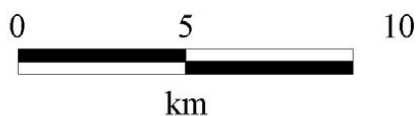
Scenarie; <i>Scenario:</i>	Marginaljord <i>Marginal farmland</i>	Drikkevand <i>Drinking water</i>	Småbiotop <i>Small-biotopes</i>
Marker i omdrift ¹ <i>Fields in rotation</i>	-1071	-832	-208
Vedvarende græs ² <i>Permanent grassland</i>	1071	-42	-157
Vedvarende græsbrak <i>Permanent set-aside</i>	0	568	168
Skov. <i>Forest</i>	0	305	197

¹) Inkl. brak i omdrift. *Incl. set aside in rotation.*

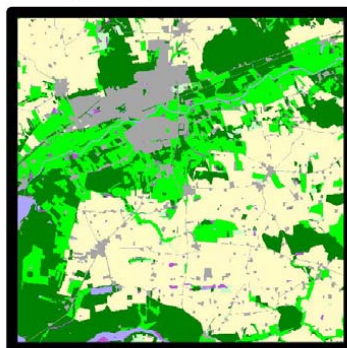
²) Inkl. græsningsarealer indført i marginaljordsscenariet. *Incl. grazed areas in the marginal farmland scenario.*

Arealanvendelse

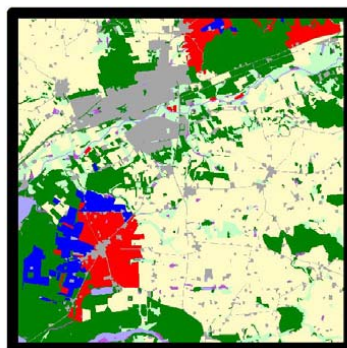
	Mark i omdrift
	Vedvarende græs
	Skov & krat
	Vej & bebyggelse
	Vand
	Andre biotoper
	Marginaljordsgræs
	Ny græsbrak
	Skovrejsning



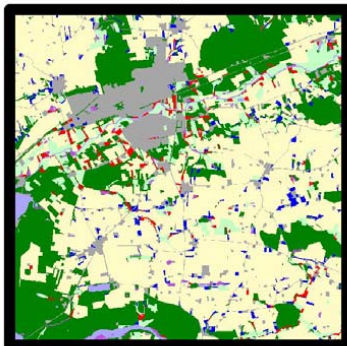
Marginaljordsscenario



Drikkevandsscenario



Småbiotopsscenario



Figur 5. Den ændrede arealanvendelse i hvert af de tre scenarier.

Changed land use in the three scenarios: marginal farmland (top), drinking water (central) and small-biotopes (bottom). Legend: see figure 8 in Extended summary.

Fordeling af Gødning

 Landbrugsområder
 Ikke
landbrugsområder

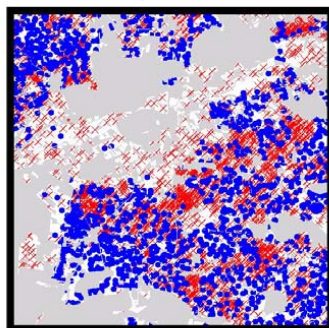
 1 prik = 200 kg
handelsgødningens-N
 1 prik = 200 kg total
husdyrgødningens-N



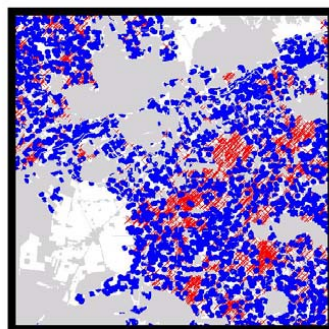
0 5 10

km

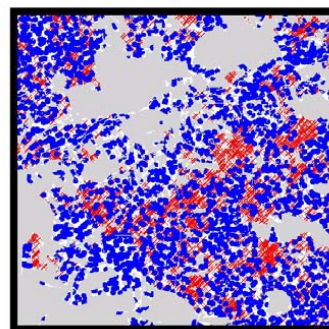
Marginaljordsscenario



Drikkevandsscenario



Småbiotopsscenario



Figur 6. Modelleret fordeling af husdyr- og handelsgødningkvælstof på markerne i hvert af de tre scenarier.

Simulated distribution of manure and fertilizer nitrogen on fields in the study area in the three scenarios. Legend: see figures 4 and 5.

Marginaljordsscenariet

I marginaljords-scenariet defineredes marginaljord som alle arealer med JB 1 og 2 (JB 2 findes dog ikke i værkstedsområdet) eller JB 11 plus alle arealer med hældning over 6 grader (Dalgaard et al., 2002c). Alle marker, med centrum i disse områder, defineredes som marginale.

I scenariet blev disse marginaljordsarealer udlagt med vedvarende græs (benævnt marginaljordsgræs) efter følgende beslutningsregler (Schou & Abildtrup, 2001):

1. Hvis mindre end 25% af bedriftens areal var marginaljord antoges, at bedriften kunne tilpasse sig uden radikale driftsomlægninger:

- Salgsafgrødeproduktionen reduceredes svarende til det omlagte areal.
- Det eksisterende husdyrhold var uændret.
- Marginale arealer afgræssedes med 1 ammeko med opdræt pr. 2 ha.

2. Hvis mellem 25% og 75% af bedriftens areal var marginaljord antoges det at:

- Salgsafgrødeproduktionen ophørte – arealet overgik til foderproduktion.
- Husdyrproduktion fortsatte, hvis bedriften havde mindre end 3 DE/ha. Ellers afvikledes den eksisterende husdyrproduktion, og hele arealet blev udlagt som marginale arealer.
- Marginale arealer afgræssedes med 1 ammeko med opdræt pr. 2 ha.

3. Hvis mere end 75% af bedriftens areal var marginaljord antoges det, at hele bedriften blev omlagt til ekstensiv afgræsning med 1 ammeko med opdræt pr. 2 ha.



Figur 7. Fra marginaljordsområdet lige øst for Tangeværket. Området er også udpeget som Særligt Følsomt Landbrugsområde (SFL). Foto: T. Dalgaard (1998).

Marginal farmland designated as an environmentally sensitive agricultural area. Photo: T. Dalgaard (1998).

Drikkevandsscenariet

I drikkevandsscenariet fokuseredes der på to strategier for drikkevandsbeskyttelse omfattende græsbraklægning og skovrejsning i områder, der af Viborg Amt i 2002, er udpeget med henblik på særlig drikkevandsbeskyttelse (Dalgaard et al., 2002d; Nørmark, 2002). De to strategier omfattede:

1. Skovrejsning: Etablering af løvskov på alle landbrugsarealer, hvor skovrejsningsområder og drikkevandsområder (OSD) er sammenfaldende.
2. Braklægning: Braklægning med flerårigt græs på al øvrig landbrugsjord i OSD-drikkevandsområder (jvf. erfaringer iflg. Wiborg, 2002).

Ved de to strategier var det centrale element for bedriftstilpasningen, hvor stor en andel af bedriftens landbrugsareal, der berørtes af scenariet. Fælles for de to strategier antoges det, at udtagningen af arealerne var irreversibel således forstået, at de fremover ikke kunne indgå i bedriftens aktiviteter, dvs. anvendes som harmoniareal m.v.

Hvor det kun var en mindre del af arealet, der berørtes, kunne det være rimeligt at antage, at produktionen på bedriftens øvrige arealer fortsatte uændret efter en proportional kapacitetstilpasning. Dette betød, at husdyrholdet reduceredes i forhold til andelen af bedriftens areal, der blev udtaget af omdrift. Det resulterende afgrødevalg på det resterende areal i omdrift fulgte af sædskiftemodellen (Dalgaard et al., 2002a). Hvor en større del af bedriftens areal berørtes af tiltagene, var det rimeligt at antage, at husdyrproduktionen helt ophørte.

En væsentlig forskel i forhold til marginaljordsscenariet var, at de ekstensiverede arealer i dette scenarie fortsat kunne indgå i landbrugsdriften – dog som ekstensivt drevne arealer. Dette var ikke tilfældet for drikkevandsscenariet. Ligeledes forventedes, at landbrugsdriften helt ville ophøre ved udtagning af hovedparten af en bedrifts areal. Med dette udgangspunkt anvendtes følgende beslutningsregler for drikkevandsscenariet:

1. Hvis mindre end 25% af bedriftens areal blev udtaget antoges, at bedriften kunne tilpasse sig således, at det dyrkede areal og husdyrproduktionen reduceredes proportionalt med det udtagne areal.
2. Hvis mellem 25% og 75% af bedriftens areal blev udtaget antoges det, at bedriften tilpasse sig således, at husdyrproduktionen ophørte, medens det resterende landbrugsareal i omdrift anvendtes til salgsafgrødeproduktion, og vedvarende græsmarker var uændrede. Dvs. alle disse bedrifter blev drevet som planteavlsbedrifter.
3. Hvis mere end 75% af bedriftens areal blev udtaget antoges det, at landbrugsproduktionen ophørte på hele bedriften.



Figur 8. Fra det sydlige Område med Særlige Drikkevandsinteresser (OSD). Området i forgrunden blev tilplantet med skov i drikkevandsscenariet, mens arealerne omkring Ormstrup Sø og Ormstrup Gods (i baggrunden) blev udtaget til græsbrak. Foto: T. Dalgaard (1998). *Protection area for drinking water aquifers. The area in the foreground was afforested and the area in the background was set-aside in the drinking water scenario. Photo: T. Dalgaard (1998).*

Småbiotops scenariet

I småbiotop-scenariet fokuseredes der på udtagning af små marker (<1 ha) fra landbrugsdriften og omdannelse af disse til nye småbiotoper til gavn for den vilde flora og fauna. Der arbejdedes med indførelse af to småbiotoptyper: 1) Brak med græs, og 2) Ung løvskovsbeplantning. Små marker på lavbundslande (JB=11) eller på de mest sandende jorde (JB=1) blev braklagt med græs. De resterende små marker (JB=4 eller JB=6) tilplantedes med løvtræer under EU braklægningsordningen. En del af disse marker, specielt dem med JB=11, var i nutionen (Dalgaard et al., 2002a) udlagt med vedvarende græs. De var således ikke med i omdriften og kunne ikke modtage EU ha-støtte. Det antoges, at disse marker alligevel blev braklagt, men uden støtteudbetaling.



Figur 9. Udsigt mod området "Månen" og den dal, hvor Tyrebækken løber. De to små marker i forgrunden tilplantedes i småbiotops scenariet med løvskov. Den lille lavtliggende mark langs bækken i baggrunden af billedet blev i småbiotops scenariet braklagt med græs. Foto: T. Dalgaard (2002).

A view of the Tyrebæk stream valley. Fields in the foreground were afforested and fields in the background along the stream were set-aside in the small-biotopes scenario. Photo: T. Dalgaard (1998).

Scenariesystemet

Scenarierne baseredes konkret på et informationssystem, hvor data håndteredes i GIS² og sendtes rundt til de forskellige simuleringsmodeller. Data returneredes til GIS, hvor de blev konverteret til kort, som kunne bruges til videre analyse og formidling (se figur 11).

Opsætning af GIS systemet

Basis for generering af scenarier var således etablering af en datamodel i GIS, som beskrev landskabet og de elementer, der indgår heri. Datamodellen omfattede kort sagt tre elementer: landbrugsbedrifter (defineret som et punktobjekt), deres tilhørende markarealer samt en bred samling af andre objekter, som kan kaldes "øvrige landskabselementer". Denne klasse bestod af veje, bymæssig bebyggelse, læhegn, skove, ferskvand, grøftkanter m.m. Alle disse tre klasser af objekter indgik i datamodellen, som dermed dækkede hele fladen i værkstedsområdet.

² Geografisk InformationsSystem. Vi anvendte i ARLAS Arcview 3.2a som GIS-program.

det. Ud over at modellere værkstedsområdet i rum, skulle der også modelleres i tid, da sigtet var at belyse konsekvenser af udviklingsprocesser som fx er afhængig af klimavariationer over tid. Dette nødvendiggjorde en lang række tilpasninger af data, da udgangspunktet var data for et enkelt punkt i tiden, nemlig 1998. Der var hovedsagelig tre elementer i datamodellen, som normalt ændrer sig over tid, nemlig sædskiftet på landbrugsarealerne, gødskningen af disse arealer og den øvrige arealanvendelse på ikke landbrugsarealer. Arealanvendelsen udenfor landbrugsarealerne ændredes dog ikke over tid i scenarierne, så her var der ikke et behov for at modellere en eventuel ændring i arealanvendelse. Anderledes var det med sædskiftet og dermed gødskningen over tid. Opbygningen af modelleringen af såvel sædskifte som gødskning er omtalt under materialer og metoder. Tilpasningen af data, så de opnåede en udstrækning i tid, udførtes ved hjælp af scripts (makroer) i Arcview, som styredes fra en menu i et Arcview-projekt (figur 10). De forskellige scripts, som blev programmeret i det objektorienterede programmerings-sprog Avenue til Arcview, er dokumenteret andetsteds (Greve, 2002a; Greve, 2002b).

De første af disse scripts initierede blandt andet opslagstabeller med husdyrdata, gødningsnormer og andre variable, som indgik i scenarierne. Man indtastede så her referencen til de aktuelle datafiler, der anvendtes til hvert scenarie. Der skulle altså forud udarbejdes korrigerede tabeller for ændringer i grunddata, når scenarierne blev lavet. Når alle disse procedurer var kørt igennem, var GIS-systemet klar til at udveksle data mellem de forskellige simuleringmodeller.



Figur 10. Oversigt over menuen med ArcView scripts, der blev udviklet til ARLAS scenariosystemet (Greve, 2002a).

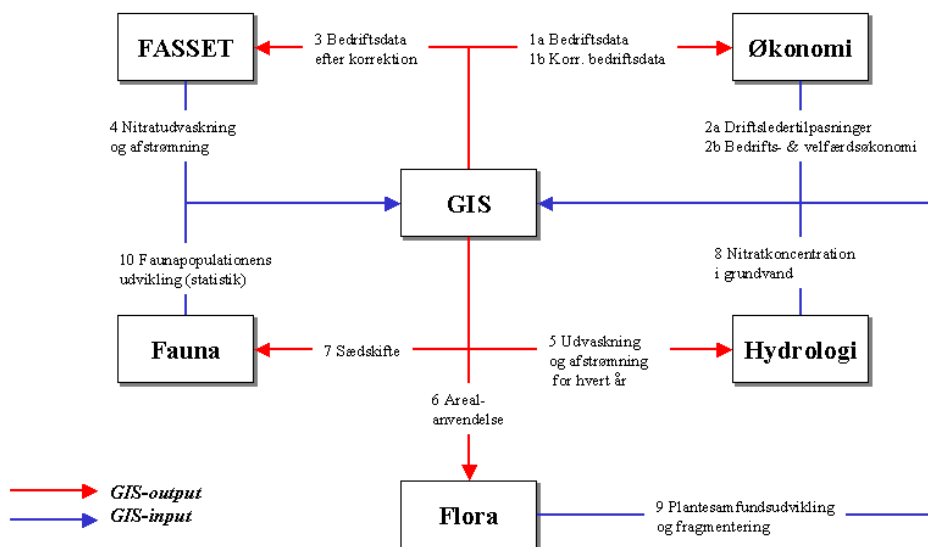
Menu for the ArcView scripts developed for the ARLAS scenario system (Greve, 2002a).

Flow af data i scenariosystemet

Udvekslingen afvikledes i sekvenser, da resultaterne fra nogle modeller var forudsætninger for generering af inputdata til andre modeller (figur 11).

Her gengives kort proceduren for flow af data mellem GIS og simuleringmodellerne, idet nummereringen i figur 11 følges. Det første trin (1a) i udvekslingen af data var bedriftsdata i form af et regneark udtrukket fra Det Generelle Landbrugsregister (GLR) og Det Centrale Husdyrbrugsregister (CHR), som overførtes til økonomiberegningsdelen. Retur leveredes generelle beslutningsregler (se materialer og metoder) for på hvilken måde, driftslederen på den

enkelte bedrift responderede på de strukturelle forhold, som var angivet i grunddata (2a). På baggrund heraf genereredes i hvert scenarie et korrigeret bedriftsdatasæt, hvor bl.a. afgrødevalg og gødskning var opgjort med sædskifte- og gødskningsmodellen. For udgangssituationen udførtes samme procedure, hvorved afgrødevalg og gødskning blev sammenlignelig med scenarierne, og på baggrund af de korrigerede bedriftsdata beregnedes værdier for bedrifts- og velfærdsøkonomi, som returneredes til GIS (2b). De korrigerede bedriftsdata konverteredes dernæst til et datasæt i et særligt inputdataformat, som igen blev styret via et script, som efterfølgende overførtes til bedriftsmodellen FASSET (3). Modellen returnerede data på markniveau for bl.a. N-udvaskning og afstrømning (se Hutchings, 2004), som efterfølgende konverteredes til kort i GIS (4). FASSET's tal for udvaskning og afstrømning udgjorde basis for generering af input til den hydrologiske model (5). Endvidere overførtes der data til biotopmodellen, som brugte angivelser af arealanvendelsen som input (6). Faunamodellens input var information om sædskiftet (7). Herefter var man klar til at modtage resultaterne (8, 9, 10) fra de tre sidstnævnte modeller. Disse resultater konverteredes også til kort i GIS, og data kunne nu præsenteres eller der kunne laves yderligere tværgående analyser med resultaterne.



Figur 11. Sekvenser for udveksling af informationer mellem GIS og de fem modelsystemer, som indgik i ARLAS scenariosystemet.

Flow of data and information between GIS and the five models in the ARLAS scenario system. For further explanation see figure 2 in Extended summary.

Resultater og diskussion

I dette afsnit samles hovedresultaterne fra beregninger af de tre gennemgåede scenarier. Der skelnes mellem fire forskellige temaer, som påvirkedes i hvert scenarie: 1) økonomi, 2) kvælstof, 3) flora og 4) fauna. I hvert tema demonstreres, hvorledes scenariosystemet, via tilknytningen til det geografiske informationssystem, kan anvendes til at visualisere den geografiske variation af konsekvenserne i de opstillede scenarier. Desuden samles hovedresulta-

terne for hvert tema i en tabel. Til slut gives et eksempel på mulighederne for en samlet vurdering af fordele og ulemper ved arealændringer i scenarierne.

Økonomi

Baseret på Schou & Abildtrup (2001), Schou & Abildtrup (2004), Schou (2003).

Marginaljordsscenariet berørte et noget større areal end drikkevandsscenariet (tabel 6). Desuden var både de velfærdsøkonomiske og de driftsøkonomiske konsekvenser mere negative end i drikkevandsscenariet. I marginaljordsscenariet var de velfærdsøkonomiske påvirkninger mindre negative end de driftsøkonomiske, hvorimod det modsatte var tilfældet i drikkevandsscenariet. I dette scenarie regnedes der med udnyttelse af EU- og MVJ-tilskud, hvorved velfærdsøkonomien blev belastet relativt mere end driftsøkonomien.

Ved de økonomiske beregninger, udført i ARLAS, skal man være opmærksom på, at resultaterne var case-specifikke, og ikke umiddelbart kan bruges til generelle anbefalinger. Fx vil en omlægning af marginaljord til ekstensiv vedvarende græs have meget forskellige omkostninger afhængig af arealets udnyttelse i udgangssituationen.

Tabel 6. Beregnede økonomiske konsekvenser af to scenarier. Hovedresultater. Ændring i kr./ha (afrundede værdier) på de berørte landbrugsarealer. Småbiotopscenariet blev ikke gennemregnet.

Economic consequences of the two scenarios. Main results. Changes in DKK/ha.

Scenarie: <i>Scenario:</i>	Marginaljord <i>Marginal farmland</i>	Drikkevand <i>Drinking water</i>
Berørt landbrugsareal. <i>Agricultural area involved</i>	4400 ha	1300 ha
Velfærdsøkonomi. <i>Socio-economy</i>	-5000	-2900 ¹ -3700 ²
Driftsøkonomi. <i>Farm economy</i>	-9000	-1100 ¹ -800 ²

¹) Ved udnyttelse af EU-tilskud. *With EU subsidy.* ²) Ved udnyttelse af MVJ tilskud. *With subsidy from the Agri-environment scheme.*

De i tabel 6 viste gennemsnitsværdier for hele det berørte område dækkede over geografiske forskelle i de økonomiske konsekvenser af scenarierne som eksemplificeret i figur 12. Ved udnyttelse af MVJ-tilskuddet var der eksempler på både negative og positive ændringer i de økonomiske konsekvenser efter arealanvendelses-omlægninger, hvorved drikkevandet beskyttes.

Kvælstof:

Baseret på Dahl et al. (2004) og Dalgaard et al. (2002d).

I de opstillede scenariers indflydelse på kvælstoftabet beregnedes dels udvaskningen fra rodzonen dels konsekvenserne for nitratinholdet i grundvand og overfladevand.

Den beregnede virkning på udvaskningen fra rodzonen af drikkevands- og marginaljordsscenariet var henholdsvis på godt 10% og 25% reduktion i forhold til udgangssituationen (tabel 7).

I drikkevandscenariet faldt nitratkoncentrationen i den oxiderede del af grundvandsmagasinet til under grænseværdien for drikkevand på 50 mg/l næsten overalt i OSD området som resultat af braklægning og skovrejsning (tabel 7). Nitratkoncentrationen, i en specifik indvindingsboring i OSD området, faldt i det oxiderede sandlag med ca. 55% som resultat af braklægning i det grundvandsdannende område. Ved udløbet af et specifikt vandløb, Tyrebækken, der afdræner en del af OSD området, faldt nitratkoncentrationen med ca. 30% i forhold til udgangsscenariet. Dette var primært forårsaget af skovrejsning med løvtræer indenfor OSD området på skråningen ned mod bækken. De beregnede modelresultater bør ses som retningsgivende, da der ikke har været mange data til rådighed for kalibrering af specielt nitratresultaterne.

Da småbiotopscenariet ikke antoges at have nogen væsentlig betydning for nitrattabet, blev det ikke gennemregnet.

Tabel 7. Ændringer i kvælstofab i to scenarier. Hovedresultater. Tabellen angiver procentiske ændringer. Kvælstof, der forlader landbrugsarealet, blev modelleret med bedriftsmodellen FASSET. Kvælstof i grundvandet lige over redoxgrænsen for hele værkstedsområdet, kvælstof i Tyrebækken og kvælstof i vandboringen i det sydlige OSD-område blev modelleret med den hydrogeologiske model MODFLOW. Småbiotopscenariet blev ikke gennemregnet.

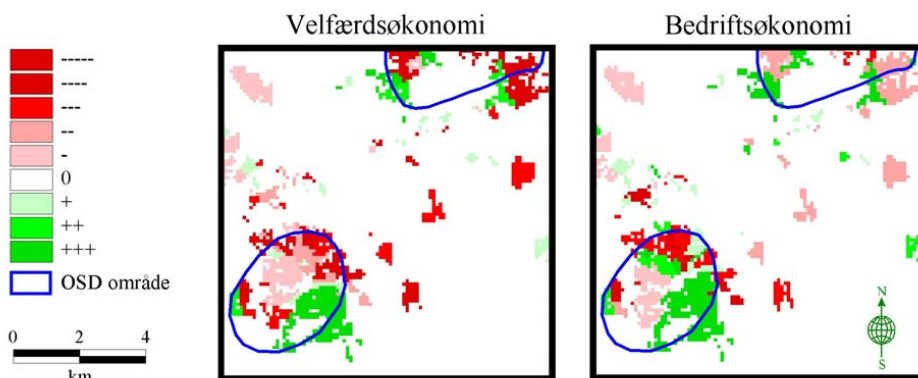
Main effect of two scenarios on losses of nitrogen. Percentage changes in losses. N-losses from agricultural land were simulated by the FASSET model. N-concentrations in groundwater, in the Tyrebæk stream and in the drinking water borehole were simulated by the hydrogeological MODFLOW model.

Scenarie: <i>Scenario:</i>	Marginaljord <i>Marginal farmland</i> %	Drikkevand <i>Drinking water</i> %
Fra landbrugsarealet. <i>From agricultural land:</i>		
Nitrat fra rodzonen. <i>Nitrate from the root zone</i>	-25 ¹	-13
Ammoniak. <i>Ammonia</i>		-30
Jordpuljen. <i>Soil N-pool</i>		0
Hydrogeologi. <i>Hydrogeology:</i>		
Grundvand. <i>Groundwater</i>		-11
Vand i Tyrebæk. <i>The Tyrebæk stream</i>		-73
Boring i OSD-område. <i>Drinking water borehole</i>		-57

¹⁾ Kun nitratudvaskningen fra rodzonen blev opgjort for marginaljordsscenariet. *In the marginal farmland scenario only nitrate leaching from the root zone was simulated.*

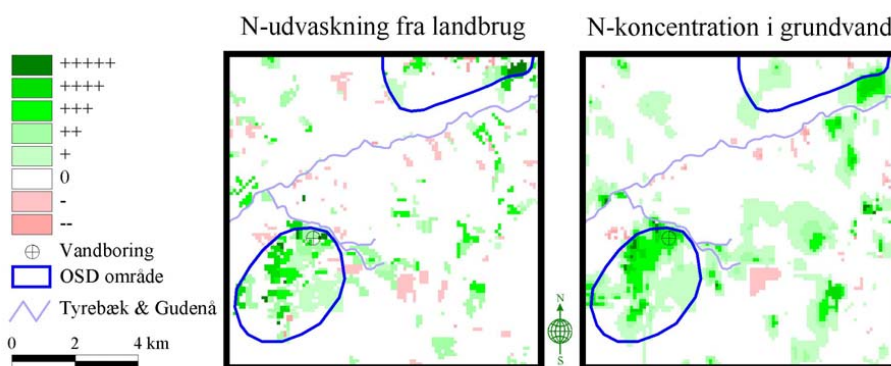
Som ved økonomiberegningerne, dækkede gennemsnitsresultaterne over væsentlige geografiske variationer, både hvad angår nitratudvaskningen fra rodzonen og nitratkoncentrationen i grundvandet (figur 13). Selv om der gennemsnitligt opnåedes et reduceret kvælstofab, kunne

der i nogle tilfælde opstå øget tab af kvælstof og øget nitratkoncentration i grundvandet som følge af ændringerne i arealanvendelsen i drikkevandsscenarioet.



Figur 12. Eksempel på den geografiske fordeling af de økonomiske konsekvenser i drikkevandsscenarioet ved udnyttelse af MVJ tilskud. Rød og grøn signalerer hhv. dårligere og bedre økonomi.

Example of the geographical variation in consequences for socio-economy (left) and farm economy (right) of the drinking water scenario with subsidy from the Agri-environment scheme. Red: poorer economy. Green: improved economy. Blue line: drinking water borehole catchments.



Figur 13. Eksempel på den geografiske fordeling af ændringer i udvaskning fra rodzonen og nitrat-koncentration i grundvandsmagasinet lige over redoxgrænsen ved indførsel af drikkevandsscenarioet. Rød og grøn signalerer hhv. større og mindre kvælstoftab.

Example of the geographical variation in the effect of the drinking water scenario on leaching from the root zone (left) and on N-concentrations in the groundwater aquifers just above the redox boundary (right). Red: increased N-losses. Green: reduced N-losses. Light blue lines: streams. Blue lines: drinking water borehole catchment. Cross: borehole.

Flora:

Baseret på Münier (2004).

Marginaljordsscenarioet medførte de største ændringer med hensyn til udvikling af lysåbne arealer som kulturgræsland, kærtyper og overdrevssamfund (tabel 8). Omdriftsarealerne overgik til kulturgræs eller kulturreng, mens tidligere vedvarende græs derimod udvikledes til forskellige typer naturgræsgange, forudsat at disse arealer ikke længere var påvirket af eutrofiering, og at afvanding ophørte. Scenarioet medførte desuden en større sammenhæng, specielt for de relativt næringsrige kærtyper, formentlig på grund af deres mere samlede beliggenhed i dalstrøgene. Drikkevandsscenarioet medførte især en øgning af kulturgræsland, samt en mindre andel af kær. Småbiotopscenariet medførte først og fremmest et skift fra kulturgræsland til kær. Det skyldtes, at en del af skovrejsningen foregik på vedvarende græs hvorimod en del ikke-skovrejsningsarealer var fugtige og blev til kulturreng.

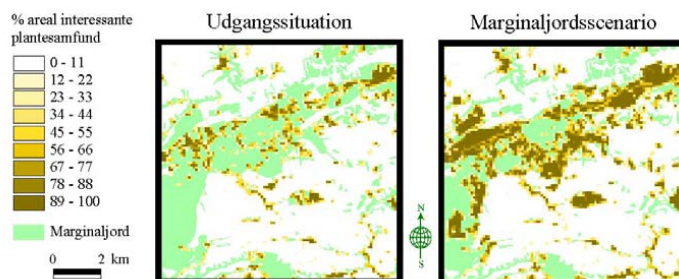
Ligesom for andre modeller var resultaterne specifikke i forhold til de opstillede scenarier og kan derfor ikke umiddelbart generaliseres. De anvendte mål for landskabsstruktur var endvidere følsomme overfor størrelsen af det samlede udtagne areal, idet en større udtagningsprocent i sig selv ville medføre større sammenhæng i landskabet.

Tabel 8. Floraændringer i scenarierne. Hovedresultater. Ændring i udbredelse (ha) af skov, halvkultur (kulturreng og kulturgræsland), halvnaturarealer (kær, sandgræsland og andre overdrev) samt ændringen i sammenhængen af disse arealer (beregnet ud fra invers kvadratisk afstand til områder med samme plantesamfund. Dvs. en negativ ændring indikerer mindre sammenhæng og færre arealer.

Main effect of the scenarios on plant communities. Changes in areas (ha) of forests, semi-cultural areas (managed dry and wet pasture) and semi-natural areas (heath, wetlands, and dry grassland). Changes in fragmentation of the vegetation types where positive changes indicate reduced fragmentation, and negative changes increased fragmentation.

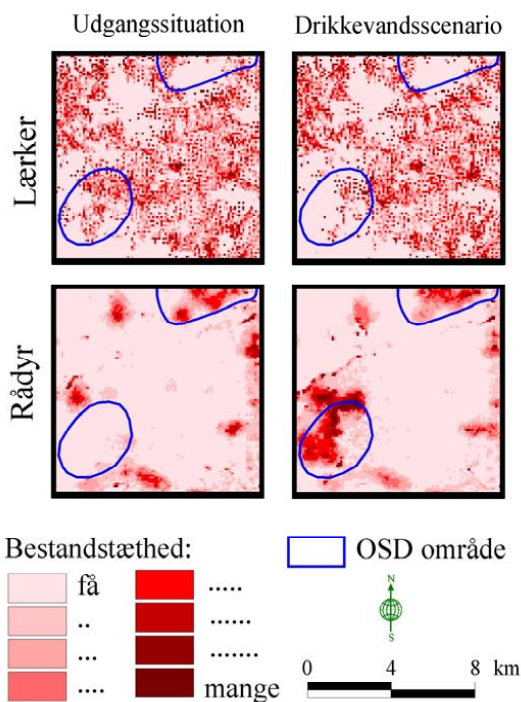
Scenarie: <i>Scenario:</i>	Marginaljords <i>Marginal farmland</i>	Drikkevand <i>Drinking water</i>	Småbiotop <i>Small-biotopes</i>
Udbredelse. <i>Distribution:</i>			
Halvkultur. <i>Semi-cultural areas</i>	347	358	-95
Halvnatur. <i>Semi-natural areas</i>	735	174	107
Skov. <i>Forest</i>	0	308	199
Sammenhæng. <i>Fragmentation:</i>			
Halvkultur. <i>Semi-cultural areas</i>	-85	284	-87
Halvnatur. <i>Semi-natural areas</i>	266	23	2
Skov. <i>Forest</i>	0	1.483	487

Et eksempel på geografiske ændringer i plantesamfund før og efter indførelse af marginaljordsscenarioet er vist i figur 14.



Figur 14. Eksempel på den geografiske fordeling af halvkultur- og halvnaturarealer, der specielt indeholder de interessante plantesamfund, hhv. i udgangssituationen og efter indførelse af marginaljordsscenariet.

Example of the effect in per cent of the marginal farm land scenario (right) on the geographical distribution of semi-cultural and semi-natural areas with plant communities of specific interest, percentage relative to the initial situation (left). Light green: marginal farm-land.



Figur 15. Eksempel på den geografiske fordeling af bestandene af rådyr og ynglende sanglærker i hhv. udgangssituationen og i drikkevandsscenarioet. De viste størrelser er gennemsnit af en enkel kørsel, hvor en 11-årig klimadataserie er gentaget to gange, hvilket er et spinklere talmateriale end det, der ligger bag tabel 9 og opgørelserne i Topping et al. (2004).

Example of the effect of the drinking water scenario (right) on the geographical distribution of the populations of breeding skylarks (top) and roe deer (bottom). Left: the initial situation. Light red: few, dark red: many animals. Blue lines indicate the drinking water borehole catchment.

Fauna:

Baseret på Topping et al. (2004).

Effekten af landskabsændringer i de tre scenarier på bestandudviklingen hos markmus, sanglærke, edderkop og rådyr er vist i tabel 9. For drikkevandsscenariet blev det fundet, at livsbetingelserne alt i alt blev forbedret for markmus, sanglærke og rådyr, men blev ringere for edderkop. Specielt rådyrbestanden havde fremgang og blev mere end fordoblet. Marginaljordsscenariet gav ikke anledning til ændringer i den gennemsnitlige population af markmus, men gav større udsving i populationsstørrelse. Det blev vurderet, at effekten af scenariet ville give samme mønster for lærker som for markmus, medens bestanden af edderkopper var den laveste i dette scenarie. For rådyr blev der vurderet at være en uændret bærekapacitet af dyr. Biotops scenariet medførte en tydelig negativ effekt for bestanden af ynglende sanglærker med en lavere reproduktionen end i de øvrige scenarier. Populationen af rådyr var større i biotops scenariet, men effekten var kun halv så stor som i drikkevandsscenariet. Udviklingen for edderkopper og mus blev ikke gennemregnet i biotops scenariet.

Tabel 9. Faunaændringer i scenarierne. Hovedresultater. Procentvis ændring af populationer af indikatorarter.

Main effect of scenarios on fauna. Percentage changes in populations of the species.

Scenarie: <i>Scenario:</i>	Marginaljord <i>Marginal farmland</i>	Drikkevand <i>Drinking water</i>	Småbiotop <i>Small-biotopes</i>
Lærker. <i>Skylarks</i>	-10	0	-10
Rådyr. <i>Roe deer</i>	0	100	50
Edderkopper. <i>Spider</i>	-25	-20	1)
Markmus. <i>Field vole</i>	5	15	1)

1) Småbiotops scenariet blev ikke beregnet for edderkopper og markmus. *Small-biotopes scenario was not run for spider and field vole.*

I figur 15 er vist eksempler på ændringer i den geografiske fordeling af rådyr og lærker før og efter indførelse af drikkevandsscenariet. Specielt for rådyr blev der beregnet en betydelig indflydelse af drikkevandsscenariet på bestanden i OSD området.

Sammenstilling af scenarieresultater

I scenarieanalyser af landskabsudvikling og arealanvendelse vælges oftest en hovedmålsætning for hvert scenarie, og der anvendes forskellige virkemidler til opfyldelse af denne målsætning. I princippet kan der opstilles et stort antal scenarier med hver deres målsætning for ønskede ændringer i udnyttelsen af det åbne land, og tilsvarende konsekvensvurderes adskillige virkemidler for hvert scenarie. I praksis kan dette give en særdeles stor (og måske uoverskuelig) mængde valgmuligheder, når ændringerne skal føres ud i livet. Samtidig vil ikke alle valgmuligheder være lige effektive, værdifulde og ønskelige. I beslutningsfasen kan der derfor være behov for at afveje de forskellige målsætninger, virkemidler og valgmuligheder overfor hinanden for derved at kunne træffe de mest hensigtsmæssige valg. Denne fase vil være påvirket af politiske hensyn og holdninger, og grænsefladen mellem det teknisk/administrative niveau og det politiske niveau udgør en interessant problemstilling, hvor

idealet må være så klart som muligt, at kunne skelne de to faser i beslutningsprocessen. Denne problemstilling rækker ind i selve spørgsmålet om den demokratiske beslutningsproces, og det vil ikke være legitimt, i for høj grad, at lade denne influere (eller erstatte) af teknologiske løsninger. Scenarieanalysens kerne (og udfordring) er at skabe det bedst mulige tekniske grundlag for de efterfølgende politiske beslutninger uden at påvirke denne i politisk retning.

I ARLAS projektet har det ikke været muligt at undersøge denne grænseflade mellem det tekniske og det politiske niveau, ligesom der heller ikke har været mulighed for at udvikle systemer til sammenstilling og afvejning af forskellige scenariemålsætninger og virkemidler. Dette ville kræve en form for "værdisætning" af de forskellige målsætninger og virkemidler, som ideelt set bør udvikles i samarbejde mellem de faglige, administrative og politiske systemer. En meget forenklet illustration af en sådan mulighed for afvejning er dog vist i tabel 10, hvor der ved hjælp af + og - tegn er angivet en vurdering og sammenligning af scenariervirkemidlernes henholdsvis positive og negative indflydelse på de fire temaer i scenarierne. Det er indlysende, at en sådan tabel kun kan tjene til eksempel på en afvejning. Tabellen rummer jo værdisætninger, som vil variere med den aktuelle naturgivne, samfundsmæssige og politiske situation.

Tabel 10. En mulig sammenstilling og afvejning af scenarieresultaterne.
A possible summary and evaluation of scenario results.

Scenarie: <i>Scenario:</i>	Marginaljord <i>Marginal farmland</i>	Drikkevand <i>Drinking water</i>	Småbiotop <i>Small-biotopes</i>
Økonomi. <i>Economy</i>	----	---	0
Kvælstof-tab. <i>N-losses</i>	++++	++++	0
Flora. <i>Flora</i>	+++	+++	+
Fauna. <i>Fauna</i>	--	+++	+

-: negativ påvirkning. *Negative influence.* +: positiv påvirkning. *Positive influence.* 0: ingen påvirkning. *No influence.*

Perspektiver

Scenariesystemets styrke er, at det simultant kan levere økonomiske, miljømæssige og naturmæssige konsekvenser af ændringer i arealanvendelsen og landbrugsproduktionen, visualisere disse konsekvenser på kort samt danne basis for at analysere geografisk relaterede vekselvirkninger mellem disse temaer.

Inden for hver af de tre aspekter, økonomi, miljø og natur har processen med at konstruere systemet givet anledning til væsentlige nyudviklinger af simuleringsmodeller. Som sådan er der masser af muligheder i scenariesystemet. Der er dog stadigvæk et stykke vej at gå, før man står med et værktøj, som er ligeså praktisk relevant, som det er teoretisk interessant.

En vis afstand mellem teoretisk interesse og praktisk relevans viser sig konkret i den aktuelle brug af scenariesystemet. De her opstillede scenarier har alle det til fælles, at de ikke er formuleret i en praktisk sammenhæng, hvor man står over for en problematisk situation og skal have afklaret sine handlemuligheder. Scenarierne er mest valgt for at afspejle nogle dynamikker, som de enkelte modeller er velegnede til at fremstille. Der er således i højere grad et "forskningsinternt" eller teoretisk perspektiv i de tre scenarier. En oplagt videre udviklingsproces for scenariesystemet var at vende dette perspektiv om og tage udgangspunkt i en prak-

tisk sammenhæng, hvor systemets resultater i højere grad var rettet mod afklaring af usikkerheder og konsekvenser for nogle givne "klienter".

At scenarierne ikke var problemorienterede viser sig for eksempel ved, at der i alle tre scenarier var negative, økonomiske resultater for landbruget. Man kunne derfor måske konkludere, at natur og økonomi udelukker hinanden, hvilket absolut ikke behøver at være tilfældet. Det berører en central diskussion om, hvilken form for landbrug, der er det "gode" landbrug, set i et helhedsperspektiv. De tre scenarier her er et skridt på vejen mod en vurdering af konsekvenser i et helhedsperspektiv, men det ville forøge den praktiske værdi af scenarierne væsentlig, hvis de i højere grad blev målrettet mod at afklare praktiske problemer. Det er dog et væsentligt skridt, at disse forskellige aspekter kan betragtes i rammerne af det samme informationssystem.

Omkring det praktiske perspektiv bør man også huske på, at systemet i sin nuværende form er meget datatungt og arbejdskrævende, noget, som blandt andet er relateret til detaljeringsgraden af inputdata. Dette ville i de fleste anvendelsessammenhænge være svært at realisere, eftersom man ikke kan bruge den samme tid på datagrundlaget som i ARLAS. En styrke ved scenariosystemet er dog, at man kan bruge forskellige modeller og koble dem sammen med GIS. Fx var det oplagt at bruge "lettere" simuleringsmodeller, som i højere grad kunne bruges i en praktisk sammenhæng. Udvikling af sådanne "light-udgaver" af simulerings-modellerne og ARLAS scenariosystemet kunne være et mål for fremtiden. I den forbindelse bør det også være et mål, at udviklingen sker med henblik på afdækning af konkrete behov – fx hos statslige, amtslige og kommunale myndigheder eller hos landbruget og dets organisationer. Således deltager bl.a. Danmarks JordbrugsForskning fra 2004-2007 i et Strategisk Forskningsprojekt, MEA-scope, finansieret af EU-kommissionen (se www.mea-scope.org). Her gennemføres en række workshops og interviews med slutbrugere fra Danmark og flere andre EU-lande, idet det danske værkstedsområde også dækker ARLAS' værkstedsområde. På baggrund af slutbrugernes ønsker opstilles scenarier for fremtidig landbrugsproduktion, og erfaringerne fra ARLAS projektet integreres med erfaringer fra flere andre lignende, forskningsprojekter i EU til et værktøj, til illustrering af mulighederne for et mere multifunktionelt jordbrug.

Referencer

- Caspersen, O.H. & Jensen, F.S., 2004. Fra udmark til rekreativ ressource. Denne rapport.
- Dahl M., Rasmussen, P., Jørgensen, L.F., Ernstsén, V. von Platen-Hallermund, F. & Schack Pedersen, S., 2004. Effekter af ændret arealanvendelse for nitratinhold i grundvand og overfladevand – beskrevet ved scenariestudier. Denne rapport.
- Dalgaard, T., 2000. Notat vedrørende sædskifter for bedriftstyperne i ARLAS. Danmarks JordbrugsForskning, Foulum.
- Dalgaard, T., Børgesen, C.D., Greve, M.B., Heidmann, T., Hutchings, N., Hansen, J.F., Kjeldsen, C., Nyholm, J. & Rasmussen, B.M., 2002a. Arealanvendelsen i værkstedsområdet. Notat. Danmarks JordbrugsForskning, Foulum.
- Dalgaard, T., Børgesen, C.D., Greve, M.B., Heidmann, T., Hutchings, N., Hansen, J.F., Kjeldsen, C., Nyholm, J. & Rasmussen, B.M., 2002b. Husdyrhold, gødningsproduktion og gødningsfordeling i værkstedsområdet. Notat. Danmarks JordbrugsForskning.
- Dalgaard, T., Børgesen, C.D., Greve, M.B., Heidmann, T., Hutchings, N., Hansen, J.F., Kjeldsen, C., Nyholm, J. & Rasmussen, B.M., 2002c. Marginaljords-scenariet. Notat. Danmarks JordbrugsForskning.

- Dalgaard, T., Børgesen, C.D., Greve, M.B., Heidmann, T., Hutchings, N., Hansen, J.F., Kjeldsen, C., Nyholm, J., Rasmussen, B.M. & Schou, J.S., 2002d. Drikkevands-scenariet. Danmarks JordbrugsForskning 21/6.
- Dalgaard, T. & Rygnestad, H., 2000. Intern arbejdsrapport vedrørende klassificering og geografisk kortlægning af bedriftstyper. Danmarks JordbrugsForskning.
- Greve, M.B., 2002. Scripts I ARLAS udgangssituationen. Danmarks JordbrugsForskning.
- Greve, M.B., 2002. Scripts I ARLAS Marginaljordsapplikationen. Danmarks JordbrugsForskning.
- Hutchings, N.J., 2004. Modellering af N-tab fra plante-, svine- og kvægbedrifter. Denne rapport.
- Kjeldsen, C., 2000. Predicting crop allocation on field scale. Proceedings, GIS 2000 – 14th Annual Conference on Geographical Information Systems, March 13-16, 2000, Metro Toronto Convention Centre, Toronto, Ontario, Canada
- Münier, B., 2004. Planteresamfundene og landskabsstruktur ved ændret arealanvendelse. Denne rapport.
- Nørmark, P., 2002. Mulige kriterier for Drikkevandsscenario. Notat fra Viborg Amt 13. maj.
- Odderskær, P., 2002. Konsekvenser for sanglærken ved omlægning til økologisk jordbrug. I: Langer, V. (red.). Omlægning til økologisk jordbrug i et lokalområde. Scenarier for natur, miljø og produktion. FØJO-Rapport nr. 12.
- Rygnestad, H., Jensen, J.D. & Dalgaard, T., 2000. Målttede eller generelle politiske virkemidler? Økonomiske analyser i geografisk perspektiv. Series WP 17/00, 48 pp. ISSN 1398-4896.
- Schou, J.S. & Abildtrup, J., 2001. Økonomiske konsekvenser ved omlægning af marginaljorder til vedvarende græs – metoder og resultater. ARLAS-notat 22. maj. Danmarks Miljøundersøgelser og Fødevareøkonomisk Institut.
- Schou, J.S., 2003. Miljøøkonomisk analyse af skovrejsning og braklægning som strategier til drikkevandsbeskyttelse. Faglig rapport fra DMU, nr. 443.
- Schou, J.S. & Abildtrup, J., 2004. Miljøøkonomiske analyser af scenarier for landbrugets arealanvendelse. Denne rapport.
- Topping, C., Odderskær, P., Jepsen, J.U. Andersen, P.N., Lange, P. & Nikolajsen, F., 2004. Effekten af landskabsændringer på den vilde fauna. Denne rapport.
- Torp, S., 2004. Jordbundskortlægning i værkstedsområdet Bjerringbro/Hvorslev. Denne rapport.
- Wiborg, I.A., 2002. Nitratfølsomme indvindingsområder og aftaler om drikkevandsbeskyttelse. Notat fra Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret.

Sammendrag fra workshops og plenumdebat

På seminaret blev der afholdt tre workshops over de i ARLAS opstillede scenarietemaer:

- 1. Mulige konsekvenser ved beskyttelse af vandressourcerne.*
- 2. Virkninger ved marginalisering af landbrugsjord.*
- 3. Faunaens tilpasninger til ændrede driftsformer og naturindhold i agerlandet.*

Formålet med scenarietemaerne var især at afprøve det i ARLAS udviklede scenarie-modelsystem og vurdere perspektiverne for en fremtidig udvikling af systemet til et brugervenligt værktøj.

Workshopsene var organiseret med et oplæg over scenarietemaet fra en projektdeltager, en vurdering af resultaterne fra en opponenter og efterfølgende diskussion.

Som afslutning på seminaret blev fremtidsperspektiverne og mulighederne i ARLAS-systemet endvidere debatteret i plenum med indlæg fra forskningsiden, fra planlæggerens- eller administratorens side og fra jordbrugerens side.

Nedenstående bringes referaterne fra indlæg og diskussioner ved workshops og plenumdebat på seminaret.

Scenarietema 1: **Beskyttelse af vandressourcerne**

Netop i disse år arbejdes der intensivt på at øge beskyttelsen af grundvand i form af indsatsplaner for de enkelte indvindingsområder ligesom beskyttelse af overfladevand er aktuel ved implementeringen af EU's Vandrammedirektiv. Ofte ligger vandoplandene i områder, hvor der tillige er landbrugsdrift. En beskyttelse vil tit betyde en ændring af dyrkningen på arealerne. Men er det nok til at beskytte vandressourcen? Hvilken effekt har det for landmandens økonomi, naturen m.v.?

Oplægsholder: Tommy Dalgaard, Danmarks JordbrugsForskning

Opponent: Richard Thomsen, Århus Amt

Ordstyrer: Leif Knudsen, Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret

Referent: Ejler Petersen, Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret

Oplæg

ARLAS' prototype til modellering af scenarier for vandbeskyttelse blev gennemgået med et eksempel for vandoplandet omkring Tyrebækken, der ligger centralt i værkstedsområdet. Specielt fokuseredes på, hvorledes ARLAS bedriftsmodellering giver mulighed for opstilling af afstemte kvælstofbalancer for marker, bedrifter og hele vandoplande og at udsplitte dette overskud på tabposter. Således demonstreredes kortlægning af ammoniaktab fra marker, gødningslagre og stalde i vandoplandet omkring Tyrebækken. Ligeledes illustreredes de geografiske forskelle i ophobningen af N i jordpuljen, idet N-puljen generelt set var stigende på kvægbedrifter og faldende på planteavlsbedrifter. Der blev vist, hvorledes FASSET simulerer et forskelligt niveau for udvaskning afhængig af N-gødningstildelingen og jordtypen, og det blev demonstreret, hvorledes N-udvaskningen og afstrømningen, for hhv. 1998 situationen og situationen efter indførelse af drikkevandsscenariet, kunne modelleres for en 26 års klimaserie. Det blev endvidere vist, hvorledes disse værdier føder den hydrogeologiske model, som kan simulere den resulterende N-udvaskning til Tyrebækken og N-koncentrationen i de forskellige grundvandsmagasiner.

Til slut diskuteredes vekselvirkninger mellem drikkevandsbeskyttelse og økonomi. Det er nemlig sådan, at de bedrifter, hvor det er dyrest at ændre arealanvendelsen, med henblik på beskyttelse af drikkevandet, ofte også er de bedrifter, hvor der er mange husdyr, og hvor der er det største tab af N til miljøet. ARLAS scenariевærktøjet giver mulighed for at kvantificere disse økonomiske tab og sætte dem i forhold til gevinsten i form af drikkevandsbeskyttelse i specifikke vandoplande og kan dermed anvendes som beslutningsstøtte til at udforme den bedst mulige drikkevandsbeskyttelse med mindst mulige omkostninger for landbruget og for samfundet. I det hele taget giver resultaterne fra ARLAS' modeller for N-tab og påvirkninger af flora og fauna mulighed for bedre at målrette indsatsen til de områder, hvor der fås den største, samlede natur- og miljømæssige gevinst af drikkevandsbeskyttelsen sat i forhold til omkostningen.

Opponentens vurderinger

ARLAS-redskabet ses som en fælles platform for begreber til at håndtere problemer og til at give løsninger. Der er brug for et redskab til at håndtere komplekse problemstillinger, og grundvandsbeskyttelse indeholder netop komplekse problemstillinger.

Amterne håndterer dagligt disse komplekse problemstillinger på baggrund af tilgængelig viden. Et beslutningsstøtteværktøj er derfor velkomment. Opponenten fremhævede modelværktøjer som uundværlige i sit arbejde med kortlægning af grundvandsressourcerne.

ARLAS havde indtil nu bevæget sig ud i ”alle teoretiske hjørner” for at få alle elementer inddraget i modellen, hvilket var hensigtsmæssigt i udviklingsfasen, men ARLAS skal nu koncentrere sig om en mere praktisk anvendelse og fokusere på de vigtigste data.

Den hydrologiske model bør baseres på detailkortlægning, som den i dag udføres som grundlag for indsatsplanlægningen indenfor områder med særlige drikkevandsinteresser. Det skal sikre, at den hydrologiske model beskriver den fysiske ramme for vandressourcerne på et fagligt rimeligt niveau. De nye kortlægninger af overfladegeologien suppleret med geofysiske metoder har vist, at de generelle jordklassificeringskort ikke er tilstrækkeligt præcise til beregninger af udvaskningen på ejendomsniveau. Der skal mere detaljerede data til. Prisen for den detaljerede vandressourcekortlægning betales ved en afgift på tilladelserne til at oppumpe grundvand svarende til 15-20 øre/kubikmeter eller ca. 30 kr. om året for en familie på fire personer. Prisen skal sammenlignes med den samlede pris for en kubikmeter vand, der med alle afgifter i mange byområder er på mere end 30 kr. for en kubikmeter vand. Om regningen for en ny jordtypekortlægning skal betales af vandforbrugerne eller af landmanden, er et politisk spørgsmål. Der foregår allerede nu en omfattende geofysisk kortlægning af de øverste jordlag som positionsbestemte data. Det er vigtigt at lagre og genbruge den viden. Århus Amt har udarbejdet en beskrivelse af dataformatet for de målte geofysikdata og rapporten kan findes på amtets hjemmeside under publikationer. Der skal tages initiativ til, at disse data indsamles centralt på samme måde, som de geofysiske data fra vandressourcekortlægning samles i geofysik databasen GERDA hos GEUS.

Hovedspørgsmålet var, i hvilken grad modellens resultater er valideret? Dette er vigtigt, idet det er forudsætningen for anvendeligheden af modelværktøjet.

Der må lægges vægt på, at det er landmanden, der skal ”dyrke” det rene grundvand. I OSD områderne ønskes landbrug. ARLAS-systemet er derfor kun brugbart, hvis det kan håndtere problemstillinger, hvor både landbruget og grundvandet har en fremtid. Der er brug for løsninger, hvor begge har en fremtid. Derfor skal scenarierne være praktisk orienteret, og værktøjet skal operationaliseres.

Der skal arbejdes på, at de data, der skal bruges i modellerne for udvaskningsberegninger, er de samme, som de data, landmanden har brug for i sit bedrifts- og miljøregnskab.

Diskussion

Det blev fremført, at modellernes resultater afhænger af inputparametrene. Derfor skal man grundlæggende være enige om de respektive parametres betydning for fx nitratudvaskning samt deres usikkerhed. Det blev anført, at man indtil nu ikke engang har kunnet blive enige om beregning af kvælstoftab ud af rodzonen. I forlængelse heraf burde det overvejes at flytte fokus mere over på konkrete undersøgelser, forsøg og målinger. Modeller har indtil videre ikke kunnet stå alene som videngrundlag. Hertil bemærkedes, at modeller må betragtes som del af en proces med udvikling af et stadig bedre beslutningsgrundlag. Modeller kan aldrig blive andet end et tilnærmet billede af naturen, og derfor giver det ikke mening, ved fx behandling af en VVM tilladelse, at forlange, at beregningerne kan regne præcist til den sidste gris.

Dette støttedes med argumentationen om, at modeller kan håndtere data, men ikke erstatte dem. Det anførtes desuden, at modeller er et beslutningsstøttegrundlag, som ikke kan stå alene

ved omsætning af teoretisk viden til praksis. Dog er modeller relevante at inddrage i beslutningsgrundlaget, da ”opgaven er at navigere i en usikker verden”.

Det blev fremført, at store modeller ikke er nødvendige, set fra landmandens side, i forbindelse med vurdering af miljøpåvirkninger i VVM-screeninger. Endvidere nævntes det, at man hele tiden skal bruge den bedst mulige model og vælge model efter formålet, men alle modeller skal valideres.

Detaljeringsgraden i modeller blev diskuteret. Det blev påpeget, at når en grænseværdi er sat, vil der blive gået ”lige til stregen” i den virkelige verden. Derfor er det vigtigt at kende usikkerhederne på inputparametrene.

Spørgsmålet om, hvordan grundvandssikring kombineres med landbrug, blev endvidere rejst. Hertil bemærkedes, at OSD områderne skal zoner ned til de reelle, nitratfølsomme indvindingsområder. Det blev desuden fremført, at det er vigtigt, at aktørerne (vandværkerne og jordbrugerne) inddrages, så beslutningerne ikke alene baserer sig på modelberegninger.

ARLAS-værktøjet er et spændende og relevant værktøj for amterne på sigt. Det skal imidlertid operationaliseres, og man skal koncentrere sig om de vigtigste inputparametre. Modellerne skal samtidig valideres, før de kan anvendes. Der blev desuden generelt fra hele salen givet udtryk for, at modelberegningernes resultater ikke kan stå alene.

For landmanden og dennes rådgiver er modelsystemet ikke anvendeligt som det foreligger, men hvis det kan forbedre amternes beslutningsgrundlag i vurderinger af behov for regulering af arealanvendelsen, er det interessant.

Scenarietema 2: Naturen på ekstensiverede arealer i landbrugslandet

Der er tendenser til en øget ekstensivering af dele af landbrugsarealet. De marginale jorde bliver mere marginale og i historisk perspektiv fastholdes denne udvikling. Desuden udpeges og udtages der arealer for at tilgodes andre formål såsom beskyttelse af drikkevandsressourcer. Hvilken påvirkning har disse ændringer på naturen og landskabet, og hvad sker der, hvis arealerne øges?

Oplægsholder: Bernd Münier, Danmarks Miljøundersøgelser

Opponent: Peder Agger, Roskilde Universitetscenter

Ordstyrer: Per Nørmark, Viborg Amt

Referent: Anna Bodil Hald, Danmarks Miljøundersøgelser

Oplæg

To modelscenarier med forskellige primære interesser blev gennemgået:

1. et marginaljordsscenarie med biologiske/botaniske interesser og
2. et drikkevandsscenarie med fokus på reduceret nitratinhold i grundvand i vandindvindingsområder.

I scenarierne var der sat fokus på den arealregulering, som fx kan anvendes i forbindelse med regionplanlægning, EU's Vandrammedirektiv og VMP III. Der blev lagt vægt på, at et multifunktionelt landskab kræver en helhedsorienteret modellering. Desuden efterspørger OECD landskabsindikatorer, herunder indikatorer vedrørende landskabets struktur og funktion for naturen.

Om ARLAS' potentiale for at bidrage konkluderedes:

- Kan give baggrundsinformation og vurdere effekter af regionplaner og andre arealbundne reguleringer.
- Kan belyse tilstand og potentiale i Natura 2000 habitatområder og større, sammenhængende naturområder mht. landbrugets belastning og potentiale – herunder muligheder for afgræsning samt potentialer i landskabet i form af habitatsammenhænge.
- Kan koble naturpåvirkning til øvrig miljøbelastning (NH₃).
- Kan vurdere afledte effekter, fx hvordan VMP regulering påvirker den terrestriske natur.

Opponentens vurderinger

- ARLAS er et godt grundlag. De rumlige forhold skal spille en større rolle i forvaltningen og naturforvaltning skal regionaliseres. Modeller hjælper til at holde ordentligt regnskab.
- Naturforvaltning skal dog sætte fokus på følsomme naturområder. I denne sammenhæng er modellerne mere teoretiske end praktisk anvendelige.
- ARLAS vil især kunne bidrage til indfrielse af tre af Vilhelm udvalgets seks mål, nemlig 1. Mere natur – mere plads og bedre sammenhæng; 2. Bedre grundlag for en målrettet naturforvaltning; 3. Fortsat styrket målretning af sektorernes indsats.

- ARLAS forholder sig ikke til naturkvalitet. Modellen siger ikke noget om 'vildhed', 'op-rindelse', 'vedvarighed' og 'sammenhæng (størrelse)', og den valgte indikator for sam-menhæng er meget rustik.
- Faunamodellens indikatorer synes mindst overbevisende og forekommer meget rustikke.
- Det er vigtigt at gøre sig klart, at modeller er scenarier og ikke prognoser. Virkeligheden indeholder altid overraskelser, der rækker ved modellernes forudsætninger.
- Fremtidens overraskelse i Danmark vil måske være en mere hastig urbanisering af det åb-ne land end den, vi i dag forventer.

Diskussion

I diskussionen blev der peget på visse usikkerheder vedrørende modellernes forudsætninger og scenariernes sammenlignelighed. Bl.a. var der forskellig gødningsbalance for området i scenarierne, ligesom der var forskel i størrelsen af det samlede areal, der tages ud af omdrift til anden anvendelse eller til ekstensivering. Desuden blev det anført, at driftsøkonomien må-ske blev undervurderet, idet tilskudsmulighederne (handyrpræmier) evt. kunne udnyttes bedre end i de foreliggende beregninger.

Under diskussionen af operationalisering af modellerne blev modellernes evne til at belyse konkrete spørgsmål rejst; bl.a. hvad minimumsarealet for tilstedeværelsen af lærker er, og hvilke skov-mark interaktioner, der er nødvendige for rådyr? Det blev anført, at der mangler konkrete værktøjer ved rådgivning af landmanden. Måske kan faunamodellen udvikles til et brugbart værktøj ved udarbejdelse af naturplaner? Man så perspektiver i modellerne, men det blev understreget, at modeller til praksis skal have relevans for landmanden og ikke må blive for elitære. Der er behov for dynamiske værktøjer, som kan arbejde med ændrede forudsæt-ninger og betingelser ved vurderingerne af konsekvenser. Det blev desuden påpeget, at mens der i projektet er opstillet teoretiske scenarier, vil en anvendelse primært være ved konkret formulerede problemer.

Modellernes generalitet blev også diskuteret, og det blev anført, at faunamodellen ikke umid-delbart kan anvendes til prognoser for andre dyr, fx vibe. Der blev efterlyst scenarier, som kunne håndtere flere hensyn på én gang (drikkevand, marginaljorde, småbiotoper etc.), især mht. til økonomien. Denne scenarietype, kombinationsscenarier, har været diskuteret i pro-jektgruppen, men man har ikke kunnet nå at gennemspille et eksempel. Det blev også anført, at der i scenarieopstillingen, af gode grunde, ikke har kunnet tages udgangspunkt i en generel målsætning for landbrugets arealanvendelse. Det blev desuden påpeget, at skala-problematikken er et væsentlig element i scenarie-modelsystemet.

Generelt er ARLAS modellerne stærkest på landskabs-skalaen. Dog synes faunamodellen at være for stor og kompliceret til at dække en region. Det blev anført, at modellerne ikke er an-vendelige på bedriftsniveau, men at der ud fra de overordnede landskabsrammer, vurderet af modellerne, kan udformes bedriftstilpasninger og naturplaner. Modellernes stærke sider er deres evne til at belyse tværfaglige sammenhænge på landskabsniveau. Desuden kan der fore-tages økonomiske konsekvensberegninger ved ændrede tilskudssatser eller prisforhold.

Scenarietema 3: Agerlandets småbiotoper

Naturindholdet i det dyrkede land er flere steder reduceret, markerne bliver større, hegn fjernes, m.v. Samtidig er der sket en ændring i dyrkningsformen på markerne. Effekten har været en nedgang i antallet af dyre- og plantearter på omdriftsarealer. Sideløbende hermed er antallet af natur-/halvnaturarealer, de såkaldte §3 arealer, i agerlandet faldet.

Oplægsholder: Jesper Fredshavn, Danmarks Miljøundersøgelser

Opponent: Lars Skou Glerup, Djursland Landboforening

Ordstyrer: Thomas Secher Jensen, Naturhistorisk Museum, Århus

Referent: Knud Tybirk, Danmarks Miljøundersøgelser

Oplæg

Oplægget havde især fokus på værktøjer udviklet under ARLAS og deres generelle anvendelse snarere end de konkrete scenarieforløb vedrørende småbiotoper, da disse var konstruerede med henblik på at afprøve modellerne og ikke valgt ud fra deres repræsentativitet for udviklingen. Småbiotopscenariet blev konstrueret ved at udtage alle marker <1 ha og udlægge disse med græs eller tilplante med skov, altså et meget forsimplet scenarie uden søer, hegn, remiser og lignende, som spiller en stor rolle i agerlandet.

Der diskuteredes en række begreber i et fragmenteret landskab af betydning for småbiotoper og bl.a. kritiseredes begrebet ”korridorer” for lidt for stor popularitet. Småbiotoper kan godt have betydning som korridorer, men det er vigtigere at betragte småbiotopers funktion som levesteder i agerlandet mht. føde, skjul, bosted, og evt. som ”trædesten” i spredning.

I ”Animal, Landscape and Man Simulation System” (ALMaSS-modellen) blev der valgt en række typiske dyr i agerlandet: markfladespecialist som lærke, græslandsspecialist som mus, mosaikspecialist som rådyr og dyrket land specialister som tæppespindere og løbebiller. Formålet med modellen var at opbygge en GIS database for værkstedsområdet, en landskabsmodel og enkeltartsmodeller, som så tilsammen kunne spille sammen med andre modeller i projektet.

Resultaterne af scenarierne blev diskuteret kort. For lærkens vedkommende går antal ynglepar tilbage, men antallet af unger holdes på niveau. For rådyrs vedkommende giver det 30-40% flere rådyr – især de første år. Resultaterne med ALMaSS i forhold til drikkevandsscenariet og marginaljordscenariet, blev også kort berørt.

Oplægget fokuserede især på, hvad ALMaSS kan bruges til i forhold til forvaltning af småbiotoper i agerlandet. Resultaterne af de valgte scenarier afspejler valg: *ALMaSS er et strategisk værktøj*, hvor vi nu for første gang er i stand til at kunne beregne, hvad vi vil få af forskellige organismetyper i et landskab, hvis vi (politikere, planlæggere, forskere, forvaltere) kan foretage valget: hvad vil vi have? ALMaSS kan især give svar på flg. type af spørgsmål: Hvad bliver konsekvenserne af fx reduceret pesticidforbrug for lærke, agerhøne og gulspurv, hvad bliver konsekvenser af omlægning til økologi, hvilken betydning har korridorer/barrierer i landskabet? Derimod kan ALMaSS ikke anvendes på enkeltbedrifter og til at besvare problemer i relation hertil.

Udviklingsmulighederne for ALMaSS er, at der bør optimeres/automatiseres forskellige procedurer i modellen, at der bør inddrages flere arter, gerne nogle sjældnere og forvaltningskrævende, samt at computertiden reduceres. Desværre er der ikke inden for en overskuelig tidshorisont mulighed for at inddrage vegetationen i modellen.

Opponentens vurderinger

Umiddelbart var det skuffende for en praktiker, at værktøjet efter 6 år stadig er under udvikling, og at det må konstateres, at værktøjet ikke er velegnet til driftsledere og konsulenter i landbruget. Værktøjet lider endvidere af at være statisk, idet der ikke er nogen udvikling over tid indbygget, fx succession og ændringer i kvalitet af biotoper. Dette vil naturligvis forde endnu mere kompliceret struktur. Omvendt er modellen som den foreligger, alt for kompliceret i praksis, og den er ikke mulig at anvende uden for eksperternes rækker.

Det blev påpeget, at småbiotopernes funktion er ændret meget gennem tiden (en mergelgrav er ikke længere til mergel, et hegn er ikke nødvendigvis skel, småskov er ikke til brænde og gærdsel mere, der er ikke behov for græs til afgræsning), og at det i høj grad er derfor, at kvaliteten af mange småbiotoper er gået tilbage. Specielt for små græsningsarealer er det blevet vanskeligt for bonden at udnytte græsset, idet funktionen er udgået af driften, og dette får stor kvalitetsmæssig betydning for græsarealer som levested for agerlandets planter og dyr. Disse kvalitetsforandringer af småbiotoperne kan ALMaSS ikke tage højde for.

Vi skal være opmærksomme på, at stort set alle småbiotoper er menneskeskabte. Nye småbiotoper har også potentialer for kvalitet på længere sigt, men de skal tjene nye formål for lods-ejeren, fx herlighedsværdi, læ, jagt osv. Det er en stor opgave for 'naturfolk' at formidle værdien og de nye formål, som det omgivende samfund i dag definerer for småbiotoper, til lods-ejeren: hvorfor er dette beskyttet af §3, hvilke naturværdier findes, og hvad er potentialet for naturværdier i disse småbiotoper? Forskellen mellem et gammelt og et nyt hegn, et græsset og ugræsset overdrev skal forklares for bonden, så kontinuitet bliver noget reelt i hans bevidsthed. Nye småbiotoper bliver jo også gamle en dag, men det er dog lettere at bevare de gamle end vente på, at de nye bliver gamle.

Diskussion

Der var enighed om, at småbiotopers funktioner er ændrede, og at dette er en medvirkende årsag til deres reduktion i antal og kvalitet i det forgangne århundrede. Der er i høj grad behov for at definere nye funktioner, og den mest oplagte er natur- og vildthensyn samt i et vist omfang kulturhistorie. Lysåbne græsningsarealer fx kan næsten kun være sammenhængende i ådale, og dér kan en sammenhængende plejeindsats (produktion af stude) være mulig og give høj biologisk kvalitet.

Der blev spurgt til en række forhold vedrørende modellen og småbiotopers værdi:

- Kan man lave en 'folkevognsmodel', eller et undervisningsprogram, af ALMaSS?
- Kan modellens resultater valideres?
- Kan der opstå 'nye' interaktioner i modellen, som giver overraskende resultater?
- Kan modellen vurdere en ny placering af brak til at beskytte småbiotoper eller ændrede arronderingsforhold i landskabet?
- Kan man verificere resultater af en naturplan på rådyrbestande eller give tommelfingerregler ud fra modellen?
- Kan modellen udvikles til at inkludere sjældne, truede arter?

Hertil blev der svaret:

- En forenkling har været prøvet, men desværre giver en sådan forenklet model de forkerte svar. Videre gik diskussionen på, om der ved yderligere software-udvikling kunne laves et undervisningsredskab ud fra modellens platform til skolebrug. Dette er muligt, men kræver finansiering.
- Modellen kan generere ny viden, men i høj grad også nye spørgsmål.
- Resultater har været valideret for lærker ved Kalø.
- Strukturelle/rumlige ændringer giver større ændringer i modellen, og fx placeringer af brak kan relativt let simuleres, det kræver blot, at forandringerne digitaliseres ind i landskabet.
- Modellen er beregnet for de mere almindelige af agerlandets vilde dyr og ikke baseret på "conservation" tankegangen (de sjældnere dyr har man ikke tilstrækkeligt kendskab til).

Diskussionen blev afrundet med, at naturplaner kan muliggøre en integration af beskyttelses-tankegangen (naturkvalitet) med placering/arrondering af agerlandets småbiotoper. Her fokuseres både på bevaring af gamle småbiotoper og på at lave nye i relation til de nye, naturmæssige funktioner på bedriften, som lodsejeren og samfundet er interesseret i.

ALMaSS og ARLAS-projektet har, gennem belysning af strategiske spørgsmål, bidraget til at fokusere debatten, mens den praktiske implementering kræver andre værktøjer, fx naturplaner på bedrifts- og landskabsniveau.

Afsluttende plenumdebat:

Fremtidsperspektiver og muligheder

Indledere: John E. Hermansen, Danmarks JordbrugsForskning

Per Nørmark, Viborg Amt

Niels Chr. Larsen, Dansk Familielandbrug

Ordstyrer: Søren A. Mikkelsen, Danmarks JordbrugsForskning

Referent: Lisbeth Nielsen, Natur og Landbrug ApS

Forskningens bidrag til arealforvaltningen

John E. Hermansen

Forskningens bidrag til arealforvaltningen ligger bl.a. i behovet for at kvalificere beslutningsgrundlaget for de forskellige interessenter i anvendelsen og administrationen af det åbne land. Dette grundlag kan løbene justeres ud fra hvilke beslutninger, der skal tages, dels af jordbruger og hans rådgivere, dels af de centrale og regionale myndigheder. Fra jordbrugets side kan man være interesseret i at vide, hvordan driftspraksis på en rentabel måde kan tilpasses egne og andres ønsker til herlighedsværdier. Fra myndighedernes side kan man ønske at tilgodese de lokale ønsker til landskab, natur, vandindvinding og muligheder for et aktivt erhvervsliv.

Et kvalificeret beslutningsgrundlag kræver forståelse og viden om sammenhænge indenfor de opstillede problemstillinger, fx hvad er herlighedsværdi, hvad er rekreativ værdi, hvad er miljøbelastningen, hvordan påvirkes driftspraksis for at tilgodese de forskellige ønsker til arealanvendelsen, og hvordan tager landmanden beslutninger om driftspraksis.

Der er behov for egnede redskaber til operationalisering/kommunikation: Hvordan kan effekterne af forskellig driftspraksis udtrykkes, og hvilke overkommelige indikatorer giver mening ud fra et praktisk såvel som videnskabeligt synspunkt. Det er vigtigt at både de, der har ønskerne til virkningerne og de, der skal handle ud fra indikatorerne kan forstå, hvad det drejer sig om. Der er særlige udfordringer i relation til landskabs-/arealforvaltningen, idet det kræver forståelse af mekanismer på højt aggregeringsniveau baseret på velegnede målemetoder og modeller til analyse, samt operationalisering på højt aggregeringsniveau med visualisering af modelresultater, der kan vise både rumlige og tidsmæssige variationer. Endelig er det vigtigt, at der er konsistens i viden til brug for jordbrugerens egen samt de regionale og centrale myndigheders regulering.

Som særlige muligheder ved analyse på et højt aggregeringsniveau blev fremhævet gennemslagskraft af forskningens resultater i forvaltningen samt ny erkendelse af sammenhænge med mulighed for at finde nye, bedre eller billigere veje til at nå det ønskede mål.

Muligheder og behov set fra "planlæggerens" side

Per Nørmark

Generelt er regionplanen amtets overordnede redskab, men der kan stilles spørgsmål ved, hvor velfunderet den er, og om den bygger på den nyeste viden. Amtet skal også tage hensyn til erhvervet, fx beskytte den gode dyrkningsjord. For at træffe gode beslutninger er det naturligvis vigtigt at bygge på den bedste viden, man kan få til rådighed. Der er mange planlægningsdilemmaer, fx hvor skal man bygge, hvor skal grundvandet sikres, og hvor langt ud i fremtiden skal der tages hensyn.

Vådområdeudpegninger foretaget af meget erfarne folk i amtet var blevet sammenlignet med det, som man nu kan få ud af de samlede informationer koblet op på GIS i ARLAS, og man har fundet god overensstemmelse. Det kan så tolkes sådan, at begge systemer tilsyneladende fungerer.

Med hensyn til VVM-sager har simple sammenhænge mellem mark- og gødningsplaner og udvaskningsrisiko fungeret udmærket i starten. Amtet har udarbejdet oversigter over, hvor der er jord i overskud (rummeligheden i amtets forskellige dele). Ligeledes er der udarbejdet kort over mg nitrat i nydannet grundvand og områder med særlige drikkevands hensyn (OSD-områder). Det gode ved ARLAS-modellerne er, at de illustrerer nogle komplicerede sammenhænge.

Med ARLAS er der skabt en bredere forståelse på tværs af gamle grænser, FASSET-modellen og jordkartering kan bruges i VVM-sammenhænge. Amtet vil imidlertid gerne have en problemorienteret frem for en systemorienteret løsning, og der er behov for forenkling og test af praktiske anvendelsesformer. Amtet kan godt acceptere og arbejde med forenkede modeller, som kan bruges i planlægningen. Af nye muligheder for ARLAS nævntes til slut problemstillingen vedrørende sammenlægning af marker, hvilket må betyde noget for naturen!

Jordbrugerens forventninger til et "arealforvaltningsværktøj"

Niels Christian Larsen

Indlederen præciserede indledningsvis, at han udtalte sig på egne vegne. Han berørte dernæst terminologien omkring projektet, således var selve ordet "arealforvaltningsværktøj" hverken særlig godt tilpasset landmandens hverdag eller særligt forståeligt. Der havde kun været kort tid til at vurdere systemet ud fra den tekst der var udleveret, men de omtalte behov for både privatøkonomiske beregninger samt samfunds- og velfærdsøkonomiske beregninger var relevante.

For nogle landmænd opleves udpegninger som en værdiforringelse, og undertiden er det svært at drive ejendommene videre som følge af tilknyttede krav. Den generelle holdning i landbruget er, at man skal kompenseres i rimeligt omfang. Kompensering kan foregå på mange måder, fx sådan at dem, der påtager sig en opgave i forhold til naturen også får en betaling for det arbejde de udfører såsom at passe et hegn på den rigtige måde.

Det er et fælles mål, at vi skal have mest natur for pengene. Vi kan næppe nå længere ved hjælp af generelle regler, men yderligere tiltag skal være mere specifikke. Fx bør der nu etableres græsningsselskaber og lignende. Også med hensyn til Særligt Følsomme Landbrugsområder (SFL-områder) vil individuelle aftaler betyde, at vi alle får mere for pengene. Muligvis kan ARLAS-værktøjet gøre det lettere at lave forvaltningsplaner samt at arbejde med Vandrammedirektivet. Bufferzoners udformning er også et åbent spørgsmål, fx antal meter omkring et staldanlæg! Det er udmærket med ekstra 100.000 ha enge og overdrev (som foreslået af Vilhelmudvalget), og måske kan man bruge ARLAS-redskabet til at vurdere, hvor der skal foretages afgræsning.

Hvis man kan foretage noget, som ikke koster den enkelte landmand ret meget, så er landmændene interesseret i at indgå i et positivt samspil. Måske kan man med ARLAS finde nogle arealforvaltningsaspekter, som kan indføres "gratis", og hvis det samtidig kan styrke den lokale dialog, ville det give gode muligheder for at komme videre. Landmændene er fremtidens arealforvaltere og naturforvaltere, og de vil være de eneste egnede. Uddannelse indenfor området, både ved efteruddannelse og i form af nye uddannelser, er dog også vigtigt. I Sverige er det gratis at deltage i et undervisningsforløb, faktisk er det en forudsætning for at få et MVJ-

tilskud! Det system burde også indføres i Danmark, fx i form af kurser af et par dages varighed.

Det er vigtigt, at landmændene kan have tillid til de resultater, der fremkommer ved modellerne. Det var vanskeligt at vurdere systemet ud fra det udleverede materiale, men der er behov for bedriftsmodellering for at analysere tiltagene, som forventes fremover. Det er dog vigtigt, at modellerne er troværdige og brugervenlige, således at systemerne kan anvendes af landbrugets konsulenter. På en ejendom kan der udmærket produceres mere end blot landbrugsprodukter, og det var positivt, hvis systemet kunne illustrere mulighederne herfor.

Generel diskussion

I den efterfølgende diskussion kom der reaktioner på ARLAS-systemet, der blev givet forslag til formidling og forslag til, hvordan systemet kan forbedres.

Af reaktioner på ARLAS-systemet blev der peget på det positive i, at man gennem systemet kan kvantificere de forskellige størrelser. Det, at resultaterne kan præsenteres på kort og/eller GIS, er et stærkt kommunikationsmiddel.

Miljøministeriet har udtrykt behov for at få økonomiske beregninger for at støtte naturindhold, og her er man kommet et skridt videre. Der er brug for værdisætninger både med hensyn til naturen og kvælstoffaktoren. I andre lande er man længere fremme med hensyn til økonomiske modeller for naturplaner og tilskudsordninger. Kan man udbygge naturplaner med cost-benefit analyser? Amtene bruger hver deres metoder til beregninger, og der kan være brug for ensartede værktøjer fx i forbindelse med Vandrammedirektivet.

Der blev advaret mod at tro mere på modeller end på virkeligheden. Modeller er gode til at behandle store mængder data, men måden at læse dem på er vigtig med hensyn til troværdighed. Modeller giver imidlertid et godt grundlag for at diskutere problemstillinger, og det er vigtigt, at man bruger dem som baggrund for diskussion og ikke ”med hovedet under armen”. I amtsligt regi kan man, ved planlægning på regionalt niveau, godt leve med den usikkerhed, der er i modellerne, men på lokalt niveau skal der bruges mere nøjagtige data.

Det blev fremført, at der stadig er meget langt til det operationelle niveau, hvor landbrugets rådgivningstjeneste kan bruge systemet. Men det gode ved ARLAS er sammenhængen og det tværfaglige element – at det ikke er den enkelte forskers specialviden, der sætter dagsordenen.

Med hensyn til formidling af resultaterne blev naturplaner foreslået som en kontakt til den enkelte forvalter. Der var også forslag om billigere løsninger end en samlet naturplan, fx at en konsulent ud fra nogle timers dialog ude hos jordbrugeren udarbejder mindre omfattende forslag til den enkelte bedrift. Så er det muligt at komme i gang, selv om der ikke er udarbejdet en samlet naturplan for hele ejendommen. Flere fremførte behovet for at sætte noget i gang på den enkelte ejendom, men det kræver, at der er tilstrækkelige beløb til at betale konsulenterne. Der observeres en interesse for naturplaner, især for elementer af planerne, men interessen strækker ikke til at betale for udarbejdelsen af dem.

En anden kommentar til naturplanernes indhold var, at det er nødvendigt at blive mere konkrete og finde det rette niveau, og derved få en dialog med landmanden, og at uddanne samt i sidste ende at opnå en effekt. For at skabe dialogen er det vigtigt, at det er personer, som er vant til at tale med landmanden, der indgår i dialogen. Det er endvidere nødvendigt med opfølgning, så man kan se om naturplanerne har virket, ellers bliver det kun ved planerne!

I diskussionen blev der peget på nye ønsker til systemet. Der blev udtrykt et ønske om at indtage spørgsmålet om, hvorledes folk kan bevæge sig rundt i landskabet. Fremfor generelt at

kræve alle markveje bevaret eller evt. erstattet med tilsvarende nye, blev det fremført, at der var behov for et bedre overblik, således at man får nogle markveje udpeget som spor i landskabet i et sammenhængende system. Markveje i dette system kunne så sikres lovgivningsmæssigt, medens øvrige markveje evt. kunne bevares af jordbrugeren på frivillig basis. Der har ikke været arbejdet med adgangsforhold til det åbne land i ARLAS. Aspektet kan inddrages, hvis der bliver mulighed for at arbejde videre med problemstillingen.

Afsluttende bemærkninger

John E. Hermansen lagde vægt på, at økonomien er vigtig i forbindelse med naturplaner, at man ved, hvad der er økonomisk optimalt, og hvad der økonomisk kan lade sig gøre. Man kunne tænke sig tilskud til naturplaner, at der er en samfundsinteresse i dialogen og bevaringen af naturværdier.

Per Nørmark fremhævede, at det er meget nemmere at forholde sig til tingene, når der er sat beløb på. Screeningsværktøj på Internettet har vist sig at være et hit – man kan sidde hjemme og lave de samme beregninger, som man arbejder med på amtet. Det er vigtigt, at man selv kan skrue på de forskellige knapper, og at man har adgang til sådanne systemer. Der er i den forbindelse behov for at finde ud af, hvor lidt kan man nøjes med at vide, for at lave realistiske vurderinger, altså udvikle et forenklet system, og undersøge, hvilke databehov et sådant system har. Der er desuden brug for gennemregnede eksempler.

Niels Chr. Larsen understregede, at naturplanens pris er vigtig for landmanden. Det er nødvendigt med økonomiske konsekvensberegninger, både for den enkelte jordbruger og for samfundsøkonomien. Man skal desuden tænke på, hvem der er slutbrugere, og kommunikationen med landmanden skal foregå på et forståeligt sprog.

Jørgen F. Hansen pegede i sine afsluttende bemærkninger på, at man i ARLAS har nået en teknisk-faglig videnopbygning og vist mulighederne i en helhedsorienteret systemanalyse. I projektet har det ikke været muligt at udvikle systemet til praktisk anvendelse, men der er skabt grundlag herfor. Det, der er behov for nu, er at forenkle og operationalisere redskabet. Håbet var, at der vil vise sig grundlag for at føre arbejdet videre mod udviklingen af brugervenlige systemer i samarbejde med brugere.

Bilag 1. Forfatterliste

List of authors

Navn. <i>Name</i>	Institution	e-mail
Bernd Münier	Danmarks Miljøundersøgelser	bem@dmu.dk
Birgit M. Rasmussen	ConTerra	conterra@conterra.dk
Chris Kjeldsen	Aalborg Universitet	ckj@socsci.auc.dk
Chris Topping	Danmarks Miljøundersøgelser	cjt@dmu.dk
Frank Nikolajsen	ThorBin, Grøfthøjparken 163, 13th, 8260 Viby J	
Frank Søndergaard Jensen	Skov & Landskab	fsj@kv1.dk
Frants von Platen-Hallermund	Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse	fph@geus.dk
Irene A. Wiborg	Dansk Landbrugsrådgivning	iaw@landscentret.dk
Jane Uhd Jepsen	Danmarks Miljøundersøgelser	juj@dmu.dk
Jens Abildtrup	Fødevareøkonomisk Institut	jens@foi.dk
Jesper R. Fredshavn	Danmarks Miljøundersøgelser	jrf@dmu.dk
Jesper S. Schou	Danmarks Miljøundersøgelser	jss@dmu.dk
Jørgen F. Hansen	Danmarks JordbrugsForskning	jorgenf.hansen@agrsci.dk
Lisbeth Flindt Jørgensen	Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse	lfj@geus.dk
Mette Dahl	Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse	md@geus.dk
Nick Hutchings	Danmarks JordbrugsForskning	nick.hutchings@agrsci.dk
Ole Hjorth Caspersen	Roskilde Universitetscenter	ohc@ruc.dk
Per Nørmark	Viborg Amt	mtpna@vibamt.dk
Per Rasmussen	Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse	pr@geus.dk
Peter Lange	Thujavej 16, 8464 Galten	weber@dadlnet.dk
Peter Odderskær	Danmarks Miljøundersøgelser	po@dmu.dk
Poul Nygaard Andersen	Danmarks Miljøundersøgeser	pna@dmu.dk
Stig Schack Pedersen	Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse	sasp@geus.dk
Søren B. Torp	Danmarks JordbrugsForskning	soren.torp@agrsci.dk
Tommy Dalgaard	Danmarks JordbrugsForskning	tommy.dalgaard@agrsci.dk
Vibeke Ernstsén	Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse	ve@geus.dk

Bilag 2. ARLAS publikationsliste

List of publications in the ARLAS project

Artikler i internationalt anerkendte tidsskrifter

Peer reviewed articles

Berntsen, J., Petersen, B.M., Jacobsen, B.H., Olesen, J.E. & Hutchings, N.J., 2003. Evaluating nitrogen taxation scenarios using the dynamic whole farm simulation model FASSET. *Agricultural Systems* 76, 817-839.

Dalgaard, T., Kjeldsen, C., Hutchings, N.J. & Hansen, J.F., 2001. N-losses and Energy Use in a Scenario for Conversion to Organic Farming. *The Scientific World* 1: (S2) 822-829.

Dalgaard, T., Heidmann, T. & Mogensen, L., 2002. Potential N-losses in three scenarios for conversion to organic farming in a local area of Denmark. *European Journal of Agronomy* 16: 207-21.

Dalgaard, T., Hansen, J.F., Hutchings, N.J. & Mikkelsen, H.E., 2003. Managing interactions between agriculture, nature and economy. In: Helmig, K. (ed.): *Sustainable Development of Multifunctional Landscapes*. Springer Verlag, Berlin.

Dalgaard, T., Rygnestad, H., Jensen, J.D. & Larsen, P.E., 2002. Methods to map and simulate agricultural activity at the landscape scale. *Danish Journal of Geography* 3: 29-39.

Münier, B., Nygaard, B., Ejrnæs, R. & Bruun, H.G., 2001. A Biotope Landscape Model for Prediction of Semi-Natural Vegetation in Denmark. *Ecological Modelling* 139(2-3): 221-233.

Münier, B., Birr-Pedersen, K. & Schou, J.S., 2004. Combined Ecological and Economic Modelling in Agricultural Land Use Scenarios. *Ecological Modelling* 174(1-2): 5-18.

Schou, J.S. & Birr-Pedersen, K., 2001. The Cost of Spatial Planning. *European Environment*, 11, 211-219.

Topping, C.J., 1999. An individual based model for dispersive spiders in agro-ecosystems: Simulations of the effects of landscape structure. *Journal of Arachnology* 27: 378-386.

Topping, C.J., Rehder, M.J. & Mayoh, B.H., 1999. Viola: a new visual programming language designed for the rapid development of interacting-agent systems. *Acta Biotheoretica* 47:129-140.

Topping, C.J., Hansen, T.S., Jensen, T.S., Jepsen, J.U., Nikolajsen, F. & Odderskær, P., 2003. ALMaSS, an agent-based model for animals in temperate European landscapes. *Ecological Modelling* 167(1-2): 65-82.

Topping, C.J., Østergaard, S., Pertoldi, C. & Bach, A.L., 2003. Modelling the loss of genetic diversity in vole populations in a spatially and temporally varying environment. *Annales Zoologici Fennici* 40(3): 255-267.

Indlæg ved kongresser, symposier o.l.

Congress presentations, etc.

Abildtrup, J., Schou, J.S. & Birr-Pedersen, K., 2001. Modelling the costs of agricultural land-use Changes. Proceeding of The 2001 Environmental Policy and the Costs of Compliance Research Workshop at London School of Economics, September 18th 2001. ERP Environment, West Yorkshire, UK, p 1-10.

Caspersen, O.H. & Søndergaard Jensen, F., 2004. Fra udmark til rekreativ ressource. I: Hansen, J.F. (ed.): Arealanvendelse og landskabsudvikling. Fremtidsperspektiver for natur, jordbrug, miljø og arealforvaltning. Rapport fra afslutningsseminar for projektet: Arealanvendelse og landskabsudvikling belyst ved scenariestudier. Vekselvirkninger mellem natur, jordbrug, miljø og arealforvaltning (ARLAS) 3.-4. december, 2002, Golf Hotel, Viborg. DJF rapport.

Dahl, M., Rasmussen, P., Jørgensen, L.F., Ernstsén, V., von Platen-Hallermund, F. & Pedersen, S.S., 2004. Effekter af ændret arealanvendelse for nitratinhold i grundvand og overfladevand – beskrevet ved scenariestudier. I: Hansen, J.F. (ed.): Arealanvendelse og landskabsudvikling. Fremtidsperspektiver for natur, jordbrug, miljø og arealforvaltning. Rapport fra afslutningsseminar for projektet: Arealanvendelse og landskabsudvikling belyst ved scenariestudier. Vekselvirkninger mellem natur, jordbrug, miljø og arealforvaltning (ARLAS) 3.-4. december, 2002, Golf Hotel, Viborg. DJF rapport.

Dalgaard, T., 1997. Bottom-up Modelling of Scenarios for Environmental Impact in Live-stock Intensive Areas. In: Olesen, S.E. (ed.): Proceedings of the NJF-seminar Alternative Use of Agricultural Land. SP-report no. 18, p 76-85.

Dalgaard, T., 2000. Farm types - How can they be used to structure, model and generalise farm data? Agricultural data for Life Cycle Assessments. Series 2.00.01, vol. 2: 98-114. Agricultural Economics Research Institute (LEI), The Hague, the Netherlands.

Dalgaard, T., Halberg, N. & Kristensen, I.S., 2000. Can organic agriculture help to reduce N-losses per unitary production? Some experience from Denmark. Proceedings of the seminar "How can agricultural statistics meet environmental information needs", p. 85-103. Statistics Denmark, European Environment Agency and EUROSTAT. Copenhagen, June 30th - July 2nd.

Dalgaard, T., Kjeldsen, C., Hutchings, N.H. & Hansen, J.F., 2001. N-losses and energy use in a regional scenario for conversion to organic farming. In: Galloway, J. & Cowling, E. (eds.) Optimising nitrogen management in food and energy production and environmental protection. Proceedings for the 2nd International Nitrogen Conference, p. 68. Potomac, Maryland, 14-18 October.

Dalgaard, T., Kjeldsen, C., Rasmussen, B. M., Fredshavn, J.R., Münier, B., Schou, J.S., Dahl, M., Wiborg, I. A., Nørmark, P. & Hansen, J.F., 2004. ARLAS' scenariesystem. Et grundlag for helhedsorienterede konsekvensvurderinger af ændringer i arealanvendelsen og landbrugsproduktionen. I: Hansen, J.F. (ed.): Arealanvendelse og landskabsudvikling. Fremtidsperspektiver for natur, jordbrug, miljø og arealforvaltning. Rapport fra afslutningsseminar for projektet: Arealanvendelse og landskabsudvikling belyst ved scenariestudier. Vekselvirkninger mellem natur, jordbrug, miljø og arealforvaltning (ARLAS) 3.-4. december, 2002, Golf Hotel, Viborg. DJF rapport.

Halberg, N., Kristensen, I.S. & Dalgaard, T., 2000. Linking data sources and models at the levels of processes, farmtypes and regions. Agricultural data for Life Cycle Assessments. Series 2.00.01, vol.1: 16-30. Agricultural Economics Research Institute (LEI), The Hague, the Netherlands.

Hutchings, N.J., Petersen, B.M., Berntsen, J. & Dalgaard, T., 2001. Detecting conflicts in nitrogen management policies using the Fasset Farm Model. In: Galloway, J. & Cowling, E. (eds.): *Optimising Nitrogen management in Food and Energy Production and Environmental Protection*. Proceedings from The Second International Nitrogen Conference, p. 88. Potomac Maryland, 14-18 October.

Hutchings, N.J., 2004. Modellering af N-tab fra plante-, svine- og kvægbedrifter. I: Hansen, J.F. (ed.): *Arealanvendelse og landskabsudvikling. Fremtidsperspektiver for natur, jordbrug, miljø og arealforvaltning. Rapport fra afslutningsseminar for projektet: Arealanvendelse og landskabsudvikling belyst ved scenariestudier. Vekselvirkninger mellem natur, jordbrug, miljø og arealforvaltning (ARLAS) 3.-4. december, 2002, Golf Hotel, Viborg. DJF rapport.*

Jacobsen, B.H., Hasler, B. & Schou, J.S., 2000. Nature amenities produced by Danish Agriculture: Policy instruments and modelling. Paper for a mini-symposia on Nature Amenities at the 25th International Association of Agricultural Economists. Berlin.

Jensen, T.S. & Hansen, T.S., 1999. Field voles don't like cows – *Microtus agrestis* change home range in response to cattle grazing. In: Ylönen, H., Henttonen, H., Laajalahti, P. & Niemimaa, J. (eds.): *European Mammalogy*, p 135. Indlæg ved 3. Europæiske pattedyrkongres; foredrag publiceret som abstract i Proceedings.

Jepsen, J.U. & Topping, C., 2002. Simulation models of animal behaviour are useful tools in landscape and species management. *IALE Bulletin Vol 20*, July.

Kjeldsen, C., 2000. Predicting crop allocation on field scale. Proceedings, GIS 2000 - 14th Annual Conference on Geographical Information Systems, March 13-16, Metro Toronto Convention Centre, Toronto, Ontario, Canada.

Münier, B., 2001. Biotope Modelling in Landscape Development Scenarios. I: Mander, Ü., Printsman, A. & Palang, H. (eds.): *Development of European Landscapes. Conference Proceedings vol.1. IALE European Conference 2001. University of Tartu. Institute of Geography. Publicationes Instituti Geographici Universitatis Tartuensis*, 92: 151-156.

Münier, B., Dahl, M., Dalgaard, T., Hansen, J.F., Hutchings, N., Schou, J.S. & Topping, C.J., 2003. Ecological Planning at the Landscape Scale. Modelling in Agricultural Land Use Scenarios. BioForum VI, Strategic Spatial Management and Biodiversity Conflict Resolution, Kempen, The Netherlands, 2-3 July.

Münier, B., Bruun, H.G. & Nygaard, B., 1999. A Biotope Model for predicting plant community distribution. In: Stubkjær, E. and Hansen, H.S. (eds.): *'Proceedings of ScanGis'99 – The 7th Scandinavian Research Conference on GIS'*. Aalborg, Denmark.

Münier, B., Schou, J.S. & Birr-Pedersen, K., 2002. Ecological and economic modelling in agricultural land use scenarios. Proceedings of the iEMSs 2002 conference, vol. 1: 84-89, Lugano June.

Münier, B. & Christensen, N., 1998. GIS implementation of vegetation modelling at a regional scale. Poster presentation and Proceedings of the 'GIS Research UK - 6th national conference', Edinburgh.

Münier, B., Nygaard, B., Ejrnæs, R. & Fredshavn, J.R., 1998. Biotope models and nature quality. In: Bunce, R.G.B. & Dover, J. (eds.): *Key Concepts in Landscape Ecology, Proceedings of the IALE European Conference 1998, UK-IALE.*

Münier, B., 2004. Plantesamfundene og landskabsstruktur ved ændret arealanvendelse. I: Hansen, J.F. (ed.): *Arealanvendelse og landskabsudvikling. Fremtidsperspektiver for natur, jordbrug, miljø og arealforvaltning. Rapport fra afslutningsseminar for projektet: Arealanven-*

delse og landskabsudvikling belyst ved scenariestudier. Vekselvirkninger mellem natur, jordbrug, miljø og arealforvaltning (ARLAS) 3.-4. december, 2002, Golf Hotel, Viborg. DJF rapport.

Schou, J.S. & Birr-Pedersen, K., 2001. Afforestation of Agricultural land – Opportunity Costs of two Afforestation Strategies. Proceedings from the seminar: Multifunctionality of agriculture, February 16-18, 2000, Bergen University, Norway.

Schou, J.S., 2002. Gevinsterne ved det multifunktionelle jordbrug. I: Correll, A. & Kjær, L.B.: Efterårskonference 2002 - Planteavl. DJF rapport, Markbrug nr. 78, p 33-36.

Schou, J.S. & Abildtrup, J., 2004. Miljøøkonomiske analyser af scenarier for landbrugets arealanvendelse. I: Hansen, J.F. (ed.): Arealanvendelse og landskabsudvikling. Fremtidsperspektiver for natur, jordbrug, miljø og arealforvaltning. Rapport fra afslutningsseminar for projektet: Arealanvendelse og landskabsudvikling belyst ved scenariestudier. Vekselvirkninger mellem natur, jordbrug, miljø og arealforvaltning (ARLAS) 3.-4. december, 2002, Golf Hotel, Viborg. DJF rapport.

Topping, C., Odderskær, P. & Jepsen, J.U., 2004. Effekten af landskabsændringer på den vilde fauna. I: Hansen, J.F. (ed.): Arealanvendelse og landskabsudvikling. Fremtidsperspektiver for natur, jordbrug, miljø og arealforvaltning. Rapport fra afslutningsseminar for projektet: Arealanvendelse og landskabsudvikling belyst ved scenariestudier. Vekselvirkninger mellem natur, jordbrug, miljø og arealforvaltning (ARLAS) 3.-4. december, 2002, Golf Hotel, Viborg. DJF rapport.

Torp, S., 2004. Jordbundskortlægning i værkstedsområdet Bjerringbro/Hvorslev. I: Hansen, J.F. (ed.): Arealanvendelse og landskabsudvikling. Fremtidsperspektiver for natur, jordbrug, miljø og arealforvaltning. Rapport fra afslutningsseminar for projektet: Arealanvendelse og landskabsudvikling belyst ved scenariestudier. Vekselvirkninger mellem natur, jordbrug, miljø og arealforvaltning (ARLAS) 3.-4. december, 2002, Golf Hotel, Viborg. DJF rapport.

Faglige artikler

Popular articles

Buttenschøn, R.M. & Nielsen, L., 2004. Arealanvendelse og landskabsforvaltning. I: Jordbrugeren som landskabsforvalter, p. 65-79. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri; Miljøministeriet.

Caspersen, O.H., 2000. 200 år i det danske landskab. Naturens Verden 6-7, 42-48.

Dalgaard, T., 1997. Hvordan påvirker landbrugets strukturudvikling udledningen af næringsstoffer til vandmiljøet. Bilag til høring arrangeret af teknologirådet for Folketingets miljø- og planlægningsudvalg, Christiansborg, København. Teknologirådets rapporter 1997/5 p 57-59.

Dalgaard, T., 1999. Hvad udad tabes, kan indad vindes - i landdistrikterne. Jord og Viden 5: 6-8.

Hansen, J.F., Kjeldsen, C. & Dalgaard, T., 2002. Det multifunktionelle landskab. Danmarks JordbrugsForsknings årsberetning, 2001.

Heidmann, T., Børgesen, C.B., Andersen, P.N., Torp, S. & Dalgaard, T. 2002. Indsatsplaner i drikkevandsområder. Vand og Jord 9:1, 9-12.

Odderskær, P., 2002. Nyt modelværktøj viser, hvad der kan ske, hvis vi ændrer landskabet. DMUNyt 4: 2.

Topping, C., Jepsen, J.U. & Odderskær, P., 2001. ALMaSS - et værktøj til brug i naturforvaltning, Fønix 1.

Topping, C. & Jepsen, J.U., 2002. Landskabsøkologisk Simuleringsmodel. I: Foranderlige Landskaber: Integration af natur og kultur i forvaltning og forskning, p. 54-55.

Topping, C.J. & Jepsen, J.U., 2002. Simulation Models of Animal Behaviour are Useful Tools in Landscape and Species Management. Iale Bulletin 20 (3): 1-2.

Topping, C., Jepsen, J.U., Pertoldi, C., Odderskær, P., Lange, P. & Madsen, A.B., 2002. Simulerede markmus i naturforvaltningen. ALMaSS, et nyt værktøj. Aktuell naturvidenskab (1): 22-25.

Torp, S., 2001. De Miltherske spaltedale - Landskabsdannelse og laserscanning i Midtjylland. Geologisk Nyt nr. 3.

Torp, S & Madsen, H.B., 2003. Landskabsanalyse og jordbundsprofiler i værkstedsområdet Bjerringbro/Hvorslev. Danmarks JordbrugsForskning, Intern rapport nr. 179, 74 pp.

DJF Foulum

Postboks 50, 8830 Tjele
Tlf. 8999 1900. Fax 8999 1919
djf@agrsci.dk. www.agrsci.dk

Direktion
Administration

Afdeling for Råvarekvalitet
Afdeling for Husdyravl og Genetik
Afdeling for Husdyrnæring og Fysiologi
Afdeling for Husdyrsundhed og Velfærd
Afdeling for Jordbrugsproduktion og Miljø

Afdeling for Mark- og Stalddrift
Kommunikationsafdelingen
Centerdrift Foulum

DJF Årslev

Kirstinebjergvej 10, 5792 Årslev
Tlf. 6390 4343. Fax 6390 4390

Afdeling for Havebrugsproduktion

DJF Flakkebjerg

Flakkebjerg, 4200 Slagelse
Tlf. 5811 3300. Fax 5811 3301

Afdeling for Plantebiologi
Afdeling for Plantebeskyttelse
Centerdrift Flakkebjerg

DJF Bygholm

Postboks 536
Schüttesvej 17, 8700 Horsens
Tlf. 7629 6000. Fax 7629 6100

Afdeling for Jordbrugsteknik
Driftsfunktion

DJF Sorgenfri

Skovbrynet 14, 2800 Kgs. Lyngby
Tlf. 4587 8055 . Fax 4593 1155
Skadedyrlaboratoriet

Enheder på andre lokaliteter

Afdeling for Sortsafprøvning

Teglværksvej 10, Tystofte
4230 Skælskør
Tlf. 5816 0600. Fax 5816 0606

Askov Forsøgsstation

Vejenvej 55, 6600 Vejen
Tlf. 7536 0277. Fax 7536 6277

Den økologiske Forsøgsstation Rugballegård

Postboks 536, 8700 Horsens
Tlf. 7629 6000. Fax 7629 6102

Foulumgård

Postboks 50
8830 Tjele
Tlf. 8999 1900. Fax 8999 1919

Jyndevad Forsøgsstation

Flensborgvej 22, 6360 Tinglev
Tlf. 7464 8316. Fax 7464 8489