

# Miljøet

*i et geografisk  
perspektiv*



*Bernd Münier* er seniorforsker ved Afdeling for Systemanalyse, Danmarks Miljøundersøgelser under Aarhus Universitet. Han er geograf fra Roskilde Universitet, hvorfra han også er PhD i Landskabsøkologi og GIS. Han arbejder med forskning og GIS modellering i relation til påvirkninger og ændringer i landskab og biodiversitet gennem især landbrugsproduktion, arealanvendelse og planlægning i såvel Danmark som Europa.

*Gregor Levin* er post.doc. i Afdeling for Systemanalyse, Danmarks Miljøundersøgelser under Aarhus Universitet. Han er geograf og PhD fra Københavns Universitet. Han arbejder med at udvikle metoder til landskabsanalyse og scenarier for landbrugets arealanvendelse.

*Katja Birr-Pedersen* er tidligere medarbejder ved afdeling for Systemanalyse, Danmarks Miljøundersøgelser under Aarhus Universitet, nu ansat ved DONG-Energy. Hun er økonom med PhD i miljøøkonomi, og har arbejdet med værdisætning af miljøgoder ved anvendelse af huspriser.

*Mikkel Tamstorf* er seniorrådgiver i afdeling for Arktisk Miljø, Danmarks Miljøundersøgelser under Aarhus Universitet. Han er naturgeograf og PhD og har arbejdet med rumlige analyser siden 1993 – blandt andet med fokus på rensdyr, moskus og gæs. Er ansvarlig for GeoBasis-monitoringsprogrammerne i Zackenberg og Nuuk siden 2003 og arbejder derigennem blandt andet med interaktionerne mellem is, sne og vegetation.

*Morten Tranekjær Jensen* er tidligere medarbejder ved afdeling for Systemanalyse, Danmarks Miljøundersøgelser under Aarhus Universitet, nu ansat ved Glostrup Kommune. Han er agronom fra Den Kongelige Veterinær- og Landbohøjskole i København. Arbejdede bl.a. med kortlægning og geografisk fordeling af luftemissioner og var tilknyttet emissionsgruppen i afdeling for Systemanalyse.

*Peter Aastrup* er sektionsleder i afdeling for Arktisk Miljø, Danmarks Miljøundersøgelser under Aarhus Universitet. Er biolog og PhD og har i mere end 25 år haft sit primære arbejdsområde i Grønland med fokus på miljø, rensdyr og moskusokser og deres forhold til habitat. Han er ansvarlig for den nystartede biologiske klimaeffektovervågning ved Nuuk, NuukBasis.

*Pia Frederiksen* er sektionsleder og seniorforsker i Afdeling for Systemanalyse, Danmarks Miljøundersøgelser under Aarhus Universitet. Hun er geograf og PhD fra Roskilde Universitet og hendes arbejdsområde er landbrugets arealanvendelse, indikatorer og bæredygtig udvikling.

*Steen Solvang Jensen* er seniorforsker i Afdelingen for Atmosfærisk Miljø, Danmarks Miljøundersøgelser under Aarhus Universitet. Er uddannet civilingeniør i planlægning fra Aalborg Universitet, og PhD i human eksponeringsmodellering fra Roskilde Universitet. Arbejder med modellering af befolkningens eksponering for luftforurening, samt luftkvalitetsvurdering og konsekvensvurdering af tiltag overfor luftforurening med vægt på trafik.





# Miljøet i et geografisk perspektiv

Redigeret af:  
Pia Frederiksen

Med bidrag af:  
Katja Birr-Pedersen  
Pia Frederiksen  
Morten Tranekjær Jensen  
Steen Solvang Jensen  
Gregor Levin  
Bernd Münier  
Mikkel P. Tamstorf  
Peter J. Aastrup



## Miljøet i et geografisk perspektiv

Redigeret af Pia Frederiksen

Med bidrag Katja Birr-Pedersen, Pia Frederiksen, Morten Tranekjær Jensen, Steen Solvang Jensen, Gregor Levin, Bernd Münier, Mikkel P. Tamstorf og Peter J. Aastrup

© 2010 Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet, forfatterne og Forlaget Hovedland

Alle rettigheder forbeholdes.

Ingen del af denne bog må gengives, lagres i et søgesystem eller transmitteres i nogen form eller med nogen midler grafisk, elektronisk, mekanisk, fotografisk, indspillet på plade eller bånd, overført til databanker eller på anden måde, uden forlagets skriftlige tilladelse.

Enhver kopiering af denne bog må kun ske efter reglerne i lov om ophavsret af 20. juni 2008 med evt. senere ændringer. Det er tilladt at citere med kildeangivelse i anmeldelser.

Forlagsredaktion: Anne Drøgemüller Lund og Ole Jørgensen

Illustrationer og ombrydning: Britta Munter, Grafisk Værksted, Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet.

Omslag: Grafisk værksted, Danmarks Miljøundersøgelser

Omslagsfoto: Britta Munter

Tryk: Arco Grafisk A/S, Skive

Denne bog er trykt på 130 g Cyclus Print  
Overskydende papir er genbrugt

ISBN 978-87-7070-127-3

1. udgave, 1. oplag 2010



Forlaget Hovedland

[www.hovedland.dk](http://www.hovedland.dk)

E-mail: [mail@hovedland.dk](mailto:mail@hovedland.dk)



**Forord 7**

**Indledning 9**



**Landskabsanalyser 15**



**Kortlægning af luftforurening 49**



**Beslutningsstøtte 71**



**Perspektivering 87**

**Litteratur 90**

**Stikordsregister 92**



## Forord

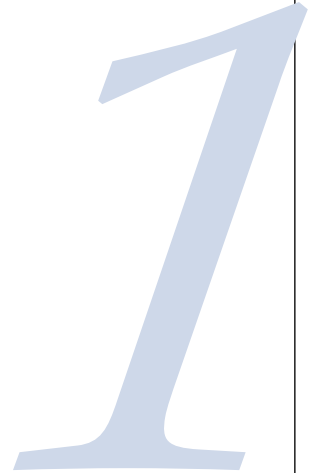
I miljøforvaltningen støder man oftere og oftere på ordet GIS. Dette er en forkortelse af geografiske informationssystemer, som er programmer, der kan gemme, analysere og vise kort og geografiske temaer. I denne bog har vi valgt at illustrere hvordan vi kan bruge disse systemer og metoder til at øge den viden vi har om miljøet, ligesom vi også viser hvordan GIS kan bruges til at formidle viden om miljøforhold ved hjælp af kort.

Vi har derfor udvalgt en række eksempler fra Danmark og Grønland, og viser herigennem nogle af de mange muligheder for at anvende GIS i miljøanalyser og i miljøforvaltning.

Vi vil gerne takke de personer, der har hjulpet til bogens udgivelse, såvel ved gennemlæsning og kommentering som til opsætning af det færdige produkt.



# ***Indledning***



Regulering af miljø og natur foregår i stigende grad med henblik på at opfylde kvalitetsbestemte mål. Det har øget behovet for at kunne stedfæste analyser af de mange forskellige påvirkninger, miljøet og naturen udsættes for – og disses virkninger på miljøet og naturen. Samtidig er behovet for at kunne formidle resultatet af analyserne steget. Geografiske Informationssystemer er derfor blevet vigtige værktøjer i det daglige analysearbejde, og kort er ofte velegnede til formidling. Her introduceres systemerne og deres anvendelse, mens de følgende kapitler uddyber dem igennem en række eksempler.

Fotos: Bernd Münier, collage: Britta Munter.



**Figur 1-1.**

**Industri i parcelhusmiljø.**

Foto: Britta Munter

Siden vedtagelsen af en miljølov i Danmark i 1974 er en række af de miljøproblemer, der er opstået som følge af samfundets industrialisering og vækst, blevet løst. Det gælder fx udledningen af svovlforbindelser til luften eller udledningen af næringsstoffer fra rensningsanlæg, som begge er bragt ned til acceptable niveauer. Der er dog stadig meget at gøre for at opnå et rent miljø og en god naturkvalitet. Samtidig skal dette gøres inden for tidsmæssigt og økonomisk begrænsede rammer. Det gælder derfor om at prioritere indsatsen.

En af de ting, man kan gøre, er at inddrage den geografiske dimension. Det vil sige at inddrage det forhold, at menneskets påvirkninger på miljøet sker i geografisk afgrænsede områder, eller at følsomheden og virkningerne er særlig store i visse områder. Det kan fx være, at luftforureningen er særlig problematisk i områder, hvor mange mennesker er samlet, som i byerne, eller at nogle naturtyper, såsom heder, er mere sårbare over for nedfald af næringsstoffer end andre arealer.

Det betyder, at når samfundet skal regulere sådanne miljøproblemer, kan det være bedre og mere effektivt at målrette tiltagene geografisk i stedet for at gøre reguleringen generel. Eksempler på dette er, at de tidligere amter, nu kommunerne, har udpeget specifikke, geografiske områder, hvor de gerne vil have skovrejsning. Disse områder er valgt ud fra forskellige kriterier, såsom beskyttelse af drikkevandet eller nærhed til byer. På samme måde har de tidligere amter udpeget særlig følsomme landbrugsområder (SFL-områder), hvor staten giver tilskud til afgræsning eller afhøstning af græsset – tiltag, der virker naturplejende.

Med gennemførelsen af Habitatdirektivet, som skal beskytte den værdifulde natur, og Vandrammedirektivet, som skal sikre en god vandkvalitet i vores søer, åer og kystnære vandområder, er den geografiske dimension blevet endnu mere vigtig. Disse direktiver peger netop på en geografisk målrettet analyse af påvirkningerne og indsatsen for at nå målene om en god natur- og vandkvalitet.

Miljøgeografi er et fagområde, som bidrager til vores forståelse af den geografiske dimension af miljøproblemerne. Ved hjælp af indsamling og analyse af data, som er geografisk lokaliserede til en specifik region, et lokalområde eller et sted med specifikke koordinater, kan man øge forståelsen af, hvordan menneskelige påvirkninger på miljøet og de efterfølgende virkninger hænger sammen både i tid og rum.

### **Geografiske Informationssystemer**

Udviklingen af Geografiske Informationssystemer (GIS) har haft stor betydning for de metoder, man anvender til at undersøge denne slags temaer. GIS er et IT-værktøj, som kan håndtere geografiske data – eksempelvis topografiske og tematiske kort, når bare de kan omsættes til en digital version, som indeholder geografiske koordinater (se boks 1-1). GIS kan blandt andet anvendes til at opsamle og lagre geografiske datalag, til at analysere data (fx ved at lægge kortlag oven på hinanden og foretage analyser af disse lag) og til at visualisere resultater.

Skal der indsamles store mængder af geografiske data, gør man blandt andet brug af satellitbilleder og satellitsensere.

Miljøgeografiske analyser kan foretages på mange forskellige måder og med forskellige typer af data – valget hænger sammen med problemets karakter, hvilken geografisk skala man skal arbejde på, og hvilke data der er tilgængelige. I denne bog har vi valgt at præsentere nogle eksempler på miljøgeografiske analyser, hvor GIS enten indgår som et analyseredskab eller bliver brugt til at illustrere resultaterne af analyserne. Udviklingen i anvendelsen af landets arealer er central i de fleste af disse eksempler. Vi har valgt eksemplerne således, at de illustrerer forskellige typer af analyser.

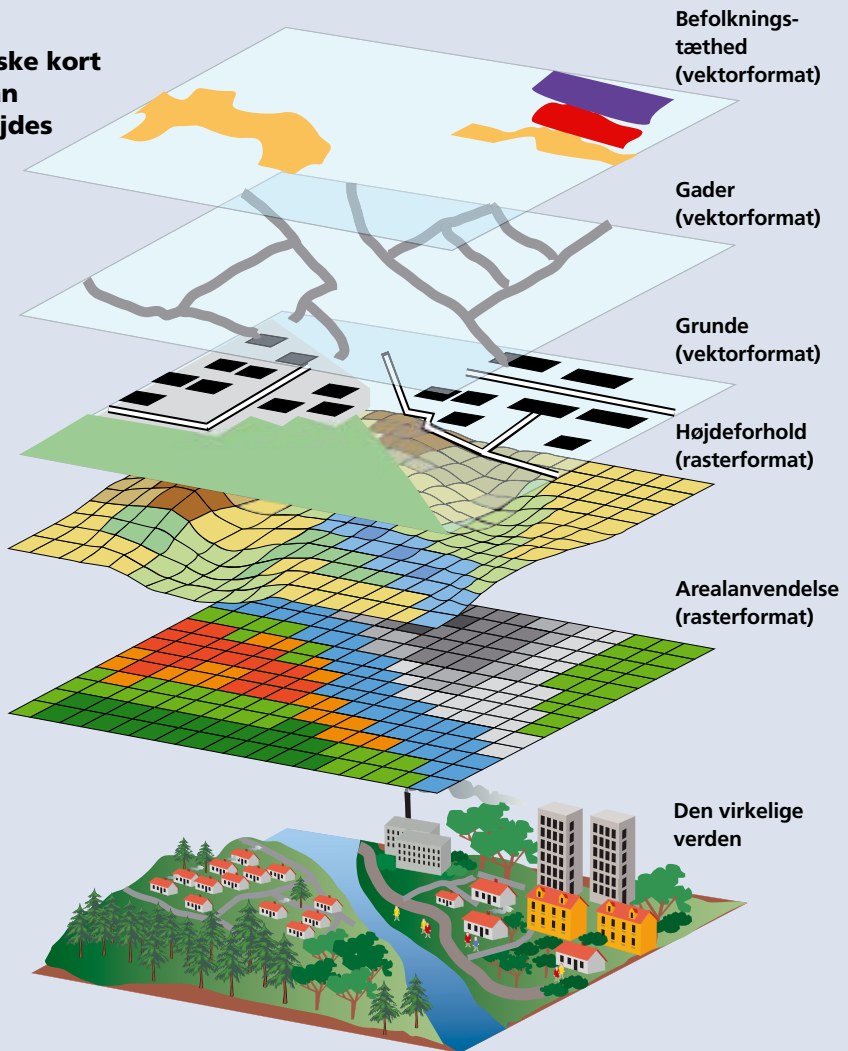
En *landskabsanalyse* lægger vægt på at finde sammenhænge mellem udviklingen i menneskers og dyrs brug af arealer og levesteder (habitater) og hertil knyttede problemer, som bedst kan opfattes på et landskabsniveau. Det kan fx være landbrugets udvikling og tilbagegangen i værdifulde naturtyper, såsom heder og moser, eller landskabets opsplitning i mindre enheder, som kan hindre spredning af arter og naturens dynamiske udvikling.

Miljøets tilstand bliver løbende *overvåget* i Danmark. Det kan ske ved opsamling af data fra bestemte lokaliteter, såsom vandløb, habitater eller veje, eller det kan ske ved brug af mere avancerede metoder, hvor man monterer satellitsendere på dyr, så man kan følge deres vandringsruter. Disse data kan sidenhen indlæses i et GIS og fremstilles på kort.

I *formidling* af overvågningens resultater til politikere og befolkning har man ofte brug for at gøre resultaterne simple og lette at kommunikere videre. Til det formål har man udviklet *indikatorer* i form af data, grafer eller kort, som kan samle en mere kompleks analyse i et enkelt billede eller budskab.

GIS er også et vigtigt redskab i *planlægningen* og *reguleringen* af miljøet. I takt med at det er blevet vigtigt at prioritere den indsats, der ydes over for miljøproblemerne, er det også i stigende grad blevet vigtigt at sætte en pris på dem, så det er muligt enten at "få mest miljø for pengene", eller at kunne undersøge, hvordan man billigst opnår et bestemt miljømål. Geografiske analyser kan i visse tilfælde bruges til at finde sådanne priser.

Boks 1-1

**Tematiske kort  
som kan  
bearbejdes  
i GIS**

Figuren viser data input til et Geografisk Informations System (GIS). Det kan være punkter, linjer eller polygoner, som giver et såkaldt *vektorkort*.

Man kan også vælge at lagre sine data i et *rasterkort*, som er et kort, der er inddelt i pixler – små kvadrater, hvor hvert kvadrat har en kode, der angiver, hvad indholdet er. Eksempelvis kan et rasterkort være et jordbundskort, hvor koden angiver lerjord, sandjord osv.

Forskellige typer data – fx jordbundsforhold og landbrugsafgrøder – kan lægges i hvert sit lag. GIS indeholder muligheder for at analysere disse såkaldte temalag ved at lægge dem oven på hinanden, skære dem ud efter hinanden eller lave matematisk modellering på dem.



# ***Landskabsanalyser***



Landskaber kan opfattes som de omgivelser, vi bevæger os rundt i. Landskaber kan imidlertid også udtrykkes som en samling af arealtyper, fx arealer med en bestemt jordbund, hældning eller bevoksning. Landskabsanalyser fokuserer på forhold som arealers indbyrdes beliggenhed, sammenhæng, størrelse og karakter, og hvad disse forhold betyder for landskabets samlede funktion. Dette kapitel beskriver gennem tre eksempler, hvordan landskabsanalyser kan øge vores viden om arealanvendelsens udvikling og udnyttelse.

Foto: Britta Munter.

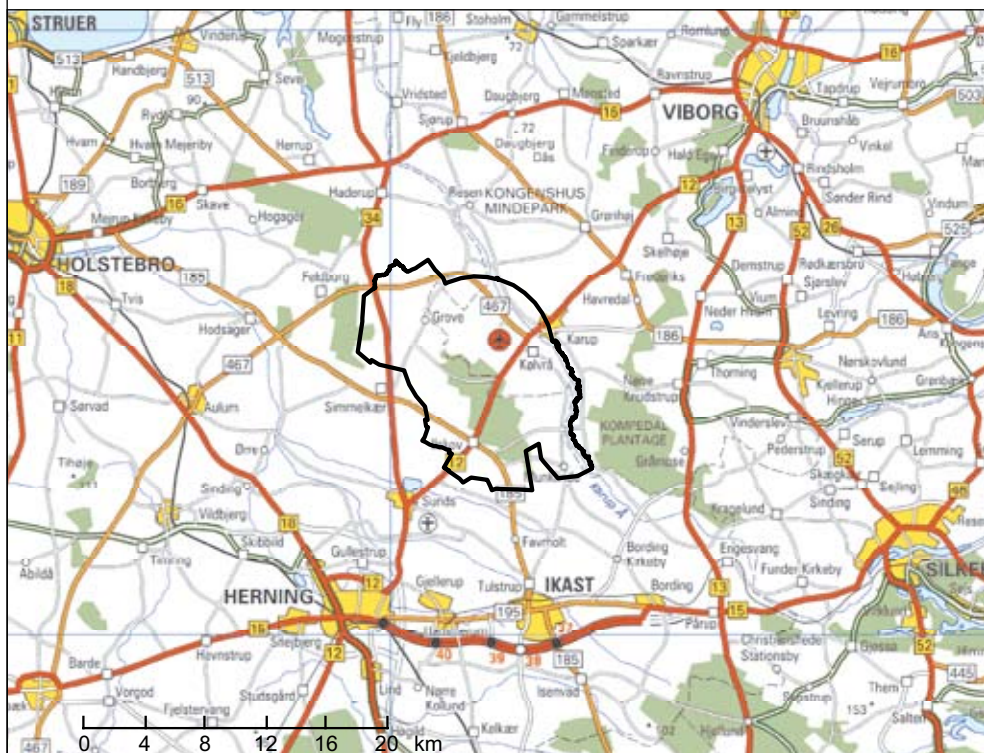
**Eksempel 1:****Udviklingen af et midtjysk landskab**

Det danske landskab er sammensat af forskellige arealtyper, der i større eller mindre grad er præget af mennesker – fra de meget påvirkede by- og landbrugsarealer over de mindre påvirkede skovarealer til arealer med halvnaturtyper som hede og overdrev. Sammensætningen og kombinationen af arealernes anvendelse, størrelse, indbyrdes beliggenhed og sammenhæng udgør rammen for de vilde dyrs og planter tilstedeværelse og livsvilkår og for vores oplevelse af landskabets karakter. Studier af landskabets udvikling over tid bidrager til en forståelse af samspillet mellem mennesket og naturen og hermed af betingelserne for at bevare og pleje vores natur. Kontinuiteten på et halvnaturareal – dvs. hvor længe arealet faktisk har haft lov til at udvikle sig uforstyrret – er således en vigtig parameter for, hvad man kan forvente at finde af natur på arealet.

**Figur 2-1**

**Kort over Midtjylland med Kragssø.**

© Kort- og Matrikelstyrelsen.





### **Et landskab ved Karup Å**

Området omkring Kragssø er en del af Karup Hedeslette og dalstrøgene langs Karup Å og dennes tilløb (figur 2-1). Siden midten af 1800-tallet har især to væsentlige udviklingsprocesser sat deres præg på det midt- og vestjyske område: Intensivering af landbruget med opdyrkningen af eng og hede og tilplantning af heder og de dårligste landbrugsjorde med skov. Specielt de tidligere hedeegne har herigennem undergået store forandringer.

Ved at sammenligne nye og gamle topografiske kort fra flere tidsperioder kan man analysere forandringerne i landskabet nærmere og præsentere dem ved hjælp af GIS. Til slut kan man zoome ind på enkelte arealtypers udvikling og foretage en kvantitativ analyse af den. Denne type analyser kan man eksempelvis anvende til at udpege såvel stabile som let foranderlige dele af landskabet, og analysen kan dermed indgå i grundlaget for forskellige typer af landskabsforvaltning.

**Figur 2-2**  
**Nutidigt hedelandskab ved**  
**Karup Å.**

Foto: Bernd Münier.

### Kortenes landskabsbillede

Når man vil undersøge udviklingen af det danske landskab, er topografiske kort et uundværligt kildemateriale (se boks 2-1). Det er dog vigtigt, at kortene er geometrisk korrekte, da de ellers er umulige at "lægge oven på hinanden" og sammenligne i et GIS. Desuden bør de være tilstrækkeligt detaljerede, så selv mindre naturarealer er registreret. Endelig skal de væsentligste arealtyper, fx hede, skov og ager være repræsenteret. Derfor er det vigtigt for den historiske analyse, at kortlægningen af disse arealtyper er foregået nogenlunde ensartet igennem hele perioden.

I dette eksempel bruger vi fire serier topografiske kort. Kortserierne fra hver kortlægning dækker hele landet, og de er derfor produceret over en årrække, som vi for overskuelighedens skyld kalder tidssnit og betegner med årene 1888, 1910, 1950 og 1996. Kortenes detaljeringsgrad er bestemt af målestoksforholdet, som skifter fra 1:20.000 for de tre første serier til 1:25.000 i den sidste serie – det vil sige, at 1 millimeter på kortet svarer til 20 meter i landskabet for de tre første serier og 25 meter i landskabet for den sidste serie.

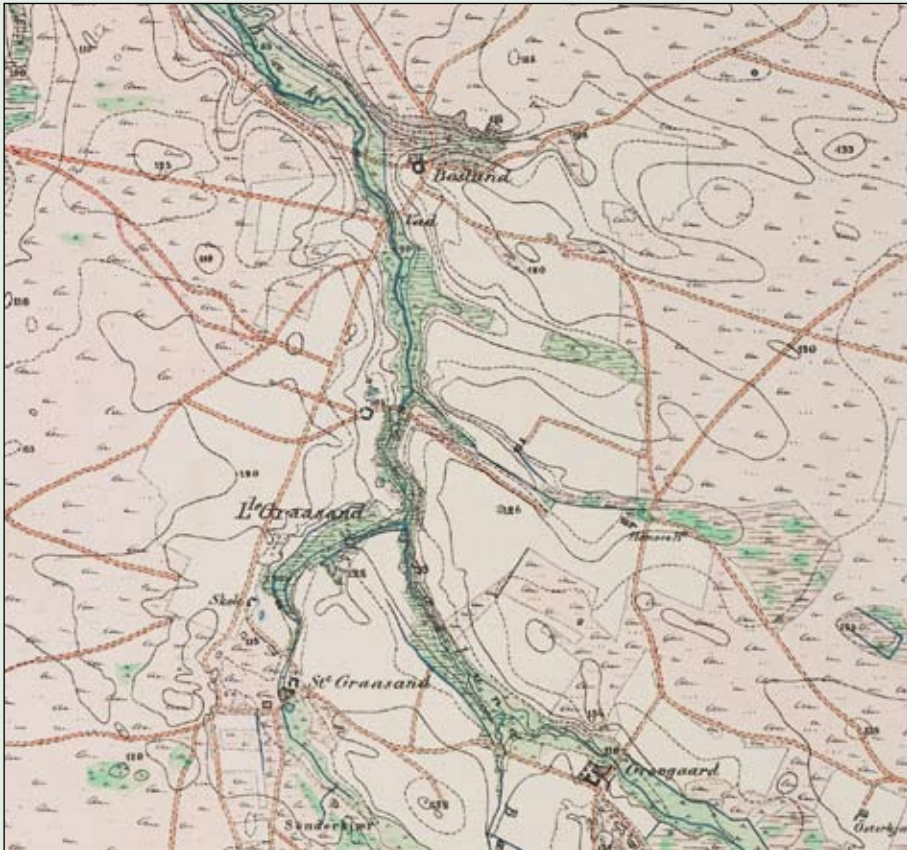
Når man analyserer kort, er det vigtigt at holde sig for øje, at kortet oprindeligt er produceret med et bestemt formål. De første topografiske kort blev produceret af militæret, hvorimod nutidens topografiske kort bliver anvendt til en lang række formål, herunder den offentlige forvaltning af natur og landskab, fritidsaktiviteter, forskning og undervisning, fx inden for miljøgeografi.

På kortet i boks 2-1 vises et udsnit fra 1873 af landskabet ved Gindeskov Bæk nordvest for Grove omkring en mindre ådal med sidedale, der gennemløber kortet fra sydøst til nordvest. Kortet viser, at de spredte gårde lå på grænsen mellem eng og ager og tæt ved vandløbene for at mindske afstanden til græs og hø fra engen og til de dyrkede agre. De arealer, der lå tættest på gårdene, blev anvendt som ager (gengivet uden signatur), hvorimod heden lå længst væk og kun blev anvendt til græsning og lyngslæt eller opdyrket lejlighedsvis.

På kortet ses et udvalg af de signaturer, der er anvendt i analysens første serie topografiske kort: de høje målebordsblade. Fugtige områder er farvelagt med grøn, hvor moser er angivet med korte vandrette streger og enge med små

Boks 2-1

**Topografiske kort**



**Eksempel på topografisk kort. Udsnit af målebordsblad T16 "Gindeskov" fra 1873.**

© Kort- og Matrikelstyrelsen.

Topografiske kort viser en forenklet gengivelse af Jordens overflade. De væsentlige elementer, der bliver gengivet i et topografisk kort, er bebyggelser, veje, jernbaner, søer, åer samt forskellige arealtyper i det åbne land og eventuelt højdeforhold.

Detaljerede topografiske kort er blevet fremstillet siden sidste halvdel af 1800-tallet. De blev oprindeligt udarbejdet til militære formål, hvor det gjaldt om at gengive terrænet og dets forhindringer. Derfor fokuserer gamle kort ofte på arealtyper som skov, natur- og halvkulturarealer, fx heder, enge og moser, hvorimod kortene ikke gengiver dyrkede marker, græs- og overdrevsarealer, der ikke bød på meget dækning eller hindrede militære operationer.

signaturer, der ligner tuer af græs. De signaturløse områder er agre, og de findes i reglen i tilknytning til ådalen. Hedearealerne findes ud mod kanten af udsnittet, og de er farvet lyserøde og forsynet med små "krølle-signaturer", der antyder lyngbevoksninger. Gårde og huse ligger spredt, fortrinsvis på overgangen mellem eng og ager. De enkelte bygninger er gengivet som små sorte firkanter, og det kan fx ses, hvor mange længer gårdene har. Vejforbindelser er gule med stiplede kanter, og de har nok mest haft karakter af hjulspor og markveje med midterrabat.

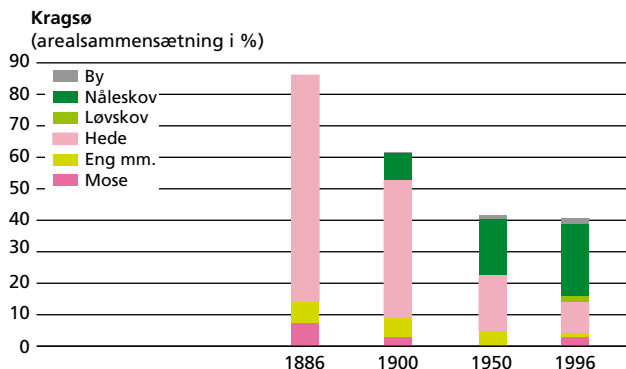
### Landskabet ændrer karakter

Man kan som nævnt ovenfor se væsentlige ændringer i landskabet blot ved at lægge de topografiske kort fra forskellige tidssnit ved siden af hinanden, men det kan være svært at afgøre, om fx et areal fra det ene tidssnit nøjagtig svarer til et areal, der er gengivet i næste tidssnit. Her er GIS en uvurderlig hjælp. Vi anvender GIS til at lægge de scannede topografiske kort ind i en samlet kortdatabase. Afgrænsningen af alle arealerne bliver digitaliseret på en PC og forsynet med oplysninger om arealtypen. I vores eksempel er resultatet fire digitale kort, som vi kan lægge sammen, således at vi kan analysere arealudviklingen, sammenfaldende grænser og typer af arealændringer (figur 2-5).

I 1886 var området omkring Kragssø endnu domineret af hede, der på det tidspunkt udgjorde 72 % af det kortlagte område (figur 2-3). Enge og moser langs åer udgjorde hver 7 % af området. Landbruget var på den tid overvejende

**Figur 2-3**

**Landskabsudvikling belyst ved ændringer i de forskellige anvendelsers andel af det samlede areal. Udviklingen viser tilbagegang i heden til fordel for skov og ager (ager udgør størstedelen af restarealet op til 100 %).**





baseret på græsning i disse ådale og kun i mindre grad på heden. Bonden kunne bruge gødningen fra dyrene til at gøde et mindre markareal på de meget sandede og tørre hedejorde. Dette areal udgjorde kun 14 % af området.

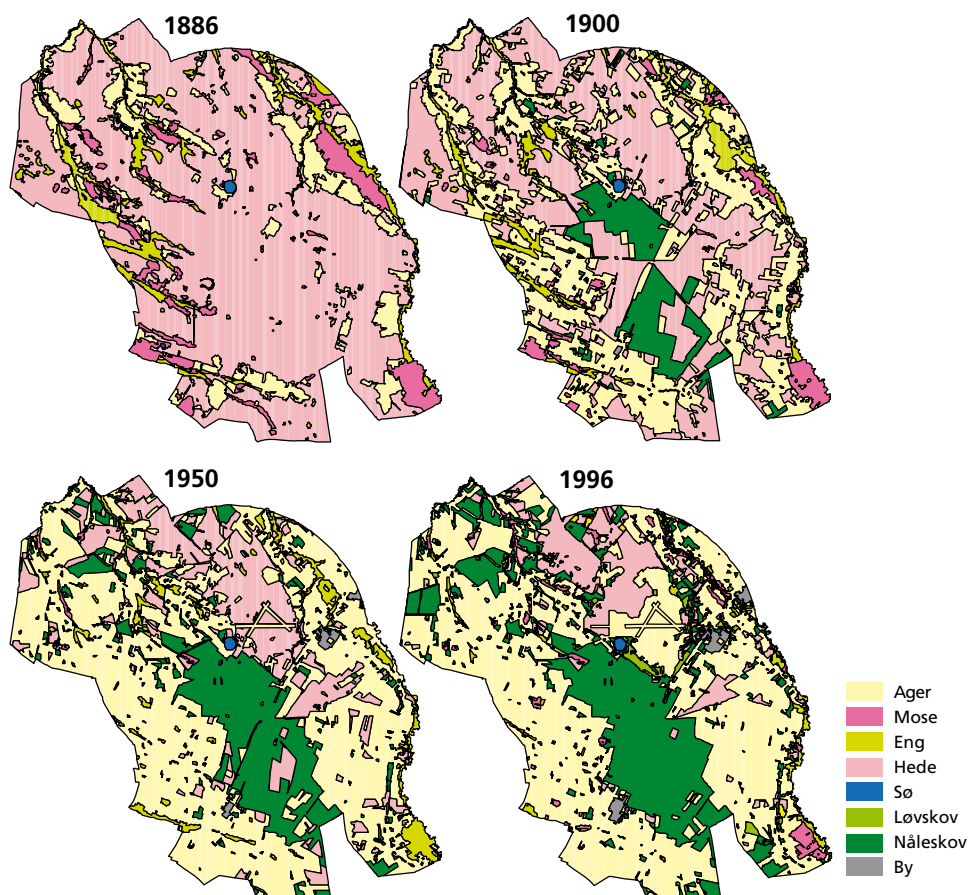
**Figur 2-4**  
**Lynghede med planter og skov.**

Foto: Britta Munter.

Helt frem til Første Verdenskrig var området stadigvæk i høj grad dækket af hede, om end dennes andel var skrumpet til 44 %, da vanding og den spæde start af gødningsimport og tilførsel af kalk øgede landbrugets udbytte og førte til en udvidelse af det dyrkede areal på såvel hedebladen som i ådalene (kort 1900 på figur 2-5). I den centrale del af området, som lå længst væk fra ådalene og dermed fra gårdene og fra mulighederne for at vande eller tilføre gødning, dukkede de første nåletræsplantager op. Tilplantning med skov var dengang en mulighed for at udnytte de dårligste eller utilgængelige dele af heden. Samtidig gav skovene og de levende hegn læ og begrænsede sandflugten og udtørringen af markjorden.

Efter Anden Verdenskrig kom der skred i opdyrkningen, og mange nye arealer blev inddraget til landbrugsjord (kort 1950). Heden og de fleste enge var forsvundet fra områdets vestlige og sydlige del, som nu var ligeligt delt mellem marker og plantager. Kun mod nord var der større hedearealer tilbage, og en del af engene mod Karup Å i øst fandtes stadig. Årsagen til, at hederne var bevaret i denne del, var muligvis, at flyvestationen Karup blev etableret under Anden Verdenskrig. Man kan se landingsbanerne som tre krydsende bjælker midt på kortet fra 1950, men selve flyvestationen dækkede et væsentlig større område, idet det krævede megen plads til hangarer og bunkers til fly, brændstof og ammunition. I 1996 var heden da også delvist forsvundet fra dette areal, og landingsbanerne indgik i kortlægningen som "andet" sammen med de omkringliggende arealer.

I den sidste periode startede en kraftig intensivering af landbruget, der i stigende grad anvendte handelsgødning som supplement til naturgødning i dyrkningen. Det var ikke længere nødvendigt at afgræsse eller slå hø på engene, og dermed blev landbruget helt frigjort fra engarealerne som foderkilde. Disse blev afvandet og opdyrket (kort 1996 på figur 2-5). Vandet satte indtil da en effektiv grænse for udbyttets størrelse, men med den stigende brug af kunstvanding kunne landmanden også overvinde dette. Det afhang dog af, om det var muligt at indvinde enten grundvand eller overfladevand. På denne måde kunne landmanden få en højere produktion på de samme arealer, og det



**Figur 2-5**  
**Udviklingen i området omkring Kragssø. Landskabet har i løbet af 100 år ændret sig fra at være domineret af heder, enge og moser til at være domineret af skove og dyrkede marker.**

var formentlig årsagen til, at de jorde, der var vanskelige at dyrke, blev opgivet og plantet til med skov.

Kortene viser endvidere, at landskabet havde et forholdsvis ensformigt udseende i 1886, hvorefter der skete en stigende opsplitning af landskabet i de mellemliggende perioder. Heden udviklede sig fra at være den dominerede arealtype til mindre, spredte restarealer. Agerlandet blev derimod samlet og dominerende, om end plantagerne med tiden overtog en større del af området. Det er dog svært at følge denne udvikling nøje ved blot at se på kortene. Derfor vil vi nu vise, hvordan man kan analysere sådan en udvikling kvantitativt.

### Typiske udviklingsserier

Som nævnt kan man følge udviklingen af de enkelte arealer gennem perioden ved at lægge de fire kort oven på hinanden i et GIS. Man får da samlet et kort, hvor hvert areal er forsynet med oplysninger om arealdække i hver af de fire tidssnit. Man kan derefter finde de arealer, der har den samme udviklingshistorie og efterfølgende beregne deres samlede areal. Vi har illustreret dette i et blokdiagram (figur 2-6), der beskriver hovedtrækkene i ændringerne over tid.

Udviklingsserierne er betegnet med bogstaverne A til L i figuren og tager udgangspunkt i 1996. Hvis man går en søjle til venstre for 1996 og dermed et trin tilbage i tiden til 1950, vil visse dele af en arealklasse være uændrede, mens andre dele har skiftet arealtype. Ved at gennemgå ændringerne på denne måde kan man fx se, at ca. 75 % af de nuværende nåleskove allerede fandtes i 1950 på de samme arealer (serie J-K-L), hvorimod de resterende nåleskove i 1996 er plantet på det, der var ager og hede i 1950 (serie H og I). Hvis man går længere tilbage i tiden til 1900 eller helt tilbage til 1886, kan man se, at nogle af de agre, der blev tilplantede mellem 1900 og 1996, tidligere var dækket af hede (serie H og L).

Blokdiagrammet (figur 2-6) og kortene (figur 2-7) viser, at de dominerende udviklingstræk er opdyrkning og tilplantning af heden. Det præcise omfang og skiftet i arealtype ved overgangen fra hede til ager og skov fremgår dog først ved denne type analyse. En del af agerlandet er således blevet opgivet efter en eller to perioder og efterfølgende tilplantet med nåleskov.

I figur 2-6 er som sagt kun medtaget de dominerende udviklingsserier, der i alt udgør 81 % af det samlede areal. Derudover er der en lang række ændringer, der kun slår igennem som mindre arealer. Det er kendetegnende for området, at 80 % af arealet har skiftet anvendelse en eller flere gange i løbet af det seneste århundrede, og det hører dermed til et af de mest dynamiske landskaber i Danmark. Denne rumlige dynamik mellem hede, ager og skov kigger vi nærmere på i næste afsnit.

| 1896 | 1900 | 1950 | 1996 | Serie | Udvikling                      | Andel  |
|------|------|------|------|-------|--------------------------------|--------|
|      |      |      |      | A     | Vedvarende mark                | 9,2 %  |
|      |      |      |      | B     | Eng og mose, opdyrket før 1900 | 4,2 %  |
|      |      |      |      | C     | Hede, opdyrket før 1900        | 16,6 % |
|      |      |      |      | D     | Eng og mose, opdyrket før 1950 | 3,0 %  |
|      |      |      |      | E     | Hede opdyrket før 1950         | 15,6 % |
|      |      |      |      | F     | Hede opdyrket før 1996         | 6,4 %  |
|      |      |      |      | G     | Vedvarende hede                | 7,1 %  |
|      |      |      |      | H     | Hede-hede-mark-skov            | 2,3 %  |
|      |      |      |      | I     | Hede tilplantet før 1996       | 1,8 %  |
|      |      |      |      | J     | Hede - mark - skov - skov      | 1,2 %  |
|      |      |      |      | K     | Hede, tilplantet før 1950      | 6,3 %  |
|      |      |      |      | L     | Hede, tilplantet før 1900      | 7,4 %  |

Ager  
 Eng  
 Nåleskov  
 Hede

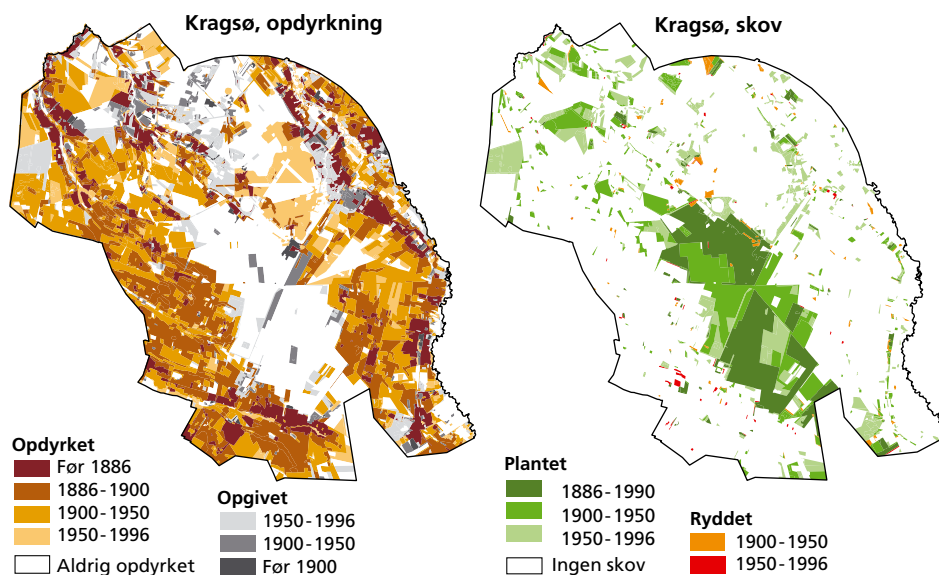
**Figur 2-6**  
**Blokdiagram over væsent-**  
**lige ændringer i areal-**  
**dække i området omkring**  
**Kragsø mellem 1886 og**  
**1996. Ved at sammenligne**  
**rækkevis over de fire**  
**kolonner ses det, at store**  
**dele af arealet har ændret**  
**anvendelse en eller flere**  
**gange.**

**Geografisk samspil mellem hede, opdyrkning og tilplantning**

Som vist ovenfor er de to væsentlige udviklinger i området opdyrkningen af heden og tilplantningen af hede og ager med skov. Figur 2-7 viser i venstre side opdyrkningen af området. De brune farver angiver områder, der stadig er agerland. Jo mørkere farve, jo ældre opdyrkning. De grå farver i venstre kort viser områder, der tidligere har været dyrket, men som nu er opgivet. Kortet til højre viser tilplantningen, igen med de mørkeste farver som de ældste tilplantninger. Røde nuancer gengiver nogle få områder, hvor skoven er fældet igen.

Ligesom blokdiagrammet i forrige afsnit afslører kortene en kraftig dynamik i landskabet, især hvad angår opdyrkning af heden og opgivelse af agerlandet med efterfølgende tilplantning, og særligt i de centrale og nordlige dele af området. I området omkring flyvepladsen i Karup (det markerede område omkring de tre krydsende landingsbaner i figur 2-5) er heden forsvundet i den sidste periode (mellem årene 1950-1996). Det skyldes imidlertid ikke opdyrkning, men at heden her er afløst af græs, som ikke kortlægges i de topografiske kort. Metoden er altså forbundet med visse svagheder, som knytter sig til valget af de arealtyper, man har ønsket at vise på de topografiske kort.

**Figur 2-7**  
**Opdyrkning og skovtil-**  
**plantning i Kragssø-området**  
**mellem 1886 og 1996.**





**Figur 2-8**  
**Ændringer i landskab og arealanvendelse har medført sandflugt og tilgroning af agrene med hedelyng.**

Foto: Britta Munter.

Set i lyset af disse meget store ændringer i udbredelsen af forskellige arealtyper, som er sket i løbet af bare hundrede år, må man spørge, hvad det er for en landskabskarakter, der kendetegner de midtjyske egne, og som har haft betydning for den udviklingsdynamik, som området har været underlagt.

Set i et lidt længere tidsperspektiv har områderne været dækket af skov og anden form for trævegetation, som afløste tundraen efter istidens afslutning. Først med indførslen af agerbruget i bondestenalderen begyndte menneskene at rydde skoven for at skaffe plads til agrene. Landskabet har sidenhen ændret karakter flere gange, herunder med store rydninger af skove i 1500- og 1600-tallet. Disse ændringer i landskab og arealanvendelse medførte gentagne gange omfattende sandflugt og tilgroning af de opgivne agre med hedelyng. Herefter følger så den periode med opdyrkning og tilplantning, som er illustreret ovenfor, og som i høj grad er foregået på jordbrugets præmisser og med produktivitetsformål for øje. Siden 1990'erne er dette fokus suppleret af en større vægt på naturbeskyttelse og pleje af de rester af tidligere udbredte naturtyper, som man stadig finder i landskabet.

Analyserne kan give et vigtigt fingerpeg om, hvor længe de enkelte arealer har ligget som en given arealtype. Dette er af betydning for planlægningen og forvaltningen af disse halvnaturtyper, og også kulturhistoriske interesser kan have glæde af sådanne analyser.

## Eksempel 2: Økologiske jordbrugs betydning for landskabet

Mange vilde dyr og planter er afhængige af et varieret landbrugslandskab med mange små marker og forskellige afgrøder. Store marker og få afgrøder har negative konsekvenser for dem. I det følgende eksempel viser vi, hvordan vi har undersøgt, om økologiske jordbrug påvirker landskabet anderledes end de konventionelle jordbrug.

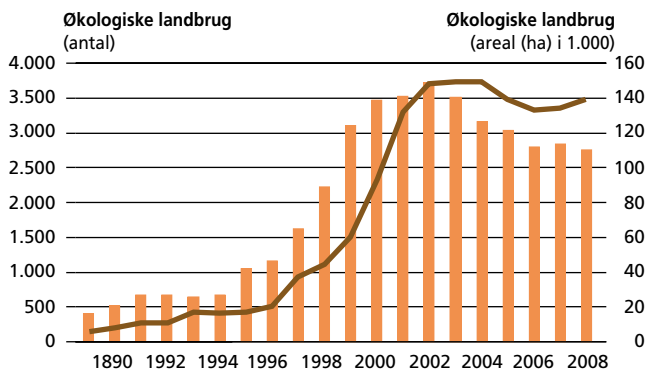
### Hvordan påvirker omlægningen til økologisk jordbrug landskabet?

Gennem de sidste 50 år har udviklingen i landbruget haft store konsekvenser for det danske landbrugslandskab. Landskabet er blevet tilpasset mere intensive og mekaniserede driftsformer. Markerne er blevet lagt sammen, og markstørrelserne er forøget. Samtidig er man gået fra en meget alsidig produktion med mange forskellige afgrøder på samme landbrug til en specialisering af produktionen med færre forskellige afgrøder og dermed en mere ensartet arealanvendelse.

En stigende efterspørgsel efter økologiske fødevarer samt en statslig støtte til økologi har siden midten af 1990'erne medført en stor stigning i antallet af økologiske landbrug og i det areal, der er omlagt til økologisk produktion (figur 2-9). Den økologiske driftsform søger at tilpasse sig og beskytte de økologiske kredsløb og systemer. Der er forbud mod at bruge ukrudtsmidler, ligesom man heller ikke må

**Figur 2-9**  
Udviklingen i det økologisk dyrkede areal (kurven og akse til højre) og antallet af økologiske landbrug (søjlerne og akse til venstre) i Danmark fra 1998 til 2009.

Kilder: Plantedirektoratet 2009.



bruge kunstgødning. Dette forbud mod ukrudtsmidler betyder, at den økologiske driftsform har en positiv virkning på vilde dyr og planter både i selve markerne og i de levesteder, der ligger i kanten af markerne (fx levende hegn). Både fra politisk side og fra producenternes side mener man endvidere, at økologiske jordbrug, sammenlignet med de konventionelle jordbrug, har en positiv indflydelse på landskabet og variationen i dette.

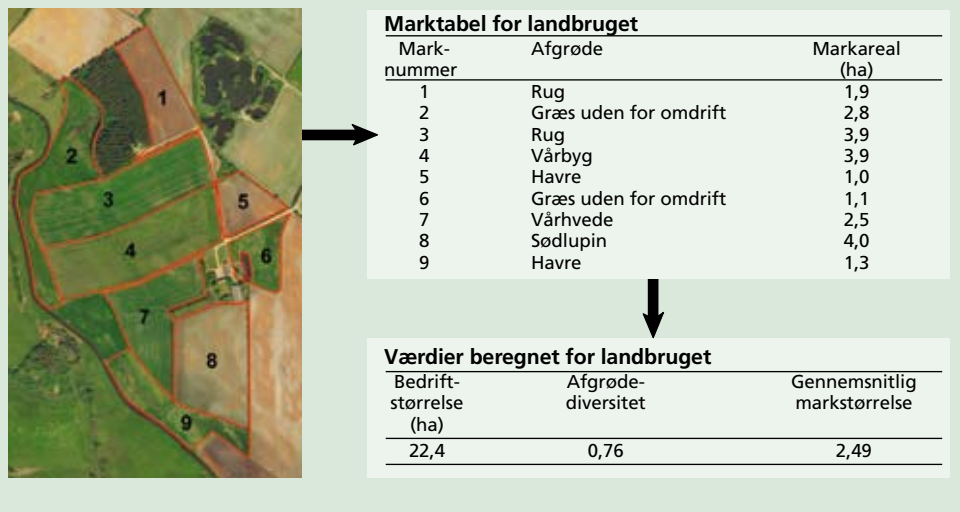
I dette eksempel vil vi vise nogle af resultaterne fra en undersøgelse af, hvordan omlægningen til økologisk jordbrug påvirker landskabet. Vi har lagt vægt på at beskrive, hvordan det er muligt at anvende landbrugsregistre til denne type undersøgelse. Desuden vil vi vise, hvordan man kan bruge GIS til at anskueliggøre undersøgelsen.

**Figur 2-10**

**I det økologiske landbrug er der forbud mod at bruge ukrudtsmidler og kunstgødning. Det har bl.a. betydning for de vilde dyrs levesteder.**

Foto: Bernd Münier.





Figur 2-11

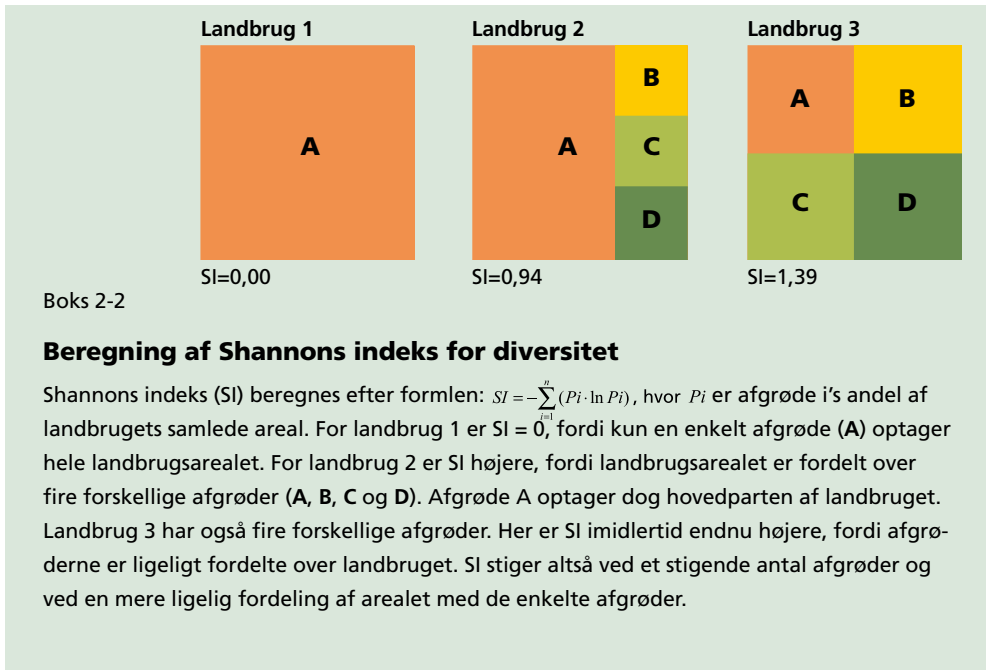
Eksempel på, hvordan mark-data i landbrugsregistrene kan anvendes til at beregne forskellige forhold på et enkelt landbrug. Kortet viser et markkort for et økologisk landbrug nord for Herning i 2004. Markkortet er ved hjælp af GIS lagt over et luftfoto. I marktabellen til højre er der for hver mark registreret dens areal, året for omlægning til økologisk drift og afgrøden på marken. På baggrund af disse markdata beregnes størrelsen af landbruget (det samlede areal af marker), afgrødediversiteten (Shannons indeks) og den gennemsnitlige markstørrelse.

### Forskelle mellem økologiske og konventionelle landbrug

I vores undersøgelse anvender vi landbrugsregistre til at vise nogle af forskellene mellem økologiske og konventionelle landbrug. Landbrugsregistrene indeholder data for samtlige landbrug (bedrifter) i Danmark (i 2004 var der godt 47.000). Registrene er et vigtigt redskab til at styre og kontrollere den økonomiske støtte til landbrugsproduktionen (fx EU's hektarstøtteordninger). Hvert enkelt landbrug skal årligt angive den enkelte marks areal og oplyse, hvilken afgrøde der bliver dyrket på marken. For økologiske marker skal landmanden endvidere angive, hvornår markerne er blevet lagt om til økologisk drift.

Figur 2-11 viser et eksempel på, hvordan vi bruger disse markdata til at beregne det samlede areal af et landbrug, afgrødediversiteten på landbruget og den gennemsnitlige størrelse af markerne på landbruget. Vi har anvendt GIS til at illustrere markfordelingen, hvilket er nærmere beskrevet i figur 2-14. Som mål for afgrødediversiteten anvender vi et mål, som kaldes Shannons indeks. Indekset er nærmere beskrevet i boks 2-2.

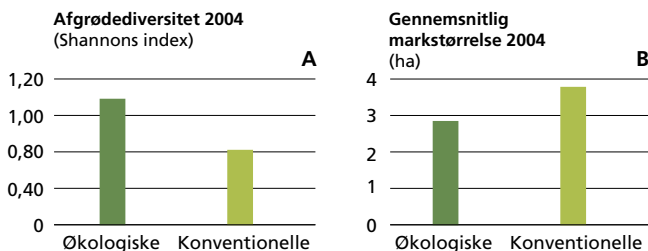
På baggrund af oplysningerne fra landbrugsregistrene har man mulighed for at sammenligne fx afgrødediversiteten og de gennemsnitlige markstørrelser på økologiske og konventionelle landbrug. Man kan også sammenligne af-



grødediversiteten og markstørrelserne på forskellige størrelser af landbrug.

Når man sammenligner økologiske og konventionelle landbrug, kan man se, at afgrødediversiteten er størst på økologiske landbrug (figur 2-12A). Den gennemsnitlige markstørrelse er derimod størst på konventionelle landbrug (figur 2-12B).

Hvis vi sammenligner økologiske og konventionelle landbrug af forskellige størrelser, kan vi imidlertid se, at det for alle landbrugsstørrelser gælder, at afgrødediversite-



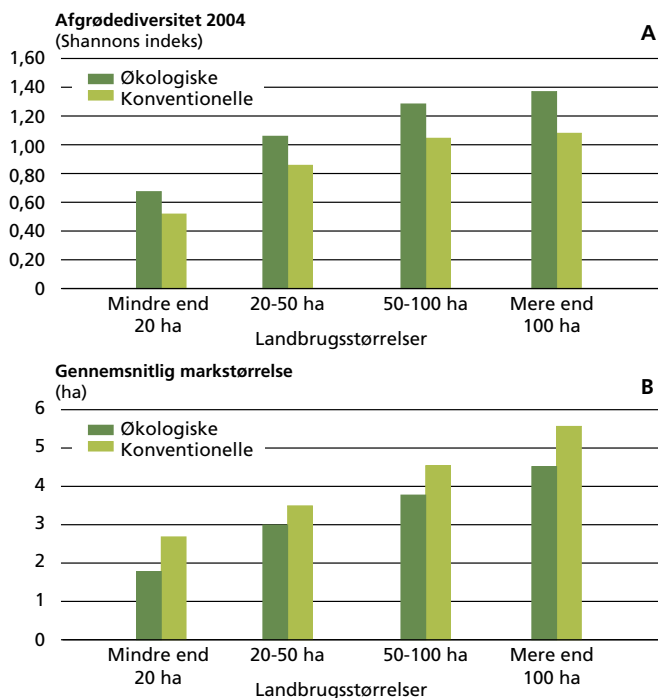
**Figur 2-12**  
Forskelle i afgrødediversitet og markstørrelse mellem økologiske og konventionelle landbrug i Danmark i 2004.

Kilde: Landbrugsregister 2004.

**Figur 2-13**

**Afgrødediversitet og markstørrelser i forhold til økologiske/konventionelle landbrug samt landbrugsstørrelser i Danmark i 2004.** Figuren viser, at inden for alle landbrugsstørrelser var afgrødediversiteten højere og markstørrelserne mindre på økologiske landbrug end på konventionelle.

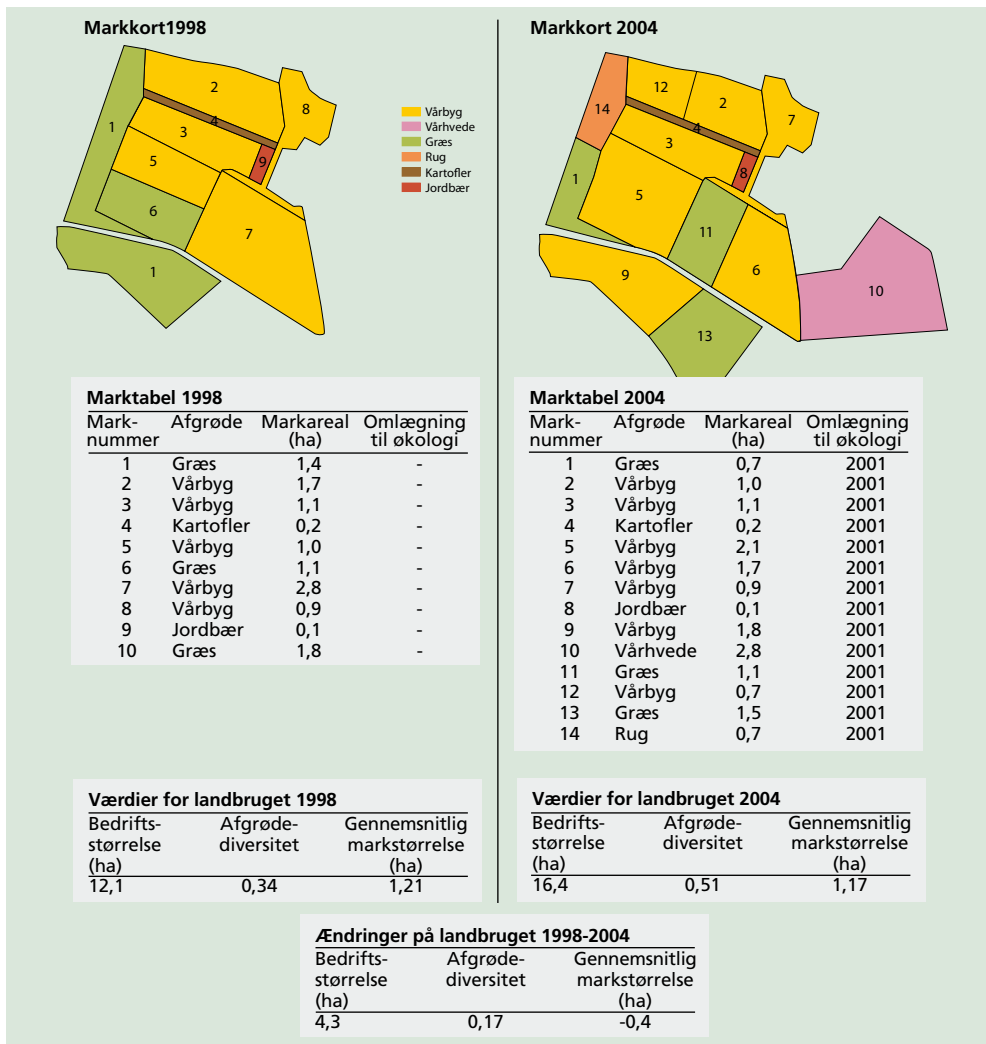
Kilde: Landbrugsregister 2004.



ten er større på økologiske landbrug (figur 2-13A). Samtidig er den gennemsnitlige markstørrelse større på konventionelle landbrug, uanset om der er tale om store eller små landbrug (figur 2-13B). Det betyder, at forskellene i afgrødediversitet og markstørrelser mellem økologiske og konventionelle landbrug ikke skyldes, at økologiske landbrug er mindre end konventionelle landbrug.

### Ændringer efter omlægning til økologisk drift

Analysen på de foregående sider illustrerer, at der er visse forskelle mellem økologiske og konventionelle landbrug, men at forskellene ikke kan forklares af størrelsen på landbruget. For at finde ud af, om det er selve omlægningen til økologisk landbrug, som medfører ændringer i landskabet, er det vigtigt at se på udviklingen i landskabet over tid. Vi anvender også landbrugsregistre i denne forbindelse. Figur 2-14 illustrerer, hvordan vi kan følge udviklingen for hvert enkelt landbrug ved at anvende landbrugsregistre for forskellige år.



Figur 2-14

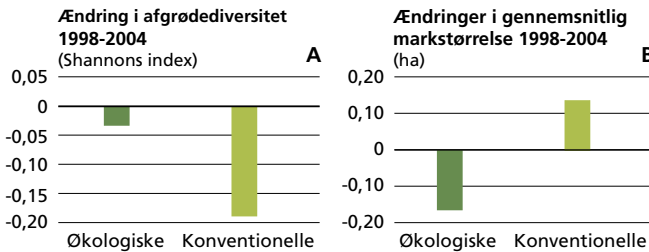
Eksempel på hvordan man kan anvende markdata i landbrugsregistre til at analysere udviklingen i på et enkelt landbrug. De øverste kort viser markkort for henholdsvis 1998 og 2004 fra et økologisk landbrug, som ligger i nærheden af Randers. Afgrøderne på de enkelte marker er vist med forskellige farver ved hjælp af GIS. I marktabellen nedenunder er der for hver mark registreret dens areal, året for omlægning til økologisk drift og afgrøden på marken. Som det fremgår af marktabellen for 2004, blev alle marker lagt om til økologisk drift i 2001. På baggrund af disse markdata beregnes landbrugets samlede areal (det samlede areal af marker), afgrødediversiteten (Shannons indeks) og den gennemsnitlige markstørrelse i både 1998 og 2004. Endelig kan ændringerne fra 1998 til 2004 beregnes.



**Figur 2-15**

Den gennemsnitlige markstørrelse var mindre på økologiske end på konventionelle bedrifter i 2004.

Foto: Britta Munter.



Figur 2-16

Ændringer i afgrødediversitet og markstørrelse i henholdsvis økologiske og konventionelle landbrug i Danmark fra 1998 til 2004.

Kilde: Landbrugsregistre 1998 og 2004.

I eksemplet vist i figur 2-17 har vi anvendt landbrugsregistre fra 1998 og 2004 til at beregne ændringer i afgrødediversitet og i markstørrelser. Alle landbrug er grupperet i økologiske og konventionelle landbrug. Desuden er landbrugene grupperet i landbrug, som mellem 1998 og 2004 har haft en stigning i størrelse, landbrug som har haft et fald i størrelsen samt landbrug med uændret størrelse.

Analysen viser, at der i perioden fra 1998 til 2004 var en tydelig sammenhæng mellem driftsformen (økologisk eller konventionel) og ændringer i landskabet. Afgrødediversiteten faldt på både økologiske og konventionelle landbrug. Faldet var dog betydeligt større på de konventionelle (figur 2-16A). Markstørrelsen faldt på de økologiske landbrug mens den steg på de konventionelle (figur 2-16B). Figur 2-17A og 2-17B viser, at der også er en tydelig sammenhæng mellem ændringer i bedriftsstørrelse og ændringer i landskabet. På landbrug med faldende størrelse faldt afgrødediversiteten og markerne blev mindre. På landbrug med stigende størrelse steg afgrødediversiteten, mens markerne blev større. Uanset ændringer i landbrugsstørrelse er der dog forskel mellem økologiske og konventionelle land-

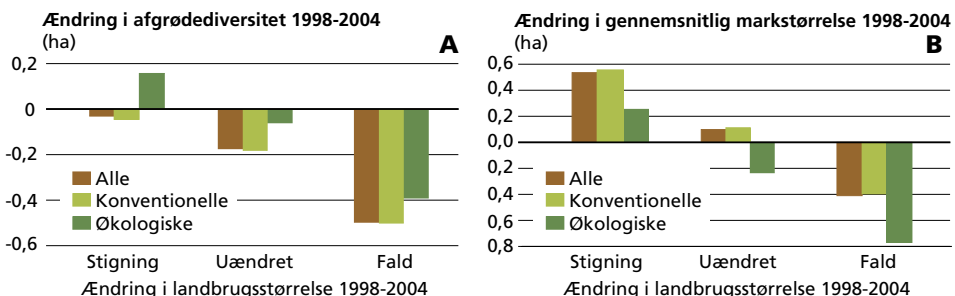
Figur 2-17

Ændringer i afgrødediversitet og markstørrelse i henholdsvis økologiske og konventionelle landbrug samt ændring i landbrugsstørrelser fra 1998 – 2004.

A) viser, at uanset ændring i landbrugsstørrelse er reduktionen i afgrødediversitet mindre på økologiske end på konventionelle landbrug. På økologiske landbrug med en stigning i landbrugsstørrelse har afgrødediversiteten endda været stigende.

B) viser, at uanset ændring i landbrugsstørrelse, er ændring i markstørrelse forskellig mellem økologiske og konventionelle landbrug.

Kilde: Landbrugsregistre 1998 og 2004.



brug, idet faldet i afgrødediversitet er mindre på de økologiske landbrug, og for landbrug med stigende størrelse har afgrødediversiteten på de økologiske landbrug endda været stigende. Faldet i markstørrelser har været større på de økologiske end de konventionelle landbrug. Kun for økologiske landbrug med stigende størrelse har der været en stigende markstørrelse, som dog har været markant mindre end på konventionelle landbrug.

### **Virkningerne på landskabet**

Vores undersøgelse viser, at økologisk jordbrug påvirker afgrødediversitet og markstørrelser. Desuden har den vist, at denne indflydelse er uafhængig af landbrugsstørrelser og ændringer i disse. Større afgrødediversitet og mindre marker på økologiske jordbrug hænger sandsynligvis sammen med, at landmanden ikke må bruge kunstgødning på økologisk landbrug. Næringsstofbalancen i jorden skal derfor opretholdes gennem en mere kompleks afgrøderotation, hvilket dels medfører en højere afgrødediversitet dels flere og mindre marker. En høj afgrødediversitet og mindre marker styrker landskabets funktion som levested for vilde dyr og planter. Økologisk jordbrug kan derfor til en vis grad modvirke, at udviklingen i landbruget generelt fører til et mere ensartet landskab.

I principperne for økologisk jordbrug står der, at økologisk jordbrug skal gavne landskaber og biodiversitet. Det økologiske jordbrugs gavnlige virkning på landskabet i Danmark er imidlertid ikke nødvendigvis et tilsigtet resultat af reglerne for økologisk jordbrug, men snarere en indirekte virkning af forbuddet mod brug af kunstgødning i økologisk drift.

At en omlægning af konventionelle jordbrug til økologiske påvirker landskabet i form af ændringer i afgrødediversitet og i markstørrelser er vigtigt for fremtidens udvikling i landbrugslandskabet. Fremskrivninger for landbruget viser, at den generelle udvikling med voksende bedriftsstørrelser vil fortsætte i fremtiden, hvilket sandsynligvis vil medføre en yderligere ensretning af landbrugslandskabet med en mindre afgrødediversitet og voksende markstørrelser. Samtidig viser foreløbige prognoser, at der nu, efter nogle år med stagnation og tilbagegang for økologisk jord-

brug, igen vil ske en stigning i antallet af økologiske bedrifter og i det økologiske areal (som vi så det i figur 2-8). Denne fremgang i økologisk jordbrug kan til en vis grad modvirke de negative landskabelige konsekvenser af fremtidens strukturudvikling i landbruget.

**Figur 2-18**

**Bedrifter med små marker har flere skel og ofte flere levende hegn end bedrifter med store marker. Det har en positiv virkning som levesteder for dyr og planter.**

Foto: Britta Munter.



**Figur 2-19**

**Græssende rensdyr i et  
landskab ved Kangerlus-  
suaq i Vestgrønland.**

Foto: Peter Aastrup.

**Eksempel 3:****Hvor er rensdyrene?**

Rensdyr er udbredt i store dele af Vestgrønland, og de spiller en væsentlig rolle som bytte for fangere og fritidsjægere, men rensdyrene er under pres. Forskere forventer, at klima-



ændringerne vil slå stærkt igennem på Grønland, at turismen og råstofudnyttelsen vil stige, og at forbedrede transportmuligheder vil gøre det lettere for fangerne at udnytte dyrelivet i stadig større afstand fra de områder, hvor de er bosat. Dette påvirker rensdyrenes muligheder for at udnytte vigtige græsningsressourcer.

Rensdyrene er særligt følsomme i kælvningstiden i juni, hvor de drægtige hundyr år efter år opsøger de samme områder for at føde deres kalve. I kælvningsområderne er der en tidlig fremvækst af næringsrige planter, som giver fordelagtige betingelser for hunddyrene og de nyfødte kalves ernæring. Men også resten af den korte arktiske sommer er vigtig, fordi rensdyrene skal have mulighed for at opbygge fedtlagre til at stå igennem den lange vinter med fødeknaphed.

Hvis man skal beskytte rensdyrene, må man vide, hvor dyrene befinder sig i de perioder, hvor de er mest sårbare. Det er imidlertid dyrt at kortlægge dyrenes forekomst, da de færdes i meget store områder, og de barske klimatiske forhold i Grønland giver ofte anledning til vanskelige arbejdsbetingelser. Udviklingen af forskellige former for satellitbaseret kortlægning (Remote Sensing) er derfor et meget værdifuldt hjælpemiddel i arbejdet med at regulere og beskytte den grønlandske bestand af rensdyr (se boks 2-3).

Satellitbilleder og metoder til at analysere satellitbillederne bliver løbende udviklet, og ved hjælp af satellitsendere, som påmonteres dyrene, kan man nu få oplysninger om selv mindre fugle og pattedyrs færden i landskabet – oplysninger som det ikke er muligt at få på anden vis. Og det endda med relativt små omkostninger.

I dette eksempel vil vi beskrive, hvordan man kan kombinere vegetationstypekort og terrænmodeller, der tildeler hver pixel en højde over havet, med positioner fra satellitmærkede rensdyr og anvende dem til at fremstille et kort over rensdyrenes foretrukne områder om sommeren i Vestgrønland. Grundlaget for at beskytte de følsomme arktiske naturressourcer bliver herved forbedret betydeligt, idet det på baggrund heraf er muligt at planlægge turisme, råstofudvinding og andre aktiviteter, så de berører rensdyrenes fortrukne områder mindst muligt.

## Boks 2-3

**Satellitbilleder og vegetationskortlægning**

Satellitbilleder er som alle andre billeder sammensat af punkter, som afhængigt af satellitten har en bestemt størrelse. Normalt kaldes hvert punkt en pixel, og dens kantlængde varierer i størrelse fra under en meter til mange kilometer. Pixels på billeder fra Landsat TM-satellitten, som er bredt anvendt, har fx en størrelse på 30 m × 30 m. Ud fra satellitbilledernes farvesammensætning og det såkaldte grønhedsindeks kan man få oplysninger om vegetationsdækket.

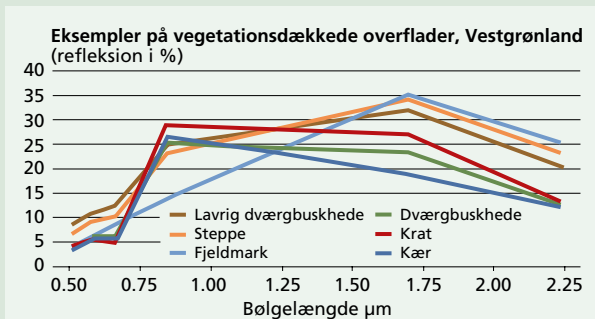
Hvis disse oplysninger kombineres med en terrænmodel, som tildeler hver pixel en kote, dvs. en højde over havet, får man yderligere udbygget sit billede af landskabet.

**Farvesammensætning**

Hver pixel har en farvesammensætning, der er bestemt af jordoverfladens egenskaber, herunder plantedækket. Farvesammensætningen kalder man "den spektrale signatur", og den angiver intensiteten af det reflekterede lys af forskellige bølgelængder.

Figuren viser de spektrale signaturer for udvalgte vegetationstyper i Vestgrønland. Hvis man sammenligner den spektrale signatur i hver pixel med den karakteristiske spektrale signatur for hver af de vegetationstyper, der er registreret i feltet, kan man bestemme vegetationstypen i hvert punkt i billedet. Herved kan man danne et kort over vegetationstypernes fordeling i landskabet.

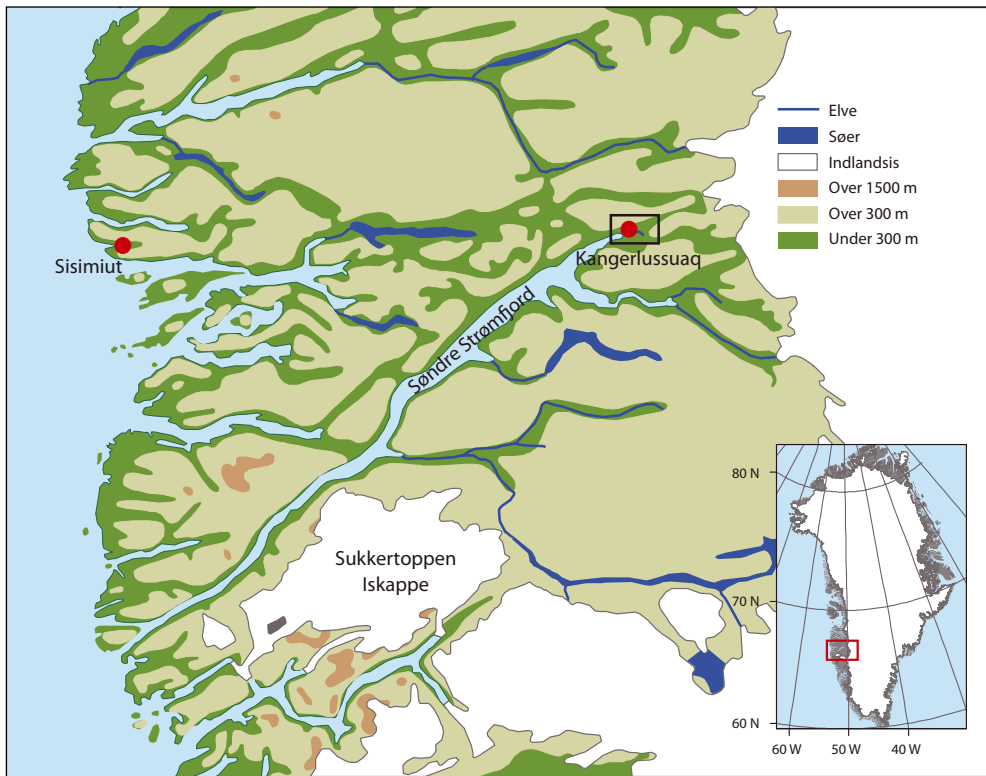
**Forskellige vestgrønlandske vegetationstypers spektrale signatur, dvs. den bølgelængdesammensætning (farve) det tilbagekastede lys har. Baseret på de 6 Landsat TM-kanaler i de kortbølgede bølgelængder.**

**Grønhedsindeks**

Grønhedsindekset, kaldet NDVI (Normaliseret Differens Vegetations Indeks), giver et generelt indtryk af vegetationens frodighed. NDVI er differensen mellem de tilbagekastede nærinfrarøde bølgelængder (0,725-1,10 μm) og det ligeledes tilbagekastede synlige lys (0,58-0,68 μm) divideret med summen af de samme to størrelser:

$$NDVI = \frac{\text{nærinfrarød} - \text{visuel}}{\text{nærinfrarød} + \text{visuel}}$$

Denne størrelse er et veldokumenteret udtryk for tilstedeværelse af levende grøn vegetation og giver derfor et mål for områdets frodighed.



**Figur 2-20**  
**Det kortlagte område i Vestgrønland. Feltundersøgelserne foregik i området nord for Kangerlussuaq lufthavn. Området er markeret med en firkant.**

Eksempelområdet ligger omkring Kangerlussuaq i Vestgrønland (figur 2-20). Ved hjælp af en analyse af satellitbilleder af området samt undersøgelser i felten har vi udarbejdet et vegetationstypekort. Dyrenes færden har vi kortlagt ved hjælp af satellitsendere, som vi monterede på 7 rendyr i området ved Kangerlussuaq (og 8 i området ved Akia nord for Nuuk, men de indgår ikke direkte i dette eksempel).

### Kortlægning af vegetation

Man kan inddele plantevæksten i en række forskellige vegetationstyper. Vegetationstyperne omfatter karakteristiske grupper af planter, som typisk vokser steder med fx en særlig jordbund, fugtighed m.m. I området omkring Kangerlussuaq er plantevæksten inddelt i følgende vegetationstyper, som man kan identificere ud fra satellitbilleder: krat, steppe, kær, græsland, dværgbuskhede, dværgbusk-



**Figur 2-21**

**Forskellige vegetationstyper i området omkring Kangerlussuaq. Dværgbuskhede med dværgbirk og pilekrat med blågrå pil (indsat foto).**

Foto: Peter Aastrup (stort billede) og Kristjana Motzfeldt (indsat billede).

hede med laver og fjeldmark. Figur 2-21 viser eksempler på to hyppigt forekommende vegetationstyper i området.

Vi har fremstillet et vegetationstypekort over området ud fra de principper, der er beskrevet i boks 2-3. Foruden vegetationstypekortet har vi benyttet en digital terrænmodel med 100 m-kurver. Vegetationstypekortet og terrænmodellen giver tilsammen en karakteristik af rensdyrenes habitater. Et udsnit af vegetationstypekortet er vist i figur 2-22.

### Positionsbestemmelser af rendsyd

Vi har som nævnt indsamlet oplysninger om rendsyrenes færden ved hjælp af satellitsendere, som vi har monteret på rendsyd i området omkring Kangerlussuaq. Satellitsenderne er programmeret til at sende deres position inden for bestemte tidsintervaller (se boks 2-4).

#### Boks 2-4

### Satellitsporing

Ved satellitsporing monterer man en satellitsender på et dyd, hvis færden man ønsker at følge. På større dyd monterer man ofte senderen ved hjælp af et halsbånd. De positioner, man får, kan alt efter senderens type være et resultat af direkte pejlinger fra en satellit, eller det kan være GPS-positioner, som en GPS-modtager først har registreret og siden enten sendt tilbage til en satellit eller gemt til senere, fysisk afhenting. GPS-positionerne giver den bedste nøjagtighed. Der kan ud over positionen lagres andre informationer i en satellitsender, fx oplysninger om dyrets aktivitet, lufttemperatur m.m.



Christine Cuyler fra Grønlands Naturinstitut har indfanget et rendsyd for at påmontere en satellitsender.

Foto: Kristjana Motzfeldt, Grønlands Naturinstitut.

Hvis man sammenholder vegetationstypekortet i figur 2-22A med positionsbestemmelserne af de mærkede rensdyr (figur 2-22B), kan man finde ud af, hvilke habitater rensdyrene foretrækker. Figur 2-22C viser positionsbestemmelser af rensdyr lagt oven på et vegetationstypekort.

Ved at samle informationen fra alle de steder, hvor rensdyret har været i en periode, får man en karakteristik af, hvilke habitattyper rensdyret foretrækker gennem året. Græsland viste sig at blive stærkest foretrukket gennem hele sommeren. Desuden var steppe vigtig i juli og pilekrat vigtigt i august og september.

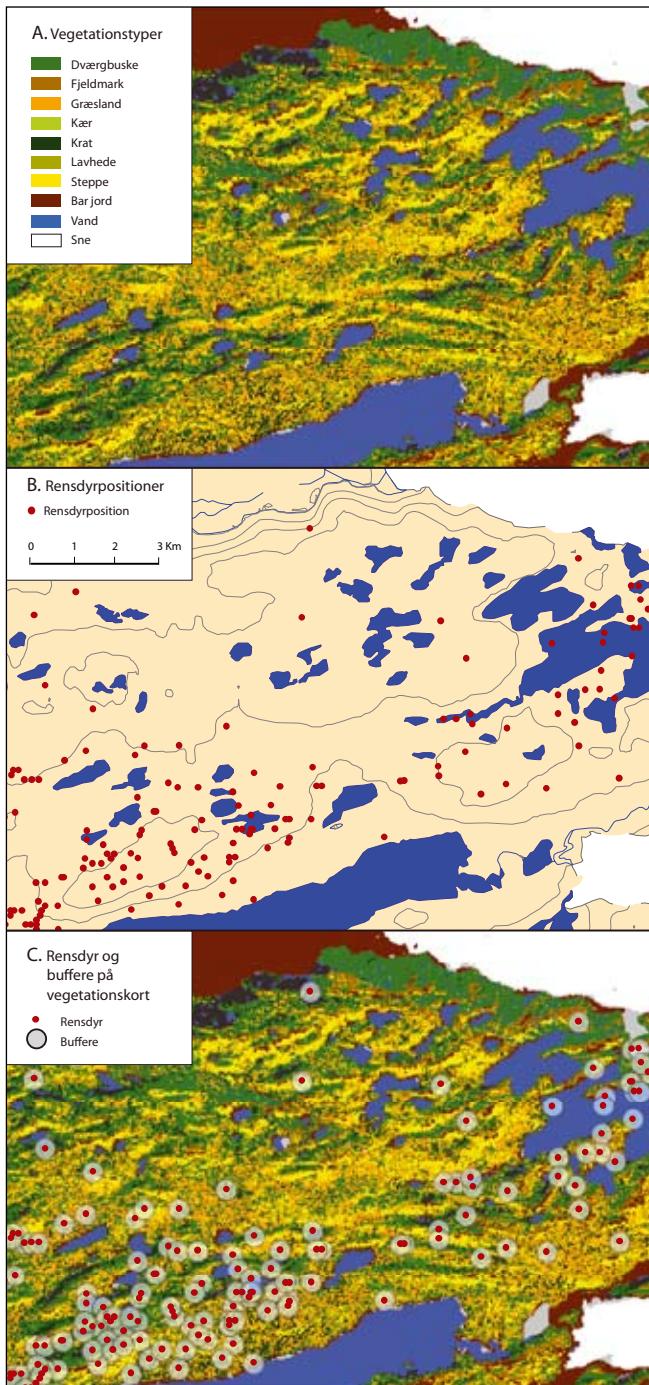
### **Model af rensdyrs foretrukne habitater**

Rensdyrenes foretrukne habitater er bestemt af en række miljømæssige faktorer, såsom vegetationstype, højde over havet, terrænform, jordbundstype, fugtighedsforhold, frodighed, planternes indhold af næringsstoffer m.m. Disse faktorer har alle en betydning for, hvordan rensdyr trives i et område.

I dette eksempel har vi beskrevet rensdyrenes habitater ved vegetationstype, vegetationens frodighed (se boks 2-4), højde over havet samt habitatens orientering (retning) og hældning. Alle oplysningerne har vi hentet fra analyser af satellitbilleder.

Vores viden om de tilgængelige habitater i området omkring Kangerlussuaq og kendskabet til, hvilke habitater rensdyrene oftest opholder sig i, benytter vi som input til en matematisk model, der gør det muligt at beregne sandsynligheden for, at et enkelt rensdyr befinder sig i en given pixel. I vores model forudsætter vi, at rensdyrene forekommer hyppigere i de habitater, som giver de bedste fødebetingelser, end i de habitater, som ikke er af særlig betydning for dem.

Vi har benyttet en matematisk funktion ved navn "Resource selection function (RSF)". Metoden bygger på, at man ved hjælp af GIS bestemmer habitat-parametrene i de pixels, der dækker de områder, rensdyrene opsøger. Endvidere bestemmer man habitat-parametrene i et antal pixels, som man antager, at rensdyrene ikke opsøger. Ved at bruge statistiske metoder kan vi ud fra de kendte habitat-parametre beregne sandsynligheden for, at et rensdyr opsøger en given pixel.



**Figur 2-22**

Se feltområdet figur 2-20 på side 41.

Vegetationstypekort (A) hvori der lægges buffere omkring rensdyrenes positioner (B), således at vegetationens sammensætning inden for bufferne (C) kan beregnes i GIS.

Med de oplysninger, vi har til rådighed, kan vi dog ikke beregne den absolutte sandsynlighed, men vi kan sige noget om, hvorvidt sandsynligheden for, at et rendyr opsøger en given pixel, er større eller mindre end for andre pixels.

Figur 2-24 viser resultatet af vores matematiske modellering. De røde områder på kortet indikerer de områder, hvor der er størst sandsynlighed for at møde fødesøgende rendyr, hvorimod de hvide områder indikerer områder med den laveste sandsynlighed. Kortet udpeger således områder, der er særligt vigtige for rendyrene.

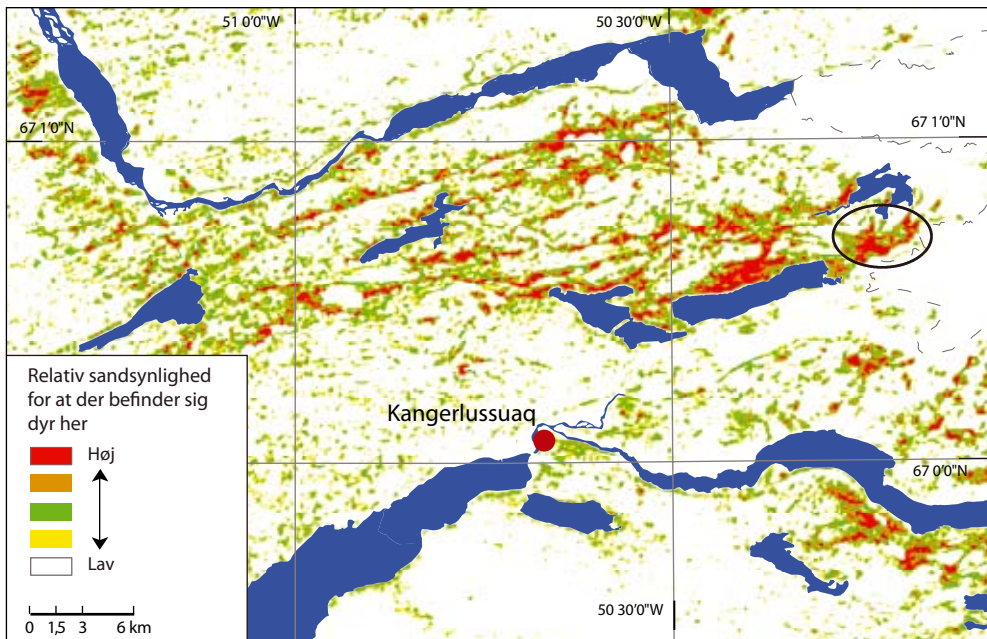
Vi har kontrolleret modellen i felten ved at opsøge grupper af fouragerende rendyr og direkte registreret de para-

#### Figur 2-23

**Vegetationens mosaikagtige karakter, som man kan genskabe i vegetationskort ved hjælp af satellitbilleder.**

Foto: Peter Aastrup.



**Figur 2-24**

Kort over rensdyrenes foretrukne habitater i området omkring Kangerlussuaq i august måned. De røde og de orange områder angiver de mest attraktive områder, og de hvide områder angiver de mindst attraktive. Rensdyrenes kælvningsområder er indrammet med sort.

metre, som i modellen er anvendt til beregning af rensdyrenes habitat-præferencer. Modellens forudsigelser stemmer fint overens med feltobservationerne og med den eksisterende viden om dyrenes forekomst i området.

Eksemplet og kortene illustrerer således den praktiske anvendelse af "Remote Sensing", GIS og matematiske modeller i den arktiske natur- og miljøforvaltning, idet kortudsnittet i figur 2-19 på en overskuelig måde viser, hvor rensdyrenes kerneområder findes i området omkring Kangerlussuaq i Vestgrønland. Metoden er særdeles velegnet, hvis man vil kortlægge store områder, og man kan anvende den på en lang række dyrearter. I Grønland kan man benytte det kort, som er vist i figur 2-24, i forvaltningen af det åbne land og aktuelt i forbindelse med planer om anlæggelse af vandkraftværker til fremtidig energiforsyning af byer, mineprojekter og energiforbrugende virksomheder.



# Kortlægning af luftforurening

Selv om luftforureningen med svovl- og kvælstofforbindelser er blevet nedbragt ganske betydeligt, er der stadig nogle luftforureningsproblemer, som skal løses. Det gælder ikke mindst forureningen med partikler fra trafik og boligopvarmning med træ. I dette kapitel beskriver vi to eksempler på, hvordan man kan modellere og analysere, hvor udledningen af partikler til luften er særligt store. Samtidig viser eksemplerne, hvordan analyseresultaterne kan bruges til at bekæmpe forureningen.

Foto: Britta Munter.

**Eksempel 1:****Luftforurening fra trafik**

Luftforureningen fra trafik udgør et væsentligt miljøproblem. Dette problem er særligt udtalt i byområder, hvor befolkningstætheden er stor, og hvor der er en stor trafikbelastning. I byrum med høj bebyggelse langs vejen bliver forureningen ikke spredt så effektivt som i det åbne land, og sundhedsbelastningen bliver derfor større. Vi vil i dette eksempel belyse luftforureningens geografi. I den forbindelse vil vi se på, hvilke faktorer der forklarer, hvorfor luftforureningen er forskellig fra sted til sted, og vi vil ligeledes beskrive nogle af de geografiske værktøjer, vi bruger til at vurdere luftkvaliteten og befolkningseksponeringen. Vi vil også illustrere disse værktøjers anvendelser i forbindelse med en vurdering af forskellige politiske tiltag til begrænsning af luftforureningen.

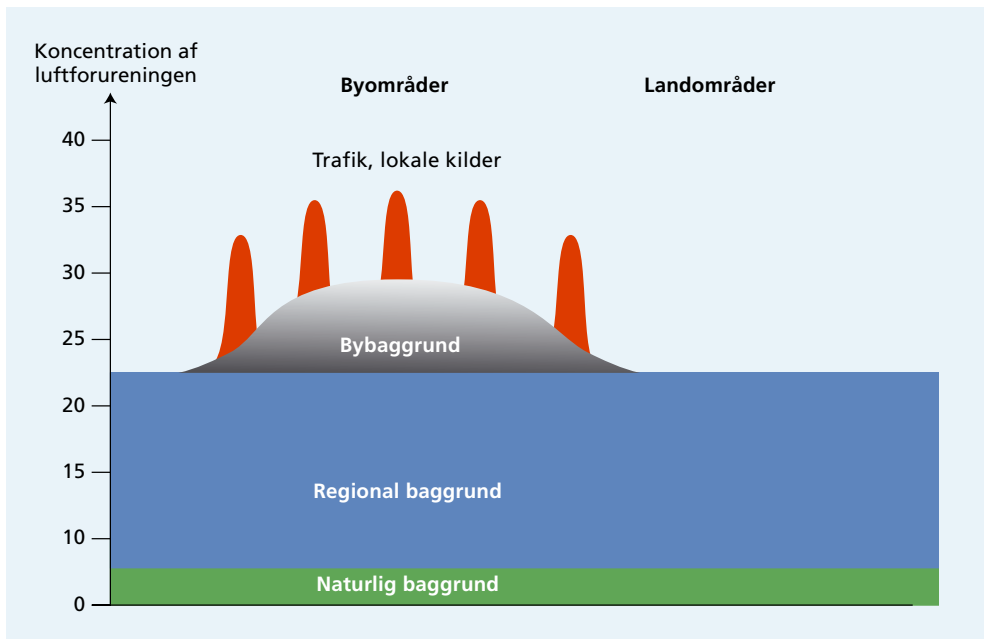
Vi fokuserer på den trafikale luftforurening, fordi det er den største kilde til luftforurening i de større byer, og fordi den bidrager væsentligt til luftforureningens sundhedsskadelige virkninger. En lang række undersøgelser har vist, at udsættelse for luftforurening øger risikoen for at udvikle kræft, luftvejssygdomme og allergi samt forværrer forholdene for personer, som lider af luftvejs- og hjertesygdomme. Luftforurening er således årsag til akutte og kroniske helbredsforringelser og er med til at øge både sygelighed og dødelighed. De stoffer, som optræder i særligt sundhedsskadelige koncentrationer, er små partikler, ozon ( $O_3$ ) og kvælstofdioxid ( $NO_2$ ).

**Luftforureningens geografi**

Hvorfor er luftforureningen forskellig fra sted til sted? I figur 3-1 har vi illustreret, hvordan luftforureningen skematisk varierer i et byområde.

Man kan betragte luftforureningen i en dansk gade som summen af tre bidrag: en regional forurening, en bybaggrundsforurening og en lokalforurening.

Den såkaldte regionale eller fjerntransporterede forurening kan være transporteret flere tusinde kilometer. Den regionale forurening er derfor bestemt af udledninger i Danmark og hele Europa og inkluderer også den menneskeskabte og naturlige baggrundsforurening på den nord-

**Figur 3-1**

**Skematisk illustration af luftforureningens geografiske variation i by- og landområder. Luftforureningen et givet sted i byen består af bidrag fra regional forurening, bybaggrundsforurening og gadeforurening. Den relative fordeling mellem disse afhænger af konkrete forhold.**

lige halvkugle. Den varierer kun lidt over store geografiske områder. Den regionale baggrundsluft svarer til forholdene på landet uden for byområder og trafikerede veje. Her er luftforureningsniveauerne typisk kun halvt så høje som i bybaggrundsluften i de største byer.

Bybaggrundsforureningen er byens baggrunds niveau, som er det opblandede bidrag af alle byens egne kilder samt det regionale bidrag. Kilderne til udledningen i byen er trafik, boligopvarmning, industri og kraftværker, hvor trafikken spiller den største rolle. Bybaggrundsforureningen afhænger af tætheden af udledninger i hele byen (dvs. trafik tæthed) og af byens udstrækning, men den afhænger også af den luftforurening, som kommer udefra, dvs. den regionale.

Den lokale forurening i en konkret gade er meget domineret af trafikken i den pågældende gade, men bygningerne langs med en gade spiller også en væsentlig rolle. Bygninger har en afgørende betydning for luftforureningen i et gaderum med en tæt randbebyggelse – en såkaldt "street canyon" (gadeslugt). Under sådanne forhold opstår der cirkulation af luften i gaderummet, når vinden er på tværs, og

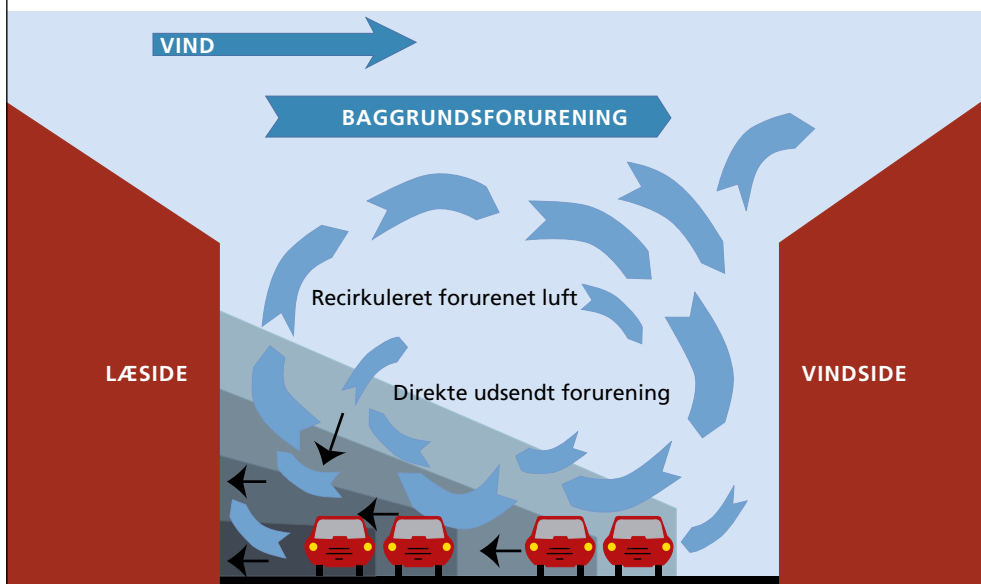
det forhindrer forureningen i at blive transporteret bort fra gaden. Dette kan betyde, at luftforureningen kan være op til 5-6 gange større i læsiden end i vindsiden. Luftforureningen kan dermed variere kraftigt afhængig af, om man går på den ene eller anden side af en vej (figur 3-2).

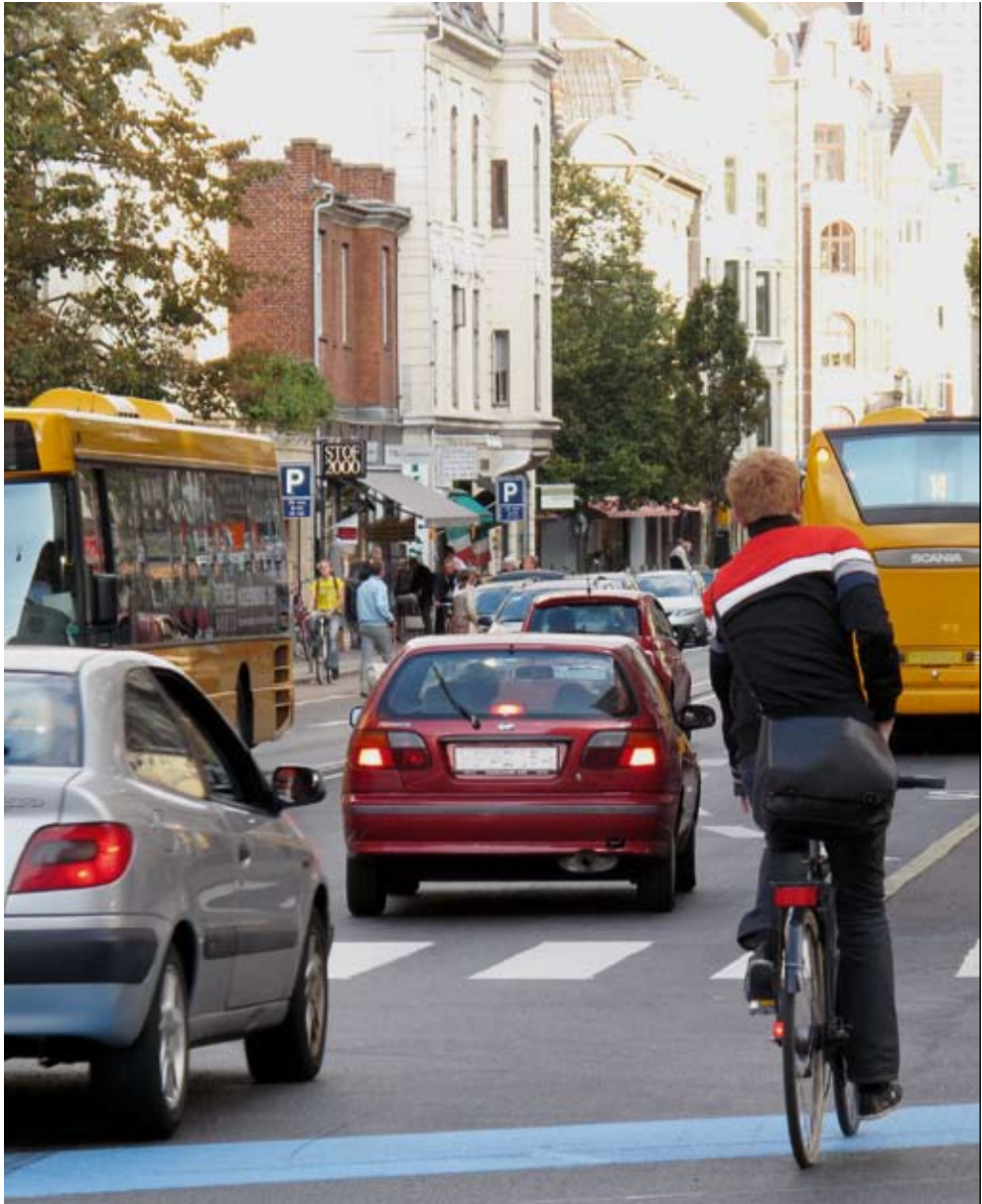
I det åbne land langs motorveje og landeveje aftager luftforureningen hurtigt med afstanden fra vejen, da de forurenende stoffer uhindret kan blive spredt og fortyndet. Typisk kan man opleve, at luftforureningen i en afstand af 50 meter fra vejkanterne er det halve af, hvad den er ved vejkanterne. På en åben vej skal fire gange så mange biler til at skabe en given luftforurening som på en bygade med tæt, høj bebyggelse.

De højeste koncentrationer af luftforurening forekommer derfor på trafikerede byveje med høj og tæt randbebyggelse. I trafikerede gaderum kan luftforureningen være omkring 2-5 gange så høje som i bybaggrunden, mens de lokale forhold i baggårde, parker og oppe i tagniveau svarer til bybaggrunden.

Det er især den geografiske fordeling af udledningerne samt lokale forhold, fx bygninger som kan begrænse luftforureningens spredning, der er afgørende for luftforure-

**Figur 3-2**  
**Illustration af luftcirkulationen i et gaderum. I et gaderum med tæt høj randbebyggelse opstår en cirkulation af luften, når vinden er på tværs af gaden. Dette kan betyde, at luftforureningen kan være op til 5-6 gange større i læsiden end i vindsiden som vist ved de mørke markeringer.**





**Figur 3-3**  
**Bus- og biltrafik er kilde til**  
**gadeforurening.**

Foto: Britta Munter.

ningens geografiske variation. De meteorologiske forhold, svingninger i udledningerne samt til dels kemiske omdannelser bestemmer primært, hvordan luftforureningen varierer over tid.

### Vurdering af luftkvalitet og befolkningseksponering

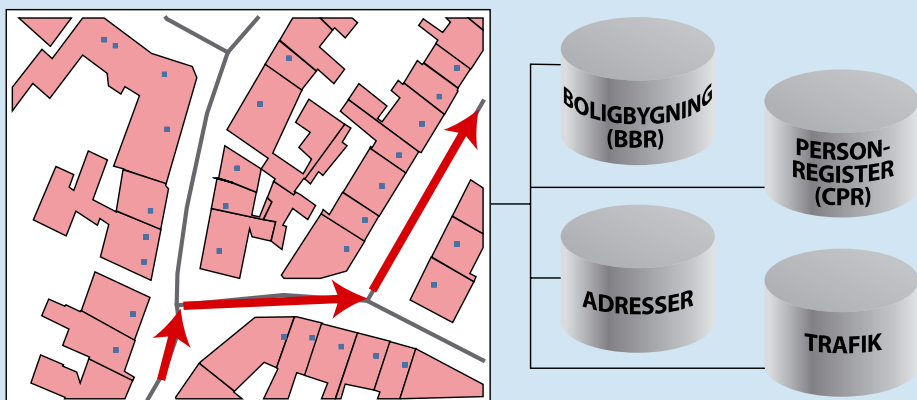
Danmarks Miljøundersøgelser (DMU), Aarhus Universitet har udviklet et modelværktøj baseret på GIS, som har til formål at bestemme befolkningens udsættelse for luftforurening fra trafikken (den såkaldte befolkningseksponering). Dette modelsystem hedder AirGIS, og det kan beregne luftforureningen og befolkningseksponeringen på adresse-niveau. Det kan også beregne den luftforurening, en person bliver udsat for, når man bevæger sig fra ét sted til et andet. Det kræver dog, at man har detaljeret information om den pågældendes rute.

**Figur 3-4**

**AirGIS er et geografisk baseret system til vurdering af luftkvalitet og befolkningseksponering på adresseniveau (prik i bygning) eller langs en rute (pile langs veje). Systemet anvender digitale kort og en række nationale registre bl.a. adresseregister, Det Centrale Personregister (CPR), Bolig- og Bygningsregisteret (BBR), samt nationale og lokale trafikdatabaser.**

AirGIS kan kortlægge luftkvalitet og eksponering på et stort antal steder på en effektiv måde. Man kan derfor anvende systemet til at vurdere, hvad luftforureningsniveauet er på en lang række gader i en by, og fx udpege de steder, som ikke overholder fastsatte grænseværdier for luftkvalitet. Grænseværdier for luftkvalitet er de øvre grænser for, hvor meget skadeligt stof, der må være i luften. Nogle grænseværdier er fastsat for at beskytte befolkningens sundhed. Man kan også bruge systemet til at vurdere forskellige politiske tiltag til at begrænse luftforureningen. Endelig kan man bruge systemet til at undersøge sammenhænge mellem befolkningens eksponering og sundhedsvirkningerne i såkaldte epidemiologiske studier.

AirGIS er baseret på luftkvalitetsmodeller, digitale kort og registre samt GIS (figur 3-4).





Vi præsenterer her to eksempler, hvor AirGis er blevet brugt til at vurdere nogle forsøg på at begrænse luftforureningen fra trafik. Det første eksempel er en luftkvalitetskortlægning og en vurdering af virkningerne af forskellige tiltag til at begrænse udledningerne i København. Det andet eksempel er en miljøvurdering af at indføre miljøzoner ligeledes i København, hvor begrænsningen af udledningerne sker inden for et bestemt geografisk område, hvis udstrækning er bestemt af miljøzonen.

#### Luftkvalitetskortlægning og tiltagsvurdering

Danmarks Miljøundersøgelser har for Københavns Kommune og i samarbejde med Miljøstyrelsen gennemført en systematisk kortlægning af luftens kvælstofdioxidindhold ( $\text{NO}_2$ ) på 138 trafikerede gader i København og på Frederiksberg. Kvælstofdioxid er sundhedsskadeligt, og EU har fastsat en grænseværdi, som det påhviler Miljøstyrelsen at overholde sammen med kommunerne.

**Figur 3-5**  
**Målestation på H. C. Andersens Boulevard til målinger af luftens indhold af partikler.**

Foto: Britta Munter.

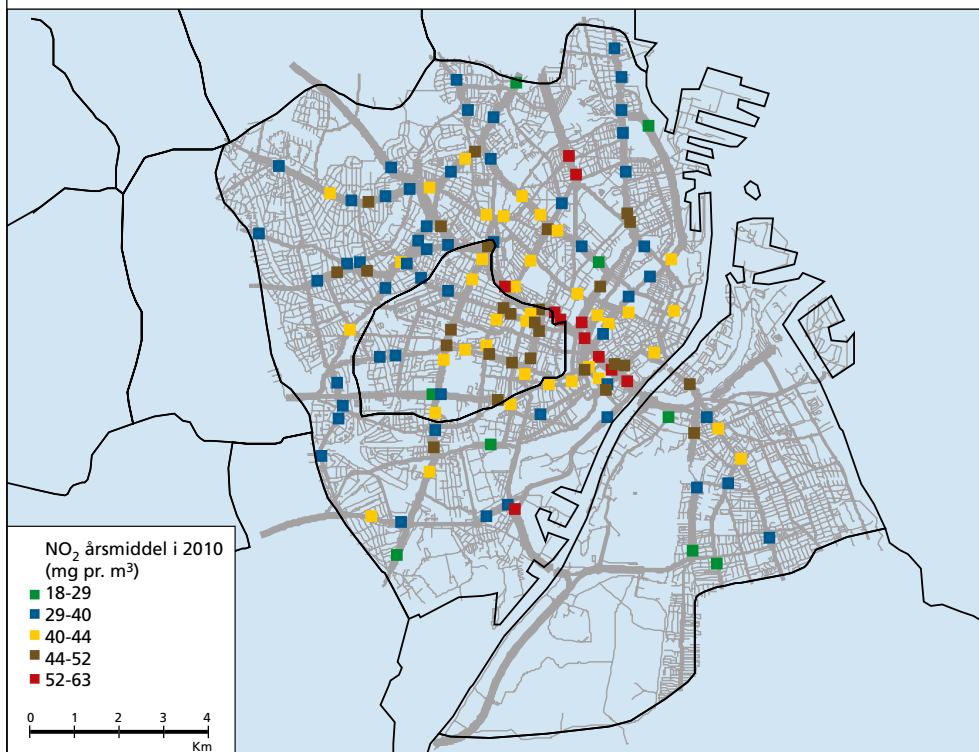
**Figur 3-6**

**Overskridelser af kvælstofdioxid (NO<sub>2</sub>)-grænseværdien på 40 µg pr. m<sup>3</sup> som årsmiddel i 2010. Omkring 80 ud af 138 undersøgte vejstrækninger overskrider grænseværdien. Jo bredere en gade er tegnet, jo flere biler kører der gennemsnitligt på den i løbet af et døgn.**

DMU's modelberegninger viser, at 80 ud af de 138 undersøgte, stærkt trafikerede strækninger i København og på Frederiksberg sandsynligvis vil overskride grænseværdien for kvælstofdioxid i 2010 (figur 3-6).

DMU har undersøgt forskellige grupper af virkemidler, hvormed man kunne komme til at overholde grænseværdierne. Den første gruppe udgøres af nogle, der ligger i kommunens regi (havnetunnel og vejudbygning, pendlerplaner, trafiksanering mv.). Den næste består i at reducere bilkørsel ved at indføre vejafgifter. De undersøgte vejafgifter består i, at bilisterne skal betale for at passere en ring om København eller er baseret på road pricing, hvor beløbet vil blive opkrævet automatisk. Den tredje slags virkemidler består i at udnytte den reneste teknologi (udstyr og partikelfiltre, der reducerer kvælstofoxider).

Undersøgelsen viser, at især de kommunale virkemidler, men også vejafgifter i forbindelse med betalingsring eller



road pricing kun vil have en begrænset virkning på luftkvaliteten. Det skyldes, at deres indflydelse på trafikmængden er begrænset. Man kan kun forvente at overholde grænseværdierne for luftkvalitet i 2010, hvis de nye, skærpede EU-niveauer for udledninger fra diseldrevne lastbiler, varevogne og personbiler bliver indført. Kravene til udledninger skal være så strenge, at kun udstyr, der begrænser udledningen af kvælstofoxider, kan få bilerne til at leve op til dem.

Nye krav til udledninger kun vil gælde nye køretøjer, så det vil tage lang tid at opnå den fulde virkning på luftkvaliteten, da vognparken kun langsomt bliver udskiftet. For at opnå en hurtigere reduktion af luftforureningen er det derfor nødvendigt at kombinere nye krav til udledninger med en miljøzone, som både stiller krav om partikelfiltre, som det allerede er vedtaget, men også om udstyr, der begrænser udledningen af kvælstofoxider.

### Miljøzoner

En miljøzone er et afgrænset område, hvor der sker en særlig regulering af luftforureningen, som har til formål at begrænse udledningen af partikler fra trafikken. Dette sker typisk i form af særligt strenge krav til udledningen fra bestemte typer af køretøjer, fx lastbiler, eller særlige alderskrav, således at kun nyere køretøjer har adgang til miljøzonen. Miljøzoner findes typisk i de største byers centre, som er kendetegnet ved en kombination af kraftig forurening og mange mennesker.

I det følgende viser vi resultater fra en foreløbig vurdering af den forsøgszone, som Københavns Kommune i første omgang har søgt Justitsministeren om godkendelse af. Forsøget går ud på at stille krav om, at alle dieselkøretøjer over 3,5 ton, dvs. lastbiler og busser, skal have et partikelfilter monteret, hvis de vil køre i miljøzonen. Siden er en lov om miljøzoner blevet vedtaget i Folketinget. Den giver de største bykommuner mulighed for at indføre miljøzoner, som kræver partikelfilter på tunge køretøjer inden for nogle bestemte tidsrum. I begyndelsen af 2007 har Københavns Kommune og Frederiksberg Kommune vedtaget en sådan miljøzone. Den efterfølgende vurdering afspejler derfor ikke den endelige udformning af de nye miljøzoner. I figur 3-8 vises den geografiske reduktion af mængden af

**Figur 3-7**  
**Miljøzonemærke i Københavns Kommune.**

Foto: Bjarne Jensen.



partikler med en diameter på under  $2,5 \mu\text{g}$  pr.  $\text{m}^3$  ( $\text{PM}_{2,5}$ ) i 2003 som følge af partikelfiltre på tunge køretøjer i miljøzonen. Vurderingerne tager udgangspunkt i bybaggrundsforureningen, som typisk bliver benyttet til at vurdere sundhedsbelastningen. Det er forudsat, at partikelfiltrene i gennemsnit kan reducere antallet af partikler fra udstødningen med 80 %.

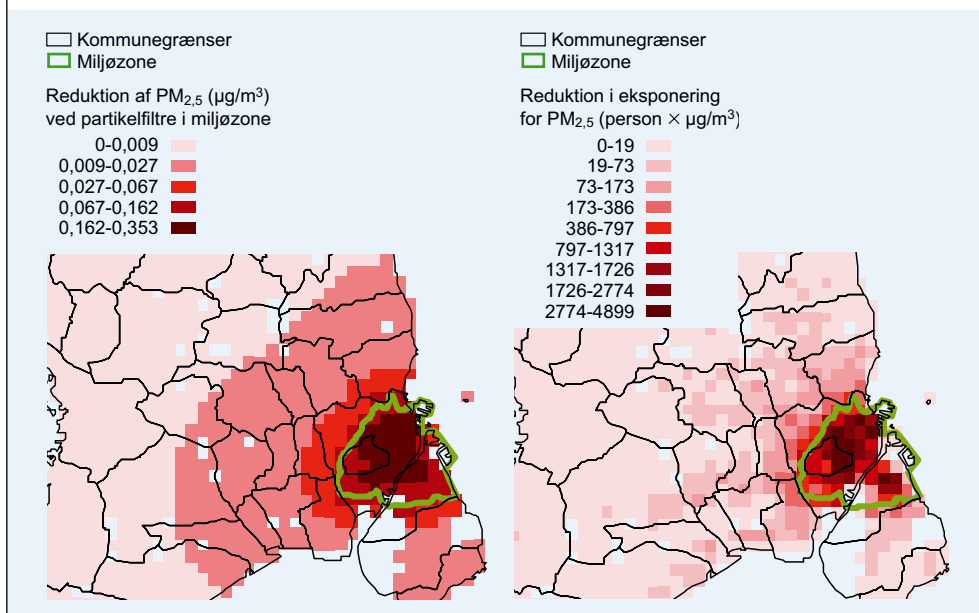
Partikelfiltrenes virkning viser sig at være meget begrænset, idet mængden af de små  $\text{PM}_{2,5}$ -partikler kun bliver reduceret med op til  $0,35 \mu\text{g}$  pr.  $\text{m}^3$ , hvilket maksimalt svarer til 1,9 % af bybaggrundens værdi. Dette skyldes, at det regionale bidrag er meget stort, samt at partikelfiltre kun reducerer udstødningen og ikke det vejstøv, bremsepartikler mv., der hvirvles op. Virkningen er også vurderet i en enkelt trafikeret gade, hvor reduktionen i  $\text{PM}_{2,5}$  i gadenummet blev beregnet til 6 %.

Figur 3-8 viser også reduktionen i befolkningseksponeringen, som er ændringen i koncentrationen gange befolkningstætheden. Den største relative forbedring ses inden for zonegrænsen, fordi reduktionen i  $\text{PM}_{2,5}$  og befolkningstætheden er størst her.

**Figur 3-8**

**Reduktion i koncentrationen af små partikler ( $\text{PM}_{2,5}$ ) i 2003 som følge af partikelfiltre på tunge køretøjer i miljøzonen i Hovedstadsområdet.**

**Reduktion i befolkningens udsættelse for små partikler ( $\text{PM}_{2,5}$ ) i 2003 som følge af partikelfiltre på tunge køretøjer i miljøzonen i Hovedstadsområdet.**





### **Eksempel 2:**

#### **Boligopvarmning med træ giver store udledninger af partikler**

Partikelforurening er et stort problem for miljø og sundhed. Brændeovne og små brændekedler – dvs. fyr, der også anvender brænde til opvarmning af brugsvand – er langt de største kilder til forurening med partikler og tjærestoffer fra vores boliger. Også sammenlignet med andre kilder til forurening med partikler er denne kilde stor. Forureningen i et villakvarter, der har en stor tæthed af brændeovne og kedler kan være lige så alvorlig som i en stærkt trafikeret gade i det centrale København.

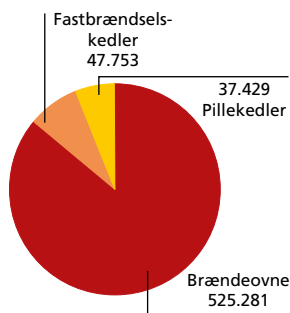
**Figur 3-9**

**Brændeovne og kedler i et villakvarter er kilder til forurening med partikler og tjærestoffer.**

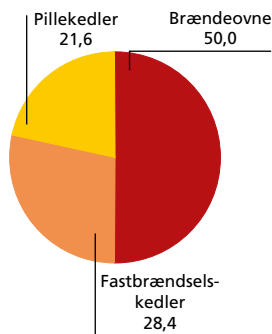
Foto: Britta Munter.

**Figur 3-10**

**Total bestand af fyringsanlæg (til træ) fordelt efter typer. Brændeovne udgør langt størstedelen af disse anlæg. Bemærk at kategorien brændeovne også indeholder pejse.**

**Figur 3-11**

**Forbrug af træ (i procent) opgjort efter anlægstyper.**



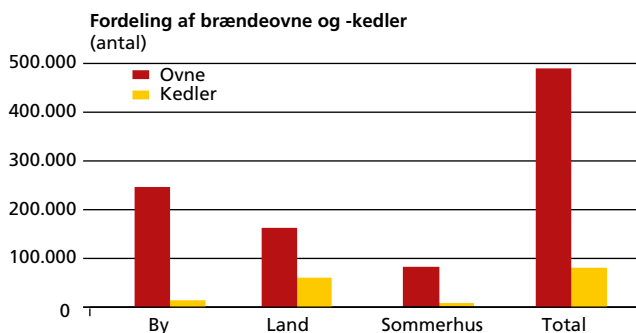
Danmarks Miljøundersøgelser (DMU), Aarhus Universitet foretager årlige opgørelser over de danske udledninger til atmosfæren fra alle sektorer (landbrug, trafik, energi m.fl.). Opgørelsen omfatter en lang række stoffer, bl.a. drivhusgasserne. Da forureningen fra brændeovne er en væsentlig kilde, er det vigtigt at udvikle metoder til også at inddrage denne i opgørelserne. Her er det vigtigt at kunne bestemme, hvor stor forureningen fra kilderne er, og hvor den forekommer.

I dette eksempel fokuserer vi på det, der går forud for en vurdering af virkninger af luftforurening fra brændefyring, nemlig selve kortlægningen af udledningerne af de luftforurenende stoffer – her primært partikler. I den geografiske kortlægning anvender vi en "bottom-up"-tilgang, dvs. en metode, hvor vi beregner udledningerne og fordeler dem på hvert fyringsanlæg, som er stedfæstet i et GIS. For at kunne bruge disse informationer til at fremstille kort over luftforureningen summerer vi de enkelte bidrag op på kvadrater á 100 m × 100 m.

### Forureningskilderne

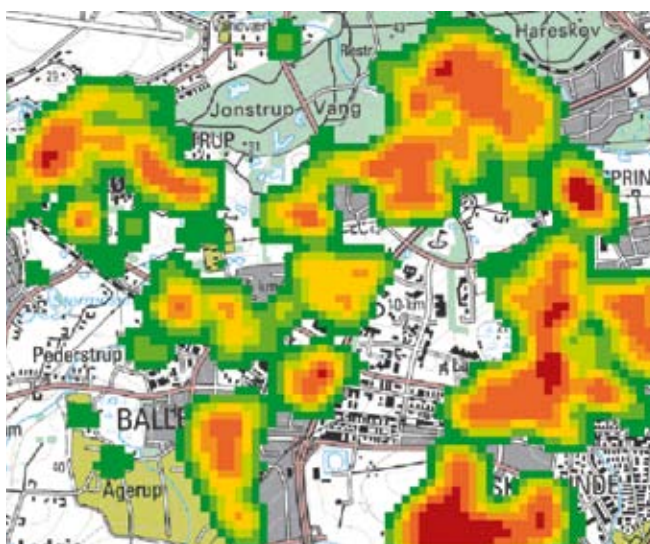
Et detaljeret kendskab til adressen på forureningskilderne, dvs. fyringsanlæg (brændeovne og -kedler) i de enkelte hjem, er en forudsætning for, at man kan danne et geografisk billede af udledningen af luftforurenende stoffer. Informationen om de enkelte fyringsanlæg i hjemmene er tilgængelig i bl.a. Bygnings- og Boligregistret (BBR) samt hos de enkelte skorstensfejmestre rundt om i landet. Sidstnævnte registrerer oplysninger om de enkelte fyringsanlæg, der er tilsluttet en skorsten.

En opgørelse med udgangspunkt i skorstensfejernes registreringer anslår, at der findes i alt ca. 610.000 mindre anlæg til fyring med træ i Danmark. I figur 3-10 ses en oversigt over, hvordan de mange fyringsanlæg fordeler sig på de forskellige hovedtyper. Figur 3-11 viser, hvor stor en andel af den samlede mængde træ, der forbruges i de enkelte anlægstyper. Det er værd at bemærke, at en uforholdsmæssig stor del af træet forbrændes i kedler, når man tager højde for antallet af kedler sammenlignet med antallet af brændeovne. Af figur 3-12 fremgår det, at hovedparten af kedlerne findes uden for de større byer – ude på landet. I modsæt-



Figur 3-12

Fordeling af brændeovne og kedler i by-, land- og sommerhusområder. Hovedparten af brændeovnene findes i byområdernes parcelhuskvarterer, mens kedlerne fortrinsvis findes på landet.



Figur 3-13

Kortudsnit, der viser tætheden af brændeovne i omegnen af Ballerup og Herlev i hovedstadsområdet. Et topografisk kort er anvendt som baggrund.

ning hertil findes brændeovnene både i by-, land- og sommerhusområder, dog med den største forekomst i de store parcelhus-/villakvarterer omkring de større byer.

Skorstensfejernes registre indeholder detaljerede informationer om bl.a. antal, type af fyringsanlæg og skorstenshøjde. Ved at sammenholde skorstensfejernes registre og registre med adressernes nøjagtige beliggenhed i et GIS er det muligt at danne et tæthedskort for de enkelte anlægstyper. Figur 3-13 viser et eksempel på dette for brændeovne omkring Ballerup og Herlev i hovedstadsområdet.

Tætheden af forureningskilderne (her brændeovne) kan give et fingerpeg om udledningens størrelse. Der er dog



**Figur 3-14**

**Forureningsgraden fra brændeovne og pejse er afhængig af, hvilken mængde og type af brændsel man fyrer med.**

Foto: Britta Munter.

store forskelle i forureningsgraden fra de enkelte anlæg og i den mængde brændsel (brænde, træpiller m.m.), som bliver brugt i de enkelte husholdninger. Nogle ejere anvender brændeovnen som supplement til den ofte relativt billige fjernvarme, mens andre benytter brændeovnen som primær varmekilde i mangel af billige alternativer – fx naturgas eller fjernvarme. Andre igen benytter træpillefyr som alternativ til olie-fyr i områder uden fjernvarme- eller naturgastilslutning.

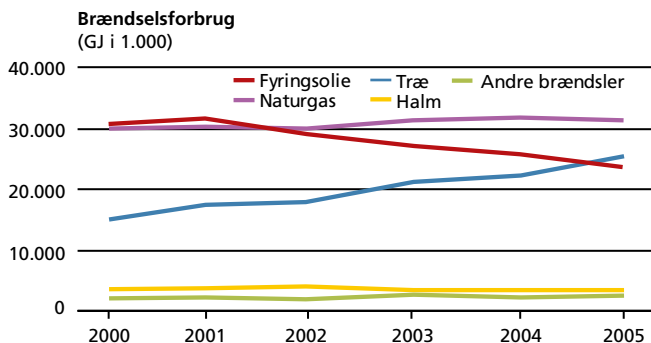
Denne forskel i energiforsyningen på landsplan bevirker, at der kan være store lokale og regionale forskelle i udledningerne fra små private brændefyrede anlæg. Forureningsgraden fra brændeovne og -kedler er derfor afgjort af et komplekst samspil mellem valg af brændsel, fyringsadfærd, ovn-/kedeltype, skorsten og omgivelser.

### Husholdningers forbrug af brænde

Vores viden om forskelle i mængden og typen af det brændsel, der bliver anvendt rundt om i landets husholdninger, er sparsom. Vi ved som nævnt fra undersøgelser, at forbruget af træ pr. anlæg pr. år er langt større for kedler end for ovne, og vi anslår, at ca. halvdelen af det årlige træforbrug (inkl. træpiller) til boligopvarmning i Danmark. Omregnet til energienheder, bliver halvdelen forbrugt i kedler mens den anden halvdel af forbruget sker i ovne. Totalt set udgjorde træ i 2005 hele 30 % af det samlede energiforbrug i husholdningers forbrændingsanlæg.

Forbruget af træ i husholdninger har de seneste år været støt stigende, hvilket bl.a. skyldes stigende priser på olie og el. Figur 3-10 viser udviklingen i husholdningernes forbrug af forskellige brændsler i perioden 2000-2005. Forbruget af træ i husholdninger er således gået fra at udgøre ca. 19 % af det samlede brændselsforbrug i år 2000 til ca. 30 % i år 2005. Modsat er det gået for fyringsolie, hvor forbruget i perioden er reduceret med ca. 10 %, så det er nærliggende at konkludere, at en del husholdninger har skiftet fra at fyre med olie til at fyre med brænde og træpiller.

I arbejdet med den geografiske kortlægning er brændselsforbruget den ubekendte faktor, idet man kun ved ganske lidt om, hvordan den enkelte boligejer fyrer med brænde. Undersøgelser peger i retning af, at fyringsadfærd kan forklares ud fra et kompleks af tekniske, økonomiske, sociale og kulturelle forhold. Fra enkelte brugerundersøgelser kender man det skønsmæssige forbrug af brænde fordelt på forskellige anlægstyper og områder, men disse



**Figur 3-15**  
Udviklingen i brændselsforbruget i husholdninger fordelt på brændselstyper i perioden 2000-2005. Det ses, at træ står for en betydelig del af stigningen i forbruget.

estimerer er behæftet med nogen usikkerhed. Ved at opskalere disse undersøgelser til landsplan tilføjes yderligere usikkerheder.

I vores arbejde med en geografisk kortlægning af udledningen af partikler fra brændeovne og -kedler benytter vi derfor oplysninger om bl.a. boligtype, boligstørrelse og primær varmeinstallation til at beregne det potentielle forbrug af brænde på husstands niveau ud fra velkendte sammenhænge mellem boligareal og energiforbrug for forskellige boligtyper.

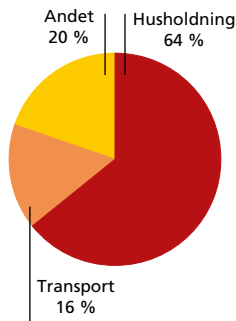
### Udledning fra brændeovne og små brændekedler

Anlæg til at fyre med træ i husholdninger har vist sig at være en betydelig kilde til udledningen af partikler i Danmark. Til trods for at træ i perioden 2000-2005 blot udgjorde mellem 19-30 % af husholdningernes forbrug af brændsel, stammede 93 % af husholdningernes udledning af små sundhedsskadelige partikler ( $PM_{2,5}$ ) herfra i 2000 – og hele 96 % i 2005.

De seneste opgørelser over udledningen af partikler i Danmark viser, at der i 2005 blev udsendt ca. 17.500 ton små partikler fra forbrænding af træ i husholdninger. Dette svarer til mere end halvdelen (ca. 64 % – se figur 3-16) af den samlede danske udledning af små partikler ( $PM_{2,5}$ ). En anden stor kilde er, som det fremgår af figur 3-17, transport, der bidrager med 16 % af den samlede udledning af små partikler.

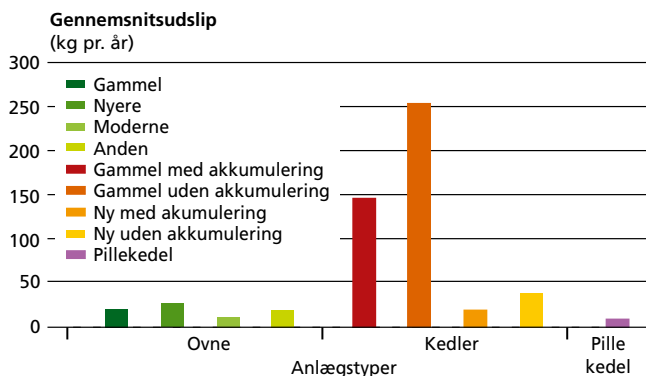
Udledningen af partikler afhænger i høj grad af den anvendte forbrændingsteknologi. Anvendelsen af nye teknologier inden for visse typer anlæg har vist, at det i særlige tilfælde er muligt at opnå en reduktion på op i mod 90 % af den udledte partikelmængde sammenlignet med anvendelsen af ældre teknologier.

Figur 3-17 viser udledningen af små partikler fordelt på forskellige typer af forbrændingsteknologi, som findes rundt om i de enkelte husstande. Det fremgår af figuren, at nye brændekedler bidrager mindre end gamle til udledningen af små partikler. Dette kan forklares ved, at de nye kedler har en renere forbrænding og dermed forurener mindre, da bestanden af henholdsvis nye og gamle brændekedler er omtrent lige stor.



**Figur 3-16**

**Den danske udledning af små partikler ( $PM_{2,5}$ ) fordelt på sektorer i 2005. Kategorien andet omfatter kraftværker, fjernvarmeverker, industri og landbrug. Husholdningerne bidrager mest til denne udledning.**

**Figur 3-17**

**Gennemsnitlig udledning af små partikler pr. år for forskellige teknologier og anlægstyper. Især gamle kedler udgør et væsentligt problem. Akkumulering er en tank til lagring af varme.**

Tidligere målinger bekræfter, at man skal tage udledningen af partikler fra brændefyring i boligområder alvorligt, da koncentrationerne af partikler kan antage betydelige størrelser. I et rækkehusområde i Gundsømagle nord for Roskilde er der foretaget målinger af et par måneders varighed i vinterperioden. Målingerne viser, at den gennemsnitlige koncentration af partikler (i måleperioden) på visse tidspunkter af døgnet (sen eftermiddag) kan nå niveauer, der svarer til gennemsnitskoncentrationer målt på H. C. Andersens Boulevard i det centrale København midt i myldretidstrafikken.

Lignende målinger som den i Gundsømagle er gennemført i Slagslunde by i Egedal Kommune som led i et igangværende projekt om brændeovne, miljø- og sundhedsvirkninger. Foruden målinger er der gennemført en omfattende spørgeskemaundersøgelse til at afdække borgernes fyrringsvaner. Som en del af undersøgelsen har brændeovnsbrugere i byen ført logbog over forbruget af brænde i en længere periode hen over vinteren. Resultaterne fra undersøgelsen indgår som et element i kvalitetssikring og justering af kortlægningen af udledningen, som beskrives nedenfor.

### Geografisk fordeling af partikeludledningen

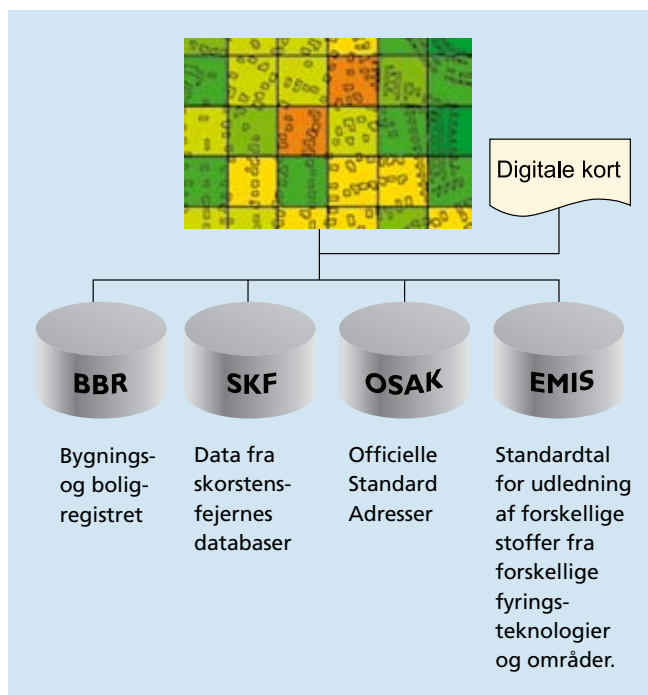
Ud fra skorstensfejernes detaljerede registreringer er udledningen af partikler m.m. i et velafgrænset studieområde (figur 3-18) beregnet ved hjælp af modeller. Området har en stor andel af parcelhuskvarterer med mange brændeovne og pejse.

**Figur 3-18**

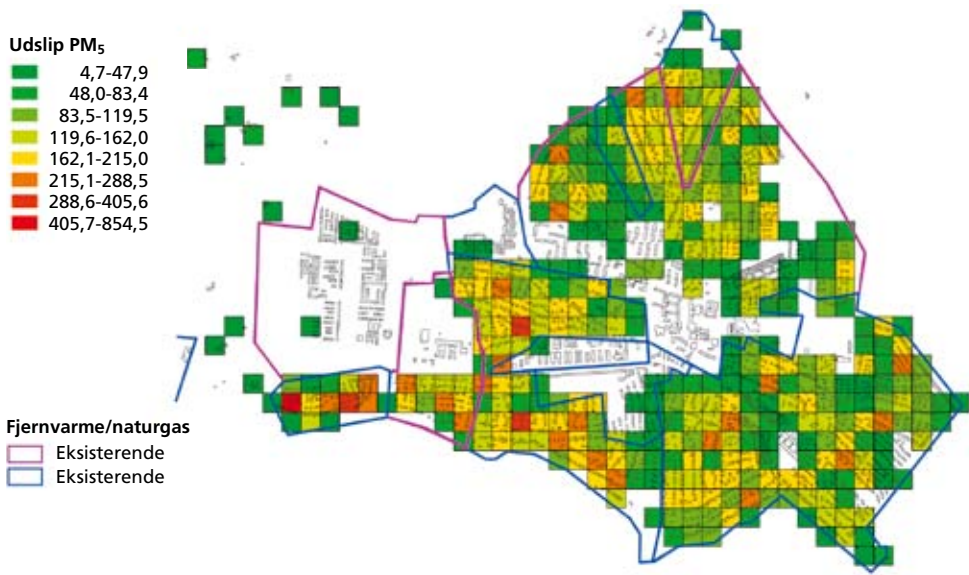
**Kort over beliggenheden af det sammenhængende studieområde nordvest for København. Studieområdet udgøres af Herlev, Ballerup, Værløse og Stenløse kommuner, som de så ud før kommunalreformen.**

Den geografiske kortlægning baserer sig på en række forskelligartede data, som bliver bearbejdet og knyttet til adresser i et GIS som beskrevet under afsnittet om forureningskilder (side 60). Figur 3-19 viser en oversigt over disse data. Fra skorstensfejerregistre for hver af de 4 kommuner har vi hentet information om antal og type af fyringsanlæg, som er installeret i de enkelte ejendomme.

Til beregning af det konkrete træforbrug (opgjort i energienheder) i de enkelte husstande med træfyring har vi benyttet oplysninger om boligareal, bygningstype, primær varmekilde m.m., som vi har hentet fra BBR. Ud fra vores viden om sammenhængen imellem forskellige boligtypers forhold mellem boligareal og energiforbrug har vi beregnet et potentielt varmekonsum for hver husstand i studieområdet. Ved at se på den primære varmeinstallation i husstandene (fx elvarme, oliefyr, fjernvarme eller naturgas) har vi beregnet andelen af varmebehovet, som bliver dækket af fyring med træ – det egentlige forbrug af brændsel.

**Figur 3-19**

**Oversigt over data, der er anvendt til at modellere udledningen fra husholdninger på adresseniveau. Udledningerne beregnes inden for hvert kvadrat på kortet (se også figur 3-20).**



Når vi beregner forbruget af brændsel, gør vi en række antagelser. Eksempelvis skønner vi, at husstande med el-varme som primær varmekilde er mere tilbøjelige til at benytte brændeovnen til opvarmning end husstande med kollektiv varmforsyning i form af fjernvarme eller naturgas, hvilket skyldes den høje pris på el sammenlignet med den gennemsnitlige pris for fjernvarme eller naturgas.

Ud fra forbruget af brændsel har vi beregnet den årlige udledning af små og store partikler (PM<sub>2,5</sub> og PM<sub>10</sub>) – ligeledes på adresseniveau. Beregningen er foretaget ud fra viden om mængden af partikler, som bliver afgivet pr. energienhed for forskellige typer af anlæg (brændeovne og -kedler) i forskellige områder (by-, land- og sommerhus-områder).

Den konkrete geografiske kortlægning af partikeludledningen, som er foretaget for studieområdet (se figur 3-20), vil bl.a. blive anvendt som grundlag for at modellere luftkvalitet og lokal befolkningseksponering i et område inden for én af de 4 kommuner. Til dette formål anvender vi GIS-kort med adresser og bygninger sammen med data fra det Centrale Person Register (CPR). CPR-registret indeholder data på adresseniveau over befolkningssammensætningen (bl.a. antal personer, køn og alder).

**Figur 3-20**  
Kortet viser den årlige udledning af små partikler (PM<sub>2,5</sub>) i et udsnit af studieområdet. Den årlige udledning er angivet i kg pr. 100 m × 100 m. Det ses, at der kan være tale om store lokale variationer i udledningen.

### **Regulering af miljøpåvirkning fra husholdningers brændefyring**

Der er i de senere år sat fokus på luftforurening og især de sundhedsskadelige partikler fra brændeovne og -kedler. Det hænger bl.a. sammen med, at antallet af brændeovne og små brændekedler er steget markant de seneste år som en naturlig følge af prisstigninger på energi. Dette har blandt andet ført til, at flere borgere henvender sig om gener fra brændefyring i deres nærmiljø, ligesom ovenstående beregninger viser, at brændeovne og -kedler udgør en væsentlig del af problemet med partikelforurening, om end med store lokale variationer.

Hidtil har der været få restriktioner for privat fyring med træ i Danmark, og miljømyndighederne har ikke haft lovæssige muligheder for at regulere brugen af brændeovne i private hjem. I december 2007 blev en ny bekendtgørelse om brændeovne og -kedler og lignende anlæg vedtaget. Bekendtgørelsen stiller krav til udledningen af partikler fra brændeovne og -kedler samt præciserer kommunernes ansvar og handlemuligheder i forbindelse med klager over gener fra brænderøg. Foruden denne regulering blev der i perioden 2008-2009 afsat midler på finansloven til at etablere en skrotningsordning for brændekedler, som skal fremme udfasningen af kedler med forældet forbrændingsteknologi. Når man ser på den reduktion i udledning, man kan opnå med ny teknologi, er det et rigtig fornuftigt tiltag, som dog også med rimelighed kunne dække brændeovne. En lignende ordning eksisterer i Sverige og Norge, hvor man i flere år har været opmærksom på, at udledningen af

partikler fra brændeovne og -kedler kan give luftkvalitetsproblemer i boligområder.

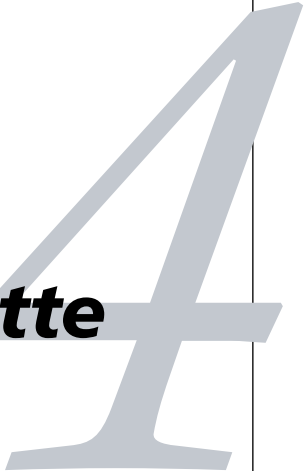
Herhjemme arbejder man fortsat på at udvikle renere teknologier til brændefyring og på at opbygge viden og øge forståelsen af de miljø- og sundhedsmæssige konsekvenser af brændefyring. Dette arbejde sker i samarbejde mellem forskere, myndigheder og producenter af brændeovne, og har bl.a. ledt til udviklingen af svanemærkede brændeovne, som kun må udlede 5 g partikler for hvert kg indfyret træ.

Foto: Britta Munter.





# **Beslutningsstøtte**



Der findes en lang række metoder og værktøjer til at understøtte politiske beslutninger på miljø- og naturområdet. Det kan være modeller, som beregner konsekvensen af forskellige politiske tiltag. Det kan også være metoder og redskaber, som understøtter prioriteringer af forskellige indsatser. I det følgende vil vi vise, hvordan anvendelsen af GIS har bidraget til at videreudvikle to af disse metoder. Det første eksempel illustrerer, hvordan metoder til værdisætning af miljøgoder kan inddrage GIS. Det næste viser, hvordan GIS kan understøtte udviklingen af indikatorer, som baseres på forskellige fænomeners beliggenhed i forhold til hinanden.

Fotos: Bernd Münier, collage: Britta Munter.

### **Eksempel 1: Prissætning af miljøgode**

I forvaltning og regulering af miljøet er det ofte nødvendigt at prioritere mellem forskellige former for tiltag. Prioriteringen kan understøttes af information om, hvad de forskellige tiltag koster, men det er også vigtigt at kunne sætte det i forhold til, hvad man får ud af det. Derfor er der i de seneste år kommet meget fokus på udvikling af forskellige metoder til at sætte pris på de miljøgoder, der eksisterer, eller som man kan skabe igennem forskellige forvaltnings-tiltag. Disse metoder kan i visse sammenhænge understøttes af analyser, der bygger på GIS. I dette eksempel vil vi vise, hvordan man kan prissætte miljøgoder ved hjælp af en såkaldt "husprismetode".

**Figur 4-1**  
**Huse med udsigt til fjord. I**  
**forgrunden ses nyplantet**  
**skov i Himmelev ved**  
**Roskilde.**

Foto: Britta Munter.



Når man køber et forbrugsgode, fx en bil, vil ens betalingsvilje, dvs. den pris man er villig til at betale, afhænge af bilens egenskaber: hvor stærk er motoren, hvilket mærke er det, hvor gammel er den, og hvilket ekstra udstyr er inkluderet i prisen? En bil er det, man i økonomisk sprogbrug kælder et "differentieret" gode, dvs. et gode, hvor den samlede pris afhænger af priserne på eller betalingsviljen for de enkelte egenskaber.

Når man køber eller lejer et hus eller en lejlighed, betaler man også en samlet pris for et differentieret gode. Husets pris kan fx afhænge af størrelse, antal værelser, opvarmingsform og beliggenhed. Beliggenheden dækker over mange forskellige – positive og negative – egenskaber. Disse kan afhænge af det område, huset ligger i, såsom afstand til grønne områder, udsigt til åbne arealer, en sø eller havet. Andre vigtige forhold kan være støj, lugt, afstand til skoler, indkøbsmuligheder eller arbejdsplads. Prisen på et hus kan også være påvirket af graden af luftforurening, indkomst- og uddannelsesniveau og etnisk sammensætning i området. Fælles for alle disse "beliggenheds"-virkninger er, at de ikke har nogen direkte pris på et marked, som man kan anvende til at beregne deres betydning for prisen på huset eller lejligheden.

Boligprisen kan dog sige noget om den værdi, beboerne tillægger det at bo eksempelvis nær en skov, og man kan bruge denne værdi til at prioritere forskellige miljøindsatser, som fx skovrejsning.

### **Miljøøkonomisk metode**

I miljøøkonomien har man udviklet en "husprismetode", som kan beregne en underliggende pris for ikke-markedsgoder. Husprismetoden anvender en indirekte prissætning af ikke-markedsgoderne ud fra priser opnået ved køb eller leje af fast ejendom. Metoden er tidligere anvendt i Danmark for at vurdere værdien af skovområder, udsigt til søer og den negative værdi af støj, dog uden decideret at inddrage GIS.

Fremgangsmåden er ret simpel, selv om der er en række statistiske forhold, man skal tage hensyn til. For et område med de relevante karakteristika indsamler vi data om husalg. Dette omfatter den pris, som er betalt for huset, og så

## Boks 4-1

**Husprismetoden**

Man finder værdien af de enkelte parametre i "husprismetoden" ved hjælp af en statistisk metode. Denne metode er baseret på, at husprisen er afhængig af husets forskellige egenskaber, dvs.:  $\text{Husets pris} = (\text{værdi af egenskab 1}) \cdot (\text{mængde af egenskab 1}) + (\text{værdi af egenskab 2}) \cdot (\text{mængde af egenskab 2}) + \text{osv.}$

mange oplysninger som muligt om husets egenskaber og beliggenhed i forhold til resten af området. Her kommer GIS ind i billedet. Ved hjælp af de geografiske koordinater for hvert hus i analysen samt et kort over området er det muligt at måle afstanden til fx parker og skovområder eller støjende veje.

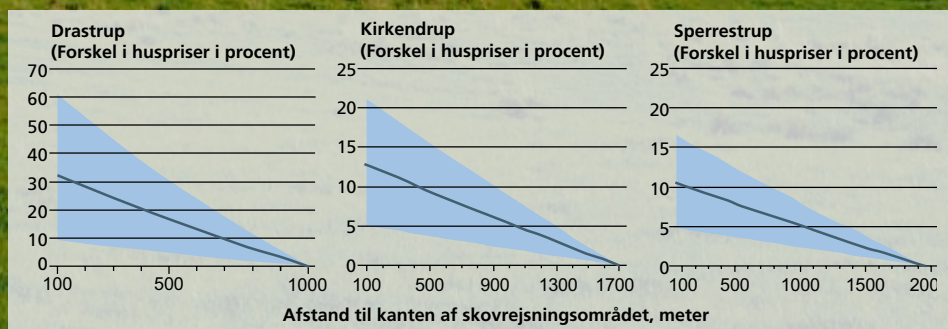
I nogle tilfælde kan det være relevant at inddrage flere egenskaber i samme faktor, fx kan en mindre skov tæt på området have samme værdi som en stor skov, der ligger længere væk. For at undersøge dette konstruerer vi en række parametre, der integrerer afstand og størrelse af forskellige arealanvendelser i ét tal, og dermed er det muligt at bestemme konsekvensen for husprisen, hvis vi øger eller formindsker arealet eller afstanden. Når vi har alle data, kan vi anvende en statistisk metode til at beregne værdien af de enkelte parametre på baggrund af husenes priser (boks 4-1).

**Værdisætning af skovrejsning**

Vores undersøgelse er udført i forbindelse med værdisætning af skovrejsning omkring tre boligområder. Boligområderne ligger alle i nærheden af områder, hvor der vil blive etableret nye skove: Drastrup Skov tæt ved Aalborg, Kirkendrup Skov ved Odense og Sperrestrup Skov i umiddelbar nærhed til Ølstykke, som ligger nord fra København (figur 4-2).

BBR indeholder blandt andet koordinater, der angiver den geografiske placering af hvert enkelt hus. Ud fra placeringen har vi beregnet en række geografiske faktorer i GIS, fx afstand til skovbryn ved nyplantet skov og "gamle" skovområder, afstand til vådområder, afstand til andre rekreative områder såsom parkarealer, legepladser og





**Figur 4-3**

Kurven viser de procentvise forskelle i huspriser i forhold til afstand til skovkanten. Man ser, at eksistensen af skovrejsningsområder har betydning for husprisen, men også at der er stor usikkerhed i størrelsen af denne (det lyseblå felt).

Foto: Huse med fjordudsigt i Himmelev ved Roskilde Fjord.  
Britta Munter.

sportspladser. Ligeledes har vi beregnet afstanden til nærmeste togstation, skole og børnehave samt afstanden til nærmeste lidt større bycentre og til industriområder. Vi kan også se på andre relevante faktorer, fx motorveje og motorvejstilkørsler, men i de tre konkrete studieområder forventer vi ikke, at de har en betydning, da afstanden til disse generelt er for stor.

Vi har anvendt de forskellige GIS-målinger af afstande sammen med BBR til at vurdere værdien ved at bo tæt på skovrejsningsområder de tre steder. Den optimale placering af skovrejsningsområder udgør en interessant problemstilling, idet fx rekreative områder og herlighedsværdier vil afhænge af, hvor mange mennesker der bor tæt på området, og hvad der er af andre rekreative muligheder i det pågældende område.

Figur 4-3 sammenfatter sammenhængene mellem forskellen i huspriser og afstand til kanten af skovrejsnings-

området. Af andre egenskaber i analysen er det kun afstanden til industriområder, næste større bycenter, børnehaver, vådområder og "gamle" skovområder, som har betydning for husprisen. Det lyseblå felt i figur 4-3 viser usikkerheden ved den beregnede sammenhæng mellem pris og afstand her udtrykt i procent af husprisen.

### Værdisætning med anvendelse af GIS

Brugen af GIS i "husprismetoden" er fordelagtig på mange måder. Uden GIS havde det været vanskeligt at måle afstanden til de enkelte områdeegenskaber med samme nøjagtighed, ligesom det ikke ville være muligt at inddrage så mange forskellige afstandsegenskaber. I selve beregningen er det også praktisk at kunne fremhæve afvigende og indflydelsesrige observationer på kortet. Denne ekstra geografiske information bliver brugt som en del af kvalitetskontrollen, hvor de anvendte data bliver undersøgt for eventuelle fejl. Endelig giver GIS mulighed for at visualisere analysens problemstilling og resultater i form af kortmateriale.

Anvendelsen af GIS hjælper også, når resultater fra værdisætningstudier skal anvendes i andre beregninger, fx i analyser af omkostninger set i forhold til gevinster ved planlagte skovrejsningsprojekter. Denne form for gevinstoverførsel anvendes ofte, da den både sparer tid og penge. Til gengæld bidrager den også betydeligt til analysens usikkerhed. GIS kan her hjælpe ved at forbedre nøjagtigheden af gevinstoverførslen, da GIS giver mulighed for at inddrage den geografiske dimension i form af afstanden til det rekreative område og tilstedeværelsen af andre positive eller negative områdekarakteristikker af geografisk karakter.

Hvis man skal anvende resultaterne fra "husprismetoden" til at bestemme den økonomisk set mest hensigtsmæssige placering af fremtidige skovrejsningsområder, kan man anvende GIS til at "tælle" antallet af enfamiliehuse inden for 100 m-intervaller fra det planlagte skovbryn. Sammen med informationer om den gennemsnitlige huspris i området kan man anvende de virkninger, der blev beregnet i ovenstående eksempel, til at beregne den forventede husprisstigning og dermed den samlede mulige herlighedsværdi af et nyt skovrejsningsområde, selvfølgelig under hensyntagen til usikkerheden i metoden.

**Eksempel 2:****Geografiske miljø- og naturindikatorer**

Med udviklingen af GIS er nye muligheder blevet åbnet for vores forvaltning af miljøet. Miljøtilstanden i et natur- eller vandområde kan kobles med oplysninger om påvirkninger, der også viser betydningen af påvirkningens afstand og beliggenhed. Det er også muligt at inddrage geografiske indikatorer i overvågning og planlægning, så miljøregulering og tiltag kan målrettes i forhold til de områder, der er særligt følsomme, eller hvor tiltag må forventes at have den største virkning. Geografiske indikatorer kan herved hjælpe beslutningstagere med at overskue de geografiske aspekter og den rumlige variation inden for miljøproblemerne og deres løsninger.

Indikatorer omsætter komplekse forhold til information, som er let at overskue og sætte sig ind i. Det kan fx være tal, som illustreres i figurer og tekster, og som kan lette formidlingen af den viden, der opnås i studier af forskellige emner, og anvendelsen af denne viden i forvaltning og regulering. En af de bedst kendte indikatorer er BNP – bruttonationalproduktet, som benyttes som indikator for et lands samlede økonomiske aktivitet.

Især inden for det miljøpolitiske område er udviklingen af indikatorer gået stærkt i de seneste år. Både nationalt og internationalt er der udviklet indikatorer for miljøets tilstand, men også indikatorer for samfundets påvirkning af miljøet – fx landbrugets udledninger af næringsstoffer til naturen. GIS har banet vejen for udviklingen af en ny type indikatorer – de geografiske indikatorer – som udnytter, at man kan inddrage struktur eller beliggenhed af relevante miljøtemaer i beregningen af indikatorerne. I dette eksempel illustrerer vi, hvordan man kan fremstille geografiske indikatorer, og hvad de kan bruges til.

**Miljøindikatorer**

Regeringen har en række mål for natur- og miljøpolitikken. Der er eksempelvis meget fokus på at standse nedgangen i biodiversitet og at forbedre vandkvaliteten i søer, åer og kystvande. Det er ikke kun Danmark, der har problemer med disse områder, og medlemslandene i EU har derfor vedtaget nogle direktiver, som bliver omsat til lov i de enkelte

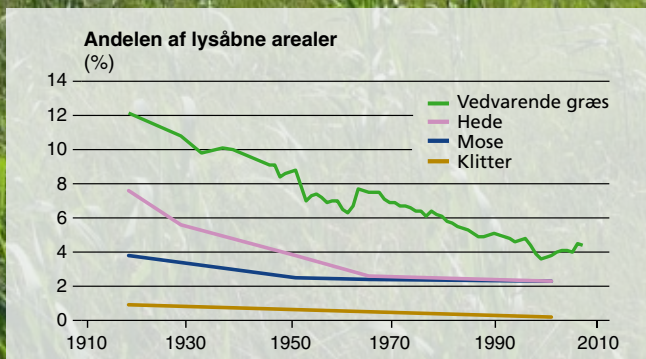
lande. For naturkvalitet og vandkvalitet drejer det sig om henholdsvis Habitatdirektivet og Vandrammedirektivet.

Ifølge de to direktiver skal der sættes mål for den naturkvalitet og vandkvalitet, som de enkelte vand- og naturområder skal opfylde, og der skal laves handlingsplaner for at opnå disse mål. Her kommer miljøindikatorerne ind. En miljøindikator er som nævnt en størrelse – det kan være et tal, en figur eller en beskrivelse, som samler informationen om et givet emne og fremstiller det på en simpel måde, så brugere kan få et billede af, hvordan det står til med dette emne. En miljøindikator kan derved vise en udviklingsretning – går det bedre eller dårligere med miljøet – den kan blive en "målepind" for, hvor langt man er fra de mål, man har sat sig, eller den kan understøtte sammenligninger og "best practises".

**Figur 4-4**

**Et eksempel på en miljøindikator er udviklingen i andelen af lysåben natur i Danmark. Denne indikator siger noget om betingelserne for levevilkårene for den flora og fauna, der er knyttet til de lysåbne naturtyper, og er dermed en indikator for biodiversitet.**

Foto: Britta Munter.



### Geografiske indikatorer

Geografiske indikatorer er indikatorer, hvor stedfæstelsen af de forhold, man vil undersøge eller vise, er af afgørende betydning. Indikatorerne baseres ofte på kortdata eller på data og statistik, der kan vises på kort, og beregnes som regel i et GIS. I det følgende viser vi to eksempler på, hvordan GIS kan understøtte formidlingen af miljøviden til beslutningstagere igennem geografiske indikatorer. Disse indikatorer kan anvendes til at sammenligne forhold mellem forskellige områder eller til at understøtte prioriteringen af, hvilken indsats der skal ske hvor.

### Adgang til skov

Adgang til skov involverer både eksistensen af skov i nærheden af et givet boligområde og dennes størrelse, men afstanden til den er selvfølgelig også relevant, som vi viste i forrige eksempel.

For at beskrive disse informationer får vi brug for et GIS, som kan analysere forskellige temaers beliggenhed i forhold til hinanden. Figur 4-6 viser to kortudsnit, hvor en afstandszone på 15 kilometer er indlagt omkring bygrænsen for de to byer Herning og Silkeborg. I cirklerne er sko-

**Figur 4-5**

**GIS kan bl.a. bruges til analyse af afstande fra boligområder i mange byer, til fx skov, og derved medvirke til at udpege nye skovrejsningsområder.**

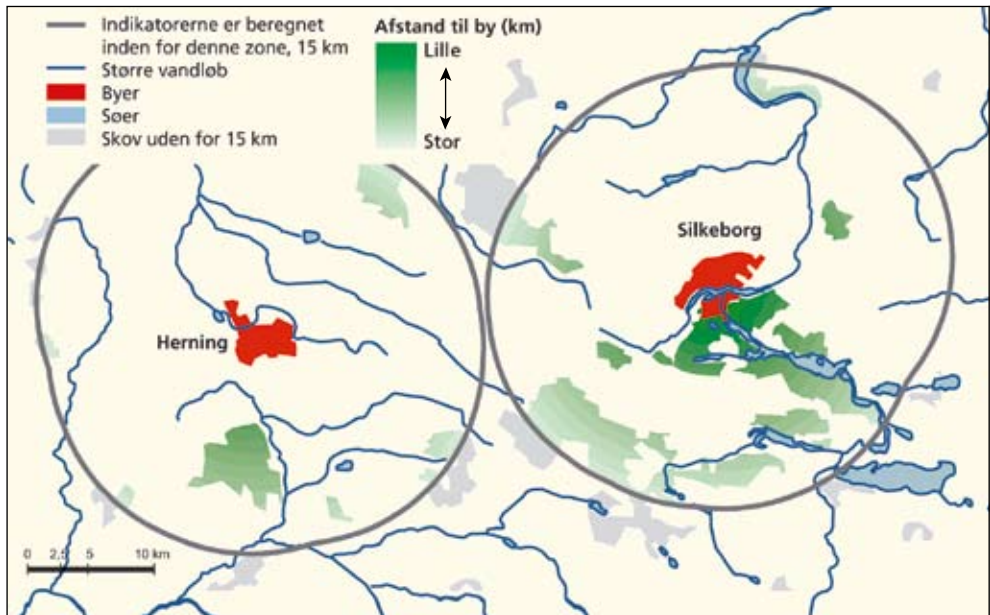
Foto: Britta Munter.



|                               | Herning | Silkeborg |
|-------------------------------|---------|-----------|
| Skovareal (km <sup>2</sup> )  | 61      | 154       |
| Minimumsafstand til skov (km) | 5       | 1         |
| Middelfafstand til skov (km)  | 12      | 10        |

Tabel 4-1

Geografiske indikatorer for byboeres adgang til skov – målt i luftlinje fra bygrænsen.



Figur 4-6

Kortudsnit, som viser skovarealer og fordelingen i landskabet i 15 kilometers afstand fra bygrænserne omkring Herning og Silkeborg.

Kilde: B. Münier, 2007.

ven vist med grøn farve, der bliver lysere, jo længere afstanden er fra byen til skoven. Skoven er lysegrå uden for cirklerne for at vise, at disse områder ikke indgår i analysen. Tre simple indikatorer for befolkningens adgang til skov er beregnet for disse to områder. Det er det totale skovareal, minimumsafstanden fra bygrænsen til skov, samt den gennemsnitlige afstand til skovarealer inden for de 15 kilometer (tabel 4-1).

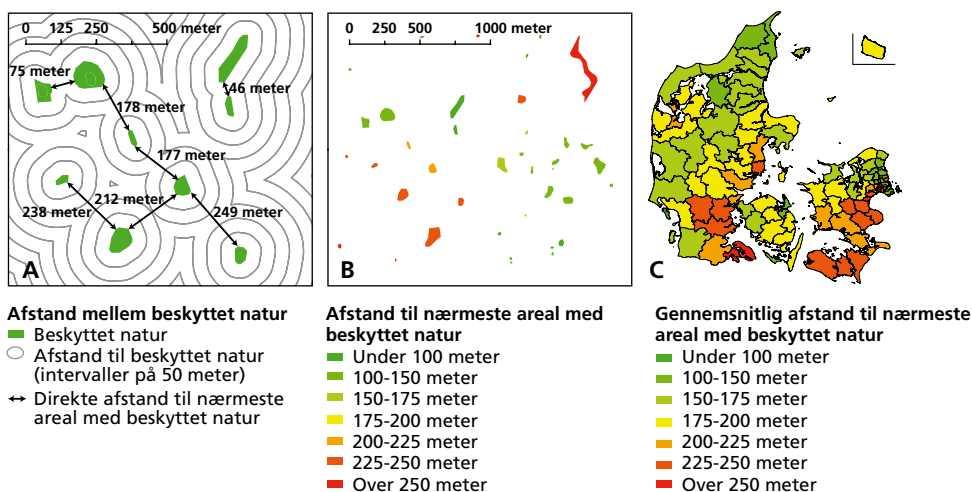
Det ses af disse indikatorer, at Silkeborgs indbyggere har den bedste adgang til skov, målt ved alle tre indikatorer: der er størst skovareal inden for 15 kilometer fra bygrænsen, der er kortest mindsteafstand til den nærmeste skov, og den mindste middelfafstanden fra bygrænsen til alle skovarealer. Udført for mange byer kan sådanne analyser fx anvendes til at udpege områder, der kan have behov for skovrejsning.



**Figur 4-7**

Mange dyrearters overlevelse er afhængig af muligheden for at bevæge sig mellem levestederne. Det har derfor en stor betydning at afstanden mellem levestederne ikke er større end dyrene kan færdes mellem dem.

Foto: Britta Munter.

**Figur 4-8**

**Beregning af indikator på kommuneniveau for afstand mellem arealer med beskyttet natur.**

**I de røde områder er afstanden mellem de beskyttede områder særligt store.**

Kilde: Levin et al. 2009.

### Afstand mellem arealer med beskyttet natur

For mange dyrearter er muligheden for at bevæge sig mellem levesteder i landskabet vigtig for deres overlevelse. Jo større afstanden mellem levestederne er, desto sværere er det for arterne at bevæge sig mellem dem. Dette er især relevant i Danmark, hvor den vilde natur generelt er karakteriseret ved mange små arealer omgivet af intensivt landbrug.

For hele Danmark findes der en kortlægning af beskyttet natur, den såkaldte § 3-registrering. Vi har anvendt denne kortlægning til at udvikle en indikator for afstanden mellem beskyttet natur. For hvert areal med beskyttet natur har vi ved hjælp af GIS beregnet afstanden til det nærmeste andet areal med beskyttet natur (figur 4-8A). Vi har brugt den direkte afstand mellem arealernes kant. Derved har hvert areal med beskyttet natur fået en afstandsværdi, som er lagt ind på et kort (figur 4-8B). Dette kort har vi i GIS lagt sammen med kommunekortet, hvorefter vi har beregnet den direkte afstand til nærmeste areal med beskyttet natur som gennemsnit for alle arealer i hver kommune. Resultatet i figur 4-8C viser, at denne afstand varierer meget fra

kommune til kommune. Generelt er afstandene størst i kommunerne i Sydøstjylland, det sydlige Sjælland og Lolland Falster samt i de fleste by- eller bynære kommuner.

### **Svinebesætninger og følsomme naturtyper**

Udledning af næringsstoffer til luften fra store svinebesætninger kan udgøre en betydelig trussel mod følsomme naturtyper. Ifølge loven om husdyrgodkendelse kræves der derfor særlig tilladelse til at etablere husdyrbesætninger på over 75 husdyrenheder, hvis disse ligger inden for én kilometer fra beskyttede naturtyper, som er særligt følsomme over for afsætning af næringsstoffer. En husdyrenhed er en beregningsenhed, der svarer til udskillelsen af 100 kg kvælstof fra gødningen, og den svarer til 36 slagtesvin.

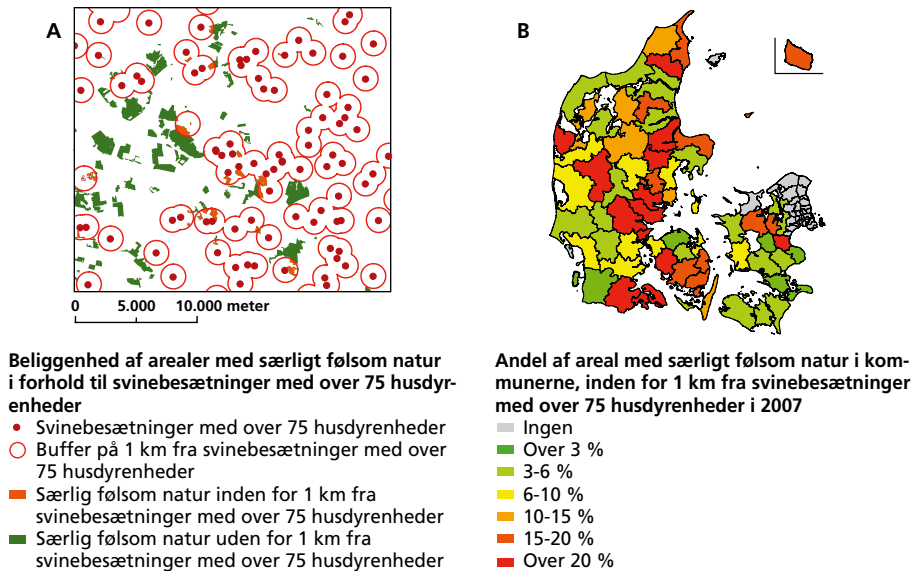
For hele Danmark findes der en kortlægning af beskyttet natur, som er særligt følsom over for næringsstoffer fra husdyrproduktionen. Vi har anvendt denne kortlægning sammen med et kort over lokaliseringen af svinebedrifter til at udvikle en indikator, der viser, hvor stor en andel af den særligt følsomme natur, der ligger inden for en afstand på én kilometer fra svinebedrifter over 75 husdyrenheder.

**Figur 4-9**

**Udledning af næringsstoffer fra store svinebesætninger udgør en stor trussel mod særligt følsomme naturtyper.**

Foto: Highlight.



**Figur 4-10**

**Beregning af indikator på kommuneniveau for arealandel af særligt følsom natur tæt på store svinebesætninger. Røde områder har mere end en femtedel af den beskyttede natur inden for 1 km fra svinebesætninger med over 75 dyreenheder.**

Kilder: Det centrale husdyrregister 2007; Miljøstyrelsen 2008.

I GIS har vi lagt en bufferzone på én kilometer omkring alle svinebedrifter over 75 husdyrenheder (figur 4-10A). Denne bufferzone har vi lagt over kortet med den særligt følsomme naturområder. Derved kan vi inddele den særligt følsomme natur i arealer, der ligger inden for, og arealer, der ligger uden for én kilometer fra de valgte svinebedrifter. Dette kort har vi lagt sammen med kommunekortet, hvorefter vi for hver kommune har beregnet, hvor stor en andel af den særligt følsomme natur, der ligger inden for én kilometer fra svinebedrifter over 75 husdyrenheder. Resultatet i figur 4-10B viser, at det især er i kommunerne i det centrale og østlige Jylland, at den særligt følsomme natur ligger tæt på de store svinebedrifter. Dette hænger sammen med, at en stor del af svineproduktionen foregår i disse kommuner.



# ***Perspektivering***



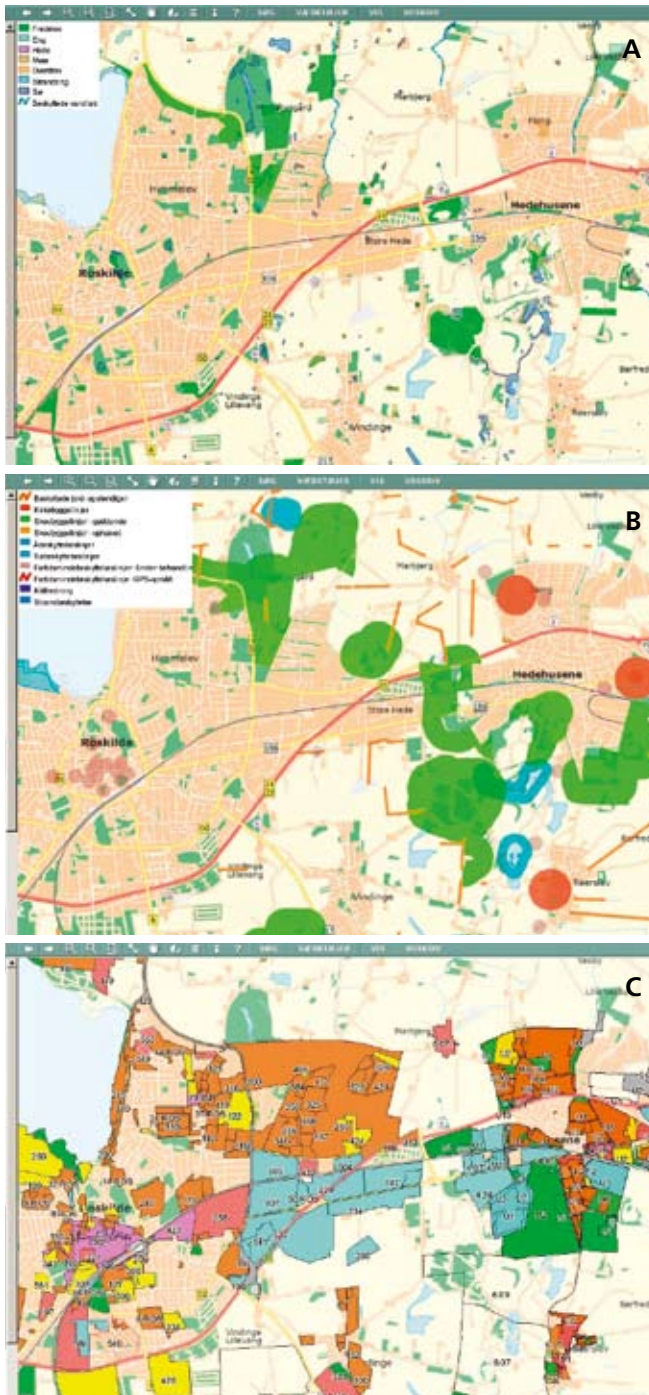
Geografiske informationssystemer har i en årrække været anvendt i forskning, udvikling og rådgivning. Med kommunesammenlægningen og afskaffelsen af amterne kom der også fokus på ensartning af de data, der anvendes i planlægning og forvaltning af natur og miljø. Disse data stilles i vidt omfang til rådighed for borgere og interesseorganisationer, og udvikling af såkaldte Web-GIS-systemer betyder, at man kan lave simple beregninger på sin egen computer.

Foto: Britta Munter.

I denne bog har vi vist nogle af de metoder, der kan hjælpe til at inddrage den geografiske dimension i analysen af miljøforhold. I dagens Danmark indgår geografiske informationssystemer i højere og højere grad i miljøforvaltningen. Kommunerne har opbygget GIS-portaler, hvor borgerne kan klikke sig ind og se eksempelvis kommuneplaner, lokalplaner og prioriteringer for anvendelsen af arealerne inden for kommunegrænsen. Desuden bruges disse portaler i stigende grad til offentliggørelse af planforslag, somme tider med direkte muligheder for at borger og interesseorganisationer kan lægge kommentarer ind.

På nationalt niveau foregår der også en opbygning af geografiske temaer, som bliver tilgængelige for alle, og som også sikrer en harmonisering af de data, der bliver brugt i de enkelte miljøforvaltninger. Desuden kan borgere og lods ejere finde informationer om deres ejendom, såsom restriktioner, beskyttelser og muligheder for at opnå tilskud. Disse GIS-portaler og de bagvedliggende geodata kan findes på følgende adresse: [www.miljoeportalen.dk](http://www.miljoeportalen.dk). Figur 5-1 viser eksempler fra Miljøportalen. En samlet adgang til planområdet findes under <http://Kort.plansystem.dk>. Mange GIS-portaler stiller også kort og geodata til rådighed som Webservices, så brugeren, der har et GIS-program, kan lægge dem ind som temaer sammen med egne data.

I den seneste tid er der udviklet Web baserede GIS-systemer, såkaldte WebGIS-løsninger. Foruden at der her kan vises en række GIS-temaer, giver de også brugerne mulighed for at udføre forespørgsler og interaktive beregninger, der knytter flere temakort sammen. Billedet på side 86 viser et eksempel på en WebGIS-løsning udviklet i et EU-projekt om kortlægning af områder, der er særligt følsomme over for påvirkninger fra trafikken. Kortene skal ses i et EU-perspektiv, og her kan brugeren eller en forvaltning selv udføre beregninger og prioritere følsomhed over for luftforurening, støj og naturområder i forhold til hinanden. WebGIS bliver dermed et simpelt GIS-system, der kun kræver, at brugeren har adgang til internettet.



## Litteratur

### Landskabsanalyser

#### *Udviklingen af landskabet i Midtjylland*

##### *– fra hede til ager og skov*

Odgaard, B. og Rømer, J. R. (red.) 2009. Danske landbrugslandskaber gennem 2000 år – Fra digevoldinger til støtteordninger. – Aarhus Universitetsforlag

### Økologiske jordbrug

#### *– betydning for landskabet*

Levin, G. 2006. Dynamics of Danish Agricultural Landscapes and the Role of Organic Farming. PhD thesis. Department of Geography and International Development Studies, Roskilde University, Denmark, Department of Policy Analysis, National Environmental Research Institute, Denmark. [http://www.dmu.dk/Pub/phd\\_GL.pdf](http://www.dmu.dk/Pub/phd_GL.pdf)

Levin, G. 2007. Relationships between Danish organic farming and landscape composition. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 120:330-344.

### Hvor er Rensdyrene?

Tamstorf, MP, Aastrup, PJ & Cuyler, LC (2005): Modelling critical caribou summer ranges in West Greenland. – *Polar Biology* 28(9): 714-724.

### Kortlægning af forurening af natur og miljø

#### *Luftforurening fra trafikken*

Jensen, S.S. (1998): AIRGIS – et værktøj til luft-kvalitetsplanlægning i større byer. Lahrman, H. & Pittelkow, A. (red.): Trafikdage på Aalborg Universitet 24.-25. august 1998. Supplementsrapport. Transportrådet og Trafik-forskningsgruppen, Aalborg Universitet. ISP's Skriftserie 227:213-222. [www.trafikdage.dk/td/papers/papers99/papers/paper/soem/solvang/solvang.pdf](http://www.trafikdage.dk/td/papers/papers99/papers/paper/soem/solvang/solvang.pdf)

Jensen, S.S., Ketzel, M., Berkowicz, R., Palmgren, F., Høj, J., Krawack, S. (2005): Virkemidler til overholdelse af NO<sub>2</sub> grænseværdier for luftkvalitet i København. Trafikdage på Aalborg Universitet 22.-23. august 2005. [www.trafikdage.dk/td/papers/papers05/Trafikdage-2005-420.pdf](http://www.trafikdage.dk/td/papers/papers05/Trafikdage-2005-420.pdf)

Ketzel, M. & Palmgren, F. (2008): Opdatering af vurdering af anvendelse af SCR-katalysatorer på tunge køretøjer som virkemiddel til nedbringelse af NO<sub>2</sub> forureningen i de største danske byer. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. Faglig rapport fra DMU nr. 660. <http://www.dmu.dk/Pub/FR660.pdf>

### Supplerende læsning

Jensen, S.S., Løfstrøm, P., Berkowicz, R., Olesen, H.R., Frydendal, J., Madsen, I.L., Fuglsang, K., Hummelshøj, P. (2005): Kortlægning af luftkvalitet langs motorveje. Trafikdage på Aalborg Universitet 22.-23. august 2005. [www.trafikdage.dk/td/papers/papers05/Trafikdage-2005-419.pdf](http://www.trafikdage.dk/td/papers/papers05/Trafikdage-2005-419.pdf)

Palmgren, F., Glasius, M., Wählin, P., Ketzel, M., Berkowicz, R., Jensen, S.S., Winther, M., Illerup, J.B., Andersen, M.S., Hertel, O., Vinzents, P.S., Møller, P., Sørensen, M., Knudsen, L.E., Schibye, B., Andersen, Z.J., Hermansen, M., Scheike, T., Stage, M., Bisgaard, H., Loft, S., Lohse, C., Jensen, K.A., Kofoed-Sørensen, V. & Clausen, P.A. (2005): Luftforurening med partikler i Danmark (Particulate air pollution in Denmark). Miljøstyrelsen. – Miljøprojekt 1021: 84 s. (elektronisk): <http://www.mst.dk/udgiv/Publikationer/2005/87-7614...-7614-721-5.pdf>

Stadslægen et al. (1999): Bli'r man syg af luften i Storkøbenhavn ? Rapport om luftforurening og sygdom i Københavns Kommune, Frederiksberg Kommune & Københavns Amt. Stadslægen, Københavns Kommune, Miljøkontrollen, Københavns Kommune, Embedslægeinstitutionen for Københavns Amt og Frederiksberg, Miljø- og Levnedsmiddelkontrollen, Frederiksberg Kommune, Teknisk Forvaltning, Københavns amt. 72 s.

**Boligopvarmning med træ giver store udslip af partikler**

Evald, A. & L. Nikolaisen, 2006: Brændeforbrug i Danmark – En undersøgelse af antallet af og brændeforbruget i brændeovne, pejse, masseovne og brændekedler i danske boliger og sommerhuse. Force Technology, Lyngby.

Glasius, M., Vikelsøe, J., Bossi, R., Andersen, H.V., Holst, J., Johansen, E. & Schleicher, O. 2005: Dioxin, PAH og partikler fra brændeovne. Danmarks Miljøundersøgelser. 27s – Arbejdsrapport fra DMU nr. 212.

Illerup, J.B., Henriksen, T. C., Lundhede, T., Van Breugel, C. & N. Z. Jensen, 2007: Brændeovne og små kedler – partikelemissioner og reduktionstiltag. Miljøprojekt nr. 1164. Miljøstyrelsen, Miljø- og Energi ministeriet, København.

Illerup, J. B. & Nielsen, M., 2004. Improved PM Emissions Inventory for Residential Wood Combustion. Proceedings of the PM Emission Inventories Scientific Workshop, Lago Maggiore, Italy, 18 October 2004. [http://www.dmu.dk/NR/rdonlyres/11C23CE2-582B-48F0-8EBDF3BA608F2E2/3319/PMworkshop-DKresidentialwoodburning\\_.pdf](http://www.dmu.dk/NR/rdonlyres/11C23CE2-582B-48F0-8EBDF3BA608F2E2/3319/PMworkshop-DKresidentialwoodburning_.pdf)

Nielsen, O.-K., Nielsen, M. & Illerup, J.B. 2007: Danish Emission Inventories for Stationary Combustion Plants. Inventories until year 2004. National Environmental Research Institute, University of Aarhus, Denmark. 176 pp. – NERI Technical Report no. 628. <http://www.dmu.dk/Pub/FR628>.

Palmgren, F., Glasius, M., Wählin, P., Ketzler, M., Berkowicz, R., Jensen, S. S., Winther, M., Illerup, J. B., Andersen, M. S., Hertel, O., Vin-zents, P. S., Møller, P., Sørensen, M., Knudsen, L. E., Schibye, B., Jovanovic Andersen, Z., Her-mansen, M., Scheike, T., Stage, M., Bisgaard, H., Loft, S., Lohse, C., Jensen, K. A., Kofoed-Sørensen, V. & P. A. Clausen. (2005): Luftforurening med partikler i Danmark. Miljøprojekt Nr. 1021. Miljøstyrelsen, Miljøministeriet. <http://www.mst.dk/default.asp?Sub=http://www.mst.dk/udgiv/publikationer/2005/87-7614-720-7/html/>

Teknologisk Institut, 2005: Brugerundersøgelse for brændeovne og fastbrændselskedler. Undersøgelse for Miljøstyrelsen, august 2005.

**Beslutningsstøtte*****Prissætning af miljøgoder ved hjælp af GIS***

Anthon, S. and B. J. Thorsen (2002) Værdisætning af statslig skovrejsning. En husprisanalyse. Arbejdsrapport, nr. 35, Skov & Landskab, Hørsholm. [www.skovoglandskab.dk](http://www.skovoglandskab.dk).

Birr-Petersen, K 2008, Measurement and bene-fit transfer of amenity values from afforestation project – A spatial economic valuation approach using GIS technology: Ph.d.-af-handling, Danmarks Miljøundersøgelser

Bjørner, T. B. and T. Lundhede (2003), 'Prisen på stilhed 25 år senere'. Nationaløkonomisk Tidsskrift 141, 279-299.

Champ, P. A., K. J. Boyle and T. C. Brown eds. (2003) A Primer on Nonmarket Valuation. Dordrecht/ Boston/London: Kluwer Academic Publishers.

Hasler, B., C. Damgaard, E. Erichsen, J. J. Jørgen-sen and H. E. Kristoffersen (2002) De rekreative værdier af skov, sø og naturgenopretning – værdisætning af naturgoder med husprismetoden. AKF rapport, November 2002, AKF, Copenhagen.

Haab, T. C. and K. E. McConnell (2002) Valuing Environmental and Natural Resources. The Econometrics of Non-Market Valuation. Cheltenham, Northampton: Edward Elgar.

Miljøstyrelsen (2003) Hvad koster støj? – Værdi-sætning af vejstøj ved brug af husprismetoden. Miljøprojekt, Nr. 795, Marts 2002, Mil-jøstyrelsen, Miljøministeriet, København.

**Geografiske indikatorer**

Levin, G., Münier, B., Fuglsang, M. & Frederiksen, P. (2009). Indikatorer til belysning af kommunernes indsats på natur- og miljøområdet: Resultater fra projektet Grønne Kommuner. Faglig rapport fra DMU nr 722.. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet.

<http://www.ens.dk/da-dk/klimaogco2/co2kvoter/kvoteregister/sider/forside.aspx> (link til Energistyrelsens hjemmeside om det danske kvoteregister).

<http://www.nordpol.com>

## Stikordsregister

### A

afgrødediversitet · 31, 32, 33, 37  
afstandsindikator · 83  
AirGIS · 53  
alderskrav · 57  
arealanvendelse, ændringer i  
· 27  
arealdækkeudvikling · 25  
arealtype · 16, 18

### B

BBR · 60  
befolkningseksponering · 50, 53  
belastningsindikator · 84  
beskyttet natur, afstand til · 83  
best practises · 79  
betalingsring · 56  
biodiversitet · 78  
boligopvarmning · 59  
boligpris · 73  
bottom up-tilgang · 60  
brændeforbrug · 63  
brændekedler · 59, 60  
brændeovne · 59, 60, 61  
bybaggrundsforurening · 50, 51  
Bygnings- og Boligregistret · 60  
byområder · 50  
byrum · 50

### D

differentieret gode · 73

### F

formidling · 12  
fyringsadfærd · 63  
fyringsolieforbrug · 63  
følsom natur, belastning af · 84

### G

gadeforurening · 50  
gadeslugt · 51  
geografisk dimension · 10  
geografisk indikator · 80  
geografiske Informationssystemer (GIS) · 11, 13  
Gindeskov Bæk · 18  
GIS · 11  
GPS-positionsbestemmelse · 43  
grønhedsindeks · 40

### H

Habitatdirektivet · 11, 79  
halmforbrug · 63  
hektarstøtteordninger · 30  
husprismetode · 72-74, 77

### I

ikke-markedsgoder, prissætning  
af · 73  
indikator · 12, Se også miljøindikator

### J

jordbrugsbedrifter, antal · 30

### K

Kangerlussuaq · 41  
Karup Hedeslette · 17  
Karup Å · 17  
konventionelt jordbrug · 28  
kortlægning af rensdyrs forekomst · 39  
kortsignaturer · 18  
Kragso · 17, 20, 26  
kvælstofdioxid · 55, 57

### L

landbrugslandskab · 28  
landbrugsregistre · 30  
landeveje, forurening ved · 52  
Landsat TM-satellit · 40  
landskab · 15  
landskabsanalyse · 12, 15  
eksempler på · 16  
landskabsdynamik · 26  
landskabsforandringer · 17  
landskabsudvikling · 20  
lokalforurening · 50, 51  
luftcirkulering i gaderum · 52  
luftforurening · 49, 50  
begrænsning af · 50  
i villakvarterer · 59  
geografi · 50  
ved motorveje · 52  
luftkvalitet · 50  
luftkvalitetskortlægning · 55  
luftkvalitetsvurdering · 53

### M

markdata · 30  
markkort · 34  
markstørrelse · 37  
miljøgeografiske analyser · 12  
miljøindikator · 78, 79  
miljøøkonomi · 12  
miljøovervågning · 12  
miljøplanlægning · 12  
miljøregulering · 12  
miljøzone · 57  
målebordsblad · 18

### N

naturgasforbrug · 63  
NDVI · 40

Normaliseret Differens Vegetations Indeks · 40

## P

partikelfiltre · 57, 58  
partikelforurening · 59, 60, 64  
partikeludledning · 64, 65  
pejling · 43  
pillekedler · 60  
pixel · 40  
PM<sub>2,5</sub> · 58  
positionsbestemmelser af rensdyr · 43  
prissætning af miljøgoder · 72

## R

regional forurening · 50  
Remote Sensing · 39  
rensdyr · 38  
    forekomst · 39  
    foretrukne habitater · 44, 47  
    habitat · 41, 42  
    kælvningsområde · 39  
    sandsynlige forekomst · 44  
resultatformidling · 12  
road pricing · 56

## S

sandflugt · 27  
satellitbaserede kortlægningsmetoder · 39  
satellitbilledanalyse · 39  
satellitsporing · 43  
SFL-områder · 11  
Shannons indeks · 31  
signatur · 18  
sigtedybden · 79  
skorstensfejerregistreringer · 61

skovadgang · 80  
skovrejsning · 74  
skrotningsordning · 68  
street canyon · 51  
svanemærkede brændeovne · 68  
svinebesætninger · 84  
særligt følsomme landbrugsområder · 11

## T

terrænmodeller · 39  
tilgroning · 27  
tiltagsvurdering · 55  
topografisk kort · 18, 19  
trafik · 50  
træforbrug · 63

## U

udledningskrav · 57  
udviklingsserie, landskabers · 24

## V

vandkvalitetsindikator · 78  
Vandrammedirektivet · 11, 79  
vegetationskortlægning · 41  
vegetationstypekort · 39  
vegetationstypekortlægning · 40, 41  
vejafgifter · 56  
Vestgrønland · 38

## W

WebGIS-løsninger · 89

## Ø

økologisk dyrket areal, ændringer i · 30  
økologisk jordbrug · 28-30, 37

## Miljøet i et geografisk perspektiv

Redigeret af Pia Frederiksen

Denne bog beskriver, hvordan man ved at analysere forskellige miljøforhold i relation til deres geografiske placering kan opnå en bedre forståelse af dem. Dette giver nye og bedre muligheder for at tilrettelægge den indsats, der skal til for at opfylde målsætningerne for et bedre miljø.

Bogen beskriver bl.a.

- Hvordan geografiske informationssystemer og positionssystemer virker.
- Hvordan geografiske analyser øger forståelsen af landskabets udvikling og arealanvendelsens indflydelse på landskabet.
- Hvordan man ved hjælp af geografiske informationssystemer kan tilrettelægge sine aktiviteter i et arktisk miljø uden at komme på tværs af dyrenes behov.
- Hvordan geografiske værktøjer kan udpege områder med særlig farlig luftforurening og afveje forskellige tiltags betydning for forureningsbekæmpelsen.
- Hvordan geografiske metoder kan bruges som værktøj i den politiske beslutningsproces.

Bogen rummer den nyeste viden, og indholdet er formidlet til ikke-eksperter uden at slække på den faglige kvalitet.



DANMARKS MILJØUNDERSØGELSER  
AARHUS UNIVERSITET

ISBN 978-87-7070-127-3