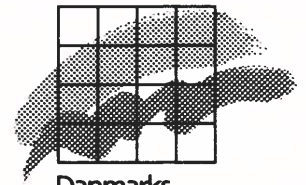


Miljøministeriet



Danmarks
Miljøundersøgelser

Fagdatacentret for Luftforurening

Faglig rapport fra DMU, nr. 92

Niels Z. Heidam

Afdeling for Forureningskilder og Luftforurening

Miljøministeriet
Danmarks Miljøundersøgelser
Juni 1993

Datablad

Titel:	Fagdatacentret for Luftforurening
Forfatter:	Niels Z. Heidam
Afdelingsnavn:	Afdeling for Forureningskilder og Luftforurening
Serietitel og nummer:	Faglig rapport fra DMU, nr. 92, 1993
Udgiver:	Miljøministeriet Danmarks Miljøundersøgelser
Udgivelsestidspunkt	Juni 1993:
ETB:	L. Thorsted
Résumé:	En oversigt over måleprogrammer for luftkvaliteten i og udenfor danske byer, indsamling, analyse, kvalitetskontrol og lagring af data. Dataanvendelse og dataoversigt.
Bedes citeret:	Heidam, N.Z. (1993): Fagdatacentret for Luftforurening. Danmarks Miljøundersøgelser. Faglig rapport fra DMU, nr. 92. 40 s. Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse.
Frie emneord:	Luftforurening, Danmark, byer, landområder, overvågning.
ISBN:	87-7772-095-4
ISSN:	0905-815X
Tryk:	Grønager's Bogtryk & Offset
Oplag:	500 eks.
Sideantal:	40
Pris (incl. 25% moms, excl. forsendelse):	75 kr.
Købes hos:	Danmarks Miljøundersøgelser Afdeling for Forureningskilder og Luftforurening Frederiksborgvej 399, 4000 Roskilde Tlf. 46 30 12 00

Indhold

Forord 4

1 Fagdatacenterets opgaver 5

1.1 Fagdatacentrene i DMU 5

1.2 Luftforurening 5

2 Overvågningsprogrammer 6

2.1 Byovervågning 6

2.2 Baggrundsovervågning 11

2.3 AMAP-overvågning i Grønland 16

2.4 OTC projektet 17

3 Kvalitetskontrol 17

3.1 Analyselaboratoriet 17

3.2 Monitorlaboratoriet 20

4 Dataoversigt 20

4.1 Overvågningsresultater 21

4.2 Emissionsdata 25

4.3 Meteorologiske data 27

5 Modeller 27

5.1 Receptormodeller 27

5.2 Meteorologiske spredningsmodeller 30

6 Rådgivning og bistand 35

6.1 Rapportering 35

6.2 Bistand 37

6.3 Dataleverancer 39

Danmarks Miljøundersøgelser 40

Forord

Miljøproblemernes omfang

Miljøproblemerne har idag et sådant omfang og en sådan bredde, at der må tages hensyn til dem i alle samfundets sektorer; fra produktion og distribution til forbrug og bortskaffelse af affaldsstoffer. Problemerne er samtidig komplekse, og virkninger af forureningen viser sig i både jord, luft og hav, hvor de forskellige økosystemer med deres flora og fauna er udsat for en stigende belastning.

Dataindsamling og forskning

Forståelse af miljøproblemerne kræver viden om forureningens oprindelse, indsigt i de grundlæggende kemiske og fysiske processer, og kendskab til stoffernes kredsløb fra medium til medium. Desuden kræver forståelse af miljøproblemerne indgående kendskab til miljøets tilstand og til udviklingen af miljøet i de forskellige medier. Det er derfor nødvendigt, at der indsamles miljødata, der gør det muligt at beskrive tilstanden og udviklingen i miljøet. Disse data skal desuden kunne bruges i forbindelse med miljøforskning og modeludvikling på tværs af de forskellige medier. Dette forudsætter en tæt sammenhæng mellem miljøforskningen og indsamling, kontrol og lagring af miljødata.

For at koordinere disse aktiviteter på miljøområdet er der i sin tid oprettet en række fagdatacentre - ét for hvert medie. Disse fagdatacentre er i dag placeret i Danmarks Miljøundersøgelser (DMU), der er en forskningsinstitution under Miljøministeriet.

Rapportens formål og indhold

Hensigten med denne rapport er at beskrive Fagdatacentret for Luftforurening - dets opgaver og arbejde, og at give et sammenhængende billede af arbejdet med at fremskaffe pålidelige og dækkende oplysninger om luftkvaliteten i Danmark. Det er desuden hensigten i konkrete tilfælde at beskrive sammenhængen mellem de indsamlede data og deres anvendelse.

Rapporten indeholder beskrivelser af de vigtigste luftkvalitetsovervågningsprogrammer i Danmark - deres indhold og formål. Der omtales procedurer i forbindelse med dataindsamling og kvalitetskontrol, og der gives oversigter over tilgængelige luftkvalitetsdata. Endelig illustreres anvendelserne af disse data med en række eksempler, bl.a udviklingen af modeller til beskrivelse af transport af luftforurening.

1 Fagdatacenterets opgaver

1.1 Fagdatacentrene i DMU

Formålene

Det overordnede formål for fagdatacenterfunktionen i DMU, som omfatter fagområderne Ferske Vande, Kystfarvande og Luftforurening, er at sikre pålidelighed, tilgængelighed og fuldstændighed af data fra de forskellige fagområder indenfor DMU, og at sikre, at data er generelt anvendelige og kan sammenstilles på tværs af administrative og faglige grænser til landsdækkende miljøstatusrapporter og til støtte for forskningen.

Opgaverne

Et fagdatacenters opgaver omfatter derfor:

1. Koordinering og systematisering af dataindsamlingen indenfor fagområdet.
2. Faglig bistand og rådgivning til amtskommuner, kommuner og andre institutioner.
3. Udvikling og administration af databasesystemer.
4. Deltagelse i nationale og internationale udvalg og arbejdsgrupper vedrørende indsamling og anvendelse af data.
5. Behovsanalyser for forskning, modelarbejde, metodeudvikling og dataindsamling til forbedring af datagrundlaget.
6. Rapportering af resultaterne fra overvågningsprogrammerne.

1.2 Luftforurening

Centraliserede forhold

Fagdatacenteret for Luftforurening (FDC-LUFT) er lokaliseret på DMU's afdeling for Forureningskilder og Luftforurening (FOLU). Fagområdet er stærkt præget af, at landsdækkende luftkvalitetsdata næsten udelukkende indsamles og registreres på FOLU.

Integrerede opgaver

Opgaverne for FDC-LUFT er derfor stærkt integrerede i afdelingens generelle overvågningsarbejde og retter sig primært mod at sikre en landsdækkende dataindsamling og dataregistrering. På grund af den udprægede centralisering på fagområdet løser FDC-LUFT den totale fagdatacenter-opgave bestående af koordinering, systematisering, kvalitetssikring og registrering af de landsdækkende luftforureningsdata. Denne opgave indgår som en naturlig del af arbejdet på FOLU, og mange af FDC-aktiviteterne foregår derfor internt på afdelingen, hvor de tilrettelægges og styres af et koordineringsudvalg.

Den udadrettede FDC-virksomhed koncentrerer sig om deltagelse i faglige arbejdsgrupper og løbende faglig rådgivning til decentrale myndigheder. Desuden udnyttes de indsamlede resultater aktivt i løbende overvågnings- og projektrapporter fra FOLU, og FDC-LUFT stiller også efter aftale data til rådighed udadtil og rådgiver om deres anvendelse.

2 Overvågningsprogrammer

Overvågningsforpligtelse

DMU's generelle forpligtelse til at følge miljøtilstanden i Danmark søges for luftforureningens vedkommende opfyldt gennem måleprogrammer til overvågning af luftkvaliteten både i by og på land. Disse programmer har forskelligt indhold, fordi luftkvaliteten i byer overvejende er påvirket af antropogen (menneskeskabt) forurening fra lokale kilder, hvorimod luftkvaliteten i landområder kan være påvirket af såvel lokal forurening af både antropogen og naturlig oprindelse som grænseoverskridende forurening fra udlandet. FDC-virksomheden på overvågningsområdet omfatter derfor koordinering af indsamlingen af mange forskellige data og en systematisk kvalitetskontrol med henblik på at registrere pålidelige, landsdækkende resultater.

2.1 Byovervågning

Viden og overblik

Luftkvaliteten i danske byer er løbende blevet overvåget og registreret siden 1982 i de landsdækkende luftmåleprogrammer (LMP). På kortet i Figur 1 er angivet de byer, som deltager eller har deltaget i de forskellige faser af LMP. Senere i rapporten findes oversigter over data indsamlet under disse programmer.

Under gennemførelsen af LMP er der etableret en omfattende viden om luftforureningsniveauer for de traditionelt målte luftforureningskomponenter, svovldioxid, kvælstofoxider, svævestøv og dets indhold af grundstoffer, i de pågældende danske byer (Figur 2 og 3). Endvidere er der skabt overblik over bidragene til denne luftforurening fra hovedkildetyperne: olie- og kulfyrede kraftværker, vejtrafikken og de industrivirksomheder, som er de dominerende kilder i byområderne.

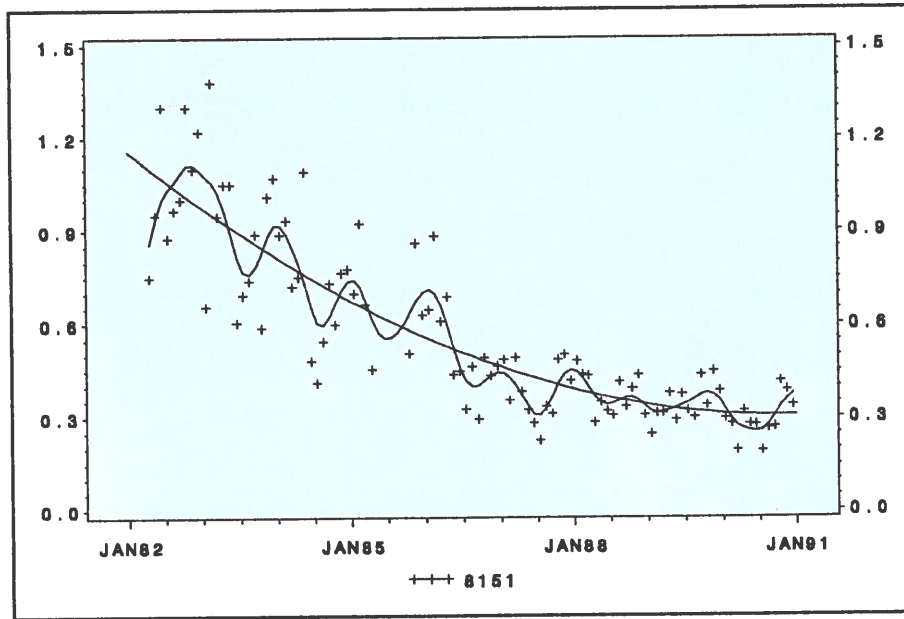
De observerede udviklingstendenser har ofte kunnet henføres til forskellige indgreb overfor hovedkildetyperne. En af årsagerne til denne indsigt er, at måleresultaterne er blevet yderligere belyst ved anvendelse af modeller for luftforureningen i byer. En væsentlig del af LMP har netop været afprøvning og anvendelse af modeller til beregning af spredning af luftforurening fra punktkilder. En anden vigtig årsag er, at de målte luftforureningskomponenter har dækket et så bredt spektrum, at det har været muligt at finde kilde-specifikke stoffer, som har kunnet anvendes til identifikation af forskellige kildetyper.

LMP byer

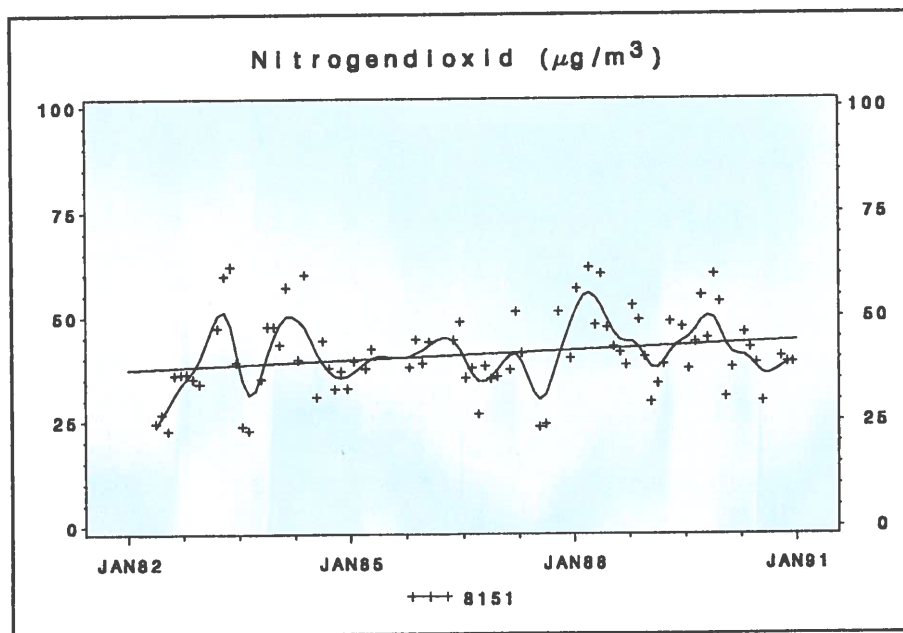
I : LMP 1982-87
II : LMPII 1987-92
III: LMPIII 1992-



Figur 1. Byer med LMP-stationer 1982 - 1992.



Figur 2. LMP: Koncentrationer af Bly i luft ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), Ålborg 1982-1991. Månedsmiddelværdier (+), årstidsvariationer og udviklingstendens.



Figur 3. LMP: Koncentrationer af Kvælstofdioxid i luft ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), Ålborg 1982-1991. Månedsmiddelværdier (+), årstidsvariationer og udviklingstendens.

Forurening fra trafikken

En af hovedkonklusionerne af LMP er, at vejtrafikken er en væsentlig kilde til byernes luftforurening, og at dens bidrag for visse stoffers vedkommende er stigende. Det gælder fx. for koncentrationen af kvælstofdioxid (Figur 3). Med indførelse af katalysatorer på benzindrevne biler og skærpede normer for udslippet af partikler for dieseldrevne personbiler vil emissionen af en række stoffer blive reduceret på langt sigt. Det er dog tvivlsomt om forureningen med kvælstofdioxid vil blive reduceret tilsvarende. Det skyldes, at dannelsen af kvælstofdioxid under danske forhold formentlig overvejende bestemmes af en række atmosfærekemiske processer, som bl.a. involverer ozon og VOC ¹). Der må endvidere påregnes en fortsat væsentlig forurening fra dieseldrevne busser og lastvogne, bl.a. med PAH ²), idet skærpede normer for disse køretøjer først forventes indført fra 1994 med yderligere skærpelse i 1996/97. Forekomsten i Danmark af VOC'er og PAH'er er iøvrigt meget dårligt belyst.

Gadeluftsmodeller

For at få bedre indsigt i forureningen fra trafikken anvendes gadeluftsmodeller til beregning af forureningen fra trafikken. Modellerne anvendes også som værktøj til effektivisering af måleprogrammerne, fx. gennem en mere hensigtsmæssig placering af målestationerne. Modellerne vil også kunne anvendes i forbindelse med trafikplanlægning. Til belysning af såvel spredningen i gaderum som de nævnte atmosfærekemiske processer er der behov for gode målinger af både luftforureningen og de meteorologiske forhold.

En anden hovedkonklusion er, at luftforureningen med bly og svovldioxid i de danske byer ikke er noget stort problem. Niveaue er langt under gældende grænseværdier, og de tiltag, der er sat iværk, vil yderligere formindske denne forurening. Det nuværende måleprogram skal derfor blot fortsat kunne følge udviklingen og indeholder derfor kun nogle ganske få målestationer til måling af disse komponenter. Antallet af disse stationer er nedsat fra 33 i 1982 til 5 i det nuværende måleprogram.

LMP's formål

I den igangværende tredje fase af LMP til overvågning af luftkvaliteten i danske byer er der opsat følgende hovedmål:

1. Undersøgelser af luftkvaliteten i forhold til udviklingen i emissionerne, bl.a. som følge af foretagne indgreb.
2. Vurdering af luftkvaliteten i forhold til gældende bindende grænseværdier for Danmark og langtidsmål opstillet af nationale og internationale organisationer, herunder EF-

¹ VOC: Volatile Organic Compounds (Flygtige organiske forbindelser)

² PAH: Polycykliske Aromatiske Hydrokarboner (kulbrinter) på både gas- og partikelform.

direktiverne med deres rapporteringsforpligtelse overfor Kommissionen.

3. Udbygning af viden om trafikens betydning for luftforurening og atmosfærekemi, bl.a. under anvendelse af gadeluftmodeller.

Disse mål søges nået dels gennem en fortsættelse af eksisterende måleserier dels ved gennemførelse af supplerende målekampanjer med udvalgte VOC'ere og PAH'ere, ozon, kvælstofoxider samt kulmonoxid i og omkring stærkt trafikerede gader. Det er desuden hensigten at udnytte den viden, der opbygges i takt med at resultaterne fremkommer, til at udvikle modeller, som kan indgå i et evt. "smog"-varslingssystem.

LMP's opbygning

Måleprogrammet gennemføres som i de tidligere faser i samarbejde mellem DMU, Miljøstyrelsen og de deltagende kommuner. Programmet omfatter følgende 3 typer af målestationer:

1. *Faste målestationer*, hvor der måles kvælstofmonoxid og -dioxid, svovldioxid og svævestøv. Svævestøvet analyseres som i det nuværende program bl.a. for grundstofferne svovl, chlor, kalium, calcium og tungmetaller som chrom, mangan, jern, zink, cadmium og bly.
2. *Tagstationer*, hvor der måles vindretning, vindhastighed, temperatur, relativ fugtighed og globalstråling samt ozon.
3. *Kampagnemålestationer*, hvor der måles kvælstofoxider, kulmonoxid og i begrænset omfang partikelmålinger ved hjælp af "streaker" ³⁾ samt VOC og PAH.

Placering af stationer

Alle stationer forsynes med datatransmissionsudstyr med direkte forbindelse til DMU samt med mulighed for de enkelte deltagere i måleprogrammet for at hjemtage aktuelle data ved hjælp af egen PC og modem. Der placeres 1 fast målestation i hver af programmets provinsbyer og 2 faste målestationer i hovedstadsområdet. De faste stationer (Figur 4) skal især anvendes til videreførelse af de lange tidsserier og vurderinger i forhold til grænseværdier. Satellitstationerne placeres på hustage i nærheden af de faste målestationer, hvor de også vil være base for en del af kampagnemålingerne.

³ En "streaker" er en prøvetager til sekventiel opsamling af størrelsesfraktionerede partikelprøver. Prøverne er specielt velegnet til grundstofanalyser. I den oprindelige form for streaker fandtes den sekventielle prøve som en stribe på et filter, deraf navnet streaker.



Figur 4. LMP: Målestation i Odense.

2.2 Baggrundsovervågning

Formål

Luftforureningen i danske landområder er løbende blevet overvåget og registreret siden 1978. Formålet med denne baggrundsovervågning er at fremskaffe data, der kan anvendes til vurdering af luftforureningens oprindelse, størrelsen af depositionen og luftforureningens andel i miljøskaderne i Danmark. Disse målinger er i årenes løb blevet gennemført under en række landsdækkende monitoringsprogrammer, iværksat successivt som følge af nationale og internationale forpligtelser til at overvåge luftkvaliteten i baggrundsområder. Desuden er der gennem årene indsamlet store datamængder i forbindelse med forskellige forskningsprogrammer.

Grænseoverskridende forurening

En af hovedkonklusionerne af baggrundsovervågningen er, at luften i danske baggrundsområder er forurenede med miljøskadelige stoffer som svovl- og kvælstofforbindelser, ozon samt tungmetaller. En stor del af denne 'baggrundsforurening' har sin oprindelse i forureningskilder udenfor Danmark, hvilket skyldes, at atmosfæren virker som transportmedium over lange afstande. Når disse stoffer deponeres, kan der opstå skadelige virkninger i forskellige økosystemer. Skaderne kan være forsurening af søer og skove, iltsvind i havområder

(eutrofiering) p.g.a. unormal tilførsel af næringsstoffer eller direkte forgiftning. Disse skader er altså ikke kun et dansk problem, men må i høj grad ses under en international synsvinkel. FDC-LUFT repræsenterer derfor Danmark i adskillige internationale samarbejdsorganer.

Samling under et paraplyprojekt

Som led i FDC-arbejdet med at etablere en koordineret dataindsamling og en ensartet og systematisk kvalitetskontrol af data er de tidligere selvstændige nationale og internationale monitoringsprogrammer indenfor de senere år blevet omstruktureret og samlet under ét paraplyprojekt, det nuværende *Program for Baggrundsovervågning*.

Delprogrammer

På nuværende tidspunkt indgår følgende programmer i Baggrundsovervågningen:

1. *Vandmiljøplanens overvågningsprogram* til bestemmelse af den atmosfæriske tilførsel af kvælstofforbindelser til danske hav- og landområder.
2. *Det Europæiske Monitorings og Evalueringsprogram (EMEP)* til overvågning af den grænseoverskridende luftforurening i Europa.
3. *Luftmonitoring under Pariskommissionen (PARCOM)* til overvågning af luftforureningens belastning af Nordsøen.
4. *Luftmonitoring under Helsinkikommissionen (HELCOM)* til overvågning af luftforureningens belastning af Østersøen.

Stationsnettet

Programmet for Baggrundsovervågning er opbygget omkring en grundstamme af 6 hovedstationer og en række understationer, som sikrer en geografisk og landskabsmæssig repræsentativitet. Deres placering er vist på kortet i Figur 5.

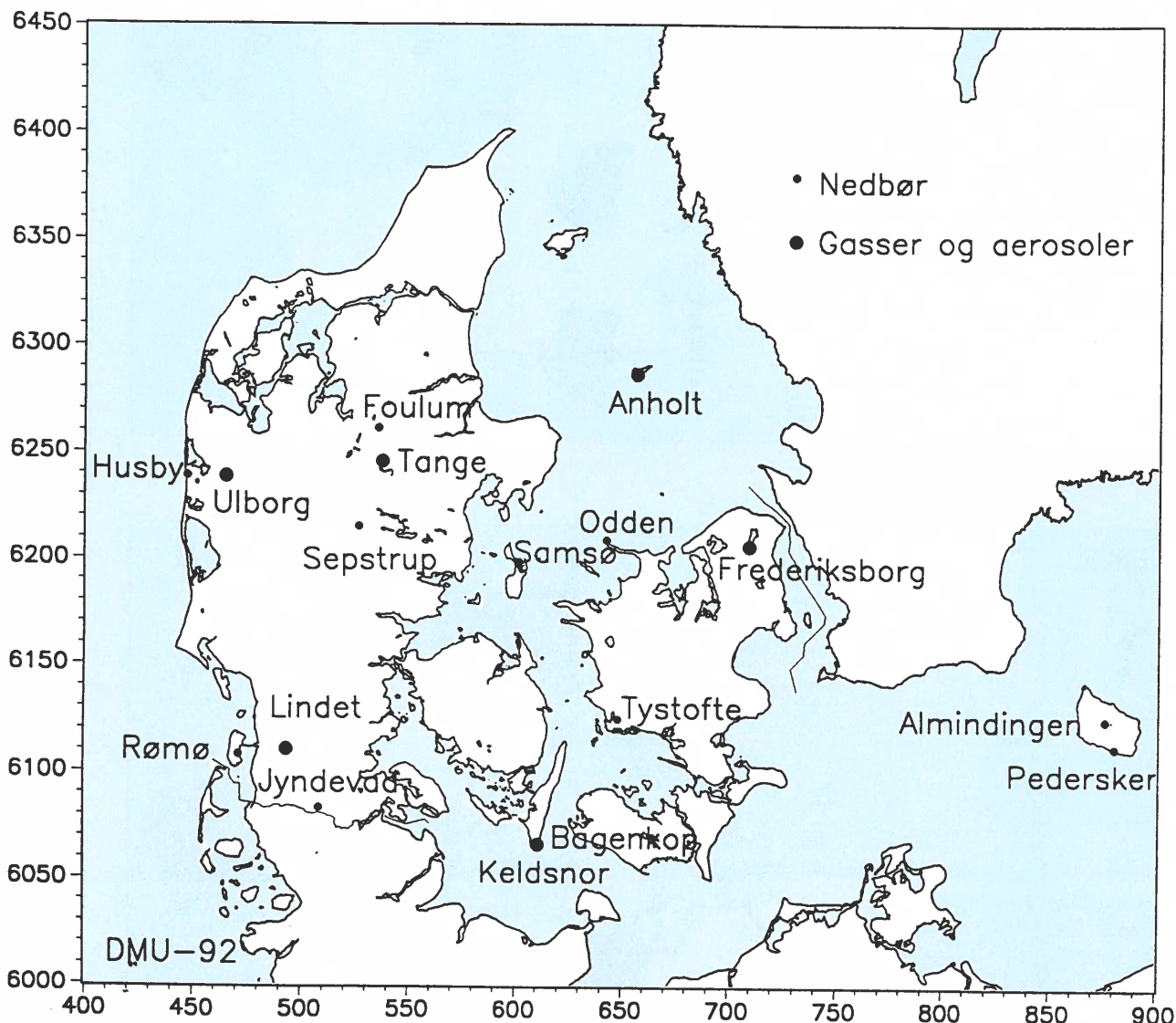
Stationerne er placeret i baggrundsområder langt fra antropogene forureningskilder og sådan, at de er repræsentative for både skov-, kyst- og havområder samt landbrugs- og naturområder. Stationerne er altså placeret, så de tilsammen dækker variationen i deposition og luftkvalitet mellem de forskellige geografiske dele af Danmark. Det samlede stationsnet opfylder dermed Vandmiljøplanens krav om geografisk dækning og et tilstrækkeligt antal målepunkter til levering af data til modeller for emission, spredning og deposition.

Måleprogrammer og data

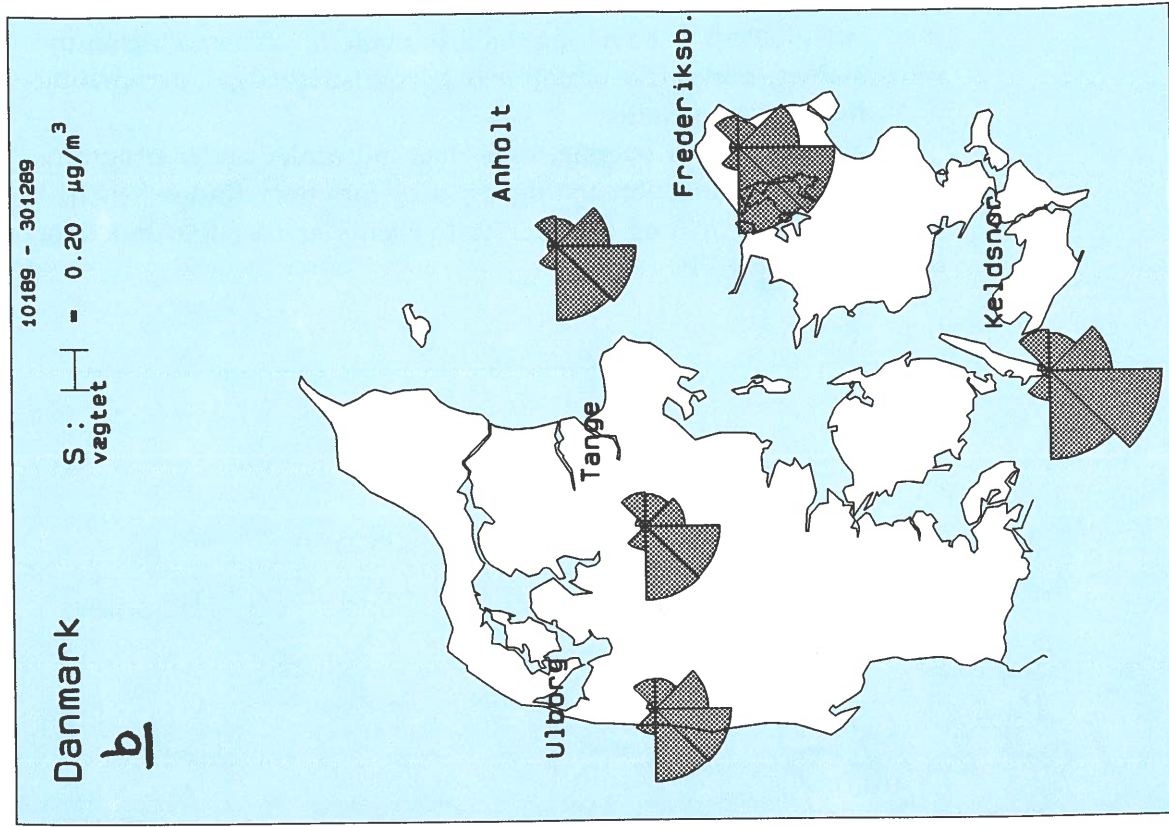
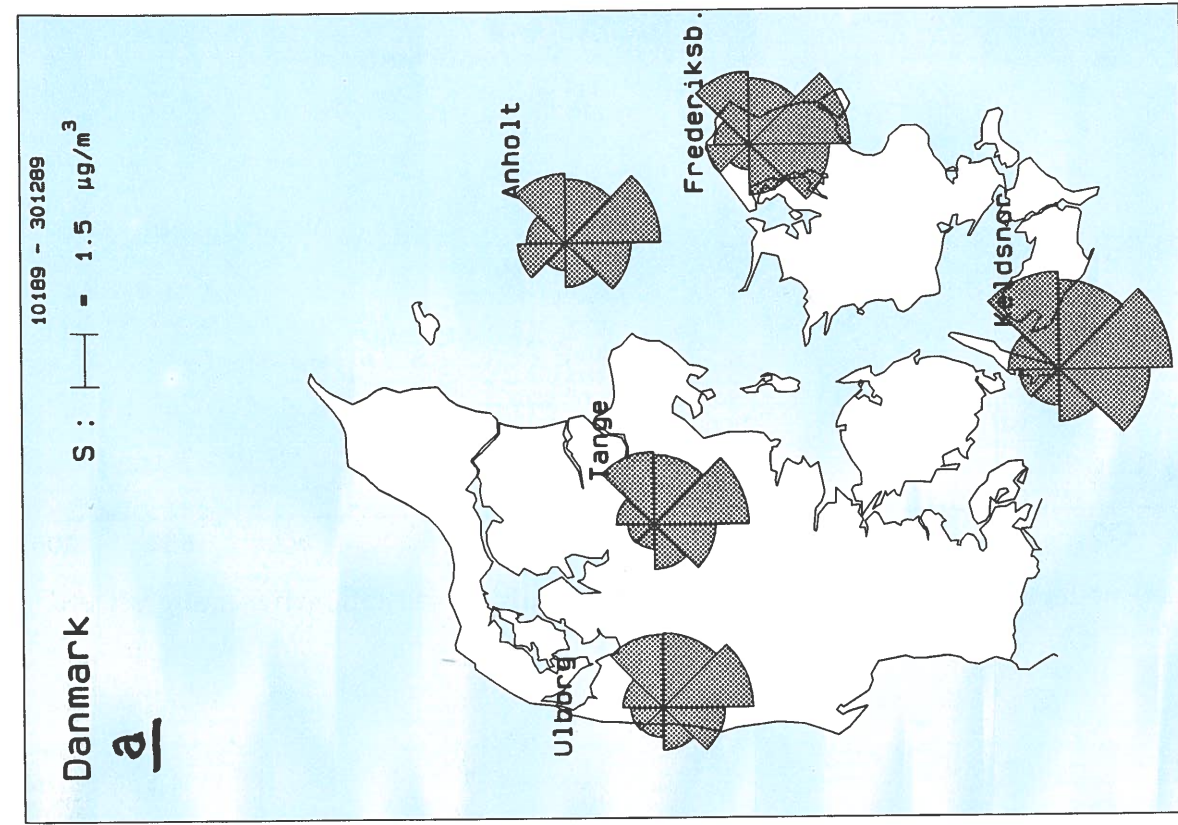
På hovedstationerne indsamles der løbende prøver på døgnbasis af gasser (luftarter), aerosoler (partikler) og nedbør, medens der på de øvrige kun indsamles nedbør, normalt over 14 dage eller en måned. De indsamlede prøver anvendes til bestemmelse af atmosfærens indhold af gas- og partikelformige stoffer samt våd-depositionens størrelse.

Målingerne omfatter bl.a. svovl- og kvælstofforbindelser, som er vigtige i forbindelse med forsuren af vandløb, søer, grundvand og skove. Kvælstofforbindelserne er ligeledes vigtige i forbindelse med eutrofiering i havet og belastningen af kvælstoffølsomme økosystemer. Endvidere omfatter Baggrundsovervågningen måling af en række tungmetaller.

En mere detaljeret oversigt over data indsamlet under programmet for Baggrundsovervågning og dets forløbere findes senere i rapporten. I Figur 6 og 7 er der vist eksempler på baggrundsdata indsamlet til EMEP.



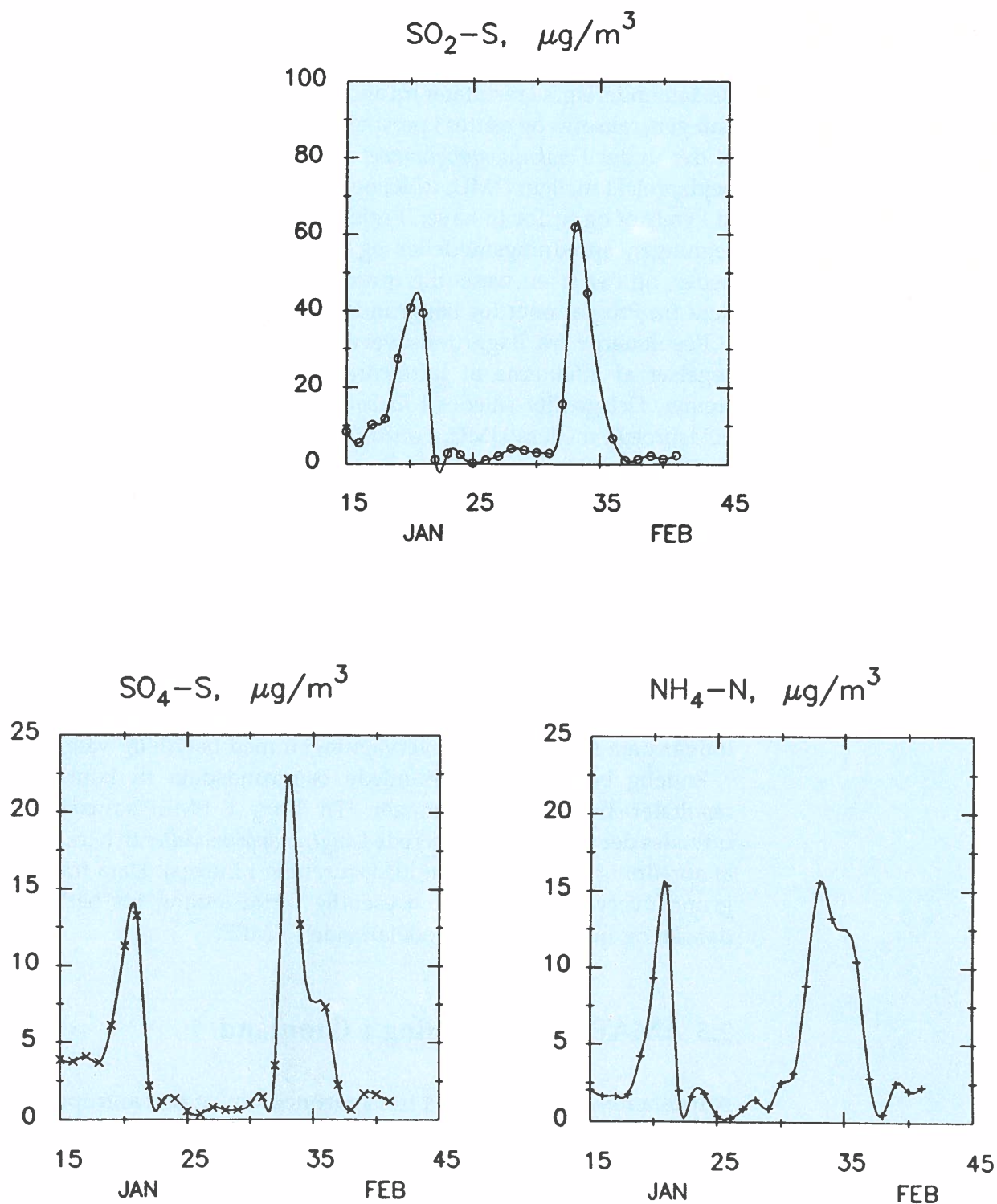
Figur 5. Stationsnettet til Baggrundsovervågningen i Danmark. Hovedstationerne er angivet ved firkant.



Figur 6. Baggrundsovervågningen: a. Middelkoncentrationer af sulfat i 1989 i 8 forskellige vindretninger. De største koncentrationer forekommer ved sydøstlige vinde.
 b. Middelkoncentrationerne i de forskellige vindretninger multipliceret med hyppigheden af vindretningerne. De største bidrag kommer fra den dominerende sydvestlige vindretning.

DANMARK

LUFT 1987: DK 5 KELD



Figur 7. Baggrundsovervågningen: Grænseoverskridende luftforurening ved Keldsnor på Langeland.

Forhøjede gas- og aerosolkoncentrationer i januar og februar 1987.

Baggrundsovervågning som fundament

Opretholdelsen og gennemførelsen af Baggrundsovervågningen er den grundlæggende forudsætning for, at udviklingen i luftforurening og deposition kan følges og for at virkningen af forebyggende foranstaltninger, nationale såvel som internationale, kan bedømmes. Resultaterne fra Baggrundsovervågningen er endvidere nødvendige for udarbejdelse af miljøstatistikker. Data fra målenettet indgår også i en række forskellige internationale samarbejdsprojekter, herunder samarbejdet under Nordisk Ministerråd.

Andre projekter

Desuden leverer programmet et tidsmæssigt og geografisk dækkende dataunderlag, så resultater fra andre luftforureningsundersøgelser kan generaliseres og sættes i perspektiv. Som eksempel kan nævnes, at der under *Forskningsprogrammet HAV-90* gennemføres et samarbejdsprojekt mellem DMU, RISØ og DMI til bestemmelse af tilførsel af kvælstof og fosfor til havet. Projektet omfatter både emissionsberegninger, spredningsmodeller og målinger af depositionshastigheder, og det er en væsentlig forudsætning, at det suppleres med data fra Programmet for Baggrundsovervågning.

Resultaterne fra Baggrundsovervågningen indgår også i undersøgelser af effekterne af luftforureningen på forskellige økosystemer. Det gælder således i *Ionbalance projektet*, som er et samarbejdsprojekt mellem DMU, Forskningscenter for Skov og Landskab og Risø, til undersøgelse af depositionen på skov. I undersøgelsen, som har løbet siden 1985 måles tilførsel til forskellige skov-økosystemer af forsurende stoffer såsom svovl- og kvælstofforbindelser samt visse kationer.

DMU deltager i det europæiske forskningsprojekt *TOR* (Tropospheric Ozone Research), som har til formål at studere de fotokemiske reaktioner i atmosfæren med særlig vægt på den betydning, som de langtransportede fotokemiske oxidanter VOC og kvælstofoxider har for dannelse af ozon i atmosfæren over Europa. I dette projekt indgår data fra Baggrundsovervågningen med betydelig vægt.

Endelig benyttes de indsamlede baggrundsdata til kontrol af resultater fra modelberegninger. Til brug i EMEP-samarbejdet udvikles der på FOLU avancerede *Langtransportmodeller* til beregning af spredning og afsætning af luftforurening i Europa. Data fra Baggrundsovervågningen er en væsentlig forudsætning for både det danske og internationale modelarbejde i EMEP.

2.3 AMAP - Overvågning i Grønland

Atmosfæren er et så effektivt transportmedium, at den antropogene luftforurening ikke blot transporteres fra land til land i Europa, men også når helt til Polaregnene. De arktiske områder er meget følsomme for påvirkning af miljøfremmede stoffer, og de otte nationer, som har landområder i Arktis har derfor for nyligt indledt et samarbejde er oprettelsen af et overvågningsprogram '*Arctic Monitoring and Assessment Programme*', som bl.a. omfatter fortløbende målinger af luftforureningen i Arktis. Danmark har sammen med

Grønlands Hjemmestyre tilsluttet sig dette samarbejde, hvorefter Danmark er forpligtet til at iværksætte et monitoringsprogram på Grønland. Programmet skal omfatte målinger af persistente organiske forbindelser og tungmetaller, men vil i øvrigt blive af samme karakter som måleprogrammerne i Danmark og vil derfor sandsynligvis også omfatte svovl- og kvælstofforbindelser samt tungmetaller.

Overvågning i Grønland er imidlertid ikke en del af de opgaver, som er pålagt DMU, og da gennemførelsen heraf er meget ressourcetrævendende, må de nødvendige midler først fremskaffes. Der er derfor igangsat forhandlinger med henblik på at få det finansielle grundlag tilvejebragt. Men et meget enkelt måleprogram er dog startet i Nordøstgrønland, og data herfra indgår på lige fod med de øvrige overvågningsresultater.

2.4 OTC projektet

Planteskader

I dette projekt undersøges gasformige luftforureningers effekter på træer og afgrødeplanter. Projektet udføres i et samarbejde mellem DMU, Risø og Københavns Universitet. Planterne dyrkes i *Open Top Chambers* (OTC), hvor de i så høj grad som muligt er udsat for de almindelige danske vækstbetingelser mht temperatur, solstråling, nedbør mv. I kamrene indblæses luft, som kan tilsættes kendte koncentrationer af ozon, svovldioxid eller kvælstofmonooxid og kvælstofdioxid og kombinationer heraf. Effekterne på træernes og planternes vækst, ydelse og fysiologi undersøges både i relation til eksisterende forhold og til forholdene for ca. 50 år siden.

Gaskoncentrationer

Til belysning af de herskende vækstbetingelser opsamles luft- og klimadata centralt, og de overføres automatisk til en database på FOLU. Da disse data bla. omfatter koncentrationerne i luften af de nævnte gasser, er de inddraget under FDC-LUFT på linie med de øvrige luftforureningsdata fra overvågningsprogrammerne.

3 Kvalitetskontrol

3.1 Analyselaboratoriet

Luft- og nedbørsprøver

Analyselaboratoriet står for opsamling og analyse af luft- og nedbørsprøver fra såvel de landsdækkende overvågningsprogrammer som fra de mere specialiserede undersøgelser. Laboratoriets FDC-virksomhed omfatter løbende kontrol med de anvendte metoder samt udvikling og afprøvning af nye metoder. Dette kontrol og udviklingsarbejde foregår i stor udstrækning i samarbejde

med søsterorganisationer i andre lande, specielt de nordiske lande, og lande inden for EF.

Analysér

De opsamlede prøver analyseres hovedsageligt for grundstoffer og uorganiske forbindelser. Der anvendes analysemetoder som ionkromatografi, spektrometri og atomabsorptionsspektrometri. På partikelprøverne foretages en vejning til bestemmelse af den totale støvmængde. Støvet analyseres endvidere for grundstoffer ved hjælp af PIXE⁴). Denne analysemetode er specielt velegnet til filterprøver.

Interkalibreringer

Analyselaboratoriet arbejder efter reglerne for GLP (Good Laboratory Practice) og i henhold til de krav, der stilles til et akkrediteret laboratorium. Både prøveopsamling og analyse udføres således efter afprøvede og veldokumenterede metoder. For analysemetoderne indebærer dette bl.a., at både reproducerbarhed og detektionsgrænser er dokumenteret. For yderligere at sikre pålidelige resultater deltager Analyselaboratoriet løbende i internationale interkalibreringer både inden for prøveopsamling og analyse. Interkalibreringer af prøveopsamling foregår ved sammenlignende feltmålinger på én og samme station, hvor flere laboratorier samtidigt foretager målinger med eget udstyr (Figur 8). Til interkalibrering af analysemetoder udsendes stabilt prøvemateriale fra et centralt laboratorium til analyse hos de deltagende laboratorier.

Kontrol

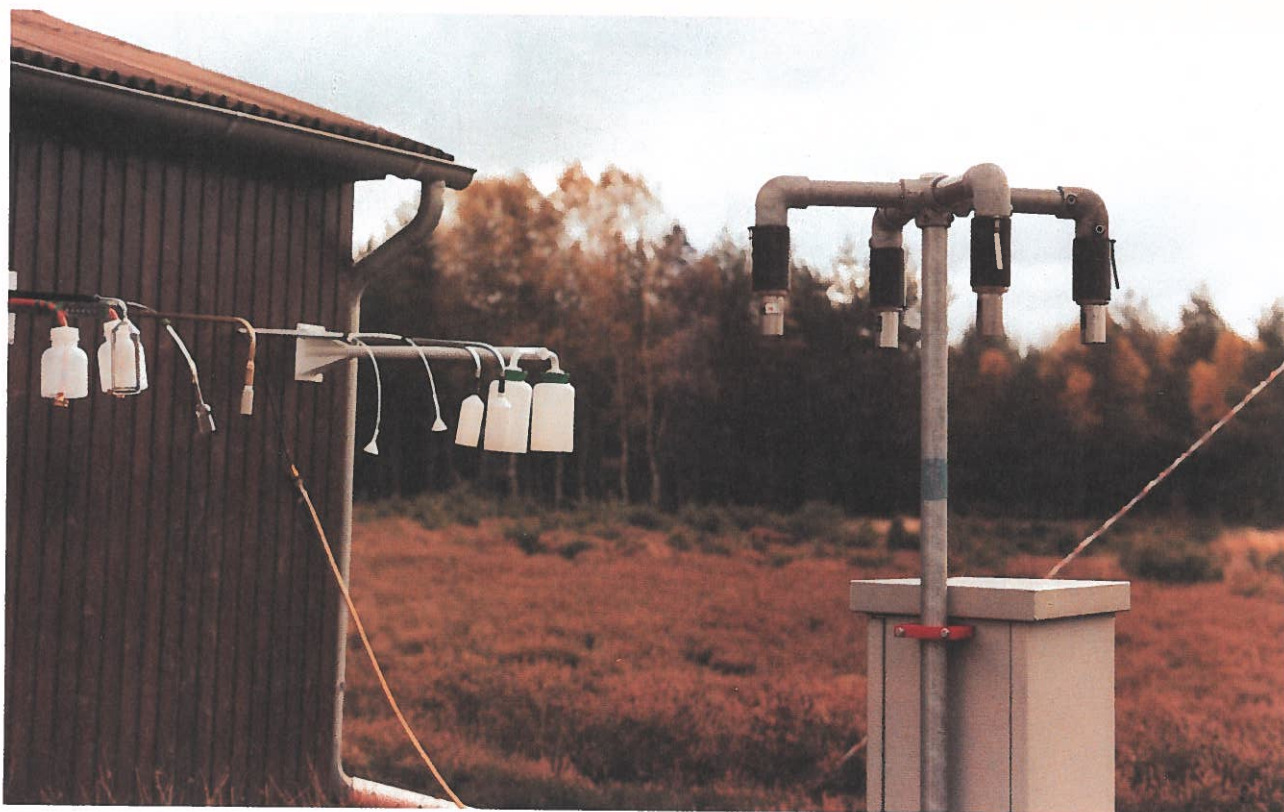
Den løbende kontrol af prøveopsamling og analyser følger faste procedurer. Analysekontrollen udføres bl.a. ved at medtage kontrolprøver i analyserne samt ved regelmæssigt at analysere referencprøver. Den afsluttende kvalitetskontrol omfatter for nedbørsprøvers vedkommende en beregning og vurdering af ionbalancen, en vurdering af forholdet mellem enkelte komponenter i relation til forventede værdier, samt sammenligninger af samtidige målinger på flere stationer. For luftprøvernes vedkommende omfatter kvalitetskontrollen en sammenligning af samtidige målinger på stationer samt sammenligninger af forskellige målemetoder på samme station.

3.2 Monitorlaboratoriet

Registrerende målinger

Som led i de landsdækkende overvågningsprogrammer har FOLU over en årrække opbygget et laboratorium for registrerende målemetoder til bestemmelse af forurenende gasser i luften. Monitorlaboratoriet er det eneste af sin art i Danmark og fungerer som referencelaboratorium på området, omend dette ikke er formaliseret. FOLU benytter sammen med sine samarbejdspartnere, både eksterne og internt i DMU disse faciliteter til kvalitetssikring af gasmålingerne under de igangværende måleprogrammer.

⁴ PIXE: Proton Induceret Røntgenstråle (X-ray) Emission - en meget følsom metode til grundstofbestemmelse især for faste prøver



Figur 8. Baggrundsovervågningen: EMEP-Feltinterkalibrering med samtidig prøvetagning af sulfat og svovldioxid (Langenbrügge, Tyskland).

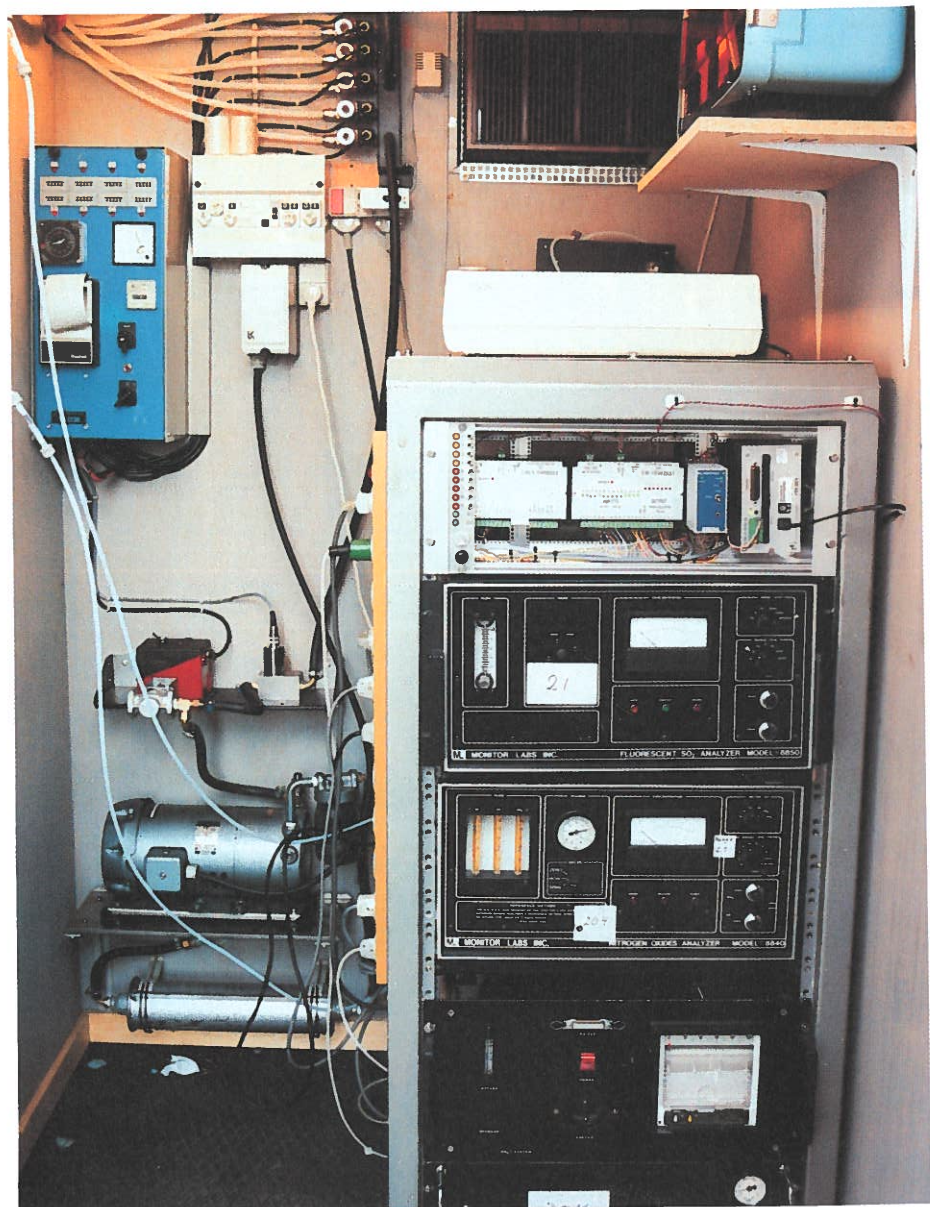
Til venstre ses indsugningsdelen af en række udenlandske prøveopsamlere, selve opsamlingsudstyret er placeret i målehuset. Til højre ses DMU's prøvetager, som er bygget til udendørs opstilling.

Monitorer

Til bestemmelse af gasformige luftforureningskomponenter anvendes monitorer (Figur 9), som er instrumenter, der kontinuert registrerer koncentrationen af en given gasart. Monitorlaboratoriet har derfor etableret faste procedurer for kalibrering og service af gasmonitoren, både i felten og i laboratoriet. Endvidere foretages kontrolmålinger og interkalibreringer som rekvireret arbejde for andre laboratorier eller konsulentfirmaer.

Kalibrering

Monitorlaboratoriet er i stand til at fremstille prøvegasser i kendte koncentrationer med sporbarhed til internationale standarder. Hidtil har arbejdet omfattet gasserne svovldioxid, kvælstofmonoxid, kvælstofdioxid og ozon, men en udvidelse til flere gasser er mulig, fordi laboratoriet behersker håndtering af reaktive gasser i lave koncentrationer og nøjagtige fortyndinger. Laboratoriet behersker flere uafhængige metoder, så der er stor sikkerhed for disse koncentrationers korrekthed. Desuden deltager laboratoriet i de internationale interkalibreringer, der er mulighed for, specielt indenfor EF.



Figur 9. Monitører til svovldioxid og kvælstofoxider på en LMP-station.

4. Dataoversigt

Lange tidsserier

En af FDC-LUFT's væsentligste opgaver er at have overblik over de data om luftforurening, der foreligger i Danmark. Det er især data i lange tidsserier fra egentlige monitoringsprogrammer, som har interesse. Som nævnt bliver så godt som al monitoring på luftforureningsområdet i Danmark foretaget af FOLU, og FDC-LUFT varetager opgaverne i forbindelse med koordinering, systematisering og registrering af de landsdækkende luftforureningsdata. FOLU's egne data er beskrevet i det følgende og desuden omtales data, som er indsamlet af andre institutioner.

Andre data

Ved vurdering af luftforureningsdata er såvel emissionsdata som meteorologiske data af interesse. På disse områder spiller andre institutioner den væsentligste rolle, men DMU har selv i visse tilfælde foretaget indsamling og bearbejdning af data om emission og meteorologi.

Elektronisk databehandling

4.1 Overvågningsresultater

Stort set al databehandling på FDC-LUFT foregår ved hjælp af edb. Det gælder fra dataopsamling og analyser over kvalitetskontrol og lagring til statistisk behandling af data og rapportering. Data fra monitoringsprogrammerne skal registreres på en måde, som er hensigtsmæssig både i forbindelse med både opsamling og analyse og ved anvendelse af data. Man har derfor valgt at lagre data i tre databaser. Det er en central opgave for FDC-LUFT at sikre, at der i så vid udstrækning som muligt anvendes samme principper for strukturen i alle tre databaser, og at der benyttes ensartede metoder til stations- og stofidentifikation, tidsangivelser m.v.

Databaser

De tre databaser, som alle er relationsdatabaser under standarden SQL, og som ligger på DMU's centrale regnemaskineanlæg, er:

1. *Kemidatabasen*, hvor data fra indsamlede prøver og efterfølgende analyse samles. Prøvetagningstiden vil typisk være 24 timer for luftprøver og 24 timer eller 14 dage for nedbør.
2. *Monitor databasen*, hvor resultater fra de registrerende instrumenter samles. Det drejer sig især om ½ eller 1 times middelværdier, der transmitteres direkte fra måleinstrumenterne.
3. *DB2000*, som er specielt designet til indsamling af data fra OTC projektet.

Alle nye data fra overvågningsprogrammerne lagres i disse databaser. På længere sigt vil alle tidligere resultater fra monitoringsprogrammer, hvorfra der findes maskinlæsbare data, blive samlet på de centrale databaser, men der findes stadig nogle ældre resultater på andre anlæg. Alle resultater, også de ældre, er umiddelbart tilgængelige, idet udtræk dog kun kan foretages af FOLU.

Dataoprindelse

Data stammer fra følgende projekter:

1. *Københavnprojekterne*, som omfattede en række målestationer placeret repræsentative steder i Storkøbenhavn, blev gennemført af Storkøbenhavns Luftforureningsudvalg i samarbejde med Risø's Aerosollaboratorium (senere FOLU/DMU). De data, der findes på DMU stammer fra den del af analyserne,

der gennemførtes af Aerosollaboratoriet. I forbindelse med Københavnsprogrammet 1973-74 blev der foretaget målinger i 2 timers intervaller og analyser af partikelprøver opdelt efter partikelstørrelse.

2. *Det landsdækkende luftkvalitetsmåleprogram (LMP):*
I perioden 1982 - 1987 (LMP) gennemførtes målinger i bymiljø i 7 byer:
København, Næstved, Odense, Fredericia, Esbjerg, Randers og Ålborg.
I perioden 1987-1991 (LMP II) gennemførtes målinger i 6 byer
København, Odense, Fredericia, Esbjerg, Århus og Ålborg.
Fra 1992 (LMP III) foretages målinger i 3 byer
København, Odense og Ålborg
LMP programmerne er detaljeret beskrevet tidligere.
3. *Det europæiske monitorings og evalueringsprogram EMEP*, som startede i 1978 med to stationer i danske baggrundsområder, Tange i Midtjylland og Keldsnor på Sydlangeland, og stationen Akraberg på Færøerne.
4. *Forsuringsprogrammet*, som fra 1985 omfattede målinger af luft og nedbør i baggrundsområder.
5. *Tungmetalprojektet*, som fra 1984 omfattede nedbørsmålinger i baggrundsområder.
6. *Næringssalt projektet*, som fra 1987 omfattede nedbørsmålinger i baggrundsområder med det formål at vurdere betydningen af deposition af specielt kvælstofforbindelser.
7. *Baggrundsovervågning projektet* samlede fra 1990 programmerne 3), 4), 5) og 6) under én hat. Det er detaljeret beskrevet i et af de foregående afsnit.
8. *SAGA projektet* (Studier af Arktiske Gasser og Aerosoler), som fra 1990 har omfattet ugentlig prøvetagning af partikler og gasser i det nordøstlige Grønland.
9. *OTC (Open Top Chamber) projektet*, som blev startet i 1980 med det hovedformål at undersøge skadevirkningen af luftforurening på planter. I den forbindelse er der siden 1988 opsamlet luftforureningsdata i og udenfor kamrene, som står på Risø.

I Tabel 1 og 2 findes en simplificeret oversigt over monitoringsdata, som findes på de centrale databaser.

Mange resultater

Der findes ialt ca. 5 mill. enkeltresultater fra monitormålinger i Monitor databasen og DB2000, og ca. 1 mill. kemianalyseresultater. Ca. halvdelen heraf findes på kemidatabasen og de resterende (hovedsageligt multielement resultater) findes på maskinlæsar form enten på magnetbånd eller på disk.

Tabel 1: Antal målestationer med gas og aerosol data, hvor der er foretaget bestemmelse af de angivne stoffer i sammenhængende perioder på ca. 1 år eller mere, opdelt på projekt, stoffer og midlingstider.

Tal i parentes angiver, at en anden institution har foretaget bestemmelserne og at de datasæt, der findes på DMU's databaser ikke er komplette.

For totalfasesystemerne salpetersyre/nitrat- ($\text{HNO}_3/\text{NO}_3^-$) og ammoniak/ammonium- ($\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$) angiver p, at kun partikel komponenten er bestemt. TSP (Total Suspended Particulate) betegner massekoncentrationen af svævestøv.

	NO/NO ₂ <-	SO ₂ ½ h	O ₃ ->	SO ₂ <-	NO ₂	HNO ₃ / NO ₃ ⁻	NH ₃ / NH ₄ ⁺ 24 h	PIXE	Sod	TSP ->
København 1973-1974								6		(6)
København 1974-1975								3		(3)
København 1976-1982								5		(5)
LMP 1982-1987	7	7		30				33		30
LMP II 1987-1991	8	7		13				13	2	13
EMEP 1978-1989				3			3p	3		
Forsuring 1985-1989			1	3		3p	3p	3		
Baggrundsover- vågning 1990-			2	6	3	6	6	7		
*SAGA 1990-				1	1	1	1	1		
*OTC 1988-	1	1	1							

Prøvetagningstider: *1 uge, + 1h

Table 2: Antal målestationer med nedbør data opdelt på projekter og midlingstider.

Analyse programmet omfatter med nogle undtagelser og tilføjelser stofferne: SO_4^{2-} , NH_4^+ , NO_3^- , Na^+ , Mg^{2+} , Cl^- , K^+ , Ca^{2+} , pH, (PO_4^{3-}) . På de enkelte lokationer er der op til 20 prøvetagere. Månedsprøverne analyseres for tungmetallerne Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb.

	døgn	½ måned	måned
EMEP 1978-1989	3		
Tungmetal- projekt 1984-1989			10
Forsuring 1985-1989		3	
Nærings salt 1987-1989		10	
Baggrunds- overvågning 1990-	2	ca. 22	10

Tidligere målinger

Allerede i perioden 1965-1967 blev der foretaget målinger i 5 danske byer samt supplerende målinger i København i 1970. Måleprogrammet omfattede måling af støvfald, sod og svovldioxid. Dansk Kedelforening (nu: dk-Teknik) stod for den praktiske gennemførelse og rapportering.

I 1967 startede Storkøbenhavns Luftforureningsudvalg måling af svovldioxid og sod på op til 15 stationer i København. Dette program blev i 1972 udvidet bl.a. med måling af tungmetaller i svævestøv. Efter en periode uden godkendte resultater fra 1987-1989 er målingerne fortsat af Hovedstadsområdet's Luftforureningsudvalg i samarbejde med DMU med måling af bl.a. svovldioxid, kvælstofoxider, kulmonoxid, sod og tungmetaller på ialt 8 stationer i hele hovedstadsområdet. Alle data samles hos Miljøkontrollen i København.

Meteorologisk Institut har over en årrække foretaget opsamling og analyse i nedbør af svovl og kvælstof samt tungmetaller i Danmark og på Færøerne og Grønland i forbindelse med et globalt monitoringsprojekt.

4.2 Emissionsdata

Udvalgte områder

Der er på udvalgte områder foretaget systematisk indsamling af emissionsdata for Danmark på FDC_LUFT. Der foreligger således for enkelte stoffer opgørelser, som er opstillet til brug i specifikke projekter. I de kommende år vil en egentlig Emissionsdatabase dog blive opbygget af DMU's Systemanalyseafdeling i samarbejde med FOLU. Nogle af de eksisterende opgørelser er meget omfattende.

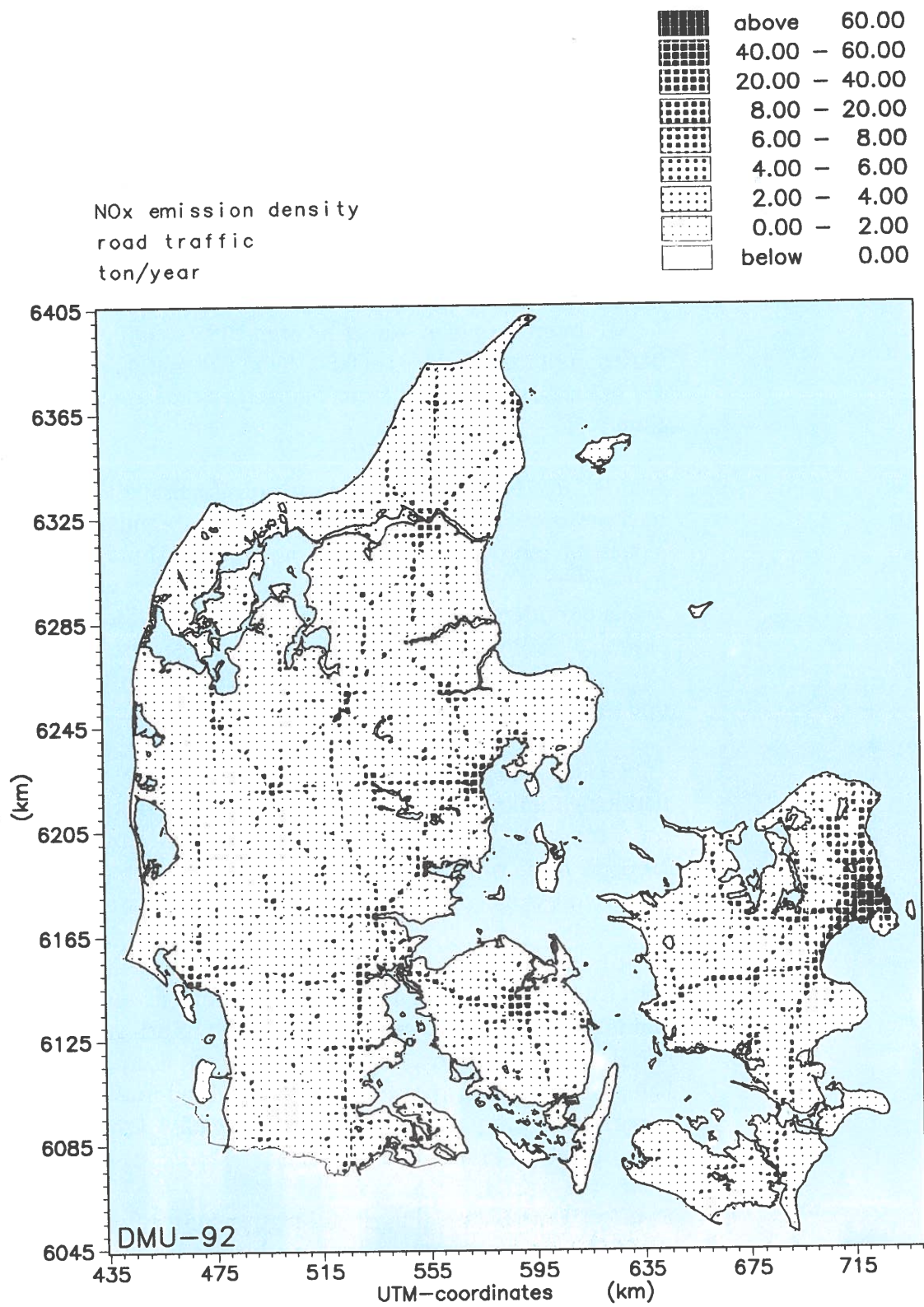
1. *LMP*: Til modelberegningerne blev emissionerne af svovldioxid i LMP-byerne opgjort for et af årene 1980-1985. Opgørelsen blev opdelt i arealkilder i et 0.5 · 0.5 km rudenet og punktkilder for enkeltkilder med et brændstofforbrug på over 50 kg pr. time.
2. *HAV90*: Til bestemmelse af kvælstoftilførslen til de danske havområder er der foretaget omfattende beregninger af emissionen af ammoniak fra landbrugets husdyrhold opdelt i 6 kategorier. Desuden er emissionerne af svovldioxid og kvælstofoxider beregnet for 7 forskellige kildetyper. Et eksempel, som viser udslip fra trafikken, er vist i Figur 10. Opgørelserne foreligger for 1985, men vil muligvis blive opdateret til 1990.
3. *TOR (Tropospheric Ozone Research)*: Til brug for dette internationale forskningsprojekt kan den naturlige emission af VOC fra 4 forskellige naturområder beregnes hver time for 1985-1990 på basis af udendørstemperaturen. Der er planlagt en tilsvarende opgørelse for antropogene VOC-emissioner i 1990.

Basis for disse beregninger af emissionerne af kvælstofforbindelser og VOC er en af FOLU oprettet database for 'arealanvendelsen' i Danmark, som på grundlag af Kort- og Matrikelstyrelsens 1:25 000 kort angiver arealanvendelsen indenfor 13 kategorier i et 1 · 1 km² rudenet. Der er herved mulighed for at beregne emissionerne med en opløsning på 1 km eller mere eller opdelt på kommuner og amter.

4. *EMEP*: Til modelberegninger af langtransport i Europa er der fra EMEP modtaget opgørelser for udvalgte år for de europæiske emissioner af svovldioxid og kvælstofforbindelser på et 150 km rudenet.

Andre opgørelser

Desuden indsamler og registrerer Risø's systemanalyseafdeling emissionsdata, som bl.a. indberettes til EF's Corinair database for Europa. Der er således foretaget en meget omfattende opgørelse for svovldioxid, kvælstofoxider og VOC for 1985. I et samarbejde med EMEP er denne database under opdatering til 1990. Endelig har Laboratoriet for Energiteknik på DTH foretaget opgørelser over udslip af kvælstofoxider, specielt fra trafikkilder.



Figur 10. Emissioner af kvælstofoxider fra trafikken i Danmark, 1985.

4.3 Meteorologiske data

Vind og temperatur

Ud over de egentlige luftkvalitetsresultater registreres en række meteorologiske parametre i forbindelse med LMP programmerne. Der findes timemiddelværdier fra 4 master (i Fredericia, Esbjerg, Randers og Odense) fra 1984 til 1990. Følgende parametre er registreret: Vindretning, vindhastighed og varians i 10 meters højde, vindhastighed og varians, temperatur, globalstråling og relativ fugtighed i 2 meters højde samt temperaturdifferens mellem 2 og 10 m. Disse data findes p.t. på Risø's EDB anlæg, men vil blive overført til DMU's regnemaskine.

Udvalgte data fra Danmarks Meteorologiske Instituts synoptiske observationer samt radiosondedata fra lufthavne og flyvestationer findes på FOLU, hvor de primært bruges ved beregninger med meteorologiske modeller.

5 Modeller

Et vigtigt formål med indsamlingen af luftkvalitetsdata er at få belyst årsagen til en given forurening, at få en bedre forståelse af de relevante fysisk-kemiske processer og ikke mindst at udvikle metoder til forudsigelse af luftkvaliteten og konsekvenserne af forskellige planlægningsstiltag.

Målingernes begrænsning

Det er imidlertid et problem at foretage repræsentative målinger i tid og rum af luftforurening. Det skyldes ikke alene, at målestationernes antal er begrænset, men også i høj grad variationen af de meteorologiske forhold og variationen i kildernes emissioner. Det er - indlysende nok - heller ikke muligt at måle den "fremtidige" luftforurening. Her udgør matematiske luftforureningsmodeller den eneste mulighed for at beskrive luftforureningen sammenhængende i tid og rum. Modellerne er derfor et meget vigtigt værktøj til at afprøve, hvilke processer, der er afgørende for den observerede luftforurening samt til at vurdere virkningen af eventuelle indgreb til begrænsning af luftforureningen.

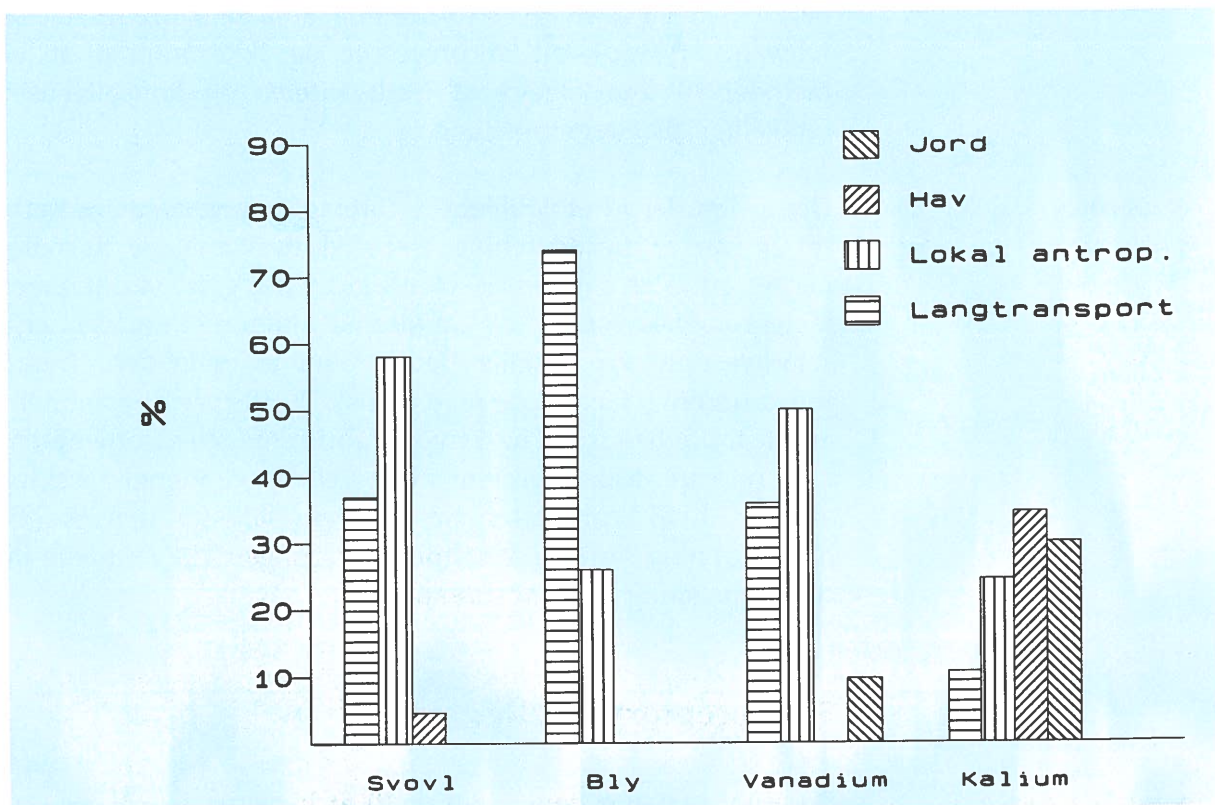
5.1 Receptormodeller

Empiriske modeller

Receptormodeller benyttes især til at beregne, hvorledes de målte forureningskoncentrationer er opdelt på bidrag fra forskellige kilder. Modellerne er empiriske, fordi de helt overvejende bygger på de målte koncentrationer. Desuden kræves et vist overordnet kendskab til de meteorologiske forhold og kilderne. En af de vigtigste forudsætninger er, at der blandt de målte komponenter kan findes stoffer eller stofkombinationer, som er specifikke for de enkelte kildetyper.

Det meget store antal resultater, som FOLU har til rådighed, repræsenterer en bred dækning både geografisk og i tid for koncentrationerne af så mange forskellige komponenter i luften, at denne forudsætning er rigeligt opfyldt. Det giver et enestående grundlag for en sådan empirisk beskrivelse af luftforureningen over Danmark - opdelt i bidrag fra trafik, kraftproduktion, affaldsforbrænding, boligopvarmning, enkelte virksomheder etc. Sådanne kilderelaterede beskrivelser giver glimrende overblik over selv store datamængder.

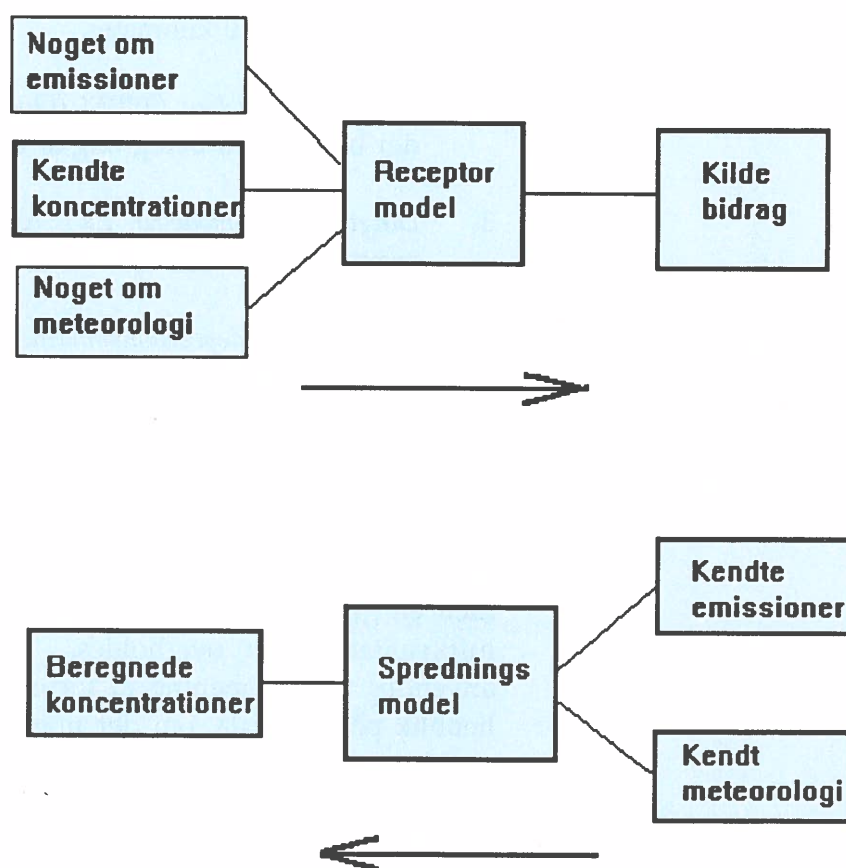
Kernepunktet for modellerne er identifikationen af de stoffer, hvis koncentrationer gruppevis stiger og falder sammen. Disse samvariationer beregnes med velkendte statistiske metoder. Men der er brug for mere avanceret statistik, når gruppeidentifikationen skal trækkes ud af det store og umiddelbart uoverskuelige materiale. Dette sker på basis af de enkelte stoffers forhold til og samvariation med de udvalgte kildespecifikke stoffer. Receptormodeller kan give en kildeorienteret beskrivelse både af den lokale forurening i byområder og af den grænseoverskridende forurening i baggrundsområder. Et eksempel er vist i Figur 11.



Figur 11. Kildeopdeling af luftforurening bestemt med receptormodel. Relative kildebidrag ved Tange i Midtjylland ved transport fra syd.

Receptormodeller er derfor værdifulde til analyse af resultater fra kortere, intensive målekampanjer, som ofte resulterer i store datamængder. Modellerne giver ikke alene et overblik over disse data, men repræsenterer også en meget effektiv udnyttelse af data. Receptormodeller kan derfor retfærdiggøre specialanalyser i kampagneperioder, som for fx organiske forbindelser kan være meget tidskrævende. Når sådanne resultater sammenholdes med oplysningerne i de lange måleserier bliver det muligt at få oplysning om størrelsen af bidrag fra ellers ukendte kilder.

Receptormodellerne tillader altså beregning af, hvorledes forureningen fra forskellige kilder er sammensat, og hvor stor den er. Resultaterne omfatter m.a.o. skøn over emissionerne fra de vigtigste kilder. Dette er i modsætning til de meteorologiske modeller, hvor emissionerne er indgangsdata, hvilket kræver, at de er kendt på forhånd. De to typer af modeller, hvis principielle opbygning er vist på Figur 12, udgør derfor et værdifuldt supplement til hinanden.



Figur 12. Principiel opbygning af receptormodeller og spredningsmodeller.

5.2 Meteorologiske spredningsmodeller

Modeller som værktøj

Meteorologiske spredningsmodeller anvendes til beregning af forureningsniveauer ud fra kendskabet til de meteorologiske forhold og størrelse og sammensætning af emissionerne fra bestemte kilder. Desuden indgår viden om de fysisk-kemiske processer i atmosfæren. En vis viden om disse processer kan skaffes via målinger, men sammenligning mellem målte og beregnede koncentrationer udgør det bedste værktøj til at afprøve, hvilke af processerne, som er af størst betydning.

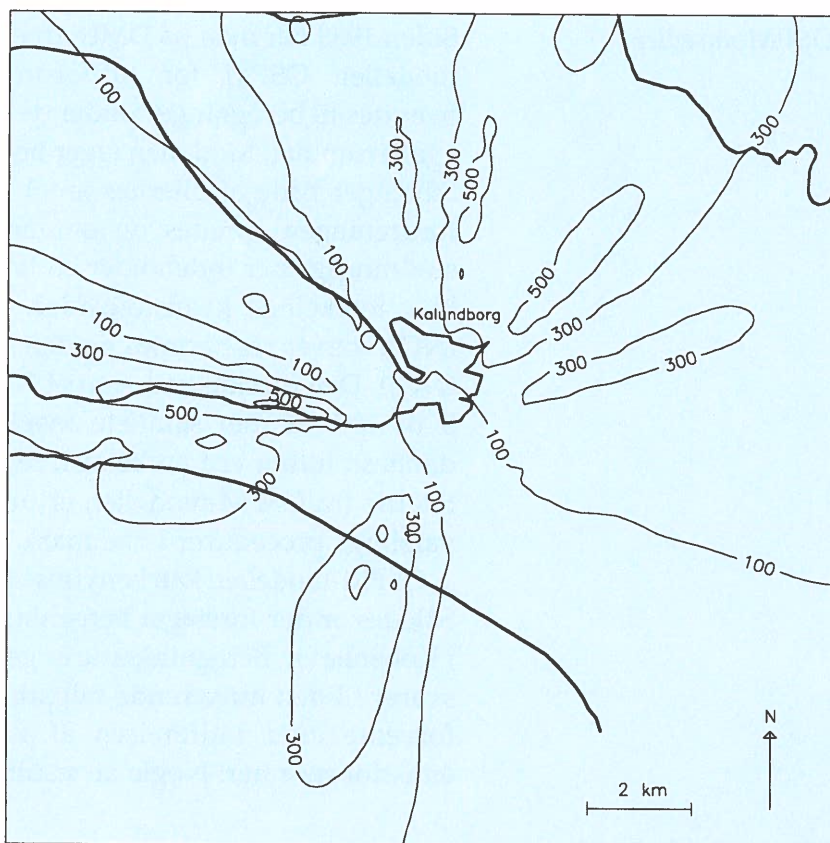
Ved Danmarks Miljøundersøgelses afdeling for Forureningskilder og Luftforurening er der igennem en årrække pågået et arbejde med at udvikle modeller for luftkvalitet. Modellernes anvendelsesområde er som regel begrænset, og derfor er der tale om forskellige typer af modeller. På nuværende tidspunkt findes der i DMU flere forskellige typer spredningsmodeller, som hver især foreligger i forskellige varianter:

1. *Den Operationelle Model for Luftkvalitet (OML)* benyttes typisk ved vurdering af industriforurening i byområder og inden for afstande på 10 kilometer.
2. *Gadelufts modellen OSPM (Operational Street Pollution Model)*, der benyttes til beregning af trafikforurening i byområder.
3. *Langtransport-modeller LRT*, der benyttes ved beregning af grænseoverskridende forurening på europæisk skala.
4. *Transport og depositionsmodellen TREND*, som benyttes til beregning af transport og deposition af kvælstofforbindelser, især over hav.

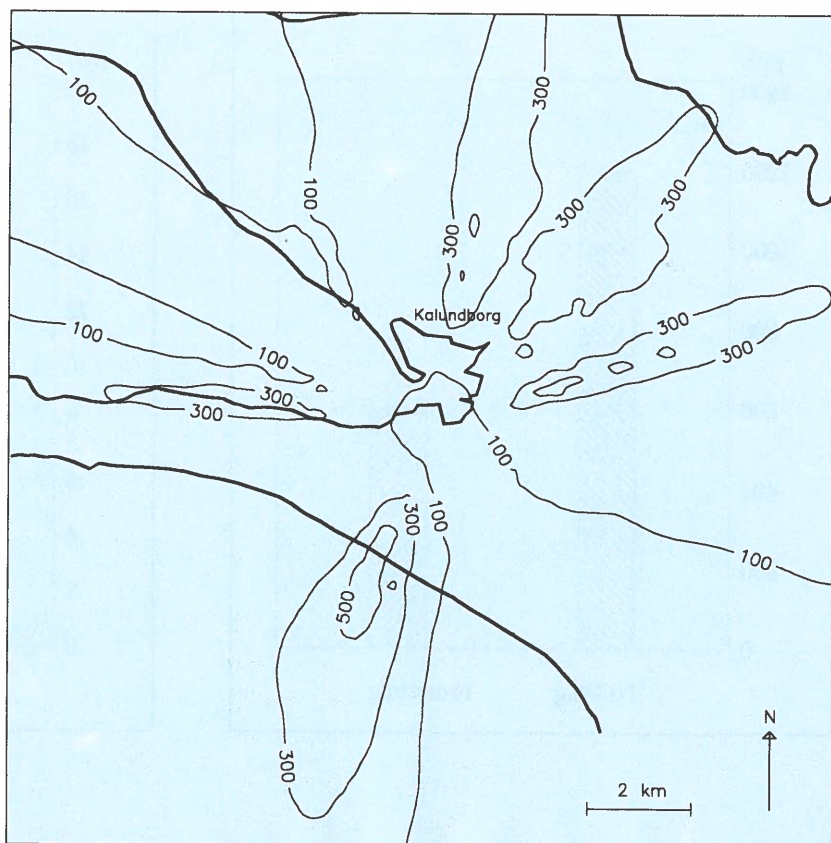
OML-modellen

OML-modellen anvendes primært til at beregne luftforureningen indenfor relativ kort afstand fra en forureningskilde. Modellen kan således anvendes som et værktøj til at afgøre, hvor høj en skorsten med en given emission skal være, når man ønsker, at et bestemt luftkvalitetsniveau overholdes. Modellen kan imidlertid også anvendes til kortlægning af forureningen i hele byområder med henblik på at fastslå, om der nogetsteds i byområdet er alvorlige problemer, og for hvilke kilder det vil være mest effektivt at begrænse emissionen.

OML-modellen er blevet anvendt til beregning af forureningen fra flere større virksomheder. To af de største projekter vedrørte måling og beregning af luftforurening fra Asnæsværket ved Kalundborg og Enstedværket ved Aabenraa. I Figur 13 er vist eksempler på modelberegninger af forureningen med svovldioxid omkring Asnæsværket. Beregningerne er gennemført både for de aktuelle emissionsforhold og for påtænkte fremtidige begrænsede emissioner.



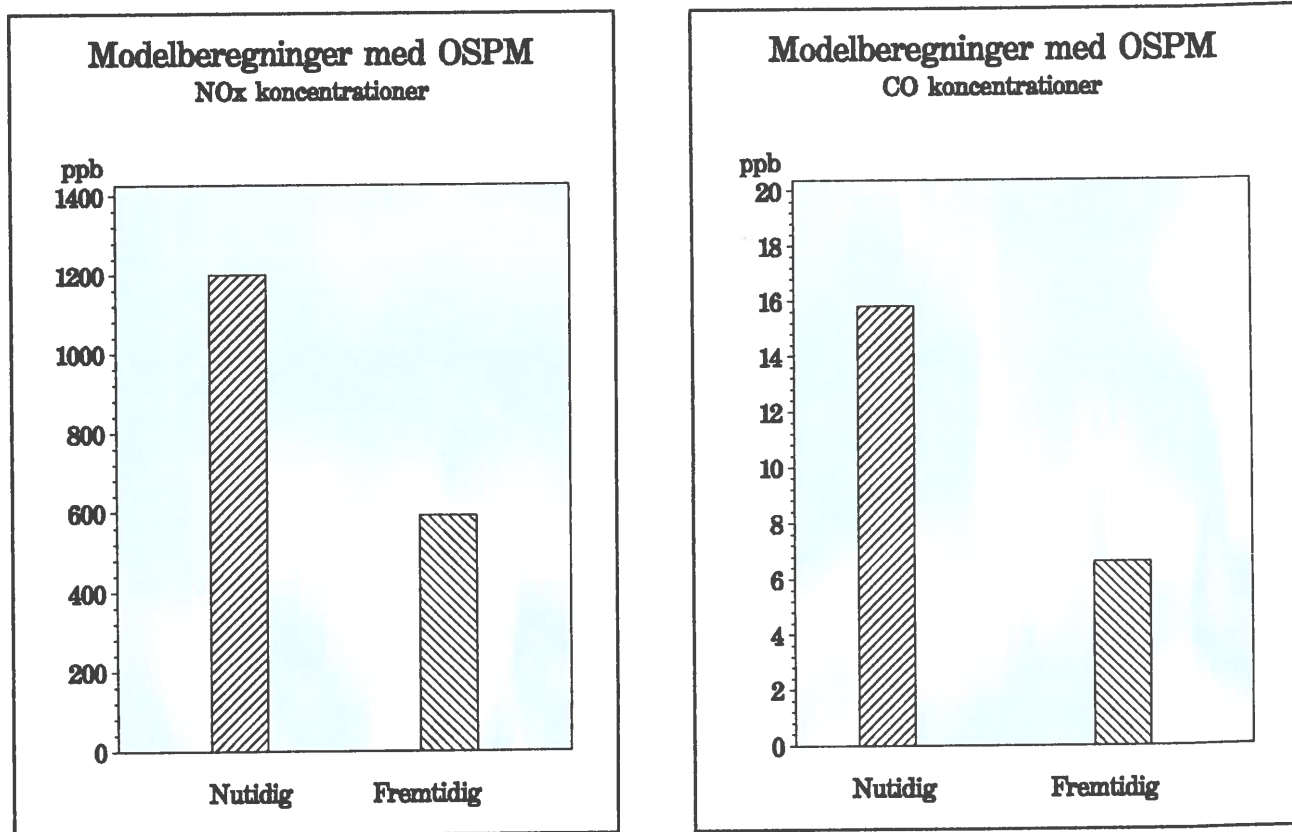
Figur 13a. Svovldioxidkoncentrationen i Kalundborg for alle eksisterende kilder beregnet med OML-modellen for januar 1985. Konturerne viser 99%-fraktilene af timemiddelværdierne.



Figur 13b. Som ovenfor men for februar 1985 og inklusive prognose for emissionen fra Asnæsværkets nye blok.

Siden 1988 har man på DMU arbejdet med udviklingen af gadeluftsmodellen OSPM for luftforureningen fra trafikken. Modellen benyttes til beregninger under de komplicerede forhold, som gælder i gaderummet. Modellen tager hensyn til, at forurening fra trafikken afhænger både af bilernes antal og deres emission og af, hvordan forureningen spredes og omdannes i gaderummet. Bilernes udstødningsgasser indeholder en hel række forureningskomponenter, bl.a. forskellige kvælstofoxider. De vigtigste er kvælstofmonoxid (NO), som er ret harmløs og den sundhedsskadelige kvælstofdioxid (NO₂). Den direkte emission af NO₂ fra bilernes motorer udgør kun 5 til 10% af den samlede kvælstofoxid-emission, men NO₂ kan dannes i luften ved en kemisk reaktion mellem NO og ozon. Resultaterne fra OSPM-modellen er udnyttet til udarbejdelse af "smog"-varslings procedurer i Danmark.

OSPM-modellen kan benyttes i forbindelse med trafikplanlægning. Således er der foretaget beregninger af luftforureningen i Bredgade i København. Beregningerne er gennemført både for en situation der svarer til den nuværende bilpark og for en situation, som man kan forvente efter indførelsen af katalysatorbiler og nye skærpede emissionsnormer. Nogle af resultaterne er vist i Figur 14.



Figur 14. Beregninger med gadeluftsmodellen OSPM med den nuværende og den fremtidige bilpark. Maksimale timemiddelværdier af kvælstofoxider og kulmonoxid i Bredgade i København.

LRT-modeller

En betragtelig del af luftforureningen i Danmark skyldes langtransport fra andre lande. Derfor har der siden slutningen af 70-erne været arbejdet med modeller for luftforureningens transport over store afstande. Det kræver meget omfattende beregninger, fordi der må tages hensyn til både meteorologiske forhold, emissioner og koncentrationer af mange vekselvirkende stoffer over hele Europa. Det er derfor nødvendigt at finde beregningsmetoder, der effektivt kan håndtere meget store datamængder og simulere en række fysiske og kemiske processer, som er vigtige for storskala-fænomener.

Europa

Langtransportmodellerne på DMU er nu udviklet til et stade, hvor der med et rimeligt forbrug af computerressourcer kan beregnes transport og deposition af luftforurening over et område der dækker praktisk talt hele Europa. De seneste modelversioner indeholder en række komplekse kemiske reaktioner, som gør det muligt at beregne forekomsten af ozon og andre fotokemiske oxidanter og reaktionsprodukter i luften over hele Europa (Figur 15). Sammenligninger med EMEP-målingerne viser, at der er god overensstemmelse mellem beregnede og målte resultater. Det er derfor berettiget at bruge modellerne i simuleringsprocesser. Modellerne kan således bruges til dels at studere effekten på luftforureningen af ændringer af emissionerne, dels at beregne hvor meget luftforureningen fra et land bidrager til depositionen i andre lande.

Depositioner er i sig selv et komplekst problem. Den tørre deposition er vanskelig at måle, og nedbørens forekomst i tid og rum er vanskelig af beregne, hvilket derfor også gælder den våde deposition. Disse forhold er især tilgodeset i depositionsmodellen TREND.

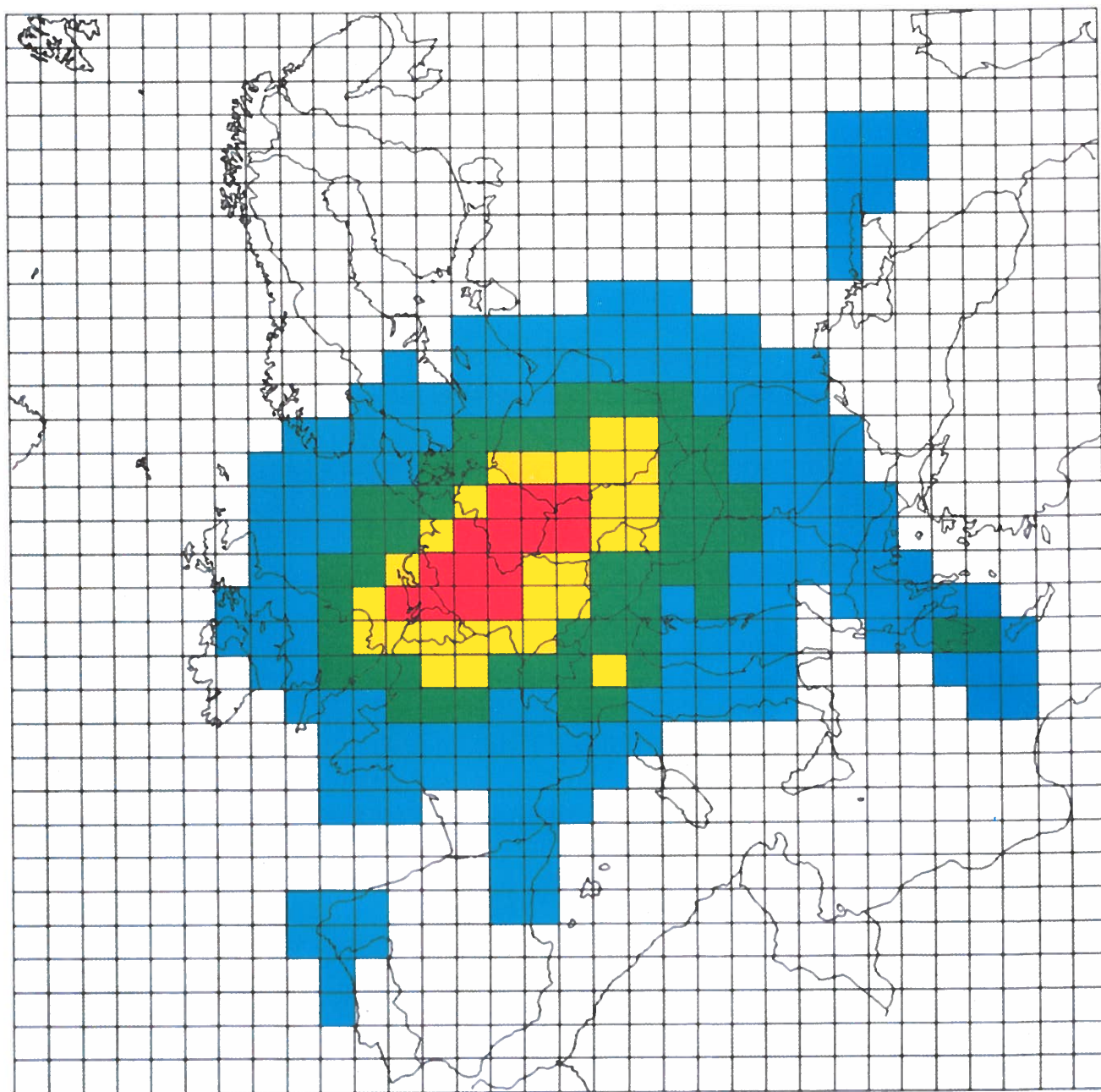
Polarområdet

Langtransportmodeller er inde i en hastig udvikling. Denne udvikling hænger ikke mindst sammen med udviklingen i computerteknik. I modsætning til tidligere er det som nævnt nu muligt at gennemføre så omfattende beregninger, at en temmelig kompleks kemi kan inddrages i disse modeller. På denne baggrund er et nyt arbejde med udvikling af en hemisfærisk langtransportmodel til beregning af transport af luftforurening til de arktiske områder blevet iværksat. Som navnet antyder er her hele den nordlige halvkugle inddraget.

JULY 1985

Concentrations of TOTAL NO₃

Units: ppb



Figur 15. Koncentrationer af nitrat (NO₃) i Europa i Juli 1985 beregnet med FOLU's langtransportmodel.

6 Rådgivning og Bistand

En af de væsentligste begrundelser for at gennemføre overvågning og forskning af luftkvaliteten i Danmark er, at resultaterne kan anvendes til løsning af miljøproblemerne. Det er derfor en væsentlig opgave for FDC-LUFT at informere om de opnåede resultater og udnytte den erhvervede viden og indsigt til bistå både statslige og kommunale myndigheder med løsning af luftforureningsproblemer og at rådgive om indsamling og anvendelse af danske luftforureningsdata. Fagdatacenteret leverer derfor rådgivning og bistand til forskellige myndigheder om anvendelse af de opnåede resultater fra overvågningen, forskningen og udviklingen i luftkvaliteten i Danmark.

Som alle andre opgaver på FDC-LUFT er også formidling, anvendelse og rådgivning om data en naturlig del af arbejdet på FOLU.

6.1 Rapportering

Formidling

Overvågningen af luftkvaliteten omfatter selvsagt også den indsats, der må gøres for at rapportere om de opnåede resultater. Det væsentligste værktøj til formidling af resultaterne for luftforureningen i Danmark er de rapporter, som DMU udgiver. Der er dels tale om regelmæssige rapporter, hvor der gives oversigter over et års resultater, dels rapporter, som udgives i forbindelse med afslutning af projekter eller projektfaser.

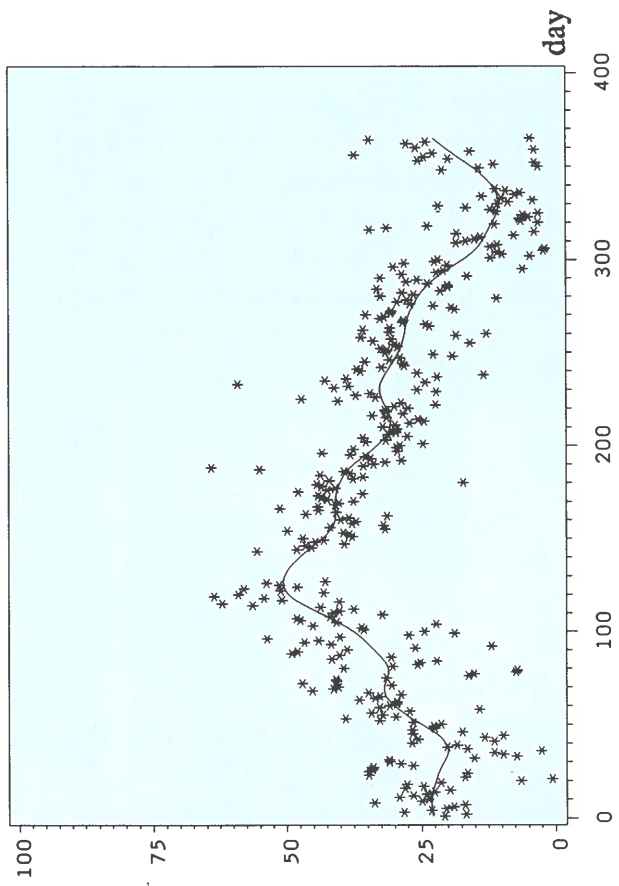
Årsrapporter

Til den første kategori hører de årlige LMP-rapporter, der ved hjælp af et omfattende materiale af tabeller og illustrationer systematisk gennemgår måleprogrammets resultater og påpeger de konstaterede udviklingstendenser. De i Figur 2 og 3 viste luftkoncentrationer af bly og kvælstofdioxid er fra den seneste LMP rapport for 1990. Et andet eksempel er de regelmæssige rapporter om kvælstofdeposition i Danmark, som udgives i forbindelse med vandmiljøplanen.

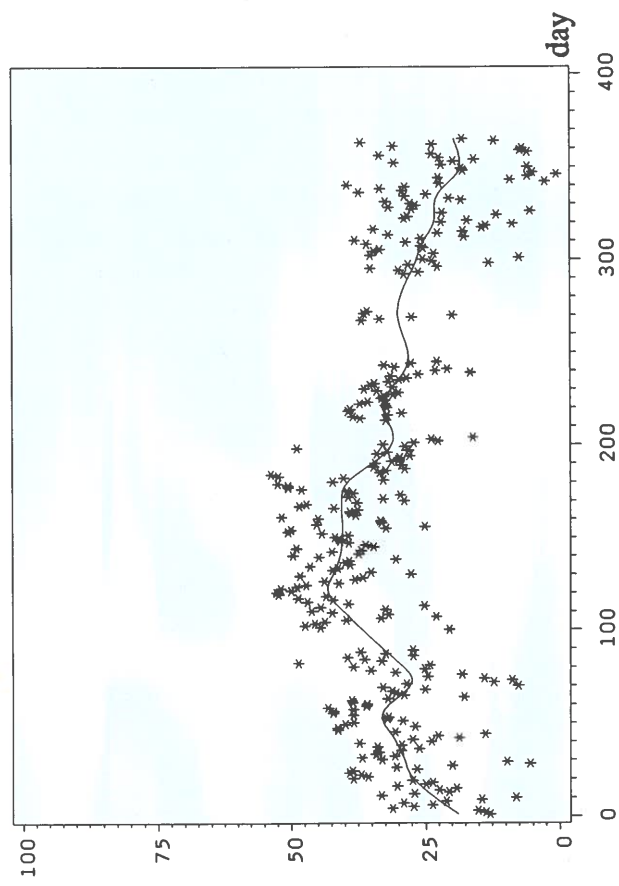
Projektrapporter

I den anden kategori findes fx de rapporter, som opsummerer resultaterne over en længere periode. Et eksempel er den nyligt udgivne rapport om ozonmålinger i landområderne i Danmark i perioden 1985-1989, hvorfra Figur 16, som viser ozonkoncentrationen i Vestjylland i denne periode, er hentet. Et andet eksempel er rapporterne om emissionsopgørelserne. Udslippene af kvælstofoxider fra trafikken, som er vist i Figur 10, er fra en af disse rapporter.

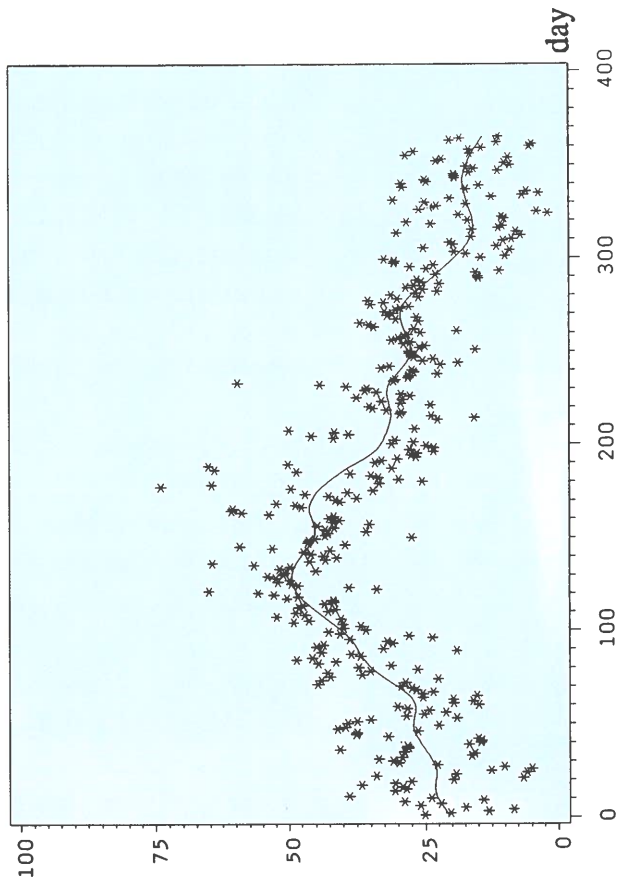
03 ULBORG 87 (PPB)



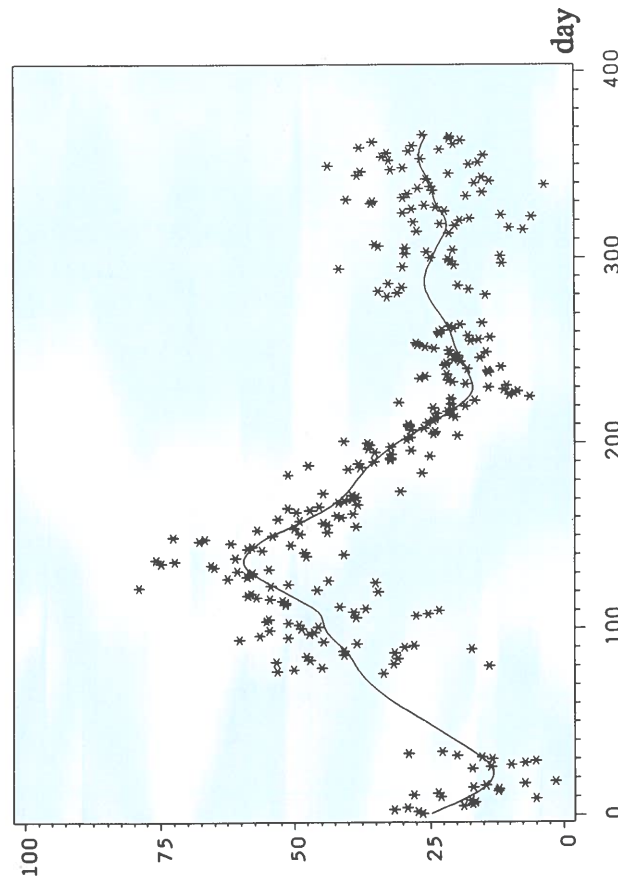
03 ULBORG 86 (PPB)



03 ULBORG 89 (PPB)



03 ULBORG 88 (PPB)



Figur 16. Døglige ozonkoncentrationer i Vestjylland, 1986 - 1989.

Desuden varetager FDC-LUFT forpligtelserne til teknisk datarapportering under de forskellige nationale og internationale monitoringsprogrammer. Således indberettes årligt samtlige måleresultater fra EMEP-stationerne til EMEP's koordineringscenter i Norge på magnetbånd. Tilsvarende fremsendes visse måleserier fra byerne til EF i henhold til et EF-direktiv og månedsmiddelværdier af luft- og nedbørkoncentrationer indberettes til HELCOM og PARCOM. Til gengæld er disse internationale data tilgængelige for FOLU, hvor de fortrinsvis udnyttes i forbindelse med modeludviklingen, men det er kun en af mange anvendelsesmuligheder. På nationalt plan sker der indberetning af visse luftkvalitetsdata til Danmarks Statistik og på Eksperimentarium i Hellerup er det muligt på en PC at følge udviklingen i luftforureningen i København fra time til time.

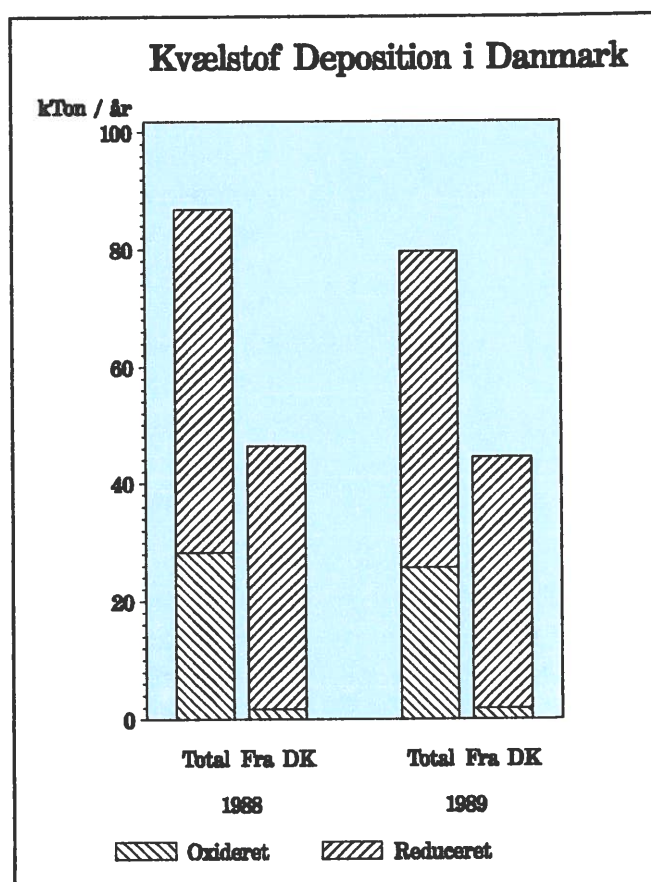
6.2 Bistand

Den bistand, som FOLU's medarbejdere yder til de centrale myndigheder i faglige spørgsmål, finder ofte sted gennem deltagelse i de arbejdsgrupper, som nedsættes ad hoc. Det kan være bistand til udarbejdelse af vejledninger eller til tilrettelæggelse af særundersøgelser, deltagelse i udredningsopgaver, fx om drivhuseffektens betydning for Danmark eller i deciderede specialundersøgelser såsom måling af udslip af dioxin fra affaldsbrændingsanlæg. Datasamlingerne på FDC_LUFT finder anvendelse i mange administrative sammenhænge. De danner grundlag for redegørelser om specifikke luftforureningsproblemer såsom effektvurderinger på økosystemer, herunder skove, og de indgår i vejledninger til fastsættelse af udslipsgrænser og kontrol af de vejledende grænseværdier for luftkvalitet, som er fastsat både nationalt og internationalt.

Med bistand fra FOLU har Miljøstyrelsen således i efteråret 1990 udgivet en ny "Luftvejledning", som foreskriver, hvorledes FOLU's OML-model skal anvendes til skorstenshøjdeberegninger. FOLU har i den anledning afholdt kurser i flere omgange for teknikere fra kommuner, amter og private rådgivningsfirmaer i anvendelse af modellen. Den er desuden formuleret i en PC-version, og har derfor vundet stor udbredelse.

I Miljøministeriets arbejde med beskrivelse af Miljøtilstanden i Danmark bl.a. i form af miljøindikatorer er adskillige resultater fra FDC_LUFT's databaser blevet anvendt. I de fleste tilfælde er datasamlingerne så store, at det har været muligt at anvende 10 års data eller mere. Det gælder således koncentrationerne i luften i danske byer af svovldioxid, sod, bly og kvælstofdioxid (Figur 2 & 3). Blandt de udvalgte indikatorer findes også illustrationer af udslip af både svovldioxid og kvælstofdioxid i Danmark og nedfald af svovl, kvælstof og bly på dansk område. Kvælstofnedfaldet fordelt på udenlandske og danske kilder er vist i Figur 17. Nogle af disse

resultater har kun kunnet fremskaffes, fordi DMU er en aktiv partner i det europæiske miljø samarbejde.



Figur 17. Den totale kvælstofdeposition i Danmark og det danske bidrag, 1988 og 1989.

Rekvirerede opgaver

FOLU har også i vid udstrækning løst rekvirerede opgaver for både offentlige og private virksomheder. Der er med multielement-metoden PIXE løst en række specialopgaver for mange forskellige institutioner og virksomheder. Ofte drejer det sig om analyser af emissionsprøver; men opgaverne har i øvrigt været af meget varierende karakter, fx undersøgelser af meteoritter, sedimenter, misfarvning af medicin og tungmetaller i plastmaterialer. For tiden udføres ca. 100 analyser af denne art pr. år. Desuden har afdelingen kunnet anvende OML-modellen til beregning af store, planlagte enkeltkilders forventede påvirkning af omgivelserne. Det er i flere tilfælde, som fx udbygningen af Asnæsværket i Kalundborg sket i kombination med målinger af den eksisterende luftforurening i omegnen.

6.3 Dataleverancer

Særlige opgaver

I forbindelse med assistance til løsning af særlige opgaver rundt om i landet eller som led i samarbejdsprojekter er der undertiden behov for, at FDC-LUFT stiller både direkte målte data eller modelberegninger samt andre data, der er resultatet af en forudgående databehandling, til rådighed som egentlige dataleverancer.

Ophavsret

Leverancer af data i form af tabeller og kurver eller som datafiler på tape eller diskette må i hvert enkelt tilfælde aftales med fagdatacenteret og den ansvarlige projektleder. Det skyldes bl.a. at mange af de data, som indsamles og lagres på FDC-LUFT, fremkommer som resultat af et kontraktmæssigt samarbejde med eksterne opdragsgivere. Det betyder normalt, at sådanne data er belagt med restriktioner i en periode, fordi de 'tilhører' opdragsgiveren indtil endelig rapportering har fundet sted. I almindelighed giver disse forhold dog ikke anledning til problemer.

Datarepræsentationer

Desuden har et givet sæt af luftforureningsdata altid begrænset gyldighed og bør derfor ikke anvendes ukritisk. Det er således vigtigt at gøre sig klart, at data, som er indsamlet med et bestemt formål ikke nødvendigvis egner sig til andre formål. Det kan fx skyldes, at dataindsamlingstidspunktet (nat/dag, vinter/sommer) eller lokaliteten (gadeniveau/tagniveau, kystområde/skov) er atypisk for den påtænkte anvendelse. Tilsvarende er der mange begrænsninger på anvendelsen af modelresultater, som ligeledes bør benyttes med varsomhed.

I forbindelse med aftaler om sådanne dataleverancer yder fagdatacenteret råd og vejledning i anvendelse af resultaterne.

Danmarks Miljøundersøgelser

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

Henvendelser kan rettes til:

Danmarks Miljøundersøgelser
Postboks 358
Frederiksborgvej 399
4000 Roskilde

Tlf.: 46 30 12 00
Fax: 46 30 11 14

Direktion og Sekretariat
Forsknings- og Udviklingssekretariat
Afd. for Forureningskilder og
Luftforurening
Afd. for Havmiljø og Mikrobiologi
Afd. for Miljøkemi
Afd. for Systemanalyse

Danmarks Miljøundersøgelser
Postboks 314
Vejløvej 25
8600 Silkeborg

Tlf.: 89 20 14 00
Fax: 89 20 14 14

Afd. for Ferskvandsøkologi
Afd. for Terrestrisk Økologi

Danmarks Miljøundersøgelser
Grenåvej 12, Kalø
8410 Rønde

Tlf.: 89 20 14 00
Fax: 89 20 15 14

Afd. for Flora- og Faunaøkologi

Publikationer:

DMU udgiver faglige rapporter, tekniske anvisninger, særtryk af videnskabelige og faglige artikler, Danish Review of Game Biology samt årsberetninger.

I årsberetningen findes en oversigt over det pågældende års publikationer. Årsberetning samt en opdateret oversigt over årets publikationer fås ved henvendelse til telefon: 46 30 12 00.