



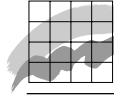
Miljø- og Energiministeriet  
Danmarks Miljøundersøgelser

# Overvågning af trafikkens bidrag til lokal luftforurening (TOV)

Målinger og analyser udført af DMU

*Faglig rapport fra DMU, nr. 316*

*[Tom side]*



Miljø- og Energiministeriet  
Danmarks Miljøundersøgelser

---

# Overvågning af trafikkens bidrag til lokal luftforurening (TOV)

Målinger og analyser udført af DMU

*Faglig rapport fra DMU, nr. 316  
2000*

*Ole Hertel*

*Ruwim Berkowicz*

*Finn Palmgren*

*Kåre Kemp*

*Axel Egeløv*

Afdeling for Atmosfærisk Miljø

# Datablad

Titel:	Overvågning af trafikens bidrag til luftforurening (TOV)
Undertitel:	Målinger og analyser udført af DMU
Forfattere: Afdeling:	Ole Hertel, Ruwim Berkowicz, Finn Palmgren, Kåre Kemp og Axel Egeløv Afdeling for Atmosfærisk Miljø
Serietitel og nummer:	Faglig rapport fra DMU nr. 316
Udgiver:	Miljø- og Energiministeriet Danmarks Miljøundersøgelser©
URL:	<a href="http://www.dmu.dk">http://www.dmu.dk</a>
Udgivelsestidspunkt:	April 2000
Faglig kommentering:	Jes Fenger
Bedes citeret:	Hertel, O., Berkowicz, R., Palmgren, F., Kemp, K., og Egeløv, A. (2000): Overvågning af trafikens bidrag til luftforurening (TOV), Målinger og analyser udført af DMU. Danmarks Miljøundersøgelser. 28 s. - Faglig rapport fra DMU, nr. 316 (online). ( <a href="http://faglige-rapporter.dmu.dk">http://faglige-rapporter.dmu.dk</a> ) (findes kun i elektronisk udgave).  Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse.
Sammenfatning:	En metode til vurdering af udviklingen i luftforurening fra trafikken er blevet udviklet og anvendt i projektet. Metoden giver mulighed for at adskille effekter forårsaget af variationer i de meteorologiske forhold fra effekten af udviklingen i emissionsbegrænsninger.
Frie emneord:	Udvikling i luftforurening fra trafikken i danske byer, analyse emissioner fra trafik.
Redaktionen afsluttet:	April 2000
ISBN:	87-7772-543-3
ISSN (elektronisk):	1600-0048
Sideantal:	28
Internet:	Rapporten findes kun som PDF-fil på DMU's hjemmeside. Link: <a href="http://faglige-rapporter.dmu.dk">http://faglige-rapporter.dmu.dk</a>

# **Indhold**

	<b>Forord</b>	<b>5</b>
<b>1</b>	<b>Indledning</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Baggrund</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>Måledata</b>	<b>11</b>
<b>4</b>	<b>Normaliseringsprocedure</b>	<b>14</b>
<b>5</b>	<b>Resultater</b>	<b>17</b>
<b>6</b>	<b>Konklusion</b>	<b>23</b>
<b>7</b>	<b>Perspektiv</b>	<b>24</b>
	<b>Referencer</b>	<b>25</b>

*[Tom side]*

# Forord

## *Udgangspunkt*

Danmarks Miljøundersøgelser's (DMU's) deltog i perioden 1995 til 1998 i projektet "Overvågning af trafikens bidrag til lokale luftforureningsniveauer i Danmark". Projektet blev gennemført som et samarbejdsprojekt mellem Danmarks Meteorologiske Institut (DMI, som koordinerede projektet), DMU, Københavns Miljøkontrol/HLU (MJK) og Vejdirektoratet (VD). Trafikministeriet finansierer projektet over trafikpuljen, og projektet havde en varighed af 4 år (1995-98). I 1995 blev der etableret en række luftkvalitetsmålinger og trafiktællinger, og fra 1996 har målingerne foregået rutinemæssigt til udgangen af 1998. DMU besluttede for egne midler at forlænge måleperioden med et ekstra år (1999), og disse data er derfor ligeledes præsenteret i denne rapport for DMU's arbejde i projektet.

## *Bidrag fra gæsteforsker*

Alexander Ziv (AZ) fra Main Geophysical Observatory i St. Petersburg (Rusland) har udviklet en række matematiske rutiner, som er anvendt til analyserne af trafikemissionerne. Udvikling af disse rutiner blev udført i forbindelse med et ophold som gæsteforsker ved DMU. AZ's ophold i Danmark var finansieret af Det Danske Naturvidenskabelige Forskningsråd.

## *Følgegruppe*

Projektet har haft en følgegruppe med repræsentanter fra alle de involverede institutioner. Gruppen havde følgende sammensætning:

Alix Rasmussen DMI  
Sissel Kiilsholm, DMI  
Finn Palmgren, DMU  
Ruwim Berkowicz, DMU  
Ole Hertel, DMU  
Hans Bendtsen, VD  
Lone Reiff, VD  
Rene Andersen, VD  
Jan Tønnesen, MJK  
Birte Busch Thomsen, MJK  
Helga Thomsen, Trafikministeriet  
Elisabetta Vignati, DMU (indtil marts 1999)  
Raymond Skaarup, MJK (indtil januar 1999)

Følgegruppen har haft den foreliggende rapport til kommentering.

# 1 Indledning

## *Baggrund*

I 1988 offentliggjorde Regeringen en generel handlingsplan til opfølgning af anbefalingerne i den såkaldte "Brundtland Rapport" fra Verdenskommissionen for Miljø og Udvikling (Brundtland Kommissionen, 1987). Den generelle handlingsplan er senere fulgt op af sektorhandlingsplaner, herunder Regeringens Transporthandlingsplan for Miljø og Udvikling (Trafikministeriet, 1990).

## *Transporthandlingsplanen*

Transporthandlingsplanen definerer målsætningen for transportpolitikken i Danmark defineret som: at sikre et effektivt fungerende trafiksystem, hvor trafikens skadelige virkning, bl.a. i form af luftforurening, bliver minimeret. Der er her defineret følgende mål for en reduktion af transportsektorens samlede emissioner i forhold til 1988:

- kuldioxidudslippet skal stabiliseres inden år 2005, og der skal ske en reduktion på 25% frem til år 2030.
- kvælstofoxid- og kulbrinteudslippet skal reduceres med mindst 40% inden år 2000, der skal ske en reduktion på 60% inden år 2010, og en yderligere reduktion frem til år 2030.
- partikeludslippet i byerne skal halveres frem til 2010, og der skal ske en yderligere reduktion frem til år 2030.
- det forventes, at udslippet af kulilte reduceres med ca. 75% inden år 2010 pga. anvendelse af katalysatorer til personbiler. Der er dog ikke opstillet direkte måltal for udslippet.
- Udslippet af bly fra trafikken er allerede reduceret kraftigt som følge af indførelsen af katalysatorer. Tilsvarende er udslippet af Svovldioxid fra transportsektoren er ikke betydningsfuldt. Der er derfor ikke opstillet måltal for svovldioxid og bly.

## *Overvågning*

Transporthandlingsplanens målsætninger er således udtrykt i form af udslipsbegrænsninger, hvorimod de deraf følgende forventede reduktioner i luftforureningsniveauer ikke er eksplicit udtrykt. Trafikministeriet ønsker imidlertid, at trafikens bidrag til luftforureningen skal overvåges med henblik på at vurdere, om udviklingen går i den retning, som implicit ligger i handlingsplanens målsætninger. Dette er baggrunden for det overvågningsprogram, som resultaterne i denne rapport udgør en del af. Projektet er beskrevet i detaljer i "Aftale mellem Danmarks Meteorologiske Institut, Danmarks Miljøundersøgelser, Vejdirektoratet og Miljøkontrollen i København vedrørende Trafikpuljeprojektet 'Overvågning af luftkvaliteten og trafikens bidrag til luftforureningen' (DMI, 1995, J.nr. 93-313-2). Projektet har fået arbejdstitlen "Trafikovervågningsprojektet" forkortet



TOV. Betegnelsen TOV-projektet er anvendt i det følgende, hvor der gives en kort gennemgang af de grundlæggende dele af projektet. Hovedvægten i denne gennemgang er naturligt nok på de af DMU gennemførte dele af projektet.

#### *Målinger og trafiktællinger*

Overvågningssystemet baserer sig primært på data fra eksisterende måleprogrammer, dog etableredes der inden for TOV et mindre supplerende luftkvalitetsmåleprogram samt yderligere trafiktællinger. Målsætningen er at følge udviklingstendenser for kulilte (CO), kvælstofdioxid (NO<sub>2</sub>), kulbrinter (HC) og partikler. Tre udvalgte kulbrinter er omfattet af overvågningen. Det drejede sig om benzen, toluen og xylener (ofte betegnet BTX). Endvidere er ozon (O<sub>3</sub>) anvendt som forklaringsparameter, idet ozon ikke emitteres fra trafikken, men indgår i en række atmosfærisk-kemiske reaktioner, hvor udslip fra trafikken spiller en væsentlig rolle.

#### *LMP & HLU*

De eksisterende måleprogrammer for luftforurening, hvorfra resultater indgår i analyserne, er Det Landsdækkende Måleprogram (LMP), som forestås af DMU samt Hovedstadsområdet Luftovervågningsprogram (HLU), som forestås af Miljøkontrollen i København.

#### *Normaliseringsprocedure*

På såvel DMU som DMI er der gennemført analyser af luftforurening fra trafik ved anvendelse af normaliseringsprocedurer. Anvendelse af målingerne fra overvågningsprogrammerne sammen med en normaliseringsprocedure giver mulighed for at adskille udviklingstendenser betinget af ændringer i meteorologi, fra udviklingstendenser som følge af ændringer i emissioner fra trafikken. Metoden går ud på at bestemme de emissionsfaktorer, som giver den bedste overensstemmelse mellem målte og beregnede luftkvalitetsniveauer. Emissionsfaktorerne bestemmes herefter for hvert år i programmet, og der ses på udviklingstendenserne heri. DMU's normaliserings-procedure baserer sig på anvendelsen af DMU's luftkvalitetsmodel for bygader "Operational Street Pollution Model" (OSPM) (Hertel et al., 1989a,b,c; Berkowicz et al., 1997).

#### *Emissionsmålinger*

Der findes forskellige metoder til direkte måling af emissioner fra den kørende bilpark (bl.a. målesystemet FEAT), men sådanne undersøgelser blev fundet at være uden for de økonomiske rammer for projektet.

## 2 Baggrund

### *Forholdene i bygader*

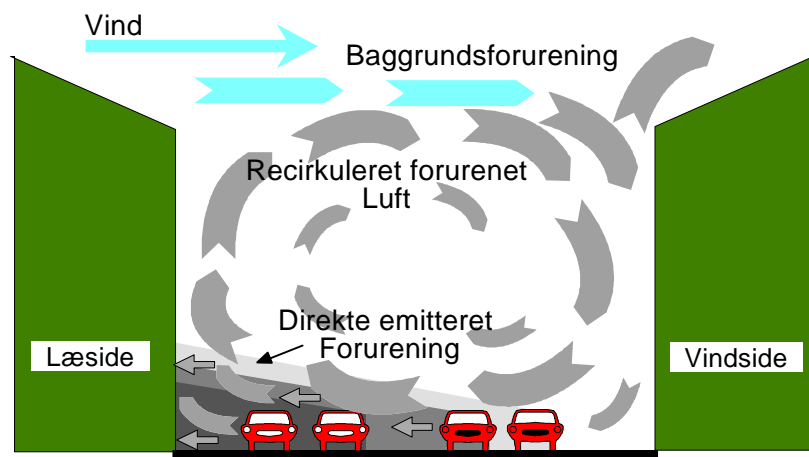
Lokalt høje luftforureningsniveauer, som følge af forurening fra trafikken, optræder i Danmark primært i byområderne (Palmgren et al., 1997). I en bygade ændrer emissionerne fra trafikken sig kun lidt fra dag til dag, hvorimod luftens koncentrationer af forurenende stoffer kan variere betydeligt som følge af variationer i de meteorologiske forhold. De vigtigste meteorologiske parametre i denne sammenhæng er vindretning og vindhastighed (se bl.a. Berkowicz et al., 1996). Generelt gælder det, at jo mere det blæser, desto mere fortynding og dermed lavere koncentrationer i gaden. Selve emissionen i gaden følger naturligvis trafikens variation, og generelt er emissionen derfor betydeligt mindre om natten end om dagen. Tilsvarende er emissionerne i weekender og på helligdage betydeligt mindre end for hverdage.

### *Lukkede gaderum*

I stærkt trafikerede bygader begrænses spredningen af forureningen af eventuelle bygninger omkring gaden. Dette gælder ikke mindst i lukkede gaderum (de såkaldte Street Canyons). Blæser vinden på tværs af gaden, dannes der en hvirvel nede i selve gaderummet. Hvirvelen bevirker, at vindretningen inde i gaden er modsat vindretningen over tagniveau (Figur 2.1). Derved bliver koncentrationen af luftforurening væsentligt forskellig på de to sider af gaden. I den såkaldte vindside er forureningen et resultat af bidrag fra bybaggrundsluften samt et bidrag fra recirkulation (den forurening, som er ført hele vejen rundt i gaderummet). I læsiden har man de samme to bidrag samt yderligere et direkte bidrag fra trafikken i det pågældende gadesnit (vinden blæser igennem trafikken hen mod bygningsfacaden). Typisk er koncentrationerne derfor fem til seks gange højere i læsiden end i vindsiden af gaden.

### *Overvågningsprogrammer*

Systematiske målinger af luftkvalitet i danske byer startede i 1982 inden for det Landsdækkende Luftkvalitetsmåleprogram (LMP) (Kemp og Palmgren, 1999). LMP, som forestås af DMU, omfatter i dag målinger i København, Odense og Aalborg. Resultaterne indsamles i et samarbejde mellem DMU, Miljøstyrelsen, HLU (Hovedstadsregionens Luftovervågnings-enhed) samt Odense og Aalborg kommuner.



Figur 2.1 Illustration af spredningen af luftforurening fra trafikken i et lukket gaderum. Illustrationen viser situationen, hvor vinden over tagniveau blæser vinkelret på gaden. Inde i gaderummet dannes en hvirvel og vindretningen bliver her modsat af vinden over tagniveau. Situationen fører til kraftige forskelle (typisk en faktor fem til seks) i forureningsniveauer på de to sider af gaden.

### Gadeluftmodellen

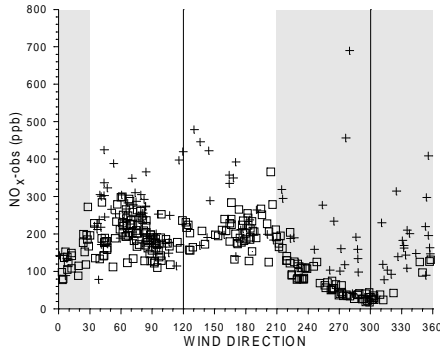
Blandt andet for at supplere målingerne i overvågningsprogrammet LMP, har DMU udviklet gadeluftmodellen “Operational Street Pollution Model” (OSPM) (Hertel og Berkowicz, 1989a,b,c; Berkowicz et al., 1997). OSPM blev til ved omfattende analyser af måledata fra overvågningsprogrammer i danske og udenlandske byer, og er udviklet til time for time beregninger af luftkvalitet i bygader. Modellen kan anvendes til at beregne koncentrationer af forbindelser, som er kemisk inaktive i det tidsrum, de befinder sig i gaden. Dette gælder stoffer som CO, NO<sub>x</sub> og benzen. Desuden er der udviklet en modelrutine til beskrivelse af systemet NO, NO<sub>2</sub> og ozon (Hertel og Berkowicz, 1989b; Palmgren et al., 1996). Sammenligninger mellem modelresultater og måledata fra en række måleprogrammer fra såvel Danmark som i udlandet har vist, at modellen generelt reproducerer de observerede koncentrationer meget vel.

### Beregninger for tre bygader i København

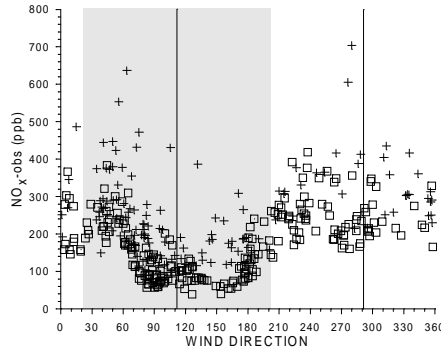
Figur 2.2 viser målte og beregnede NO<sub>x</sub> timemiddel koncentrationer som funktion af vindretningen over tagniveau for tre bygader i København. De meteorologiske data er her fra tagstationen på H.C. Ørstedsinstituttet af Københavns Universitet (se Kapitel 3). Resultaterne viser den forømtalte effekt af vindretningen, med en udtalt læ- og vindside for Jagtvej og Bredgade, som er typiske gadeslugter (engelsk: street canyons). Disse to gader ligger omtrent parallel med hinanden rent orienteringsmæssigt, men målepunkterne er placeret på den østlige side på Jagtvej og på den vestlige side på Bredgade. Dette er forklaringen på den store forskel i placeringen af vindsiden (markeret med gråtone i figurene). H.C. Andersens Boulevard er åben mod Tivoli siden og udviser derfor et væsentligt anderledes mønster end de to andre gader. Der ses en effekt af bygningen modsat Tivolisiden, men ikke samme udtalte læ- og vindside effekt. OSPM kan tage hensyn til åbninger i facaderne og gader med kun bygninger på den ene side af gaden. For alle tre gader ses det derfor, at OSPM

er i stand til at beskrive den observerede afhængighed af vindretningen. Tilsvarende analyser af OSPM beregninger for en række gader i udlandet har ligeledes vist meget gode resultater.

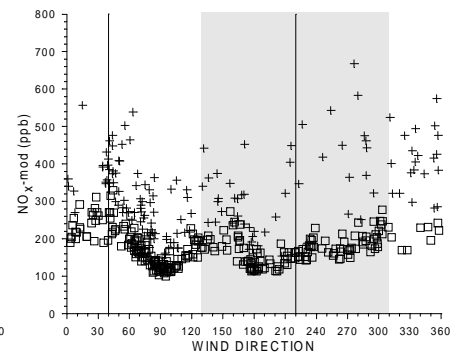
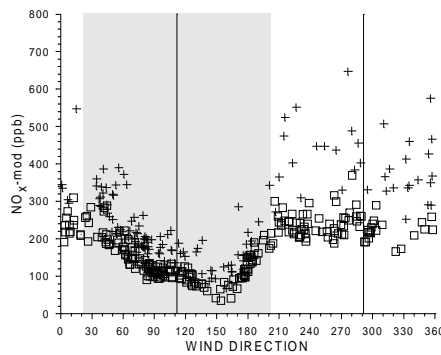
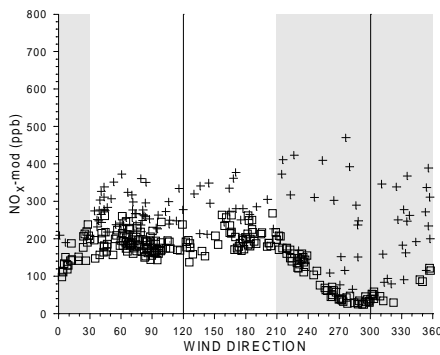
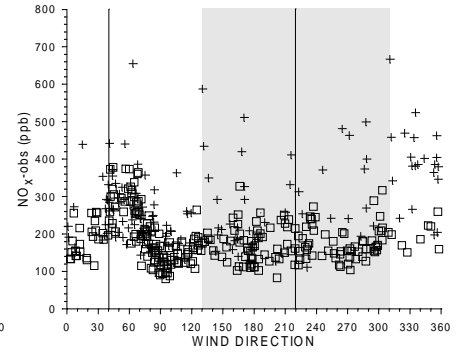
a) Jagtvej



b) Bredgade



c) H.C. Andersens Boulevard



Figur 2.2 Målte (øverst) og beregnede (nederst) timemiddelkoncentrationer af  $\text{NO}_x$  i københavnske bygader som funktion af vindretningen over tagniveau. Området med grå baggrund angiver vindretninger hvor målepunktet ligger i vindsiden. Data for gaderne: a) Jagtvej b) Bredgade c) H.C. Andersens Boulevard.

### 3 Måledata

#### Måleprogrammer

Luftkvalitetsmålingerne, som er anvendt til analyserne inden for TOV, består primært af data fra de eksisterende luftkvalitetsmåleprogrammer LMP (Kemp og Palmgren, 1999) og HLU (HLU 1999). DMU var ansvarlig for en række målinger i forbindelse med projekter under det Strategiske Miljøforskningsprogram (SMP-I) 1992-96 (Lohse og Berthelsen, 1996). En del af disse målinger er videreført med delvis finansiering fra TOV, ligesom en række supplerende målinger er etableret som en direkte del af TOV. Tabel 2.1 giver en oversigt over luftkvalitetsmålinger i København, Odense og Aalborg. Af tabellen fremgår det ligeledes i hvilket regi målingerne udføres.

#### Anvendte data

Kun dele af disse måledata er imidlertid anvendt i TOV analyserne som præsenteres i det følgende. Analyserne kræver en meget detaljeret databehandling som ligger betydeligt ud over det som kræves i forbindelse med traditionel monitoring. Af resource-mæssige årsager har det derfor kun været muligt at gennemføre analyser for Jagtvej i København og Albanigade i Odense. Til analyserne har luftkvalitetsmålinger fra de tilhørende tagstationer indgået. De to gader er generelt repræsentative for forholdene på danske bygader. Jagtvej som en gade med lille og Albanigade med stor tungtrafik andel.

Tabel 2.1 Luftkvalitetsmålinger, meteorologiske målinger samt trafiktællinger hvoraf en del er anvendt i forbindelse med Trafikovervågningsprojektet (TOV).

Lokalitet og program	type	Forbindelser	Trafik /meteor.	Suppl. Målinger
Jagtvej, København LMP/SMP	gade	NO, NO <sub>2</sub> , CO, SO <sub>2</sub> , sod, BTX og O <sub>3</sub>	Trafik	BTX
H.C.Ø. Institutet, København	bybaggrund	NO, NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> , SO <sub>2</sub> og CO,	Meteorologi	
H.C.Andersens Boulevard, HLU	gade	NO, NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> , CO, SO <sub>2</sub> og sod	Meteorologi	
Bredgade, København, HLU	gade	NO, NO <sub>2</sub> , CO og sod	Trafik	
Albanigade, Odense, LMP	gade	NO, NO <sub>2</sub> og SO <sub>2</sub> , BTX	Trafik	CO, BTX + Trafik
Rådhuset, Odense, LMP	bybaggrund	NO, NO <sub>2</sub> og O <sub>3</sub>	Meteorologi	NO og NO <sub>2</sub>

LMP: Det Landsdækkende Luftkvalitetsmåleprogram for luftkvalitet i danske byområder, drives af DMU for en række af landets kommuner.

SMP: Målinger under det Strategiske Miljøforskningsprogram (1992-96), som blev udført af DMU.

HLU: Hovedstadsregionens Luftovervågningsprogram, udføres af Miljøkontrollen i København

#### Målekoncept

DMU's Luftkvalitetsmålinger udføres efter et fast koncept med en station placeret ved fortovej i gaden og en station placeret på taget af en bygning. Dette målekoncept giver mulighed for at adskille forurening, som skyldes trafikken i selve gaden, fra det såkaldte bybaggrundsbidrag. Bybaggrundsbidraget er en følge af emissioner fra trafikken i de omkringliggende gader, bidrag fra industri, boligopvarmning etc. samt bidrag fra langtransporteret

forurening. Bybaggrundsstationen, som i tillæg til luftkvalitetsmålingerne også omfatter målinger af meteorologiske parametre, er placeret på taget af en bygning tæt ved gadestationen. En detaljeret beskrivelse af LMP-stationerne kan findes på DMU's hjemmeside: [www.dmu.dk/AtmosphericEnvironment](http://www.dmu.dk/AtmosphericEnvironment).

### *Standard monitoring*

Traditionelle målinger af kvælstofoxider ( $\text{NO}_x = \text{NO} + \text{NO}_2$ ),  $\text{O}_3$ , CO og  $\text{SO}_2$  er i LMP regi udført kontinuerligt som halvtimesmiddel på to lokaliteter i det centrale København (Kemp og Palmgren, 1999) - tagstation og en gadestation. Gadestationen blev etableret i 1987, og er placeret ca. tre m over fortovej på Jagtvej. Jagtvej er en relativt snæver gade med 5-etagers bygninger på begge sider af gaden og ca. 22.000 køretøjer/dag, af hvilke seks til otte procent er tunge diesel køretøjer. Tagstationen blev etableret i 1991 og står ca. 20 m over gadeniveau på taget af H.C. Ørsted Institutet, Københavns Universitet. Tagstationen blev valgt med henblik på at give information om koncentrationerne af luftforurening i bybaggrund i det centrale København. På tagstationen måles endvidere meteorologiske parametre fra en 10 m høj mast placeret på toppen af bygningen. Den samme type rutinemålinger blev gennemført i Albanigade i Odense. Albanigade har en til to etagers bygninger på begge sider af gaden og omkring 20.000 køretøjer/dag, hvoraf 10 til 12% er diesel køretøjer. Tagstationen er placeret på kommunens bygning tæt ved gaden.

### *Supplerende målinger*

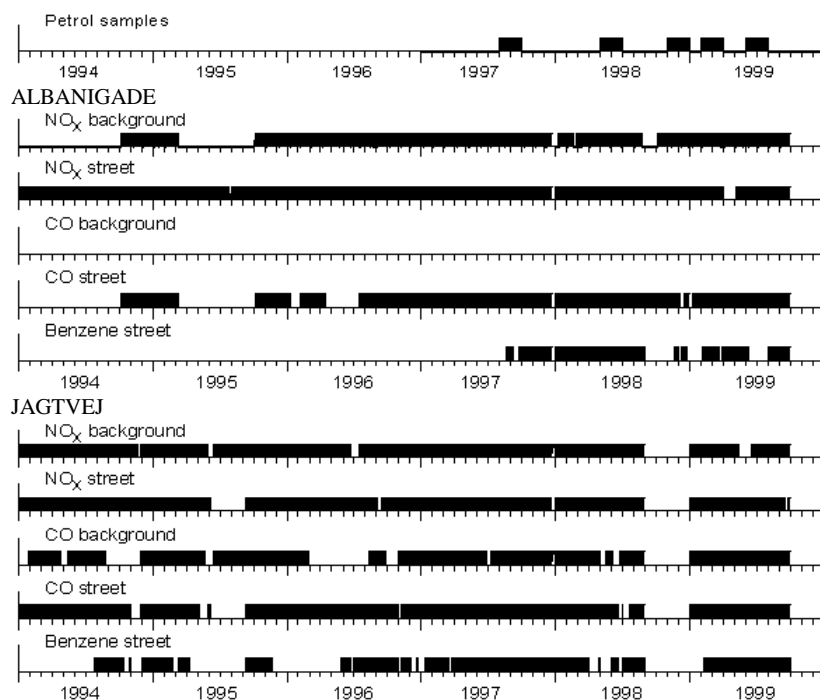
Kulbrintemålinger har indgået som et meget vigtigt element i TOV-projektet. Benzen, Toluen og Xylen (BTX) målinger blev, bortset fra nogle kortere perioder med tekniske problemer, foretaget løbende både på Jagtvej i København og på Albanigade i Odense. Førstnævnte kørte rutinemæssigt efter opgradering af monitoren software i maj 1996 og sidstnævnte blev etableret i august 1997. Oprindeligt var det planlagt kun at måle BTX de to steder i kampagner, men ved at kombinere aktiviteterne i TOV med et andet af DMU's projekter, blev det muligt at gennemføre kontinuerlige målinger, hvilket har været af stor værdi for projektet. BTX målingerne blev gennemført med en automatisk gaskromatograf (BTX-monitor, Chrompack). Monitoren analyserer 20 minutters opsamlinger hver halve time. Målinger blev alene foretaget i selve gaden og ikke i bybaggrund.

### *Benzen målingerne*

Timemiddelkoncentrationer af benzen på Jagtvej viste i 1994 værdier op til 20 ppb (Palmgren et al., 1995), hvilket er kritisk højt sammenlignet med WHO's anbefalinger. Middelkoncentrationen af benzen over de 4 måneder, for hvilke målingerne er til rådighed, var omkring 5 ppb. I 1996 blev dette reduceret til omkring 3 ppb. De aromatiske forbindelser viste år for år stærk korrelation med CO. Resultatet peger på at aromaterne er emitteret fra benzindrevne køretøjer, hvilket er forventet, idet bidraget til såvel CO som aromatiske kulbrinter fra dieseldrevne køretøjer generelt anses som værende lille. Emissionen af aromatiske kulbrinter fra dieselkøretøjer antages normalt at være i form af tunge kulbrinter og PAH'er.

## Oversigt over anvendte forureningsdata

En oversigt over tidspunktet for målingerne for luftforurening på gadestationerne og bybaggrundsstationer i henholdsvis København og Odense er vist i Figur 3.1. Figuren viser endvidere hvornår der er udført analyser af benzins kulbrinteindhold i forbindelse med det såkaldte Benzen-projekt (Palmgren et al., 2000).



Figur 3.1 I toppen af figuren er der vist tidspunkter for analyser af indholdet af BTX i benzin fra Statoil's raffinaderi, Shell's raffinaderi og benzinstationer i Roskilde. Derunder er der angivet perioder, hvor luftkvalitetsdata (CO, NO<sub>x</sub> og BTX) fra Odense (Albanigade og bybaggrund) og København (Jagtvej og bybaggrund).

## Trafiktællinger Jagtvej

Automatiske time for time tællinger fordelt på lette og tunge køretøjer blev i forbindelse med SMP gennemført af Vejdirektoratet i 1994/95 på Jagtvej. Supplerende manuelle trafiktællinger gav en yderligere fordeling i fire kategorier: personbiler, varebiler, lastvogne og busser. Personbilerne dominerer trafikken med en døgnfordeling som er klart forskellig fra de øvrige kategorier. Det lykkedes af tekniske årsager ikke at etablere trafiktællinger på Jagtvej i forbindelse med TOV-projektet. I det efterfølgende analyser er der derfor kun anvendt tællinger fra 1994/95.

## Trafiktællinger Albanigade

På Albanigade etablerede Vejdirektoratet trafiktællinger i 1995, som herefter er gennemført som 14 dages kampanjer år for år. Sammenlignet med Jagtvej har Albanigade en relativt større andel af diesel-køretøjer.

## 4 Normaliseringsprocedure

### *Tidligere anvendelse af normalisering*

Luftkvalitetsmodeller anvendes normalt til beregning af luftforureningskoncentrationer baseret på kendte sammenhænge mellem emissioner, meteorologi og luftforureningskoncentrationer. På den anden side kan anvendelse af en kombination af en luftkvalitetsmodel samt luftkvalitetsmålinger give mulighed for at bestemme emissionen på den givne lokalitet. Den normaliseringsprocedure, som er anvendt i de følgende analyser, er således baseret på DMU's gadeluftkvalitetsmodel OSPM (se Kapitel 2). Proceduren blev udviklet i forbindelse med en vurdering af effekten af fremtidige ændringer i emissioner fra vejtrafik på den lokale luftkvalitet (Hertel og Berkowicz, 1991). Ved at sammenholde målinger og beregninger for Miljøkontrollens målestation på Bredgade blev emissionsfaktorer for CO fra trafikken bestemt ved tilbage beregninger og efterfølgende sammenlignet med tilsvarende estimater baseret på kørecyklusundersøgelser. Siden er metoden blevet videreudviklet og bl.a. anvendt i forbindelse med bestemmelse af emissionsfaktorer for CO, NO<sub>x</sub> og benzen (Palmgren et al., 1995; 1998; 2000).

### *Beregningsmetode*

Betragtes spredningen af ikke reaktive eller langsomt reagerende forbindelser i en gade, kan man se bort fra betydning af kemisk omdannelse, og vi kan beskrive koncentrationsniveauet ved:

$$c = F(\text{met}) * Q + c_b \quad (4.1)$$

hvor  $c$  er koncentrationen af en given forurening i gaden,  $Q$  er samme forurenings emission fra trafikken i gaden,  $F(\text{met})$  er en funktion som beskriver spredningen i gaden (afhængig af de meteorologiske forhold), og  $c_b$  er bidraget til forurening fra andre kilder end trafikken i gaden. Spredningsfunktionen  $F(\text{met})$  er givet ved en spredningsmodel, i dette tilfælde OSPM. Den ovenstående ligning kan anvendes til at beregne emissioner fra trafikken time for time, givet at målte gade og bybaggrunds-koncentrationer er til rådighed for beregningen:

$$Q_t = \frac{c_t - c_{t,b}}{F_t(\text{met})} \quad (4.2)$$

hvor indeks  $t$  refererer til den aktuelle time på dagen.

### *Statistiske metoder*

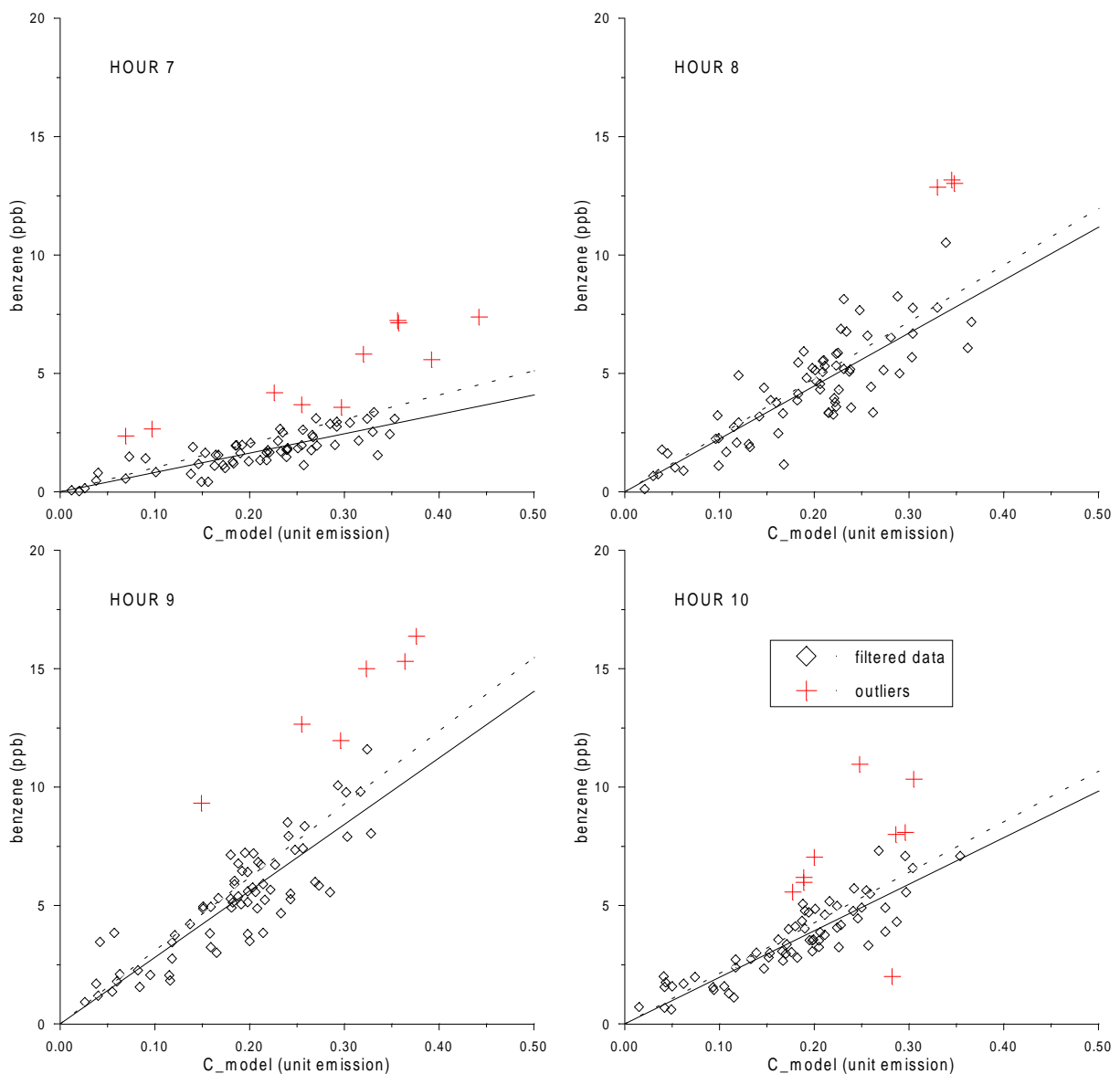
Ved hjælp af standard statistiske metoder (fx mindste kvadraters metode) kan emissionen fra trafikken bestemmes ved best fit (Palmgren et al., 2000). Modelleringsfejl såvel som målefejl kan føre til "Outliers" i relationen  $(c_t - c_{t,b})/F_t(\text{met})$ . I den foreliggende analyse er disse outliers blevet fjernet vha. en metode beskrevet i Rousseeuw og Leroy (1987). Den gennemsnitlige emission for en given time er herefter bestemt som hældningen af best fit linien til forholdet  $(c_t - c_{t,b})/F(\text{met})$ . Dette er illustreret i Figur 4.1, hvor



et scatterplot af målte benzen-koncentrationer er vist som funktion af  $F_i(\text{met})$  for timerne 7 til 10. Funktionen  $F(\text{met})$  står her for koncentrationen beregnet med OSPM, men for en valgt enheds-emission. Antallet af outliers er normalt ikke større end et par procent og har kun lille indflydelse på de estimerede emissioner.

### Fejl ved metoden

Fejlen ved beregningen er givet ved standardfejlen ved bestemmelsen af parametrene for best fit linien. Præcisionen stiger med stigende antal observationer. Anvendes kun arbejdsdage i analysen, består et års resultater af ca. 250 datapunkter for hver time på dagen.



Figur 4.1. Illustration af proceduren for bestemmelse af emissioner fra trafikken ved anvendelse af regressionsanalyse. I dette tilfælde for benzenmålinger for timerne 7 til 10 (sluttidspunkter) i 1996. Regressionslinierne bestemt ved anvendelse af alle data er vist som stiplede linier og for de filtrerede data som fuldt optrukne linier.

### *Fordeling på køretøjskategorier*

Givet at detaljerede trafiktællinger fordelt på forskellige køretøjskategorier er til rådighed, kan man yderligere bestemme emissionsfaktorer for disse kategorier. Den totale emission kan i dette tilfælde udtrykkes som,

$$Q_t = \sum_k N_{k,t} \cdot q_{k,t} \quad (4.3)$$

hvor  $N_{k,t}$  og  $q_{k,t}$  er hhv. antal køretøjer og emissionsfaktor for køretøjskategori  $k$ . En ligning som den udtrykt i (4.3) kan opstilles for hver enkelt observation, men pga. de usikkerheder der ligger i emissionsbestemmelsen, trafikdata etc., er det mere effektivt at anvende middel time værdier (en middelværdi for en given periode fordelt efter time på dagen), hvilket resulterer i 24 ligninger med  $k$  ubekendte. Ved hjælp af standard statistiske metoder (fx multipel lineær regressionsanalyse) kan emissionsfaktorerne herefter bestemmes ved bedste fit.

### *Forudsætninger*

En betingelse for at metoden kan anvendes med succes er imidlertid, at variationen i de forskellige køretøjskategorier, fx den lette og tunge trafik er forskellig. I det tilfælde at variationen er lille, bliver bestemmelsen af fordelingen i emissionen mellem de enkelte kategorier meget usikker, og det er kun muligt at bestemme middelemmissionen for den samlede trafik i gaden.

### *Bybaggrundsmode*

I tillæg til beregningerne med OSPM er der gennemført analyser af koncentrationer i bybaggrund ved hjælp af en model, som ligeledes er udviklet på DMU. Modellen, som er døbt UBM "Urban Background Model" (Berkowicz, 2000), er udviklet til anvendelse i DMU's luftforureningsprognosesystem THOR. UBM er en simpel spredningsmodel som anvender en trafikemissionsopgørelse på 2 km x 2 km for København udviklet af Vejdirektoratet (Bendtsen og Reif, 1996) i forbindelse med Det Strategiske Miljøforskningsprogram. UBM kan beregne koncentrationer af bl.a.  $\text{NO}_x$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{O}_3$ .

## 5 Resultater

### *År til år trend*

Bestemmelsen af døgnprofilet i emissionerne fra trafikken over en årrække, giver mulighed for at studere år til år udviklingen i trafikens bidrag til forureningen. Luftforureningskoncentrationer afhænger af såvel emissioner som meteorologi (se Kapitel 2), hvorimod emissionerne er uafhængige af år til år variationerne i de meteorologiske forhold. Trend-analyser af de årlige døgnmidlemissioner af  $\text{NO}_x$  og CO er gennemført for årene 1993(4) til 1999 og for benzen emissioner for 1994 til 1999. Resultaterne er vist i Figur 5.1 sammen med målte årlige middelkoncentrationer (fratrullet baggrundsbidrag). Kun arbejdsdage er medtaget i analysen.

### *Resultater*

De beregnede emissioner og målte koncentrationer viser samme langtidstrend, men år til år variationerne er forskellige. Dette illustrerer betydningen af de meteorologiske forhold for luftkvaliteten. Det skal bemærkes, at der ikke er måledata til rådighed for komplette kalenderår (se Figur 3.2), hvilket betyder, at ikke alle værdier er "ægte" årsmiddelværdier.

### *CO og $\text{NO}_x$ på Jagtvej*

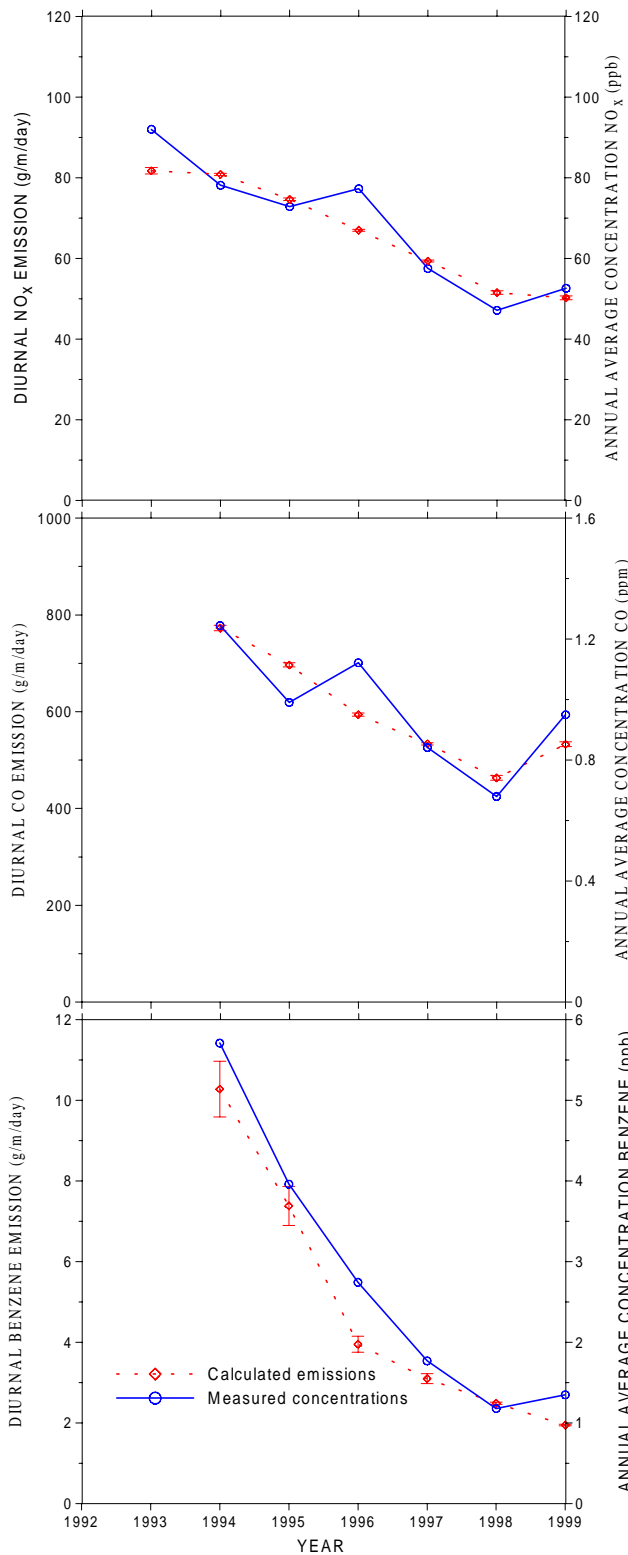
Emissionerne af  $\text{NO}_x$  og CO udviser kraftige fald, hvilket hovedsagelig er et resultat af den stigende andel af biler med katalysatorer (ca. 60% i 1998).

### *Benzen på Jagtvej*

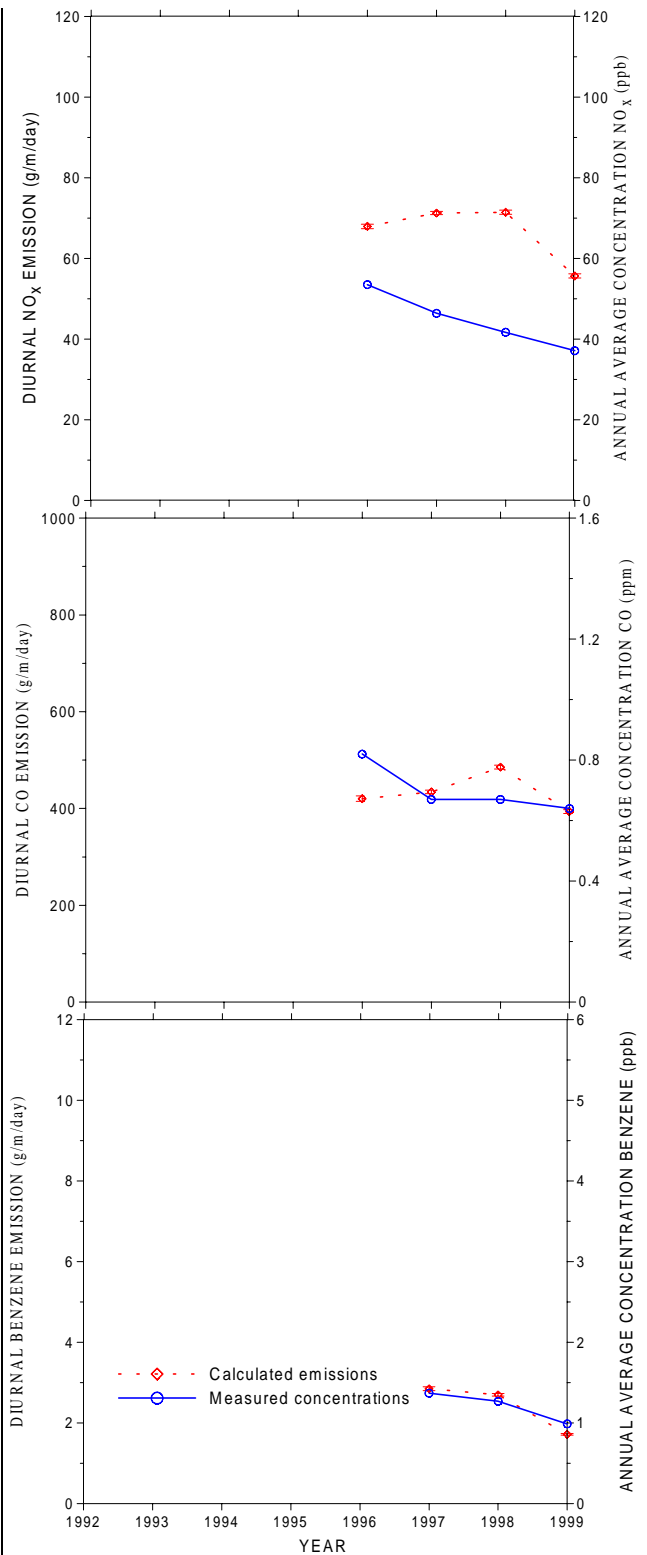
Benzen-koncentrationer og emissioner faldt i løbet af perioden med en faktor 5 på Jagtvej. Det kraftigste fald blev observeret i perioden 1995-97. I årene 1997 til 1999 blev der fortsat observeret et svagt fald i emissionen, men koncentrationen viste ikke noget tilsvarende fald sandsynligvis pga. dårlige spredningsforhold.

### *Trends for Albanigade i Odense*

Udviklingen i koncentrationer og emissioner 1996 til 1999 for målestationen på Albanigade i Odense (Figur 5.2) blev analyseret på tilsvarende måde som resultaterne fra Jagtvej (Figur 5.1). Analysen er dog ikke komplet for perioden, idet BTX data kun var til rådighed for perioden 1997 til 1999.



Figur 5.1 Udviklingen i årsmiddel NO<sub>x</sub>, CO og benzen koncentrationer og beregnede trafik-emissioner i København (Jagtvej).



Figur 5.2 Udviklingen i årsmiddel NO<sub>x</sub>, CO og benzen koncentrationer og beregnede trafik-emissioner i Odense (Albanigade).

### CO og NO<sub>x</sub> på Albanigade

Emissionen af NO<sub>x</sub> viste svagt negativt trend i perioden 1997 til 1999. CO emissionen var næsten konstant i den samme periode. Generelt er perioden dog meget kort, og der kan derfor ikke drages de store konklusioner vedrørende udviklingen.

### Benzen på Albanigade

Emission og koncentration af benzen faldt svagt i perioden 1997 til 1999, men det skal bemærkes, at data ikke var til rådighed for komplette kalenderår.

### Procentvis udvikling Jagtvej

Tabel 5.1 viser den relative udviklingen i koncentrationer og emissioner af NO<sub>x</sub>, benzen og CO på Jagtvej i perioden 1993 til 1997. Igen ses det hvordan koncentrationerne varierer med de meteorologiske forhold, mens emissionerne viser et fald mellem alle årene. Over hele perioden 1993 til 1999 faldt NO<sub>x</sub> koncentrationerne på Jagtvej med over 50%, mens faldet i emissionen var på 38%. For benzen var faldet i koncentrationerne og emissioner henholdsvis 24 og 31%. Størst var faldet i CO, hvor koncentrationen faldt 89% og emissionen 86%.

Tabel 5.1 Udviklingen i koncentrationer og emissioner for NO<sub>x</sub>, benzen og CO på Jagtvej i perioden 1993 til 1999. Alle tal er relative til året 1994.

	NO <sub>x</sub>		Benzen		CO	
	Konc.	Emis.	Konc.	Emis.	Konc.	Emis.
1993	118	101				
1994	100	100	100	100	100	100
1995	93	92	80	90	69	72
1996	99	83	90	77	48	38
1997	71	73	68	69	31	30
1998	60	64	55	60	21	24
1999	67	62	76	69	24	19

### Procentvis udvikling Albanigade

På Albanigade faldt NO<sub>x</sub> koncentrationerne med 35% og emissionerne med 17% i perioden 1996 til 1999. Faldet i NO<sub>x</sub> emissionerne på Albanigade er mindre end det fald, som observeres for Jagtvej i samme periode. Det kan skyldes den større andel af tunge køretøjer på Albanigade. For benzen var faldet i koncentrationer og emissioner henholdsvis 38 og 40% i perioden 1997 til 1999, hvorimod CO ikke viser nogen udvikling.

Tabel 5.2 Udviklingen i koncentrationer og emissioner for NO<sub>x</sub>, benzen og CO på Albanigade i perioden 1996 til 1999. Alle tal er relative til året 1997.

	NO <sub>x</sub>		Benzen		CO	
	Konc.	Emis.	Konc.	Emis.	Konc.	Emis.
1996	115	95			128	97
1997	100	100	100	100	100	100
1998	90	100	93	95	121	112
1999	80	78	72	60	128	91

### Sammenligning med benzen i benzin

I størstedelen af benzinen solgt øst for Storebælt (fra Statoil) blev benzenindholdet reduceret fra ca. 3,5% i 1994 til ca. 2% i slutningen af 1995 (Palmgren et al., 2000). I juli 1998 blev indholdet reduceret til ca. 1%. I størstedelen af benzinen solgt vest for Storebælt (fra Shell) var benzenindholdet ca. 3,5% indtil juli 1998, og blev derefter reduceret til ca. 1%. Indeholdet af andre aromater i

benzin var praktisk talt uændret. Reduktionen af benzenkoncentrationerne i luft er hovedsagelig et resultat af det reducerede indhold i benzinen (Palmgren et al., 2000). Andelen af biler med katalysatorer var i 1999 60 til 70% afhængig af lokaliteten.

### Køretøjskategorier

Emissionerne fra de forskellige køretøjskategorier er i det følgende bestemt vha. udtrykket i formel (4.3). For at forbedre resultaterne er lastbiler og busser behandlet som en gruppe i forbindelse med NO<sub>x</sub> emissionerne, og alle diesel køretøjer er behandlet samlet i bestemmelsen af CO og benzen emissioner.

### Analyser i 1994/95

Idet trafiktællinger kun var til rådighed for 1994/95, og trafikken kan have ændret sig siden, er emissionerne for 1994 anvendt som basisprofil. Emissionerne for de øvrige år er opdelt i en komponent proportional med 1994 og et residual. Mindste kvadraters metode er anvendt uafhængig for de to komponenter for hvert år undtagen 1994. Løsningerne for residualerne blev fratrukket løsningerne for den proportionale del af profilerne.

Tabel 5.3 Emissionsfaktorer (g/km) for de forskellige køretøjskategorier. For benzen og CO er varebiler, busser og lastvogne er samlet i kategorien "andre køretøjer".

År	NO <sub>x</sub>			Benzene		CO	
	Personbiler	Varebiler	Lastbiler & busser	Personbiler	Andre køretøjer	Personbil	Andre Køretøjer
1993	1.6±0.2	5.4±4.5	20.7±5.4	-	-	-	-
1994	1.8±0.1	3.9±2.5	18.0±3.0	0.38 ± 0.04	0.10 ± 0.21	25.2 ± 1.1	11.2 ± 6
1995	1.5±0.2	3.8±3.3	18.0±4.0	0.27 ± 0.03	0.09 ± 0.15	22.9± 1.0	12.7 ± 6
1996	1.2±0.1	3.9±2.6	18.6±3.2	0.15 ± 0.01	0.04 ± 0.07	19.4 ± 0.8	10.8± 5
1997	0.9±0.1	6.3±2.5	12.5±3.0	0.11 ± 0.01	0.05 ± 0.05	17.3 ± 0.7	9.6± 4

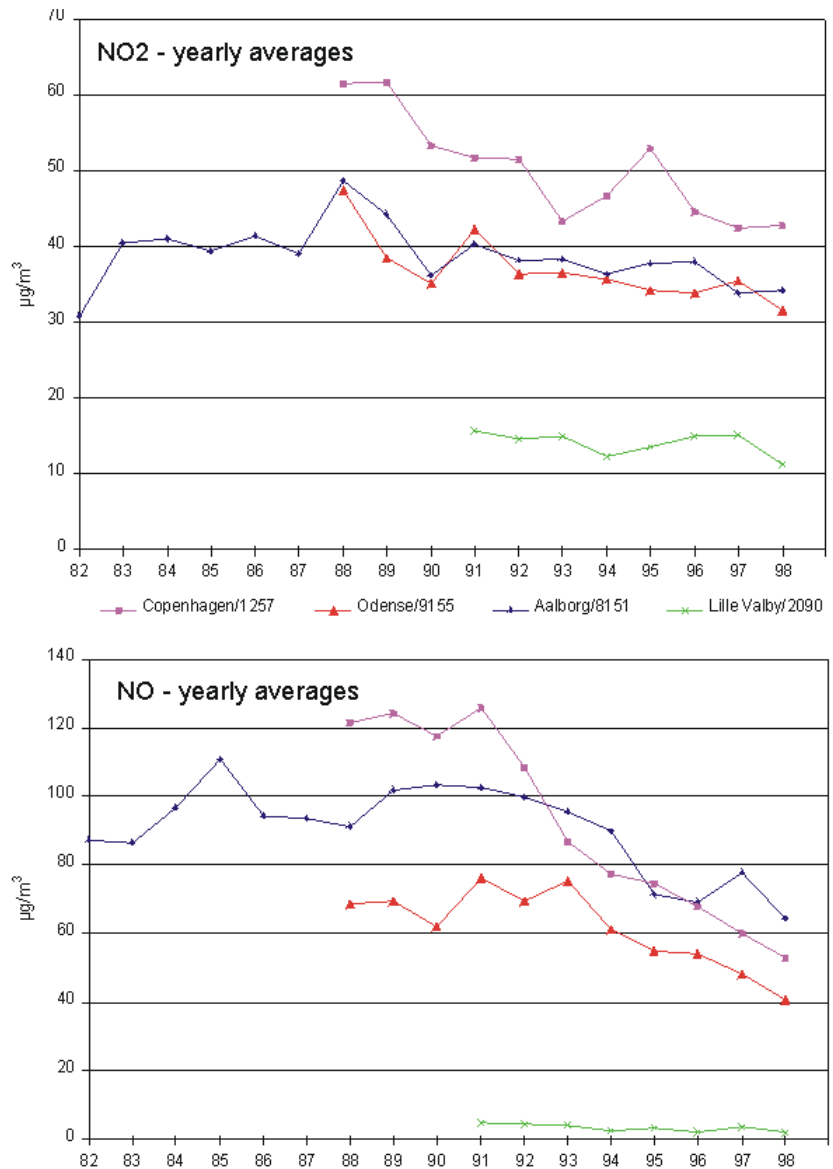
### Emissionsfaktorer

Sammenligninger mellem de estimerede emissionsfaktorer i Tabel 5.3 og værdier fra litteraturen (fx <http://www.london-research.gov.uk/emission/main.htm>) viser god overensstemmelse for NO<sub>x</sub>. Imidlertid er CO og især benzen emissionerne større end givet i ovenstående reference. For CO emissionsfaktorerne kan dette skyldes forskelle i køremønstre, som er kendt for at have betydelig indflydelse på CO emissionerne. De betydeligt højere benzen emissioner skyldes primært større benzen-indhold i dansk benzin og til dels forskelle i køremønstre. Emissionsfaktorerne for benzen fra personbiler er reduceret til ca. 1/3 eller svarende til ca. 70% reduktion fra 1994 til 1997. Dette er mere end svarende til reduktionen af benzen i benzin fra ca. 3,5% til ca. 2% i samme periode (Palmgren et al., 2000). Den ekstra reduktion kan forklares ved den stigende andel af personbiler udstyret med katalysatorer. Det skal bemærkes at emissionsfaktorerne beregnet for varebiler er stærkt usikre. Andelen af varebiler er relativt lille og varebiler kan let blive registreret som personbiler i forbindelse med trafiktællinger.

### Udviklingen i NO<sub>2</sub> koncentrationer

Faldet i NO<sub>x</sub> emissioner giver sig direkte udslag i et fald i NO koncentrationer. Derimod er faldet i NO<sub>2</sub> ikke særligt udtalt, og det skyldes at NO<sub>x</sub> udslippet generelt ikke er begrænsende for koncentrationerne i gaden. I NO<sub>x</sub> udslippet fra trafikken udgør NO typisk 90 til 95% og kun 5 til 10% er emitteret som NO<sub>2</sub>.

Imidlertid omdannes NO meget hurtigt til NO<sub>2</sub> ved reaktion med O<sub>3</sub>. I denne reaktion opbruges typisk alt ozon i gaden, og ozon er derfor normalt den begrænsende faktor for NO<sub>2</sub> koncentrationen i gaden. Høje ozon koncentrationer optræder typisk i foråret og om sommeren. De højeste koncentrationer forekommer, når ozon transporteres til Danmark fra Central og Østeuropa, hvor det er dannet ved reaktioner mellem kulbrinter og kvælstofoxider. En begrænsning af ozon-koncentrationerne kræver derfor en begrænsning af udslippene på Europæisk skala.

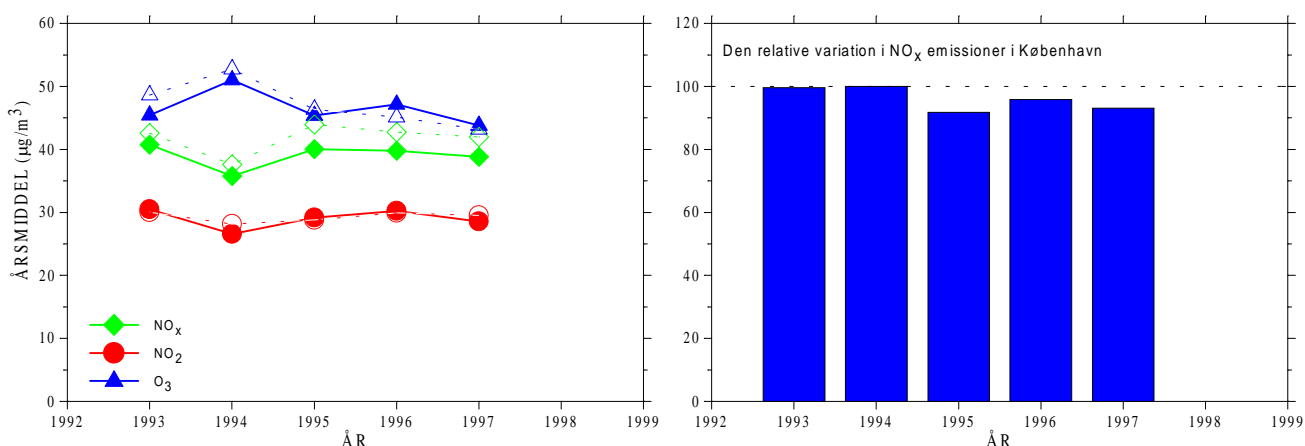


Figur 5.3 Udviklingen i årsmiddelkoncentrationerne af NO og NO<sub>2</sub> på LMP målestationerne i perioden 1982 til 1998.

### Udvikling i bybaggrund

Tilsvarende analysen for gadeforurening er der foretaget en analyse af den generelle luftforurening i København (bybaggrundsforurening). I Figur 5.4a er vist målinger af NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub> og ozon fra bybaggrundsstationen i København for perioden 1992 til 1997. De observerede variationer fra år til år er små og der er ikke nogen tydelig tendens. Koncentrationerne af ozon ændrer

sig modsat  $\text{NO}_x$ , hvad der skyldes, at under danske klimaforhold, fører den lokale forurening til en reduktion og ikke en forøgelse af ozonforureningen. Modelberegningerne med UBM modellen (vist med en stiplede linie) for perioden 1993-1994 er foretaget med en trafikemissionsopgørelse udarbejdet af Vejdirektoratet i forbindelse med det Strategiske Miljøforskningsprogram 1992-1995. Beregningerne er udført med en uændret emission for samtlige år, og variationen i de beregnede koncentrationer er derfor et resultat af variationen i de meteorologiske forhold fra år til år. Ved at sammenholde de beregnede og de målte koncentrationer af  $\text{NO}_x$ , kan man bestemme den relative variation i de gennemsnitlige emissionerne i København. Resultaterne er vist i Figur 5.4b, hvor emissionen i 1994 er sat til 100%. Den gennemsnitlige reduktion af  $\text{NO}_x$  emissionerne er ret beskedent - mindre end 8%. Årsagen til at reduktionen i bybaggrund er væsentligt mindre end reduktionen for emissionerne i gaden er, at mens trafikken i de mest trafikerede gader generelt er faldet, så er det totale trafikarbejde i København formentlig steget. Desuden stammer et væsentlig bidrag til  $\text{NO}_x$  forureningen fra den tunge dieseltrafik. I modsætning til personbiltrafikken, er der endnu ikke indført en effektiv emissionsbegrænsende teknologi for dieselkøretøjer. Det skal igen bemærkes, at andelen af tung trafik på Jagtvej er lille.



Figur 5.4 Udviklingen i bybaggrundsforurening af  $\text{NO}_x$ ,  $\text{NO}_2$  og  $\text{O}_3$  over perioden 1992 - 1997. a) viser udviklingen i målte (—) og (---) UBM beregnede koncentrationer. b) den relative udvikling i emissionerne.



## 6 Konklusion

### *Normaliseringsprocedure*

Der er gennemført en analyse af udviklingen i luftforurening fra trafikken i Danmark over perioden 1994 til 1999. Analysen gør brug af en normaliseringsprocedure til filtrering af indflydelsen fra variationer i de meteorologiske forhold. Normaliseringsmetoden baseret på luftkvalitetsmålinger fra overvågningsprogrammerne samt beregninger med OSPM giver informationer om emissionerne fra den vognpark under indflydelse af de aktuelle kørselsmønstre. Metoden åbner muligheder for at følge udviklingen i bidraget fra trafikken til lokal luftkvalitet.

### *Tendenser i luftkvalitetsniveauer*

Luftkvalitetsmålinger af kulilte, kvælstofoxider og benzen viser, at luftforureningen fra trafikken i gader i København har været klart faldende fra 1994 og til i dag. Da luftkvaliteten er et resultat af emission og spredning (meteorologi) har vi ved hjælp af luftkvalitetsmodeller fjernet indflydelsen fra andre kilder end vejtrafikken samt de varierende meteorologiske forhold fra år til år. Herved kan trafikens bidrag bestemmes som gennemsnitlig emission eller luftkvalitet ved uændrede vejrforhold fra år til år. Analysen for Jagtvej ville kunne styrkes væsentligt såfremt automatiske tællinger af trafikken blev etableret, men desværre lykkedes det ikke inden for TOV-projektet.

### *Udviklingen i emissionen af NO<sub>x</sub>*

Beregningerne med normaliseringsproceduren viser, at emissionen af NO<sub>x</sub> er faldet med ca. en tredjedel på Jagtvej i perioden 1994 til 1999. Tilsvarende er faldet på Albanigade beregnet til 17% i perioden 1997 til 1999, men her er der kun tale om et fald mellem 1998 og 1999. Analyserne fordelt på køretøjskategori viser, at det relative fald er nogen lunde lige stort for personbiler og tunge køretøjer (lastvogne og busser). For varebiler viser analysen ikke noget klart billede.

### *Udviklingen i emissionen af CO*

For CO er resultaterne tilsvarende som for NO<sub>x</sub>. Faldet er lidt over 30% for Jagtvej, hvorimod der ikke er nogen klar tendens i tallene for Albanigade. Da CO emitteres fra personbiler er det i denne kategori at faldet på Jagtvej kan observeres.

### *Udviklingen i emissionen af benzen*

Emissionen af benzen er faldet med en 40% på Jagtvej i perioden 1994 til 1999. For Albanigade observeres ligeledes et fald, men her starter måleserien først efter det store fald i indholdet af benzen i benzinen.

### *NO<sub>2</sub> koncentrationer*

Begrænsningen af NO<sub>x</sub> udslippene i danske bygader har kun ført til et begrænset fald i NO<sub>2</sub>. Det skyldes at ozon er den begrænsende faktor NO<sub>2</sub> koncentrationen. Ozon dannes ved reaktioner mellem kulbrinter og kvælstofoxider og transporteres over store afstande. En begrænsning af O<sub>3</sub> kræver derfor reduktioner af udslippene på europæisk skala.

## 7 Perspektiv

### *Kvælstofoxider*

Indførelsen af katalysatorer på personbiler har medført et betragteligt fald i NO<sub>x</sub> udslippet. I takt med at bilparken udskiftes vil diesel-køretøjer derfor bidrage med en stigende andel af emissionen. En yderligere reduktion vil derfor forudsætte tiltag over for udslippene fra dieseltrafikken.

### *Fine og ultra-fine partikler*

Betydningen af de ultra-fine partikler (< 100 nm)) udgør det væsentligste uafklarede spørgsmål i relation til trafik og sundhed. PM10 og PM2.5 er på vej til at blive rutinemæssige mål for partikler, men vil ikke kunne afklare hvilke sundhedsmæssig rolle de ultra-fine partikler spiller. Dertil kræves målemetoder til tælling af partikel størrelsesfordelinger; fx DMA udstyr (Wählin og Palmgren, 1999). I en fortsættelse af TOV vil det være naturligt at etablere partikeltællinger i tilknytning til udvalgte målestationer inden for LMP og HLU. Sådanne tællinger skal i givet fald gennemføres på samme måde som for de øvrige målinger i LMP. Dvs. med en station i gaden og en tagstation.

## Referencer

Bendtsen, H., og Reif, L., 1996. Byområders trafikskabte luftforurening - En overslagsmetode til emissionskortlægning. Rapport nr. 43, Vejdirektoratet, København, Danmark, 127 s.

Berkowicz, R., Palmgren, F., Hertel, O., and Vignati, E., 1996. Using measurements of air pollution in streets for evaluation of urban air quality - meteorological analysis and model calculations. *Sci. Total Environ.*, **189/190**: 259-265.

Berkowicz, R., Hertel, O., Sørensen, N.N., and Michelsen, J.A., 1997. Modelling Air Pollution from Traffic in Urban Areas. In proceedings from IMA meeting on "Flow and Dispersion Through Obstacles", Cambridge, England, 28 to 30 Mar., 1994 (Eds. R.J. Perkins and S.E. Belcher). s. 121-142.

Berkowicz, R., 2000. A simple model for urban background pollution. Article submitted to *Environmental Monitoring and Assessment*.

Brundtland Kommissionen 1987. Vores fælles fremtid. FN-forbundet og Mellemlfolkeligt Samvirke, København., 360 s.

Hertel, O., Berkowicz, R. 1989a. Modelling pollution from traffic in a street canyon. Evaluation of data and model development. DMU Luft A-129. 77 s.

Hertel, O., Berkowicz, R. 1989b. Modelling NO<sub>2</sub> concentrations in a street canyon. DMU Luft A-131. 31 s.

Hertel, O., Berkowicz, R. 1989c. Operational Street Pollution Model (OSPM). Evaluation of the model on data from St. Olavs street in Oslo. DMU Luft A-135. 34 s.

Hertel, O. Berkowicz, R. 1991. Beregninger med OSPM-modellen af NO<sub>x</sub>- og CO-luftforurening i Bredgade, København. DMU Faglig rapport, nr. 15. 28 s.

Hertel, O., Berkowicz, R., Palmgren, F., Genikhovich, E., Ziv, A., Iakovleva, E. 1998. Determination of Traffic Emissions from Pollution Measurements and Dispersion Modelling. A contribution to sub-project SATURN. Poster in proceedings of the EUROTRAC-2 Symposium on "Transport and transformation of pollutants in the troposphere", Garmisch-Partenkirchen, Germany, Mar. 23-27, 1998.

HLU, 1999. Luftkvalitet i Hovedstadsregionen 1998. 108 s. Miljøkontrollen, København, 1999.

Kemp, K., Palmgren, F., 1999. The Danish Air Quality Monitoring Programme. Annual Report for 1998. National Environ-

mental Research Institute, Roskilde Denmark. 66 s. NERI Technical Report No. 296.

Lohse, C., and Berthelsen, M., 1996: Centre for Air Pollution Processes and Models. 151 s., The Danish Environmental Research Programme 1992-1996. Final report 31<sup>st</sup> of December 1996.

Palmgren, F., Hansen, A.B., Berkowicz, R., Egeløv, A. 1995. Volatile Organic Pollutants from the Road Traffic. Trafikdage på AUC Aalborg, August 21-22 1995. Printed in proceedings.

Palmgren, F., Berkowicz, R., Hertel, O., Vignati, E. 1996. Effects of reduction in NO<sub>x</sub> on the NO<sub>2</sub> levels in urban streets. Paper at the Fifth International Symposium on "Highway and urban Pollution", WHO/EURO Copenhagen, 22 to 24 May 1995. Science of Total Environment, **189/190**: 409-415.

Palmgren, F., Berkowicz, R., Jensen, S. S., Kemp, K. 1997. Luftkvalitet i danske byer. DMU Temarapport nr. 16/1997. 63 s. DMU, Roskilde.

Palmgren, F., Berkowicz, R., Ziv, A., Hertel, O. (1998). Emission Estimates from the Actual Car Fleet by Air Quality Measurements in Streets and Street Pollution Models. Presented at the 6<sup>th</sup> International Conference on Highway and Urban Pollution, 18-21 May 1998, Baveno Italy. Science of the Total Environment, **235**: 101-109.

Palmgren, F., Berkowicz, R., Skov, H., Hansen, A.B., 2000. Benzen from Traffic - Fuel content and ambient air concentrations. NERI Technical Report No. 309, 44 s. NERI, Roskilde.

Rousseuw, P., and Leroy, A. 1987. Software PROGRESS. In "Robust Regression and Outlier Detection". Wiley, New York.

Trafikministeriet, 1990. Regeringens Transporthandlingsplan for Miljø og Udvikling, 1990.

Wählin, P., Palmgren, F., and van Dingenen, R., 1999: Experimental studies of Ultrafine Particles in Streets and the Relationship to Traffic. Poster in the proceedings of the International Conference: Air Quality in Europe: challenges for the 2000s, 19-21 May 1999, Venice, Italy.

# Danmarks Miljøundersøgelser

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

Henvendelser kan rettes til:

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

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

*Direktion og Sekretariat*  
*Forsknings- og Udviklingssektion*  
*Afd. for Atmosfærisk Miljø*  
*Afd. for Havmiljø*  
*Afd. Mikrobiel Økologi og Bioteknologi*  
*Afd. for Miljøkemi*  
*Afd. for Systemanalyse*

Danmarks Miljøundersøgelser  
Vejlsovej 25  
Postboks 314  
8600 Silkeborg  
Tlf.: 89 20 14 00  
Fax: 89 20 14 14

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

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

*Afd. for Landskabsøkologi*  
*Afd. for Kystzoneøkologi*

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

*Afd. for Arktisk Miljø*

## Publikationer:

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

## Faglige rapporter fra DMU/NERI Technical Reports

- Nr. 292: Vandløb og kilder 1998. NOVA 2003. Af Bøgestrand, J. (red.) 130 s., 150,00 kr.
- Nr. 293: Landovervågningsoplande 1998. NOVA 2003. Af Grant, R. et al. 152 s., 150,00 kr.
- Nr. 294: Bilparkmodel. Beregning af udvikling og emissioner. ALTRANS. Af Kveiborg, O. 84 s., 75,00 kr.
- Nr. 295: Kvalitetsparametre for haglammunition. En undersøgelse af spredning og indtrængningsevne som funktion af haglenes størrelse og form. Af Hartmann, P., Kanstrup, N., Asferg, T. & Fredshavn, J. 34 s., 40,00 kr.
- Nr. 296: The Danish Air Quality Monitoring Programme. Annual Report for 1998. By Kemp, K. & Palmgren, F. 64 pp., 80,00 DKK.
- Nr. 297: Preservatives in Skin Creams. Analytical Chemical Control of Chemical Substances and Chemical Preparations. By Rastogi, S.C., Jensen, G.H., Petersen, M.R. & Worsøe, I.M. 70 pp., 50,00 DKK.
- Nr. 298: Methyl t-Butylether (MTBE) i drikkevand. Metodeafprøvning. Af Nyeland, B., Kvamm, B.L. 51 s., 50,00 kr.
- Nr. 299: Blykontaminering af grønlandske fugle - en undersøgelse af polarlomvie til belysning af human eksponering med bly som følge af anvendelse af blyhagl. Af Johansen, P., Asmund, G. & Riget, F.F. 27 s., 60,00 kr.
- Nr. 300: Kragefugle i et dansk kulturlandskab. Feltundersøgelser 1997-99. Af Hammershøj, M., Prang, A. & Asferg, T. 31 s., 40,00 kr.
- Nr. 301: Emissionsfaktorer for tungmetaller 1990-1996. Af Illerup, J.B., Geertinger, A., Hoffmann, L. & Christiansen, K. 66 s., 75,00 kr.
- Nr. 302: Pesticider 1 i overfladevand. Metodeafprøvning. Af Nyeland, B. & Kvamm, B.L. 322 s., 150,00 kr.
- Nr. 303: Ecological Risk Assessment of Genetically Modified Higher Plants (GMHP). Identification of Data Needs. By Kjær, C., Damgaard, C., Kjellsson, G., Strandberg, B. & Strandberg, M. 32 pp., 50,00 DKK.
- Nr. 304: Overvågning af fugle, sæler og planter 1998-99, med resultater fra feltstationerne. Af Laursen, K. (red.). 81 s., 70,00 kr.
- Nr. 305: Interkalibrering omkring bestemmelse af imposex- og intersexstadier i marine snegle. Resultat af workshop afholdt den 30.-31. marts 1999 af Det Marine Fagdatacenter. Af Strand, J. & Dahl, K. 16 s., 25,00 kr.
- Nr. 306: Mercury in Soap in Tanzania. By Glahder, C.M., Appel, P.W.U. & Asmund, G. 19 pp., 60,00 DKK.
- Nr. 307: Cadmium Toxicity to Ringed Seals (*Phoca hispida*). An Epidemiological Study of possible Cadmium Induced Nephropathy and Osteodystrophy in Ringed Seals from Qaanaaq in Northwest Greenland. By Sonne-Hansen, C., Dietz, R., Leifsson, P.S., Hyldstrup, L. & Riget, F.F. (in press)
- Nr. 308: Økonomiske og miljømæssige konsekvenser af merkedsordningerne i EU's landbrugsreform. Agenda 2000. Af Andersen, J.M., Bruun et al. 63 s., 75,00 kr.
- Nr. 309: Benzene from Traffic. Fuel Content and Air Concentrations. By Palmgren, F., Hansen, A.B., Berkowicz, R. & Skov, H. 42 pp., 60,00 DKK
- Nr. 310: Hovedtræk af Danmarks Miljøforskning 1999. Nøgleindtryk fra Danmarks Miljøundersøgelsers jubilæumskonference Dansk Miljøforskning. Af Secher, K. & Bjørnsen, P.K. (i trykken)
- Nr. 311: Miljø- og naturmæssige konsekvenser af en ændret svineproduktion. Af Andersen, J.M., Asman, W.A.H., Hald, A.B., Münier, B. & Bruun, H.G. (i trykken)
- Nr. 312: Effekt af døgnregulering af jagt på gæs. Af Madsen, J., Jørgensen, H.E. & Hansen, F. 64 s., 80,00 kr.
- Nr. 313: Tungmetaldnedfald i Danmark 1998. Af Hovmand, M. & Kemp, K. (i trykken)
- Nr. 314: Future Air Quality in Danish Cities. Impact Air Quality in Danish Cities. Impact Study of the New EU Vehicle Emission Standards. By Jensen, S.S. et al. (in press)
- Nr. 315: Ecological Effects of Allelopathic Plants – a Review. By Kruse, M., Strandberg, M. & Strandberg, B. 64 pp., 75,00 DKK