



# LUFTKVALITETSVURDERING AF MILJØZONER I DANMARK

## Midtvejsrapport

Faglig rapport fra DMU nr. 748 2010



DANMARKS MILJØUNDERSØGELSER  
AARHUS UNIVERSITET



[Tom side]

# LUFTKVALITETSVURDERING AF MILJØZONER I DANMARK

Midtvejsrapport

---

Faglig rapport fra DMU nr. 748 2010

Steen Solvang Jensen  
Matthias Ketzel  
Jacob Klenø Nøjgaard  
Peter Wählin



## Datablad

- Serietitel og nummer: Faglig rapport fra DMU nr. 748
- Titel: Luftkvalitetsvurdering af miljøzoner i Danmark  
Undertitel: Midtvejsrapport
- Forfattere: Steen Solvang Jensen  
Matthias Ketzelt  
Jacob Klennø Nøjgaard  
Peter Wählin
- Afdeling: Afdelingen for Atmosfærisk Miljø
- Udgiver: Danmarks Miljøundersøgelser©  
Aarhus Universitet  
URL: <http://www.dmu.dk>
- Udgivelsesår: Februar 2010  
Redaktion afsluttet: 29. januar 2010  
Faglig kommentering: Helge Rørdam Olesen, Thomas Ellermann, DMU
- Finansiel støtte: Miljøstyrelsen.
- Bedes citeret: Jensen, S.S., Ketzelt, M., Nøjgaard, J. K. & Wählin, P. 2009: Luftkvalitetsvurdering af miljøzoner i Danmark. Midtvejsrapport. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet 64 s. –Faglig rapport nr. 748. <http://www.dmu.dk/Pub/FR748.pdf>
- Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
- Sammenfatning: Rapporten er en midtvejsrapport, der præsenterer resultater og vurderinger fra midtvejsvurderingen af indførelse af miljøzoner i Danmark med fokus på at kvantificere effekterne for luftkvaliteten. Rapporten indeholder også målinger af luftkvalitet på Åboulevard i København før og efter indførelse af miljøzonekravene. Endvidere redegør rapporten for resultater fra en sammenligning af modelberegninger og målinger på Åboulevard i København, og den giver en effektvurdering af miljøzonen for luftforurening ud fra modelberegninger for 138 trafikerede gader i København. Endvidere belyses en række indikatorer for overholdelse af miljøzonekravene omfattende udstedte miljømærker, antal dispensationssager, antal partikelfiltertilskud samt antal bøder.
- Emneord: Miljøzone, luftkvalitet, partikler, NO<sub>2</sub>
- ISBN: 978-87-7073-136-2  
ISSN (elektronisk): 1600-0048
- Sideantal: 66
- Internetversion: Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf) på DMU's hjemmeside <http://www.dmu.dk/Pub/FR748.pdf>

# Indhold

## Forord 5

## Sammenfatning 7

## Summary in English 13

### 1 Miljøzoner og evalueringsprogram 16

- 1.1 Miljøzonenloven 16
- 1.2 Miljøzonerne i de 5 kommuner 18
- 1.3 Evalueringsprogram for miljøzonerne 22

### 2 Indikatorer for overholdelse af miljøzonekravene 25

- 2.1 Antal omfattede køretøjer 25
- 2.2 Udstedte miljømærker 28
- 2.3 Antal dispensationer 29
- 2.4 Tilsagn om tilskud til eftermontering af partikelfiltre 30
- 2.5 Antal overtrædelser 31

### 3 Før- og mellemmålinger af luftkvalitet på Åboulevard i København 32

- 3.1 Analyse af måleserier 33
- 3.2 Diskussion og konklusion 38

### 4 Sammenligning af modelberegninger og målinger på Åboulevard i København 40

- 4.1 Opsætning af modellen 40
- 4.2 Resultater 43
- 4.3 Konklusion 48

### 5 Effektvurdering af miljøzoner for luftkvaliteten for 138 gader i København 49

- 5.1 Effektvurderinger før de vedtagne miljøzoneregler 49
- 5.2 Effektvurdering af de vedtagne miljøzonekrav 49

## Referencer 63



## Forord

Denne rapport præsenterer resultater og vurderinger fra midtvejsevalueringen af indførelse af miljøzoner i Danmark med fokus på at kvantificere effekterne for luftkvaliteten.

Den 20. december 2006 vedtog Folketinget enstemmigt en lov om miljøzoner gældende for de 5 største bykommuner. Siden har Københavns Kommune og Frederiksberg Kommune indført miljøzoner fra den 1. september 2008 og Ålborg Kommune fra den 1. februar 2009. Endvidere har Odense og Århus kommuner besluttet at indføre miljøzoner fra henholdsvis 1. juli 2010 og 1. september 2010.

Formålet med etableringen af en miljøzone er at forbedre sundheden for borgerne i de største byer ved at reducere luftforureningen med partikler i områder, som har den største belastning fra trafikken, og hvor flest mennesker bliver udsat for luftforureningen, fordi der bor og færdes mange mennesker i området.

Miljøzonenloven muliggør, at de omfattede kommuner kan definere et afgrænset område, hvor der kræves partikelfilter på lastbiler og busser, som kører i miljøzonen. Kravene gælder for lastbiler og busser, der er så gamle, at de kun lever op til Euro II emissionsstandarden eller ældre standarder, og kravene skærpes yderligere per 1. juli 2010 til at omfatte Euro III emissionsstandarden.

Miljøstyrelsen har iværksat og finansierer et evalueringsprogram for miljøzonerne. Formålet er at vurdere effekten med fokus på reduktion i befolkningens eksponering for luftforurening – især partikler – og den deraf følgende reduktion i negative sundhedseffekter.

DMU står for at gennemføre evalueringen af miljøzonernes effekt på luftkvaliteten. Evalueringen omfatter målinger af luftkvaliteten omfattende før-, mellem- og slutmålinger. Førmålinger er gennemført før implementering af miljøzonekravene den 1. september 2008, og mellemmålinger i vinteren 2008/2009. Slutmålinger vil blive gennemført i efteråret 2010 efter implementering af anden fase af miljøzonekravene den 1. juli 2010. Målingerne gennemføres på Åboulevard i København som målekampagner af afgrænset varighed. Herudover indgår også måleresultater fra det landsdækkende luftkvalitetsmåleprogram under NOVANA, som er Det Nationale Overvågningsprogram for Vandmiljøet og Naturen. Endvidere trækkes der på resultater fra et særskilt måleprogram for partikler under partikelprojektet – et projekt, der finansieres af Miljøstyrelsen. Udover målinger indgår også modelberegninger, som kan bruges til at beregne effekten af miljøzonekravene, hvor der ikke er målinger, samt til at vurdere den fremtidige forventede effekt.

I denne midtvejsrapport er resultaterne af før- og mellemmålinger af luftkvalitet på Åboulevard i København af rapporteret. Endvidere er der resultater fra en sammenligning af modelberegninger og målinger på Åboulevard i København, og en effektvurdering af miljøzonen for luftforurening ud fra modelberegninger for 138 trafikerede gader i Køben-

havn. Endelig belyses en række indikatorer for overholdelse af miljøzonerkravene, omfattende udstedte miljømærker, antal dispensationssager, antal partikelfiltertilskud, samt antal bøder.

Projektet foregår i et samarbejde mellem Miljøstyrelsen, Danmarks Miljøundersøgelser og de involverede Kommuner.

Evalueringsprogrammet har en følgegruppe tilknyttet som består af følgende medlemmer:

Christian Lange Fogh, Miljøstyrelsen (formand)

Katja Asmussen, Miljøstyrelsen

Marianne Christensen, Miljøstyrelsen

Jesper Stubkjær, Miljøstyrelsen

Steen Solvang Jensen, DMU

Matthias Ketzler, DMU

Jacob Klenø Nøjgaard, DMU

Tanja Ballhorn Provstgaard, Københavns Kommune

Birthe Busch Thomsen, Københavns Kommune

Lianna Wolfsberg, Københavns Kommune

Niels Kaalund, Frederiksberg Kommune

Malene Kofod Nielsen, Aalborg Kommune

Annette Krøyer, Odense Kommune

Linda Poulsen, Odense Kommune

Pablo Celis, Århus Kommune.



# Sammenfatning

## Formål og baggrund

Denne rapport præsenterer resultater og vurderinger fra midtvejsevalueringen af indførelse af miljøzoner i Danmark med fokus på at kvantificere effekterne for luftkvaliteten.

Den 20. december 2006 vedtog Folketinget enstemmigt en lov om miljøzoner gældende for de 5 største bykommuner. Siden har Københavns Kommune og Frederiksberg Kommune indført miljøzoner fra den 1. september 2008 og Ålborg Kommune fra den 1. februar 2009. Endvidere har Odense og Århus kommuner besluttet at indføre miljøzoner fra henholdsvis 1. juli 2010 og 1. september 2010.

Formålet med etablering af en miljøzone er at forbedre sundheden for borgerne i de største byer ved at reducere luftforureningen med partikler i områder, som har den største belastning fra trafikken, og hvor flest mennesker bliver udsat for luftforureningen.

Miljøzonenloven muliggør at de omfattede kommuner kan definere et afgrænset område, hvor der kræves partikelfilter på lastbiler og busser, som kører i miljøzonen. Kravene gælder for lastbiler og busser, der er så gamle, at de pr. 1. september 2008 kun lever op til Euro II emissionsstandarden eller ældre standarder, og kravene skærpes yderligere pr. 1. juli 2010 til at omfatte Euro III emissionsstandarden.

Evalueringen omfatter målinger af luftkvaliteten omfattende før-, mellem- og slutmålinger. Førmålinger er gennemført i slutningen af 2004 før implementering af miljøzonekravene den 1. september 2008, og mellemmålinger i vinteren 2008/2009. Slutmålinger vil blive gennemført i efteråret 2010 efter implementering af anden fase af miljøzonekravene den 1. juli 2010. Målingerne gennemføres på Åboulevard i København som målekampagner af afgrænset varighed. Herudover indgår også måleresultater i byområder fra det landsdækkende luftkvalitetsmåleprogram under NOVANA, som er Det Nationale Overvågningsprogram for Vandmiljøet og Naturen (Kemp et al. 2010). Endvidere trækkes der på resultater fra et særskilt måleprogram for partikler under det såkaldte 'partikelprojekt' – et projekt, der finansieres af Miljøstyrelsen (Wählin, 2008a). Udover målinger indgår også modelberegninger, som kan bruges til at beregne effekten af miljøzonekravene, hvor der ikke er målinger, og til at vurdere den fremtidige forventede effekt.

I denne midtvejsrapport er resultaterne af før- og mellemmålinger af luftkvalitet på Åboulevard i København af rapporteret. Endvidere er der resultater fra en sammenligning af modelberegninger og målinger på Åboulevard i København, og en effektvurdering af miljøzonen for luftforurening ud fra modelberegninger for 138 trafikerede gader i København. Endvidere belyses en række indikatorer for overholdelse af miljøzonekravene, omfattende udstedte miljømærker, antal dispensationssager, antal partikelfiltertilskud, samt antal bøder.

### **Før- og mellemmålinger af luftkvalitet på Åboulevard i København**

Der er gennemført en analyse af forskellen mellem "førmålingerne" i måleperioden 18.10 - 17.12 2004 og "mellemmålinger" i perioden 11.11 2008 - 12.01 2009 for Åboulevard i København.  $\text{NO}_x$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2.5}$  og antal partikler samt størrelsesfordeling blev målt.  $\text{PM}_{10}$  og  $\text{PM}_{2.5}$  er målt med TEOM metoden, som måler med høj tidsopløsning. TEOM målinger kan ikke sammenlignes direkte med grænseværdier, da målemetoden bevirker at noget af partikelmassen fordampes. Åboulevard er valgt, da den har en relativt høj andel af tung trafik i forhold til de to gader i København, hvor der gennemføres kontinuerede målinger under overvågningsprogrammet (Jagtvej og H.C. Andersens Boulevard).

For alle koncentrationer af  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$  ( $\text{NO}_2$  og  $\text{NO}$ ),  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2.5}$  og antal partikler sker der en væsentlig reduktion fra 2004 til 2008. Reduktionen formodes primært at hænge sammen med den løbende udskiftning af bilparken med stadigt lavere emissionsnormer til følge. Reduktionen i antal partikler skyldes dog især, at indholdet af svovl i diesel og benzin blev nedsat markant ved årsskiftet mellem 2004 og 2005.

Analysen viste, at det er vanskeligt at isolere effekten af miljøzonekravene ud fra målingerne. Førmålingerne burde have været foretaget i månederne umiddelbart op til indførelsen af miljøzonen den 1. september 2008 i stedet for i slutningen af 2004. Førmålingerne blev imidlertid påbegyndt i slutningen af 2004 i forventning om at miljøzonen snarest blev vedtaget, hvilket ikke viste sig at holde stik. Selvom førmålingerne havde været foretaget umiddelbart før miljøzonen trådte i kraft ville det stadigvæk være vanskeligt at isolere effekten af miljøzonekravene, da de forventede ændringer er relativt små, og en række andre parametre varierer, så som meteorologien og trafikken.

For at vurdere meteorologiens indflydelse blev der beregnet en såkaldt opkoncentreringsfaktor for de to målekampagner. Der var kun mindre forskelle i denne mellem de to målekampagner, hvilket indikerer at den observerede koncentrationsreduktion ikke skyldes markante forskelle i de meteorologiske forhold mellem førmålingerne og mellemmålingerne.

Fra 2004 til 2008 er det totale antal køretøjer faldet med ca. 5%. I samme tidsrum er andelen af den tunge trafik faldet fra 3,5% til 2%, hvilket skyldes en markant reduktion i antallet af især busser men også lastbiler. Hvis det totale antal køretøjer er faldet lidt og især hvis andelen af den tunge trafik er faldet markant har dette også bidraget til reduktionen i koncentrationerne mellem målekampagnerne i 2004 og 2008/09.

Ud fra de nuværende måledata kan der ikke entydigt måles en effekt af indførelsen af miljøzonen i 2008. En evt. effekt overskygges af usikkerheden ved måleperiodernes længde og tiden mellem de to perioder. Her til kommer den løbende udskiftning af bilparken samt forskelle i kørselsmønster og trafikbelastning samt meteorologiske forhold. Flere af disse parametre forventes dog at udvise mindre variation til den kommende slutmåling i 2010.

**Sammenligning af modelberegninger og målinger på Åboulevard i København**  
Beregninger af luftkvaliteten på Åboulevard er gennemført med DMU's gadeluftsmodel, OSPM. Beregningerne er foretaget for samme tidsperioder som for førmålingerne og mellemmålingerne, og modelresultater er

sammenlignet med målinger for at kunne vurdere usikkerheden på de modeller, som ligger til grund for beregning af effekten af miljøzonekravene.

Beregningerne kræver en lang række input data om trafikniveauet og sammensætning af trafikken på den pågældende gade, om bilparken og emissioner fra de enkelte køretøjer, som varierer fra år til år samt data om meteorologi og bybaggrundskoncentrationer.

Resultater af beregninger for  $\text{NO}_x$  og  $\text{NO}_2$  på Åboulevard viser, at modellen er i stand at reproducere både den tidlige døgnvariation i målinger og koncentrationsniveauerne. Reduktionen i  $\text{NO}_x$  og  $\text{NO}_2$  fra 2004 til 2008 er resultat af reduktioner i trafikmængden, andelen af tung trafik og emissioner per køretøj. Resultater af sammenligninger mellem målinger og modelresultater for Jagtvej og H.C. Andersens Boulevard bekræfter at modellen er rimelig god til at beskrive udviklingen i  $\text{NO}_x$  og  $\text{NO}_2$ .

Fra 2004 til 2008 viser både model og målinger en reduktion i CO koncentrationer på Åboulevard på ca. 50% af trafikbidraget (gade minus bybaggrund). Modellen undervurderer dog de målte CO koncentrationer for trafikbidraget med omkring 50%. Denne betydelige undervurdering observeres i lignende omfang også for de permanente målestationer på Jagtvej og H.C. Andersens Boulevard og skyldes muligvis at de anvendte emissionsfaktorer i den model, der benyttes for emissioner (COPERT 4), er for lave.

Modelresultater for  $\text{PM}_{10}$  og  $\text{PM}_{2.5}$  på Åboulevard viser en reduktion fra 2004 til 2008 på ca. 20-30% i trafikens bidrag (gadekoncentrationer minus bybaggrundskoncentrationer) og er i overensstemmelse med den beregnede emissionsreduktion. Målinger af  $\text{PM}_{10}$  viser også en reduktion af lignende størrelse. Modellen undervurderer gadekoncentrationerne af  $\text{PM}_{10}$  med 12-15% i forhold til målingerne. I 2008 observeres meget høje spidsværdier på enkelte dage, hvilket har effekt på middelværdien af  $\text{PM}_{10}$  og skyldes nogle særlige forhold (muligvis saltning, ekstreme ikke-udstødningsemissioner eller ikke-trafik kilder) som ikke er inkluderet i modellen.  $\text{PM}_{2.5}$  trafikbidraget falder fra 2004 til 2008, hvilket er i overensstemmelse med fald i  $\text{PM}_{2.5}$  emissionen, men modellen overvurderer trafikbidraget i 2004. Modellen overvurderer gadekoncentrationerne af  $\text{PM}_{2.5}$  med 12-15% i forhold til målingerne.

Valideringsberegninger på de to permanente stationer Jagtvej og H.C. Andersens Boulevard er i god overensstemmelse med  $\text{PM}_{2.5}$  målinger. Også  $\text{PM}_{10}$  på Jagtvej bliver godt afspejlet af modellen. For  $\text{PM}_{10}$  på H.C. Andersens Boulevard viser modellen for lave koncentrationer i det undersøgte tidsrum 2002-2008. Denne undervurdering er konstateret og diskuteret tidligere, og skyldes nogle særlige forhold på denne vejstrækning – sandsynligvis bidrag fra ikke-trafik kilder, bl.a. pollen fra tætbeliggende træer, samt vejbelægningen. Nyasfaltering af vejbelægningen i efteråret 2008 har vist, at dette har stor indflydelse på  $\text{PM}_{10}$  koncentrationerne, som faldt fra  $39 \mu\text{g}/\text{m}^3$  til  $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$  fra 2008 til 2009.

Sammenfattende kan det konstateres at OSPM modellen i tilfredsstillende omfang er i stand at afspejle de målinger, som blev foretaget på Åboulevard i 2004 og 2008. De bedste resultater opnås for  $\text{NO}_x$  og  $\text{NO}_2$ . Også  $\text{PM}_{10}$  og  $\text{PM}_{2.5}$  målinger bliver i det væsentlige godt afspejlet i mo-

dellen, bortset fra nogle særlige forhold i målingerne for PM<sub>10</sub> i 2008 og for PM<sub>2.5</sub> i 2004. Tendensen i CO målingerne bliver godt reproduceret, men på et for lavt niveau. For lave emissionsfaktorer er formodentlig grunden til at modellen gennemgående undervurderer målingerne. CO koncentrationerne ligger væsentligt under grænseværdierne, og der er derfor ikke fokuseret på CO i den efterfølgende konsekvensvurdering.

Modellen er derfor velegnet til scenarioberegningerne af effekter af miljøzonekravene.

#### **Effektvurdering af miljøzoner for luftkvaliteten for 138 gader i København**

Modelberegninger med DMU's gadeluftmodel (OSPM) og bybaggrundsmode (UBM) er gennemført for 2010, 2015 og 2020 af den forventede fulde effekt af de vedtagne miljøzonekrav for emissionen inden for miljøzonen i København og for luftkvaliteten på 138 trafikerede gader i København. Der er således regnet med implementering af både trin 1 og 2 af miljøzonekravene. Der er særskilt vist beregninger for en af disse gader, nemlig H.C. Andersens Boulevard i København, som er en af Danmarks mest befærdede bygader.

Beregningerne bygger på en række forudsætninger om trafikvækst, implementering af miljøzonekravene, udvikling i dieselandel, effektiviteten af partikelfiltre, samt udviklingen i den andel af NO<sub>x</sub>, der udsendes i form af NO<sub>2</sub> ("direkte NO<sub>2</sub> fraktion").

#### *Effekter for partikelemissionen*

I miljøzonen som helhed i København forventes partikeludstødningen at falde med 26% i 2010 som følge af miljøzonekravene, mens ikke-udstødningen er upåvirket. Ikke-udstødning omfatter partikler fra bremseslid, dækslid, og vejslid samt ophvirvling af vejstøv. Partikelemissionen af udstødning og ikke-udstødning under et reduceres med hhv. 9% for PM<sub>10</sub> og 16% for PM<sub>2.5</sub>.

Ikke-udstødning for partikler stiger i perioden 2005-2020 proportionalt med den forventede trafikstigning, hvorimod partikeludstødningen falder som følge af skærpede emissionsnormer. I forhold til referencesituationen (uden miljøzone) i 2010 vil både PM<sub>10</sub> ikke-udstødning og PM<sub>2.5</sub> ikke-udstødning stige med 16% fra 2010 til 2020, mens partikeludstødningen vil falde med 51% fra 2010 til 2020. Total trafikrelateret PM<sub>10</sub> (udstødning og ikke-udstødning) og total trafikrelateret PM<sub>2.5</sub> (udstødning og ikke-udstødning) vil reduceres med hhv. 6% og 27% fra 2010 til 2020, som en kombinationseffekt af løbende skærpede emissionsnormer og miljøzonekravene (positiv effekt) samt en effekt fra stigende trafik med deraf stigende ikke-udstødning (negativ effekt).

Miljøzonens effekt svarer til at fremskynde de nyere euronormer til ikrafttræden nogle år tidligere end ellers. Effekten af miljøzonen ebber derfor ud med årene. I 2020 er der således kun en lille forskel på referencesituationen uden miljøzone i 2020 og situationen med miljøzone i 2020.

#### *Effekter for partikelkoncentrationen*

Der er kun en beskedent reduktion i den beregnede gennemsnitlige gadekoncentration for PM<sub>10</sub> og PM<sub>2.5</sub> for de 138 gader i 2010. For både PM<sub>10</sub> og PM<sub>2.5</sub> reduceres koncentrationen i gennemsnit kun med 0,7 µg/m<sup>3</sup> som følge af miljøzonekravene, hvilket svarer til 2,5% for PM<sub>10</sub> og 3,5%

for PM<sub>2.5</sub>. Hvis man sammenligner et scenario uden miljøzone i 2010 med situationen med miljøzone i 2020 er reduktionen for gadekoncentrationer på omkring 1,0 µg/m<sup>3</sup> som følge af miljøzonekravene. Reduktionen i bybaggrund er marginal af miljøzonekravene. Den beskedne reduktion skyldes, at partikelkoncentrationerne i gadeniveau er domineret af bybaggrundsbidraget, som igen er domineret af langtransporteret luftforurening, samt at miljøzonekravene kun reducerer partikeludstødningen – ikke det øvrige trafikbidrag.

For H.C. Andersens Boulevard er effekten af miljøzonekravene omkring 1,0 µg/m<sup>3</sup> for både PM<sub>10</sub> og PM<sub>2.5</sub> i 2010.

Modelberegningerne for de 138 gader viser, at der ikke forventes overskridelser af grænseværdien for årsmiddelværdien af PM<sub>10</sub> og PM<sub>2.5</sub>.

Selvom miljøzonekravene ikke direkte er rettet mod NO<sub>x</sub> emissionen vil denne alligevel være påvirket, da implementeringen af miljøzonekravene forventes at ske ved at nogle ældre køretøjer (Euro II og III samt ældre) udskiftes med nye Euro V køretøjer, som har væsentligt lavere NO<sub>x</sub> emissioner end ældre køretøjer.

Bidragene til NO<sub>2</sub> koncentrationen i en gade afviger markant i forhold til PM<sub>10</sub> og PM<sub>2.5</sub>. For NO<sub>2</sub> er det regionale bidrag, som er langtransporteret, kun omkring 10 µg/m<sup>3</sup> som årsmiddel og et typisk bybaggrunds niveau ligger på omkring 20 µg/m<sup>3</sup>. Da gadekoncentrationer kan være op til omkring 60 µg/m<sup>3</sup> udgør gadebidraget en meget stor del af de koncentrationer, som man finder i en gade. Hele gadebidraget udgøres af emissionen fra trafikken, og der er således ingen "ikke-udstødning" for NO<sub>x</sub>. Det betyder, at emissionsreduktioner vil slå kraftigere igennem for NO<sub>2</sub> end for PM<sub>10</sub> og PM<sub>2.5</sub>.

#### *Effekter for NO<sub>x</sub> emissionen*

I miljøzonen som helhed forventes NO<sub>x</sub> emissionen at blive reduceret med 29%-38% for de tunge køretøjer – afhængig af type – som følge af miljøzonekravene i 2010. Den totale NO<sub>x</sub> emission falder med 16% i 2010, når alle køretøjskategorier inddrages. Reduktionen skyldes at nogle ældre tunge køretøjer udskiftes med nye Euro V køretøjer, som har lavere emissionsfaktorer.

NO<sub>x</sub> emissionen vil blive reduceret med omkring 50% fra 2010 til 2020 som følge af løbende udskiftning af bilparken. Den beregnede direkte NO<sub>2</sub> fraktion vil stige fra 2010 (18,4%) til 2015 (25,4%) for derefter at falde lidt frem til 2020 (24,6%), hvilket hænger sammen med udviklingen i andelen af dieslbiler og udviklingen i emissionsfaktorer. Den samlede NO<sub>2</sub> emission er produktet af NO<sub>x</sub> emissionen og den direkte NO<sub>2</sub> fraktion. NO<sub>2</sub> emissionen med miljøzonekravene er 84% af referencesituationen i 2010, 96% i 2015 og 66% i 2020.

Som for partikler ebber miljøzonens effekt for NO<sub>x</sub> emissionen ud med årene, således at der kun er en lille forskel på referencesituationen uden miljøzone i 2020 og situationen med miljøzone i 2020.

### *Effekter for NO<sub>2</sub> koncentrationen*

Der er en betydelig reduktion i den beregnede gennemsnitlige gadekoncentrationen for NO<sub>2</sub> for de 138 gader i 2010. Som følge af miljøzonekravene reduceres gennemsnittet med 3,4 µg/m<sup>3</sup>, hvilket svarer til 9%. Reduktion i bybaggrund udgør 1,0 µg/m<sup>3</sup>. Reduktionerne er tilsvarende betydelige for H.C. Andersens Boulevard og Jagtvej.

Grænseværdien for NO<sub>2</sub> som årsmiddelværdi er 40,0 µg/m<sup>3</sup> i 2010. I situationen uden miljøzonen er det beregnet at 65 gader ud af de 138 gader overskrider denne grænseværdi, og miljøzonekravene reducerer antallet til 35 i 2010. Miljøzonen yder således et væsentligt bidrag til reduktion af antallet af overskridelser af NO<sub>2</sub> grænseværdien i 2010. Antallet af overskridelser vil blive reduceret med tiden. Således viser beregningerne at antallet af overskridelser er 15 i 2015 og kun 2 i 2020, når der alene ses på trafikilder, og udviklingen i andre kilder ikke inddrages. Andre kilder som fx skibsemission samt langtransporteret luftforurening forventes at reducere NO<sub>2</sub> yderligere.

### **Indikatorer for overholdelse af miljøzonekravene**

En række indikatorer er udvalgt for at give en ide om, hvor effektivt miljøzonekravene overholdes: udstedelse af miljøzonemærker herunder dispensationer, antal tilsagn om tilskud til partikelfiltre, samt antal overtrædelser.

Alle indenlandske tunge køretøjer skal have et miljømærke for at kunne køre lovligt i en miljøzone. Der er påsat omkring 30.000 miljømærker ud af en køretøjspark på omkring 59.000 tunge køretøjer i Danmark, så omkring 50% af alle indenlandske lastbiler og busser har et miljøzonemærke i 2008. Antallet af dispensationer på 365 er forsvindende lille i forhold hertil.

Miljøstyrelsen har givet tilskud til eftermontering af partikelfiltre på tunge køretøjer, som opfylder emissionsnormen Euro III eller ældre. Der er givet tilskud til ca. 2.000 partikelfiltre.

I København har der været omkring 150 politianmeldelser, hvilket er meget lidt i forhold det samlede antal tunge køretøjer, som benytter miljøzonen i København.

## Summary in English

### **Objective and background**

The aim of this document is to report on the mid-term evaluation of the implementation of low emission zones in Denmark. The focus is on the quantification of the impacts on air pollution.

The Danish parliament decided on the low emission zone act on December 20, 2006. The act allows the largest five urban municipalities to implement low emission zones. The municipalities of Copenhagen and Frederiksberg implemented a low emission zone in September 1, 2008; the municipality of Aalborg on February 1, 2009, and the municipalities of Odense and Århus have decided to implement zones by July 1, 2009 and September 1, 2010, respectively.

The low emission zone act enables the municipalities to define the geographic extent of the zone. The act requires that diesel-powered trucks and buses are equipped with particle filters. From September 1, 2008 all trucks and buses with the Euro emission standard II or older have to meet the requirements and from July 1, 2010 also Euro emission standard III is included.

On behalf of the Danish Environmental Protection Agency, the Danish National Environment Research Institute (NERI) at Aarhus University carries out an evaluation of the impacts to air pollution of the low emission zones. Impact assessment is carried out of the full implementation of the low emission zone requirements.

This mid-term report includes results from an analysis of "before" and "after" measurements of the air quality at a busy street canyon (Åboulevard) in Copenhagen. It also includes evaluation of NERI's Operational Street Pollution Model (OSPM) by comparison of measurements and model predictions for Åboulevard to test the uncertainty of this model that used to model the impacts of the low emission zone requirements. An impact assessment is carried out for 138 busy streets in Copenhagen. Furthermore, a number of indicators for the effective implementation of the low emission zones have been evaluated. This comprises the number of issued low emission zone stickers to be visible in the front windshield of the vehicles, the number of dispensations, the number of subsidies for particle filters and the number of tickets for violating the zone regulations.

### **Analysis of "before" and "after" air quality measurements at Åboulevard in Copenhagen**

The "before" measurement campaign was conducted during October 18 to December 17, 2004 and the "after" measurement campaign during November 11, 2008 to January 12, 2009.  $\text{NO}_x$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2.5}$  and particle size distribution were measured.

It was not possible to single out the effect of the low emission zone based on the analysis of the measurement campaigns. The potential impact is small compared to the uncertainties due to differences in the length of

the campaigns and the long time between the campaigns. The observed decrease in concentrations is likely to be due to the continuous renewal of the car fleet. Observed minor reductions in the traffic level as well as a reduction in the fraction of heavy-duty vehicles contribute to the decrease, whereas an analysis of the meteorology (in terms of a dilution factor) showed that differences in meteorology had little impact on the observed decrease in concentrations.

#### **Evaluation of the OSPM model comparing observations and predictions for Åboulevard in Copenhagen**

The OSPM model was able to reproduce the observations at Åboulevard in 2004 and 2008/09 with an acceptable level of accuracy. Best results were obtained for NO<sub>x</sub> and NO<sub>2</sub>. PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> were also reproduced except for some special conditions for PM<sub>10</sub> in 2008 and for PM<sub>2.5</sub> in 2004. The diurnal variation and trends of CO observations were also well reproduced but the levels were underestimated. However, CO concentrations are well below air quality standards and CO is not included in the impact assessment.

The model is suitable for assessment of the impacts of the low emission zone requirements based on the model evaluation.

#### **Impact assessment for 138 streets in Copenhagen**

NERI's OSPM model and the Urban Background Model (UBM) were applied for 138 streets in Copenhagen to estimate the impacts of the low emission zone requirements in 2010, 2015 and 2020. Separate results are reported for H.C. Andersens Boulevard - one of the busiest urban streets in Copenhagen with average daily traffic levels of 60,000 vehicles.

The predictions are based on a number of assumptions concerning growth in traffic, response of hauliers to the low emission zone requirements, the development in diesel share in the car fleet, the direct emission of NO<sub>2</sub>, and the effectiveness of particle filters.

An initial impact assessment of the low emission zone requirements can be made based on source apportionment derived from the traffic contribution to concentrations (street minus urban background concentrations) and receptor modelling. Estimation of the traffic contribution to PM<sub>10</sub> concentrations at H.C. Andersens Boulevard in 2005-2007 shows that the average street concentration is 42.5 µg/m<sup>3</sup>, the urban background level 26.6 µg/m<sup>3</sup> and the traffic contribution 15.9 µg/m<sup>3</sup>. The particle exhaust part constitutes 4.9 µg/m<sup>3</sup> of the traffic contribution. Emission calculations for the street show that the heavy-duty vehicles account for 26% of particle exhausts. Particle filters can reduce emissions from these vehicles by 80% leading to a reduction in overall particle exhaust of 21%. The potential for reductions of PM<sub>10</sub> concentrations in the street is 21% of 4.9 µg/m<sup>3</sup>, i.e. 1.0 µg/m<sup>3</sup>. Similar results are obtained for PM<sub>2.5</sub>.

The particle exhaust emission reduction for heavy-duty vehicles has been calculated to 78% for H.C. Andersens Boulevard based on the assumption that some heavy-duty vehicles will be equipped with particle filters and some will be replaced with newer vehicles that comply with the Euro V emission standard. PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> concentrations are reduced about 1.0 µg/m<sup>3</sup> due to the low emission zone requirements.



The predicted reductions in the average street concentrations of PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> for the 138 streets in 2010 due to the low emission zone are modest. PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> concentrations in 2010 are predicted to decrease by merely 0.7 µg/m<sup>3</sup> equivalent to about 2.5% for PM<sub>10</sub> and about 3.5% for PM<sub>2.5</sub>.

Although the low emission zone requirements are not designed to reduce NO<sub>x</sub> emissions they are expected to have an impact of NO<sub>x</sub> emissions since some older heavy-duty vehicles are replaced with newer vehicles that comply with the Euro V emission standard.

For H.C. Andersens Boulevard the heavy-duty vehicles contribute by about 39% of NO<sub>x</sub> emissions in 2010. Heavy-duty vehicle NO<sub>x</sub> emissions will be reduced by 33% leading to a total reduction of 13%, taking vehicle categories into account.

A reduction of 3.4 µg/m<sup>3</sup> is predicted for the average NO<sub>2</sub> concentration for the 138 streets due to the low emission zone in 2010.

The air quality standard for annual average of NO<sub>2</sub> is 40 µg/m<sup>3</sup> in 2010. The number of exceedances without the low emission zone is predicted to be 65 out of 138 streets. This is significantly reduced to 35 exceedances in 2010 due to the low emission zone requirements.

# 1 Miljøzoner og evalueringsprogram

I dette kapitel redegøres der kort for indholdet i miljøzonenloven, og hvordan de 5 kommuner har implementeret kravene. Endvidere beskrives kort evalueringsprogrammet for effektiv vurdering af miljøzoner for luftkvaliteten.

## 1.1 Miljøzonenloven

Miljøzonenloven er fra den 20. december 2006 (Folketinget 2006) og er udmøntet i en bekendtgørelse fra den 15. maj 2007 (Miljøministeriet 2007).

Formålet med etablering af en miljøzone er at forbedre sundheden for borgerne i de største byer ved at reducere luftforureningen med partikler i områder, som har den største belastning fra trafikken, og hvor flest mennesker bliver udsat for luftforureningen, fordi der bor og færdes mange mennesker i området.

### Miljøzoner i 5 byer

Loven giver mulighed for at kommunalbestyrelserne i de 5 største bykommuner kan indføre miljøzoner. De kommuner som er omfattet af loven er København, Frederiksberg, Århus, Odense og Aalborg.

En miljøzone er et større sammenhængende byområde inden for en kommune, hvor miljøzonekravene er gældende. Miljøzonens geografiske udstrækning kan maksimalt være hele kommunen. En vej langs med en miljøzone, som afgrænser denne er ikke omfattet af miljøzonekravene. Der er endvidere mulighed for at definere en transit rute igennem eller ind i en miljøzone, hvor kravene ikke gælder fx for at sikre international transport.

Afgrænsning af miljøzonen skal være markeret med tydelig skiltning



Figur 1.1. Miljøzonestilt ved indkørsel til miljøzone

### **Miljøzonekravene**

Kravene i en miljøzone omfatter indenlandske og udenlandske diesel-lastbiler og busser over 3,5 tons, som kører i miljøzonen. Udenlandske køretøjer skal opfylde miljøzonekravene, men skal ikke have miljøzonermærke.

Miljøzonekravene indføres i to trin.

- 1) Efter den 1. juli 2008 skal der på lastbiler og busser være monteret et effektivt partikelfilter medmindre køretøjet opfylder udstødningsnormerne for Euro III. Dvs. alle lastbiler og busser som opfylder udstødningsnormerne for Euro II eller ældre er omfattet, mens lastbiler og busser der opfylder Euro III, IV og V ikke er omfattet.
- 2) Efter den 1. juli 2010 skal der på lastbiler og busser være monteret et effektivt partikelfilter medmindre køretøjet opfylder udstødningsnormerne for Euro IV eller V. Dvs. alle lastbiler og busser som opfylder udstødningsnormerne for Euro III eller ældre er omfattet, mens lastbiler og busser der opfylder Euro IV og V ikke er omfattet.

Kommunalbestyrelsen skal offentliggøre afgørelser om etablering, udvidelse, indskrænkning eller ophævelse af en miljøzone. Der skal gå mindst 14 måneder fra offentliggørelsen til det tidspunkt, hvor miljøzonen har virkning.

En række tunge køretøjer er ikke omfattet af miljøzonekravene. Det gælder for køretøjer, der benyttes af forsvaret, politiet, redningsberedskabet eller lignende nødtjenester, såfremt disse køretøjer sædvanligvis ikke kører i en miljøzone, og der er opstået et ekstraordinært behov for anvendelse af køretøjet i en miljøzone eller køretøjet her anvendes ved øvelsesvirksomhed. Kravene gælder heller ikke for køretøjer, der er registreret i Danmark eller udlandet til veterankørsel og er mere end 30 år gamle. Dokumentation herfor skal foreligge.

Der er mulighed for at søge om dispensation for miljøzonekravene, hvilket gives af Miljøstyrelsen. Der gælder en række særlige krav for at kunne få dispensation, som er beskrevet i bekendtgørelsen. Køretøjer med dispensation har et særligt dispensations miljøzonermærke.

Loven giver mulighed for, at Miljøministeren kan fastsætte miljøzonekrav for varebiler i miljøzoner, hvilket endnu ikke er udmøntet.

### **Miljøzonermærke**

Bekendtgørelsen fastsætter endvidere regler om at lastbiler og busser skal være forsynet med et miljøzonermærke i forruden.

Der findes tre typer miljøzonermærker:

- Det grønne mærke gives til køretøjer, der har et lavt udslip af partikler - dvs. køretøjer med principgodkendt partikelfilter, Euro 4 eller bedre.
- Det hvid-grønne mærke gælder for køretøjer med Euro 3 motor indtil 2010.

- Det røde mærke viser, at køretøjet har dispensation til at køre i miljøzonen uden partikelfilter. Denne dispensation skal søges hos Miljøstyrelsen.



Figur 1.2. De forskellige miljømærker (Provstgaard 2007)

### Kontrol af overholdelse af miljøzonekravene

I bekendtgørelsen er der fastsat nærmere regler for effektiviteten af partikelfiltre og om kontrol heraf. Krav til partikelfiltrene er defineret af Færdselsstyrelsen. For at få tilladelse til at køre i miljøzonen skal køretøjet synes hos en bilsynsvirksomhed, der har tilladelse til syn af tunge køretøjer. Køretøjerne kontrolleres også én gang om året i forbindelse med bilsyn. Miljøzonemærke udleveres af synsvirksomhederne.

Kontrol af overholdelse af miljøzonekravene udføres af parkeringsvagterne (holdende køretøjer) og politiet (rullende køretøjer), som kontrollerer om køretøjerne har et gyldigt miljøzonemærke i forruden. Politiet udskriver bødeudlæg ved ulovligt kørsel i miljøzonen, som giver en bøde på ca. 15.000 kr. til vognmanden samt yderligere 5.000 kr. til chaufføren af køretøjet. Bødestørrelsen afgøres af Domstolene.

### Tilskud til eftermontering af partikelfiltre

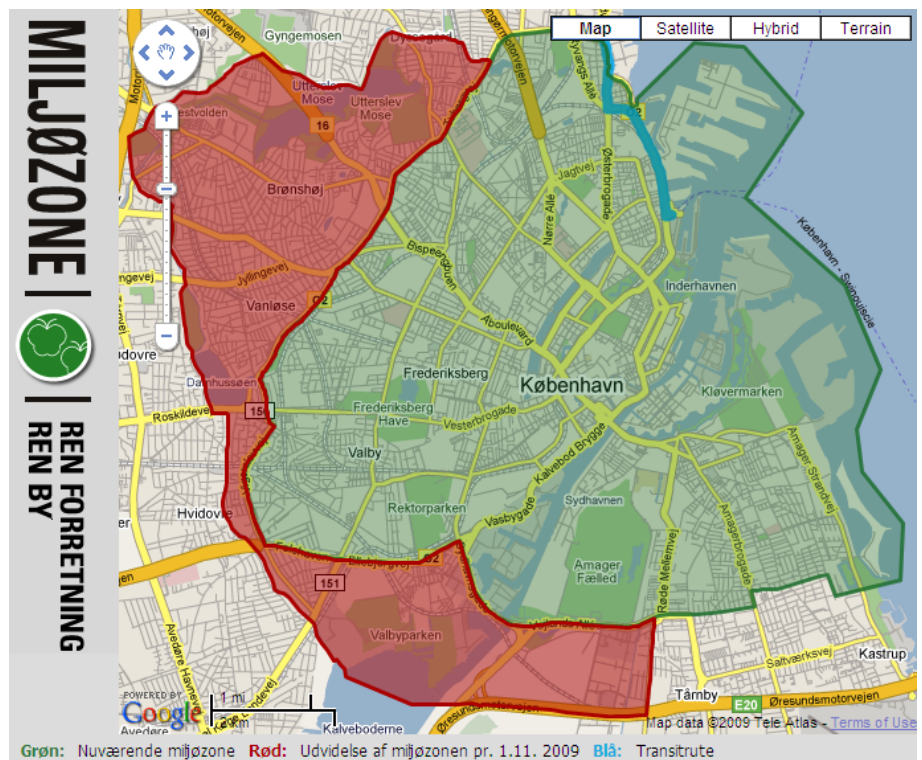
Der er mulighed for at søge tilskud fra Miljøstyrelsen til eftermontering af partikelfiltre på køretøjer op til Euro 3 med op til 30% af prisen excl. moms for det pågældende partikelfilter incl. montering, dog højst op til 15.000 kr. excl. moms.

## 1.2 Miljøzonerne i de 5 kommuner

Miljøzonekravene er ens i de 5 kommuner, som er omfattet af miljøzone-loven, og det er alene størrelsen af den geografiske udstrækning, transit ruter samt indførelsestidspunkterne som varierer.

### København og Frederiksberg

Københavns Kommune og Frederiksberg Kommune indførte en miljøzone fra den 1. september 2008, og den geografiske udstrækning udvides fra 1. november 2009, som det fremgår af Figur 1.3. Der er en transit rute fra O2 ned til Nordhavnen, som er markeret med blåt.



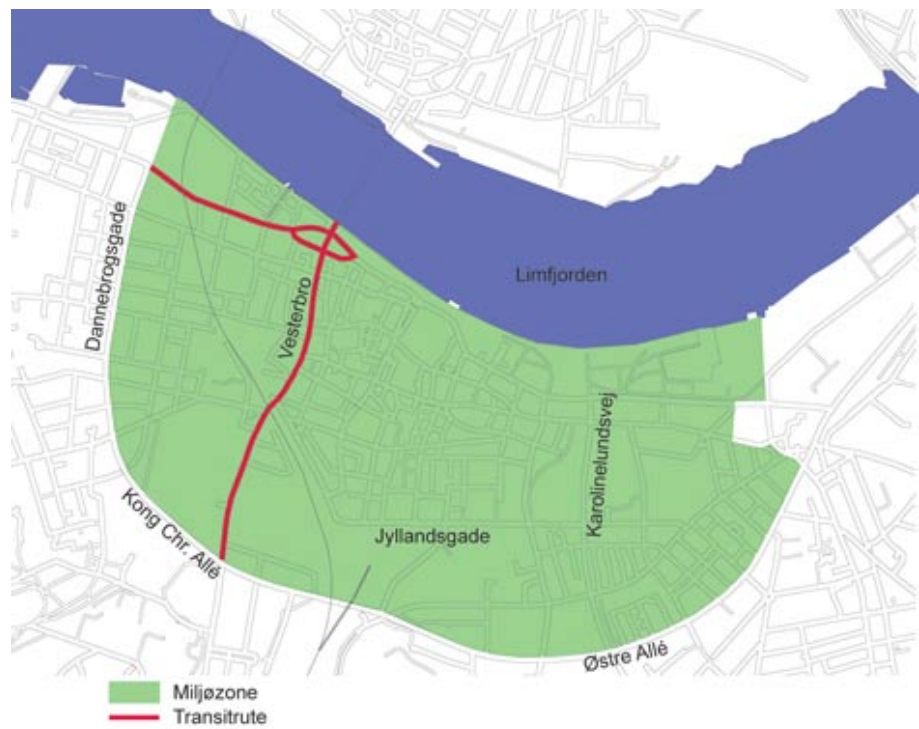
Figur 1.3. Miljøzonens geografiske udstrækning i København og Frederiksberg. Grøn indtil 31. oktober 2009, og udvidelsen i rød fra 1. november 2009 ([www.miljoezone.dk](http://www.miljoezone.dk)).

### Ålborg

Ålborg Kommune indførte miljøzone fra den 1. februar 2009.

Den geografiske udstrækning af miljøzonen i Aalborg fremgår af Figur 1.4. I Aalborg er der to transit ruter, som muliggør gennemkørende trafik til Limfjordsbroen.

Ålborgs miljøzone er en del af EU-projektet ARCHIMEDES om alternative brændstoffer, energivenlige biler og kollektiv trafik, som Aalborg Kommune gennemfører sammen med 5 andre europæiske byer.

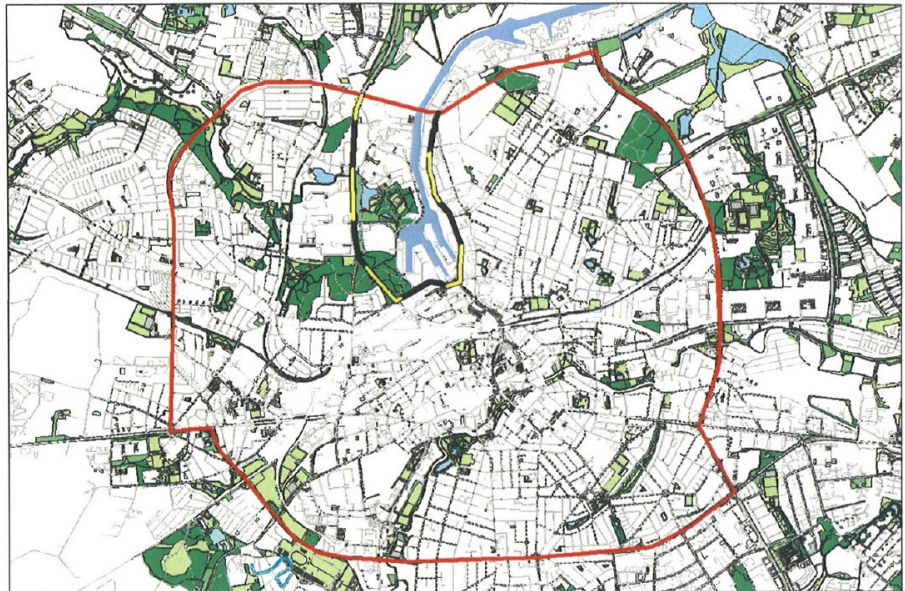


Figur 1.4. Miljøzonens geografiske udstrækning i Aalborg ([www.aalborgkommune.dk](http://www.aalborgkommune.dk))

#### Odense

Byrådet har den 11. marts 2009 vedtaget at indføre miljøzone i Odense. Miljøzonen vil træde i kraft den 1. juli 2010 med en afgrænsning som Ring 2 og rundt om havnen, se Figur 1.5. Den 1. juli 2014 vil miljøzonen udvides med en afgrænsning som Ring 2 med den nye Kanalforbindelse ([www.odense.dk](http://www.odense.dk)). Den sort/gule strækning anvendes indtil Kanalforbindelsen åbnes. Miljøzonen i Odense er den eneste blandt miljøzonebyerne som ikke har transit rute.





Figur 1.5. Miljøzonens geografiske udstrækning i Odense ([www.odense.dk](http://www.odense.dk))

### Århus

Århus Byråd har den 27. maj 2009 vedtaget en miljøzone i Århus Midtby. Miljøzoneordningen træder i kraft pr. 1. september 2010.

Den geografiske udstrækning fremgår af Figur 1.6. Der er en transit rute til og fra Molslinien på en rute ad Nørrebrogade og Nørreport. ([www.aarhuskommune.dk](http://www.aarhuskommune.dk))



Figur 1.6. Miljøzonens geografiske udstrækning i Århus ([www.aarhuskommune.dk](http://www.aarhuskommune.dk))

#### Miljøzoner i udlandet

En række lande har etableret miljøzoner med forskellige miljøzonekrav. Eksempler på andre lande som har indført miljøzoner er Sverige, Tyskland, Holland, England, Italien, Østrig og Tjekkiet. Norge og Ungarn planlægger at indføre miljøzoner ([www.lowemissionzones.eu](http://www.lowemissionzones.eu)).

Det er et nationalt anliggende at definere miljøzonekrav, som dermed kan variere fra land til land. De nationale miljøzonekrav må ikke være konkurrenceforvridende eller hindre den frie bevægelighed af varer i EU's indre marked.

### 1.3 Evalueringsprogram for miljøzonerne

DMU skal vurdere miljøzoneordningens forventede effekt på luftens indhold af partikler og andre relevante stoffer samt herunder befolkningens eksponering.

#### Formål

Formålet med evalueringsprogrammet er at vurdere og kvantificere effekten af indførelse af miljøzoner i Danmark som følge af loven om miljøzoner.

#### Metode

Hovedvægten i projektet er lagt på partikelforureningen, men da ordningen kan få indflydelse på emissionen af andre stoffer fra trafikken, omfatter undersøgelsen også andre stoffer, bl.a. NO, NO<sub>2</sub> og CO.



Vurdering af miljøzoneordningen gennemføres ved hjælp af luftkvalitetsmodelberegninger, analyse af eksisterende partikelmålinger i området (under det landdækkende luftkvalitetsmåleprogram under NOVA-NA og DMU's partikelprojekt) og iværksættelse af supplerende målinger af partikler og andre luftforureninger på Åboulevard i København, som kan støtte vurderingen. Endelig skal eksisterende trafiktællinger suppleres med detaljerede tællinger på udvalgte gader. Supplerende trafiktællinger forventes foretaget af de involverede kommuner.

Der vil ikke blive gennemført egentlige undersøgelser af helbredseffekter under projektet, dvs. effekten på helbred vil blive vurderet på grundlag af de estimerede ændringer i forekomsten af partikler i luften og litteraturdata om sammenhæng med helbredseffekter.

#### **Modelberegninger**

Scenarieregninger for udvalgte gader, bybaggrund og regionen gennemføres ved hjælp af DMU's luftkvalitetsmodeller for København, Frederiksberg, Århus, Odense og Aalborg. Der vil være særlig fokus på København, som indførte miljøzone først, og hvor DMU allerede råder over et velafprøvet datagrundlag. Beregningerne udføres for PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, ultrafine partikler og gasserne NO, NO<sub>2</sub> og CO.

Luftkvalitetsberegningerne vil blive suppleret med beregninger af befolkningens eksponering ud fra beregnede koncentrationer og befolkningstæthed.

#### **Luftkvalitetsmålinger**

Emissionsfaktorer for partikler - PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, ultrafine partikler m.v. - for forskellige køretøjer er ret usikre. Der er endvidere usikkerhed omkring de trafikale ændringer som følge af miljøzoneordningen. Det er derfor nødvendigt også at gennemføre målinger af såvel luftkvalitet som trafik før og i perioder efter ordningens indførelse.

Luftkvalitetsmålinger vil omfatte PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> og ultrafine partikler (og deres størrelsesfordeling). Endvidere er det nødvendigt at måle partiklernes kemiske sammensætning, som vil give information om partiklernes farlighed, samt om deres oprindelse. OC/EC (organic carbon/elemental carbon) er en af metoderne, som især anvendes til bestemmelse af sodpartikler fra dieselskøretøjer. Endvidere gennemføres enkelte målinger af polycykliske aromatiske hydrocarboner (PAH). For at vurdere de forskellige køretøjskategoriers bidrag til forureningen er det nødvendigt også at måle de traditionelle trafikrelaterede forureninger NO<sub>2</sub>, NO og CO.

#### **Trafiktællinger**

Detaljerede trafiktællinger er desuden nødvendige for at vurdere om trafikken ændres væsentligt, fx. flytning af transport til andre køretøjstyper eller blot ændring af trafiktætheden. Disse trafiktællinger er dels de rutinemæssige automatiske tællinger på faste målesteder og dels detaljerede manuelle tællinger, bl.a. med opdeling i køretøjskategorier, specielt med hensyn til de kategorier, som indgår i miljøzoneordningen. Manuelle tællinger vil blive udført på Åboulevard i København af Københavns Kommune. Supplerende trafiktællinger vil også blive gennemført i de øvrige byer.

For at supplere de manuelle tællinger vil der tillige blive afprøvet en ny metode til detaljeret trafiktælling på Åboulevard i København, som kan bruges til en bedre bestemmelse af bilparkens sammensætning og dermed en bedre emissionsbestemmelse. I forbindelse med et eksisterende køretidsprojekt, hvor bilister oplyses om rejsetid, sker der en registrering af nummerplader via kameraer/billedegenkendelses software på Åboulevard samt to andre steder ud mod Hareskovvej motorvejen, således at rejsetiden kan beregnes ud fra nummerpladeoplysningerne. Registeringen foregår i 2 vognbaner i retning mod København. Registrering af nummerplader er gennemført fra uge 50 i 2008 til uge 12 i 2009, og en række oplysninger vil blive trukket ud af det Centrale Register for Motorkøretøjer (CRM). Det drejer om bl.a. emissionsklasse (Euronorm), indregistreringsår, brændstoftype, brændstoffsforbrug, vægt, motorstørrelsefabrikant, og model variant. Analyse heraf er ikke medtaget i nærværende midtvejsrapport.

#### **Tidsplan**

Der har været en løbende evaluering af den forventede effekt på luftforureningen af forskellige miljøzonekrav før miljøzonenloven blev vedtaget, som især har været baseret på modelberegninger (Jensen et al. 2001; Palmgren et al. 2005; Miljøstyrelsen 2006; Jensen et al. 2008).

De første "Førmålinger" blev allerede gennemført i slutningen af 2004 på Åboulevard i København, da der var forventning om at vedtagelse af miljøzonenloven var nært forestående; den blev imidlertid først vedtaget i december 2006. "Mellemmålingerne" er gennemført i efteråret 2008 og "Slutmålinger" er planlagt til efteråret 2010 på Åboulevard i København.

I denne midtvejsrapport er resultaterne af før- og mellemmålinger af luftkvalitet på Åboulevard i København afrapporteret. Endvidere præsenteres resultater fra en sammenligning af modelberegninger og målinger på Åboulevard i København, og en effektiv vurdering af miljøzonen for luftforurening ud fra modelberegninger for 138 trafikerede gader i København. Endvidere belyses en række indikatorer for overholdelse af miljøzonekravene omfattende udstedte miljøzonenmærker, antal dispensationssager, antal partikelfiltertilskud, samt bøder.

Slutrapporten forventes i første kvartal af 2011, og vil afrapportere resultaterne af hele evalueringsprogrammet. Den vil inddrage slutmålingerne, analyse af nummerpladedata med henblik på bedre emissionsbestemmelse, samt modelresultater af forventet effekt for luftkvaliteten for Aalborg, Odense og Århus.

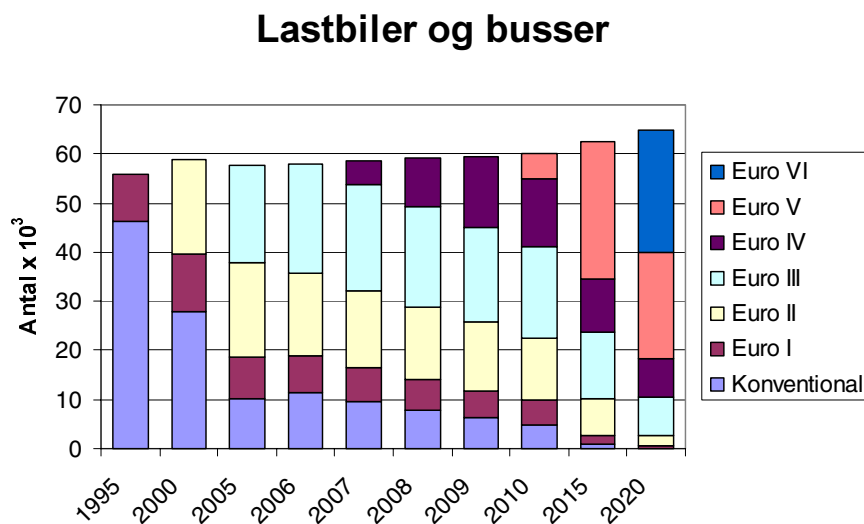
## 2 Indikatorer for overholdelse af miljøzonekravene

I dette kapitel vil vi gennemgå forskellige indikatorer, som kan give en ide om, hvor effektivt miljøzonekravene overholdes. Det drejer sig om udstedelse af miljøzonomærker, udstedelse af dispensationer, antal tilsgagn om tilskud til partikelfiltre, samt antal overtrædelser. Indledningsvis redegøres for antallet af køretøjer, som er omfattet af miljøzonekravene for at kunne sætte de forskellige indikatorer i en sammenhæng.

### 2.1 Antal omfattede køretøjer

#### Nationalt

I Danmark skønnes der at være ca. 59.000 lastbiler og busser over 3½ tons i 2009, hvor omkring 75% er lastbiler og 25% er busser. Omkring 49% eller 29.000 køretøjer er Euro II eller ældre, og er derfor omfattet af miljøzonekravene i 2008. Omkring 69% eller 41.000 tunge køretøjer er Euro III eller ældre og er derfor omfattet af miljøzonekravene i 2010. Disse oplysninger stammer fra DMU's emissionsdatabase, og er udtryk for et nationalt gennemsnit. Busser omfatter rutebusser (hvor mange allerede vil have partikelfiltre eller være gasbusser) samt turistbusser og øvrige busser. Se Figur 2.1.



Figur 2.1. Antal lastbiler og busser og deres fordeling på Euroklasser for forskellige år

Figur 2.1 er også vist i tabelform i nedenstående tabel, hvor andelen af tunge køretøjer, som opfylder Euro II eller ældre samt Euro III og ældre fremgår svarende til trin 1 og 2 i miljøzonekravene i hhv. 2008 og 2010.

**Tabel 2.1.** Oversigt over den procentvise fordeling af Euronormer for tunge køretøjer i forskellige år

År	Konventionel (%)	Euro I (%)	Euro II (%)	Euro III (%)	Euro IV (%)	Euro V (%)	Euro VI (%)	I alt (%)	<=Euro II (%)	<=Euro III (%)
1995	83	17	0	0	0	0	0	100	100	100
2000	47	20	32	0	0	0	0	100	100	100
2005	18	15	33	35	0	0	0	100	65	100
2006	20	13	29	38	0	0	0	100	62	100
2007	16	12	27	36	8	0	0	100	55	92
2008	13	11	25	35	16	0	0	100	49	84
2009	10	9	23	33	24	0	0	100	43	76
2010	8	8	21	31	23	8	0	100	38	69
2015	2	3	12	21	17	45	0	100	16	38
2020	0	1	3	12	12	34	38	100	4	16

Euronormerne for tunge køretøjer træder i kraft i forskellige år, som det fremgår af nedenstående tabel.

**Tabel 2.2.** Ikræfttrædelsesår for de forskellige Euronormer for tunge køretøjer

Euronorm	Ikræfttrædelsesår
Euro I	1994
Euro II	1997
Euro III	2002
Euro IV	2007
Euro V	2010
Euro VI	2014

### København og Frederiksberg

Der er væsentlig usikkerhed på vurderingen af, hvor mange lastbiler og busser, der kører i de enkelte miljøzoner. Oplysninger som rutinemæssigt indsamles om trafikken stammer fra snittællinger i udvalgte gader, som kan give oplysninger om køretøjssammensætningen, men som ikke umiddelbart kan omsættes til antal tunge køretøjer.

Tællingerne på trafikerede gader i København viser, at i gennemsnit er omkring 3,1% af køretøjerne 2-akslede lastbiler, mens 1,2% er flerakslede lastbiler, og 2,9% af køretøjerne er busser. Den tunge trafik udgør således i alt 7,2% af trafikken i gennemsnit på de trafikerede gader (Miljøstyrelsen 2003).

Ud fra snittrafiktællinger samt vejnettets længde og fordeling på vejtyper kan antal kørte km beregnes (trafkarbejdet), hvilket bruges til beregning af emissionen fra trafikken.

Disse oplysninger siger imidlertid ikke noget om selve antallet af køretøjer, da dette afhænger af antal ture for det enkelte køretøj og af turlængder. I *Palmgren et al (2005)* er de hidtidige vurderinger af antallet af tunge køretøjer i miljøzonen i København opsummeret. Heri nævnes at tidligere undersøgelser (Miljøstyrelsen 2003) anslår det daglige antal tunge køretøjer til ca. 5.000, svarende til at hvert køretøj kører ca. 25 km/dag i miljøzonen i København. Da det ikke er de samme 5.000 køretøjer, der kører i zonen hver dag, er det på årsbasis vurderet at ca. 12.000 forskellige tunge køretøjer kører i Københavns Kommune. Der er dog nogle af dem, der allerede opfylder miljøzonekravene, og det er derfor vurderet, at behovet for montering af partikelfiltre er på ca. 10.000 stk. Dette er dog

efterfølgende vurderet at være for højt på baggrund af Dansk Transport og Logistik, som i 2003 gennemførte en spørgeskemaundersøgelse blandt vognmænd med kørsel inden for zonen. Undersøgelsen omfattede 29 vognmandsvirksomheder med i alt 3.347 lastbiler over 3.500 kg. Resultatet viste, at vognmænd med kørsel i københavnsområdet vurderede, at de ville skulle sætte partikelfiltre på 1.052 køretøjer (31%), hvis der blev indført et partikelfilterkrav for alle køretøjer i en miljøzone.

I *Palmgren et al* (2005) er skønnet et tal på 8.000 og 12.000 tunge køretøjer, der formodes at opholde sig ofte nok i København til, at miljøkrav i forbindelse med en miljøzone vil være et væsentligt problem i forhold til de samlede transportopgaver, der løses af det pågældende køretøj.

Omkring 49% af disse vil i 2008 være omfattet af miljøzonenlovens krav (Euro II eller ældre med filter) dvs. omkring 3.900-5.900 tunge køretøjer for miljøzonen i København. Omkring 69% vil i 2010 være omfattet af miljøzonenlovens krav (Euro III eller ældre med filter) dvs. omkring 5.500-8.300 tunge køretøjer for miljøzonen i København.

### **Aalborg**

Miljøstyrelsen skønnede i 2001 at en miljøzone i Aalborg ville berøre 2.000-3.000 køretøjer over 6 tons, som på et eller andet tidspunkt ville køre i miljøzonen. Skønnet er baseret på antallet af køretøjer på én dag suppleret med overvejelser om bilers køremønstre over en længere periode (Miljøstyrelsen 2001). Da køretøjer mellem 3½ og 6 tons også blev omfattet af miljøzonenloven, skønnes antallet af berørte køretøjer at være mellem 2.200 og 3.200 (Aalborg Kommune 2005).

Aalborg Kommune har efterfølgende gennemført en nummerskrivningsanalyse med registrering af nummerplader for køretøjer tirsdag den 15. februar 2005 i perioden kl. 6:00-18:00. Køretøjer, som passerer den foreslåede miljøzone i Aalborg er registreret, og oplysningerne er koblet til Centralregisteret for Motorkøretøjer, således at køretøjstype og Euro emissionsnorm kunne bestemmes (Aalborg Kommune 2005). Dette er en metode, som mere præcist kan fastlægge antallet af tunge køretøjer og deres fordeling på Euronormer. Onsdag den 8. oktober 2008 kl. 6:00-18:00 gennemførte kommunen endnu en nummerskrivningsanalyse for lastbiler og varebiler. Registreringsnummer blev ligeledes koblet til Centralregisteret for Motorkøretøjer (Aalborg Kommune 2009).

654 og 701 lastbiler blev matchet til Centralregisteret for Motorkøretøjer i hhv. nummerskrivningsanalyserne i 2005 og 2008. Alle køretøjer var i 2005 Euro III eller ældre, og omkring 60% var Euro II eller ældre og dermed potentielt omfattet af miljøzonekravene gældende fra 1. juli 2008. I forhold til det nationale gennemsnit på omkring 66% i 2005 er der rimelig god overensstemmelse mellem det nationale gennemsnit for bilparken som helhed og det afgrænsede geografiske område, som miljøzonen i Aalborg udgør. I 2008 var 72% af lastbilerne Euro III eller ældre, og omkring 30% var Euro II eller ældre. 28% var Euro IV og V og således ikke omfattet af miljøzonekravene. Det nationale gennemsnit for lastbiler, som er Euro III eller ældre, er 84% i 2008, og Euro II eller ældre er 49%. Den kommende miljøzone har således en lavere procentdel af Euro II eller ældre og Euro III og ældre, hvilket tyder på at transportoperatører allerede er ved at forberede sig på de kommende miljøzonekrav gældende for Aalborg i 1. februar 2009 ved at nogle skifter til Euro IV og V.

Andelen af Euro IV og V i 2008 for den kommende miljøzone er 28% mod 16% på landsplan.

I 2005 var 85% af de registrerede lastbiler dieseldrevne i følge Centralregistreret for Motorkøretøjer, og dermed omfattet af miljøzonekravene. Det tilsvarende tal i 2008 er mellem 82% og 92%. 8-18% er benzindrevne og ikke omfattet, og formodes at være små lastbiler.

Både i 2005 og 2008 var omkring halvdelen af registrerede lastbiler indregistreret i Aalborg Kommune eller Nordjyllands Amt, mens den anden halvdel var fra det øvrige land. Dette illustrerer den store mobilitet for lastbiler.

I 2005 er det registrerede antal lastbiler på 654 underestimeret i forhold til det faktiske antal lastbiler i det pågældende døgn. Den talte trafik i tidsrummet 6-18 er omkring 85% af døgntrafikken for tunge køretøjer. Endvidere har tællerne kun nået at registrere nummerplader for omkring 75% af de tunge køretøjer, dog ca. 90% for lastbiler, da bybusser ikke skulle registreres, og endeligt kunne kun omkring 80% af de noterede registreringsnumre genfindes i Centralregistreret for Motorkøretøjer. Dette betyder, at det faktiske antal lastbiler over det pågældende døgn må formodes at være omkring 1.070. Noget tilsvarende gør sig gældende i 2008 undersøgelsen.

På denne baggrund er det skønnet at omkring 2.200 til 3.200 forskellige tunge køretøjer vil køre i miljøzonen i Aalborg på årsbasis. Undersøgelsen i 2005 viste, at omkring 60% af lastbilerne ikke lever op til Euro II eller ældre i 2005, og at denne procentdel stort set modsvarede det nationale gennemsnit for bilparken. I 2008 var andelen faldet til 30%, hvilket er lavere end det nationale gennemsnit, og tyder på at transportoperatører forbereder sig på de kommende miljøzonekrav i Aalborg. Dette styrkes yderligere af at andelen af Euro IV og V på 28% er højere end landsgennemsnittet på 16%. Andelen af lastbiler, som er Euro II eller ældre må formodes at falde yderligere frem til den 1. februar 2009, hvor miljøzonekravene træder i kraft i Aalborg. Hvis der antages 30%, som er Euro II eller ældre, når miljøzonen træder i kraft i Aalborg svarer det til at omkring 660-960 lastbiler skal udskiftes eller have eftermonteret filter.

## **2.2 Udstedte miljømærker**

Alle indenlandske tunge køretøjer skal have et miljømærke for at kunne køre lovligt i en miljøzone. Der findes tre typer miljøzonemærker: Det grønne mærke, som omfatter Euro 4 eller Euro 5 samt Euro 3 med filter eller ældre med filter. Det hvid-grønne mærke (stribede) er for køretøjer med Euro 3 motor gældende indtil 1. juli 2010, og det røde mærke viser, at køretøjet har dispensation. Miljøzonemærkerne udleveres af synsvirk-somheder, som der findes en del af.

### **Grønne og stribe miljøzonemærker**

Miljøstyrelsen fører statistik med antal udleverede og påsatte miljømærker, se tabel 2.3.

**Tabel 2.3.** Antal modtagne og udstedte miljømærker af synsvirksomhederne pr. 1. marts 2009

Modtaget			Udstedt		
Grønne	Stribede	I alt	Grønne	Stribede	I alt
20.231	17.772	38.003	16.332	13.757	30.089

En næsten fuldstændig opgørelse fra synsvirksomhederne viser, at pr. 1. marts 2009 er der udleveret 22.000 grønne mærker til synsvirksomhederne. Af disse er næsten 75% (ca. 16.300) påsat lastbiler i hele landet. Indtil den 1. marts 2009 er der udleveret godt 19.000 stribede mærker til synsvirksomhederne, hvor også næsten 75% (13.750) er påsat lastbiler.

Der er således i alt påsat omkring 30.000 miljømærker ud af en køretøjspark på omkring 59.000 tunge køretøjer, så omkring 50% af alle indenlandske lastbiler og busser har et miljøzonemærke.

I København og Frederiksberg var skønnet at 8.000 og 12.000 tunge køretøjer kunne blive berørt af miljøzonen og omkring 2.200 til 3.200 i Aalborg. Dette oprindelige skøn er kun omkring 1/3-1/2 af de tunge køretøjer, som rent faktisk har fået påsat miljøzonemærker. Dette kunne skyldes, at transportfirmaerne skønner et større behov for, at deres køretøjer skal kunne køre i miljøzonerne i København og Aalborg end oprindeligt antaget, at de forbereder sig på kommende miljøzoner i de andre byer, eller at de for en sikkerhedsskyld anskaffer sig et miljøzonemærke for at opnå størst mulig fleksibilitet mht. transporter.

Omkring halvdelen af de påsatte mærker (grønne eller stribede) er sat på indenfor perioden 1. september 2008 til 28. februar 2009, hvilket er sammenfaldende med at miljøzonen i København og Frederiksberg trådte i kraft den 1. september 2008 og i Aalborg den 1. februar 2009.

### 2.3 Antal dispensationer

Dispensation for overholdelse af miljøzonekravene om partikelfilter kan udstedes af Miljøstyrelsen i særlige tilfælde i henhold til bekendtgørelsen om miljøzoner.

Miljøstyrelsen kan meddele dispensation, såfremt:

- 1) montering af et partikelfilter på et køretøj vil være sikkerhedsmæssigt uforsvarligt.
- 2) der foreligger særlige omstændigheder og en dispensation vil være af miljø- og sundhedsmæssig underordnet betydning.

Herudover skal Miljøstyrelsen altid give dispensation såfremt kravet om montering af partikelfilter ved kørsel i en miljøzone rammer en virksomhed på en sådan måde, at kravet får karakter af et ekspropriativt indgreb.

Miljøstyrelsen har givet dispensation i en række overgangssituationer, hvor nyt køretøj eller filter er bestilt men endnu ikke leveret. Praksis er ophørt for køretøjer/filtre bestilt efter den 1. marts 2009 – 6 måneder efter indførelsen af første miljøzone i København.

Miljøstyrelsen har i 2009 givet dispensation til kørsel med studenter. Denne dispensationsmulighed vil dog ikke blive genoptaget i 2010.

Frem til juni 2009 er afgjort omkring 216 sager, og der er blevet udleveret omkring 365 røde miljøzonomærker med dispensation (Miljøstyrelsen 2009).

Da der er udstedt omkring 30.000 grønne og sribede miljøzonomærker er antallet af dispensationer på 365 forsvindende lille.

## 2.4 Tilsagn om tilskud til eftermontering af partikelfiltre

Miljøstyrelsen har siden den 6. september 2004 administreret en tilskudsordning, som giver mulighed for at søge om økonomisk tilskud til eftermontering af partikelfiltre på tunge køretøjer. Der er afsat i alt 60 mio. i årene 2004-09 til reduktion af partikeludslip fra tunge køretøjer og støtte til udvikling af miljøzoner ([www.mst.dk](http://www.mst.dk)). Der er mulighed for at søge tilskud fra Miljøstyrelsen til eftermontering af partikelfiltre på køretøjer op til Euro III med op til 30% af prisen excl. moms for det pågældende partikelfilter incl. montering, dog højst op til 15.000 kr. excl. moms.

Omkostninger ved eftermontering af partikelfiltre varierer betydeligt i forhold lastbilen og motorens størrelse. Den vægtede filterpris for alle vægtklasser er anslået til omkring 44.000 kr. (Miljøstyrelsen 2006).

Der er pr. 1/6-2009 givet tilskud til ca. 1.000 virksomheder/personer, og der er i gennemsnit givet ca. 2 tilskud pr. modtager, altså tilskud til ca. 2.000 partikelfiltre.

Euro III eller ældre udgør i 2008 omkring 84% af tunge køretøjer eller omkring 49.300 køretøjer, som har mulighed for at søge om tilskud. Der er indtil videre ydet tilskud til eftermontering af partikelfiltre til omkring 4% af disse.

Der er to hovedtyper af partikelfiltre: CRT – Continuous Regeneration Trap, som er et partikelfilter, som løbende regenereres uden additiv, og en anden type, som er baseret på tilførsel af et additiv til afbrænding af opsamlede partikler. På baggrund af en stikprøvekontrol fås følgende fordeling af partikelfiltre på CRT og additiv typer, se nedenstående tabel.

**Tablet 2.4.** Fordeling af partikelfiltre på CRT og additiv typer ud fra stikprøvekontrol

	CRT (antal)	CRT (%)	Additiv (antal)	Additiv (%)
Lastbiler	18	37	31	63
Busser	7	50	7	50
I alt	25	40	38	60

Omkring 40% er af typen CRT og 60% af typen additiv for de tunge køretøjer. Da forskellige typer af partikelfiltre har forskellige direkte NO<sub>2</sub> andele i udstødningen er denne information vigtig i forbindelse med emissionsbestemmelse.



## 2.5 Antal overtrædelser

Kontrol af overholdelse af miljøzonekravene udføres af parkeringsvagterne (holdende) og politiet (rullende), som kontrollerer om køretøjerne har et gyldigt miljøzonemærke i forruden. Politiet udskriver bødeudlæg ved ulovligt kørsel i miljøzonen, som giver en bøde på ca. 15.000 kr. til vognmanden samt yderligere 5.000 kr. til chaufføren af køretøjet.

I København har der været omkring 150 politianmeldelser indtil maj 2009 (Abdali, 2009).

Det er skønnet, at 5.000 tunge køretøjer dagligt benytter miljøzonen i København omfattende 8.000 til 12.000 forskellige køretøjer på årsbasis. Der har derfor været meget få politianmeldelser i forhold det samlede antal tunge køretøjer, som benytter miljøzonen.

### 3 Før- og mellemmålinger af luftkvalitet på Åboulevard i København

I dette kapitel analyseres og diskuteres data indsamlet under "førmålingerne" i måleperioden 18.10 - 17.12 2004 samt "mellemmålingen" i perioden 11.11 2008 - 12.01 2009. Projektets datagrundlag er de eksisterende målestationer i København, samt en mobil målevogn placeret ud for Åboulevard nr. 11 i København.

Måleparametre for de enkelte stationer fremgår af Tabel 3.1 og omfatter  $PM_{2.5}$  og  $PM_{10}$  som halvtimæværdier målt med TEOM (tapered element oscillating microbalance), ultrafine partikler i størrelsesfraktioner fra 6-700 nm målt med DMPS (differential mobility particle sizer), carbonmonoxid (CO) og nitrogenoxider (NO og  $NO_2$ ) under førmålingen og mellemmålingen. Ovennævnte PM målinger med TEOM metoden kræver af tekniske grunde at indsugningsluften bliver opvarmet til  $50^\circ C$ , som medfører at en del af partikelmassen damper af, og derfor måles mindre end med den officielle referencemetode. SM200 målingerne af  $PM_{10}$ , som gennemføres under NOVANA overvågningsprogramet, opfylder kravene til referencemetoden (Kemp et al. 2010). Dette 'tab' af partikelmassen berører primært den langtransporterede regionale del af luftforureningen (fx ammoniumnitrat) og i langt mindre omfang det lokale trafikrelaterede bidrag (Palmgren et al. 2003; Ellermann et al. 2009). Derfor kan TEOM metoden godt bruges til at evaluere trafikens PM bidrag samt til at se på dennes døgnvariation. Målinger med SM200 vil kun kunne give døgnmiddel og dermed ikke højere tidsopløsning. I dette kapitel vises PM målinger med TEOM metoden direkte uden korrektion for 'tab' af partikelmassen, og værdierne kan derfor ikke sammenlignes direkte med grænseværdierne for  $PM_{10}$  eller  $PM_{2.5}$ .

I mellemmålingen og den planlagte slutmåling i 2010 er der endvidere medtaget organiske målinger, der begrænser sig til hverdage i én udvalgt uge i hver kampagne. Disse omfatter partikelbundne PAH (polycykliske aromatiske hydrocarboner) samt kvantitativ analyse af kulstofindholdet (C) i  $PM_{10}$  fraktionen opgjort som organisk (OC) og elementært kulstof (EC), hvor sidstnævnte kan sidestilles med sod. EC/OC og PAH behandles i slutrapporten, da der i denne statusrapport endnu ikke er noget sammenligningsgrundlag.

**Tabel 3.1.** Måleparametre på stationer i København, som indgår i projektet.

Måleparametre	CO, $NO_x$ , DMPS, $PM_{10}$ , $PM_{2.5}$ , PAH og EC/OC
HCOE	kontinuerlig måleserie
HCAB	kontinuerlig måleserie
AABL	førmåling: 18.10.2004 - 17.12.2004 mellemmåling: 11.11.2008 - 12.01.2009

<sup>a</sup> HCOE: bybaggrundsstation på taget af H. C. Ørstedsinstituttet (PAH og EC/OC måles ikke på denne station), Universitetsparken 5, 2100 Kbh. Ø; <sup>b</sup> AABL: gadestation ud for Åboulevard 11, 1635 København V; <sup>c</sup> HCAB: gadestation ud for H.C. Andersens Boulevard nr. 23, 1553 Kbh. V.



**Figur 3.1.** Åboulevard er en trafikeret gadeslugt ("street canyon") med 3 vejbaner i hver retning.

### 3.1 Analyse af måleserier

Materialet er ikke komplet for alle parametre og målestationer. Eksempelvis var målestationen på AABL ufunktionsdygtig pga. hæværk ved Nytår i perioden 31.12.2008 - 08.01.2009. Målingerne i perioden 22.12.2008 -01.01.2009 er endvidere udeladt af dataanalysen, da kørselsmønstret i julen ikke er repræsentativt.

Data for CO, NO<sub>x</sub>, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub> og DMPS partikelstørrelsesfordelinger er afbildet for AABL eller HCAB fratrukket bybaggrundsmålingerne på HCOE, der er lokaliseret 2 km nord for AABL. Herved kan trafikbidragene fra Åboulevard estimeres i de to perioder vist i Figur 3.2, 3.3 og 3.4. Som diskuteret i starten af dette kapitel forventes det at trafikbidraget for PM samt ændringer i dette bidrag estimeres realistisk ved at tage differencen af TEOM målingerne mellem AABL og HCOE, fordi 'tab' pga. afdampning af flygtige forbindelser er næsten det samme begge steder.

I tolkningen af data skal man være opmærksom på, at de to kampagner er hhv. 6 og 8 uger lange. I Tabel 3.2 er middeltemperatur og nedbørmængde vist for de to kampagner. Bemærk, at de to kampagner er forskudt med ca. en måned samt, at middeltemperatur og middelnedbørmængde er hhv. 6 °C/ 78 mm i 2004 mod 3 °C/ 48 mm i 2008/2009.

**Tabel 3.2.** Månedsmidler for temperatur og nedbørmængde i kampagnemånederne samt normalen de pågældende måneder (kilde DMI).

Måned	2004	2008/ 2009	klimanormal
oktober	9,6 C/ 107 mm		9,1 C/ 76 mm
november	5,4 C/ 56 mm	5,9 C/ 71 mm	4,7 C/ 79 mm
december	4,1 C/ 70 mm	2,6 C/ 32 mm	1,6 C/ 66 mm
januar		1,0 C/ 41 mm	0,0 C/ 57 mm

Den målte partikelmasse består af metalholdigt bremsestøv, jordstøv, salte, vand, EC samt organiske forbindelser, hvoraf en andel har en komponent i både partikel- og gasfasen. Af disse semiflygtige organiske forbindelser vil en vis andel i højere grad befinde sig i partikelfasen frem for gasfasen ved lavere temperaturer, hvorved partikelmassen i PM<sub>2.5</sub> og PM<sub>10</sub> øges. Det vurderes dog, at forskelle i vindhastighed, og dermed

fortyndingen af emissionerne i gadeniveau, er en mere afgørende meteorologisk parameter end temperatur. For at vurdere denne parameters indflydelse beregnes en opkoncentreringsfaktor, Cst, med OSPM (Operational Street Pollution Model) omkring AABL. Ved høj vindhastighed vil opkoncentreringsfaktoren være lav, da trafikemissionerne fortyndes med renere luft og føres bort. Således kan PM for en bestemt gadestation være ens for to scenarier med lav og høj emission fra trafikken, hvis Cst er hhv. høj og lav.

CO emissionen fra dieslbiler er meget lav, ligesom det er tilfældet med CO og NO<sub>x</sub> emissionen fra moderne benzinbiler. CO skyldes formodentlig ældre personbiler, motorcykler og knallerter (Wählin, 2008a) og forventes derfor ikke at påvirkes af indførelsen af miljøzoner, idet de tunge køretøjer som er omfattet heraf fortrinsvis er dieseldrevne. Trafikbidraget til CO på AABL er reduceret med 52% i perioden 2004 til 2008, eller 51% når der tages højde for forskelle i vindhastighed (se senere), og skyldes sandsynligvis en fornyelse af bilparken i samme periode, hvilket betyder lavere emissioner pga. skærpede emissionsnormer.

**Tabel 3.3.** Middelændring i procent i trafikbidraget af CO på HCAB og AABL mellem udvalgte år.

Ændring i CO	2004/2005	2005/2006	2006/2007	2007/2008	2004/2008
HCAB-HCOE (1)	-14%	-49%	-13%	10%	-58%
HCAB-HCOE (2)	-15%	-34%	-20%	-6%	-58%
AABL-HCOE					-52%

HCAB-HCOE (1): Trafikbidragene er opgjort i perioden 11.11 – 21.12, svarende til perioden for mellemmålingen; HCAB-HCOE (2): Trafikbidragene er opgjort i hele perioden 01.09 - 21.12.

CO reduceres omtrent lige meget på AABL og HCAB i perioden 2004 til 2008. Reduktionen i den mellemliggende periode er målt på HCAB og dækker over betragtelige variationer. Endvidere er det afgørende, hvor lang en periode trafikbidraget opgøres over, se Tabel 3.3. Fra 2007 til 2008 måles eks. en stigning på 10% i trafikbidraget til CO, mod et mindre fald på 6%, når perioden udvides fra mellemmålingens 6 uger til 16 uger i perioden 01.09.2008 - 21.12.2008, hvilket kan skyldes at en kortere måleperiode er mere følsom overfor variationer i kørselsmønster, meteorologi mv.

**Tabel 3.4.** Middelændring i procent i trafikbidraget af NO<sub>x</sub> på HCAB og AABL mellem udvalgte år.

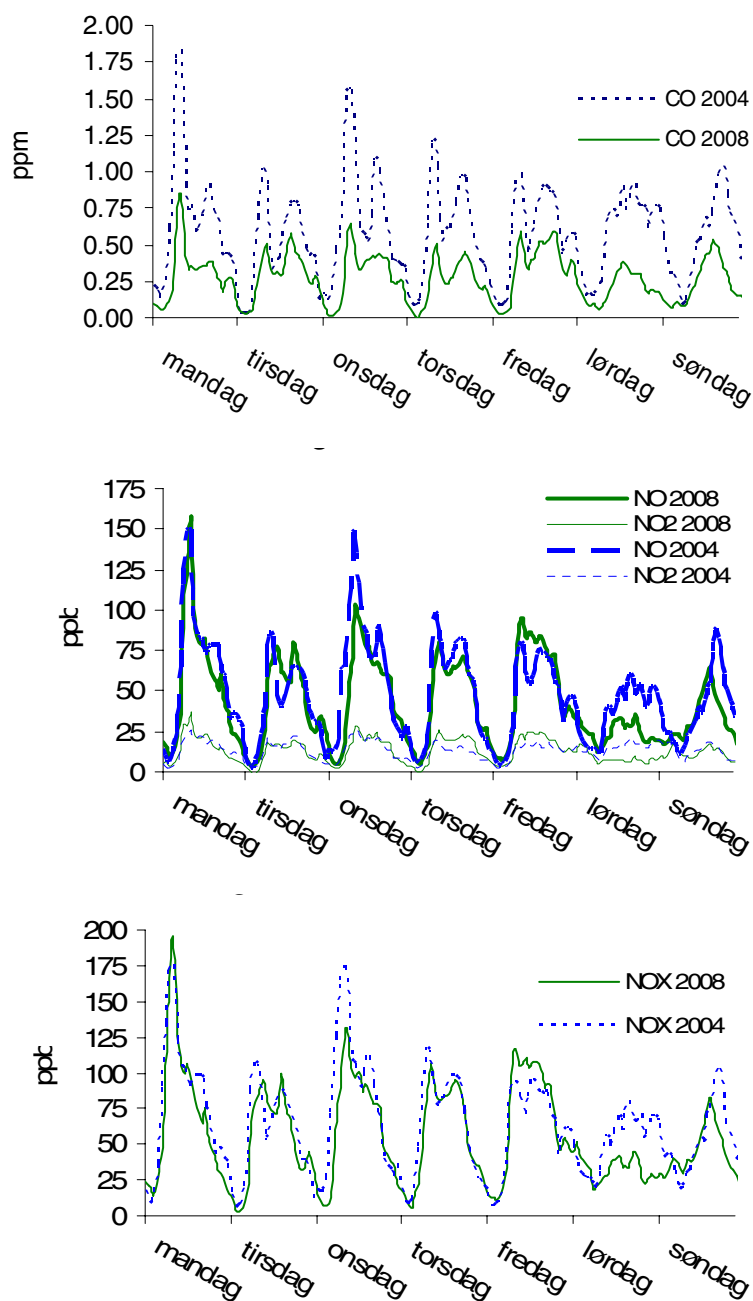
Ændring i NO <sub>x</sub>	2004/2005	2005/2006	2006/2007	2007/2008	2004/2008
HCAB-HCOE (1)	-4%	-42%	7%	22%	-27%
HCAB-HCOE (2)	2%	-36%	15%	6%	-22%
AABL-HCOE					-10%

HCAB-HCOE (1): Trafikbidragene er opgjort i perioden 11.11 – 21.12, svarende til perioden for mellemmålingen; HCAB-HCOE (2): Trafikbidragene er opgjort i hele perioden 01.09 - 21.12.

Trafikbidraget til NO<sub>x</sub> reduceres med 10% på AABL fra 2004 til 2008, hvilket dækker over en reduktion på 12% NO og 4% NO<sub>2</sub> (Figur 3.2). Reduktionen i NO<sub>x</sub> på AABL 2004/2008 er 8%, når der tages højde for forskelle i vindhastighed. Denne modsvarer ikke den markante reduktion i CO, hvilket formodentlig skyldes stigningen i andelen af dieslbiler,

der til forskel fra benzinbilerne emitterer store mængder  $\text{NO}_x = \text{NO} + \text{NO}_2$ .

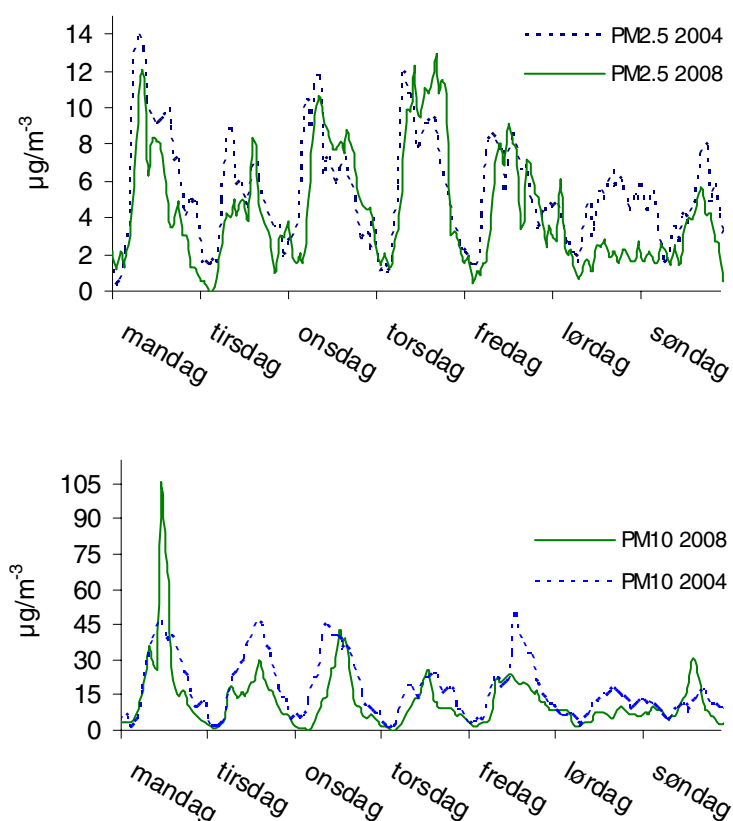
Som for CO kan trafikbidraget til  $\text{NO}_x$  beregnes for de mellemliggende år på HCAB. Dette indikerer, at den egentlige reduktion har fundet sted i 2005/2006 og ikke de efterfølgende år. Målinger og beregningerne over kortere perioder skal dog tages med forbehold, som nævnt tidligere.



**Figur 3.2.** Trafikbidraget opgjort på ugedage for CO og  $\text{NO}_x$  på AABL under 1. målekampagne i 2004 og mellemmålingen 2008. Øverst:CO, midtfor: $\text{NO}_2$  og nederst  $\text{NO}_x$ .

$\text{PM}_{2.5}$  og  $\text{PM}_{10}$  trafikbidragene er reduceret med hhv. 19% og 27% (Figur 3.3) på AABL 2004/2008. Da miljøzonekravene kun reducerer partikeludstødningen og disse partikler er under 2,5 mikrometer bør man forvente at  $\text{PM}_{2.5}$  trafikbidraget procentvis ændres mere end  $\text{PM}_{10}$  trafikbidraget. At det omvendte er konstateret formodes at skyldes, at den tunge trafik på AABL er reduceret væsentligt, hvilket reducerer ikke-

udstødningsdelen af  $PM_{10}$ . Men der er også andre bidrag til  $PM_{10}$ , som ikke er knyttet direkte til trafikken fx saltning. Reduktionen i  $PM_{2.5}$  trafikbidraget er 21%, når der tages højde for forskelle i vindhastighed (se senere).

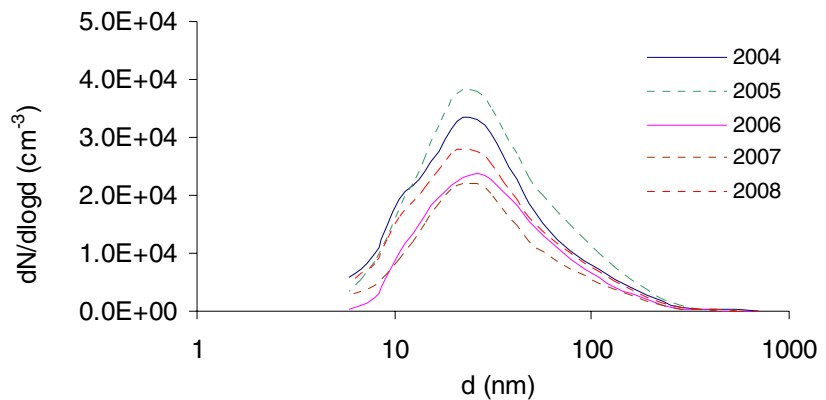


**Figur 3.3.** Trafikbidraget opgjort på ugedage for  $PM_{2.5}$  (øverst) g  $PM_{10}$  (nederst) på AABL under førmålingerne i 2004 og mellemmålingen 2008.

Trafikbidraget til partikler i intervallet 6-700 nm er målt på både AABL, HCAB samt HCOE, men instrumentnedbrud på baggrundsstationen i mellemmålingen vanskeliggør en tilstrækkelig sikker analyse heraf. Disse vurderes derfor udelukkende ud fra perioden 1. september til 22. december 2008 på HCAB og HCOE.

I Figur 3.4 er trafikbidraget til partikelstørrelsesfordelingerne fra 6-700 nm afbildet, herunder de ultrafine partikler med en mobilitetsdiameter mindre end 100 nm. Som for trafikbidraget af  $PM_{2.5}$  ses en mindre reduktion fra 2004 til 2008 på 13%. Denne dækker over små reduktioner og stigninger, og som for  $PM_{2.5}$  trafikbidraget en stigning fra 2007 til 2008. Bemærk i 2004 kondensaterne med mobilitetsdiameter omkring 10 nm, der forsvinder i 2005 efter at indholdet af svovl blev nedsat fra 50 til 10 ppm i brændstof ved årsskiftet mellem 2004 og 2005. Se Wåhlin (2008a) for en mere detaljeret beskrivelse heraf. Efter at være fraværende i 2005-2007, kommer 10 nm-moden tilbage i 2008 efter indførelsen af miljøzoner i København, hvilket kræver yderligere målinger og analyser for at fastlægge om det er en blivende effekt.

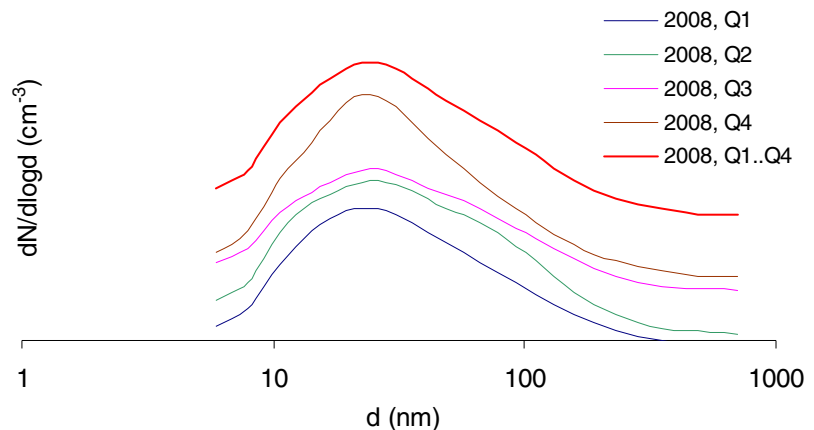
Partikelstørrelsesfordeling fra trafikken, HCAB 2004-2008



**Figur 3.4.** Årlige ændringer i partikelstørrelsesfordelinger for trafikbidraget på HCAB (hverdage) i intervallet 6-700 nm for perioden 01.09 – 21.12.

Opdeles 2008 op i kvartaler, bemærkes det, at 10 nm-moden træder frem i andet halvår 2008, hvorimod moden næsten udjævnes hvis der ses på 2008 inkluderet alle kvartaler, se Figur 3.5.

Partikelstørrelsesfordeling på HCAB, kvartaler 2008



**Figur 3.5.** Partikelstørrelsesfordelinger på HCAB i intervallet 6-700 nm fra 1. kvartal (Q1) til 4. kvartal (Q4) 2008, uden korrektion for bybaggrund. Årsmiddel. Kurverne er forskudt i vertikal retning for bedst mulige visuelle indtryk af størrelsesfordelingen.

Kurverne i Figur 3.5 tyder på, at der omkring sommeren 2008 opstår en mode omkring  $d=10$  nm, der tydeligt ses i 3. og 4. kvartal, hhv. Q3 og Q4. I den årsmidlede størrelsesfordeling, 2008, Q1..Q4, kan man ikke med sikkerhed identificere 10 nm-moden. Det kræver yderligere målinger og analyser for at fastlægge om det er en blivende effekt.

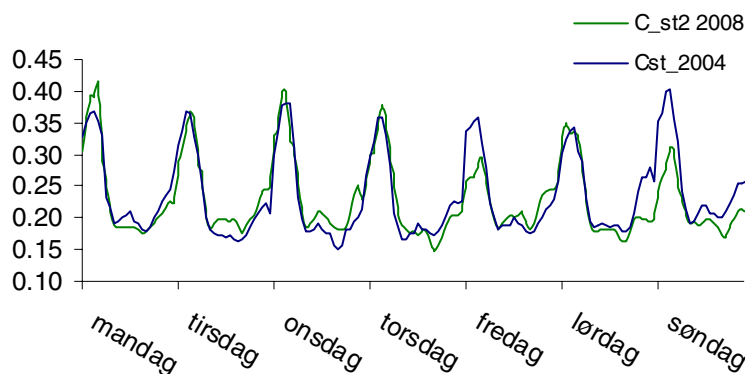
## 3.2 Diskussion og konklusion

For alle forureningsparametre (CO, NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> og antal partikler) på Åboulevard ses samlet en reduktion fra 2004 til 2008. Reduktionen formodes primært at hænge sammen med den løbende udskiftning af bilparken med stadig lavere emissionsnormer til følge. Reduktionen i antal partikler skyldes dog især, at indholdet af svovl blev nedsat markant ved overgangen 2004/2005. Effekten heraf mindskes dog af en stadigt stigende andel af dieselmotorer i den danske bilpark, se kapitel 4. Analysen viser også at det er vanskeligt at isolere effekten af miljøzonekravene ud fra målingerne. Førmålingerne burde have været foretaget i månederne umiddelbart op til indførelsen af miljøzonen den 1. september 2008, i stedet for i slutningen af 2004. Førmålingerne blev imidlertid påbegyndt i slutningen af 2004 i forventning om at miljøzonen snarest blev vedtaget, hvilket ikke viste sig at holde stik. Selvom førmålingerne havde været foretaget umiddelbart før miljøzonen trådte i kraft ville det stadigvæk være vanskeligt at isolere effekten af miljøzonekravene, da de forventede ændringer er relativt små, og at en række andre parametre varierer, så som meteorologien og trafikken. Der foreligger ikke målinger for den mellemliggende periode på AABL, men derimod på HCAB, der dog ikke i samme grad som AABL er præget af tung trafik, som miljøzonerne i 2008 er rettet mod. Målingerne på HCAB viser, at flere forureningskomponenter øges fra 2007 til 2008.

Som tidligere omtalt kan bl.a. temperatur påvirke nogle af partikelkomponenterne. Den vigtigste meteorologiske parameter er dog vindhastigheden, og dermed fortynding af forureningen i gaden. For at vurdere vindhastighedens betydning for AABL, blev opkoncentreringsfaktoren, Cst, modelleret med OSPM modellen for AABL i de to kampagner. Opkoncentreringsfaktoren er omvendt proportional med fortyndingen, og dermed en indikator for især vindhastighedens indflydelse på koncentrationerne. Variationen i Cst er vist i Figur 3.6 og giver kun anledning til mindre afvigelser fra de tidligere målte værdier. Den observerede koncentrationsreduktion skyldes derfor ikke forskelle i meteorologiske forhold mellem førmålingerne og mellemmålingerne.



Opkoncentringsfaktoren, Cst, for Aaboulevard 2004-2008



**Figur 3.6.** Den modellerede opkoncentringsfaktor, Cst, opgjort på ugedage under 1. målekampagne i 2004 og mellemmålingen 2008.

I Tabel 3.3-3.4 er forskelle i trafikbidraget til CO og NO<sub>x</sub>, opgjort for perioden 11. november til 22. december svarende til mellemmålingen, samt for en udvidet periode 1. september til 22. december. Betydningen af måleseriens længde ses tydeligst for CO, hvor denne bestemmer om ændringen i 2007/2008 bliver positiv eller negativ.

Ud fra partikelstørrelsesfordelingen på HCAB blev der konstateret et 10-nm mode i 3. og 4. kvartal, hvilket tidligere er associeret med emissioner fra dieseltrafik under anvendelse af diesel med højt svovlindhold. Hvorvidt disse ultrafine partikler kan relateres til indførelsen af miljøzoner, eks. udskiftning af ældre lastbiler med nyere motorer, kræver længere tidsserier, og vil blive taget op i projektets næste fase.

Fra 2004 til 2008 er det totale antal køretøjer faldet med ca. 5% på AABL. I samme tidsrum er andelen af den tunge trafik faldet fra 3,5% til 2%, hvilket skyldes en markant reduktion i antallet af busser og en reduktion i lastbiler. Det totale antal køretøjer er normalt godt bestemt, da det er baseret på kontinuerte maskinelle trafiktællinger. I 2004 var der imidlertid tekniske problemer med de maskinelle tællinger i målekampagneperioden, hvorfor det har været nødvendigt at basere vurderingen af trafikken trafiktællinger for den tilsvarende periode i 2003. Mht. til køretøjfordelingen bestemmes denne ud fra manuelle tællinger, der er ressourcerekrævende at gennemføre. Manuelle tællinger er kun udført i måleperioderne for en sammenhængende periode på 24 timer hhv. 2 gange i 2004 og en gang i 2009. Der er derfor en vis usikkerhed på både det totale antal køretøjer samt på køretøjssammensætningen. Hvis det totale antal køretøjer er faldet lidt og især hvis andelen af den tunge trafik er faldet markant har dette også bidraget til reduktionen i koncentrationerne fra 2004 til 2008/09.

Ud fra de nuværende måledata kan der ikke entydigt måles en effekt af indførelsen af miljøzonen i 2008. En evt. effekt overskygges af usikkerheden ved måleperiodernes længde og tiden mellem de to perioder. Hertil kommer den løbende udskiftning af bilparken samt forskelle i kørselsmønster og trafikbelastning samt meteorologiske forhold. Flere af disse parametre forventes dog at udvise mindre variation til den kommende slutmåling i 2010.

## 4 Sammenligning af modelberegninger og målinger på Åboulevard i København

I dette kapitel præsenteres beregninger af luftkvaliteten på Åboulevard, som er gennemført ved hjælp af DMU's gadeluftsmode, OSPM (Berkowicz, 2000). Beregningerne er foretaget for samme tidsperioder som for førmålingerne og mellemmålinger, og modelresultater er sammenlignet med målinger for at kunne vurdere usikkerheden på de modeller, som ligger til grund for beregning af effekten af miljøzonekravene.

Formålet med modelberegninger i dette kapitel er at validere beregningsmetoden for spredningsmodellen samt emissionsmodellen. Det er relevant, når modellen skal bruges til scenarioberegninger.

Beregningerne kræver en lang række af input data om sammensætning af trafikken på den pågældende gade, om bilparken og emissioner fra de enkelte køretøjer, som varierer fra år til år. Disse input data er beskrevet i det følgende. For at validere forudsætningerne præsenteres også beregninger for to andre gader (Jagtvej og H.C. Andersens Boulevard i København), hvor DMU foretager målinger løbende.

Alle  $PM_{2.5}$  og  $PM_{10}$  værdier i dette kapitel, både målinger og modelresultater svarer til TEOM metoden og kan ikke direkte sammenlignes med grænseværdien. Som diskuteret i starten af kapitel 3 forventes at trafikbidraget for PM samt ændringer i dette bidrag estimeres realistisk ved at tage differencen af TEOM målingerne mellem AABL og HCOE, fordi 'tab' pga. afdampning af flygtige forbindelser er næsten det samme begge steder og effekten dermed ophæves. Dermed forventes også at de PM emissionsfaktorer som bruges i OSPM modellen er realistiske og afspejler den korrekte døgnvariation af trafikens bidrag.

### 4.1 Opsætning af modellen

#### 4.1.1 Sammensætning af bilparken

Fordeling på emissionsnormer, herunder euronormer, og brændselstyper (diesel og benzin), er opdateret med nyeste data, som svarer til DMU's sidste rapporter om  $NO_2$  (Ketzal & Palmgren 2008, Jensen & Ketzal 2009).

På basis af disse rapporter antages at dieselandelen for personbiler er 10% i 2004 og 29% i 2008 (svarer til scenario med stabilisering på knap 60% i 2020).

I 2008 er antaget at miljøzonestyringen har indflydelse på sammensætningen af de tunge køretøjer, dvs. tunge køretøjer til og med Euro II bliver erstattet af nye Euro IV køretøjer eller køretøjerne får partikelfilter.

Der er gjort rede for modelforudsætningerne i flere detaljer i afsnit 5.2.1.

#### 4.1.2 Trafiktællinger

I sammenhæng med de to målekampagner blev der gennemført en række manuelle og maskinelle trafiktællinger på AABL. De i alt 4 manuelle tællinger giver køretøjssammensætningen på ugedage og en lørdag (se Tabel 4.1). Denne information blev flettet sammen med de maskinelle tællinger til repræsentative trafikvariationer over en gennemsnitsuge, som kan anvendes i OSPM (se Tabel 4.2 og Figur 4.1). Bemærk at der ikke blev foretaget maskinelle målinger i 2004, derfor anvendes data fra samme periode i 2003. Fra 2004 til 2008 er det totale antal køretøjer (ÅDT) faldet med ca. 5% (Tabel 4.2). I samme tidsrum er andelen af den tunge trafik faldet fra 3,5% til 2%, hvilket skyldes en markant reduktion i antallet af busser og en reduktion i lastbiler.

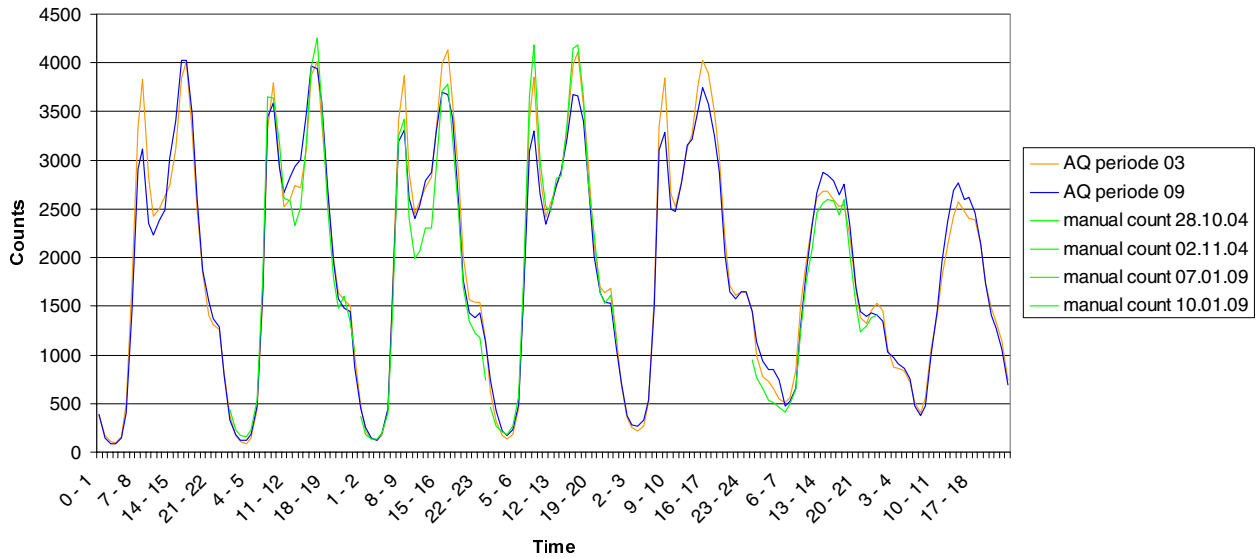
**Tabel 4.1.** Resultater af de manuelle trafiktællinger på Åboulevard.

Dato – ugedag	ÅDT	Personbiler	Taxa	Varebiler	Lastbiler	Busser
28.10.04 torsdag	51414	75,9%	6,7%	13,0%	2,6%	1,9%
02.11.04 tirsdag	48736	75,5%	6,2%	13,6%	2,7%	2,7%
07.01.09 onsdag	46050	79,0%	4,7%	14,1%	1,6%	0,65%
10.01.09 lørdag	34624	84,7%	9,1%	5,4%	0,38%	0,44%

**Tabel 4.2.** Gennemsnitlige køretøjssammensætning som blev brugt i beregningerne.

Gade	ÅDT	Personbiler	Taxa	Varebiler	Lastb.<16t	Lastb.>16t	Busser
Åboulevard 2004	47521	77,9%	7,6%	11,0%	1,7%	0,3%	1,5%
Åboulevard 2008	44929	84,1%	6,8%	7,1%	1,1%	0,2%	0,6%
Jagtvej alle år	28779	77,9%	7,7%	11,3%	1,7%	0,2%	1,2%
HCAB alle år	59899	77,9%	8,6%	9,6%	2,2%	0,4%	1,4%

### Automatic counts during the AQ measurement periode vs. manual counts



**Figur 4.1.** Tidslige variation af totale antal køretøjer i de to måleperioder (baseret på maskinelle tællinger) og på de 4 dage med manuelle tællinger. Der blev ikke foretaget maskinelle målinger i 2004 derfor anvendes data fra samme periode i 2003.

#### 4.1.3 Emissioner per køretøj

DMU's database med emissioner fra de forskellige køretøjskategorier er som tidligere baseret på data fra COPERT 4 (EEA, 2007), der også benyttes i DMUs nationale emissionsopgørelser for den samlede vejtrafik.

Andelen af direkte  $\text{NO}_2$  emissioner af de totale  $\text{NO}_x$  emissioner er beregnet efter COPERT 4 og nyeste litteratur og danske data som er beskrevet i *Jensen & Ketzel (2009)*.

De anvendte emissionsfaktorer er beskrevet i Tabel 4.3. Der observeres en betydelig reduktion i emissionsfaktorerne især for  $\text{NO}_x$  og CO fra 2004 til 2008 pga. fornyelse af bilparken. Også udstødningsemissioner for partikler (PM Exh) reduceres for alle køretøjer bortset fra personbiler.  $\text{PM}_{2.5}$  og  $\text{PM}_{10}$  ikke-udstødning reduceres totalt set, fordi den samlede trafikmængde falder lidt, men især fordi den tunge trafik reduceres.

**Tabel 4.3.** Emissionsfaktorer i g/km for 2004 og 2008 beregnet med WinOSPM's emissionsmodul baseret på COPERT 4. PM<sub>10</sub> er summen af PMExh = udstødningsemissioner og PM10NonExh = ikke-udstødning, som dæk-, bremse- og vejslidt samt opvirvling. Tilsvarende PM<sub>2.5</sub> = PMExh + PM2.5NonExh. "Gennemsnit alle" tager hensyn til køretøjsfordelingen på AABL

År / stof	Gennemsnit alle	Personb.	Taxa	Vareb.	Lastb.<16t	Lastb.>16t	Busser
<b>2004</b>							
NOx	1,21	0,71	1,15	1,22	7,94	13,87	10,41
CO	3,72	4,41	0,45	1,77	2,26	2,86	2,63
PMExh	0,047	0,017	0,089	0,107	0,252	0,416	0,386
PM10Nonexh	0,061	0,049	0,071	0,071	0,230	0,258	0,230
PM10	0,108	0,066	0,160	0,178	0,482	0,674	0,616
PM2.5Nonexh	0,019	0,015	0,021	0,022	0,062	0,081	0,062
PM2.5	0,066	0,032	0,110	0,129	0,314	0,497	0,448
<b>2008</b>							
NOx	0,75	0,50	0,95	1,04	6,99	11,99	8,76
CO	2,09	2,28	0,33	1,13	2,02	2,36	2,01
PMExh	0,027	0,017	0,048	0,078	0,157	0,240	0,206
PM10Nonexh	0,056	0,049	0,070	0,071	0,230	0,258	0,230
PM10	0,083	0,066	0,118	0,149	0,387	0,498	0,436
PM2.5Nonexh	0,017	0,015	0,021	0,022	0,062	0,081	0,062
PM2.5	0,044	0,032	0,069	0,100	0,219	0,321	0,268
<b>relativ ændring (2008 - 2004) /2004</b>							
NOx	-38%	-29%	-17%	-15%	-12%	-14%	-16%
CO	-44%	-48%	-27%	-36%	-11%	-17%	-23%
PMExh	-43%	0%	-46%	-27%	-38%	-42%	-47%
PM10Nonexh	-8%	0%	-1%	0%	0%	0%	0%
PM10	-23%	0%	-26%	-16%	-20%	-26%	-29%
PM2.5Nonexh	-11%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
PM2.5	-33%	0%	-37%	-22%	-30%	-35%	-40%

#### 4.1.4 Bybaggrundskoncentrationer og meteorologi

Bybaggrundskoncentrationer er fra H.C. Ørsted Institutet (HCOE), og meteorologiske data er ligeledes herfra for de pågældende tidsperioder for formålingerne og mellemmålingerne (Kemp et al. 2010).

## 4.2 Resultater

I det følgende præsenteres tabeller og figurer med beregningsresultater sammenlignet med målinger for NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, PM<sub>10</sub> og PM<sub>2.5</sub>. Først vises gennemsnitsværdier i henhold til målinger og beregninger for gade- og bybaggrundskoncentrationer. Dernæst vises for hver luftforureningskomponent resultater for de to målekampagner på Åboulevard i 2004 og 2008/9 som døgnvariation over en gennemsnitsugedag samt resultater fra de permanente målestationer på Jagtvej og H.C. Andersens Boulevard som årsmiddel over en 15-års periode.

#### Målte og beregnede middelværdier for 2004 og 2008/09

Gadekoncentrationerne på Åboulevard i 2004 og i 2008/09 samt den procentvise ændring mellem disse år fremgår af tabel 4.4.

**Tabel 4.4.** Gennemsnit i henhold til målinger og beregninger i de to måleperioder 2004 og 2008/9, samt ændring i procent. Alle tal repræsenterer koncentration på gaden på Åboulevard, dvs. baggrund er ikke trukket fra. PM<sub>10</sub> og PM<sub>2.5</sub> værdier svarer til TEOM metoden, se bemærkning i starten af kapitel 4.

År	NO <sub>x</sub> (µg/m <sup>3</sup> )		NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )		CO (mg/m <sup>3</sup> )		PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )		PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	
	målt	model	målt	model	målt	model	målt	model	målt	model
2004	155.3	167.0	52.5	57.8	1.02	0.78	32.1	27.0	15.0	16.8
2008	128.8	113.7	45.7	47.8	0.61	0.51	24.1	21.5	14.0	14.8
Ændring	-17%	-32%	-13%	-17%	-40%	-35%	-25%	-21%	-6.6%	-12%

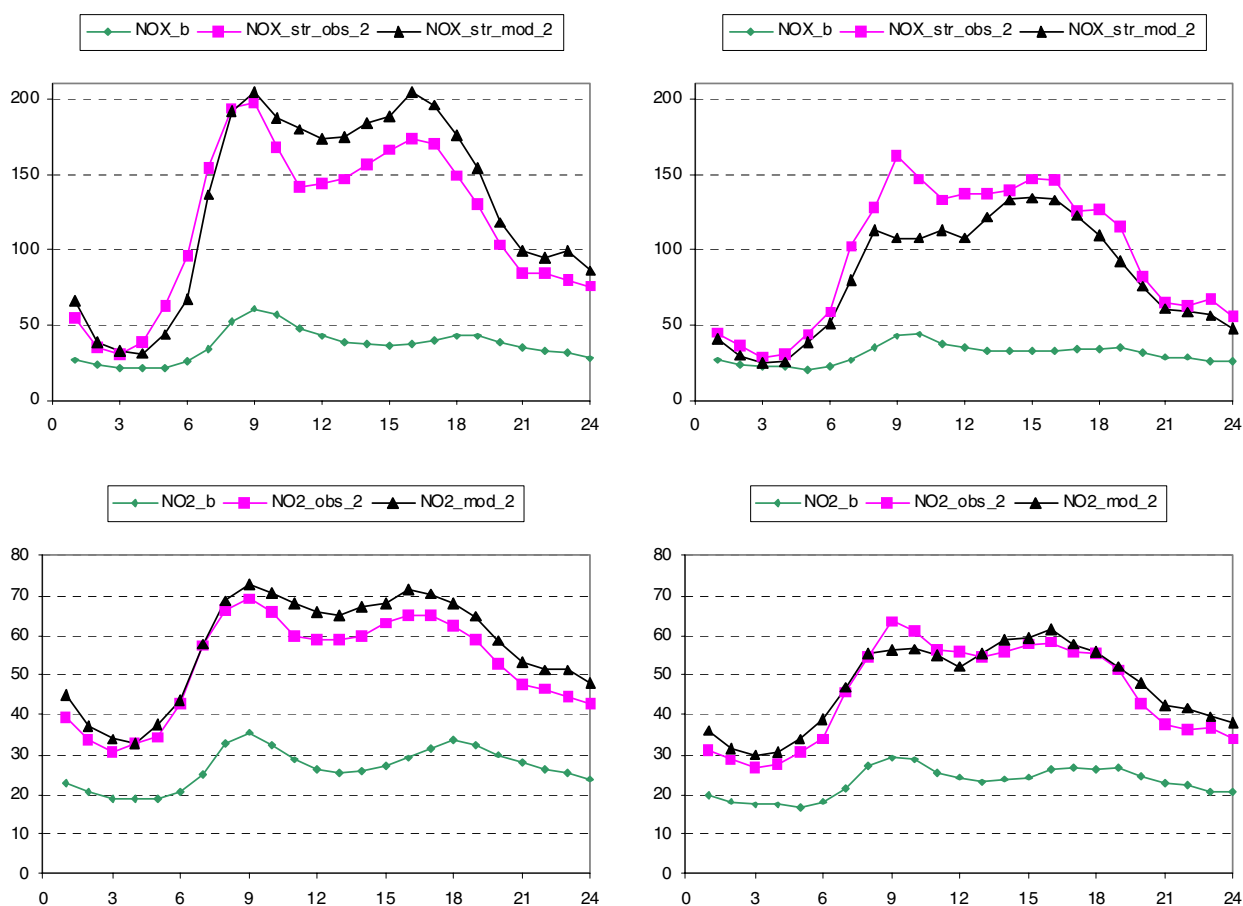
Gadekoncentrationerne i 2004 og i 2008/09 samt den procentvise ændring mellem disse år fremgår af tabel 4.5.

**Table 4.5.** Gennemsnit i bybaggrund (HCOE) målt i de to måleperioder 2004 og 2008/9, samt ændring i procent. PM<sub>10</sub> og PM<sub>2.5</sub> værdier svarer til TEOM metoden, se bemærkning i starten af kapitel 4.

År	NO <sub>x</sub> (µg/m <sup>3</sup> )		NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )		CO (mg/m <sup>3</sup> )		PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )		PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	
	målt baggrund		målt baggrund		Målt baggrund		målt baggrund		målt baggrund	
2004	36.6		26.8		0.36		15.0		9.6	
2008	30.7		23.1		0.28		12.1		9.8	
Ændring	-16%		-14%		-22%		-20%		2.2%	

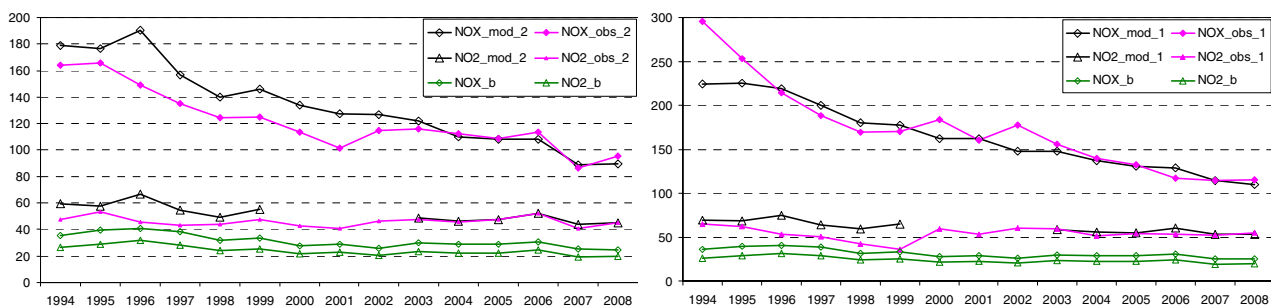
#### 4.2.1 Døgnvariation og trend for NO<sub>x</sub> og NO<sub>2</sub>

Resultater for beregninger for NO<sub>x</sub> og NO<sub>2</sub> på Åboulevard er vist i Figur 4.2. Modellen er i stand at reproducere både den tidslige variation i målinger og koncentrationsniveauerne. Reduktionen fra 2004 til 2008 er resultat af reduktioner i trafikmængden, andelen af tung trafik og emissioner per køretøj. Modellen overvurderer den reduktion og specielt maksimum i morgentrafikken bliver mindre godt afspejlet i modellen i 2008. Det skyldes muligvis at trafiktællinger på en enkelt dag i januar 2009 ikke er repræsentativt for køretøjssammensætningen i hele måleperioden. Der forventes afklaring af dette, når nummerplade data kan inddrages i analysen.



**Figur 4.2.** Gennemsnitlig døgnvariation af  $\text{NO}_x$  og  $\text{NO}_2$  målinger og modelberegninger på Åboulevard i kampagneperioderne. Venstre: 2004, højre: 2008, øverst:  $\text{NO}_x$ , nederst:  $\text{NO}_2$ . Vist er målinger ("obs") på gaden (pink kurver), modelresultater ("mod") på gaden (sort) samt målinger i bybaggrunden ("b") (grønne). For  $\text{NO}_x$  er vist trafikens bidrag ("str") til koncentrationer (gade minus baggrund) mens der for  $\text{NO}_2$  vises koncentrationer i gaden. Enhed:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

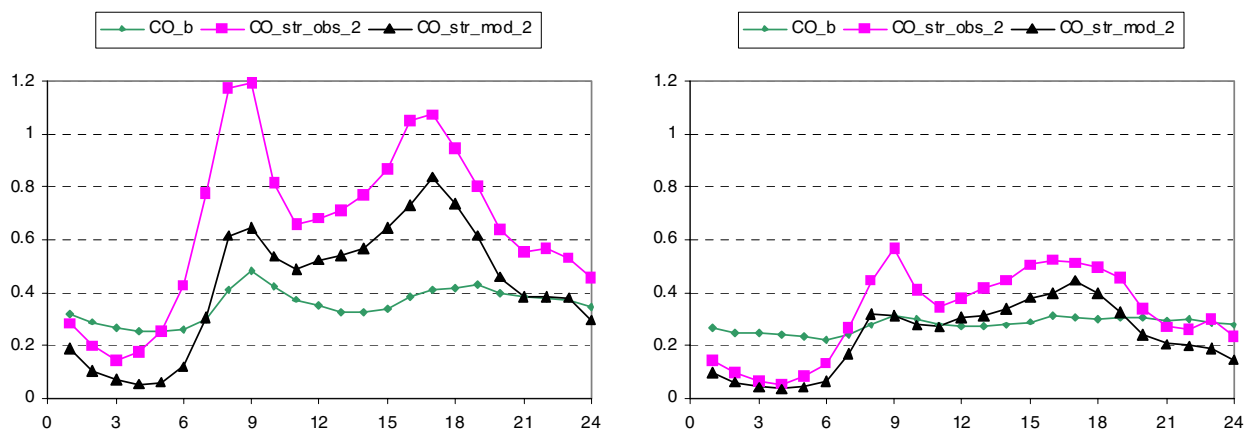
Resultater for Jagtvej og H.C. Andersens Boulevard i Figur 4.3 bekræfter at modellen er i stand til at beskrive udviklingen i koncentrationerne af  $\text{NO}_x$  og  $\text{NO}_2$  efter at der har været fokus på udviklingen af emissionsmodellen for  $\text{NO}_x$  og direkte  $\text{NO}_2$  i de seneste år i forbindelse med en serie af undersøgelser (Ketzel & Palmgren 2008, Jensen & Ketzel 2009). I disse beregninger er der antaget at trafikmængder og andelen af tung trafik er konstant over hele perioden. Muligvis har der været mindre trafik i tidligere år og modellen overvurderer i perioden før 2002 på Jagtvej. Der ses et fald i  $\text{NO}_x$  fra 2004 til 2008 som for Åboulevard, mens  $\text{NO}_2$  er mere eller mindre konstant, hvor den faldt på Åboulevard. Grunden til at  $\text{NO}_2$  er konstant på Jagtvej og H.C. Andersens Boulevard er at trafikniveauet og tung andelen ikke ændrer sig som på Åboulevard, og at den stigende direkte  $\text{NO}_2$  andel dermed står igennem.



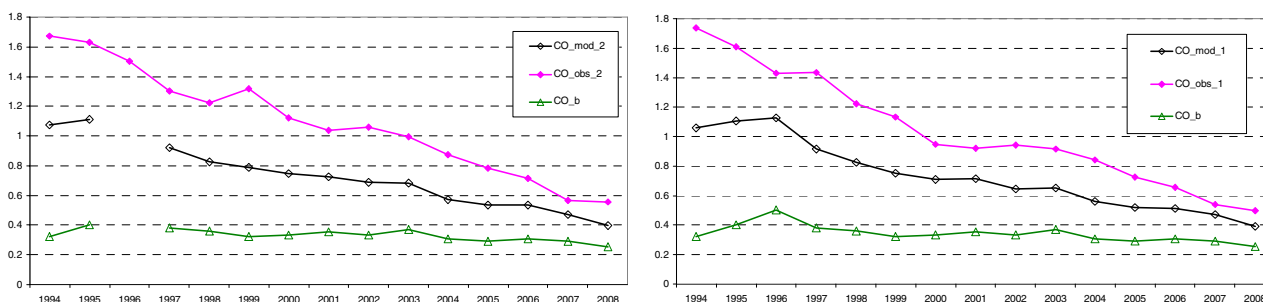
**Figur 4.3.** Tendens for årsmiddelværdier for NO<sub>x</sub> og NO<sub>2</sub> venstre: Jagtvej, højre: H.C. Andersens Boulevard. Vist er målinger ("obs") på gaden (pink kurver), model resultater ("mod") på gaden (sort) samt målinger ("b") i bybaggrunden (grønne). Enhed: µg/m<sup>3</sup>

### 4.2.2 Døgnvariation og trend for CO

Fra 2004 til 2008 viser både model og målinger en reduktion i CO koncentrationer på Åboulevard på ca. 50% af trafikbidraget (gade minus bybaggrund) (Figur 4.4). Modellen undervurderer de målte CO koncentrationer for trafikbidraget med omkring 50%. Denne betydelige undervurdering observeres i lignende omfang også for de permanente målestationer (Figur 4.5) og skyldes muligvis at de anvendte emissionsfaktorer i COPERT 4 modellen er for lave, som diskuteret i litteraturen (Berkowicz et al. 2006).



**Figur 4.4.** Gennemsnitlig døgnvariation af CO målinger og modelberegninger på Åboulevard i kampagneperioderne., venstre: 2004, højre: 2008. Vist er målinger på gaden (røde kurver), model resultater på gaden (sort) samt målinger i bybaggrunden (grønne). Der vises trafikens bidrag til koncentrationer (gade minus baggrund). Enhed: mg/m<sup>3</sup>



**Figur 4.5.** Tendens for årsmiddelværdier for CO venstre: Jagtvej, højre: H.C. Andersens Boulevard. Vist er målinger på gaden (lyserøde kurver), modelresultater på gaden (sort) samt målinger i bybaggrunden (grønne). Enhed: mg/m<sup>3</sup>

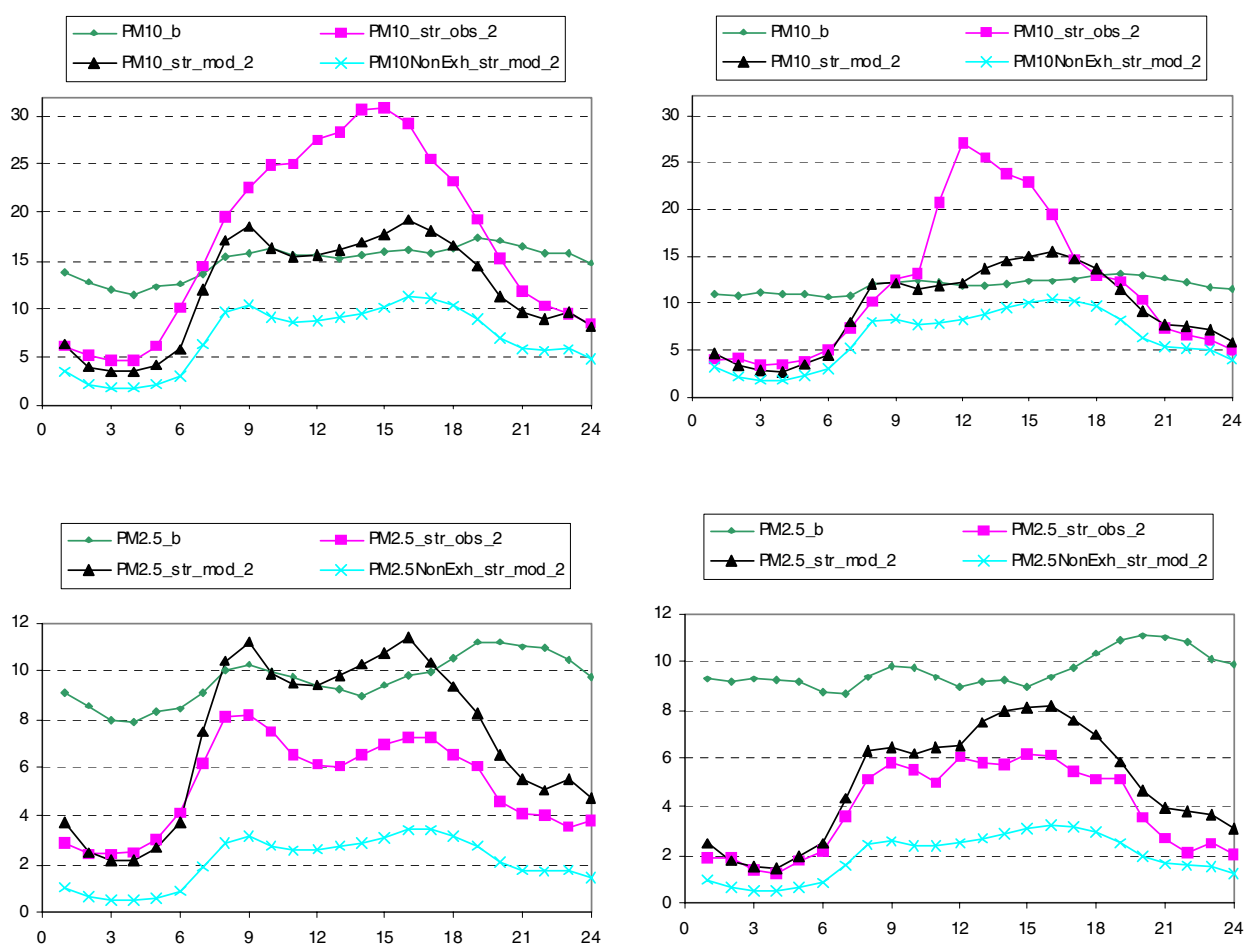


### 4.2.3 Døgnvariation og trend for PM<sub>10</sub> og PM<sub>2.5</sub>

Modelresultater for trafikbidraget af PM<sub>10</sub> og PM<sub>2.5</sub> viser en reduktion fra 2004 til 2008 på ca. 20-30% (gadekoncentrationer minus byggrundskoncentrationer) og er i overensstemmelse med den beregnede emissionsreduktion (se Tabel 4.3).

Målinger for PM<sub>10</sub> viser også en reduktion af lignende størrelse, og modellen undervurderer minimalt. I 2008 observeres meget høje spidsværdier omkring middag på enkelte dage, hvilket har effekt på middelværdien og skyldes nogle særlige forhold (muligvis saltning, ekstreme ikke-udstødningsemissioner eller ikke-trafik kilder) som ikke er inkluderet i modellen (se også Figur 3.2 i kapitel 3).

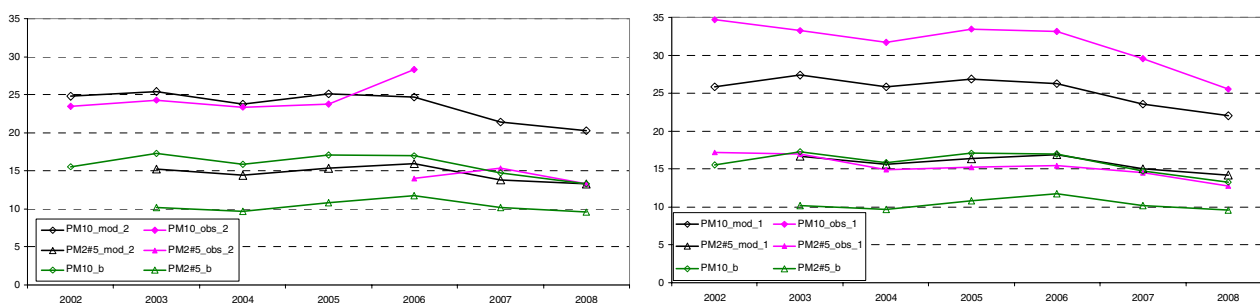
Målinger af trafikbidraget for PM<sub>2.5</sub> i 2008 bliver meget godt reproduceret af modellen. PM<sub>2.5</sub> trafikbidraget falder fra 2004 til 2008, hvilket er i overensstemmelse med fald i PM<sub>2.5</sub> emissionen, men modellen overvurderer trafikbidraget i 2004.



**Figur 4.6.** Gennemsnitlig døgnvariation af PM<sub>2.5</sub> og PM<sub>10</sub> målinger og modelberegninger på Åboulevard i kampagneperioderne, venstre: 2004, højre: 2008, øverst: PM<sub>10</sub> nederst: PM<sub>2.5</sub>. Vist er målinger på gaden (pink kurver), model resultater på gaden (sort) samt målinger i byggrund (grønne). I alle grafer er vist trafikens bidrag til koncentrationer (gade minus baggrund). Koncentrationsbidrag som skyldes ikke-udstødnings emissioner er vist med blå kurver. PM<sub>10</sub> og PM<sub>2.5</sub> værdier svarer til TEOM metoden se bemærkning i starten af kapitel 4. Enhed: µg/m<sup>3</sup>

Valideringsberegninger på de to permanente stationer Jagtvej og H.C. Andersens Boulevard (Figur 4.7) er i god overensstemmelse for PM<sub>2.5</sub> målinger med TEOM. Også PM<sub>10</sub> med TEOM på Jagtvej bliver godt afspejlet af modellen. I foråret 2006 blev der på Jagtvej skiftet fra PM<sub>10</sub> til PM<sub>2.5</sub> målinger, og tidsserierne er for korte (specielt for PM<sub>10</sub>) til en sammenligning med modelresultater. For PM<sub>10</sub> med TEOM på H.C. Andersens Boulevard viser modellen for lave koncentrationer. Denne undervurdering er tidligere blevet konstateret og diskuteret (f.eks. Ketzal et al. 2007), og skyldes nogle særlige forhold på denne vejstrækning. Som grunde blev tidligere diskuteret ikke-trafik kilder bl.a. pollen fra tætbeliggende træer, samt vejbelægningen.

Nyasfaltering af vejbelægningen på H.C. Andersens Boulevard i efteråret 2008 har vist, at dette har stor indflydelse på PM<sub>10</sub> koncentrationen (SM200), som faldt fra 39 µg/m<sup>3</sup> til 32 µg/m<sup>3</sup> fra 2008 til 2009, se yderligere detaljer i afsnit 5.2.2.



Figur 4.7. Tendens for årsmiddelværdier for PM<sub>10</sub> og PM<sub>2.5</sub> venstre: Jagtvej, højre: H.C. Andersens Boulevard. Vist er TEOM målinger på gaden (pink kurver), model resultater på gaden (sort) samt TEOM målinger i bybaggrunden (grønne). Enhed: µg/m<sup>3</sup>

### 4.3 Konklusion

Sammenfattende kan det konstateres at OSPM modellen i tilfredsstillende omfang er i stand at afspejle de målinger, som blev foretaget på Åboulevard i 2004 og 2008. De bedste resultater opnås for NO<sub>x</sub> og NO<sub>2</sub>. Også PM<sub>10</sub> og PM<sub>2.5</sub> målinger bliver i det væsentlige godt afspejlet i modellen, bortset fra nogle særlige forhold i målingerne for PM<sub>10</sub> i 2008 og for PM<sub>2.5</sub> i 2004. Tendensen i CO målingerne bliver godt reproduceret men på et for lavt niveau. For lave emissionsfaktorer er formodentlig grunden til at modellen gennemgående undervurderer målingerne af CO.

Modellen er derfor velegnet til at anvende til scenarioberegningerne af effekter af miljøzonekravene.

## 5 Effektvurdering af miljøzoner for luftkvaliteten for 138 gader i København

I dette kapitel beskriver vi resultater fra modelberegninger for 2010, 2015 og 2020 af den forventede effekt af de vedtagne miljøzonekrav for emissionen inden for miljøzonen i København og for luftkvaliteten på 138 trafikerede gader i København. Indledningsvis redegøres for tidligere vurderinger af indførelse af miljøzoner, før de endelige vedtagne regler for miljøzoner faldt på plads.

### 5.1 Effektvurderinger før de vedtagne miljøzoneregler

Der har været gennemført en række forundersøgelser og analyser af den forventede miljøeffekt af miljøzoner inden miljøzonenloven blev vedtaget. Disse studier har især fokuseret på modelberegninger af emission, luftkvalitet, og samfundsøkonomi af forskellige miljøzonekrav, som på nogle punkter er forskellige fra de endeligt vedtagne miljøzonekrav. Der har også i det såkaldte partikelprojekt – et projekt, der finansieres af Miljøstyrelsen (Wählin, 2008a) – været gennemført samtidige målinger af PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> og antal partikler i gadeniveau og i bybaggrund kombineret med receptormodellering med henblik på at kunne bestemme, hvilke kilder der er til forureningen. Selvom det er antaget at partikelfiltre reducerer partikelemissionen med 80% viste de første modelberegninger en beskedne reduktion i koncentrationen både i bybaggrund og i gadeniveau. Beregnede koncentrationer på Åboulevard i København reduceres med 4%, 6%, og 13-20% for hhv. PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> og antal partikler (Palmgren et al. 2005a,b). Grunden til den beskedne reduktion af PM<sub>10</sub> og PM<sub>2.5</sub> er, at det regionale (langtransporterede) koncentrationsbidrag er stort, og at partikelfiltre kun reducerer udstødningen mens ikke-udstødningsdelen ikke påvirkes. Ikke-udstødningsdelen udgør en væsentlig del af den samlede emission og omfatter vejstøv, dækslid og bremseslid samt ophvirling heraf.

Samfundsøkonomiske analyser baseret på cost-benefit analyser har vist et positivt samfundsøkonomisk resultat ved indførelse af miljøzoner trods beskedne reduktioner i PM<sub>2.5</sub> koncentrationen (Palmgren et al. 2005a; Miljøstyrelsen 2006).

### 5.2 Effektvurdering af de vedtagne miljøzonekrav

Modelberegninger er udført for 2010, 2015 og 2020 af den forventede effekt af de vedtagne miljøzonekrav i miljøzonenloven for emissionen inden for miljøzonen i København og for luftkvaliteten på 138 trafikerede gader i København af den vedtagne miljøzone (Jensen et al. 2009).

Miljøzonen er i disse beregninger defineret som den geografiske udstrækning af København og Frederiksberg kommuner selvom den nuværende miljøzone er lidt mindre. Den geografiske udstrækning udvides dog til ovenstående udstrækning fra den 1. november 2009. Det er valgt at regne på et scenarium i 2010, hvor både trin 1 og 2 af miljøzonekrave-

ne er gældende for at kunne vurdere den fulde effekt af miljøzonekravene.

### 5.2.1 Forudsætninger og metode

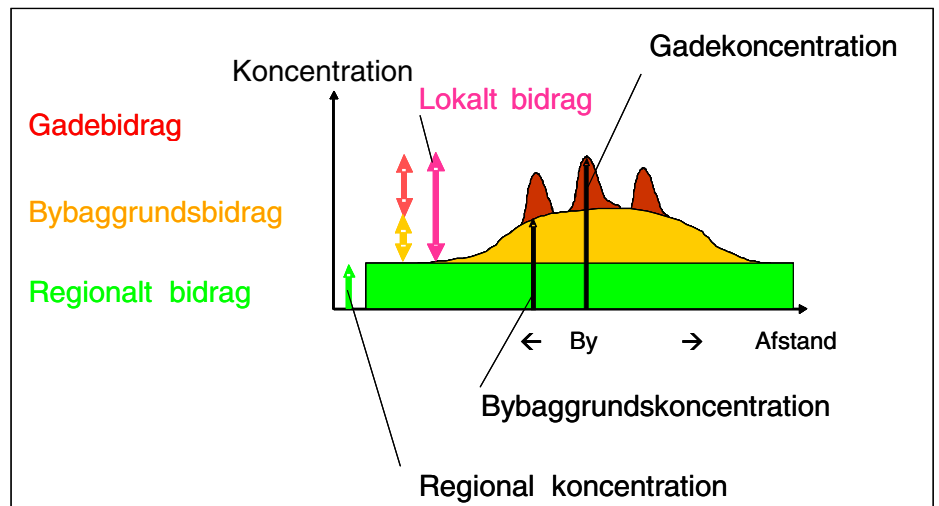
I beregningerne er der taget hensyn til den fremtidige vækst i trafikken. Det er forudsat, at trafikken stiger med 24% fra 2010 til 2020 baseret på en fremskrivning af trafikken med den gennemsnitlige trafikstigning de foregående år, og at denne vækst som hidtil finder sted på de overordnede trafikveje, og at mindre veje ikke vil have trafikvækst.

Miljøzonekravene i 2010 kræver at alle tunge køretøjer (lastbiler og busser), som er Euro III eller ældre skal have partikelfilter. Det er forudsat at dette krav vil blive implementeret på den følgende måde. En transportør kan enten vælge at eftermontere et partikelfilter på Euro III eller ældre køretøjer eller skifte til et Euro IV eller Euro V køretøj. I beregningerne er det forudsat, at alle Euro III lastbiler får eftermonteret partikelfilter mens Euro II og ældre udskiftes med Euro V. For busser er det forudsat at Euro I og ældre samt 50% af Euro II bliver udskiftet med Euro V, og 50% af Euro II og alle Euro III får partikelfiltre. Nogle bybusser vil allerede have partikelfilter inden miljøzonekravene blev gennemført, men det har ikke været muligt at inddrage information herom.

DMU's AirGIS system er blevet brugt til at beregne luftkvalitetsniveauer på 138 udvalgte gader inden for miljøzonen i København. AirGIS systemet er et modelsystem til beregning af luftkvalitet på gadeniveau, og anvender luftkvalitetsmodeller hertil samt digitale kort med trafik- og bygningsoplysninger samt et GIS (Jensen et al., 2001) ([airgis.dmu.dk](http://airgis.dmu.dk)).

Luftkvalitetsberegninger foregår i to trin. Først beregnes bybaggrundsforureningen, som repræsenterer den generelle forurening i København, med Urban Background Model (UBM) (Berkowicz, 2000a). Den regionale baggrundsforurening er repræsenteret ved målinger fra Keldsnor på Langeland (NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub> og O<sub>3</sub>). De regionale niveauer i 2005 er antaget at være 22,1 µg/m<sup>3</sup> for PM<sub>10</sub> og 16,3 µg/m<sup>3</sup> for PM<sub>2.5</sub>. Dette er fremkommet på følgende måde. Regional baggrund for PM<sub>10</sub> er PM<sub>10</sub> målt med SM200 på H.C. Ørsted Institutet i 2005 (23,4 µg/m<sup>3</sup>) minus byens bidrag modelleret med UBM modellen (1,3 µg/m<sup>3</sup>), hvilket giver 22,1 µg/m<sup>3</sup>. Der var ingen SM200 PM<sub>2.5</sub> målinger på H.C. Ørsted Institutet i 2005 derfor brugte vi den målte difference fra TEOM PM<sub>10</sub> - TEOM PM<sub>2.5</sub> (dvs. 17,2 µg/m<sup>3</sup> - 10,8 µg/m<sup>3</sup> = 6,4 µg/m<sup>3</sup>). Nu antager vi at "tabet" er det samme for PM<sub>10</sub> og PM<sub>2.5</sub> og derfor blev PM<sub>2.5</sub> på H.C. Ørsted Institutet estimeret til 17,0 µg/m<sup>3</sup> (= 23.4 - 6.4). Herfra skal trækkes byens bidrag på 0,7 µg/m<sup>3</sup> for PM<sub>2.5</sub>, hvilket resulterer i et PM<sub>2.5</sub> niveau på 16,3 µg/m<sup>3</sup> i regional baggrund. Bybaggrundskoncentrationerne er input til gadeberegningerne.

Efterfølgende beregnes luftkvaliteten på de 138 gader med Operational Street Pollution Model (OSPM) (2000b). Gaderne repræsenterer gadeslugter med trafikniveauer på omkring 15.000 - 60.000, hvor der kan være høje koncentrationer, som også kan give anledning til overskridelse af grænseværdierne for luftkvalitet.



**Figur 5.1.** Koncentrationen i en gade består af et regionalt bidrag, og et bybaggrunds- og et gadebidrag.

Beregningerne er gennemført for koncentrationen af  $\text{NO}_2$ ,  $\text{PM}_{10}$  og  $\text{PM}_{2.5}$ , som er sundhedsskadelige stoffer, hvoraf partiklerne anses for mest skadelige. Beregningerne er udført for 2005, 2010, 2015 og 2020.

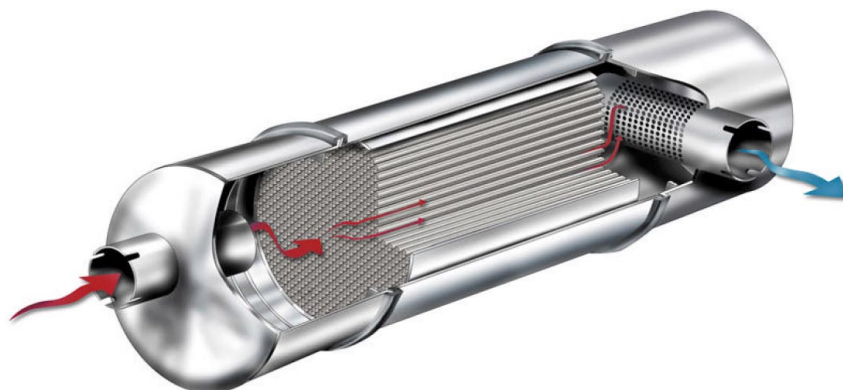
Emissionerne bestemmes med OSPM's emissionsmodul, som er baseret på EU COPERT 4 emissionsmodel (EEA 2007). Denne metode kræver information om bilparken og dens fordeling på køretøjskategorier, brændstoftype, og emissionsnormer. Miljøzonen formodes ikke at have indflydelse på  $\text{CO}_2$  emissionen, da trafikken forudsættes at være upåvirket af miljøzonekravene.

For en del år siden var dieselandelen for personbiler kun omkring 5% og 80% for varebiler. Dieselandelen har været stigende og det antages at dieselandelen for personbiler stiger til 55% og 88% for varebiler frem til 2020.

For et tiår siden var den andel af  $\text{NO}_x$  (summen af  $\text{NO}$  og  $\text{NO}_2$ ), der udsendes i form af  $\text{NO}_2$  ("den direkte  $\text{NO}_2$  fraktion"), på et niveau omkring 5-10%. Den direkte  $\text{NO}_2$  fraktion har været stigende de seneste år, og forventes at være omkring 18% i 2010. Dette er en af grundene til at  $\text{NO}_2$  koncentrationen i gader ikke er faldet selvom emission af  $\text{NO}_x$  er reduceret væsentligt. Stigningen i den direkte  $\text{NO}_2$  emitterede fraktion skyldes stigningen i diesel person- og varebiler, som er udstyret med oxidative katalysatorer, som reducerer "diesellugten" fra udstødningen, men som samtidig oxiderer  $\text{NO}$  to  $\text{NO}_2$ . Endvidere bidrager visse typer af partikelfiltre til øget direkte  $\text{NO}_2$  udslip. De fleste bybusser i det centrale København er udstyret med partikelfiltre, og et stigende antal lastbiler og øvrige busser vil også få partikelfiltre, som følge af miljøzonekravene. I beregningerne er det estimeret at den direkte  $\text{NO}_2$  fraktion vil være 18% in 2010, stige yderligere til 25% i 2015 for herefter at falde lidt til 24% i 2020. Den direkte  $\text{NO}_2$  fraktion er implementeret i OSPM's emissionsmodul med separate værdier for de enkelte køretøjskategorier og emissionsklasser.

I partikelemissionen er inkluderet både partikeludstødningen og ikke-udstødningen for  $PM_{2.5}$  og  $PM_{10}$ .

Det er forudsat at partikelfiltre reducerer partikeludstødningen med 80% i gennemsnit, hvilket tager hensyn til at der kan være fejl på partikelfiltrene på nogle køretøjer. Det antages endvidere at reduktionen er lige stor for alle partikelstørrelser.

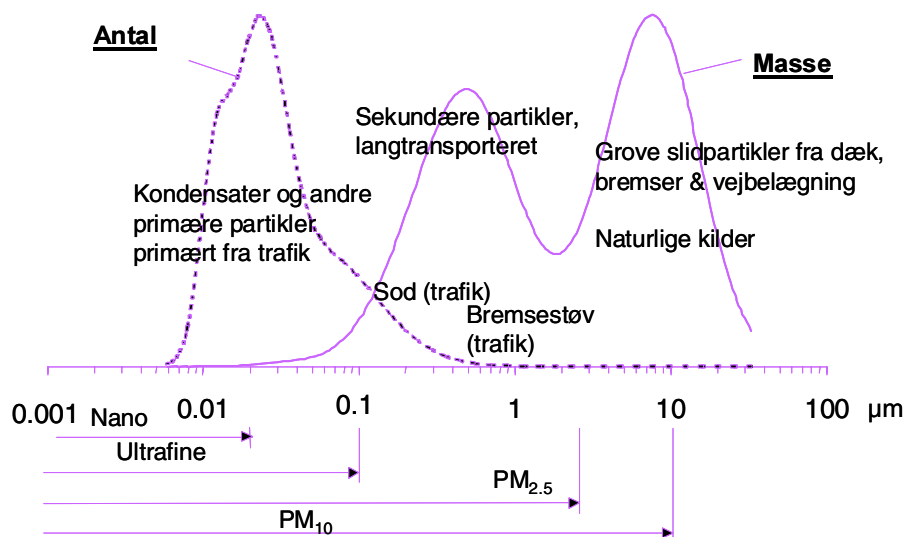


**Figur 5.2.** Et partikelfilter reducerer alle partikelstørrelser næsten 100%. I gns. er det forudsat en reduktion på 80% ved normal drift og vedligehold. Nogle partikelfiltre øger den direkte  $NO_2$  andel af  $NO_x$  emissionen.

### 5.2.2 Miljøzonens effekt for emission og luftkvalitet for partikler

#### Kildeopgørelse for partikler

I Figur 5.3 er kildebidragene til de forskellige partikelstørrelser skematisk illustreret.



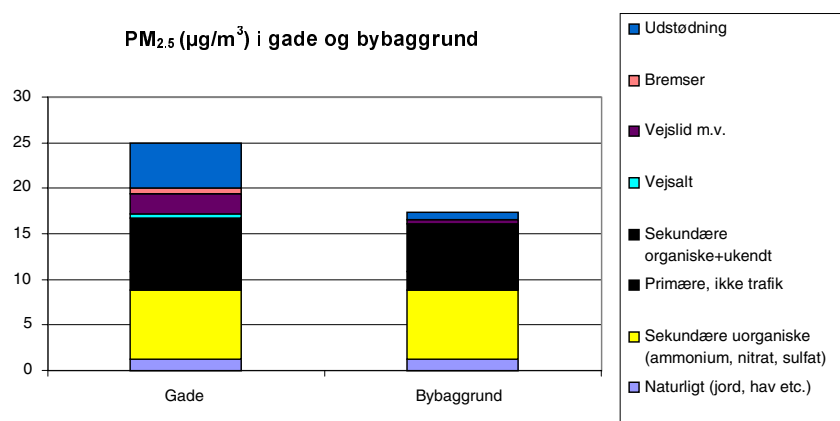
**Figur 5.3.** Skematisk oversigt over kildebidragene til de forskellige partikelstørrelser (Palmgren et al. 2005)

Hvis man som mål for partikelforureningen betragter antallet af partikler - hvor det er nanopartikler og ultrafine partikler, der er afgørende - er forbrændingspartikler fra trafikken dominerende. Et andet mål for partikelforureningen er  $PM_{2.5}$ , der er massen af partikler under 2,5 mikrometer. Fra trafikken bidrager især sodpartikler, men også bremsesøv til

PM<sub>2.5</sub>. En væsentlig del af PM<sub>2.5</sub> er langtransporterede, såkaldte sekundære partikler. Sekundære partikler er dannet i atmosfæren ved omdannelse af gasarter (bl.a. NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> og ammoniak), og består bl.a. af ammoniumsulfat og ammoniumnitrat. PM<sub>10</sub> er massen af partikler under 10 mikrometer, og bidraget til PM<sub>10</sub> er domineret af de grove partikler som er mekanisk dannede fra dæk-, bremse- og vejslid samt fra naturlige kilder som fx jordstøv, havsalt og pollen. Et partikelfilter reducerer kun partikeludstødningen.

#### Kildeopgørelse for partikler i konkrete gader

Figur 5.4 viser skematisk PM<sub>2.5</sub> koncentrationen i en gade og i bybaggrund i København samt kildebidragene hertil. Koncentrationsniveauerne er målt mens kildeopgørelsen er baseret på receptormodellering.



Figur 5.4. Typisk PM<sub>2.5</sub> koncentration i gade og bybaggrund i København og kildebidragene hertil (Palmgren et al. 2005)

Det ses, at bybaggrundsbidraget er meget stort i forhold til gadekoncentrationerne, og at bybaggrundsbidraget helt er domineret af sekundært dannede langtransporterede partikler. Det vil sige at den regionale forurening uden for København er en meget væsentlig kilde til bybaggrunds niveauet i København.

Ved hjælp af målinger af trafikbidraget (gade minus baggrund) og receptormodellering med bestemmelse af kildebidragene kan man vurdere bidraget fra udstødningen i en gade. I en meget trafikeret gade udgør udstødningsdelen omkring 5 µg/m<sup>3</sup> af PM<sub>2.5</sub>, hvilket er potentialet for reduktion af partikelkoncentrationen i gaden, som ligger på 25 µg/m<sup>3</sup> for PM<sub>2.5</sub> (Palmgren et al. 2005). De 5 µg/m<sup>3</sup> er bidraget fra alle køretøjsgrupper i gaden, hvor miljøzonekravene kun er orienteret mod de tunge køretøjer, og kun mod de ældre (Euro II og III eller ældre). Partikeludstødningen fra den tunge trafik udgør omkring 25%, som partikelfiltre kan reducere med omkring 80% dvs. at udstødningen samlet kan reduceres med omkring 20%. 20% af 5 µg/m<sup>3</sup> er 1 µg/m<sup>3</sup>, hvilket er ud fra disse indledende overvejelser er potentialet for reduktion af PM<sub>2.5</sub> koncentrationen i gaden. Reduktionen er forskellig fra gade til gade og afhænger af trafikmængderne og andelen af tung trafik.

Ud fra en længere måleserie på H.C. Andersens Boulevard og bybaggrundsmålinger på H.C. Ørsted Institutet i perioden 2005-2007 samt receptormodellering er det muligt at bestemme en fordeling af kildebidrag

for PM<sub>10</sub> for H.C. Andersens Boulevard (Wählin 2008b). Trafikbidraget er i denne undersøgelse bestemt som gadekonzentrationer minus bybaggrund. I gennemsnit for perioden 2005-07 er PM<sub>10</sub> koncentrationerne på H.C. Andersens Boulevard blevet estimeret til 42,5 µg/m<sup>3</sup>, bybaggrund 26,6 µg/m<sup>3</sup> og trafikbidraget 15,9 µg/m<sup>3</sup>. Udstødningsdelen er bestemt til 4,9 µg/m<sup>3</sup> ved denne metode. Emissionsberegninger for H.C. Andersens Boulevard viser, at den tunge trafik står for 26% af partikeludstødningen, som med partikelfiltre kan reduceres med omkring 80% dvs. at udstødningen samlet kan reduceres med omkring 21%. 21% af 4,9 µg/m<sup>3</sup> er ca. 1,0 µg/m<sup>3</sup>, som ud fra disse overvejelser er potentialet for reduktion af PM<sub>10</sub> koncentrationen på H.C. Andersens Boulevard. Udstødningsbidraget målt som PM<sub>10</sub> og PM<sub>2.5</sub> antages at være det samme, da udstødningspartikler næsten udelukkende er partikler under 2,5 mikrometer.

### PM<sub>10</sub> på H.C. Andersens Boulevard bestemt med SM200

Da H.C. Andersens Boulevard er en af de mest trafikerede bygader, hvor grænseværdien for både årsmiddelværdien og døgnværdien for PM<sub>10</sub> har været overskredet er det særligt interessant at sammenholde effekten af miljøzonekravene for denne vej. Døgnmålinger af PM<sub>10</sub> på H.C. Andersens Boulevard med SM200 målemetoden blev påbegyndt, således at der er måledata fra 2006. Disse måledata kan benyttes til direkte sammenligning med grænseværdier for PM<sub>10</sub>. Grænseværdien for PM<sub>10</sub> som årsmiddelværdi er 40 µg/m<sup>3</sup> gældende fra 2005. Som det fremgår af nedenstående tabel blev denne grænseværdi kun overskredet i 2006 (Ellermann et al. 2009; Ellermann 2010). Der er endvidere en grænseværdi for PM<sub>10</sub>, som knytter sig til de højeste værdier, hvor en døgnværdi på 50 µg/m<sup>3</sup> kun må overskrides 35 gange i løbet af et år. Som det fremgår af nedenstående tabel har denne grænseværdi været overskredet på H.C. Andersens Boulevard i perioden 2006-2008, men ikke i 2009, og den har ikke været overskredet på bybaggrundsstationen H.C. Ørsted Institutet.

**Tabel 5.1.** PM<sub>10</sub> årsmiddelværdier og antal dage med PM<sub>10</sub> over 50 µg/m<sup>3</sup> på H.C. Andersens Boulevard (HCAB) og H.C. Ørsted Institutet (HCOE) med SM200. Bemærk at PM<sub>10</sub> er givet ved 0 gr.C og 1 atm..tryk.

Årstal	HCAB	HCOE	HCAB	HCOE
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>10</sub>
	Årsmiddel (µg/m <sup>3</sup> )	Årsmiddel (µg/m <sup>3</sup> )	Antal dage med PM <sub>10</sub> over 50 µg/m <sup>3</sup> (antal)	Antal dage med PM <sub>10</sub> over 50 µg/m <sup>3</sup> (antal)
2006	41	27	68	25
2007	38	24	60	9
2008	39	21	59	2
2009	32 <sup>a</sup>	21	19	3

<sup>a</sup> I Ellermann (2010) er PM<sub>10</sub> for HCAB i 2009 givet ved aktuel udetemperatur og tryk, hvilket giver 30 µg/m<sup>3</sup>

Som det fremgår af tabel 5.1 sker der et væsentligt fald fra 2008 til 2009 fra 39 µg/m<sup>3</sup> til 32 µg/m<sup>3</sup>. Medvirkende årsag til ovenstående uventede fald kan være asfaltering af H.C. Andersens Boulevard i slutningen af august og begyndelsen af september 2008. Denne vurdering er primært baseret på et fald i indholdet af udvalgte sporstoffer for vejstøv i PM<sub>10</sub> efter asfalteringen. Målinger af indholdet af sporstoffer i PM<sub>10</sub> i 2008 og 2009 viser, at typiske sporstoffer for vejslid (Si, Ca og Mn) er faldet mar-



kant i slutning af august og begyndelsen af september 2008. Samtidig hermed er sporstoffer relateret til langtransport og bremseslid (S, Pb og Cu) ikke faldet efter asfalteringen. Dette er et meget stærkt indicium på, at en væsentlig årsag til det uventede fald kan være asfalteringen af H.C. Andersens Boulevard. Vejbelægningens tilstand har således væsentlig indflydelse på PM<sub>10</sub>, men det er usikkert om effekten af nyasfalteringen er en blivende effekt (Ellermann et al. 2009).

#### Effekt af miljøzonen for partikler på H.C. Andersens Boulevard

I det følgende er kildeopgørelsen for partikler for de forskellige køretøjskategorier illustreret for H.C. Andersens Boulevard i København. H.C. Andersens Boulevard er en af Danmarks mest befærdede bygader med omkring 60.000 biler om dagen. Køretøjs sammensætningen på H.C. Andersens Boulevard er vist i nedenstående tabel.

**Tabel 5.2.** Køretøjs sammensætningen på H.C. Andersens Boulevard

	Personbiler (%)	Taxis (%)	Varebiler (%)	Lastbil ≤32t (%)	Lastbil > 32t (%)	Busser (%)	Tunge	
							køretøjer <sup>a</sup> (%)	I alt (%)
Køretøjs sammensætning	77,3	8,9	10,2	2,1	0,3	1,2	3,7	100,0

<sup>A</sup> Tunge køretøjer er lastbiler og busser

Andelen er tung trafik er omkring 3,7%, hvilket er noget lavere end de fleste andre trafikerede gader i København.

Ud fra køretøjs sammensætningen og emissionsfaktorerne for de enkelte køretøjsgrupper kan partikelemissionen beregnes. Kildeopgørelse for partikelemissionen på H.C. Andersens Boulevard i 2010 uden miljøzonekrav er vist i nedenstående tabel.

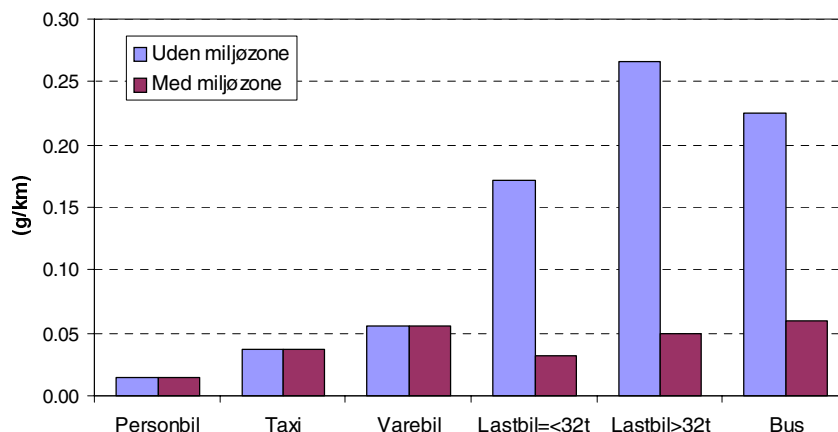
**Tabel 5.3.** Kildeopgørelse for partikler på H.C. Andersens Boulevard i 2010 uden miljøzonekrav

	Personbiler (%)	Taxis (%)	Varebiler (%)	Lastbil ≤32t (%)	Lastbil > 32t (%)	Busser (%)	Tunge	
							køretøjer (%)	I alt (%)
PM <sub>10</sub> Ikke-udstødning	63	10	12	9	2	5	15	100
PM <sub>2,5</sub> Ikke-udstødning	64	10	11	8	2	5	14	100
PM udstødning	42	12	20	13	3	10	26	100
PM <sub>10</sub> i alt	56	11	15	10	2	7	19	100
PM <sub>2,5</sub> i alt	50	11	17	11	3	8	22	100

Det ses, at tunge køretøjer bidrager med 26% af partikeludstødningen og hhv. 15% og 14% af PM<sub>10</sub> ikke-udstødning og PM<sub>2,5</sub> ikke-udstødning. For PM<sub>10</sub> i alt (udstødning og ikke-udstødning) og for PM<sub>2,5</sub> i alt (udstødning og ikke-udstødning) bidrager den tunge trafik med hhv. 19% og 22%.

Emissionsfaktorer for de enkelte køretøjsgrupper fremgår af Figur 5.5.

Emissionsfaktorer for PM udstødning uden og med miljøzone



Figur 5.5. Emissionsfaktorer for PM udstødning uden og med miljøzone på H.C. Andersens Boulevard i 2010

Partikeludstødningen fra den tunge trafik reduceres med 78% som følge af miljøzonekravene på H.C. Andersens Boulevard i 2010. Dette er et resultat af at nogle Euro III og ældre køretøjer får partikelfilter og at nogle bliver udskiftet til nyere Euro V køretøjer, som også har lavere emissionsnormer. Reduktionen i udstødningen er 21% i forhold til udstødningen fra alle køretøjskategorier. Den samlede reduktion i emissionen af PM<sub>10</sub> (udstødning og ikke-udstødning) og for PM<sub>2,5</sub> (udstødning og ikke-udstødning) er hhv. 7% og 13%. Reduktionen er mindre for PM<sub>10</sub> end for PM<sub>2,5</sub>, forbi udstødningsdelen udgør en mindre del af den samlede emission (udstødning og ikke-udstødning).

Emissionsnormerne for de forskellige euronormer fremgår af nedenstående tabel. Det ses, at et skift til en nyere Euro V fra en ældre Euro III svarer til en reduktion på 80%, hvilket er den samme effekt som opnås med et partikelfilter. Effekten er lidt større fra Euro II til Euro V.

Tabel 5.4. Ikræfttrædelsesår for de forskellige Euronormer for tunge køretøjer

Euronorm	Ikræfttrædelsesår	Partikler (g/kWh)
Euro I	1994	0,36*
Euro II	1997	0,15
Euro III	2002	0,10
Euro IV	2007	0,02
Euro V	2010	0,02
Euro VI	2014	0,01

OSPM modelleret partikelkoncentrationer for H.C. Andersens Boulevard er vist i nedenstående tabel.

**Tabel 5.5.** OSPM modelleret PM<sub>10</sub> og PM<sub>2.5</sub> koncentrationer på H.C. Andersens Boulevard

Scenarie	PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
2010 Reference	32.5	21.7
2010 Miljøzone	31.6	20.8
2015 Reference	32.1	21.0
2015 Miljøzone	31.6	20.5
2020 Reference	32.1	20.6
2020 Miljøzone	31.9	20.3

"Reference" er uden miljøzonekrav og "Miljøzone" er med miljøzonekrav.

For H.C. Andersens Boulevard er reduktionen i PM<sub>10</sub> ca. 1 µg/m<sup>3</sup>, som følge af miljøzonekravene. Dette skal ses i forhold til et målt PM<sub>10</sub> niveau i 2009 på omkring 32 µg/m<sup>3</sup>. Reduktionen på H.C. Andersens Boulevard er derfor omkring 3%. Reduktionen i PM<sub>2.5</sub> er også ca. 1 µg/m<sup>3</sup>, som skal ses i forhold til et målt PM<sub>2.5</sub> niveau i 2008 på omkring 22 µg/m<sup>3</sup>. Reduktionen på H.C. Andersens Boulevard er derfor omkring 4% for PM<sub>2.5</sub>. I beregningerne er der kun taget hensyn til ændringer i trafik og trafikemission. I de fremtidige beregninger for 2015 og 2020 kan der forventes en mindre reduktion i partikelniveauerne som følge af reduktion i andre kilder fx skibsemission samt et generelt fald i den langtransporteret luftforurening som følge af EU's regulering af nationale emissioner.

#### Effekten af miljøzonekravene for den totale partikelemission i miljøzonen

I nedenstående tabel er effekten af miljøzonekravene for den totale partikelemission i miljøzonen vist for årene 2010, 2015 og 2020.

**Tabel 5.6.** Total trafikemission af PM<sub>10</sub> ikke-udstødning, PM<sub>2.5</sub> ikke-udstødning, PM udstødning, PM<sub>10</sub> og PM<sub>2.5</sub> (udstødning og ikke-udstødning) i referencesituation (uden miljøzone) og med miljøzonekrav. Indeks er sat til 100 for referencen i 2010.

År	Scenarie	PM <sub>10</sub> ikke-udstødning (Indeks)	PM <sub>2.5</sub> ikke-udstødning (Indeks)	PM udstødning (Indeks)	PM <sub>10</sub> (Indeks)	PM <sub>2.5</sub> (Indeks)
2005	Reference	84	85	110	93	101
2010	Reference	100	100	100	100	100
2015	Reference	108	107	72	96	85
2020	Reference	116	116	54	95	77
2010	Miljøzone	100	100	74	91	84
2015	Miljøzone	108	107	60	92	77
2020	Miljøzone	116	116	49	94	73

Partikeludstødningen forventes at falde med 26% i 2010 som følge af miljøzonekravene, mens ikke-udstødningen er upåvirket. Reduktionen skyldes at nogle tunge køretøjer får partikelfiltre og andre udskiftes til nye Euro V køretøjer. Partikelemissionen af udstødning og ikke-udstødning under et reduceres med hhv. 9% for PM<sub>10</sub> og 16% for PM<sub>2.5</sub>. Reduktionen er mindre for PM<sub>10</sub> end for PM<sub>2.5</sub>, forbi udstødningsdelen udgør en mindre del af den samlede emission (udstødning og ikke-udstødning).

Ikke-udstødning for partikler stiger i perioden 2005-2020 proportionalt med den forventede trafikstigning, hvorimod partikeludstødningen falder som følge af skærpede emissionsnormer. I forhold til referencesituationen i 2010 vil både PM<sub>10</sub> ikke-udstødning og PM<sub>2.5</sub> ikke-udstødning stige med 16% fra 2010 til 2020, mens partikeludstødningen vil falde med

51% fra 2010 til 2020. Total PM<sub>10</sub> (udstødning og ikke-udstødning) og total PM<sub>2.5</sub> (udstødning og ikke-udstødning) vil reduceres med hhv. 6% og 27% fra 2010 til 2020, som en kombinationseffekt af løbende skærpede emissionsnormer og miljøzonekravene (positiv effekt) samt en effekt fra stigende trafik med deraf stigende ikke-udstødning (negativ effekt).

Miljøzonens effekt svarer til at fremskynde de nyere euronormer til ikrafttræden nogle år tidligere end ellers. Effekten af miljøzonen ebber derfor ud med årene. I 2020 er der således kun en lille forskel på referencituationen uden miljøzone i 2020 og situationen med miljøzone i 2020.

#### Effekten af miljøzonen for koncentrationen af PM<sub>10</sub> og PM<sub>2.5</sub>

Effekten af miljøzonen for koncentrationen af PM<sub>10</sub> og PM<sub>2.5</sub> er beregnet for 138 gader i miljøzonen samt for bybaggrund, hvor den pågældende gade er placeret, se nedenstående tabel.

**Tabel 5.7.** Modellerede gennemsnitlige gadekoncentrationer (OSPM) og bybaggrundskoncentrationer (UBM) for PM<sub>10</sub> og PM<sub>2.5</sub> for 138 gader i miljøzonen

År	Scenarie	PM <sub>10</sub>		PM <sub>2.5</sub>	
		PM <sub>10</sub> koncentration i 138 gader (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>10</sub> koncentration i bybaggrund ved 138 gader (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2.5</sub> koncentration i 138 gader (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2.5</sub> koncentration i bybaggrund ved 138 gader (µg/m <sup>3</sup> )
2010	Reference	29,1	23,1	20,0	16,7
2015	Reference	28,6	23,0	19,3	16,7
2020	Reference	28,3	23,0	18,9	16,6
2010	Miljøzone	28,4	23,0	19,3	16,7
2015	Miljøzone	28,2	23,0	19,0	16,6
2020	Miljøzone	28,2	23,0	18,8	16,6

Der er kun en beskedne reduktion i den beregnede gennemsnitlige gadekoncentrationen for PM<sub>10</sub> og PM<sub>2.5</sub> for de 138 gader i 2010. For både PM<sub>10</sub> og PM<sub>2.5</sub> reduceres koncentrationen i gennemsnit kun med 0,7 µg/m<sup>3</sup> som følge af miljøzonekravene, hvilket svarer til 2,5% for PM<sub>10</sub> og 3,5% for PM<sub>2.5</sub>. Reduktionen for gadekoncentrationer er på omkring 1,0 µg/m<sup>3</sup> fra situationen uden miljøzone i 2010 til situationen med miljøzone i 2020. Reduktionen i bybaggrund er marginal. I beregningerne er der kun taget hensyn til ændringer i trafik og trafikemission. I de fremtidige beregninger for 2015 og 2020 kan der forventes en mindre reduktion i partikelniveauerne som følge af reduktion i andre kilder fx skibsemission samt et generelt fald i den langtransporteret luftforurening som følge af EU's regulering af nationale emissioner.

Den beskedne reduktion skyldes, at partikelkoncentrationerne i gadeniveau er domineret af bybaggrundsbidraget, som igen er domineret af langtransporteret luftforurening samt at miljøzonekravene kun reducerer partikeludstødningen.

For PM<sub>10</sub> er der en grænseværdi som årsmiddelværdi på 40 µg/m<sup>3</sup>, som skal være overholdt i 2005. Beregningerne viser, at ingen af de 138 gader vil overskride denne grænseværdi i perioden 2010-2020.

Der er endvidere en grænseværdi for PM<sub>2.5</sub> på 25 µg/m<sup>3</sup> i 2015. De beregnede koncentrationer af PM<sub>2.5</sub> ligger under denne grænseværdi.

### 5.2.3 Miljøzonens effekt for NO<sub>x</sub> emission og luftkvalitet af NO<sub>2</sub>

Selvom miljøzonekravene ikke direkte er rettet mod NO<sub>x</sub> emissionen vil denne alligevel være påvirket, da implementeringen af miljøzonekravene forventes at ske ved at nogle ældre køretøjer (Euro II og III samt ældre) udskiftes med nye Euro V køretøjer, som har væsentligt lavere NO<sub>x</sub> emissions end ældre køretøjer, som det fremgår af nedenstående tabel. Der er kun krav til den samlede NO<sub>x</sub> emission, ikke til den direkte NO<sub>2</sub> andel.

**Tabel 5.8.** Ikræfttrædelsesår for de forskellige Euronormer for tunge køretøjer

Euronorm	Ikræfttrædelsesår	NO <sub>x</sub> (g/kWh)
Euro I	1994	8,0
Euro II	1997	7,0
Euro III	2002	5,0
Euro IV	2007	3,5
Euro V	2010	2,0
Euro VI	2014	0,4

NO<sub>x</sub> emissionen reduceres således således med 60%, hvis et Euro III køretøj udskiftes med et nyt Euro V køretøj, og med 70%, hvis et Euro II køretøj udskiftes med et nyt Euro V køretøj.

#### Kildebidrag til NO<sub>2</sub> koncentrationer i en gade

Bidragene til NO<sub>2</sub> koncentrationen i en gade afviger markant i forhold til PM<sub>10</sub> og PM<sub>2.5</sub>. For NO<sub>2</sub> er det regionale bidrag, som er langtransporteret kun omkring 10 µg/m<sup>3</sup>, og et typisk bybaggrunds niveau ligger på omkring 20 µg/m<sup>3</sup> som årsmiddelværdier. Da gadekoncentrationer kan være op til omkring 60 µg/m<sup>3</sup> som årsmiddel i stærkt trafikerede bygader udgør gadebidraget en meget stor del af de koncentrationer, som man finder i en gade. Hele gadebidraget udgøres af emissionen fra trafikken, og der er således ingen "ikke-udstødning" for NO<sub>x</sub>. Det betyder, at emissionsreduktioner vil slå kraftigere igennem for NO<sub>2</sub> end for PM<sub>10</sub> og PM<sub>2.5</sub>.

NO<sub>x</sub> er summen af NO og NO<sub>2</sub>, hvor NO<sub>2</sub> udgør den sundhedsskadelige del. Den del af NO<sub>2</sub>, som udsendes direkte med udstødningen kaldes den direkte NO<sub>2</sub> emission. I gadeluften reagerer NO hurtigt med ozon og danner NO<sub>2</sub>. Denne del kaldes sekundært dannet NO<sub>2</sub>. Sammenhængen mellem NO<sub>x</sub> emissionsreduktion og koncentrationen af NO<sub>2</sub> i luften er derfor ikke lineær, da den afhænger både af forholdet mellem NO og NO<sub>2</sub> i emissionen samt luftens indhold af ozon. Hele problematikken omkring NO<sub>2</sub> er detaljeret behandlet i en rapport fra Miljøstyrelsen fra 2009 (Jensen & Ketzal 2009).

#### Kildeopgørelse for NO<sub>x</sub> emission

I nedenstående tabel ses NO<sub>x</sub> emissionens fordeling på forskellige køretøjsgrupper for H.C. Andersens Boulevard i 2010 uden miljøzonekrav baseret på køretøjs sammensætningen og emissionsfaktorer for de enkelte køretøjsgrupper.

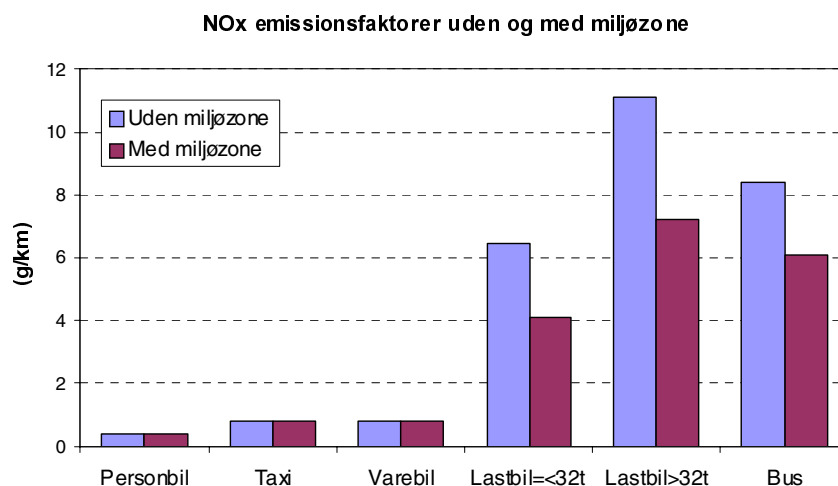
**Tabel 5.9.** Kildeopgørelse for NO<sub>x</sub> emission på H.C. Andersens Boulevard i 2010 uden miljøzonekrav

	Personbiler (%)	Taxis (%)	Varebiler (%)	Lastbil <=32t (%)	Lastbil > 32t (%)	Busser (%)	Tunge	I alt (%)
							køretøjer (%)	
NO <sub>x</sub> emission	40	10	11	19	5	14	39	100

Det ses, at tunge køretøjer bidrager med omkring 39% af NO<sub>x</sub> emissionen, mens de kun andrager 3,7% af trafikken. Varebiler bidrager med omkring 11% af NO<sub>x</sub> emissionen og udgør 10% af trafikken. Taxier bidrager med omkring 10% af NO<sub>x</sub> emissionen og andrager 9% af trafikken. Personbiler bidrager med omkring 40% af NO<sub>x</sub> emissionen og udgør hele 77% af trafikken. Størstedelen af personbiler er benzinbiler som har lave NO<sub>x</sub> emissioner grundet 3-vejs katalysatorer. Alt i alt bidrager dieseltrafikken med omkring 80-85% af NO<sub>x</sub> emissionen.

#### Effekt af miljøzonen for NO<sub>x</sub> emissionen for H.C. Andersens Boulevard

NO<sub>x</sub> emissionsfaktorerne for de enkelte køretøjsgrupper fremgår af Figur 5.6.



**Figur 5.6.** NO<sub>x</sub> emissionsfaktorer for de forskellige køretøjskategorier uden og med miljøzone på H.C. Andersens Boulevard i 2010.

NO<sub>x</sub> emissionen reduceres med omkring 35-37% for lastbiler (små og store lastbiler) og 27% for busser som følge af miljøzonekravene i 2010. Samlet reduceres NO<sub>x</sub> emissionen med 33% for de tunge køretøjer. Den samlede reduktion i NO<sub>x</sub> emissionen er 13% for alle køretøjsgrupper under et.

#### Effekten af miljøzonekravene for den totale NO<sub>x</sub> emission i miljøzonen

I nedenstående tabel er effekten af miljøzonekravene for den total NO<sub>x</sub> emission i miljøzonen vist for årene 2010, 2015 og 2020.

**Tabel 5.10.** Total NO<sub>x</sub> emission for alle køretøjskategorier i referencesituationen (uden miljøzone) og med miljøzonekrav. Indeks er sat til 100 for referencen i 2010. Direkte NO<sub>2</sub> andele er også vist.

År	Scenarie	Personbil (Indeks)	Varebil (Indeks)	Lastbil		Busser (Indeks)	Total (Indeks)	Direkte NO <sub>2</sub> fraktion (%)	NO <sub>2</sub> emission (Indeks)
				<= 32t (Indeks)	> 32t (Indeks)				
2005	Reference	137	107	104	106	115	119	7,4	49
2010	Reference	100	100	100	100	100	100	18,0	100
2015	Reference	74	75	77	76	78	75	25,0	105
2020	Reference	52	49	48	46	50	50	24,5	68
2010	Miljøzone	100	100	62	65	71	83	18,4	84
2015	Miljøzone	74	75	60	62	66	68	25,4	96
2020	Miljøzone	53	49	43	43	47	48	24,6	66

NO<sub>x</sub> emissionen forventes at blive reduceret med 29%-38% for de tunge køretøjer (små og store lastbiler) som følge af miljøzonekravene i 2010. Den totale NO<sub>x</sub> emission falder med 16% i 2010, når alle køretøjskategorier inddrages. Reduktionen skyldes at nogle ældre tunge køretøjer udskiftes med nye Euro V køretøjer, som har lavere emissionsfaktorer.

NO<sub>x</sub> emissionen vil blive reduceret med omkring 50% fra 2010 til 2020. Den direkte NO<sub>2</sub> fraktion vil stige fra 2010 (18,4%) til 2015 (25,4%) for derefter at falde lidt frem til 2020 (24,6%). Den samlede NO<sub>2</sub> emission er kombinationen af NO<sub>x</sub> emissionen og den direkte NO<sub>2</sub> fraktion. NO<sub>2</sub> emissionen vil være 84% af referencesituationen i 2010 med miljøzonekravene, 96% i 2015 og 66% i 2020.

Som for partikler ebber miljøzonens effekt for NO<sub>x</sub> emissionen ud med årene, således at der kun er en lille forskel på referencesituationen uden miljøzone i 2020 og situationen med miljøzone i 2020.

#### Effekten af miljøzonen for koncentrationen af NO<sub>2</sub>

Effekten af miljøzonen for NO<sub>2</sub> koncentrationen er beregnet for 138 gader i miljøzonen samt for bybaggrund, hvor den pågældende gade er placeret, se nedenstående tabel.

**Tabel 5.11.** Beregnede gennemsnitlige årsmiddelværdier af NO<sub>2</sub> koncentrationer for 138 gader i København samt for to gader, hvor luftkvalitetsmonitoring udføres. Gade- og bybaggrundskoncentrationer er vist.

Scenarie	Gadekoncentrationer for 138 gader (µg/m <sup>3</sup> )	Bybaggrundskoncentrationer ved 138 gader (µg/m <sup>3</sup> )	Antal overskridelser af NO <sub>2</sub> grænseværdi i 2010 ud af 138 gader (over 40,0 µg/m <sup>3</sup> )	Gadekoncentration på H.C. Andersens Boulevard (µg/m <sup>3</sup> )	Bybaggrundskoncentration ved H.C. Andersens Boulevard (µg/m <sup>3</sup> )	Gadekoncentration på Jagtvej (µg/m <sup>3</sup> )	Bybaggrundskoncentration ved Jagtvej (µg/m <sup>3</sup> )
2010 Reference	39,9	18,0	65	53,3	20,7	45,2	19,6
2015 Reference	34,9	16,4	22	47,3	18,6	39,2	17,7
2020 Reference	27,3	14,6	3	37,1	16,1	30,4	15,5
2010 Miljøzone	36,5	17,0	35	48,4	19,3	41,6	18,3
2015 Miljøzone	33,5	16,0	15	44,2	18,0	37,0	17,1
2020 Miljøzone	27,1	14,5	2	35,1	15,9	29,1	15,3

Der er en betydelig reduktion i den beregnede gennemsnitlige gadekoncentrationen for NO<sub>2</sub> for de 138 gader i 2010, som reduceres med 3,4 µg/m<sup>3</sup> som følge af miljøzonekravene, hvilket svarer til 9%. Reduktion i bybaggrund udgør 1,0 µg/m<sup>3</sup>. Reduktionerne er tilsvarende betydelige for H.C. Andersens Boulevard og Jagtvej.





## Referencer

Aalborg Kommune (2005): Miljøzone - Trafik, miljø og økonomi. Teknisk notat. Udført af COWI for Aalborg Kommune. 8. juni 2005

Aalborg Kommune (2009): Miljøzone i Aalborg. Teknisk notat. Udført af COWI for Aalborg Kommune. 8. januar 2009.

Abdali, F.S. (2009): Miljøzoneordningen – håndhævelse, erfaringer og evaluering, Københavns Kommune. Præsentation på Green Cities Forårskonference 16. april 2009, Albertslund.

Berkowicz, R. 2000a. A Simple Model for Urban Background Pollution. Environmental Monitoring and Assessment Vol. 65, Issue 1/2, pp. 259-267.

Berkowicz, R. 2000b. OSPM - A parameterised street pollution model, Environmental Monitoring and Assessment, Volume 65, Issue 1/2, pp. 323-331.

Berkowicz, R., Winter, M. and Ketzel, M. (2006): Traffic pollution modelling and emission data. Environmental Modelling & Software 21, 454-460.

EEA (2007): EMEP/CORINAIR Atmospheric Emissions Inventory Guidebook 2007. Methodology for the calculation of exhaust emissions. Road Transport. Version 6.0 August 2007. COPERT 4. European Environmental Agency. 105 p.

Ellermann, T., Kemp, K., Wåhlin, P. (2009): Notat angående PM<sub>10</sub> på H.C. Andersens Boulevard i 2008 og 2009. DMU notat 9. december 2009. 4 p.

Ellermann, T. (2009): Foreløbig rapportering af resultater fra måling af PM<sub>10</sub> i 2009. DMU notat 4. januar 2010. 3 p.

EU (2009): Regulation (ec) no 595/2009 of the European Parliament and of the Council of 18 June 2009 on type-approval of motor vehicles and engines with respect to emissions from heavy duty vehicles (Euro VI) and on access to vehicle repair and maintenance information and amending Regulation (EC) No 715/2007 and Directive 2007/46/EC and repealing Directives 80/1269/EEC, 2005/55/EC and 2005/78/EC.

Folketinget (2006): LOV nr 1570 af 20/12/2006. Lov om ændring af lov om miljøbeskyttelse. Partikelfiltre på køretøjer i kommunalt fastlagte miljøzoner m.v.

Jensen, M.P, Køster, H, Jensen, S.S, Hertel, O (2001): Miljøzoner, partikler og sundhed. Miljøprojekt 620, 2001. 137 s. Udarbejdet af COWI og DMU for Miljøstyrelsen. Rapporten er kun tilgængelig som PDF fil på <http://www.mst.dk/udgiv/Publikationer/2001/87-7944-632-9/pdf/87-7944-633-7.PDF>

Jensen, S. S., Berkowicz, R., Hansen, H. S. and Hertel, O. (2001): A Danish decision-support GIS tool for management of urban air quality and human exposures. *Transportation Research Part D-Transport and Environment* 6, 229-241.

Jensen, S.S., Ketznel, M., Wählin, P., Palmgren, F., Berkowicz, R. (2008): Hvad er effekten for partikelforureningen af indførelse af miljøzoner i de største danske byer ? Trafikdage på Aalborg Universitet. 25.-26. august 2008.

Jensen, S.S., Ketznel, M. (2009): NO<sub>2</sub> virkemiddelkatalog - virkemidler til begrænsning af overskridelser af NO<sub>2</sub> grænseværdien for luftkvalitet i større danske byer". Miljøprojekt nr. 1268, 2009. 84 s. Miljøstyrelsen. <http://www2.mst.dk/udgiv/publikationer/2009/978-87-7052-918-1/pdf/978-87-7052-919-8.pdf>

Jensen, S.S., Hvidberg, M., Petersen, J., Storm, L., Stausgaard, L., Hertel, O. (2009): GIS-baseret national vej- og trafikdatabase 1960-2005 (GIS-based National Road and Traffic Database 1960-2005). Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet, Roskilde. 73 s. Faglig rapport nr. 678, 2009. <http://www2.dmu.dk/Pub/FR678.pdf>

Jensen, S.S., Ketznel, M., Wählin, P., Palmgren, F., Berkowicz, R. (2009): How Does the Environmental Zone in Copenhagen Affect Air Quality of NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub>? *in* Hu, R.-M., Khaiwal, R., Chemel, C., Newbold, J., Incecik, S., Kahya, C., Sokhi, R.S. (editors) *Proceedings of Abstracts 7th International Conference on Air Quality – Science and Application*, March 24-27, 2009, Istanbul, pp. 28. ISBN: 978-1-905313-63-1.

Kemp, K., Ellermann, T., Brandt, J., Christensen, J., Ketznel, M. & Jensen, S.S., (2010): The Danish Air Quality Monitoring Programme. Annual Summary for 2008. National Environmental Research Institute, University of Aarhus. NERI Technical Report No. 752 <http://technical-reports.dmu.dk/Pub/FR752.pdf>.

Ketznel, M., G. Omstedt, C. Johansson, I. Düring, M. Pohjola, D. Oettl, L. Gidhagen, P. Wählin, A. Lohmeyer & R. Berkowicz (2007): Estimation and validation of PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> exhaust and non-exhaust emission factors for practical street pollution modelling, *Atmospheric Environment* 41: 9370–9385

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

Køster, H., Jensen, M.P, Hertel, O., Jensen, S.S., Berring, P. (2001): Miljøzoner, partikler og sundhed *in* Lahrman, H. & Nielsen, J. (Ed.) *Trafikdage på Aalborg Universitet 27-28 august 2001 (Nordic Transport Conference)*, Volume 1, pp. 225-234.

Miljøstyrelsen (2001) Miljøzoner, partikler og sundhed, Miljøprojekt nr. 620, 2001, [www.mst.dk](http://www.mst.dk)

Miljøstyrelsen (2003): Miljøzoner og effekter. Miljøprojekt nr. 878.

Miljøstyrelsen (2006): Miljømæssige og økonomiske effekter af miljøzoner i Danmark. Notat Miljøstyrelsen, Juli 2006.

Miljøstyrelsen (2009): notat fra jurist Rie Thim Sørensen, Miljøstyrelsen, 30. juni 2009.

Miljøministeriet (2007): Bekendtgørelse om partikelfiltre, kontrol og mærkning af lastbiler og busser i kommunalt fastlagte miljøzoner m.v. Miljøministeriet, den 15. maj 2007.

Palmgren, F., Wåhlin, P., Berkowicz, R., Ketzel, M., Illerup, J. B., Nielsen, M., Winther, M., Glasius, M. and Jensen, B. (2003): Aerosols in Danish Air (AIDA). Mid-term report 2000-2002. National Environmental Research Institute, Roskilde, Denmark. 94pp. – NERI Technical Report No. 460 <http://technical-reports.dmu.dk>

Palmgren, F., Glasius, M., Wåhlin, P., Ketzel, M., Berkowicz, R., Jensen, S.S., Winther, M., Illerup, J.B., Andersen, M.S., Hertel, O., Vinzents, P.S., Møller, P., Sørensen, M., Knudsen, L.E., Schibye, B., Andersen, Z.J., Hermansen, M., Scheike, T., Stage, M., Bisgaard, H., Loft, S., Lohse, C., Jensen, K.A., Kofoed-Sørensen, V. & Clausen, P.A. (2005a): Luftforurening med partikler i Danmark. Miljøstyrelsen. - Miljøprojekt 1021: 84 s. (elektronisk). Findes på:

[http://www.mst.dk/udgiv/Publikationer/2005/87-7614 ... -7614-721-5.pdf](http://www.mst.dk/udgiv/Publikationer/2005/87-7614...-7614-721-5.pdf)

Palmgren, F., Berkowicz, R., Fogh, C.L. (2005b): Vurdering af konsekvenserne af indførelse af forskellige typer af miljøzoner i København. Arbejdsrapport fra DMU, nr. 222, 23 s (elektronisk). Findes på: [http://www2.dmu.dk/1\\_viden/2\\_Publikationer/3\\_arbrapporter/rapporter/AR222.pdf](http://www2.dmu.dk/1_viden/2_Publikationer/3_arbrapporter/rapporter/AR222.pdf)

Provstgaard, T. (2007): Miljøzone i København. Københavns Kommune. Trafikdage på Aalborg Universitet, August 2007.

Wåhlin, P. (2008a): Partikelprojektet 2005-2007. Faglig rapport fra DMU nr. 688, 2008.

Wåhlin, P. (2008b): Source apportionment of PM<sub>10</sub> measured in the three-year-period 2005-2007 at H.C. Andersens Boulevard in Copenhagen, Denmark. Notat fra DMU.

## DMU Danmarks Miljøundersøgelser

Danmarks Miljøundersøgelser er en del af Aarhus Universitet. På DMU's hjemmeside [www.dmu.dk](http://www.dmu.dk) finder du beskrivelser af DMU's aktuelle forsknings- og udviklingsprojekter.

DMU's opgaver omfatter forskning, overvågning og faglig rådgivning inden for natur og miljø. Her kan du også finde en database over alle publikationer som DMU's medarbejdere har publiceret, dvs. videnskabelige artikler, rapporter, konferencebidrag og populærfaglige artikler.

Yderligere information: [www.dmu.dk](http://www.dmu.dk)

Danmarks Miljøundersøgelser  
Frederiksborgvej 399  
Postboks 358  
4000 Roskilde  
Tlf.: 4630 1200  
Fax: 4630 1114

Administration  
Afdeling for Arktisk Miljø  
Afdeling for Atmosfærisk Miljø  
Afdeling for Marin Økologi (hovedadresse)  
Afdeling for Miljøkemi og Mikrobiologi  
Afdeling for Systemanalyse (hovedadresse)

Danmarks Miljøundersøgelser  
Vejlsovej 25  
Postboks 314  
8600 Silkeborg  
Tlf.: 8920 1400  
Fax: 8920 1414

Afdeling for Ferskvandsøkologi  
Afdeling for Marin Økologi  
Afdeling for Terrestrisk Økologi

Danmarks Miljøundersøgelser  
Grenåvej 14, Kalø  
8410 Rønne  
Tlf.: 8920 1700  
Fax: 8920 1514

Afdeling for Systemanalyse  
Afdeling for Vildtbiologi og Biodiversitet

## Faglige rapporter fra DMU

På DMU's hjemmeside, [www.dmu.dk/Udgivelser/](http://www.dmu.dk/Udgivelser/), finder du alle faglige rapporter fra DMU sammen med andre DMU-publikationer. Alle nyere rapporter kan gratis downloades i elektronisk format (pdf).

- Nr./No. 2009**
- 759 Control of Pesticides 2008. Chemical Substances and Chemical Preparations.  
By Krongaard, T. 25 pp.
- 758 Oplandsmodellering af vand og kvælstof i umættet zone for oplandet til Højvads Rende.  
Af Grant, R., Mejlhede, P. & Blicher-Mathiesen, G. 74 s.
- 755 Historisk udbredelse af ålegræs i danske kystområder.  
Af Krause-Jensen, D. & Rasmussen, M.B. 38 s.
- 754 Indicators for Danish Greenhouse Gas Emissions from 1990 to 2007.  
By Lyck, E., Nielsen, M., Nielsen, O.-K., Winther, M., Hoffmann, L. & Thomsen, M. 94 pp.
- 753 Environmental monitoring at the Seqi olivine mine 2008-2009.  
By Søndergaard, J., Schiedek, D. & Asmund, G. 48 pp.
- 751 Natur og Miljø 2009 – Del B: Fakta.  
Af Normander, B., Henriksen, C.I., Jensen, T.S., Sanderson, H., Henrichs, T., Larsen, L.E. & Pedersen, A.B. (red.) 170 s. (also available in print edition, DKK 200)
- 750 Natur og Miljø 2009 – Del A: Danmarks miljø under globale udfordringer.  
Af Normander, B., Jensen, T.S., Henrichs, T., Sanderson, H. & Pedersen, A.B. (red.) 94 s. (also available in print edition, DKK 150)
- 749 Thick-billed Murre studies in Disko Bay (Ritenbenk), West Greenland.  
By Mosbech, A., Merkel, F., Boertmann, D., Falk, K., Frederiksen, M., Johansen, K. & Sonne, C. 60 pp.
- 747 Bunddyr som indikatorer ved bedømmelse af økologisk kvalitet i danske søer.  
Af Wiberg-Larsen, P., Bjerring, R. & Clausen, J. 46 s.
- 746 NEC-2020 emission reduction scenarios. Assessment of intermediary GAINS emission reduction scenarios for Denmark aiming at the upcoming 2020 National Emission Ceilings EU directive.  
By Slentø, E., Nielsen, O.-K., Hoffmann, L., Winther, M., Fauser, P., Mikkelsen, M.H. & Gyldenkerne, S. 216 pp.
- 745 NuukBasic. Conceptual design and sampling procedures of the biological programme of NuukBasic.  
By Aastrup, P., Nymand, J., Raundrup, K., Lauridsen, T.L., Krogh, P.H., Schmidt, N.M., Illeris, L. & Ro-Poulsen, H. 70 pp.
- 744 Danish Emission Inventories for Stationary Combustion Plants. Inventories until year 2007.  
By Nielsen, M., Nielsen, O.-K., Plejdrup, M. & Hjelgaard, K. 216 pp.
- 743 Dioxin og biologisk effektmonitoring i ålekvabbe i kystnære danske farvande.  
Af Strand, J., Bossi, R., Dahllöf, I., Jensen, C.A., Simonsen, V., Tairova, Z. & Tomkiewicz, J. 66 s.
- 742 Vildtbestande og jagttider i Danmark: Det biologiske grundlag for jagttidsrevisionen 2010.  
Af Noer, H., Asferg, T., Clausen, P., Olesen, C.R., Bregnballe, T., Laursen, K., Kahlert, J., Teilmann, J., Christensen, T.K. & Haugaard, L. 288 s.
- 741 Biodiversity at the Ecosystem Level – Patterns and Processes.  
Proceedings of the 2nd DanBIF conference, 26-27 April 2009.  
By Balslev, H. & Skov, F. (eds.). 44 pp.
- 739 Emission Inventory for Fugitive Emissions in Denmark.  
By Plejdrup, M.S., Nielsen, O.-K. & Nielsen, M. 47 pp.
- 738 Økologisk risikovurdering af genmodificerede planter i 2008.  
Rapport over behandlede forsøgsudsætninger og markedsføringsager.  
Af Kjellsson, G., Damgaard, C., Strandberg, M., Simonsen, V. & Krogh, P.H. 48 s.
- 737 Environmental monitoring at the former lead-zinc mine in Maarmorilik, Northwest Greenland, in 2008.  
By Schiedek, D., Asmund, G., Johansen, P., Rigét, F., Johansen, K., Strand J., & Mølvig, S. 70. pp.
- 736 Naturtilstand på terrestriske naturarealer – besigtigelser af § 3-arealer.  
Af Fredshavn, J.R., Nygaard, B. & Ejrnæs, R. 46 s.
- 735 Naturtilstand i habitatområderne. Habitatdirektivets lysåbne naturtyper.  
Af Fredshavn, J.R. & Ejrnæs, R. 76 s.
- 734 Undervandsplanter som indikatorer for vandkvalitet i søer.  
Af Søndergaard, M., Johansson, L.S., Jørgensen, T.B. & Lauridsen, T.L. 48 s.



# LUFTKVALITETSVURDERING AF MILJØZONER I DANMARK

Midtvejsrapport

Formålet med denne rapport er at afrapportere fra midtvejsvalueringen af indførelse af miljøzoner i Danmark med fokus på at kvantificere effekterne for luftkvaliteten. I denne midtvejsrapport er resultaterne af før- og mellemmålinger af luftkvalitet på Åboulevard i København afrapporteret. Endvidere er der resultater fra en sammenligning af modelberegninger og målinger på Åboulevard i København, og en effektvurdering af miljøzonen for luftforurening ud fra modelberegninger for 138 trafikerede gader i København. Endvidere belyses en række indikatorer på overholdelse af miljøzonekravene omfattende udstedte miljømærker, antal dispensationssager, antal partikelfiltertilskud, samt antal bøder.