



Danmarks Miljøundersøgelser
Aarhus Universitet

Faglig rapport fra DMU nr. 688, 2008

Partikelprojektet 2005-2007

[Tom side]



Danmarks Miljøundersøgelser
Aarhus Universitet

Faglig rapport fra DMU nr. 688, 2008

Partikelprojektet 2005-2007

Peter Wåhlin

Datablad

Serietitel og nummer:	Faglig rapport fra DMU nr. 688
Titel:	Partikelprojektet 2005-2007
Forfatter:	Peter Wåhlin
Afdeling:	Afdeling for Atmosfærisk Miljø
Udgiver:	Danmarks Miljøundersøgelser© Aarhus Universitet
URL:	http://www.dmu.dk
Udgivelsesår:	November 2008
Faglig kommentering:	Thomas Ellermann
Finansiell støtte:	Projektet er finansieret ved hjælp af en bevilling fra Miljøstyrelsen
Bedes citeret:	Wåhlin, P. 2008: Partikelprojektet 2005-2007. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. 31s. – Faglig rapport fra DMU nr. 688. http://www.dmu.dk/Pub/FR688.pdf .
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
Sammenfatning:	Bidragene til partikler, sod, kulilte (CO) og kvælstofilter (NO _x) fra den lokale trafik ved en gade-station og en tagstation i København, samt ved en landstation vest for København, beregnes på grundlag af en matematisk analyse af målingerne i perioden 2004-2007. Det vises desuden, at overgangen til svovlfri benzin og diesel fra årsskiftet 2004/2005 har medført, at antallet af ultra-fine partikler, som udsendes fra trafikken, er blevet reduceret.
Emneord:	Trafikbidrag, ultrafine partikler, PM _{2,5} , PM ₁₀ , sod, carbonmonoxid, nitrogenoxider
Layout:	Majbritt Pedersen-Ulrich
ISBN:	978-87-7073-065-5
ISSN (elektronisk):	1600-0048
Sideantal:	31
Internetversion:	Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf) på DMU's hjemmeside http://www.dmu.dk/Pub/FR688.pdf

Indhold

Resume 5

Baggrund 6

Formål 7

1 Projektets indhold 8

- 1.1 Løbende målinger 8
- 1.2 Specialundersøgelser 8

2 Analyse af løbende målinger 9

- 2.1 Oversigt over $PM_{10}/PM_{2.5}$ målt med TEOM og SM200 9
- 2.2 Trafikkens bidrag til PM_{10} og $PM_{2.5}$ 11
- 2.3 Partikelstørrelsesfordelinger målt med DMPS 13
- 2.4 Måling af sod 17
- 2.5 Kvantitativ vurdering af trafikens bidrag til partikelforureningen 19

3 Diskussion og konklusion 29

Referencer 31

Danmarks Miljøundersøgelser

Faglige rapporter fra DMU

Resume

Nedsættelsen af svovlindholdet i diesel og benzin ved årsskiftet 2004/2005 har haft en markant betydning for partikelantallet på H.C. Andersens Boulevard. Som gennemsnit i perioden 2005-2007 er antallet 27 % lavere end i perioden 2002-2004. Reduktionen i partikelantallet er særlig markant i de sene nattetimer i weekenden, hvor trafikken er domineret af moderne dieslbiler (taxier) med oxiderende katalysator.

Samtidige målinger med høj tidsopløsning i perioden 2005-2007 af partikler og gasser på tre målestationer i Københavnsregionen er blevet brugt til en opdeling i lokale trafikbidrag og baggrundsbidrag. Trafikkens bidrag til fine partikler ($PM_{2.5}$) på H.C. Andersens Boulevard, som er en af Københavns mest trafikerede gader, var 19 %. I bybaggrund, som er mere repræsentativ for befolkningens eksponering, bidrog byens trafik med 4,3 % af den totale $PM_{2.5}$. Ved en målestation ude på landet vest for København var trafikbidraget tre gange mindre end i bybaggrund i København. Størstedelen af de fine partikler fra trafikken består af sod fra udstødning, men der er også et væsentligt bidrag af metaller fra bremseslid. For PM_{10} , hvori de grove partikler i størrelsesområdet mellem 2,5 μm og 10 μm medregnes, bidrager den lokale trafik med en væsentlig større andel (44 % på H.C. Andersens Boulevard og 11 % i bybaggrund). Dette skyldes især, at trafikken ophvirvler store mængder grove partikler i form af vejstøv. Vejsaltning har desuden stor betydning for PM_{10} om vinteren.

Det har tidligere været antaget, at København på grund af andre bymæssige kilder end trafik har et baggrunds niveau for partikelforurening, som er lidt højere end uden for byen, men dette er ikke blevet bekræftet af denne undersøgelse, når der ses bort fra et noget usikkert resultat for sod.

En særlig analyse af forskellen mellem målingerne på gaden og i bybaggrund tyder på, at gadebidraget til sod alene kommer fra dieseltrafikken.

Baggrund

Projektet har bygget videre på resultaterne opnået i det tidligere partikelprojekt, 2001-2004. Dette projekt er rapporteret i statusrapporter og artikler og en sammenfattende rapport (Palmgren et al., 2005). Der blev identificeret en række aspekter af partikelforureningen, som krævede yderligere undersøgelser. Disse blev prioriteret i samarbejde med Miljøstyrelsen og er blevet gennemført frem til marts 2008. Danmarks Miljøundersøgelser har desuden leveret den nødvendige logistik (teknisk drift, datatransmissions systemer, m.v.), modeller og data fra egne projekter.

Svovlindholdet i dieselbrændstof og benzin i Danmark blev ved årsskiftet 2004/2005 nedsat fra ca. 50 ppm til mindre end 10 ppm ("svovlfri diesel"). De fortsatte målinger af ultrafine partikler i partikelprojektet i årene 2005-2007 har gjort det muligt at vurdere, hvilken betydning nedsættelsen af svovlindholdet har haft for emissionen af disse partikler fra trafikken.

Formål

Det overordnede formål med projektet er at få en øget viden om partikelforureningen med henblik på vurdering af dens betydning og at tilvejebringe grundlag for beslutninger om konkrete tiltag til reduktion af helbredsskader som følge af danske og udenlandske partikelkilder.

Projektet har følgende delmål:

1. Videreførelse af løbende målinger af de væsentligste partikelparametre på udvalgte typer af lokaliteter for at beskrive partikelforureningens omfang og forskellige kilders bidrag, samt at give data til analyse og rapportering af problemets omfang.
2. Gennemførelse af specialundersøgelser og analyser af aktuelle partikelforureningsproblemer.

1 Projektets indhold

1.1 Løbende målinger

De løbende målinger er blevet gennemført på eksisterende målestationer, hvor der i forvejen er standardmålinger (PM₁₀, PIXE analyse af PM₁₀, NO/NO_x og CO) under NOVANA og de nødvendige faciliteter (hus, el, telefon m.v.).

Målingerne omfatter PM₁₀, PM_{2.5} ved hjælp af TEOM (Tapered Element Oscillating Microbalance), ultrafine partikler i størrelsesfraktionerne 6-700 nm ved hjælp af DMPS (Differential Mobility Particle Sizer), sod ved hjælp af optisk absorption, alle med en tidsopløsning på 1/2 time eller kortere.

Målingerne blev gennemført på H.C. Andersens Boulevard (TEOM og DMPS målinger indgår i samarbejdet med Københavns Kommunes Miljøkontrol), H.C. Ørstedsinstitutet og Lille Valby.

1.2 Specialundersøgelser

Brændeovne. P.t. er partikelforureningen fra brændeovne højt på dagsordenen bl.a. fordi, der arbejdes på udformning af regler/vejledninger som skal begrænse problemet. Resultater heraf er publiceret andet steds (Glasius et al., 2007 og Glasius et al., 2006).

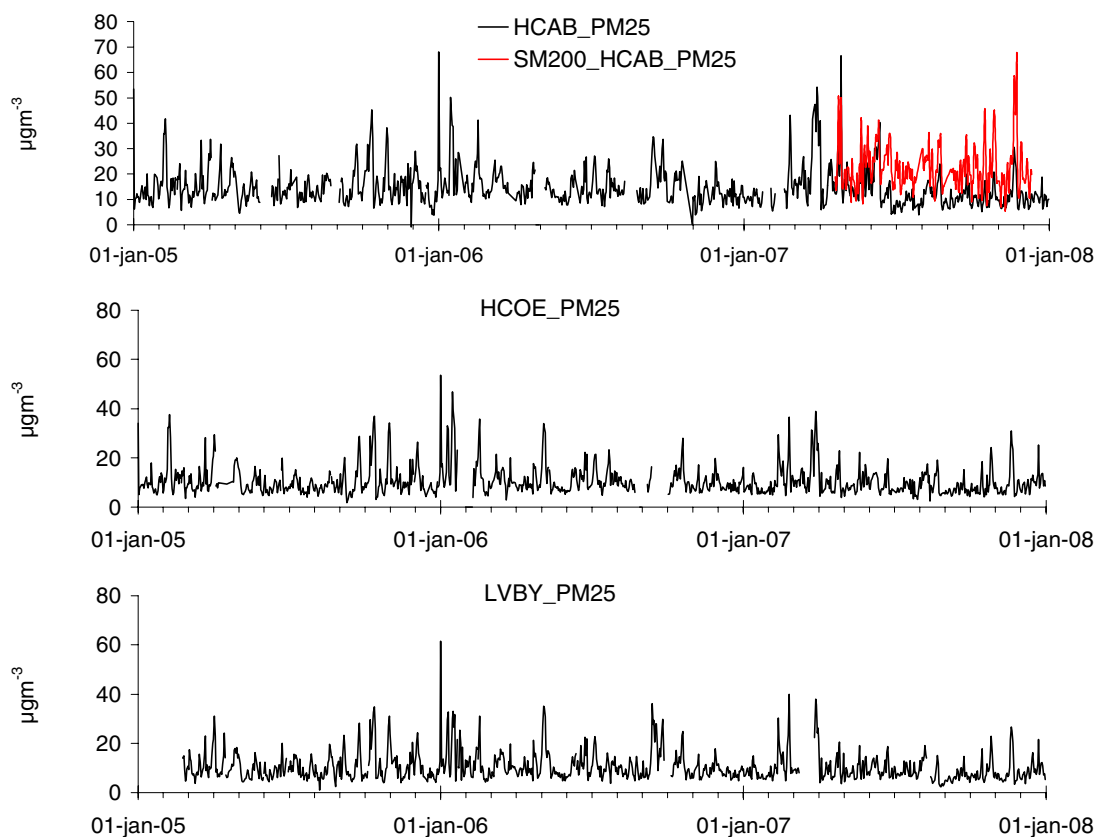
Udstødnings- og ikke-udstødningspartikler fra trafikken. Partikler fra trafikken, både den del der emitteres fra motoren og den del der dannes pga. slid på dæk, veje og bremses er af stor betydning. Undersøgelser af dette er rapporteret andet steds (Ketzal et al. 2006a, Ketzal et al. 2005b og Wåhlin et al. 2006).

2 Analyse af løbende målinger

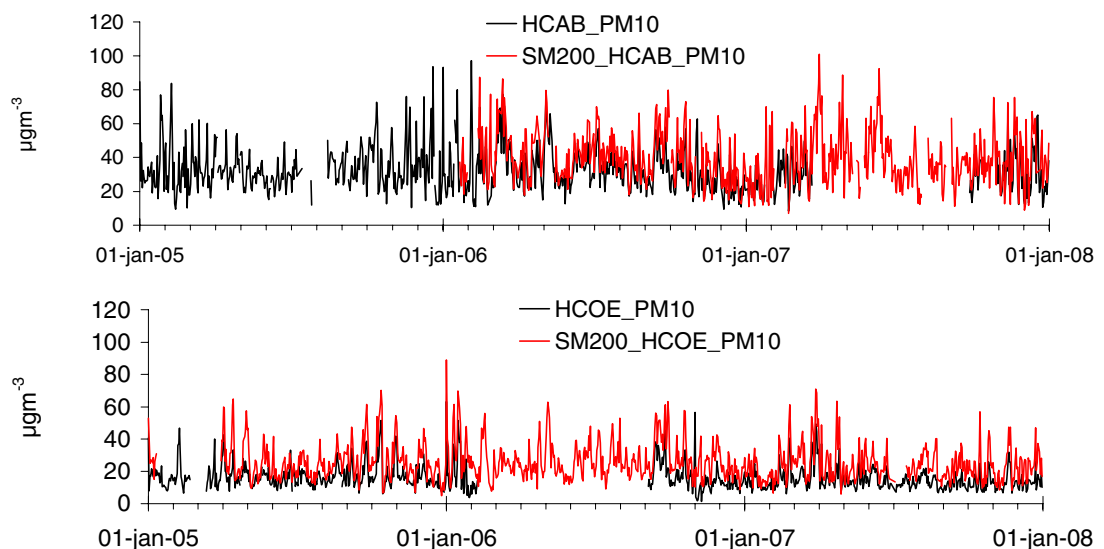
I projektet er der foretaget partikelmålinger med høj tidsopløsning (en halv time) på H.C. Andersens Boulevard (HCAB), H.C. Ørsted Institut (HCOE) og Lille Valby (LVBY), der repræsenterer henholdsvis en stærkt trafikeret gade med næste 70.000 køretøjer pr. døgn, bybaggrund og regional baggrund. Der er målt med TEOM-monitor (masse) og DMPS-monitor (antal og størrelsesfordeling). Denne rapport fokuserer på analysen af de lange tidsserier, der er opnået på disse tre målesteder i løbet af de tre år 2005-2007. Der er desuden med SM200-monitor foretaget PM_{10} målinger med en tidsopløsning på 24 timer under Det Landsdækkende Måleprogram (NOVANA/LMP). I LMP er der også fra foråret 2007 målt $PM_{2.5}$ med 24 timers tidsopløsning på HCAB. Udover dette er der foretaget TEOM-målinger på Jagtvej, som ikke vil blive præsenteret her, da der midt i perioden er skiftet fra måling af PM_{10} til $PM_{2.5}$. På LVBY er der ikke målt PM_{10} med TEOM-monitor. Til støtte for fortolkningen af partikelmålingerne er der fra 2007 målt sodsværtning (lysabsorption) på alle tre målestationer, ligeledes med høj tidsopløsning. I LMP er der ligeledes alle tre steder målt CO og NO_x med høj tidsopløsning. Målingerne af disse gasser er medtaget i denne rapport, da de er vigtige for beregningen af trafikens bidrag til partikelforureningen.

2.1 Oversigt over $PM_{10}/PM_{2.5}$ målt med TEOM og SM200

Målinger af TEOM_ PM_{10} og TEOM_ $PM_{2.5}$ er foretaget med halvtimes tidsopløsning på de tre målestationer i perioder, som fremgår af Figur 1 og Figur 2. For overskueligheden skyld viser graferne 24 timers middelværdier af halvtimesmålingerne. TEOM_PM er opsamlet ved 50 °C for at gøre målinger mindre følsomme overfor luftens fugtighed. Af denne grund er der et tab af flygtige forbindelser, som er større end ved opsamling af PM ved omgivelsernes temperatur, svarende til referencemetoden. Til sammenligning i figurerne er vist målingerne, der er foretaget med SM200-monitor. Disse er for PM_{10} i overensstemmelse med referencemetoden. Det er tidligere blevet påvist, at tabet i PM_{10} som årsgennemsnit er 8-9 $\mu g m^{-3}$ uafhængigt af, om der måles på en trafikeret gade eller i bybaggrund (Wählin et al., 2004). Et tab af samme størrelsesorden vurderes til også at gælde for TEOM_ $PM_{2.5}$, da den grove PM-fraktion bortset fra hygroskopiske saltpartikler især består af mineralske, ikke-flygtige forbindelser, således at tabet næsten udelukkende vedrører partikler $< 2.5 \mu m$. Da der nu også fra 2007 foreligger målinger af $PM_{2.5}$ med SM200 på HCAB, kan denne antagelse bekræftes, som vist i Figur 3. Det ses af Figur 1 og 2, at tidsserierne i de fleste tilfælde dækker hele året, dog desværre også med enkelte store huller. TEOM_ PM_{10} -målingerne har været ramt af alvorlige tekniske problemer, således at ca. halvdelen af målinger på HCOE i 2006 og ca. halvdelen af målinger på HCAB i 2007 er gået tabt.

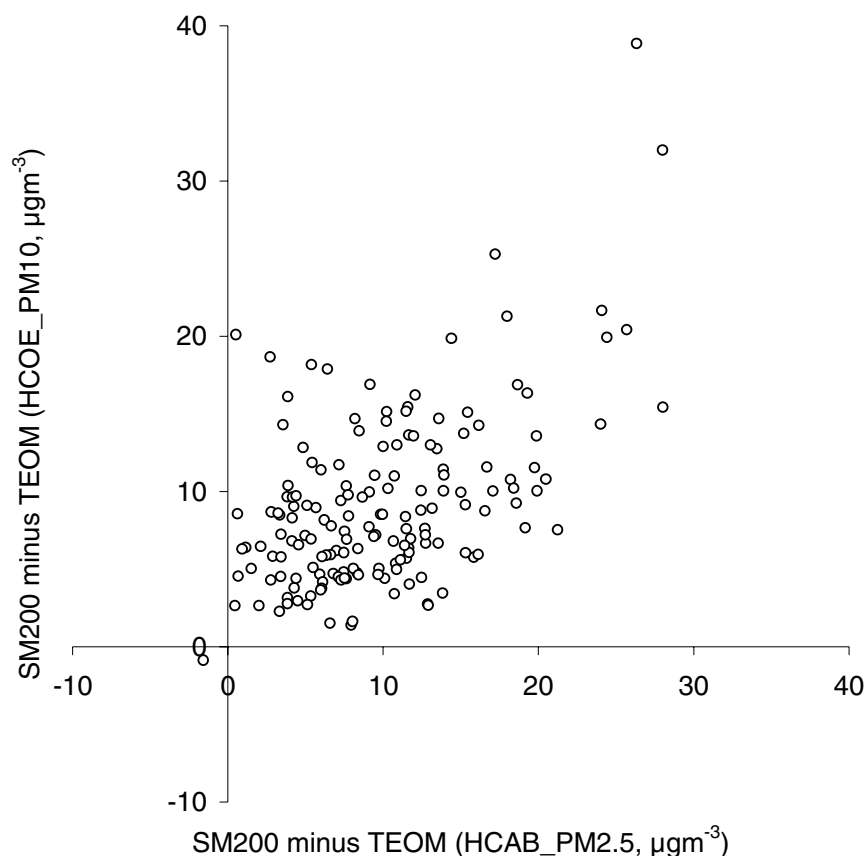


Figur 1. PM_{2.5} målinger med TEOM er vist som 24 timers middelværdier med sort farve. SM200-målingerne er vist med rød farve.



Figur 2. PM₁₀ målinger med TEOM er vist som 24 timers middelværdier med sort farve. SM200-målingerne er vist med rød farve. For HCOE, hvor der er flest sammenhørende målepunkter, er den gennemsnitlige forskel 10,1 µgm⁻³.

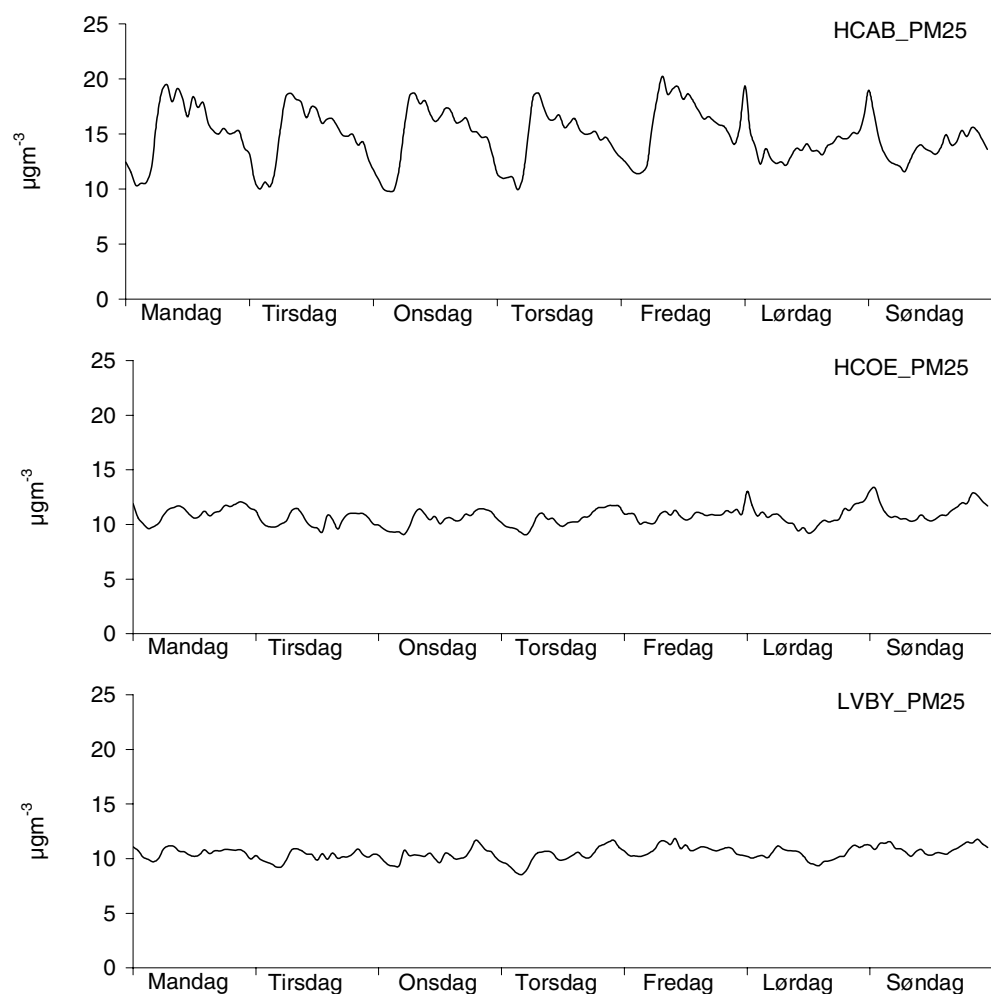
Måleresultaterne viser en episodisk variation, som svarer til de vandrede lavtryk og højtryk i Danmark med vekslende perioder med henholdsvis forurenet kontinental luft og renere oceanisk luft. Trafikkens bidrag, beregnet som 24 timers middelværdier, er langt mindre varierende og ses tilnærmelsesvist blot som et konstant bidrag med en forskydning opad af graferne. Der ses dog i forbindelse med vejsaltning en episodisk påvirkning af PM₁₀ om vinteren og i det tidlige forår på HCAB. Hverken PM_{2.5} eller PM₁₀ udviser ellers en klar årstidsvariation.



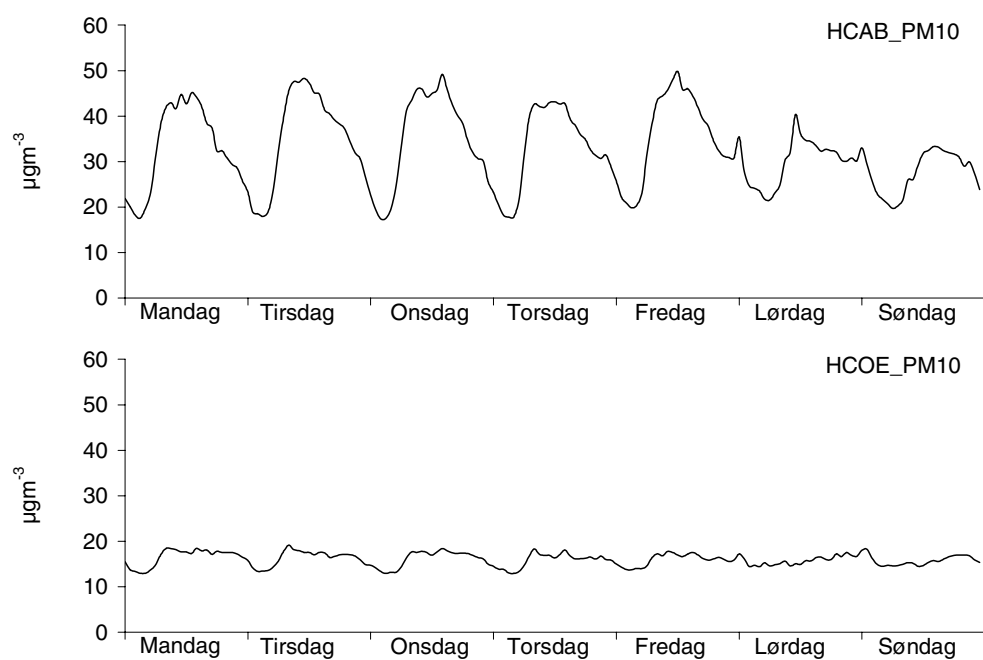
Figur 3. SM200-målinger minus 24 timers middelværdier af TEOM-målinger. Tabet i HCOE_PM₁₀ er vist som funktion af det samtidige tab af HCAB_PM_{2.5}. Spredningen er stor, men der ses ingen signifikant forskel på de to tab, der i gennemsnit er henholdsvis 9.2 µgm⁻³ for HCOE_PM₁₀ og 9.9 µgm⁻³ for HCAB_PM_{2.5}. Antallet af målepunkter i figuren er ret begrænset, fordi bestemmelse af PM_{2.5} med SM200-monitor på HCAB først begyndte i 2007.

2.2 Trafikkens bidrag til PM₁₀ og PM_{2.5}

Man kan opnå et langt klarere indtryk af trafikens bidrag til PM₁₀ og PM_{2.5} ved at vise variationen time for time. Trafikken varierer kraftigt, dels i løbet af døgnet med karakteristiske myldretider og næsten ingen trafik sent på natten, dels i løbet af ugen med mere trafik på hverdage end i weekenden. Ved beregning af gennemsnit time for time i løbet af ugens syv dage vil det gentagne mønster som skyldes at trafikken bliver forstærket. Den ovenfor beskrevne meteorologisk betingede variation på grund af skiftende luftmasser er helt uafhængig af ugedagen og udjævnes derfor over en periode på tre år til et næsten konstant ekstra bidrag. Når der måles PM₁₀ med SM200 er der overensstemmelse med referencemetoden, men tidsopløsningen med denne monitor er utilstrækkelig til at vurdere trafikken bidrag. TEOM-målingerne er derimod velegnede på grund af den gode tidsopløsning. At TEOM-resultaterne generelt er for lave på grund af det ovenfor omtalte tab af flygtigt materiale, er ikke så afgørende, da det tidligere er blevet påvist, at trafikens bidrag til det flygtige materiale er uden målelig betydning (Wählin et al., 2004). Graferne med den ugentlige variation i Figur 4 og Figur 5 viser altså den korrekte variation af den del af PM₁₀ og PM_{2.5}, der skyldes den lokale og regionale trafik. Man skal blot være opmærksom på, at dette ses ovenpå et grundniveau, der er 8-10 µgm⁻³ for lavt på grund af, at der med TEOM tabes bl.a. det langtransporterede ammoniumnitrat, som er flygtigt.



Figur 4. Gennemsnitsvariationen af TEOM_PM_{2.5} i løbet af en uge vist for de tre målestationer HCAB, HCOE og LVBY.

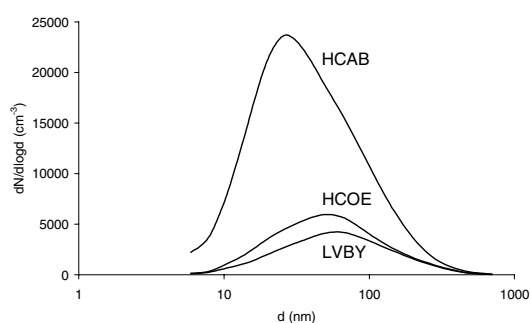


Figur 5. Gennemsnitsvariationen af TEOM_PM₁₀ i løbet af en uge vist for målestationerne HCAB og HCOE. TEOM_PM₁₀ er ikke blevet målt i LVBY.

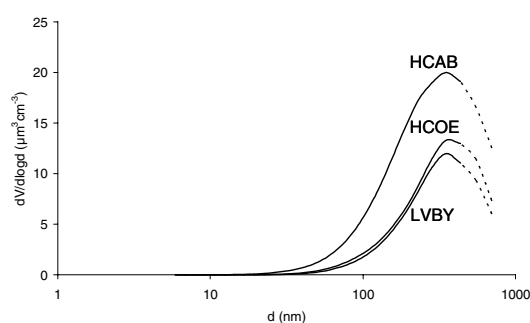
2.3 Partikelstørrelsesfordelinger målt med DMPS

Koncentrationen af partikelantal er målt som funktion af mobilitetsdiameteren, d , i intervallet 6-700 nm. Partiklerne sorteres efter deres mobilitet, som er forholdet mellem hastigheden i forhold til luften og den tilsvarende luftmodstand. Små partikler med lille luftmodstand har stor mobilitet. Partiklerne er ikke nødvendigvis kugleformede. Mobilitetsdiameteren, d , beregnes for en kugleformet oliedråbe med samme mobilitet som partiklen.

Middelværdierne for alle samtidige målinger i løbet af de tre år 2005-2007 er vist pr. størrelsesdekade (differentieret med titalslogaritmen til diameteren) i Figur 6. Totalantallet N er beregnet ved integration over hele størrelsesintervallet. Under antagelse af, at partiklerne er kugleformede (hvilket mange næppe er) og har en geometrisk diameter, som er lig med mobilitetsdiameteren (også en forenkende antagelse), kan volumenfordelingen regnes ud (Figur 7). Totalvolumen V beregnes ved integration over intervallet 6-700 nm. Det er i figuren antydnet, at volumenbidraget over ca. 400 nm må regnes for noget usikkert på grund af få partikler i dette størrelsesområde. Desuden indikerer forløbet af graferne, at der findes volumen i området > 700 nm, som ikke måles. Hvis det yderligere antages, at de kugleformede partikler har massefylde 1 gcm^{-3} , svarer enheden $\mu\text{m}^3\text{cm}^{-3}$ for volumenkoncentration til den normale enhed μgm^{-3} , som bruges for PM_{10} og $\text{PM}_{2.5}$. Ved sammenligning mellem tallene for volumen og f.eks. $\text{PM}_{2.5}$ skal man være opmærksom på, at massefylden af sodpartikler fra trafik er væsentligt mindre end 1 gcm^{-3} .



Figur 6. De gennemsnitlige partikelstørrelsesfordelinger ved de tre målesteder (kun samtidige målinger).

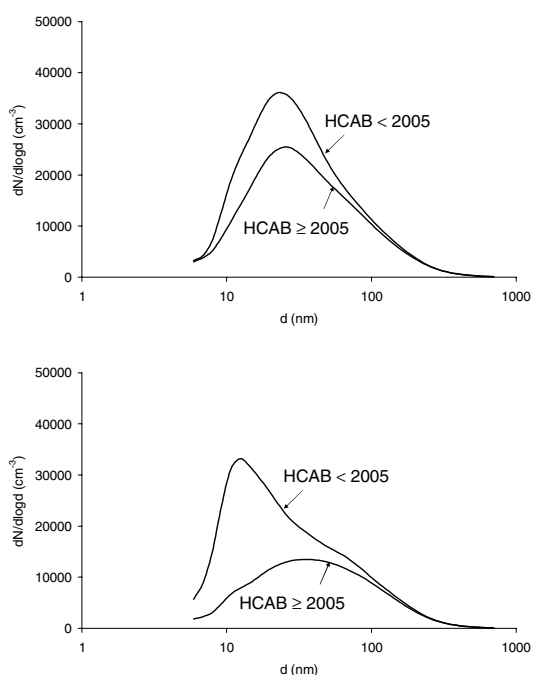


Figur 7. Fordelingerne i Figur 6 omregnet til volumen.

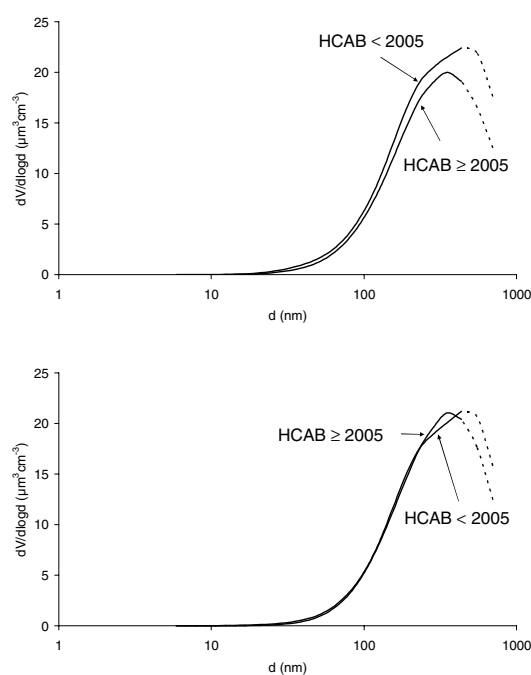
Figur 6 og Figur 7 illustrerer tilsammen den grundlæggende forskel mellem at måle partikelantal og partikelmasse (PM). Figur 6 viser, at langt de fleste partikler i atmosfæren er mindre end 100 nm, mens Figur 7 viser, at langt det meste volumen (og dermed masse) skyldes partikler, som er større end 100 nm. Betegnelsen 'ultrafine partikler' (UFP) gælder netop for partikler, som er mindre end 100 nm. Betegnelsen er derved omtrent synonym med 'partikler, der måles ved tælling'. Bemærk i øvrigt i Figur 6, at de mange meget små partikler omkring 25 nm på gaden ikke forekommer i samme grad i bybaggrunden og på landet. Dette skyldes, at partiklerne hurtigt – i løbet af minutter til timer – slår sig sammen til større partikler, hvorved antallet formindskes.

I Figur 8 og Figur 9 sammenlignes størrelsesfordelingen på H.C. Andersens Boulevard, målt i dette projekt i årene 2005-2007, med målingerne samme sted i årene 2001-2004 i det tidligere partikelprojekt (Palmgren et

al., 2005). Figur 8 viser en markant ændring (i gennemsnit et fald på 27 %) i antallet af partikler, som formentlig især skyldes overgangen til anvendelsen af svovlfri diesel (< 10 ppm svovl, ref.: Michael Mücke Jensen, Energi- og olieforum) i Danmark fra nytår 2005. En lignende reduktion, som skyldes nedsættelsen af svovlindholdet fra ca. 500 ppm til ca. 50 ppm i Danmark i juli 1999, er tidligere blevet rapporteret (Wählin et al., 2001). I de sene nattetimer efter lørdag (søndag kl. 00-06), er forskellen særligt tydelig, idet partikelantallet er reduceret til 50 %. Det skyldes, at trafikken i det indre København på dette tidspunkt er domineret af taxier, som hovedsagelig er moderne dieselmotorer med oxiderende katalysator. Foruden sodpartikler i størrelsesområdet omkring 60 nm udsender disse biler kun meget små svovlpartikler i størrelsesområdet < 20 nm, og derfor ses effekten af nedsættelsen af svovlindholdet særligt tydeligt. De gasformige halvflygtige organiske forbindelser i udstødningen, som normalt vil kunne kondensere på overfladen af de allerede dannede svovlpartikler og derved forøge deres diameter, bliver fjernet af katalysatoren. De små svovlpartikler og alle andre partikler i størrelsesområdet < 20 nm har forsvindende lille betydning for det samlede partikelvolumen og dermed for partikelmassen (PM), hvilket fremgår tydeligt af Figur 9. Hvorvidt faldet i antallet af de små svovlpartikler, som indåndes på H.C. Andersens Boulevard, betyder en direkte sundhedsmæssig gevinst, må være op til en nøjere diskussion. Svovlforbindelserne i partiklerne er formentlig letopløselige i lungeslimhinden, og mængden har kemisk set været forsvindende både før og efter nytår 2005.

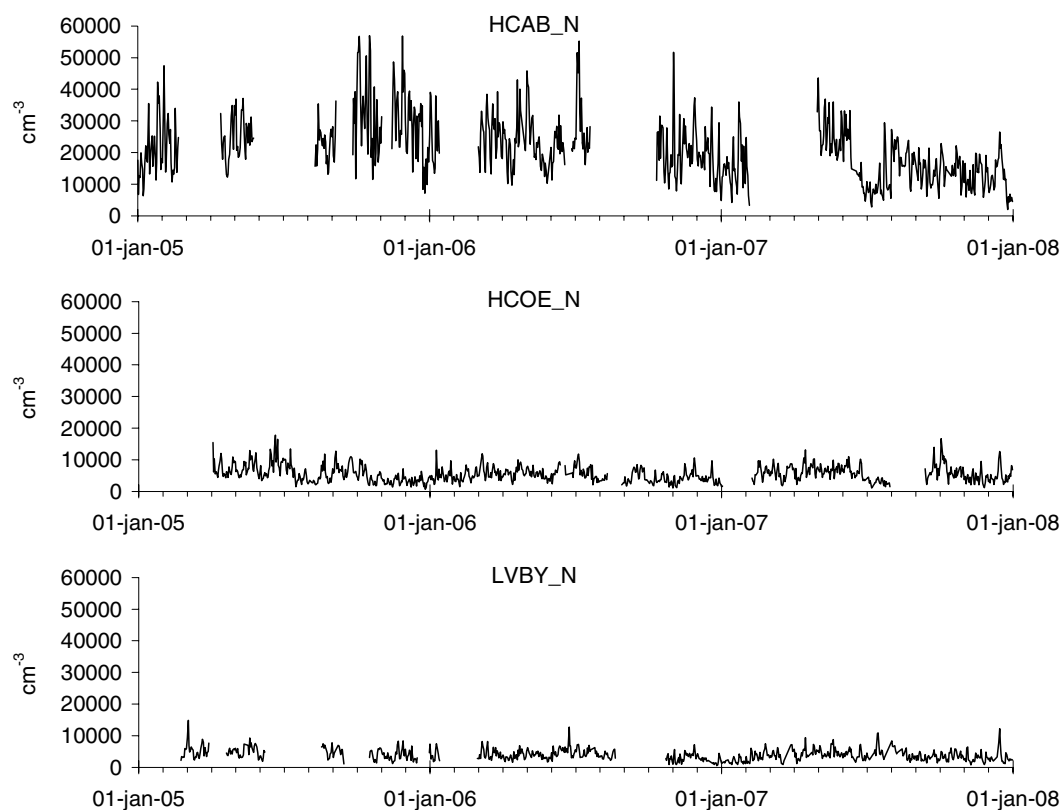


Figur 8. De gennemsnitlige partikelstørrelsesfordelinger på H.C. Andersens Boulevard før og efter nytår 2005. Øverst: Alle data. Nederst: Kun for søndag kl. 00-06.

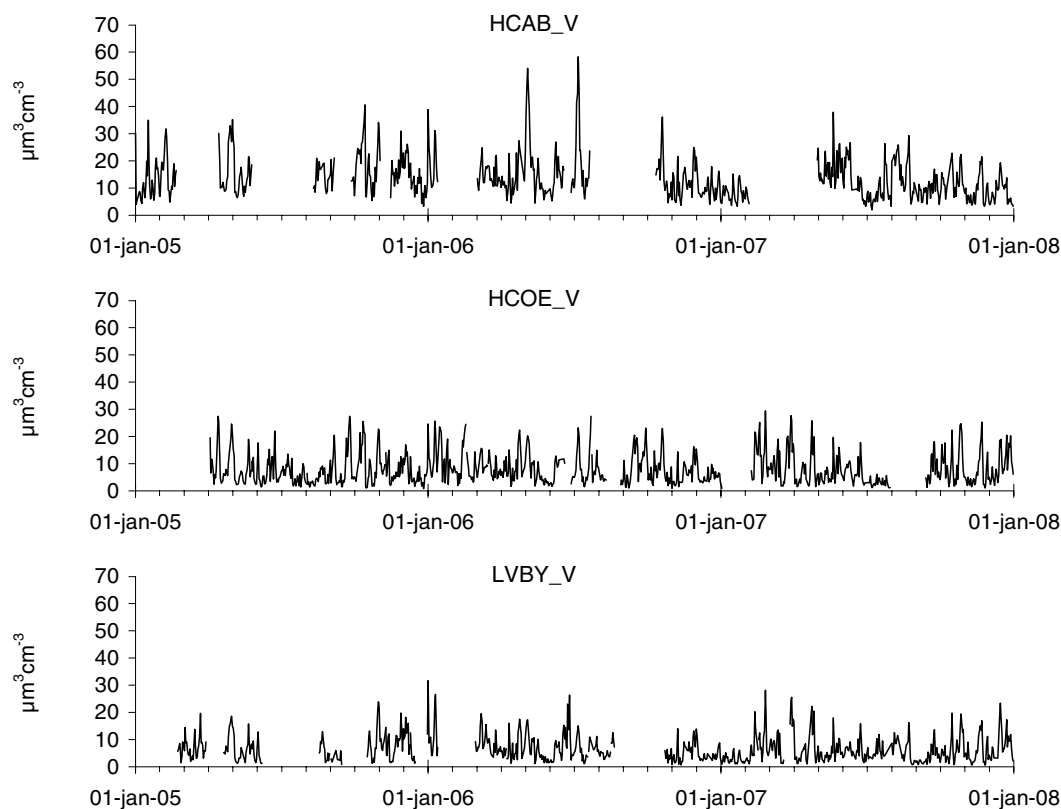


Figur 9. Fordelingerne i Figur 8 omregnet til volumen. Øverst: Alle data. Nederst: Kun for søndag kl. 00-06.

De integrerede værdier af totalt partikelantal (N) og totalt volumen (V) er vist i henholdsvis Figur 10 og Figur 11. Hullerne i dataserierne skyldes vanskeligheder med at få måleudstyret (DMPS'er) til at fungere stabilt.

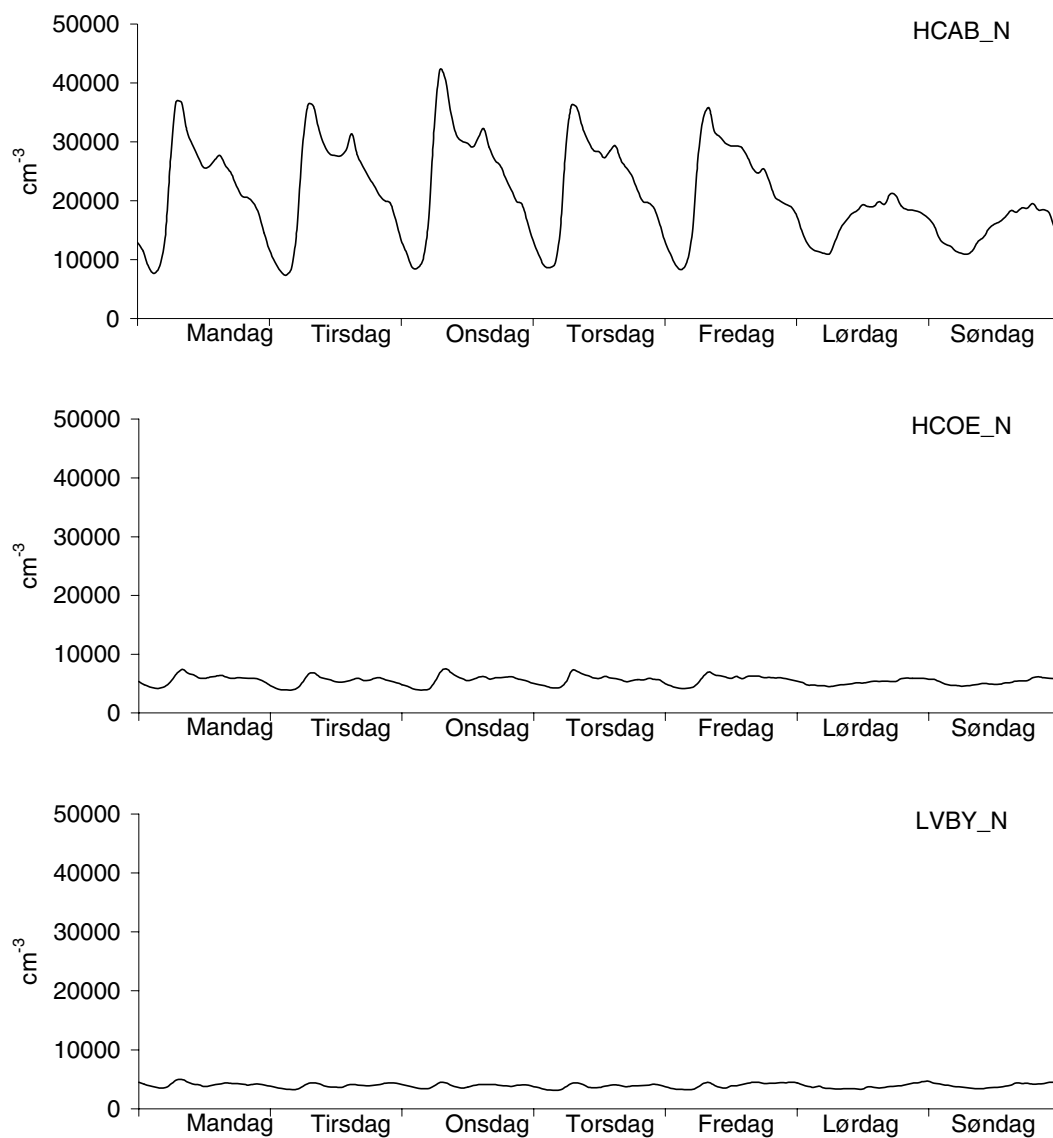


Figur 10. Døgnmiddelværdier af antal partikler pr. cm^3 , målt på de tre målestationer HCAB, HCOE og LVBY i årene 2005-2007. Partikelantallet er beregnet ved integration over den målte størrelsesfordeling i intervallet 6 – 700 nm.

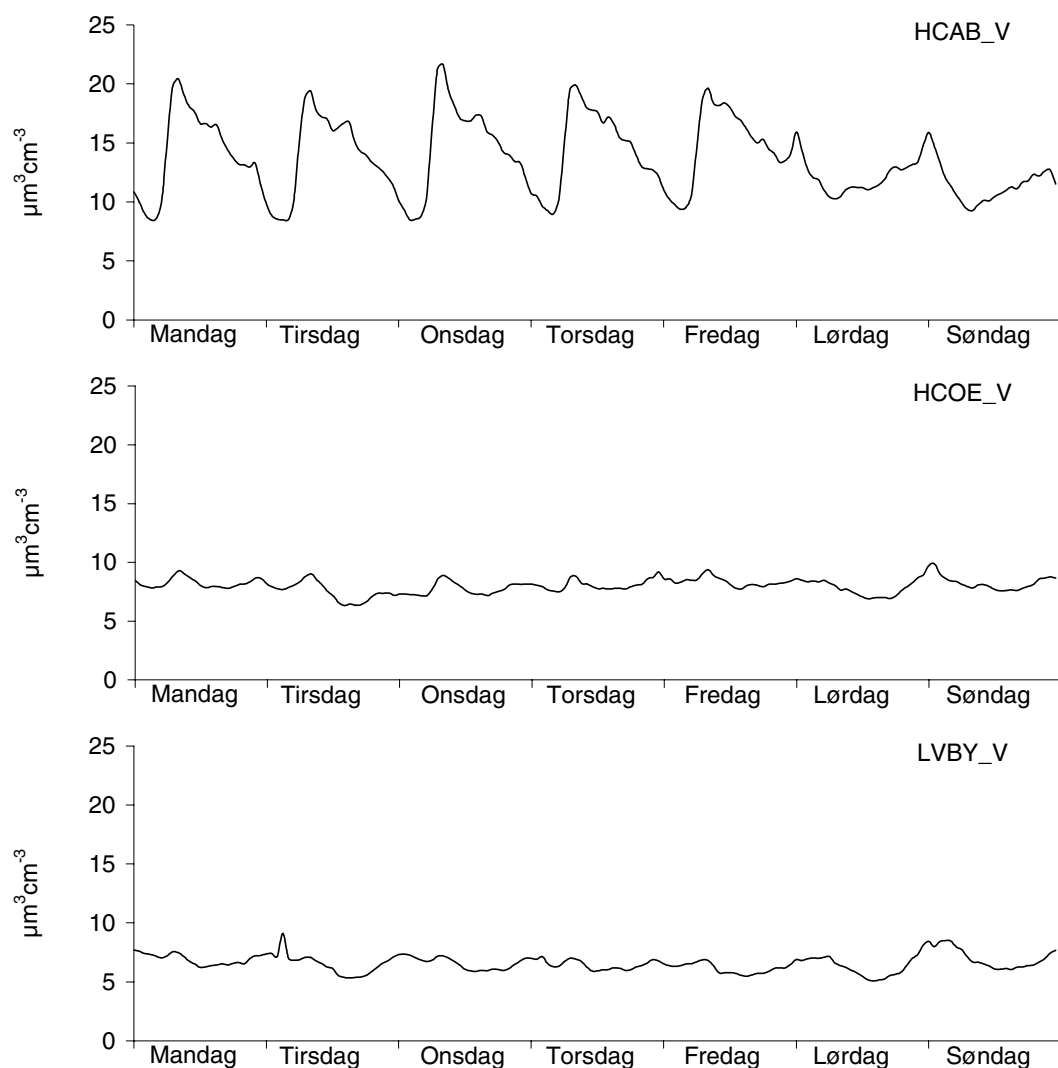


Figur 11. Døgnmiddelværdier af partikelvolumen i μm^3 pr. cm^3 , målt på de tre målestationer HCAB, HCOE og LVBY i årene 2005-2007. Partikelvolumen er beregnet ved integration over den målte størrelsesfordeling i måleintervallet 6 – 700 nm med den forenklede antagelse, at den enkelte partikel er en kugle med samme geometriske diameter som mobilitetsdiameteren.

Graferne for variationen i løbet af en gennemsnitsuge (Figur 12 og Figur 13) viser bedre end døgnmiddelværdierne, hvordan trafikken har stor betydning på en gade (her HCAB) for især antal, men også masse (volumen), af partiklerne i størrelsesområdet under $0,7\text{ }\mu\text{m}$.



Figur 12. Gennemsnitsvariationen af partikelantal N i løbet af en uge, vist for de tre målestationer HCAB, HCOE og LVBY.



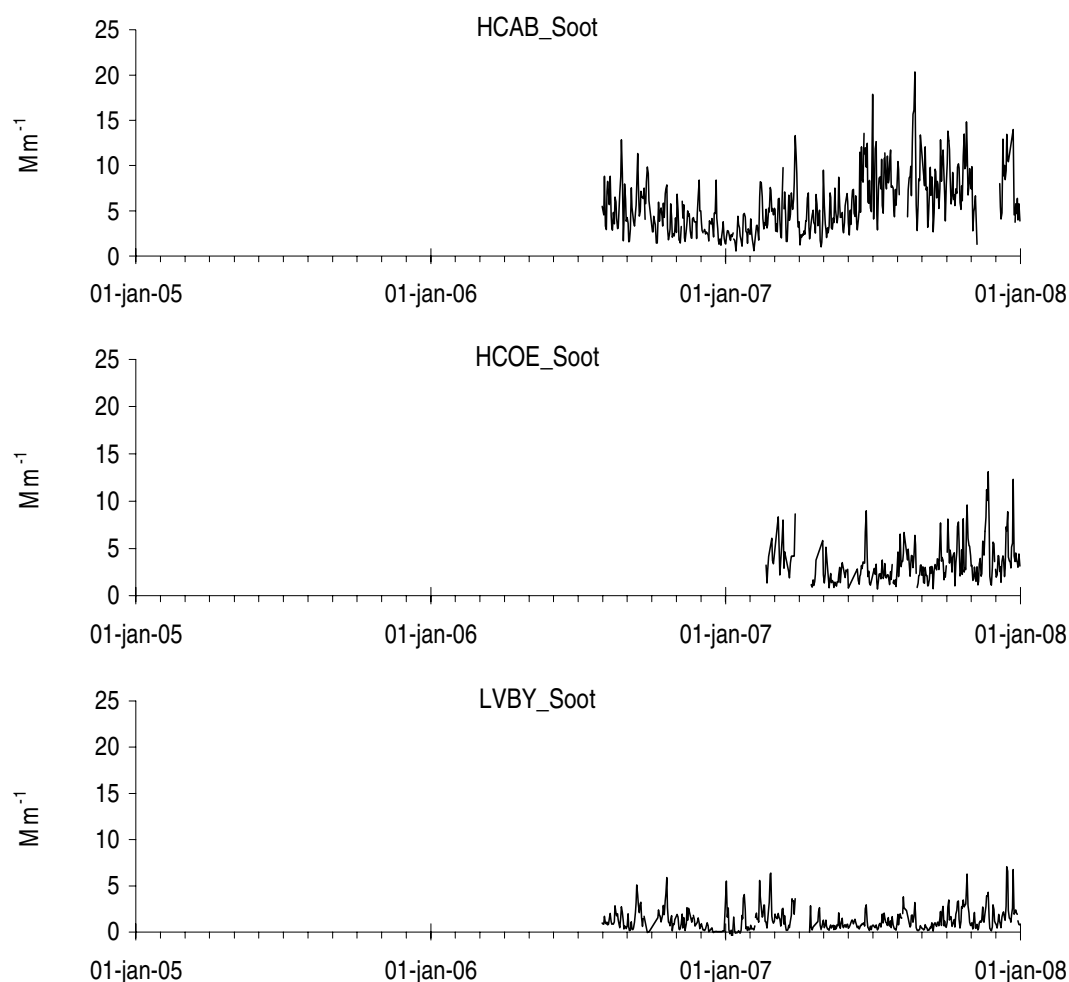
Figur 13. Gennemsnitsvariationen af partikelvolumen V i størrelsesområdet under $0,7 \mu\text{m}$ i løbet af en uge, vist for de tre målestationer HCAB, HCOE og LVBY.

2.4 Måling af sod

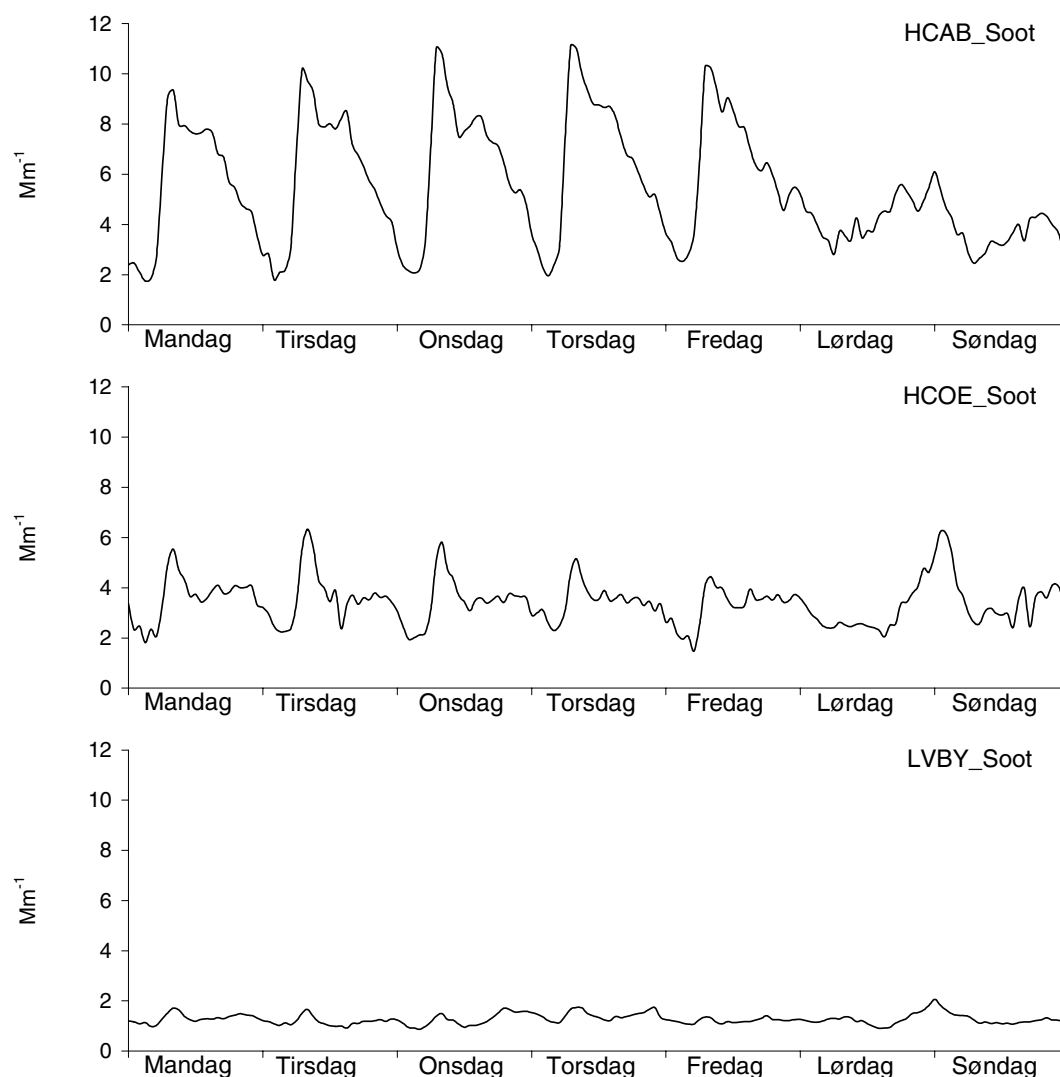
Sodkoncentrationen bestemmes ved at måle absorption af lys i partikulært materiale, opsamlet på et hvidt filter i en plet, hvorigennem en kendt mængde luft har passeret. Der er ikke tale om måling af sod opfattet som et stof, men om en måling af den lysabsorberende evne, som antages at være et proportionalt mål for indholdet af sod (d.v.s. sorte, kulstofholdige forbindelser). Lysabsorptionen bestemmes som den relative svækkelse (beregnet som den naturlige logaritme til forholdet før/efter) af lyset ved passage gennem det opsamlede stof på filteret. Ved den benyttede metode måles sod med høj tidsopløsning, idet svækkelsen af lyset detekteres, efterhånden som pletten under opsamlingen bliver mørkere. Når pletten er blevet så mørk, at svækkelsen i lysstyrke mellem måletidspunkterne ikke kan detekteres med tilstrækkelig nøjagtighed, drejes filteret til en ny position. Ved multiplikation af lysets relative svækkelse med plettens areal, og ved efterfølgende division med luftvolumen, fås et resultat, hvis enhed er en reciprok længde (areal divideret med volumen). Dette kan fortolkes som den svækkelse pr. længdeenhed, som lyset ville have haft, hvis det i stedet for at passere pletten havde passeret den sodholdige atmosfære. Hvis der f.eks. er målt en værdi på 1 Mm^{-1}

= 0.001 km^{-1} , så vil 1 promille af lyset blive absorberet for hver kilometer det passerer gennem atmosfæren på grund af dens indhold af sod.

Målingerne af sod (halvtimesmålinger omregnet til døgnmiddelværdier og ugevariation) er vist i Figur 14 og Figur 15.



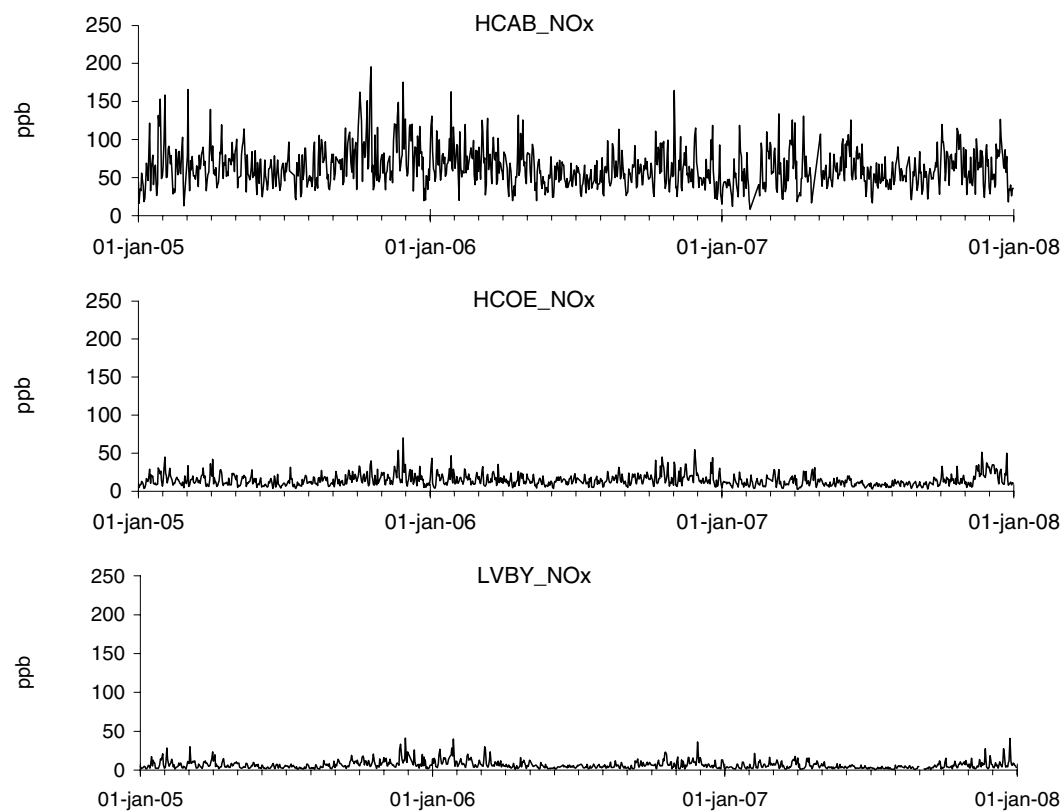
Figur 14. Døgnmiddelværdier af sod, målt på de tre målestationer HCAB, HCOE og LVBY i årene 2005-2007. Målingerne begyndte i 2006, men først omkring årsskiftet 2006/2007 var der målinger på alle tre målestationer.



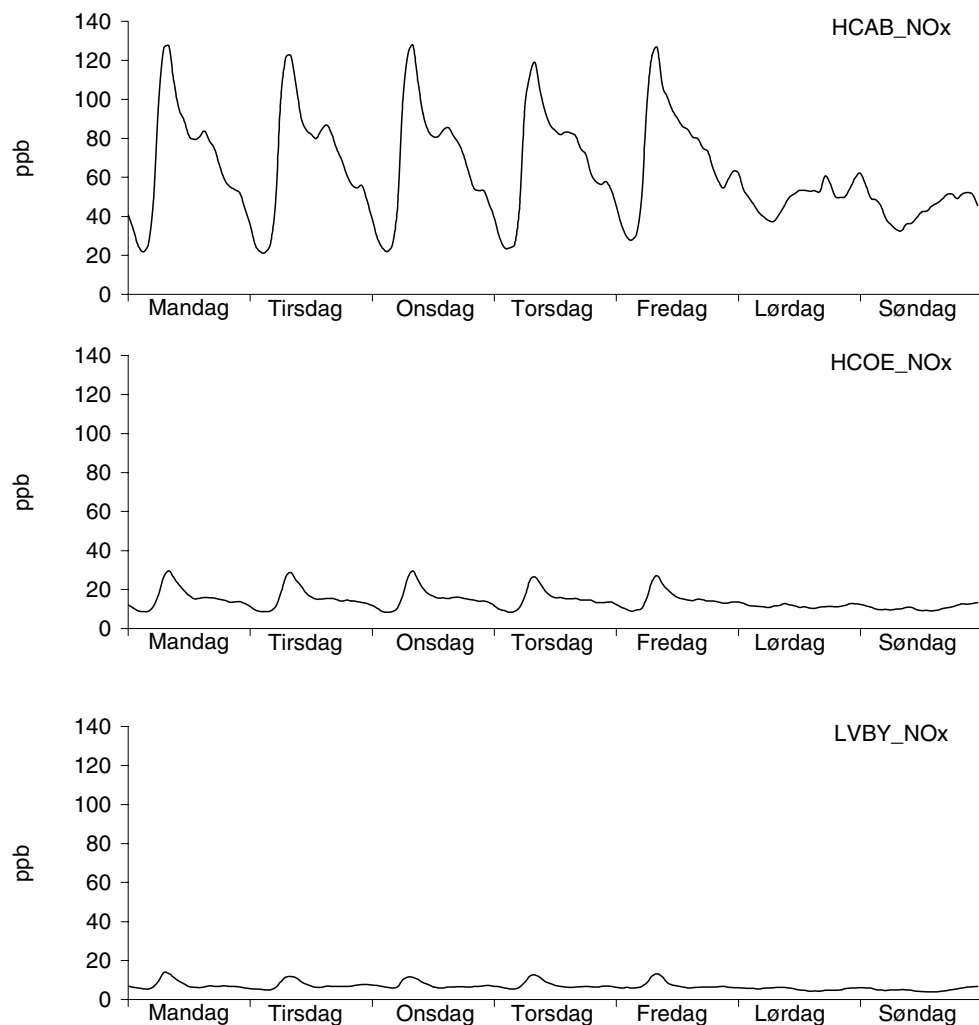
Figur 15. Gennemsnitsvariationen af sod i løbet af en uge, vist for de tre målestationer HCAB, HCOE og LVBY.

2.5 Kvantitativ vurdering af trafikens bidrag til partikel-forureningen

Når trafikens bidrag til partikelforureningen ønskes vurderet kvantitativt, er det nyttigt at tage udgangspunkt i målinger af gasserne NO og NO₂, som under ét betegnes NO_x. NO_x emitteres især af dieseldrivelser, men også i nogen grad af benzindrivelser. Baggrundsniveauet af NO_x, som enten skyldes andre kilder end trafik, eller som er transporteret over lange afstande, er uhyre lavt. Dette skyldes, at NO_x ikke ophobes i atmosfæren, fordi det i løbet af få dage omdannes til salpetersyre under indvirkning af sollys. Målingerne af NO_x (halvtimesmålinger omregnet til døgnmiddelværdier og ugevariation) er vist i Figur 16 og Figur 17.

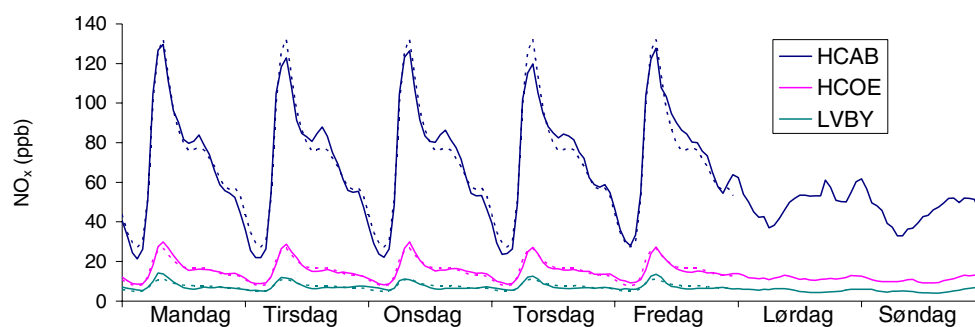


Figur 16. Døgnmiddelværdier af NO_x (NO+NO₂), målt på de tre målestationer HCAB, HCOE og LVBY i årene 2005-2007.



Figur 17. Gennemsnitsvariationen af NO_x i løbet af en uge, vist for de tre målestationer HCAB, HCOE og LVBY.

Den samtidige gennemsnitsvariation af NO_x i løbet af en uge er i Figur 18 vist for de tre målestationer HCAB, HCOE og LVBY. Kun halvtimesmålinger, der er samtidige for alle tre målesteder, er medtaget i gennemsnitsberegningen. De stiplede kurver er den bedste tilnærmelse, der kan opnås med en model, som antager samme tidslige forløb af trafikbidraget på hverdage ovenpå samme baggrundsniveau for HCAB og HCOE, men med forskellig styrke på målestederne. Der er brugt en vægget mindste kvadraters metode, hvor 24 timeværdier, to baggrundsværdier og to relative styrker for henholdsvis HCOE og LVBY i forhold til HCAB er blevet bestemt (i alt 28 parametre). Resultatet af analysen er en opdeling, dels i et trafikbidrag, som er forskelligt for de tre målesteder men med omtrent samme tidsvariation på hverdage, dels i to konstante ikke-trafik bidrag (baggrund), hvoraf det ene gælder for begge målesteder i København (HCAB og HCOE) og det andet gælder udenfor København (LVBY). De beregnede bidrag er vist i Tabel 1 og Tabel 2. Trafikbidraget er beregnet som gennemsnittet for hele ugen (altså lørdag og søndag medregnet) minus baggrundsbidraget.



Figur 18. Gennemsnitsvariationen af NO_x i løbet af en uge, vist for de tre målestationer HCAB, HCOE og LVBY. Kun samtidige halvtimesmålinger for alle tre målesteder er medtaget. De stiplede kurver er den bedste tilnærmelse, der kan opnås med en model, som antager samme tidslige forløb af trafikbidraget på hverdage, med forskellig styrke, men med samme baggrundsniveau på målestederne i København (HCAB og HCOE).

Tabel 1. Opdeling af de gennemsnitlige NO_x -bidrag (i ppb) fra trafik og baggrund, beregnet som bedste skøn ved mindste kvadraters metode. Den fede skrifttype for baggrundstallene for HCAB og HCOE indikerer, at der var lagt bånd på løsningen, således at de to værdier blev ens.

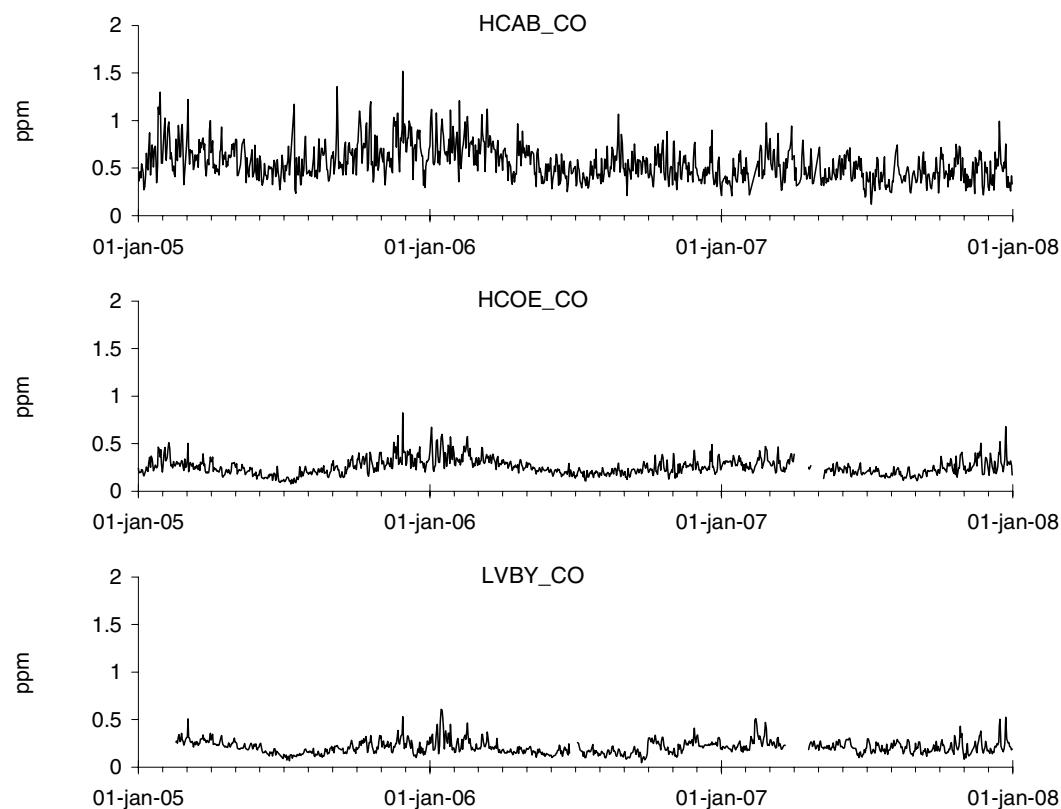
NO_x	HCAB	HCOE	LVBY
Målt	63,7	14,3	6,8
Baggrund	3,4	3,4	3,0
Trafik	60,3	10,9	3,8

Tabel 2. Trafikbidragene til NO_x og styrken af 'trafiksigalet' i forhold til HCAB.

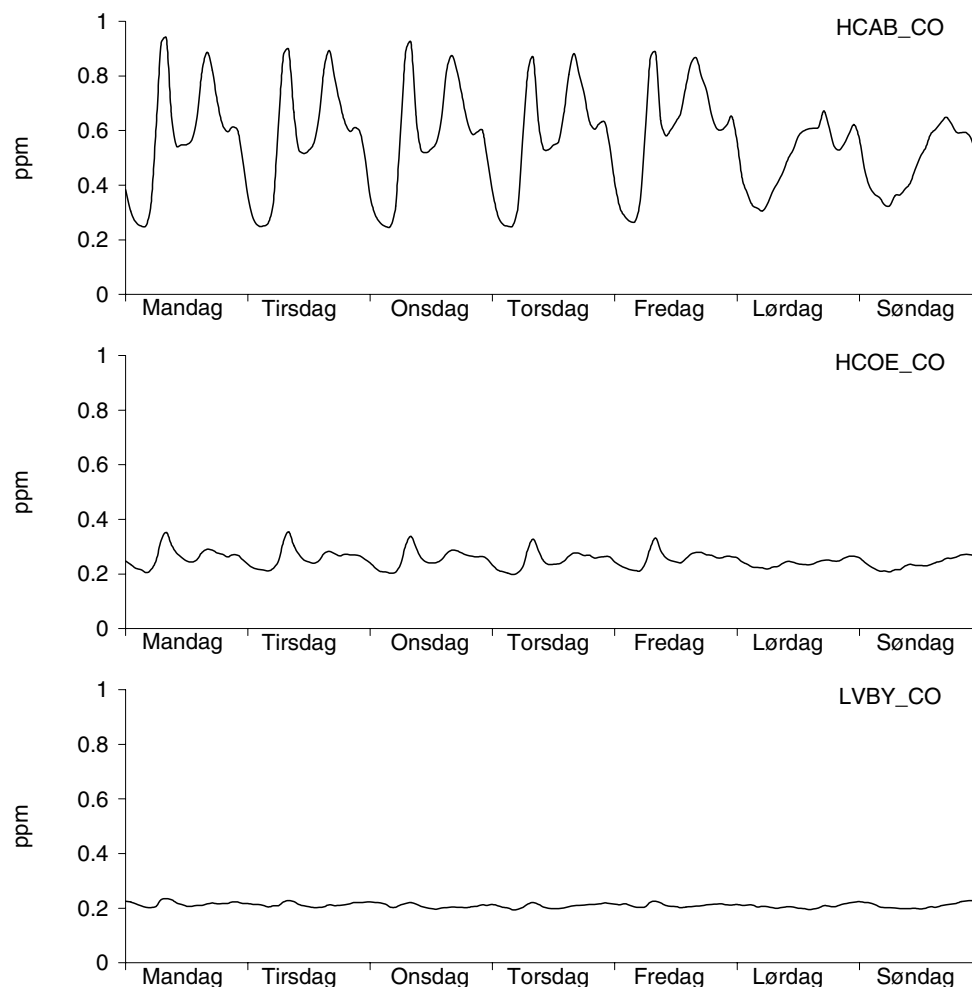
NO_x	HCAB	HCOE	LVBY
Trafik	60,3	10,9	3,8
Procent	100 %	18 %	6 %

Når trafikens bidrag til partikelforureningen ønskes vurderet kvantitativt, kunne man også tage udgangspunkt i målingerne af kulmonoxid CO, der især emitteres fra benzinkøretøjer. CO er dog mindre velegnet, da en del CO kan være udsendt fra lokale brændeovne. Desuden er baggrundsniveauet højt, da CO kun nedbrydes langsomt i atmosfæren.

Målingerne af CO (halvtimesmålinger omregnet til døgnmiddelværdier og ugevariation) er vist i Figur 19 og Figur 29. Figur 19 viser en tydelig årstidsvariation med mest CO om vinteren, formentlig især på grund af emissioner fra brændeovne, men formentlig også den kraftigere spredning i atmosfæren. Især Figur 20 er interessant i sammenligning med Figur 12 for partikelantallet N og med Figur 17 for NO_x , da den viser et helt andet døgnmønster. Dette er stærkt indicium på, at benzintrafikken især bidrager til CO og kun spiller en meget begrænset rolle for NO_x og partikelantal.



Figur 19. Døgnmiddelværdier af CO, målt på de tre målestationer HCAB, HCOE og LVBY i årene 2005-2007.



Figur 20. Gennemsnitsvariationen af CO i løbet af en uge, vist for de tre målestationer HCAB, HCOE og LVBY.

Trafikbidraget og baggrundsbidraget for CO er blevet estimeret (Tabel 3) ved at løse et sæt lineære ligninger, hvori trafikbidragene er bundet til at forholde sig på samme procentuelle måde som for NO_x , og baggrundsbidragene er bundet til at være de samme på HCAB og HCOE, fordi de to målesteder ligger meget nær hinanden, men ikke nødvendigvis det samme ved LVBY, der ligger meget længere væk. Det ses af tabellen, at den beregnede baggrund ved LVBY ikke adskiller sig fra baggrunden i København. CO-baggrunden synes således at have regional karakter.

Tabel 3. Løsningen (i ppm) til et ligningssystem, hvori middelværdierne af CO skal være summen af et trafikbidrag og en baggrundsværdi. Trafikbidragene skal forholde sig på samme måde som for NO_x , og baggrunden ved HCAB og HCOE skal være den samme.

CO	HCAB	HCOE	LVBY
Målt	0,56	0,25	0,21
Procent	100 %	18 %	6 %
Baggrund	0,19	0,19	0,19
Trafik	0,37	0,07	0,02

Trafikbidragene og baggrundsbidragene til PM_{2.5}, V (partikelvolumen) og sod er blevet beregnet med samme metode som ved beregningen for CO. Årsagen hertil er, at alle tre forureningsmål især vedrører meget små partikler med en størrelse under 1 µm, som vil fordeles i atmosfæren på næsten samme måde som en gasart. Desuden er baggrundsniveauet relativt højt ligesom for CO. Resultaterne er vist i Tabel 4, Tabel 5 og Tabel 6. Også for PM_{2.5} og V synes baggrunden at være regional ligesom for CO. Bemærk, at baggrundsværdierne for PM_{2.5} er beregnet ud fra målinger med TEOM-monitor, som taber nogle af de flygtige partikler.

Tabel 4. Trafik og baggrundsbidrag til PM_{2.5} (i µgm⁻³) målt med TEOM-monitor. Beregnet med samme metode som i Tabel 3.

PM _{2.5}	HCAB	HCOE	LVBY
Målt	14,6	10,7	10,4
Procent	100 %	18 %	6 %
Baggrund	9,8	9,8	10,1
Trafik	4,8	0,9	0,3

Tabel 5. Trafik og baggrundsbidrag til volumen af partikler <0,7 µm (V i µm³cm⁻³). Beregnet med samme metode som i Tabel 3.

V	HCAB	HCOE	LVBY
Målt	13,8	7,7	6,8
Procent	100 %	18 %	6 %
Baggrund	6,4	6,4	6,3
Trafik	7,4	1,3	0,5

Tabel 6. Trafik og baggrundsbidrag til sod (i Mm⁻¹). Beregnet med samme metode som i Tabel 3

Sod	HCAB	HCOE	LVBY
Målt	7,7	3,4	1,3
Procent	100 %	18 %	6 %
Baggrund	2,4	2,4	1,0
Trafik	5,3	1,0	0,3

Soden målt på HCAB skyldes mest trafikken, men allerede i bybaggrund (HCOE) må soden for det meste tilskrives andre kilder (se Tabel 6). Den lavere værdi for sod i baggrunden ved LVBY (se Tabel 6) kan tyde på, at der i København findes lokale kilder til sod, som ikke er kørende trafik, f.eks. lokale brændeovne eller skibstrafikken i Øresund tæt på København. Dette må dog endnu betragtes som meget usikkert på grund af den ret korte måletidsserie for sod, som er til rådighed. En analyse af forskellen på målt sod ved LVBY og HCOE som funktion af vindretningen viser således ingen signifikant afhængighed af, om vinden er østlig eller vestlig. En afhængighed af vindretningen må forventes, hvis skibstrafikken i Øresund har væsentlig lokal betydning i København.

For en nøjere analyse (receptoranalyse) af alene den kørende trafiks bidrag kan man subtrahere HCOE målingerne fra de samtidige målinger på HCAB, idet baggrundens variation derved elimineres i forskellen ('gadetilvæksten'). Hvis sod også skyldes andre lokale kilder, kan disse kilder bidrage med en regelmæssig døgnvariation, som vil kunne forstyrre bestemmelsen af trafikbidraget, hvis man ikke havde trukket by-

baggrunden fra. Da CO og NO_x kan betragtes som sporstoffer for henholdsvis benzintrafik og dieseltrafik, medtages de samtidige gadetilvækster af disse gasser i analysen. Dieseldrøjetøjer har en meget lav CO emission, og moderne benzinbiler har en meget lav emission af både CO og NO_x, så CO'en skyldes formentligt især ældre personbiler, motorcykler og knallerter. En faktoranalyse af de tre komponenters gadetilvækster i løbet af en gennemsnitsuge viser, at langt det meste (97,7 %) af den samlede variation kan forklares med to faktorer, som må fortolkes som henholdsvis 'dieseltrafik' og 'benzintrafik'.

Faktoranalysen alene kan kun bestemme antallet af væsentlige faktorer, idet analysen bygger på ren matematik. For en nøjere analyse er der derfor også foretaget en COPREM-analyse, hvorved kildernes emissionsprofiler bedre kan vurderes. I COPREM-modellen er inddraget fysiske principper (kun positive løsninger er tilladt), og kendskab til kilderne kan bruges til at styre løsningen. I COPREM-analysen er profilerne for de to faktorer F1 og F2 bevidst drejet således, at F1 indeholder det meste NO_x ('dieseltrafik') og F2 indeholder det meste CO ('benzintrafik'). Resultatet (Tabel 7) er interessant på to måder: Dels tyder det på, at dieseltrafikken ('F1') er næsten eneansvarlig for trafikens emission af sod. Dels er der opnået et kvantitativt estimat for benzintrafikens ('F2') andel i NO_x-emissionen. Det sidste ville ikke have været muligt, hvis sodmålingerne ikke havde været medtaget i receptoralysen. En mere sikker analyse må dog udskydes indtil en længere tidsserie af sodmålinger foreligger om nogle år.

Tabel 7. Variationen af forskellen mellem HCAB og HCOE (gadetilvæksten) forklaret ved hjælp af to faktorer. Analysen gælder for de perioder, hvor alle tre størrelser CO, NO_x og sod er målt samtidigt på begge stationer.

	F1	F2	Sum	Målt	
CO	0,000	0,228	0,228	0,226	Ppm
NO _x	38,5	7,5	46,0	47,2	Ppb
Sod	4,98	0,00	4,98	4,78	Mm ⁻¹

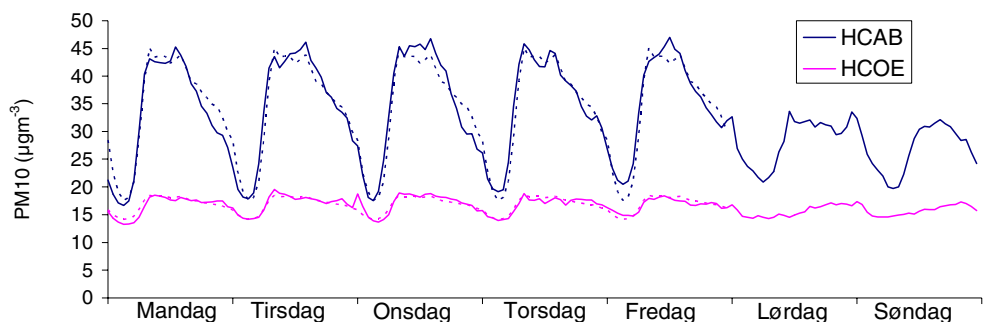
Trafikbidragene og baggrundsbidragene til PM₁₀ er i Tabel 8 blevet beregnet med samme metode som ved beregningen for CO, altså ved at bruge de samme procentandele for trafik, som blev bestemt ved analysen af døgnvariationen af NO_x på hverdage.

Tabel 8. Trafik og baggrundsbidrag til PM₁₀ (i µgm⁻³, målt med TEOM-monitor). Beregnet med samme metode som i Tabel 3. PM₁₀ er ikke blevet målt med TEOM på LVBY.

PM ₁₀	HCAB	HCOE
Målt	32,4	16,5
Procent	100 %	18 %
Baggrund	13,0	13,0
Trafik	19,4	3,5

Bidraget fra trafikken i forhold til baggrunden for PM₁₀ (især når der måles med TEOM-monitor) er imidlertid så stort, at man også kan forsøge sig med samme metode som ved NO_x-beregningen, altså hvor de procentuelle andele ikke ligger fast. Resultatet er vist i Figur 21, Tabel 9 og Tabel 10. I denne sidstnævnte analyse beregnes en lidt højere baggrund (13,5 µgm⁻³ i stedet for 12,8 µgm⁻³) og en lidt mindre procent på HCOE (16 % i stedet for 19 %). Forskellen kan have en reel årsag, nemlig at PM₁₀

på gaden i høj grad indeholder grove partikler (PM₁₀ målt med TEOM-monitor er i gennemsnit mere end dobbelt så stor som PM_{2,5}), som ikke i samme grad som PM_{2,5} kan holde sig svævende i længere tid og dermed nå op til målestedet på H.C. Ørsted Instituttets tag.



Figur 21. Gennemsnitsvariationen af PM₁₀ i løbet af en uge, vist for de to målestationer HCAB og HCOE. Kun samtidige halvtimesmålinger for begge målesteder er medtaget. De stiplede kurver er den bedste tilnærmelse, der kan opnås med en model, som antager samme tidslige forløb af trafikbidraget på hverdage, med forskellig styrke, men med samme baggrundsniveau på to målesteder.

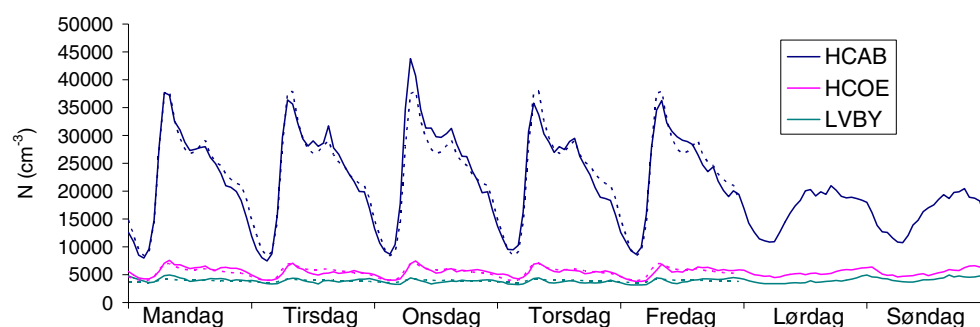
Tabel 9. Opdeling af de gennemsnitlige PM₁₀-bidrag (i µgm⁻³) fra trafik og baggrund, beregnet som bedste skøn ved mindste kvadraters metode. Fed skrift for baggrundstallene indikerer, at der var lagt bånd på løsningen, således at de to værdier blev ens.

PM ₁₀	HCAB	HCOE
Målt	32,4	16,5
Baggrund	13,5	13,5
Trafik	18,9	3,0

Tabel 10. Trafikbidragene til PM₁₀ og styrken af 'trafiksignalet' i forhold til HCAB.

PM ₁₀	HCAB	HCOE
Trafik	18,9	3,0
Procent	100 %	16 %

Også for partikelantallet kan "NO_x-metoden" bruges, idet bidraget fra trafikken er betydeligt. Da det yderligere må forventes, at de allermindste partikler på gaden ikke alene fortyndes, men at antallet også formindskes ved at partiklerne rammer andre partikler og slår sig sammen (se også diskussionen i forbindelse med Figur 6), så vil metoden, der forudsætter konstante procentforhold, ikke være acceptabel. Resultatet af analysen ses i Figur 22, Tabel 11 og Tabel 12. At partiklerne faktisk forsvinder, ses af resultatet i Tabel 12, hvor styrken af trafiksignalet på HCOE i forhold til HCAB kun bliver 10 % i stedet for de 18 % for NO_x, og ligeledes i LVBY kun 1,4 % i stedet for 6 %.



Figur 22. Gennemsnitsvariationen af partikelantallet (N) i løbet af en uge, vist for de tre målestationer HCAB, HCOE og LVBY. Kun samtidige halvtimesmålinger for alle tre målesteder er medtaget. De stiplede kurver er den bedste tilnærmelse, der kan opnås med en model, som antager samme tidslige forløb af trafikbidraget på hverdage, med forskellig styrke, men med samme baggrundsniveau på de forskellige målesteder.

Tabel 11. Opdeling af de gennemsnitlige bidrag til partikelantallet N (i cm^{-3}) fra trafik og baggrund, beregnet som bedste skøn ved mindste kvadraters metode. Den fede skrifttype for baggrundstallene indikerer, at der var lagt bånd på løsningen, således at de værdier i København blev ens.

N	HCAB	HCOE	LVBY
Målt	21128	5499	3940
Baggrund	3703	3703	3324
Trafik	17425	1796	236

Tabel 12. Trafikbidragene til N og styrken af 'trafiksignalet' i forhold til HCAB

N	HCAB	HCOE	LVBY
Trafik	17425	1796	236
Procent	100 %	10 %	1,4 %

3 Diskussion og konklusion

Nedsættelsen af svovlindholdet i diesel og benzin ved årsskiftet 2004/2005 har haft en markant betydning for partikelantallet på H.C. Andersens Boulevard. En tilsvarende reduktion i partikelantallet er formentlig sket i de fleste trafikerede gader i Danmark. Der kan ikke konstateres nogen ændring i partikelemissionen regnet som masse som følge af nedsættelsen. Dette skyldes, at de forsvundne partikler er små kondensatpartikler, som dannes i og efter udstødningsrøret. I sammenligning med de større sodpartikler har de en ubetydelig masse. Reduktionen i partikelantallet er særlig markant i de sene nattetimer i weekenden, hvor trafikken er domineret af moderne dieselmotorer (taxier) med oxiderende katalysator.

De samtidige målinger med høj tidsopløsning i den treårige periode 2005-2007 af partikler og gasser på tre målestationer i Københavnsregionen er blevet brugt til den hidtil mest nøjagtige opdeling i lokale trafikbidrag og baggrundsbidrag. De beregnede bidrag er vist samlet i Tabel 13. Trafikkens bidrag til fine partikler ($PM_{2.5}$) på H.C. Andersens Boulevard, som er en af Københavns mest trafikerede gader, er forholdsvis beskeden (19 %). I bybaggrund (HCOE), som er mere repræsentativ for befolkningens eksponering, er trafikens bidrag til $PM_{2.5}$ kun 4,3 %. Det er i en tidligere undersøgelse (Palmgren et al., 2005) vist, at størstedelen af de fine partikler fra trafikken består af sod fra udstødning, men at der også er et væsentligt bidrag af en række metaller fra bremseslid. For PM_{10} , hvor de grove partikler i størrelsesområdet mellem 2,5 μm og 10 μm medregnes, bidrager trafikken med en væsentlig større andel (44 % på H.C. Andersens Boulevard og 11 % i bybaggrund). Dette skyldes især, at trafikken ophvirvler store mængder grove partikler i form af vejstøv og vejsalt.

Med udgangspunkt i tallene i Tabel 13 er der intet, der tyder på, at den ikke-trafikle baggrund er særligt forskellig ved de tre steder, når der ses bort fra sod, som synes at have en væsentlig højere baggrund i København (HCAB og HCOE) end i landbaggrunden uden for København (LVBY). Det er dog endnu usikkert, hvor stor forskellen er, da sodmålingerne først startede ret sent i projektperioden. Resultaterne for sod må endnu anses for usikre.

Det har tidligere været antaget, at København på grund af andre bymæssige kilder end trafik har et baggrunds niveau for partikelforurening, som er lidt højere end uden for byen, men dette er altså ikke blevet bekræftet af denne undersøgelse, når der ses bort fra det noget usikre resultat for sod. Hvis det forhøjede niveau for sod i København bliver bekræftet af en længere måletidsserie, og hvis forhøjelsen især optræder ved østlige vindretninger, kan årsagen til den ekstra sodforurening muligvis være skibstrafikken i Øresund tæt på København.

Tabel 13. Samlet oversigt over de beregnede værdier af trafikbidrag og ikke-trafikale baggrund som gennemsnit i årene 2005-2007 for tre målesteder i Københavnsregionen.

Forkortelser: HCAB (gadestation på H.C. Andersens Boulevard i det centrale København), HCOE (bybaggrundsstation på taget af H.C. Ørsted Institut i det centrale København), LVBY (landmålestation på en mark ved Lille Valby i nærheden af Roskilde), BAGGR (den ikke-trafikale baggrund), V (partikelvolumen for partikler < 0,7 µm) og N (partikelantal).

	Trafik HCAB	Trafik HCOE	BAGGR HCAB/HCOE	Trafik LVBY	BAGGR LVBY	Enhed
NO_x	60,3	10,9	3,4	3,8	3,0	ppb
NO_x	115,7	20,9	6,6	7,4	5,7	µg(NO ₂)m ⁻³
CO	0,37	0,07	0,19	0,02	0,19	ppm
CO	437	79	217	28	216	µgm ⁻³
PM_{2.5}	4,8	0,9	19,9*)	0,3	20,2*)	µgm ⁻³
PM₁₀	18,9	3,0	23,6*)	-	-	µgm ⁻³
V	7,4	1,3	6,4	0,5	6,3	µm ³ cm ⁻³
N	17425	1796	3703	236	3324	cm ⁻³
Sod	5,3	1,0	2,4	0,3	1,0	Mm ⁻¹

*) Korrigeret med PM₁₀-tabet 10,1 µgm⁻³ i TEOM-monitor målt i perioden 2005-2007 på HCOE. Det forventes, at det samme tab gælder for PM_{2.5}. Dette ses bekræftet i Figur 3, som dog kun kan sammenligne tabene i 2007, hvor PM_{2.5}-målinger med referencemethoden begyndte.

En kombineret faktor- og massebalanceanalyse af gadetilvæksten (forskellen mellem gade og bybaggrund) for CO, NO_x og sod, viste, at variationen og bidragene kan forklares med to faktorer, som kan fortolkes som henholdsvis benzintrafik og dieseltrafik. Ifølge analysen kommer soden alene fra dieseltrafikken.

Referencer

- Glasius, M., Ketzel, M., Wåhlin, P., Jensen, B., Mønster, J.G., Berkowicz, R. & Palmgren, F. (2006): Impact of wood combustion on particle levels in a residential area in Denmark. - *Atmospheric Environment* 40(37): 7115-7124.
- Glasius, M., Nielsen, P.K., Stubkjær, J., Bossi, R., Hertel, O., Ketzel, M., Wåhlin, P., Schleicher, O. & Palmgren, F. (2007): Partikler og organiske forbindelser fra træfyring - nye undersøgelser af udslip og koncentrationer. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. - Arbejdsrapport fra DMU 235: 41 s. (elektronisk).
- Ketzel, M., Omstedt, G., Johansson, C., Düring, I., Berkowicz, R., Pohjola, M., Oetl, D., Wåhlin, P., Glasius, M. & Palmgren, F. (2006a): Vehicle emission factors for PM_{2.5}/PM₁₀ exhaust and non-exhaust and soot emissions. In: Vehkamäki, H., Bergman, T., Julin, J., Salonen, M. & Kulmala, M. (eds.): *NOSA 2006 Aerosol symposium, combined with the X Finnish National Aerosol Symposium, Finnish-Czech Aerosol Symposium, and BACCI workshop*, Helsinki 8.-10.11. 2006. Finnish Association for Aerosol Research. - Report Series in Aerosol Science A 83: 143-145.
- Ketzel, M., Wåhlin, P., Glasius, M., Mønster, J.G., Berkowicz, R. & Palmgren, F. (2006b): Particle emissions from traffic and biomass burning - Results of several studies in Denmark. European Geosciences Union General Assembly 2006, Vienna, Austria, 2-7 April 2006.
- 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. (2005): Luftforurening med partikler i Danmark. Miljøstyrelsen. - Miljøprojekt 1021: 84 s. (elektronisk).
- Wåhlin, P., Palmgren, F., Van Dingenen, R. & Raes, F. (2001) Pronounced decrease of ambient particle number emissions from diesel traffic in Denmark after reduction of the sulphur content in diesel fuel. - *Atmospheric Environment* 35: 3549-3552.
- Wåhlin, P. & Palmgren, F. (2004) Partikler i luften i København Udgivet af: Miljøkontrollen, Københavns Kommune (<http://www.miljoe.kk.dk/-privat/publikationer>)
- Wåhlin, P., Berkowicz, R. & Palmgren, F. (2006): Characterisation of traffic-generated particulate matter in Copenhagen. - *Atmospheric Environment* 40(12): 2151-2159.

DMU Danmarks Miljøundersøgelser

Danmarks Miljøundersøgelser er en del af Aarhus Universitet.	På DMU's hjemmeside 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, conferencebidrag og populærfaglige artikler.

Yderligere information: www.dmu.dk

Danmarks Miljøundersøgelser Frederiksborgvej 399 Postboks 358 4000 Roskilde Tlf.: 4630 1200 Fax: 4630 1114	Direktion Personale- og Økonomisekretariat Forsknings-, Overvågnings- og Rådgivningssekretariat Afdeling for Systemanalyse Afdeling for Atmosfærisk Miljø Afdeling for Marin Økologi Afdeling for Miljøkemi og Mikrobiologi Afdeling for Arktisk Miljø
Danmarks Miljøundersøgelser Vejlsovej 25 Postboks 314 8600 Silkeborg Tlf.: 8920 1400 Fax: 8920 1414	Forsknings-, Overvågnings- og Rådgivningssekretariat Afdeling for Marin Økologi Afdeling for Terrestrisk Økologi Afdeling for Ferskvandsøkologi
Danmarks Miljøundersøgelser Grenåvej 14, Kalø 8410 Rønde Tlf.: 8920 1700 Fax: 8920 1514	Afdeling for Vildtbiologi og Biodiversitet

Faglige rapporter fra DMU

På DMU's hjemmeside, 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. 2008

- Nr. 676 Fodring af kortnæbbede gæs om foråret i Vestjylland. Biologiske fakta til understøttelse af fremtidig forvaltningsstrategi. Af Madsen, J. 20 s. (elektronisk)
- 675 Annual Danish Emission Inventory Report to UNECE. Inventories from the base year of the protocols to year 2006. By Nielsen, O.-K. et al. 504 pp. (electronic)
- 674 Environmental monitoring at the cryolite mine in Ivittuut, Spouth Greenland, in 2007. Johansen, P. et al. 31 pp. (electronic)
- 672 Revised emission factors for gas engines including start/stop emissions. Sub-report 3 (NERI). By Nielsen, M., Illerup, J.B. & Birr-Petersen, K. 67 pp. (electronic)
- 671 DEVANO. Decentral Vand- og Naturovervågning. Programbeskrivelse 2008. Af Boutrup, S. & Jensen, P.N. (red.). 33 s. (elektronisk)
- 670 Prioriteringsmetoder i forvaltningen af Habitatdirektivets naturtyper og arter i Natura 2000-områder. Af Skov, F. et al. 36 s. (elektronisk)
- 669 Identifikation af referencevandløb til implementering af vandrammedirektivet i Danmark. Kristensen, E.A. et al. 55 s. elektronisk)
- 668 Brændefyring i hjemmet – praksis, holdninger og regulering. Af Petersen, L.K. & Martinsen, L. 48 s. (elektronisk)
- 667 Denmark's National Inventory Report 2008. Emission Inventories 1990-2006 – Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change. By Nielsen, O.-K. et al. 701 pp. (electronic)
- 666 Agerhønsens biologi og bestandsregulering. En gennemgang af den nuværende viden. Af Kahlert, T., Asferg, T. & Odderskær, P. 61 s.
- 665 Individual traffic-related air pollution and new onset adult asthma. A GIS-based pilot study. By Hansen, C.L. et al. 23 pp.
- 664 Aluminiumsmelter og vandkraft i det centrale Grønland. Datagrundlag for natur og ressourceudnyttelse i forbindelse med udarbejdelse af en Strategisk Miljøvurdering (SMV). Af Johansen, P. et al. 110 s.
- 663 Tools to assess conservation status on open water reefs in Nature-2000 areas. By Dahl, K. & Carstensen, J. 25 pp.
- 662 Environmental monitoring at the Nalunaq Gold Mine, South Greenland, 2007. By Glahder, C.M., Asmund, G. & Riget, F. 31 pp.
- 661 Tilstandsvurdering af levesteder for arter. Af Søgaard, B. et al. 72 s.
- 660 Opdatering af vurdering af anvendelse af SCR-katalysatorer på tunge køretøjer som virkemiddel til nedbringelse af NO₂ forureningen i de største danske byer. Af Ketzel, M. & Palmgren, F. 37 s.
- 659 Optimering af behandlingseffekten i akvakultur. Minimering af forbrug og udledning af hjælpestoffer. Af Sortkjær, O. et al. 124 s. (also available in print edition).
- 658 Danske kystklitter – vegetation og jordbundskemi. Analyse af NOVANA-data 2004-2006. Af Damgaard, C., Nygaard, B. & Nielsen, K.E. 66 s.
- 657 High density areas for harbour porpoises in Danish waters. By Teilmann, J. et al. 40 pp.
- 656 Manglende indberetninger til vildtudbyttestatistikken i jagtsæsonen 2006/07. Af Asferg, T. 21 s.
- 654 Rapportering af Luftemissioner på Grid. Metoder og principper. Af Jensen, M.T. et al. 56 s.
- 653 Control of Pesticides 2006. Chemical Substances and Chemical Preparations. By Krøgaard, T., Petersen, K.K. & Christoffersen, C. 25 pp.
- 652 A preliminary strategic environmental impact assessment of mineral and hydrocarbon activities on the Nuussuaq peninsula, West Greenland. By Boertmann, D. et al. 66 pp.
- 651 Undersøgelser af jordhandler i forbindelse med naturgenopretning. Af Jensen, P.L., Schou, J.S. & Ørby, P.V. 44 s.
- 650 Fuel consumption and emissions from navigation in Denmark from 1990-2005 – and projections from 2006-2030. By Winther, M. 108 pp.

Bidragene til partikler, sod, kulilte (CO) og kvælstofilter (NO_x) fra den lokale trafik ved en gade-station og en tagstation i København, samt ved en landstation vest for København, beregnes på grundlag af en matematisk analyse af målingerne i perioden 2004-2007. Det vises desuden, at overgangen til svovlfri benzin og diesel fra årsskiftet 2004/2005 har medført, at antallet af ultrafine partikler, som udsendes fra trafikken, er blevet reduceret.