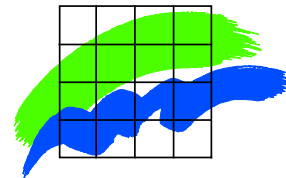




RIBE AMT

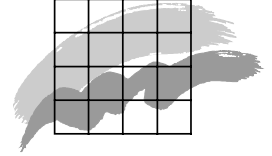


Partikel- forurening fra industri og trafik i Esbjerg

Arbejdsrapport fra DMU, nr. 160



RIBE AMT



Partikel- forurening fra industri og trafik i Esbjerg

*Arbejdsrapport fra DMU, nr. 160
2002*

Ole Hertel, Per Løfstrøm og Steen Solvang Jensen

Udarbejdet for Ribe Amt

Datablad

Titel:	Partikel-forurening fra industri og trafik i Esbjerg
Forfattere:	Ole Hertel, Per Løfstrøm og Steen Solvang Jensen
Afdeling:	Afdeling for Atmosfærisk Miljø
Serietitel og nummer	Arbejdsrapport fra DMU nr. 160
Udgiver	Miljøministeriet Danmarks Miljøundersøgelser© http://www.dmu.dk
Udgivelsestidspunkt:	Maj 2002
Bedes citeret:	Hertel, O., Løfstrøm, P. & Jensen, S. S. 2002: Partikelforurening fra industri og trafik i Esbjerg. Danmarks Miljøundersøgelser 45 s. – Arbejdsrapport fra DMU nr 160. Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse.
Layout: Tegninger/fotos:	Maria Pedersen Forfatterne
ISSN (trykt) ISSN (elektronisk)	1395-5675 ISSN 1399-9346 xxx
Sideantal:	45
Oplag	50
Internet-version:	Rapporten kan også findes som PDF-fil på DMU's hjemmeside http://www.dmu.dk , samt på Ribe Amt's hjemmeside http://www.natur.ribeamt.dk .

Indhold

1	Baggrund og problemstilling	5
2	Partikelmålinger	6
2.1	Partiklers egenskaber	7
2.2	Niveau og udvikling i partikelforurening i Danmark	8
2.3	Målinger af PM _{2,5} og PM ₁₀ i Esbjerg	10
2.4	Resultater af PM _{2,5} og PM ₁₀ målinger	14
3	Emissionsopgørelse	18
3.1	Emissionsområde	18
3.2	Emission fra trafik	19
3.3	Boligopvarmning	22
3.4	Punktkilder	24
3.5	Sammenstilling af emissioner	25
4	Spredningsberegninger for PM₁₀	26
4.1	Metode	26
4.2	Beregninger med 'standard' meteorologi	27
4.3	Beregninger for 2001	31
5	Sundhedsmæssig vurdering	33
6	Diskussion og konklusioner	34
7	Referencer	36
	Bilag A	
	Kildedata for punktkilder	38
	Bilag B	
	Sammenligning af meteorologiske data	40
	Bilag C	
	Beregninger for 2001	43

1 Baggrund og problemstilling

Tidligere undersøgelse

Danmarks Miljøundersøgelser (DMU) gennemførte i foråret 2000 en indledende vurdering af luftforureningen i Ribe Amt. Resultaterne blev præsenteret i en rapport DMU (2000), som blev udarbejdet på baggrund af til rådighed værende data for trafik, industri og landbrug. Endvidere omfattede arbejdet beregnede atmosfæriske depositioner til landsbrugs- og naturområder. For naturområdernes vedkommende blev den atmosfæriske deposition vurderet i forhold til områdernes tålegrænser. Rapporten pegede på et muligt behov for mere detaljerede undersøgelser af luftforureningen generelt fra industrien i Esbjerg samt partikelforurening fra industri og trafik i Esbjerg by. Borgergrupper i Esbjerg by har i forskellige miljømæssige sammenhænge vist interesse for luftforureningen i byen, ligesom der er stillet spørgsmål til de sundhedsmæssige konsekvenser af partikelforureningen.

Denne undersøgelse

Ribe Amt har på denne baggrund ønsket at forbedre beslutningsgrundlaget for regulering af luftforureningen i Esbjerg. Dette er søgt opnået ved at gennemføre denne undersøgelse af niveauer af partikelforureningen i Esbjerg med særlig fokus på udslip fra industri, boliger og trafik. Undersøgelsen omfatter såvel målinger af partikkelkoncentrationer som beregninger med DMU's OML (Operationelle Meteorologiske Luftkvalitetsmodeller) model. Undersøgelsen blev forestået af DMU, men med væsentlig bistand fra Ribe Amt. Undersøgelsen omfattede:

- Målinger af partikkelkoncentrationer i Esbjerg by og for en regionalstation uden for Esbjerg.
- Udarbejdelse af en emissionsopgørelse for partikler fra kilder i Esbjerg by.
- Beregninger af lokale kilders bidrag til partikelforurening i Esbjerg by.

Målinger

Målingerne omfattede PM_{10} og $PM_{2.5}$ (vægten af partikler med en diameter under hhv. 10 og 2.5 μm) på to lokaliteter udvalgt i samarbejde mellem Ribe Amt og DMU. DMU stod for opsætning og tilvejebringelse af udstyr samt vejning af filtrene, mens Ribe Amt tilså og skiftede filtrene på stationerne.

Emissioner

Ribe Amt stod for at opgøre partikelemissionen fra stationære kilder i Esbjerg by, og DMU har ud fra digitale kort, register- og trafikdata opgjort emissionen fra trafik og boligopvarmning.

Beregninger

DMU har med udgangspunkt i de udarbejdede emissionsopgørelser foretaget beregninger med røgfanemodellen OML-multi udviklet på DMU. OML-multi er en version af røgfanemodellen, som kan regne på mange kilder spredt over et givet område.

Denne rapport

De anvendte metoder, resultater og fortolkninger er beskrevet i den foreliggende rapport.

2 Partikelmålinger

<i>Effekter af partikler</i>	Luftforurening med partikler i byområder kan have alvorlig indflydelse på befolknings sundheden. Effekterne omfatter både langtidseffekter som kræft og hjerte/kar sygdomme som korttidseffekter som astma og allergitilfælde samt irritation af øjne, næse og hals (Se fx. Larsen et al., 1997; Palmgren et al., 2001).
<i>Karakterisering af partikler</i>	Partikelforurening er ofte karakteriseret ved vægtbaserede målemetoder som fx TSP (Total Suspended Particulate Matter), der omfatter hovedparten af de luftbårne partikler, eller PM ₁₀ og PM _{2,5} , der omfatter partikulært materiale med en diameter under hhv. 10 og 2.5 µm.
<i>Dansk lovgivning</i>	Bekendtgørelsen om luftkvalitet fra Miljø- og Energiministeriet nr. 836 dateret 10. december 1986 fastsætter grænseværdier for TSP, i.e. 300 µg/m ³ som 24 timers gennemsnit og 150 µg/m ³ som årligt gennemsnit.
<i>EU direktiver</i>	EU direktivet "Rådets Direktiv 1999/30/EC af 22. April 1999 om grænseværdier for svovldioxid, kvælstofdioxid og kvælstofoxider, partikler og bly i udeluft" giver bl.a. grænseværdier for PM ₁₀ , som for 24 timers grænseværdi er sat til 50 µg/m ³ . Medlemslandene skal inden 2005 og 2010 skal sørge for, at denne grænse ikke overskrides mere end henholdsvis 35 og 7 gange pr. år (se Tabel 2.1). Grænseværdierne for årsmiddelkoncentrationen er 40 og 20 µg/m ³ , som ligeledes skal opfyldes inden hhv. 2005 og 2010. WHO har ikke anbefalede grænseværdier for partikler, begrundet i manglende viden på området, og i at man ikke har kunnet identificere en nedre grænse for effekter. EU Kommission har da også konkluderet, at den nuværende viden om sundhedsskadelige effekter samt kilderne og de fysiske/kemiske egenskaber af partikler er for ufuldstændig. EU vil derfor revidere grænseværdierne indenfor få år, når videngrundlaget er forbedret. Direktiverne forpligter i øvrigt medlemslandene til at indsamle data om mindre partikler, PM _{2,5} .

Tabel 2.1. PM₁₀. EU grænseværdier (µg/m³).

	Gyldig fra	Grænseværdi
35. højeste døgnmiddel	2005	50
Årsmiddel	2005	40
7. højeste døgnmiddel	2010	50
Årsmiddel	2010	20

Dansk forskning og udredning

Færdselsstyrelsen og Miljøstyrelsen iværksatte i begyndelsen af 2001 to udredningsprojekter vedrørende partikler og sundhed for den danske befolkning (Palmgren et al., 2001; Jensen et al., 2001). Det første projekt havde til formål på aktuelt bedst mulige grundlag at vurdere den sundhedsmæssige gevinst ved indførelse af partikelfiltre på den danske dieselvognpark. Det andet projekt skulle vurdere effekten af indførelse af miljøzoner omkring de større danske byer med påbud om partikelfiltre på dieselkøretøjer inden for zonerne. De sundhedsmæssige effekter af partikulær forurening blev baseret på en metode udviklet i forbindelse med et WHO udredningsprojekt (WHO, 1999) og var baseret på PM_{10} . Årsagen til dette valgt var, at helbredseffekter er bedst beskrevet for befolkningens eksponering til PM_{10} . Konklusionen på de to danske projekter var at udsættelse for partikel forurening er skyld i ca. 5000 årlige dødsfald i Danmark. Det skal understreges, at denne beregning omfatter en teoretisk risikovurdering baseret på alt partikulært materiale inklusiv bidraget fra langtransport samt fx jordstøv og havsprøjt. Det er ganske usikkert om disse naturlige partikelbidrag har samme indflydelse på sundheden som de menneskeskabte udslip.

Nye tal for sundhedseffekter

En netop udgivet amerikansk artikel (Pope et al., 2002) har revideret og opdateret tallene for sundhedseffekter, som ligger bag WHO undersøgelsen med 50%. Til gengæld er der stor usikkerhed, når det gælder hvor stor en del af disse dødsfald, der kan tilskrives partikelemissioner fra tunge køretøjer. Disse emissioner bidrager kun i mindre omfang til PM_{10} , og vurderet p. b. a. dette bidrag kunne ca. 22 årlige dødsfald i Danmark spares ved indførelse af partikelfiltre. Hvis helbredseffekten af partikler imidlertid primært skyldes ultrafine partikler – og det er der meget som tyder på (Seaton et al., 1995; Peters et al., 2000) – så kan partikelfiltre på tunge køretøjer spare ca. en tredjedel af de 5000 dødsfald som tilskrives effekter af partikelforurening. Udredningen understregede behovet for yderligere forskning på området.

Partikelforskningsprogram

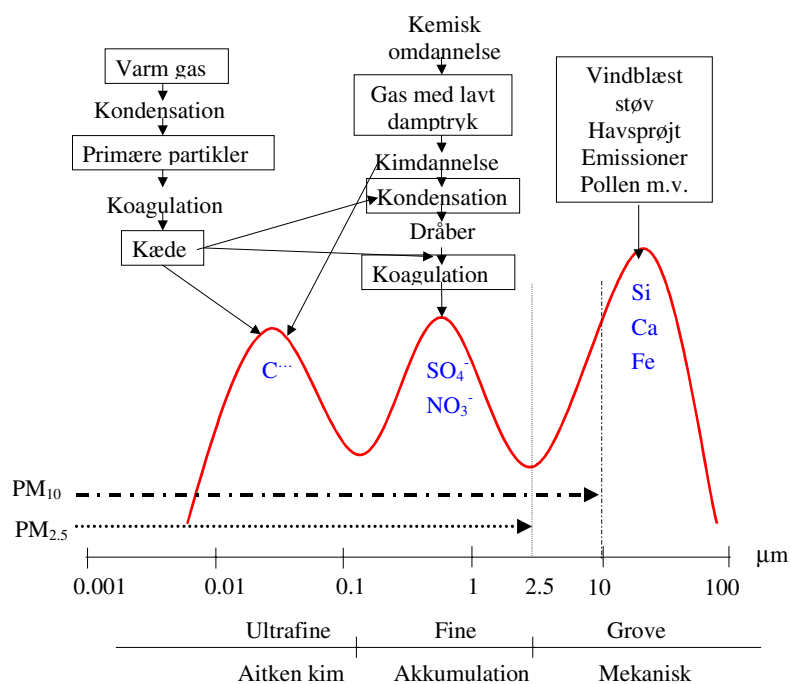
I forbindelse med en aftale mellem den daværende regering og venstrefløj, blev der i 2001 igangsat et forskningsprogram inden for partikler og sundhed med Miljøstyrelsen som koordinerende institution. Dette program skal bidrage til at øge vores viden om den luftbårne partikulære forurenings sammensætning samt dens sundhedsskadelige virkninger. Forskningsprogrammet vil blive gennemført med stærkt tilknytning til projekter under det Strategiske Miljøforskningsprogram (SMP) under Center for Miljø og Luftveje (CML) (www.ami.dk/CML) samt Center for Transport Research on Environmental and Health Impacts and Policy (TRIP) (www.akf.dk/TRIP). DMU har en central rolle i disse projekter; andre centrale aktører er Københavns Universitet, Arbejdsmiljøinstituttet, Statens Byggeforskningsinstitut, Kræftens Bekæmpelse og flere andre institutioner medvirker.

2.1 Partiklers egenskaber

Karakterisering

Luftens partikler har meget forskelligartede egenskaber, som hænger sammen med partiklernes størrelsesfordeling og kemiske sammensætning. En væsentlig del af partiklerne i byluft stammer fra vejtra-

fikken, specielt fra dieslbiler. Partikler udsendt fra bilmotorer, det gælder benzin- såvel som dieselmotorer, dannes ved høje temperaturer i motorerne, udstødningsrørene eller umiddelbart efter udsendelsen. Disse partikler tilhører den såkaldte kimdannelsesfraktion (betegnes Aitken kim) og er partikler $< 0,2 \mu\text{m}$, som betegnes ultrafine partikler. Den såkaldte akkumuleringsfraktion (som betegnes fine partikler), $0,2 \mu\text{m} - 2 \mu\text{m}$, dannes ved kemiske reaktioner (fx omdannelse af SO_2 og NO_x til sulfat og nitrat), koagulation, kondensation af gasser på partikler eller andre relativt langsomme atmosfæriske processer. De grove partikler defineres normalt som partikler $> 2 \mu\text{m}$ og dannes især mekanisk, ved trafikskabt turbulens, vind erosion, jordfygning, ophvirvling af pollen, havsprøjt etc. Disse store partikler kan også have sundhedsskadelige effekter. Størrelsesfordelinger og de væsentligste karakteristika for partikler i byluft er vist skematisk i figur 2.1.



Figur 2.1 Skematisk tegning af størrelsesfordelingen af partikler i byluft. Den lodrette akse har en arbitrær skala. Formen på fordelingen afhænger af denne akse; hvis den viser massen af partikler vil den ultrafine del af fordelingen stort set forsvinde, og hvis den viser antal af partikler vil den grove del af fordelingen være ubetydelig (Palmgren et al., 2001).

2.2 Niveau og udvikling i partikelforurening i Danmark

TSP i Danmark

I Danmark bliver TSP målt inden for det Landsdækkende Luftkvalitetsmåleprogram (LMP) (Kemp and Palmgren, 2000) og foretages ved vejning af partikelfiltre. Prøver af partikler op til ca. $25 \mu\text{m}$ bliver indsamlet, men afskæringdiameteren varierer dog fra ca. 10 til $50 \mu\text{m}$ afhængig af vindhastigheden. TSP i byluft er en blanding fra forskellige kilder, men de grove ($> 2,5 \mu\text{m}$) fra vindophvirvlet støv af lokal oprindelse har vist sig at dominere massen af denne del af partikelstørrelsesfordelingen. Den fine partikelfraktion omfatter bidrag fra

fjerntransporteret jordstøv og fra forbrændingsprocesser, fx sulfat og nitrat partikler.

TSP niveau

TSP måles som 24 timers gennemsnitsværdier på Jagtvej i København, Albanigade samt rådhusbygningen i Odense, på Limfjordsbroen i Aalborg og på den regionale station i Lille Valby. Målingerne på Lille Valby startede i begyndelsen af 1995, hvorimod tidsserierne på de øvrige stationer er betydeligt længere. Statistiske data fra 1999 er vist i tabel 2.2 (Kemp and Palmgren, 2000). De "gamle" grænseværdier blev ikke overskredet.

Udvikling i TSP

Tendensen i TSP koncentrationen har været generelt faldende over en årrække, formentlig især på grund af bedre "husholdning" ved byggerier, andre konstruktionsarbejder, industrier, "grønne marker" om vinteren m.v. Tendensen forventes at fortsætte de kommende år. En væsentlig del af massen af partiklerne (de grove partikler i figur 2.2) er vindophvirvlet støv og er af naturlig oprindelse, byggerier eller genophvirvlet støv fra veje. Partikler fra forbrændingsprocesser findes i den fine fraktion, også den del forventes at aftage i fremtiden på grund af diverse reduktionskrav til emissioner. Det er et resultat af bedre rensning af røggasser fra kraftværker m.v., krav om trevejs katalysatorer (TWC) på alle nye benzindrevne biler og begrænsninger i dieselbilernes udslip. TSP er blevet målt på målestationen i Lille Valby i knapt 4 år. Resultaterne ligger på et niveau mellem en tredjedel og halvdelen af niveauet i gadestationerne i byerne.

Tabel 2.2 Målte gennemsnit, 95-percentiler og maksimum værdier for TSP i 1999. Målinger baseret på 24 timers døgnmiddelværdier (Kemp and Palmgren, 2000).

Station	Antal data	TSP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
		Gennemsnit for år	95-perc.	Maksimum
København	356	47	97	159
Odense a	359	49	104	269
Odense b	362	44	89	125
Aalborg	358	51	99	153
Lille Valby	360	24	54	79
Grænseværdi	Min. 100	150	300	-

PM₁₀ målinger

Kontinuerte målinger af PM₁₀ blev startet i juli 1998 med en OPSIS SM200 prøvetager på Jagtvej i København. Partiklerne opsamles på membranfiltre (Millipore type AA). PM₁₀ bestemmes såvel on-line med en indbygget β -gauge monitor som ved vejning tilsvarende TSP målingerne. TSP har generelt vist sig at være ca. 35% højere end PM₁₀.

Fine og ultrafine partikler

De fine og specielt de ultrafine partikler som emitteres direkte fra diesel- og benzindrevne biler bidrager kun lidt til massen af TSP og PM₁₀. Det er derfor nødvendigt at anvende andre måleteknikker for disse partikler. Desuden er der meget der tyder på, at antallet af ultrafine partikler, som kan trænge dybt ned i lungerne, er afgørende for udvikling af sundhedsskader forårsaget af luftforurening med partikler (Peters et al., 2000). En sikker bestemmelse af emissionen af

partikler fra den aktuelle bilpark er nødvendig for undersøgelse af problemet i byområder, det være sig undersøgelse af sundhedsskadelige effekter såvel som valg af metoder til reduktion af forureningen. DMU har derfor i København og Odense gennemført en række målinger med en såkaldt Differential Mobility Analyser, DMA, som er baseret på separation i partikelstørrelsesfraktioner ved hjælp af deres mobilitet bestemt ved deres bevægelse i et elektrisk felt (Palmgren et al., 2001).

Målinger i dette studie

Hidtidige sundhedsvurderinger for partikler har primært været baseret på PM_{10} eller $PM_{2.5}$. Målinger med DMA lå endvidere uden for de økonomiske rammer af dette studie. Målingerne i projektet omfattede derfor målinger af $PM_{2.5}$ og PM_{10} gennemført med bærbart udstyr, som for $PM_{2.5}$ tidligere har været anvendt i personlige eksponeringsstudier gennemført af DMU (se bl.a. Hertel et al., 2001). Metoden er beskrevet i slutningen af det følgende afsnit.

2.3 Målinger af $PM_{2.5}$ og PM_{10} i Esbjerg

Esbjerg

Esbjerg by er amtets største by og landets 5. største by med ca. 83.000 indbyggere. Byens virksomheder spænder fra håndværksvirksomheder til store maskinfabrikker, foderstofvirksomheder og overfladebehandlingsvirksomheder med mange ansatte. Til byen hører endvidere én af landets største havne med færgeruter og anløb af coastere m.m. Byen forsynes med el og varme fra det kulfyrede Esbjergværket. I tilknytning til værket findes kuloplag samt et flyveaskedepot, som imidlertid er under afvikling.

Formål med målingerne

Det overordnede formål med at gennemføre partikelmålinger var at etablere et datagrundlag for validering af beregningerne foretaget for Esbjerg med røgfanemodellen OML-multi. I disse beregninger indgår alene bidraget med partikler fra selve Esbjerg. Da bidraget fra langtransport er betragteligt for såvel $PM_{2.5}$ som PM_{10} er det nødvendigt at anlægge en målestrategi som tager hensyn til såvel det langtransporterede som det lokale bidrag til partikelforureningen. Det blev sikret ved at anvende en bybaggrundsstation på et tag i Esbjerg (Figur 2.2) samt en regionalstation uden for Esbjerg (Figur 2.3).

Regionalbaggrund

Det regionale baggrundsbidrag er således primært udtryk for langtransporteret forurening men omfatter også bidrag fra kilder i et større omkringliggende område. En regional målestation må ikke være stærkt påvirket af lokale kilder og skal derfor placeres med omtanke. I denne undersøgelse var formålet med den regionale målestation at kunne adskille den del af partikelforureningen i Esbjerg som er genereret i selve byen fra den del som stammer fra det regionale baggrunds niveau.

Bybaggrund

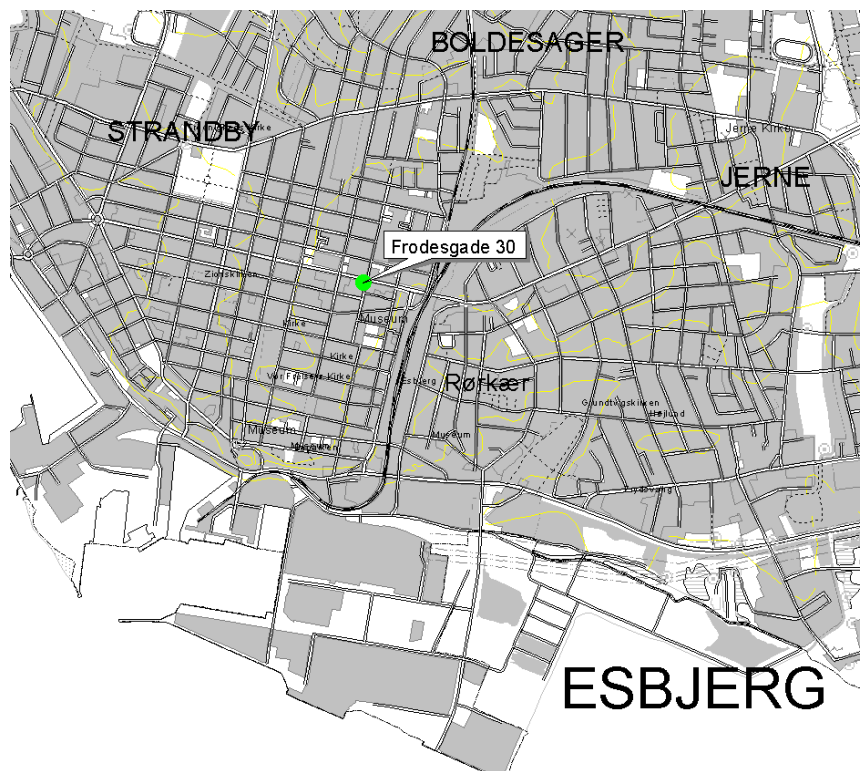
Bybaggrunden er ligeledes et generelt niveau som er repræsentativt for et valgt område. Den udtrykker det generelle forureningsniveau i et byområde og omfatter således det regionale baggrundsbidrag samt bidrag fra alle kilder i byområdet. Enkelte meget lokale kilder må ikke påvirke en bybaggrundsstation for kraftigt. Derfor placeres bybaggrundsstationer typisk over tagniveau eller eventuelt i baggårde eller parkanlæg. Det første er dog oftest at foretrække.

Byens bidrag

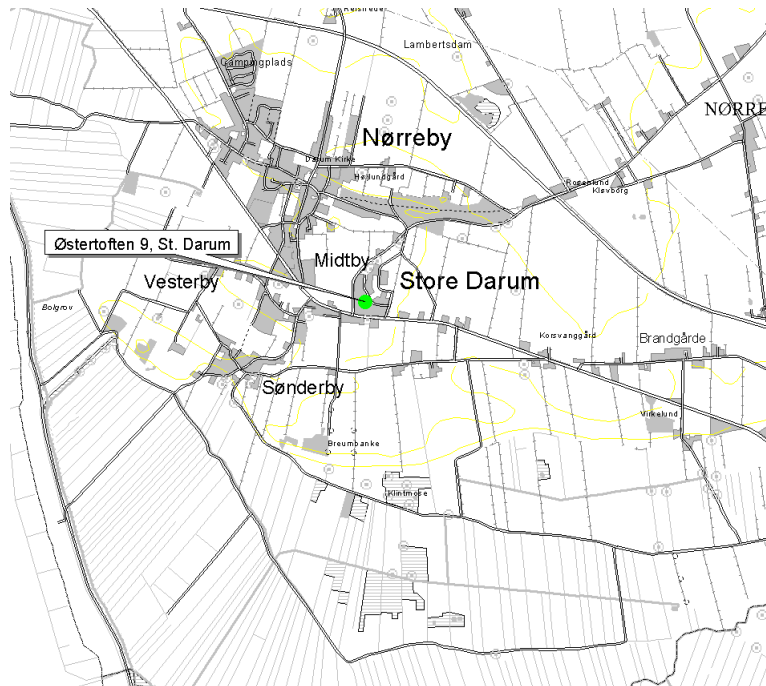
For at bestemme, hvor stor en del af forureningen, som er genereret i selve byen, kræves det således, at man har samtidige målinger i bybaggrund og regional baggrund. Byens bidrag kan så bestemmes som differencen mellem bybaggrund og regional baggrund.

Måleperiode og placering af stationerne

Målingerne blev foretaget på uge basis i perioden 1. august til 26. december 2001. I samråd mellem DMU og Ribe Amt blev de to målepunkter valgt: en bystation på taget af en kommunal bygning i Frodesgade 30 i Esbjerg by samt en regional baggrundsstation placeret i villahave på Østertoften i St. Darum. Placeringerne er vist i Figur 2.2 og 2.3.



Figur 2.2 Placering af bystationen på taget af den kommunale bygning i Frodesgade 30 i det centrale Esbjerg. Foto: Sonja Knudsen og Helle Kristensen, Ribe Amt.



Figur 2.3 Placering af regionalstationen i en villahave på Østertoften i St. Darum ca. 15 km syd-øst for Esbjerg. Foto: Sonja Knudsen og Helle Kristensen, Ribe Amt.

Selve målemetoden

Til partikelmålingerne anvendtes to forskellige cyklon og pumpeudstyr fra BGI i USA.

PM_{2,5} målinger

Det ene var en KTL PM_{2.5} cyklon og en BGI-400 pumpe (se Figur 2.4). KTL cyklonen fungerer ved et flow på 4 liter per minut og opsamling sker på et 37 mm teflon filter.

PM₁₀ målinger

PM₁₀ målingerne er foretaget med et tilsvarende udstyr - en AFC-123 og en GK-2.69 cyklon, som fungerer ved et flow på 1,6 liter per minut og opsamling blev igen foretaget på et 37 mm teflon filter. Udstyret blev ombygget til at kunne modtage strøm fra lysnet og der blev tilføjet en flow-måler med et let aflæseligt display, idet standard udgaven er udviklet til batteridrift og uden muligheder for check af flow.



Figur 2.4 Udstyr til PM_{2.5} målinger. Til venstre KTL cyklon fra BGI og til højre BGI400 pumpe (4 L/min, 0.6 kg) og batteri (24 eller 40 t 0,9 kg) fra BGI. Kilde: www.bgiusa.com. Reference: L.C. Kenny and R.A. Gussman, "Characterization and Modelling of a Family of Cyclone Aerosol Preseparators", J. Aerosol Sci. Vol. 28, No. 4, pp. 677-688, 1997, Pergamon Press.

Målinger af flow

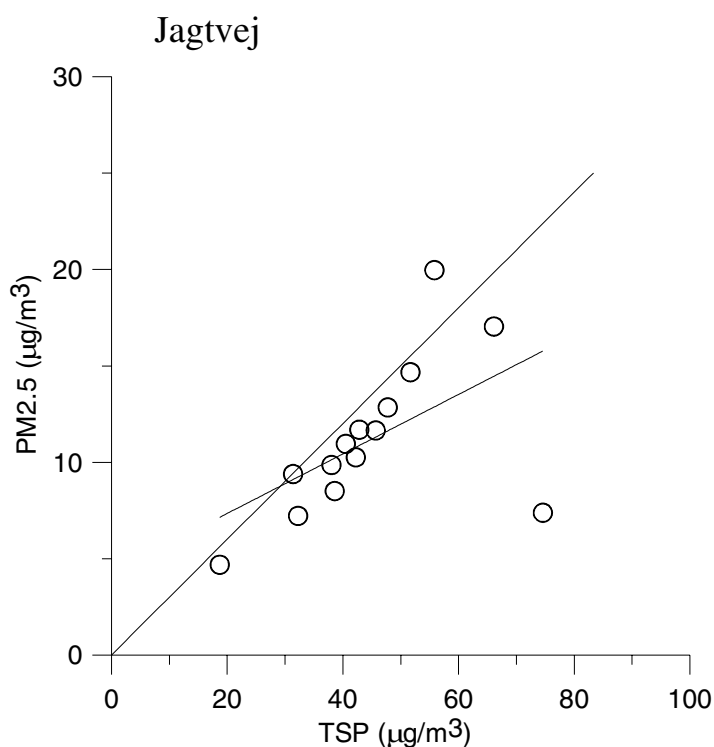
Flow blev kontrolleret før og efter start af måling med to bærbare kugleflowmetre fra Zimsen Procesinstrumentering (model no. 5B4-E5-22-VPS Serial no. 99101205). Kontrol af flow blev ligesom skiftning af filtre varetaget af Ribe Amt efter supervisering fra DMU. Kugleflowmeteret giver et resultat på en arbitrær skala. En konvertering til et "reelt flow" blev foretaget ved at lave en måleserie med kugleflowmeterne mod en meget nøjagtig flowmåling på et McMillan 110 Flowmeter S/N 2621. En anvendt førsteordensrelation mellem aflæsningen fra kugleflowmeter og McMillan havde en korrelation på 0,999.

Vejning og detectionsgrænse

Efter eksponering blev filtrene sendt til DMU. Vejning blev foretaget før og efter eksponering af filtrene og skete efter konditionering (24 timer ved fast temperatur og luftfugtighed) på en 6 decimalers vægt på DMU-ATMI. Vejningerne foretages af en laborant fra DMU.

Reproducerbarhed

DMU har erfaring med BGI's udstyr til PM_{2.5} målinger fra tidligere undersøgelser relateret til personlig eksponering med partikler. Otte parallelmålinger gav en standardafvigelse på 5 samtidige 48 timers opsamlinger på 22% (Sørensen et al., 2002). Målingerne med udstyr fra BGI har i samme undersøgelse været sammenlignet med TSP målinger foretaget på Jagtvej i København (se Figur 2.5). TSP bør i sagens natur ligge over PM_{2.5}, og det gælder da også for alle på nær en måling. Den høje korrelation ($r=0,91$) giver god indikation af at metoden fungerer.



Figur 2.5 Sammenligning mellem $PM_{2.5}$ og TSP målinger foretaget på Jagtvej i København under tre 5 ugers kampagner gennemført i November 1999, Januar-Februar 2000 samt August 2000. Korrelationskoefficienten er 0,5. Imidlertid trækkes korrelationen voldsomt ned af et enkelt punkt – i øvrigt den højeste TSP måling. Hvis dette punkt fjernes er korrelationen 0,91.

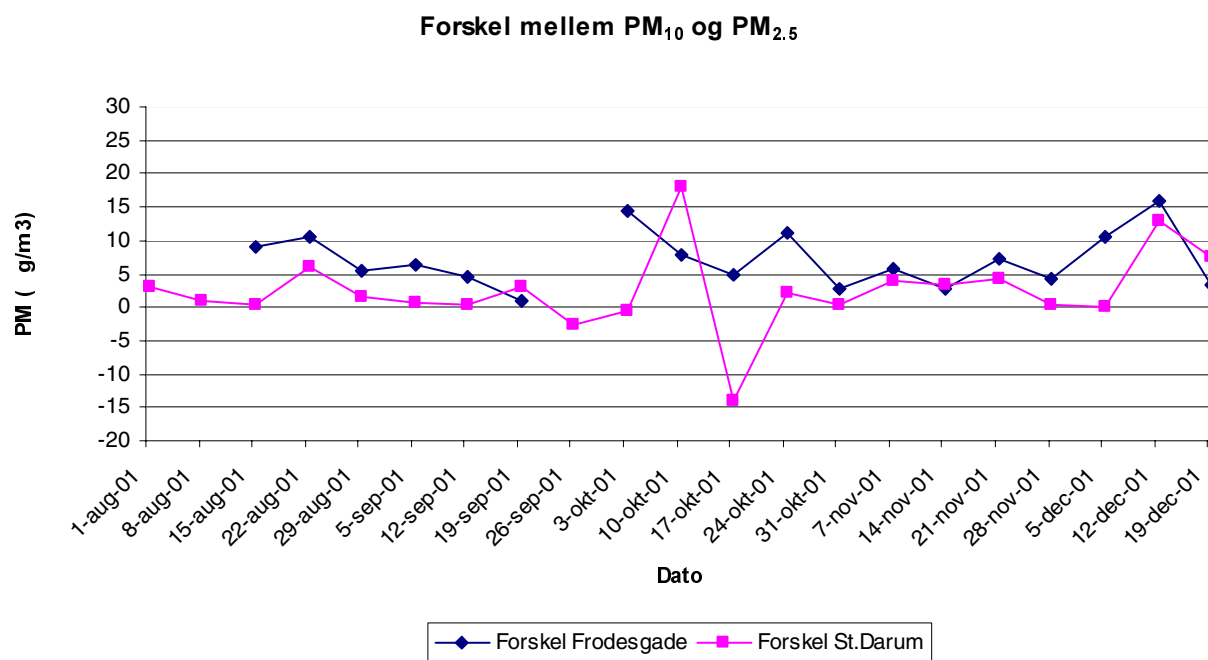
2.4 Resultater af $PM_{2.5}$ og PM_{10} målinger

Analyseusikkerhed

Der er ikke i denne undersøgelse foretaget en specifik analyse af måleusikkerheder. Det bedste bud på en usikkerhed på partikelmålingerne er derfor usikkerhedsanalysen foretaget for $PM_{2.5}$ ved samtidige 48 timer målinger på 22%. Det antages derfor at denne usikkerhed også gælder for PM_{10} målingerne.

Kvalitetsvurdering

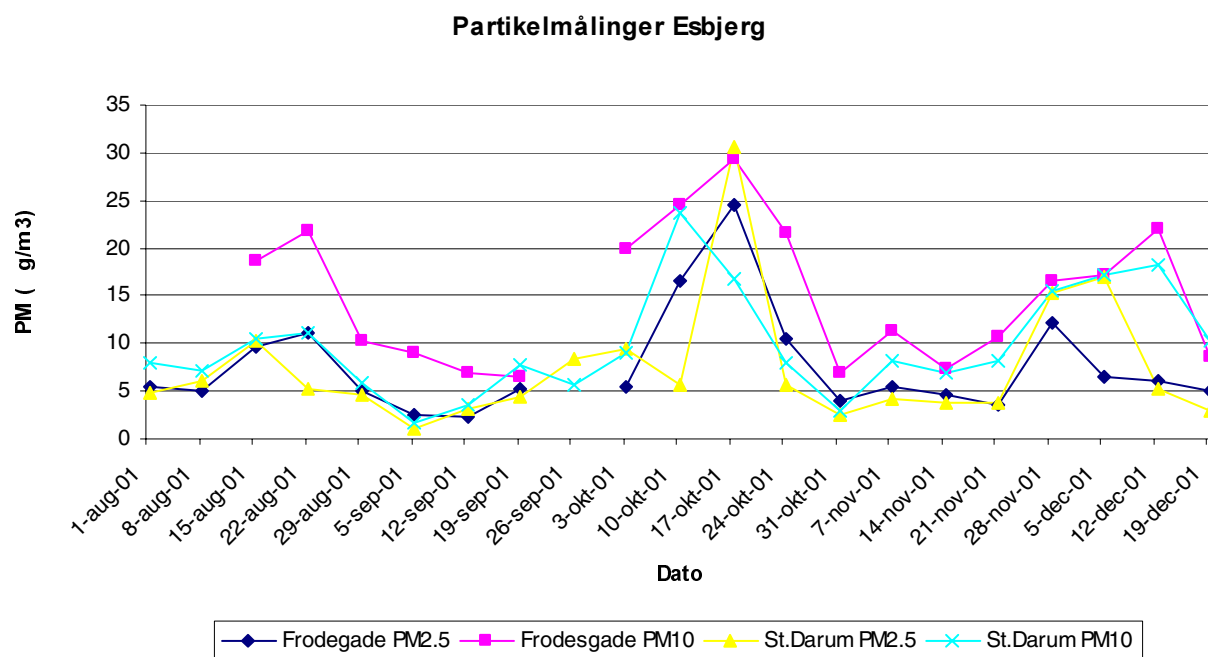
Der er foretaget en analyse af de konkrete måleresultater ved at sammenligne målingerne af $PM_{2.5}$ og PM_{10} på de to målestationer. Forskellen på de to målinger er alene den øvre afskæring af partikler, som i det konkrete tilfælde foretages i cyklonen. Dvs. at $PM_{2.5}$ er en delmængde af PM_{10} og derfor per definition aldrig må være større end PM_{10} . Figur 2.6 viser således forskellene mellem $PM_{2.5}$ og PM_{10} på hhv. Frodesgade og St. Darum. Negative værdier burde ikke kunne forekomme, men alligevel er målingerne på St. Darum negative den 26. september og den 17. oktober. Fravælges værdierne for 26. september og 17. oktober for St. Darum udgør $PM_{2.5}$ ca. 60 og 80% af PM_{10} på hhv. Frodesgade og St. Darum (se Figur 2.6). Forskellige internationale studier har vist, at $PM_{2.5}$ udgjorde ca. 60% af PM_{10} . Vi kender ikke umiddelbart til tilsvarende tal for regionale målinger. Målingerne må derfor betegnes som tilfredsstillende inden for de beskrevne usikkerheder.



Figur 2.6 Den målte forskel mellem partikelkoncentrationer af PM₁₀ og PM_{2.5} på hhv. Frodesgade og St. Darum i perioden 1. august til 26 december 2001.

Tidsserier

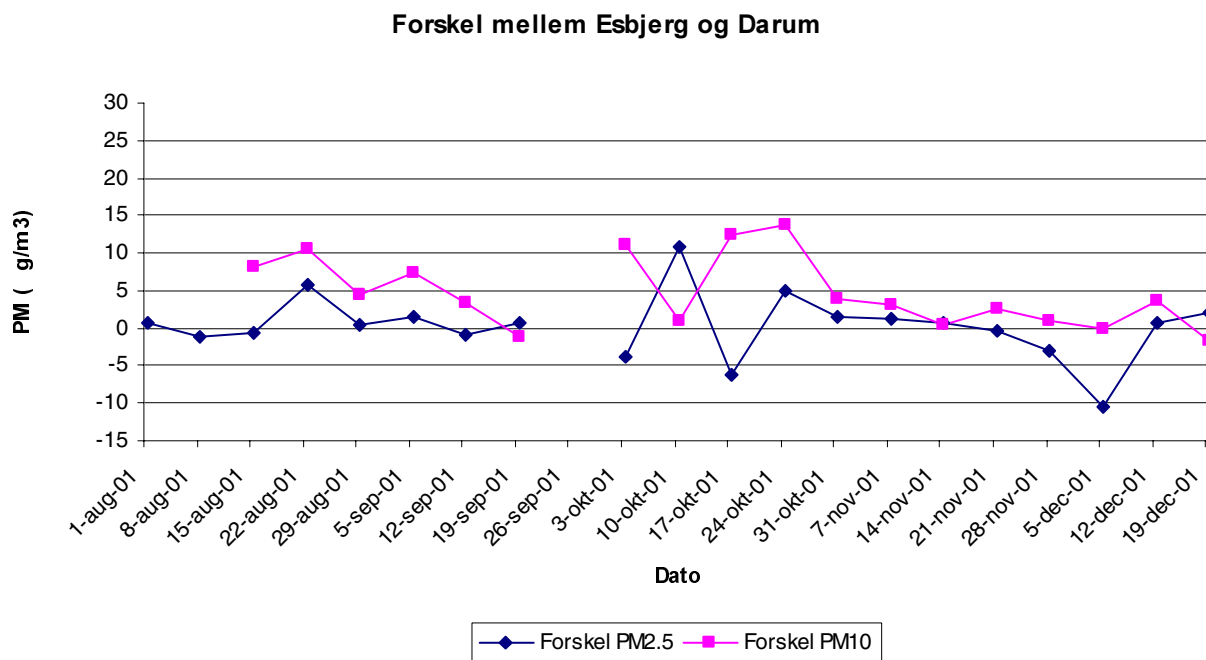
Figur 2.7 viser et tidsserieplot med alle målingerne fra kampagnen. Som det måtte forventes så svinger alle fire tidsserier rimeligt i takt med hinanden. I perioder med transport af luftmasser fra syd er det langtransporterede bidrag højt og alle stationer vil typisk have store udslag – dette ses fx også for sulfat som i mange år blev målt på en række målestationer i de danske overvågningsprogrammer. I perioder med nedbør udvaskes hovedparten af den partikulære forurening, som så bygges op på ny. Gennemsnitskoncentrationen for PM_{2.5} viste hhv. 13 og 12 µg/m³ i Frodesgade og St. Darum. Tilsvarende viste PM₁₀ gennemsnitskoncentrationen hhv. 22 og 17 µg/m³ i hhv. Frodesgade og St. Darum.



Figur 2.7 Målte PM_{2.5} og PM₁₀ partikelkoncentrationer i hhv. Frodegade og St. Darum i perioden 1. august til 26 december 2001.

Vurdering af bidraget fra Esbjerg by

Formålet med partikelmålingerne var som tidligere nævnt at give en vurdering af Esbjerg by's bidrag til den partikulære forurening. Forskellen mellem de målte partikelkoncentrationer på den regionale baggrundsstation i St. Darum og bybaggrundsstationen i Frodegade er vist i Figur 2.8. Negative værdier kan være reelle, hvis en ukendt lokal kilde i St. Darum fører til høje niveauer – det kunne være jordfygning, afbrænding af haveaffald eller lignende. Sådanne situationer må imidlertid vurderes som sjældne. Derfor er negative værdier formentlig primært udtryk for måleusikkerheden, som viser sig at være større end den differens vi ønsker at bestemme.



Figur 2.8 Bidraget fra Esbjerg by vurderet ved differencen mellem den målte bybaggrund ved Frodesgade og det regionale baggrundsbidrag målt i St. Darum i perioden 1. august til 26 december 2001.

Diskussion og delkonklusion

En målekampagne blev gennemført i hhv. Esbjerg by og i et regionalt baggrundsområde i St. Darum ca. 15 km. syd for Esbjerg. Målingerne, som omfattede $PM_{2.5}$ og PM_{10} , skulle give et datagrundlag for validering af OML beregningerne. DMU havde fra tidligere undersøgelser erfaringer med anvendelse af udstyret til $PM_{2.5}$. Gennemførelse af målinger af både $PM_{2.5}$ og PM_{10} gav en vis sikkerhed for at måledata ville være til rådighed for valideringen af beregningerne. OML beregningerne giver PM_{10} data for byens eget bidrag til forureningen. Derfor blev målingerne etableret med henblik på netop at bestemme forskellen mellem regional forurening og forurening i byen, dvs. byens eget bidrag til forureningen. Målingerne viste at byens bidrag til forureningen er mindre end den usikkerhed som er gældende for den anvendte målemetode. Imidlertid må det konkluderes, at byen leverer et relativt beskedent bidrag til $PM_{2.5}$ og PM_{10} sammenlignet med bidraget fra den regionale transport (bl.a. bidraget fra udlandet). Gennemsnitskoncentrationen for $PM_{2.5}$ viste hhv. 13 og 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i Frodesgade og St. Darum. Tilsvarende viste PM_{10} gennemsnitskoncentrationen hhv. 22 og 17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i hhv. Frodesgade og St. Darum. Resultatet er i god overensstemmelse med de vurderinger, som blev foretaget i en udredning for Færdselsstyrelsen foretaget i 2001 (Palmgren et al., 2001). Her blev PM_{10} bidraget fra trafikklender i Esbjerg by skønnet til ca. 0,65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ som årsmiddel.

3 Emissionsopgørelse

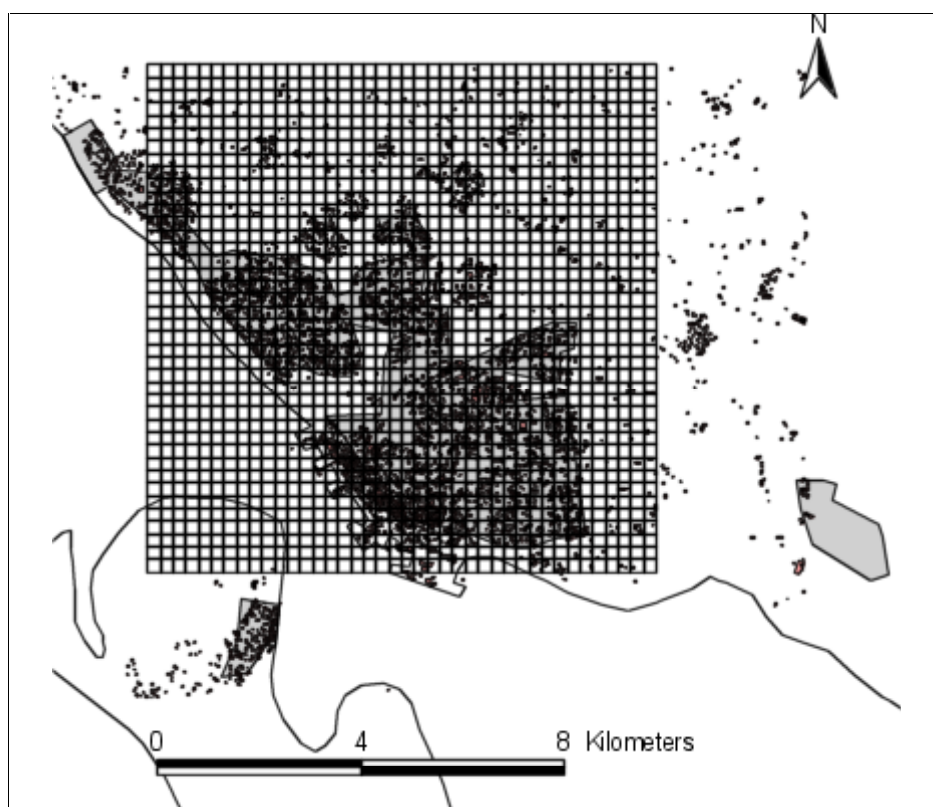
Baggrund

PM₁₀ emissionsopgørelsen for Esbjerg kommune omfatter: industri- og energiproduktion (punktkilder), trafik og boligopvarmning (arealkilder). Punktkilderne er opgjort af Ribe Amt, mens DMU har stået for opgørelsen af arealkilderne. Opgørelsen er foretaget på grundlag af data fra år 2000, men data vurderes også at være repræsentative for år 2001.

3.1 Emissionsområde

Domæne

Der er valgt et gitternet på 10 km x 10 km, som dækker det lokale område hvori emissioner kan have indflydelse på PM₁₀ koncentrationerne i Esbjerg. Gitterfelternes størrelse, hvori emissionerne er opgjort, er valgt til 250 m for trafikemissioner og 500 m for boligopvarmning (se Figur 3.1), hvor den geografiske spredning i emissionerne er mindre. Punktkildeemissionen er også opgjort inden for dette område.



Figur 3.1 Det valgte 10 km x 10 km emissionsområde vist med 250 m x 250 m gitterfelter for Esbjerg.

3.2 Emission fra trafik

Emissionen fra trafikken er bestemt ud fra trafikmængder på vejnettet samt estimerede PM_{10} emissionsfaktorer.

Trafikveje

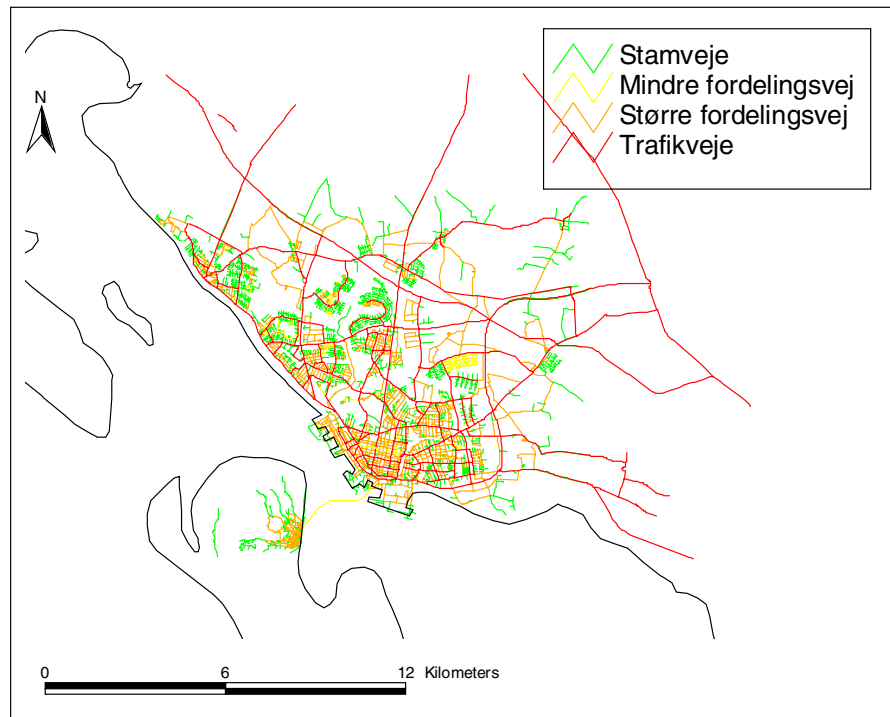
I forbindelse med Trafik og Miljøplanen for Esbjerg kommune er der udarbejdet en oversigt over talt trafikmængde på trafikveje, som omfatter alle veje med mere end omkring 500 køretøjer per døgn. COWI var konsulent for kommunen og har fordelt trafiktællingerne på et GIS vejnet. Opgørelsen omfatter alene årsdøgntrafik (ÅDT) for et gennemsnitskøretøj, dvs. at der ikke er oplysninger om sammensætningen af trafikken. Køretøjssammensætningen er fastsat ud fra erfaringstal fra bygader i mellemstore danske byer (TetraPlan 2001).

Andre veje

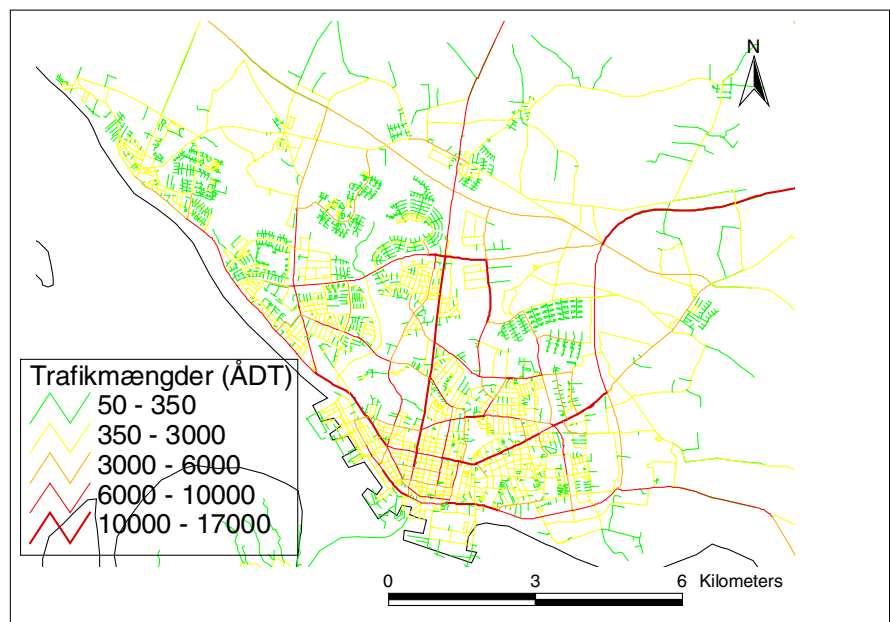
Til vurdering af trafik på andre veje end trafikveje, er der foretaget en fletning med DAV (Dansk Vej- og Adresseregister). Et GIS program er anvendt til at identificere små veje (blinde veje). Herved er vejnettet opdelt i fire klasser: trafikveje, større fordelingsveje, mindre fordelingsveje samt stamveje. Stamveje er ud fra erfaringstal tildelt 50 køretøjer per døgn, mindre fordelingsveje 200 og større fordelingsveje 400 køretøjer per døgn. Vejnettet er vist i Figur 3.2 og trafikken i Figur 3.3.

Vejstøv medregnet

Det skal bemærkes, at emissioner fra slid af dæk, bremses og asfalt, som er ophvirvlet fra vejbanen, indgår i opgørelsen, sammen med de direkte emissioner som gennemsnitsemmissioner. Den metode, som ligger til grund for bestemmelsen af emissionsfaktorerne, kan ikke adskille bidraget fra de enkelte kilder. Metoden tager heller ikke hensyn til, at emissionsfaktorerne vil variere i tid fx. i takt med nedbør og trafikens hastighed.



Figur 3.2 Vejnettet opdelt på fire vejklasser.



Figur 3.3 Trafikken på vejnet i Esbjerg kommune.

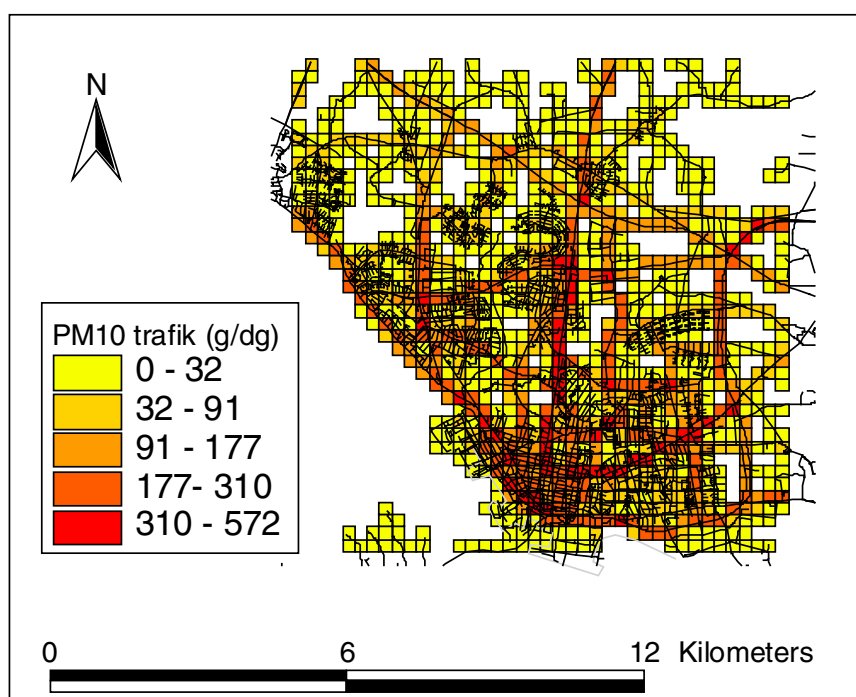
Emission

Emissionen er bestemt ud fra emissionsfaktorer for de enkelte køretøjskategorier, den gennemsnitlige køretøjs sammensætning samt trafikarbejdet (vejlængde gange årsgennemsnitstrafik) i den enkelte gittercelle. PM_{10} emissionsfaktoren for gennemsnitlige benzindrevne personbiler, lette diesel køretøjer (person- og varebiler) og lastbiler er henholdsvis $0,03 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $0,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og $0,87 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Palmgren et al. 2001). Køretøjs sammensætningen på 94% benzindrevne og 6% dieseldrevne personbiler, fordelingen på 21% benzindrevne og 79% dieseldrevne va-

rebiler, samt en gennemsnitlig køretøjs sammensætning for bygader for personbiler, varebiler og lastbiler/busser på hhv. 83%, 13% og 4% giver de gennemsnitlige emissionsfaktorer, som er angivet i Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Gennemsnits emissionsfaktorer for de enkelte køretøjskategorier

Køretøjskategori:	PM ₁₀ emission (g/km)
Personbiler (83%)	0,036
Varebiler (13%)	0,027
Lastbiler/busser (4%)	0,0348
Gennemsnitskøretøj (100%)	0,097



Figur 3.4 Den geografiske fordeling af PM₁₀ emission fra trafik (gram/døgn) på gitterfelter på 250 m x 250 m indenfor det valgte 10 km x 10 km store emissionsområde. I alt 1062 felter (arealkilder) med emission.

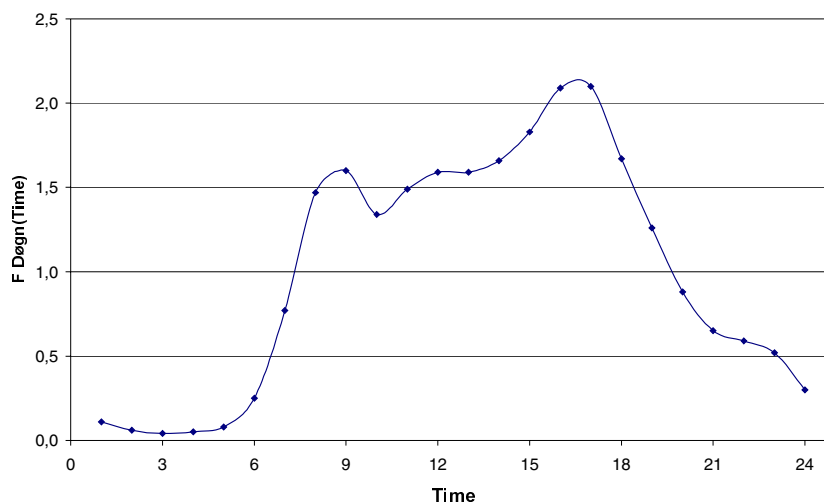
Tidslig variation

Den tidslige variation i trafikken er beskrevet ved tre sæt af variationsfaktorer for hhv. variationen over året ($F_{\text{ÅR}}$), ugen (F_{UGE}) og døgnet ($F_{\text{DØGN}}$). Dermed bliver trafikken for en konkret time beregnet ved:

$$\text{Trafik} = \text{ÅDT} \times F_{\text{ÅR}}(\text{Måned}) \times F_{\text{UGE}}(\text{Ugedag}) \times F_{\text{DØGN}}(\text{Time}),$$

hvor den aktuelle måned, ugedag og time indsættes og ÅDT er årsdøgntrafikken på den pågældende vej. De valgte variationsfaktorer er fremstillet ud fra målinger af trafikens variation (TetraPlan 2001). Sæsonvariationen er beskeden og dermed sættes $F_{\text{ÅR}}$ til 1,0. Variationen over ugen er baseret på en antagelse om, at person- og varebiltrafikken på hverdage er 7% større end gennemsnittet og i weekenden hhv. 25% (lørdag) og 20% (søndag) mindre end gennemsnittet. Last-

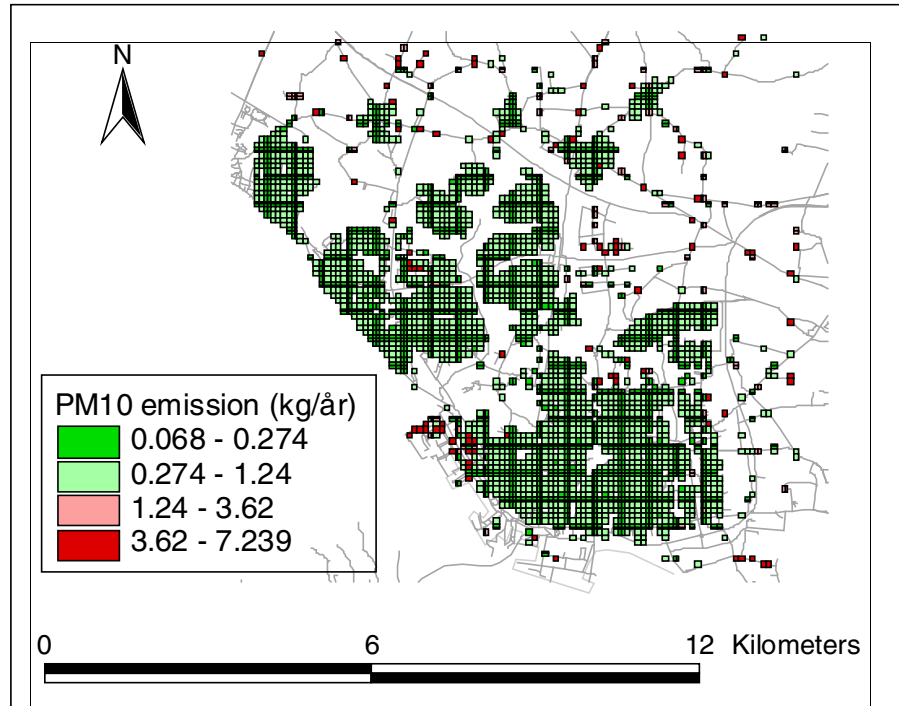
biltrafikken er antaget 20% større på hverdage og 45% mindre i weekenden i forhold til gennemsnittet. For den samlede trafik betyder det, at F_{UGE} er 1,12 for mandage til fredage og 0,69 for lørdage og søndage. Døgnvariationen, $F_{DØGN}$, er baseret på gadetypen G til gadeluftkvalitetsmodellen OSPM og omfatter gader i mellemstore byer (TetraPlan 2001). Der er alene taget hensyn til døgnvariationen på hverdage. $F_{DØGN}$ er vist i Figur 3.5.



Figur 3.5 Faktorer for døgnvariationen af gennemsnitstrafikken.

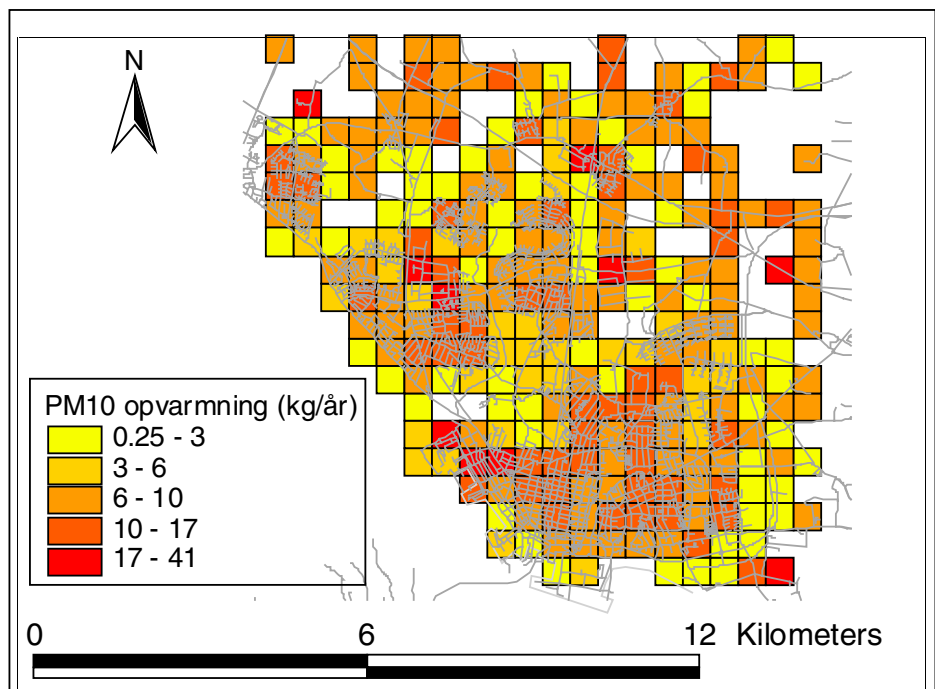
3.3 Boligopvarmning

Energistyrelsen har oplysninger om brændselsforbrug på kommuneniveau. I forbindelse med det såkaldte AIS projekt har DMU opbygget et Areal Informationssystem (AIS). AIS indeholder detaljerede oplysninger om byarealer, hvor byområder er opdelt på en lang række funktionsområder. Disse oplysninger er anvendt til at fordele PM_{10} emissionen geografisk. Udover de sædvanlige brændsler (olie, gas etc.) indgår også partikelemissioner fra brændeovne. I "boligopvarmning" er også indeholdt brændselsforbrug til varmt vand.



Figur 3.6 PM₁₀ emissionen (kg/år) fra boligopvarmning på gitterfelter af 100 m x 100 m.

Da PM₁₀ emissionen fra boligopvarmning er forholdsvis jævnt fordelt, er der for at begrænse regnetiden anvendt 500 m x 500 m gitterfelter (Se Figur 3.7).



Figur 3.7 PM₁₀ emission (kg/år) fra boligopvarmning på gitterfelter af 500 m x 500 m indenfor det valgte 10 km x 10 km store emissionsområde. I alt 270 felter (arealkilder) med emission.

Tidsvariation

PM₁₀ koncentrationen er beregnet ud fra emissionen i de enkelte gitterceller (som g/s) samt tidslig variation. For boligopvarmning beskrives tidsvariationen kun som sæsonvariation, og antages at afhænge af antal graddage, se Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Sæsonvariation af boligopvarmning.

Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
1,86	1,74	1,38	1,20	0,54	0,30	0,30	0,30	0,39	0,96	1,35	1,65

3.4 Punktkilder

Oplysninger om punktkilder i Esbjergområdet er indsamlet af Ribe Amt og Esbjerg Kommune. Opgørelsen omfatter virksomheder og anlæg, der er godkendelsespligtige og anmeldeligtige og som emitterer partikler. Partikelemissionen hidrører i det væsentligste fra virksomhedernes varmforsyningsanlæg (naturgas, olie), overfladebehandlingsanlæg eller andre støvfrembringende aktiviteter. Partikelemissionen er beregnet på baggrund af data fra foretagne emissionsmålinger eller på baggrund af andre oplysninger om virksomhedernes emissionsforhold. I de tilfælde, hvor det ikke har været muligt at fremskaffe eksakte oplysninger, er partikelemissionen beregnet på baggrund af brancherelaterede emissionsfaktorer, der findes i TNO's database for Coordinated European Programme on Particulate Matter Emission Inventories. Det skal bemærkes at aktiviteterne fra skibstrafikken ikke er omfattet af nærværende undersøgelse. Endvidere er diffus partikelemission fra flyveaskedepot og kulbunker ikke medtaget i opgørelsen. Oplysningerne vedrører 42 punktkilder og er samlet i regneark. Data indeholder bl.a. skorstenshøjder, bygningshøjder, samt emissioner og kan ses i Bilag A. Punktkildernes placering fremgår desuden af Figur 3.8. DMU har klargjort data til OML-beregninger. Alle kilder har fået tildelt en konstant emission gennem hele beregningsperioden.

*Nyt
affaldsforbrændingsanlæg*

Det bemærkes, at det nye affaldsforbrændingsanlæg, der er under opførelse i Måde, ligeledes ikke er medtaget i opgørelsen over punktkildernes bidrag til partikelemissionen. Det nye anlæg (ikke vist i Figur 3.8) ligger lidt sydøst for kilde nr. 26. Anlæggets kommende bidrag til partikelniveauerne vurderes imidlertid i afsnit 4.3.



Figur 3.8 Placering af punktkilder anvendt i spredningsberegningerne. Tallene angiver kilde ID og refererer til numrene i bilaget.

3.5 Sammenstilling af emissioner

Den årlige emission fra de opgjorte punkt og arealkilder er vist i Tabel 3.3. Det fremgår, at PM_{10} -emissionen fra punktkilderne omtrent udgør 69 % af den samlede emission. Emissionen fra trafikken og boligopvarmning udgør hhv. 29% og 2% af den samlede emission.

Tabel 3.3 Oversigt over PM_{10} -emissioner i Esbjerg.

	Punktkilder	Trafik	Bolig
Årsemission (kg)	75185	31234	1994
Middel timeemission (g/s)	0,95	0,0066	0,0013
Maks. timeemission (g/s)	0,95	0,016	0,0024
Antal punkt- eller arealkilder	42	1062	270
Størrelse af felt/arealkilde m^2	-	250x250	500x500

4 Spredningsberegninger for PM₁₀

Introduktion

I dette kapitel gives en kort beskrivelse af beregningsmetoden og valgte meteorologiske input. Derefter præsenteres modelresultaterne.

4.1 Metode

OML modellen

Den såkaldte OML-Multi model er anvendt til de meteorologiske spredningsberegninger. Modellen er ikke anvendt i standard udgaven (Berkowicz, et al. 1986, Løfstrøm og Olesen 1988), men i en version med en forbedret beregningsmetode for spredningen af emissioner fra arealkilder. Standard versionen anvendes sammen med Luftvejledningen (Miljøstyrelsen 1990) ved miljøgodkendelser af punkt-kilde emission fra industrivirksomheder. Derudover er modellen tilpasset således, at der kan beregnes statistikker, der er relevante i forhold til EU grænseværdierne for partikler (PM₁₀) vist i Tabel 2.1.

Deposition

OML modellen tager ikke hensyn til, at partikler kan deponere under transporten fra kilden. Depositionen kan ske som tør afsætning på overflader eller direkte udvaskning ved nedbør. Alt andet lige, vil depositionen give anledning til, at der reelt vil være lavere koncentrationer end de, der beregnes med OML.

Ligeledes tager OML heller ikke hensyn til, at der kan ske koagulation af partikler under 10 µm således, at de vokser til størrelser over 10 µm og således falder uden for PM₁₀. Dette anses dog ikke for at have nogen reel betydning.

Beregningsituationer

OML spredningsberegningerne er udført for to situationer. Den ene er beregninger for et 'standard' meteorologisk år (Kastrup 1976) og dækker hele Esbjerg. Den anden er beregninger for perioden med PM₁₀-målinger med brug af lokale meteorologiske data (Esbjerg 2001) for 4 punkter ved målepositionen i Esbjerg.

Eta data

De lokale meteorologiske data er fra vejrprognosemodellen Eta, der er en del af DMUs såkaldte THOR system. Disse prognosedata givet i et 39 km x 39 km gitternet er lageret i en database i THOR systemet. Data er trukket ud for Esbjerg by.

Eta datas kvalitet er tidligere valideret gennem en række sammenligninger for udvalgte parametre. Der er her ligeledes foretaget en sammenligning mellem Eta data og måledata. Sammenligningen, som omfatter de centrale meteorologiske parametre, er foretaget for Beldringe Lufthavn ved Odense, idet DMU umiddelbart har adgang til målinger herfra. I Bilag B er vist resultater fra denne sammenligning. Det fremgår af bilaget, at der ikke er nogen nævneværdig bias på data, og at spredningen mellem Eta data og meteorologiske mastmålinger er lille. Det vurderes, at Eta data for Esbjerg ligeledes kan anvendes til at give et rimeligt præcist meteorologisk grundlag for spredningsberegninger af de generelle niveauer.

Standard-perioden indeholder data for Kastrup 1976. Disse data anvendes, da de er gennemtestet og ofte har været anvendt som reference dataset.

Receptornet

Det anvendte overordnede receptornet i beregningerne dækker 5 km x 5 km omkring Esbjerg og har 250 meters afstand mellem gitter (/receptor)-punkterne. Det dækkede område fremgår af figurerne 4.1-4.6 med beregningsresultater. Et sådant net er rettet mod at beskrive de generelle koncentrationsniveauer, og nettet er således ikke fintmasket nok til altid at "fange" meget lokale maksima omkring enkelte punktkilder.

Der er anvendt en aerodynamisk ruhed for beregningsområdet på 0,5 m, hvilket svare til forholdene i Esbjerg by. For alle arealkilder (trafik og boligopvarmning) er anvendt en initial vertikalspredning fra bygningshøjder på 10 m. De beregnede niveauer repræsenterer bybaggrunds-niveauer forårsaget af kilder i Esbjergområdet. Beregningerne repræsenterer ikke forholdene nede i de enkelte gaderum eller tæt ved åbne gader.

For at kunne vurdere de enkelte kildetyper bidrag til partikelniveauerne, er beregningsresultaterne i nogle tilfælde opdelt i bidrag fra punktkilder og arealkilder.

4.2 Beregninger med 'standard' meteorologi

Figurene 4.1 til 4.6 viser resultater af beregninger med 'standard' meteorologi fra Kastrup 1976. Ved beregningerne i det 5 km x 5 km store receptornet indgår bidrag fra alle de opgjorte kilder i det 10 km x 10 km store emissionsområde. Der er i figurene vist resultater for de 3 typer grænseværdier vist i Tabel 2.1. Resultaterne er vist dels for beregninger foretaget med alle punkt- og arealkilder og dels for beregninger, hvor kun arealkilder indgår.

Generelt

I alle tilfælde viser resultaterne at PM₁₀ niveauerne ligger langt under EU's grænseværdier. Udover helt lokalt bidrager punktkildene ikke nævneværdigt til de samlede koncentrationsniveauer (se senere).

Maksimum niveauer

Absolut højeste niveauer mht. EU-grænseværdier findes ved en punktkilde placeret 2-2½ km nordøst for centrum af Esbjerg. Den 7. og 35. højeste døgnmiddelværdi samt årsmiddel for PM₁₀ er her 14,20; 8,03 respektive 2,57 µg/m³ (Figurene 4.1, 4.3 og 4.5).

Maksimum i det centrale Esbjerg

Målepunktet i Esbjerg har mere eller mindre tilfældigt været placeret således, at de 3 nærmeste receptorpunkter i receptorgitteret netop repræsenterer de største beregnede partikelniveauer i det centrale Esbjerg. Den 7. og 35. højeste døgnmiddelværdi samt årsmiddel for PM₁₀ er her 5,63; 2,47 respektive 1,15 µg/m³ (kan ikke i detaljer aflæses af figurerne).

Arealkilder

Beregninger uden punktkilder - dvs. alene med arealkilderne - er vist i Figurene 4.2, 4.4 og 4.6. Her er de største værdier for den 7. og 35. højeste døgnmiddelværdi samt årsmiddel for PM₁₀ 5,14; 2,19 respektive 0,99 µg/m³, og de optræder alle i det centrale Esbjerg.

Forholdet mellem bidragene fra punkt og arealkilder fremgår af Tabel 4.1 for receptorpunkterne i det centrale Esbjerg nær positionen for partikelmålingerne. Det ses, at arealkilderne er klart de mest betydende. En supplerende beskrivelse af punkt og arealkildernes relative betydning gives i afsnit 4.3.

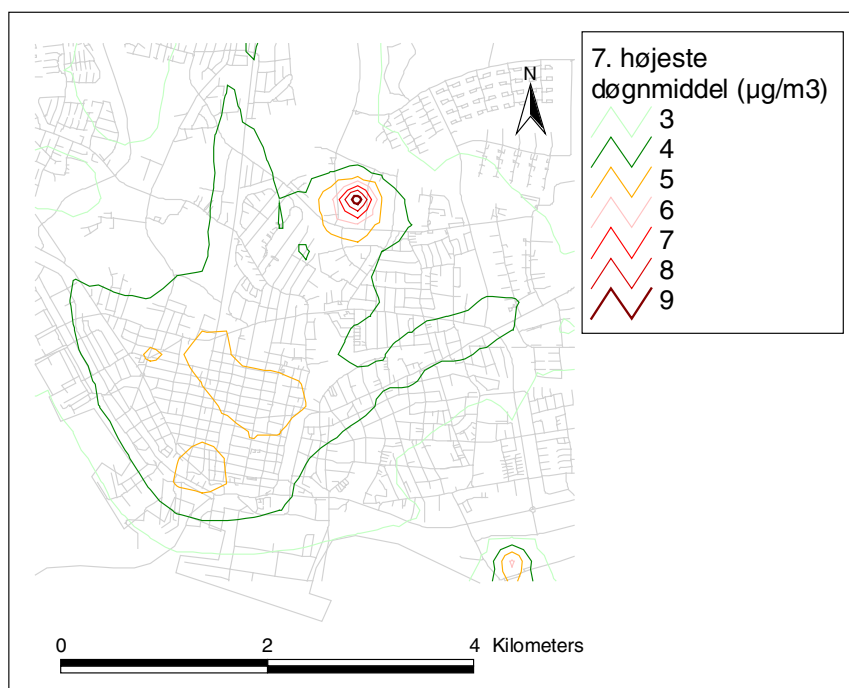
Tabel 4.1 Maksimale PM₁₀-niveauer i det centrale Esbjerg opdelt på kildetyper og beregnet med bidrag udelukkende fra kilder i Esbjergsområdet.

EU statistik (µg/m ³)	Lokale kilder	Kun punktkilder	Kun arealkilder
7. højeste døgnmid.	5,63	0,58	5,14
35. højeste døgnmid.	2,47	0,38	2,19
Årsmiddel	1,15	0,19	0,99

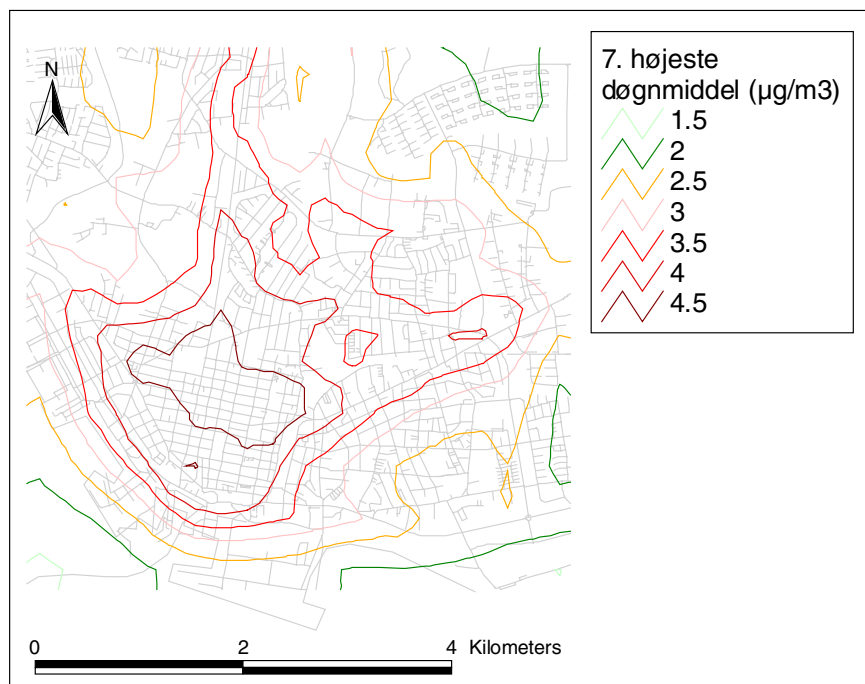
NB ! Summen af bidrag fra 'Kun punktkilder' og 'Kun arealkilder' er ikke lig 'Lokale kilder', da værdierne kan optræde i forskellige receptorer, og fraktilværdier kan optræde på forskellige tidspunkter.

Højeste koncentrationer ved højeste emissioner

Generelt findes de højeste PM₁₀-niveauer i de samme områder, hvor de største emissioner fra arealkilder også findes. Selv om punktkilderne samlet emitterer ca. 70 % af den totale emission, så bevirker de relativt høje skorstene med effektiv spredning, at det alligevel er emissionen fra de lave arealkilder, der dominerer, og heraf udgør trafikken ca. 94 % (jf. afsnit 3.5).



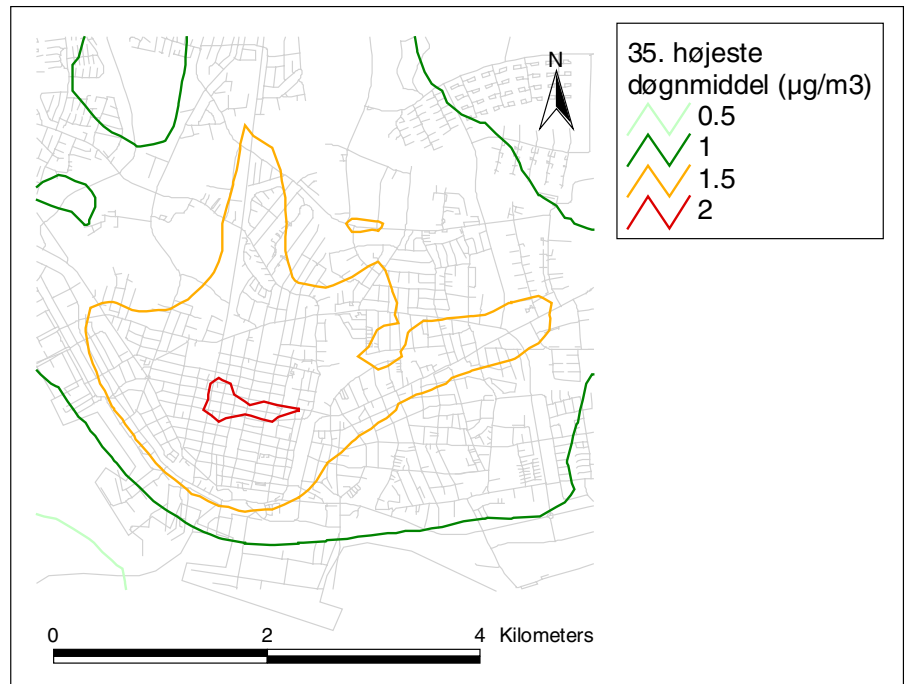
Figur 4.1 Den 7. højeste døgnmiddelværdi for PM₁₀ beregnet for lokale kilder.



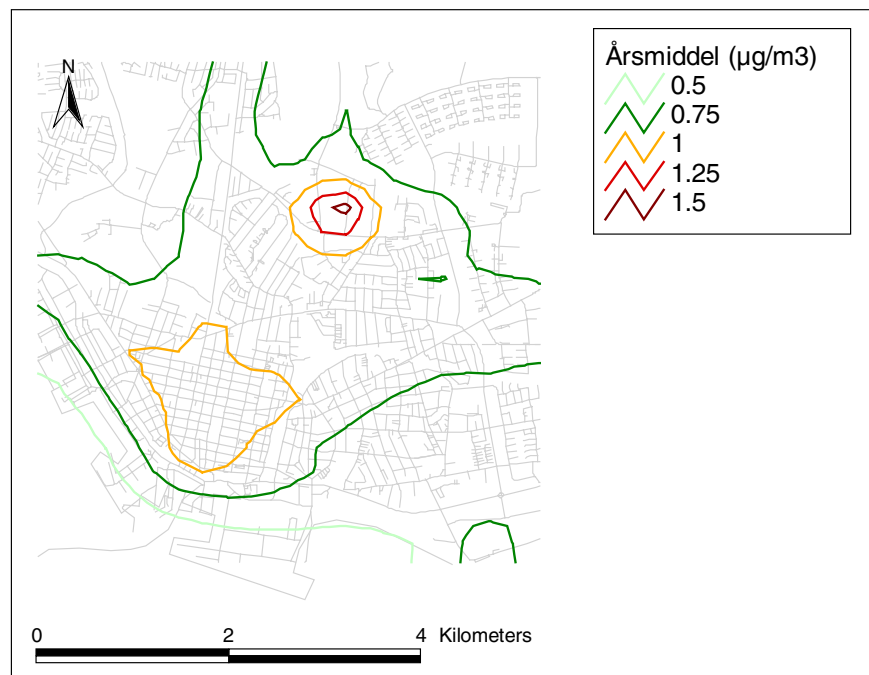
Figur 4.2 Den 7. højeste døgnmiddelværdi for PM_{10} beregnet alene for arealkilder (trafik og boliger).



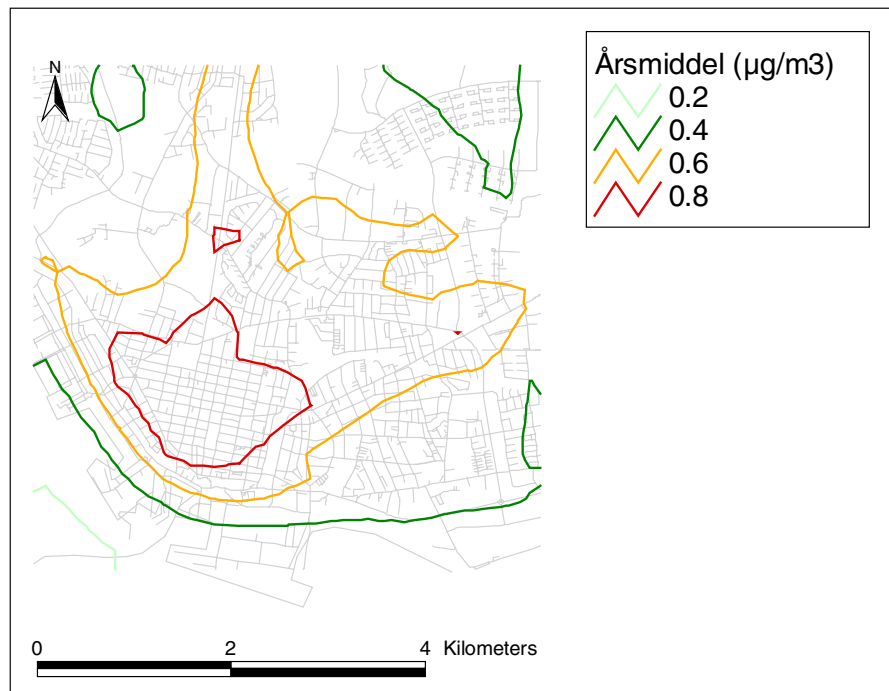
Figur 4.3 Den 35. højeste døgnmiddelværdi for PM_{10} beregnet for lokale kilder.



Figur 4.4 Den 35. højeste døgnmiddelværdi for PM_{10} beregnet for udelukkende arealkilder (trafik og boliger).



Figur 4.5 Årsmiddelværdi for PM_{10} beregnet for lokale kilder.



Figur 4.6 Årsmiddelværdi for PM_{10} beregnet for udelukkende arealkilder (trafik og boliger).

4.3 Beregninger for 2001

Som tidligere nævnt er der ligeledes udført spredningsberegninger for perioden med målinger af partikler (1. august til 26. december 2001). De anvendte meteorologiske data er for Esbjergområdet og er hentet fra Eta modellen.

Receptorer

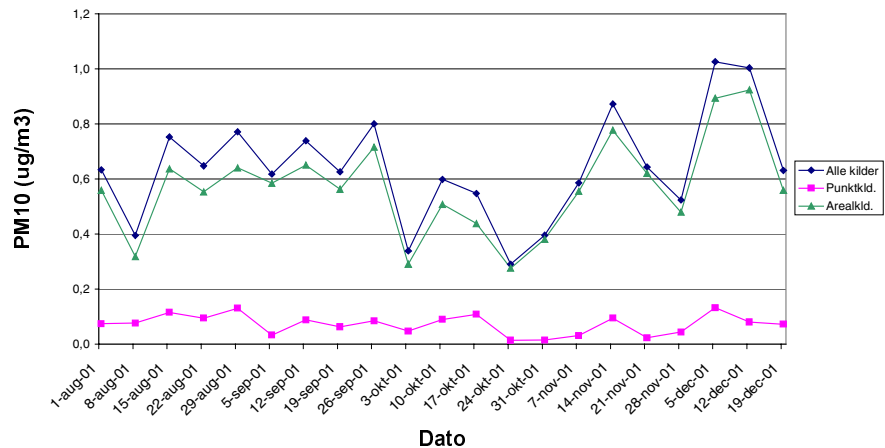
Beregningerne er udført for de fire receptorer i gitternettet, der ligger nærmest positionen med partikelmålinger i Esbjerg. Punkterne er de mest belastede i det centrale Esbjerg mht. beregningerne med Kastrop 1976 'standard'-data. Beregningerne er i første omgang foretaget for hver time i hele 2001, og derefter er der dannet ugemiddelværdier for perioder, der er sammenfaldende med perioderne for målingerne.

Tidsserie for periode med målinger

Resultatet af beregningerne for receptorpunktet nærmest målepositionen er vist som en tidsserie i Figur 4.7. Her er bidraget fra punkt og arealkilder adskilt. Det fremgår, som for beregningerne for 'standard'-meteorologien, at arealkildernes bidrag til de lokalt forårsagede niveauer langt overgår bidraget fra punktkilderne. En sammenligning af alle 4 receptors tidsserier er vist i bilaget C.

EUs grænseværdier

Da beregningerne for de 4 receptorer er udført for hele 2001 er niveauerne også sammenlignet med EUs grænseværdier. Dette er gjort i Tabel 4.2, hvor også værdierne for 'standard'-året i de 4 receptorpunkter er vist. Det ses, at PM_{10} -niveauerne forårsaget af de inddragne kilder i Esbjerg-området ligger langt under EU's fremtidige grænseværdier.



Figur 4.7 Tidsserie af PM₁₀-ugemiddelværdier beregnet med OML. Der er kun anvendt emission fra kilder i Esbjergområdet. Perioden svarer til perioden med partikelmålinger. Beregningspunktet er det receptorpunkt i beregningsnettet der er nærmest målestationen og har koordinaterne 46570 UTM-E og 6147500 UTM-N.

De beregnede værdier for meteorologien fra Esbjerg 2001 er omtrent halvt så store som for meteorologien fra Kastrup 1976. Det kan skyldes flere forhold. Det kan tænkes, at vindhastigheden er relativt høj netop i 2001, eller at hastigheden generelt er større i Vestjylland end i Østsjælland. Den større vindhastighed giver større spredning for lave kilder og dermed lavere koncentrationer. En anden forklaring kan være, at bidragene fra arealkilder er relativt større under situationer med meget lave grænselagshøjder. Den mindste grænselagshøjde beregnet i Eta modellen er 250 m, hvilket er en hel del højere end de mindste observerede højder på 50 m, der indgår i 'standard'-meteorologien fra Kastrup 1976.

Tabel 4.2. Maksimale PM₁₀-niveauer i det centrale Esbjerg opdelt efter meteorologi og beregnet med bidrag udelukkende fra kilder i Esbjergsområdet.

PM ₁₀ (µg/m ³)	År 2001	År 1976
Def. af grænseværdi (år)	Esbjerg met.	Kastrup met.
7. højeste døgnmiddel (2010)	1,81	5,63
35. højeste døgnmiddel (2005)	1,14	2,47
Årsmiddel (2005/2010)	0,67	1,15

Affaldsforbrændingsanlægget i Måde

Der er foretaget en separat beregning, hvor det planlagte affaldsforbrændingsanlæg i Måde indgår sammen med de øvrige kilder. Følgende centrale data er anvendt i beregningen: skorstenshøjde 99 m, bygningshøjde 47 m, røggasmængde 33 Nm³/s, røggastemperatur 100 °C, diameter 1,7 m og emission 10 mg/Nm³ svarende til 0.33 g/s. Resultatet viste, at anlægget ikke ændrede på talværdierne vist i Tabel 4.2.

5 Sundhedsmæssig vurdering

Afsætning af partikler i luftvejene

Partikler med en diameter over 10 μm deponeres hovedsagelig i de øvre luftveje (næse/svælg), mens partiklerne under denne størrelse (PM_{10}) kan trænge ud i lungerne og afsættes i bronkierne. Partikler under 2 – 5 μm kan nå helt ud i lungeblærerne (alveolerne). Partikler aflejret i bronkierne fjernes relativt hurtigt pga. fimrehårenes bevægelser. Partikler, der når alveolerne, skal derimod optages i såkaldte makrofager for at fjernes. Jo mindre partiklerne er, desto større er deres overflade i forhold til massen. Større overflade betyder større risiko for, at stoffer bundet til partiklerne reagerer med celler i alveoler og bronkier. Deponeringen af ultrafine partikler i lungerne øges dels med faldende partikelstørrelse og dels med dybere længerevarende vejtrækning. De ultrafine partikler afsættes ved diffusion, hvorimod de større partikler sedimenteres ved gravitation (det samme gør sig gældende for afsætningen af partikler på jordoverfladen).

Sygdomsprocesser

Et vigtigt led i sygdomsprocesserne synes at være igangsætning af betændelsesreaktioner, som i sig selv medfører en række skader. Skadernes omfang afhænger af størrelse og kemisk sammensætning af partiklerne. Nyere data tyder på, at det især er fine og ultrafine partikler, som udgør en sundhedsmæssig risiko. Partikler i disse fraktioner giver en kraftig påvirkning af lungevævet og påvirker blodets viskositet såvel som selve hjertekredsløbet. De ultrafine partikler kan endvidere hæmme makrofagernes funktion og dermed kroppens mulighed for at fjerne partiklerne.

Befolkningsundersøgelser

Der er udført talrige befolkningsundersøgelser til vurdering af sundhedseffekterne af partikelforurening. De fleste af disse undersøgelser har fokuseret på akutte virkninger, især med PM_{10} som mål for partikeleksponeringen. Målene for effekter har primært været indlæggelser med luftvejssymptomer og luftvejslidelser samt akut hjertesygdom. En række andre hovedsagelig kohorte baserede studier har været rettet mod kroniske effekter i form af total og årsagsspecifik dødelighed i relation til partikeleksponering.

Konsistens i resultater

De epidemiologiske undersøgelser har dokumenteret en sammenhæng mellem PM_{10} og helbredseffekter. Der er således en påfaldende konsistens mellem 19 studier af korrelationen mellem stigninger i PM_{10} og daglig mortalitet (dødelighed) og morbiditet (sygdomsfrekvens). Dette er vist i et review af Anderson (2000), som også konstaterer, at befolkningens eksponering med partikler har negative helbredseffekter uafhængig af tilstedeværelsen af irriterende gasser (kvælstofoxider, svovldioxid og ozon). Der er stort set enighed om en kausal sammenhæng mellem luftforurening og helbredseffekter, samt at udsættelse for partikler bidrager væsentligt til denne sammenhæng.

6 Diskussion og konklusioner

Denne undersøgelse

Denne rapport sammenfatter resultaterne af en undersøgelse af partikelforureningen i Esbjerg by. Undersøgelsen blev forestået af Danmarks Miljøundersøgelser (DMU), men blev gennemført med væsentlig bistand fra Ribe Amt. Undersøgelsen har omfattet såvel målinger af partikkelkoncentrationer som beregninger med DMU's atmosfæriske spredningsmodel OML. Undersøgelsen omfattede:

- målinger af partikkelkoncentrationer i Esbjerg by og for en regionalstation uden for Esbjerg.
- udarbejdelse af emissionsopgørelse for partikler fra kilder i Esbjerg by.
- beregninger af lokale kilders bidrag til partikkelkoncentrationer i Esbjerg by.

Resultatet af målingerne

Målingerne havde primært til formål at tjene som materiale ved validering af modelberegningerne. Målingerne omfattede PM_{10} og $PM_{2.5}$ (vægten af partikler under hhv. 2.5 og 10 μm) på de to lokaliteter udvalgt i samarbejde mellem Ribe Amt og DMU. DMU stod for opsætning og tilvejebringelse af udstyr samt vejning af filtrene, mens Ribe Amt tilså og skiftede filtrene på stationerne.

Målekampagnen over 21 uger forløb tilfredsstillende og data er blevet indsamlet og analyseret. Niveaueet i byen er over de 5 måneders målekampagne målt til i gennemsnit 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for PM_{10} og 13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for $PM_{2.5}$. Til sammenligning er EU's grænseværdi for PM_{10} for årsmiddel 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ og 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ gældende fra henholdsvis år 2005 og 2010.

Målet var at bestemme byens bidrag til partikelforureningen, som er givet ved forskellen mellem forureningsniveauet i byen og på den regionale station. Denne forskel blev bestemt til at være mindre end den relativt store måleusikkerhed der var på målingerne.

Imidlertid kan det konkluderes, at Esbjerg by's bidrag til partikelforureningen med $PM_{2.5}$ og PM_{10} er lille sammenlignet med det regional bidrag.

Sammenligning af PM_{10} her og i tidligere projekt

Analysen af Esbjerg by's bidrag til bybaggrundskoncentrationen på baggrund af målingerne er i timelig overensstemmelse med de vurderinger, som blev foretaget i forbindelse med udredningsprojektet for Færdselsstyrelsen om sundhedseffekter af partikler fra dieseltrafik (Palmgren et al., 2001). I dette projekt blev det skønnet, at trafik-kilder i Esbjerg by giver et bidrag til bybaggrundskoncentrationen i byen på 0,65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Emissionsopgørelsen

Der blev i undersøgelsen udarbejdet en relativt omfattende emissionsopgørelse for Esbjerg by til brug for de senere modelberegninger. Ribe Amt stod for at opgøre emissionen fra stationære kilder i Esbjerg området, mens DMU ud fra digital kort, register- og trafikdata op-

gjorde emissionen fra boligopvarmning og trafik. Det skal bemærkes, at enkelte kilder, så som kilder i havneområdet, ikke har indgået i opgørelserne. Det er skibstrafikken samt diffus emission fra flyveaskedepot og kulbunker som her kan tænkes at have betydning for partikelniveauerne. Tilsvarende indgår vindopblæst støv fra befæstede arealer ikke i opgørelsen.

Beregninger med OML modellen

Beregningerne med OML modellen viser, at de opgjorte kilder i Esbjerg by bidrager med en PM_{10} partikelkoncentration svarende til mellem 0,67 og 1,15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i årsmiddel og mellem 1,81 og 5,63 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ som døgnspidsværdier (7. højeste døgnmiddel).

Det beregnede bidrag fra Esbjerg by er lille i forhold til det målte regionale bidrag. Dette stemmer overens med målingerne som viste et bidrag fra byen som var mindre end måleusikkerheden.

Vindens bidrag til ophvirvling af støv i Esbjerg by er ikke inkluderet i beregningerne. Når dette tages i betragtning, sammen med usikkerheden på differencemålingerne, kan det konkluderes, at beregninger og målinger viser samme billede – Esbjerg by bidrager meget beskedent til PM_{10} baggrundsforureningen, og det regionale bidrag er hovedårsagen til, at den målte middelværdi ligger på niveau med EU's grænseværdi for år 2010.

Sundhedsmæssige betragtninger

I Palmgren et al. (2001) blev det skønnet, at eksponeringen af den danske befolkning med PM_{10} er skyld i ca. 5000 årlige dødsfald. De risikofaktorer, som blev anvendt i den danske undersøgelse, er blevet opskrevet i netop publiceret amerikansk undersøgelse. Dette arbejde tyder på, at der er tale om betydelig helbredsmæssige konsekvenser af partikeleksponering også for den danske befolkning.

Der er ikke i denne undersøgelse foretaget specifikke analyser af sundhedseffekterne for befolkningen i Esbjerg by.

7 Referencer

Anderson HR (2000). Differential epidemiology of ambient aerosols. *Mathematical, physical and engineering sciences*. 2000: 2771-85.

Berkowicz, R., Olesen, H.R., and Torp, U. ,1986. The Danish Gaussian air pollution model (OML): Description, test and sensitivity analysis in view of regulatory applications. In: *Air Pollution Modeling and its Applications V* (edited by C. De Wispelaere, C. Schiermeier, F.A. and Gillani, N.V.), pp. 453-481, NATO-CCMS, vol.10, Plenum Press, New York.

DMU, 2000. Indledende vurdering af luftforureningen i Ribe Amt. 89 s, Arbejdsrapport fra Danmarks Miljøundersøgelser, Miljø- og Energiministeriet, April 2000.

Jensen, M. P., Køster, H., Jensen, S. S., and Hertel, O., 2001. Miljøzoner, partikler og sundhed. Miljøstyrelsen, Miljøprojekt 620, 137 p. Elektronisk på: www.mst.dk.

Kemp, K. & Palmgren, F. (2001). The Danish Air Quality Monitoring Programme. Annual Report for 1999. National Environmental Research Institute, Roskilde, Denmark 74 pp. NERI Technical Report Nr. 357. Elektronisk på: www.dmu.dk.

Larsen, P. B., Larsen, J. C., Fenger, J., og Jensen, S. S., 1997. Sundhedsmæssig vurdering af luftforurening fra trafik. Miljøprojekt Nr. 352, 288 s. Miljøstyrelsen, København, Danmark.

Løfstrøm, P., and Olesen, H.R., 1988. User's Guide for OML-Multi. An air pollution model for multiple point and area sources. MST LUFT-A 126, 70 pp, National Agency of Environmental Protection, Air Pollution Laboratory, Risø, DK-4000 Roskilde, Denmark.

MST, 1990. Begrænsning af luftforurening fra virksomheder, Vejledning fra Miljøstyrelsen, nr. 6, 104 s.

Palmgren, F., Wåhlin, P., Berkowicz, R., Hertel, O., Jensen, S. S., Loft, S., og Raaschou-Nielsen, O., 2001. Luftkvalitets- og sundhedsvurdering af fremme af partikelfiltre på tunge køretøjer i Danmark. 81 s., Teknisk Rapport fra Danmarks Miljøundersøgelser, nr. 358, http://www.dmu.dk/1_viden/2_Publikationer/3_fagrapporter/rapporter/FR%20358%20til%20net.pdf.

Peters, A., Skorkovsky, J., Kotesovec, F., Brunda, J., Spix, J., Wichmann, E., and Heinrich, J., 2000. Associations between Mortality and air pollution in Central Europe, *Environmental Health Perspectives*, 108(4), 283-287.

Pope III, C. A., Burnett, R. T., Thun, M- J., Calle, E. E., Krewski, D., Ito, K., and Thurston, G. D., 2002. Lung cancer, cardiopulmonary

mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *JAM*, 287, 1132-1141.

Sørensen, M., Andersen, H.V., Loft, S., Raaschou-Nielsen, O., Skovgaard, L. T., Knudsen, L., Nielsen, I. V., and Hertel, O., 2002. Personal Exposure to PM_{2.5} and NO₂ in Copenhagen: relationship to bedroom and outdoor concentrations covering seasonal variation. In preparation.

TetraPlan (2001): Standardværdier for trafikdata til OSPM modellen.

Seaton, A., MacNee, W., Donaldson, K., and Godden, D., 1995. Particulate air pollution and acute health effects, *The Lancet*, 345, 176-178.

Bilag A

Kildedata for punktkilder

På næste side vises en liste med data for de 42 punktkilder, der indgår i beregningerne. Der er anvendt følgende forkortelser i tabellen:

Virksomhed	Navn på virksomhed.
x	Koordinat for afkast, UTM-E zone
y	Koordinat for afkast, UTM-N zone
z	Terrænhøjde ved afkast (afvigelse fra områdemiddel)
hs	Højde over terræn af afkast
T	Temperatur i afkast
Vol	Volumenmængde i afkast
dsi	Indre diameter af afkast
dso	Ydre diameter af afkast
hb	Højde af bygninger.
G	Emission af partikler, PM ₁₀

Punktkilder

ID	Virksomhed	UTM-E	UTM-N	z (m)	hs (m)	T (°C)	Vol (Nm ³ /h)	dsi (m)	dso (m)	hb (m)	G (g/h)
1	Arla Foods Kjersing	466341	6151802	0	39,5	100	73476	2,00	2,02	7,0	288,00
2	Arovit Petfood A/S, gas	466448	6151977	0	25,0	125	4080	0,35	0,35	12,0	18,00
3	Arovit Petfood A/S	466446	6151999	0	25,0	125	2720	0,30	0,30	12,0	18,00
4	Arovit Petfood A/S	466474	6151809	0	18,0	125	1430	0,20	0,20	12,0	144,00
5	Arovit Petfood A/S	466515	6151811	0	15,0	125	65	0,10	0,10	12,0	7,20
6	Arovit Petfood A/S, mel	466523	6151995	0	14,0	20	15	0,10	0,10	12,0	0,04
7	Biofac	463824	6148532	0	13,0	100	906	0,39	0,56	9,5	17,50
8	Blika A/S, vådmaling	466451	6149532	0	55,0	25	126000	1,40	1,42	6,5	252,00
9	Blika A/S, pulvermaling	466450	6149526	0	9,5	25	6653	0,35	0,37	6,5	324,00
10	BP Gas, slyngrenser	463649	6148750	0	7,5	20	6000	0,40	0,40	6,0	30,00
11	BP Gas, ovnanlæg	463658	6148762	0	7,5	200	600	0,20	0,20	6,0	0,14
12	BP Gas, malekabine	463658	6148757	0	7,5	100	8000	0,40	0,40	6,0	8,00
13	BP Gas, kedelanlæg	463607	6148831	0	11,0	100	350	0,30	0,30	6,0	0,17
14	Danish Crown, kedel	466087	6146581	4	40,0	184	3300	0,90	1,70	0,0	1,50
15	Danish Crown, svideovn	465966	6146680	4	25,0	437	8400	0,70	1,75	13,0	0,90
16	Danish Crown, svideovn	465966	6146680	4	25,0	437	8000	0,70	1,75	13,0	0,90
17	Esbjergværket	465402	6146608	0	250,0	85	1402632	4,90	8,00	80,0	3425,00
18	Gardit A/S, metallisering	470004	6147156	0	9,0	15	50000	1,00	1,00	7,0	10,80
19	Gardit A/S, maling	470003	6147153	0	35,0	15	20000	0,50	0,50	7,0	10,80
20	Gardit A/S, sandblæs kvartsand	470003	6147372	0	22,0	15	27000	0,80	0,80	8,0	136,80
21	Gardit A/S, male	469996	6147311	0	44,0	15	134000	1,80	1,80	11,0	2016,00
22	Gardit A/S, sandblæs	470005	6147195	0	23,0	15	4000	0,30	0,30	11,0	21,60
23	Gardit A/S, hal C	469942	6147178	0	30,0	15	10000	0,45	0,45	5,0	50,40
24	Gunnar Lund Olieservice A/S	463634	6148663	0	17,5	100	650	0,20	0,40	8,0	15,40
25	Ibsen Jensen, vandblæsning	463934	6148361	0	7,0	25	6500	0,50	0,60	5,0	32,40
26	Kemira Miljø A/S	468441	6146352	0	15,0	100	1768	0,32	0,50	12,0	0,18
27	Lumino Fabrikken	464277	6147545	0	18,5	100	3600	0,30	0,50	12,0	3,35
28	Løvens Kemiske Fabrik A/S	468033	6145990	0	30,0	125	2400	0,30	0,30	8,0	428,00
29	Løvens Kemiske Fabrik A/S	468057	6146046	0	10,0	125	600	0,20	0,20	8,0	108,00
30	Novrup Kapel Krematorium	468624	6148068	0	11,6	404	2520	0,45	0,60	9,5	122,40
31	Scan Coat	467099	6151508	0	15,0	15	56000	1,38	1,40	8,0	288,00
32	Scan Coat	467099	6151508	0	60,0	20	90000	1,40	1,80	8,0	468,00
33	Schultz, hovedafkast	463099	6151579	0	13,0	20	9660	0,50	0,55	5,0	11,00
34	Schultz, regenerering	463099	6151589	0	6,0	20	2550	0,30	0,33	5,0	1,00
35	TripleNine Fish Protein	463672	6148322	0	88,0	210	33199	1,82	1,83	18,0	17,00
36	TripleNine Fish Protein proces afd.2	463583	6148412	0	80,0	131	31201	1,82	1,83	20,0	5,20
37	TripleNine Fish Protein termisk afd.1	463533	6148505	0	57,5	93	46699	1,50	1,51	17,5	0,28
38	TripleNine Fish Protein termisk afd.2	463582	6148499	0	50,0	87	46001	1,50	1,51	15,0	0,28
39	Unicon Beton A/S	466403	6148875	0	30,6	25	720	0,20	0,20	6,0	14,40
40	Valsemøllen	464902	6146873	0	30,0	20	36000	4,00	4,10	30,0	216,00
41	Vestfrost A/S	466411	6149455	0	55,0	100	96800	1,40	1,54	8,0	0,14
42	Viking Service	462913	6151721	0	13,0	20	3600	0,30	0,30	10,0	70,00

Bilag B

Sammenligning af meteorologiske data

Da der er anvendt meteorologiske data fra Eta modellen til spredningsberegningerne for 2001, er der her foretaget en sammenligning af Eta data med målte meteorologiske data. Sammenligningen er foretaget for lokaliteten Beldringe Lufthavn ved Odense, da der her var umiddelbar adgang til de nødvendige meteorologiske målinger.

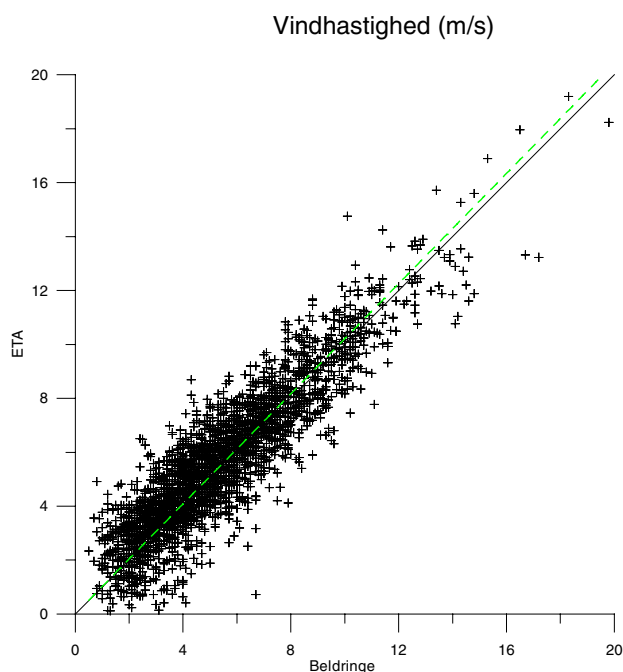
Beldringe data

Målingerne er fra en meteorologisk mast, der er drevet af Miljøcenter Fyn/Trekantområdet I/S og Fyns Amt.

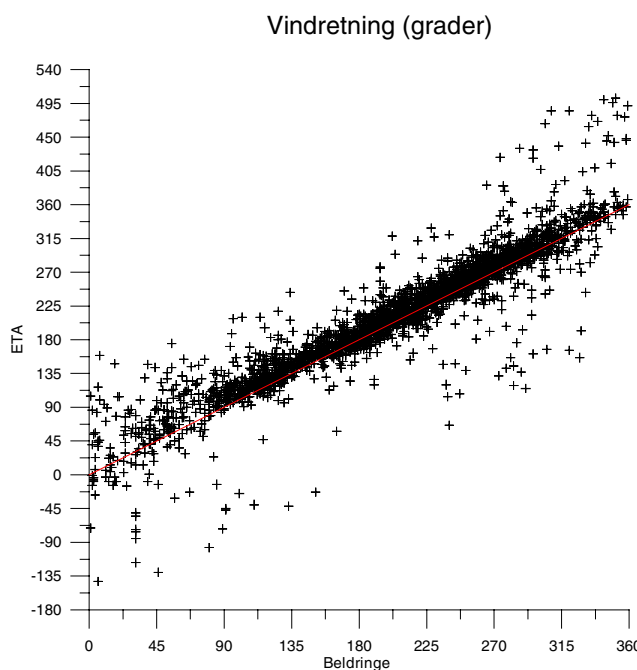
Korrektion

Sammenligningen er ikke fuldstændig og tilbunds gående; men skal sandsynliggøre anvendeligheden af Eta data. Da Eta modellen anvender en aerodynamisk overfladeruhested, z_0 , på 0,1 m, og da målingerne fra masten er for et område med z_0 på 0,03 m, så er Eta data korrigeret svarende til ruhesteden ved masten. Korrektionen består i de rimelige antagelser, at vindhastighed 100 m over jorden er upåvirket af ruhesteden ved jordoverfladen, samt at den vertikale vindprofil er neutral logaritmisk. Endelig tages hensyn til forskellige værdier af den såkaldte von Karman konstant brugt i Eta- og Beldringe-data.

Tidspunkter og midlinger



Figur 1. Sammenligning af vindhastighed målt i Beldringe Lufthavn ved Odense med Eta modellens data for år 2000. Sort linie angiver præcis overensstemmelse. Grøn linie er bedste fit gennem 0,0. Eta data er korrigeret til Beldringe-forhold (se tekst).



Figur 2. Sammenligning af vindretning målt i Beldringe Lufthavn ved Odense med Eta modellens data for år 2000. Rød linie angiver præcis overensstemmelse. Eta data og skala er korrigeret således at største forskel max er 180°.

Der er ingen betydende systematiske forskelle mellem de to dataset. Det skal dog bemærkes, at tidspunkterne for måling og Eta data er forskudt ½ time, hvilket bidrager til spredningen ved sammenligningen. Spredningen skyldes også, at Eta data repræsenterer middelværdien over et område på 39 km x 39 km, hvorimod masten er en punkt måling, der kan være under meget lokal påvirkning.

Vindhastighed og retning

For vindhastigheden er der en rimelig god overensstemmelse mellem de to dataset. Der er ikke nogen nævneværdige systematiske fejl. Spredningen i data er dog tydelig, og det vurderes, at ca. halvdelen skyldes forskelle i tidspunkt og midling. Vindretningerne stemmer også rimeligt godt overens.

Friktionshastighed

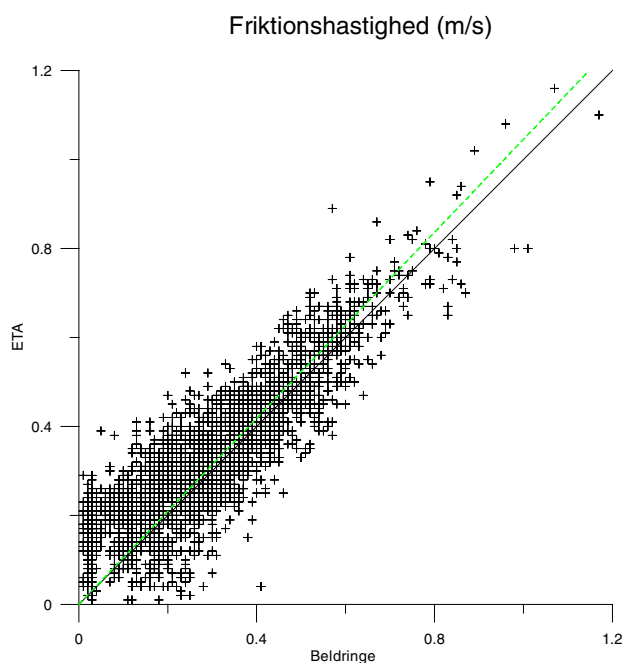
Derudover er også den mikrometeorologiske parameter friktionshastigheden, u^* , sammenlignet. u^* for masten er beregnet indirekte fra målinger og kan derfor være noget usikker. u^* synes at være rimelig præcis; men er en lille smule overestimeret i Eta (ca. 5 %), hvilket i så fald vil bevirke, at spredningen overestimeres og dermed underestimeres koncentrationen en lille smule (ca. 10 %).

Varmefluks

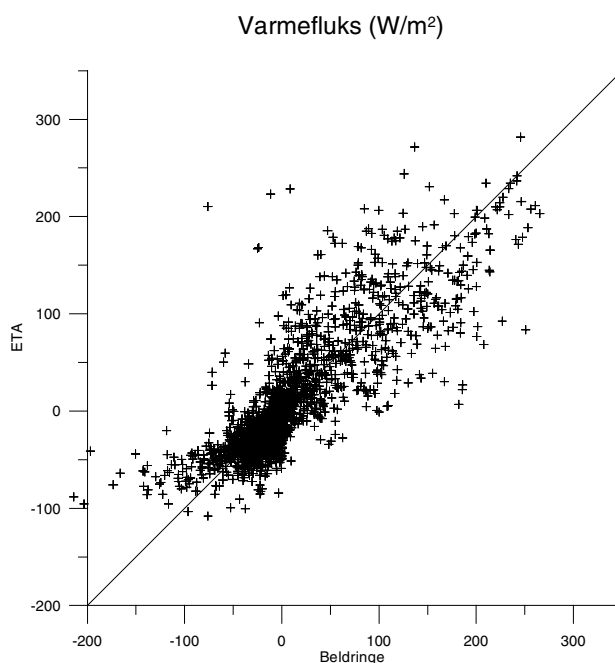
Varmefluksen ved jordoverfladen er også sammenlignet. Den er ligeledes beregnet indirekte for masten. En fejl på varmekfluksen vil kun have mindre betydning for spredningen fra arealkilder.

Grænselagshøjde

Udover de viste parametre indgår der også nogle andre parametre i de meteorologiske data, der driver OML modellen. Det er bl.a. grænselagshøjden. Det er ikke i denne sammenhæng mulig at sammenligne denne med målinger. Men det vides, at den mindste grænselags-



Figur 3. Sammenligning af den såkaldte friktionshastighed, u^* , målt i Beldringe Lufthavn ved Odense med Eta modellens data for år 2000. Sort linie angiver præcis overensstemmelse. Grøn linie er bedste fit gennem 0,0. Eta data er korrigeret til Beldringe-forhold (se tekst).



Figur 4. Sammenligning af varmekfluks fra jordoverfladen til luften målt i Beldringe Lufthavn ved Odense med Eta modellens data for år 2000. Sort linie angiver præcis overensstemmelse.

højde i Eta modellen er 250 m, hvilket er i modsætning til de observerede mindste værdier i Kastrup data er 50 m. Dette kan have betydning for større byområder, måske allerede for områder større end ca. 1-2 km.

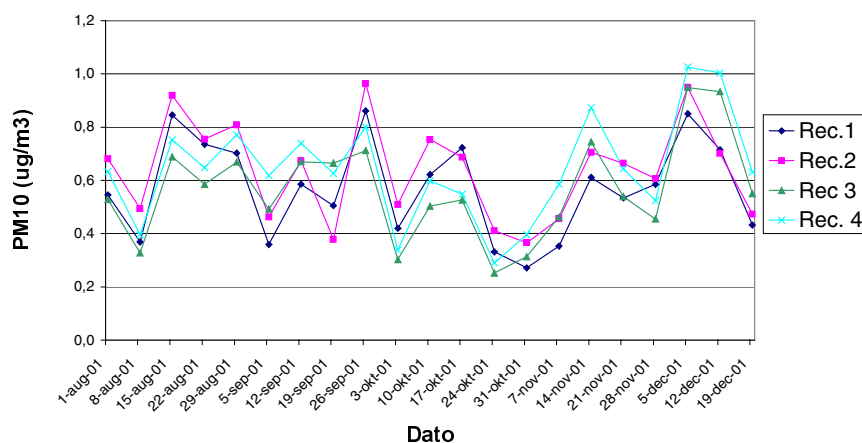
Den atmosfæriske stabilitet over grænselaget er også en parameter i til OML, men den kan p.t. ikke fås fra Eta data, og er derfor tildelt en typisk værdi i beregningerne. Parameteren har kun betydning for (høje) skorstene med et betydeligt termisk røgfaneløft under lave grænselagshøjder, idet stabilitetsparameteren er med til at bestemme hvor stor en del af røgfanen der fanges i grænselaget eller undslipper ud gennem grænselagstoppen. For de her anvendte kilder og afstande til beregningsnettet anses denne antagelse omkring stabiliteten ikke at have nogen nævneværdig betydning.

En samlet vurdering er, at Eta data med rimelighed kan anvendes til de i denne rapport udførte spredningsberegninger, men usikkerheden er noget større end ved anvendelse af lokale meteorologiske data fra Esbjerg sammen med radiosonde data (vertikal temperaturprofil med ballon) fra fx. Schleswig til bestemmelse af grænselagshøjder.

Bilag C

Beregninger for 2001

Der er for 2001 foretaget beregninger af PM_{10} koncentrationer for fire tætliggende receptor/gitterpunkter i centrum af Esbjerg nær punktet med målinger. Der indgår kun emission fra kilder i Esbjergområdet. Variationen mellem receptorerne er vist i figuren. Variationen afspejler forskelle i emissionen fra de nærmeste kilder og variationen i vindretningen.



Figur 5. Tidsserie af ugemiddelværdier for PM_{10} beregnet med OML i 4 beregnings-/receptor-punkter i Esbjerg. Perioden svarer til den med målinger. Receptorerne er de 4 receptorer i receptornettet, der ligger nærmest målestationen. Placeringen i forhold til målestationen er omtrent: Rec.1 mod NV, rec. 2 mod NØ, rec. 3 mod SV og rec. 4 mod SØ. Receptor 4 har koordinaterne 46570 UTM-E og 6147500 UTM-N.

Danmarks Miljøundersøgelser

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

Henvendelser kan rettes til:

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

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

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

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

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

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

Afd. for Landskabsøkologi
Afd. for Kystzoneøkologi

Publikationer:

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