

Forbedring af metoder til at bestemme hvor meget luftforurening mennesker udsættes for

Danmarks Miljøundersøgelser og University of Washington arbejder sammen i et igangværende forskningsprojekt i New York, som skal afdække mulighederne for at forbedre eksponeringsmetoder i forbindelse med befolkningsundersøgelser af sammenhængen mellem udsættelse for luftforurening og sundhedseffekter

Af Steen Solvang Jensen¹ og Timothy V. Larson²

¹⁾ Danmarks Miljøundersøgelser (DMU), Afdelingen for Atmosfærisk Miljø, Århus Universitet, Roskilde

²⁾ University of Washington, Department of Civil & Environmental Engineering, Seattle, USA

Hovedformålet med forskningsprojektet i USA er at forbedre vurderingsmetoder for luftkvalitet og menneskers udsættelse for luftforurening. Projektet skal øge forståelsen for sammenhængen mellem eksponering for luftforurening og effekter på sundheden. De forbedrede metoder skal på sigt bruges til at få bedre sundhedsstudier. I disse sundhedsstudier undersøger man sammenhængen mellem udsættelse for luftforurening og sundhedseffekter. Studierne er grundlaget for vores viden om og vurderinger af luftforureningens sundhedseffekter for befolkningen. Studierne er også grundlaget for at kunne vurdere konsekvenserne af forskellige reguleringstiltag til at reducere luftforureningen og dermed gavne folkesundheden.

Betydelige sundhedseffekter af luftforurening i Danmark

Menneskers eksponering for luftforurening bidrager til væsentlige sundhedseffekter, især i byområder, hvor luftforureningen ofte er højest. Trafikken er den største kilde til udendørs luftforurening i de større byer, mens boligopvarmning i villakvarterer med brændefyring også kan være en væsentlig kilde. Luftforurening fra andre lande bidrager også til forureningen i Danmark. Vurderinger af luftforureningens effekter på sundheden viser, at

partikelforurening er skyld i omkring 1500 for tidlige dødsfald i Danmark. Dette svarer til en reduktion i levealderen på ½-1 år for hele befolkningen. Hertil skal lægges sygelighed pga. luftforureningen [1]. Disse vurderinger er i høj grad baseret på forskning i sammenhængen mellem luftforurening og sundhedseffekter gennemført i USA [2], som er overført til danske forhold.

Mange forhold har indflydelse på sundheden, og en præcis vurdering af menneskers eksponering er afgørende for at kunne bestemme sammenhængen mellem luftforurening og dens sundhedseffekter. Denne sammenhæng undersøges videnskabeligt i befolkningsundersøgelser eller såkaldte epidemiologiske undersøgelser. Den seneste og største satsning i Danmark er AIRPOLIFE projektet, som belyser helbredseffekter af luftforurening gennem hele livet fra fostertilstand til ældre med hjerte- eller lungesygdom (www.airpolife.dk). AIRPOLIFE er en nyere dansk større tværgående forskergruppe, som har modtaget 25 mio. kr. for perioden 2004 til 2008 fra Forskningsrådene. AIRPOLIFE består af 11 partnere fra universiteter, hospitaler og sektorforskningsinstitutioner. Det ledes af professor Steffen Loft, Institut for Folkesundhedsvidenskab, Københavns Universitet.

AirGIS – et dansk eksponeringssystem for trafikalt luftforurening

I forbindelse med AIRPOLIFE-projektet står DMU for at estimere forureningsniveauet i en række epidemiologiske studier. I studierne antages det, at det udendørs forureningsniveau på en persons adresse er en indikator for dennes personlige eksponering. Eksponeringsniveauet beregnes med AirGIS-systemet [3], som er udviklet af DMU. AirGIS er et GIS-baseret modelsystem, der er i stand til at beregne luftforureningsniveauer og dermed eksponeringsniveau med en høj tidslig og geografisk opløsning. Systemet integrerer luftkvalitetsmodeller, digitale kort, baggrundskoncentrationer og meteorologiske data samt Geografiske Informations Systemer (GIS). Systemet kræver GIS-kort med veje med trafikdata, bygninger med bygningshøjde samt geokodede adresser. Systemet er baseret på en såkaldt deterministisk tilgang til modellering af luftkvalitet, hvor spredningsmodeller forsøger at beskrive fysiske og kemiske processer fra kilde til modtager.

Den danske gadeluftkvalitetsmodel Operational Street Pollution Model (OSPM) [4] bruges til at beregne luftforureningen i de gader, hvor personerne i undersøgelsen bor. Ud over trafikken i den specifikke gade, bidrager trafikken i et større



Billedet er taget fra Empire State-bygningen på den sydlige del af Manhattan i nordlig retning. Det store grønne område i midten er Central Park. Hovedparten af personerne i undersøgelsen bor nord for Central Park i den nordlige del af Manhattan og Bronx-området nord for Manhattan, som har mange bygninger med 4-6 etager, som det kendes fra europæiske byer. Især den sydlige del af Manhattan er domineret af høje skyskrabere.



Gadeslugter eller »street canyons« er almindeligt forekommende i projektområdet. Gadeslugter med tæt randbebyggelse på begge sider af vejen resulterer i forhøjede koncentrationer, fordi spredningen er begrænset af bygningerne.

område også til luftforureningen i gaden. Dette bidrag beregnes med den danske bybaggrundsmodel Urban Background Model (UBM) [5]. Det regionale bidrag (uden for byen) repræsenteres oftest ved målinger fra Det landsdækkende måleprogram (LMP). En af de unikke ting ved AirGIS er, at det er i stand til automatisk at generere inputparametre til OSPM-modellen vedr. gadens fysiske udformning samt trafikdata ud fra de digitale kort. Dette muliggør beregning af luftkvalitets- og eksponeringsniveauer for et stort antal adresser på en operationel og effektiv måde. I forbindelse med AIRPOLIFE-projektets forskellige epidemiologiske studier bliver AirGIS anvendt til at beregne eksponeringsniveauer på mere end 200.000 adresser eller omkring hver tiende adresse i Danmark.

Forskningsprojektet i USA med New York som testområde

Det overordnede formål med projektet i USA er, ud fra amerikanske og danske erfaringer, at forbedre eksisterende metoder til bestemmelse af luftkvalitet og menneskers eksponering. Projektet vil opstille og tilpasse det danske AirGIS-system med New York som testområde. AirGIS' evne til at forudsige luftkvalitetsniveauer på en lang række steder vil blive evalueret ved sammenligning med luftkvalitetsmålinger fra et omfattende måleprogram og vil således teste anvendeligheden af AirGIS under amerikanske forhold. Måleprogrammet gennemføres som en del af MESA Air-projektet, der er et stort amerikansk epidemiologisk studie. Måleprogrammet er langt mere omfattende, end vi normalt har ressourcer til at gennemføre i danske projekter. I New York bliver der målt på omkring 100 forskellige steder for stofferne: NO_x , NO_2 , $\text{PM}_{2.5}$ og sod (Black Carbon) med to ugers prøvetagningstid. Nogle få steder måles kontinuert for at bestemme den tidlige variation i luftforureningen. Med jævne mellemrum gennemføres en målekampagne på mange steder samtidigt for at bestemme den geografiske variation (kun NO_x og NO_2). En del af måleprogrammet er designet til at beskrive, hvordan

luftforureningen aftager med afstanden fra større veje. Herudover måles på et udvalg af deltagernes bopælsadresser, både udendørs og indendørs. Ud over validering af AirGIS under amerikanske forhold vil AirGIS også blive anvendt til estimering af eksponeringsniveauer for de omkring 1.000 personer, som indgår i undersøgelsen i New York og vil blive sammenlignet og kombineret med andre eksponeringsmetoder udviklet under MESA Air-projektet. En udfordring i projektet er at tilvejebringe gode trafikdata, der er en forudsætning for luftkvalitetsberegningerne. Dette har også vist sig at være den største udfordring i dataindsamlingen i danske undersøgelser.

New York er valgt som testområde pga. dens mange forskellige gadegeometriske forhold, som bl.a. omfatter mange gadeslugter såkaldte »street canyons«. Gadeslugter med tæt randbebyggelse på begge sider af vejen resulterer i forhøjede koncentrationer, fordi spredningen er begrænset af bygningerne. Den danske OSPM-model er specielt egnet til at beskrive disse forhold, og der har ikke været det samme fokus på at udvikle tilsvarende modeller i USA, fordi denne type bymæssig bebyggelse er mindre udbredt i USA ift. europæiske byer. Personerne i studiet bor primært på den nordlige del af Manhattan og i Bronx nord herfor, men også i dele af Queens og Brooklyn hhv. vest og sydvest for Manhattan. Mange bygninger i dette område har typisk 4-6 etager og adskiller sig fra den sydlige del af Manhattan med dens mange høje skyskrabere, som er forhold OSPM-modellen ikke er egnet til at beskrive.

MESA Air-studiet

New York er en af seks byer i USA, som indgår i et meget stort amerikansk epidemiologisk studie benævnt Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis (MESA) Air Pollution Study. Dette studie undersøger sammenhængen mellem eksponering for luftforurening og udviklingen af hjertekarsygdomme over tid (depts.washington.edu/mesaair). Mange studier viser, at personer med hjertekarsygdomme har øget risiko for at dø eller blive syge af luftforurening, men det vil være nyt, hvis projektet kan vise, at luftforureningen faktisk bidrager til at udvikle hjertekarsygdomme. MESA er et større kohortestudie, som følger mange mennesker over tid med kliniske undersøgelser. Projektet ledes af University of Washington, Department of Environmental and Occupational Health Sciences, og deltagerne omfatter herud-

Laboratory Automation & Technology (LAT)

Caliper
LifeSciences
Working Innovation

Mere end 20 års erfaring!

sias

Eget laboratorium!

Nyhed!
Zephyr

LAT Sælger udstyr til:
Pipettering, ekstraktion etc.
Specialister i kundetilpasset
systemer med egen udvikling af
hardware og software

Undervisning i egne lokaler

Hanson Research

IVD Guidelines!

ASYS

BioMicroLab

21 CFR Part 11!

POREX

Vi har installeret mere end
100 pipetteringsinstrumenter!

ASYS

BioMicroLab

Laboratory Automation & Technology

Denmark
Stamholmen 193D
DK-2650 Hvidovre
+44 70 23 77 40
info@lat-int.com

Sweden
Nordenflychtsvägen 64
SE-112 51 Stockholm
+46 8 618 50 08
www.lat-int.com

over en række institutter fra forskellige dele af USA. Det er et 10-års projekt med en bevilling på 180 mio. kr. fra den amerikanske miljøstyrelse. Projektets størrelse og lange tidshorisont illustrerer meget godt, de forskningsressourcer der er til stede i et stort land som USA, og som vi kun kan gøre os håb om at matche i en europæisk sammenhæng.

Forskellige modeller til eksponeringsvurdering

I MESA Air-projektet benyttes et helt andet princip til at modellere personernes eksponering end i AirGIS. I MESA Air opbygges en statistisk model (spatio-temporal-model), som er baseret på metoden i Land-use Regression analyse (LUR), dog med en mere avanceret statistisk håndtering af den tidsmæssige variation i luftforureningen. Denne metode er baseret på en omfattende målekampagne i projektet, som skal beskrive luftforureningens geografiske og tidslige variation sammenholdt med geografiske variable for luftforurening (f.eks. vej længde, trafikintensitet, areal-anvendelse, befolkningstæthed i forskellige bufferzoner). Lineær regression anvendes til at korrelere målte koncentrationer med de bedst beskrivende geografiske variable. Den etablerede matematiske sammenhæng anvendes til at estimere luftforureningsniveauet på de steder, hvor personerne i undersøgelsen bor.

Det, vi forventer at få ud af samarbejdet med University of Washington, er en evaluering af anvendeligheden af det danske AirGIS under amerikanske forhold. Arbejdet vil bl.a. indeholde en systematisk validering af dette system ift. luftkvalitetsmålinger foretaget i MESA Air-projektet i New York. Endvidere vil vi sammenligne de to forskellige tilgange og forsøge at udvikle tilgange, der kombinerer de to metoder. Endelig håber vi på at kunne udvikle samarbejdet med fremtidige fælles projekter. På nuværende tidspunkt (marts 2007) er projektet omkring halvvejs og resultater fra projektsamarbejdet forventes klar i efteråret 2007.



Eksempel på et målested, hvor der måles på mange steder samtidigt for at bestemme den geografiske variation af luftforureningen (kun NO_x og NO_2). Passivt måleudstyr er monteret på lygtepælen i ca. 4 m højde. Disse målinger indgår som en del af mange målinger, der anvendes i valideringen af AirGIS-systemets evne til at beregne luftforureningsniveauet.

Forskellige betingelser for forskning i USA og Danmark

Samarbejdet har vist, at der er forskellige betingelser for at gennemføre epidemiologiske undersøgelser i Danmark og USA. USA har en mere restriktiv lovgivning mht. beskyttelse af personlige og personfølsomme oplysninger i forskningsprojekter [6]. Alle personer, som indgår i et studie, skal generelt give accept hertil. Dette gælder også for kliniske undersøgelser i Danmark, men i USA er det mere omfattende. Personfølsomme oplysninger defineres bredere, idet eksempelvis adresseoplysninger anses for personfølsomme oplysninger. Endvidere kræves det ofte, at alle medarbejdere, som har berøring med personfølsomme data, gennemgår og består et mindre kursus i forsøgspersoners rettigheder. Det betyder, at der skal bruges mange ressourcer på at opnå tilladelse fra personer, som indgår i epidemiologiske projekter. Det kan være meget bureaukratisk at opnå fornyet accept i tilfælde af selv mindre ændringer i projektdesign i løbet af et projekt, hvor supplerende oplysninger ønskes indsamlet. Det er også sværere at opnå en høj deltagelsesprocent. I USA har man ikke noget nationalt Centralt Person Register (CPR). Man skal derfor indsamle en lang række oplysninger for hvert projekt, som man i Danmark vil kunne trække ud af CPR-registeret (f.eks. adresser, flyttehistorie). I Danmark kan disse oplysninger nemt sammenkøres med sundhedsoplysninger fra registre, som også indeholder CPR-referencerne. Da sundhedssektoren i USA hovedsagelig er privatiseret og forsikringsbaseret, er den også meget decentraliseret. Dette gælder også sundhedsoplysninger. Visse sundhedsoplysninger skal indrapporteres til nationale registrere, men disse oplysninger er kun tilgængelige opsummeret på administrative enheder, og ikke på individniveau.

Tak til

Forskningsprojektet gennemføres i studieåret 2006/2007, hvor Steen Solvang Jensen er gæsteforsker på University of Washington, Department of Civil & Environmental Engineering, Seattle, USA, i et samarbejde med professor Timothy V. Larson. Data for New York fra det amerikanske MESA Air-studie benyttes i forbindelse med validering af det danske AirGIS-system. MESA Air-studiet ledes af University of Washington og en række andre amerikanske institutter deltager også (depts.washington.edu/mesaair). Forskningsopholdet er medfinansieret af det amerikanske Valle Scholarship and Scandinavian Exchange Program (www.engr.washington.edu/valle), COWIfonden (www.cowifonden.dk) og Danmarks Miljøundersøgelser (www.dmu.dk).

E-mail adresser

Steen Solvang Jensen: ssj@dmu.dk

Timothy V. Larson: tlarson@u.washington.edu

Referencer

1. 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).
2. Pope, C.A. III, Dockery, D.W. (2006): Health Effects of Fine Particulate Air Pollution: Lines that Connect. *J. Air & Waste Manage. Assoc.* 56:709-742.
3. Jensen, S.S., Berkowicz, R., Hansen, H., Sten, H., Hertel, O. (2001) A Danish decision-support GIS tool for management of urban air quality and human exposures. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Volume 6, Issue 4, 2001, pp. 229-241. See også website om AirGIS systemet (<http://www.dmu.dk/International/Air/Models/AIRGIS/>)
4. Berkowicz, R. (2000a) OSPM - A parameterised street pollution model, *Environmental Monitoring and Assessment*, Volume 65, Issue 1/2, pp. 323-331.
5. Berkowicz, R., (2000b): A Simple Model for Urban Background Pollution. *Environmental Monitoring and Assessment* Vol. 65, Issue 1/2, pp. 259-267.
6. Code of Federal Regulation of Protection of Human Subjects (http://www.gpo.gov/nara/cfr/waisidx_00/45cfr46_00.html)