

Fra Folkemøde til Big Data center

Til måling af lokal luftforurening har ENVS i samarbejde med AMS udviklet tre prototyper af bærbare partikelsensorer. De blev afprøvet på Folkemødet og efterfølgende valideret i forhold til nationale referenceinstrumenter. Og resultaterne er lovende.

Af Maria Bech Poulsen, Ole Hertel, Clive Sabel og Tanja Willumsen

I juni måned samles hvert år tusindvis af mennesker i Allinge på Bornholm til det årlige Folkemøde for at debattere, vidensudveksle og hygge sig i demokratiets ånd. Blandt dette års 113.000 deltagere var tre forskere fra Institut for Miljøvidenskab ved Aarhus Universitet (ENVS).

Formålet med deltagelsen var at teste tre prototyper af bærbare partikelsensorer. Sensorerne blev båret i rygsække og som en menneskelig reklamesøjle var det ydermere målet at sætte fokus på luftforurening ved at gå rundt blandt boder, folk og telte for at måle den lokale partikelkoncentration.

Partikelforurening udgør en vigtig del af den samlede luft-

forurening i Danmark og er relateret til adskillige negative helbredseffekter, herunder øget risiko for diverse luftvejslidelser, diabetes, hjertekarsygdomme samt forskellige former for kræft [1]. Partikelforureningen i Danmark stammer fra såvel danske som udenlandske kilder, da partikler let transporteres med vinden over korte og lange afstande. Blandt de menneskeskabte kilder er røg fra forbrændingsprocesser (brændeovne, kræftværker, industri), udstødning fra transportmidler og maskiner samt støv fra bildæk og bremses. Men der findes også naturlige kilder, som bidrager til partikler i luften, herunder havsprøjt, vulkaner og jordstøv [1,2]. Den brede vifte af udledningsskilder er netop årsagen til, at partikler findes i mange former og størrelser samt indeholder forskellige kemiske stoffer.

Partikler inddeles i tre størrelseskategorier; ultrafine, fine og grove partikler. Førstnævnte definerer partikler med en diameter under $0,1 \mu\text{m}$, mens fine partikler har en diameter under $2,5 \mu\text{m}$. De grove partikler repræsenterer partikler med en diameter fra $10 \mu\text{m}$ og ned til $2,5 \mu\text{m}$. Grundet de ultrafine partiklers lille størrelse bestemmes disse som antal partikler i luften, mens fine og grove partikler måles som en massekoncentration og derfor oftest benævnes som henholdsvis $\text{PM}_{2,5}$ og PM_{10} .

Under Folkemødet afspærres Allinge for al trafik med undtagelse af to busterminaler i udkanten af Folkemøde-området. Dette i kombination med Allinges afslidende placering i forhold til industri og storbyer giver ikke umiddelbart forventninger om høje forureningsniveauer. Men Folkemødet er ikke blot debatscener, partitelte og folk til fods. Adskillige madboder og kaffevogne forsyner deltagerne og er spredt ud over Allinge. Disse vil ofte anvende varmekilder som gas og grill, hvilket udleder partikler til luften. Med andre ord var der forud for Folkemødet en klar forventning om, at disse kilder ville bidrage til en lokal partikelkoncentration. Lignende resultater har tidligere været observeret i studier af partikeludledningen under DHL-stafetten, hvor mange firmaer griller mad til deres løbende kollegaer [3].

Partikelsensorerne - den første prototype

De anvendte partikelsensorer er en foreløbig prototype designet og udviklet af den tyske sensorproducent, AMS i samarbejde med ENVS. Partikelkoncentrationen bestemmes ved optisk måling, hvor en indbygget laser belyser luftens partikler indsuget i sensoren og en detektor måler partiklernes spredning af lyset. Partiklerne vil alt efter deres størrelse sprede lyset forskelligt, og man vil således have en fordeling af antal partikler i det målte størrelsesinterval.

Ved at antage, at partikler er sfæriske med en bestemt densitet, konverteres antallet af partikler til en massekoncentration.



Figur 1. Tre forskere fra Institut for Miljøvidenskab, Aarhus Universitet, målte partikelforurening under Folkemødet 2018.

Figur 2. Forskellige kilder bidrog til en lokal forhøjet partikelkoncentration, herunder støvet jord, madboder og busser.



Sensoren måler således koncentrationen af henholdsvis $PM_{2.5}$ og PM_{10} . Foruden partikelkoncentrationen måles temperatur, tryk og luftfugtighed, da disse parametre kan have en indflydelse på både sensorens måleevne og partiklernes størrelse, idet luftens vanddamp kondenserer på partiklerne, hvorved de vokser.

Resultater

Alle måledata var tilgængelige online under hele Folkemødet og kunne fremvises til interesserede lyttere. Sensorerne blev båret to hele dage under Folkemødet, hovedsageligt samlet, men også på enkelte ruter hver for sig. Desværre var der problemer med sensor 1 (gul linje i figur 3, side 18), og der mangler derfor data fra denne flere steder i figurerne.

Ganske som forventet viste sensorerne tydeligt udslag ved forbipassering af madboder, røgerierne i Allinge samt bus-terminalerne, figur 2. En anden væsentlig kilde til forhøjet partikelkoncentration var støvpartikler.

Den flotte varme og tørre forsommer havde resulteret i en tør og støvet jord, som blev hvirvlet op i luften, hvor folk gik og stod. En fodboldkamp mellem Europabevægelsen og Folkebevægelsen mod EU resulterede i markant højere partikelkoncentration blandt tilskuerne herunder sensor 2, figur 3a og b. Men det var ikke den eneste fodboldkamp, som kunne måles med sensorerne. Fodboldherrerne landskamp mod Peru blev vist på storskærm foran hovedscenen, hvor luften var fuld af støvpartikler fra de mange tilskuere samt bidrag fra cigaretrøg, figur 3c og d. De høje toppe under landskampen fordeler sig i to grupper i figur 3c og d - første og anden halvleg, da vi i pausen flyttede os lidt på afstand af den store folkemængde.

Validering af sensorernes performance

Sensorerne har efter Folkemødet været placeret på ENVs's målestation på H.C. Andersens Boulevard i København for yderlig



COMPLIANCE IN PACKAGING

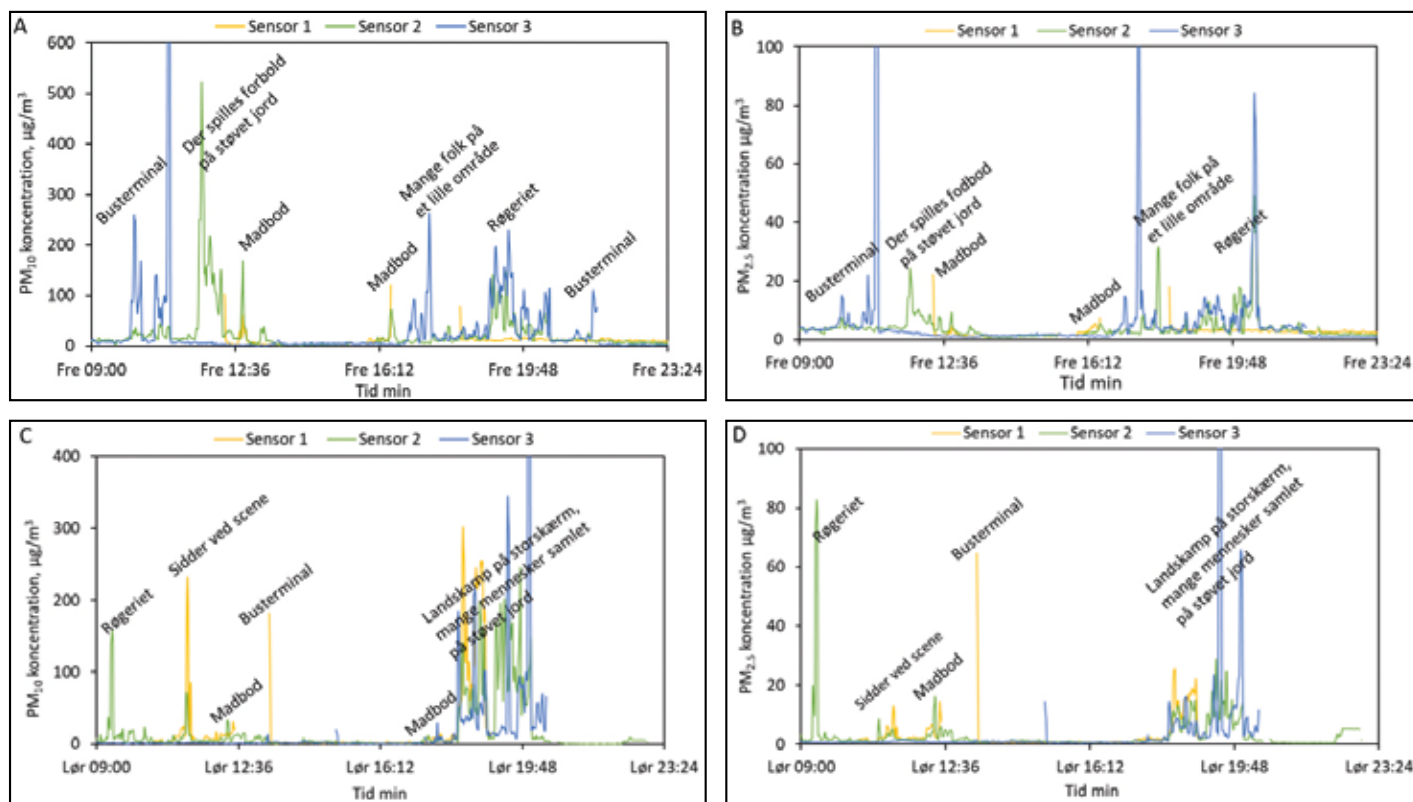


ApodanNordic PharmaPackaging A/S

Kigkurren 8M • 2300 Copenhagen S • Denmark
 +45 3297 1555 • Fax: +45 3331 2994

packaging@apodanpharma.dk • www.apodanpharma.dk

Established in 1962



Figur 3. Målinger fra to hele dage under Folkemødet 2018 opdelt i PM_{10} (A og C) og $PM_{2.5}$ (B og D). Gul, grøn og blå linje repræsenterer henholdsvis sensor 1, 2 og 3. Udslag fra de forskellige kilder er markeret på figurene.

test. Her er de foreløbigt valideret i forhold til referenceinstrumenter, som året rundt anvendes i det Nationale Overvågningsprogram af Luftforureningen drevet af ENVIS. De anvendte referenceinstrumenter er TEOM (Tapered Element Oscillating Microbalance) monitorer, hvor partikler i den indsugede luftstrøm afsættes på et filter, som konstant vejes og omregnes til reeltids massekoncentration.

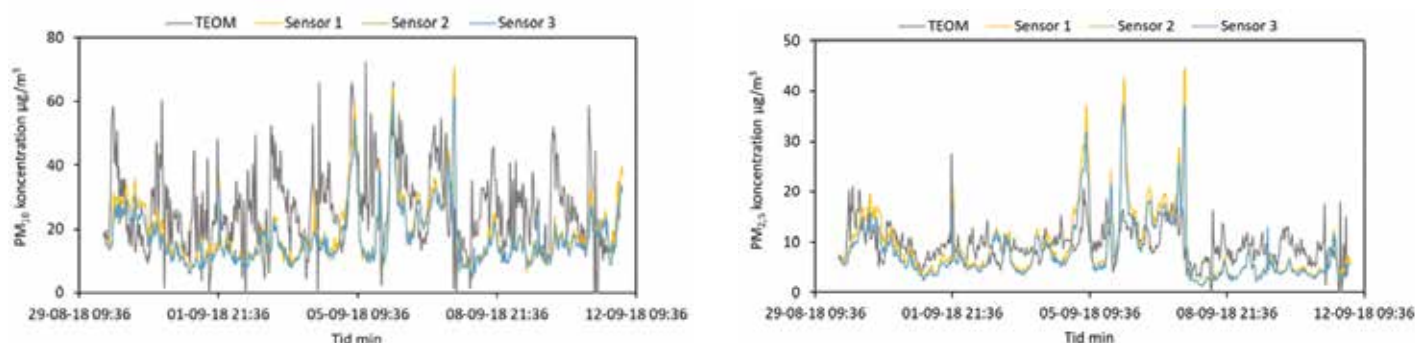
Figur 4 illustrerer sammenhængen mellem TEOM (grå linje) og sensorerne (gul, grøn og blå), hvor sensordata er ganget med en faktor to for at kompensere for sensorernes forskydning i forhold til TEOM. Det skal her til nævnes, at TEOM-værdierne endnu ikke er endelig kvalitetssikret. Sensorerne følger til en vis grad TEOM med den bedste sammenhæng for $PM_{2.5}$. Dog ser det ud til, at sensorerne underestimerer de lave koncentrationer, mens der kan være tale om en mulig overestimering for de højere koncentrationer. Derimod er der stor overensstemmelse mellem de tre sensorer. Men der er behov for yderligere validering for at opnå en bedre kalibrering af sensorerne. For

eksempel skal det undersøges, hvorvidt temperaturen eller luftfugtigheden har en indflydelse.

Bidrag til Big Data center ved Aarhus Universitet

Som tidligere nævnt er partikelsensorerne en prototype og dermed baggrunden for et større kommende studie af bærbare luftforureningssensorer. Dette studie udgør en af hjørnestenene i et nyligt etableret Big Data center ved Aarhus Universitet (Big Data Centre for Environment and Health) ledet af professor Clive Sabel. Visionen for centeret er at udnytte og kombinere de store mængder af data, som er til rådighed inden for medicin, personregistre, luftforureningsstudier og sociale medier for bedre at kunne forstå miljøet og forureningens påvirkning på menneskers sundhed.

Herunder er et af formålene at videreudvikle personeksponeringsstudier, så vores forståelse for, hvordan vi eksponeres for luftforurening i løbet af hverdagens færden og aktiviteter, forbedres. Hertil leverer sensorproducenten AMS 200 person-



Figur 4. Validering af sensorerne mod referenceinstrumenter (TEOM) alle placeret på Institut for Miljøvidenskabs målestation på H.C. Andersens Boulevard. TEOM vises som grå linje, mens sensor 1, 2 og 3 repræsenteres ved henholdsvis gul, grøn og blå linje.

bårne sensorenheder til måling af en lang række forureningskomponenter blandt andet nitrogendioxid (NO_2), ozon (O_3), partikler ($\text{PM}_{2.5}$, PM_{10}), hvor erfaringer fra Folkemødet og prototypen inkorporeres.

E-mail:

Maria Bech Poulsen: mabp@envs.au.dk

Referencer

1. J. Christensen, T. Ellermann, O. Hertel, J.B. Illerup, M. Ketzel, S. Loft, F. Palmgren, M. Winther og P. Wåhlin *Luftforurening med Partikler - et sundhedsproblem* 2009, Miljøbiblioteksbog, Hovedland.
2. O. Hertel, T. Ellermann, O.-K. Nielsen og S.S. Jensen *Clean air in Denmark dedicated effects since 1970 - Challenges, solutions and results* 2015, Aarhus Universitet, DCE Center for Miljø og Energi.
3. J. Andersen *Løbearrangement kvæles i sundhedsskadelige partikler* 2014, pressemeddelelse fra Københavns Universitet.

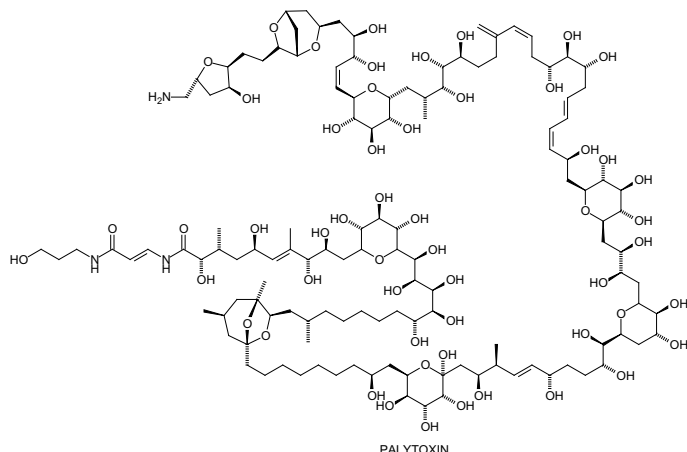
Nyt om ...

... Døden lurder i akvariet

En familie på syv medlemmer i Adelaide i Australien blev i 2017 indlagt på hospitalet med åndedrætsproblemer. Et af familiedemedlemmerne havde rensat familiens tropiske saltvandsakvarium. Der havde øjensynligt i akvariet været en anemonelignende vækst, *Palythoa toxica*, som er kendt



fra tropiske rev; denne producerer en kraftig gift, palytoxin. Palytoxinet var formentlig under rensningen som en aerosol blevet spredt i huset og indåndet af familien. 200 badegæster på stranden ved Genua blev i 2005 indlagt på hospitalet af samme årsag, heraf 10% på intensiv afdeling. Palytoxin virker ved at blokere cellernes ionkanaler, således at de står åbne hele tiden og tillader fri gennemstrømning af kalium- og natriumioner, hvilket



dræber cellen. Strukturen af palytoxin blev bestemt i 1989 efter 30 års arbejde. Det har en molekyelvægt på 2.680 og indeholder 64 asymmetriske carbonatomer og syv dobbeltbindinger, hvilket giver mulighed for 10^{21} isomere!

Carl Th.

Palytoxin: The danger hidden in tropical aquariums. *Chemical & Engineering News*, 2018, January 8, Side 12.

Stillesiddende arbejde?

SID DIG I FORM

PRØV
GRATIS
RING PÅ TELEFON
4494 5244



På en aktiv trænende kontorstol

Takket være deres unikke boldlignende bevægelser følger vores aktive stole dig og din krop mens du arbejder. Kroppens intuitive bevægelses behov får dig til at skifte arbejdsstilling uden du tænker over det. Det eliminerer stillesiddende arbejde, holder blodomløbet i gang og træner ryg, lænd & mavemuskler. God medicin mod ryg & lændesmerter.

Få en af vores aktive stole gratis på prøve i 14 dage. Så kan du selv mærke effekten på din egen krop. Se mere på swopper.dk

swopper®
SID DIG I FORM



muvman

Aktiv sidde & stå stol til
fx produktion & laboratorie



swopper

Aktiv ergonomisk
kontor & arbejdsstol



3Dee

Aktiv ergonomisk
kontorstol m. ryglæn