

Nanopartikler, mikrobiologi, støv og gasser

Få et kort indblik i NFA's målinger på arbejdspladser. Hvilke målinger er nødvendige hvornår, og hvordan udføres de?

Af Renie Birkedal, Mika Frankel, Ismo Koponen, Anne Mette Madsen, Asger Nørgaard, Anni Vibenholt, Peder Wolkoff og Keld Alstrup Jensen, Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø

Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø (NFA) har i de seneste år intensiveret forskningen i menneskers eksponering på arbejdspladserne. Se evt. NFA's hjemmeside (www.arbejdsmiljoforskning.dk) for en kort beskrivelse af samtlige NFA's projekter.

Nye arbejdsmåder og udviklingen inden for især nano- og bioteknologi, kemi og byggematerialer medfører ændringer i eksponeringstypen og mængden (se Vogel et al. samt Larsen et al. *Dansk Kemi nr. 1-2*). Viden om emissionerne og om, hvordan stofferne slipper ud, reagerer og spredes, er nødvendig for at kunne vurdere og begrænse eventuelle skadelige påvirkninger. Eksponering er jo afgørende for, om der kan være en risiko.

Målestrategier

NFA har særligt fokus på luftbårne partikler, deres karakteristika, spredning og potentielle luftvejseksponering. Målingerne foretages normalt som stationære og/eller personlige eksponeringsmålinger. Vi arbejder også med indirekte kvalitative eller kvantitative estimater ved at bestemme kildens styrke og modellere den arbejdsmæssige eksponering baseret på informationer om arbejdssituationen. Vi har netop i samarbejde med Teknologisk Institut udviklet NanoSafer, som er et internetværktøj

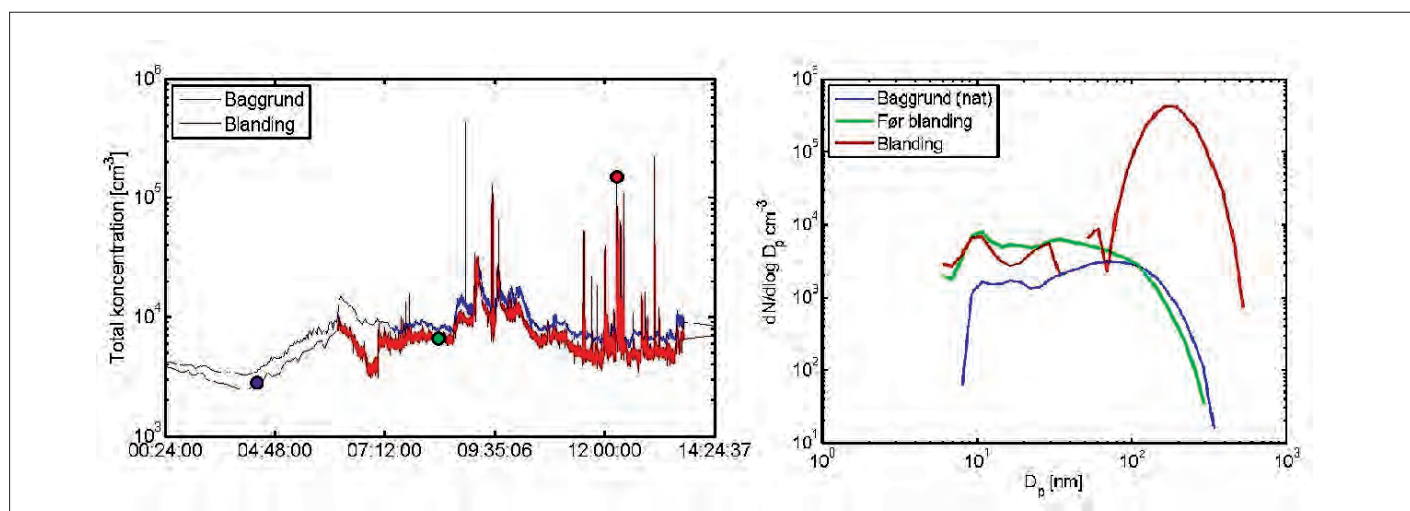
til evaluering af potentielle risici forbundet med produktion og håndtering af nanopartikulære materialer (<http://www.i-bar.dk/nanosafes.aspx>).

Målinger på arbejdspladser tilrettelægges, så de ikke generer eller hæmmer medarbejderne i at udføre deres arbejde. Hvis emissionen påvirkes, eller arbejdsmåden ændres, så er målingen sandsynligvis ikke længere repræsentativ. Vi lægger derfor stor vægt på at få en god dialog om målingen med de implicerede parter, så målingerne afspejler virkeligheden bedst muligt.

Måling af nanopartikler på arbejdspladser

I forbindelse med en række nationalt og EU-støttede projekter har NFA udført en serie målinger for at få bedre viden om eksponeringen på danske virksomheder, der producerer eller håndterer nanopartikler. Der findes ingen detaljerede anbefalinger for, hvordan målinger for nanopartikler bør gennemføres, så der er stadig udfordringer i udvikling og validering af pålidelige metoder; især for nanofibre og nanorør. Man kan dog få inspiration fra [1].

I vores undersøgelser har vi lagt vægt på at måle udviklingen i partikelkoncentrationen og deres størrelsesfordeling i nærområdet omkring specifikke arbejdsopgaver og sammenholdt resultaterne med målinger i baggrundsluften samme sted. Vi har desuden indført en praksis om at påbegynde målingerne på virksomheden i weekenden eller om natten, før den går i drift. Dette for at få et godt referenceniveau for måleområdet.



Resultater fra støvmålinger. Tv: Partikelkoncentration som funktion af tidspunkt. Th.: Partikelkoncentration som funktion af størrelse ved udvalgte tidspunkter.



Luftmåling i agurkegartneri.
Foto: Margit Wagtberg Frederiksen.

Til måling af fine partikler er det vigtigt at bruge hurtigtvisende udstyr. Vi bruger kondensationspartikeltællere, partikelmobilitetsmålere og optiske partikeltællere. Med dem kan vi måle partikelkoncentration og størrelsesfordeling fra ca. 6 nm til 30 μm med en tidsopløsning ned til ét sekund. Dertil opsamles støv med filtersamplere til massebestemmelser og efterfølgende offline-analyser. Filtermålingerne udføres optimalt både som personbårne og stationære målinger. Den relative luftfugtighed og temperatur måles til kontrol af evt. vækst og aerosoldannende forhold.

Ud fra målinger i virksomheder, der anvender nanomaterialer har vi kunnet konkludere, at eksponeringen for nanopartikler og fint støv som forventet typisk er højest i nærområdet omkring aktiviteten og sjældent kan spores i baggrundsluften i lokalet. Eksponeringerne består oftest af mange kortvarige og relativt høje partikelkoncentrationer. Nogle gange er målingerne stærkt påvirket af emissioner fra andre aktiviteter på arbejdspladsen. Diesel- og gasdrevne køretøjer anvendes ofte på virksomheder og er store kilder til fine partikler. Højtemperaturprocesser er også kendt for at komplicere målinger af fine partikler. Specielt i disse situationer er det nødvendigt at benytte flere målemetoder og forskellige instrumenter. (Se [2] for opsummering af måleresultater fra virksomheder, der anvender nanopartikler).

Måling af bioaerosoler på arbejdspladser

På nogle typer arbejdspladser kan eksponering for bioaerosoler med f.eks. svampesporer, bakterier og pollen være et problem. NFA har en gruppe inden for mikrobiologi, som foretager må-

linger af eksponeringer på arbejdspladser som f.eks. rensningsanlæg og gartnerier.

Ved indsamling af bioaerosoler bruges ofte kassetter med filtre monteret på en pumpe, som suger en defineret luftfraktion. Koncentrationen af luftbårne bioaerosolkomponenter kan variere meget i løbet af en arbejdsdag. Prøvetagningen foregår derfor over en hel arbejdsdag eller gennem udvalgte arbejdsprocesser.

Luftprøverne analyseres herefter for total mængde støv samt for indhold af svampesporer, bakterier, udvalgte arter af mikroorganismer (f.eks. arter anvendt som biopesticider) [3], toksiner (f.eks. endotoksin fra bakterier) og enzymer (f.eks. alfa-amylase). Når man kender mængden af luft, der suges gennem filteret, kan man udregne koncentrationen af f.eks. svampesporer (enhed pr. m^3). Koncentrationer af bioaerosolkomponenter anvendes bl.a. til risikovurdering af forskellige arbejdsopgaver [4] eller sammenholdes med helbredssymptomer.

Målinger i private hjem

NFA er ikke kun involveret i målinger på arbejdspladser. I samarbejde med fire andre danske forskningsinstitutioner er NFA med i forskningscenteret CISBO, "Center for Indeklima og Sundhed i BOLiger" (www.cisbo.dk). NFA bidrager med biologiske og kemiske målinger. I fem udvalgte hjem indsamler vi prøver af svampe og bakterier, vi måler koncentrationen af ozon, aldehyder og NO_2 , og vi bestemmer antallet af partikler i seks størrelsesintervaller. Vi indsamler prøver fire gange på et år for at kunne vurdere årstidsvariationen. Koncentrationen af ozon og NO_2 bestemmes vha. farvereaktioner, mens aldehyderne bestemmes med HPLC (High Performance Liquid Chroma- ▶

INDEKLIMA & ARBEJDSMILJØ



En sikker arbejdsplads?
Foto: Signe Hjortkjær Nielsen.

tography) og MS (massespektrometri). Dataene sammenholdes med oplysninger fra en dagbog, som husenes beboere har ført, samt med detaljerede luftskiftemålinger udført af DTU.

Måling af VOC'er

Mange bygningsmaterialer og gulve afgiver forskellige VOC'er, dvs. flygtige organiske forbindelser. Nogle forbindelser afdamper hurtigt, mens andre afdamper over længere tid. Kemikere ved NFA har i en længere årrække arbejdet med at måle dette (f.eks. [5]). Vi har gennemført laboratorieeksperimenter med typiske bygningsmaterialer ved forskellige fugtigheder og temperaturer. Ud over VOC'erne har NFA også målt overflademolekyler på støvpartikler. I begge tilfælde er den primære teknik (GC)-MS.

Laboratiormålinger

NFA anvender generelt eksperimentelle undersøgelser til at vurdere risikoen for eksponering og undersøge specifikke fysisk-kemiske processer. Desuden giver denne type undersøgelse mulighed

Måling af formaldehydkoncentrationer i CISBO-projektet.

for at bruge mere følsomt og/eller avanceret udstyr i særligt indrettede laboratorier. Eksperimentelle undersøgelser har været særligt nyttige til at bestemme

- emissioner fra nanofilm-sprayprodukter [6,7],
- aerosolisering af mikroorganismer fra f.eks. byggematerialer [8],
- støvningspotentialet fra nanopartikulære pulvere [9,10] samt
- partikelfrigivelse under slibning af nanopartikelholdige testmalinger [11].

Adskillelsen af de ultrafine partikler fra gasfaseoxiderationsprodukterne i ozon-terpen-initierede reaktioner har netop vist formaldehyds betydning for påvirkning af luftvejene [12].

Offline-analyser

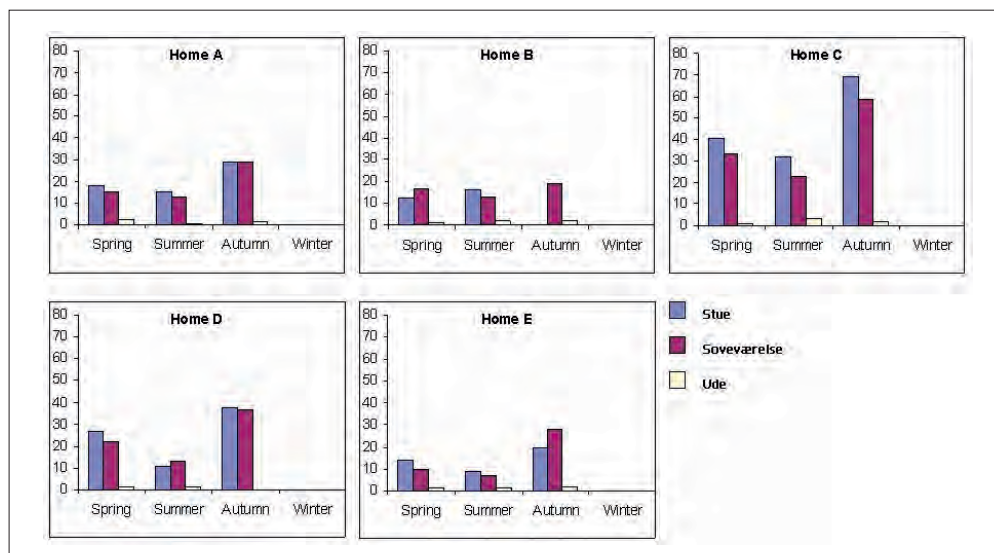
Online-målinger giver desværre sjældent det fuldstændige billede af eksponeringen. Offline målinger er derfor ofte nødvendige for at kvantificere eksponeringen. Det er typisk nødvendigt, når specifikke stoffer skal bestemmes. Optisk mikroskopi, elektron mikroskopi (SEM og TEM), røntgendiffraction, uorganisk kemisk analyse (f.eks. AAS, ICP-MS, XRF) og organisk kemisk analyse (f.eks. HPLC-MS og GC-MS) er typiske offline-analyser. En del af analyserne kan udføres på NFA, men NFA samarbejder om analyser på instrumenter andre steder. F.eks. køber NFA adgang til elektronmikroskopi ved CEN (Center for Elektron-Nanoskopi) på DTU og til røntgendiffraction ved Geologisk Museum, Københavns Universitet (KU).

TEM og SEM bruges til mange forskellige prøver. Almindelige mikroskoper kan ikke anvendes til at se nanopartikler, men det kan elektronmikroskopi. Da man samtidig får information om sammensætningen af grundstoffer, er elektronmikroskopi særligt anvendelig til at undersøge, om bestemte partikler og stoffer er til stede. Kvantitative bestemmelser udføres ved at følge specifikke protokoller, som f.eks. er udviklet for asbest.

Pulverrøntgendiffraction er en hurtig og effektiv metode til kvalitativ og kvantitativ bestemmelse af krystallinske faser. Med røntgendiffraction kan man desuden skelne mellem polymorfer, altså krystaller med samme indhold men forskelle i atomar opbygning, eksempelvis rutil og anatase, begge TiO_2 .

Fremtiden

I kombination kan on- og offline-analyser danne et meget detaljeret billede af eksponeringen. I fremtiden kan nye analysemetoder måske anvendes til at indikere, om eksponeringen er potentielt farlig vha. såkaldte proxymål for toksikologisk effekt.



Proxymål er indirekte mål; man måler en korreleret effekt eller egenskab i stedet for det egentlige mål. En af disse metoder er måling af prøvernes radikaldannelsespotentialer. Der findes endnu ingen standardmetoder til bestemmelse af radikaler, og der er stadig stor usikkerhed om, hvornår de betyder noget for den biologiske effekt. Specifikke online-målemetoder til både organiske og mikrobielle målinger er på vej i handlen.

Bærbare måleinstrumenter udvikles også til specifik måling af nanopartikler; bl.a. i forbindelse med EU-projektet NANO-DEVICE. Udviklingen kan derfor i bedste fald gøre det nemmere at foretage konstant måling af eksponeringer i arbejdsmiljøet for udsatte medarbejdere.

E-mail-adresse

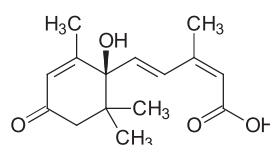
Renie Birkedal: rkn@arbejdsmiljoforskning.dk

Referencer

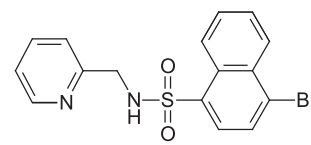
1. ISO/TR 27628. Workplace atmospheres – Ultrafine, nanoparticle and nanostructured aerosols – Inhalation exposure characterization and assessment, 2007
2. Kristensen HV. Nanopartikler i Arbejdsmiljøet. Viden og inspiration om håndtering af nanomaterialer. Elektronisk rapport. Teknologisk Institut og Det National Forskningscenter for Arbejdsmiljø, 2010. <http://www.i-bar.dk/nanosfer.aspx>
3. Hansen VM, Winding A & Madsen AM. Exposure to Bioaerosols during the Growth Season of Tomatoes in an Organic Greenhouse Using *Supresivit* (*Trichoderma harzianum*) and *Mycostop* (*Streptomyces griseoviridis*) *Applied and Environmental Microbiology* 2010;76:5874-5881.
4. Madsen AM, Hansen VM, Nielsen SH & Olsen TT. Exposure to dust and endotoxin of employees in cucumber nurseries. *Annals of Occupational Hygiene*, 2008;53:129-138.
5. Clausen PA, Liu Z, Xu Y, Kofoed-Sørensen V & Little JC. Influence of air flow rate on emission of DEHP from vinyl flooring in the emission cell FLEC: Measurements and CFD simulation. *Atmos Environ*, 2010;44:2760-2766.
6. Nørgaard AW, Jensen KA, Janfelt C, Lauritsen FR, Clausen PA & Wolkoff P. Release of VOCs and particles during use of nano film spray products, *Environmental Science & Technology*, 2009;43:7824-7830.
7. Nørgaard A W., Wolkoff, P. and Lauritsen. F R. Characterization of nano-film spray products by mass spectrometry. *Chemosphere*, 2010, 80, 1377-1386.
8. Madsen AM, Kruse P & Schneider T. Characterization of microbial particle release from biomass and building material surfaces for inhalation exposure risk assessment. *Annals of Occupational Hygiene* 2006;50:175-187.
9. Schneider T & Jensen KA. Combined single drop and rotating drum dustiness test of fine to nanosized powders using a small drum. *Annals of Occupational Hygiene*. 2008;52(1):23-34.
10. Jensen KA, Koponen IK, Clausen PA & Schneider T. Dustiness behaviour of loose and compacted bentonite and organoclay powders: What is the difference in exposure risk? *Journal of Nanoparticle Research* 2009;11:133-146.
11. Koponen IK, Jensen KA & Schneider T. Comparison of dust released from sanding conventional and nanoparticle-doped wall and wood coatings. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology* 2010; 1-11.
12. Wolkoff P, Clausen PA, Larsen K, Hammer M, Larsen ST & Nielsen GD. Acute airway effects of ozone-initiated d-limonene chemistry: Importance of gaseous products. *Toxicol Lett*, 2008;181:171-176.



... Tørkeramte planter kureres med sulfonamider



abscisinsyre (ABA)



pyrabactin

Efterhånden som behovet for fødevarer stiger i verden, er der interesse for at udvide landbrugsområderne til områder med ringe nedbør. Man arbejder derfor nu på at udvikle mere tørkeresistente planter og finde metoder til at imødegå længerevarende tørke. Det har vist sig, at abscisinsyre (ABA) eller (*S*)-(2*Z*,4*E*)-5-(1-hydroxy-2,6,6-trimethyl-4-oxocyclohex-2-en-1-yl)-3-methylpenta-2,4-diensyre, som er det systematiske navn for stoffet, er et naturligt forekommende stresshormon for planter, det hjælper dem til at overleve med mindre vand. Man har observeret den samme virkning ved sprøjtning med ABA; men stoffet er desværre syntetisk svært tilgængeligt og nedbrydes hurtigt. Man har imidlertid nu fundet, at et sulfonamid pyrabactin har en lignende virkning, når planterne sprøjtes med det.

Carl Th.

1. Organic compound aids thirsty plants, *Chemistry World*, Juni 2009, side 22. Regulators of PP2C Phosphatase Activity Function as Abscisic Acid Sensors, *Science*, 324, 2009 side 1064.

Pipettecenteret

Kalibrering og service af alle fabrikater pipetter.

Vi kalibrerer både ved indsendelse eller på kundens adresse.

Salg af pipetter og laboratorie varer.



Pipettecenteret

Skovkanten 41 · 4700 Næstved
Tlf. 55 73 62 05 · Mobil 30 33 32 49
Email. nielslindgaard@stofanet.dk
www.pipettecenteret.dk



Retsch® **CryoMill**

Solutions in Milling & Sieving

- Hurtig og effektiv kryogen formaling ved -196 °C
- Ideel til plastik, temperaturfølsomme materialer og prøver med flygtige bestanddele

NYHED



SKANLAB

Kvinderupvej 30 · 3550 Slangerup · Tlf: 4738 1014 · www.skanlab.com