

Partikelforurening er en vigtig del af den samlede luftforurening, og byerne er der, hvor befolkningen er mest udsat for forhøjet luftforurening med partikler.

Trods relativt lave niveauer i danske byer sammenlignet med byer i mange andre lande, ser vi også tegn på alvorlige sundhedseffekter af luftforurening i danske byer.

Da byens bygninger begrænser spredningen af partiklerne er partikelforureningen størst i gadeslugter.

Luftvejssygdomme, men også hjerte-karsygdomme og kræft er relateret til udsættelsen for partikelforurening. På verdensplan skønnes det, at partikelforurening årligt er skyld i ca. 2 millioner for tidlige dødsfald.

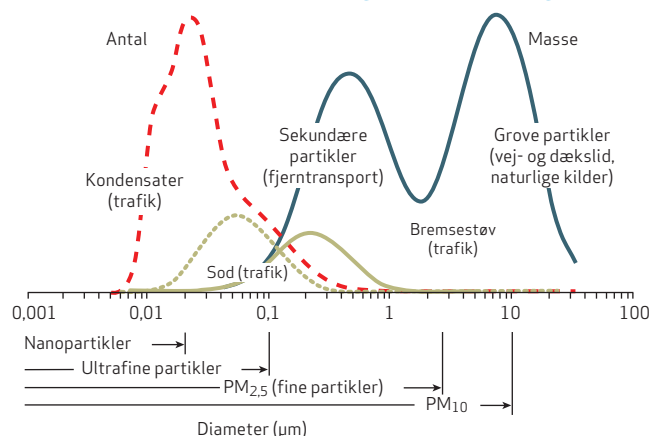
## HVAD ER PARTIKELFORURENING?

Man taler om tre størrelser på de partikler (partikelfraktioner), der forurener luften: de ultrafine (nano) partikler (0,01 – 0,1 µm eller 10 – 100 nm), den fine partikelfraktion (0,1 – 2,5 µm) og den grove partikelfraktion (>2,5 µm). De mindste partikler trænger længst ned i luftvejene og kan dermed gøre mest skade. Sammensætningen og niveauet af partikelforurening afhænger af:

**Byens placering** i forhold til langdistancetransport af partikler, eksempelvis vulkansk aske, meget fint sand og industristøv. Landskabets topografi samt byens bygningsmæssige og infrastrukturelle udformning har ligeledes stor betydning for partikelforurening.

Byens **lokale kilder** til partikelforurening og variationen i deres udslip, eksempelvis partikler fra industriel produktion, brændevne og trafik.

### Principskitse for partikelfordelingen i en typisk bygade



Partikelforureningen kan opgøres efter vægt (fuldt optrukken) og efter antal. Stiplede kurve: antal partikler. Fuldt optrukken kurve: massen. Se i øvrigt [www.byplanlab.dk](http://www.byplanlab.dk)

Byens klima og variationen i **meteorologiske forhold** gennem døgnet og året har stor betydning for, om byens partikelforurening fortyndes og blæses væk.

## PROFESSIONELLE MÅLINGER

Partikelforurening i de danske byer overvåges ved **målinger** på gade- og bygagrundsniveau samt ved regionale målestationer. Målingerne i byerne (dvs. gade- og bygagrund) foretages med automatiske monitorer og præsenteres online på DMU's (Danmarks Miljøundersøgelser) hjemmeside:

[www.dmu.dk/Luft/Maaling/](http://www.dmu.dk/Luft/Maaling/). Samtidige målinger fra de tre typer stationer gør det muligt at adskille de enkelte bidrag. Det vil sige bidrag fra trafikken i den enkelte gade, bidraget fra resten af byen, samt bidraget fra regional transport over større afstande.

Beregninger med **luftkvalitetsmodeller** supplerer målingerne og giver en kortlægning, hvor der opnås information om forureningsniveauerne på lokaliteter, som ikke dækkes af målestationerne. Endvidere giver modellerne information om bidraget fra forskellige kilder og kildeområder. Modellerne er matematiske beskrivelser af de styrende fysiske og kemiske processer i atmosfæren, og beregningerne foretages på en computer. Beregningerne omfatter en prognose for udviklingen i forure-

Videnskabeligt set er målinger en afgørende naturvidenskabelig (induktiv) vej til viden om hvilken rolle partikelforurening spiller i byerne; men partikelforurening er ikke let at måle.

Partikler kan karakteriseres ved deres vægt (fx µg/m<sup>3</sup>), ved deres antal (fx antal/m<sup>3</sup>) eller sågar ved deres kemiske sammensætning. Disse karakteriseringer giver meget forskellige resultater.

Fysiske og kemiske processer er styrende for partikelforureningen i og uden for byerne. Vi skal forstå disse processer, men vi skal også kende til geografiske forhold som landskabet, klimaet og vejrforholdene, når et steds partikelforurening undersøges.

Der er fortsat stor usikkerhed omkring mekanismerne bag helbredseffekterne af partikler, og det forudsætter en medicinsk/biologisk viden, ligesom vi skal have viden om befolkningens færden for at vurdere udsættelsen for partikelforurening. I forhold til sundhedseffekter, teknologi, miljøøkonomiske aspekter, kommunikation af risici, miljøpolitik mm, så er partikelforurening naturligvis et stærkt tværvidenskabeligt forskningsfelt.

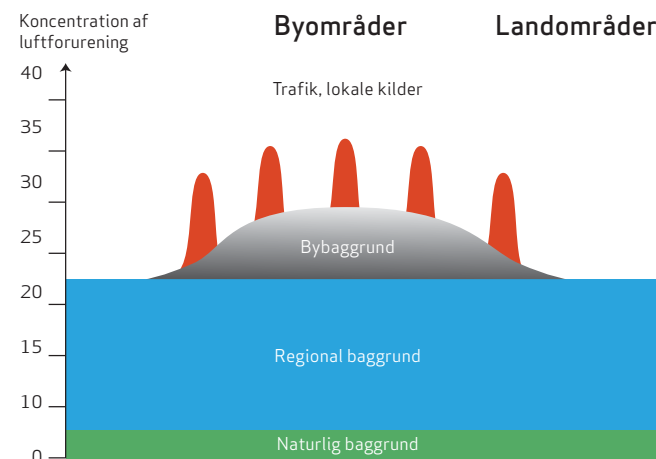
ningen regionalt, i bygagrund og i gade over de kommende tre døgn. Det præsenteres som en prognose, der opdateres fire gange i døgnet.

Mange **feltstudier** af partikelforurening i byerne er rettet mod at give en karakterisering af alle de parametre, der kan bestemmes – fx antal og kemisk sammensætning i forskellige partikelfraktioner. Feltstudier kan måle den personlige udsættelse for partikelforurening for udvalgte grupper i befolkningen med henblik på at vurdere sundhedseffekterne. Til anvendelse for feltstudier findes en række enkle målemetoder.

En metode er at anvende en bærbar partikeltæller. Disse instrumenter er relativt kostbare (mellem 60 og 80.000 kr. pr. styk), men de giver online målinger med øjeblikkelige udslag, når man nærmer sig kilderne – idet de kan registrere en stærkt trafikeret vej eller fx et stearinlys indendørs. Målingerne udtrykker antallet af partikler i luften. Dette mål kan ikke direkte sammenlignes med fx de grænseværdier, som i dag er udtrykt ved massen af luftens partikler med en diameter under en vis størrelse (2,5 eller 10 µm), og sammenlignet med det udstyr, som anvendes inden for luftkvalitetsovervågning, er usikkerheden relativt stor.

En anden metode er at anvende en bærbar cyklon med tilhørende pumpe. Cyklonen anvendes til at fravælge de største partikler – typisk afskæres partikler over 2,5 µm, og partiklerne under 2,5 µm opsamles på et filter. Dette filter vejes før og efter eksponering, hvorved man får et mål for luftens indhold af partikler. Før hver vejning skal filteret konditioneres, dvs. opbevares i rum med kontrolleret fast tryk, luftfugtighed og temperatur.

### Principskitse for bidragene til byens partikelforurening



Luftens partikelforurening angives på y-aksen ved den typiske pm<sub>10</sub>-masse. Se [www.byplanlab.dk](http://www.byplanlab.dk)

## PARTIKELFORURENING PÅ FELTFOD

Har man ikke adgang til en bærbar partikeltæller, er målinger ved opsamling af partikler på filter en mulighed. I den forbindelse er der to alternativer: aktiv og passiv opsamling.

Den **passive metode** består af en plastiktragt med et metalnet, hvor opsamlingen finder sted på en glasplade i bunden af tragten. Usikkerheden ved den passive metode er stor, men prisen er moderat (en opsamler koster i størrelsesordenen 1000 kr.). For den passive metode kræves adgang til et mikroskop og vejledning fra en person, som er oplært i at foretage tællinger af partikler på glaspladen. Ud fra disse tællinger estimeres en størrelsesfordeling i luften og denne anvendes igen til at bestemme en koncentration i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . For den passive metode kræves opsamling over typisk en til to uger eller mere.

Den **aktive metode** er dyrere (pumpe og cyklon koster 7-8000 kr.), men usikkerheden er mindre. Ved den aktive opsamling suges luften igennem en cyklon som separerer de større partikler (typisk  $> 2,5\mu\text{m}$ ) og opsamler de mindre på et filter. Filterne til den aktive metode koster i størrelsesordenen 20 kr. pr. styk og kræver adgang til vejerum og vægt med stor præcision. Opsamlingen for den aktive metode skal foregå over et par dage eller alternativt finde sted i stærkt trafikerede gader gennem nogle timer.

## DATA OG LITTERATUR

I overvågningsprogrammet for de danske byer måles der på timebasis i gadeniveau, bybaggrund og på regionale baggrundsstationer. På stationer i bybaggrund er der desuden tilknyttet en meteorologisk mast, hvor centrale parametre så som vindhastighed, vindretning, globalstråling, luftfugtighed og temperatur også måles på timebasis.

Luftkvalitetsdata har mange forskellige anvendelser, og EU har fastsat grænseværdier, der ikke må overskrides, så det skal overvåges. Målinger er ressourcekrævende og gennemføres derfor kun på et begrænset antal målestationer. For at opnå information om niveauer på steder, hvor der ikke måles, suppleres målingerne med modelberegninger. Beregninger med luftkvalitetsmodeller giver ligeledes information om bidragene fra forskellige kilder og kildeområder, og de kan anvendes til prognoser for, hvordan luftkvaliteten vil udvikle sig over de nærmeste dage. På DMU's hjemmeside kan man således finde en prognose for de kommende tre døgn (luftudsigten). Prognosen er resultatet af beregninger med en serie af modeller: en meteorologisk prognosemodel, en langtransportmodel som beskriver forureningen på hele den nordlige hemisfære, en model for

luftforureningen i bybaggrund, samt en model for spredning af forurening i den enkelte bygade.

Måledata af luftkvalitet fra det danske luftovervågningsprogram kan udtrækkes fra de officielle databaser gennem et udtræksprogram på DMU's hjemmeside ([www.dmu.dk/Luft/Maaling](http://www.dmu.dk/Luft/Maaling)). På denne side kan man endvidere finde beskrivelser af målestationerne, hvilke målinger der foretages og hvordan der måles. Tilsvarende kan man finde beskrivelser af de anvendte modeller. Det vil være muligt at lave et udtræk og arbejde med disse data i fx excel. Man kan således se på gennemsnitlig døgnvariation, variationen gennem en uge, samt variation som funktion af vindretning og vindhastighed.

Inden for overvågningsprogrammet udsendes årlige rapporter som præsenterer luftkvaliteten i det forløbne år. Desuden udgiver DMU en række populærvidenskabelige rapporter – en enkelt som omhandler partikelforurening er angivet her.

Ellermann, T., m.fl. 2009: Atmosfærisk deposition 2007. NOVANA. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet.

Kemp, K., m.fl. 2008: The Danish Air Quality Monitoring Programme. Annual Summary for 2007. NERI Technical Report No. 681. University of Aarhus.

Palmgren, Finn (red.): Luftforurening med partikler – et sundhedsproblem. Forlaget Hovedland 2009. Bogen kan downloades som PDF-fil fra DMU's hjemmeside.

Danmarks Miljøundersøgelser, [www.dmu.dk](http://www.dmu.dk)



Faglig bidragsyder: Ole Hertel, sektionsleder ved Danmarks Miljøundersøgelser (DMU) og adjungeret professor ved Roskilde Universitet (RUC)

Redaktører: Pernille Ehlers, Rødovre Gymnasium, Lis Petersen, Ørestad Gymnasium og Jannie Rosenberg Bendsen, DAC  
Layout: Troels Thor Axelsen, DAC



dansk byplan  
laboratorium

DAC | DANSK ARKITEKTUR CENTER



PARTIKEL-  
FORURENING  
BYENS LUFT