

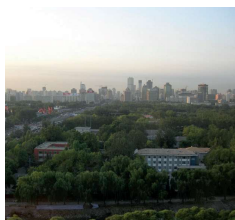
1 Indledning

Luftforurening er et globalt problem, og udendørs luftforurening giver verden over anledning til over 3 millioner for tidlige dødsfald om året. I tillæg påvirker luftforureningen natur, vandmiljø og klima.

Det er ikke kun i Kina, at luftforureningen kan ses med det blotte øje. Dette få år gamle billede viser Roskilde Domkirke fotograferet på en sommerdag med høj partikelforurening. Partikelforureningen er (i kombination med tåge) således en væsentlig årsag til disen på en dag med lave vindhastigheder og høj luftfugtighed i Roskildeområdet.

Foto: Thomas Ellermann.

Partikel- og fotokemisk smog i Beijing i 2006. Ordet smog stammer fra engelsk, hvor det blev dannet ved en kombination af ordene "smoke" (røg) og "fog" (tåge). Der behøver dog ikke at være tåge i luften, for at man taler om smog. I det aktuelle tilfælde taler man om fotokemisk smog, som for eksempel ikke inkluderer tilstedeværelse af tåge. Billederne viser udsigten fra et hotelværelse i Beijing umiddelbart efter regn (til venstre) og blot nogle få timer senere (til højre), hvor forureningen er bygget op i den meget stillestående luft over byen. Den brunlige farve (primært på billedet til højre) skyldes blandt andet kvælstofdioxid i luften. Fotos: Jørgen Brandt.



De fleste ved, at luftforurening er et globalt problem. Man er ligeledes bevidste om, at luftforurening påvirker helbredstilstanden i befolkningen verden over, og at forureningen også påvirker os her i Danmark. Den store bevidsthed om disse ting er blandt andet resultatet af formidlingen af mange videnskabelige undersøgelser; undersøgelser, som har dokumenteret sammenhænge mellem luftforurening og en lang række forskellige helbredseffekter og/eller deres symptomer. Resultaterne har vist, at der er betydelige helbredsskader knyttet til udsættelse for luftforurening. Det betyder stor fokus på emnet, og man støder derfor jævnligt på omtale i medierne og nye tal fra sundhedsorganisationerne. Et markant eksempel på dette er en pressemeddelelse, som WHO udsendte den 27. august 2016, hvori det blandt andet hedder:

”Air pollution’s toll on human health. Some 3 million deaths a year are linked to exposure to outdoor air pollution. Indoor air pollution can be just as deadly. In 2012, an estimated 6.5 million deaths (11.6 % of all global deaths) were associated with indoor and outdoor air pollution together.”¹⁾

”Luftforurening er en byrde for menneskers sundhed. Omkring 3 millioner dødsfald om året er forbundet med udsættelse for luftforurening. Indendørs luftforurening kan være lige så dødelig. I 2012 var der anslået 6,5 millioner dødsfald (11,6 % af alle globale dødsfald) forbundet med indendørs og udenørs luftforurening tilsammen.”

Men hvordan er det lige, det hele hænger sammen? Er det al luftforurening, som giver problemer? Er det et problem at bo i byerne? Hvordan er det i Danmark set i forhold til andre steder i verden? Er det blevet værre, siden man hører så meget om det i dag sammenlignet med for eksempel for 30 år siden? Hvad gøres der ved problemet, og gøres der nok, eller bør der gøres mere?

Som forskere modtager vi ofte spørgsmål fra bekymrede borgere, som ønsker at blive klogere på, hvordan tingene hænger sammen. Disse borgere vil gerne vide, hvordan luftforureningen påvirker netop dem eller deres nærmeste. Derfor er en væsentlig del af målet med denne bog at give en grundig og samtidig lettilgængelig beskrivelse af sammenhængen mellem luftforurening og helbred. Intentionen er således at give læseren en afklaring omkring disse og andre tilsvarende spørgsmål, der har med luftforurening og helbredseffekter at gøre.

1) <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2016/air-pollution-estimates/en/>

Luftforurening – en kompleks problemstilling

Der er ingen tvivl om, at de negative helbredseffekter er det vigtigste argument for fortsat at reducere luftforureningen i Danmark såvel som internationalt. Luftforurening har andre skadelige virkninger, men menneskelig sygdom og død har stor vigtighed for samfundet, og netop disse effekter får helt naturligt stor opmærksomhed. De negative helbredseffekter har store menneskelige omkostninger og udgør i tillæg en betydelig samfundsøkonomisk belastning (behandles nærmere i kapitel 5). Bogen her er afgrænset til luftforurening set i relation til helbred. Det betyder for eksempel, at bogen ikke indeholder beskrivelser af udledninger og effekter af kuldioxid, som er en vigtig drivhusgas, men ikke er direkte relevant i forhold til sundhed.

Ud over at have effekter på helbredet påvirker luftforureningen også såvel det omgivende miljø som klimaet på kloden:

- Kvælstofforbindelser, som udledes til luften, vil senere afsættes blandt andet i naturen, hvor de fungerer som næringsstoffer for vegetation og alger. Øget næringsstofforsyning kan true følsomme økosystemer, hvor de eksisterende planter er tilpasset næringsfattige vækstforhold. Plantearter, som vokser hurtigt i næringsrigt miljø, kan dermed indvandre og udkonkurrere mange af de følsomme økosystemers naturlige plantearter. Plante- og dyreliv hænger sammen, så når en række plantearter forsvinder, så forsvinder der også en række dyrearter. Dermed sker der et skifte mod et økosystem med færre arter – man taler om tab af biodiversitet (artsrigdom). Kvælstofforbindelser kan i nogle tilfælde ligeledes virke forsurende og også derigennem skade naturen.
- Når luftens kvælstofforbindelser afsættes til vandmiljøet, så fungerer de som næringsstoffer for havets alger. I de indre danske farvande betyder stor tilførsel af kvælstof, at man ofte kan registrere voldsom vækst af planktonalger; alger, som er flydende i vandet. Når disse planktonalger dør, synker de ned til bunden, hvor de nedbrydes af bakterier. Nedbrydningen af de døde alger sker ved forbrug af ilt, og i de værste tilfælde fører det til iltsvind med deraf følgende døde fisk og bunddyr.
- Afsætning af luftbårne svovlforbindelser kan give anledning til forsuring af jordbund og vådområder og dermed skade naturen. Tidligere var forsuring et stort problem i blandt andet centraleuropæiske skove og svenske skovsøer. Siden 1980'erne har man i blandt andet Europa begrænset specielt udledninger af svovlforbindelser meget kraftigt, og omfanget af forsuringproblemer er dermed blevet væsentligt reduceret, om end de endnu ikke er fuldstændig løst.
- 15-20 km oppe i atmosfæren ligger ozonlaget, som beskytter dyre- og planteliv på jorden mod skadeligt ultraviolet lys fra solen. Nede ved jordoverfladen er ozon til gengæld en luftforurening, som er skadelig for både mennesker og natur.

Ozon giver irritation af øjne og slimhinder i næse og øvrige luftveje, og det udgør blandt andet et problem for folk med luftvejssygdomme. Ozon skader planternes blade og reducerer deres vækst. Ozon er derfor et problem i naturen, og det fører ydermere til en ikke uvæsentlig reduktion i produktionen af afgrøder i landbruget.

- En del af solens lys (i form af kortbølget stråling) optages af jordoverfladen. Derved sker der en opvarmning af jordoverfladen, som herefter udstråler varmeenergi (varme er langbølget stråling). En række luftforureningskomponenter i atmosfæren optager varmestråling, holder på den og sender dele af den tilbage mod jorden. Dermed medvirker denne forurening til at øge drivhuseffekten og den globale opvarmning af kloden. Ozon, kuldioxid og metan vil eksempelvis bidrage til opvarmning. Omvendt vil partikelforurening i atmosfæren typisk reflektere mere af solens stråling, end den optager af lys- og varmestråling. Partikelforurening har derfor generelt en kølende effekt, men sammenhængene er komplekse og afhænger af typen af partikelforurening, samt af hvor den forekommer. Sod kan for eksempel transporteres med vinden hele vejen til Grønland og her afsættes på sne og is. Derved bliver overfladen mørkere, hvilket øger solens opvarmning af isen og sneen. Derfor kan sod medvirke til en hurtigere afsmeltning af is og sne i det arktiske område og dermed til opvarmning af kloden.



Forsuring (til højre) var specielt et udbredt problem i skovområder i Centraleuropa og i svenske skovsøer i 1980'erne og 1990'erne. Billedet viser stedgrønne træer, der mister løvet og står tilbage som bare stammer. Det tabte løv skyldes påvirkningen fra sur nedbør. Foto: Colourbox. Iltsvind (til venstre) er fortsat et udtalt problem i indre danske farvande og søer stort set hvert år i sensommer og efterår. Større næringsstofførsel fører til voldsom planktonalgevækst. Når algerne dør og synker ned på bunden, så nedbrydes algerne af bakterier under forbrug af ilt. Det betyder fald i vandets iltindhold og i de værste tilfælde (som her) til død af fisk og bunddyr. Det viste eksempel er fra Hestholm Sø 25. juli 2018. Foto: Mads Dalegaard / Ritzau Scanpix.

Luftforurening udgør således en yderst kompleks problemstilling. Heldigvis vil det ofte være sådan, at reduceres luftforureningen, så fører det alt andet lige til forbedringer i forhold til såvel helbred, natur og miljø. Dette gælder dog ikke i alle sammenhænge. En reduktion af den luftbårne partikelforurening er for eksempel essentiel for at mindske de negative helbredseffekter, men samtidig vil en reduceret partikelforurening forøge den globale opvarmning. For at vælge den optimale regulering skal man således inddrage en analyse af ofte ganske komplekse sammenhænge.

Selv om helbreds-, miljø- og klimaeffekter af luftforurening alle er vigtige, så er fokus i denne bog afgrænset til sundhedseffekterne af luftforureningen. Vi har ikke fundet det muligt at dække alle de miljømæssige konsekvenser af luftforureningen i én bog. Tilsvarende har vi valgt at afgrænse bogen til effekter af den udendørs luftforurening og se bort fra effekter relateret til indendørs luftforurening, som ikke mindst i udviklingslande kan være betragtelige.

Kilder i ind- og udland

Luftforurening er et resultat af mange af de ting, som vi foretager os i hverdagen. Når vi kører i bil, tog eller bus med benzin- eller dieselmotor, så fører det til udledning af luftforurening. Når vi opvarmer vores bolig, så sker det ofte ved afbrænding



af træ, gas, olie eller kul, og derved udledes der igen luftforurening. Når landbruget producerer mejeriprodukter og kød, så fører det til udledninger af blandt andet metan, partikler og ammoniak fra husdyrene, men også andre udledninger relateret til for eksempel opvarmning af stalde og brug af landbrugsmaskiner. Selv når vi steger

en bøj eller tænder et stearinlys, så udledes der luftforurening. Dette er nogle få eksempler af rigtig mange aktiviteter, som medfører udledning af luftforurening, og som medvirker til at gøre problemstillingen kompleks.

Luftforurening bliver ikke mindre kompleks af, at den indgår i en række fysiske og kemiske processer i atmosfæren og blandt andet kan transporteres meget langt gennem luften. Det sker for eksempel, at støv fra Sahara i form af rødt ørken sand blæser helt op til Danmark; her er der tale om transport over en strækning på mange tusinde kilometer. Når det røde sand afsættes med nedbøren, så kalder man det for "blodregn". En sådan ørkenstøvtransport er et af de mere ekstreme tilfælde, men det forekommer dog tilbagevendende med nogle års mellemrum. Det er imidlertid et faktum, at meget af den luftforurening, som vi indånder i Danmark, stammer fra kilder uden for Danmark; det gælder især den såkaldte fine partikelforurening. En dybdegående beskrivelse af luftforureningssituationen i Danmark kræver derfor detaljeret viden om de mange tusinde kilder til luftforurening i Danmark, Europa og sågar så langt væk som i Kina. Endvidere kræver det inddragelse af viden om, hvordan luftforureningen transporteres som følge af de meteorologiske forhold, hvordan den omdannes via de kemiske og fysiske processer i atmosfæren, og endelig hvordan den fjernes fra atmosfæren via nedbør eller afsættes direkte på for eksempel jordoverfladen eller på planter. Ved hjælp af matematiske modeller kan vi holde styr på alle disse trin i beskrivelsen af luftforureningen, og på den måde er vi i stand til at beregne, hvor meget luftforurening vi bliver udsat for, og bestemme, hvilke kilder der giver det største bidrag til forureningen. De matematiske modeller er således et vigtigt supplement til målinger, både i forhold til at give supplerende data og til at forstå de styrende processer.

Helbredseffekter

Ved at sammenkæde viden om den luftforurening, vi udsættes for, med statistiske informationer om forskellige typer af helbredseffekter, er det lykkedes at opnå større indsigt i, hvordan luftforureningen påvirker vores sundhed. Via disse undersøgelser har det vist sig, at luftforureningen kan give anledning til en lang række af meget forskelligartede sygdomme lige fra mindre vejtrækningsgener og til alvorlige helbredseffekter som blodpropper, kræft og sukkersyge. Luftforurening kan endog føre til for tidlig død. Undersøgelserne har vist, at det navnlig er den luftbårne partikelforurening, som giver anledning til helbredseffekter, men luftforurenende gasser som ozon og kvælstofdioxid bidrager også til skaderne. Undersøgelserne har ydermere givet viden om den direkte kobling mellem koncentrationerne af de enkelte luftforureningskomponenter og omfanget af helbredsskader. Ved at bygge disse informationer ind i matematiske modeller kan vi bestemme omfanget af helbreds-

skader i hele befolkningen. På den måde har vi for eksempel beregnet, at antallet af for tidlige dødsfald som følge af luftforurening i Danmark i 2018 ligger på omkring 4.000 årligt.

Der kan gøres noget ved det

Det er helt entydigt, at omkring 4.000 for tidlige dødsfald per år er mange. Det er derfor oplagt, at det gælder om at reducere dette antal så meget som muligt, lige som det er vigtigt at få reduceret alle de andre former for helbredsskader knyttet til udsættelse for luftforurening. Heldigvis har de seneste årtier vist, at det kan lade sig gøre at reducere luftforureningen ganske betydeligt; selv om der allerede er sket meget store reduktioner. På grund af luftforureningens grænseoverskridende karakter kræver det ikke kun lokale og nationale initiativer, men også internationalt samarbejde at gøre noget effektivt ved luftforureningen. Både i regi af UNECE (United Nations Economic Commission for Europe) og EU har der på europæisk plan væ-

FN-bygningen Palais des Nations
i Genève 17. juni 2015.

Foto: Maina Kiai / flickr.com.



ret sat omfattende ressourcer ind på at mindske luftforureningen gennem de seneste årtier. Dette har sammen med nationale tiltag ført til en betydelig reduktion i luftforureningen, og noget nær en halvering af antallet af for tidlige dødsfald i Danmark; det sidste skal vi komme tilbage til senere i bogen. Det store fald i helbredseffekter ses ikke alene i antallet af for tidlige dødsfald, men også for alle de andre helbredseffekter knyttet til luftforurening. Med de tekniske muligheder, der er til rådighed i dag, er det muligt at reducere luftforureningen yderligere, og dermed er det også muligt at mindske helbredseffekterne yderligere; også dette vil vi komme tilbage til senere i bogen.

Opbygning af bogen

Vi har delt bogen ind i 6 kapitler, som tilsammen giver en indføring i de ovennævnte aspekter af luftforureningen. Kapitel 2 danner basis for en forståelse af resten af bogens beskrivelser af luftforureningsniveauer, hvilken betydning disse niveauer har, og hvordan de reguleres nu og i fremtiden. Kapitel 2 giver således en generel indføring i, hvordan luftforurening påvirker helbredet, og hvilken luftforurening der er mest helbredsskadelig. I kapitel 3 gives en beskrivelse af, hvor høje niveauerne af luftforurening er i Danmark, og samtidig sættes luftforureningen i Danmark i relation til de internationalt accepterede grænseværdier. Kapitlet forklarer endvidere, hvilke processer der har indflydelse på luftforureningens omfang. Kapitel 4 beskriver de væsentligste tiltag, der er gennemført for at reducere luftforureningen, og samtidig beskrives det, i hvilket omfang denne regulering har været succesfuld. Det store arbejde med at kvantificere helbredsskaderne af luftforureningen i Danmark beskrives i kapitel 5 sammen med resultater for, hvordan udviklingen i helbredsskaderne har været over de seneste årtier. Endelig gives der i kapitel 6 et forsigtigt bud på, hvordan det vil komme til at se ud i fremtiden. Kapitlerne er igennem hele bogen forsynet med en række temaer, som går yderligere i dybden med nogle af de emner, som er behandlet i det enkelte kapitel. Temaerne kan læses uafhængigt af den øvrige tekst, og de kan derfor springes over, uden at man derved mister den generelle indføring i emnet.

Luftforureningsepisode over København 20. juli 2018, hvor temperaturerne nåede 30°C i kraftigt solskin. Billedet er taget fra 15. etage på et højhus på Bispevangen i Ballerup.

Foto: Ole Hertel.

Cyklister i trafikken i Aarhus. Cyklister har den fordel, at de kan følge de mindre trafikerede veje og følge stier gennem parker m.m., og generelt er de derfor mindre udsat for forurening sammenlignet med bilisten eller bilpassageren. Det sidste er illustreret ved de to billeder, hvor cykelstier er ført uden om øvrig trafik.

Fotos: Ole Frederiksen / Ritzau Scanpix (øverst til højre). Brian Bjeldbak / Alamy (midtfor til venstre). Supercykelstien mellem Lisbjerg og Aarhus (midtfor til højre): Axel Schütt / Jysk Fynske Medier / Ritzau Scanpix. Serpentinersvinget (nederst til venstre): Joachim Ladefoged / Ritzau Scanpix. Torben Sigsgaard (nederst til højre).

