

BRÆNDERØG OG HELBRED

Fra kilde til krop

Solveig Czeskleba-Dupont

SPÆNDENDE SOM EN
KRIMINALROMAN
(Allan Astrup, Dansk Kemi)

CNAS

BRÆNDERØG OG HELBRED

Fra kilde til krop

Forord til e-bogs-udgaven

Bogens forfatter Solveig Czeskleba-Dupont kunne desværre ikke selv realisere planerne om en e-bog. Hun var dog klar over, at teksten herved er nemmere tilgængelig og dermed bidrager bedre til at gøre den møjsommeligt indsamlede viden til et fælles gode. Det var hendes åbenhed som skribent og en service for læserne, der nu kommer til sin fulde ret.

Bagest i bogen findes mindeord og en nekrolog. Sidstnævnte skrev jeg i ugerne efter Solveigs død den 31.12.2019 til hjemmesiden af Landsforeningen til Oplysning om Brænderøgsforurening (LOB) – den organisation, hun havde stået for til det sidste. Se også <https://www.braenderoeg.dk/news.php?id=122>.

LOB blev dannet i 2009, efter at det var lykkedes at få gennemført en første regulering af brændeovns-området i form af en ren administrativ bekendtgørelse, udstedt af Miljøministeriet/Miljøstyrelsen. Dermed var spørgsmålet sat på dagsordenen, men langt fra at blive løst. Lobbyister fra både ovnproducenternes og skorstensfejernes organisationer vinder let gehør for deres forsvar for ekspansionen i brug af brændeovne, som slog igennem omkring årtusindskiftet.

Til gengæld er røg-ofrene ladt i stikken af tilsynsmyndigheden, kommunerne, fordi disse selv er svigtet politisk og af det centrale embedsværk. Efter årtusindskiftet har systemet opgivet at samtænke miljø og sundhed. Dette var ellers et regeringsanliggende, indtil det såkaldte Svend-Auken-imperium blev torpederet. Foruden miljøforkæmpere måtte også kritiske læger beklage, at luftbårne sygdomme ikke vurderes tilstrækkeligt i sundhedssystemet.

Som led i sit virke i LOB var Solveig i kritisk dialog med både administratorer og forskere. Da disse er underlagt pligten til myndighedsbetjening, kunne hun med stumperne, og som fri forskningsformidler, sætte et puslespil af rapporter og indberetninger til internationale organisationer sammen for at fastholde det kritiske billede, der på denne måde tegner sig. Som geograf er det hendes ærinde, at pege på boligområdernes udformning og mikroklimatiske forhold som mellemlid mellem giftstofferne i røgen og de kropslige sygdomme, som de forvolder, jf. bogens tre hoveddele.

Bogen skal læses i denne ånd. Som miljøkemikeren Allan Astrup skrev i sin anmeldelse i fagbladet Dansk Kemi: “Debatbogen kræver ikke teknisk indsigt at læse, og den er samtidig ligeså spændende som en kriminalroman”.

God læselyst!

Rolf Czeskleba-Dupont

BRÆNDERØG OG HELBRED

Fra kilde til krop

Solveig Czeskleba-Dupont

CNAS

BRÆNDERØG OG HELBRED

– Fra kilde til krop

1. udgave, 1. oplag, 2018
ISBN 978-87-970253-0-7

2. forbedret og udvidet, elektronisk udgave 2020
ISBN 978-87-970253-1-4

© Forfatteren og CNAS

Forfatter: Solveig Czeskleba-Dupont
Korrektur: Lena Hemdorff og Rolf Czeskleba-Dupont
Grafisk bearbejdning af illustrationer: Kristian Isbrand
Omslag: Peter Schultz Jørgensen og Karina Møller Johansen
Layout: Karina Møller Johansen
Tryk: AKAPRINT a/s, Aarhus

Illustrationer:

Omslag: Jane Ditzel og Erik Kildegaard Rasmussen

Figur 37. COWI

Figur 49. Medicinsk illustration: Kari C. Toverud, MS, CMI (certificeret medicinsk
illustrator i fagligt samarbejde med Olav Sand)

Foto side 239: Lisbeth Holten

Øvrige illustrationer: Se figur- og tabeloversigt bagerst i bogen.

Alle rettigheder forbeholdes.

Ingen del af den trykte bog må gengives, lagres i et søgesystem eller transmitteres i nogen form eller med nogen midler grafisk, elektronisk, mekanisk, fotografisk, indspillet på plade eller bånd, overført til databanker eller på anden måde, uden forlagets skriftlige tilladelse.

Udgivet med støtte fra MCS Foreningen – Foreningen for Duft- og Kemikalie-
overfølsomme og LOB – Landsforeningen til Oplysning om Brænderøgsforurening.

Forlaget CNAS
Hyldebjerg 25,
4330, Hvalsø
info@cnas.dk

Indholdsfortegnelse

Forord til e-bogs-udgaven 2

Forord 7

Indledning 9

I Brændeovnsrøgens sammensætning 17

- A. Luftkvalitet i en landsby 19
- B. Dioxin i brændeovnsrøg – historien bag vores viden 28
- C. Tjærestoffer 42
- D. Andre forurenende stoffer i røgen 53
- E. Fra svævestøv til nanopartikler 64
- F. Tyve års erfaringer med brændeovnsrøg 72

II Fra kilde til krop 75

Indledning 77

- A. Møde om tjærestoffer på RUC 2007 78
- B. Brændeforbrug og partikelemissioner 85
- C. Luftkvalitet, eksponering og helbredseffekter 98
- D. Lokale røgfælder 108
- E. Boligmiljøundersøgelser 114
- F. Måling af røggener 120
- G. Mangelfuld viden og regulering 125

III Helbredseffekter fra brændeovnsrøg 127

- A. Cases om røggenerede 129
- B. Sundhedsskadelig eksponering 134
- C. Udvælgelse af sundhedsskadelige stoffer 147
- D. Tungmetaller, især cadmium 148
- E. Benzen – et flygtigt, organisk stof 153
- F. Tjærestoffer 157
- G. Dioxin 164

- H. Partikler 171
- I. Kombinationseffekter fra brænderøg 176

Opsamling og anbefalinger 185

BILAG 191

- Nøglebegreber 192
- Ordforklaringer 193
- Forkortelser 202
- Kemiske betegnelser 204
- Måleenheder 205
- Litteraturoversigt 207
- Figur- og tabeloversigt 225
- Udvidet indholdsfortegnelse 230
- To nekrologer 236-238
- Solveig Czeskleba-Dupont 239

Forord

Luftforurening er et stort sundheds- og miljøproblem mange steder i verden. I Danmark er små træfyrianslæg den største kilde til luftens indhold af partikler og en lang række sundhedsskadelige stoffer. De samfundsmæssige omkostninger på grund af miljø- og helbredsmæssige konsekvenser ved brug af sådanne anlæg er store, og myndighedernes reguleringer har hidtil ikke været tilstrækkelige.

Ude blandt folk i almindelighed er uvidenheden om brænderøgens sundhedsskader stor. Mange børneinstitutioner benytter således ofte bål på legepladsen som aktivitet i 'frisk luft', og boligejere har fået installeret brændeovne og pillefyr i den tro, at det er miljøvenlig opvarmning.

Såvel medlemmer fra MCS Foreningen – Foreningen for Duft- og Kemikalieoverfølsomme som fra LOB – Landsforeningen til Oplysning om Brænderøgsforurening har gennem en lang årrække gjort myndighederne opmærksomme på de omfattende røggener i boligkvarterer, men desværre uden gennemslagskraft.

MCS Foreningen blev stiftet tilbage i februar 1994.

Foreningens hovedformål er:

- at udbrede viden om og kendskab til duft- og kemikalieoverfølsomhed (MCS),
- at give råd og vejledning til duft- og kemikalieoverfølsomme og deres pårørende,
- at følge med i den forskning, der finder sted på området, nationalt såvel som internationalt.

Læs mere på mcsforeningen.dk

LOB blev stiftet i 2009 og arbejder for

- at fremme kendskabet til brænderøgens skadelige virkninger for at få fjernet røggener fra boligområder,
- at opbygge et vidensarkiv,
- at bistå medlemmer i deres klagesager over røggener.

Læs mere på brænderøg.dk

Efter flere år som formand for LOB besluttede jeg at skrive en oplysende bog om brænderøg, miljø og sundhed. Indholdet i bogen er indsamlet fra videnskabelige rapporter, såvel danske som udenlandske og er her forsøgt præsenteret så klart som muligt ved hjælp af mange figurer. Det første kapitel drejer sig om brændeovnsrøgens sammensætning, derefter følger et kapitel om brændeovnenes rumlige udbredelse i Danmark og dermed eksponeringens udvikling siden 2000. Bogens tredje kapitel har samlet viden om helbredseffekter fra brænderøg. Bogen slutter med en appel til myndighederne om at tage brænderøgsproblematikken alvorlig og trække de nødvendige konsekvenser heraf.

Tak til de mange mennesker, som gennem årene har støttet oplysningsarbejdet om brænderøg. Tak til bestyrelser og andre medlemmer i LOB og MCS for inspirerende samarbejde gennem tiden og for at have delt deres bekymringer over brænderøgsforurening med mig. – En speciel tak til MCS Foreningen for økonomisk støtte til bogens udgivelse.

Jeg vil også takke Ib Andresen, Allan Astrup Jensen, Lene Ingemann Jørgensen, Peter Schultz Jørgensen, Ib Larsen, Birgit Lohmann, Kamma Skov for konstruktive kommentarer til bogens tekst, Lene Hemdorff for hendes uundværlige korrekturlæsning og Karina Møller Johansen for grundig hjælp til bogens layout. De fejl og mangler, bogen rummer, må jeg selv tage ansvar for.

Vores sønner skal have tak for deres tålmodighed over for mit miljøarbejde.

Til sidst vil jeg udtrykke min taknemmelighed og kærlighed til Rolf, der har fulgt mit arbejde både ved min geografiundervisning i gymnasiet og i kampen mod misinformation i forhold til brændeovnsfyring i de senere år. Din omsorg over for mig, de inspirerende samtaler, som vi har haft og din tilgang til tilværelsen har været helt afgørende for mig og for bogens udformning.

Solveig Czeskleba-Dupont
Januar 2018, Hvalsø

Indledning

En dag i september år 2000 mærkede vi brænderøg ude i vores have. Det havde vi ikke oplevet før. Overraskede kunne vi se, at røgen kom fra en ny, lavtsiddende skorsten på et naborækkehus, og at afkastet kun nåede op til vores vinduer på 1. sal. Ved en opringning til den lokale skorstensfejermeister fik vi at vide, at der ikke var noget at beklage sig over, da skorstenen overholdt reglerne.

På den måde begyndte en langvarig konflikt med naboer, skorstensfejer og kommune om skorstenshøjder i vort boligkvarter. Heldigvis var vi ikke alene. Tre andre familier i bebyggelsen var også generet af røgen fra lavtsiddende skorstene, og efter et par år gik grundejerforeningen ind i sagen og støttede vores klage til Hvalsø Kommune.

Forinden havde Embedslægeinstitutionen i Roskilde skrevet til kommunen om vores sag og påpeget farerne for kræft pga. tjærestofindhold i brænderøg. Embedslægerne anbefalede, at "luftforureningen med røg fra de lave skorstene blev bragt til ophør eller kontrolleret, således at den ikke gav anledning til sundhedsmæssige gener, belastninger eller skader."

Endelig i maj 2003 blev de lave skorstene flyttet og ført op over tagryg som følge af et påbud fra kommunen. Den gang oplevede vi dette som en acceptabel løsning for rækkehusbebyggelsen

Hyldebjerg, men normaliseringen har vist sig ikke at være optimal for beboerne. Luften er stadigvæk røgfylt i stille vejr.

Kontakter til andre brænderøgsinteresserede

I oktober 2003 sendte en gruppe mennesker en mail om brænderøgs gener til forskellige myndigheder og institutioner. Overskriften var *Sundhedsskadelig røg fra brændeovne, et upåagtet problem*, og de underskrev sig *Interessegruppen for kemi og sundhed*. I skrivelsen fortalte de om, hvorfor brændeovnsrøg er sundhedsskadelig, hvordan lovgivningen på området er utilstrækkelig, og hvordan Miljøstyrelsen og kommunerne hidtil havde afvist klager over forurening fra træfyring. Formålet med mailen var at orientere bredt om problemerne i håb om, at modtagerne ville benytte deres egne muligheder for at gøre noget ved sagen. Gruppen havde hentet inspi-

ration fra US-amerikanske hjemmesider og fik også hurtigt opbygget deres egen hjemmeside, som har været inspirerende læsning for os.¹

I løbet af 2004 fik vi et samarbejde op at stå med flere af interessegruppens medlemmer. Sammen deltog vi i offentlige møder om luftforurening i København, både hos Ingeniørforeningen og i Eigtveds Pakhus, hvor Miljøstyrelsens store møde om luftforurening blev afholdt i september 2005. Begge steder var hovedemnet brænderøgsmålingerne i Gundsømagle.²

Vi blev efterhånden klar over, at en offentlig regulering af brændeovnsområdet var vigtig på baggrund af det stærkt stigende antal brændeovne rundt om i landet og den meget store import af billigt brændsel, som Danmarks Statistik dokumenterede. Men en foreslået svanemærkning ville langt fra være tilstrækkelig til at styre dette eksploderende område. Derfor pegede vi i medier og over for myndigheder på følgende reguleringer inspireret af en amerikansk hjemmeside.

- Myndighederne skal oplyse tydeligt om de sundhedsskadelige effekter ved brændeovnsrøg.
- Reklamer for brændeovne skal forbydes, ligesom tobaksreklamer er blevet forbudt.
- Myndighederne skal kunne forbyde brugen af brændeovne i åben og tæt-lav bebyggelse, hvor lokale forhold tilsiger det.
- Brænde skal pålægges CO₂-afgifter, da det er en myte, at forbrænding af træ er CO₂- neutralt.
- Myndighederne skal fremme brugen af mere energieffektive og miljøvenlige opvarmningsmetoder som fjernvarme, naturgasfyr, sol, vind og varmepumpe vha. afgifter og tilskud samt gennem en skærpet varmeplanlægning.

Kampen mod brænderøgsforurening viste sig at blive et langvarigt projekt. I 2005 kontaktede vi Foreningen for Miljø og Folkesundhed, og sammen tog vi initiativ til det første kritiske møde i Hovedstadsregionen om forurening fra brændeovne. Mødet blev holdt på Panum Institutet i januar 2006 og fik stor opmærksomhed.

1. www.kemisund.dk

2. Se mere i bogens del I.

Som repræsentant for forskellige NGO'er blev jeg i foråret 2007 inviteret til at holde et oplæg for Folketingets Miljø- og Planlægningsudvalg på Christiansborg. Anledningen var en eksperthøring om samspillet mellem brænderøgsforurening og folkesundhed. De øvrige oplægsholdere var professorerne Torben Sigsgaard, Aarhus Universitet, Steffen Loft, Københavns Universitet, og Kim Dam-Johansen, Danmarks Tekniske Universitet; desuden Marianne Glasius, forsker ved Danmarks Miljøundersøgelser, Peter Jessen Hansen, direktør for Morsø Jernstøberi A/S, og Theodor Kristensen, Skorstensfejlerlaugets oldemand. På dette tidspunkt var arbejdet med at udforme den første bekendtgørelse for brændeovnsområdet i fuld gang i Miljøstyrelsen. – På ekspertmødet foreslog jeg forskellige løsninger til at reducere generne fra røgforureningen, og mit forslag om regulering i særligt belastede boligområder faldt i god jord hos Miljøstyrelsens deltager i mødet.³

Også Astma-Allergi Forbundet støttede tidligt vort oplysningsarbejde om brændeovnsrøg og var medarrangør af et offentligt møde om tjærestoffer på RUC i efteråret 2007.⁴ På dette møde blev det klart for os, at Miljøstyrelsen siden foråret havde ændret holdning til, hvilken vej myndighederne skulle følge i forhold til regulering af emissioner fra brændeovne. Det kom til at præge det endelige arbejde med brændeovnsbekendtgørelsen. Blandt andet blev der ikke udstedt en vejledning til kommunerne om, hvordan arbejdet ved klager fra borgere over ubehagelig røglugt og røgnedslag skulle foregå. For os så det ud til, at det var vigtigere for Ministeriet at beskytte selve teknologien end at beskytte mennesker imod røggener.

Landsforeningen til Oplysning om Brænderøgsforurening

Ofte har vi oplevet, at det er vanskeligt at komme igennem med vores viden og erfaringer til pressen og til myndigheder. Kommunerne, som var og stadig er tilsynsmyndighed ved luftforurening, har mange gange været nølende over for røgklager, og ejere af de små træfyringsanlæg benægter gerne, at der kan være problemer. – Naboer i nyere huse med mekanisk ventilation, varmepumpe og/eller varmegenvinding oplever gang på gang,

3. Czeskleba-Dupont, S. (2007)

4. Se indledningen til del II

at naboens generende brænderøg bliver trukket ind i boligen. Det sker, fordi brændeovne og ventilationsanlæg konkurrerer om luftens ilt. Her savner vi en bedre statslig regulering.

Familier, som står over for denne type nabokonflikter, føler sig hjælpeløse. Derfor opstod der behov for at organisere sig i en forening, og i 2009 blev Landsforeningen til Oplysning om Brænderøgsforurening (LOB) dannet. Bestyrelsen fik hurtigt en hjemmeside op at stå med hjælp fra en IT-kyndig søn til en af foreningens medlemmer, og på den måde kom vi i forbindelse med mennesker fra hele landet, som har været eller er besværet af luftforurening ved og i deres bolig. Hjemmesiden har vi benyttet til at præsentere en omfattende viden om luftforurening, helbredseffekter og om dansk og international lovgivning på området.⁵

I 2011 blev et af LOB's medlemmer involveret i en retssag om alvorlige røggener i Guldborgsund Kommune. Røgen kom fra et stort brændefyr, som opvarmede seks lejligheder midt i et boligområde. Røgen bredte sig hyppigt til naboejendommene, og efter mange klager med billeddokumentation til kommunen fik ejerne af brændefyret et påbud om at forhøje skorstenen, sådan at der kunne opnås fri fortynding af røgen. Ejerne valgte at overhøre påbuddet, hvorefter kommunen anmeldte sagen til politiet. Det blev til en straffesag i Byretten, som ejerne tabte. Imidlertid ankede de sagen til Landsretten, men tabte også her. Til grund for landsretsdommen lå

“at der i ikke ubetydeligt omfang forekom og stadig forekommer røgnedslag i gaden samt ved de omkringliggende beboelsesejendomme ved visse sædvanlige vindforhold. – På denne baggrund finder landsretten det godtgjort, at fyringsanlægget på de tiltaltes ejendom var og fortsat er årsag til væsentlig forurening i den betydning, hvor dette udtryk anvendes i § 42 i miljøbeskyttelsesloven.”⁶

Sagen er blevet beskrevet i Politikken den 27. september 2012 under overskriften *Skorstensrøg på Falster får følger for hele landet*.

Desværre fik Guldborgsundsagen ikke den betydning, som vi havde håbet på. – Det undrede og frustrerede os, indtil vi fandt forklaringen i Jesper Tynells bog *Mørkelygten*, der beskriver, hvordan Centraladministrationen

5. www.brænderøg.dk

6. Østre Landsret (2012): s. 7

markedsfører regeringens politik ved at tilskære tal, jura og fakta efter for-godtbefindende. Tynell refererer en embedsmands udtalelse således:

“Kunsten består ofte i at give offentligheden et bestemt fortegnet indtryk af virkeligheden, uden at ministeren eller ministeriet af den grund kan fanges i at tale direkte usandt eller i at foretage sig noget klart ulovligt.”⁷

På grund af offentlighedens manglende viden om helbredseffekter fra brænderøg og de kommunale myndigheders afvisende holdning ved klagesager har LOB's og MCS Foreningens bestyrelser oplevet et stigende behov for i bogform at præsentere den viden om brænderøg og helbredseffekter, som vi har indsamlet.

Bogens opbygning

Overordnet består bogen af tre dele. Første del bliver indledt med et afsnit om målinger af brændeovnsrøg og luftforurening i landsbyen Gundsømagle fra 2002 til 2005. På grund af disse undersøgelser fik offentligheden den første antydning af, at der kunne komme alvorlige gener fra brændeovne. Derefter følger afsnit om emissioner fra danske kilder af dioxin, tjærestoffer, røgparkler og andre forurenende stoffer fra de små træfyrianslæg.

Anden del følger brænderøgen *Fra kilde til krop*. Her og i del III har vi anvendt Arne Scheel Thomsens model af ekspositionsveje for luftforurening.⁸ – Vejen fra brændeovne og pillefyr til mennesker og miljø er kort, men kompliceret. Den omfatter alle trin fra ‘skorstensudledning’ over transport i luften til påvirkning af organismene samt deraf følgende sygdomme og gener.

Ved kritisk bearbejdning af kildematerialet til anden del opdagede vi, hvor store vanskeligheder Energistyrelsen har haft med at opgøre brænde-forbruget i Danmark. Dette har også smittet af på andre dele af Centralad-ministrationen. Vi klarlægger disse problemers betydning for vurdering af forureningens omfang fra små træfyrianslæg, især for omfanget af fine partikler og dioxiner. Vi må konstatere, at de centrale myndigheders ud-sagn om brændeovnenes mindre emissioner siden 2007 er misvisende.

7. Tynell, Jesper (2014), s. 15

8. Thomsen, Arne Scheel (1987)

LOB's erfaringer med røggener bliver uddybet ved hjælp af eksempler på lokale røgfælder, omtale af resultater fra landsdækkende boligmiljøundersøgelser og endelig ved eksempler på LOB's indikative partikelmålinger i boligkvarterer. De udendørs partikelmålinger nær boliger har påvist vanskelighederne ved at gennemføre et effektivt kommunalt tilsyn, da emissioner fra brændeovne o.l. er kaotiske processer og varierer hele tiden. Den væsentlige forurening fra et brændefyr i Guldborgsund Kommune, som vi omtalte ovenfor, blev kun fyldigt dokumenteret pga. klagernes mange fotos og den kommunale sagsbehandlers hyppige tilsyn. Generelt konkluderer vi, at regulering af forurening fra små træfyrringsanlæg har været hæmmet af lovgivningens og offentlighedens syn på den private sfære: "Man har ret til at fyre i sin brændeovn, selv hvis det generer naboerne."

I tredje del beskriver vi de seneste års forskningsresultater om menneskekroppens eksponering for brænderøgens skadestoffer og sundhedseffekterne herfra. Fra Sundhedsstyrelsens og Miljøstyrelsens side har udmeldinger om helbredseffekter oftest været meget kortfattede, og når dette er blevet påpeget, har svaret været, at "vi vil ikke skræmme folk". Kun inden for Sundhedsstyrelsens Rådgivende Videnskabelige Udvalg for Miljø og Sundhed findes der nu referater, som indeholder kritiske resultater, der bekræfter påstandene i denne bog om dioxin som hormonsforstyrrende stof, om eksponering for brænderøg og om mulige afhjælpende foranstaltninger⁹. Torben Sigsgaard, professor på Institut for Folkesundhed, Aarhus Universitet, tilsluttede sig dette og udtalte i 2016: "Den tilgængelige viden peger på, at vi burde lade være med at fyre i brændeovne, specielt i de tætbefolkede områder. Det er en gammeldags opvarmingskilde, der påvirker vores helbred og bidrager til klimaforandringer – det burde vi undgå."¹⁰ Ud over en bred introduktion til emnet har vi koncentreret os om effekter fra stoffer som cadmium, benzen, tjærestoffer, dioxin, nanopartikler og fra kombinationer af stoffer. Dette er suppleret med beskrivelser fra LOB's og MCS Foreningens medlemmer af deres ubehag og gener i mødet med brænderøg.

I arbejdet med *BRÆNDERØG OG HELBRED* har vi savnet en egentlig teknologivurdering af træfyrringsanlæg ud fra forsigtighedsprincippet, sådan som det var almindeligt inden for miljøområdet i 1990'erne. Men vi

9. Sundhedsstyrelsen (2017): s. 26, 68 og 69

10. Bøllius (2016): s. 39

håber på, at en ændring er på vej med de nye projekter, som Miljøstyrelsen har sat i gang, og som kort bliver omtalt i bogens sidste afsnit.

Læsevejledning

For at gøre bogens tekst lettere tilgængelig er den illustreret af mange diagrammer, tabeller og fotos. Bagest i bogen er der indføjet et bilag med ordforklaringer, forkortelser, kemiske udtryk og måleenheder. Til sidst er der oversigter over anvendt litteratur, figurer og tabeller og en udvidet indholdsfortegnelse, som kan hjælpe læseren til at få overblik over bogens mange forskellige emner.

De tre hovedafsnit kan læses uafhængigt af hinanden.

DEL I

Brændeovnsrøgens sammensætning

- A. Luftkvalitet i en landsby 19
- B. Dioxin i brændeovnsrøg – historien bag vores viden 28
- C. Tjærestoffer 42
- D. Andre forurenende stoffer i røgen 53
- E. Fra svævestøv til nanopartikler 64
- F. Tyve års erfaringer med brændeovnsrøg 72



Foto: Erik Kildegaard Rasmussen

A. Luftkvalitet i en landsby

Indledning	19
Skorstensmålinger	20
Målinger af luftkvalitet	23
Partikelmålinger i Gundsømagle og ved H.C. Andersens Boulevard	25
Konklusioner om luftkvalitet i Gundsømagle	26
Pressens reaktion	27

Indledning

Med den socialdemokratisk ledede regering i 1990'erne og Svend Auken som miljøminister kom miljøet for alvor på dagsordenen her i Danmark. Det gjaldt også problemer med luftkvalitet. Forskere kunne påvise sundhedsskadelige stoffer i byluften såsom tjærestoffer og benzen, og der blev produceret forskningsbaserede rapporter om emnet. Opmærksomheden rettede sig efterhånden mod kilderne til luftforureningen. Man var klar over, at hvis forureningen blev udsendt i lav højde, var mulighederne for spredning mindre, end hvis den blev udsendt fra en høj fabrikskorsten. Derfor kom både trafik og villafyr i fokus.

Omkring år 2000 begyndte brændeovne at blive mere synlige i landets boligområder, og lugtgener fra brændeovne i boligkvarterer blev emne for en landsdækkende bolig- og miljøundersøgelse.¹¹ Antallet af små træfyrringsanlæg hos private steg med de højere oliepriser, og der blev fyret langt mere i dem end tidligere. Samtidigt påviste en forskergruppe ved DK-Teknik (privat, teknologisk konsulentvirksomhed) markante dioxinudslip i laboratoriet fra fyring med træ. – Kunne dioxin også være et voksende problem ved brændeovnsfyring og ikke kun ved større affaldsforbrændingsanlæg, som kom i søgelyset i 1980'erne?

Mistanken om dioxin var stærkt foruroligende, fordi dioxin er blandt de giftigste stoffer, der kendes. Det bliver ikke fremstillet kommercielt, men dannes utilsigtet ved forbrændingsprocesser. Træstof kan danne grundlag for denne proces, og derfor kan dioxin findes i røggas og blive udsendt til

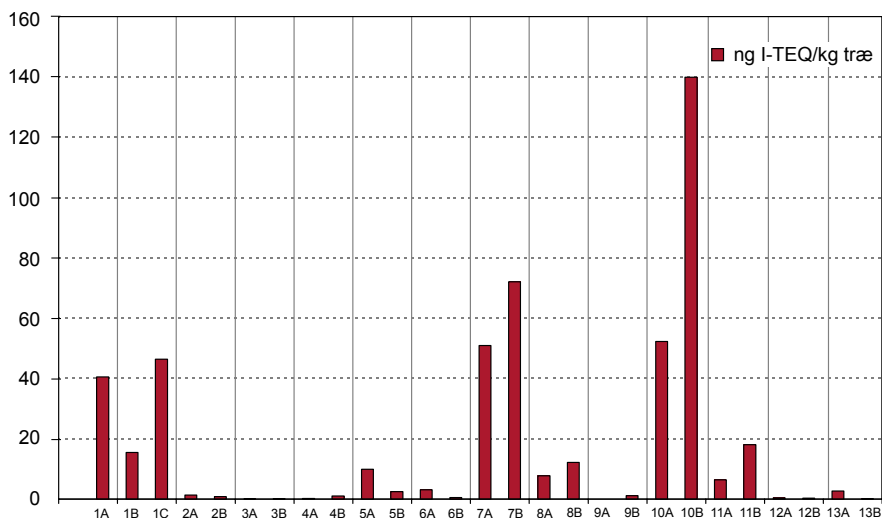
11. Lis Keiding (2003)

atmosfæren. Dioxin kommer ind i fødekæderne via atmosfærisk nedfald over land- eller havområder, nedbrydes meget langsomt og er uopløselig i vand. Men det kan opløses i organismernes fedtstoffer. Derfor bliver dioxin opkoncentreret i fødekæderne, og det findes således i modermælk. Dioxin er et af de stoffer, som det internationale samfund kraftigst opfordrer til at undgå dannelsen af.

For at få spørgsmålet om dioxin i boligområder undersøgt afsatte Miljøstyrelsen økonomiske midler til en omfattende undersøgelse af luftkvaliteten i et brændeovnskvarter nær Roskilde, nærmere bestemt Gundsømagle. Undersøgelserne blev gennemført i perioden 2002-2005 af Danmarks Miljøundersøgelser (DMU) sammen med Force Technology (tidl. DK-Teknik). Dataindsamlingen foregik dels ved målinger på skorstene i et rækkehuskvarter og dels ved luftmålinger vha. målestation placeret i kvarteret.

Skorstensmålinger

Skorstensmålingerne i Gundsømagle foregik både i vinteren 2003-2004 og i januar-marts 2005. Ejerne af brændeovnene var blevet instrueret i at fyre korrekt og med tørt, rent træ for at minimere forureningen fra fyringen. Nogle af resultaterne fra 2005 er vist nedenfor i tre søjlediagrammer.



Figur 1. Dioxinmålinger på skorstene i Gundsømagle 2005.

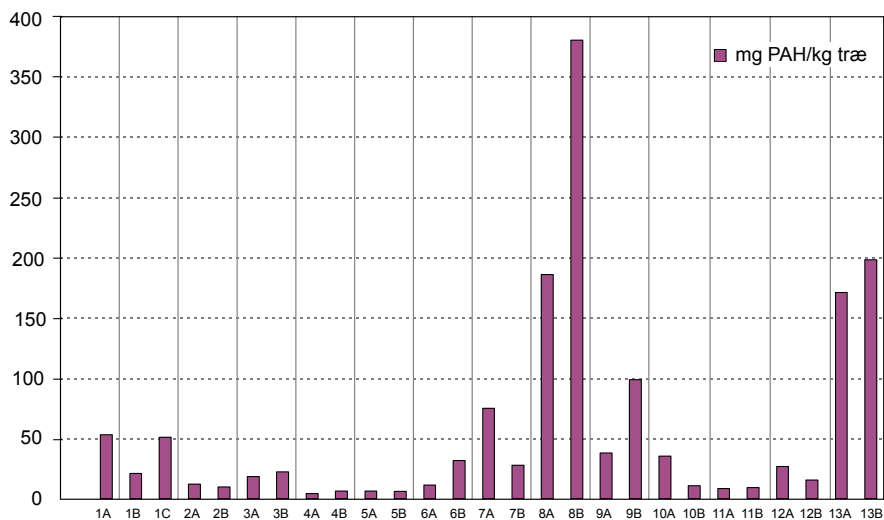
Kilde: Glasius et al. (2007), s. 15.

Ud ad den vandrette akse er skorstenene oplistet. 1a, 1b og 1c henviser til, at der blev foretaget tre adskilte målinger på skorsten 1. For de øvrige skorstene var der kun tale om to målinger.

Dioxin blev blandt andet målt i røggassen i ng I-TEQ pr. kg træ. I-TEQ betyder internationale toksiske dioxinækvivalenter til opsummering af forskellige dioxiner. Ud fra diagrammet kan vi se, at dioxin var en del af røgen i de fleste af de 27 skorstensprøver. Men mængderne var meget forskellige fra prøve til prøve. Størst var udslippene af dioxin fra skorstenene nr. 1, 7 og 10.

Efter skorstensmålingerne blev dioxinudslippene sat i forhold til røgluften målt i m^3 . Gennemsnittet af koncentrationerne var 2,86 ng I-TEQ pr. m^3 røgluft. Ved sammenligning med emissionsgrænselværdien for dioxin fra affaldsforbrændingsanlæg og industrianlæg, som er på 0,1 ng pr. m^3 røgluft, kunne man se, at skorstenene medførte et udslip, der var 28 gange større end grænselværdien for langt højere skorstene.

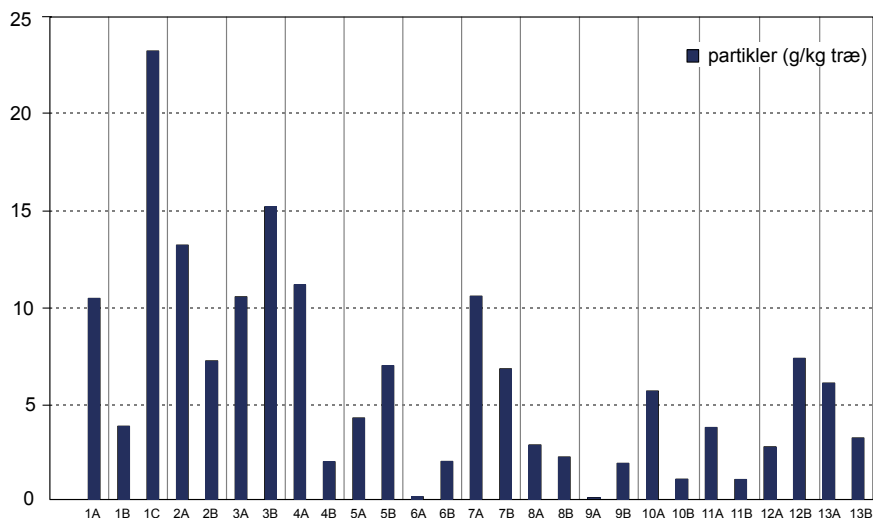
Tjærestoffer består ligesom dioxiner af en række forskellige kemiske forbindelser. De anses for at være kræftfremkaldende eller virke fremmede for den kræftfremkaldende proces. Deres giftighed udtrykkes ved hjælp af benzo(a)pyren-ækvivalenter, som er defineret i Miljøstyrelsens luftvejledning fra 2001. Måleenheden, der blev benyttet i denne undersøgelse, er



Figur 2. Målinger af PAH (tjærestoffer) på skorstene i Gundsømagle 2005.

Kilde: Glasius et al. (2007), s. 15.

i mg PAH pr. kg træ. Alle skorstene udsendte tjærestoffer, men udslippene var af forskelligt omfang. Skorstenene nr. 8 og 13 udsendte mest PAH. Det vil sige, at det er helt andre skorstene end i tilfældet ovenfor med dioxin.



Figur 3. Partikelmålinger på skorstene i Gundsømagle 2005.

Kilde: Glasius et al. (2007), s. 15.

Projektrapporten understreger, at partikelmålingerne var behæftet med en del fejl. Måling af partikelemissioner var baseret på vejning. Der kan ske et lille tab af partikler under selve opsamlingen. Størrelsen af dette tab kunne ikke bedømmes. Der er derfor knyttet usikkerhed til bestemmelse af partikelemissionen, og de anførte målinger skal betragtes som minimumsværdier. Ud fra projektrapporten¹² blev partikelmassen målt på partikler med en diameterstørrelse på op til 2,5µm (=PM_{2,5}). Målingerne 1C, 2A, 3B, 4A og 7A viste de største partikeludslip – igen andre skorstene end i tilfældet med dioxin og tjærestoffer.

Man kan konkludere, at alle fyringer frembragte luftforurening. Nogle anlæg forurenedes mest med partikelmasse, andre med dioxin og andre igen med tjærestoffer. Og det var ikke kun nogle ganske få ovne, der forurenedes i koldt, stille vejr, sådan som Miljøstyrelsen og Pressen mente. Selv anvendelse af rent, tørt træ og korrekt fyring i brændeovne forhindrer altså ikke

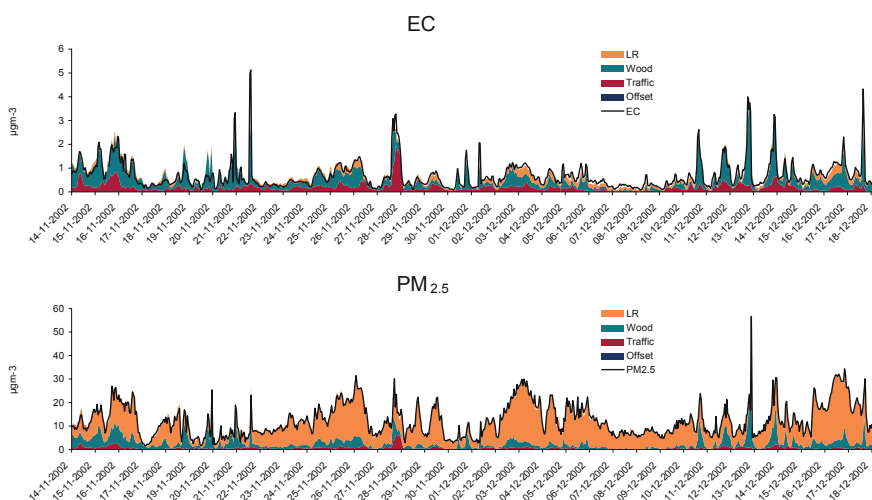
12. Glasius et al. (2007)

de meget sundhedsfarlige røgudslip. Tværtimod oversteg gennemsnitsværdierne af dioxinudslip fra villaskorstenene mange gange grænseværdien i Luftvejledningen 2001 for industrielle anlæg med høj skorsten.

Målinger af luftkvalitet

Målinger af kulstof og partikler ved målestation

I forbindelse med det omfattende måleprojekt i Gundsømagle målte man luftkvaliteten i rækkehuskvarteret ved hjælp af måleudstyr på en mobil målestation opstillet til dette formål.



Figur 4. Beregning af kildebidrag til målte værdier af kulstof (elementært kulstof, EC) og PM_{2,5} i Gundsømagle. De tre kilder er langtransport (LR), træfyring (wood) og trafik.

Kilde: Miljøstyrelsen (2005), s. 51.

Den øverste figur viser, at de to største kilder til elementært kulstof (EC) i atmosfæren var lokal afbrænding af træ (wood (grøn)) og trafik (rød), mens langtransporteret kulstof (gul) kun spillede en ringe rolle. På den nederste figur kan man se, at PM_{2,5} (fine partikler) overvejende kommer langvejs fra.

De to kurvediagrammer viser også, at indholdet i luften både af elementært kulstof og af PM_{2,5} varierede stærkt i løbet af den undersøgte måneds tid fra 14.11. til 18.12.2002. Men luftens indhold af elementært kulstof lå hele tiden på et niveau under 5µg/m³. Indholdet af fine partikler lå derimod

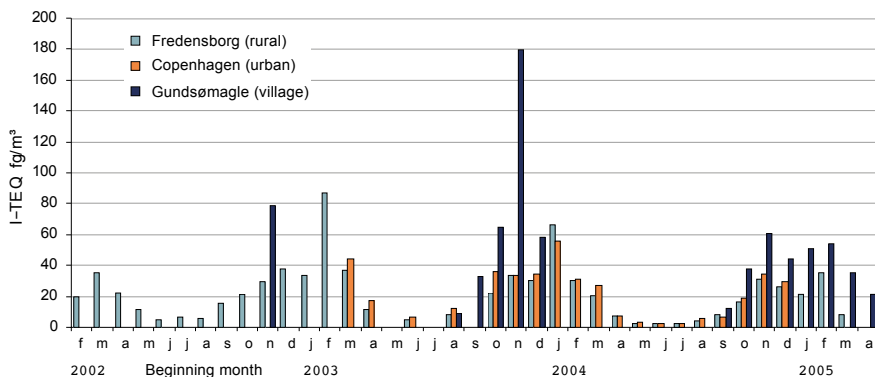
højere, nemlig mellem 5 og 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, bortset fra en enkelt, særlig høj værdi den 13.12.2002 på knap $60\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Elementært kulstof (EC) kan karakteriseres som aktivt kul, der har adsorberet toksiske stoffer dannet i brændeovnene.

Målingerne afslørede, at i et brændeovnskvarter kommer kulstoffet i luftens sodindhold fra lokale kilder og overvejende fra træfyringen. Elementært kulstof bidrager til skadelige effekter på menneskers helbred, og koncentrationen i luften bør derfor formindskes væsentligt gennem regulering.

Dioxinkoncentrationer ved tre målestationer

Koncentrationen af dioxin i luften blev målt tre forskellige steder i Nordsjælland i perioden 2002 til 2004, nemlig i en skov (Fredensborg), i København (Botanisk Have) samt i en landsby (Gundsømagle) på en lokalitet tæt på den ovenfor nævnte mobile målestation. I nedenstående diagram er resultatet af disse målinger vist som månedsgennemsnit. Koncentrationerne af dioxin (PCDD/F) i luften ved Fredensborg (rural forest), København (urban) og Gundsømagle (village) er vist på samme tidsakse. På figuren er Gundsømagletallene mørkeblå.



Figur 5. Dioxinkoncentrationer i Fredensborg, København og Gundsømagle. Måleenhed: fg/m^3 I-TEQ (fg=femtogram). Kilde: Vikelsøe, J. m.fl. (2006), s. 37.

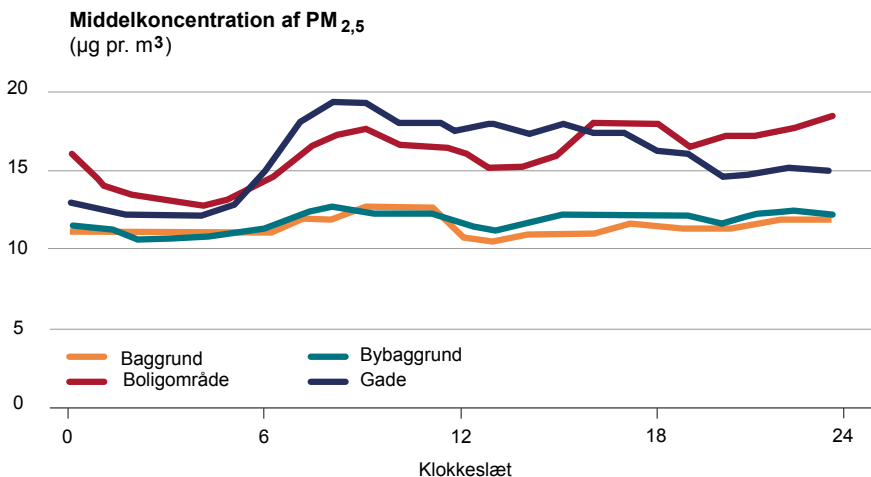
Resultater af luftmålingerne viste en tydelig årstidsvariation med maksimum om vinteren og en relativ lille variation fra år til år. Dioxinkoncentrationerne i Nordsjælland og København var sammenlignelige, hvilket kan tyde på, at fjerntransporteret dioxin udgør et betydeligt bidrag til

PCDD/F i luften på de pågældende lokaliteter. I landsbyen blev der hovedsagligt målt i fyringssæsonen.

Målingerne i Gundsømagle viste en markant højere gennemsnitsværdi i vintermånederne end samtidige målinger i Fredensborgskoven og i Botanisk Have. Det kan kun forklares med lokalsamfundets mange brændeovne. Ved forbrænding af træ i brændeovne opstår der bl.a. dioxiner bundet til sodpartikler eller på dampform, som bliver udsendt med røgluften til atmosfæren.¹³

Partikelmålinger i Gundsømagle og ved H.C. Andersens Boulevard

Ved den midlertidige målestation i Gundsømagle målte man også partikelkoncentrationen i luften. Samtidig blev luftkvaliteten målt ved tre andre målestationer, nemlig to steder i København – ved den stærkt trafikerede H.C. Andersens Boulevard og på taget af H.C. Ørsted Institutet (bybaggrund) – og i Lille Valby i nærheden af Roskilde (baggrund).



Figur 6. Middelkoncentrationer af PM_{2,5} målt som masse på en almindelig arbejdsdag. Gennemsnit over 7 uger.

Kilde: Palmgren (red.) (2009), s. 55.

13. Vikelsøe J. m.fl. (2006), s. 38

I kurvedigrammet ovenfor viser den røde kurve luftkvaliteten i Gundsø-magle (boligområde), og den mørkegrå kurve (gade) viser forholdene ved H.C. Andersens Boulevard. Måleværdierne fremkom ved daglige målinger over en 7-ugers periode. Derefter har forskerne fra DMU beregnet gennemsnittet time for time for de 7 uger og vist resultaterne i et døgndiagram som ovenfor.

Om aftenen var luftforureningen med fine partikler i Gundsømagle på samme høje niveau som forureningen i myldretiden ved H.C. Andersens Boulevard i København. Luftkvalitet varierer over døgnet, men den kan altså være lige så dårlig om aftenen i et brændeovnskvarter som ved en stærkt trafikeret gade i myldretiden.

Konklusioner om luftkvalitet i Gundsømagle

Målingerne i Gundsømagle, der bestod af prøvefyringer i 13 fyringsanlæg og luftmålinger i Gundsømagle, København og Nordsjælland, viste kort fortalt:

- a) Selv rent, tørt træ og korrekt fyring i brændeovne afgiver sundhedsfarlige røgudslip.
- b) ALLE fyringer fra de 13 fyringsanlæg forurenedes luften. Nogle anlæg forurenedes mest med partikler, andre med dioxin og andre igen med tjærestoffer. – Det var ikke kun nogle ganske få ovne, der forurenedes i koldt, stille vejr, som det er blevet påstået af myndigheder og lobbyister!
- c) Gennemsnitsværdierne af dioxinudslip fra villaskorstenene oversteg grænseværdien i Luftvejledningen 2001 for industrielle anlæg med høj skorsten.
- d) Pga. brændeovne viste dioxinmålingerne i Gundsømagle dobbelt så høje dioxinværdier som målingerne i Nordsjælland og København.
- e) I vintermånederne var afbrænding af træ den største kilde til de sundhedsskadelige kulstofpartikler (elementært kulstof) i luften. Det var ikke langtransporterede kulstofpartikler.
- f) Middelkoncentrationen af $PM_{2,5}$ i Gundsømagle var om aftenen på samme høje niveau som forureningen i morgentimernes myldretid ved H.C. Andersens Boulevard i København.

Pressens reaktion

Den 27. april 2004 skrev *Politiken* med store bogstaver:

“Brændeovne forurener villakvarterer. En kold og vindstille aften i Gundsømagle er luften lige så forurennet som en københavnsk boulevard. Årsagen er partikler og tjærestoffer fra brændeovne.”

Og avisen uddybede overskriften:

“I et villakvarter med mange brændeovne kan forureningen være så alvorlig som på en trafikeret gade i det centrale København. Det viser de foreløbige resultater af en ny undersøgelse, som Danmarks Miljøundersøgelser, DMU, har foretaget. Gennem en længere periode har DMU målt koncentrationen af fine partikler i et boligområde med mange brændeovne i Gundsømagle nordøst for Roskilde. Målingerne viser, at koncentrationen af fine partikler på aftener med koldt og vindstille vejr kan være lige så høj som eller højere end på H.C. Andersens Boulevard i København i myldretiden. Partiklerne er sod med et højt indhold af blandt andet PAH-forbindelser (polycykliske aromatiske kulbrinter, tjærestoffer), hvoraf flere er kræftfremkaldende. DMU fandt også høje koncentrationer af dioxin.”

På dette tidspunkt gik det op for offentligheden, at brændeovne er den største kilde til luftforurening ved vores boliger med deres udledning af dioxin, tjærestoffer og partikler.

B. Dioxin i brændeovnsrøg – historien bag vores viden

Indledning	28
1990-projektet	28
Nyt projekt i 1994	30
Undersøgelser 1995-2000	31
Massestrømsanalyse	33
Måling af dioxinmission fra udvalgte kilder 2001	34
Dioxinmålinger i Gundsømagle 2002-2004	37
Stockholmkonventionen og den danske implementeringsplan 2006	38
Forskellige dioxinkilders betydning i Danmark 2015	40
Sammenfatning	41

Indledning

Efter miljøskandalerne i 1980'erne med stærkt forurenende affaldsforbrændingsanlæg rundt om i Danmark rejste miljøbevidste folk spørgsmålet, om også røgen fra brændeovne kunne være giftig.

Spørgsmålet kom med i en forespørgselsdebat i Folketinget den 23. april 1985, hvor Folketinget vedtog en dioxin-handlingsplan. Folketinget opfordrede regeringen til blandt andet at gennemføre dioxinmålinger på små forbrændingsanlæg som pejse og brændeovne. En mindre del af de 7,5 millioner kroner, som Finansudvalget bevilgede, skulle bruges til målinger på brændeovne og pejse.¹⁴

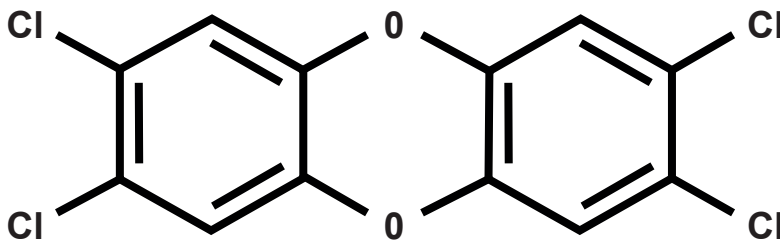
1990-projektet

Formålet med 1990-projektet blev både at undersøge PAH- og dioxinmissionernes omfang fra de små anlæg og at undersøge, om røggasprøverne kunne være kræftfremkaldende eller forårsage arvelige genetiske skader. I dette afsnit vil vi koncentrere os om dioxinmålingerne, mens vi i bogens

14. Vikelsøe m.fl. (1990), s. 6

del III kommer tilbage til spørgsmålet om helbredseffekter fra brænderøg. Der blev nedsat en styregruppe på seks mand inkl. projektrapportens forfattere, og de forventede ikke dioxinmissioner af betydning fra brændeovne.¹⁵

Dioxin er ikke et enkelt stof, men udgør en hel familie af stoffer, som kemisk set består af polychlorerede dibenzo-p-dioxiner (PCDD) og polychlorerede dibenzofuraner (PCDF), samlet forkortelse PCDD/F. Fælles for disse stoffer er, at de er opbygget af to benzenringe forbundet med en eller to ilt-atomer og med én til otte klor-atomer, der erstatter brint-atomer i benzenringene.¹⁶ Det bedst undersøgte dioxin er 2,3,7,8-TCDD. Tallene 2,3,7,8 betegner kloratomernes positioner på benzenringene.



Figur 7. Molekylestruktur for tetrachlordibenzo-p-dioxin.

Kilde: Umweltbundesamt (2017), s. 8.

Der var store tekniske og analytiske vanskeligheder ved at gennemføre dioxinmålingerne i laboratoriet, og resultaterne er derfor usikre. Men det blev klart, at de anvendte brændsler fremviste markante forskelle, hvad angik størrelsen af det totale dioxinudslip. Og det overraskede, at rent løvtræ gav en målelig emission.¹⁷ Forfatterne konkluderede, at undersøgelser af forbrændingsteknisk nye ovne ville være ønskelige, og man ville “kunne drage nytte af erfaringerne fra denne undersøgelse, hvad angår fyringsteknik, prøvetagning og analyser”. Især pegede de på det vigtige i at få et bedre kendskab til emissionsniveauet for både bøgtræ og nåletræ samt at supplere med målinger på villafyr og små industrifyr.¹⁸

15. Vikelsøe m.fl. (1990), s. 7

16. Carlsen, A. (2009), s. 343

17. Vikelsøe m.fl. (1990), s. 36

18. Samme s.13

Ekskurs: “Enkelte prøver blev screenet ved en analytisk metode, hvor man kombinerer gaskromatografi med massespektrometri for at identificere forskellige stoffer i en testprøve, samme metode som ved den egentlige analyse. Der blev fundet omkring 100 forskellige kemiske forbindelser” i røgen.¹⁹

Nyt projekt i 1994

Det nye projekt fulgte anvisningerne fra 1990 bortset fra, at man ikke gik igang med målinger på villafyr. Også ved 94-undersøgelsen var Jørgen Vikelsøe fra Danmarks Miljøundersøgelser central. Desuden deltog der en forsker fra Danmarks Teknologiske Institut og én statistiker. Forskerne ville gerne finde ud af, hvordan man kunne opnå lavere dioxinmissioner fra brændeovne.

Man undersøgte derfor emissioner ved forskellige fyringssituationer:

- 1) med fire forskellige ovne (to ældre ovne, en forbedret pladejernsovn og en ny type ovn med inverteret forbrænding, der var blevet udviklet på DTU)
- 2) med forskellige driftstilstande (normal drift og optimal drift). ‘Normal drift’ er driftstilstanden ved almindelig brug, mens ‘optimal drift’ blev defineret som den driftstilstand, som under overvågning i laboratoriet giver de laveste udslip af CO (kulilte) og kulbrinter.
- 3) med forskelligt brændsel, nemlig bøge-, birke- og grantræ.

Grantræ gav de højeste dioxinmissioner. Mest bemærkelsesværdigt er det, at dioxinmissionen var størst ved optimal drift. Her har røggastemperaturen været omkring 320 grader. Det var ved brug af den forbedrede pladejernsovn ved fyring med gran, at der blev målt de højeste værdier af dioxinudslip og altså ikke ved de to ældre ovntyper.

Ifølge Schleicher m.fl. (2001, s. 80) er resultaterne desværre ikke direkte sammenlignelige med senere projekters resultater.

19. bl.a. benzen og toluen, Vikelsøe m.fl. samme, s. 102

Undersøgelser 1995-2000

Inden Schleicher, Astrup Jensen og Blinksbjerg i 2001 kunne præsentere deres omfattende undersøgelse af dioxinudslip fra forskellige typer forbrændingsanlæg, var der blevet gennemført en række undersøgelser af, hvilke dioxinkilder, der overhovedet fandtes i Danmark. Det drejede sig i første omgang om Astrup Jensen, Grove og Hoffmann (1995); Astrup Jensen (1997); Astrup Jensen og Blinksbjerg (1999).

Astrup Jensen, Grove og Hoffmann (1995) byggede overvejende på litteraturstudier. Den omfattende rapport (sammenlignet med de forrige) er hovedsagelig skrevet kort efter Dioxinkonferencen 1991 i North Carolina, USA. Dermed var en del oplysninger forældede i 1995, og man kendte allerede meget til dioxinernes kemi, da det var et forskningsområde i hurtig udvikling.

Om dioxinkilder nævner rapporten fra 1995 affaldsforbrændingsanlæg, metalværker, celluloseindustri, halmfyr, ovne til spildolie og brændeovne. Men betydningen af de enkelte kilder var ikke kendt. Forfatterne pegede i stedet for på, at der kunne være andre kilder, og at omfanget af dioxinforureningen fra udlandet ikke var blevet vurderet.

I et afsnit om generelle forureningskilder nævner forfatterne, at forureningen med dioxiner først blev betydelig efter 1940, svarende til udviklingen af den petrokemiske industri. Særlig bemærkelsesværdigt var det, at det amerikanske flyvevåben i 1965-70 udsprede store mængder afløvningsmidler i Vietnam, som indeholdt et giftigt, dioxinholdigt stof. Det gik alvorligt ud over såvel vietnamesere som amerikanske veteraner fra Vietnam.²⁰ Også Sevesoulykken i 1976, hvor en kemisk proces løb løbsk, bliver omtalt i 1995-rapporten. Ulykken lagde senere navn til EF's Seveso-direktiv for særligt farlige anlæg og virksomheder.

I 1997 fortsatte Astrup Jensen arbejdet med at afsløre de danske dioxinkilder i endnu en rapport: *Dioxin sources, levels and exposures in Denmark*. Man var på dette tidspunkt klar over, at nogle af dioxinerne både kunne fremkalde kræft, hormonforstyrrelser og fostermisdannelser, men også være akut giftige. Se mere om dioxin i bogens del III.

I Danmark havde man hidtil benyttet det såkaldte nordiske system til at vurdere måleresultater, men nu forventede Astrup Jensen, at et internationalt system (I-TEQ) i fremtiden ville blive det mest brugte. Det blev også

20. Astrup Jensen, Grove og Hoffmann (1995), s. 13 og s. 59

tilfældet. I rapporten er der vist en tabel over de fem vigtigste systemer til sammenvejning af de forskellige dioxiners og furaners giftighed (toksicitet).²¹

I en tredje rapport fra 1999, *Baggrundsdokument for fastsættelse af luftemissionsgrænseværdi for DIOXIN*, blev tonen skærpet. Udgangspunktet var, at Miljøstyrelsen under Svend Auken som miljøminister ønskede at stille de samme krav til dioxinmission som de øvrige lande i EU. Miljøministeriet gik efter en generel emissionsgrænseværdi, fordi der var et EU-direktiv på vej om grænseværdi for affaldsforbrændingsanlæg med dette krav.²² Man vurderede, at da dioxiner er totalt uønskede i omgivelserne, ville det være mere effektivt at sætte en grænseværdi for emissioner ved affaldsanlæg end at gå efter en resulterende koncentration i omgivelserne for luftbårne emissioner, således som det ellers havde været almindeligt i de danske regler for luftforurening.²³

Det, der imidlertid overses i dette ræsonnement, er at emission fra en skorsten langt fra er det samme som immission ved boliger. Jo tættere immissionsmålingerne bliver foretaget ved den menneskelige receptor, jo bedre. Mange små forbrændingsanlæg samlet på et lille areal kan påføre lokalbefolkningen store gener. På samme måde kan et fyr, der kører uafbrudt døgnet rundt, betyde større gener for naboerne end tre små, der måske kun bliver tændt til hyggefyring nogle timer om ugen.

Også denne rapport er skrevet af Astrup Jensen med bistand fra Blinksbjerg. De sammenfattede rapportens indhold således:

“Miljøprojektet indeholder derfor blandt andet korte beskrivelser af, hvad dioxin er, toksicitetsækvivalensfaktorer, menneskers indtagelse af dioxiner med fødevarer og luft, forureningskilder til luften, udeluftkoncentrationer, målemetode samt direktiv(forslag) og bekendtgørelser, der kan ligge til grund for emissionsgrænseværdier for dioxiner.”

Med direktiv(forslag) tænker forskerne på det ovenfor nævnte direktiv fra 2000.

Rapporten blev grundlag for massestrømsanalysen *Substance Flow Analysis for Dioxins in Denmark* fra 2000 af Hansen, E., Skårup, S., Astrup Jensen. Desuden for dioxinafsnittet i Miljøstyrelsens *Luftvejledning 2001*

21. Astrup Jensen (1997), s.18

22. EU-direktiv 2000/76/EF af 4. december 2000

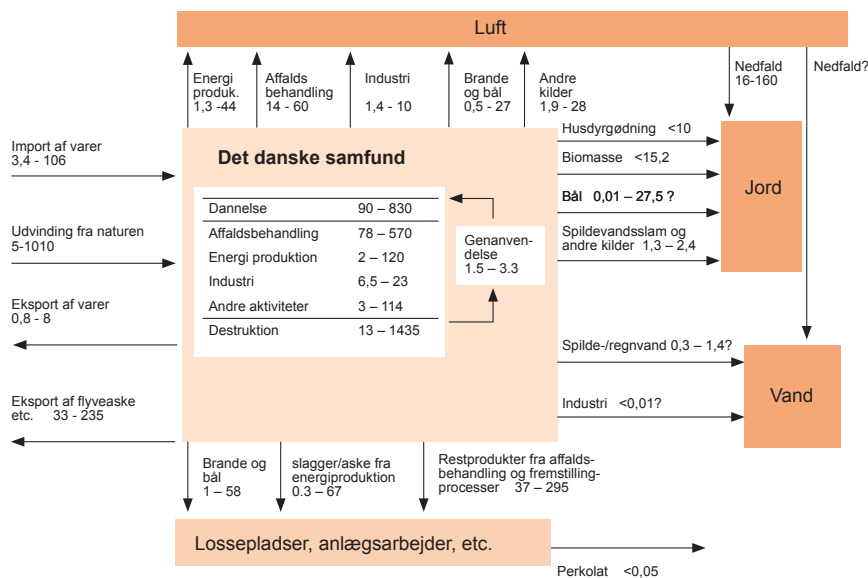
23. Jensen, A. A., Blinksbjerg, P. (1999), s. 5

og for Schleicher, Astrup Jensen og Blinksbjergs omfattende undersøgelse af dioxinmissioner fra forskellige kilder fra 2001.

Massestrømsanalyse

Fra udenlandske kilder var det kendt, at dioxinmissionernes vej fra forbrændingsanlæg i omgivelserne var lang.²⁴ Ud fra litteraturstudier og resultater fra danske målinger fremstillede Hansen, E., Skårup, S. og Jensen, A. A. en massestrømsanalyse i 2000. Den har siden været det værktøj, som DMU/DCE har benyttet til redegørelser for de danske dioxinmissioner.

“Den danske indsats omkring dioxin i Miljøministeriet begyndte år 2000 med, at Miljøstyrelsen gennemførte en undersøgelse af den eksisterende litteratur – den såkaldte massestrømsanalyse – for dioxin i Danmark, som pegede på et behov for større og bredere kendskab til kilder til dioxin og forekomsten i miljøet, både med henblik på miljøbelastning og på human eksponering.” skrev Rosanna Bossi og Marianne Glasius i 2006.



Figur 8. Balance for chlorerede dioxiner for Danmark 1998-99 (alle tal i g I-TEQ/år).

Kilde: Hansen, E., Skårup, S., Jensen, A.A. (2000), s. 8.

24. Colborn, T. Dumanoski, D. og Myers, J.P. (1998), 128-136

Dioxin bliver som nævnt ikke produceret, men fremkommer utilsigtet ved forbrændingsprocesser. Massestrømsanalysen viste, at affaldsbehandling og energiproduktion var de store kilder til dioxin i luften i 1999, større end brande og bål.

Som følge af arbejdet med massestrømsanalyser iværksatte DMU i samarbejde med Miljøstyrelsen en omfattende serie af undersøgelser – *Det Danske Dioxinmåleprogram*. Programmet omfattede målinger af dioxin i en række vigtige miljømatricer: jord, kompost, grannåle, perkolat fra lossepladser, aske fra halm- og flisfyr, røggas og restprodukter fra affaldsforbrænding (inkl. bromerede dioxiner), luft, deposition, gennemdryp gennem granskov, regnvand, sø- og fjordsediment samt komælk og modermælk. Herunder omfattede måleprogrammet også røggas fra brændeovne.

I 2006 vurderede Bossi og Glasius, at måleprogrammet, der afsluttedes i 2005,²⁵ havde givet mange vigtige oplysninger om dioxin i det danske miljø.

Måling af dioxinmission fra udvalgte kilder 2001

Denne undersøgelse havde til formål at bidrage til forøget viden om emissionerne af dioxin fra mindre forbrændingsanlæg m.v. ved hjælp af konkrete, orienterende målinger.²⁶ Det drejede sig bl.a. om laboratorieundersøgelser på en brændeovn. Disse måleserier blev udført på Teknologisk Instituts prøvestand i Århus.

Den anvendte brændeovn beskrives således i rapporten:

“Brændeovnen er en ny konvektionsovn med glaslåger, rysterist, askeskuffe og brænderum. Brændkammeret har et volumen på ca. 26 liter og et bundareal på 30 x 27 cm². På de indvendige sider er brændkammeret beklædt med Skamolex. Forbrændingsluften tilføres via regulerbare spjæld med primærluft gennem rysteristen og sekundærluft ned foran glasruden. Desuden tilføres konstant noget tertiær luft via 25 stk. 3 mm huller i bagsiden af brændkammeret. Røggassen fra brændeovnens skorsten fortyndes med rumluft i en fortyndingskanal (ca. 25 ganges fortynding), så der opnås en næsten konstant hastighed i fortyndingskanalen”.

25. Berlingske (2005)

26. Schleicher m.fl. (2001), s. 17

Der blev anvendt to forskellige brændselstyper, nemlig almindeligt kløvet birketræ med bark og ovntørret bøgetræ uden bark (affaldstræ fra møbelindustri).

Forskerne eksperimenterede også med to driftsmåder. Under 'normal fyring', der "repræsenterer den driftssituation, hvor ovnen har den bedste og reneste forbrænding," blev der foretaget 5 påfyringer. 'Natfyring' skulle "repræsentere den driftssituation, som mange brændovnejere anvender for at få ovnen til at 'brænde' natten over, så der stadig er varme og gløder til optænding næste morgen." Der foretages kun påfyring én gang efter optændingen. Driftssituationen er karakteriseret ved en dårlig forbrænding og en stor emission af CO og uforbrændte kulbrinter.

Tabel 9. Emissionsfaktorer for birkebrænde i 5 kW brændeovn

Måling	Emissionsfaktor ng I-TEQ/ton træ			Koncentration ng I-TEQ/m ³ (n, t, 10%O ₂)	CO	O ₂ ¹	Røggas temperatur
	Prøve A	Prøve B	Gennemsnit	Gennemsnit	Vol%, tør	%	°C
Normal fyring	5.300	4.900	5.100	0,76	0,23	13,8	264
Nat fyring	600	610	610	0,09	1	15,5	112

¹Målt i fortyndingskanalen

Tabel 10. Emissionsfaktorer for ovntørret bøg i 5 kW brændeovn

Måling	Emissionsfaktor ng I-TEQ/ton træ			Koncentration ng I-TEQ/m ³ (n, t, 10%O ₂)	CO	O ₂ ¹	Røggas temperatur
	Prøve A	Prøve B	Gennemsnit	Gennemsnit	Vol%, tør	%	°C
Normal fyring	1.700	2.100	1.900	0,28	0,65	13,9	248
Nat fyring	720	560	640	0,10	1,29	14,1	124

¹Målt i fortyndingskanalen

Figur 9. Fyringseksperimenternes resultater.

Kilde: Schleicher, O., m.fl. (2001), s. 37.

Forskellene i brændselstyper og driftsmåder resulterede i vidt forskellige dioxinmissioner, der blev sat i forhold til både den fyrede mængde træ (tons) og omfanget af den udledte røgluft (i m³). Ved både birke- og bøgebrændsel var emissionerne af dioxin større ved normal fyring end ved natfyring. Men det var omvendt med CO-indholdet i luften, der var lavest ved normalfyring. Når vi sammenligner emissionerne fra birkebrænde med emissionerne fra afbarket bøgetræ, kan vi se, at de førstnævnte prøver indeholder mere end dobbelt så meget dioxin.

Rapportens forfattere konstaterer: “Mod forventning udviser natfyring en mindre emission af dioxin end normalfyring.” – Det forklarer de sådan:

“Forbrændingsforholdene giver en dårligere forbrænding, med en tydelig voldsom forøgelse af CO-emissionen til følge, hvilket var forventet at medføre en forøgelse af dioxindannelsen. Årsagen til det modsatte kan være den væsentligt lavere forbrændingstemperatur, der kan være for lav til, at der kan foregå de nødvendige kemiske reaktioner, hvor der dannes de precursors og chlorradikaler, der indgår i dannelsen af dioxin.”

Hermed er forfatterne på sporet af det samme paradoks, der i 1980'erne førte til, at dioxin-forskerne droppede den gængse opfattelse af, at dioxin-udledninger alene kunne nedbringes gennem højere temperaturer i affaldsforbrændingsanlæggene ovne. Til forskel fra emissionen af CO og andre normale skadestoffer, som afgjort kunne nedbringes med højere ovntemperaturer, havde det vist sig, at dette ikke gjaldt dioxin-emissionerne.²⁷ Forklaringen var den, at der ifølge kemikeren Theodore Goldfarb ved en røggas-temperatur omkring 300° C på vej ud af skorstenen sker en nydannelse af dioxin, det han kalder ‘post-furnace formation’.²⁸

Analytisk kan det på samme måde antages at moderne brændeovnes stålskorstene ved den rette temperatur fremmer en nydannelse af dioxin gennem katalytiske reaktioner på flyveaske-partikler.

Praktisk konkluderer Ole Schleicher m.fl.: “Selvom det giver mindre dioxin, kan natfyring ikke anbefales, fordi det medfører en væsentlig forøgelse af emissionen af CO, PAH, lugt og andre pyrolyseprodukter fra træet, som ikke bliver forbrændt, hvis temperaturen i ovnen er for lav.”

I virkeligheden er der tale om et uløseligt dilemma!

Den store forskel i dioxinmissionen ved fyring med henholdsvis birkebrænde og ovntørret bøg forklarer Schleicher m.fl. således:

“Årsagen kan være, at birkebrændet er hele, savede og kløvede grene eller stammer, med vækstlag og bark, mens ovntørret bøg er rent ved uden vækstlag og bark. I vækstlaget og barken findes den største del af træets indhold af sporstoffer, salte og mere komplekse organiske forbindelser. Det vil sige, at birkebrændet har indeholdt mere chlorid og kob-

27. Commoner, Barry m.fl. (1987), s.330-332; Czeskleba-Dupont, Rolf (1989), s.21-29

28. Goldfarb, Theodore D. (1989)

ber, og flere potentielle precursors m.v. end bøgetræet, og det har derfor grundlaget for at kunne danne mere dioxin ved forbrændingen”.

Afbrænding af rent brænde i brændeovne under normale forhold medfører åbenbart alt for store emissioner af dioxin, der ligger på højde med grænseværdien for affaldsforbrændingsskorstene på 0,1 ng I-TEQ pr. m³ røg-luft. Dette er et overset miljø- og sundhedsproblem, da skorstene fra brændeovne normalt udleder røgen tæt på menneskene. Man skal også mærke sig forskellen på brænde med bark og uden bark. – Hvorfor anbefaler myndighederne ikke at bruge mere afbarket træ?

Dioxinmålinger i Gundsømagle 2002-2004

Udslip af dioxin fra brændeovne og pejse har som omtalt ovenfor været kendt i Danmark siden 1990. Undersøgelserne havde hidtil været gennemført på brændeovne under kontrollerede forhold i laboratoriet svarende til kontrollerede eksperimenter.

Formålet med de første skorstensmålinger 2003-2004 i Gundsømagle var bl.a. at anslå omfanget af dioxinudslip fra brændeovne ved feltmålinger. Disse resultater blev offentliggjort i 2005 i *Arbejdsrapport nr. 212* fra DMU. Dioxinmålingerne i Gundsømagle blev dels foretaget på skorstene i et rækkehuskvarter og dels ved en mobil målestation.

I foråret 2004 blev de første resultater fra målingerne i Gundsømagle kendt af pressen. På den baggrund afholdt Ingeniørforeningen om efteråret et møde om forurening fra brændeovne, hvor kemiker Marianne Glasius fra Danmarks Miljøundersøgelser (DMU) fremlagde nogle af resultaterne. Til stede var også andre centrale personer i forhold til det seneste årtis brændeovnsdiskussioner, bl.a. direktøren for Morsø Jernstøberi Peter Jessen Hansen, Skorstensfejernes oldermænd Theodor Kristensen og dioxinforsker Ole Schleicher fra Force Technology. Peter Jessen Hansen forsøgte på mødet at formindske problemerne ved at henvise til det meget lille antal ovne i Danmark, nemlig 300.000, og at fremhæve, hvor forbrændingseffektive de moderne ovne var blevet. Men antallet af ovne kunne Theodor Kristensen korrigere. På dette tidspunkt skønnede han ud fra indberetninger fra sine skorstensfejermlemmer, at der var ca. 800.000 små forbrændingsanlæg. I dag er dette tal ifølge Miljøstyrelsen steget til lidt over en million.²⁹

29. Miljøstyrelsen (2016), Brændeovnsbekendtgørelsen s. 7

Samlet set viste målingerne på skorstene og ved målestationen i Gundsømagle, at betydelige dioxinudslip i rækkehuskvarteret var en kendsgerning.³⁰ Resultaterne var sammenlignelige med laboratoriemålingerne fra 2001. Vi minder iøvrigt om konklusionerne fra Gundsømagle, nemlig:

- Alle fyringer fra de 13 fyringsanlæg forurenede luften. Nogle anlæg forurenede mest med partikler, andre med dioxin og andre igen med tjærestoffer.
- Gennemsnitsværdierne af dioxinudslip fra villaskorstenene oversteg grænseværdien i Luftvejledningen 2001 for industrielle anlæg med høje skorstene.
- Dioxinmålingerne af luften i Gundsømagle viste dobbelt så høje dioxinværdier pga. brændeovnene som målingerne i Nordsjælland og København.

På den baggrund kom der gang i diskussionerne om, hvad man skulle gøre for at forbedre luftkvaliteten i belastede områder, men resultatet af disse diskussioner har hidtil været sparsomme.

Stockholmkonventionen og den danske implementeringsplan 2006

I december 2003 tilsluttede Danmark sig Stockholmkonventionen om persistente organiske forurenende stoffer. Konventionen blev vedtaget i FN i 2001 og trådte i kraft maj 2004. Formålet med konventionen er at beskytte menneskers sundhed og miljøet imod persistente, organiske, forurenende stoffer – de såkaldte POP-stoffer (persistent organic pollutants).

Konventionen forpligter blandt andet landene til at reducere udslip fra utilsigtede biprodukter såsom dioxiner, furaner, PCB og HCB.

“Baggrunden for, at man på globalt plan besluttede at forbyde POP-stofferne var, at de har en kombination af stærkt uønskede egenskaber. De nedbrydes kun langsomt i miljøet og i mennesker, samtidig med at de meget let ophobes i fødekæden. Desuden transporteres de over meget store afstande gennem atmosfæren, med migrerende dyr samt gennem

30. Glasius m.fl. (2006) og (2007)

produkter i international handel. Derfor findes der POP-stoffer overalt på kloden, selv i egne der aldrig har anvendt stofferne.”³¹

Ifølge konventionen skal udslip af de utilsigtede dioxiner m.m. til stadighed minimeres med det endelige mål helt at undgå dem. Der skal derfor udarbejdes nationale handlingsplaner, som indeholder fortegnelser over kilder, skøn over udslip og planer for nedbringelse af udslip.

I forbindelse med Danmarks første indberetning til Stockholmkonventionen, der blev offentliggjort i 2006, konstaterede Miljøministeriet, at især brændeovne udgjorde en væsentlig kilde, som der ikke hidtil var taget hånd om. Derfor ville man fortsætte “undersøgelser af emissionen af dioxin og andre forureningsstoffer fra brændeovne og mindre fyringsanlæg med henblik på identifikation af foranstaltninger til at nedbringe emissionerne.”³² Men dioxinforskernes praktiske konklusioner til handlingsplanen om et forbud mod afbrænding af biomasse i små anlæg uden røggasrensning, blev negligeret. I selve handlingsplanen stod der blot:

“De samlede emissioner kan nedbringes med et forbud mod afbrænding af biomasse i små anlæg uden røggasrensning, men i relation til målene om at nedbringe de samlede CO₂ emissioner vil et sådant tiltag kunne have en uønsket virkning og vil være vanskeligt at håndhæve. Området vil blive fulgt tæt, og det vil løbende blive overvejet, hvad der kan gøres i lyset af bedre viden.”³³

Rossana Bossi og Marianne Glasius beskriver usikkerhederne i deres statusrapport 2006 for Dioxinmåleprogrammet:

“Det er stadigvæk svært at konkludere, hvilke faktorer der har den største indflydelse på dioxinmission fra brændeovne. Man kan konstatere, at der er enkelte ovne, der giver en forholdsvis stor emission af dioxin. Fyringsvarer, ovntype og brændetype er muligvis de faktorer, som er væsentlige for emission af dioxiner fra brændeovne. Videre studier bør undersøge nøjere, hvilken indflydelse disse faktorer har i forhold til emissioner af dioxiner.”³⁴

31. Miljøministeriet (2006), s. 7

32. Miljøministeriet (2006), s. 8 og 10

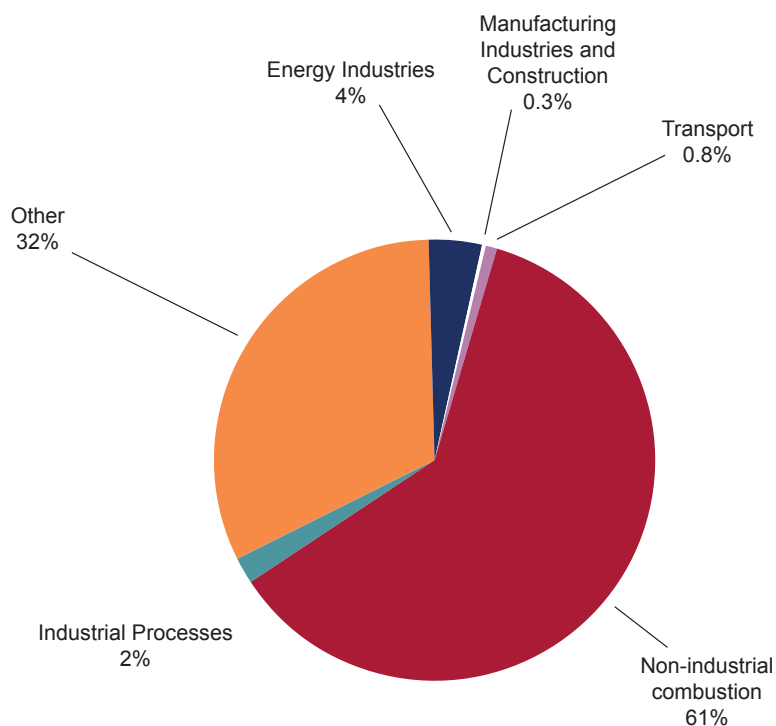
33. Miljøministeriet (2006), s. 95

34. Bossi, R. og Glasius, M. (2006): Dioxin Måleprogram Statusrapport, s. 6

Statusrapporten var skrevet til Folketingets miljø- og planlægningsudvalg. Derefter blev måleprogrammet og dioxinforskningen standset, og dioxinmålinger ved brændeovne er først kommet i gang igen i 2016. Folketing og regering så med andre ord stort på Stockholmkonventionens mål for nedbringelse af dioxinmissioner til et minimalt niveau.

Forskellige dioxinkilders betydning i Danmark 2015

I den seneste rapport fra Danmark til UNECE med emissionsopgørelser om langtransporteret, grænseoverskridende luftforurening (LRTAP) fra 2017 er fordelingen af dioxinmissioner på hovedsektorer vist i et lagkagediagram.



Figur 10. Dioxinmissioner fordelt på sektorer i Danmark. Tallene i figuren gælder for år 2015.

Kilde: Nielsen, O.-K., m.fl. (2017), s. 39.

Størstedelen af dioxinmissionen fra danske kilder stammer i dag fra træfyring i den ikke-industrielle forbrændingssektor, altså brændeovne. Sektoren 'Other' omfatter ildebrænde, især i bygninger. På figur 27 kan man se, hvordan dioxinmissionerne har udviklet sig siden 1990 efter DCEs skøn.

Sammenfatning

Siden den første undersøgelse af dioxinmissioner fra brændeovne og -kedler i 1990 er der fremkommet megen ny viden på forskningsområdet. Men det har været et vanskeligt emne at arbejde med på grund af 'sporstoffernes' små stofmængder og den farlige kemi, der er tale om.

Fra starten overraskede det forskerne, at der overhovedet kom dioxin ved forbrænding af tørt, rent træ, og at røgen indeholdt over hundrede forskellige kemiske stoffer. Myten dengang havde været, at det var mælkekartoner etc., der var dioxinskyldnere. Modsat af hvad forskerne forventede, har nogle af de senere undersøgelser vist, at den relativt største mængde dioxin fremkommer ved fyring ved god ilttilførsel og effektiv forbrænding, hvor det kritiske temperaturniveau for dioxindannelsen bliver fremherskende.

Omkring år 2000 blev der fra FN's og EU's side taget initiativer til at begrænse de utilsigtede dioxinudslip til luften, som var blevet af betydning efter 1940 med fremvæksten af den petrokemiske industri. Disse anstrengelser tilsluttede Danmark sig, og et af initiativerne var det danske dioxinmåleprogram, som blev gennemført 2001-2005. I forbindelse med det blev der både gennemført laboratorieundersøgelser af DK-Teknik og feltmålinger i Gundsømagle på brændeovne og -kedler af DMU sammen med DK-Teknik. Resultaterne var som tidligere nævnt skræmmende. Desværre kunne dette ikke aflæses i den siddende regerings politik på området. For eksempel blev der afsat for få ressourcer til grundige beregninger af de årlige dioxinmissioner fra små træfyrianslæg i Danmark.³⁵ Det var først i 2016, at myndighederne besluttede at få gennemført bedre undersøgelser af både det årlige brændeforbrug og dioxinmissionerne pr. anlæg.³⁶ I oktober 2017 var resultaterne heraf endnu ikke offentliggjort.

35. Berlingske (2005)

36. Energistyrelsen, (2016) og Miljøstyrelsen (2016)

C. Tjærestoffer

Indledning	42
Emissionsundersøgelse af pejse og brændeovne 1990	44
Undersøgelser af PAH i Gundsømagle	46
Undersøgelser i Jyllinge, ved H.C. Andersens Boulevard og i Hvidovre	48
Omfanget af PAH-kilder i Danmark 2014	51
Konklusion	52

Indledning

I modsætning til dioxiner har tjærestoffer været et kendt og udbredt fænomen i mange år. I begyndelsen af 1800-tallet lykkedes det for første gang for kemikere at identificere dem.

Tjærestoffer er en samlebetegnelse for en gruppe kemisk beslægtede stoffer, hvoraf de fleste udelukkende indeholder kulstof- og brintatomer, der er forbundet i ringe. Her fra kommer det kemiske navn polycykliske aromatiske hydrokarboner (PAH). Benzo(*a*)pyren er det bedst undersøgte tjærestof.³⁷

I naturen bliver tjærestoffer dannet ved skovbrande og vulkanudbrud, men da mennesket tog ilden i brug til madlavning og opvarmning for ca. 800.000 år siden, begyndte en langt mere udbredt forekomst af tjærestoffer. Tjærestoffer opstår nemlig ved ufuldstændig forbrænding af brændbart materiale. – I lungerne hos ‘Ismanden fra Tyrol’, der er omkring 5.300 år gammel, fandt man spor af tjærestoffer. Det tyder på, at han ofte har opholdt sig ved røgfylde ildsteder. I dag opbevares han på museet i Bolzano, Norditalien.³⁸

Siden oldtiden har man ved brænding af træ i kulmiler fremstillet trækul, hvor trætjære opstod som biprodukt. Trækullene blev i mange århundreder brugt til uds melting af jern og var en vigtig bestanddel af sortkrudt til skydevåben.³⁹ “Desuden har trætjære i århundreder været det traditio-

37. Karlson, U. (red.) (2006), s.16 og 44

38. Bojs, Karin (2015), s. 245

39. Gyldendal, Den Store Danske

nelle middel til at beskytte træværk på bygninger, træske og redskaber”, skrev Søren Vadstrup i 2014.

Frem til industrialiseringen i 1700- og 1800-tallet var træ også den mest anvendte energikilde i husholdningerne. Herefter blev først kul, brunkul og koks og siden olie og gas mere almindelige. Med de moderne indvindingsmetoder vandt olieproduktionen frem i det 20. århundrede, og olien blev et billigt råstof til kemisk industri og billig energikilde til både produktion, transport og opvarmning.

Op gennem 1950'erne og 60'erne blev der installeret oliefyr i mange nye parcelhuskvarterer i Danmark, men også i mange andre lande, og 92% af Danmarks energibehov i begyndelsen af 70'erne var dækket af importeret olie.⁴⁰ Først da oliekrisen slog igennem i 1973, blev det klart for politikere og offentlighed, hvor afhængig Vesten var blevet af olien fra de arabiske lande. Derfor så man sig om efter alternativer. De store spillere på det danske energimarked rettede opmærksomheden mod atomkraft og hjemlige olie- og naturgasressourcer. Energiforskere pegede på alternativer som vind-, vand- og solenergi, og politikerne vedtog en varmforsyningslov, der blandt andet skulle fremme fjernvarme i boligområder. Det betød en kollektiv og mere energieffektiv udnyttelse af spildvarmen fra de store elværker.⁴¹ Men mange almindelige mennesker genoptog lidt efter lidt brugen af træ fra lokale kilder til opvarmning i pejse, brændeovne og brændefyr. Både i Danmark og f.eks. USA blev individuel træfyling mere udbredt.

I USA havde man allerede i 1970 oprettet en miljøstyrelse (EPA) under forbundsregeringen for at kunne beskytte befolkningens helbred og miljøet gennem statslige reguleringer. Men indtil slutningen af 1970'erne var luftforurening fra brændeovne ikke et miljøproblem, som myndighederne beskæftigede sig med på trods af en voksende tilstedeværelse af brændeovne rundt om i USA. I 1979 fik EPA imidlertid kendskab til overraskende og foruroligende undersøgelsesresultater, der påviste meget høje niveauer af tjærestoffer (PAH) fra pejse og brændeovne. Det stod klart, at træ udsendte flere tjærestoffer end noget andet brændsel (muligvis bortset fra kul).⁴² Ligesom sodpartikler og CO er tjærestoffer et resultat af ufuldstændig forbrænding og er især problematisk i små, individuelle anlæg. Her var forbrændingstemperaturerne relativt lave, og foranstaltninger til at kontrollere

40. Andersen, F. (2004)

41. Energistyrelsen (2004)

42. Budiansky (1980)

røgudslip manglede. Derfor spurgte Stephen Budiansky i overskriften til sin artikel om brugen af brændeovne i *Environmental Science & Technology*: "Hvad kan vi lære fra fyring med træ?" Han kaldte træfyring for et tveægget sværd. På den ene side øger træfyring selvforsyningen, men er samtidig stærkt forurenende med kræftfremkaldende stoffer som bl.a. tjærestoffet benzo(a)pyren. Desværre fik artiklen aldrig gennemslagskraft i Danmark.

Som vi tidligere har været inde på i forbindelse med dioxinforurening, begyndte man først at beskæftige sig med forurening fra brændeovne i Danmark omkring 1990. En af de første samlede danske brændeovnsundersøgelser af emissioner med dioxin og PAH samt af mutagen aktivitet blev gennemført i 1990. Myndighederne var klar over, at tjærestoffer kunne være kræftfremkaldende. Den viden gik tilbage til IARC-monografien fra 1973.⁴³ IARC står for International Agency for Research on Cancer og er en del af WHO under FN. Kampagner mod rygning har for længst forklaret, at tjærestoffer er kræftfremkaldende. Hvor er kampagnerne mod denne sundhedsfare fra brændeovnsrøg?

Emissionsundersøgelse af pejse og brændeovne 1990

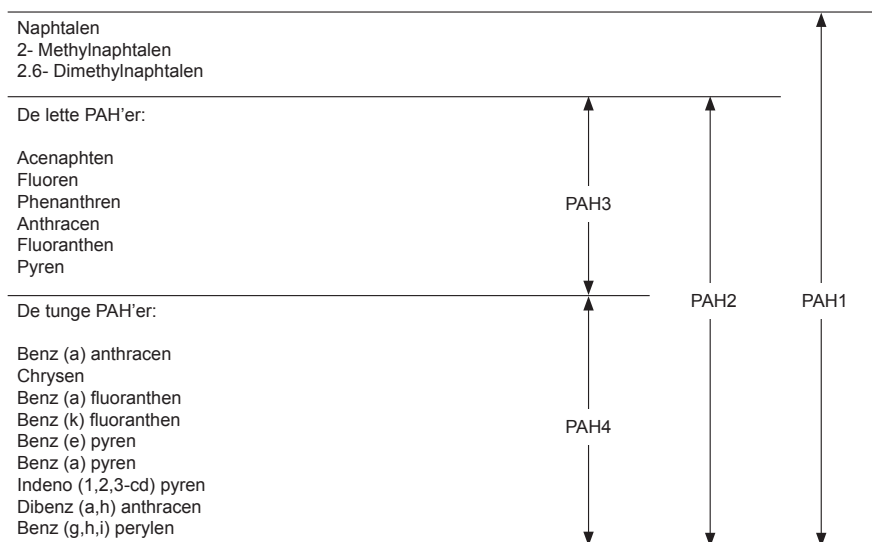
Energiministeriet og Miljøstyrelsen arbejdede sammen med Levnedsmiddelstyrelsen om emissionsprojektet fra 1990.⁴⁴ Ud over dioxinmissioner fra forskellige brændselstyper og forskellige pejse- og brændeovnstyper var man også interesseret i at få mere viden om udslip af tjærestoffer. Man ville undersøge, hvordan en forbedret konstruktion af brændeovne kunne mindske PAH-emissionerne fra fyring i små anlæg. Pr. energienhed var emissionerne betydeligt højere fra de små individuelle anlæg end fra de store forbrændingsanlæg.⁴⁵ Samtidig ville man med undersøgelsen skabe grundlag for en nærmere bestemmelse af den samlede størrelse af PAH-emissioner.

43. WHO (1973)

44. Dyrnum m.fl. (1990), s. 7

45. Christensen, P. S. og Petersen, S. (red.) (1989), s. 30

Ved behandling af resultaterne blev 18 udvalgte PAH'er inddelt i fire grupper: PAH1 omfattede alle PAH'er inklusiv naphtalen. PAH2 var PAH'er uden Naphtalen, PAH3 bestod af de lette PAH'er og PAH4 bestod af de tunge PAH'er (se oversigt nedenfor). Det er den tunge del af PAH'erne, som med sikkerhed er kræftfremkaldende.



Figur 11. Tjærestoffer, som blev undersøgt i 1990.

Kilde: Dyrnum, m.fl. (1990), s. 58.

Som forventet fandt man, at PAH-koncentrationen i røgen afhang af fyrringsteknik og af brændselstype. PAH-koncentrationen blev 15 gange større med affaldstræ og PCP-imprægneret træ end med rent bøgetræ. Men alligevel antog man, at rent træ var den største kilde til den samlede PAH-emission, fordi træ i Danmark udgjorde 96% af brændslet. Rapportens forfattere regnede sig frem til, at de årlige PAH-emissioner for pejse, brændeovne og villafyr var på ca. 5.200 kg i 1990.⁴⁶ I 2015 skønnede man, at de årlige PAH-emissioner for de små træfyrianslæg var på ca. 7.000 kg.⁴⁷

46. Dyrnum m.fl. (1990), s. 43-44

47. Nielsen, O.-K. (2017), s. 38

Undersøgelsen pegede på, at emissioner med PAH kunne nedsættes betragteligt ved at optimere forbrændingen i en brændeovn. Men som vi var inde på i dioxinafsnittet, ville dette sandsynligvis have nogle alvorlige bivirkninger i form af større dioxinmissioner fra den samme brændeovn.

Undersøgelser af PAH i Gundsømagle

Formålet med de omfattende skorstensundersøgelser i Gundsømagle var blandt andet at undersøge udslippet af PAH ved realistiske feltmålinger. Undersøgelserne blev finansieret af Miljøstyrelsen og Det Strategiske Forskningsråd og blev udført af Danmarks Miljøundersøgelser (DMU) sammen med Force Technology.⁴⁸ I begyndelsen af vort årtusinde var forskerne klar over, at træfyring kunne føre til forhøjede værdier af fine partikler, og at træfyring var kilde til omkring halvdelen af den danske, direkte emission til atmosfæren, dvs. betydeligt mere end fra trafik. Men hvordan var det med PAH?

Den første undersøgelse i Gundsømagle, der omfattede 12 skorstensprøver, fandt sted i vinterperioden 2003-2004. Målingerne afslørede, at alle skorstene udsendte PAH'er, og at den samlede mængde af PAH'er varierede kraftigt fra skorsten til skorsten. I den målte mængde indgik 19 forskellige PAH'er (næsten de samme PAH'er som i 1990-undersøgelsen).

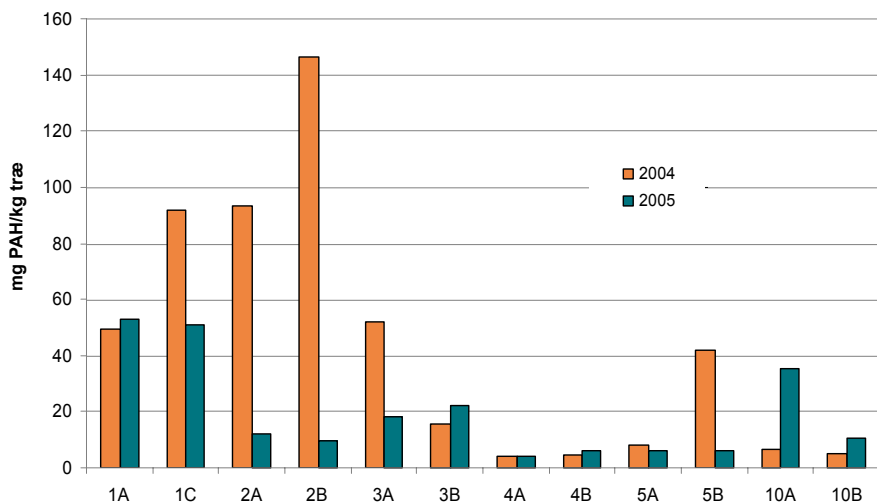
Den anden undersøgelse omfattede 27 skorstensprøver og foregik i perioden februar til april 2005. Gennemsnit af målingerne blev 8,6 mg pr. m³ luft. Det svarer til værdierne i den første undersøgelse.

I forbindelse med omtalen af måleresultater og usikkerhed fra den anden undersøgelse påpegede forskerne, at målemetoder for PAH er helt specifikke, idet der benyttes isotopmærkede standarder og massespektrometrisk bestemmelse.⁴⁹ Gundsømaglemålingernes kvalitet mht. PAH-emissioner fremgår af, at de er normgivende for emissionsfaktorer i EU's Guidebook 2016 for udslip fra brændeovne.⁵⁰

48. Glasius m.fl. (2007), s. 9

49. Glasius m.fl. (2007), s.14

50. EMEP/EEA emission inventory guidebook 2016



Figur 12. Sammenligning af PAH-udslip i 2004 og 2005 fra de samme huse.
Kilde: Glasius, M. m.fl. (2007), s. 17.

I figur 12 er PAH-resultater fra 2004 sammenlignet med resultater fra 2005. I alle tilfældene kommer der PAH-emissioner fra de små fyringsanlæg, men der er stor forskel på de største udslip og de mindste. Det er også bemærkelsesværdigt, at det ikke er de samme skorstene, som har de største værdier i 2004 og 2005.

Desuden sammenlignede man emissionsmålingerne af PAH og dioxin i 2005-undersøgelsen.⁵¹ Der var ingen sammenhæng, og det skyldes at de to grupper af stoffer dannes ved forskellige processer og temperaturer. En bedre forbrænding med mere luft giver en højere temperatur og derved en mindre mængde PAH, men det kan samtidig give mere dioxin end ved en lavere forbrændingstemperatur.

Tilsammen giver målingerne i 2003/04 og 2005 et billede af PAH-emissioner fra danske brændeovne i private hjem. Emissionerne varierede stærkt fra den ene undersøgelse til den anden og fra skorsten til skorsten. Det er med andre ord ikke så let at regulere PAH-udslip fra brændeovne, som myndighederne har ment.

51. Glasius m.fl. (2007), s.18

Undersøgelser i Jyllinge, ved H.C. Andersens Boulevard og i Hvidovre

Målingerne ved H.C. Andersens Boulevard har fundet sted siden 2007. Fokus har været på at bestemme årsmiddelkoncentrationerne ved en stærkt trafikeret vej for benzo(a)pyren, der anvendes som markør for de øvrige PAHer bundet til røgpartikler. På den måde skulle det kontrolleres, at EU's årsmiddelværdi på 1 ng/m^3 ikke blev overskredet.⁵² Koncentrationerne har i perioden 2007 til 2014 hele tiden ligget under $0,4 \text{ ng/m}^3$.

Målingerne i Jyllinge fandt sted mellem den 26. marts 2010 og den 2. maj 2011. Formålet var at gennemføre et års kontinuerte målinger af benzo(a)pyren i et område med forventede høje udledninger fra ikke-trafikal kilder, dvs. et område med store udledninger fra brændeovne. Målingerne af benzo(a)pyren i luften blev foretaget på en målestation ved Værebros Vandværk i Jyllinge.



Figur 13. Sampleren på målestedet ved Værebro Vandværk i Nordmarken, Jyllinge.

Kilde: Ellermann, T. m.fl. (2011), s. 22.

52. EF-direktiv (2004)

Ud fra måleresultaterne i hhv. Jyllinge og på H.C. Andersens Boulevard ville man vurdere det samlede overvågningsbehov for PAH i hele Danmark, som var nødvendigt ifølge EU-direktivet. Målingerne er beskrevet af T. Ellermann mf.l. i rapporten fra 2011. På begge lokaliteter var koncentrationerne højest i de kolde måneder fra oktober til februar, men markant højere i Jyllinge.

Det har betydning for årsgennemsnittet. Resultaterne fra Jyllinge og tilsvarende resultater fra H.C. Andersens Boulevard kan ses i figur 14.

	benzo[a]pyren (ng/m ³)	antal målinger
Jyllinge	0,61	46
HCAB	0,23	39

Figur 14. Benzo(a)pyren i luften i Jyllinge og ved H.C. Andersens Boulevard (HCAB).

Kilde: Ellermann, T. m.fl. (2011), s. 31.

Note: Gennemsnitlige koncentrationer af benzo(a)pyren (ng/m³), baseret på uge-midlede data fra 1.05.2010-30.04.2011 ved målestation i Jyllinge og gademålestationen HCAB.

Til de flestes overraskelse var måleresultaterne i Jyllinge næsten tre gange så høje som ved H.C. Andersens Boulevard. Man havde hidtil regnet med, at trafikken var den dominerende kilde til tjærestoffer i atmosfæren. Desuden oversteg måleværdien i Jyllinge EUs øvre fastsatte vurderingstærskel fra 2004 på 0,6 ng/m³.

I den anledning skrev Politiken den 31. oktober 2011:

“Brændeovne sviner langt mere end ventet. Indhold af kræftfremkaldende stoffer kan være langt højere i villakvarterer end i centrum af København. [...] Luften i et typisk villakvarter med mange brændeovne indeholder tre gange så mange kræftfremkaldende, fine partikler som luften ved selv voldsomt befærdede veje med masser af biler.

Det viser en ny undersøgelse fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet (det tidligere DMU). Forskerne har sammenlignet koncentrationen af de sundhedsskadelige PAH'er på den stærkt trafikerede H.C. Andersens Boulevard midt i København med et almindeligt villakvarter i Jyllinge på Sjælland. Tallene afslører, at villakvarterer med mange brændeovne er et betydeligt mere sundhedsskadeligt sted at opholde sig end myldretidstrafikken i København, som der ellers har været meget sundhedsmæssig fokus på.

Da forskerne for fem år siden for alvor blev opmærksomme på de sundhedsskadelige effekter ved osen fra landets op mod 750.000 brændeovne, lød meldingen fra myndighederne, at udledninger i villakvarterer med blus på brændeovnene lå på niveau med de mest trafikerede veje i København. Nu viser det sig altså, at forureningen med det kræftfremkaldende stof benzo(a)pyren i boligkvarterer er tre gange højere end tidligere oplyst.

Forskellen skyldes ifølge seniorforsker Thomas Ellermann fra Nationalt Center for Miljø og Energi ikke, at forureningen er blevet mindre på vejene. “Forklaringen er nærmere, at vi nu for første gang har brugbare målinger fra et helt år i træk på brændeovnsluft”, siger han. Thomas Ellermann understreger, at fundene fortsat er under den af EU fastsatte grænseværdi. Men de nye fund betyder, at luftmålingerne herhjemme skal ændres fra at have mest fokus på trafikerede veje og til at se mere på boligområder, hvor folk lever med deres børn. I den nuværende overvågning måles PAH kun på én målestation. Men afhængig af PAH-niveauet andre steder i landet kan der være behov for at etablere fire eller syv luftmålestationer. – EU’s direktiver giver dog også mulighed for at udskifte nogle af de dyre målinger med computermodeller eller andre simple metoder, siger han.”

Det kan undre, at der på den baggrund ikke kom flere permanente målesteder for PAH i Danmark efter 2011. I 2013 var der stadig kun målingerne fra H.C. Andersens Boulevard, men på det tidspunkt valgte Miljøstyrelsen at opstille et midlertidigt måleanlæg ved et andet formodet hotspot for brændeovnsmissioner, nemlig bebyggelsen Toftegården i Hvidovre. Se figur 37.

Toftegården blev oprindeligt udstykket til sommerhusgrunde i 1949, men i løbet af 1960’erne og 1970’erne blev der opført ca. 250 parcelhuse på grundene. Området kan karakteriseres som tæt-lav bebyggelse. Det er tilsluttet naturgasnettet, men i de senere år har adskillige beboere anskaffet sig brændeovne. Siden begyndelsen af 00’erne har flere folk i kvarteret oplevet alvorlige røggener fra de mange ovne, men det er umuligt at udpege én enkelt synder, sådan som kommunen kræver det ved klager over gener. Målingerne i Hvidovre af PAH-indholdet i luften har fundet sted gennem 2013, 2014 og 2015. Den mobile målestation stod midt i Toftegårdsbebyggelsen.

Ligesom i Jyllinge-undersøgelsen har man også her sammenstillet måleresultaterne fra Hvidovre med de tilsvarende fra H.C. Andersens Boulevard. Og også her var PAH-emissionerne i vintermånederne betydeligt større i Hvidovre end ved den stærkt trafikerede H.C. Andersens Boulevard i 2013 og 2014.⁵³

	Hvidovre			HCAB		
	2013	2014	2015	2013	2014	2015
Winter	0.53	0.73	0.46	0.38	0.50	0.44
Summer	0.12	0.10	0.06	0.11	0.10	0.12
Annual	0.34	0.38	0.25	0.24	0.29	0.29

Figur 15. Gennemsnitskoncentrationer af benzo(a)pyren vinter, sommer og årligt (ng/m³).

Kilde: Ellermann, T., m.fl. (2016), s. 55.

Men i 2015 skete der noget. Tallene for både vinter og sommer blev lavere i Hvidovre end for de to tidligere år, mens der kun var mindre forskel på koncentrationerne ved H.C. Andersens Boulevard. Det betød, at PAH-koncentrationen i Hvidovre nu lignede situationen ved H.C. Andersens Boulevard. – Sådan oplevede en beboer i Toftegården det også. Det har betydet langt bedre nattesøvn. Forklaringen kan være, at kendskabet til målingerne i bebyggelsen er slået igennem hos beoerne, at sundhedsfarerne fra brænderøg er blevet mere kendt og at skorstensfejerne har været meget aktive i området.

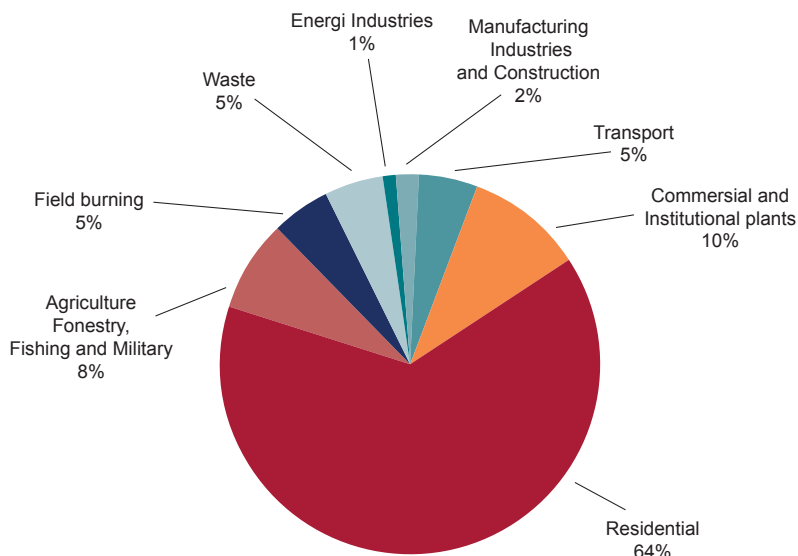
I januar 2017 blev målestationen i Toftegårdskvarteret, Hvidovre, gjort permanent, og måleresultaterne kan følges på DCE's hjemmeside. Der bliver målt for NO_x, PM_{2,5} og PAH.⁵⁴

Omfanget af PAH-kilder i Danmark 2014

I den årlige redegørelse til UNECE om emissioner fra danske kilder viser opgørelserne for PAH, at den største kilde til PAH-udslip er residential dvs. at udslippene kommer fra boligopvarmning, hovedsagelig i form af røg fra brændeovne.

53. Nøjgaard, Jacob Klenø m.fl. (2015)

54. Institut for Miljøvidenskab, AU, (2017)



Figur 16. PAH-emissioner i Danmark fordelt på kilder 2014
 Kilde: Nielsen, O.-K., m.fl. (2016), s. 42.

Konklusion

PAH-udslip i boligkvarterer er en svøbe pga. de sundhedseffekter, som er forbundet hermed. Det vil vi uddybe i bogens del III. Brændeovne i boligkvarterer er med til at forringe luftkvaliteten for beboerne, men da man ikke har foretaget en egentlig kortlægning af brændeovnenes lokalisering og deres anvendelse bortset fra i Københavns Kommune, er det vanskeligt at opstille en egentlig oversigt over hvilke muligheder, der er for at forbedre luftkvaliteten. Det er dog meget interessant, at kendskabet til de intense PAH-målinger i Toftegården, som vi har nævnt ovenfor, ser ud til at have påvirket beboernes adfærd og dermed forbedret luftkvaliteten. På baggrund af målingerne i Hvidovre ved vi imidlertid ikke, hvordan det er gået med de parametre, som reagerer anderledes på mere effektiv forbrænding end PAH. Her tænker vi på dioxin, NO_x og $\text{PM}_{0,1}$.

D. Andre forurenende stoffer i røgen

Indledning	53
Kulstøv i luften har mange navne	55
Er CO ₂ i brænderøg klimaneutral?	55
Flygtige organiske forbindelser	57
Andre gasser fra brænderøg	60
Tungmetaller	61
Konklusion	63

Indledning

Som opfølgning på nyhederne i 2004 om DMUs brænderøgsundersøgelser i Gundsømagle arrangerede Foreningen for Miljø og Folkesundhed et møde på Panum Institutet, København, i januar 2006 om luftforurening, brændeovne og folkesundhed. Mødet blev omtalt søndagen forinden på DR1 i de tidlige aftenlyset, og der blev vist et dramatisk billede fra den jyske landsby Stenild, hvor man så røgen drive ned ad vejen i aftenlyset. Blandt oplægsholderne på Panummødet var seniorforsker Marianne Glasius, DMU, der var en af forskerne bag undersøgelseerne i Gundsømagle, og cand.pharm. Poul Bo Larsen, Miljøstyrelsen. Poul Bo Larsen viste bl.a. en oversigt over nogle af de mange forskellige kemiske stoffer, som er identificeret i brænderøg, og deres betydning målt i emission pr. kg. brænde. For Poul Bo Larsen var PM_{2,5} det primære sundhedsproblem ved brændeovne, både fordi de fine partikler kan trænge ind i livsvigtige organer som lunger, hjerte og blodkar gennem luftvejene, og fordi partiklerne er bærere af PAH (tjærestoffer), dioxin og andre giftstoffer. Partiklerne består for halvdelen af vedkommende af organisk kulstof.⁵⁵

I dioxinafsnittet omtalte vi, at danske forskere allerede i 1990 fandt omkring 100 forskellige kemiske forbindelser i brænderøg.⁵⁶ Men det er kun

55. Larsen, P. B. (2006)

56. Vikelsøe, J. m.fl. (1990), s. 98-102

nogle af stofferne, som er interessante i vores sammenhæng og i forhold til Miljøstyrelsens luftvejledning fra 2001.

Luftvejledningen klassificerer luftforurenende stoffer efter farlighed i 2 hovedgrupper og flere undergrupper. Denne vejledning er stadig gældende.

Hovedgruppe	Stofgruppe	Klasse
1. Særligt farlige	(Kun én gruppe)	I og II
2. Farlige	1. Uorganisk støv af farlig art	I, II og III
	2. NO _x	
	3. SO ₂	
	4. Andre damp- eller gasformige uorganiske stoffer	I, II, III og IV
	5. Organiske stoffer	I, II og III
	6. Støv i øvrigt	

Figur 17. Luftvejledningens klassifikation af forurenende stoffer.

Kilder: Miljøministeriet (2001).

Til de særligt farlige forurenende stoffer, som man kan måle i brænderøg, hører dioxiner og PAH'er, som vi har behandlet i de tidligere afsnit. Dertil kommer polychlorerede bifenyler (PCB), kulbrinterne formaldehyd (CH₂O) og acetaldehyd (C₂H₄O), benzen (C₆H₆) og acrolein (C₃H₄O) og endelig tungmetallerne arsen, cadmium, chrom og nikkel.

Via internationale aftaler er Danmark forpligtet til årligt at oplyse størrelsen af emissioner til luften fra brænderøg for ialt 28 forskellige stoffer. Til UNECE drejer det sig om uorganiske og organiske gasser som SO₂, NO_x, NMVOC (gasformige organiske forbindelser undtagen CH₄), CO og NH₃, tungmetallerne As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se og Zn, endelig specielt dioxiner, PAH'er, PCB'er og partikler, herunder BC (black carbon). Hele denne række af stoffer har man kunnet måle i brænderøg.⁵⁷

Til UN-FCCC og Kyotoprotokollen indberetter myndighederne blandt andet CO₂, CH₄ og N₂O.⁵⁸ For SO₂, NO_x og VOC (gasformige organiske forbindelser) satte EU i oktober 2001 for første gang bindende grænser for, hvor store de enkelte landes emissioner måtte være. Efterhånden er de øvrige stoffer kommet til via forskellige direktiver.⁵⁹

57. Nielsen, O.-K. m.fl. (2016), SR 183, s. 55-67

58. Nielsen, O.-K. m.fl. (2016), SR. 189

59. Miljøstyrelsen (2003), s. 5

Kulstøv i luften har mange navne

Organisk kulstof (OC) og uorganisk kulstof er bestanddele af PM_{2,5} (partikler med en diameter mindre end 2,5µm). Men begreber som TC (total carbon), EC (elemental carbon), CC (carbonate carbon) og BC (black carbon) er også anvendt i den videnskabelige litteratur for kulstøv i luften.

De mange begreber og definitioner hænger både sammen med den historie, der ligger bag kulstofforskningens udvikling og de vidt forskellige faglige områder, som beskæftiger sig med kulstof. Her kan vi nævne kulstøvet i københavnerluften omkring 1970, de kulstofholdige partikler, der er en væsentlig del af emissionen ved ufuldstændig forbrænding af træ og andet organisk materiale i fyringsanlæg (OC) og endelig den lysabsorberende kulstofholdige substans i luften, der spiller en stor rolle i forbindelse med grønlandsisens afsmeltning (BC). A. Petzold et al. konkluderede i deres artikel fra 2013 om denne definitionsproblematik (s. 8374), at “på trods af uhyre anstrengelser foretaget inden for forskningsområdet med kulstofholdige partikler i atmosfæren, er man stadigvæk ikke og vil måske aldrig blive i stand til at fremsætte et utvetydigt konverteringsforhold mellem BC-data, der stammer fra brugen af forskellige metoder og forskellige aerosoltyper.”

På dette sted vil vi ikke gå længere ind i denne problematik. Vi har nævnt den for at berolige læsere, der lige som os har været frustreret over tilsyneladende uoverensstemmelser mellem forskellige definitioner af kulstofholdige stoffer. Det vigtige i denne sammenhæng er, som Poul Bo Larsen påpegede ved Panummødet, at de kulstofholdige partikler i brænderøg er bærere af helbredsskadelige stoffer.

Er CO₂ i brænderøg klimaneutral?

Klimaforskningens og klimapolitikens fokusering på problemer med CO₂ (kuldioxid) og de andre såkaldte drivhusgasser har en lang historie bag sig. I statushæftet *Renere luft – den danske indsats* fra 2003 uddyber Miljøstyrelsen emnet:

“Betydningen af atmosfærens sammensætning for Jordens energibalance og dermed for det globale klima har været kendt siden begyndelsen af 1800-tallet. I 1890’erne forklarede den svenske fysiker og kemiker Svante Arrhenius, at en fordobling af koncentrationen af CO₂ kunne be-

tyde en global opvarmning på 5-6°C. I 1930'erne blev det klart, at temperaturen faktisk var på vej opad, men det vakte ingen større opmærksomhed. Dels blev det nærmest anset for en fordel, og dels tabte spørgsmålet generelt konkurrencen om politisk opmærksomhed til de sociale problemer efter 1. verdenskrig efterfulgt af den økonomiske depression i trediverne og optakten til 2. verdenskrig. I årene efter 2. verdenskrig var der stigende videnskabelig interesse for fænomenet. Men det var alligevel først med en international konference om *Drivhuseffekt, klimaændringer og økosystemer* i 1985, at man politisk erkendte, at der kunne blive tale om et problem med globale miljøvirkninger [...] FN's miljøprogram (UNEP) og Verdens Meteorologiske Organisation (WMO) nedsatte i 1988 det såkaldte mellemstatslige klimapanel IPCC (Intergovernmental Panel of Climate Change) [...] Ved FN's verdenskonference om miljø og udvikling i Rio de Janeiro i 1992 underskrev 155 parter en klimakonvention, der sigter mod at stabilisere koncentrationerne af drivhusgasser i atmosfæren [...] Konventionen udtrykker en generel hensigt og erkender, at klimaændringer ikke vil kunne undgås helt. Hvad der er en acceptabel kombination af 'ufarligt', 'tilstrækkeligt' og 'bæredygtigt' beror på politiske afvejsninger."⁶⁰

Her var det, at udviklingen blev problematisk for Jordens klima – ikke mindst da politikere besluttede, at ikke alle CO₂-udslip fra forbrændinger skulle tælles med. Det skete efter, at der på en af de opfølgende konferencer (COP – Conference of the Parties) blev givet tilladelse til at modregne biologiske dræn fx gennem skovrejsning mod udslip fra skorstene og udsliprør. For nemheds skyld begyndte politikere i Danmark og en række andre lande på forhånd at sætte CO₂-udslip ved afbrænding af al biomasse lig nul!⁶¹ Og 'CO₂-neutral' blev et modeord blandt brændeovnsfabrikanter og brændeovns ejere. Myndighedernes svar på udfordringen med sundhedsskadelige effekter fra brændeovnsrøg blev til en politisk beslutning i 2006 om, at brændeovne af hensyn til klimaet var vigtigere end folks beskyttelse mod sundhedsfarlige dioxinudslip.⁶²

60. Miljøstyrelsen (2003), s. 30-31

61. Czeskleba-Dupont, R. (2012)

62. Miljøministeriet (2006), s. 95

I den danske indberetning fra 2016, indsendt til UN-FCCC, og i Kyoto-protokollen kan man se, at CO₂-emissionerne fra små træfyrringsanlæg i boliger var på ialt 3,5 mio. tons i 2014.

Tabel 1. Udslip af CO₂, N₂O og CH₄ fra brændeovne 2014. Danmark.

Kemisk stof	Emissionsfaktor for træ	Udslip fra brændeovne ol. 2014
CO ₂	112 kg pr. GJ	3.500.000 tons
N ₂ O	4 g pr. GJ	125 tons
CH ₄	92 g pr. GJ	2.869 tons

Kilde: Nielsen, O.-K., m.fl. (2016), s. 143-156.

Til sammenligning kan vi nævne, at passagerbiler i Danmark udsendte 6,4 mio. tons CO₂ i 2014.⁶³ Det overraskede os, at der ikke var større forskel på de to tal!

Stofferne N₂O(lattergas) og CH₄ (metan) er også nævnt i indberetningen med størrelser af deres indhold i brænderøg, men de er forsvindende sammenlignet med CO₂-emissionerne.⁶⁴

Flygtige organiske forbindelser

I *Renere luft – den danske indsats* skriver Miljøstyrelsen:

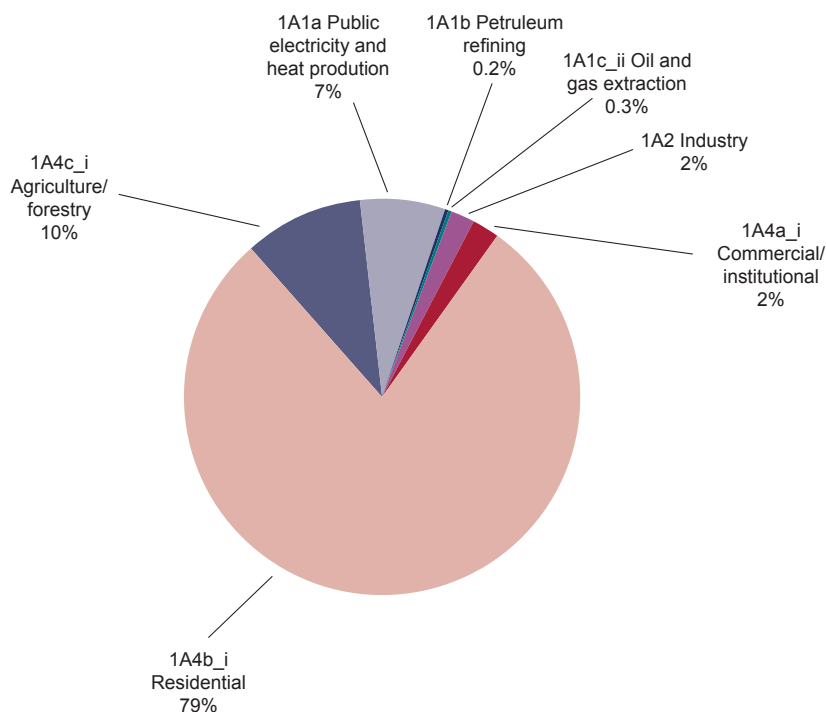
“Flygtige kulbrinter (Volatile Organic Compounds, VOC) er organiske forbindelser, der har stor betydning for luftforureningens miljø- og sundhedsmæssige virkninger. De kan medvirke til dannelse af fotochemisk luftforurening, give anledning til lugtgener eller simpelthen være giftige i sig selv. Sædvanligvis skelner man mellem metan (CH₄) og de øvrige kulbrinter. Metan er en drivhusgas, men spiller kun en mindre rolle som direkte forurening. Tunge, flygtige kulbrinter kan desuden have sundhedsmæssig betydning som partikler eller adsorberet til overfladen af partikler.”⁶⁵

63. Nielsen, O.-K. m.fl. (2016), SR 189, s. 185

64. Nielsen, O.-K. m.fl. (2016), SR 189, s. 143-156)

65. Miljøstyrelsen (2003), *Renere luft – den danske indsats*, s. 18

Ved afbrænding af affald i brændeovne og -kedler bliver den direkte konsekvens en stor lokal forurening af nærmiljøet med metaller og med miljøfarlige, organiske forbindelser som PCB, dioxin og benz[a]pyren. Men almindelig fyring med rent træ i brændeovne forurener også luften, sådan som målingerne i Gundsømagle påviste. Samlebetegnelsen for organiske gasformige stoffer i atmosfæren (bortset fra metan) er NMVOC.



Figur 18. Emissioner af NMVOC fordelt efter sektorer blandt stationære forbrændingsanlæg 2014.

Kilde: Nielsen, O.-K. (2016), s. 59.

Figuren viser, at NMVOC-emissionerne fra brændefyring i boliger udgør 79% af alle emissioner fra stationære forbrændingsanlæg. Kilder er hovedsagelig brændeovne og halmfyr. NMVOC består bl.a. af benzen og formaldehyd, dvs. hovedgruppe 1-stoffer ifølge luftvejledningen fra 2001. De er med til at gøre brændeovne til en helbredsskadelig cocktail for naboer. I den danske indberetning til UNECE skønnedes emissionerne fra træfyring i små træfyrringsanlæg at være på 10.441 tons i 2014.

Benzen (C₆H₆) fortjener en særlig omtale. Benzen består af kulstof og brint og hører til benzen-gruppen af aromatiske kulbrinter. Benzen er en klar, farveløs, brændfarlig væske, der fordamper ved 80 grader og har en karakteristisk aromatisk lugt.⁶⁶ Ved afbrænding af 1 kg brænde har man målt en emission på 0,4 g benzen.⁶⁷

I DCE's rapporter finder man benzenmålinger omtalt under overskriften ozonprecursorer.⁶⁸ Tidligere havde det en mere fremtrædende stilling hos Miljøstyrelsen, og i 2000 udsendte Miljøstyrelsen "*Vurdering af benzen i udeluft*". Her blev trafik omtalt som den vigtigste kilde til benzenforurening af udeluft og tobaksrygning som vigtigste kilde til indendørs forurening. Brændeovne blev ikke nævnt som kilde, selvom Vikelsøe, J. m.fl. allerede havde påvist dets tilstedeværelse i brænderøg i 1990. Stoffet kom i EU's søgelys omkring år 2000, fordi det er kræftfremkaldende, og tilstedeværelse af stoffet i luften er målbart.⁶⁹

I 2006 målte nogle finske forskere koncentrationerne i luften af PM₁₀, PM_{2,5}, PAH, toluen og benzen i et typisk finsk boligområde. Både PAH- og benzenkoncentrationerne var markant forhøjet i boligområdet. Desuden viste benzen/toluen-forholdet, at træforbrænding var den vigtigste kilde til forureningen med benzen.⁷⁰

I Region Midtjyllands miljøafdeling blev man i 2014 opmærksom på benzenforurening i landsbyer og uden for husene på landet, men man tolkede det som resultat af fjerntransport fra trafik.⁷¹

Imidlertid offentliggjorde DCE samtidig målinger fra Hvidovre, der understøttede den indsigt fra Finland, at træfyring i boligområder medfører forurening med benzen.⁷² Man kan håbe, at disse danske resultater ikke går i glemmebogen for senere igen at dukke op som "*Late lessons from early warnings*".⁷³ Om helbredseffekter fra benzen se nedenfor i del III.

66. Fabricius, A. m.fl. (1999), s. 65, IARC (2009), s. 1, Fenger, Jes (2017)

67. Larsen, P.B. (2006)/ i Czeskleba-Dupont, S. (2008), s. 6

68. Ellermann m.fl. (2015), SR 162, s. 59

69. EF (2000) og EF (2008)

70. Hellén, H. m.fl. (2008), s. 283

71. Hansen, G. og Yding, H. (2014), DR

72. Ellermann, T. m.fl. (2015), s. 34-35

73. Infante, P. F. (2001)

Andre gasser fra brænderøg

Ved enhver form for forbrænding bliver der dannet nye kemiske forbindelser. Når brændslets hovedbestanddel er kulstof reagerer det med luftens ilt og danner kuldioxid (CO₂). En del af luftens kvælstof (N₂) “brænder med” og danner kvælstofoxider (NO_x). Når forbrændingen er ufuldstændig, dannes der kulilte (CO), partikler/sod, og forskellige flygtige kulbrinter (en delmængde af VOC). Endelig indeholder de fleste brændsler urenheder f.eks. svovl, der brænder til svovldioxid (SO₂).⁷⁴

I foregående afsnit har vi fortalt om dioxin og tjærestoffer (PAH). Her vil vi blandt andet nævne SO₂, NO_x o.l., der er med til at forsure luften og skade mennesker, miljø og bygninger. Tilsammen vil udslip af SO₂, NO_x, CO og CO₂ fra intense brænderøgsemissioner over længere tid give skader på træer, buske og hække. Akut oplever mennesker og dyr ubehag ved den sure røg.⁷⁵

I tabellen nedenfor ses emissionerne af SO₂, NO_x, CO, NH₃, CH₄, CO₂ fra brændeovnsfyring i 2013.

Tabel 2. Emissioner fra træfyring i boliger fordelt på kemisk stof, Danmark 2013 (i tons).

SO ₂	NO _x	CO	NH ₃	CH ₄	CO ₂
----- tons -----					
343	2.380	65.904	1.123	2.869	3,5 mio.

Kilde: Statistikbanken, Nielsen, O.-K., m.fl. (2016) SR 183, s. 402-426 og Nielsen, O.-K., m.fl. (2016), SR 189, s. 143-156.

Tallene kan ikke findes direkte i statistikkerne. De er beregnet ud fra brændselsforbrug i husholdningerne i 2013⁷⁶ og de enkelte stoffers emissionsfaktorer.⁷⁷

74. Miljøstyrelsen (2003), s. 8

75. Anders Carlsen (2009), s. 330

76. Hansen, Morten Tony (2015)

77. Nielsen, O.-K. (2016)

Omfanget af NO_x-emissioner fra brændeovne er interessant, fordi det bliver større med forbedrede ovne.⁷⁸ Denne kendsgerning taler for, at Miljøstyrelsens moderniseringsstrategi med erstatning af gamle ovne med nye ikke vil nedsætte NO_x-emissionen. Tværtimod. Udledningen af dioxin og nanopartikler fra træfyring vil ligeledes blive forøget.

Tungmetaller

I Miljøstyrelsens publikation *Økologisk byfornyelse og spildevandsrensning* fra 2003 forklarede G. Christensen, O.F. Adeler og J.J. Linde:

“Oprindeligt dækkede ordet tungmetal over et metal med massefylde, der var større end jerns. Senere er ordet blevet brugt til at beskrive et ‘giftigt metal’. Fælles for alle tungmetaller er, at de er grundstoffer og ikke kan nedbrydes i naturen. Tungmetaller findes naturligt i små koncentrationer i miljøet, men menneskelige aktiviteter har medført, at koncentrationen af metallerne visse steder er øget til et niveau, hvor der kan registreres eller forudses skadelige virkninger på mennesket eller miljøet. Høje koncentrationer af tungmetaller i landbrugsjord kan udgøre en fare for mennesker og dyr, ved at afgrøderne optager metallerne, som dermed bliver ført videre op i fødekæden og akkumuleres.”

Tabel 3. Tungmetalemissioner fra husholdninger i 2013, Danmark (i kg).

Kemisk stof	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Se	Zn
Emissioner (kg)	6	405	717	187	17	62	842	15	15.969

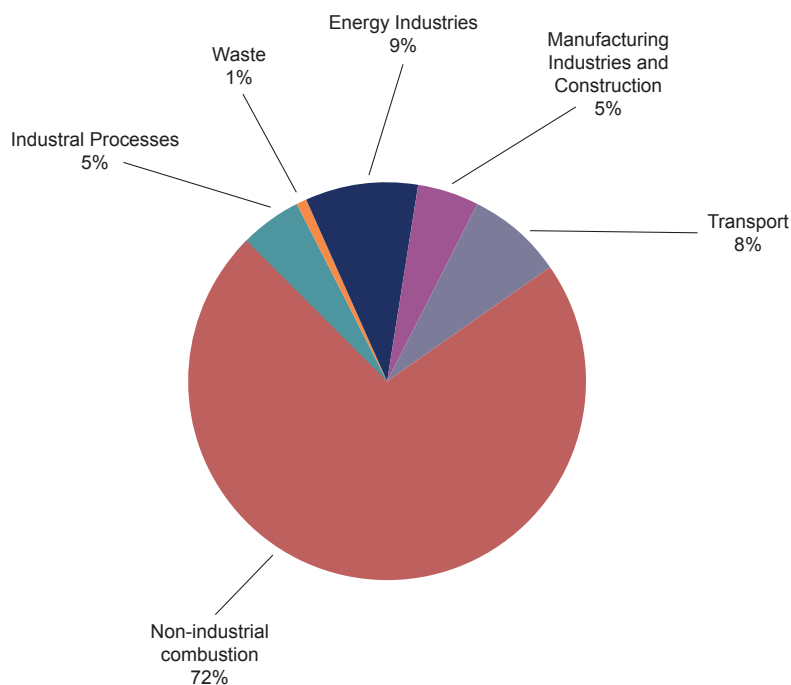
Kilde: Nielsen, O.-K., m.fl. (2016), s. 418 (bygger på EEA 2013).

Skorstensrøg fra små træfyrianslæg er kilde til tungmetaller i miljøet. Tabellen viser en oversigt over emissionerne i kg fra træfyring i boliger.

Emissionsfaktorerne for tungmetaller hos rapporter fra EEA (European Environmental Agency) er blevet benyttet til at beregne det samlede udslip fra diverse kilder f.eks. fyring med træ i boliger.

78. Jensen S.S. (2015), side 8

Blandt de tungmetaller, som er nævnt ovenfor, er det bly (Pb), cadmium (Cd) og kviksølv (Hg), som er særligt sundhedsskadelige og derfor vigtige at gribe ind overfor.⁷⁹ Den største kilde til Cd-emissioner i Danmark er forbrænding.



Figur 19. Emissioner af cadmium fordelt efter hovedsektorer inkl. transport.
Kilde: Nielsen, O.-K. (2016), s. 41.

Som cirkeldiagrammet viser, bidrog cadmiumemissionen fra non-industri- al (ikke-industri- el) forbrænding med 72 % i 2014. Heraf kom 97% fra hus- holdninger.

For stationære forbrændingsanlæg gælder, at brændeovne ol. er største kilde til luftforurening med cadmium, chrom, kobber, bly og zink.⁸⁰

I en rapport fra Miljøstyrelsen i november 2016 slog man alarm. I et “interview med ti kommuner nævner otte af kommunerne sager, der karakteriseres som alvorlige. I sagerne er der stærke formodninger om gentagen

79. Nielsen, O.-K.,(2016), SR. 183, side 40

80. Nielsen, O.-K.,(2016), SR. 183, side 67

afbrænding af affaldstræ, men kommunerne kommer til kort, når det drejer sig om bevisbyrden. Den ulovlige afbrænding er til stor gene for naboer og nærmiljø, og afbrænding af affaldstræ indebærer en betydelig risiko for emission af miljøfarlige kemiske forbindelser og tungmetaller til miljøet.” Her tænker forfatterne bl.a. på PCB, dioxin, benz[a]pyren og cadmium.⁸¹

Konklusion

Da brænderøg ligesom tobaksrøg indeholder hundredvis af forskellige kemiske stoffer, hvoraf nogle er meget skadelige både for menneskers helbred og for miljøet, er det for snæversynet kun at beklage luftens forurening med fine og ultrafine partikler og ikke at nævne røgens kemiske indhold. Konklusionen bliver efter vores vurdering, at kommunerne ikke har det nødvendige beredskab til at afhjælpe skadelig luftforurening i dagligdagen. Det ville være et fremskridt, hvis myndighederne sørgede for, at røgens sundhedsskadelige kemi blev alment kendt, og staten skal være langt mere aktiv med indgreb ved ‘væsentlig’ forurening fra rygende skorstene.

81. Pedersen, P.B. og Frederiksen, M. (2016), s. 13

E. Fra svævestøv til nanopartikler

Indledning	64
Resultater fra Gundsømagle	66
Undersøgelser af partikelstørrelse i brændeovnsrøg	67
Ultrafine partikler er lig nanopartikler	70
Sammenfatning	71

Indledning

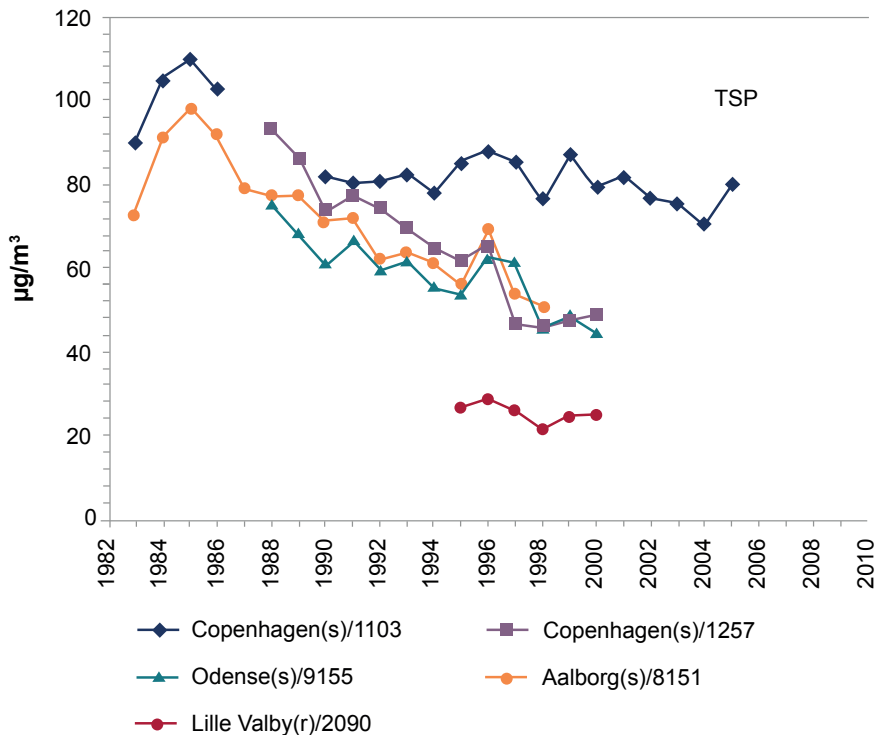
Sodpartikler fra små individuelle fyringsanlæg har længe været en kendt forurening i Danmark. I mange byer var røgpartikler fra åbne kulkaminer et helbredsproblem – også i København. Dengang var ‘svævestøv’ det almindelige begreb for partikler.

Undersøgelser af luftforurening blev påbegyndt i 1967 ved 8 målestationer i Københavns Kommune. Man koncentrerede sig om svævestøv og svovldioxid. I 1969 overtog Luftforureningskomiteen for Storkøbenhavn måleprogrammet, og det blev udvidet til at omfatte 28 stationer fordelt over hele Storkøbenhavn. Fra 1972 blev måleprogrammet ændret til også at måle andre forurenende stoffer, såsom NO, CO, hydrocarboner og tungmetaller, samt at bestemme den totale partikelmasse i luften. Desuden blev forskellige meteorologiske parametre overvåget.⁸²

Udslippet af sod og større partikler er blevet reduceret kraftigt siden 1960'erne. Ved brug af renere brændsler og med forbedret fyrings- og rensningsteknologi især på kollektive anlæg er niveauerne i danske byområder faldet tilsvarende. Indtil 2002 var det den totale masse af støvpartikler (TSP, Total Suspended Particles) man målte. Herefter begyndte man at måle massen af partikler mindre end 10 μ m i diameter (PM₁₀), og fra 2007-2008 målt massen af partikler mindre end 2,5 μ m (PM_{2,5}).

De første statslige målinger af svævestøv (TSP) fandt sted fra 1983 i København og Aalborg. Senere fulgte tre andre målestationer med. Disse målinger ophørte i 2005. Se figur 20.

82. Flyger, Hans m.fl. (1976): s. 7



Figur 20. Partikler i byluft. TSP. Tendenser for massen af årsmiddelværdier 1992-2005.

Kilde: DCE's hjemmeside (2. link).

Da omkostningerne ved målestationer hidtil har været meget store, valgte myndighederne kun at registrere luftkvaliteten nogle få steder. Her var tæt-befærdede gader det oplagte valg, dvs. bl.a. H.C. Andersens Boulevard og Jagtvej i København og den tidligere Albanigade i Odense. Desuden målte man baggrundsværdier i Lille Valby, som ligger i nærheden af Roskilde. Partikelforureningen med svævestøv var tydeligt mindre på landstationen end i gaderne. Niveautet i København lå på ca. 80 µg/m³ fra 1990 til 2006. For de øvrige stationers vedkommende blev luftkvaliteten markant forbedret hvad angik svævestøv/TSP.

I 2003 udsendte Danmarks Miljøundersøgelser (DMU) rapporten *Luftforurening med partikler i København*. Forfatterne var luftkvalitetsforskerne Finn Palmgren, Peter Wåhlin og Steffen Loft. Hovedformålet med rapporten var at give en analyse af de partikelmålinger, som Miljøkontrollen i København havde iværksat i samarbejde med Danmarks Miljøundersøgel-

ser. Endvidere var det formålet at give en generel oversigt over partikkelproblematikken og at sætte målingerne i København i relation til den daværende viden om partiklernes helbredsskadelige virkninger.

Miljøkontrollen i København havde indtil da gennemført omfattende luftkvalitetsmålinger, bl.a. på H.C. Andersens Boulevard, som var byens mest befærdede gade. De løbende målinger omfattede luftforurening med NO/NO₂, SO₂, CO, O₃ og partikler (TSP). Sammen med DMU iværksatte Miljøkontrollen nu som noget nyt målinger af PM₁₀, PM_{2,5} og ultrafine partikler med henblik på at få en bedre viden om partiklerne og deres helbredsmæssige betydning.

Det påfaldende ved DMUs rapport var, at forfatterne ikke med et ord nævnte små individuelle fyringsanlæg som kilde til en del af partikelforureningen. I en oversigt over kilder blev 'ikke-industrielle forbrændingsanlæg' nævnt med en andel af den totale emission af PM_{2,5} på 18%. Til denne gruppe hørte boligernes fyringsanlæg, men det blev ikke omtalt. Forskerne var tilsyneladende blinde over for dette faktum i modsætning til folkene bag en tidligere rapport fra 1973 om luftforurening i Storkøbenhavn.⁸³ Her blev svævestøv (TSP) betragtet som en markant del af luftforureningen og de små fyringsanlæg som en væsentlig kilde. Først i 2005 fremstod det klart i rapporter fra DMU til det internationale samfund, at brændeovne m.m. var kilde til 47% af PM_{2,5}-emissionerne i Danmark, mens vejtrafikken kun emitterede 19% af de totale PM_{2,5}-emissioner.⁸⁴ Denne indsigt kom fra Gundsømaglemålingerne! I 2014 blev andelen af fine partikler (PM_{2,5}) fra brændeovne mm. vurderet til 59%.⁸⁵

Resultater fra Gundsømagle

Som vi har nævnt tidligere, blev partikkelkoncentrationen i luften registreret ved den midlertidige målestation i Gundsømagle. Samtidig blev luftkvaliteten målt ved tre andre målestationer, nemlig to steder i København – ved H.C. Andersens Boulevard og på taget af H.C. Ørsted Instituttet (bybaggrund) og endelig i Lille Valby i nærheden af Roskilde (baggrund) (se figur 6).

83. Storkøbenhavns Luftforureningsudvalg (1973)

84. Illerup m.fl. (2005), s. 33

85. Nielsen, O.-K. m.fl. (2016), s. 38

Om aftenen var luftforureningen med fine partikler i Gundsømagle på samme høje niveau som forureningen i myldretiden ved H.C. Andersens Boulevard i København, målt som massen af fine partikler pr. m³ røgluft (partikler med diameter mindre end 2,5µm).

Partikler blev også målt på skorstene i Gundsømagle (se figur 3). Rapporten om disse skorstensmålinger understregede imidlertid, at partikelmålingerne var behæftet med en del fejl. Men på søjlediagrammet over partikeludslip fra de 13 skorstene i Gundsømagle, hvor målingerne lykkedes, undslap der i alle tilfælde partikler til atmosfæren, og der var stor forskel på, hvor store partikeludslippene fra de enkelte skorstene var.

Resultaterne fra Gundsømagle overraskede mange og blev omtalt med store overskrifter i aviserne, som vi tidligere har vist. Den bemærkelsesværdige høje partikelforurening om aftenen i villakvarterer, som især var blevet generende efter år 2000, gav næring til mange diskussioner. Resultaternes pålidelighed blev benægtet af interesseorganisationer som Skorstensfejlerlauget og DAPO (Foreningen af Danske Leverandører af Pejse og Brændeovne), men førte på den anden side til politiske krav om indgreb mod brændeovne.

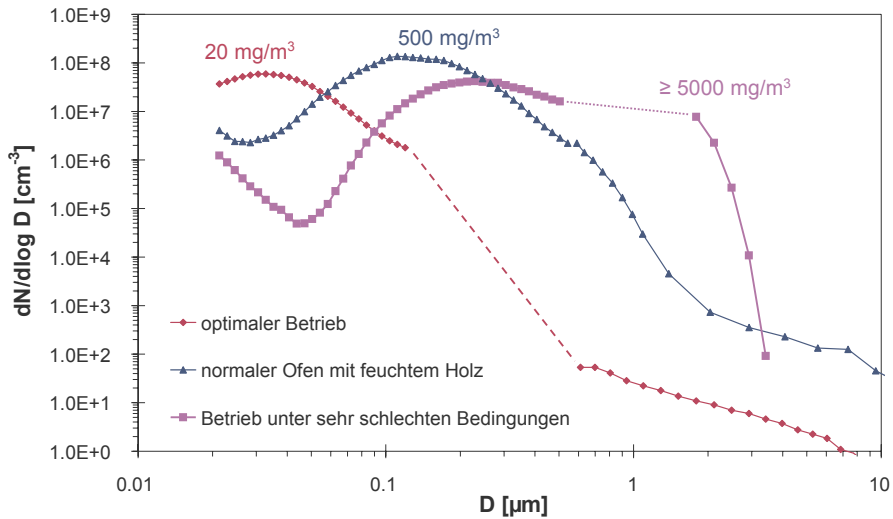
Undersøgelser af partikelstørrelse i brændeovnsrøg

Som vi antydede i indledningen til dette afsnit om partikler, er de fine og de ultrafine partikler de mest sundhedsskadelige. Derfor er det interessant at se nærmere på, hvordan partiklerne i røgen fordeler sig på forskellige størrelser. En af de kendteste undersøgelser af dette er Norbert Klippels og Thomas Nussbaumers schweiziske undersøgelse fra 2007.

Baggrunden var en voldsom partikelforurening i december måned 2005 i en bjerglandsby, Roveredo i Schweiz. Atmosfærekemikere analyserede sig frem til, at forureningen stammede fra beboernes brændeovnsfyring og ikke fra den stærkt befærdede motorvej til St. Bernhard Tunnellen i nærheden.⁸⁶

Derfor undersøgte en forskningsgruppe under ledelse af Klippel og Nussbaumer fra ingeniørfirmaet Verenum virkningerne af forbrændingspartikler fra såvel træfyring i små individuelle anlæg som fra dieselmotorer. Der var særlig fokus på helbredseffekter fra partiklerne.

86. Czeskleba-Dupont, S. (2006)



Figur 21. Brænderøgens partikelantal pr. cm³ fordelt efter størrelse ved forskellige driftssituationer.

Kilde: Klippel, N. og Nussbaumer, T. (2007), s. 33.

Ovenstående figur viser resultater fra målinger ved træfyring i brændeovne under forskellige fyringsforløb. Den vandrette akse angiver partiklernes diameter (indtil PM₁₀) og den lodrette akse partiklernes antal pr. cm³ røgluft. På grund af de store forskelle i partikelstørrelse og antal var det nødvendigt at benytte logaritmiske akser for at kunne afbilde resultaterne i samme figur. Partikler med en diameter mindre end 0,02 μm er ikke målt i disse undersøgelser. De mindste partikler – mindre end 0,1 μm i diameter – bliver kaldt for nanopartikler (eller ultrafine partikler).

De tre driftssituationer er ‘god drift’ (optimaler Betrieb), ‘normal drift’ (normaler Ofen mit feuchtem Holz) og ‘dårlig drift’ (Betrieb unter sehr schlechten Bedingungen). Partiklernes masse er målt i mg/m³ og betyder her den samlede målte massen af partikler over fyringsforløbet for hver af de tre driftssituationer.

Ved optimal fyring (den røde kurve) er langt de fleste røgpartikler af nanostørrelse, dvs. et stort antal har en diameter, der er mindre end 0,1 μm (100 nanometer). Ved dårligere fyring er partiklernes diameter større, og nanopartiklernes antal er mindre (den blå og violette kurve).

Som de udskrevne talværdier viser for partiklernes masse i mg/m³ ved hele fyringsforløb, er massen størst, når fyringen foregår under dårlige driftsbetingelser. At reducere partikelmassen ved at forbedre driftsbetin-

gelserne løser imidlertid ikke problemet med de mange nanopartikler i røgen ved optimal fyring – og de derved forbundne sundhedsrisici. Miljøstyrelsens moderniseringsstrategi, der satser på brændeovne med forbedrede driftsbetingelser, fjerner altså ikke nødvendigvis væsentlige, negative helbredseffekter i boliger og deres naboskaber.

Omkring år 2000 satte den australske regering et større udredningsarbejde i gang vedrørende brændeovne og brænderøgens kemiske og fysiske egenskaber. Forskningsarbejdet bestod blandt andet af flere exceptionelle måleserier af røgens sammensætning. I forskningsrapporten bliver det understreget, at målinger af luftpartiklernes ‘masse’ ikke er tilstrækkelige til at belyse væsentlige fysiologiske påvirkninger fra brændeovnsrøg, sådan som det hidtil havde været almindeligt i både epidemiologiske undersøgelser og ved lovgivningsmæssig kontrol i forhold til helbredseffekter fra luftbårne partikler. Her spiller ‘antallet’ af partikler og især af meget små partikler en vigtig rolle.⁸⁷ Derfor gennemførte man adskillige målinger af antal af fine og ultrafine partikler i røgen gennem et helt fyringsforløb (se <http://www.environment.gov.au/archive/atmosphere/airquality/publications/report5/chapter6.html#6-3> figur 60).

Figur 60 i den australske rapport viser et diagram, der minder om figuren fra den svejtsiske rapport, som vi har nævnt ovenfor. Begge akser i figuren er logaritmiske. Partikelstørrelse er ud ad x-aksen og antal partikler op ad y-aksen. Men i modsætning til den tidligere figur er der ikke kun tre kurver, men 12 kurver. Alle kurverne svarer til den samme fyring. Men hver enkelt kurve viser partikelfordelingen efter størrelse til hver sit tidspunkt. I legenden kan man se hvilket tidspunkt, der er tale om. F.eks. viser den øverste røde kurve, mærket med små kvadrater, hvordan situationen var 12 minutter efter optændingen. Denne kurve er kendetegnet ved, at størstedelen af partiklerne er forholdsvis store, dvs. omkring 0,1 μm eller større i diameter. Det er disse partikler, der gør røgen synlig efter optændingen.

Man kan også se, at i de første 25 minutter (de tre øverste kurver i legenden) var der forholdsvis mange af de større partikler. Der var relativt mange partikler med en diameter større end 100 nanometer (= 0,1 μm). I dette tidsrum var forbrændingstemperaturen lav og emissionen af partiklerne, målt ved deres masse, stor. Som forbrændingen skred frem, aftog partiklernes størrelse. I de senere forbrændingsfaser var den gennemsnitlige partikelstørrelse faldet til 50 nanometer i diameter, og partikelmassen er for-

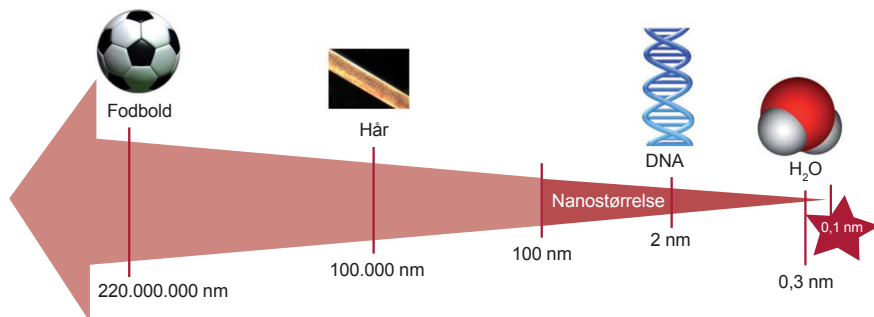
87. Environment Australia, (2002)

mentlig blevet mindre. Men ser man på antallet af de fineste partikler, som man kunne måle (20-50 nanometer), var antallet stadigvæk meget højt pr. cm^3 (mellem 100.000 og 1.000.000) selv efter 2 timer.

Det er i sådanne situationer, at uenigheden mellem røggenerede og brændeovnsjere opstår. Er man følsom over for brænderøg, kan man let identificere 'røglugt', men brændeovnsjeren kan henvise til, at der ikke kan 'ses' nogen røg. – I et senere kapitel kommer vi bl.a. ind på helbredseffekter fra de fineste partikler (ultrafine partikler).

Ultrafine partikler er lig nanopartikler

For at tælle ultrafine partikler (partikler med en diameter på mindre end 100 nanometer), benytter man mere avancerede apparater. Som nævnt bliver disse partikler også kaldt for nanopartikler. 100.000 nanometer er lig 0,1 millimeter (se figur 22).



Figur 22. Forskellige materialer målt i nanometer.

Kilde: Hansen, et al. (2008), s. 8.

Nanopartikler i luften kan have en naturlig oprindelse, f.eks. vulkanudbrud, partikler fra skovbrande og biologiske molekyler. De kan også stamme fra menneskelige aktiviteter som industrielle processer og energiproduktion, herunder træfyring i brændeovne. Endelig bliver de fremstillet industrielt som syntetiske nanopartikler.

På grund af partiklernes ringe størrelse og særlige fysisk-kemiske egenskaber er nanopartikler blevet et vigtigt emne for miljøforskningen.

Miljøstyrelsen udgav i 2015 en rapport af Poul Bo Larsen (DHI) og Jesper Kjølholt (COWI) om nanopartikler i udeluft. De skriver blandt andet,

at forhøjede niveauer af ultrafine partikler i udeluften hovedsagelig stammer fra forbrændingsprocesser, dvs. brændeovnsrøg og trafikudstødning:

“Da ultrafine partikler er meget ustabile i luft (som følge af hurtig agglomering til større partikler), er der meget høj variation af indholdet af frie ultrafine partikler selv inden for korte afstande. Således falder koncentrationerne af ultrafine partikler meget hurtigt med stigende afstande fra emissionskilderne, fx trafikerede veje og brændeovne. Dette betyder, at niveauerne af ultrafine partikler ofte varierer betydeligt fra ét sted til et andet inden for samme by/nærområde.

Derfor vil eksponeringsvurderinger for befolkningen for ultrafine partikler baseret på data fra fast placerede målestationer være behæftet med meget stor usikkerhed sammenlignet med eksponeringsvurderinger for $PM_{2,5}$ og PM_{10} , hvor de målte niveauer i langt højere grad repræsenterer befolkningens eksponering”.⁸⁸

Os bekendt er der endnu ikke foretaget officielle vurderinger i lokale boligområder af ultrafine partikler fra træfyring i brændeovne, -kedler og træpillefyr. Men ud fra ovennævnte rapporter har vi grund til at frygte, at ovne med mere effektiv forbrænding vil udsende flere ultrafine partikler end de mindre effektive anlæg.

Sammenfatning

Forskere og politikere undervurderede i lang tid brænderøgens betydning for luftkvaliteten i byerne og antog frem til 2005, at trafik udsendte mere $PM_{2,5}$ end brændeovne. I dag vurderer DCE som nævnt ovenfor, at andelen fra brændeovne m.m. er på 59%. Desuden fejlvurderede de partikelstørrelsen fra brænderøg. Omfanget af ultrafine partikler i røgen fra små individuelle fyringsanlæg er først blevet erkendt fornylig.

88. Larsen og Kjølholt (2015), s.16

F. Tyve års erfaringer med brændeovnsrøg

I forbindelse med lukning af små, stærkt forurenende affaldsforbrændingsanlæg rundt om i Danmark i midten af 1980'erne kom der gang i dioxinmålinger på både små og store anlæg, og man inddrog også brændeovne som forskningsobjekter. Dansk forskning blev internationalt anerkendt og Danmark blev udnævnt som 'lead country' på dioxinområdet sammen med Belgien. De mest markante resultater opnåede Ole Schleicher, Allan Astrup Jensen og Peter Blinksbjerg i 2001 med Miljøprojektet *Måling af dioxinmissionen fra udvalgte sekundære kilder* finansieret af Miljøstyrelsen. Ved deres brændeovnsmålinger i laboratoriet blev der mod forventning målt større dioxinmissioner ved optimal fyring end ved natfyring. Forskernes konklusion var imidlertid, at natfyring alligevel burde undgås af hensyn til den væsentlige forøgelse af PAH- og partikelemissioner ved natfyring. En anden forskel, som målingerne på ovnene i laboratoriet afslørede, var, at løvtræ med bark gav større dioxinmissioner end afbarket løvtræ.

I sommeren 2004 blev de første resultater af undersøgelserne i Gundsømagle kendt i offentligheden. Avisen Politiken benyttede overskriften: "Brændeovne forurener villakvarterer." – Målingerne i Gundsømagle viste, at selv rent, tørt træ og korrekt fyring i brændeovne afgiver sundhedsfarlige røgudslip. Alle fyringer fra de 13 undersøgte fyringsanlæg forurenede luften. Nogle anlæg forurenede mest med partikler, andre mest med dioxin og andre igen med tjærestoffer. – Det var ikke kun nogle ganske få ovne, der forurenede, som det er blevet påstået af myndigheder og lobbyister, og det var ikke kun i koldt, stille vejr. Desuden var både dioxin- og PAH-emissioner foruroligende høje. I vintermånederne var lokal afbrænding af træ den største kilde til sundhedsskadelige kulstofpartikler i luften og ikke kulstofpartikler fra Polen, Tyskland eller England. Endelig var luftforureningen om aftenen på samme høje niveau som forureningen i morgentimernes myldretid ved H.C. Andersens Boulevard i København.

Resultaterne rystede både fagfolk og offentlighed, men det satte desværre ikke gang i en effektiv regulering af emissioner fra de små træfy-

ringsanlæg. I 2006 udsendte Connie Hedegård som miljøminister en national implementeringsplan i forhold til Stockholmkonventionen om persistente organiske skadestoffer, hvortil dioxin hører. På dette tidspunkt afviste Ministeriet med klimapolitiske begrundelser stik mod forskernes anbefalinger at gribe ind med reguleringer over for brændeovne. Tilsvarende undlod myndighederne efter vedtagelsen af en bekendtgørelse for brændeovne i 2007 at udfærdige en vejledning til denne. Sådanne vejledninger kan hjælpe kommunerne med at gribe ind over for omfattende røggener i boligkvarterer. På brændeovnsområdet kom vejledningen først i 2016.

På trods af protester og klager over røggener i mange år fra medlemmer af MCS Foreningen – Foreningen for Duft- og Kemikalieoverfølsomme og af Astma-Allergi Danmark var reaktionerne fra såvel de kommunale som de centrale myndigheder totalt afvisende. Selvom der med den første brændeovnsbekendtgørelse fra 2007 var åbnet op for, at kommunerne kunne skærpe deres tilsyn og foretage eventuelle indgreb i ‘nærmere bestemte områder’, gjorde kommunerne det ikke. – Vi vil i de følgende to kapitler vise, at kommunernes tilbageholdenhed ikke hang sammen med, at der ikke var fare på færde.

DEL II

Fra kilde til krop

Indledning 77

- A. Møde om tjærestoffer på RUC 2007 78
- B. Brændeforbrug og partikelemissioner 85
- C. Luftkvalitet, eksponering og helbredseffekter 98
- D. Lokale røgfælder 108
- E. Boligmiljøundersøgelser 114
- F. Måling af røggener 120
- G. Mangelfuld viden og regulering 125



Foto: Jens Erik Nikolajsen

Indledning

“New Directions: It’s time to put the human receptor into air pollution”
(William W. Nazaroff, 2008).

“Partikelforurening er et kompliceret problem, som omfatter alle trin fra udledning over transport i luften, påvirkning af mennesker og miljø samt deraf følgende sygdomme og gener.” (Finn Palmgren, 2009).

I dette hovedafsnit koncentrerer vi os om emnerne opvarmning ved hjælp af små træfyrringsanlæg og om luftforurening i boligområder.

Hvordan har omfanget af udledninger fra træfyrring ændret sig siden år 2000, hvor forskere begyndte at beskæftige sig med helbredseffekter fra brænderøg? Det har ikke været så ligetil at finde ud af.

Først bringer vi et referat fra et bemærkelsesværdigt møde om tjærestoffer på RUC i 2007. Herefter ser vi på, hvad vi ved om de samlede emissioner i Danmark fra små træfyrringsanlæg, og hvad et større brændeforbrug betyder for luftkvalitet, eksponering og røggener i boligmiljøet.

Til sidst omtaler vi forsøg med partikelmålinger i boligområder.

A. Møde om tjærestoffer på RUC 2007

Baggrund	78
Oplæg fra en røggeneret	80
Mødets forløb	82
Miljøstyrelsens indlæg på mødet	82
Hvad der siden skete	83
Konklusion	84

Baggrund

I 2006 udsendte Danmarks Miljøundersøgelser (DMU) sammen med forlaget Hovedland en bog om forurening med tjærestoffer. Forfatterne til bogen var forskere inden for miljøkemi, toksikologi, mikrobiologi og luftkvalitet.

På dette tidspunkt var forurening af luft, vand og jord med tjærestoffer kendte fænomener, og både de nationale myndigheder og EU havde stor opmærksomhed på denne stofgruppe og kilderne hertil. Et af bogens kapitler bar overskriften: Hvor farlige er tjærestoffer? Kapitlet begyndte med følgende introduktion: "I dette kapitel belyses det, hvorfor tjærestoffer er så usunde. Nogle af dem kan hæmme immunsystemet, andre forstyrrer hormonbalancen og påvirker evnen til at få børn. Men det alvorligste er, at de kan skade arveanlæggene og fremkalde kræft."⁸⁹

Det var også kendt, at brændeovne var en af hovedkilderne til tjærestoffer i luften. Gennem skorstensmålinger i Gundsømagle havde man påvist et stort indhold af tjærestoffer i brænderøgen. Ved at omsætte denne viden til landsplan havde man i 2003 beregnet, at der kom ca. 9.000 tons af de giftigste tjærestoffer til atmosfæren fra brænderøg.⁹⁰

Såvel tjærestofbogen som ny viden i rapporter fra DMU om tjærestof-forurening gjorde os bekymrede. Min mand, Rolf Czeskleba-Dupont (den-

89. Karlson, U. red. (2006), s. 37

90. Nielsen, M. og Illerup, J.B. (2005), s. 63

gang ansat på RUC), og jeg besluttede at arrangere et møde på RUC om tjærestoffer. Sammen med Astma-Allergi Hovedstaden og Institut for Miljø, Samfund og Rumlig Forandring på RUC indbød vi til et offentligt møde i september 2007. På mødet kom nogle af forfatterne til DMU's tjærestof-bog samt andre forskere og et par repræsentanter for Astma-Allergi Forbundet med oplæg.

Mødet henvendte sig især til brænderøgsramte, sagsbehandlere i stat og kommuner, journalister og NGO-grupper samt til forskere og studerende inden for sundhed, miljø og energi. Der var stor interesse for mødet, og ca. 60 personer deltog.

Deltagerne var en meget blandet skare. Udover almindelige interesse-rede borgere var der deltagere fra forskellige kommuner, Arbejdstilsynet og Miljøstyrelsen. Erhvervslivet var repræsenteret af Skorstensfejerlauget, brændeovnsfabrikanter, et ventilationsfirma, en sælger af måleudstyr og ingeniørvirksomheden Force Technology, der var kendt fra undersøgel-serne i Gundsømagle. Desuden stod forskere fra DMU, DTU, RUC, KU, Gentofte Hospital og Arbejds miljøinstituttet på deltagerlisten sammen med repræsentanter fra Kræftens Bekæmpelse, Astma-Allergi Danmark, MCS-Danmark (Foreningen for Duft- og Kemikalieoverfølsomme) og fra en boligforening.



*Figur 23. Roskilde Universitet med mødelokalet.
Foto: Rolf Czeskleba-Dupont.*

Deltagerne blev budt velkommen af RUC's rektor Henrik Toft Jensen. Thorkil Kjær, direktør for Astma-Allergi Danmark, indledte mødet efterfulgt af et af organisationens medlemmer, sygeplejerske Vienni Henriksen.

Oplæg fra en røggeneret

Som repræsentant for Astma-Allergi Hovedstaden holdt Vienni Henriksen, hjemmesygeplejerske og boende i et røgplaget område i Hvidovre, følgende oplæg, som desværre stadigvæk er aktuelt:

“Viden om tjærestoffers farlighed har vi hovedsagelig fra tobak og trafik. Kilden til tjærestof-forureningen i udeluften er dog altovervejende fra brændeovne, hvilket er kommet fuldstændig bag på mange.

I dag er der over 700.000 kombi- og brændeovne i Danmark. Siden år 2000 er antallet af ovne øget eksplosivt, som følge af en massiv reklamekampagne om brændeovnes lyksaligheder: hygge, varme, knitrende ild og store besparelser på varmeregningen.

Forbrugeren bliver ikke oplyst om, at deres hyggespreder er en ren forureningsbombe.

Svanemærkede ovnes krav til udledning af røgpartikler er langt fra skrappe nok. Man accepterer langt større forurening end fra oliefyr. Og der er endnu ikke skatter og afgifter på ovne og på brænde som på andre opvarmningskilder.

Brænderøg er en væsentlig forurening (i miljølovens forstand) med fine og ultrafine partikler, kræftfremkaldende PAH'er og dioxin. Vi er reelt havnet i en uholdbar sundhedssituation i stort set alle landets boligområder. I år 2000 viste en spørgeskemaundersøgelse, som Statens Byggeforskningsinstitut og Statens Institut for Folkesundhed gennemførte, at ca. 300.000 mennesker inden for de forudgående 14 dage var generet af brænderøg. I Astma-Allergi Danmark har en senere undersøgelse vist, at 48 % af medlemmerne i forbundet var generet af brænderøg. Det er ikke kun ældre og børn eller personer med speciel følsomhed, der rammes af luftforureningen med brænderøg. Den rammer alle. Det er umuligt at kontrollere brændeovnsrøg. Selv røg fra tørt, rent træ indeholder hundredvis af forskellige sundhedsskadelige stoffer, heriblandt fine sodpartikler, tjærestoffer og dioxin. I øjeblikket er der desværre ingen planer om at måle luftforureningen i røgbelastede områder.

Ud fra forespørgsler om røgramtes helbredseffekter har det vist sig, at flere havde de samme symptomer, hvoraf nogle skal nævnes her:

- lungeproblemer (astma og forværring af rygerlunger)
- kraftig migrænelignende hovedpine
- halsgener samt prikken i tungen
- kvalme
- hjertebanken og knugende smerter i hjerteregionen
- svie, kløe og hævelser i og omkring øjnene
- næse- og bihuleproblemer (hyppige betændelser)
- ekstrem træthed, søvnløshed (når røgen siver ind om natten)
- koncentrationsbesvær, svimmelhed og allergi.

Langtidspåvirkning giver endnu alvorligere skader.

Der kan bl.a. nævnes:

- Astma
- Hjertekarsygdomme
- Udvikling og forværring af rygerlunger samt kroniske lungeskader
- Skader på arveanlæg, som bl.a. kan udvikle forskellige livsfarlige kræftsygdomme i næsten alle kroppens organer.

Røgramte naboer forsøger på forskellig måde at isolere sig mod den indtrængende røg:

- flere prøver at rense luften med "luftrensere"
- nogle klæber deres vinduer og ventilationer til
- nogle må bruge maske
- nogle har forhøjet brug af allergimedicin
- nogle flygter fra deres bolig (må sove på rastepladser i bil).

Kommunerne er øverste miljømyndighed, der tolker Miljøloven. Rigtigt mange brænderøgsklager er imidlertid blevet afvist med den begrundelse, at forureningen ikke er væsentlig, og at klagen er uberettiget. Det stiller klagerne i et tvivlsomt lys og fører til nabokonflikter.

Røg fra brændeovne er en af de mest sundhedsskadelige luftforureninger. Og de gældende regler er en tragisk fejltagelse for os, men især for vore børns helbred og fremtidige generationers livskvalitet.

Derfor bør brændeovne i tæt bebyggede boligområder undgås, og der bør sættes på brænderøgsfrie boligområder. Hvor bliver den forebyggende indsats af, som embedslægerne allerede i 1999 efterlyste?”

Mødets forløb

Efter Vienni Henriksens personlige indlæg fulgte oplæg fra nogle af landets førende toksikologer. Dr.scient. Lars Carlsen (RUC) nævnte bl.a., at forbrænding af tobak giver 0,8-2,0 mg PAH/kg tobak.

Til sammenligning kan det nævnes, at et kg træ giver 38 mg PAH ved forbrænding.⁹¹

Seniorforsker Åse Marie Hansen, Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø, fortalte, at PAH bliver optaget i kroppen gennem lungerne (forurenede luft), gennem huden (tjærebehandling) og gennem mave-tarmkanalen (føden). Ved at måle bestemte kemiske stoffer og/eller deres nedbrydningsprodukter (biomarkører) i urin kan man få et mål for personens eksponering med tjærestoffer. Hun havde blandt andet påvist, at børn i byen udskilte mere 1-hydroxypyren (en biomarkør) end børn på landet.

Seniorforsker Mona-Lise Binderup, Fødevareinstituttet, DTU, forklarede, hvordan risikovurdering af genotoksiske og kræftfremkaldende stoffer foregår ud fra sætningen risiko = effekt x eksponering.

Professor i toksikologi Lisbeth E. Knudsen, Institut for Folkesundhedsvidenskab, Københavns Universitet, fortalte om sundhedsskadelige PAH-koncentrationer i udeluften med cases fra Polen og Tjekkiet.

Afslutningsvis gjorde fysikeren professor Bent Sørensen, RUC, rede for fordelene ved en overgang til emissionsfri opvarmning af boliger, og hvordan dette kunne blive realiseret.

Miljøstyrelsens indlæg på mødet

Efter pausen kom overraskelsen. De mange interessante og relevante indlæg blev kortvarigt afbrudt af Poul Bo Larsen, en embedsmand fra Miljøstyrelsen, der i kaffepausen bad om at få ordet, når mødet begyndte igen. Budskabet fra Miljøstyrelsen var klart. Fra nu af skulle omtale af luftforurening fra brændeovne indskrænkes til omtale af partikler. Kemiske stoffer var det ikke længere nødvendigt at beskæftige sig med for at kunne re-

91. Poul Bo Larsens oplæg på Panummødet d. 25.1.2006

ducere udledninger af skadelige stoffer. Reduktioner af partikelmængden ville være tilstrækkelige (jf. figur 24).

	Reduktion i udledning (g PM _{TSP} pr. GJ)
Moderne brændeovne	640
Masseovne	200
Træpilleovne	60
Efterbrændere i gamle ovne	330
Brændeovne med elektrostatiske filtre	55
Træpillebrændere monteret på gamle kedler	100
Nye brænde kedler med akkumuleringstanke	150
Nye træpillekedler	35

Tabel 3-4

Potentialer for at reducere udledningen af partikler fra brændeovne og små brænde-kedler. Store reduktioner i udledningerne af partikler kan opnås ved at udskifte gamle ovne og kedler med teknologier, der enten automatisk styrer forbrændingen eller akkumulerer varmen. Der er også et reduktionspotentiale i at montere partikelfiltre på toppen af skorstene.

Figur 24. Potentialer for at reducere udledningen af partikler i følge DMU 2009. Kilde: Palmgren, m.fl. (2009), s. 41.

Vi som brændeovnsmodstandere oplevede Poul Bo Larsens indlæg som en desavouering af det arbejde, vi hidtil havde udført sammen med Astma-Allergi Danmark. For forskerne, der havde holdt oplæg på mødet om tjærestoffer, var det et vink med en vognstang om, at de burde forske i andre emner end PAH fra brændeovne.

Hvad der siden skete

I december 2007 udsendte Miljøstyrelsen den første bekendtgørelse vedrørende brændeovne. Men i modsætning til Støjbekendtgørelsen, som var offentliggjort tidligere på året, fulgte der ingen vejledning med. En sådan vejledning er først kommet i 2016 i tilknytning til en ny brændeovnsbekendtgørelse fra 2015.

Om bekendtgørelsen fra 2007 skrev Miljøstyrelsen på sin hjemmeside: “Bekendtgørelsen betyder, at producenter, importører, forhandlere, brugere og skorstensfejere fra den 1. juni i fællesskab skal sikre, at alle nyinstallerede fyringsanlæg overholder de nye grænseværdier for udledning af bl.a. sundhedsskadelige partikler.”

Dette stemte overens med budskabet på RUC. Den omfattende forurening fra træfyring, som vi gennem målinger i laboratoriet og i felten havde fået kendskab til (tungmetaller, flygtige organiske stoffer som benzen, tjærestoffer og dioxiner), blev herefter neutraliserende omtalt som udslip af partikler med en diameter under 2,5 µm (PM_{2,5}).

Konklusion

I bagklogskabens klare lys kan vi nu se, at regeringens politik i forhold til luftforurening fra brændeovne ikke var at udfase brændeovnsopvarmning over f.eks. 10 år, sådan som vi havde anbefalet på ekspertmødet på Christiansborg i 2007,⁹² men at modernisere ovnene med henblik på at reducere udslip af partikelmasse til fordel for fortsat vækst i brændeovnsbranchen. Regeringen satsede åbenbart på et nyt eksporteventyr med brændeovne à la den danske vindmøllesucces. Denne fokusforskydning fra kritik af brændeovnsrøg til optimisme i forhold til nye ovne fik afgørende betydning for kommunernes politik og offentlighedens holdning til brændeovne i det næste årti. De færreste er i dag klar over de alvorlige helbredseffekter, som brug af brændeovne kan have for såvel naboer som for ovnbrugerne selv og for samfundet som helhed, og offentligheden blev i 2016 overrasket over at høre fra de økonomiske vismænd, at de helbredsrelaterede omkostninger for samfundet ved brug af brændeovne årligt er ca. 4 mia. kroner.⁹³

92. Czeskleba-Dupont, S. (2007), s. 5

93. Vismandsrapporten (2016), s. 162

B. Brændeforbrug og partikelemissioner

Indledning 85

Stikprøveundersøgelser af brændeforbruget 2005-2013 88

Brændeforbrug og brændselsforbrug er to forskellige størrelser 91

Emissionerne har været fejlvurderet 93

Brændeforbrug 2015. Ny metode, nye overraskelser 93

Antallet af brændeforbrugende, små fyringsanlæg 94

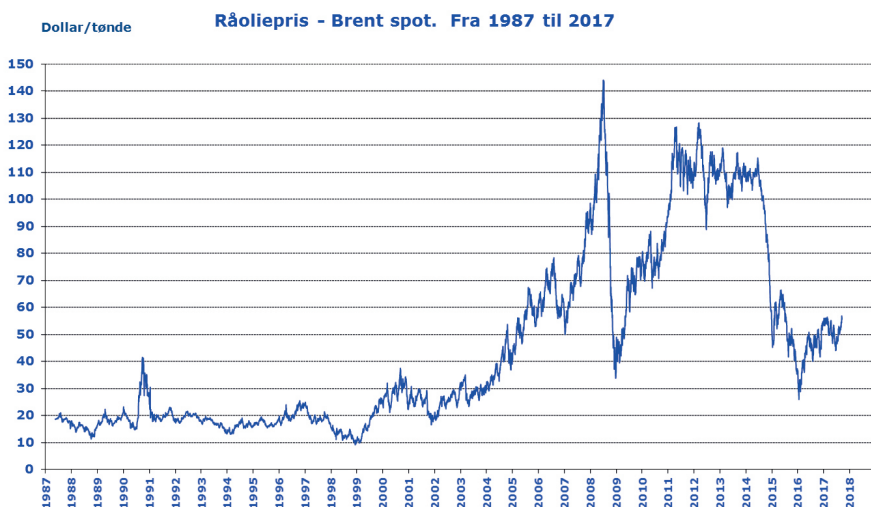
Enhedsforbrug pr. anlæg og samlet brændeforbrug 2015 95

Fyring med affald 96

Konklusion 96

Indledning

Fra ca. år 2000 blev de samlede røggener fra små lokale træfyringsanlæg forøget. Det kan blandt andet føres tilbage til ændringer i oliepriserne. Med stigende oliepriser skiftede nogle oliefyret ud med brændeovne.



Figur 25. Råolieprisen (Brent Spot) 1987-2017.

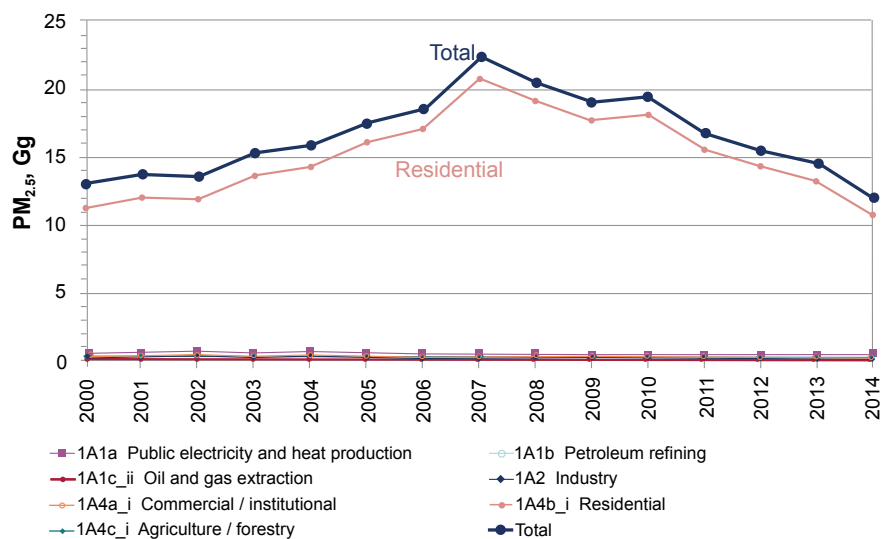
Kilde: EOF energi- og olieforum.

På figur 25 kan man se, at råolieprisen begyndte at stige i 1999. Men hvordan er det siden gået med emissioner og røggener fra små træfyringsanlæg i Danmark?

For at kunne vurdere omfanget af emissioner fra brændeovne, og hvordan de har ændret sig med tiden, ville det være gavnligt at kende antallet af fyringsanlæg og mængden af anvendt brændsel under fyringen. Ingen af delene er det nemt at få præcis viden om.

I modsætning til olie-, naturgas- og fjernvarmeopvarmede boliger, hvor brændselsforbruget er velkendt, er der flere ukendte aspekter ved brændeopvarmning. Antallet af fyringsanlæg til brændsel har myndighederne hidtil ikke kortlagt på landsplan. Der er heller ingen instans, som holder detaljeret regnskab med forbruget af brændsel, sådan som der er med både fyringsolie, naturgas og fjernvarme.

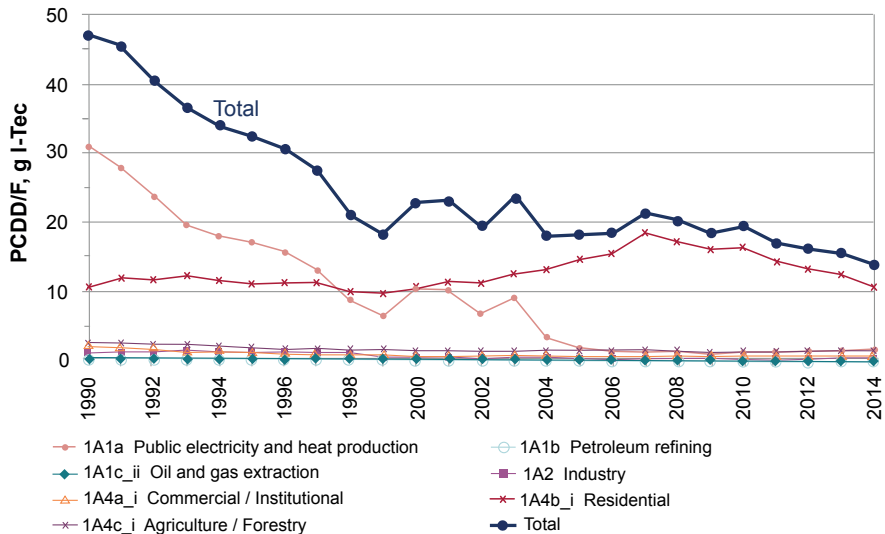
Hvordan har myndighederne så hidtil fundet ud af, hvor meget brændeovne forurener luften med f.eks. fine partikler og dioxin, sådan som figur 26 og 27 illustrerer?



Figur 26. Tidsserie over emissioner af fine partikler ($PM_{2,5}$) i Gg (gigagram) ved stationær forbrænding i Danmark.

Kilde: Nielsen, O.-K. m.fl. (2016), s. 65.

I figur 26 henviser $PM_{2,5}$ til massen af fine partikler (diameter på $2,5\mu m$ og herunder). Stationære forbrændingsanlæg omfatter fyring i faste anlæg ved offentlige kraft- og varmegværker, olieraffinerier, olie- og gasudvinding, industri, handel og institutioner, husholdninger (residential) og landbrug.⁹⁴ Tidsserien viser husholdningernes store andel af partikelemissioner fra stationære anlæg. Den udgør ca. 90 %. Emissioner med fine partikler i husholdningerne steg fra ca. 11 Gg (1 Gg = tusind tons) i år 2000 til ca. 21 Gg i 2007. Herefter viser emissionerne et fald til niveauet i året 2000. Fra officiel side er nedgangen blevet forklaret ved ibrugtagning af moderne brændeovne og -kedler.⁹⁵ – Men er det nu hele forklaringen?



Figur 27. Tidsserie over dioxinmissioner ved stationær forbrænding i Danmark. Kilde: Nielsen, O.-K. m.fl. (2016), s. 72.

Figur 27 viser en tidsserie for dioxinmissioner med faldende tendens ved stationær forbrænding. Som vi tidligere har beskrevet, har myndighederne siden 1980'erne været aktive i bestræbelser for at reducere luftforureningen fra affaldsforbrændingsanlæg (public electricity and heat production). Senere blev dioxinmissioner fra brændeovne også erkendt, men uden at

94. Nielsen, O.-K. m.fl. (2016), s. 46

95. Samme, s. 63

det medførte nogle indgreb. Fra ca. år 2000 har emissioner fra brændeovne (residential) ifølge figur 27 derfor været større end emissionerne fra affaldsforbrændingsanlæg. Ligesom for fine partikler fra brændeovne topper kurven for dioxin fra brændeovne i 2007. Men hvorfor? Vi leder efter svaret på de kommende sider.

Stikprøveundersøgelser af brændeforbruget 2005-2013

Emissioner fra små træfyringsanlæg er hidtil blevet beregnet som produkt af antal enheder (ovne og kedler), træforbrug pr. enhed (GJ) og emissionsfaktorer for de forskellige emissionskomponenter ved træforbrænding (masse pr. GJ). Vi begynder med at undersøge, hvad man ved om antal ovne og kedler og om brændeforbrug pr. enhed i Danmark.

Størrelsen af brændeforbruget i Danmark var indtil 2005 meget usikker. For 2005 forsøgte Anders Evald og Lars Nikolaisen på opfordring fra Energistyrelsen at frembringe bedre data. Disse undersøgelser blev fulgt op hvert andet år. 2013-undersøgelsen blev dog udført af Morten Tony Hansen. 2015-undersøgelsen vil blive behandlet sidst i et selvstændigt afsnit pga. ny metode i forhold til de første fem undersøgelser af brændeforbruget.

I resuméet til 2013-undersøgelsen oplyser Morten Tony Hansen (MTH), at forbruget af brænde i Danmark er opgjort ved en stikprøveundersøgelse, hvor 2.133 tilfældige husstande pr. telefon har svaret på spørgsmål om anvendelse af brænde. 586 af de adspurgte havde et eller flere brændeforbrugende anlæg i hjemmet eller sommerhuset. Det blev i alt til 642 apparater, heraf 15 kedler. Dette lave antal kedler betragtede MTH med rette som en betydelig fejlkilde i forhold til forbruget af brænde, idet en kedel i gennemsnit bruger 3-5 gange mere brænde end en brændeovn. Vi vender tilbage til denne usikkerhed.

Bestand og forbrug	Basis	Andel	Antal enheder	Enhedsforbrug GJ	Forbrug,TJ
Brændeovne i beboede boliger (inkl. pejse/masseovne)	2 597 968	22,74%	590 724	27,87	16 464
Brændeovne i ubeboede boliger	164 476	22,74%	37 398	0	0
Brændeovne i sommerhuse (inkl. pejse/masseovne)	2 597 968	6,66%	172 954	16,97	2 936
Brændekedler i boliger	2 597 968	0,70%	18 270	119,80	2 520
Sum					21 920

Figur 28. Opgørelse af bestand og forbrug af brænde i Danmark i 2013.
Kilde: Morten Tony Hansen (2015), Tabel 9, s.15.

Ved opgørelse af forbruget af brænde har MTH benyttet tal fra Danmarks Statistik for antallet af boliger i 2013. I følge Danmarks Statistik var der på dette tidspunkt 2.597.968 beboede boliger og 164.476 ubeboede boliger. Bestanden af de forskellige typer af brændeforbrugende enheder blev derefter bestemt ud fra den andel, de udgjorde i den gennemførte interviewundersøgelse (se figur 28).⁹⁶

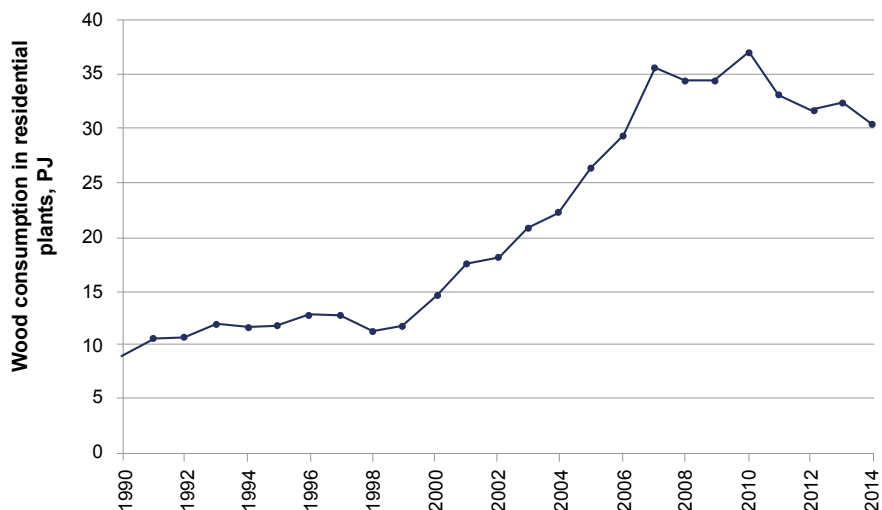
Basistal i ovenstående figur omfatter antallet af diverse boligtyper (beboede boliger, ubeboede boliger, sommerhuse). Blandt fyringsenheder skelnes mellem 'brændeovne, pejse og masseovne i boliger', 'brændeovne, pejse og masseovne i sommerhuse', 'brændeovne i ubeboede boliger' og endelig 'kedler'. På baggrund af stikprøveundersøgelsen blev det beregnet, at der i 2013 i alt var ca. 801.000 brændeovne, pejse og masseovne i boliger og sommerhuse og ca.18.000 kedler.

Enhedsforbruget af træ pr. anlæg, målt i GJ, byggede på oplysninger fra de interviewede om deres rummeterforbrug og om antal graddage i 2013 (et mål for, hvor koldt det har været, og hvor meget energi der bruges til rumopvarmning). Teknologisk Institut beregner tallet. Enhedsforbruget for brændeovne i ubeboede boliger er sat til nul. – Enhedsforbruget er blevet ganget med antal enheder for at få det samlede forbrug af brænde i Danmark 2013. Morten Tony Hansen understreger adskillige gange i sin rapport, at resultatet er usikkert på grund af det lave antal besvarelser.

Det samlede forbrug af brænde blev, som det ses ovenfor i figur 28, opgjort til 21.920 TJ=21,9 PJ (1000 TJ = 1PJ). Det er noget mindre end det

96. Morten Tony Hansen (2014), s. 15

viste forbrug i figur 29, fordi brændeforbrug og brændselsforbrug ikke er det samme. Den forskel bliver forklaret nedenfor.



Figur 29. Husholdningernes samlede brændselsforbrug i små anlæg 1990-2014. (10 PJ=0,8 mio. tons træ).

Kilde: Nielsen, O.-K. m.fl. DCE, (2016), s. 70.

Ifølge figur 29 lå brændselsforbruget i 2014 på ca. 30 PJ. Det svarer ca. til 2,4 mio. tons træ. Omregningen bygger på følgende relation: (1 kg tørt træ=1,25 x 10⁷ Joule).⁹⁷ Figuren viser, at træforbruget til de små boliganlæg efter den hidtidige opgørelsesmetode voksede frem til år 2007 ligesom partikelemissionerne. Derefter ser det ud til, at træforbruget stagnerede, med 2010 som en undtagelse, og senere ligefrem faldt.

97. Sørensen, B. (2002), s. 473

Brændeforbrug og brændselsforbrug er to forskellige størrelser

Hvad er forskellen på brændeforbrug og brændselsforbrug?

Tabel 4. Brændselsforbruget i husholdninger 2013 målt i TJ.

Energitype	TJ
Brænde	21.920
Skovflis	85
Træpiller	9.185
Træaffald	0
I alt	31.190

Kilde: Statistikbanken

I tabel 4 er brændselsforbruget vist fordelt på energityperne brænde, skovflis, træpiller og træaffald i 2013. Forbruget af brænde stammer fra figur 28 ovenfor.

Brænde udgjorde 2/3 af det samlede brændselsforbrug. Summen i tabel 4 på 31.190 TJ i 2013 svarer til oplysningen om brændselsforbrug hos husholdningerne (se figur 29). Med andre ord benytter Danmarks Statistik de samme oplysninger om brændsel fra Energistyrelsen som Nationalt Center for Miljø og Energi (DCE). Derfor er det afgørende for pålideligheden af opgørelserne, at Energistyrelsens tal er troværdige.

Men brænde er en usikker størrelse, og derfor har Energistyrelsen forsøgt at udvikle en brugbar metode til at opnå et realistisk skøn over brændeforbruget.

Tabel 5 og 6 viser Energistyrelsens data for brændeforbruget fra 2005 til 2013, sådan som de er blevet præsenteret i Anders Evalds og Morten Tony Hansens rapporter.

Tabel 5. Antal fyringsenheder og enhedsforbrug 2005-2013 fordelt på anlæg.

Årstal	brændeovne i boliger		brændeovne i sommerhuse		brændekedler	
	antal	enhedsforbrug GJ	antal	enhedsforbrug GJ	antal	enhedsforbrug GJ
2005	436 936	25,59	88 342	15,22	47 753	148,76
2007	595 205	26,56	97 388	10,63	93 980	110,17
2009	637 374	31,04	113 143	14,24	31 429	116,60
2011	649 500	30,41	118 905	18,38	16 621	112,13
2013	590 724	27,87	172 954	16,97	18 270	119,80

Kilde: Evald 2006, s. 9, 2008, s. 7, 2010, s. 9, 2012, s. 14 og Morten Tony Hansen 2015, s. 15.

Ved sammenligning af rapporterne fra forskellige år kan vi se, at antal kedler i 2007 er betydeligt større end i såvel de foregående som i de efterfølgende år.

Tallene i tabel 6 nedenfor om brændeforbruget fra 2005 til 2013 er fremkommet som produkt af antal anlæg og enhedsforbrug.

Tabel 6. Brændeforbruget gennem tiden.

Årstal	brændeovne i boliger	brændeovne i sommerhuse	brændekedler	Totalt forbrug TJ
	Forbrug TJ	Forbrug TJ	Forbrug TJ	
2005	11 181	1 344	7 104	19 629
2007	15 810	1 035	10 354	27 199
2009	19 784	1 611	3 665	25 060
2011	19 751	2 186	1 864	23 801
2013	16 464	2 936	2 520	21 920

Kilde: A. Evald 2006, s. 9, 2008, s. 7, 2010, s. 9, 2012, s. 14 og Morten Tony Hansen 2015, s. 15

Ifølge tabel 5 blev antallet af brændekedler i 2007 anslået til at være 93.980 i modsætning til de langt mindre tal for kedler ved de øvrige opgørelser (tabel 5). Da enhedsforbruget pr. kedel er højt sammenlignet med enheds-

forbruget for brændeovne, bliver resultatet et usædvanligt stort brændeforbrug for 2007 sammenlignet med de øvrige tidspunkter.

Emissionerne har været fejlvurderet

Efter vores vurdering er denne metodefejl forklaring på de høje værdier i 2007 af både brænde-, brændselsforbrug og ikke mindst af partikel- og dioxinmissioner, som blev vist i figur 26 og 27. Vi bedømmer faldet i emissionstallene fra sektoren 'residential' i DCE-statistikkerne siden 2007 til ikke at være realistisk, således at det ikke kan bruges som bevis for væsentlige forbedringer i luftkvaliteten. Den anvendte metode mellem 2005 og 2013 byggede generelt på for små stikprøver og gav derfor meget usikre resultater.

DCE har benyttet forbrugstallene i tabel 6 ovenfor til beregning af de emissioner fra danske kilder til Annual Danish Informative Inventory Report to UNECE.⁹⁸ Det giver samme troværdighedsproblem.

Brændeforbrug 2015.

Ny metode, nye overraskelser

Den seneste rapport om brændeforbruget 2015 gav flere overraskelser: Flere brændeovne end forventet og færre kedler. Desuden er der medtaget en størrelse, vi ikke tidligere har lagt mærke til, nemlig en gruppe anlægsejere, som fyrer med affaldstræ o.l.

Brændeforbruget for 2015 blev ligesom for 2013 undersøgt af Morten Tony Hansen (nu Ea Energianalyse a/s) sammen med to ansatte fra Danmarks Statistik. Energistyrelsen og Miljøstyrelsen stillede i fællesskab opgaven, og i erkendelse af den gamle metodes utilstrækkelighed blev en ny metode anvendt. Dels benyttede man digitale postadresser til udsendelse af spørgeskemaer i stedet for telefoninterviews. Dels fik man ved den nye undersøgelse svar fra ca. 4.500 brændeovnsbrugere i stedet for kun 586 interviewede brugere i 2013. Man var også mere omhyggelig med udvælgelse af husstande, som blev kontaktet. I de tidligere undersøgelser var det foregået tilfældigt. Denne gang var 50 % af husstandene udvalgt tilfældigt, mens 50 % blev målrettet bestemte hustyper, dvs. parcel-/stuehuse, række-kæde- og dobbelthuse.

98. Nielsen, O.-K. m.fl. (2016)

Der var tre hovedspørgsmål, som undersøgelsen skulle besvare:

- Antallet af brændeforbrugende små fyringsanlæg
- Enhedsforbruget pr. fyringsanlæg
- Samlet brændeforbrug.

Antallet af brændeforbrugende, små fyringsanlæg

I Vejledning om regulering af luftforurening fra brændefyring, som blev offentliggjort i maj 2016, kom Miljøstyrelsen med et skøn over antal små træfyringsanlæg. Miljøstyrelsen benyttede bl.a. Skorstensfejerlaugets tal for antal kedler i Danmark 2015. I nedenstående tabel 7 sammenligner vi Miljøstyrelsens tal med tallene fra Morten Tony Hansen for 2013 og 2015.

Tabel 7. Antallet af små træfyringsanlæg i Danmark 2015.

	Miljøstyrelsen. Antal	Morten Tony Hansen. Antal	
Brændeovne inkl. pejse og masseovne	750.000	764.000 (2013)	842.000 (2015)
Kedler	71.000	18.270 (2013)	46.200 (2015)
Halmfyr	10.000		
Pillefyr og -ovne	175.000		
Ialt	1.006.000		

Kilde: Miljøstyrelsens vejledning (2016), s. 7, Hansen, Morten Tony (2015), s. 15 og Ea Energianalyse (2016), s. 22 og s. 24.

I 2016-rapporten kom Morten Tony Hansen frem til 842.000 brændeovne, pejse og masseovne i boliger og fritidshuse i Danmark. I 2013 var det 764.000. 2013-tallet svarer mere til Miljøstyrelsens tal.

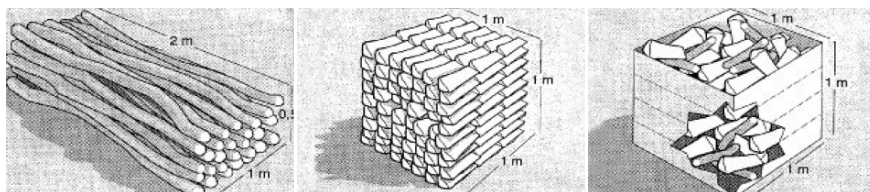
Rapporten vurderede antallet af kedler til at være 46.200, dvs. en del større end i 2013 (tabel 7), men mindre end Skorstensfejerlaugets opgørelse på 71.558 brændekedler. I diskussionen om antallet af kedler nævner MTH, at der kan have hersket uklarhed hos respondenterne om definitionen på, hvad en kedel er.⁹⁹

99. Morten Tony Hansen (2016), s. 25

Ligesom Skorstensfejerlaugets tal for samtlige kedler i Danmark lå en del højere end det antal, myndighederne hidtil havde regnet med, kan der også herske usikkerhed om antallet af brændeovne o.l. Med hensyn til beregninger af emissioner er denne forskel ikke ligegyldig.

Enhedsforbrug pr. anlæg og samlet brændeforbrug 2015

Der er flere alvorlige vanskeligheder ved at få opgjort enhedsforbrug af brænde pr. træfyrringsanlæg og dermed det samlede brændeforbrug. Et problem er overhovedet at få klarlagt, hvor meget træ den enkelte brændeovnsbruger har fyret med i løbet af året. Brændeforbrug er ikke en entydig størrelse.



Figur 30. Forskellige typer brændestabler.

Kilde: Morten Tony Hansen (2016), s. 31.

I spørgeskemaet til brændeovnsbrugerne forsøgte man at stille spørgsmålet klart og entydigt. Blandt andet skelnede man mellem en skovrummeter (rummeter helt træ, oftest i to meters længde), en rummeter savet, kløvet og stakket træ i 30 cm længde, en kasserummeter (løst brænde i ca. 30 cm længde, hulter til bulter i en kasse) og endelig brændetårne.

Enhedsforbruget blev beregnet til 26,0 GJ for brændeovne i boliger og 16,7 GJ i fritidshuse; 130,5 GJ for brændekedler i boliger og 49,0 GJ i fritidshuse i 2015. Desværre er beregningerne af det samlede brændeforbrug for 2015 ikke så gennemskuelige som i 2013-undersøgelsen.

Det samlede brændeforbrug blev beregnet til 22,9 TJ i 2015, hvilket er omkring 4 % højere end forbruget i 2013.¹⁰⁰ Forfatteren til undersøgelsen understreger selv flere gange, at sammenligning med de ældre tal ikke er gennemførlig pga. forskel i metode mellem den nyeste undersøgelse og de gamle, men rapportens præsentation fremmer heller ikke overblikket.

100. Ea Energianalyse (2016), 13

Fyring med affald

En del af de adspurgte fortalte, at de benyttede briketter og 2 % svarede, at de mest fyrede med andre materialer end brænde i deres ovne. Det vil sige “andre materialer end brænde (brugte træeffekter, paller, emballage, nedrivningstømmer, møbler osv.)”.¹⁰¹

Det er rystende, at ca. 17.000 brændeovnsejere ifølge egne opgivelser fyrer med affald. Det er jo affaldsforbrænding. Bortset fra i de store affaldsforbrændingsanlæg, hvor der er en udstrakt brug af rensningsteknologier, er det forbudt at fyre med dette pga. overhængende fare for sundhedsskadelige emissioner.

Antallet af brugere, som mest fyrer med affald, bekymrer åbenbart ikke kun os, men også Miljøstyrelsen jævnfør mail:¹⁰² “Det helt overvejende problem er fyring med forurenede eller behandlet træ, der kan give øget udslip af dioxin. En væsentlig løsning i forhold til at reducere dioxinudslippet fra brændefyring er derfor at forhindre, at der bliver afbrændt affald, herunder affaldstræ, i brændeovne, hvilket er forbudt jf. affaldsbekendtgørelsen.”

Konklusion

Tidsserierne over emissioner med fine partikler fra stationær forbrænding viser husholdningernes store andel af emissionerne. Den udgør ca. 90 %.

Det var overraskende for os, at vi kunne konstatere en metodefejl ved opgørelsen af brændeforbruget i Danmark i 2007, som stadigvæk 10 år efter opgørelsen afspejler sig i myndighedernes rapporter til UNECE om emissioner fra danske kilder. – Hvordan kunne det ske? Efter vores mening hænger det sammen med en undervurdering af betydningen af brænderøg-sforureningen i Danmark og manglende ressourcer til at opgøre brændeforbruget så præcist som muligt. Ved de første stikprøveundersøgelser var antallet af interviewede med brændeovne alt for lille til at give et validt billede af brændeforbruget fra forskellige anlæg.

Men: Er de officielle opgørelser i orden nu ved brug metoden fra 2016? Nej, det mener vi ikke. Emissionerne er skønnet for konservativt, fordi antallet af anlæg sandsynligvis er sat for lavt. Det er med til at fastholde et

101. Ea Analyse (2016), s. 17

102. Mail fra Brian Kristensen, MST, den 21.12.16

fejlagtigt billede af, at de samlede emissioner fra træfyring er faldet væsentligt siden 2007. – Hvordan vil Miljøstyrelsen forhindre affaldsafbrænding i de små fyringsanlæg? Er denne minimeringsstrategi tilstrækkelig til at opfylde Danmarks forpligtelser i forbindelse med Stockholmkonventionen til udfasning af persistente, organiske skadestoffer som bl.a. dioxin?

C. Luftkvalitet, eksponering og helbredseffekter

Indledning	98
Bybaggrundsmålinger	99
Befolkningens gennemsnitlige eksponering	101
Variation af partikelkoncentration over tid	102
Variation af partikeludslip fra sted til sted	103
Eksponering og helbredseffekter	104
Eksponering ifølge Miljøprojekt nr. 1235 fra 2008	105
Konklusion	107

Indledning

Tilbage i 1960'erne begyndte man at måle svævestøv og svovldioxid i Storkøbenhavn. På det tidspunkt var man klar over, at byluftens luftkvalitet hang sammen med tilstedeværelse af både industri, boligopvarmning og bilisme. Men svævestøv, dvs. alle partikler i luften (TSP = Total Suspended Particles), består af mange forskellige kemiske forbindelser, og man målte kun koncentrationerne af støv i luften og ikke tjærestoffer m.m. Alene i København/Frederiksberg var der opstillet 11 målestationer. De kommunale myndigheder konstaterede imidlertid væsentlige fejlkilder ved målingerne og koncentrerede sig derfor om det overordnede mønster. Dette var især præget af bilismen. – Efterhånden blev antallet af målestationer indskrænket.

Fra 1982 målte de statslige myndigheder luftkvaliteten tre steder i København, nemlig ved H.C. Andersens Boulevard, ved Jagtvej og på H.C. Ørsted Instituttets tag. De to første blev betragtet som gadestationer og stationen på taget af H.C. Ørsted Institutet som bybaggrundsstation.

I forbindelse med EU's luftkvalitetsdirektiv fra 1999 blev fine partikler ($PM_{2,5}$) sat på dagsordenen.¹⁰³ Kommissionen ville have, at medlemslandene skulle drive målestationer, der leverede data om $PM_{2,5}$ koncentrationer (Art. 5), og at der på sigt blev fastsat grænseværdier for $PM_{2,5}$ (Art. 10). I

103. Direktiv 1999/30/EF af 22. april 1999

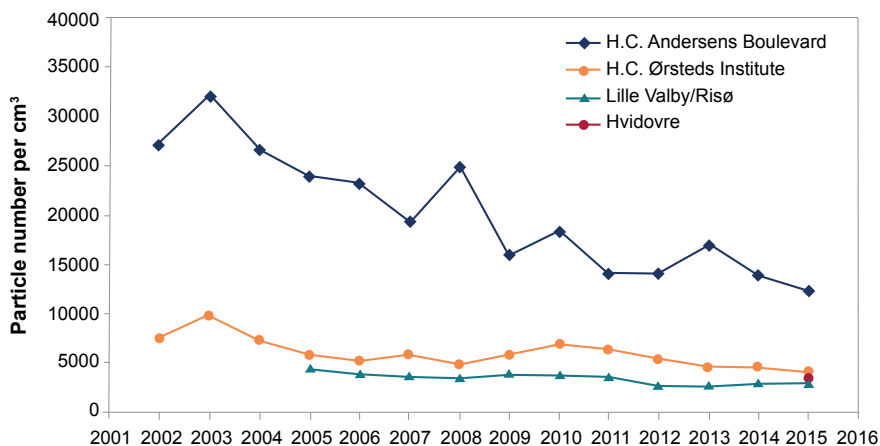
Danmark kom disse målinger i gang fra 2002 – i første omgang som målinger af partikelantal. Imidlertid er der ingen grænseværdi for antallet af partikler fra EU's side.

I forbindelse med EU-direktivet fra 2008 om luftkvalitet og renere luft i Europa fik bybaggrundsstationer en ny opgave, nemlig bedømmelse af befolkningens eksponering med partikler. Medlemsstaterne skulle herefter opstille et nationalt mål (AEI) til beskyttelse af menneskers sundhed (Art. 15), se nedenfor.

Bybaggrundsmålinger

Målestationen på taget af H.C. Ørsted Institutet (station nr. 1259) er placeret på et fladt tag af en syvetagers bygning, der huser institutter og laboratorier tilhørende det naturvidenskabelige fakultet på Københavns Universitet. Stedet er åbent og med træer mellem universitetets institutter.

EU definerer bybaggrundsstationer som steder i byområder, hvor forureningsniveauerne er repræsentative for den almene bybefolknings eksponering.¹⁰⁴ Vi har undret os over, at placering på et tag i en park skulle være repræsentativ for den almene bybefolknings eksponering. Der er i mellemtiden blevet målt store forskelle i eksponering selv inden for Københavns grænser (se fig. 34).



Figur. 31. Målinger ved fire stationer 2002-2015. Antal røgpartikler pr. cm³. Årsmiddelværdier.

Kilde: Ellermann, T. m.fl. (2016), s. 46.

104. Direktiv 2008/50/EF af 21. maj 2008, art. 2

Figur 31 viser udviklingen af forurening med røgpartikler ved fire stationer. Det er antal partikler per kubikcentimeter luft, som er blevet talt og vist som årsmiddelværdier.

Målingerne fra 2001 til 2015 har indfanget antal partikler mellem 6 og 700 nm. For Hvidovre (2015), som blev udnævnt til baggrundsstation i januar 2017, er der siden 1. okt. 2015 målt partikler mellem 11 og 478 nm. Her bliver et nyt apparat benyttet – et såkaldt Scanning Mobility Particle Sizer (SMPS). Derfor fremkommer lidt andre partikelstørrelser end ved de øvrige stationer, hvor man har anvendt Differential Mobility Particle Sizer (DMPS).¹⁰⁵ Indtil 2001 benyttede man en anden målestok ved beskrivelser af luftforurening med partikler, nemlig partikelmasse per kubikmeter luft. Men den større viden, man har fået om partikelforurening, har afsløret, at røgpartiklerne i luften gennemgående er meget mindre, end man før mente.¹⁰⁶

Lille Valby/Risø kom med i 2006 og Hvidovre i 2015 (en prik på figuren). Målingerne af antal partikler ved H.C. Andersens Boulevard viser en tydelig nedgang. Her har bl.a. det offentliges forskellige indgreb over for trafik resulteret i en halvering af partikelantallet i løbet af 12 år. Målingerne fra H.C. Ørsted Institutet har ikke ændret sig stort siden 2002.

Fra brændeovnskvarteret i Hvidovre er der vist én årsværdi. Denne viser samme antal meget små partikler pr. cm^3 som målingerne ved H.C. Ørsted Institutet og ved Risø. Målingerne i Hvidovre fortsætter imidlertid og vil med tiden kunne give et praj om, hvordan årsmiddelværdien af partikelforurening udvikler sig i et decideret brændeovnskvarter, hvor der fra kommunens side bliver arbejdet på at forbedre luftkvaliteten.

Ved bybaggrundsstationen i København har man siden 2008 målt luftkvaliteten som partikelmasse pr. m^3 luft. Gennemsnittet af årsmiddelværdierne for 2008 til 2015 lå tæt ved $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De har ligget langt under EUs grænseværdi på $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$.¹⁰⁷

Udover $\text{PM}_{2,5}$ måler man endvidere en række andre stoffer på taget af H.C. Ørsted Institutet i København, enten med en gennemsnitstid på 1/2 time eller på 24 timer. Det drejer sig om massen af NO_x , ozon, grovere

105. Ellermann, T. m.fl. (2016), s. 40

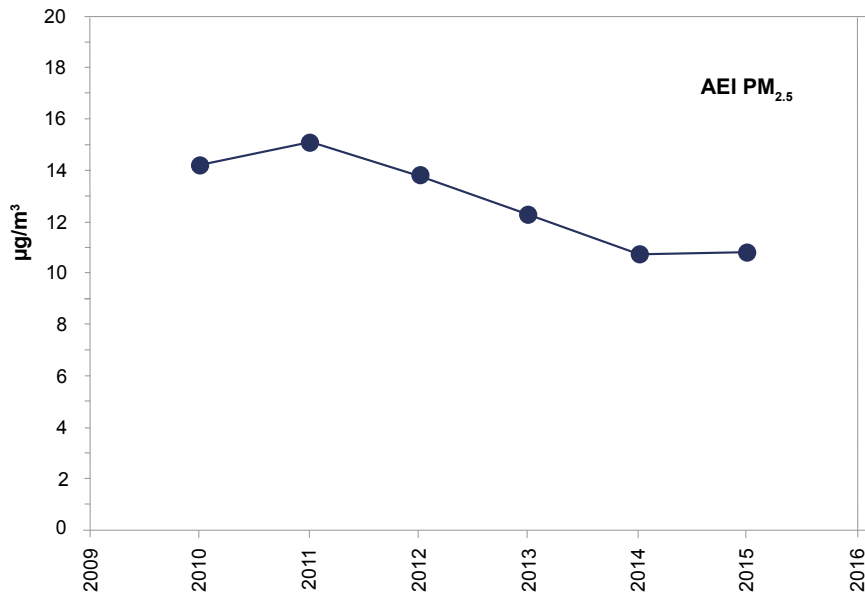
106. Nøjgaard, J. K., Massling, A., Ellermann, T. (2017), s. 17

107. <http://envs.au.dk/videnudveksling/luft/stoffer/graensevaerdier/> og Ellermann, T. m.fl. (2016), s. 42

partikler (PM₁₀), CO og nogle få grundstoffer.¹⁰⁸ Ingen af de målte værdier på denne baggrundstation har været for høje i forhold til EU's grænseværdier.

Befolkningens gennemsnitlige eksponering

AEI (det gennemsnitlige eksponeringsindeks for PM_{2,5}) er en indikator for befolkningens gennemsnitlige eksponering målt i µg/m³, dvs. målt ved masse. Efter EU-direktivet fra 2008 skal der måles ved alle bybaggrundstationerne. For Danmarks vedkommende har det siden 2010 været i København, Aarhus og Aalborg. Nu kommer Hvidovre med i beregning af AEI.¹⁰⁹



Figur 32. AEI. Trend for befolkningens eksponering for fine partikler 2008-2015. Kilde: Ellermann, T. m.fl. (2016), s. 46.

AEI bliver bestemt ved den målte gennemsnitsværdi over en treårs periode ved de fire stationer. Værdien for 2010 svarer f.eks. til gennemsnittet af

108. Hjemmeside for Institut for Miljøvidenskab, Aarhus Universitet (d)

109. Ellermann, T. m.fl. (2016)

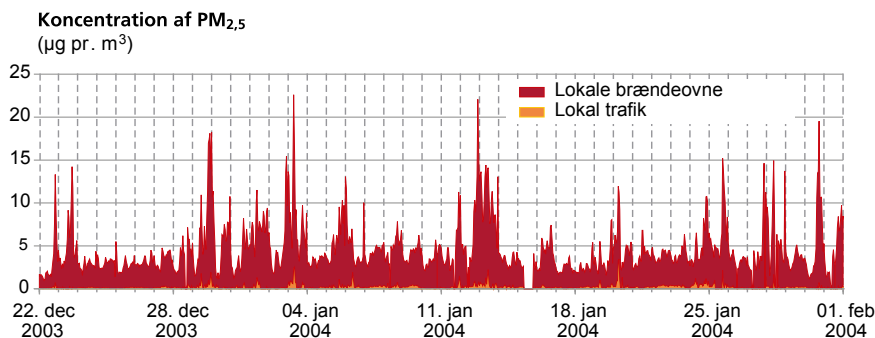
koncentrationen for 2008-2010. I perioden har der været en tendens i nedgående retning.

Ifølge EU-direktivet¹¹⁰ skal AEI i Danmark være mindre end $11\mu\text{g}/\text{m}^3$ i 2020. Det burde ikke være noget problem.

De fine partikler ved målestationerne kommer imidlertid fra store områder med mange forskellige kilder. Hyppige variationer i koncentrationen af partikelmassen fra tidspunkt til tidspunkt og fra sted til sted forsvinder helt ved den anvendte metode. Det er særligt problematisk ved gentagne høje værdier i lokalområder, der kan have skadelige effekter ikke mindst for astma- og hjertepatienter.

Variation af partikelkoncentration over tid

I forbindelse med Gundsømaglemålingerne målte man samtidigt luftkoncentrationen af $\text{PM}_{2,5}$ i boligkvarteret med mange brændeovne og på en målestation på en mark 5 km fra Gundsømagle.



Figur 4-13

Koncentrationen af $\text{PM}_{2,5}$ målt som masse i et brændeovnskvarter i Gundsømagle minus $\text{PM}_{2,5}$ målt samtidigt på en målestation på en mark ved Lille Valby ca. 5 km derfra. Kun en forsvindende del af forskellen kan forklares ved den lokale trafik i Gundsømagle. Resten må især tilskrives brændeovnene. Bemærk, at der er huller i figuren, som skyldes manglende data i nogle perioder. De lodrette linjer markerer midnat.

Kilde: DMU.

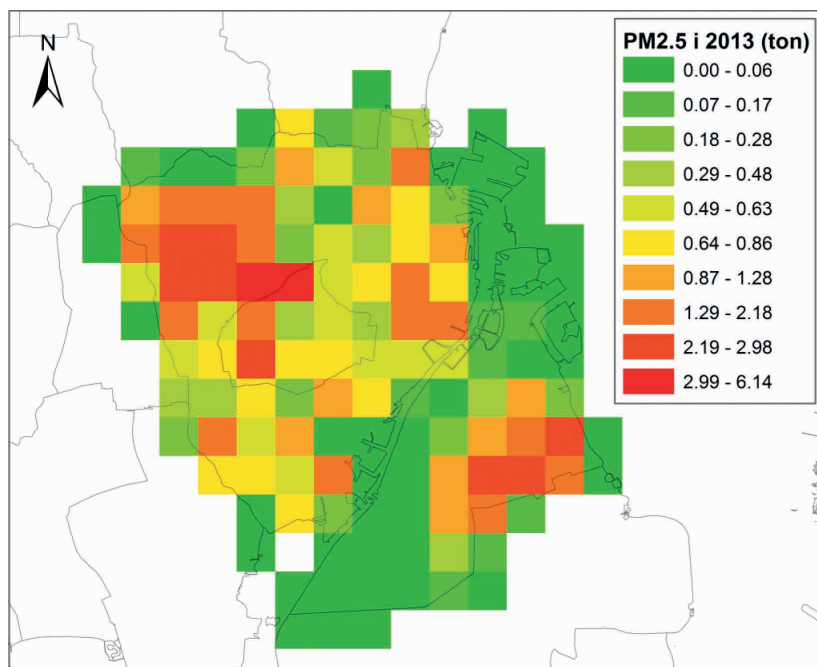
*Figur 33. Koncentrationen af $\text{PM}_{2,5}$ i Gundsømagle fra dec. 2003 til feb. 2004.
Kilde: Palmgren, F. red. (2009), s. 62.*

110. bilag XIV

Det gennemsnitlige PM_{2,5}-bidrag i perioden var på ca. 4 µg/m³ og sammenligneligt med bidrag fra trafikudstødningen på H.C. Andersens Boulevard i København.¹¹¹ Variation af røgens masse over tid er tydelig. Ved flere lejligheder nåede koncentrationen af PM_{2,5} op over 20 µg/m³. Da den lokale trafik i Gundsømagle ikke spiller nogen rolle, må forskellen mellem målestationerne i brændeovnskvarteret og ude på marken udgøre det lokale bidrag til partikelforureningen.

Variation af partikeludslip fra sted til sted

I forbindelse med en heftig, offentlig diskussion om kilder til luftforureningen indledte Københavns Kommune et samarbejde med de lokale skorstensfejere om, hvor de små træfyringsanlæg er placeret i byen. Både den rumlige fordeling i kommunen og fordelingen på ejendomstyper blev kort-



Figur 34. Geografisk fordeling af PM_{2,5}-emissioner fra brændeovne i husholdninger i Københavns og Frederiksberg Kommune 2013.

Kilde: Jensen, S. S. m.fl. (2015), s. 13.

111. Kilde: Palmgren, F. red. (2009)

lagt. Københavns Kommune rekvirerede Teknologisk Institut til at undersøge fyringsanlæggenes alder og enhedsforbrug for at kunne beregne træforbrug og emissioner fra kommunens brændeovne for 2013. Indsamlingen af data foregik ved hjælp af telefoninterviews. Beregningerne koncentrerede sig om stofferne NO_x, PM₁₀ og PM_{2,5}. Formålet med alt dette var at få opdateret kendskabet til brændeovnes emissioner og betydning for luftkvaliteten i Københavns og Frederiksberg kommuner.¹¹²

Figur 34 viser et af undersøgelsens resultater i form af et kort, hvor Københavns og Frederiksberg kommuner er inddelt i kvadrater på 1x1 km². Af de ca. 16.000 brændeovne, som findes i de to kommuner, har det været muligt at geocode 12.000 adresser. Den geografiske fordeling i 2013 af PM_{2,5} emissioner fra brændeovne i husholdninger bygger på disse informationer. Om detaljerne ved kortets frembringelse anbefales det at læse mere i Jensen, S.S. m.fl. (2015).

Emissionerne er alt andet end jævnt fordelt over hele kommunen, sådan som man tidligere kunne få indtryk af. De mindste emissioner pr. km² er på mindre end 0,06 ton PM_{2,5} pr. km² og findes især langs kommunens kyststrækninger. De højeste tal for PM_{2,5} emissioner findes på Amager i den sydøstligste del af Københavns Kommune og i et nordvestligt område med Grøndalsvænge og Brønshøj. Den største PM_{2,5} emission i 2013 er beregnet til 6,14 ton pr. km², dvs. sådanne områder er 100 gange mere belastet med fine partikler fra brændeovne end områder med de laveste emissioner. Hårdest ramte områder er dels villakvarterer og dels haveforeninger med helårsboliger. I disse områder med høje emissionstal er røggener intense og hyppige.

Nyere forskningsrapporter har vist, at der generelt er stor variation i befolkningens belastning med partikelforurening såvel over tid som fra sted til sted. Det sidstnævnte blev tydeligt med undersøgelsen af emissionerne fra brændeovne i Københavns og Frederiksberg Kommuner.

Eksposering og helbredseffekter

Siden luftforurening fra brændeovne blev erkendt som fænomen, begyndte folk at stille spørgsmål til røgens skadelige virkninger. Myndighederne tog udfordringen op. I 2005 udgav Miljøstyrelsen rapporten *Luftforurening med partikler i Danmark*, der indeholdt nyere resultater om luftforurening og helbredseffekter fra adskillige danske forskningsprojekter ved DMU,

112. Jensen, S. S. m.fl. (2015), s.3

Københavns Universitet, Syddansk Universitet og Arbejdsmiljøinstituttet. Daværende miljøminister Connie Hedegaard ledsagede projektrapporten med ordene: “De mange nyttige resultater giver et godt grundlag for det fortsatte arbejde med at nedbringe partikelforureningen til gavn for folkesundheden.” Samme år i september måned blev der holdt et stort møde i Eigtveds Pakhus på Christianshavn, hvor ministeren bød velkommen og en del af forskningsprojekterne blev præsenteret, herunder resultater fra Gundsømaglemålingerne. I Miljøstyrelsens rapport skrev forfatterne følgende om den regionale betydning af brændeovne:

“Den seneste opgørelse over partikeludslippet i Danmark (Illerup & Nielsen, 2004) viser, at der udsendes ca. 10.000 tons små partikler fra husholdningernes forbrænding af træ, hvilket næsten er halvdelen af det total udslip af PM_{2,5} i Danmark pr. år [...] Bidraget til luftkoncentration for hele Danmark kan beregnes ved brug af DMU’s Thor-modelsystem [...] Det siger dog ikke noget om befolkningens eksponering. En korrekt fordeling af emissionerne (som ikke kendes i dag) vil give langt højere værdier, hvor emissionstætheden er stor, f.eks. i og omkring boligkvarterer i byer og landsbyer med mange brændeovne.”¹¹³

Dette udsagn er i høj grad blevet bekræftet af DCE’s arbejder med geokodede data og af LOB’s indikative målinger tæt ved boliger, som vi omtaler senere.

Eksponering ifølge Miljøprojekt nr. 1235 fra 2008

Den kritiserede metode til vurdering af eksponering fra brændeovne i Danmark blev overraskende nok anvendt af et andet forskerteam i 2008. Det drejer sig om forfatterne til Miljøprojekt nr. 1235, Elsa Nielsen og Marianne Dybdahl fra Danmarks Tekniske Universitet og Poul Bo Larsen, Miljøstyrelsen. (Rapporten omtaler vi mere indgående i del III.)

I den omfattende rapport om helbredseffekter anvendte forfatterne resultater fra målekampanjer i konkrete boligkvarterer sammen med modelberegninger for at skønne over det ekstra antal dødsfald pr. år i Danmark, som skyldtes partikler fra brænderøg. I beregningerne indgik de danske PM_{2,5}-emissioner fra brændefyring fordelt jævnt over hele det danske are-

113. Palmgren, F. m.fl. (2005), s. 47 og s. 51-52

al.¹¹⁴ Et af resultaterne fra deres undersøgelse er først blevet korrigeret i 2016. Det drejer sig om det kontroversielle udsagn, at partikler fra brænderøg medførte ca. 200 ekstra dødsfald i Danmark pr. år. Når rapportens beregninger gik ud fra, at emissionerne blev jævnt fordelt over hele Danmarks areal, måtte dette tal blive for lavt.

Som begrundelse nævner Miljøprojekt nr. 1235 følgende:

“WHO (2005) har vurderet, at den samlede dødelighed i befolkningen stiger med 6 % (95 % konfidensinterval: 2-11%) for hver gang, det årlige gennemsnitsniveau af PM_{2,5} stiger med 10 µg/m³. Baseret på denne dosis-respons-sammenhæng vil et årligt bidrag på 0,6 µg/m³ PM_{2,5} fra brænderøg være forbundet med en stigning i dødeligheden på 0,36 % (95 % konfidensinterval: 0,12-0,66 %). Dette svarer til, at partikler fra brænderøg medfører ca. 200 (95 % konfidensinterval: 66-360) ekstra dødsfald i Danmark pr. år.” Hertil tilføjes: “Det skal imidlertid bemærkes, at nyere befolkningsundersøgelser udført af Laden et al. (2006) og Jerret et al. (2005) har fundet 2-3 gange større effekt af PM_{2,5} i forhold til den dosis-respons-sammenhæng, der er vurderet af WHO.”¹¹⁵

Den sidste sætning var der ikke mange, som tog alvorligt. De efterfølgende rapporter om brændeovnes helbredseffekter nævnte ukritisk tallet 200 for ekstra dødsfald i Danmark pr. år, f.eks. Miljøstyrelsens Miljøprojekt nr. 1357 fra 2011 af Pernille Høgh Danielsen, Peter Møller og Steffen Loft, Institut for Folkesundhedsvidenskab, Københavns Universitet, som skrev: “Samlet set giver nærværende forsøgsresultater således ikke anledning til justering af den mere overordnede risikovurdering af brændeovnspartikler foretaget i Miljøprojekt 1235”.¹¹⁶

Så sent som december 2015 stod der stadigvæk følgende i Miljøstyrelsens udkast til brændeovnsvejledning: “Ved modelberegninger er det estimeret, at 180-230 for tidlige dødsfald i Danmark skyldes træfyring”. – En større indsigt kom med DCE’s undersøgelse *Helbredseffekter og helbredsomkostninger fra emissionssektorer i Danmark* fra februar 2016, og fejlen blev rettet i den endelige udgave af brændeovnsvejledningen fra juni 2016

114. Nielsen, E., Dybdahl, M. og Larsen, P. B. (2008), side 86

115. Samme s. 17

116. Danielsen, P.H. m.fl. (2011), side 8

til: “550 for tidlige dødsfald i Danmark skyldes brændefyring.”¹¹⁷ DCE’s rapport ser vi nærmere på i del III om helbredseffekter fra brændeovnsrøg.

Konklusion

Som mål for befolkningens gennemsnitlige eksponering bliver måleresultater fra fire baggrundsstationer – nemlig målestationerne i Aarhus, Aalborg, Hvidovre og København – benyttet. Det gennemsnitlige eksponeringsindeks lå på $11\mu\text{g pr. m}^3$ i 2015 og er dermed så lavt, at det ikke giver problemer i forhold til EU’s krav. De reelle problemer ligger et andet sted. Som vi har vist fra eksemplet i Gundsømagle med partikkelkoncentrationen i løbet af en måned og resultatet af den ujævne fordeling af forekomsten af partikelemissioner i København/Frederiksberg, får man et for simpelt udtryk for befolkningens eksponering ved at benytte den gennemsnitlige eksponering på landsplan. Både tidsmæssigt og rumligt svinger befolkningens belastning fra de små træfyrianslæg med lave skorstene voldsomt. Det var forskerne allerede klar over i 2005, men først ved offentliggørelse af brændeovnsvejledningen i 2016 fik det konsekvenser for vurdering af befolkningens helbredseffekter. For at få fat i befolkningens konkrete eksponering og helbredseffekter fra brændeovnsrøg bør daglige og rumlige variationer inddrages. Det har hidtil været en mangelvare.

Dette aspekt uddybes i de følgende afsnit.

117. Brændeovnsbekendtgørelsen, s. 4

D. Lokale røgfælder

Indledning 108

Lave skorstene i tæt-lav bebyggelse 108

Bebyggelsesmønstre og røggener 111

Første officielle målestation i boligkvarter 112

Konklusion 113

Indledning

I de senere år har Miljøstyrelsen gennemført flere kampagner for at få formindsket røgdudslip fra brændeovne. I 2017 er det Miljøstyrelsens kampagne om ‘korrekt fyring’ i brændeovne, som kommunerne læner sig op ad.¹¹⁸ – Ved at tænde op fra oven kan man formindske partikeludslip i startfasen. Imidlertid har korrekt optænding jo ingen betydning for de sundhedsskadelige partikeludslip fra senere påfyldninger i løbet af dagen, og at påstå at denne bestemte optændingsmetode fjerner 80 % af den sundhedsskadelige røg, sådan som nogle kommuner melder ud ved klager over røggener, er helt hen i vejret. – Det er heller ikke nok at benytte tørt, rent træ til fyringen, som mange tror. Det dokumenterede skorstensmålingerne i Gundsømagle ligesom de eksperimentelle målinger udført af dk-Teknik i 2001, som vi omtalte i bogens første del. Nedenfor har vi samlet nogle konkrete eksempler på røgproblemer i boligområder.

Lave skorstene i tæt-lav bebyggelse

I første omgang bliver røgens vej bort fra kilden bestemt af skorstenens udformning og højde uanset optændingsmetode. – Siden 1960’erne er der desværre blevet installeret alt for lave skorstene. Vi har ligefrem set reklamer fra pejsecentre for kun 3 1/2 meter høje skorstene. I sådanne tilfælde vil skorstenens udmundning på ét-plans huse med en hældning på 30 grader ikke engang nå op over tagryggen, og røgen vil ikke komme fri af hvirvelzonen. Det har imidlertid længe været en kendt sag blandt ovnspecialister,

118. <http://braendefyringsportalen.dk/borger/kampagner/>

at alt for mange skorstene ikke opfylder kravene til fri fortynding af brændeovnsrøgen, fordi skorstenene er for lave i forhold til hus og omgivelser.¹¹⁹ Dermed risikerer man, at røgen falder ned enten på egen eller på naboens grund, udtalte Jes Sig Andersen, faglig leder ved Teknologisk Institut, til Ingeniøren den 21. marts 2012. Dette overser de kommunale sagsbehandlere ved deres tilsyn, hvor de oftest kun henholder sig til synlig røg.



*Figur 35. Eksempel på lav skorsten i et rækkehuskvarter.
Foto: Lise Lind.*

Rækkehuset på billedet ligger i et byområde med fjernvarme. Trods dette forhold anskaffede naboen sig en brændeovn og fik den installeret med lav skorsten. Det blev til stor gene for den familie med to små børn, der boede i rækkehuset. Den yngste fik astma og måtte dagligt bruge astmamedicin, og den ældste fik hudproblemer. Familien klagede skriftligt til kommunen over røggener i hus og have, men kommunen formåede ikke at fjerne røgproblemerne. Derfor besluttede familien efter flere års kamp at flytte til en

119. Schleicher, O. og Boje, J. (2007)

anden bolig uden naboer med brændeovne. Efter tre måneder i den nye bolig forsvandt børnenes symptomer, og begge er raske i dag.

Brændeovnsbekendtgørelsen fra 2016 forsøger at løse problemet med lave skorstene med følgende vejledning: “Brændeovnsbekendtgørelsen indeholder to højdekrav til nye aftrækssystemer (skorsten og rørsystem):

1. et højdekrav i forhold til taget, hvor aftrækssystemet er placeret,
2. et højdekrav i forhold til andre bygninger.

Begge højdekrav skal overholdes, hvis et aftrækssystem er omfattet af bekendtgørelsens regler. Brændeovnsbekendtgørelsens regler om aftrækshøjder er indført for at skabe en enkel og gennemskuelig regulering, som i de fleste tilfælde vil have en stor positiv miljømæssig betydning, og som er lette at administrere i praksis.”¹²⁰ Se bekendtgørelsen for afstandskravenes konkrete værdier. – Men i mange tilfælde er problemerne mere komplicerede.

Sagsbehandlere i kommunerne står over for en nærmest umulig opgave, når de udelukkende ved hjælp af syn og lugt skal tage stilling til, om brænderøgen kan være til væsentlig gene for naboer. Ikke blot må selve afbrændingen i ovnen – også efter optændingsfasen – betragtes som en kaotisk proces. Men når røgen har forladt skorstenen i lav højde, altså i hvirvelzonen, dominerer de uforudsigelige processer fuldstændig. Bebyggelsen, beplantningen og terrænet gør det nærmest umuligt at bestemme røgens intensitet alene ved hjælp af syn og lugt. I tilgift kommer så problemer med skiftende vind- og vejrforhold, som også er kaotiske processer. Det ved vinbønder f.eks. i Tyskland alt om, men ikke sagsbehandlere i danske kommuner. Dog har f.eks. Lejre Kommune gennem sin forskrift i en konkret stillingtagen til brændeovnsgener, gjort det muligt inden for bestemte områder at inddrage “terræn, placering og højde af bygninger, træer, skorsten mv.”¹²¹ I øvrigt må man huske, at der medgår næsten 4m³ luft til forbrænding af 1kg træ.¹²² Denne røgluft er nødvendigvis forurenset med røgen. Derfor anbefaler LOB målinger på stedet.

120. Miljøstyrelsen (2016), s. 34

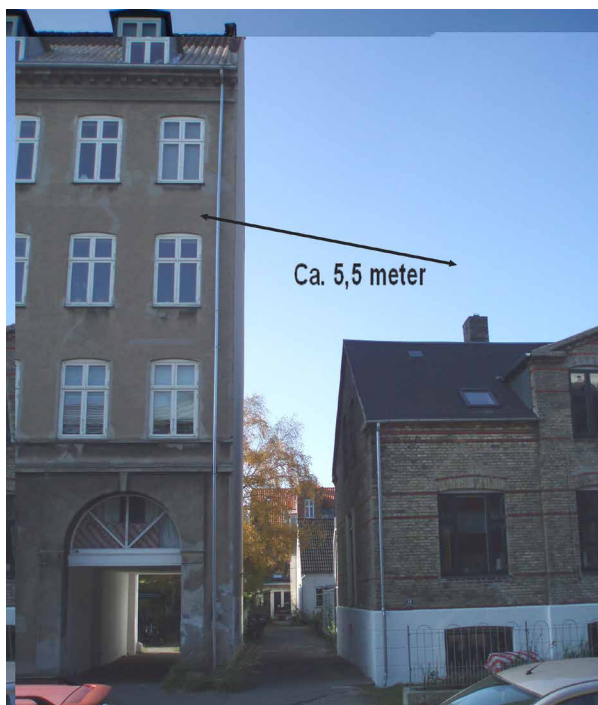
121. Lejre Kommune (2016), s. 4

122. Erik Holmsgaard red. (1987), s. 54

Bebyggelsesmønstre og røggener

Ved tætbeliggende villaer på skråninger opstår der ofte røgnedslag og hvirvler af røgluft. Naboer oplever, at røgen flytter sig i alle retninger. Det virker, som om den bliver fanget i en vindtragt og medfører røgloommer ved husene. Nogle naboer, der er blevet generet af røgen, har beskrevet røggenerne fra naboens skorsten således: “Røgen trænger ind i have, carport, bil og hus. Værst i vindstille vejr. Røgen giver anledning til hoste, astmatisk vejrtrækning, hovedpine, generel utilpashed, kvalme, kemisk smag i mund, tunge og læber”. Med beliggenhed tæt ved en sø eller strand vil vindforholdene og røggenerne blive påvirket af skiftet mellem pålands- og fralandsvind i løbet af et døgn. Men skiftende vindforhold anerkendes ikke som et problem ude i kommunerne.

Det burde også være indlysende, at der kan opstå røggener på 2. og 3. sal i etageejendomme tæt ved villaer med brændeovne. På billedet nedenfor ses afstanden mellem lejligheder og villaskorsten kun at være 5-6 meter. I lejligheden på 3. sal kan ildelugtende røg fra afbrænding af bl.a. paller stå ind ad vinduerne. Røggenerne vil være værst om aftenen.



*Figur 36. Røggener i blandet boligkvarter.
Kilde: Ib Andresen.*

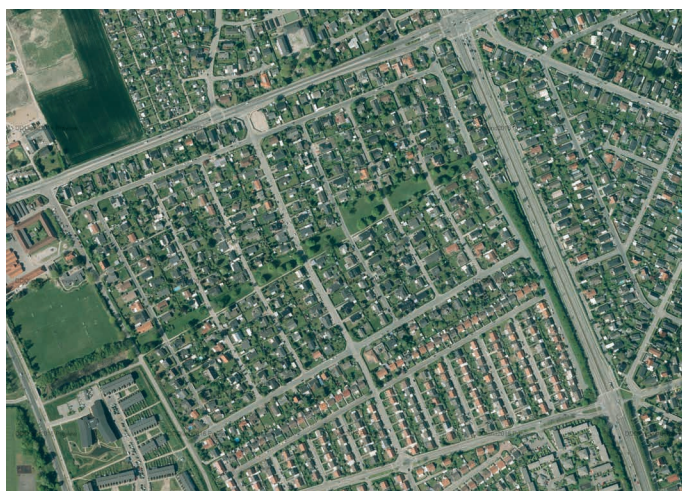
Beboeren i lejligheden henvendte sig til kommunen, da røggenerne opstod for nogle år siden. Dengang kom der to personer ud fra kommunen. De så på forholdene, men der skete aldrig mere. Formanden for ejendommens beboerforening henvendte sig også til kommunens teknik- og miljøforvaltning om de allestedsnærværende røggener. – Men uden virkning.

Røgen fra naboens brændeovn kommer stadigvæk ind ad vinduerne og forhindrer ren luft i opholdsrum og soveværelse på 3. sal. Når røgen først er kommet ind i huset, kan den blive hængende i flere dage, selvom der luftes ud. – Røggenerne er der hele tiden, og frygten nager for, at symptomerne skal blive værre. Nu har beboeren opgivet at få hjælp af kommunen og har fundet et andet sted at bo uden brændeovnsrøg.

Første officielle målestation i boligkvarter

Når visse kommuner hidtil har krævet, at en klager over røggener skal udpege én bestemt synder, har den kommunale myndighed ikke forstået luftforureningsproblemerne i tæt-lav bebyggelse. Røggenerne skyldes almindeligvis ikke en enkelt nabo, som forurener. Det drejer sig ofte om stor røgkoncentration samlet sammen fra adskillige brændeovnsejere, som en uheldig bebyggelses-, beplantnings- og energiplanlægning har muliggjort.

Toftegården er et tæt-lavt boligområde i Hvidovre. Vi har allerede omtalt det i del I i forbindelse med PAH-målinger.



Figur 37. Toftegården i Hvidovre – et tæt-lavt, naturgastilsluttet boligområde, foto. Kilde: COWI (2017).

Siden begyndelsen af 00'erne har flere beboere i kvarteret oplevet alvorlige røggenere fra de mange ovne, men i forbindelse med klage til kommunen har det været umuligt at udpege en enkelt synder, og kommunen har hidtil afvist klagerne. – Da den første brændeovnsbekendtgørelse var underskrevet af Miljøministeren i 2007, begyndte sagsbehandlerne i Hvidovre Kommune at se på mulighederne for at få vedtaget en Forskrift for brug af Fastbrændselsovne. Forskriften blev vedtaget i kommunalbestyrelsen allerede i november 2008, men det blev desværre ikke et gennembrud i forhold til bekæmpelse af luftforureningen i kommunens tætte boligområder. De regler, der stod i Hvidovre Kommunes forskrift for lav bebyggelse, var for almene og blev desuden kun i ringe grad håndhævet af kommunen. Det gjaldt f.eks. forbuddet mod fyring om natten. En progressiv løsning fra kommunens side ville have været at udpege Toftegården til et af de 'nærmere klart angivne områder i kommunen', der blev opstillet specifikke regler for (jævnfør Lejre Kommunes forskrift).

Konklusion

Lokale røgfælder er der nok af rundt om i landet. Der er mange skorstene, der er så lave, at fri fortynding af røgen er umulig. Og husene er så tæt beliggende, at røgen bliver fanget mellem dem. Oftest hænger røggenerne sammen med, at mange i kvarteret samtidigt opvarmer deres bolig med en ovn eller et fyr. Røggenerne er vedvarende og allestedsnærværende. En ansvarlig forvaltning burde have værktøjer til at afhjælpe sådanne forhold ved påbud eller evt. forbud, jævnfør miljøbeskyttelsesloven.

E. Boligmiljøundersøgelser

Undersøgelsen fra 2000	114
Undersøgelsen fra 2010	115
Undersøgelsen fra 2013	115
Kommunerresultater	117
Konklusion	119

Undersøgelsen fra 2000

I forbindelse med sundheds- og sygelighedsundersøgelser udført af Statens Institut for Folkesundhed sammen med Statens Byggeforskningsinstitut, er der blevet anvendt et supplerende spørgeskema om miljøfaktorer i danskernes hverdag. Det bliver begrundet med, at det af praktiske og økonomiske grunde er den eneste mulighed for at få informationer om personrelaterede miljøforhold fra en stor population. Det er aktuelt, når der ikke eksisterer tilstrækkeligt gode målemetoder for eksponering med visse miljøfaktorer, og det er netop tilfældet med den enkeltes eksponering for brændeovnsrøg i lokalmiljøet. "Sådanne sanseindtryk kan have væsentlig indflydelse på livskvaliteten, og lugt kan også være en indikator for sundhedsskadelig påvirkning. Kraftige lugte kan fremkalde astmasymptomer, hovedpine eller andre symptomer", skrev rapportens redaktør i indledningen til undersøgelsen i 2000. Derfor er selvrapporterede gener en brugbar målestok for luftforurening.

I undersøgelsen blev der blandt andet spurgt, om man i en forudgående 14-dages periode har været generet af ubehagelig lugt i boligen pga. brændeovne i kvarteret. Af 3700 besvarelser svarede 6,1 % bekræftende på spørgsmålet svarende til ca. 300.000 mennesker. Ifølge den tilknyttede tabel oplevede flest personer gener fra brændeovne i Frederiksborg, Vestsjællands og Roskilde amter (henholdsvis 11,6, 10,2 og 9,8 %). Færrest oplevede gener fra brænderøg i København og Frederiksberg kommuner (1,4 %) og i Storstrøms (4,0%) og Nordjyllands amter (4,1%).¹²³ På dette tidspunkt var brændeovne ved at komme på mode.

123. Keiding, L. m.fl. (2003), side 130

Undersøgelsen fra 2010

I 2010 havde Statens Institut for Folkesundhed igen inddraget brændefyring i forbindelse med en boligmiljøundersøgelse, der blev offentliggjort i 2012. Andelen, som inden for en 14-dages periode havde været generet af lugt fra brændeovne i kvarteret var på 8 % for mænd og 9 % for kvinder.¹²⁴ Beregninger viser, at det var ca. 471.000 personer, der i 2010 følte sig generet af brænderøg i kvarteret. Oplysningerne blev ikke uddybet i denne undersøgelse.

Undersøgelsen fra 2013

Seneste boligmiljøundersøgelse blev offentliggjort i 2014. Som indledning til rapporten skrev forfatterne Ola Ekholm, Anne Illemaan Christensen, Michael Davidsen og Knud Juel:

“Danskerne opholder sig en stor del af tiden i deres bolig, og en væsentlig del af miljøpåvirkningerne i det daglige vil derfor stamme fra boligen og dens omgivelser. Godt halvdelen af voksne danskere opholder sig mindst 16 timer dagligt i boligen, og godt 90 % er mindst 13 timer dagligt i boligen. Kvinder opholder sig i gennemsnit lidt længere tid i boligen end mænd, og ældre opholder sig i gennemsnit længere end yngre. – Boligmiljøet kan – ud over at have betydning for komfort og velvære indendørs – medføre uspecifikke symptomer som hovedpine, slimhindeirritation og træthed samt medvirke til opståen af sygdom [...] Udsættelse for tobaksforurenede luft er ligeledes et forhold i boligmiljøet, der kan medføre alvorlige helbredssekvenser (fx kræft, hjerte-kar-sygdomme og luftvejssygdomme samt irritation af øjne og slimhinder).”

Gener af miljøforhold i boligen inden for de seneste 14 dage er i undersøgelsesrapporten fra 2014 belyst ved at præsentere svarpersonerne for en række forskellige miljøforhold. De seks specifikke miljøforhold fremgår af figur 38. Svarmulighederne var ‘Ja, meget generet’, ‘Ja, lidt generet’ og ‘Nej’.¹²⁵

124. Christensen, A. I. m.fl. (2012), side 226

125. Ekholm, O. m.fl. (2014), side 2

	Meget generet	Lidt generet	Nej	Ialt	Antal svar personer
Mænd					
Lugt af mug	0,5	2,1	97,4	100,0	6.261
Støj fra trafikken	1,3	8,9	89,8	100,0	6.269
Støj fra naboer	2,3	13,0	84,7	100,0	6.271
Lugt fra brændeovne i kvarteret	1,5	8,0	90,5	100,0	6.260
Lugt af tobaksrøg fra nabo/tilstødende boliger	1,2	4,5	94,3	100,0	6.270
Lugt fra andre kendte kilder (fx affald, afløb, gylle)	0,6	7,2	92,2	100,0	6.266
Kvinder					
Lugt af mug	0,7	2,4	96,9	100,0	7.554
Støj fra trafikken	1,1	7,9	91,0	100,0	7.550
Støj fra naboer	2,7	12,6	84,6	100,0	7.559
Lugt fra brændeovne i kvarteret	1,5	7,3	91,2	100,0	7.546
Lugt af tobaksrøg fra nabo/tilstødende boliger	1,2	5,1	93,7	100,0	7.550
Lugt fra andre kendte kilder (fx affald, afløb, gylle)	0,9	7,9	91,2	100,0	7.552

Sundheds- og sygelighedsundersøgelsen 2013

Figur 38. Andel af respondenter, der inden for de seneste 14 dage har været generet af forskellige forhold i boligen og dens omgivelser. Mænd og kvinder. Procent og antal svarpersoner.

Blandt de undersøgte miljøforhold er støj fra naboer og trafik det, som generer flest mennesker. Derefter kommer lugt fra brændeovne i kvarteret. Ca. 9 % af svarpersonerne udtalte, at de havde haft lugtgener fra brænderøg. Det svarede til ca. 510.000 personer i Danmark i 2013.

Vi har sammenlignet undersøgelserne fra 2000, 2010 og 2013 nedenfor. Antallet af personer, der følte sig generet fra brænderøg i kvarteret i de pågældende år, har været stigende. Fra 2000 til 2013 har der været tale om en stigning på knapt 60 %.

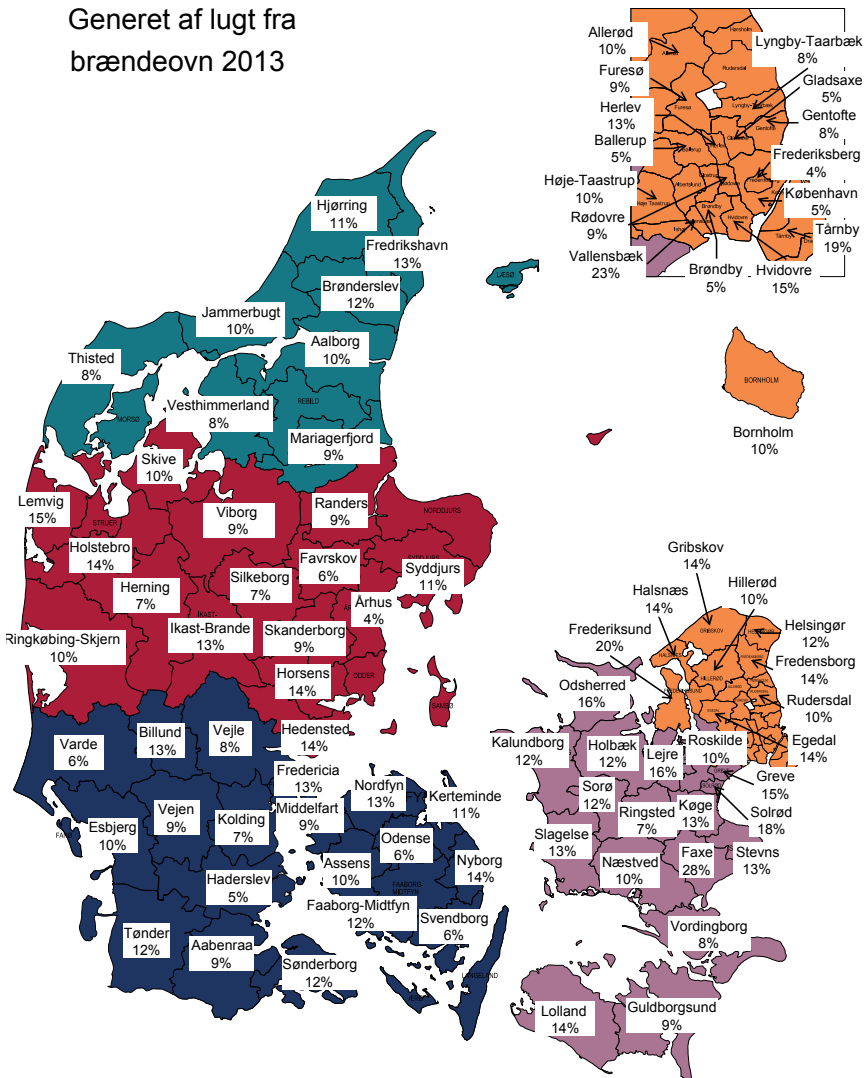
Table 8. Lugtgener ved boligen fra brændeovne i boligkvarteret.

	Lugtgener ved boligen fra brændeovne i kvarteret i en forudgående 14-dages periode	Danmarks befolkning i 1000	Antal personer, der følte sig generet fra brænderøg i kvarteret
	andel af adspurgte, der svarede ja (%)		
2000	6,1	5.330	325.000
2010	8,5	5.535	471.000
2013	9,1	5.603	510.000

Kilde: Keiding, Lis, redaktør (2003), Christensen, A. I. m.fl. (2012), Ekholm, O. m.fl. (2014)

Kommuneresultater

Landsforeningen til Oplysning om Brænderøgsforurening (LOB) har fået stillet kommuneresultaterne fra 2013-undersøgelsen til rådighed, og Ib Andresen, der er medlem af LOB, har indtegnet undersøgelsens resultater på et Danmarkskort. – Kortet er vist nedenfor.



Figur 39. Kommunekort over røggenerede 2013. Udarbejdet på grundlag af Geodatastyrelsens kort af Ib Andresen

15 af de 98 kommuner har ingen resultater. Det drejer sig først og fremmest om øer som Samsø, Fanø etc. Fra et par større kommuner var svarprocenten så lille, at tallene ikke ville give nogen mening. Det gælder kommunerne Albertslund, Dragør, Ishøj, Glostrup, Hørsholm, Odder, Norddjurs, Struer og Rebild.

De mindst røgbelastede kommuner, målt som antallet af røggenerede i procent af svarpersoner fra kommunen, var Frederiksberg og Århus kommuner, hvor kun 4 % havde svaret, at de havde været generet af brænderøg. – Den kommune, hvor det ifølge undersøgelsesresultaterne står værst til, er Faxe Kommune med 28 % røggenerede.

Boligundersøgelsens forfattere har oplyst følgende procenter for regioner:

Table 9. Brænderøggenerede i danske regioner 2013.

	Ja, meget generet %	Ja, lidt generet %	nej %	Antal Røggenerede ca. ialt
Region Hovedstad	1	7	92	139.000
Region Sjælland	2	10	88	98.000
Region Syddanmark	1	8	91	108.000
Region Midtjylland	1	7	92	102.000
Region Nordjylland	2	8	90	58.000

Kilde: Ekholm, O. m.fl. (2014) side 8, www.statistikbanken.dk

Forskellen i procent mellem regionerne er lille. I Region Sjælland er 12 % generet af brænderøg, og i Region Hovedstaden er det 8 %. Men inden for Region Sjælland er der en spændvidde fra 7 % af befolkningen i Ringsted Kommune til 28 % i Faxe Kommune. På tilsvarende måde vil der inden for den enkelte kommune være bydele, hvor røggenererne er meget store, og hvor der straks bør gribes ind med ‘No-burn’ regler, som WHO foreslog i en publikation fra 2015.¹²⁶

Den voksende viden om, hvor de røggenerede bor, øger yderligere behovet og mulighederne for at få nærmere kortlagt fordelingen af brænde-/pilleovne og -fyr. Vi forventer, at der er røgproblemer mange steder, men at de forsvinder fra radaren med for stærkt aggregerede tal.

126. WHO (2015), s. 29

Konklusion

Sundheds- og sygelighedsundersøgelserne i Danmark har vist en stigning i antallet af mennesker, der er generet af brænderøg ved deres bolig, fra ca. 325.000 i 2000 til 510.000 i 2013. I 2013 er andelen af røggenerede størst på Sjælland. I et par kommuner er det mere end 20 % af befolkningen, som er generet.

Mange kommuner har hidtil sagt, at der kun er få klager over røggener i deres område, og at der heller ikke er røggener af betydning. – Men at røggenerede ikke klager til kommunerne, hænger bl.a. sammen med ønsker om nabofred, som vi har nævnt tidligere.

Når ca. 1/2 million mennesker i 2013 har været generet af brænderøg i deres boligområde, og DCE-forskere i 2016 anslog, at der er ca. 540 for tidlige dødsfald om året, er der grund til at tage denne form for luftforurening mere alvorligt.

F. Måling af røggenere

Målinger i Charlottenlund 120

Målinger i Brønshøj 123

Konklusion 124

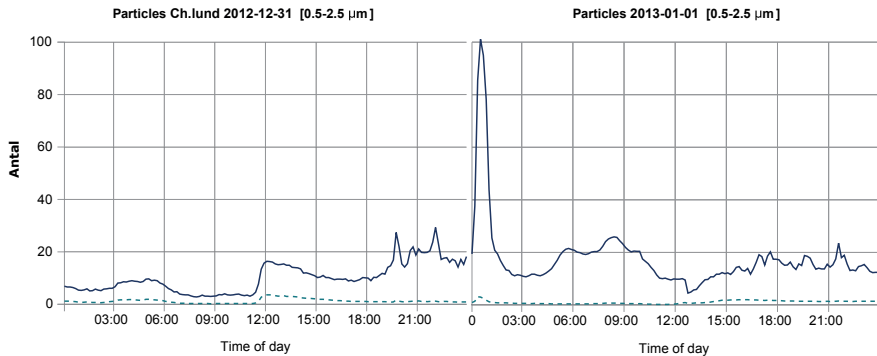
Gennem kortlægning af brændeovne kan hotspots for brændeovnsrøg påvises på kort med stor målestok, gerne suppleret med partikelmålinger ved lokaliteten. Dette burde være af interesse for alle kommunalbestyrelser og for Folketinget.

I vore dage kan man registrere bittesmå forbrændingspartikler ved hjælp af håndholdte partikeltællere. Siden 2011 har LOB foretaget indikative målinger af partikler i nogle af Hovedstadens boligkvarterer og lagt måleresultater på foreningens hjemmeside.¹²⁷ Partikeltællingerne har vist, at der er mange flere fine partikler i luften om vinteren end om sommeren. I opvarmningssæsonen er det værst tidligt på aftenen. Beregninger fra Charlottenlund og Brønshøj tyder på, at EU's grænseværdi for fine partikler i luften bliver overskredet adskillige gange i løbet af vinteren i boligkvarterer med mange brændeovne.

Målinger i Charlottenlund

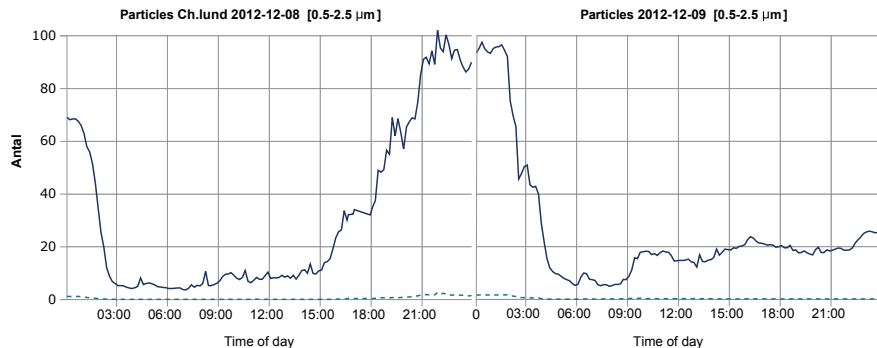
De to følgende figurer viser eksempler på LOB's målinger i Charlottenlund med en amerikansk fremstillet partikeltæller, Dylos DC1700 (pris ca. 6.000 kr.). Partikeltælleren registrerer kontinuerligt antallet af luftbårne partikler med en diameter på 0,5-2,5 μm pr. cm^3 gennemstrømmende luft. Gennem flere år er antallet af partikler blevet noteret af en computer for hvert minut. Desuden blev gennemsnitsværdien beregnet for hvert 10. minut og vist på LOB's hjemmeside.

127. www.brænderøg.dk



Figur 40. Antallet af partikler 0,5-2,5 µm pr. cm³ målt nytårsnat og -dag den 1.1.2013. Charlottenlund.

Kilde: Jensen, Jan Holst (2014) s. 3

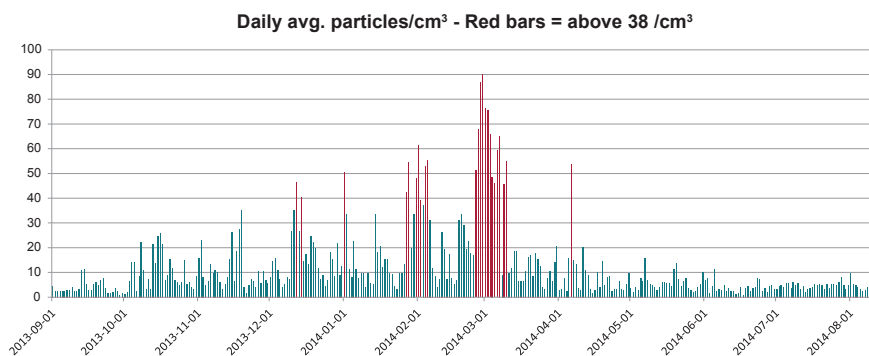


Figur 41. Antallet af partikler 0,5-2,5 µm pr. cm³ målt den 8.12.2012. Charlottenlund.

Kilde: Jensen, Jan Holst (2014), s. 3

Figur 40 viser partikelmålinger nytårsnat den 1.1.2013. Ud ad x-aksen er tiden, som begynder kl.00.00 og slutter 24 timer efter. Op ad y-aksen kan man aflæse antal fine partikler (0,5-2,5 µm i diameter pr cm³). Tallet 100 på den lodrette akse lige efter kl. 0.00 betyder altså, at tælleren observerede 100 fine partikler pr. cm³. Den høje koncentration af partikler varede mindre end en time svarende til den almindelige varighed af fyrværkeriet nytårsnat. Figur 41 viser målinger fra den 8. december 2012. Denne aften nåede partikelkoncentrationen ved 22-tiden op på samme høje niveau som nytårsnat, men koncentrationen holdt sig meget længere til gene for naboernes nattesøvn.

Kurvebillederne på de to diagrammer demonstrerer, hvor svingende partikelkoncentrationen i et boligkvarter er i løbet af et døgn. Set med vore øjne er det særligt interessant, hvor ofte og hvor længe partikelkoncentrationen overstiger ca. 40 fine partikler pr. cm^3 .¹²⁸ Denne størrelse svarer tilnærmelsesvis til $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, som er EU's grænseværdi for luftkvalitet med fine partikler.¹²⁹



Figur 42. Døgngennemsnit 2013-2014. 24 overskridelser af 38 partikler/ cm^3 .
Kilde: Jan Holst Jensen (2014), s. 7.

De detaljerede måledata giver os mulighed for at udtale os om det gennemsnitlige forureningsniveau per døgn på et lokalt sted. I figur 42 har vi vist døgngennemsnit af partikelantallet pr. cm^3 i løbet af et år. Vi har sammenholdt LOB's døgnniveauer i perioden 1.9.2013 til 15.08.2014 med WHO's anbefalinger (max. 3 overskridelser pr. år af $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pr. døgn).¹³⁰ Verdenssundhedsorganisationens anbefalede døgngrense blev overskredet 24 gange i vinteren 2013-2014 i Charlottenlund.

128. Jensen, Jan Holst (2014), s. 2

129. Ellermann, T. m.fl. (2015), SR 162, s. 8

130. WHO (2005), s. 9

Målinger i Brønshøj

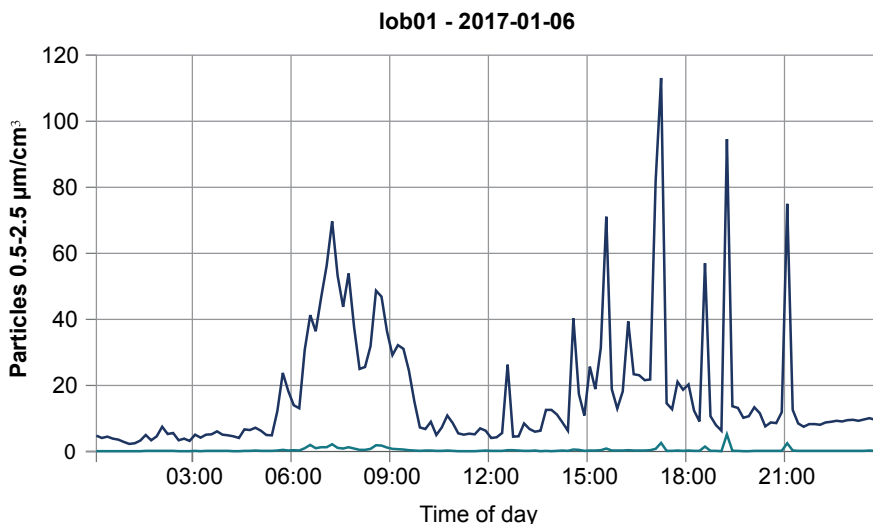
Siden 2016 har LOB haft en partikeltæller placeret i Brønshøj, København.

1/6/17 20:55	7,97	0,18
1/6/17 20:56	7,48	0,16
1/6/17 20:57	7,7	0,17
1/6/17 20:58	6,88	0,16
1/6/17 20:59	51,52	0,8
1/6/17 21:00	181,3	9,64
1/6/17 21:01	137,66	3,16
1/6/17 21:02	161,87	8,75
1/6/17 21:03	106,27	2,04
1/6/17 21:04	56,66	0,38
1/6/17 21:05	29,6	0,32
1/6/17 21:06	23,65	0,3
1/6/17 21:07	18,58	0,2

Figur 43. Antal partikler pr. cm^3 den 6. januar 2017 kl. 20.55-21.07.

Brønshøj.

Kilde: www.brænderøg.dk



Figur 44. Antal partikler (0,5-2,5 μm i diameter) pr. cm^3 den 6. januar 2017.

Brønshøj.

Kilde: www.brænderøg.dk

Note: Den grønne kurve viser antal af partikler med en diameter større end 2,5 μm . Den kurve interesserer os ikke her.

Figur 43 viser et udsnit af måleresultater den 6. januar 2017. For hvert minut bliver antallet noteret af en computer. Desuden bliver gennemsnit-

sværdien beregnet for hvert 10. minut og indgår i et kurvebillede (se figur 44). Antal partikler pr. cm^3 med en diameter mellem 0,5-2,5 μm er vist i venstre søjle (blå i kurvedigrammet), og antal af partikler med en diameter større end 2,5 μm er vist i højre (grøn i kurvedigrammet). Rammen fremhæver det største antal partikler i tidsrummet fra kl. 21.00 til kl. 21.01.

Både figur 43 og figur 44 illustrerer luftstrømmenes kaotiske karakter. Indimellem bliver der nået langt højere værdier pr. minut, end man kan se på kurvebilledet, fordi kurvebilledet er gennemsnitstal for 10 minutter.

Konklusion

Som vi tidligere har gjort opmærksom på, varierer koncentrationen af partikelantal langt mere med tid og sted end koncentrationen målt som partikelmasse. Variationerne er betydningsfulde, fordi de gentagne ekstremværdier siger noget om befolkningens alt for store udsættelse for luftforurening over tid. Derfor er EU's grænseværdi for partikelmasse, f.eks. pr. døgn, ikke beskyttelse nok i forhold til folks helbred. Partikelmålinger i lokalområder burde være almindelig anvendt på steder, hvor røggener er hyppige. Desuden burde reguleringer for at mindske røggener udformes sammen med grundejerforeninger og tage hensyn til områdets særtræk, f.eks. at boligerne ligger i en lavning, hvor brænderøgen kan samle sig.

G. Mangelfuld viden og regulering

På de foregående sider har vi forsøgt at opfylde W.W. Nazaroffs krav om at zoome ind på eksponering af den menneskelige faktor ved undersøgelser af luftforurening (se indledningen til del II).

Efterhånden er forurening fra brænderøg blevet erkendt som en væsentlig luftforureningskilde i Danmark. Men kortlægningen af problemet har hidtil været mangelfuld lige fra opgørelser af, hvor meget brænde der årligt bruges i Danmark, til hvor og hvornår fyringerne finder sted. Derfor er variationer af røggener fra boligkvarter til boligkvarter heller ikke klarlagt. Og heller ikke de hyppige skift af røggenskudninger fra minut til minut, time til time og dag til dag i nærområdet er blevet indfanget kvantitativt til brug for oplysning og regulering. Både i rapporter og i pressen har gennemsnitstal for store områder og lange tidsperioder hidtil præget opfattelsen af luftforurening fra brændefyring.

I 2009 meddelte Miljøstyrelsen, at der var sat midler af til udvikling af miljøvenlig teknologi til brændefyring. Et af de 11 omtalte projekter drejede sig om sammensætning af en "værktøjskasse" med virkemidler til kommunerne, når de skulle vurdere gener fra brænderøg og muligheder for at begrænse generne. Men den færdige værktøjskasse kom aldrig forpligtende ud til kommunerne. De øvrige økonomiske midler blev brugt til at 'modernisere' den nuværende ovnpark.

Selvom EU's regulering af luftforureningen er et skridt i den rigtige vej, er reguleringen ganske utilstrækkelig. Det er bl.a. nødvendigt med krav til, hvor få overskridelser af grænseværdien i boligkvarterer der må være dagligt, for at beboerne har mulighed for at få afgiftet kroppen. – Som nævnt ovenfor blev Verdenssundhedsorganisationens anbefalede døgngrænse overskredet 24 gange i vinteren 2013-2014 i Charlottenlund. – Endvidere er det nødvendigt med en langt mere udbredt brug af indikative målinger af luftkvaliteten i boligområder ligesom dem, Landsforeningen til Oplysning om Brænderøgsforurening (LOB) har gennemført over længere tid tæt ved boliger. Sådanne målinger med mobilt udstyr burde være en del af kommunernes beredskab, når de modtager klager over brændeovnsrøg.

Forbedringer af luftkvaliteten ville lettest kunne opnås ved mindre brug af brændeovne og -kedler samt af halm- og pillefyr. Primær opvarmning ved hjælp af små træfyrianslæg bør afløses af opvarmning med ikke-forurenende anlæg som fjernvarme, varmepumper, solfangere, solceller o.l. Dette ville effektivt nedsætte befolkningens eksponering og dermed generne og helbredseffekterne fra brænderøg. Den nuværende satsning på modernisering fra regeringens side løser ikke luftkvalitetsproblemerne på en effektiv måde.

DEL III

Helbredseffekter fra brændeovnsrøg

- A. Cases om røggenerede 129
- B. Sundhedsskadelig eksponering 134
- C. Udvælgelse af sundhedsskadelige stoffer 147
- D. Tungmetaller, især cadmium 148
- E. Benzen – et flygtigt, organisk stof 153
- F. Tjærestoffer 157
- G. Dioxin 164
- H. Partikler 171
- I. Kombinationseffekter fra brænderøg 176
- J. Sammenfatning 182



Foto: Hauke Bookhoff Bahnsen

Jazzmusikeren Hauke Bockhoff Bahnsen, der tog ovenstående foto fra sin altan, indleverede flere hundrede fotos til Guldborgsund Kommune i forbindelse med sin klage over røggen. Sagen, som vi har omtalt i bogens indledning, kom for Landsretten i 2011. Kort forinden var Hauke død af akut lungebetændelse. I forvejen var han svækket af sin hjerte-karsygdom. Forskere regner i dag med, at ofre for brænderøg dør ti år tidligere, end de ville uden røgpåvirkning.

A. Cases om røggenerede

Det er værst om natten 129

Fra olie til træpaller 130

Brænderøg forstærker astmaanfald 131

LOB's erfaringer fra kontakt med medlemmerne 132

I det foregående kapitel er der vist et kommunekort over røggenerede i Danmark i 2013. Procentdelen af røggenerede var størst på Sjælland. – Men hvordan oplever folk at være generet af brænderøg? Som formand for LOB (Landsforeningen til Oplysning om Brænderøgsforurening) gennem en årrække har jeg mødt mange mennesker, der blev generet af brændeovnsrøg i boligkvarteret, og som havde klaget til kommunen over luftforurening. Men i de færreste af sagerne lykkedes det for kommunerne, som lokalt er ansvarlig tilsynsmyndighed, at få fjernet forureningsproblemet.

Nogle af de røgramte har delt deres erfaringer med LOB's medlemmer, og vi har fået lov til at bringe deres historie i denne sammenhæng.

Det er værst om natten

“Hej LOB

Jeg er udsat for røg og chikane med røg fra naboens brændeFYR og altså ikke en almindelig brændeovn. Han fyrer paller af i stor stil, så gulbrun røg stiger op af skorstenen. Jeg har talt med kommunen, som ringede til ham (det var sidste år), og det stoppede for en tid, så jeg lagde sagen på hylden. Men nu er det taget til igen i stor stil.

Jeg er en ældre enlig kvinde på 70. Jeg kommer fra Sjælland, men efter at have arbejdet 8 år i X-købing, besluttede jeg mig for at købe et hus lidt længere uden for byen. Huset ligger i et nydeligt villakvarter, og jeg var i begyndelsen meget glad for at være her. Men tingene tog på et tidspunkt en drejning, da jeg gjorde opmærksom på røgchikanen.

Røgen tog til og – synes jeg – blev brugt som en slags chikane – eller straf for at have talt med kommunen om forholdene.

Jeg har selv en brændeovn, som jeg har “nedlagt”, da jeg netop har købt et nyt gasfyr.

Lige nu er situationen den, at jeg for det første ikke kan sælge, da huspriserne er for langt nede. Det er meget svært at bo her, min energi daler på grund af den luftforurening, jeg er omgivet af, for det foregår både nat og dag. Det er værst om natten.

De andre naboer tør ikke sige eller gøre noget. De finder sig i det. Et par af de ældre er syge, men det er jo svært at sige, om det er luftforureningen, der gør dem syge.

mvh”

Afsender er LOB bekendt. Februar 2015

Fra olie til træpaller

“Til Kommunen

På grund af daglige røggener er vi, som sidste udvej, nødt til at bede kommunen om påbud vedrørende brug af fast brændsel i kombinationsfyr hos ..., som er nabo til os.

Skorstenen på ejendommen har udmunding i niveau med hovedhøjde hos os, dels fordi skorstenen er opført på en lav bygning og dels på grund af terrænforskel. Dette gør fyret uegnet til brug for fast brændsel. Tidligere har naboen haft oliefyr, men har udskiftet dette til et kombinationsfyr. Når der fyres med olie, giver det ikke gener.

Der er ikke tale om gener som følge af røgnedslag, men at røgen går direkte fra deres skorsten ind til os, hvilket kan konstateres umiddelbart. Ligeledes handler det ikke kun om røg i forbindelse med optænding, men konstant røg under fyring. Der ligger nedfald af sod på vores ting.

Det påvirker os meget i hverdagen. Når det står på, kan vi ikke opholde os udenfor. Børnene kan ikke lege i haven. Vi kan ikke spise på terrassen, arbejde i haven, vaske bil osv. Generelt kan vi ikke hænge vasketøj ud, da det kommer til at lugte meget gennemtrængende af røg. Det går først væk efter en ny vask, og det hjælper ikke at hænge tøjet op indendørs i flere dage. Det skal vaskes forfra. Vi kan kun arbejde i garagen med lukket port.

Værst er det dog, at vi heller ikke kan slippe for røgen indendørs. Vi kan ikke lufte ud eller sove med åbne vinduer. Når vi skal ud med skraldespanden, kommer hår og tøj til at dunste surt af røg hele resten af aftenen, så vi må have jakke og hue på for bare at løbe ud til vejen med skraldespanden. Det er absurd. Ligeledes når vi parkerer i indkørslen og løber ind i huset.

Dertil kommer den væsentlige sundhedsskadelige risiko, vi udsætter os selv og vores børn for.

Vi har siden ændringen fra olie til fast brændsel flere gange været i god og konstruktiv dialog med naboen, som tidligere har været lydhør og har vist forståelse for problemet. Naboen har været ovre hos os for at opleve røgens direkte gang og har selv konstateret generne herved. Skorstensfejeren har rådgivet dem i forhold til fyringsadfærd. Det er dog fortsat et meget stort problem, da den sundhedsskadelige røg stadig går direkte ind til os. Vi har med naboen drøftet muligheden for at forhøje skorstenen, men det medfører en udgift for dem, og er formentlig heller ikke muligt, da der er temmelig langt op til kip. Naboen ved ikke, hvad de mere kan gøre for at undgå generne, og fortsætter derfor med fast brændsel, og henviser til at de fyrer med tørt træ, som skorstensfejeren har sagt, at de skal. De ønsker ikke at gå tilbage til udelukkende at anvende olie som brændsel, da de kan skaffe paller til brug for opvarmning. Vi er derfor nødt til som sidste udvej at bede kommunen om at træffe afgørelse vedrørende brug af fast brændsel.

Med venlig hilsen”

Afsender er LOB bekendt. April 2014

Brænderøg forstærker astmaanfald

“I skrivende stund holder jeg min yngste søn hjemme på anden dag med et astmaanfald. De senere år har han adskillige gange været indlagt med astma. Astmaen kan udløses af forskellige ting bl.a. af virusinfektioner, men brænderøg virker altid som forstærkende faktor. Han oplever f.eks. en akut forværring af sine astmasymptomer, når han cykler til skole i stille perioder hvor der fyres kraftigt i brændeovnene. På sådanne tidspunkter oplever jeg også selv, som daglig pendler mellem Allerød og Østerport, at luftkvaliteten er væsentlig bedre i København end i Allerød.

Det er ikke mit indtryk at røggenerne stammer fra enkelte brænde anlæg, hvor der fyres forkert. Det er snarere den udbredte og omfattende brug af brændeovne, der lokalt belaster de tættere bebyggede områder.

Der findes en del dokumentation for brænderøgens helbredsskadelige virkninger. Jeg gætter på, at dette er kendt i Teknisk Forvaltning, ellers bidrager jeg gerne med henvisninger. Jeg er bekendt med, at kommunerne har begrænsede beføjelser til at skride ind over for gener fra brænderøg. Men jeg synes det ville være hensigtsmæssigt at få afdækket, om brænde-

røgen reelt er et sundhedsmæssigt problem i de enkelte områder i kommunen. Det ville bl.a. kunne tjene til vejledning om, i hvilke perioder man måske skulle undgå at åbne soveværelsesvinduet om natten, undgå at lade sit barn sove ude i barnevogn, køre sit barn til skole i bil i stedet for at cykle etc. Det ville også være en rimelig information at kunne tilbyde folk, som påtænker at tilflytte området, og som måske – som tilflyttere fra områder uden samme udbredelse af brændeovne – ikke er opmærksomme på de mulige gener.

Jeg vil derfor opfordre ... Kommune til at begynde at foretage løbende målinger af luftforureningen i fyringssæsonen i udvalgte kvarterer i kommunen. Målingerne kunne som service for borgerne offentliggøres på et passende sted på kommunens hjemmeside.”

Afsender er LOB bekendt. Oktober 2014

LOB's erfaringer fra kontakt med medlemmerne

Røggenerne opleves som værst om natten. Husene kan ikke udluftes ordentligt. Man kan ikke sove og fungerer derfor dårligt i dagtimerne. Der opstår en frygt for, hvilke helbredseffekter, man udsætter sig selv og sine børn for.

Det er ikke uden grund, at Sundhedsstyrelsen i 2011 skrev:

“Tæt på kilden kan røgens lugt og dens indhold af akut-irriterende stoffer have betydning for gene-effekter hos de omkringboende. Lang tids udsættelse har især betydning for øget forekomst af hjerte-kar-sygdomme og luftvejslidelser, hvilket primært ses blandt ældre og personer, der i forvejen lider af luftvejs- og/eller hjerte-kar-sygdomme. Forværring af disse sygdomme kan medføre en øget dødelighed i befolkningen. – Børn anses også for særligt følsomme individer i forbindelse med partikelforureningen. – Endvidere er der påvist en sammenhæng mellem luftens indhold af partikler og kræft i luftvejene.”¹³¹

Dialog med naboer

Den første reaktion på brænderøgsgener vil almindeligvis være, at man henvender sig til anlægsejeren med problemet, men som ovenstående ek-

131. Sundhedsstyrelsen (2011), s. 38

sempler viser, giver det sjældent positive resultater. Tværtimod. – Derfor er det nærliggende at tale med kommunens miljøafdeling. Kommunalbestyrelsen er jo den ansvarlige lokale tilsynsmyndighed. – Men som vi har nævnt tidligere, er det kun få klager over brænderøgsgener fra naboer, som kommunerne modtager i løbet af et år. Det hænger især sammen med, at

- folk vil undgå konflikter med deres naboer eller er bange for social mobning,
- folk ikke kender til brænderøgens indhold af sundhedsskadelige stoffer. Den viden indgår ikke i pejsecentrenes og brændeovnsfabrikanternes markedsføring.
- og folk er uøvede i at dokumentere og i at skrive klager til myndighederne.

Klager til kommunen

Når energianlæg som brændeovne og -fyr medfører væsentlig forurening, kan kommunerne ifølge Miljøbeskyttelsesloven § 42 give påbud om, at forureningen skal nedbringes. Hvis den væsentlige forurening ikke kan afhjælpes, kan kommunen nedlægge forbud mod brugen af anlægget. Men kommunerne er uvillige til at benytte § 42 ved klager over brænderøgsgener, og vi kender kun få sager, der er endt med et effektivt påbud over for ovnejerens. Dette vil vi gerne ændre på, og derfor er det vigtigt for os at dokumentere brænderøgs sundhedsskadelige virkninger og få viderebragt disse indsigter til offentligheden i almindelighed og de kommunale myndigheder i særdeleshed.

B. Sundhedsskadelig eksponering

Indledning	134
Undersøgelsesmetoder af helbredseffekter	135
Luftkvalitet og helbredseffekter	136
Røgens indgangsveje til kroppen	138
Røgens spredning i kroppen	139
Ultrafine partikler og hjernen	141
Faktaboks: Celler	144
Sammenfatning	146

Indledning

Sammen med en række andre centrale myndigheder udgav Miljøstyrelsen i 2003 en arbejdsrapport med titlen *Miljø og sundhed hænger sammen*. Det var et inspirerende arbejde om miljøbetingede sundhedseffekter og indeholdt blandt andet et afsnit om luft og luftkvalitet og om myndighedernes regulering af emissioner fra industrivirksomheder. Her blev Luftvejledningen fra 2001, som angiver grænserne for, hvor meget dioxin, PAH, støv o.l. erhvervsvirksomheder måtte udsende, nævnt. Men om brændeovne står der blot én sætning: "I 2001 er der blandt andet gennemført en informationskampagne om dioxin og brændeovne rettet mod husejere".¹³²

På dette tidspunkt kendte man adskillige uønskede virkninger fra kemiske stoffer, der forekommer i brænderøg, så som dioxin, tjærestoffer, flygtige organiske forbindelser (VOC'er) og tungmetaller. Men man havde åbenbart ikke forestillet sig, hvor stor indflydelse røgen fra de små træfyrringsanlæg ville få på luftkvaliteten rundt om i Danmark i løbet af det næste årti.

Om helbredseffekter specifikt fra brændeovne er der indtil nu kun få tilgængelige kilder på dansk. Vi har tidligere nævnt det engelsksprogede

132. Miljøstyrelsen (2003), s. 47

Miljøprojekt 1235 fra Miljøstyrelsen,¹³³ der koncentrerede sig om partikler. Desuden er der DCE's undersøgelse fra 2016 (Brandt, J. m.fl. 2016), som gjorde det muligt for Det Miljøøkonomiske Råd og de økonomiske vismænd at sætte kroner og ører på de samfundsmæssige omkostninger ved luftforurening fra brændeovne. Men en bredere tilgang til emnet har vi savnet. Det forsøger vi at råde bod på med dette afsnit om metoder til at undersøge helbredseffekter fra luftforurening og om sundhedsskadelig eksponering i almindelighed.

Undersøgelsesmetoder af helbredseffekter

Helbredseffekter fra luftforurening generelt og specielt fra brændeovnsrøg bliver især undersøgt ved laboratorieforsøg, dyreforsøg og befolkningsundersøgelser. Befolkningsundersøgelserne sker på to forskellige måder, der kan belyse henholdsvis korttids- og langtidsvirkninger.

Korttidseffekter af luftforurening bliver undersøgt ved at følge samtidige udsving i helbredsforhold og forurening. Man kan f.eks. måle lunge- eller hjertefunktion hos en lille gruppe mennesker i forskellige geografiske områder. Det kan også dreje sig om at tælle det totale antal hospitalsindlæggelser, dødsfald pr. dag eller forekomsten af sygdomme, der er relateret til luftforurening. Samtidig vil man måle eller beregne luftforureningen i området.

Langtidseffekter af luftforurening er blevet undersøgt ved, at man har fulgt en stor afgrænset befolkningsgruppe over tid i områder med forskellige niveauer af luftforurening. Forureningsniveauet er blevet bedømt ud fra nogle få målestationer, der dækker større geografiske områder. En anden metode har været at vurdere forureningsniveauet for enkelte personer ved hjælp af målinger (eller modeller) f.eks. ved hver bolig. Status for helbredet er blevet fulgt gennem flere år samtidig med, at man tager højde for andre faktorer som f.eks. rygning, alder og social status, der kan påvirke risikoen for helbredseffekter. Et eksempel på en undersøgelse af langtidsvirkninger fra luftforurening er det omfattende EU-projekt ESCAPE med dansk deltagelse. Forskerne konkluderede blandt andet, at langvarig eksponering med fine partikler i luften er forbundet med øget

133. Nielsen, E., Dybdahl, M. og Larsen, P.B. (2008)

dødelighed, selv ved koncentrationer langt under EU's nuværende årlige grænseværdi.¹³⁴

Langtidseffekterne fra små træfyringsanlæg har hidtil ikke været undersøgt på befolkningsniveau i Danmark. Der har, som tidligere nævnt, manglet viden om fyringsanlæggenes geografiske udbredelse.

Det samlede omfang af helbredseffekter er vanskeligt at fastslå, fordi brændeovnsrøg indeholder mange forskellige stoffer af forskellig fysisk form, og fordi der kommer kombinationseffekter fra de forskellige stoffer.¹³⁵ Desuden er der stor individuel følsomhed over for luftforurening og brændeovnsrøg. Helbredseffekter er mest udtalte hos børn og ældre og hos de, som allerede har en luftvejslidelse eller er kemikalieoverfølsomme. Selv moderat luftforurening kan påvirke helbredet, og motion med vejrtrækning gennem munden vil forværre virkningerne i lungerne, da næsen så ikke virker som et beskyttende filter.¹³⁶

For alligevel at nærme sig en viden om, hvor omfattende helbredseffekter fra brændeovne er i den danske befolkning, har Statens Institut for Folkesundhed benyttet sig af spørgeskemaer om selvrapporterede gener (omtalt i del II).¹³⁷ Til Vismandsrapporten 2016 benyttede J. Brandt m.fl. sig af modelbetragtninger og overordnet statistisk materiale for at lave et skøn over helbredseffekter, til brug for vurdering af de samfundsmæssige omkostninger.¹³⁸

Luftkvalitet og helbredseffekter

Som vi var inde på i bogens første del, indeholder brænderøg over hundrede forskellige stoffer, hvoraf mange er skadelige for mennesker og miljø. I forbindelse med bestræbelser på at forbedre luftkvaliteten i EU skal landene hvert år indberette til EU's miljøagentur (EEA), hvor store emissioner de enkelte sektorer i samfundet udsender af 25 udvalgte stoffer. Det drejer sig dels om gasser som CO og flygtige organiske stoffer (VOC'er) og dels om faste stoffer i form af partikler (TSP, PM₁₀ og PM_{2,5}). Dertil kommer en række tungmetaller og klorforbindelser, der betragtes som sær-

134. Beelen, R. m.fl. (2014)

135. Palmgren, f. (red.) (2009), s. 76-79

136. Carlsen, A. (2009), s. 330

137. Keiding, Lis, redaktør (2003), Christensen, A. I., m.fl. (2012), Ekholm, O., mfl. (2014)

138. Brandt, J. m.fl. (2016)

ligt sundhedsskadelige og kan forekomme som gasser eller bundet til kulstofpartiklerne i brænderøgen.

Figur 45 fra EEA viser udvalgte stoffers udslip fra en konventionel brændeovn pr. energienhed (stoffernes emissionsfaktorer). De samlede mængder af stoffer fra alle konventionelle brændeovne i et område bliver beregnet ved at multiplicere den årligt afbrændte mængde træ i området med skadestoffets emissionsfaktor (målt i masse pr. energienhed (GJ)).

Figur 45. Udvalgte stoffers hhv. stofgruppers udslip pr. energienhed (emissionsfaktor) fra en konventionel brændeovn.

Kilde: EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016, s. 52.

Note: NMVOC er bl.a. flygtige kulstofholdige stoffer såsom benzen, acrolein og aldehyder

Pollutant	Value	Unit
NO _x	50	g/GJ
CO	4000	g/GJ
NM _{VOC}	600	g/GJ
SO _x	11	g/GJ
NH ₃	70	g/GJ
TSP	800	g/GJ
PM ₁₀	760	g/GJ
PM _{2.5}	740	g/GJ
BC	10	% of PM _{2.5}
Pb	27	mg/GJ
Cd	13	mg/GJ
Hg	0.56	mg/GJ
As	0.19	mg/GJ
Cr	23	mg/GJ
Cu	6	mg/GJ
Ni	2	mg/GJ
Se	0.5	mg/GJ
Zn	512	mg/GJ
PCBs	0.06	µg/GJ
PCDD/F	800	ng I-TEQ/GJ
Benzo(a)pyrene	121	mg/GJ
Benzo(b)fluoranthene	111	mg/GJ
Benzo(k)fluoranthene	42	mg/GJ
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	71	mg/GJ
HCB	5	µg/GJ

Af disse stoffer står HCB, PCB, PCDD/F, Benzo(a)pyren på EU's liste over hormonforstyrrende stoffer i kategori 1. For sådanne stoffer gælder, at det er kemiske forbindelser, hvor der er klar dokumentation for hormonforstyrrende egenskaber i mindst én levende organisme.

Røgens indgangsveje til kroppen

Før et forurenende stof i brænderøg virker skadelig på mennesker, skal det transporteres til 'målet' inde i kroppen. Eksponering kan foregå ved direkte påvirkning af hud, øjne, næse, mund og luftveje eller indirekte, når stoffet bliver slugt og efterfølgende absorberet via fordøjelseskanalen.

Hud

Menneskets hud har et totalareal på ca. 2 kvadratmeter og bortset fra, at den fungerer som en effektiv beskyttende barriere for kroppen mod skadelige stoffer, kontrollerer huden kroppens varmebalance og mindsker tabet af vand. Det ydre lag, hornlaget, består af døde hudceller med lavt vandindhold. Dette lag bliver fornyet i løbet af et par uger og fungerer som en barriere mod især vandelskende (hydrofile) stoffer. Nogle stoffer trænger imidlertid let gennem huden og kan give giftvirkninger. Andre stoffer kan få huden til at reagere med irritation eller betændelse, hvorved huden mister keratin (et hornagtigt protein) og bliver mindre beskyttende mod stoffer og mikroorganismer.

Øjne

Øjnene kan reagere med irritation og sløret syn. Øjnene er imidlertid relativt godt beskyttet af øjenlåg og tårevæske, der fortynder og fjerner skadelige stoffer.

Næse

Næsen fungerer som et filter, der holder partikler tilbage og opsuger vandopløselige gasser. Næsen har også en vigtig funktion ved at fugte og opvarme den indåndede luft. Cellerne i næsen kan omdanne eller aktivere forurenende stoffer til giftigere stoffer, som kan påvirke lugtecellerne i næsen. Lugtecentret er særlig sårbart over for forurening. Irriterende stoffer kan frembringe opsvulmen af slimhinderne og slim, der forstyrrer vejrtrækningen. Herved kan næsens beskyttende funktion blive omgået. Forskere har påvist, at ultrafine partikler og gasmolekyler kan blive transporteret direkte fra næsen til hjernen via nervecellerne.¹³⁹ Se figur 48 og 49.

139. HEI, (2013), s. 47

Mennesker kan lugte et meget stort antal forskellige kemiske stoffer – visse stoffer selv ved koncentrationer i luften langt under, hvad et teknisk apparat hidtil har kunnet opdage. Lugt kan provokere et antal af reaktioner, der strækker sig fra ubehag, kvalme og lede ved mad til velvære og godt humør. Lugt bør derfor ikke betragtes som en ren gene uden helbredsmæssig relevans, da lugt kan indikere en trussel mod helbred og velvære. Lugtfølelsen er en af de tidligste, vigtigste og mest fintmærkende sanser for overlevelse.

I praksis har regulering af luftemissioner været baseret på grænseværdier fastsat ved at benytte en gruppe individer som panel og beregne den koncentration, som 50 % af panelet kan lugte.¹⁴⁰

Munden

Når luftstrømmen gennem næsehulen ikke er tilstrækkelig til at dække behovet for luft, vil munden blive taget til hjælp. En del af indåndingsluften passerer munden. Det er tilfældet ved fysiske anstrengelser, og når næsens slimhinder svulmer op ved betændelse. Luftpassagen gennem munden sker hurtigere end gennem næsehulen. I sådanne situationer bliver den luft, der kommer ned i lungerne, ikke opvarmet, fugtet og rensat for mikroorganismer. Det øger risikoen for luftvejsinfektioner og astma.¹⁴¹

Røgens spredning i kroppen

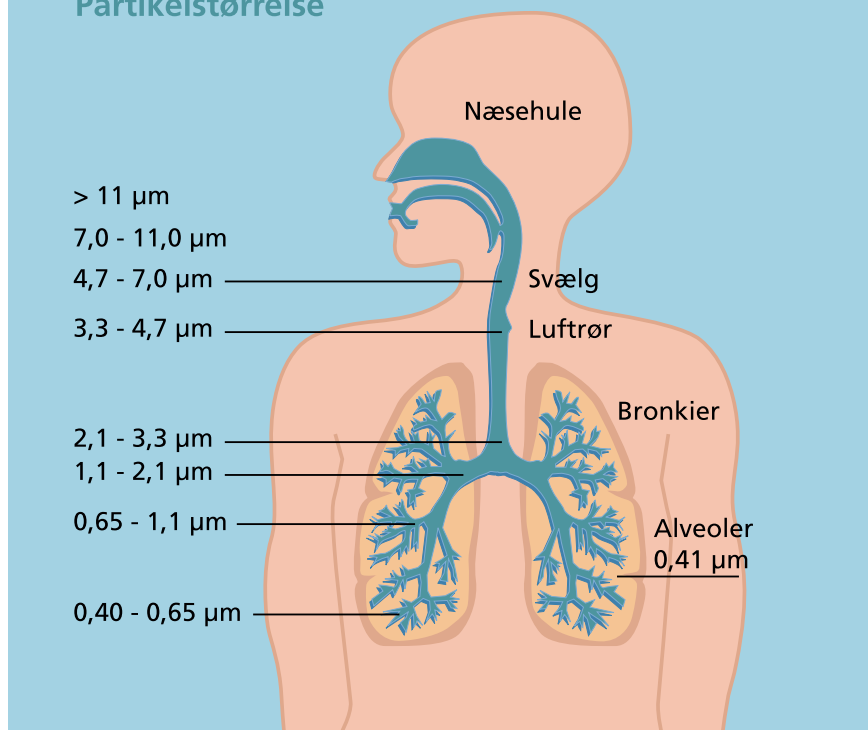
Luftveje

Den mest kendte vej for brænderøgens vandring i kroppen er via de øvre og nedre luftveje til lungerne. Ved indånding af partikler kan der reflekto-risk blive udløst nysen eller hoste. Det er kun gasser og mindre partikler, der når fra næsen op til hjernen eller helt ned i lungerne og evt. videre ud i blodet.

140. Anders Carlsen (2009), s. 329 ff.

141. Sand, O. m.fl. (2008), s. 358

Partikelstørrelse



Figur 46. De mindste partikler afsættes dybest i luftvejene.

Kilde: Palmgren, F. (red.) (2009), s. 74.

De øvre luftveje består af næsehule, mundhule og svælg. Strubehoved, luftrør, bronkier, bronkioler og alveoler udgør de nedre luftveje. De fineste forgreninger af bronkier og alveoler danner tilsammen lungevævet. Menneskets lungevæv har en overflade på ca. 70 kvadratmeter.¹⁴²

Store partikler bliver typisk fanget i næse og svælg, mens mindre partikler trænger helt ned i de små alveoler. De øvre luftvejes vægge består af væv, der indeholder celler med fimrehår og slimceller. Slimcellerne producerer en væske, hvori forurenende stoffer kan blive fanget og ved koordinerede bevægelser af fimrehårene blive transporteret opad mod svælget. Fra svælget kan de forurenende stoffer blive hostet op eller slugt.

142. Midtgård, U, Simonsen L. og Knudsen, L.E. (red.) (1999a) s. 31

Partikler i alveolerne kan fjernes ved optagelse i hvide blodlegemer og i andre celler. Hvis de er opløselige, kan de blive absorberet i cellerne. Uopløselige partikler bliver fjernet med forskellig hastighed (målt med halveringstiden) fra de forskellige afsnit af luftvejene (Se figur 47).

Organ	Halveringstid
Luftrør	2-3 min.
Øvre bronkier	20-30 min.
Nedre bronkier	80-120 min.
Distale bronkioler	300 min.
Alveoler	60 dage

Figur 47. Eksempel på halveringstid for uopløselige partikler i forskellige afsnit af luftvejene

Kilde: Midtgård, U, Simonsen L. og Knudsen, L.E. (red.) (1999a), s. 33

Note: Distale bronkioler svarer til de mindste bronkioler.

Gasser kan virke lokalt i luftvejene. Det afhænger af gassernes opløselighed, dér hvor de har deres lokale virkning. Letopløselige gasser vil virke i de øvre luftveje, mens tungtopløselige gasser vil trænge helt ned i alveolerne. Det gælder f.eks. NO_x 'er.¹⁴³

Fordøjelseskanalen

Hvis partiklerne bliver slugt, kan det indebære en risiko for absorption i mave-tarm-kanalen til blod- og lymfekar. Det gælder f.eks. for bly fra brænderøg. Absorption kan foregå i hele mave-tarm-kanalen fra mundhule til endetarm. Men pga. sin store overflade er tyndtarmen det vigtigste organ for absorption. Med undtagelse af giftstoffer, der virker ætsende eller stærkt irriterende på mave-tarm-kanalens slimhinder, vil stoffer være uden effekt, medmindre de bliver optaget i blodet.¹⁴⁴

Ultrafine partikler og hjernen

I de senere år har forskning både i Danmark og i udlandet fokuseret på helbredseffekter fra ultrafine partikler i luften.¹⁴⁵ Ultrafine partikler adskiller sig fra større partikler på forskellige måder: Ved deres deponerings-

143. Midtgård, U, Simonsen L. og Knudsen, L.E. (red.) (1999a) s. 33

144. Samme s. 33 og 36

145. Larsen, P.L. m.fl. (2015)

mønstre i lungerne, ved mekanismerne for kroppens bekæmpelse af fremmedlegemer og ved deres potentiale for omplacering fra lungerne til andre væv i kroppen. Nogle undersøgelser har også påvist transport af ultrafine partikler via lugtceller i næsen til hjernen.

Forskningsresultater om ultrafine partiklers helbredseffekter kan samles i nedenstående diagram om deres mulige transportveje i kroppen.

Ultrafine partiklers indtrængen i kroppen: mulige transportveje

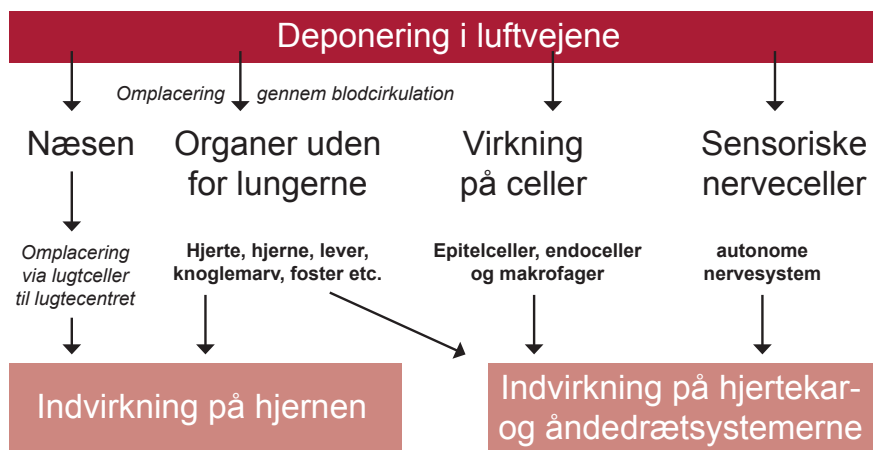


Fig. 48. Model af ultrafine partiklers indtrængen i kroppen

Kilde: SCD på grundlag af Kristensen, Henrik Vejen m.fl. (2010): Nanopartikler i arbejdsmiljøet, s. 19 og HEI Review Panel on Ultrafine Particles (2013), s. 38.

Diagrammet bygger hovedsagelig på en omfattende undersøgelse af litteraturen om helbredseffekter fra ultrafine partikler i udeluft.¹⁴⁶ Udgangspunktet for dette diagram er de fremmede stoffers vej ind i kroppen via luftvejene. Det gælder også for brænderøgen.

146. HEI Review Panel on Ultrafine Particles, Boston, (2013)

Via luftvejene kan de ultrafine partikler blive transporteret til hjernen, til åndedræts- og hjerte-kar-systemerne og ind i kroppens celler. For gravide kvinder kan partiklerne nå fostret. Oplysninger om faren for fostre ved ultrafine partiklers transport i gravide kvinders krop stammer fra den danske rapport om nanopartikler i arbejdsmiljøet af Kristensen, H.V. m.fl. fra 2010.

Health Effects Institute, Boston, USA (HEI) har især indsamlet viden om eksperimentelle undersøgelser af helbredsvirkninger på dyr og mennesker. HEI-forskerne fortæller, at der indtil 2013 ikke var gennemført epidemiologiske undersøgelser af langtidseksponering i udeluft fra ultrafine partikler.

Deres litteratursøgning viste, at virkninger på åndedrætssystemet og hjerte-kar-systemet kan hænge sammen med eksponering for ultrafine partikler. Det kan føre til forandringer af lungefunktion, betændelsesreaktioner i luftvejene, forøgede allergiske reaktioner, virkninger på blodkarrene, forandringer af blodkarrenes cellevægge, forandret hjerterytme og variationer af hjerterytmen, accelereret fortykkelse af blodkarrenes vægge og symptomer på hjernebetændelse. De her nævnte resultater er som de, der er observeret ved eksponering for fine partikler – med undtagelse af hjerneeffekter! Hjerneeffekter fra brændeovnsrøg burde derfor undersøges nærmere, fordi den nuværende modernisering af brændeovne sandsynligvis øger den relative betydning af de fineste partikler i røgen og deres kemi.

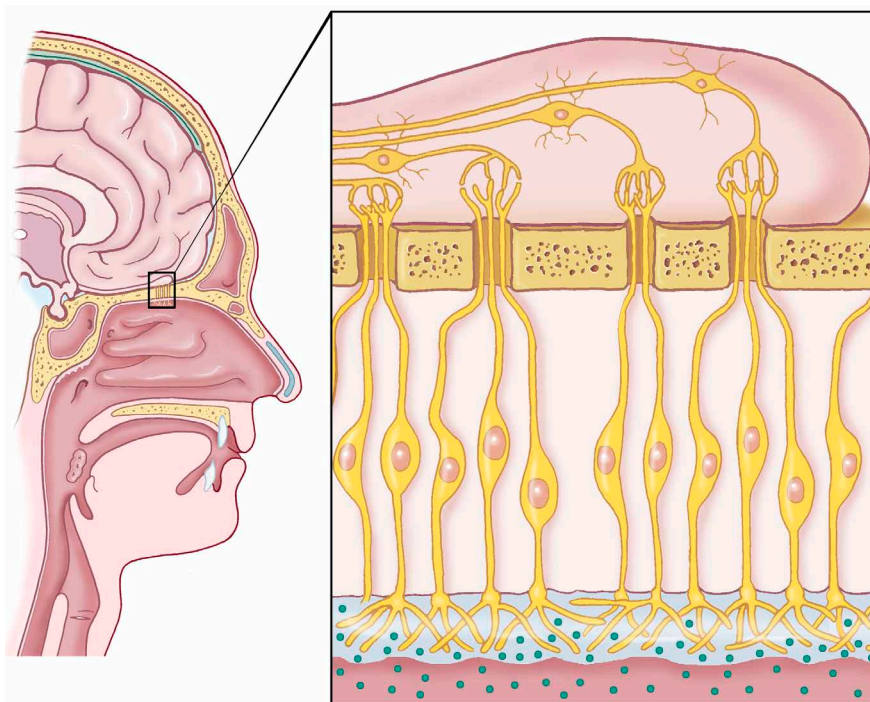
Det nye ved diagrammet ovenfor er, at det nævner den specielle vej for ultrafine partikler til hjernen via næsens lugteceller, som står i direkte forbindelse med hjernen. Hidtil har man kun talt om adgangsvejen til hjernen via blodcirkulation og blod-hjerne-barrieren. Den direkte vej fra næsen til hjernen bliver illustreret i figur 49.

Ved hjælp af talrige specialiserede lugteceller øverst i næsehulen kan de ultrafine partikler slippe forbi kroppens naturlige forsvar i næsen og finde vej til hjernen. Lugtecellernes udløbere (nervefibre) går ind i hjernen gennem huller i næsehulens loft (sibenet), og de skadelige partikler følger med nervefibrene til hjernens bløde væv.¹⁴⁷

På denne måde kan de ultrafine partikler skade lugtesansen og ved vedvarende eksponering føre til mere alvorlige hjernesygdomme.¹⁴⁸

147. Sand, O. m.fl. (2008), 156

148. Doty, R.L. (2009), s. 79



Figur 49. Opbygningen af lugteorganet
Tegning: Kari Toverud

I faktaboksen nedenfor har vi kort beskrevet cellernes opbygning, der kan blive berørt af ultrafine partiklers indtrængen i kroppen. Hertil kommer, at de ultrafine røgpartikler er bærere af toksiske og kræftfremkaldende kemiske forbindelser, som på denne måde kan overføres til cellerne, og enkeltvis eller i kombination udløse en serie af skadelige reaktioner.

Faktaboks: Celler

Celler

Alt liv på Jorden er knyttet til celler. Alle levende organismer bortset fra vira består af én eller flere celler. Et voksent menneske består af ca. 40.000 milliarder celler. Fællestræk for alle celler er, at de består af en vandig væske, der indeholder organiske molekyler og uorganiske ioner. Cellerne kommunikerer hele tiden og udveksler informationer med hinanden. I kroppen findes der ca. 200 forskellige celletyper, heriblandt stamceller (ikke-differentierede celler), kønsceller (ægceller og sædceller) og vævs-

celler. Vævsceller er samlet i forskelligt væv – epitelvæv, støttevæv, muskelvæv, flydende væv (blod og lymfe) og nervevæv. Et organ består af flere vævstyper, der samarbejder om at udføre en bestemt opgave.

Cellernes opbygning

En celle består af en vandig opløsning (cytoplasma) omgivet af en cellemembran. Cellemembranen er ikke vandopløselig. Den er hovedsagelig opbygget af proteiner og fedtstoffer. I cytoplasmaet findes der små organer (organeller) med meget vigtige funktioner som f.eks. energitransport, opbygning af proteiner og fedtstoffer, transport af proteiner og nedbrydning af makromolekyler, partikler og bakterier, der er trængt ind i cellen. Et særligt vigtigt organel er cellekernen.

Cellekerner, DNA og gener

Cellekernen indeholder næsten al cellens genetiske information og er centralen, der styrer cellens funktion. Det foregår ved, at kernen styrer dannelsen af de proteiner, som kontrollerer disse funktioner. Den genetiske information findes i cellekernen i et fint netværk af tråde (kromosomer), som består af DNA-molekyler (deoxyribonukleinsyre) og proteiner. Et gen er en lille del af DNA, som indeholder den information, der er nødvendig for at danne et bestemt protein. Hvert DNA-molekyle indeholder mange gener, og hos mennesker findes der tilsammen ca. 30.000 forskellige gener.

Fremstillingen ovenfor bygger på *Menneskets anatomi og fysiologi* af O. Sand, m.fl. (2008).

Sammenfatning

Overordnet kan man sige om eksponeringsveje for luftforurening, at når et stof er blevet samlet op af organismen, kan det blive fordelt via blodet til forskellige organer og blive skadelig i 'målet' for stoffet. Der kan være tale om lokal eksponering af hud og øjne, lokal eksponering af næsens epitel, lokal eksponering af luftvejenes epitel og beklædning, optag fra ånde-råttssystemet og optag fra fordøjelsessystemet efter hoste eller slugning.

Nogle forurenende stoffer bliver omdannet til uskadelige slutprodukter som udskilles via urin eller afføring, men andre forurenende stoffer bliver omdannet til giftige substanser i kroppen. Persistent forurenende stoffer

ender i organer, hvorfra de kan udøve skadelige virkninger over lange perioder.

I forbindelse med dette afsnit om sundhedsskadelige helbredseffekter har vi villet fremhæve betydningen af de ultrafine partikler i røgen og desuden næsens og lugteorganets sårbarhed over for luftforurening. Som Doty, R.L. (2009) har peget på, kan de ultrafine partikler skade lugtesansen og ved vedvarende eksponering føre til mere alvorlige hjernesygdomme. Denne indsigt, som bliver støttet af forskerne ved HEI i Boston, bør tillægges langt større betydning ved vurdering af helbredsskader og samfundsmæssige omkostninger fra brug af de små, udbredte træfyrianslæg, end det hidtil er sket.

C. Udvælgelse af sundhedsskadelige stoffer

Nogle af de kemiske stoffer, som brænderøg er den største kilde til i Danmark, har længe været kendt som sundhedsskadelige. Det drejer sig om dioxiner, PAH'er og partikler, der allerede i begyndelsen af dette årtusinde blev undersøgt i forbindelse med den første Gundsømagleundersøgelse. Ved vores gennemgang af brænderøgens kemi i bogens del I dukkede flere andre stoffer op, som det kunne være interessant at kigge nærmere på i forbindelse med helbredseffekter. Vi har især hæftet os ved tungmetallet cadmium og det flygtige kemiske stof benzen. Mere end 50 % af disse to stoffers danske emissioner til atmosfæren stammer fra brændeovne, ligesom mere end 50 % af dioxiner, PAH'er og fine partikler. Disse stoffer kan alle have alvorlige effekter på helbredet. – Nedenfor vil vi se nærmere på stoffernes helbredsskader. Desuden på skader fra partikler – herunder ultrafine partikler – og på kombinationseffekter fra brændeovnsrøg.

D. Tungmetaller, især cadmium

Indledning	148
Ydre eksponeringsveje	150
Helbredseffekter	151
Grænseværdier	152
Anbefaling til myndighederne	152

Indledning

Cadmium (Cd) er et grundstof. Det er fast stof ved 20 grader Celsius, smelter ved 321 grader og koger ved 767 grader. Både smeltepunkt og kogepunkt er lavere end for de fleste andre metaller inkl. zink. Cadmium reagerer ligesom zink, men er giftigt for kroppen i modsætning til zink, som er et nødvendigt sporstof for vores organisme. Et af problemerne med cadmium er, at de enzymer, som fungerer sammen med zink, ikke virker, når cadmium bliver bundet til dem.¹⁴⁹

I 1960'erne blev cadmium internationalt kendt som et stærkt helbreds-skadeligt tungmetal. En voldsom cadmiumforurening blev fundet i nærheden af den Mitsui-ejede zinkmine Kamioka nordvest for Tokyo i Japan. En gruppe beboere med markant knogleskørhed stævnedes mineselskabet Mitsui for cadmiumforgiftning af mennesker og miljø. Efter fire år vandt de den langtrukne retssag.¹⁵⁰

På FN-konferencen *The human environment* i Stockholm 1972 blev der fremlagt dokumentation for tungmetalforurening fra minedrift og industri-el fremstilling. Herefter satte mange lande gang i måling af tungmetaller i luften. Det første, man kiggede efter i Danmark, blev bly, men fra 1983 kom cadmiummålingerne med.¹⁵¹

Når man sammenligner de forskellige tungmetallers andel af udslip fra stationære forbrændingsanlæg, viser det sig, at brændeovne o.l. er den største kilde til forurening med cadmium, chrom, kobber, bly og zink i Dan-

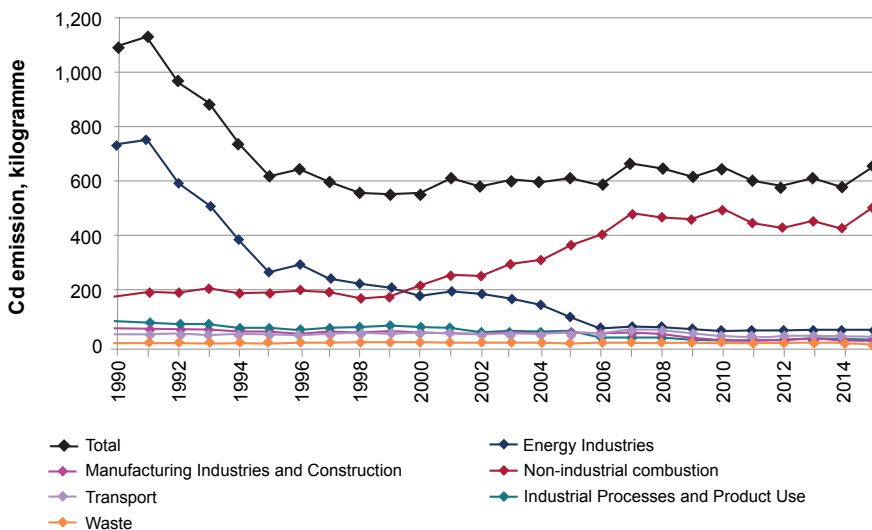
149. Henriksen og Pawlik, (1998), s. 107

150. Masanori, Kaji (2012), s. 5

151. Olesen, H.R. (2016)

mark. 86 % af Cd til luften fra stationære anlæg kommer ifølge DCE fra små træfyrringsanlæg.¹⁵² Det er en større andel end fra de andre tungmetaller.

På figur 50 kan vi se, hvordan udslip med cadmium i Danmark har ændret sig siden 1990. Der har heldigvis været tale om en reduktion på næsten 50 %. Det største fald i Cd-emissioner indtraf i perioden 1990-1995 pga. et mindre kulforbrug på kraftværker ved overgangen til naturgasfyring.¹⁵³



Figur 50. Emissioner af cadmium til atmosfæren fra 1990 til 2015 i Danmark
 Kilde: Nielsen, O-K. m.fl. (2017), s. 37.

Kurvedigrammet viser også, at den samlede Cd-emission fra alle kilder har ligget næsten konstant på ca. 600 kg om året siden 1995, men fra 2000 blev brændeovne den dominerende kilde, og i 2015 kom mere end 75 % af emissionerne til atmosfæren fra brændeovne (ca. 500 kg). Det betyder, at hvis alle brændeovne i Danmark blev lukket, ville cadmiumudslip fra danske kilder være markant reduceret. Det ville være en god handling, for i dag ved vi, at cadmiumforurening, ligesom forurening med andre tungmetaller, kan have alvorlige effekter på sundheden, at stoffet ophobes i føde-

152. Nielsen, O-K. m.fl. (2017), s. 61

153. Energistyrelsen (2015), s. 13

kæderne, og at tungmetaller i atmosfæren på grund af nedfald kan resultere i høje koncentrationer i menneskeføde.

Når forfatterne til rapporten *Clean Air in Denmark – Dedicated efforts since 1970* skrev, at der fra 1990 til 2015 havde været en 90 % reduktion i de danske cadmiumemissioner,¹⁵⁴ overdrev de med andre ord.

Ydre eksponeringsveje

Cadmium er oprindeligt en del af jordskorpen – mindre end en milliontedel (0,016 ppm). Man finder det ofte i malme sammen med zinkminerale, og netop dette har haft betydning for, at stoffet i dag er spredt over hele jorden. Zink er nemlig et af de billigste metaller, man har, og bliver anvendt i talrige industrielle processer som galvanisering, legeringer til trykstøbning (bilfremstilling), fremstilling af batterier og zinkhvidt (til kosmetik, tandpasta og plastik). Ved opvarmning af zinkmalm i produktionsprocesser bliver cadmium udskilt før zinken og vil slippe ud i atmosfæren.¹⁵⁵

I affald genfinder man en del spildprodukter fra de nævnte produktioner. Ved affaldsforbrænding vil cadmium blive udledt til atmosfæren fra skorstenen og senere genfundet som cadmiumdeposition i vand, jord og planter, hvis ikke der har fundet en meget effektiv rensning af røgen sted. Ved afbrænding på kraft-varme-værker af kul og træ, som indeholder cadmium, vil der på samme måde frigives cadmium til luften. Og det gælder især ved fyring i brændeovne uden røggasrensning. – Ved atmosfærisk transport kan cadmium fjerne sig langt bort fra emissionens kilde, inden det bliver deponeret i miljøet. Cadmiumdeposition i havet forurener mange organismer, især muslinger og snegle. Via foder, korn og stivelsesholdige rødder bliver cadmium optaget i fødekæden på landjorden (se figur 51). Føde udgør dermed den vigtigste miljøkilde til cadmium for ikke-rygere. For rygere er tobaksrøg vigtigst.¹⁵⁶

154. Hertel, O. m.fl. (2015), s. 41

155. Henriksen og Pawlik, (1998), s. 106

156. Miljøstyrelsen 2003, s. 34, WHO, (2010), s. 1

Fødevarer	Portions størrelse	Typisk indhold af cadmium/kg fødevarer	Indhold af cadmium i portionen
Brød	100 gram	0,02 mg/kg	2 mikrogram
Kartofler	100 gram	0,02 mg/kg	2 mikrogram
Kød	100 gram	0,03 mg/kg	3 mikrogram
Makrel	100 gram	0,01 mg/kg	1 mikrogram
Muslinger	100 gram	0,1 mg/kg	10 mikrogram
Østers	100 gram	0,4 mg/kg	40 mikrogram
Rejer	100 gram	0,05 mg/kg	5 mikrogram
Lys chokolade	20 gram	0,05 mg/kg	1 mikrogram
Mørk chokolade	20 gram	0,2 mg/kg	4 mikrogram
Hørfrø	20 gram	0,2 mg/kg	4 mikrogram
Cigaretter	10 stk	0,0015 mg/stk	15 mikrogram
Tolerabelt dagligt indtag for voksen på 60 kg	21,6 mikrogram		
Tolerabelt dagligt indtag for barn på 20 kg	7,2 mikrogram		

Tallene viser, at der er mange kilder til cadmium, og da det findes i alle basisfødevarer er det vigtigt at justere indtaget af f.eks. hørfrø, som har et meget højt indhold. Tilsvarende kan fødevarer som muslinger, rejer og mørk chokolade bidrage væsentligt ved højt indtag. Det er indtaget over lang tid, som har sundhedsmæssig betydning, og ikke indtaget den enkelte dag.

Figur 51. Cadmium i fødevarer.

Kilde: Fødevarestyrelsens hjemmeside (19.04.2017).

Danskernes indtag af cadmium ligger højt, set i forhold til gældende PTWI (anslået tolerabelt ugentligt indtag), svarende til forekomst af toksiske effekter på de mest følsomme mennesker. Cirka halvdelen af danskernes cadmiumindtag stammer fra kornprodukter, idet indholdet er højest i de grove sorter samt i klid.¹⁵⁷

Helbredseffekter

De højeste cadmiumniveauer hos mennesker er fundet i nyre og lever. Nyren er det kritiske organ i denne sammenhæng. Cadmium bliver først og fremmest ophobet i nyrerne, hvor halveringstiden for cadmium er fra 10 til 35 år. En koncentration af cadmium i nyrerne kan føre til dysfunktion af nyrebarken, der kan måles i urinen som øget udskillelse af proteiner med lav vægt.

157. Fødevarestyrelsen, (jan. 2017)

Stort optag af cadmium kan føre til dannelse af nyresten og forstyrrelser i calciumstofskiftet. Folk, som bor eller arbejder i cadmiumforurenede områder, kan få knogleskørhed og smertefulde knoglebrud, sådan som folk i nærheden af Mitsui-minen fik (se ovenfor).

Eksponering fra røg sker i form af cadmiumoxid. Det kan resultere i akut lungebetændelse og vand i lungerne, som kan være dødelig. Langvarig stor erhvervsmæssig eksponering er associeret med lungeforandringer, især karakteriseret ved KOL (Kronisk Obstruktiv Lungesygdom).

Der er tilstrækkelig evidens for, at langvarig erhvervsmæssig udsættelse for cadmium (f.eks. gennem cadmiumrøg) bidrager til udvikling af lungekræft. På grund af tilstrækkelige beviser for stoffets virkninger på helbredet har WHO's cancerforskning klassificeret cadmium og cadmiumforbindelser som kræftfremkaldende for mennesker.¹⁵⁸

Grænseværdier¹⁵⁹

WHO's retningslinjer for cadmium 2010:

Anslået tolerable månedlige indtag (PTMI): 25 µg/kg kropsvægt

Drikkevand: 3 µg/l

Luft: 5 ng/m³ (årligt gennemsnit)

Anbefaling til myndighederne

I 2010 kom WHO med en anbefaling om, at nationale, regionale og globale indgreb er påkrævede for at formindske de globale udslip af cadmium til miljøet og reducere eksponering ved arbejde og fra miljøet. Bl.a. på grund af tungmetallindholdet i brænderøg bør det danske folketing vedtage en handlingsplan i forhold til røgforgiftning fra brug af de små træfyrringsanlæg.

158. WHO, 2010, s. 3

159. Samme, s. 2

E. Benzen – et flygtigt, organisk stof

Indledning	153
Benzens egenskaber	154
Ydre eksponeringsveje	154
Indre eksponeringsveje	155
Helbredseffekter	155
Grænseværdier	156
Anbefaling til myndighederne	156

Indledning

Benzen kom i EU's søgelys omkring år 2000, fordi det var et vigtigt petrokemisk råstof, der var dokumenteret kræftfremkaldende, og hvis tilstedeværelse i luften var blevet lettere at påvise gennem målinger.¹⁶⁰ Men dengang opfattede man først og fremmest benzen i udeluften som et resultat af benzindrevne biler og luftforurening fra den kemiske industri. Indendørs pegede man på tobaksrøg som årsag til eksponering. I P.B. Larsens rapport fra 2000 bliver brændeovne overhovedet ikke nævnt som kilde, selvom Jørgen Vikelsøe, m.fl. allerede i 1990 havde påvist benzens tilstedeværelse i brænderøg.

Som vi nævnte i del I, fandt finske forskere i 2006 PAH, toluen og benzen i luften i et typisk finsk boligområde. Både PAH- og benzenkoncentrationerne var markant forhøjede i boligområdet. Desuden viste benzen/toluen-forholdet, at træforbrænding var den vigtigste kilde til forureningen med benzen.¹⁶¹

Kort tid efter offentliggjorde en svensk forskergruppe nogle resultater fra en undersøgelse af benzenindholdet i luften indendørs i hjem, hvor brændeovne blev anvendt til opvarmning. I disse boliger målte forskerne højere indhold af benzen sammenlignet med niveauet i hjem uden brænde-

160. EF 2000 og EF 2008

161. Hellén, H. m.fl. 2008, s. 283

ovne. Boligerne var eksplicit udvalgt som frie for tobaksrøg, da tobaksrøg ellers kunne have forstyrret målingernes resultater.¹⁶²

Endelig kunne DCE i 2015 offentliggøre målinger fra Hvidovre, der understøttede indsigten fra Finland, om at træfyring i boligområder medfører forurening med benzen.¹⁶³ Og benzenmålingerne fra taget af H.C. Ørsted Institutet i København 2011 til 2014 tydede på, at denne sammenhæng fandtes.¹⁶⁴

Her er der også grund til at nævne, at EU i direktivet fra 2008 foreslår en grænseværdi med henblik på beskyttelse af menneskers sundhed på $5\mu\text{g}/\text{m}^3$ luft for benzen som gennemsnit for hele året ved udendørs målestationer i bybaggrund.¹⁶⁵ I 2015 viste målingerne på taget af H.C. Ørsted Institutet en benzenkoncentration på $0,37\mu\text{g}/\text{m}^3$.¹⁶⁶ Det er relativt lavt pga. sommerværdierne.

Benzens egenskaber

Benzen består af kulstof og brint (C_6H_6) og er en klar, farveløs, brandfarlig væske, der fordamper ved 80 grader og har en karakteristisk aromatisk lugt.¹⁶⁷ Benzen er opløselig i fedt, men kun vanskeligt opløselig i vand.

Ydre eksponeringsveje

I det ovenfor nævnte boligområde i Finland har man i en periode på seks dage i februar 2006 målt en udendørs benzenkoncentration på $1,25\mu\text{g}/\text{m}^3$, der var lidt højere end på baggrundsstationen.¹⁶⁸

Den svenske undersøgelse viste som nævnt, at der også frigives benzen til indeluften i boliger med brændeovne. Forfatterne skriver:

“I denne undersøgelse blev der fundet signifikant højere indendørs niveauer [...] benzen i hjem med dagligt brug af brændeovne sammenlig-

162. Gustafson, P. m.fl. (2007), s. 27

163. Ellermann, T. m.fl. (2015), s. 34-35

164. Klenø Nøjgaard, J. (2015)

165. EU-direktivet (2008/50/EF), bilag XI

166. Ellermann, T. m.fl. (2016), s. 37

167. Fabricius, A. m.fl. (1999), s. 65, IARC (2009), s. 1, Jes Fenger (2017), (Q)SAR predicted profile (2015), s. 1

168. $1,04\mu\text{g}/\text{m}^3$, Hellén, H. m.fl. (2008), s. 287

net med i hjem med andre typer af opvarmningssystemer på trods af lokalisering i samme boligområde.”

Det fremgår af artiklen, at gennemsnitsværdien af den målte benzenkoncentration i dagligstuen i de 14 boliger var på 5,7 µg/m³ for måleperioden på 7 dage, mens den var under det halve i de 10 hjem uden brændeovn. Det betyder, at beboere i hjem med træfyring bliver direkte eksponeret med en benzenmængde, som overstiger EU’s grænseværdi.¹⁶⁹

I et boligkvarter kan benzenholdig udeluft også genere og yderligere trænge ind i boliger via sprækker ved vinduer og døre og gennem naturlige og mekaniske ventilationssystemer.

Indre eksponeringsveje

Hvis man indånder røg med benzen, kan benzen nå hjernen via nerveceller i næsehulen, som sender duftindtryk ind i hjernen (se figur 49). En del af benzendampene kan blive optaget af blodet via lungerne og fordele sig i hele organismen. Undervejs bliver benzen omdannet til andre skadelige forbindelser, især gennem stofskiftet i leveren.¹⁷⁰ Benzen kan desuden blive optaget gennem huden.¹⁷¹

Helbredseffekter

Ud fra IARC’s rapport fra 2009 fremgår det, at benzens virkninger i kroppen bliver undersøgt intensivt i disse år, og at man på flere punkter er nået frem til en detaljeret forståelse af forskellige leukæmiformers opståen i forbindelse med påvirkning af benzen. Det europæiske miljøagentur (EEA) rapporterer, at benzen kan påvirke det centrale nervesystem, den normale blodproduktion af røde og hvide blodceller og blodplader og forårsage blodmangel, blødninger og leukæmi. Endelig kan benzen skade immunsystemet og forårsage medfødte skader.¹⁷²

169. Gustafson, P. m.fl. (2007), Tabel 2, s. 26 og 27

170. IARC (2009), s. 276

171. Arbejdstilsynets bekendtgørelse (2011), bilag 2

172. EEA (2013), s. 17

Akutte virkninger af benzeneksposering

Ved akut eksponering med benzen kan der opstå irritation af slimhinder, hovedpine, svimmelhed og bevidstløshed.¹⁷³ På petrokemiske arbejdspladser, hvor der er mulighed for at komme i kontakt med benzen, og hvor man er bevidst om arbejdsmiljøets betydning for de ansattes helbred, går de ansatte rundt med moderne måleapparater for at kunne blive advaret mod forhøjede benzenkoncentrationer og for at holde benzeneksposeringen så lav som mulig.

Langtidspåvirkning med benzen – astma og kræft

En række undersøgelser har påvist sammenhæng mellem benzen og astma og lugesymptomer hos børn og voksne.¹⁷⁴ En australsk forskergruppe konkluderer, at selv benzenniveauer, der ligger under de almindeligt accepterede anbefalinger fra benzenkilder i boligen, kan øge risikoen for astma hos børn.

Benzen har længe været kendt for at kunne ødelægge kroppens blodcelledannende system ved kronisk overeksponering.¹⁷⁵ Stoffet er af IARC klassificeret som kræftfremkaldende i gruppe 1. Det drejer sig om forskellige former for leukæmi, som ovenfor nævnt.¹⁷⁶

Grænseværdier

WHO har ikke foreslået nogen grænseværdi for benzen i udeluft, fordi der ikke har kunnet påvises en nedre grænse (en tærskelværdi) for opståen af sundhedsskadelige effekter. Som en generel vejledning knyttes koncentrationer af luftbåren benzen på 17, 1,7 og 0,17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ til en forøget livstidsrisiko for leukæmi på 10^{-4} , 10^{-5} og 10^{-6} respektive.¹⁷⁷

Anbefaling til myndighederne

De centrale og kommunale myndigheder bør snarest advare brændeovns-ejere om fare for benzeneksposering i og omkring boliger med brændeovne.

173. Fabricius, A. m.fl. (1999), s. 65, WHO (2010), s. 2

174. Sundhedsstyrelsen, (2011), s. 20

175. Peterson, J. E. (1977), s. 78

176. Fabricius, A. m.fl. (1999), s. 65, WHO (2010), s. 2

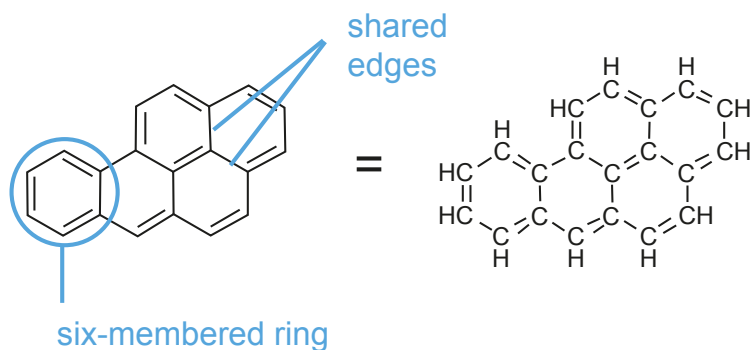
177. WHO 2010, Larsen, P.B. m.fl. 2000

F. Tjærestoffer

Indledning	157
Ydre eksponeringsveje	158
Indre eksponeringsveje	160
Helbredseffekter	161
Faktaboks: Kræft	162
Anbefaling til myndighederne	163

Indledning

Tjærestoffer omfatter mange forskellige kemiske forbindelser. De udgør en gruppe organiske stoffer, der bliver kaldt polycykliske aromatiske kulbrinter (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH)), og består af kulstof- og brintatomer. Det bedst undersøgte stof er benzo(*a*)pyren.



Figur 52. Benzo(*a*)pyrens molekylstruktur med C (kulstof) og H (brint) atomer
Kilde: Umwelt Bundesamt (2016), s. 5

Benzo(*a*)pyren består i alt af tyve kulstofatomer og tolv brintatomer opbygget i en ringstruktur. Ved stuetemperatur er stoffet fast. Det smelter ved 178 grader. Det er tungtopløseligt i vand og fordampes kun langsomt, men er let opløseligt i fedtstof og organiske opløsningsmidler som f.eks. terpentin og benzin.¹⁷⁸

178. Karlson, U. red. (2006), s. 16-19

Tjærestoffer i almindelighed binder sig fast til sod-, jord- og støvpartikler og ophober sig i organismers fedtvæv. Den tyske miljøstyrelse skrev i 2016, at nogle PAH'er samtidig både er vanskeligt nedbrydelige i miljøet, bioakkumulerende i organismer, inklusive den menneskelige krop, og er giftige for mennesker og andre organismer.¹⁷⁹

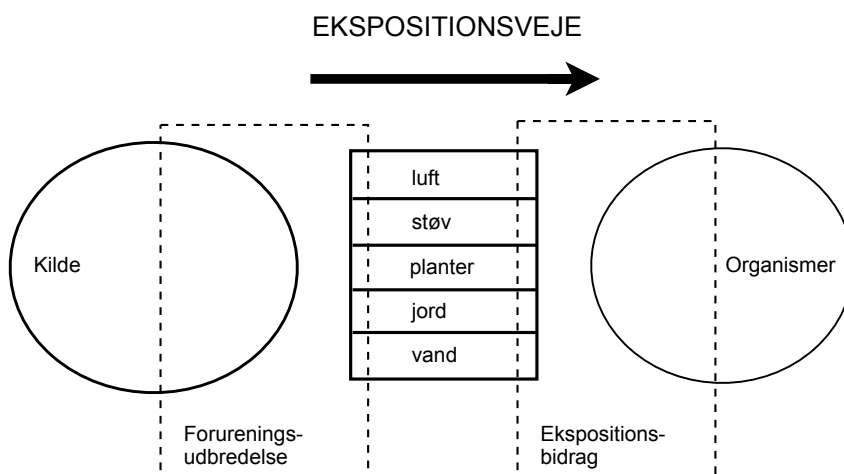
De fleste forureninger fra brændeovnsrøg, består af blandinger af kemisk forskellige tjærestoffer og findes her sammen med andre stoffer, bl.a. dioxin. (Se mere om tjærestoffers forekomst i del I.)

Ydre eksponeringsveje

Brændsel, der ikke forbrænder fuldstændigt i fyringsanlæg, er årsag til store udslip af tjærestoffer fra ovne og kedler. Udslippene af tjærestoffer fra forbrændingsprocessen er tæt forbundet med udslip af partikler – jo flere partikler, jo flere tjærestoffer. (Senere i del III er der et specielt afsnit om partikler.)

I 2015 udgjorde tjærestoffer fra brændeovne o.l. to tredjedel af de årlige udslip af tjærestoffer til luften fra danske kilder (Se del I, figur 16).

Tjærestoffer har flere forskellige ekspositionsveje bort fra fyringsanlæggets skorsten, jf. figur 53.



Figur 53. Model af ekspositionsveje for luftforurening
Kilde: Efter Arne Scheel Thomsen (1988)

179. Umwelt Bundesamt (2016), s. 6

Fra fyringsanlæggene kommer tjærestoffer ud i luften i form af gasser eller bundet til partikler. Det er tjærestoffer med lavt damptryk og flere end fire benzenringe, der befinder sig på sodpartikler fra forbrændingen, f.eks. det tidligere nævnte stof benzo(*a*)pyren. Derved kan der ske en direkte indånding af tjærestoffer. Indånding af brændeovnsrøg kan sammenlignes med at indånde tobaksrøg (jf. oplæg af dr. scient. Lars Carlsen (RUC) på tjærestofmødet i 2007, se Del II). I modsætning til tjærestoffer, der er bundet til partikler, bliver de gasformige tjærestoffer hurtigt nedbrudt i atmosfæren.

Den naturlige fjernelse af partikelbundne tjærestoffer fra atmosfæren sker ved, at partiklerne enten bliver direkte afsat på jordoverfladen eller på vegetationen, hvorfra de om efteråret rammer jorden i forbindelse med løvfald. En lang række stoffer, der bliver dannet fra PAH, bindes også til partikler i luften. Sammen med PAH kan de forurene afgrøder ved nedfald (deposition). PAH kan derfor findes som resultat af luftforurening i kornprodukter, spiseolier, frugt og grøntsager, oplyste Fødevarestyrelsen i 2017. Der kan også ske en transport med luftstrømninger ud over havet. En del bliver optaget af organismer i havet såsom i blåmuslinger.¹⁸⁰ Men i 2011 viste fødevarestyrelsens analyseresultater, at samtlige rå fisk og fiskevarer inklusive muslinger har indhold under kvantificeringsgrænsen for benz[*a*]pyren, dvs. mindre end 0,2 µg/kg ubehandlede muslinger,¹⁸¹ altså meget små mængder.

Kun nogle få timer om natten med træfyring i et enkelt hus kan forøge koncentrationerne med fine partikler i omkringliggende boliger og forårsage koncentrationer af tjærestoffer på mere end 2µg/m³. Det viste en videnskabelig artikel fra Finland af H. Hellén m.fl. (2017) om PAH-koncentrationerne i deciderede brændeovnskvarterer med fritliggende huse.¹⁸² Ifølge EU burde baggrundskoncentrationerne af tjærestoffer i udeluft være tæt ved nul, dvs. under 1ng/m³ i årsmiddelværdi.¹⁸³ Yderligere vil PAH fra brændeovnsrøg have indendørs samt udendørs på flader og jorden og resultere i sekundær og tertiær indtag via mund og hudabsorption.¹⁸⁴

180. Karlson, U. red. (2006), s. 52-61

181. Fødevarestyrelsen (2011)

182. Hellén m.fl. (2017), s. 34-84

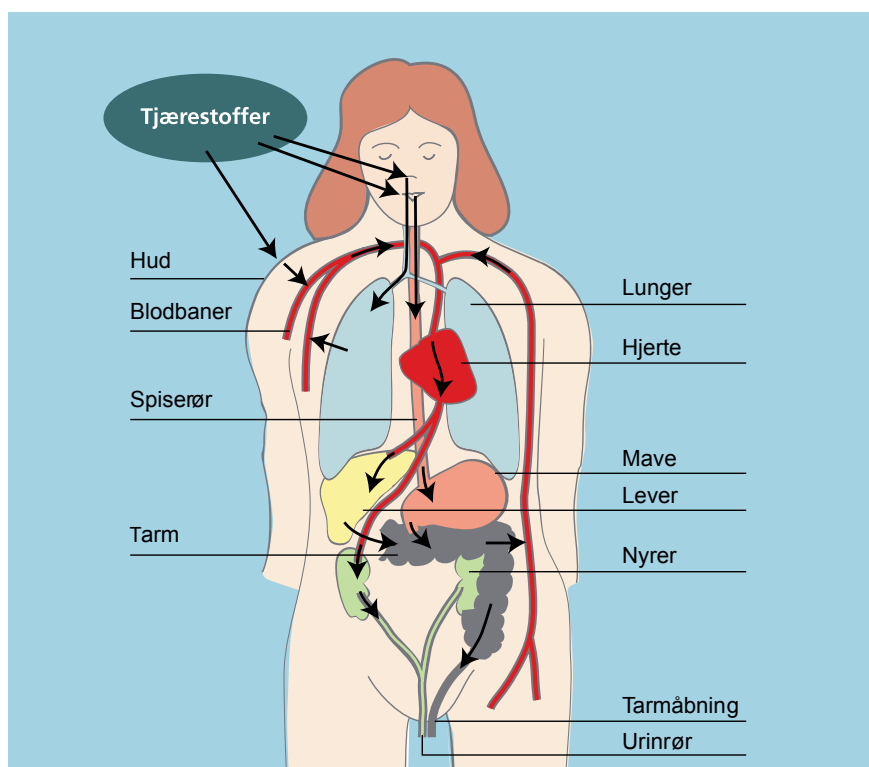
183. Institut for Miljøvidenskab, (2016b)

184. Utah Physicians for a Healthy Environment (2015), s.11

Herudover er det røgede og grillede fødevarer, der er de store bærere af tjærestoffer, og man bør kun spise dem i små mængder. Røg fra grill er ligesom røgen fra brændeovne sundhedsskadelig.

Indre eksponeringsveje

Voksne mennesker optager tjærestoffer i organismen ad forskellige veje. De kan komme ind i kroppen via luftvejene, gennem mave-tarm-kanalen og gennem huden. Se figur 54.



Figur 54. Oversigt over tjærestoffernes optagelse og transport i kroppen samt udskillelse fra kroppen.

Kilde: Karlson, U. (red.) (2006), s. 42.

Den bedst kendte indgangsvej for partikler og tjærestoffer er via de øvre luftveje mod lungerne. Det er kun tjærestoffer bundet til mindre partikler, der når helt ned i lungerne og evt. videre ud i blodet. Ved hjælp af blodet

kan tjærestofferne hurtigt blive transporteret til andre dele af kroppen og dér langsomt blive nedbrudt til vandopløselige stoffer, som udskilles via urin og afføring. Men under nedbrydningen bliver der dannet skadelige mellemprodukter. De større røgpartikler med tjærestoffer bliver fanget i slimhinderne i de øvre luftveje, hvorfra de kan blive ført gennem luft- og spiserør til mave og tarm og eventuelt ud i blodet.

Endelig har man påvist, at tjærestoffer kan overføres fra moder til foster og findes i modermælk.¹⁸⁵

Helbredseffekter

Helbredseffekterne fra tjærestoffer er først og fremmest kendt fra tobaksrygere, men er også set hos passivrygere og folk, som i lang tid har været udsat for brændeovnsrøg. Forbrænding af tobak giver 0,8-2,0 mg PAH/kg tobak,¹⁸⁶ men forbrænding af træ i brændeovne gav i gennemsnit 50 mg PAH/kg træ ved skorstenene i Gundsømagle.¹⁸⁷ På et offentligt møde i 2006 fremgik det af Poul Bo Larsens oplæg, at massen af forurenende PAH fra afbrænding af 1 kg træ var på ca. 38 mg pr. kg træ.¹⁸⁸ Det vil sige et resultat i samme målestok som Gundsømagleresultaterne.

Da sundhedsskader fra tjærestoffer har været kendt længe, er deres veje gennem kroppen nået at blive undersøgt grundigt. Det gælder især stoffet benzo(a)pyren. Ved nedbrydningsprocessen af benzo(a)pyren reagerer nedbrydningsprodukterne med kroppens celler.¹⁸⁹ Det gælder dels vævsceller og dels kønsceller.

Karlson og andre PAH-forskere nævner, at de anser tjærestoffernes virkninger på arveanlæggene (DNA) for at være de mest alvorlige helbredseffekter, idet de kan nedsætte evnen til at få børn, medføre kræft og virke hormonforstyrrende.¹⁹⁰ Børn er de mest udsatte for tjærestoffer. Grunden er, at børn i forhold til deres vægt absorberer flere skadelige stoffer end voksne.¹⁹¹ DNA-ødelæggelser forårsaget af PAH-eksponering er blevet påvist i mange undersøgelser. Fostre er langt mere modtagelige for DNA-

185. Karlson, U. red. (2006), s. 41

186. Lars Carlsen på PAH-konferencen (2007)

187. Glasius, m.fl. (2007), Arbejdsrapport nr. 235 fra DMU

188. Larsen, P.B. (2006)

189. Karlson, U. (red.) (2006), s. 41-42

190. Karlson, U. (red.) (2006), s. 42

191. Umwelt Bundesamt (2016), s. 10

skader og -forandringer, end voksne er,¹⁹² og undersøgelser af eksponering med PAH har blandt andet kunnet påvise fosterskader og har peget på en sammenhæng mellem prænatal eksponering for PAH og adfærdsproblemer ved ADHD i barndommen.¹⁹³

Nogle tjærestoffer virker hormonforstyrrende. Hormonforstyrrelser pga. et kemikalie som benzo(a)pyren finder sted, når stoffet trænger ind i cellens membran eller helt ind i cellen og sætter sig fast på steder, hvor et af kroppens egne hormoner skulle sidde. Derved vil den oprindelige proces blive forstyrret og det kan påvirke enzymaktiviteter i hele kroppen.¹⁹⁴

Endvidere er tjærestoffer (PAH) en alvorlig kilde til lungekræft. Det bekræftede Embedslægeinstitutionen i Roskilde Amt i et brev til Hvalsø Kommune den 10. oktober 2002. Embedslægerne skrev i forbindelse med en klagesag over røggener i et rækkehuskvarter:

“Røg indeholder bl.a. ofte store mængder PAH (polyaromatiske hydrocarboner), som kan være kræftfremkaldende. Der er således ikke tvivl om, at indånding af røg kan give sundhedsmæssige gener, belastninger eller skader.”

Faktaboks: Kræft

Forskere har påvist, at tjærestoffet benzo(a)pyren kan reagere med DNA, enten direkte eller efter omdannelse til reaktive forbindelser, og derpå danne DNA-addukter, dvs. stoffer, der binder sig til DNA-molekylet og kan hindre DNA-molekylet i at kopiere sig selv nøjagtigt. Sådan kan mutationer (genetiske forandringer) opstå,¹⁹⁵ og mutationerne kan bl.a. medføre kræft. Kort fortalt foregår det sådan:

- Kemikalier, f.eks. benzo(a)pyren, kan forårsage mutationer i cellens gener, der har med cellens vækstregulering at gøre.
- Den omdannede celle kan blive påvirket af vækstoffremmende hormoner eller af andre kemiske stoffer.

192. Utah Physicians for a Healthy Environment (2015), s. 11

193. Perera, F.P. m.fl. (2014), s. 1

194. Sand, O. m.fl. s. 81-82

195. Midtgård, U, m.fl. (1999b), s. 16

- Herved kan vækstregulering af en celletype blive forstyrret, dvs. en celletype deler sig hurtigere, end de gamle celler dør. Der bliver dannet en klump af celler (en svulst).
- En svulst kan være godartet, men hvis den vokser ind i omkringliggende væv eller bliver spredt via blod- og lymfekar, er den ondartet.
- Hvis kræftcellerne bliver spredt til andre steder af organismen, kan der dannes nye svulster (metastaser = sekundære svulster).
- Enhver celle kan blive omdannet til en kræftcelle pga. benzo(*a*)pyren og andre kræftfremkaldende kemiske stoffer.

(Efter Sand, O. m.fl. (2008), s. 59)

Anbefaling til myndighederne

På grund af Miljøstyrelsens politiske beslutninger omkring 2007 om at dreje brændeovnsforskningen bort fra tjærestoffer og dioxin blev denne viden ikke udviklet videre i Danmark.

Når det drejer sig om helbredseffekter fra brændeovnsrøg, har udviklingen vist, at Miljøstyrelsen siden da har negligeret spørgsmålet om helbredseffekter fra brændeovnsrøg. Forskning i dioxins og tjærestoffers omfattende skader på miljø og på menneskers helbred, herunder skader fra brændeovnsrøg, bør snarest igen få plads på regeringens forskningsbudget.

G. Dioxin

Indledning	164
Dioxins egenskaber	164
Ydre eksponeringsveje	164
Indre eksponeringsveje	166
Dioxins virkninger på mennesket	167
Anbefaling til myndighederne	169

Indledning

Dioxin er en fællesbetegnelse for en gruppe kemisk beslægtede forbindelser. Dioxiner hører til de såkaldte POP'er (POP's = Persistent, organic pollutants), som der er særligt, internationalt fokus på, fordi de er stærkt giftige og vanskelige at nedbryde. En af de internationale aftaler er Stockholmkonventionen fra 2001.

Dioxins egenskaber

Dioxin står for polychlorede dibenzo-p-dioxiner (PCDD'er) og dibenzofuraner (PCDF'er). Dioxinmolekylet er meget lille, nemlig kun ca. 1 nm i diameter.¹⁹⁶ Klorerede dioxiner bliver dannet ved forbrændingsprocesser, hvor klor og biologisk materiale er involveret, især i temperatur-intervallet 300-400 grader Celsius.¹⁹⁷ Når de én gang er kommet ind i kroppen, vil de blive der i lang tid på grund af deres kemiske stabilitet og deres evne til at blive absorberet af fedtvæv i kroppen.

Ydre eksponeringsveje

I nutiden er brænderøg fra små træfyrringsanlæg den største danske kilde til dioxinmissioner til luften,¹⁹⁸ fordi de store affaldsforbrændingsanlæg har

196. Holst Jensen, J. (2017)

197. Umweltbundesamt (2017), s. 10

198. Se del II, indledning. Tidsserie over dioxinmissioner

fået indbygget rørgrensning for at overholde grænseværdien. Dioxin i luften er bundet til partikler og svævestøv fra forbrændingsprocesser, men kan også forekomme i dampform. Dioxin er som nævnt stærkt opløseligt i fedtstoffer og ophobes derfor i fødekæderne, herunder modermælk. I dyrs fedtvæv kan dioxin blive akkumuleret med bio-koncentrations-faktorer fra 200-70.000. For den danske befolkning gælder, at en stor del af dioxinexponeringen finder sted gennem føden – især via kød, mejeriprodukter, æg, fisk, krebsdyr og bløddyr.¹⁹⁹ Dog kan bidraget lokalt være større fra indånding.

Noget tilsvarende gælder i andre lande, og EU har derfor defineret grænseværdier for dioxin i en række fødevarer, f.eks. for hønseæg og ægprodukter. For disse gælder, at grænseværdien ikke må overstige 2,5 pg/g fedt.²⁰⁰



*Figur 55. Høns, der pikker i jorden.
Foto: Rolf Czeskleba-Dupont.*

199. Carlsen, A. (2009), s. 343

200. EU-Kommisionen (2011), s. 22

Fødevarestyrelsen skrev i 2014, at hønseæg fra udegående høns, der har adgang til udearealer med jordbund, kan have et højere indhold af dioxin end indespærrede høns. Hønsene optager sandsynligvis dioxin fra den jord, som de pikker i, eller fra larver og insekter i jorden. Men oprindeligt stammer dioxinerne fra forbrændingsprocesser og røgens nedfald.

For mennesker spiller nærhed til emissionskilden en stor rolle. For eksempel er dioxinkoncentrationen i atmosfæren og i deposition på landjorden større i nærheden af brændeovnskvarterer end i en skov.²⁰¹ På den måde kan dioxin belaste mennesker direkte eller komme ind i kroppen via lokale fødekæder som f.eks. høns.

I Gundsømagle med mange brændeovne pr. km² målte man i 2005 en relativt høj koncentration af dioxin i atmosfæren. I denne bogs indledningsafsnit om luftkvalitet i en landsby skrev vi, at gennemsnittet af dioxinkoncentrationerne i skorstensrøgen var 2,86 ng I-TEQ/m³ røgluft. Ved sammenligning med emissionsgrænseværdien for dioxin fra affaldsforbrændingsanlæg og industrianlæg, der er på 0,1ng/m³ røgluft, ser man, at skorstenene i Gundsømagle i gennemsnit medførte udslip, der var 28 gange større end grænseværdien for de langt højere skorstene. Derfor vil der være fare for en direkte dioxinpåvirkning af beboere i brændeovnsområder via indånding og muligvis via hudkontakt.

Indre eksponeringsveje

Den direkte påvirkningsvej for indåndet røg går gennem luftvejene til lungerne og herfra videre via blodkredsløbet ud i resten af kroppen. De farlige dioxiner er endvidere så små, at de kan komme igennem blod-hjerne-barrieren, så de via lunger og blodet påvirker hjernen og dermed det centrale nervesystem.²⁰² For gravide kvinder er det et problem, at dioxiner også kan blive transporteret gennem moderkagebarrieren til fosteret og for spædbørn, at modermælk indeholder dioxin.

Fordi molekylerne er så små, kan der også foregå en direkte påvirkning af (frontal)hjernen med dioxin via næserummet. Dette er en akut påvirkningsvej af hjernen, men kvalitativt anderledes end via blodkredsløbet. Det overses ofte i risikovurderinger.

201. Vikelsøe, m.fl. (2006), s. 38

202. Fabig (2000)

Endelig er der vejen for dioxinholdige fødeemner via fordøjelsessystemet ud i kroppen, hvor næringsstoffer og evt. fremmedstoffer bliver optaget. En lærebog om menneskets anatomi og fysiologi fra 2008 beskriver processen således:

“De små molekyler, som dannes ved spaltningen af de energirige, organiske næringsstoffer – samt vand, ioner og vitaminer – transporteres fra fordøjelseskanalens hulrum over i blod og lymfekar.”²⁰³

Når dioxinmolekylerne én gang er kommet ind i kroppen, vil de, som vi tidligere har nævnt, blive der i lang tid på grund af deres kemiske stabilitet og deres evne til at blive absorberet af fedtvæv i kroppen.

Stofferne bliver kun vanskeligt nedbrudt via enzymer. Den biologiske halveringstid af 2,3,7,8-TCDD ligger i middelværdier på 6,5 år for mænd og 9,6 år for kvinder.²⁰⁴ – Ved halveringstid forstår man her det tidsrum, der går, før det skadelige stof i mennesker er blevet reduceret til det halve. – Den samlede nedbrydningstid for dioxiner i den humane krop er meget høj og strækker sig fra 5-50 år afhængig af dioxintype, kropssammensætning, alder og køn.²⁰⁵

Dioxins virkninger på mennesket

Den nuværende viden om de langsigtede virkninger af dioxin beror først og fremmest på dyreforsøg med dioxinmolekyler af formlen 2,3,7,8-TCDD, også kaldet Sevesodioxin. Dioxin ligner i kemisk henseende det kvindelige kønshormon og kan derfor hæmme eller fremme tilstedeværelsen af østrogen i kroppens celler.

Undersøgelser har vist, at dioxiner påvirker mange af menneskets organer og systemer. Selv i små mængder er dioxin giftigt og kan forårsage flere forskellige helbredseffekter.

Ved kortfristet eksponering med dioxin kan klorakne og pletvis mørkfarvning af huden forekomme ved kontakt med hud, ved spisning eller ved inhalering. Kun ved meget store mængder af dioxin kan en akut virkning

203. Sand, O. m.fl. (2008), s. 382

204. U.S.-EPA 2012, Michalek et al. 2002

205. Carlsen, A. (2009), s. 343

forventes hos mennesker, f.eks. gennem forgiftninger eller uheld, men det kan der næppe være tale om fra brændeovnsrøg.

Det er især stoffets langsigtede indvirkning på kroppens hormonproduktion, der er bekymrende. Dioxin hører til de hormonforstyrrende stoffer, som WHO definerer som udefrakommende stoffer, der, som følge af ændringer i hormonsystemets funktion, forårsager skadelige effekter hos en organisme eller dennes afkom. Denne information stammer fra en video fra dec. 2016, hvor centerleder Anna-Maria Andersson, CeHoS (Center for Hormonforstyrrende Stoffe), forklarer, hvad forskere forstår ved hormonforstyrrelser og hormonforstyrrende stoffer.²⁰⁶ Under graviditet kan dioxin give varige skader på fosterets organer i form af medfødte misdannelser af kønsorganerne, øget risiko for visse cancerformer, især testikelkræft og brystkræft, og endelig ændret kønsspecifik adfærd.²⁰⁷

Dioxiner kan påvirke kroppens enzymer sådan, at disse enzymer aktiverer andre, direkte kræftfremkaldende stoffer (såsom PAH eller benzen, der også er bestanddele i brændeovnsrøg).²⁰⁸ Dette er blot en af mange mulige kombinationseffekter fra røgens indholdsstoffer, som forskningen i hormonforstyrrende stoffer prøver at afdække.

I 2010 erklærede nogle læger med speciale i hormonforstyrrende stoffer følgende om dioxins kaotiserende virkninger:

“Endda uendelig små eksponeringsniveauer, ja et hvilket som helst eksponeringsniveau, kan forårsage hormonale eller reproduktive forstyrrelser, især hvis eksponeringen sker i en udviklingsmæssig kritisk fase. Det overrasker, at små doser endda kan bevirke kraftigere effekter end større doser”.²⁰⁹

Dette er netop blevet påvist af DTU i et nyt studie af en blanding af miljøgifte inkl. dioxin.²¹⁰

Når dioxinmolekylerne er kommet ind i kroppen ved indånding eller gennem føden, vil de fordele sig gennem blodbanerne og især blive aflejret i fedtvæv på grund af deres høje fedtopløselighed.²¹¹ Det betyder, at dioxin-

206. <http://www.cend.dk/presentationer.html>

207. CeHoS, dec. (2016)

208. Commoner (1990), s.74

209. Endocrine Society, The (2010), s.4

210. Hadrup N. m.fl. (2016)

211. UBA, febr. (2017)

molekylerne kan nå den stærkt fedtholdige hjerne via blodet, men også via næsen og lugtecelleforbindelsen til hjernen.

Dioxin virker gennem aktivering af proteiner i cellerne, blandt andet sådanne proteiner, der regulerer cellevækst og differentiering imellem cellerne. Det er påvist, at de fleste – hvis ikke alle – af TCDD's biokemiske og toksiske virkninger finder sted via en bestemt receptor i cellerne, den såkaldte AhR (aryl hydrocarbon receptor).²¹²

Embedslæge Anders Carlsen skrev i 2009, at ved langvarig eksponering kan dioxiner ødelægge immunsystemet og forårsage reproduktive og udviklingsmæssige problemer. Undersøgelser har ved langvarig eksponering vist en øget risiko for hjerte-kar-sygdomme, diabetes, kronisk bronchitis, åndedrætsinfektioner, forandret skjoldbrusk-hormonproduktion og påvirkning af øjet. Forbigående kvalme, opkastning og underlivssmerte og neurologiske symptomer er også blevet observeret.

– Ved undersøgelser af arbejdere, der har været eksponeret for dioxiner, er der fundet en øget risiko for et antal kræftsygdomme som bløddelsvulst, lungecancer, non-Hodgkin-svulster og kræft i fordøjelsessystemet.²¹³

Anbefaling til myndighederne

Kompleksiteten i dioxins vidtrækkende helbredseffekter på såvel mennesker som dyr kalder på effektiv forebyggelse gennem anvendelse af forsigtighedsprincippet, som også bliver påberåbt i målsætningen for Stockholmkonventionen om at beskytte mennesker og miljø mod persistente organiske miljøgifte. I artikel 5 opfordrer konventionen til at “reducere eller eliminere frigivelsen af utilsigtet producerede POPs.” – Regeringer i mere end 150 lande har tilsluttet sig Stockholmkonventionen, der bl.a. har til formål at begrænse dioxiners udbredelse.²¹⁴

Hvornår og hvordan de centrale myndigheder har tænkt sig at efterleve Stockholmkonventionen, fremgår af indberetninger til konventionen, som landene skal indlevere med mellemrum. Danmarks indberetninger fra 2006 og 2013 har, så vidt vi kan se, ikke taget sundhedsfarerne ved dioxiner fra brændeovne alvorligt. Tværtimod afviste Miljøministeriet i 2006 at følge

212. Lamb, C. L. m.fl. (2016), se diskussionen i Lambs artikel

213. Carlsen, A. (2009), s. 343

214. Stockholmkonventionen (2008)

dioxineksperternes anbefaling om at udfase brændeovne. Begrundelsen var, at dette ville stride imod “vores klimapolitiske målsætninger”.

Det kan kun anbefales, at myndighederne prioriterer den sikre viden, der eksisterer om dioxins sundhedsfarer, frem for et tvivlsomt håb om, at brændefyring er et klimapolitisk gode.

H. Partikler

Indledning 171

Røgpunktlers egenskaber 171

Røgpunktlers virkninger på mennesket 172

WHO's rapport om brænderøg fra 2015 173

Helbredseffekter fra black carbon (kulstøv) 175

Indledning

Vi har nævnt partikel-forureningen i en landsby (I A), problemet med de allermindste partikler (I E), variationen i tid og rum (II C) og de ultrafine partiklers adgang til hjernen (III B). De ansvarlige myndigheder kom kun fodslæbende og ufuldstændigt med på det. På Miljøstyrelsens hjemmeside om luftforurening kan man læse følgende om partikler:

“Partikler findes i forskellige størrelser, former og kemiske sammensætninger. Ud over partiklerne i sig selv anses også de stoffer, der sidder på partiklernes overflade, at have betydning for partiklernes skadelige effekter. Hertil kommer, at deres størrelse er afgørende både for, hvor længe de opholder sig i atmosfæren, og i hvilken udstrækning og hvor de afsættes i lungerne. Partikler karakteriseres efter størrelse, hvoraf PM_{10} er de store partikler, og $PM_{2,5}$ er de fine partikler.”

Miljøstyrelsens beskrivelse af partikelforurening i luften er blevet mere udførlig i de senere år og konkretiserer både helbredseffekter og partiklernes rumlige vej fra kilde til receptor. Dette svarer til den voksende opmærksomhed fra det internationale samfunds side på partikelforurening og de hermed forbundne problemer, men Styrelsen har ikke inddraget ultrafine partikler i citatet ovenfor. Også WHO og EU har skærpet fokus på partikler inden for de seneste år.²¹⁵

215. WHO, (2015), EEA, (2013)

Røgpartiklers egenskaber

Det har vist sig at have stor betydning for røgpartiklers skadelige effekter, at langt de fleste partikler i brændeovnsrøg er fine eller ultrafine. Det vil sige mindre end henholdsvis 2,5 μm i diameter og mindre end 0,1 μm i diameter (se del I om partikler). Kulstofpartikler (black carbon) er en markant del af røgens masse.²¹⁶

En pointe ved de fine og ultrafine kulstofpartikler er deres enorme overflade sammenlignet med deres masse. Disse partikler har dermed en særlig evne til at adsorbere andre stoffer til overfladen på grund af det relativt store indhold af porøst kulstof og transportere dem langt ind i kroppen. Både filterproducenter (med aktivt kul) og medicinere benytter sig konstruktivt af denne egenskab hos partiklerne. Ved forgiftningsulykker får patienterne kultabletter, som ved hurtig indtagelse efter forgiftningen har en reducerende effekt på næsten 100 %.²¹⁷

Røgpartiklers virkninger på mennesket

Miljøprojekt nr. 1235

I 2008 stødte vi første gang på en systematisk undersøgelse af helbredseffekter fra brændeovnsrøg. Det var da Miljøstyrelsen offentliggjorde den omfangsrige rapport *Health effects assessment of exposure to particles from wood smoke*.²¹⁸ På det tidspunkt var røgpartikler kommet i fokus hos myndighederne, og det var ikke dioxin og tjærestoffer som tidligere. Det stemte overens med Poul Bo Larsens indlæg på RUC-mødet om tjærestoffer, som vi tidligere har omtalt i del II.

I del II har vi forholdt os kritisk til denne rapports resultater, hvad angår omfanget af den danske befolknings eksponering for brændeovnspartikler. Men her vil vi koncentrere os om det omfattende materiale vedrørende sundhedsskadelige effekter fra partikler, der blev præsenteret i rapporten.

Forfatterne nævner, at undersøgelser har vist en klar sammenhæng mellem partikelkoncentration (PM_1 , $\text{PM}_{2,5}$ og PM_{10}) i udeluften og en forøget forekomst af luftvejs- og astmasymptomer, herunder nedsat lungefunktion hos befolkningen i områder, hvor brænderøg er en betydelig kilde til parti-

216. 10 vægt-% af $\text{PM}_{2,5}$ ifølge EMEP/EEA (2016), s. 39

217. Christophersen, Anne-Bolette J., m.fl. (1999), s. 55-59

218. Nielsen, E. m.fl. (2008)

kelniveauet. Ikke mindst astmatikere har vist sig at være særligt sårbare i forhold til partikelforurening. Det gav sig blandt andet udtryk i flere hospitalsindlæggelser forårsaget af astma. I en af de tre cases, som vi indledte dette kapitel med, blev netop astmasymptomer problematiseret.

Af andre helbredseffekter nævnte forfatterne hjerte-kar-sygdomme og kræft. – I 2008 vurderede det internationale kræftforskningscenter IARC under WHO, at indendørs brug af biomasse sandsynligvis er kræftfremkaldende hos mennesker. I 2013 lød konklusionen nu fra WHO, at fine partikler er kræftfremkaldende.²¹⁹

Desuden nævner Miljøprojekt nr. 1235 nogle undersøgelser, som påviste en øget risiko for udvikling af hjerte-kar-sygdomme i tilknytning til forøgelse af PM_{2,5}-niveauet. Endelig er det vigtigt at gøre opmærksom på, at ingen af de omtalte undersøgelser kunne fastslå et nedre partikelniveau uden skadelig effekt.²²⁰

Rapporten anbefalede med rette myndighederne at fremskaffe bedre data om såvel befolkningens eksponering med brænderøg som om sammenhængen mellem eksponering for brænderøgspartikler og helbredseffekter.²²¹

WHO's rapport om brænderøg fra 2015

Fine partikler fra boligopvarmning med fast brændsel udgør i dele af Europa mere end 20 % af partikelmassen i udendørsluft. Derfor tog WHO problematikken med helbredseffekter fra brænderøg op i rapporten *Residential heating with wood and coal: health impacts and policy options in Europe and North America* fra 2015. Organisationen opfordrede myndigheder og folk til at reducere emissionerne, både ved at fremme renere teknologier og ved at indføre dage uden brug af fyringsanlæg.

Epidemiologiske undersøgelser

I afsnittet om helbredseffekter fremhæver forfatterne bag WHO's rapport, at ved epidemiologiske undersøgelser viser langtidseksponering for PM (målt i år) sig at have større indflydelse på helbredet end korttidseksponering (målt i dage). Disse studier tyder på, at langtidseksponering ikke kun

219. Loomis, D. m.fl. (2013)

220. Samme, s. 1415

221. Nielsen, E. m.fl. (2008), s. 18

forværrer sygdommen akut, men også fremskynder eller endog igangsætter udvikling af kroniske sygdomme.²²² Det kan hænge sammen med en ophobning af skadestoffer i kroppen.

Rapporten fremlægger beviser for en sammenhæng mellem træfyring og forværring af symptomer på åndedrætslidelser, især astma, KOL og mellemørebetændelse. Desuden tyder nye undersøgelser på, at kortvarig eksponering for forbrændingspartikler fra biomasse ikke blot påvirker åndedrættet, men også hjerte-kar-systemet.²²³

Forfatterne til WHO's rapport antager, at helbredseffekter fra åben afbrænding af biomasse, f.eks. skovbrande, vil ligne virkningerne fra træfyring i hjemmet pga. samme slags brændsel. Skovbrande har i mange undersøgelser vist sig at have alvorlige effekter på åndedrættet på grund af partikeleksponering – inklusive hospitals- og skadestuebesøg, øjenirritation og vejrtrækningsbesvær som hoste og hvæsende vejrtrækning hos børn og teenagere, øget brug af KOL-medicin og formindsket lungefunktion. Eksponering for røg fra brande i løbet af en graviditet formindsker den gennemsnitlige fødselsvægt hos børn.²²⁴

Toksikologiske og kliniske eksponeringsundersøgelser

Udover epidemiologiske undersøgelser omtaler WHO-rapporten også toksikologiske og kliniske undersøgelser af eksponering.

Rapporten understreger, at partikler fra brænderøg forårsager helbreds-skader på grund af oxidativt stress, direkte forgiftning af celler, forringet fornyelse af ødelagte celler, lungeskader med sekundær inflammation og genotoksicitet. Lungebetændelse kan yderligere føre til systemiske betændelsestilstande.

Eksperimentelle eksponeringer af én til to timers varighed er blevet gennemført med sunde, frivillige forsøgspersoner, der blev udsat for høje koncentrationer af PM_{2,5} og PM₁₀, sådan som man kender det fra tætbefolkede områder med brændeovnsopvarmning. Et par undersøgelser fandt en mild irritation af lufttrøret, mens andre studier kunne dokumentere inflammation af lunger og systemisk inflammation i blodet, men uden forandringer af lungefunktionen. Endelig blev der ved selvrapportering registreret større irritation af slimhinderne. – Tre timers eksponering for brænderøg forårs-

222. WHO (2015), s. 15

223. Samme, s. 16

224. Samme, s. 16

gede en akut stigning vedrørende stivhed af hovedarterierne og samtidig en reduktion af hjerterytmen.²²⁵

Helbredseffekter fra black carbon (kulstøv)

Black carbon (BC) er ikke i sig selv en centralt giftig komponent ved PM_{2,5}, men det optræder som en indikator for andre giftige bestanddele fra brænderøg. Som 'aktivt kul' kan BC føre en bred vifte af kemikalier ned i lungerne og videre til blodkredsløbet.

Brænderøg er, som vi nævnte ovenfor (om kulstøv i luften, I D; røgpartiklers egenskaber, III H), rig på black carbon. En gennemgang fra 2012 af epidemiologiske, kliniske og toksikologiske undersøgelser af black carbon rapporterede tilstrækkelige beviser for både korttids- og langtidseffekter på helbredet. Forskerne fandt sammenhæng mellem daglige udendørs koncentrationer af kulstøv og hospitalsindlæggelser pga. hjerte-kar-lidelser. Ved at reducere eksponeringen for black carbon m.m. vil man kunne reducere alvorlige helbredseffekter fra forureningen.²²⁶

225. WHO (2015), s. 17, Unosson et al. (2013)

226. WHO (2015), s. 17

I. Kombinationseffekter fra brænderøg

Indledning 176

Ekskurs: En MCS'ers oplevelse af brænderøg 176

Faktaboks: MCS – Multiple chemical sensitivity 178

Undersøgelser af kombinationseffekter 179

Indgreb for at formindske brænderøgsforurening:

Launceston, Tasmanien 180

Indledning

I dag ved man, at brændeovnsrøg altid består af en blanding af mange forskellige stoffer.²²⁷ Men man ved meget lidt (eller ingenting) om, hvordan kombinationseffekterne fra alle disse stoffer indvirker på menneskers sundhed. Fra andre sammenhænge har man erfaret, at de mulige mekanismer for stoffernes gensidige påvirkninger er talrige. Et bestemt stof kan fremme optagelsen i kroppen af andre stoffer. Det kan også påvirke stofomsætningen i kroppen eller udskillelsen af andre stoffer.²²⁸ Et stof som dioxin kan øge virkningen af allerede tilstedeværende kræftfremkaldede stoffer.²²⁹

Man må antage, at kombinationseffekter ved stofferne i brændeovnsrøg spiller en rolle for røgens indvirkning på menneskers helbred. Som illustration bringer vi en historie fra det virkelige liv om, hvordan en MCS'er, der er sensibiliseret over for en række kemiske stoffer, oplever brænderøg.

Ekskurs: En MCS'ers oplevelse af brænderøg

“Min bedre halvdel” på 54 år mødte jeg for fjorten år siden. Jeg boede dengang i en lille landsby ca. 15 km fra København. Landsbyen ligger i en lavning, så vi kørte op ad vejen for at komme væk.

227. jf. EMEP/EEA (2016)

228. Carlsen, A. (2009), side 344

229. Commoner, B. (1990), s.74

Da landsbyen ligger 5 km væk fra den nærmeste større by, mangler der fjernvarme eller gas til opvarmning, så folk har oliefyr eller brændeovne som varmekilder.

Efter 1 år begyndte min kæreste pludselig at få gener med kraftig hoste og vejrtrækningsproblemer, når han var på besøg i mit hjem. Han boede på daværende tidspunkt i en lejlighed i Vanløse og havde ikke haft disse gener tidligere i sit liv. I starten måtte han på skadestuen, da han ikke kunne få luft. Nogle gange måtte han stå op midt om natten og tage hjem til sin egen lejlighed i Vanløse, fordi han ikke kunne være i mit hus.

Lægerne kunne påvise voldsomt hævede og irriterede slimhinder, men ikke nogen specifik sygdom.

Efter en sommerferie på landet i vores sommerhus i godt tre uger uden hoste og andre gener kom vi tilbage til mit hus en varm solskinsdag i begyndelsen af august. Min kæreste gik ind i huset og var der ganske kort tid. Han begyndte igen at få hoste og ubehag og måtte tage tilbage til sin lejlighed.

Jeg undrede mig og begyndte at tro, at det kunne være indeklimaproblemer, da jeg havde væg-til-væg tæpper i huset. Derfor tog jeg alle mine tæpper i huset af for at se, om det kunne være synderen (stort arbejde, skal jeg hilse at sige). – Da jeg kom op på første sal og åbnede vinduerne, sneg en brændeovnslugt sig ind i huset. Og da jeg kiggede ud af vinduet, kunne jeg se en skorsten stå og ryge tre huse fra mig. Denne skorsten ligger i niveau med mit vindue på første sal, og vinden førte røgen direkte over mod mit hus. Naboen havde lige fået skiftet sit oliefyr ud med et pillefyr, som også producerer varmt vand, så fyret kører hele året rundt.

Vi havde ofte konstateret tidligere, at der var meget røg i byen, når min kæreste begyndte at hoste, og lagt mærke til rigtig ildelugtende sort røg fra en bestemt skorsten. Denne nabo har et kombifyr.

Vi tænkte, at min kærestes problemer kunne skyldes brændeovnsrøg og begyndte at læse om dette emne, og vi blev meget overrasket over at læse, hvor skadeligt brændeovnsrøg kunne være.

Min kærestes gener tog til, og han kunne ikke være i huset i løbet af vinteren og nu ej heller om sommeren, da røgen fra pillefyret ofte kom over i vores have.

Min kæreste havde været henvist til adskillige speciallæger, inden vi selv opsøgte en speciallæge i øre/næse/hals på Hamlet Privathospital. Han havde diagnosticeret mange patienter med MCS dvs. duft- og kemikalieoverfølsomhed. Ud fra hans symptomer og gener med luftvejene kom speciellægen frem til, at generne kunne stamme fra luftforureningen fra brændeovnsrøg.

Min kæreste er nu blevet multioverfølsom over for alle slags dufte både naturlige og kemiske, mados, luftforurening, tobaksrøg, skimmelsvampe, sprøjtegifte på markerne, så livet er ikke lige så let som tidligere.

Min kæreste kunne ikke længere være i sin lejlighed inde i byen pga. duftene fra andre beboere i opgangen og forureningen fra bilernes udstødning. Så han blev nødt til at flytte ned i sommerhuset.

Der var ingen vej uden om. Jeg måtte sælge mit hus og finde en anden bolig, hvor vi kunne bo sammen fremadrettet. Efter lang tids søgen fandt vi igen et hus på landet, med udsigt til økologiske marker, og til et andet grønt område i baghaven, så der var mere luft omkring huset.

Vi har kun nogle få naboer lige omkring huset, og de to nærmeste naboer har ikke brændeovne.

Hvis vinden kommer fra den nærmeste by, er der røggener fra brændeovne. Vi har derfor måttet investere i et genvekselanlæg med specielt bygget kulfilter, så vi ikke behøver at åbne vinduerne, hvis der er brænderøg udenfor. Vores varmekilder nu er varmepumper, som fungerer helt perfekt.

Vi har nu boet i huset i 3½ år, og min kæreste har kun hostegener, hvis jeg ved en fejl får åbnet et vindue en morgen, hvor jeg tror, at der ikke bliver fyret op i brændeovnene. Han hoster få sekunder efter vinduet er blevet åbnet, så vi er ikke i tvivl om synderen til hans gener.

Er brændeovnsrøg sundhedsskadelig eller ej? Min kæreste fik en blodprop i hjernen for 6 år siden og i foråret i år en blodprop i hjertet. Det er jo svært at bevise, om brændeovnsrøgen kan have været en medvirkende årsag, men gener har han i hvert tilfælde, hver gang han kommer i kontakt med alle former for røgparkler.”

Skribenten er uddannet sygeplejerske.

Faktaboks: MCS – Multiple chemical sensitivity

Med udgangspunkt i en patientkarakteristik baseret på en systematisk gennemgang af kliniske studier af MCS kan patienter, som opfylder kriterierne nedenfor, nu få diagnosen MCS.

Følgende fem kriterier skal alle være opfyldt:

- Patienten relaterer symptomerne til almindeligt forekommende dufte og kemiske stoffer (f.eks. afdampning fra parfumerede produkter, friske tryksager og røg fra brændeovne).

- Symptomer fra centralnervesystemet er obligatoriske, f.eks. hovedpine, svimmelhed, koncentrationsbesvær og udmattelse. Tillige optræder der hyppigt symptomer fra andre organsystemer, f.eks. luftvejene, muskel-skelet-systemet eller mave-tarm-kanalen.
- Symptomerne bedres eller forsvinder, når eksponeringen fjernes.
- Tilstanden er kronisk (> 6 måneders varighed).

Symptomerne ledsages af signifikante livsstils- eller funktionsmæssige forringelser, f.eks. tab af erhverv og socialt netværk.

Bemærk, at det sidstnævnte kun er en ledsagende omstændighed og ikke i sig selv udgør en diagnose.

(Efter Elberling, J. m.fl. (2014), s. 1043-1046)

Den første danske rapport om brændeovnsrøg fra 1990, som vi omtalte i Del I, beskrev en undersøgelse af røgens koncentration med mutagene stoffer efter indfyring med forskellige brændsler. Her blev der målt emission af mutagen aktivitet, dvs. forandringer af cellers arveanlæg. Forfatterne Vikelsøe m.fl. konkluderede, at

“En så stor emission af mutagen aktivitet vides ikke at blive overgået af andre forbrændingsprocesser i energiforsyningen”.²³⁰

På dette tidspunkt var man med andre ord klar over brændeovnsrøgens potentielle helbredsskadelige effekter på arveanlæg. Men myndighederne lod indtil videre denne problematik ligge. Forskningspengene gik derimod til flere undersøgelser af fyringsanlæg og af emissionerne herfra.

Undersøgelser af kombinationseffekter

Nogle forskningsresultater tyder på, at en dosis udendørs luft med koncentration som ved baggrundsmålinger kan påvirke skjoldbruskkirtlen hos hunrotter og dermed forstyrre stofskiftet.²³¹

230. Vikelsøe m.fl. (1990), s. 12-13

231. Crofton, K.M. m.fl. 2005, abstract

Nyere forskning koncentrerer opmærksomheden på helbredseffekter fra lave eksponeringsdoser over lang tid, sådan som det blandt andet er tilfældet, når man i årevis er udsat for naboers brændeovnsrøg. Men vi har hidtil ikke set direkte undersøgelser af brændeovnsrøg.

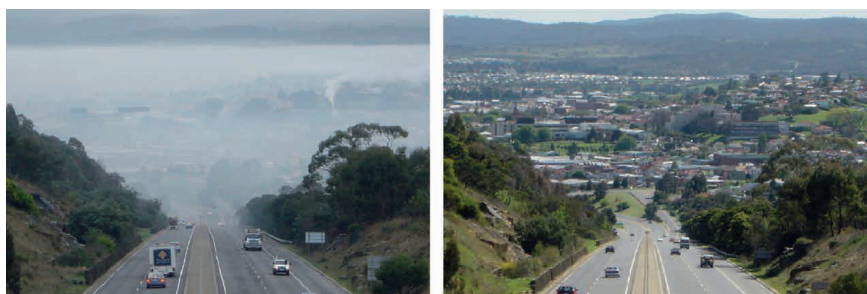
I foråret 2017 offentliggjorde en gruppe forskere fra DTU og Rigshospitalet imidlertid resultaterne af et dyreforsøg, hvor unge hanrotter, der var blevet udsat for eksponering med en meget lav dosis af 27 miljøkemikalier, fremviste negative helbredseffekter.

Det drejede sig især om leverskader. Leveren var markant forstørret, mens kropsvægten som helhed var lavere efter forsøget. Blandt de 27 udvalgte kemikalier var arsen, cadmium, bly, kviksølv, polyklorerede bifenyl, dioxiner og tjærestoffet benzo(a)pyren, der alle kan måles i brændeovnsrøg.

På denne baggrund konkluderede forskerne på DTU og Rigshospitalet, at der i fremtiden bør gøres langt mere for at beskytte mennesker mod miljøkemikalier.²³²

Indgreb for at formindske brænderøgsforurening: Launceston, Tasmanien

Men hvad kan der gøres for at beskytte folk mod miljøgifte i luften? I Launceston, Tasmanien, der tæller 67.000 indbyggere i den centrale bydel, har man med succes benyttet administrative indgreb for at forbedre luftkvaliteten i et boligområde med mange brændeovne.²³³ Billederne fra før og efter indgrebene viser dette.



Figur 56. Dal på Tasmanien, Australien ved megen og ved nedsat forurening fra brændeovne.

Kilde: Johnston, F.H. m.fl. (2013).

232. Hadrup m.fl. (2016), s. 22

233. Johnston, F.H., Hanigan, I.C. og Henderson, S.B., Morgan, G.G. (2013)

Indgrebene i Launceston kom i stand på grundlag af detaljerede undersøgelser af luftkvaliteten i lokalområdet 1991-1993, som havde påvist store luftproblemer på grund af mange brændeovne. Udviklingen blev fulgt fra 1994 til 2008. I denne periode undersøgte man bl.a. det daglige gennemsnit af grove partikler og den daglige dødelighed.²³⁴ Ifølge resultaterne kan projektperioden deles op i to dele.

Første periode varede fra 1994 til 2001. Det lokale elektricitetsselskab gennemførte en landsdækkende markedsføring af elektricitet til opvarmning for at gøre det overkommeligt for folk at skifte fra brændeovne til elektricitet. Desuden begyndte det officielle meteorologiske institut at udsende vejrudsigter i vinterperioden om luftkvaliteten. Det var med til at synliggøre luftkvalitetsproblemerne. Endelig uddelte de lokale myndigheder oplysende pjecer og småtryk om luftforurening og brænderøg. Denne indsats var imidlertid ikke nok til at forbedre luftkvaliteten nævneværdigt.

Fra 2001 satte myndighederne ind med koordinerede indgreb. Det omfattede et program med økonomisk støtte til boligejere, der ville erstatte deres brændeovne som primær energikilde med el. Programmet løb fra 2001-2004 og reducerede udbredelsen af brændeovne i Launceston fra 66 % af boligerne til 30 %. I tilgift annoncerede kommunen i medierne, hvordan man kunne forbedre fyringsmetoderne i de eksisterende ovne. Desuden fik kommunen udarbejdet undervisningsmateriale til kampagner i skoler, på universiteter og i massemedier om elopvarmning. Endelig ansatte den miljøvagter til at føre kontrol med skorstenenes tilstand, sørge for målrettet undervisning og om nødvendigt kontakte de husejere, hvis skorstenene efter en første instruktion fra vagtens side fortsat udsendte usædvanlig store mængder af røg. I forbindelse med denne koordinerede indsats fra det offentliges side viste PM₁₀-koncentrationerne sig om vinteren at falde fra gennemsnitlig 44µg/m³ i den første periode til 27µg/m³ i den anden periode. Samtidig faldt dødeligheden på grund af hjerte-kar-sygdomme og åndedrætssygdomme med mellem 18 og 28 %.

Historien fra Launceston minder os om de erfaringer, der er med danske astmabørn, som slipper af med astmagenerne, når familien flytter til et brænderøgsfrit miljø (se del II).

234. Johnston, F.H. m.fl. (2013), figur 3

J. Sammenfatning

I ovenstående afsnit af del III om udvalgte sundhedsskadelige stoffer har vi fokuseret på cadmium, benzen, tjærestoffer, dioxiner, partikler og på kombinationseffekter.

Ifølge DCE kommer størstedelen af cadmiumemissionerne i Danmark fra små træfyrringsanlæg. Tungmetallet bliver spredt i naturen og kommer ind i den menneskelige krop via fødevarer. De højeste cadmiumniveauer hos mennesker er fundet i nyre og lever. Ved langvarig udsættelse kan cadmiumforgiftning føre til markant knogleskørhed og lungekræft.

I 2007 offentliggjorde nogle svenske forskere en undersøgelse af benzennforekomsten i boliger med og uden brændeovne. Undersøgelsen viste, at beboere i hjem med træfyrring blev direkte udsat for benzendampe, der oversteg EU's grænseværdi. Men selv benzenniveauer under grænseværdien øger risikoen for astma hos børn. Benzen er først og fremmest kendt som årsag til forskellige former for leukæmi, dvs. at det skader kroppens blodkredsløb. Stoffet kan også påvirke det centrale nervesystem, herunder hjernen.

Det bedst undersøgte tjærestof er benzo(*a*)pyren. Brændsel, der ikke brænder optimalt, vil være årsag til store emissioner af tjærestoffer og en tilsodet skorsten. Ifølge EU burde koncentrationen af tjærestoffer i luften være tæt ved nul, men i deciderede brændeovnskvarterer i Danmark er der flere steder målt høje koncentrationer. Tjærestoffer kan komme ind i kroppen gennem direkte indånding, gennem mave-tarm-kanalen via fordøjelsen og gennem huden. Helbredsskader fra tjærestoffer i brændeovnsrøg minder om skaderne hos passivrygere. Forskere anser tjærestoffernes virkning på menneskets arveanlæg som det alvorligste, idet de kan nedsætte evnen til at få børn, medføre kræft og virke hormonforstyrrende. Fostre og børn er mest sårbare.

Små træfyrringsanlæg som brændeovne er siden år 2000 de største danske kilder til dioxinmissioner til atmosfæren. Dioxin er et vanskeligt nedbrydeligt kemisk stof, men letopløseligt i fedtstoffer. Det ophobes derfor i fødekæderne inklusive i modermælk. Påvirkningsvejene for indåndet røg går direkte gennem næsen til hjernen eller indirekte gennem luftvejene til lungerne og herfra via blodkredsløbet videre til resten af kroppen. Men

dioxin kan også komme ind i kroppen via føden, hvor det optages via mave-tarm-kanalen. Den samlede nedbrydningstid for dioxiner i den humane krop kan strække sig fra 5 til 50 år. Undersøgelser har vist, at dioxiner selv i små mængder påvirker mange af menneskets organer og systemer. Små doser af stoffet kan endda bevirke kraftigere effekt end større doser. Dioxiners hormonforstyrrende effekt er særligt bekymrende. – De danske myndigheder har hidtil ikke taget sundhedsfarerne ved dioxiner fra brændeovne alvorligt.

Vi afslutter del III med at omtale røgpunktlers helbreds-virkninger. Både WHO og EU har de seneste år skærpet deres fokus på de fine og ultrafine forbrændingspartikler. I 2013 erklærede WHO, at fine partikler er kræftfremkaldende. Der er også påvist en klar sammenhæng mellem koncentration af disse partikler i luften og en øget forekomst af luftvejs- og astmasymptomer. Man har ikke kunnet fastsætte et nedre partikelniveau, ved hvilket partikler ikke er sundhedsskadelige. Studier tyder på, at langtids-eksponering for fine partikler ikke kun forværrer akutte sygdomme. På grund af ophobning af skadestoffer i kroppen over tid kan dette bl.a. foregå i hjerte-kar-systemet og fremskynde eller endog igangsætte udvikling af kroniske sygdomme. Som eksempel nævner vi Multiple Chemical Sensitivity (MCS). Kombinationseffekter fra skadestoffer i brændeovnsrøg er os bekendt endnu ikke undersøgt systematisk, men forskere på DTU og Rigshospitalet udtaler, at der i fremtiden bør gøres langt mere for at beskytte mennesker mod kemiske stoffer i miljøet. I den henseende er eksemplet med administrative indgreb mod luftforureningen i den tasmanske by Launceston en god vejviser.



Foto: Ann-Katrine Holme Christoffersen

Opsamling og anbefalinger

Nye tiltag fra myndighederne 186

Kommunal indsats for emissionsfrie boligområder 187

I medierne har debatten om brændeovne ofte været stærkt polariseret. En af de mest seriøse debattører har i mange år været civilingeniør Kåre Press-Kristensen, DTU. Han har både på landsplan og i lokale sammenhænge udført et stort oplysningsarbejde ved hjælp af måleprojekter ved boliger, ved foredrag og som forfatter til oplysningshæfter.²³⁵ På tilsvarende måde håber jeg, at min bog *Brænderøg og helbred* kan bidrage til at højne diskussionsniveauet om problemerne.

I forlængelse af mit arbejde som formand for Landsforeningen til Oplysning om Brænderøgsforurening (LOB) fremlægger jeg i denne bog vores nuværende vidensgrundlag om emnet. Ved hjælp af tekster og figurer bliver der peget på mange af de problemer for mennesker og miljø, som er forbundet med brænderøg.

Brugen af små træfyrianslæg som brændekedler, -ovne og pillefyr i boligområder truer ligefrem folkesundheden. I Danmark udgør røgen fra disse anlæg størstedelen af nutidens luftforurening med røgparkler (se bogens del I). Partiklerne bliver ledsaget af mange forskellige stoffer, der alene og i kombination er skadelige for helbredet (se del III). Forureningen

235. Press-Kristensen, Kåre (2016)

fra brændeovne har i stort omfang de samme effekter som tobaksrygning. Eksponering for dioxin fra naboers brænderøg svarer kvalitativt til at være udsat for passiv rygning.

I Danmark er mange mennesker generet af røg fra naboers brændeovne. Den seneste boligmiljøundersøgelse fra 2013 viste, at det drejede sig om mere end en halv million mennesker (se del II). For de kommunale myndigheder har forureningen været vanskelig at fjerne. Generelt mangler der viden om omfang og spredning af den lokale røgbelastning. I kommunerne er ressourcer til denne opgaveløsning en mangelvare, og hos de centrale myndigheder har vi savnet viljen til at ændre effektivt på disse forhold.

Nye tiltag fra myndighederne

På det seneste er der imidlertid kommet bevægelse i den hidtil fastlåste situation. I 2013 begyndte DCE (Det danske Center for Miljø og Energi) at måle tjærestoffer i luften midt i et tæt-lavt boligområde i Hvidovre. I dag omfatter Hvidovremålingerne også partikler og NO_x'er i luften og er blevet en fast del af DCE's måleprogram (se del I).

Miljøminister Kirsten Brosbøl underskrev i januar 2015 en ny brændeovnsbekendtgørelse, der strammede emissionskravene til røgudslip en smule. Desuden blev der året efter udgivet en omfattende vejledning til bekendtgørelsen. Den havde man savnet siden 2007 i forbindelse med udstedelse af den første bekendtgørelse.

Kortlægning af brændeovnenes geografi i Danmark begyndte i 2015 og er foregået i samarbejde med Skorstensfejerlauget. Københavns og Frederiksberg Kommuner blev de første kommuner, hvor man på geografiske kort har vist fordelingen af emissioner fra brændeovnsfyring for kvælstofilter og røgpartikler. I modsætning til tidligere antagelser om en jævn geografisk fordeling (se del II) er fordelingen meget skæv inden for kommunernes grænser. – En sådan kortlægning er en af de nødvendige forudsætninger for at kunne vurdere belastningen med brænderøg i lokale boligområder. Den landsdækkende kortlægning er netop blevet offentliggjort og vil kunne benyttes til kommunal regulering af røggener.²³⁶

Miljøstyrelsen igangsatte i 2016 to nye projekter, som indeholder målinger af dioxin i brændeovnsrøg. Den første rapport udkom i november 2017. Konklusionen blev, at dioxin-emissionerne offentliggjort i dette projekt

236. Nielsen, O.-K. og Plejdrup, M. (2018)

var af mindst samme størrelsesorden som ved målingerne i Gundsømagle 2002-2005. I første del af *Brænderøg og helbred* viste vi, at dioxinafkastet fra brændeovne var flere gange større end grænseværdien for høje skorstene ved affaldsforbrændingsanlæg. I 2017 foreslog LOB i et høringssvar om en ny brændeovnsbekendtgørelse, at der for dioxin skal anvendes samme grænseværdi for brændeovne som for affaldsforbrændingsanlæg af hensyn til dioxins hormonforstyrrende virkning og andre langtidsvirkninger. Bekendtgørelsen trådte i kraft den 16. januar 2018. Den indeholder intet om dioxin.²³⁷

Endelig kan man nævne Skatteministeriets udkast til *Afgifts- og tilskudsanalysen på energiområdet, Del 4*, der blev præsenteret i juni 2017, som peger på muligheden af at målrette en partikelafgift på udledninger fra brændeovne i tætbebyggede områder, sådan som Det Økologiske Råd tidligere har foreslået.

Det er glædeligt at se, at nogle af de reguleringsmuligheder, som kritikere af små træfyringsanlæg har gjort opmærksom på i mange år, nu bliver inddraget af de centrale myndigheder.

Kommunal indsats for emissionsfrie boligområder

Med den øgede viden om brænderøgens kaotiske karakter og dens skadelige effekter, som er påvist i bogen, er det blevet nødvendigt med en målrettet indsats i kommunerne for at forbedre luften.

Vi efterlyser omfattende oplysningskampagner om truslerne fra brændeovnsrøg på niveau med de kampagner, der er gennemført om farerne ved tobaksrygning. Som vi nævnte i slutningen af del III, har koordinerede oplysningskampagner i Launceston, Tasmanien, været et af de bærende elementer i den tasmanske indsats, som fik luftforureningen til at blive mindre og forbedrede beboernes helbredstilstand. Det har langtfra været nok med den danske miljøstyrelses lavmælte kampagner.

Vi opfordrer kommunerne til at udarbejde forskrifter for fyringsanlæg til fyring med fast brændsel jævnfør Brændeovnsbekendtgørelsen fra 2018. Som der står i bekendtgørelsens § 18, kan kommunalbestyrelserne i en forskrift fastsætte bestemmelser om forureningsbegrænsende foranstaltninger i nærmere klart angivne områder i kommunen, hvor det er tilstrækkeligt konkret miljømæssigt begrundet.

237. Miljø- og Fødevarerministeriet (2018)

En forskrift vil kræve, at de kommunale sagsbehandlere ved deres tilsyn, udover kilden til forureningen, også inddrager omgivelsernes forhindringer af røgens frie fortynding i deres vurdering af forureningens væsentlighed.

I Lejre Kommunes forskrift for brug af små ovne til fast brændsel står der, at kommunen kan forbyde brug af en ovn til fast brændsel, hvis terræn, placering og højde af bygninger, træer, skorsten mv. gør området uegnet til brug af den type ovne. På denne måde tager forskriften udtrykket om konkret miljømæssig begrundelse alvorlig.

Det må også lægges til grund for tilsynets vurdering, at brændeovne i reglen ikke renses røgen, inden den forlader skorstenene. Kommunerne bør mærke sig områder med miljøfølsomme by-funktioner såsom børneinstitutioner, hospitaler og plejehjem, hvor særligt sårbare grupper af mennesker opholder sig i kortere eller længere tid. Sådanne områder bør helt friholdes for skorstensemissioner i nærheden.

Ovenfor nævnte vi Hvidovremålingerne som et fremskridt med hensyn til at opnå større viden om luftforureningen i boligområder. – Sådanne stationære målinger kunne med fordel kombineres med indikative målinger, som er blevet anbefalet fra EU's side i Direktivet om luftkvalitet fra 2008. I vore dage eksisterer der prisbilligt måleudstyr, der kan placeres ved boliger, hvor luftforureningen fra brændeovne forventes at være særlig stor. Og kommunerne kunne online samle oplysninger om forureningens mønster ved bestemte boliger, sådan som LOB har gjort i Brønshøj (se del II). På den måde kan man komme ud over svagheden ved nutidens tilsyn, der udelukkende beror på subjektive skøn på vilkårlige tidspunkter.

Nye tanker om emissionsfrit nybyggeri, der er kommet frem i de seneste år, kan blive fremmet gennem en bevidst lokalplanlægning, sådan som det er sket i Deltaprojektet ved Frederikssund.

Ifølge *Lokalplan nr. 065* for Deltakvarteret, som blev vedtaget i 2015, vil der blive opført boliger i én eller to etager i form af villaer, klyngehuse og rækkehuse. Bebyggelsen vil komme til at bestå af ca. 80-90 boliger fordelt på 23 parceller til villaer, 36 parceller til rækkehuse og en storparcel til bebyggelse med 15-25 boliger i klyngehuse. Bebyggelsesformen er inspireret af byggerier i Holland.

I lokalplanen har man valgt at fremme emissionsfri opvarmning i boligerne. Specielt interessant er ønsket om opvarmning af boligerne i området baseret på fjernvarme via et samlet vandbåret lavtemperatur-transmissionsnet for et større område. Der bliver nævnt overskudsvarme, varmepum-

peanlæg, solenergianlæg og lagring af sommerens varmeenergi til brug i vinterhalvåret.

Specielt om brændeovne står der i *Lokalplan nr. 065*:

“Brændeovne:

Frederikssund Kommune anbefaler, at der ikke installeres pejs, brændeovn, brænde- eller biomassefyr, herunder træpillefyr i området.

Denne anbefaling sker med baggrund i følgende:

Vinge er udlagt som emissionsløs by og er dermed med til at sikre ren luft både indendørs og udendørs.

Opvarmning i området er baseret på emissionsløse, vedvarende energikilder, herunder solenergi og eldrevne varmepumper.

Nybyggeri efter BR15 eller bedre er yderst velisoleret og kræver ikke supplerende varme med så høj effekt og temperatur, som træfyring giver. Der vil opstå overtemperatur ved fyring med brændeovn og lign.

Tæthedskrav til nybyggeri kan ikke overholdes med brændeovne, med mindre de har eget luftindtag fra det fri. Der er risiko for ubalance i ventilationen og røg indendørs ved emhættedrift.

Særligt i rækkehusbebyggelsen kan brænderøg ikke undgå at genere naboer.

Alt nybyggeri skal forsynes med mekanisk ventilation med varmegenvinding. Særligt i tæt-lav bebyggelse vil det være nødvendigt at montere ventilationsindtag og afkast på taget for at undgå gener til og fra naboer. [...]

Kommunen ønsker at sikre ren luft til beboerne og forebygge klagesager.”

Lokalplanen for Deltaområdet blev vedtaget inden byggeriet af boliger gik i gang. Det har været vigtigt, at teknik- og miljøafdelingen i Frederikssund Kommune vidste, at brændeovnsrøg dårligt forenes med moderne tæt-lavt byggeri efter de nye bygningsreglementer med balanceret mekanisk ventilation.²³⁸

Læge prof. Torben Sigsgaard har ud fra sit kendskab til litteraturen bekræftet det gavnlige i indgreb som dem i Vinge: “Interventionsstudier har

238. Man kan læse mere på <https://www.frederikssund.dk/Borger/byudvikling/Vinge/om-vinge>

vist, at [...] en nedgang i biomassefyring til opvarmningsformål går hånd i hånd med sundhedsgevinster for de folk, der deltager i sådanne programmer.²³⁹

Nogle af de værst generede naboer i brændeovnsområder er tvunget til at installere kostbart rensningsudstyr på deres ventilationsanlæg med aktive kulfiltre for at kunne blive boende i området. Torben Sigsgaard nævner også, at folk, der har udstyret deres hjem med et filtersystem, oplever sundhedsgevinster. – Vi finder imidlertid denne dyre løsning urimelig. I stedet for burde der indføres en regel om krav til røgrensning hos brændeovns-ejerne.

239. Sundhedsstyrelsen (2017), s. 70

BILAG

Nøglebegreber	192
Ordforklaringer	193
Forkortelser	202
Kemiske betegnelser	204
Måleenheder	205
Litteraturoversigt	207
Figur- og tabeloversigt	225
Udvidet indholdsfortegnelse	230
To nekrologer	236-238
Solveig Czeskleba-Dupont	239

Nøglebegreber

Partikler

»Partiklerne i brænderøg er usædvanligt små og opfører sig nærmest som gasarter. Derved forøges deres virkning på menneskers helbred på mange måder. Den ringe størrelse gør dem lette at inhalere helt ned i de dybeste dele af lungerne og gør dem sværere at puste ud igen. De optages i blodbanen og fordeles rundt omkring i kroppen, hvor de giver inflammation og biologiske skader overalt hvor de kommer.«

(Brian Moench, læge, Salt Lake City, 2015)

Dioxin

»Endda uendeligt små eksponeringsniveauer af dioxin, ja et hvilket som helst eksponeringsniveau, kan forårsage hormonale eller reproduktive forstyrrelser, især hvis eksponeringen sker i en udviklingsmæssigt kritisk fase. Det overrasker, at små doser endda kan bevirke kraftigere effekter end større doser.«

(Læger fra The Endocrine Society, 2010)

Helbredseffekter

»Tæt på kilden kan røgens lugt og dens indhold af akutirriterende stoffer have betydning for gene-effekter hos de omkringboende. Lang tids udsættelse har især betydning for øget forekomst af hjertekarsygdomme og luftvejslidelser, hvilket primært ses blandt ældre og personer, der i forvejen lider af luftvejs- og/eller hjertekarsygdomme. Forværring af disse sygdomme kan medføre en øget dødelighed i befolkningen. Børn anses også for særligt følsomme individer i forbindelse med partikelforureningen. Endvidere er der påvist en sammenhæng mellem luftens indhold af partikler og kræft i luftvejene.«

(Sundhedsstyrelsen 2011)

Fra kilde til krop

Røgens vej fra brændeovne og pillefyr til mennesker og miljø er kort, men kompliceret. Den omfatter alle trin fra 'skorstensudledning' over transport i luften til påvirkning af organismene samt deraf følgende sygdomme og gener.

(Solveig Czeskleba-Dupont, 2018)

Ordforklaringer

Absorption	Proces, hvorved lys, stof eller energi optages eller opsuges.
Adsorption	Det at adsorbere gas eller væske på sin overflade.
Aerosol	Små partikler eller dråber af et stof, fordelt i luft.
Aftræk	Hul eller kanal til bortledning af luft eller røg.
Agglomerere	Klumpe sammen.
Allergen	Et stof, der fremkalder en allergisk reaktion.
Allergi	Overfølsomhed.
Alveole	Lungeblære dybest i lungerne, hvor ilt og kuldioxid udveksles med blodet.
Arterie	Blodkar, der leder blod væk fra hjertet.
Astma	Lungelidelse med anfald af åndedrætsbesvær og slim i luftvejene.
Bekendtgørelse	Ministeriel anordning, der fastsætter de mere detaljerede regler for en lovs gennemførelse.
Benzo(a)pyren	Sundhedsskadeligt tjærestof.
Benzen	Klar farveløs, brandfarlig væske; fordamper ved 80 grader; aromatisk lugt – karakteriserer brænderøg.
Faktor	Omstændighed, kraft eller påvirkning, der bidrager til at fremkalde et bestemt resultat.
Biomarkør	Indikator for eksponering med et sundhedsskadeligt stof, f.eks. mængden af et stof eller effekten af forurening målt i blodprøver eller i urin.
Black Carbon	Kulstøv, kulstofpartikler.
Bronkie	Hver af lufttrørets forgreninger ind i lungerne.
Bronkiøle	Luftrørsforgrening uden brusk.
Bronkitis	Betændelse i slimhinderne i bronkierne.
Brændeforbrug	Brændeforbrug måles i skovrummeter (rummeter helt træ, oftest i længde på en meter), rummeter savet, kløvet og stakket træ i længde på 30 cm, kasserummeter (løst brænde i længde på 30 cm, hulter til bulter i en kasse) og brændetårne.

Brændsel	Brændsel i husholdningerne består statistisk af brænde, skovflis, træpiller, træaffald.
Bybaggrund	Steder i byområder, hvor niveauerne er repræsentative for den almene bybefolknings eksponering.
Byfunktioner	Aktiviteter i byer.
Deposition	Aflejring af luftbårne (forurenende) stoffer på overflader.
Dioxin	Meget giftig, organisk forbindelse, hvis molekyler bl.a. indeholder en seksleddet ring med to iltatomer, fire kulstofatomer og to dobbeltbindinger.
Direktiv	Retningslinje for eller instruks om, hvordan noget skal udføres især udstedt af en højere, offentlig myndighed.
DNA	Arveanlæg.
Dosis-respons	Sammenhængen mellem en påvirkningsdosis og risiko for sygdom i en befolkning. Denne sammenhæng er vigtig inden for fagområderne toksikologi og arbejdsmedicin.
Driftstilstand	Eksempelvis optimal, normal eller dårlig drift af et anlæg.
Drivhuseffekt	Det fænomen, at en stigende mængde kuldioxid og andre drivhusgasser i atmosfæren hæmmer Jordens varmeudstråling, så temperaturen ved jordoverfladen stiger.
Eksponering	Udsættelse for en skadelig handling, hændelse eller proces.
Eksposition	Som eksponering.
Emission	Udsendelse af forurenende stoffer.
Enhed	Enkelt genstand set isoleret. Eksempel: pr. produceret enhed
Enzym	Proteinstof, der dannes i en levende celle, og som fremskynder cellens stofskifteprocesser uden selv at medgå i de produkter, som dannes.
Epidemiologi	Forskningsdisciplin, der omfatter undersøgelser af forekomst og fordeling af sygdomme samt andre helbredsforhold i befolkningen.

Epitel	Væv af celler, der beklæder alle legemets indre og ydre overflader, og som kirtlerne er opbygget af, f. eks. hud og slimhinder.
Evidens	Det at noget er helt indlysende; bevismateriale, resultat af undersøgelse som støtter en antagelse.
Faktor	Omstændighed, kraft eller påvirkning, der bidrager til at fremkalde et bestemt resultat.
Filter	Anordning eller materiale, som fjerner, opfanger eller sier urenheder eller (forurenende) partikler eller materiale fra en gennemstrømmende væske eller luftart, f.eks. et stykke papir, et sandlag, et klæde eller fibre.
Forbud	Bestemmelse om, at noget ikke må finde sted eller ikke må forekomme.
Forsigtighedsprincippet	Huskeregul vedr. forsigtig adfærd fra Rio-deklarationen.
Forskrift	Skreven eller uskreven regel for, hvordan man skal forholde sig i en given situation, f.eks. hvordan man skal udføre et arbejde, betjene en maskine, bruge et produkt eller indrette noget.
Forurening, væsentlig	Centralt begreb i Miljøbeskyttelsesloven. I Luftvejledningen fra 2001 tales om væsentlig forurening, hvis der for hovedgruppe 1-stoffer ikke er gennemført emissionsbegrænsning.
Forurening	Det, at luften tilføres stoffer, der er skadelige for mennesker og for naturen, f.eks. ved forbrænding af kul, olie eller benzin.
Fri fortynding	Fri fortynding af brænderøg vil sige, at røgen uhindret kan bevæge sig bort fra skorstenen uden at ramme hvirvelzoner omkring bygninger, hvor røgen suges ned. Centralt begreb i forbindelse med luftforurening.
Fyringsenhed	Brændeovn, pejs, brændekedel, halmfyr, masseovn.
Gaskromatografi	Kemisk analysemetode, hvorved en væske- eller gasblanding adskilles i sine bestanddele, som derefter bestemmes hver for sig.
Gen	Biokemisk struktur, som bestemmer et arveanlæg.

Gene	Besvær eller ubehag (f.eks. sygdom eller forurening), der er forbundet med noget.
Genvekslanlæg	Varmegenvindingsanlæg.
Geokode	Geografisk kode.
Grænseværdi	Fastsat værdi, som ifølge en bestemt lov eller regel ikke må overskrides.
Halveringstid	Den tid, der går, før en vis mængde af et stof er reduceret til det halve.
Hormon	Kemisk stof, som dannes i særlige kirtler og væv, og som med blodet føres rundt i organismen, hvor det bidrager til at regulere en bestemt funktion eller proces (bl.a. kønshormoner og stofskiftehormoner).
Hormonbalance	Mængderne af bestemte hormoner i organismen og deres indbyrdes samspil.
Hormonforstyrrelser	Hormonforstyrrelser pga. et kemikalie som f.eks. benzo(a)pyren finder sted, når stoffet trænger ind i cellens membran eller helt ind i cellen og sætter sig fast på steder, hvor et af kroppens egne hormoner skulle sidde. Derved vil den oprindelige proces blive forstyrret, og det kan påvirke enzymaktiviteter i hele kroppen.
Hovedgruppe 1-stoffer	Til hovedgruppe 1 henføres kemiske stoffer, om hvilke det i dag vides, at de er særligt farlige for sundheden eller særligt skadelige for miljøet. Indplacering af farlige kemiske stoffer i hovedgruppe 1 sker enten på basis af deres giftighed, langtidsvirkninger på helbredet og/eller uacceptable virkninger i naturen.
Hydrofil	Vandelskende.
Immision	Indtrængen.
Immun	Fri for, uberørt af.
Immunforsvar	Forhindrer organismer som f.eks. bakterier og virus i at etablere sig i kroppen. Det udøves af hvide blodlegemer og et stort antal forskellige proteiner.
Isotop	De fleste grundstoffer findes i mere end én form. Atomer med samme protonantal, men med forskelligt massetal, bliver kaldt isotoper.

Joule (J)	En masses energi er defineret som evnen til at udføre et arbejde, og måleenheden for energi er derfor Joule, dvs. det samme som for arbejde.
Kaos	Bevægelse, der udvikler sig uforudsigeligt.
Klorakne	Hudsygdom som følge af udsættelse for bl.a. dioxiner og furaner.
Konfidensinterval	En af de almindeligste måder at angive usikkerheden af en målt parameter på. Et konfidensinterval fastlægges således, at intervallet med en bestemt sandsynlighed (ofte vælges 95 %) indeholder den sande værdi af parameteren.
Konvention	International aftale om forpligtelser og forholdsregler vedr. et bestemt emne.
Kromosom	Struktur i en cellekerne, der udgøres af et dna-molekyle som indeholder gener, dvs. arveanlæg.
Kulfilter	Filter med aktivt kul, som man kan lede væske, luft el.lign. igennem for at rense den.
Kulstof	Grundstof. I alle organiske processer er kulstof en meget væsentlig bestanddel.
Kulstøv	Organisk og uorganisk kulstof.
Kvantificere	Omsætte til noget, der kan tælles, måles eller regnes; sætte tal på.
Kyotoprotokollen	International aftale om reduktion af udledning af kuldioxid og andre drivhusgasser. Aftalen blev indgået i den japanske by <u>Kyoto</u> i 1997. Kyoto-protokollen trådte i kraft i 2005 og er bl.a. tiltrådt af Danmark.
Lead Country	Foregangsland.
Leukæmi	Akut eller kronisk kræftlignende blodsygdom med alvorlige forstyrrelser i organismens evne til at danne raske blodlegemer.
Lokalplan	En plan for anvendelsen af en mindre, kortlagt del af en kommune.
Luftforurening	Det, at luften tilføres stoffer, der er skadelige for mennesker og for naturen, f.eks. ved forbrænding af kul, olie eller benzin.

Luftkvalitet	Luftens kvalitet målt f.eks. som koncentrationen af et stof, typisk angivet som $\mu\text{g pr. m}^3$ (μg stof per kubikmeter luft) eller ppm.
Lugtecenter	Lugtecentret ligger i forhjernen. Det står i forbindelse med næsehulens lugteceller via nervefibre.
Lymfe	Farveløs væske, som dannes i vævene ved udsivning fra blodkapillærerne – her kaldet vævsvæske – og som transporteres til blodet i lymfekar.
Massespektrometri	Analysemetode til bestemmelse af molekylers masse og kemiske struktur.
Middelværdi	Talværdi, som udgør et gennemsnit af en række foreliggende talværdier.
Miljøbeskyttelsesloven	Den vigtigste danske lov om begrænsning af forurening. Lovens formål er endvidere at begrænse samfundets resurseanvendelse og affaldsproduktion samt at stille krav om brug af den bedste tilgængelige teknologi i virksomheder.
Miljøfaktor	Målbare forhold i omgivelserne, der påvirker og styrer de levende organismers trivsel og adfærd, f.eks. temperatur og koncentration af næringssalte og skadestoffer.
Miljøfølsom	At noget let påvirkes af miljøfaktorer, som f.eks. luftforurening.
Miljøprojekt	Rapport udgivet af Miljøstyrelsen.
Molekyle	Den mindste enhed, et stof kan deles i uden at miste sine kemiske og fysiske egenskaber.
Målinger, indikative	Målinger, der opfylder lempeligere datakvalitetsmål end faste målinger.
Målinger, stationære	Målinger, der foretages på stationære målestationer enten kontinuerligt eller ved stikprøver, til bestemmelse af niveauerne i overensstemmelse med de relevante målsætninger for datakvalitet.
Nano-	Gør en måleenhed en milliard gange mindre, dvs. ganger den med 10^{-9} .
Nervecelle	Nerveceller adskiller sig fra andre celletyper i organismen ved at have en tynd udløber (nervefibre), der er specialiseret til hurtigt at lede nerveimpulser.

No-burn	Forbud mod træfyring.
Oxidant	Et stof, der er i stand til at oxidere et substrat.
Ozonprecursor	Ilt kan omdannes til ozon ved kraftige elektriske eller fotokemiske processer.
Partikler	Partikler kan være dråber af væske eller faste stoffer og består ofte af mange forskellige stoffer. De opdeles i forskellige størrelsestyper.
Partikler, grove	Partikler større end 2,5 µm.
Partikler, fine	Partikler mindre end 2,5 µm.
Partikler, ultrafine	Partikler mindre end 0,1 µm. De kaldes også nanopartikler.
Persistent	Stof, som er vanskeligt at nedbryde i naturen og/eller i mennesket.
Petrokemisk industri	Den del af den kemiske industri, der benytter fraktioner af olie og naturgas som råstoffer.
POP-stoffer	Persistent organic pollutants f.eks. dioxin.
Precursor	Forløber.
Prænatal	Før fødslen.
Pyrolyse	Proces, hvor man ved opvarmning uden tilstedeværelse af ilt (luft) spaltes højmolekylære stoffer til små molekyler.
Påbud	Meddelelse, der medfører en retsvirkning for modtageren. Påbud kan f.eks. være krav om at forhøje sin skorsten.
Radikaler	Et molekylefragment, som indeholder en uparret elektron. Radikaler er almindeligvis meget reaktive.
Reaktiv	Den kemiske forbindelse kan reagere med et andet stof.
Receptor	Biologisk celle, organ eller organisme som er modtagelig over for fysiske påvirkninger.
Regulering	Kontrol af noget ved hjælp af regler eller love.
Residential	Tilknyttet boliger.
Respondent	Person, der deltager og bidrager med svar i en spørgeundersøgelse, et interview el.lign.
Risikovurdering	Vurdering af, hvor stor en risiko, der er for at en bestemt skadelig eller utilsigtet hændelse indtræffer; bruges f.eks. i forbindelse med bestemmelse

	af stoffers eller organismers eventuelle skadelige virkninger på miljøet eller mennesket.
Røggas	Gas fra forbrænding af fossile brændsler som olie, naturgas og kul, samt af biobrændsler som træ, halm og affald.
Røggener	Fysisk ubehag ved forbrændingsrøg.
Røgluft	Luft med indhold af røg fra forbrænding.
Røgnedslag	Det, at brænderøgen falder ned og rammer jorden.
Røgrensning	Det til en vis grad at rense røgen for skadestoffer.
Sampler	Prøveudtager.
Sensibel	Meget modtagelig over for påvirkninger eller indtryk.
Sensibilisering	Det at gøre mere sensibel.
Seveso	Seveso, forstad til Milano, som blev kendt, da en produktionstank til fremstilling af ukrudtsmidlet triklorfenol i 1976 eksploderede på en kemikaliefabrik. Ved den kraftige varme dannedes dioxin, der er en af de stærkeste <u>miljøgifte</u> , man kender. Kemikalieskyen blæste ud over et 18 km ² stort tætbeholdt område og forårsagede langsigtede skader på mennesker, planter og dyr.
Sevesodioxin	2,3,7,8-TCDD. 2,3,7,8 betegner kloratomernes positioner på benzenringene.
Sibenet	En knogle i næsehulens loft, der er gennemhullet som en si. Herigennem løber lugtecellerne til hjernen.
Skjoldbruskkirtel	Kirtel, der ligger foran i halsen under strubehovedet; producerer stofskiftehormoner.
Smog	Sammentrækning af de engelske ord "smoke" (røg) og "fog" (tåge). Smog blev første gang omtalt under en alvorlig forureningsepisode i London i 1952.
Sod	Små sorte partikler, hovedsagligt bestående af kulstof, der opstår ved ufuldstændig forbrænding af kul, olie, træ eller andre brandbare materialer.
Stress, oxidativt	Oxidativt stress opstår, når der dannes reaktive oxygen- og nitrogenforbindelser i kroppen i forbindelse med sygdom, tobaksrygning, forurening,

	<p>medicin, indtag af visse fødevarer, ethanol og stråling.</p>
Stofskifte	<p>Optagelse, omdannelse, opbygning, nedbrydning og udskillelse af stoffer og den hertil knyttede energiomsætning i en levende organisme.</p>
Svanemærkning	<p>Nordisk miljømærkning.</p>
Synergi	<p>Samvirke; i denne forbindelse det, at virkningen af to eller flere samtidigt virkende faktorer er større end summen af de enkelte faktoreres virkning.</p>
Systemisk	<p>Som påvirker eller vedrører hele organismen.</p>
Tjærestof	<p>En samlebetegnelse for kemisk beslægtede organiske stoffer, bl.a. polycykliske aromatiske forbindelser.</p>
Toksicitet	<p>Et stofs giftighed.</p>
Toksikologi	<p>Gren inden for lægevidenskaben og biologien, der beskæftiger sig med giftstoffer og deres virkninger på levende organismer.</p>
Toluen	<p>Methylbenzen, toluol, $C_6H_5CH_3$, aromatisk carbonhydrid, der er en farveløs væske med kogepunkt $110,6\text{ }^\circ\text{C}$.</p>
Træfyrringsanlæg, små	<p>Brændeovne, pejse, masseovne, kedler, halmfyr og pillefyr og -ovne.</p>
Træpille	<p>Lille cylindrisk pille af sammenpressede træfibre, brugt som brændsel.</p>
Tungmetal	<p>Grundstof, der ikke kan nedbrydes i naturen.</p>
Varmeplanlægning	<p>Planlægning for samfundets forsyning med varme.</p>
Vejledning	<p>Skriftligt materiale med råd, retningslinjer el.lign.</p>
Volative stoffer	<p>Flygtige stoffer.</p>
Væv	<p>Samling af ensartede celler med samme funktion i en levende organisme, f.eks. knoglevæv, fedtvæv eller plantevæv.</p>
Ækvivalent	<p>Noget, der svarer til eller stemmer overens med noget bestemt.</p>
Østrogen	<p>Kvindeligt kønshormon, der dannes i æggestokkene og i mindre mængde i binyrerne hos begge køn og hos mænd desuden i testiklerne.</p>

Forkortelser

ADHD	Attention Deficit Hyperactivity Disorder; dækker forskellige grader af vanskeligheder inden for områderne opmærksomhed, aktivitet og impulsivitet.
AEI	En indikator for befolkningens gennemsnitlige eksponering for PM _{2,5} målt i µg/m ³
BC	Black carbon
BR15	Bygningsreglementet 2015
CeHoS	Center for Hormonforstyrrende Stoffer
CLRTAP	Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution
COP	Conference of the Parties
COWI	International konsulentvirksomhed inden for anlæg, byggeri og fysisk planlægning
DAPO	Foreningen af danske leverandører af pejse og brændeovne
DCE	Nationalt Center for Miljø og Energi
DMU	Danmarks Miljøundersøgelser
DNA	Deoxyribonukleinsyre
DTU	Danmarks Tekniske Universitet
DØR	Det Økologiske Råd
EC	Elementært kulstof
EEA	European Environmental Agency, dvs. EU's miljøagentur
EMEP	The European Monitoring and Evaluation Programme. Program under CLRTAP
EOF	Energi- og olieforum
EPA	USA's miljøstyrelse
ESCAPE	Europæisk forskningsgruppe om helbredseffekter fra luftforurening
EU	Den europæiske Union
FN	De Forenede Nationer
HCAB	H.C. Andersens Boulevard
HCB	Hexachlorbenzen
HEI	Health Effects Institute, Boston, USA
IARC	International Agency for Research on Cancer
IPCC	Intergovernmental Panel of Climate Change

I-TEQ	Internationale toksiske ækvivalenter
KOL	Kronisk Obstruktiv Lungesygdom
LOB	Landsforeningen til Oplysning om Brænderøgsforurening
LRTAP	Langtransporteret grænseoverskridende luftforurening
MCS	Multiple chemical sensitivity
MST	Danmarks miljøstyrelse
NGO	Non-governmental organization
NMVOC	Flygtige organiske forbindelser undtagen metan
OC	Organisk kulstof
PAH	Polycykliske aromatiske hydrocarboner (kulbrinter) dvs. tjære- restoffer
PCB	Polychlorinated biphenyl
PCDD	Polyklorerede dibenzo-p-dioxiner
PCDD/F	Dioxiner og furaner
PCDF	Polyklorerede dibenzo-p-furaner
PM _{0,1}	Partikler med en diameter mindre end 0,1µm
PM ₁	Partikler med en diameter mindre end 1µm
PM _{2,5}	Partikler med en diameter mindre end 2,5µm
PM ₁₀	Partikler med en diameter mindre end 10µm
POP	Persistent Organic Pollutant
PTMI	Foreløbigt tolerabelt månedligt indtag
PTWI	Foreløbigt tolerabelt ugentligt indtag
RUC	Roskilde Universitet
SCD	Solveig Czeskleba-Dupont
SOA	sekundært dannede organiske partikler
TC	Total kulstof
TSP	Total Suspended Particles. Forkortelse for svævestøv som er luftbåret støv.
UNECE	The United Nations Economic Commission for Europe
UNFCCC	The United Nations Framework Convention on Climate Change
UNEP	FN's miljøprogram
VOC	Volatile Organic Compounds, dvs. flygtige organiske forbindelser
WHO	The World Health Organization
WMO	Verdens Meteorologiske Organisation

Kemiske betegnelser

Grundstoffer:

As	Arsen
Cd	Cadmium
Cl	Chlor
Cr	Chrom
Cu	Kobber
H	Hydrogen, brint
Hg	Kviksølv
N	Kvælstof
Ni	Nikkel
Pb	Bly
Se	Selen
Zn	Zink

Gasser:

CO	Kulilte
CO ₂	Kuldioxid
NH ₃	Ammoniak
NO _x	Kvælstofilter
N ₂ O	Lattergas
O ₃	Ozon
SO ₂	Svovldioxid

Organiske stoffer:

Acetaldehyd	C ₂ H ₄ O
Acrolein	C ₃ H ₄ O
Benzo(<i>a</i>)pyren	olycyklisk hydrocarbon (PAH)
Benzen	C ₆ H ₆
Dioxin og Furan	Polychlorerede dibenzo- <i>p</i> -dioxiner (PCDD) og polychlorerede dibenzofuraner (PCDF)
Formaldehyd	CH ₂ O
Metan	CH ₄
Toluen	C ₆ H ₅ CH ₃

Måleenheder

Grundenheder i SI-systemet

Størrelse	Navn	Symbol
Længde	meter	m
Masse	gram	g
Tid	sekund	s
Elektrisk strøm	ampère	A
Temperatur	kelvin	K
Stofmængde	mol	mol
Lysstyrke	candela	cd

Som regel bruges celsiuskalaen til at måle temperatur. Denne skala har samme gradinddeling som kelvinskalaen. Nulpunktet i celsiuskalaen er lig med frysepunktet for vand (0°C), som er 273 K. I SI-systemet bruges desuden mange enheder, der er afledt af grundenhederne.

Afledte enheder, der er relevante for den foreliggende bog

Størrelse	Navn	Symbol	Definition
Kraft	newton	N	kg gange m/s^2
Energi	joule	J	N gange m
I-TEQ	Dioxin i røggassen bliver blandt andet beregnet i ng I-TEQ pr. kg træ. I-TEQ PCDD betyder her internationale toksiske dioxinækvivalenter til opsummering af forskellige dioxiner.		
ppm	andeles pr. million.		

For at lette skrivemåden af små eller store måltal, er det almindeligt at beskrive dem som potenser af 10.

$$10^1 = 10$$

$$10^3 = 1000$$

$$10^6 = 1.000.000$$

$$10^{-1} = 0,1$$

$$10^{-3} = 0,001$$

$$10^{-6} = 0,000\ 001$$

Til de SI-enheder, der har eget symbol, kan der sættes en forstavelse, som erstatter potenser af 10.

Betegnelse for tierpotenser

Potens af 10	Førstavelse	Symbol
10^{15}	Peta	P
10^{12}	Tera	T
10^9	Giga	G
10^6	Mega	M
10^3	kilo	k
10^{-3}	milli	m
10^{-6}	mikro	μ
10^{-9}	nano	n
10^{-12}	pico	p
10^{-15}	femto	f

Kilder til ordforklaringer, forkortelser, kemiske udtryk og måleenheder:

Den danske ordbog: www.ordnet.dk

Den Store Danske: <http://denstoredanske.dk/>

EF(2008): EUROPA-PARLAMENTETS OG RÅDETS DIREKTIV 2008/50/EF af 21. maj 2008

Hansen, Morten Tony (2016): Brændeforbrug i Danmark 2015 https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Statistik/braende_2015.pdf

Karlson, U., redaktør (2006): Tjærestoffer (Danmarks Miljøundersøgelser og forlaget Hovedland) <http://www2.dmu.dk/Pub/MB8.pdf>

Meyers Fremmedordbog: <http://meyersfremmedordbog.dk>

Miljøministeriet (2001): Luftvejledningen <https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=12728>

Miljøstyrelsens brændefyringsportal: <http://braendefyringsportalen.dk/til-kommunerne/tekniske-udtryk/>

Palmgren, F., m.fl. (2009): Luftforurening med Partikler – et sundhedsproblem (DMU og Hovedland) <http://www2.dmu.dk/Pub/MB14.pdf>

Sand, O. m.fl. (2008): Menneskets anatomi og fysiologi (Gads Forlag)

Store Medisinske Leksikon: <https://sml.snl.no>

Sørensen, Bent (2000): Renewable Energy (Academic Press, London)

Københavns Universitet: Vidensbanken, Food of Life <http://foodoflife.ku.dk/vidensbanken/>

Litteraturoversigt

A

- Affaldsbekendtgørelsen (2012): BEK nr. 1309 af 18/12/2012 (Miljø- og Fødevarerministeriet)
<https://www.retsinformation.dk/forms/r0710.aspx?id=144826>
- Andersen, Flemming (2004): Varmeplanlægning. Status for varmeplanlægningen i Danmark (Indlæg ved Nordvarmesymposiet 2004. VEKS)
- Andersen, J.S. og Hvidberg, R.L. (2017): Laboratoriemålinger af emissioner fra brændeovne ved forskellige fyringsteknikker (Miljøprojekt nr. 1069, Miljøstyrelsen)
<https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2017/11/978-87-93614-42-0.pdf>
- Andersen, M.S. m.fl. (2004): Sundhedseffekter af luftforurening – beregningspriser (Faglig rapport 507, Danmarks Miljøundersøgelser)
http://www.dmu.dk/1_viden/2_Publikationer/3_fagrappporter/rapporter/FR507.PDF
- Andersen, M.S. og Brandt, J. (2014): Miljøøkonomiske beregningspriser for emissioner. (Notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energy, Aarhus Universitet, december 2014) http://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notater_2014/Miljoekonomiske_beregningspriser_for_emissioner.pdf
- Arbejdstilsynet (2011): Bekendtgørelse om grænseværdier for stoffer og materialer. Nr. 507
<https://www.retsinformation.dk/forms/r0710.aspx?id=136417>

B

- Bagger, M.A. og Bechgaard (2001): Genvej til hjernen via næsen (Lægemedelforskning 2001, Københavns Universitet, School of Pharmaceutical Sciences)
<http://www.farma.ku.dk/index.php/Genvej-til-hjernen-via-naesen/1603/0/>
- Beelen, R. m.fl. (2014): Effects of long-term exposure to air pollution on natural-cause mortality: an analysis of 22 European cohorts within the multicentre ESCAPE project (The Lancet, Volume 383, No. 9919, p785-795, 1 March 2014)
[http://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(13\)62158-3/fulltext](http://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(13)62158-3/fulltext)
- Beischlag, Timothy V. m.fl. (2008): The Aryl Hydrocarbon Receptor Complex and the Control of Gene Expression (Crit Rev Eukaryot Gene Expr. 2008; 18(3): 207-250)
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2583464/>
- Berlingske (2005): Måleprogram for dioxinforurening stoppes pga. pengemangel (9. juni 2005, 17:00)
<http://www.b.dk/danmark/maaleprogram-dioxinforurening-stoppes-pga.-pengemangel>
- Black, Harvey (1995): Glucose as a substitute for benzen (Environmental Health Perspectives vol. 103, nr. 6, s. 564-566)
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1519128/pdf/envhper00355-0040-color.pdf>
- Bojs, Karin (2015): Min europæiske familie i de sidste 54.000 år (Lindhardt og Ringhof)
- Brandt, J. m.fl. (2011): Assessment of Health-Cost Externalities of Air Pollution at the National Level using the EVA Model System, CEEH Scientific Report No 3, Centre for Energy, Environment and Health Report series. March 2011
http://www.cee.dk/CEEH_Reports/Report_3/CEEH_Scientific_Report3.pdf

- Brandt, J. m.fl. (2013a): Contribution from the ten major emission sectors in Europe to the Health-Cost Externalities of Air Pollution using the EVA Model System – an integrated modelling approach, *Atmospheric Chemistry and Physics*, Vol. 13, pp. 7725-7746, 2013
- Brandt, J. m.fl. (2016): Helbredseffekter og helbredsomkostninger fra emissionssektorer i Danmark (Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 47 s. Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 182) <http://dce2.au.dk/pub/SR182.pdf>
- Bossi, R. og Glasius, M. (2006): Dioxin Måleprogram Statusrapport 2006 Miljø- og Planlægningsudvalget MPU alm. del –Bilag 196 Offentligt <http://www.ft.dk/samling/20061/almdel/mpu/bilag/196/339802.pdf>
- Bossi, R. (2007): Måledata til Arbejdsrapport nr. 235 (tilsendt sed. via mail d. 28.11.2007)
- Budiansky, Stephen (1980): Bioenergy: the lesson on wood burning? (*Environmental Science & Technology*, Vol. 14, Number 7, July 1980, s. 769-771)

C

- Carlsen, Anders (2009): Health Impacts (i Fenger, J. og Tjell, J. C. eds.: *Air Pollution. From local to a global perspective*. Polyteknisk Forlag. 488 sider)
- CEHOS (dec. 2016): CEHOS video-introduktion til hormonforstyrrende stoffer <https://www.youtube.com/watch?v=a8KRUTLBpw8>
- Cesaron, Giulia m.fl. (2014): Long term exposure to ambient air pollution and incidence of acute coronary events: prospective cohort study and meta-analysis in 11 European cohorts from the ESCAPE Project (The European Study of Cohorts for Air Pollution Effects, *BMJ* 2014;348:f7412)
- Christensen, A. I., Ekholm, O., Davidsen, M., Juel, K. (2012): Sundhed og sygelighed i Danmark 2010 og udviklingen siden 1987 (Statens Institut for Folkesundhed, Syddansk Universitet. København) http://www.si-folkesundhed.dk/upload/sundhed_og_sygelighed_2010_med_sidetal.pdf
- Christensen, G., Adeler, O.F. og Linde, J. J. (2003): Industriernes spildevandsudledning i byernes økologiske kredsløb (Miljøstyrelsen, Økologisk byfornyelse og spildevandsrensning nr. 43)
- Christensen, P. S. og Petersen, S. (red.) (1989): Risøs indsats i forbindelse med energiministeriets forskningsprogrammer (Status ultimo december 1988) http://orbit.dtu.dk/files/104133393/ris_m_2767.pdf
- Christophersen, Anne-Bolette J., Hilsted, Linda M. og Christensen, Hanne Rolighed (1999): Aktivt kul ved behandling af akutte lægemiddelforgiftninger (VIDENSKAB OG PRAKSIS/lægemidler og diagnostika, Ugeskrift for læger, 4. oktober, 1999, s. 5559-5563) http://www.afdelingz.dk/acrobat/ufl4099_5559_aktivt_kul.pdf
- Colborn, T. Dumanoski, D. og Myers, J.P. (1998): Vores stjalne fremtid. Eller Den hormonelle forureningsfare (Hovedland. 312 sider)
- Commoner, B., K.Shapiro, T.Webster (1987): The origin and health risks of PCDD and PCDF. (*Waste Management and Research*, årg.5, nr.3, s.327-346)
- Commoner, B. (1990): Making peace with the planet (New York)
- COWI (2017): Luftfoto over bebyggelsen Toftegården i Hvidovre
- Crofton KM, Craft ES, Hedge JM, Gennings C, Simmons JE, Carchman RA, et al. (2005): Thyroid-hormone-disrupting chemicals: evidence for dose-dependent additivity or

- synergism (Environ Health Perspect. 2005/11/03 ed. 2005; 113: 1549-1554) Available: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16263510>
- Czeskleba-Dupont, Rolf (1989): Technische Unsicherheiten bei der Verbrennung von Müll als Abfall – die kritische Anomalie der Dioxinbildung (Publikationer fra Institut for Geografi, Samfundsanalyse og Datalogi, Forskningsrapport nr.70. Roskilde Universitetscenter)
- Czeskleba-Dupont, S. (2006): Brændeovne forurener mere end vejtrafikken (Hotspot Nr. 1 fra LOB)
- Czeskleba-Dupont, S. (2007): Brænderøg – en væsentlig forurening i boligområder. Oplæg på Miljø- og Planlægningsudvalgets eksperthøring om samspillet mellem brænderøgsforurening og folkesundhed den 25. april 2007 på Christiansborg ved Solveig Czeskleba-Dupont, Astma-Allergi Hovedstadens brænderøgsgruppe <http://www.ft.dk/samling/20061/almdel/mpu/bilag/398/376660.pdf>
- Czeskleba-Dupont, S. (2007): Skriftligt materiale fra RUC-mødet om brænderøg og PAH, sept. 2007. (Upubl.)
- Czeskleba-Dupont, S. (2008): Arbejdsrapport om Brændeovnsrøg og Luftforurening – målinger og vurderinger (Notat til Kræftens Bekæmpelse. Ikke publ.)
- Czeskleba-Dupont, S. (2015): Røg fra hus til hus (Landsforeningen til Oplysning om brænderøgsforurening. (Pamflet sendt til Miljøstyrelsen) http://braenderoeg.dk/files/2015-04-25_LOB_Pamflet_om_røggener_til_miljømyndighederne.pdf

D

- Danielsen, Pernille Høgh, Peter Møller og Steffen Loft (2011): Helbredseffekter af danske brænderøgspartikler belyst eksperimentelt (Miljøprojekt nr. 1357, Miljøstyrelsen) <http://www2.dmu.dk/udgiv/publikationer/2011/04/978-87-92708-83-0.pdf>

DCE-links:

1. link: http://www2.dmu.dk/1_Viden/2_miljoe-tilstand/3_luft/4_maalinger/5_Metoder/tsp_metode.asp
2. link: http://www2.dmu.dk/1_Viden/2_miljoe-tilstand/3_luft/4_maalinger/5_niveauer/6_partikler/Partikler_trend_year.asp2

DCE Center for Miljø og Energi (2017, 27.6.): http://www2.dmu.dk/1_Viden/2_Miljoe-tilstand/3_luft/4_Maalinger/5_stationer/hvidovre.asp

Det økologiske Råd (2010): Konference om brændefyring og alternative løsninger <https://www.ecocouncil.dk/udgivelser/presentationer/105-presentationer/presentationer/550-braendefyring-og-alternative-losninger>

DMU's Luftforureningsdata: Cd(PM₁₀)

http://www2.dmu.dk/1_Viden/2_miljoe-tilstand/3_luft/4_maalinger/5_database/PaenTabel.asp?aarstal=All&stofId=10&station=All&Sttype_1=on&Sttype_4=on&Sttype_2=on&Sttype_5=on&Sttype_3=on&Sttype_6=on&Select=Vis+tabel

Doty, Richard L. (2009): The Olfactory System and Its Disorders (Smell and Taste Center, University of Pennsylvania School of Medicine, Philadelphia, Pennsylvania) <https://www.thieme-connect.de/products/ejournals/html/10.1055/s-0028-1124025>

Dyrnum, O. m.fl. (1990): Emissionsundersøgelse for pejse og brændeovne. Dioxin, PAH og mutagen aktivitet (Miljøstyrelsens miljøprojekt nr. 149) <http://www2.dmu.dk/Udgiv/publikationer/1990/87-503-8551-8/pdf/87-503-8551-8.pdf>

E

- Ea Energianalyse (2016): Brændeforbrug i Danmark 2015. Undersøgelse af brændeforbruget og antallet af brændeovne, pejse, masseovne og brændekedler i danske boliger og fritidshuse
https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Statistik/braende_2015.pdf
- EEA (2013): EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook – 2013
<http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2013>
- EEA (2013): Air quality in Europe – 2013 report (EEA Report No 9/2013)
- EEA (2016): EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook – 2016
<http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2016>
- EF (2000): Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2000/69/EF af 16. november 2000 om grænseværdier for benzen og carbonmonoxid i luften
<https://publications.europa.eu/da/publication-detail/-/publication/c2c50d42-a387-4d6a-840e-f95fbb7950fa/language-da>
- EF (2001): EUROPA-PARLAMENTETS OG RÅDETS DIREKTIV 2001/81/EF af 23. oktober 2001 om nationale emissionslofter for visse luftforurenende stoffer
http://publications.europa.eu/resource/cellar/5723340b-4d97-4a75-86bc-e47910295a27.0001.02/DOC_1
- EF(2008): EUROPA-PARLAMENTETS OG RÅDETS DIREKTIV 2008/50/EF af 21. maj 2008 om luftkvalitet og renere luft i Europa
<https://publications.europa.eu/da/publication-detail/-/publication/13ad7ff4-6d84-45a6-bfe7-bc93232559d0/language-da>
- Ege, Christian (2017): Det Økologiske Råd: Begræns brændefyring med en partikelafgift (Altinget, 6. september 2017)
<https://www.altinget.dk/energi/artikel/det-oekologiske-raad-begraens-braendefyring-med-en-partikelafgift>
- Ekholm, O., Anne Illemann Christensen, Michael Davidsen, Knud Juel (2014): Boligmiljø. Resultater fra SUSY 2013 (Statens Institut for Folkesundhed, Syddansk Universitet)
<http://www.si-folkesundhed.dk/Udgivelser/Bøger%20og%20rapporter/2014/Boligmiljø.%20Resultater%20fra%20SUSY%202013.aspx>
- Elberling, J. m.fl. (2014): Patienter med symptomer, der er relateret til dufte og kemiske stoffer, kan nu kodes specifikt med Sundhedsvæsenets Klassifikationssystem (Ugeskrift for Læger 176/11, 26. maj, s. 1043-1046)
<http://mcs.astma-allergi.dk/documents/12137/32779/Statusartikel.pdf/d55d0830-2387-4d49-b6e1-78fe14d3d617>
- Ellermann, T. m.fl. (2011): Supplerende målinger til luftovervågning under NOVANA – benzen og PAH (Videnskabelig rapport fra Nationalt Center for Miljø og energi nr. 3)
<http://www2.dmu.dk/Pub/TR3.pdf>
- Ellermann, T. m.fl. (2015): The Danish Air Quality Monitoring Programme. Annual Summary for 2014 (Aarhus University, DCE. Scientific Report from Danish Centre for Environment and Energy No. 162)
<http://dce2.au.dk/pub/SR162.pdf>
- Ellermann, T. m.fl. (2016): The Danish Air Quality Monitoring Programme. Annual Summary for 2015. Aarhus University, DCE (Scientific Report from Danish Centre for Environment and Energy No. 201)
<http://dce2.au.dk/pub/SR201.pdf>

- Embedslægeinstitutionen i Roskilde Amt (2002): Brev til Hvalsø Kommune den 10. okt. 2002 (kopi opbevares af forfatteren)
- EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook – 2007
<http://www.eea.europa.eu/publications/EMEPCORINAIR5/page011.html>
- EMEP/EEA emission inventory guidebook 2013 1.A.4, Small combustion
<http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2013>
- EMEP/EEA emission inventory guidebook 2016
<http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2016>
- EMEP/EEA (2016): Air pollutant emission inventory guidebook 2016
<https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2016/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-4-small-combustion-2016/view>
- Endocrine Society, The (2010): Endocrine-disrupting chemicals. An Endocrine Society Scientific Statement. Original: Diamanti-Kandarakis, E. m.fl. 2009 i *Endocrine Reviews* vol.30, nr.4, s.293-342.
- Energistyrelsen (2004): Rammevilkår for fjernvarmesektoren. Baggrundsrapport til projektet Effektivisering af fjernvarmesektoren (September 2004)
<http://www.statensnet.dk/pligtarkiv/fremvis.pl?vaerkid=34601&reprid=0&filid=0&iarkiv=1>
- Energistyrelsen (2015): Energistatistik 2014
https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Bioenergi/energistatistik_2014.pdf
- Energistyrelsen (2016): Brændeforbrug og brændeovne i boliger i 2015. (Opgavebeskrivelse fra *Klima og Energiøkonomi*, 29. marts 2016, j.nr. 2016-4720)
<https://f.industry-supply.dk/28piq8sadjzir48a.pdf>
- Environment Australia (2002): Emissions from solid-fuel-burning appliances (wood-heaters, open fireplaces) (Canberra, Australia. Consultancy by CSIRO Atmospheric Research, authors: J. Gras, C.Meyer, I. Weeks, R. Gillett, I. Galbally, J. Todd, F. Carnovale, R. Joynt, A. Hinwood, H. Berko and S. Brown.) Specielt: kap. 6. Time variation of particle mass emission rates.
<http://www.environment.gov.au/archive/atmosphere/airquality/publications/report5/chapter6.html>
- EOF energi- og olieforum (2017): Råoliepris
<http://www.eof.dk/Viden/Statistik/Prisudvikling/raaoliepris-brent-spot>
- EPA's hjemmeside (2016): <https://www.epa.gov/aboutepa>
- EU-Rådets Direktiv 1999/30/EF af 22. april 1999 om luftkvalitetsgrænseværdier for svovldioxid, nitrogendioxid, nitrogenoxider, partikler og bly i luften
<https://publications.europa.eu/da/publication-detail/-/publication/24161f67-99a1-473d-9953-d3258b01f109/language-da>
- EU-direktiv 2000/76/EF af 4. december 2000 om forbrænding af affald
<https://publications.europa.eu/da/publication-detail/-/publication/fd7cfb79-abf1-4490-911b-cd8d99770c9b/language-da>
- EU's 4. datterdirektiv (2004): EUROPA-PARLAMENTETS OG RÅDETS DIREKTIV 2004/107/EF af 15. december 2004 om arsen, cadmium, kviksølv, nikkel og polycykliske aromatiske kulbrinter i luften
<http://publications.europa.eu/da/publication-detail/-/publication/26e2ff35-62bb-4c29-9d22-0fbd8642f440/language-da>
- EU's Luftkvalitetsdirektiv (2008): EUROPA-PARLAMENTETS OG RÅDETS DIREKTIV 2008/50/EF af 21. maj 2008 om luftkvaliteten og renere luft i Europa
<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DA/TXT/?uri=celex:32008L0050>

Evald, Anders (2006): Brændeundersøgelse for 2005 (Force Technology). Er fjernet fra nettet. Findes i en opdateret version af Evald fra 2013.

Evald, Anders (2008): Brændeundersøgelse for 2007 (Force Technology). Er fjernet fra nettet.

Evald, Anders (2010): Brændeundersøgelse for 2009 (Force Technology)
https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Statistik/braende_2009.pdf

Evald, Anders (2012): Brændeundersøgelse for 2011 (Force Technology)
https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Statistik/braendeforbrug_2011.pdf

F

Fabricius, Anne, m.fl. (1999): Bli'r man syg af luften i Storkøbenhavn? (Stadslægen, Københavns Kommune, Miljøkontrollen, Københavns Kommune, Embedslægeinstitutionen for Københavns Amt og Frederiksberg, Miljø- og Levnedsmiddelkontrollen, Frederiksberg Kommune og Teknisk forvaltning, Københavns Amt)

Fenger, Jes (1997): En atmosfære med voksende problemer (Tema-rapport fra DMU nr. 11)
http://www2.dmu.dk/1_viden/2_Publikationer/3_temarapporter/rapporter/87-7772-336-8.pdf

Fenger, Jes (2004): Luftforureningens historie – fra et indendørs til et globalt problem (Miljøbiblioteket 5, DMU og Hovedland)
http://www2.dmu.dk/1_viden/2_Publikationer/3_miljobib/rapporter/MB05.pdf

Fenger, Jes (hentet 1. december 2016): Sur nedbør (Den Store Danske, Gyldendal)
<http://denstoredanske.dk/index.php?sideId=167266>

Fenger, Jes mfl. (hentet 12. marts 2017): Benzen (Den Store Danske, Gyldendal)
http://denstoredanske.dk/It_teknik_og_naturvidenskab/Kemi/Cykliske_forbindelser/benzen

Flyger, H., Palmgren Jensen, F. og Kemp, K. (1976): Air Pollution in Copenhagen, Part I, Element analysis and Size Distribution of Aerosols. (Risø report nr. 338)

Formandskabet for De Økonomiske Råd (2016): Diskussionsoplæg til møde i Det Miljø-økonomiske Råd tirsdag den 1. marts 2016 (De Økonomiske Råd, Formandskabet)
https://www.dors.dk/files/media/rapporter/2016/M16/m16_disk.pdf

Frederikssund Kommune (2015): Lokalplan for boliger nord for Dalvejen i Vinge (Lokalplan nr. 065)
https://www.frederikssund.dk/Agenda/committee_160045/agenda_186229/documents/c11a4fa1-1945-4c78-adb2-e1520e72ea85.pdf

Fødevarestyrelsen (2011): PAH i rå fisk og fiskevarer 2011
https://www.foedevarestyrelsen.dk/SiteCollectionDocuments/25_PDF_word_filer%20til%20download/06kontor/Kontrolresultater/2011/PAH%20rå%20fisk%20og%20fiskevarer%202011.pdf

Fødevarestyrelsen (2014): Dioxin og PCB i æg fra udegående høns. Kontrolresultater 2014. Projekt j.nr.: 2010-20-793-00104 (Laboratorieprojekter slutrapport)
https://www.foedevarestyrelsen.dk/SiteCollectionDocuments/25_PDF_word_filer%20til%20download/06kontor/Kontrolresultater/2014/Slutrapport%20-%20Dioxin%20og%20PCB%20i%20æg%20fra%20fritgående%20høns%202014.pdf

Fødevarestyrelsen (2017): PAH i Fødevarer
<https://www.foedevarestyrelsen.dk/Leksikon/Sider/PAH-i-fødevarer.aspx>

Fødevarestyrelsen (2017): Organiske miljø- og procesforureninger – kontrolresultater
https://www.foedevarestyrelsen.dk/fvst_ansvar_opgaver/Sider/Organiske_miljo_og_procesforureninger.aspx

Fødevarestyrelsen (2017): Cadmiumtabel

(<https://www.foedevarestyrelsen.dk/SiteCollectionDocuments/Kemi%20og%20foedevarekvalitet/Materiale%20til%20guides/Cadmium.pdf>)

Fødevarestyrelsen (2017): Cadmium i fødevarer

<https://www.foedevarestyrelsen.dk/Leksikon/Sider/Cadmium-i-fødevarer.aspx>

G

Glasius, M., Vikelsøe, J., Bossi, R., Andersen, H.V., Holst, J., Johansen, E. & Schleicher, O. (2005): Dioxin, PAH og partikler fra brændeovne. Danmarks Miljøundersøgelser. 27 s. Arbejdsrapport nr. 212.

http://www2.dmu.dk/1_viden/2_Publikationer/3_arb rappporter/rapporter/AR212.pdf

Glasius, M., Konggaard, P., Stubkjær, J., Bossi, R., Hertel, O., Ketzel, M., Wåhlin, P., Schleicher, O. & Palmgren, F. (2007): Partikler og organiske forbindelser fra træfyring. Danmarks Miljøundersøgelser. Arbejdsrapport nr. 235

<http://www2.dmu.dk/Pub/AR235.pdf>

Goldfarb, Theodore D. (1989): Evidence for post-furnace formation of PCDDs and PCDFs – implications for control (Chemosphere, årg.18, nr.1-6, s.1051-55)

Gustafson, P. m.fl. (2007): The impact of domestic wood burning on personal, indoor and outdoor levels of 1,3-butadiene, benzene, formaldehyde and acetaldehyde (J. Environ. Monit., 2007, 9, 23-32)

<http://pubs.rsc.org/-/content/articlelanding/2007/em/b614142k/unauth#!divAbstract>

Gyldendal (2016): Trækul (Den Store Danske)

<http://denstoredanske.dk/Special:Opslag?q=trækul&area=>

H

Hadrup N., Svingen T., Mandrup K., Skov K., Pedersen M., Frederiksen H. et al. (2016): Juvenile Male Rats Exposed to a Low-Dose Mixture of Twenty-Seven Environmental Chemicals Display Adverse Health Effects. PLoS ONE 11(9): e0162027. doi:10.1371/journal.pone.0162027

<http://orbit.dtu.dk/files/125884905/journal.pone.0162027.PDF>

Hansen, Anne (2008): Nanoteknologiens muligheder (i Nanoteknologiske horisonter, DTU, 221 sider) Nanoteknologiske Horisonter – DTU Fysik

Hansen, E. og C.L. Hansen (2003): Substance Flow Analysis for Dioxin 2002 (Environmental Project no. 811, 2003)

<http://www2.mst.dk/Udgiv/publications/2003/87-7972-675-5/pdf/87-7972-676-3.pdf>

Hansen, E., Skårup, S., Jensen, A.A. (2000): Substance flow analysis for dioxins in Danmark (Miljøstyrelsen MP, nr. 570)

<http://www2.mst.dk/udgiv/publications/2000/87-7944-295-1/pdf/87-7944-297-8.pdf>

Hansen, G. og Yding, H. (2014): Den friske luft på landet er usund. Miljømålinger viser, at det kræftfremkaldende stof benzen findes i luften i landsbyer og uden for huse langt ude på landet. 12. dec. 2014 kl. 06.53, DR)

<http://www.dr.dk/nyheder/regionale/oestjylland/den-friske-luft-paa-landet-er-usund>

Hansen, K.J. m.fl. (1994): Emission af dioxiner fra pejse og brændeovne (Miljøstyrelsen)

<http://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/1994/87-7810-135-2/pdf/87-7810-135-2.pdf>

Hansen, Morten Tony (2015): Brændeforbrug i Danmark 2013. (Force Technology, bestilt af Energistyrelsen)

https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Statistik/braende_rapport_2013.pdf

- Hansen, Morten Tony (2016): Brændeforbrug i Danmark 2015. Undersøgelse af brændeforbruget og antallet af brændeovne, pejse, masseovne og brændekedler i danske boliger og fritidshuse (Ea Energianalyse)
https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Statistik/braende_2015.pdf
- HEI Review Panel on Ultrafine Particles (2013): Understanding the Health Effects of Ambient Ultrafine Particles. HEI Perspectives 3. Health Effects Institute, Boston, MA.
<https://www.healtheffects.org/system/files/Perspectives3.pdf>
- Hellén, H., Hakola, H., Haaparanta, S., Pietarila, H., M. Kauhaniemi, M. (2008): Influence of residential wood combustion on local air quality (Science of the Total Environment, 393, 283-290)
https://www.researchgate.net/publication/5580319_Influence_of_residential_wood_combustion_on_local_air_quality
- Hellén et al. (2017): Evaluation of the impact of wood combustion on benzo[a]pyrene (BaP) concentrations; ambient measurements and dispersion modeling in Helsinki, Finland (Atmos. Chem. Phys., 17, 3475-3487, 2017)
<http://www.atmos-chem-phys.net/17/3475/2017/acp-17-3475-2017.pdf>
- Henriksen, H. og Pawlik, E. (1998): Bogen om grundstofferne (København)
- Henriksen, Vienni (2007): Røgramtes problemer – hvordan kan og bør de forstås og løses (Mundtligt oplæg den 26. september 2007, kl. 13.15-17.00, RUC. Vienni Henriksen er sygesplejerske og var medlem af Astma-Allergi, Hovedstaden)
- Hertel, O., Ellermann, T., Nielsen, O.-K. og Jensen, S.S. (2015): Clean Air in Denmark – Dedicated efforts since 1970 – Challenges, Solutions and Results (Aarhus University, DCE) http://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Oevrige_udgivelser/Clean_Air_web.pdf
- Hesbon Z. Amenya m.fl. (2016): Dioxin induces Ahr-dependent robust DNA demethylation of the *Cyp1a1* promoter via Tdg in the mouse liver (Scientific Reports 6, nature.com) <https://www.nature.com/articles/srep34989>
- Hoffmann, Thomas (2013): Intens brænderøg i lungerne gør ingen alvorlig skade. Mennesker skal overraskende nok ikke være bekymrede for at indånde tæt brænderøg i op til flere timer på én gang. Det viser ny dansk forskning. (Videnskab.dk. 29. januar 2013)
<http://videnskab.dk/krop-sundhed/intens-braenderog-i-lungerne-gor-ingen-alvorlig-skade>
- Hvidovre Kommune (2008): Forskrift for brug af fastbrændselsovne i Hvidovre Kommune
<https://www.hvidovre.dk/Borger/miljoe-og-affald/Stoej-lugt-og-luftforurening/Brændeovne>

I

- IARC monographs – 100F (2009): Benzene
<http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol100F/mono100F-24.pdf>
- Illerup, J. B. m.fl. (1999): Hvor kommer luftforureningen fra? – Fakta om kilder, stoffer og udvikling (Temarapport fra DMU nr. 1999)
http://www2.dmu.dk/1_viden/2_Publikationer/3_temarapporter/rapporter/87-7772-490-9.pdf
- Illerup, J.B., Nielsen, M., Winther, M., Mikkelsen, M.H., Hoffmann, L., Gyldenkærne, S., Fauser, P. & Nielsen, O.-K. 2005: Annual Danish Emission Inventory Report to UNECE. Inventories from the base year of the protocols to year 2003 (National Environmental Research Institute, Denmark. 618 pp. – Research Notes from NERI no. 223)
http://www2.dmu.dk/1_viden/2_Publikationer/3_arbrapporter/rapporter/AR223.pdf

- Infante, P. F. (2001): Benzene: an historical perspective on the American and European occupational setting (Kap. 4. i "Late lessons from early warnings: the precautionary principle 1896-2000", EEA)
https://www.eea.europa.eu/publications/environmental_issue_report_2001_22
- Institut for Miljøvidenskab, Aarhus Universitet (2016): Tungmetaller samt andre grundstoffer
http://www2.dmu.dk/1_viden/2_miljoe-tilstand/3_luft/4_maalinger/5_niveauer/6_tungmetaller/tungmetaller_generelt.asp
- Institut for Miljøvidenskab, Aarhus Universitet (2016a): Polycyclic aromatic hydrocarbons
<http://envs.au.dk/videnudveksling/luft/emissioner/air-pollutants/pah/>
- Institut for Miljøvidenskab, Aarhus Universitet (2016b): Oversigtsside om PAH (polyaromatiske hydrocarboner)
http://www2.dmu.dk/1_Viden/2_miljoe-tilstand/3_luft/4_maalinger/5_niveauer/6_PAH/PAH_generelt.asp
- Institut for Miljøvidenskab, Aarhus Universitet (2017): Oversigtskort. Måleprogram for luftarter og partikler
http://www2.dmu.dk/1_Viden/2_miljoe-tilstand/3_luft/4_maalinger/5_maaleprogrammer/oversigtskort.asp
- Institut for Miljøvidenskab, Aarhus Universitet. Hjemmesider:
- http://www2.dmu.dk/1_Viden/2_Miljoe-tilstand/3_luft/4_Maalinger/5_stationer/copenh.asp
 - http://www2.dmu.dk/1_Viden/2_miljoe-tilstand/3_luft/4_maalinger/5_database/PaenTabel.asp?aarstal=All&stofId=8&station=5&Sttype_2=on&Select=Vis+tabel
 - http://www2.dmu.dk/1_Viden/2_miljoe-tilstand/3_luft/4_maalinger/5_niveauer/6_Partikler/Partikler_trend_year.asp
 - http://www2.dmu.dk/1_viden/2_Miljoe-tilstand/3_luft/4_Maalinger/5_maaleprogrammer/oversigtskort.asp

J

- Jensen A.A., Grove, A. og Hoffmann, L. (1995): Kilder til dioxinforurening og forekomst i miljøet (Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen, nr. 81, 1995)
<http://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/1995/87-7810-513-7/pdf/87-7810-513-7.pdf>
- Jensen, A.A. (1997): Dioxins sources, levels and exposures in Denmark (Miljøstyrelsen. Working Report no. 59)
<http://www2.mst.dk/Udgiv/publications/1997/87-7810-824-1/pdf/87-7810-824-1.pdf>
- Jensen, A. A., Blinksbjerg, P. (1999): Baggrundsdokument for fastsættelse af luftemissionsgrænseværdi for dioxin (dk-TEKNIK ENERGI & MILJØ)
<http://ref-lab.dk/wp-content/uploads/2015/08/080505123343dioxin.pdf>
- Jensen, Jan Holst (2014): Notat om indikative partikelmålinger (upubl.)
<http://braenderoeg.dk/news.php?id=64>
- Jensen, Jan Holst (2017): Dioxinmolekylets størrelse (mailkorrespondance)
- Jensen, S.S. m.fl. (2015): Brændeovnes bidrag til luftforurening i København (Notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi Dato: 17.08.2015)
http://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notater_2015/Braenderoegs_bidrag_til_luftforurening_i_Kbh_revised_ssj_v2.pdf
- Johnston, F. H., Hanigan, I. C. og Henderson, S. B., Morgan, G. G. (2013): Evaluation of interventions to reduce air pollution from biomass smoke on mortality in Launceston,

Australia: retrospective analysis of daily mortality, 1994-2007 (British Medical Journal 2013)

<http://www.bmj.com/content/346/bmj.e8446> + fotos <http://www.bmj.com/content/bmj/346/bmj.e8446/F2.large.jpg>

Jun Ui (1972): Five “common principles”

<http://www.ohiocitizen.org/about/training/junui.html>

K

Karlsøn, U. redaktør (2006): Tjærestoffer (Danmarks Miljøundersøgelser og forlaget Hovedland)

<http://www2.dmu.dk/Pub/MB8.pdf>

Keiding, Lis, redaktør (2003): Miljøfaktorer i danskernes hverdag – med særligt fokus på boligmiljø. Resultater fra undersøgelse af danskernes sundhed og sygelighed i 2000 (Statens Institut for Folkesundhed, By og Byg – Statens Byggeforskningsinstitut) (findes ikke på nettet)

Kemp, K. & Palmgren, F. (1998): The Danish Air Quality Monitoring Programme. Annual Report for 1998. National Environmental Research Institute, Roskilde, Denmark. 66 pp. – NERI Technical Report No. 296.

http://www2.dmu.dk/1_viden/2_Publikationer/3_fagrappporter/rapporter/fr296.pdf

Kjølner, M., Rasmussen, N.K., Keiding, L., Petersen, H.C., Nielsen, G.A. (1995): Sundhed og sygelighed i Danmark 1994 og udviklingen siden 1987 (Dansk Institut for Klinisk Epidemiologi (DIKE)) (Findes ikke elektronisk. scd)

Klenø Nøjgaard, J. (2015): Quantifying residential wood combustion through measurements in ambient air (powerpoint presentation på seminar “Real-world emissions from residential wood combustion”, København d. 3.12. 2015, arrangeret af DCE sammen med Aalborg og Århus universiteter)

http://envs2.au.dk/Projekter/Seminar_RealWorldEmissions/KlenoNojgaard_RealWorldEmissions.pdf

Klippel, N. og Nussbaumer, T. (2007): Wirkung von Verbrennungspartikeln. Vergleich der Gesundheitsrelevanz von Holzfeuerungen und Dieselmotoren (Verenum)

<http://www.verenum.ch/Publikationen/SBPartikelw.pdf>

KOMMISSIONENS FORORDNING (EU) Nr. 1259/2011 af 2. december 2011 om ændring af forordning (EF) nr. 1881/2006 for så vidt angår grænseværdier for dioxiner, dioxinlignende PCB'er og ikke-dioxinlignende PCB'er i fødevarer

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DA/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011R1259&from=CS>

Kristensen, Brian (2016): Konkurrencer på MST's facebook side (mail 21.12.6, 17.29 til Rolf Czeskleba-Dupont)

Kristensen, Henrik Vejen m.fl. (2010): Nanopartikler i arbejdsmiljøet (Teknologisk Institut).

Kræftens Bekæmpelse (2016): Næse- og bihulekræft (ændret 18.10.2016)

<https://www.cancer.dk/naese-og-bihulekraeft/arsager/>

Københavns Universitet, Food of Life (linked 4.5.17): Radikaler – Hvad er frie radikaler

<http://foodoflife.ku.dk/vidensbanken/r/radikaler/>

L

Lamb, Cheri L. m.fl. (2016): Aryl Hydrocarbon Receptor Activation by TCDD Modulates Expression of Extracellular Matrix Remodeling Genes during Experimental Liver

- Fibrosis (Biomed Res Int. 2016, Discussion)
<https://www.hindawi.com/journals/bmri/2016/5309328/>
- Landsforeningen til Oplysning om Brænderøgsforurening (2015): Røg fra hus til hus – gener fra brænderoeg.dk (Miljøudvalget 2014-15, MIU Alm. del Bilag 205 Offentligt)
<http://www.ft.dk/samling/20141/alm-del/MIU/bilag/205/1507704.pdf>
- Landsforeningen til Oplysning om Brænderøgsforurening (LOB) (2016): LOB's hørings-svar til Udkast til vejledning om regulering af luftforurening fra brændeovne og brænde kedler
http://braenderoeg.dk/files/2016-01-21_LOB_Horingssvar.pdf
- Larsen, P.B. m.fl. (1997): Acrolein <http://mst.dk/media/131576/acrolein.pdf> (duede ikke 3.12.17)
- Larsen, P.B. m.fl. (2000): Vurdering af benzen i udeluft (Vurderet af: Miljø- og Energiministeriets og Sundhedsstyrelsens arbejdsgruppe for udendørs luftforurening. Status pr. august, 2000.)
http://mst.dk/media/mst/9105997/benzen_udeluft.pdf
- Larsen, P.B. (2006): Emissioner fra brændeovnsrøg (Tabellens indhold byggede på Schauer et al. (2001): Env. Sci. Technol. 35, 1716-1728 og Gullett et al. (2003): Env. Sci. Technol. 37, 1758-1765. Foredrag ved offentligt møde om brændeovne og folkesundhed d. 25.01.2006 på Panum Institutet. Tabellen er gengivet i S. C.-D (2008): Brændeovnsrøg og Luftforurening. Arbejdsrapport til Kræftens Bekæmpelse)
- Larsen, P.B. og Kjølholt, J. (2015): Exposure to nanomaterials from the Danish Environment (Miljøstyrelsen, MP. 1633)
<https://www2.mst.dk/Udgiv/publications/2015/01/978-87-93283-54-1.pdf>
- Lejre Kommune (2016): Forskrift for brug af brændeovne, pillefyr og andre ovne til fast brændsel i Lejre Kommune
<http://www.lejre.dk/media/1977/forskrift-for-braendeovne-2016.pdf>
- LOB's hjemmeside: www.brænderøg.dk
- Loomis, D. m.fl. on Behalf of the International Agency for Research on Cancer (2013): Monograph (Working Group IARC, Lyon, France, International Agency for Research on Cancer, Lyon, France)
http://www.inaira.org/avisofile/ARQ992-lancet_paper.pdf
- ## M
- Masanori, Kaji (2012): Expert and Citizen Participation in the Pollution Control: The Case of Itai-itai Disease in Japan (Tokyo Institute of Technology, Graduate School of Decision Science and Technology Group of History of Science and Technology)
<http://unpan1.un.org/intradoc/groups/public/documents/apcity/unpan035249.pdf>
- Meyling, M., Meyling, D.B., Jensen, J.H. og Czeskleba-Dupont, S. (2012): Statusnotat: LOB's Partikelællerprojekt 2011-2012 (upubl.)
- Midtgård, U., Simonsen, L og Knudsen, L.E. (red.) (1999a): Basisbog: Toksikologi i arbejdsmiljøet, bind I (Arbejdsmiljøinstituttet, København)
<http://www.arbejdsmiljoforskning.dk/upload/toksik-i.pdf>
- Midtgård, U., Simonsen, L. og Knudsen, L.E. (red.) (1999b): Basisbog: Toksikologi i arbejdsmiljøet, bind II (Arbejdsmiljøinstituttet, København)
<http://www.arbejdsmiljoforskning.dk/upload/toksik-II.pdf>
- Miljøministeriet (2001): Luftvejledningen <https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=12728>

Miljøministeriet (2006): National implementeringsplan. Stockholmkonventionen om persistente organiske forurenende stoffer
<http://www2.mst.dk/udgiv/publikationer/2006/87-7052-065-8/pdf/87-7052-066-6.pdf>

Miljøministeriet (2011): Rygestop-guide for brændeovne (opslag på ministeriets hjemmeside og som pjece)
<http://mfvm.dk/nyheder/nyhed/nyhed/rygestop-guide-for-braendeovne/>

Miljøministeriet (2013): Opdateret national implementeringsplan for Stockholmkonventionen om persistente organiske miljøgifte (Redegørelse fra Miljøstyrelsen nr. 2, 2013)
<http://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2013/01/978-87-92903-88-4.pdf>

Miljø- og Fødevarerministeriet (2011): BEK nr 1326 af 21/12/2011 (Luftkvalitetsbekendtgørelsen)
<https://www.retsinformation.dk/forms/R0710.aspx?id=139544>

Miljø- og Fødevarerministeriet (2016): Miljøbeskyttelsesloven LBK nr. 1189 af 27/09/2016. (Offentliggørelsesdato: 29-09-2016. Der er senere ændringer af loven)
<https://www.retsinformation.dk/forms/R0710.aspx?id=184047>

Miljø- og Fødevarerministeriet (2016a): BEK nr.1233 af 30/09/2016 (Luftkvalitetsbekendtgørelse). Offentliggørelsesdato: 11.10.2016
<https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=183973>

Miljø- og Fødevarerministeriet (2018): Brændeovnsbekendtgørelsen. BEK nr 49 af 16/01/2018
<https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=197026>

Miljøstyrelsen (2000): Vurdering af benzen i udeluft (Vurderet af: Miljø- og Energiministeriets og Sundhedsstyrelsens arbejdsgruppe for udendørs luftforurening. Status pr. august, 2000.)
http://mst.dk/media/mst/9105997/benzen_udeluft.pdf

Miljøstyrelsen (2001): Luftvejledningen (Vejledning nr. 12415 af 01/01/2001) Gældende 23.11.17 ifølge retsinformation.dk
<https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=12728>

Miljøstyrelsen (2003): Renere luft – den danske indsats.
http://mst.dk/media/mst/9384070/renere_luft_den_danske_indsats_2003.pdf

Miljøstyrelsen (2003): Miljø og sundhed hænger sammen. Baggrund og status (Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 3, 2003)

Miljøstyrelsen (2005): Luftforurening med partikler i Danmark (Miljøprojekt nr. 1021)
<http://www2.mst.dk/udgiv/publikationer/2005/87-7614-720-7/pdf/87-7614-721-5.pdf>

Miljøstyrelsen (2015): Referat fra følgegruppemøde den 16. september 2015

Miljøstyrelsen (2016): Vejledning om regulering af luftforurening fra brændefyring (brændefyringsportalen)
http://braendefyringsportalen.dk/media/168332/vejledning_braendefyring_maj2016.pdf

Miljøstyrelsen (2016): Udbudsbrev – annoncering. In-situ målinger af emissioner fra brændeovne i private boliger (15. juni 2016)
<https://f.industry-supply.dk/2kjlhtrevwh4r8la.pdf>

Miljøstyrelsen (2016): Udbudsbrev – annoncering. Laboratoriemålinger af emissioner fra brændeovne ved forskellige fyringsteknikker (15. juni 2016)
<https://f.industry-supply.dk/2xmjjz9sthgeta.pdf>

Miljøstyrelsen (2016): Vejledning om B-værdier
<http://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2016/08/978-87-93529-02-1.pdf>

Miljøstyrelsen (2017): Hvilke stoffer forurener? (Hentet 17.7.17)
<http://mst.dk/luft-stoej/luft/hvad-er-luftforurening/hvilke-stoffer-forurener/>

Miljøstyrelsen(2017): Kategori 1 på EU's liste over potentielt hormonforstyrrende stoffer
<http://mst.dk/kemi/kemikalier/fokus-paa-saerlige-stoffer/hormonforstyrrende-stoffer/identifikation-af-hormonforstyrrende-stoffer/kategori-1-paa-eus-liste-over-potentielt-hormonforstyrrende-stoffer/>

Miljøstyrelsen (sekretariat), Indenrigs- og Sundhedsministeriet, Sundhedsstyrelsen, Fødevareministeriet, Fødevaredirektoratet, Beskæftigelsesministeriet, Arbejdstilsynet, Erhvervs- og Boligstyrelsen, Trafikministeriet (2003): Miljø og sundhed hænger sammen. Baggrund og status (Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 3)
<http://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2003/87-7972-419-1/pdf/87-7972-420-5.pdf>

Moench, B. m.fl. (2015a): Advarsel fra lægen: Træfyring er sundhedsskadeligt (Utah Physicians for a Healthy Environment (oversat af Kamma Skov, med tilladelse fra forfatteren)
http://braenderoeg.dk/files/2016-02-20_Brian_Moench.DA.pdf

Moench, B. m.fl. (2015b): 2015 Report on the Health Consequences of Wood Smoke (UPHE Utah Physicians for a Healthy Environment)
<http://uphe.org/wp-content/uploads/2015/07/UPHE-wood-smoke-report-2015-pdf.pdf>

N

Nazaroff, W. (2008): New Directions: It's time to put the human receptor into air pollution (Atmospheric Environment 42 (2008) 6565-6566)

Nielsen, E., Dybdahl, M. og Larsen, P. B. (2008): Health effects assessment of exposure to particles from wood smoke (Miljøstyrelsen, Miljøprojekt, nr. 1235)
<http://www2.mst.dk/Udgiv/publications/2008/978-87-7052-769-9/pdf/978-87-7052-770-5.pdf>

Nielsen, M. og Illerup, J.B. (2005): Danish emission inventories for stationary combustion plants. Nr. 229 (Danmarks Miljøundersøgelser)
http://www2.dmu.dk/1_viden/2_Publikationer/3_arrapporter/rapporter/AR229.pdf

Nielsen, O.-K. m.fl. (2016): Annual Danish Informative Inventory Report to UNECE. Emission inventories from the base year of the protocols to year 2014. (Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, Scientific Report from DCE No. 183
<http://dce2.au.dk/pub/SR183.pdf>

Nielsen, O.-K. m.fl.(2016): Denmark's National Inventory Report 2015 and 2016. Emission Inventories 1990-2014 – Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, Scientific Report from DCE no.189
<http://dce2.au.dk/pub/SR189.pdf>

Nielsen, O.-K., m.fl. (2017): Annual Danish Informative Inventory Report to UNECE. Emission inventories from the base year of the protocols to year 2015. Aarhus University. Scientific Report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy No. 222
<http://dce2.au.dk/pub/SR222.pdf>

Nielsen, O.-K. og Plejdrup, M. (2018): Antal og placering af små fyringsanlæg (Notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, dato: 24. januar 2018)
http://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notater_2018/Antal_og_placering_af_smaa_fyringsanlaeg_i_Danmark.pdf

Nussbaumer, T. m.fl. (2008): Influence of ignition and operation type on particle emissions from residential wood combustion (16th European Biomass Conference and

Exhibition, 2-6 June 2008, Valencia, Spain – Oral Presentation OA 9.5)

<https://www.trae.dk/wp-content/uploads/2011/09/influence-of-ignition-and-operation-type-on-particle-emissions-from-residential-wood-combustion.pdf>

Nøjgaard, Jacob Klenu m.fl. (2015): Quantification of residential wood combustion (RWC) in ambient air (Powerpoint presentation.)

http://envs2.au.dk/Projekter/Seminar_RealWorldEmissions/KlenuNojgaard_RealWorldEmissions.pdf

Nøjgaard, J. K., Massling, A., Ellermann, T. (2017): The Particle Project 2014-2016.

Aarhus University, Scientific Report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy no. 233

<http://dce2.au.dk/pub/SR233.pdf>

O

Olesen, H.R. (2016): Luftforureningsdata: Cd(PM₁₀)

http://www2.dmu.dk/1_Viden/2_miljoe-tilstand/3_luft/4_maalinger/5_database/PaenTabel.asp?aarstal=All&stofId=10&station=All&Sttype_1=on&Sttype_4=on&Sttype_2=on&Sttype_5=on&Sttype_3=on&Sttype_6=on&Select=Vis+tabel

P

Palmgren, F., Berkovicz, R., Jensen, S.S., Kemp, K. (1997): Luftkvalitet i danske byer (Miljø- og Energiministeriet, Danmarks Miljøundersøgelser, TEMA-rapport fra DMU, nr. 16)

http://www2.dmu.dk/1_viden/2_Publikationer/3_temaraporter/rapporter/87-7772-363-5b.pdf

Palmgren, F., Wählin, P. og Loft, S. (2003): Luftforurening med partikler i København. En oversigt. Danmarks Miljøundersøgelser 77s. Faglig rapport fra DMU nr.433

http://www.dmu.dk/1_viden/2_Publikationer/3_fagrapporter/rapporter/FR433.pdf

Palmgren, F., m.fl. (2005): Luftforureningen med partikler i Danmark (Miljøstyrelsen, Miljøprojekt, nr. 1021)

<https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2005/87-7614-720-7/pdf/87-7614-721-5.pdf>

Palmgren, F., m.fl. (2009): Luftforurening med Partikler – et sundhedsproblem (DMU og Hovedland)

<http://www2.dmu.dk/Pub/MB14.pdf>

Pedersen, P.B. og Frederiksen, M. (2016): Kontrol med Afbrænding af Affald (Miljøstyrelsen, Miljøprojekt 1870)

<http://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2016/06/978-87-93435-88-9.pdf>

Perera, F. P. m.fl. (2014): Early-Life Exposure to Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and ADHD Behavior Problems (PLOS ONE, nov. 2014, vol. 9 issue 11, e111670)

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25372862>

Peterson, J. E. (1977): Industrial health (Prentice-Hall, Inc.)

Petzold, A. m.fl. (2013): Recommendations for reporting “black carbon” measurements (Atmos. Chem. Phys., 13, 8365-8379)

<http://www.wmo-gaw-wcc-aerosol-physics.org/files/petzold-recom-rep-black-carbon.pdf>

Plejdrup, M.S. og Gyldenkerne, S. (2011): Spatial distribution of emissions to air – the SPREAD model. National Environmental Research Institute, Aarhus University, Denmark. 72 pp. – NERI Technical Report no. FR823.

<http://www.dmu.dk/Pub/FR823.pdf>

Politiken (2004): Brændeovne forurener villakvarterer (27/04/2004. Artiklen bygger på et telegram fra Ritzau.)

<http://politiken.dk/indland/art5685678/Brændeovne-forurener-villakvarterer>

Politiken (2011): Brændeovne sviner langt mere end ventet (31/10/11 21.58. Artiklen bygger på et telegram fra Ritzau)

<http://politiken.dk/forbrugogliv/boligogdesign/energi/ECE1436640/braendeovne-sviner-langt-mere-end-ventet/>

Politiken (2012): Skorstensrøg på Falster får følger for hele landet (Artikel af Michael Rothenborg, 27/09/12)

<https://politiken.dk/forbrugogliv/boligogdesign/energi/art5409747/Skorstensrøg-på-Falster-får-følger-for-hele-landet>

Politiken (2017): Frank Jensen vil have opbakning og penge: Nu skal luften renses (Artikel af journalist Christian Bæk Lindtoft 10.10.2017)

<http://politiken.dk/indland/politik/Kommunalvalg/art6151770/Nu-skal-luften-rensens>

Press-Kristensen, Kåre (2016): Forurening fra brændefyring (Det Økologiske Råd)

<http://dinhverdag.astma-allergi.dk/documents/12001/31215/Brændefyringshæfte+Final.pdf/f9c6edc0-e226-41af-8e6f-737259c53d93>

Q

(Q)SAR predicted profile (2015): Benzene. Danish (Q)SAR Database

<http://qsar.food.dtu.dk>

R

Ritzau (2004): Brændeovne forurener villakvarterer (Politiken 27. april 2004, 13.40)

<http://politiken.dk/indland/art5685678/Brændeovne-forurener-villakvarterer>

Rumchev, K., J. Spickett, M. Bulsara, M. Phillips, S. Stick (2004): Association of domestic exposure to volatile organic compounds with asthma in young children (*Thorax* 2004;59:746-751 doi:10.1136/thx.2003.013680)

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15333849>

Rumchev, K., Brown, H. og Spickett, J. (2007): Volatile Organic Compounds: Do they present a risk to our health? (*Rev Environ Health*, 2007 Jan-Mar; 22(1):39-55.)

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17508697>

S

Saber, A. T., Hougaard, K.S., Larsen, S.T., Jensen, K.J., Burr, B., Wallin, H. og Vogel, U. (2007): Indånding af partikler fra luftforurening har en lille, men vigtig, effekt på helbredet (Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø, Miljø og Sundhed nr. 35, december 2007, s.19)

<https://www.yumpu.com/da/document/view/17714333/milj-og-sundhed-nr-35-december-2007-pdf-122-mb>

Sand, O. m.fl. (2008): Menneskets anatomi og fysiologi (Gads Forlag)

Schleicher, O., Jensen, A. Astrup og Blinksbjerg, P. (2001): Måling af dioxinemissionen fra udvalgte sekundære kilder (Miljøstyrelsen, Miljøprojekt nr. 649)

<http://www2.mst.dk/udgiv/publikationer/2001/87-7944-868-2/pdf/87-7944-869-0.pdf>

Schleicher, O. og Boje, J. (2007): Vurdering af omfanget af dårlige skorstene til private brændeovne og brændekedler, regelgrundlag og løsningsmuligheder (Miljøprojekt nr. 1192, Miljøstyrelsen)

<https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2007/978-87-7052-597-8/pdf/978-87-7052-598-5.pdf>

Sigsgaard, Torben (2016): Stor effekt, hvis vi droppede at fyre i brændeovn (Bedre Hjem, Bolius, november 2016)

Skatteministeriet (2017): Afgifts- og tilskudsanalysen på energiområdet. Delanalyse 4. Afgifts- og tilskudssystemets virkninger på indpasning af grøn energi (udkast, juni 2017)

Skibsted, L. H., Dragsted, L. O., Dyerberg, J., Hansen, H. S., Kiens, B., Ovesen, L., og Tjønneland, A. (2006): Antioxidanter og helbred. Motions- og Ernæringsrådet http://orbit.dtu.dk/files/3510767/7193_antioxidanter.pdf

Statistikbanken <https://www.statistikbanken.dk/statbank5a/default.asp?w=1440>

Stockholm Konventionen om persistente organiske forureninger (POP) (2001): https://treaties.un.org/doc/Treaties/2001/05/20010522%2012-55%20PM/Ch_XXVII_15p.pdf true copy

<http://chm.pops.int/TheConvention/Overview/TextoftheConvention/tabid/2232/Default.aspx> (UNEP-POPS-COP-CONVTEXT-2009.En-3.pdf)

Stockholm Conventions (2008): What are POP's?

<http://chm.pops.int/TheConvention/ThePOPs/tabid/673/Default.aspx>

Storkøbenhavns Luftforureningsudvalg (1973): Luftforurening i Storkøbenhavn 1967-1972. (Rapporten lånt via bibliotek.dk fra Dansk Byplanlaboratorium)

Strand, J., Bossi, R., Dahllöf, I., Jensen, C.A., Simonsen, V., Tairova, Z. og Tomkiewicz, J. (2009): Dioxin og biologisk effektmonitoring i ålekvalbe i kystnære danske farvande. Danmarks Miljø- undersøgelser, Aarhus Universitet. 66 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 743.

<http://www.dmu.dk/Pub/FR743.pdf>

Sundhedsstyrelsen (2011): Kemikalier og sundhed. Rapport fra en workshop om sundhedspersonales behov for ny viden om kemikalier og helbredseffekter <https://www.sst.dk/da/udgivelser/2011/kemikalier-og-sundhed>

Sundhedsstyrelsen (2011): Tænk sundhed ind i miljøet. Et prioriteringsværktøj og inspiration til kommuners forbyggende indsats <https://www.sst.dk/~media/E1A083BEF90743F0BD6658547CDAF3FB.ashx>

Sundhedsstyrelsen (2017): Miljø og Sundhed, Formidlingsblad 23. årgang, nr. 2, sept. 2017 (Sundhedsstyrelsens Rådgivende Videnskabelige Udvalg for Miljø og Sundhed) <http://miljoogsundhed.sst.dk/blad/ms1702.pdf>

Sørensen, B. (2004): Renewable energy (Academic Press, 952 s.)

T

Thomsen, Arne Scheel (1988): Sundhedsmæssige overvejelser ved forurennet jord (i Czeskleba-Dupont, R. og Rasmussen, J.C. (1988): Farligt Affald og Offentligheden. Publikationer fra Institut for Geografi, Samfundsanalyse og Datalogi, RUC, Forskningsrapport nr. 63, 37 s.)

Tynell, Jesper (2014): Mørkelygten – Embedsmænd fortæller om politisk tilskæring af tal, jura og fakta (Samfundslitteratur)

U

Umweltbundesamt (2016): Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. Harmful to the Environment! Toxic! Inevitable? (background/Januar) www.umweltbundesamt.de/en/publikationen/polycyclic-aromatic-hydrocarbons

- Umweltbundesamt (2017): Dioxine und dioxinähnliche PCB im Umwelt und Nahrungsketten
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1968/publikationen/170210_uba_hg_dioxine_bf.pdf
- UNECE (2014): 1998 Protocol on Heavy Metals, as amended on 13th December 2012 (The Convention on Long-range Transboundary Air Pollution)
http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2012/EB/ECE.EB.AIR.115_ENG.pdf
- United Nations (2001/2004): Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants (især Annex C, s. 32) <http://chm.pops.int/default.aspx>
- Unosson, J. m.fl. (2013): Exposure to wood smoke increases arterial stiffness and decreases heart rate variability in humans (Particle and Fibre Toxicology 2013)
<https://particleandfibretoxicology.biomedcentral.com/articles/10.1186/1743-8977-10-20>
- Utah Physicians for a Healthy Environment (2015): Report on the Health Consequences of Wood Smoke
<http://uphe.org/wp-content/uploads/2015/07/UPHE-wood-smoke-report-2015-pdf.pdf>
- Uva, M., Falcone, R., McClellan, A. og Ostapowicz, E. (2009): Preliminary Screening System for Ambient Air Quality in Southeast Philadelphia (A Final Report submitted to Dr. Timothy Kurzweg, Dr. Kapil Dandekar, and the Senior Design Project Committee of the Electrical and Computer Engineering Department of Drexel University, Team Number: ECE-19)

V

- Vadstrup, Søren (2014): Trættjære. Information om bygningsbevaring (Kulturstyrelsen (netartikel))
http://slks.dk/fileadmin/user_upload/kulturarv/publikationer/emneopdelt/bygninger/Bygningsbevaring/9.11_Traetjaere.pdf
- Vikelsø, J. m.fl. (1990): Emissionsundersøgelse fra pejse og brændeovne – Dioxin, PAH og mutagen aktivitet (Miljøstyrelsen, miljøprojekt 149)
<http://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/1990/87-503-8551-8/pdf/87-503-8551-8.pdf>
- Vikelsø, J. 2004: Dioxin in Danish Soil. A Field Study of Selected Urban and Rural Locations. The Danish Dioxin Monitoring Programme I. National Environmental Research Institute, Denmark, 52 pp. – NERI Technical Report no. 486
http://www2.dmu.dk/1_viden/2_Publikationer/3_fagrapporter/rapporter/FR486.PDF
- Vikelsø, J., Hovmand, M.F., Andersen, H.V., Bossi, R., Johansen, E. og Chrillisen, M.-A. (2005): Dioxin in the Atmosphere of Denmark. A Field Study at Selected Locations. National Environmental Research Institute, Denmark. 83p – NERI Technical Report no. 565
http://www2.dmu.dk/1_viden/2_Publikationer/3_fagrapporter/rapporter/FR565.PDF
- Vikelsø, J. m.fl. (2006): Dioxin in the Atmosphere of Denmark (Teknisk rapport, nr. 565 fra Danmarks Miljøundersøgelser)
http://www2.dmu.dk/1_viden/2_Publikationer/3_fagrapporter/rapporter/FR565.PDF
- Vismandsrapport (2016): Økonomi og Miljø 2016. Værdi af statistisk liv. Luftforening. Danmark fossilfri 2050
https://www.dors.dk/files/media/rapporter/2016/M16/M16_med_rettelse.pdf

W

- WHO (1973): IARC Monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to man: Certain polycyclic aromatic hydrocarbons and heterocyclic compounds,

Volume 3 (International Agency for Research on Cancer, LYON)

<http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol1-42/mono3.pdf>

WHO (2005): WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide, Global update 2005. Summary of risk assessment

http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/69477/1/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf

World Health Organization (WHO) (2010): Preventing disease through healthy Environments. Exposure to cadmium: A major public health concern (Public Health and Environment World Health Organization 20 Avenue Appia, 1211 Geneva 27, Switzerland)

<http://www.who.int/ipcs/features/cadmium.pdf>

WHO (2015): Residential heating with wood and coal: health impacts and policy options in Europe and North America (World Health Organization)

http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0009/271836/ResidentialHeatingWood-CoalHealthImpacts.pdf?ua=1

WHO Media centre (2016): Dioxins and their effects on human health (Fact sheet updated October 2016)

<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs225/en/>

X-Y-Z-Æ-Ø-Å

Yoshida, Fumikazu (1999): Itai-Itai disease and the countermeasures against cadmium pollution by the Kamioka mine (Environmental Economics and Policy Studies, 2(3): 215-229)

<http://eprints.lib.hokudai.ac.jp/dspace/bitstream/2115/53361/1/itai-itai.pdf>

Østre Landsret (2012): S3687004-MAK, 5.7.2012

Figur- og tabeloversigt

Figurer

Figur 1. Dioxinmålinger på skorstene i Gundsømagle 2005.

Kilde: Glasius et al. (2007), s. 15.

Figur 2. Målinger af PAH (tjærestoffer) på skorstene i Gundsømagle 2005.

Kilde: Glasius et al. (2007), s. 15.

Figur 3. Partikelmålinger på skorstene i Gundsømagle 2005.

Kilde: Glasius et al. (2007), s. 15.

Figur 4. Beregning af kildebidrag til målte værdier af kulstof (elementært kulstof, EC) og $PM_{2,5}$ i Gundsømagle. De tre kilder er langtransport (LR), træfyring (wood) og trafik.

Kilde: Miljøstyrelsen (2005), s. 51.

Figur 5. Dioxinkoncentrationer i Fredensborg, København og Gundsømagle. Måleenhed: fg/m^3 I- TEQ (fg=femtogram).

Kilde: Vikelsøe, J. m.fl. (2006), s. 37.

Figur 6. Middelkoncentrationer af $PM_{2,5}$ målt som masse på en almindelig arbejdsdag. Gennemsnit over 7 uger.

Kilde: Palmgren (red.) (2009), s. 55.

Figur 7. Molekylestruktur for tetrachlordibenzo-p-dioxin.

Kilde: Umweltbundesamt (2017), s. 8.

Figur 8. Balance for chlorerede dioxiner for Danmark 1998-99 (alle tal i g I-TEQ/år).

Kilde: Hansen, E., Skårup, S., Jensen, A.A. (2000), s. 8.

Figur 9. Fyringseksperimenternes resultater.

Kilde: Schleicher, O., m.fl. (2001), s. 37.

Figur 10. Dioxinmissioner fordelt på sektorer i Danmark. Tallene i figuren gælder for år 2015.

Kilde: Nielsen, O.-K., m.fl. (2017), s. 39.

Figur 11. Tjærestoffer, som blev undersøgt i 1990.

Kilde: Dyrnum, m.fl. (1990), s. 58.

Figur 12. Sammenligning af PAH-udslip i 2004 og 2005 fra de samme huse.

Kilde: Glasius, M. m.fl. (2007), s. 17.

Figur 13. Sampleren på målestedet ved Værebros Vandværk i Nordmarken, Jyllinge.

Kilde: Ellermann, T. m.fl. (2011), s. 22.

Figur 14. Benzo(a)pyren i luften i Jyllinge og ved H.C. Andersens Boulevard (HCAB).

Kilde: Ellermann, T. m.fl. (2011), s. 31.

- Figur 15. Gennemsnitskoncentrationer af benzo(a)pyren vinter, sommer og årligt (ng/m³).
Kilde: Ellermann, T. m.fl. (2016), s. 55.
- Figur 16. PAH-emissioner i Danmark fordelt på kilder 2014.
Kilde: Nielsen, O.-K. m.fl. (2016), s. 42.
- Figur 17. Luftvejledningens klassifikation af forurenende stoffer.
Kilde: Miljøministeriet (2001).
- Figur 18. Emissioner af NMVOC fordelt efter sektorer blandt stationære forbrændingsanlæg 2014.
Kilde: Nielsen, O.-K. (2016), s. 59.
- Figur 19. Emissioner af cadmium fordelt efter hovedsektorer inkl. transport.
Kilde: Nielsen, O.-K. (2016), s. 41.
- Figur 20. Partikler i byluft. TSP. Tendenser for årsmiddelværdier 1992-2005.
Kilde: DCE's hjemmeside (2. link).
- Figur 21. Brænderøgens partikelantal pr. cm³ fordelt efter størrelse ved forskellige driftssituationer.
Kilde: Klippel, N. og Nussbaumer, T. (2007), s. 33.
- Figur 22. Forskellige materialer målt i nanometer.
Kilde: Hansen, et al. (2008), s. 8.
- Figur 23. Roskilde Universitet med mødelokalet.
Foto: Rolf Czeskleba-Dupont.
- Figur 24. Potentialer for at reducere udledningen af partikler ifølge DMU 2009.
Kilde: Palmgren, m.fl. (2009), s. 41.
- Figur 25. Råolieprisen (Brent Spot) 1987-2017.
Kilde: EOF (energi- og olieforum).
- Figur 26. Tidsserie over emissioner af fine partikler (PM_{2,5}) i Gg (gigagram) ved stationær forbrænding i Danmark.
Kilde: Nielsen, O.-K. m.fl. (2016), s. 65.
- Figur 27. Tidsserie over dioxinmissioner ved stationær forbrænding i Danmark.
Kilde: Nielsen, O.-K. m.fl. (2016), s. 72.
- Figur 28. Opgørelse af bestand og forbrug af brænde i Danmark i 2013.
Kilde: Morten Tony Hansen (2015), Tabel 9, s.15.
- Figur 29. Husholdningernes samlede brændselsforbrug i små anlæg 1990-2014 (10 PJ=0,8 mio. tons træ).
Kilde: Nielsen, O.-K. m.fl. DCE (2016), s. 70.
- Figur 30. Forskellige typer brændestabler.
Kilde: Morten Tony Hansen (2016), s. 31.
- Figur 31. Målinger ved fire stationer 2002-2015. Antal røgpartikler pr. cm³. Årsmiddelværdier.
Kilde: Ellermann, T. m.fl. (2016), s. 46.

- Figur 32. AEI. Trend for befolkningens eksponering for fine partikler 2008-2015.
Kilde: Ellermann, T. m.fl. (2016), s. 46.
- Figur 33. Koncentrationen af $PM_{2,5}$ i Gundsømagle fra dec. 2003 til feb. 2004.
Kilde: Palmgren, F. (red.) (2009), s. 62.
- Figur 34. Geografisk fordeling af $PM_{2,5}$ -emissioner fra brændeovne i husholdninger i Københavns og Frederiksberg Kommuner 2013.
Kilde: Jensen, S.S. m.fl. (2015), s. 13.
- Figur 35. Eksempel på lav skorsten i et rækkehuskvarter.
Foto: Lise Lind.
- Figur 36. Røggener i blandet boligkvarter.
Kilde: Ib Andresen.
- Figur 37. Toftegården i Hvidovre – et tæt-lavt, naturgastilsluttet boligområde, foto.
Kilde: COWI (2017).
- Figur 38. Andel af respondenter, der indenfor de seneste 14 dage har været generet af forskellige forhold i boligen og dens omgivelser. Mænd og kvinder. Procent og antal svarpersoner.
Kilde: Sundheds- og sygelighedsundersøgelsen (2013).
- Figur 39. Kommunekort over røggenerede 2013.
Udarbejdet af Ib Andresen på grundlag af Geodatastyrelsens kort af Ib Andresen.
- Figur 40. Antallet af partikler $0,5-2,5 \mu\text{m}$ pr. cm^3 målt nytårsnat og -dag den 1.1.2013. wCharlottenlund.
Kilde: Jensen, Jan Holst (2014) s. 3.
- Figur 41. Antallet af partikler $0,5-2,5 \mu\text{m}$ pr. cm^3 målt den 8.12.2012. Charlottenlund.
Kilde: Jensen, Jan Holst (2014), s. 3.
- Figur 42. Døgn gennemsnit 2013-2014. 24 overskridelser af $38 \text{ partikler}/\text{cm}^3$.
Kilde: Jan Holst Jensen (2014), s. 7.
- Figur 43. Antal partikler pr. cm^3 den 6.1.2017 kl. 20.55-21.07. Brønshøj.
Kilde: www.brænderøg.dk
- Figur 44. Antal partikler ($0,5-2,5 \mu\text{m}$ i diameter) pr. cm^3 den 6.1.2017. Brønshøj.
Kilde: www.brænderøg.dk
- Figur 45. Udvalgte stoffers hhv. stofgrupperes udslip pr. energienhed (emissionsfaktor) fra en konventionel brændeovn.
Kilde: EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016, s. 52.
- Figur 46. De mindste partikler afsættes dybest i luftvejene.
Kilde: Palmgren, F. (red.) (2009), s. 74.
- Figur 47. Eksempel på halveringstid for uopløselige partikler i forskellige afsnit af luftvejene.
Kilde: Midtgård, U., Simonsen, L. og Knudsen, L.E. (red.) (1999a), s. 33.
- Fig. 48. Model af ultrafine partiklers indtrængen i kroppen.

Kilde: SCD på grundlag af Kristensen, Henrik Vejen m.fl. (2010): Nanopartikler i arbejdsmiljøet, s. 19 og HEI Review Panel on Ultrafine Particles (2013), s. 38.

Figur 49. Opbygningen af lugteorganet.

Tegning: Kari Toverud.

Figur 50. Emissioner af cadmium til atmosfæren fra 1990 til 2015 i Danmark.

Kilde: Nielsen, O.-K. m.fl. (2017), s. 37.

Figur 51. Cadmium i fødevarer.

Kilde: Fødevarestyrelsens hjemmeside (19.4.2017).

Figur 52. Benzo(a)pyrens molekylestruktur med C (kulstof) og H (brint) atomer.

Kilde: Umwelt Bundesamt (2016), s. 5

Figur 53. Model af ekspositionsveje for luftforurening.

Kilde: Efter Arne Scheel Thomsen (1987)

Figur 54. Oversigt over tjærestoffernes optagelse og transport i kroppen samt udskillelse fra kroppen.

Kilde: Karlson, U. (red.) (2006), s. 42.

Figur 55. Høns, der pikker i jorden.

Foto: Rolf Czeskleba-Dupont.

Figur 56. Dal på Tasmanien, Australien, ved megen og ved nedsat forurening fra brændeovne.

Kilde: Johnston, F.H. m.fl. (2013).

Tabeller

Tabel 1. Udslip af CO₂, N₂O og CH₄ fra brændeovne 2014, Danmark.

Kilde: Nielsen, O.-K. m.fl. (2016), s. 143-156.

Tabel 2. Emissioner fra træfyring i boliger fordelt på kemisk stof, Danmark 2013 (i tons).

Kilde: Statistikbanken, Nielsen, O.-K. m.fl. (2016) SR 183, s. 402-426 og Nielsen, O.-K., m.fl. (2016), SR 189, s. 143-156.

Tabel 3. Tungmetalemissioner fra husholdninger i 2013, Danmark (i kg).

Kilde: Nielsen, O.-K. m.fl. (2016), s. 418 (bygger på EEA 2013).

Tabel 4. Brændselsforbruget i husholdninger 2013 målt i TJ.

Kilde: Statistikbanken.

Tabel 5. Antal fyringsenheder og enhedsforbrug 2005-2013 fordelt på anlæg.

Kilde: Evald (2006), s. 9, (2008), s. 7, (2010), s. 9, (2012), s. 14 og Morten Tony Hansen (2015), s. 15.

Tabel 6. Brændeforbruget gennem tiden.

Kilde: A. Evald (2006), s. 9, (2008), s. 7, (2010), s. 9, (2012), s. 14 og Morten Tony Hansen (2015), s. 15.

Tabel 7. Antallet af små træfyringsanlæg i Danmark 2015.

Kilde: Miljøstyrelsens vejledning (2016), s. 7, Hansen, Morten Tony (2015), s. 15 og Ea Energianalyse (2016), s. 22 og s. 24.

Tabel 8. Lugtgener ved boligen fra brændeovne i boligkvarteret.

Kilde: Keiding, Lis, (red.) (2003), Christensen, A. I. m.fl. (2012), Ekholm, O. m.fl. (2014).

Tabel 9. Brænderøgsgenerede i danske regioner 2013.

Kilde: Ekholm, O. m.fl. (2014) side 8, www.statistikbanken.dk

Udvidet indholdsfortegnelse

Indholdsfortegnelse 5

Forord til e-bogs-udgaven 2

Forord 7

Indledning 9

Kontakter til andre brænderøgsinteresserede 9

Landsforeningen til Oplysning om Brænderøgsforurening 11

Bogens opbygning 13

Læsevejledning 15

I Brændeovnsrøgens sammensætning 17

A. Luftkvalitet i en landsby 19

Indledning 19

Skorstensmålinger 20

Målinger af luftkvalitet 23

Målinger af kulstof og partikler ved målestation 23

Dioxinkoncentrationer ved tre målestationer 24

Partikelmålinger i Gundsømagle og ved H.C. Andersens
Boulevard 25

Konklusioner om luftkvalitet i Gundsømagle 26

Pressens reaktion 27

B. Dioxin i brændeovnsrøg – historien bag vores viden 28

Indledning 28

1990-projektet 28

Nyt projekt i 1994 30

Undersøgelser 1995-2000 31

Massestrømsanalyse 33

Måling af dioxinmission fra udvalgte kilder 2001 34

Dioxinmålinger i Gundsømagle 2002-2004 37

Stockholmkonventionen og den danske implementeringsplan
2006 38

Forskellige dioxinkilders betydning i Danmark 2015	40
Sammenfatning	41
C. Tjærestoffer	42
Indledning	42
Emissionsundersøgelse af pejse og brændeovne 1990	44
Undersøgelser af PAH i Gundsømagle	46
Undersøgelser i Jyllinge, ved H.C. Andersens Boulevard og i Hvidovre	48
Omfanget af PAH-kilder i Danmark 2014	51
Konklusion	52
D. Andre forurenende stoffer i røgen	53
Indledning	53
Kulstøv i luften har mange navne	55
Er CO ₂ i brænderøg klimaneutral?	55
Flygtige organiske forbindelser	57
Andre gasser fra brænderøg	60
Tungmetaller	61
Konklusion	63
E. Fra svævestøv til nanopartikler	64
Indledning	64
Resultater fra Gundsømagle	66
Undersøgelser af partikelstørrelse i brændeovnsrøg	67
Ultrafine partikler er lig nanopartikler	70
Sammenfatning	71
F. Tyve års erfaringer med brændeovnsrøg	72
II Fra kilde til krop	75
O. Indledning	77
A. Møde om tjærestoffer på RUC 2007	78
Baggrund	78
Oplæg fra en røggeneret	80
Mødets forløb	82
Miljøstyrelsens indlæg på mødet	82
Hvad der siden skete	83
Konklusion	84
B. Brændeforbrug og partikelemissioner	85
Indledning	85
Stikprøveundersøgelser af brændeforbruget 2005-2013	88

Brændeforbrug og brændselsforbrug er to forskellige størrelser	91
Emissionerne har været fejlvurderet	93
Brændeforbrug 2015. Ny metode, nye overraskelser	93
Antallet af brændeforbrugende, små fyringsanlæg	94
Enhedsforbrug pr. anlæg og samlet brændeforbrug 2015	95
Fyring med affald	96
Konklusion	96
C. Luftkvalitet, eksponering og helbredseffekter	98
Indledning	98
Bybaggrundsmålinger	99
Befolkningens gennemsnitlige eksponering	101
Variation af partikelkoncentration over tid	102
Variation af partikeludslip fra sted til sted	103
Eksponering og helbredseffekter	104
Eksponering ifølge Miljøprojekt nr. 1235 fra 2008	105
Konklusion	107
D. Lokale røgfælder	108
Indledning	108
Lave skorstene i tæt-lav bebyggelse	108
Bebyggelsesmønstre og røggener	111
Første officielle målestation i boligkvarter	112
Konklusion	113
E. Boligmiljøundersøgelser	114
Undersøgelsen fra 2000	114
Undersøgelsen fra 2010	115
Undersøgelsen fra 2013	115
Kommunerresultater	117
Konklusion	119
F. Måling af røggener	120
Målinger i Charlottenlund	120
Målinger i Brønshøj	123
Konklusion	124
G. Mangelfuld viden og regulering	125
III Helbredseffekter fra brændeovnsrøg	127
A. Cases om røggenerede	129
Det er værst om natten	129

	Fra olie til træpaller	130
	Brænderøg forstærker astmaanfald	131
	LOB's erfaringer fra kontakt med medlemmerne	132
	Dialog med naboer	132
	Klager til kommunen	133
B.	Sundhedsskadelig eksponering	134
	Indledning	134
	Undersøgelsesmetoder af helbredseffekter	135
	Luftkvalitet og helbredseffekter	136
	Røgens indgangsveje til kroppen	138
	Hud	138
	Øjne	138
	Næse	138
	Munden	139
	Røgens spredning i kroppen	139
	Luftveje	139
	Fordøjelseskanalen	141
	Ultrafine partikler og hjernen	141
	Faktaboks: Celler	144
	Celler	144
	Cellernes opbygning	145
	Cellekerner, DNA og gener	145
	Sammenfatning	146
C.	Udvælgelse af sundhedsskadelige stoffer	147
D.	Tungmetaller, især cadmium	148
	Indledning	148
	Ydre eksponeringsveje	150
	Helbredseffekter	151
	Grænseværdier	152
	Anbefaling til myndighederne	152
E.	Benzen – et flygtigt, organisk stof	153
	Indledning	153
	Benzens egenskaber	154
	Ydre eksponeringsveje	154
	Indre eksponeringsveje	155
	Helbredseffekter	155
	Akutte virkninger af benzeneksponering	156
	Langtidspåvirkning med benzen – astma og kræft	156

Grænseværdier	156
Anbefaling til myndighederne	156
F. Tjærestoffer	157
Indledning	157
Ydre eksponeringsveje	158
Indre eksponeringsveje	160
Helbredseffekter	161
Faktaboks: Kræft	162
Anbefaling til myndighederne	163
G. Dioxin	164
Indledning	164
Dioxins egenskaber	164
Ydre eksponeringsveje	164
Indre eksponeringsveje	166
Dioxins virkninger på mennesket	167
Anbefaling til myndighederne	169
H. Partikler	171
Indledning	171
Røgpartiklers egenskaber	171
Røgpartiklers virkninger på mennesket	172
Miljøprojekt nr. 1235	172
WHO's rapport om brænderøg fra 2015	173
Epidemiologiske undersøgelser	173
Toksikologiske og kliniske eksponeringsundersøgelser	174
Helbredseffekter fra black carbon (kulstøv)	175
I. Kombinationseffekter fra brænderøg	176
Indledning	176
Ekskurs: En MCS'ers oplevelse af brænderøg	176
Faktaboks: MCS – Multiple chemical sensitivity	178
Undersøgelser af kombinationseffekter	179
Indgreb for at formindske brænderøgsforurening: Launceston, Tasmanien	180
J. Sammenfatning	182

Opsamling og anbefalinger 185

Nye tiltag fra myndighederne	186
Kommunal indsats for emissionsfrie boligområder	187

BILAG 191

Nøglebegreber	192
Ordforklaringer	193
Forkortelser	202
Kemiske betegnelser	204
Grundstoffer	204
Gasser	204
Organiske stoffer	204
Måleenheder	205
Grundenheder i SI-systemet	205
Afledte enheder, der er relevante for den foreliggende bog	205
Betegnelse for tierpotenser	206
Kilder til ordforklaringer, forkortelser, kemiske udtryk og måleenheder	206
Litteraturoversigt	207
Figur- og tabeloversigt	225
Figurer	225
Tabeller	228
Udvidet indholdsfortegnelse	230
To nekrologer	236-238
Solveig Czeskleba-Dupont	239

To nekrologer

MINDEORD

Kjeld Secher, formand for LOB

Sygeplejerske Dorte Bille Meyling, forhenværende bestyrelsesmedlem

Medstifter af landsforeningen til oplysning om brænderøgsforurening (LOB) Solveig Czeskleba-Dupont er gået bort d. 31.12.19 efter mange års leukæmi-sygdom.

Solveig Czeskleba-Dupont, uddannet cand. scient i geografi og geologi, var stifter af Landsforeningen til oplysning om brænderøgsforurening (LOB) i 2009 samt formand for foreningen i årene 2009-2016. Efter 2016 fortsatte Solveig Czeskleba-Dupont sit stærke engagement frem til 2019 som redaktør på LOBs medlemsblad, vidensformidling på www.braenderoeg.dk, og tog løbende kontakt til myndighedsansvarlige på de sundhedsmæssige og miljømæssige områder for at oplyse om de sygdomsfremkaldende konsekvenser, det har at tillade brug af brændeovne i boligområder; et vidensområde, som hun sammenfattede i sin bog: "Brænderøg og helbred – fra kilde til krop", udgivet i 2018.

For mange mennesker har mødet med Solveig Czeskleba-Dupont siden 2009 været skelsættende. Bekymringer omkring lokal forurening fra de lokale brændeovne blev taget alvorligt.

I kontakten til Solveig Czeskleba-Dupont blev der givet råd og indsigt i, hvordan den svære situation skulle angribes, når naboer, kommuner og landets ansvarlige politikere skulle kontaktes og informeres. Solveig Czeskleba-Dupont viste, at det er ved saglig og faglig argumentation, at kampen for ren luft omkring boligområder skal kæmpes.

Solveig Czeskleba-Dupont var udover sit store engagement i kampen for retten til ren luft i boligområder en dygtig vidensformidler. Hun var nærværende og lydhør. Egenskaber som hun også brugte inden for andre af hendes interesseområder. Således var hun medstifter af Karin Michaelis-selskabet og deltog i aktiviteter i lokalområdet.

Kære Solveig. Tak for din bog. Tak for dit engagement. Tak for din viden og indsigt.

Æret være dit minde. Vores tanker går til dine efterladte:
Rolf, dine to sønner, Jakob og Peter og deres familier.

“Min sygdom har indhentet mig” – nekrolog for min kone

af Rolf Czeskleba-Dupont

Solveig Czeskleba-Dupont afgik ved døden den 31.12.2019 efter fire ugers indlæggelse på Holbæk Sygehus. Dødsårsagen opgives som værende MDS – knoglemarvssygdommen, som er et fremskredent stadie af leukæmi.

Denne hendes grundsygdom gjorde, at hun ikke kunne rejse sig fra sengelejet på Ortopædkirurgisk Afdeling, hvor lægerne anså det for nødvendigt at klippe de to yderste tæer fra højre fod for at undgå blodforgiftning fra et fremskredent sår. Hendes leukæmi eller blodkræft betød imidlertid, at sårhelingen ikke skred frem som ønskeligt, hvorfor hun med febrile komplikationer kom en uges tid på Intensiv Afdeling. Da energitabet efter mange års sygdom var blevet for stort, kom hun sig ikke derefter.

Som Solveig selv indså, havde hendes sygdom indhentet hende. En første form for leukæmi, den mindre skadelige gammelmands-leukæmi (CLL), var allerede blevet konstateret i 2011, da hun blev smittet med skoldkopper. I august 2019 var hun igen, men på en værre måde forsvarsløs imod denne herpes-virus, idet hun i højre del af overkroppen fik en stærk helvedesild.

Månedet efter begyndte det lille sår, der ikke kunne læges ... Siden 2011 var hendes leukæmi skridtvis blevet forværret – åbenbart også gennem den kemoterapi, som en overlæge på Roskilde Sygehus doserede for hårdt (som han selv sagde og som det fremgår af patient-journalen). I 2015 fik hun diagnosen MDS, en forværret knoglemarvssygdom, der i sidste ende betød, at hendes blod ikke størknede hurtigt nok efter operationerne.

Leukæmi er kendt som en mulig virkning af et ofte overset indholdsstof i røgen, nemlig benzen. Som det hedder på netdoktor.dk: ”Benzener (som er giftige væsker, der findes i blandt andet dieselolie og cigaretrøg) er kendt for at kunne øge risikoen for leukæmi generelt”. Vi ved at røg fra træafbrænding også indeholder benzen. Men sundhedssektoren undervurderer ifølge lægen og forskeren Henrik Isager netop de luftbårne sygdomme.

Det europæiske Miljøagentur rapporterede i 2001 om en række giftstoffer, som burde have været behandlet efter forsigtighedsprincippet, men ikke gjorde det. Benzen var allerede i 1897 blevet kendt som gift for knoglemarven. Gennem tiden fulgte flere undersøgelser, der påviste sammenhængen mellem udsættelse for benzen og leukæmi. Ifølge Miljøagenturets

rapport 'Late lessons from early warnings. The precautionary principle 1896-2000' viste kliniske observationer, at individer med blodsygdomme, der skyldtes benzen, let blev ofre for den dødelige, akutte leukæmi. Men: ingen gennemførte forsigtighedsprincippet for helt at undgå stoffet f.eks. ved tankstationer.

Efter diagnosen MDS i 2015 gav lægerne Solveig et par år at leve videre, men hun overlevede to år mere. Gennem sund levevis og frivillig karantæne nåede hun at skrive nærværende bog. Hun nævner heri blandt andet undersøgelsen i et typisk finsk boligområde, hvor man havde identificeret træforbrænding som den vigtigste kilde til benzen i luften (s.59). - Mon ikke det også gjaldt vores egen trafikberoligede rækkehus-kvarter, hvor vi, som omtalt i bogens indledning, i mange år var udsat for træfyrende naboer. En af dem, af sin stedsøn kaldt pyroman, udvidede skorstensrørene og havde næsten sat ild til huset. Nærmeste nabo efter ham installerede en ovn med for lav skorsten, så røgen strøg ind på vinduer i første sals højde. Efter tre års tovtrækkeri gav Hvalsø kommune ham et påbud om at normalisere skorstenshøjden. Afgørende var her, at Solveig med sin personlige efterforskning havde fået embedslægerne i Roskilde til at udtale sig skriftligt om faresituationen med kræftfremkaldende PAH.

Resten blev en lang lidelseshistorie for min fem år ældre kone, der allerede i sin studietid på Frederiksberg var udsat for dioxinholdig røg fra et senere renoveret affalds-forbrændingsanlæg. Sod fra anlægget lå på vinduerne. Har man PAH og andre kræftfremkaldende stoffer såsom benzen i kroppen, forstærkes deres virkning yderligere gennem dioxin.

Ud fra sin mors levetid, der i en fynsk landsby blev 94, havde hun, der blev 79, i et renere miljø kunnet leve flere, mindre sygelige år. Hun var åbenbart en af de over 550 danskere, der årligt alene på grund af brænderøg dør mindst ti år for tidligt. Hvorfor hører vi så lidt om de andre røg-ofre?

For Solveigs engagement i røg-sagerne har hendes tiltagende sygelighed betydet et fremadskridende tab igennem et forringet aktivitets-niveau. Hun skrev færre nyheder på LOBs website brænderøg.dk og redigerede medlemsbladet Røgfanen med tiltagende besvær. Hendes sygdoms natur og baggrund er en grund mere for LOB til at fremme sammenhængende oplysninger om brænderøgens skadelige virkninger fra kilde til krop.



Solveig Czeskleba-Dupont var cand.scient i geografi og geologi og i 30 år ansat i Gymnasieskolen.

Hun har arbejdet med brænderøgsproblematikken siden år 2000 og var formand for Landsforeningen til Oplysning om Brænderøgsforurening (LOB) 2009-2016.



Brændeovnsrøg er til stor gene for mange mennesker såvel i store byer som i mindre bysamfund og landsbyer.

Forskere skønner, at mindst en halv million mennesker årligt bliver påvirket af røgen, der hvor de bor, og at 5-600 dør for tidligt på grund af de stoffer, som røgen udsætter dem for.

I *Brænderøg og helbredseffekter* formidler Solveig Czeskleba-Dupont forskningen om, hvad det er i røgen, som gør den sundhedsskadelig, hvor det er henne, at mennesker udsættes for brænderøgsgener, samt hvilke helbredsskader, røgen kan forårsage.

I bogen appellerer forfatteren til de statslige og kommunale myndigheder om at gribe effektivt ind over for denne luftforurening.

Bogudgivelsen er støttet af MCS Foreningen – Foreningen for Duft- og Kemikalieoverfølsomme og LOB – Landsforeningen til Oplysning om Brænderøgsforurening.

