

Brændeovne og luftforurening

Omkring 500.000 brændeovne er installeret i de danske hjem, og det anslås, at 25 % af husholdningernes energiforbrug til opvarmning kommer fra brændeovne. Prisen er, at luften bliver forurenet med partikler – et problem, vi endnu ikke har det store overblik over.

Af Marianne Glasius og Carsten R. Kjaer

■ Kulden er krøbet ind over landet, og der er igen blevet skruet op for varmen hos familien Danmark. I mange af de små hjem er oliefyret og især elvarmen blevet suppleret med en brændeovn, som både giver varme og hygge – og måske også giver fatter en tiltrængt følelse af urmenneske, når han griber øksen og kløver brænde i baghaven. Men der er også en bagside af medaljen. Den får vi et første-håndsindtryk af, når vi en stille, frostklar dag bevæger os igennem et villa- eller rækkehuskvarter og luften lugter af brænderøg i stedet for at være dejlig frisk, som den bør være på en vinterdag. Undersøgelser har også vist, at der udsendes store mængder partikler fra brændeovne, som betyder, at et stille rækkehuskvarter kan være lige så belastet med partikler som en svært trafikeret vej midt i København.

I et eller andet omfang har vi altså i vores iver efter at spare penge på varmeregnen og sprede hygge i hjemmet skaffet os et miljøproblem på halsen, som man ellers skulle mene hørte fortiden til. Hvor stort problemet egentlig er, er der dog



Røg fra brændeovne ses både i byer og på landet. Det er partiklerne i røgen der gør den synlig.

delte meninger om, og der foreligger endnu ikke tilstrækkeligt med undersøgelser til, at vi kan give et klart svar. Men en del ved vi allerede, og nye undersøgelser under planlægning vil i den kommende tid kaste nyt lys over sagen.

Brændeovne i Danmark

Ifølge en opgørelse udgivet af Energistyrelsen i 2006, var der i 2005 installeret en brændeovn i omtrent hvert tredje danske enfamilieshus og dertil kommer ca. 88.000 brændeovne i sommerhuse. Det giver i alt

omkring 500.000 brændeovne og 50.000 brændekedler i Danmark, og de seneste år er der kommet ca. 40.000 nye anlæg til om året. At det er trendy og hyggeligt at have brændeovn kan selvfølgelig være en del af forklaringen på deres populari-

tet i tiden, men da salget svinger i takt med olieprisen, tyder meget på at den primære drivkraft er ønsket om at spare på varmeregningen.

Mens man har et rimeligt godt overblik over antallet af brændeovne i Danmark, er det mere uklart, hvordan disse rent geografisk fordeler sig. Man får jo umiddelbart indtrykket af, at der findes kvarterer, hvor næsten alle huse har brændeovne, mens der er betydeligt længere mellem dem andre steder. Hvordan billedet præcist ser ud ved vi dog ikke, da der ikke foreligger en landsdækkende geografisk opgørelse af brændeovne og -kedler, samt hvor meget brænde, der afbrændes i dem hvert år.

Det er blevet anslået, at der på landsplan afbrændes træ svarende til ca. 25 % af husboldningernes energiforbrug til varme (omkring 25 petajoule = 25×10^{15} joule). Heraf bliver ca. halvdelen af træet afbrændt i kedler, som fortrinsvist findes i landområder.

Det er vigtigt at vide, hvor meget brænde, der fyres med i de forskellige typer af brændeovne og kedler, da der er stor forskel på, hvor meget der udledes fra dem. For eksempel er det anslået, at 21 % af træforbruget (omregnet til energi) afbrændes i træpillekedler, men udledningen af fine partikler er så lav, at disse anlæg ifølge beregninger fra Danmarks Miljøundersøgelser (DMU) kun bidrager med ca. 1 % af det samlede udslip.

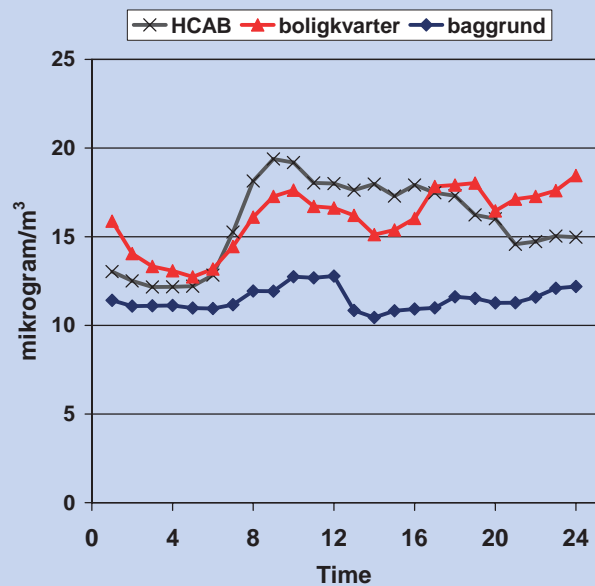
Partikler i parcelhuskvarteret

Det er efterhånden flere år siden, at DMU fremlagde de første resultater, som viste, at brændeovne kan give luftforurening med partikler i boligområder.

Undersøgelserne blev foretaget i vinteren 2002 og 2003/4, hvor luftens indhold af bl.a. partikler blev målt i et rækkehuskvarter, hvor der ikke var fjernvarme, og ca. halvdelen af husstandene derfor supplerede opvarmningen med en brændeovn. Målingerne viste generelt forhøjede koncentrationer af fine partikler (målt som massen

Den gennemsnitlige døgnavariation i fine partikler (partikler med en diameter under $2,5 \mu\text{m}$) målt på hverdage på H.C. Andersens Boulevard, København (HCAB), i et rækkehuskvarter med mange brændeovne og på en baggrundsstation på en mark. Data er gennemsnit af kontinuerte målinger i 6 uger i vintermånederne. Figuren viser, at luftens indhold af fine partikler i boligkvarteret er på samme niveau som på gaden. Desuden kan man se, at baggrunds-luften som transporterer partikler fra internationale og regionale kilder er den dominerende kilde til partikler på selv en stærkt befærderet gade. Selvom trafik og træfyring er de største danske kilder til fine partikler i luft, så er den største del af de partikler, der rent faktisk findes i luften, transporteret hertil fra udlandet.

Kilde: Palmgren m.fl., 2005.



Sundhedsskadelige stoffer

Afbrænding af træ producerer en lang række stoffer, som i større eller mindre grad kan være sundhedsskadelige. Tabellen viser en oversigt over de mest almindelige typer. Stofferne dannes som følge af ufuldstændig forbrænding af det organiske materiale eller ved forskellige kemiske reaktioner ved høj temperatur.

Når man snakker om "partikler" er det vigtigt at gøre sig klart, at dette begreb udelukkende henviser til den fysiske fremtræden af stoffet, og derfor dækker

over en hel sværm af forskellige forbindelser.

En af de forbindelser, der findes i største koncentration i partikler i brænderøg, er levoglucosan, som dannes direkte ved spaltning af cellulose ved temperaturer over 300°C . Af de mere ubehagelige forbindelser i partikler er tjærestoffer (polycykliske aromatiske hydrocarboner – PAH), der dannes enten ved spaltning af store molekyler, såsom cellulose og lignin i træ, eller ved dannelse ud fra mindre hydrokarboner

under forbrændingsforhold med iltunderskud. For at mindre dannelse af PAH'er i en brændeovn skal temperaturen derfor være høj, og der skal være tilstrækkelig ilttilførsel de rigtige steder i ovnen. Hvis man er i tvivl om, hvor god forbrændingen er i ens brændeovn, kan man blot gå udenfor og tjekke, at røgen er næsten usynlig. Hvis den er sort, osende eller sur, er der noget galt med forbrændingen. Dette kan skyldes dårligt (ofte vådt) brænde, forkert frysing eller en dårlig ovn.

Type af forbindelse	Eksempler	Kendte sundhedseffekter
Uorganiske gasser	Kulmonoxid (CO) Ozon (O_3). Dannes under langtransport af røgen Nitrogenoxid (NO_2)	Kvælende Irriterende Irriterende
Hydrokarboner	Hundredevis – bl.a. PAH	Kan være: Irriterende, kræftfremkaldende, mutagene Kan være: Irriterende, kræftfremkaldende, mutagene, allergene, redox aktive
Oxiderede organiske forbindelser	Hundredevis – f.eks. organiske alkoholer og syrer, phenoler	Kan virke hæmmende på centralnervesystemet, er muligvis kræftfremkaldende
Klorerede, organiske forbindelser	Kræver, at der er klor i det afbrændte materiale	Forårsager oxidative skader og inflammatoriske respons. Er muligvis kræftfremkaldende
Frie radikaler	Semiquinone radikaler	Inflammatorisk og oxidativt stress, kan være allergene
Partikulært materiale	Opdeles i forskellige typer efter størrelse	

Tabel efter L.P. Naehrer et. al.

af partikler med en diameter under $2,5 \mu\text{m}$), specielt i dag- og aften timerne. På baggrund af tekniske beregninger kunne man se, at den lokale trafik kun bidrog lidt til partikkelkoncentrationerne, og kilden måtte

altså være områdets brændeovne. Målingerne viste også tydeligt særligt høje niveauer på dage med koldt og vindstille vejr, hvor opblandingen og for-

tyndingen af de lokale udledninger var lille.

Offentliggørelsen af resultaterne gav anledning til en del debat, og der blev bl.a. indvendt, at det undersøgte område



Marianne Glasius ved en forsøgsopstilling på Aarhus Universitet. Noget af røgen fra brændeovnen ledes under nøje styring til et klimakammer.

Nye regler

I Danmark har der, i modsætning til bl.a. Norge, ikke tidligere været krav til udledninger fra brændeovne. Men nu er der nye regler på vej, da der i 2008 træder en ny bekendtgørelse i kraft. Fra 1. juni kommer der en øvre grænse for udledning af partikler på gennemsnitligt 10 g pr. kg tørt træ, og en maksimal udledning på 20 g pr. kg på alle trin i forbrændingsprocessen. Efterhånden er en del af de danskproducerede brændeovne blevet Svanemærkede, og disse nye ovne lever derfor bl.a. op til skærpede udledningskrav på 5 g partikler/kg tørt træ. Det er således blevet lettere for forbrugerne at finde frem til brændeovne med en lav udledning af partikler.

De nye danske regler, der er på vej gælder dog kun nye brændeovne. Da brændeovne typisk først udskiftes når de har været brugt i 10-20 år, vil det ifølge beregninger fra DMU og Miljøstyrelsen vare 5-10 år, før effekten for alvor vil kunne mærkes.

Gode ovne kan allerede købes

Desuden er der efterhånden en del ovne på markedet, som er udformet så de giver en bedre og mindre forurenende forbrænding. En del af disse er Svanemærkede. Husk altid at spørge sælgeren om, hvilke krav til udslip brændeovnen opfylder! Og brug nu din brændeovn korrekt – ellers er svanemærkningen forgæves. Se mere på www.fyrfornuftigt.dk

ikke var repræsentativt, og at man i øvrigt ikke kunne være sikre på, at de målte partikler med sikkerhed kom fra brændeovnene.

For at imødegå denne kritik og få mere at vide om situationen i andre typer af boligområder foretog forskere ved DMU i vinteren 2005 nye målinger i et villakvarter i anden mindre by, hvor der var installeret fjernvarme eller naturgas og ca. en fjerdedel af husene nær målestationen havde brændeovne.

Resultaterne viste som ventet et mindre bidrag fra brændefyring til indholdet af partikler i luft end i det første undersøgelsesområde. For at kunne påvise, at det vitterlig var kvarterets brændeovne, der var kilde til partiklerne, blev der målt PAH og en markør for afbrænding af træ. Denne markør er levoglucosan – en forbindelse, der kun dannes ved forbrænding af cellulose, og som bindes til partikler. Resultaterne viste tydeligt, at indholdet af levoglucosan var højere i villakvarteret i aften- og nattetimerne end ved en målestation, der var placeret på en mark i nærheden som reference. Det var et klart tegn på, at brændeovnene var kilde til partiklerne i luften.

Når røgen lugter

Om man bryder sig om lugten af brænderøg er en smagssag, men de fleste har nok oplevet, at røgen fra brændeovne i nogle tilfælde kan være temmelig krads. I en ideel forbrænding omsættes det organiske materiale fuldstændig til kuldioxid og vand, og hvis der i alle brændeovne foregik en sådan fuldstændig forbrænding, ville der ingen lugtgener være.

Lugten af brænderøg skyldes således delvist uforbrændte organiske stoffer i røgen, der findes både som gasser og partikler (støv). Det er partiklerne, specielt sodpartiklerne, som farver røgen mørk. Gasserne er typisk flygtige organiske forbindelser og kulmonoxid (CO). Ved meget dårlig forbrænding kan der også dannes metan. Partiklerne består af sod og ufor-

brændte organiske forbindelser, som kondenserer på partiklerne under afkøling af røgen op gennem skorstenen. En del af de organiske forbindelser, der dannes ved ufuldstændig forbrænding af træ, er tjærestoffer – også kaldet PAH'er (polycykliske aromatiske hydrocarboner). PAH kan findes som både gasser og partikler, og det har i årtier været velkendt, at en del PAH'er er kræftfremkaldende.

De få store syndere

Når man bestemmer, hvor stor udledning af partikler, der kommer fra forskellige typer af brændeovne, foregår dette i laboratorieundersøgelser under velkontrollerede forhold og med korrekt fyring og godt, tørt brænde. Men hvordan passer disse resultater med den udledning, der opstår ved folks almindelige brug af brændeovne? Dette er blevet undersøgt af DMU og FORCE Technology ved at opsamle røggasprøver direkte fra 19 skorstenene i private hjem. Resultaterne, der blev offentliggjort i 2007, viste bl.a., at udslippet af PAH'er i gennemsnit var på 57 mg/kg træ. Men der var store forskelle mellem brændeovnene med værdier lige fra 4 til 380 mg/kg træ. Der var således en faktor 90 mellem laveste og højeste målte værdi. Denne store forskel i udslip betyder, at hvis der en kold aften afbrændes den samme mængde træ i disse 19 brændeovne, vil to af brændeovnene stå for ca. 60 % af ovenenes samlede PAH-udledning. Med andre ord vil man altså kunne mindske luftforurening fra brændeovne betydeligt, hvis man kan få indkredset de få store syndere og reduceret deres udslip.

Undersøgelsen viste også, at en ældre ovn godt kan forurene forholdsvis lidt, hvis der er en god forbrænding i ovnen. Samtidigt kunne man se, at selvom man har en ny, god ovn kan det godt lade sig gøre at få den til at forurene meget – man skal bare fylde den med affaldstræ såsom paller og malede brædder! Maling kan indeholde brandhæmmende forbindelser, der

også vil modvirke en effektiv forbrænding i ovnen. Desuden kan spormetaller (specielt kobber) i f.eks. maling katalysere dannelse af dioxiner.

Gennemsnitligt udsender brændeovnene i dag ca. 200 gange så mange partikler (målt som masse) pr. energienhed som et oliefyr, og brændeovne udgør ifølge DMU den største danske kilde til PAH i luft.

Sundhed og brændeovne

Endnu kan ingen sige, præcis hvor stor en sundhedsrisiko røgen fra brændeovne i praksis udgør.

Men ud fra et forsigtighedsprincip er der god grund til at antage, at partiklerne fra brændeovne kan udgøre en risiko. Partiklerne fra brændeovne har nemlig mange af de samme kendetegn som partikler fra trafik og rygning, der er blevet kædet sammen med forøget risiko for bl.a. luftvejslidelser og hjertekar-sygdomme.

Partikler fra brændeovne indeholder ligesom disse andre typer af partikler sod og forbindelser fra ufuldstændig forbrænding af organisk materiale. Der er dog en lille forskel i størrelsen, idet de fleste partikler fra brændeovne typisk har en diameter omkring 100-200 nanometer mens partikler fra nutidens trafik er lidt mindre og hovedsageligt har en diameter omkring 20-30 nm. Forskellen i størrelse skyldes, at en moderne motor giver en optimeret forbrænding, mens der er en større mængde uforbrændte og delvist flygtige organiske forbindelser i brænderøg, som kan kondensere på disse partikler og få dem til at vokse i størrelse.

De studier, der foreligger på nuværende tidspunkt, tyder på, at partikler i brænderøg ikke er mindre skadelige end andre partikler, hvilket ellers har været hævdet. Til sammenligning er der gennemført hundredvis af studier på dieselpartikler, men endnu kun få på brænderøgspartikler, og der er således et stort behov for undersøgelser, der kan vise om partikler i brænderøg er ligeså



Lektor Lars Mølhavet forklarer om forsøgene i et klimakammer, hvor en række forsøgspersoner udsættes for røg fra brændeovne.

skadelige som dieselpartikler.

Forskere ved Aarhus Universitet under ledelse af professor Torben Sigsgaard vil nu forsøge at kortlægge, hvilken effekt brændeovnsrøg umiddelbart har på mennesker. Undersøgelserne foregår i et klimakammer, hvor en række forsøgspersoner udsættes for røg fra brændeovne i doser, der er sammenlignelige med, hvad man vil opleve i et boligkvarter med mange brændeovne. Forsøgspersonerne vil så løbende blive testet på forskellig vis ligesom de vil blive bedt om selv at vurdere deres tilstand.

Undersøgelserne ventes afsluttet til sommer 2008. Det er selvfølgelig kun de kortsigtede effekter af brænderøgen, der vil kunne vurderes på denne måde – dvs. om folk umiddelbart oplever gener som hovedpine, træthed eller allergiske reaktioner. En systematisk undersøgelse af de langsigtede sundhedseffekter, vil kræve en helt anden type langtidsstudier med store befolkningsgrupper.

Usikre vurderinger

I starten af 2007 var der en del debat i medierne om, at brændeovne er skyld i et stort antal dødsfald på grund af partikelforurening. Der er selvfølgelig enorme usikkerheder forbundet med den slags vurderinger. For

det første er der usikkerhederne omkring udslippet af partikler, da den mængde partikler, der er til stede i brænderøgen varierer med både bruger, brænde og ovn, samt over tid i løbet af en forbrændingscyklus.

Der mangler også i dag en samlet viden om, hvor brændeovnene og brændeovnederne geografisk er koncentreret, og hvordan de anvendes. Og endelig er der usikkerheder forbundet med at vurdere, hvor skadelige partiklerne i praksis er for mennesker. Først når denne viden er på plads, og når man har flere data fra målinger af faktiske udslip, vil man kunne lave mere nøjagtige beregninger af, hvor meget danskerne reelt eksponeres for partikler fra brændeovne og hvilke konsekvenser det har. Forskernes p.t. bedste bud på dette ventes i en rapport fra Miljøstyrelsen i 2008.

I 2008 ventes der også nye regler om brændeovne, der sætter krav om maksimale udslip af partikler (se boks). Men selv med disse skærpede krav til udledning, vil en brændeovn stadig udsende 100 gange så meget partikelmasse pr. energienhed som et gennemsnitligt oliefyr – hvis man altså vel at mærke bruger brændeovnen helt efter bogen. Så partikler fra brændeovne vil der fortsat være masser af. ■

Om forfatterne



Marianne Glasius er lektor i kemi ved Kemisk Institut, Aarhus Universitet. Tlf.: 8942 3859 glasius@chem.au.dk



Carsten R. Kjaer er redaktør Aktuel Naturvidenskab crk@aktueltat.au.dk

Videre læsning:

www.fyrformuftigt.dk
www.dmu.dk/luft

Evald, A. (2006): Brændeforbrug i Danmark. http://www.ens.dk/graphics/Energi_i_tal_og_kort/BF_2005_Rapport.pdf

J.B. Illerup m.fl. (2007) Brændeovne og små kedler - partikelemissioner og reduktionstiltag. Miljøprojekt Nr. 1164, Miljøstyrelsen.

M. Glasius, m.fl. (2007) Partikler og organiske forbindelser fra træfyrring – nye undersøgelser af udslip og koncentrationer. Arbejdsrapport nr. 235, Danmarks Miljøundersøgelser.

M. Nielsen og J.B. Illerup (2005) Danish emission inventories for stationary combustion plants. Inventories until year 2003. Arbejdsrapport nr. 229, Danmarks Miljøundersøgelser.

F. Palmgren m.fl. (2005). Luftforurening med partikler i Danmark. Miljøstyrelsen, Miljøprojekt Nr. 1021.

U. Karlsson (red) (2006) Tjærestoffer. Forlaget Hovedland.

L.P. Naehler m.fl. Woodsmoke Health Effects: A Review Inhalation Toxicology, vol. 19, side 67-106, 2007.