

# PAH emission fra røgerier

Ole Schleicher og Jørgen Boje

FORCE Technology, Energi & Miljø



# 1 Indholdsfortegnelse

1	Indholdsfortegnelse.....	3
	Indledning.....	4
2	Røgerier og miljøkrav.....	5
2.1	<i>Røgerier i Danmark.....</i>	<i>5</i>
2.2	<i>Grænseværdier for PAH.....</i>	<i>5</i>
2.2.1	Fødevarer.....	5
2.2.2	Arbejds miljø.....	5
2.2.3	Emissioner til luften.....	5
2.3	<i>Målte PAH emissioner fra røgerier.....</i>	<i>6</i>
2.4	<i>Spredningsberegninger med OML modellen.....</i>	<i>7</i>
2.5	<i>Miljøkrav.....</i>	<i>8</i>
3	Generelt om røgning.....	10
3.1	<i>Metoder til røgning.....</i>	<i>10</i>
3.2	<i>Røg.....</i>	<i>10</i>
3.3	<i>Røgaroma.....</i>	<i>11</i>
3.4	<i>Sundhedsmæssige aspekter.....</i>	<i>12</i>
4	Røggenerering og røgrensningsteknologier.....	13
4.1	<i>Teknikker til røggenerering.....</i>	<i>13</i>
4.2	<i>Røgrensningsteknologier.....</i>	<i>13</i>
5	Konklusion.....	15

# Indledning

## Baggrund

Det er kendt, at der i arbejdsmiljøet i danske røgerier kan forekomme relativt høje koncentrationer af PAH (polycykliske hydrocarboner). Arbejdsmiljøinstituttet (AMI, i dag Det Nationale Center for Arbejdsmiljøforskning (NFA)) iværksatte i slutningen af 80'erne et studie, der viste, at den samlede PAH-koncentration målt som 16 PAH-stoffer var op til 2,6 mg/m<sup>3</sup> (ekskl. naphthalen).

Viden om PAH-emissionen fra danske røgerier er meget sparsom. Der ønskes med denne begrænsede undersøgelse, at anslå omfang og karakter af PAH-emissioner fra danske røgerier, og en vurdering af behovet for en grundigere kortlægning på dette område.

## Formål

Dette projektforslag har til formål at indsamle, vurdere og beskrive den viden, vi i dag har om røgeriers luftemissioner i Danmark. Der fokuseres særligt på PAH-emissioner. Røgerierne opdeles i mindre røgerier og i større industrielle røgerier i fødevarerindustrien. Ud fra tilgængelige resultater af målinger for PAH i røgeriers arbejdsmiljø og eventuelle målinger af emissionen til luften, samt skorstenshøjder og beliggenhed i forhold til bebyggelser vurderes det, om emissionen af PAH kan forventes at overskride Luftvejledningens emissionsgrænser og/eller B-værdien for PAH, og dermed udgøre en væsentlig potentiel sundhedsmæssig risiko for omkringboende.

## Aktiviteter

Der indhentes indledningsvis erfaringer fra danske målinger af PAH på røgerier, herunder NFA's undersøgelse i arbejdsmiljøet fra 1990, samt eventuelle målinger af PAH-emissioner til udeluften fra røgerier igennem de seneste årtier. Der tages kontakt til nøglepersoner inden for røgeribranchen for at indhente oversigtsmæssige oplysninger om:

- antal og typer af røgerier
- røgeri teknologier, der har betydning for luftemissionen
- skorstenshøjder og placering i forhold til boliger
- eventuel luftrensning

På større røgerier anvendes efterbrændere af emissionsluften, og deres evne til reduktion af PAH-emissionen vurderes.

## Forventet resultat:

Vurderingen samles i en kortfattet rapport. Rapporten vil indeholde en vurdering af behovet for yderligere undersøgelser.

Med de begrænsede ressourcer der var afsat til dette projekt, har det ikke været muligt at udføre det langt mere omfattende og tidskrævende arbejde der var angivet i oplægget til projektet.

Det har f.eks. ikke været muligt at indhente oversigtsmæssige oplysninger om de danske røgerier, de anvendte teknologier, skorstenshøjder i forhold til boliger og luftrensningsudstyr, fordi der ikke findes nogen nøglepersoner indenfor røgeribranchen der besidder sådanne oplysninger. Der findes heller ikke nogen separat brancheforening for røgerier. Det har heller ikke været muligt at finde frem til alle danske røgerier, fordi en stor del af dem er mindre afdelinger på slagterier og andre fødevarerproducerende virksomheder, som ikke optræder i nogen registre under røgerier.

## 2 Røgerier og miljøkrav

### 2.1 Røgerier i Danmark

Fischer og Duedahl-Olesen /Ref.9/ har undersøgt antallet af røgerier i Danmark, og har fundet at der er 40 industrielle røgerier, og omkring 210 små røgerier, som typisk er detailforretninger og mobile udsalgssteder der har mindre røgeovne. Ingvald Maskinfabrik, der er leverandør af små røgeovne, anslår at der findes 5-600 aktive små røgeovne hos slagtere og slagterafdelingerne i supermarkeder. Tallene kan dog vanskeligt verificeres, fordi der ikke findes nogen registrering af den type installationer, men det anses for sandsynligt, at der er op mod 5-600 aktive små røgeovne, hvoraf de fleste ikke kan findes via nogen registre.

De industrielle røgerier er typisk store eller meget store anlæg på større fødevareproducerende virksomheder, f.eks. slagterier. De har generelt automatiseret røggenerering for at kunne producere en ensartet smag og kvalitet. De fleste formodes også at have rensning, af hensyn til lugtemissionen og lugtgener. Disse anlæg har typisk en miljøgodkendelse der regulerer miljøforholdene.

På de mindre røgerier, er manuel styring af røggenerering antageligt mest udbredt, og de har generelt ikke nogen røgrensning. Nogle af disse røgerier har også salg og servering af produkterne, og her er de Bornholmske silderøgerier nok de mest kendte. En del af disse røger kun i sommersæsonen, hvor der er servering og salg til turister. De mindre røgerier er typisk ikke omfattet af godkendelsesbekendtgørelsen og de skal derfor ikke have miljøgodkendelse men reguleres ved påbud.

### 2.2 Grænseværdier for PAH

#### 2.2.1 Fødevarer

PAH indholdet i fødevarer bestemmes oftest som indholdet af benzo[a]pyren, da det er en af de toksikologisk set mest potente og bedst undersøgte PAH, både med hensyn til kemisk analyse og studier af sundhedseffekter.

På baggrund af EUs videnskabelige komites vurdering af PAH fastsatte EU-kommissionen i april 2005 grænseværdier for indholdet af benzo[a]pyren i udvalgte fødevarer til 5 g/kg for røgede kød- og fiskeprodukter. /Ref.6/

#### 2.2.2 Arbejds miljø

Arbejdstilsynet har i at-Vejledningen, Grænseværdier for stoffer og materialer, fastsat en grænseværdi på  $0,2 \text{ mg/m}^3$  ( $= 200 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ) for Polyaromatiske carbonhydrider (partikulære, benzenopløselig fraktion).

#### 2.2.3 Emissioner til luften

PAH er klassificeret som Hovedgruppe 1 stoffer i Miljøstyrelsens luftvejledning /Ref.12/, men de følger i øvrigt ikke de almindelige regler for hovedgruppe 1 stoffer, bl.a. fordi PAH normalt indgår som et utilsigtet biprodukt ved forbrændinger.

Luftvejledningen angiver følgende grænseværdier for PAH, som gælder for 15 forskellige PAH forbindelser, som med hver deres toksicitetsfaktor omregnes til en fælles værdi i benzo[**a**]pyren ækvivalenter (B[**a**]P-ækv.).

Massestrømsgrænsen midlet over 7 timer er 25 mg/h målt som B[**a**]P-ækv.

Emissionsgrænseværdien er  $0,005 \text{ mg/Nm}^3 = 5 \text{ } \mu\text{g/Nm}^3$  målt som B[**a**]P-ækv. (skal overholdes, hvis massestrømsgrænsen overskrides).

B-værdien er  $2,5 \text{ ng/m}^3$  som B[**a**]P-ækv. ( $2,5 \text{ ng/m}^3 = 0,0025 \text{ } \mu\text{g/m}^3 = 0,0000025 \text{ mg/m}^3$ ). B-værdien skal altid overholdes, uanset emissionens størrelse og sikres i sidste ende ved dimensionering af skorstenshøjden.

Der er ifølge Luftvejledningen mulighed for at lempe B-værdien for PAH ved intermitterende drift, fordi PAH hører til hovedgruppe 1. Mange små røgerier i detailforretninger kan formentlig klassificeres som havende intermitterende drift, fordi de kun udfører en røgning over et par timer dagligt eller sjældnere. Anvendes formel 2 på side 32 i luftvejledningen, med en daglig driftstid på 2 timer på hverdage i alle årets 52 uger kan B-værdien lempes med en faktor 8,4.

Røggasmængden der udledes fra røgerier er generelt meget lille, fordi formålet med røgen er at overføre smagsstoffer til røgvaren, og derfor tilstræbes at røgen får en lang opholdstid i røgeovnen. Under røgningen er der derfor kun en ganske lille røgemission (ofte ved naturligt træk i afkastet), men når røgningen er færdig, ventileres ovnen, dels for at fjerne røgen, og dels for at køle røgvarerne. I den periode kommer der kortvarigt en væsentligt større emission af røggas, og det er typisk i den periode, at lugtgener forekommer (eller er værst).

### 2.3 Målte PAH emissioner fra røgerier

Det er ikke lykkedes at finde frem til nogen målinger af PAH emissionen fra hverken danske eller udenlandske røgerier. Det oplyses fra flere sider (laboratorierne Eurofins i Galten og ERGO/Eurofins i Hamburg), at der findes målinger, men at de er foretaget for mange år siden (og måske ikke publiceret), og derfor kan de ikke umiddelbart finde frem til dem.

Der søgt generelt efter PAH emissioner fra røgerier på internettet, både med danske, tyske og engelske søgeord, men uden nogen resultater for emissioner. Der kom primært resultater der handlede om PAH i de røgede produkter.

Der er fundet en reference med emissionsfaktorer fra amerikanske røgerier /Ref.4/, men der er ingen værdier eller omtale af PAH emissionen, ud over en kort notits om, at dannelsen af PAH forbindelser kan minimeres, ved at holde temperaturen i røgeneratoren under  $400 \text{ }^\circ\text{C}$ .

I AMI undersøgelsen af PAH i røgerier fra 1990 /Ref.15/ er koncentrationen af PAH målt i arbejdsmiljøet i 10 fiskerøgerier og 10 kødrøgerier, målt lige over ovndøren, hvor koncentrationen er højest, pga. udslip af røg. Der opgives koncentrationer som summen af de 16 målte PAH'er inklusiv naphthalen, samt de maksimale koncentrationer af hver PAH og middelværdierne for kødrøgerierne. Disse værdier er omregnet med toksicitetsfaktorerne fra luftvejledningen og vises i Tabel 1. Bemærk, at de maksimale værdier for hver PAH er de højeste af 10 målinger, så værdierne er sandsynligvis ikke fra den samme prøve, og de beregnede værdier er derfor med stor sandsynlighed overestimeret.

Tabel 1. PAH værdier fra AMI rapporten omregnet til B[a]P-ækv. Og til emissionsfaktorer pr. kg træ

	Enhed	Fisk - Tabel 1	Kødrøgerier Tabel 2	
		Maksimal	Middel	Maksimal
PAH koncentration	µg B[a]P ækv./m <sup>3</sup>	177	0,1	2,9
PAH EF/kg træ v.7m <sup>3</sup> /kg	µg B[a]P ækv./kg træ	1.240	0,8	20

Målingerne viser, at koncentrationen af PAH er 10-200 gange mindre i kødrøgerier end i fiskerøgerier. Årsagen er driftsformen, hvor der fortrinsvis anvendes varmrøgning i fiskerøgerier og koldrøgning i kødrøgerier. Ved varmrøgning tændes bål under produkterne for at tørre fiskene, hvilket varer op til en time. Herefter tilsættes træflis samtidig med at ovndør og skorstensspjæld lukkes, hvorved røgproduktionen startes. Ved koldrøgning antændes savsmuld, som derefter ulmer og afgiver røgen. Røggenerering med træflis kræver en højere temperatur end med savsmuld og der dannes mere PAH ved højere temperatur.

I fiskerøgerier passes ovnene også aktivt, dvs. ovndørene åbnes under røgningen, hvilket bevirker, at der slipper store mængder røg ud i lokalet. ”Røgmandens opgave er så dels at kvæle flammedannelse med vand eller træflis dels at følge processens fremadskriden. For at bestride dette arbejde må røgmanden adskillige gange stå med overkroppen inde i ovnen. Betragtelige mængder røg trænger ind i arbejdslokalet ved disse inspektioner, men ikke ubetydelige mængder slipper tillige ud gennem de lukkede ovndøre. Som oftest er der placeret ventilation over ovndøre.”

I kødrøgerier åbnes dørene først, når røgfrembringelsen er stoppet og skorstensspjældet åbnet.

AMI undersøgelsen er fra sidst i firserne, hvor der endnu ikke var nogen grænseværdi for benzo[a]pyren indholdet i fødevarer og der formodes siden da, at være sket en hel del forbedringer i røgerierne dels i forhold til arbejdsmiljøet (specielt i fiskerøgerierne), og dels i forhold til reduktion af PAH dannelsen og dermed PAH indholdet i de røgede produkter.

Antages et manuelt styret fiskerøgeri at have en PAH emission som den maksimale værdi på 1.240 µg B[a]P ækv./kg, skal det anvende 20 kg træ pr. time, for at overskride massestrømsgrænsen for PAH på 25 mg/h målt som B[a]P ækvivalenter, og det skal vel at mærke være i 7 timer i træk, dvs. 140 kg/dag, fordi massestrømmen midles over 7 timer. Da der anvendes nogle få kilo til en røgning, er det yderst tvivlsomt om der er nogen af de mindre røgerier i Danmark der overskrider massestrømsgrænsen.

De store industrielle røgerier har automatiserede røggeneratorer, som i højere grad kører ved lavere temperatur, hvor dannelsen af PAH er mindre, og selvom de anvender mere træ per tidseenhed, og kører kontinuert i mindst 7 timer dagligt, så anses det også for mindre sandsynligt at de overskrider massestrømsgrænsen. Det er dog antagelser, som kun kan verificeres ved egentlige målinger.

#### 2.4 Spredningsberegninger med OML modellen

Hvis et røgeri anvender 2 kg/h træ og PAH emissionen svarer til den maksimale koncentration fra AMI undersøgelsen på 1.240 µg /Nm<sup>3</sup> B[a]P-ækv., kan spredningsfaktoren S beregnes til 276 m<sup>3</sup>/s, og da det er større end 250 skal afkastet dimensioneres ved en OML beregning. Anvendes en B-værdi der lempet med en faktor 8,4 for intermitterende drift på 2 timer dagligt, bliver spredningsfaktoren 33, og afkastet skal bare være ført 1 meter over tag, hvor der kan ske fri fortynding.

En OML beregning med samme emission i en luftmængde på 50 m<sup>3</sup>/h og et afkast på 6 m giver en 99 % fraktil i 10 meters afstand på 3,2 ng/m<sup>3</sup>, hvilket er en lille overskridelse af B-værdien på

2,5 ng/m<sup>3</sup>. Anvendes den lempede B-værdi ved intermitterende drift, udgør 99 % fraktilen kun 15 % af B-værdien.

Øges afkastet til 10 m reduceres 99 % fraktilen med en faktor 4,6 til at være 28 % af B-værdien eller ca. 3 % af en lempet B-værdi. Den maksimale 99 % fraktil falder i en afstand af 30 meter.

Alle beregninger er udført under antagelse af en PAH koncentration, som der ikke er nogen viden om, eller dokumentation for, at det svarer til det der reelt kan forekomme fra et røgeri. Den eneste mulighed for at verificere dette, er at foretage nogle målinger af PAH emissionen fra nogle røgerier. Den største dannelse af PAH må forventes at forekomme fra fiskerøgerier, der typisk anvender varmrøgning, som har manuelt styret røggenerering med anvendelse af flis, fordi det kræver en højere temperatur end ved anvendelse af smuld.

## 2.5 Miljøkrav

Miljøproblemerne ved røgerierne er primært er lugtgener, og at det også er dette forhold der tages udgangspunkt i ved miljøgodkendelser eller påbud ved klager. Flere røgerier har måttet forhøje deres skorstene pga. lugtgener.

Fischer og Duedahl-Olesen /Ref.9/ har fundet, at ingen ud af 14 udspurgte røgerivirksomheder i Storkøbenhavns området har egen røgning, fordi det er vanskeligt at få tilladelse til at have røgerier i større byområder på grund af røggener.

Fra Skagen kommune /Ref.11/ oplyses, at der findes to røgerier i Skagen havn, og de ligger tæt ved boliger. Der er hyppigt klager fra over røgnedslag fra skorstenen på det ene røgeri. Der er ikke klager over det andet røgeri, som har forhøjet skorstenen. Virksomhederne har ikke modgodkendelser, da de er for små.

På Bornholm /Ref.10/ er der 11 små røgerier, og ingen af dem har miljøgodkendelser. Nogle af dem røger kun i turistsæsonen. Der har ikke været klager i de sidste 5 år. Der er desuden taget telefonisk kontakt til 8 røgerier, og de indhentede oplysninger er vist i Tabel 2.



Tabel 2. Oplysninger fra telefoninterview

Røgeri	Prod. Data	Driftsforhold	Rensning?	Skorstensforhold	Miljøkrav
1	Kød røgeri Produktion hverdage 60.000 t/år	?	Ja	To stk. på 26 m En på 8,5 m	Støv Lugt PAH
2	Kød røgeri Produktion hverdage 40.000 t/år	20 - 220 °C (temp. varierer)	Ja	20 stk. på 13 m 6 stk. på 8,5 m	Lugt
3	Fiskerøgeri Produktion hverdage: 1.500 t/år	Røgtemp. 50 °C Bøg, enebær	Nej	20 m Øges evt. til 45 m 80 m til nabo Ingen klager	Lugt
4	Fiskerøgeri Produktion efter behov 600 t/år	20 - 200 °C	Nej	6 - 7 m	Ingen
5	Fiskerøgeri Produktion primært i sommerhalvåret	?	Nej	Flere på ca. 5 m	Ingen
6	Mindre fiskerøgeri	Havde ikke lyst til at svare på spørgsmål			Ingen
7	Mindre fiskerøgeri	Havde ikke lyst til at svare på spørgsmål			Ingen
8	Mindre fiskerøgeri	Havde ikke lyst til at svare på spørgsmål			Ingen

Vi har kendskab til et par flere af de større røgerier på slagterier, som har rensning i form af efterbrændere. På det ene røgeri har de et årligt gasforbrug på omkring 80.000 m<sup>3</sup> naturgas til drift af 6 stk. 120 kW termiske efterbrændere type TNV 150.

Det ses, at det er de store røgerier der har rensning af røgen fra røgerierne, mens der ikke er nogen rensning på de mindre røgerier. Rensning er meget omkostningskrævende, og det er forventeligt at kun de store røgerier, som naturligvis også har de største miljøpåvirkninger, har krav om, og økonomi til, at etablere rensning.

## 3 Generelt om røgning

### 3.1 Metoder til røgning

Oplysningerne i dette afsnit er hentet fra /Ref.5/.

Røgning er en af vore ældste konserveringsmetoder, antagelig lige så gammel som brugen af ild. Her i landet har det traditionelt været håndværkere, der har haft affald af træ, der har drevet røgerivirksomhed, fx kurvemagere og træskomagere. I begge tilfælde har det været træsorter, som er særdeles gode til røgning, man har haft til rådighed, nemlig enebærris og friske bøgespånner.

Ved røgning udnytter man flere konserveringsprincipper, nemlig:

- a) Ved alle former for røgning sker der en udtørring, og dermed følgende hæmning af levnedsmiddelødelæggende processer.
- b) Ved koldrøgning fås en kemisk overfladevirkning af nogle af de i røgen forekommende forbindelser.
- c) Ved varmrøgning forekommer en pasteurisering med drab af vegetative celler.

Sekundært opnår man en ændring af produktets organoleptiske egenskaber, især smagen, men ofte også farve og konsistens. Det er i dag mere denne effekt der ønskes opnået ved røgning, og ikke konservering, som typisk opnås ved andre metoder.

### 3.2 Røg

Oplysningerne i dette afsnit er hentet fra /Ref.5/.

Den anvendte røg fremstilles ved forbrænding af træ. Ved forbrændingen tørres træet først, hvorefter røgen dannes ved pyrolyse af træet. En del af det organiske stof forbrænder dog også helt til carbondioxid og vand.

Der er isoleret flere hundreder stoffer fra røg til røgning af levnedsmidler. De vigtigste er vanddamp, eddikesyre og phenolforbindelser, men også andre flygtige og ikke-flygtige syrer, metanol, formaldehyd og nogle højere aldehyder, ketoner og høj molekylære hydrocarboner forekommer i mængder, der er afgørende for det røgede produkts kvalitet.

Rent fysisk er røgen nærmest en aerosol, dvs. en blanding af luft og små vanddråbe i størrelse omkring 0,1  $\mu\text{m}$ , samt enkelte faste partikler som sod. Røgens hovedbestanddele, kvalitativt såvel som kvantitativt, findes opløst i de små væskedråber.

Når røgen møder de produkter, der skal røges, vil luftformige bestanddele adsorberes til overfladen af produktet ligesom væskedråber (og de faste partikler) vil afsættes på overfladen.

Mængden af røg, der optages, afhænger af røgekammets udformning, røgtætheden, temperatur, fugtighed og røgens hastighed, samt produktets overfladetemperatur og fugtighed.

Konsistensen påvirkes også af varmen ved røgning, fx ved koagulering af proteinerne ved varm-røgning. Formaldehyd kan fremkalde en vis hærkning af proteiner i produktets overflade, fx pølse og fiskeskind. For høj røgtemperatur kan ødelægge konsistensen, fx ved at fedtvæv i bacon smelter. Forskellige produkter røges derfor ved forskellige temperaturer.

Sammensætningen af stoffer der dannes, afhænger bl.a. af temperaturen i glødezonen og i den færdige røg. Temperaturen reguleres bl.a. ved tilsætning af vand og/eller ved at regulere O<sub>2</sub> koncentrationen i glødezonen.

### 3.3 Røgaroma

Flydende røg, naturlig røgaroma eller røgkondensat er fællesbenævnelser for en gruppe af røgeprodukter, som enten kan være vandbaserede, vandopløselige, olieopløselige eller være et tørt pulver.

Alle produkterne er standardiserede og fremstilles ved en ufuldstændig forbrænding af træflis i en stor røggenerator, der omdanner træflisen til aske og røg. Røgen kondenseres, og asken separeres fra.

Røgkondensatet efterbehandles ved vandekstraktion eller destillation, så den såkaldte tjærefase separeres fra. Ved denne metode opnår man, at de kræftfremkaldende stoffer i tjæren (PAH) bliver fjernet fra røgkondensatet. At fjerne tjæren og asken giver nogle fordele i forhold til traditionel røgning: Ingen brandfare, et sundere arbejdsmiljø, et renere røgeprodukt og et minimalt udslip til naturen. Desuden er produkterne standardiserede, hvilket ikke er tilfældet for traditionel røg.

Røgeprodukterne kan påføres ved enten at blande dem direkte i en fars, ved at dyppe produktet i opløsningen, overbruse produktet eller ved at bruge en røggenerator, der skaber en røgsky, som reagerer med kødets eller fiskeproduktets overflade på samme måde som traditionel røg.

Der er flere fordele ved at anvende røgaroma. Specielt er de røgede produkter mindre usunde end traditionelt røgede produkter, fordi de mest sundhedsskadelige komponenter er fjernet, specielt PAH, og så er lugtemissionen fra røgningen væsentligt mindre. Anvendelsen af røgaroma er dog ikke så udbredt i Danmark, hvilket nedenstående artikel fra WEB siden [www.MadogSundhed.dk](http://www.MadogSundhed.dk) forklarer:

Artikel om røgvarer fra /Ref.8/

### **Danskere foretrækker røgning fremfor røgaroma**

*Selvom røgaroma er sundere end røgning vælger forbrugerne de røgede fødevarer frem for fødevarer med røgaroma. Derfor tør danske fødevarereproducenter ikke reklamere med, at de bruger røgaroma i stedet for røgning. Tidligere brugtes røgning for at konservere levnedsmidler, men i dag er det mest for smagens skyld, at man røger.*

*Sundhedsmæssigt er røgaroma sundere end rigtig røg. Det skyldes, at røg indeholder kræftfremkaldende stoffer, PAH (polycykliske aromatiske hydrocarboner). Alligevel vil danske forbrugere hellere spise fødevarer, der er røget fremfor fødevarer med røgaroma.*

*- Rent sundhedsmæssigt er det mindre betænkeligt at tilsætte røgaroma end at røge på gammeldags manér. Det er små mængder, der afsættes i maden, men det er ubehagelige stoffer, som man helst skal undgå, siger toksikolog Jørn Gry fra Fødevaredirektoratet.*

*Johanne Gjaldbæk, der er uddannelsesleder for industrislagteruddannelsen i Roskilde mener, at hvis røgning ikke havde været en del af vores kulturarv, ville det være forbudt i dag.*

*- Der findes op mod 800 skadelige stoffer i røg, så røgaroma er sundere. Det er der ingen tvivl om. I røgaroma kan man filtrere de skadelige stoffer fra. Men ud fra et kulinarisk og æstetisk synspunkt vil mange sikkert foretrække rigtig røgning. Røgaroma har en kedelig klang. Står der "aroma" i varedeklationen vil mange tænke "åh nej, er det nu noget fra en plasticdunk igen", siger Johanne Gjaldbæk.*

*I Sverige er forbrugernes holdning til røgaroma anderledes end i Danmark. - I Danmark er røgaroma et knap så positivt ord som i Sverige. Derovre er det helt almindeligt, at man bruger røgaroma, siger produktudvikler Conny Nielsen fra 3-stjernet.*

Der er flere fordele ved at anvende røgaroma, idet emissionen af lugt fra røgerier reduceres betydeligt i forhold til traditionel røgning. FORCE Technology har foretaget måling af lugtemissionen på et større røgeri, under anvendelse af henholdsvis traditionel røgning og ved anvendelse af røgaroma. Anvendelse af traditionel røg gav 18 gange større lugtemission i forhold til anvendelse af røgaroma.

#### 3.4 Sundhedsmæssige aspekter

Røgning er med dannelsen af flere hundrede kendte og ukendte stoffer et eksempel på en konserveringsproces, der næppe ville blive godkendt af sundhedsmyndighederne, hvis den først var blevet udviklet i dag. Når den alligevel må anvendes, skyldes det den såkaldte grandfather-clause:

***Det, der i århundreder har været anvendt uden påviselige, direkte skader på menneskers helbred, accepteres fortsat.***

Den alvorligste indvending mod røgvarer er risikoen for, at de er kræftfremkaldende, eller rettere risikoen for, at de kan øge hyppigheden af forekomsten af visse kræftformer. Ved epidemiologiske undersøgelser har man fx på Island vist, at mavekræftfrekvensen der er større end andre steder. Dette falder sammen med, at forbruget af hårdt røgede produkter er særlig stort på Island. For den vestlige verden er der modsat en tendens til fald i mavekræften, parallelt med et mindre forbrug af som regel svagere røgede varer.

Man ved, at der ved røgning dannes en del polycykliske aromatiske hydrocarboner (PAH), samt at nogle af disse er kræftfremkaldende på dyr. Det gælder især 3-4-benzopyren (benzo(a)pyren), der forekommer i mængder på 1-2 ppb i røgede varer. Flere referencer omtaler, at mængden af PAH, der dannes ved røgning, er proportional med glødezonetemperaturen, og holdes denne på 3 - 400 °C er dannelsen beskeden. Dette er teknisk muligt, specielt i moderne røggeneratorer.

# 4 Røggenerering og røgrensningsteknologier

## 4.1 Teknikker til røggenerering

Røgen dannes ved en slags tørdestillation (pyrolyse) af træ, og dens sammensætning er afhængig af mange faktorer, især træsorten, røgeovns- eller generatortypen, vandindholdet i træet, forbrændingstemperaturen og lufttilførslen.

De bedste træsorter til røgning synes at være hårdt træ som bøg, el og eg, mens nåletræer giver en harpiksagtig smag. Undertiden opnås en særlig krydret smag ved anvendelse af enebær, laurbær o.l.

Træet anvendes traditionelt i form af fugtigt savsmuld eller spåner, der kan forbrændes i selve røgkammeret, hvilket muligvis stadig anvendes i nogle af de mindre og ældre røgerier.

I mere moderne anlæg har man specielle røggeneratorer, hvor man lader træet forbrænde under styrede og kontrollerede forhold med ringe luftadgang og kraftig røgudvikling. Ved disse metoder kan man minimere dannelse af PAH'er, og eventuelt rense røgen inden anvendelsen, fx ved at fjerne faste partikler med elektrofilter eller med simple preplader.

Røgen kan også fremstilles ved friktion, hvor et træstykke presses mod et roterende stålhjul med en ru overflade, hvorved træet opvarmes til 350 – 400 °C og træet pyrolyseres. Temperaturen styres ved intervalkørsel. Røgen skulle have et meget lille indhold af PAH, men en ulempe er et kraftige støjniveau fra processen.

I de små og mere simple røgerier, produceres røgen ofte i en glødezone i bunden af røgkammeret, og processen styres mange steder manuelt ud fra erfaring. Temperaturen i glødezonen kan derved vanskeligt holdes under 400 °C, og der er derfor større chance for dannelse af PAH. Anvendes træflis frem for smuld, vil der typisk dannes endnu mere PAH, fordi flis kræver en højere temperatur for at forbrændingen og røgdannelsen kan forløbe af sig selv. På trods af dette, er der i en undersøgelse af Granby et.al. fra 2004 /Ref.6/ ikke fundet overskridelse af PAH grænseværdien i 45 produkter fra forskellige røgerier. Der blev ” fundet benzo[a]pyren koncentrationer fra under 0,08 g/kg og op til 4 g/kg. Samtlige røgede fiske- og kødprodukter havde benzo[a]pyren koncentrationer under grænseværdien på 5 g/kg, og de fleste prøver var endda under 1 g/kg (12), med de laveste værdier for kødprodukter” /Ref.6/.

## 4.2 Røgrensningsteknologier

Oplysningerne om røgrensningsteknologier bygger dels på FORCEs viden og erfaring på området, og dels på de grundige beskrivelser af renseteknologier der findes i VDI 2595 blad 1 og blad 2 om henholdsvis Smokehouses og Smokehouses for fish /Ref.1/ og /Ref.2/, der suppleres med lidt praktiske erfaringer fra Emissions Factor Documentation for AP-2 /Ref.4/.

Rensning af afkaststrøgen fra røgerier kan ske ved:

1. Efterbrænder
2. Vådskrubbere (kondensering)
3. Elektrostatisk filter (ESP)
4. Adsorption (aktivt kul)

**Efterbrændere** reducerer effektivt emissionen af partikler, CO og organiske komponenter, herunder PAH og lugt. Det er en relativt dyr teknologi, fordi energiforbruget er relativt højt og det er sjældent muligt at genanvende varmeenergien fra forbrændingen.

Med **vådskrubbere** kan der opnås varierende rensningseffektivitet overfor partikler og gasformige komponenter. Normalt anvendes bare vand, men tilsætning af overfladeaktive stoffer kan øge effektiviteten, specielt over partikler. Begrænsede data fra (REF 5) viste at en vortex skrubber med demister havde en rensningseffektivitet på 51 % for formaldehyd, 85 % for TOC, 39 for eddikesyre og 69 % for partikler. Skrubbere virker dels ved kondensering af komponenter i røgen, og dels ved absorption af vandopløselige komponenter i skrubbevæsken. Kondenseringen kan øges ved aktiv køling af skrubbevæsken og absorptionen kan øges ved at øge vandudskiftet eller ved at tilsætte forskellige kemikalier, f.eks. base, ozon, hypochlorit eller natriumperoxid.

**Elektrostatisk filter (ESP)** er effektive til at reducere partikelemissionen og organiske stoffer der findes i og på partiklerne mens der ikke er nogens rensning overfor gasformige komponenter. Jo lavere røgtemperaturen er jo større andel af tjærestoffer og PAH vil være kondenseret på partiklerne, og derved kunne blive fjernet ved rensning med ESP.

**Adsorption** på aktivt kul kan effektivt fjerne de fleste organiske stoffer på dampform, og vil derfor effektivt kunne rense for både PAH og lugt. Det forudsætter dog en forudgående behandling af røgen, så partikler er fjernet, temperaturen er så lav som muligt og at den relative fugtighed er væsentligt under dugpunktet.

En kombination af teknologierne kan være nødvendig for at opnå en effektiv rensning af røgen.

Effekten på lugtemissionen er ukendt.

For nærmere omtale af rensningsteknologierne henvises til VDI 2595 blad 1 og blad 2 om henholdsvis Smokehouses og Smokehouses for fish /Ref.1/ og /Ref.2/.

## 5 Konklusion

Dannelse af PAH i røgerier afhænger i høj grad af forholdene under røggenereringen, og holdes temperaturen under 400 °C, minimeres dannelsen. Flis kræver højere temperatur end savsmuld, så der vil normalt dannes mere PAH ved anvendelse af flis, og mindre ved anvendelse af savsmuld.

Anvendes flydende røg, er PAH emissionen meget lav, fordi hovedparten er fjernet ved oprensning af den kondenserede røg det fremstilles ud fra.

De store røgerier har automatiserede røggeneratorer, som kan levere en konstant og ensartet kvalitet røg og de kan reguleres til at holde temperaturen under 400 °C, hvor dannelsen af PAH er mindst. De små røgerier har typisk manuelt styret røggenerering og få eller ingen måling af procesforholdene, og derfor kan de potentielt danne og emitte større mængder PAH.

AMI undersøgelsen fra 1990 viser at PAH emissionen er langt større fra fiskerøgerier, som typisk anvender varmrøgning og manuelt styret røggenerering med flis, end fra kødrøgerier og større industrielle røgerier, der typisk anvender koldrøgning og savsmuld og mere automatiseret røggenerering, der giver mindre PAH dannelse.

Ud fra de målte maksimale koncentrationer i AMI undersøgelsen er massestrømsgrænsen sandsynligvist ikke overskredet på nogen danske røgerier. B-værdien for PAH kan være overskredet på fiskerøgerier med manuel styret røggenerering og anvendelse af 2 kg/h flis, men anvendes en lempet B-værdi for intermitterende drift overskrides B-værdien sandsynligvis ikke.

Alle beregninger er udført under antagelse af en PAH koncentration, som der ikke er nogen viden om, eller dokumentation for, modsvarer den reelle emission fra røgerier. Den eneste mulighed for at verificere dette, er at foretage målinger af PAH emissionen fra udvalgte røgerier. Den største dannelse af PAH må forventes at forekomme fra fiskerøgerier, der typisk anvender varmrøgning, som har manuelt styret røggenerering med anvendelse af flis, fordi det kræver en højere temperatur end ved anvendelse af smuld.

De større røgerier, der er godkendelsespligtige, reguleres typisk med krav til lugtemissionen, hvilket også er den emissionsparameter, der hyppigst er klaget over gennem tiden. Der er heller ingen tegn på, at røgerier i andre lande vi normalt sammenlignes os med, reguleres med krav til PAH emissionen (i Tyskland og USA er der ikke krav til PAH).

## Litteraturliste:

- /Ref.1/ VDI 2595 Blatt 1. **Emission control – Smokehouses**. December 1986.
- /Ref.2/ VDI 2595 Blatt 2. **Emission control - Smokehouses for fish**. September 1994.
- /Ref.3/ VDI 2280. **Requirements of discharge of organic solvents**. August 2005.
- /Ref.4/ **Emissions Factor Documentation for AP-2. Section 9.5.2. Meat Smokehouses**. September 1995.
- /Ref.5/ **Introduktion til levnedsmiddelteknologi**. Bind 1. Andersen, P. E. Risum, J. Polyteknisk Forlag.
- /Ref.6/ **Kilder og niveauer af kemiske fødevarerforureninger**. Granby, K. Cederberg, T.L. Duedahl-Olesen, L. Petersen, J. H. Poulsen, M. E. Sloth, J.J. Uddrag fra afsnit: **Polycykliske aromatiske hydrocarboner (PAH)**. Miljø og sundhed nr. 35 december 2007. [www.smf.dk/blad/ms0703.pdf](http://www.smf.dk/blad/ms0703.pdf)
- /Ref.7/ **Kødindtaget i Danmark og dets betydning for ernæring og sundhed**. Ovesen, L. Fødevarerdirektoratet. Fødevarer Rapport 2002:20.
- /Ref.8/ Artikel om røgvarer fra:  
<http://www.madogsundhed.dk/index.php?page=visnyhed&id=2180>
- /Ref.9/ Fischer, K. Duedahl-Olesen, L. **Forundersøgelse af røgning af ørred i Danmark**. Food Marketing ApS, Oktober 2006.
- /Ref.10/ Personlig samtale med Jesper Preuss Justesen fra Bornholms kommune.
- /Ref.11/ Personlig samtale med Leif Jensen fra Skagen kommune.
- /Ref.12/ Vejledning 2, 2001. Luftvejledningen.
- /Ref.13/ Personlige oplysninger fra Ingvald Maskinfabrik (leverandør af små røgeovne).
- /Ref.14/ Glasius, M. et al. **Partikler og organiske forbindelser fra træfyring – nye undersøgelser af udslip og koncentrationer**. Arbejdsrapport fra DMU nr. 235, 2007.
- /Ref.15/ Polycykliske aromatiske kulbrinter (PAH) i røgerier. AMI-rapport Nr. 29/1990.