

Referencelaboratoriet for måling af emissioner til luften	
Titel	Lugt fra restauranter
Undertitel	
Forfattere	Ole Schleicher og Arne Oxbøl
Arbejdet udført, år	2014
Udgivelsesdato	20. maj 2015
Revideret, dato	-

Indholdsfortegnelse

1	Indledning og formål	2
2	Lugtemissioner fra køkkener	3
2.1	Årsager til lugt	3
2.2	Lugt fra fedtbelægninger	4
2.3	Lugt fra gammel fritureolie	7
3	Lugtreduktionsmetoder og teknologier	8
3.1	Filtre til fedt- og olieaerosoler	9
3.1.1	Opnåelig reduktion med filtre	10
3.1.2	Vedligeholdelse af filtre	10
3.2	Oxidation med UV-C/ozon	10
3.2.1	Rest ozon i afkast	11
3.2.2	Ozon teknologier	11
	Ozon genereret med UV-C lamper	12
	Ozon genereret med corona (elektriske udladninger)	12
3.2.3	Kombination af ozon og andre teknologier	12
3.2.4	Opnåelig rensning med ozon	12
3.3	Lugtrensning med aktivt kulfilter	13
3.3.1	Opnåelig rensning med aktivt kul	13
3.3.2	Levetid for kulfiltre	13
4	Anbefalinger	15
5	Litteraturliste	18
Bilag A	Relativ emission af lugt og fedt/olie fra forskellige restauranttyper	19
Bilag B	Fedt og olie aerosoler og vand fra forskellige tilberedningsmetoder	20

1 Indledning og formål

Lugtgener fra restauranter, grillbarer m.v. kan være et problem for naboer. Rapporten beskriver, hvad der er årsager til lugtemissioner fra køkkener og hvordan lugtemissionen kan reduceres, dels ved primære tiltag som fedt og olietågefiltre og rengøring, og dels ved rensning af udsugningsluften og optimerede afkastforhold.

Lugt fra restauranter har hidtil været omfattet af Miljøstyrelsens vejledning nr. 3 1982 om støj og lugt fra restauranter /5/. Miljøstyrelsen forventer at lugt fra restauranter fremover vil være omfattet af ny lugtvejledning for virksomheder. Formålet med denne rapport er at udgøre en del af grundlaget for tekst om lugt fra restauranter m.v. i den nye lugtvejledning.

2 Lugtemissioner fra køkkener

Det er velkendt, at aktiviteter som kogning og stegning i køkkener ofte giver anledning til lugt, og i restauranter, hvor der produceres mad til mange mennesker, kan den samlede mængde lugt der frigives være ganske stor. For at undgå problemer med damp og lugt i restauranter, så er køkkenerne altid forsynet med udsugninger, som normalt er placeret som emhætter over de steder hvor maden tilberedes, dvs. komfurer, stegepladser, frituregryder, kogekejs mv. Nogle udsugninger kan være udformet som punktudsugninger, men faste emhætter er det mest udbredte.

Udsugningerne føres normalt til afkast over taget, men der er mange tilfælde hvor bygningen med restauranten er lavere end nabobygningerne, hvor afkastet derfor ikke bliver højere end nabobygningerne, hvilket kan forårsage lugtgener hos naboerne.

2.1 Årsager til lugt

Lugt fra køkkener kommer fra forskellige kilder, og mængden af lugt fra et køkken afhænger af mange forhold. I en engelsk vejledning på området /1/ nævnes f.eks.:

1. Mængden af mad der tilberedes (restaurantens størrelse), hvilket har betydning for den dannede mængde lugt og dermed for behovet for ventilationskapacitet
2. Hvilke typer madvarer der tilberedes og hvilke krydderier der anvendes. Det har stor betydning for den kemiske sammensætning af lugtstofferne, der dannes, og dermed for hvordan de kan reduceres
3. Tilberedningsmetoden, f.eks. friture, stegning, flambering, kogning, bagning, som har betydning for mængden af vanddamp samt fedt- og olieaerosoler i udsugningsluften

Desuden påvirkes lugtemissionen af forskellige forhold, f.eks. fritureoliens alder (jo ældre jo mere lugt – se afsnit 2.3), mængden af olie- og fedtaflejringer i udsugningssystemet – se afsnit 2.2, samt graden af bakterievækst i belægningerne – se afsnit 2.2.

Den tilberedte madtypes betydning for emissionen af lugt og fedt og olie er uddybet i en tabel i den engelske vejledning, og den er gengivet på dansk i Bilag A. Tilberedningsmetoden, dvs. hvordan maden tilberedes og i hvilken type køkkenudstyr er også uddybet i en tabel i den engelske vejledning, og den er gengivet i fordansket form i Bilag B. Det skal også her bemærkes, at de engelske erfaringer ikke nødvendigvis svarer til forholdene på danske restauranter, så tabellerne skal tages med et vist forbehold.

Tabellerne indhold kan ikke anvendes direkte til at vurdere eller regulere restauranter efter type, men kan anvendes til at give en relativ fornemmelse af belastningen fra forskellige typer restauranter, madtyper og tilberedningsmetoder, som kan være nyttig ved vurdering af lugtgener og de mulige tiltag til at reducere lugtgener.

Om en given lugtemission giver anledning til lugtgener i omgivelserne afhænger meget af, om afkastet fra restauranten er korrekt dimensioneret i forhold til omliggende bygninger. Afkastet er ikke en årsag til lugtgener, men kan være en del af løsningen. Mindre lugtgener kan ofte elimineres ved at øge afkasthøjden, så lugten spredes bedre

2.2 Lugt fra fedtbelægnings

Aflejringer af fedt og olie i ventilationskanalerne kan give anledning til emission af lugt, selvom restauranten ikke producerer mad i køkkenet. Tilsvarende vil disse aflejringer give et bidrag til lugten under produktion af mad. Afhængigt af, hvor en evt. rensningsindsats sættes ind, vil fedtbelæggningerne i større eller mindre grad betyde, at naboerne stadig kan opleve lugt fra restauranten.

I forbindelse med udførelse af en test af et lugtrensningssystem med ozon har FORCE Technology foretaget målinger af lugten i nyrengjorte ventilationskanaler uden produktion i køkkenet. En visuel inspektion viste dog, at kanalerne ikke var helt rene, hvilket tilskrives at rengøringen er vanskelig pga. kanalbøjninger og ventilatorer. Målingerne viste lugtkoncentrationer på 300 – 500 OU/m³. Efter nogen tids drift af køkkenet efter rengøringen blev der foretaget nye målinger to morgener inden åbningstid. Koncentrationerne var nu 4.000 – 6.000 OU/m³. Der er således et stort lugtpotentiale fra aflejrede fedt- og olierester i ventilationskanalerne.

Det anses derfor at være meget væsentligt, at emhætter og kanaler holdes fri for både fedt- og oliebelæggninger, hvis en lav lugtemission skal fastholdes.

En vigtig sideeffekt af rene kanaler er mindre bakterie- og svampevækst, idet disse kræver næring for at kunne leve og formere sig. Det er velkendt, at gammel mad med bakterie- eller skimmelbelæggninger kan have en særdeles ubehagelig lugt. Det kan derfor ikke udelukkes at fedtbelæggningernes lugt øges betydeligt, hvis bakterier og eller skimmel får lov at brede sig.

En anden vigtig sideeffekt af rene kanaler er reduceret brandfare og mindre konsekvenser af en evt. brand.

På Figur 1, Figur 2 og Figur 3 ses billeder af henholdsvis en kanal renselem, bag filteret i en emhætte og fra to kanaler på udsugningen fra restaurantkøkkener med dårlige fedt- og oliefiltere og/eller manglende vedligeholdelse, hvor der tydelige er aflejret store mængder fedt og olie. Der har tydeligvis heller ikke været foretaget nogen rengøring af i længere tid, formentlig flere år.

Køkkenudsugningerne bør derfor holdes rene, dels ved at sikre mindst muligt fedt- og olietåge i luften efter emhætterne, og dels ved jævnlig indvendig inspektion af emhætter og kanaler, der følges op med rengøring, når det er nødvendigt.

Figur 4 viser en ny kanal i udsugningen fra et restaurantkøkken. Hvis der er installeret et effektivt fedt og oliefilter, som vedligeholdes med regelmæssigt rengøring, f.eks. i opvaskemaskine, så kommer der meget begrænsede belæggninger i kanalerne, og de kan holdes pæne, selv med lange intervaller mellem kanalrengøring.

Hyppigheden af den nødvendige rengøring for at opnå det, afhænger dels af belastningen med fedt- og olieemission fra køkkenet og dels af effektiviteten af filtrene i emhætterne og eventuelt efterfølgende finfilter og anden rensning. Bygningsreglementet indeholder krav til bl.a. rensning af ventilationssystemet /2/.

FORCE Technology har erfaringer fra en restaurant, hvor der er monteret effektive filtre i emhætterne og en supplerende UV-C behandling umiddelbart efter filtrene, hvor kanalerne efter seks måneders drift har så lidt fedt- og oliebelæggninger, at de næsten ser ud som helt nye rør, som på billedet i figur 4. Her er de effektive filtre hovedårsagen til den ringe afsætning af fedt og olie i kanalen, og UV-C behandlingen forhindrer effektivt bakterie og svampevækst.

Det helt væsentlige i denne foranstaltning er,

- at filtrene er opbygget således, at de tilbageholder fedt- og oliedråber på luftens vej vertikalt gennem filteret
- at der ikke er mulighed for, at luft med fedt og olieaerosoler kan passere filtrene gennem utætheder mellem filterelementer eller mellem filterelementer og emhættens afgrænsninger.

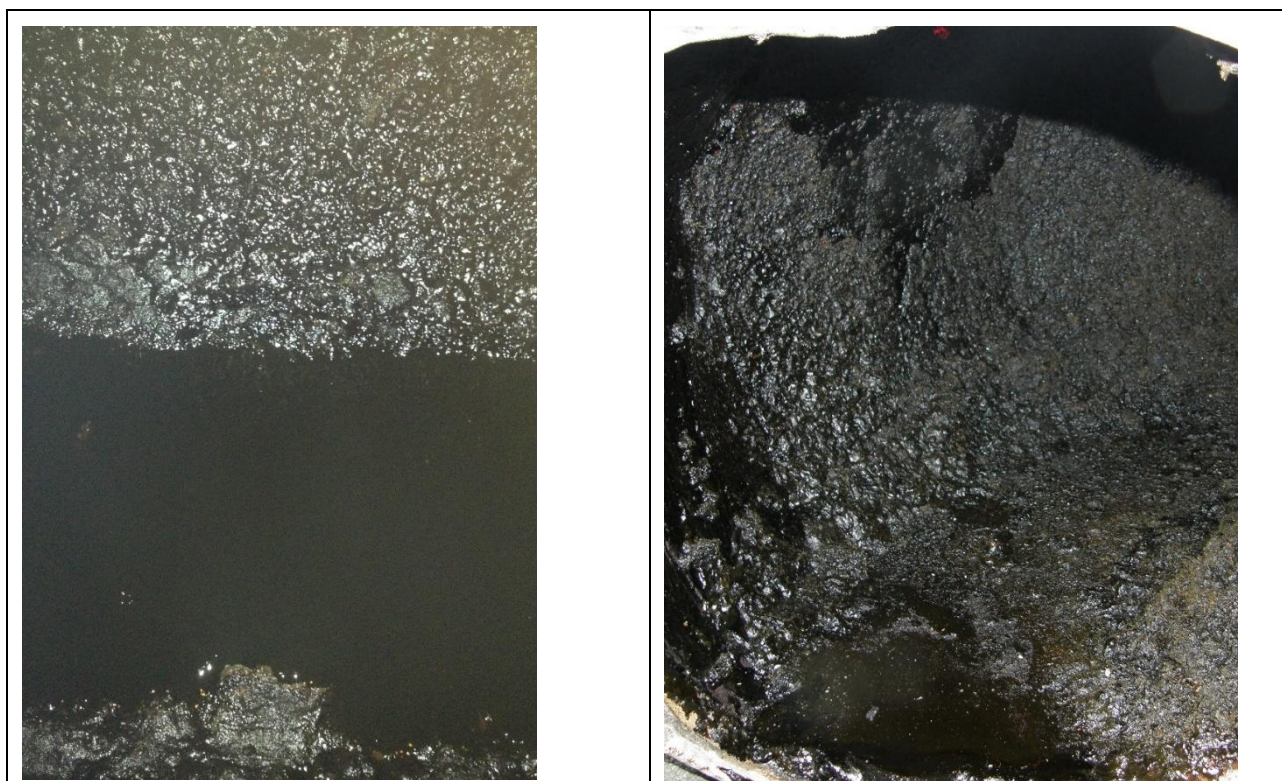
Sådanne filtre kan i høj grad (men ikke fuldstændigt) holde fedt og olie væk fra ventilationskanalerne og dermed renholde dem i høj grad, så lugt fra fedtbelægninger forebygges. Men da der også vil være lugt fra madlavningen (aromastoffer), herunder fedt og olie på dampform, vil effektive filtre i emhætter kun i mindre grad kunne reducere lugten fra madlavningen. Installerer effektive filtre efter at kraftigt lugtende gamle belægninger er fjernet ved rengøring, så kan det dog samlet betyde en meget stor reduktion i lugten fra restauranten.



Figur 1. Renselem i udsugningskanal på taget fra restaurant med dårligt fungerende fedtfiltre



Figur 2. Indvendigt i emhætte på restaurant med dårligt fungerende fedtfiltre



Figur 3. Gammel kanal på tag til udsugning fra friturestegning med belægninger og fritureolie i bunden



Figur 4. Nyinstalleret kanal på udsugning fra restaurant køkken

2.3 Lugt fra gammel fritureolie

Fritureolie skal udskiftes med jævne mellemrum, afhængigt af anvendelsen, fordi den på grund af den høje temperatur langsomt nedbrydes og ændres til andre stoffer, hvoraf nogle har meget kraftigere lugt.

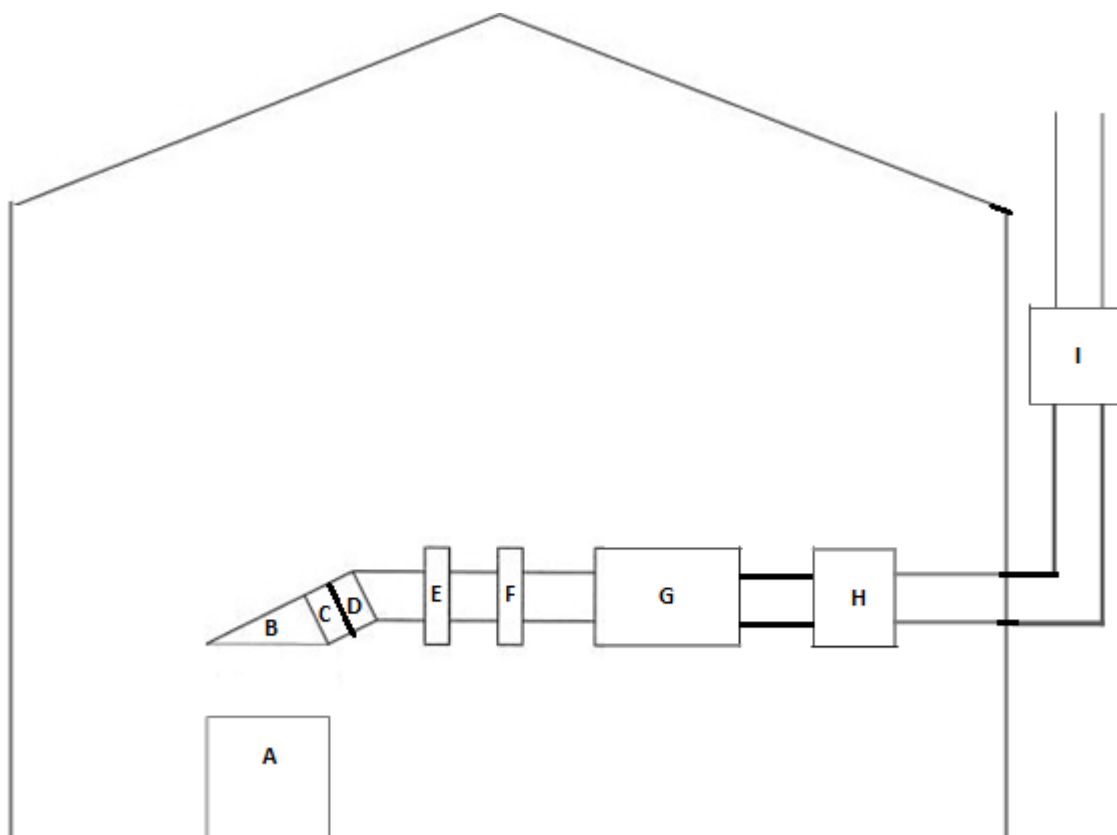
Fritureoliens lugt ændres med alderen, så den tydeligt lugter kraftigere og mere ubehageligt, jo ældre den er. Lugt bliver kraftigere, dels fordi olien harskner og krakkes til andre komponenter, som har kraftigere lugt, og dels fordi olien tilføres stoffer fra de madvarer der tilberedes, herunder krydderier. Det betyder samlet, at lugtemissionen fra frituren stiger med oliens alder. Referencelaboratoriet har ikke kendskab til målinger, der direkte dokumenterer dette forhold, men det kan tydeligt registreres, at gammel olie lugter meget kraftigere end ny olie, hvilket kan bekræfte af personalet i køkkenerne.

Hyppigere skift af fritureolien antages derfor at kunne reducere lugtemissionen og derved at kunne bidrage til reduktion af eventuelle lugtgener. Det anses dog for usandsynligt, at problemer med lugtgener alene kan løses ved hyppigere skift af fritureolien.

3 Lugtreduktionsmetoder og teknologier

I Figur 5 er vist en principskitse af udsugningen via en emhætte over et komfur i et restaurantkøkken, med eksempler på placering af mulige anlægsdele, herunder teknologier til rensning af den udsugede luft.

Mange steder vil rørene være skjult under nedhængende lofter, og anlægsdelene kan enten være placeret i et teknikrum på loftet eller oppe på taget, som så vil være et fladt tag.



Figur 5. Skitse af køkkenudsugning med eksempel på placering af mulig anlægsdele /1/

A: Komfur/friture	D: UV-C/ozon behandling	G: Aktivt kul filter
B: Emhætte	E: Fin filter	H: Ventilator
C: Fedt og olietåge filter	F: Ekstra fint fin filter	I: Lyddæmper

De renseteknologier der ofte ses anvendt i køkkenudsugninger fra restauranter, er først og fremmest forskellige filtre til at tilbageholde fedt- og olieaerosoler, og dernæst ozon og/eller aktivt kul til at reducere lugt.

Det er FORCE Technology's erfaring fra besøg fra et mindre udvalg af restauranter, at de mekaniske filtre ofte er for dårlige og, at dosering af ozon ofte er eneste lugtreduktionsteknik, som endda har vist sig ikke at have nævneværdig effekt – se herom i afsnit 3.2.4.

Når en ozonløsning i flere tilfælde kan virke overbevisende og tilsyneladende kan dokumenteres effektivt gennem lugtanalyse kan det bl.a. skyldes nedenstående forhold (se også afsnit 3.2.1):

- Ozon kan reagere videre i prøveposen fra prøvetagning til analyse
- Ozon kan maskere den oprindelige lugt, så den får en anden karakter (kemisk, frisk, citrus)

Maskeringseffekten kan man også opleve direkte i afkastet, så man kan opleve at den oprindelige er helt væk, men når luften er nået ud til naboerne, kan ozonens maskeringseffekt være væk og kun madlugten tilbage.

De steder, hvor der anvendes aktive kulfiltre er der en anderledes effektiv reduktion af lugten, hvis kulfiltrene bliver ordentligt vedligeholdt. Aktivt kul kan effektivt tilbageholde mange forskellige lugtstoffer.

Der kan i princippet også anvendes andre teknologier til lugtreduktion, f.eks. skrubbere og termisk forbrænding, men de teknologier anvendes normalt ikke, fordi de er for store og dyre.

I de følgende afsnit beskrives de teknologier, der typisk ses anvendt til rensning af udsugningen fra restaurantkøkkener.

- Filtre til fedt- og olieaerosoler
- Oxidation med ozon genererende UV-C lys eller ren ozon
- Aktivt kul filtrering

Til orientering reguleres ventilationsanlæg herunder udsugninger fra restaurant køkkener også med krav til opbygning og funktion i Bygningsreglementet /2/. Kravene er dog primært rettet mod luftskifte og brandsikkerhed

3.1 Filtre til fedt- og olieaerosoler

Emhætter er normalt forsynet med et fedt- og oliefilter i indsugningen, som har til formål at udskille de dråber der suges med op fra tilberedningen af mad.

Filteret består ofte af en mekanisk separator, som ved hjælp af nogle grove lameller ændrer luftstrømmens retning, så de store dråber rammer lamellerne og løber ned i en opsamlings rende. Herved fjernes en stor del af dråberne. For at opnå en tilstrækkelig reduktion skal der bag ved lamellerne være et vævet metalfilter, som kan udskille mindre dråber, som også kan løbe ned i opsamlingsrenden. Sådanne filtre er ofte ikke til stede. Hvor de findes varierer tykkelsen, og det er ofte ikke tykt nok til at give den optimale udskillelse. Samtidig ses det ofte, at der er utætheder mellem de enkelte filterelementer eller mellem filterelementer og emhættens sider. Er der små utætheder, kan der suges relativt store mængde fedt- og olieaerosoler igennem, som ikke udskilles i filtrene, og derved giver belægninger i kanalerne og forøget lugt i afkastet.

Et effektivt fedt- og oliefilter, der vedligeholdes med jævnlig rengøring er en meget nem og billig måde at reducere fedt- og oliebelægninger i udsugningssystemet, hvilket i nogen grad i sig selv reducerer lugtemission og under alle omstændigheder bidrager til forøget effekt af andre foranstaltninger til lugtreduktion. Selv 100% effektive fedt- og oliefiltre kan dog normalt ikke alene forhindre lugtemission, da der stadig vil være lugt fra madlavningen (aromastoffer), herunder fedt og olie på dampform. Hvis der installeres andre former for rensning, så er effektive fedt- og oliefiltre som nævnt meget vigtige for driften af disse, uanset om det er finfiltre, UV-C/ozon eller aktivt kul rensning.

Det er også muligt at anvende elektrostatiske filtre til fedt- og olieaerosoler, og de kan være meget effektive, så længe de jævnlige vedligeholdes med effektiv rengøring. Hvis de ikke vedligeholdes med jævnlig rengøring, så vil de hurtigt blive dækket af et lag af fedt og olie, som virker isolerende og derved reducerer og til sidst helt fjerner rensningseffektiviteten.

3.1.1 Opnåelig reduktion med filtre

Filtre kan tilbageholde fedt- og olieaerosoler (og andre partikler) med meget stor effektivitet, men effektiviteten er højest for de store partikler og falder, jo mindre partiklerne er. Derfor anvendes typisk lidt grovere filtre der kan rengøres i emhætten, som kan suppleres med finere filtre, som typisk er engangsfiltre, fordi belastningen ikke er så stor, så de kan holde relativt længe. Det forudsætter dog, at filteret i emhætten vedligeholdes ordentligt, så det altid er effektivt, så belastningen på finfilteret altid er lav.

Med effektive filtre der vedligeholdes ordentligt, vil der være så lidt fedt- og olieaerosol i den udsugede lugt, at der kommer minimal belægning af fedt og olie i kanalerne.

I normen for brandtekniske foranstaltninger ved ventilationsanlæg /4/ angives, at effektiv fedtfiltrering kan opnås ved to filtreringstrin, hvor første filtrering består af flammehæmmende fedtfilter iht. EN 16282-6 /6/ med en udskilningsgrad på minimum 90 % for partikelstørrelse 5 µm, som f.eks. kan opnås via cyklonfilter. Anden filtrering består f.eks. af et F7-filter eller et elektrostatisk filter, med udskilningsgrad minimum 80 % for partikelstørrelse 1 µm. Referencelaboratoriet har set gode resultater på steder, hvor der anvendes et kombi-filter i emhættens udsugning, bestående af en mekanisk separator efterfulgt af et metalfilter på mindst 1 - 2 cm tykkelse og gerne op til 5 cm. Endnu mere effektiv filtrering kan opnås ved at anvende endnu tykkere metalfilter, helt op til 10 cm, men jo tykkere det er, jo større er tryktabet og dermed energiforbruget til udsugningen.

3.1.2 Vedligeholdelse af filtre

Der er mange eksempler på, at hvis der ikke er en fast rutine for vedligeholdelse og vask af fedt- og oliefilteret, så vaskes det først, når der er ophobet så meget fast fedt og olie, at det ikke kan vaskes ud i en almindelig opvaskemaskine. Konsekvensen kan være, at filteret fjernes for at få udsugningen op på den nødvendige kapacitet, hvilket vil give fri adgang til afsætning af det udsugede fedt og olie i ventilationskanalerne.

Derfor er det bedre med en fast rutine med filtervask, inden de bliver for tilsmudsede, for så er de meget nemmere at vaske rene. På restauranter med lang åbningstid og stor aktivitet, kan hyppigheden være daglig vask i forbindelse med den daglige rengøring af køkkenet, mens det i andre køkkener med lavere belastning kan være tilstrækkeligt med vask en eller to gange ugentligt.

Når filtrene monteres i emhætterne efter vask, er det vigtigt, at de monteres korrekt, så der ikke er utætheder, hvor der kan suges luft igennem, som derved ikke bliver rensat i filtrene.

3.2 Oxidation med UV-C/ozon

Ozon er et meget kraftigt oxidationsmiddel, og det kan udnyttes til at oxidere lugtstoffer, så lugtkoncentrationen reduceres. Den opnåelige lugtreduktion afhænger af i høj grad af, hvor tilgængelige lugtstofferne er for ozon-oxidation, samt af om nedbrydningsprodukterne lugter. Hvis ikke UV-C/ozon kan reagere med lugtstofferne, kan lugten ikke reduceres. Andre forhold som ozonkoncentration i forhold til koncentrationen af lugtstoffer, opholdstid til reaktionen, temperatur, luftfugtighed mv. er også vigtige for reduktionen, men det er mest et spørgsmål om dimensionering af anlægget.

I restauranter af grill- og frituretypen er den karakteristiske lugt netop grill og friture, som i høj grad er lugten af olie og fedtstoffer. Ozon reagerer kun i nogen omfang med olie og fedtstoffer, og formentlig kun de dobbeltbindingerne der er i umættede olie og fedtstoffer. Det giver en naturlig begrænsning i den opnåelige lugtreduktion med ozon. Kombinationen af UV-C og ozon kan muligvis reducere lugten mere end ozon alene, fordi UV-C lyset også kan bryde nogle bindinger i molekylerne, ligesom UV-C strålerne kan medvirke til dannelse af andre og mere reaktive radikaler end ozon, f.eks. hydroxyl radikaler ($\text{OH}^\cdot$) ud fra ozon og vand.

Der er normalt ikke tale om, at stofferne nedbrydes fuldstændigt til CO_2 og vand, selvom flere leverandører af ozonanlæg oplyser det i deres materiale. Andre oplyser, at lugtstofferne nedbrydes til kulstofpartikler eller bare, at lugtstofferne oxideres til partikler. Selvom ozon er et kraftigt oxidationsmiddel, så kan det ikke oxidere alle mulige stoffer til CO_2 og vand, men selvom det kunne, så er den mængde ozon, der tilsættes, normalt langt mindre end den mængde, der teoretisk skal til for at nedbryde et stof fuldstændigt til CO_2 og vand. F.eks. skal der anvendes 30 mg/m^3 ozon (15 ppm) til en støkiometrisk nedbrydning af $3,4 \text{ mg/m}^3$ oliesyre (målt i afkast fra restaurantkøkken), og den støkiometriske mængde er aldrig nok, for der skal altid anvendes et pænt overskud for at få en fuldstændig omsætning. Typisk tilsættes også kun nogle få ppm ozon.

3.2.1 Rest ozon i afkast

Der er flere forhold man skal være meget opmærksom på ved anvendelse af ozon anlæg til lugtreduktion. Det største problem er, at den tilsatte ozon normalt ikke når at reagere fuldstændigt, inden udledning til luften, så der er en målelig ozonkoncentration i afkastet.

Ved prøvetagning til lugtbestemmelse eller vurdering af lugten, vil restozonen kunne maskere lugten, så man tror, at den oprindelige lugt er fuldstændig væk, men efter fortynding med udeluft svarende til spredningen fra afkastet, kan den oprindelige lugt komme frem igen. Dette gør det meget vanskeligt at vurdere ozonbehandlingens effekt på stedet, og det giver også nogle problemer i forhold til at bestemme lugtkoncentrationen. Hvis lugtmålingerne bare udføres efter den normale procedure, så vil restindholdet kunne nå at reagere med lugtstofferne i posen, og dermed reducere lugtkoncentrationen i løbet af de op mod 24 timer, der må gå fra prøvetagning til lugtbestemmelse. Da ozon også lugter, vil restozon også kunne bidrage til lugtkoncentrationen i prøven.

Hvis der er restozon, så bør det fjernes før opsamling af prøve til lugtbestemmelse, f.eks. ved at suge prøven gennem en denuder med f.eks. kaliumiodid, som effektivt fjerner ozon.

Nogle leverandører har en katalysator til at fjerne restozon, og så er der selvfølgelig ikke nogen grund til at bekymre sig om restozon, forudsat at den er effektiv, hvilket bør kontrolleres ved måling af ozonkoncentrationen. Katalysatoren kan bestå af aktivt kul, hvilket også effektivt kan fjerne lugtstofferne, og så er det et åbent spørgsmål, om lugtreduktionen skyldes ozonbehandlingen eller det aktive kul, samt hvor længe kullene holder og om de skiftes hyppigt nok.

3.2.2 Ozon teknologier

Ozon (O_3) er en gas, og fordi den er så reaktiv, så nedbrydes den relativt hurtigt til O_2 ($2\text{O}_3 \rightarrow 3\text{O}_2$). Ozon kan derfor ikke opbevares i koncentreret form, men må fremstilles lokalt hvor det skal bruges. Der er forskellige metoder til fremstilling af ozon, og derfor også flere forskellige typer af ozonreduktionsanlæg, som enten er baseret på ozon genereret med UV-C lamper eller corona (elektriske udladninger).

Ozon genereret med UV-C lamper

UV-C lamper til generering af ozon er ofte UV-C-C lamper, der har lys i de bølgelængder, der producerer ozon og afledte radikaler, f.eks. $\text{OH}^\cdot$, ud fra luftens O_2 (og vand). UV-C lyset kan også medvirke til en direkte nedbrydning af visse forbindelser, og derudover har de en stor mikroorganismedræbende virkning. UV-C lamperne placeres derfor umiddelbart bag fedtfilteret i emhætten, så den udsugede luft ledes derfor direkte forbi lamperne ved lav hastighed, og der efterfølgende er længst mulig opholdstid i hele ventilationsanlægget, til at ozon og andre radikaler kan reagere med lugtstofferne (der bør være mindst nogle sekunders opholdstid).

Ozon genereret med corona (elektriske udladninger)

Når det lynet, dannes der ozon, hvilket giver den karakteristiske lugt af tordenvejr. Den proces kan efterlignes ved elektriske udladninger mellem to elektroder. Ved denne proces produceres ozon i en lille luftstrøm (eller en strøm af ren O_2), som blæses ind i den luftstrøm, der skal behandles.

Her skal der naturligvis også være en passende opholdstid, så ozonen kan nå at reagere med lugtstofferne. Ved corona processen kan der også dannes NO og NO_2 fra luftens N_2 , men mængden kan muligvis minimeres ved valg af coronarør og den anvendte højspænding.

3.2.3 Kombination af ozon og andre teknologier

Alle ozonteknologierne kan kombineres med andre renseteknologier, f.eks. en skrubber med vand, efterfulgt af en ozonbehandling og derefter et elektrofilter til at fjerne de dannede partikler og til slut en katalysator til at fjerne restozon.

Det er FORCE Technology's erfaring, at ozon skal kombineres med andre teknologier for at opnå en tilfredsstillende lugtreduktion. Ozon kan spille en rolle i den samlede lugtreduktionsstrategi, bl.a. til elimination af bakterie- og skimmelvækst, hvor andre teknologier ikke har samme effekt. Ozon kan desuden forårsage en vis nedbrydning af lugtstoffer.

En god kombination er med kulfilter – se herom i afsnit 3.3.

3.2.4 Opnåelig rensning med ozon

Der findes ikke ret mange tilgængelige data om den opnåelige lugtreduktion med ozon behandling. Leverandørerne af den slags anlæg lover typisk op til 95 – 99 % lugtreduktion, men Referencelaboratoriet har ikke kendskab til dokumentation for så høj effektivitet på restauranter. Referencelaboratoriet har kendskab til nogle restauranter af grill- og frituretypen med UV-C teknologien installeret i emhætterne lige bag fedtfilterne, hvor der er målt lugtreduktioner på op mod 50 %. Tre af anlæggene var også forsynet med en katalysator med aktivt kul, hvilket øgede den samlede lugtreduktion til mere end 95 %.

På et af anlæggene blev der også målt koncentration af olietåge og fedtsyrer, og der kunne ikke påvises nogen reduktion i koncentrationen af partikler inklusive olietåge, men det kunne konstateres, at fedtsyrer med dobbeltbindinger (f.eks. oliesyre) forsvandt, og det betød en umiddelbar ca. 50 % reduktion i koncentrationen af de fedtsyrer, der blev analyseret for. Der er formodentlig dannet andre, langkædede molekyler. Dette viser, at der sker en delvis oxidation af fedtsyrer, måske til nogle andre stoffer uden væsentlig lugt.

Der er ikke fundet meget dokumentation i form af lugtmålinger på ozonanlæg med dosering af corona produceret ozon, men nedenfor beskrives et par eksempler.

På en restaurant af grill- og frituretypen, hvor ozon havde været anvendt i flere år sammen med relativt simple emhættefiltre, var der et centimeter tykt lag af fedt i kanalerne, naboklager over lugt og en høje lugtkoncentrationer i afkastet. På en tilsvarende restaurant med tilsvarende observationer blev det dokumenteret, at den i ozongeneratoren dannede mængde ozon svarede nogenlunde til den emitterede mængde ozon. Der var således ingen omsætning af ozon. I en anden restaurant, som ændrede sin tilberedningsform fra meget friture til mindre friture og mere kogning blev der observeret ca. 50 % omsætning af den doserede ozon. Ved alle prøvetagninger og målinger blev der konstateret ozon i prøveposerne ved lugtanalysen dagen efter (om end mindre end ved prøvetagningen), hvilket viser, at reaktionshastigheden ikke er særligt høj. Der kan derfor ikke opnås nogen forbedring på eksisterende anlæg ved at forlænge reaktionstiden med nogle sekunder.

Den umiddelbare forventning er derfor, at effekten af corona genereret ozon er dårligere end for UV-C/ozon-teknologien, fordi der kun er ozon og ikke den kombinerede af UV-C lys og ozon. Det kan dog også være et spørgsmål om mængde og opholdstid for ozonen.

Under alle omstændigheder er den kemiske sammensætning af lugtstofferne afgørende for, om de kan reduceres med UV-C og ozon.

3.3 Lugtrensning med aktivt kulfilter

Aktivt kul er normalt meget effektivt til at adsorbere de organiske lugtstoffer, der kommer fra madlavning. Effektiviteten reduceres med stigende temperatur og luftfugtighed, men er temperaturen under ca. 40 °C og den relative luftfugtighed (RF) mindre end 60 – 80 %, så vil det normalt fungere fint.

Ved anvendelse af kulfilter er det vigtigt at undgå en stor belastning med partikler, og specielt partikler i form af olieaerosoler, fordi det hurtigt kan tilstoppe kulfilteret. Det bør derfor altid afklares, om der bør være filtrering af luften før kulfilteret, for at opnå optimal drift og levetid. På en restaurant af grill- og frituretypen skal der være en effektiv filtrering af luften i emhætten til fjernelse af hovedparten af olie- og fedtdråber.

3.3.1 Opnåelig rensning med aktivt kul

FORCE Technology har udført nogle målinger på nogle få udsugninger fra restaurantkøkkener, forsynet med først en rensning med UV-C/ozon og dernæst aktivt kulfilter. Målingerne har vist en lugtreduktion for kulfiltre på mellem 80 og 97 %. Lugtkoncentrationen efter kulfilteret var i nogle tilfælde mindre end 100 LE/m³.

3.3.2 Levetid for kulfiltre

Levetiden for kulfiltre afhænger af flere forhold:

1. Kultypen og adsorptionskapaciteten for de lugtstoffer og andre TVOC'er, det belastes med
2. Mængden af aktivt kul i filteret
3. Belastningen med lugtstoffer og andre TVOC'er (evt. målt som TVOC og i vægt per tid)
4. Luftfugtigheden, som bør være mindre end 80 % RF ved mindre end 40° C, for ellers er der risiko for nedsat effektivitet og kapacitet.
5. Luftens temperatur, fordi kullenes effektivitet og kapacitet reduceres med stigende temperatur.

For høj luftfugtighed og temperatur er normalt ikke noget problem for kulfiltre på køkkenafkast, fordi der typisk suges så meget luft ud, at varme og damp fortyndes til under de problematiske koncentrationer for kulfiltre.

Nogle leverandører vil typisk angive en udskiftningshyppighed, men den kan være baseret på generelle dimensioneringsregler og erfaringer, som ikke nødvendigvis er erfaringer fra køkkenudsugninger. Levetiden for et kulfilter vil direkte afhænge af den samlede mængde organiske stoffer (fedt, olie, aromastoffer og evt. andre) der adsorberes i kullene og ikke af den mængde lugtenheder, der fjernes. For at opnå en tilfredsstillende rensning og en god levetid med en fornuftig økonomi er det vigtigt at dimensionere kulfilteret rigtigt, dvs. med en opholdstid i kulfilteret på mellem ét og fem sekunder. Små kulpatroner med ét til to kg kul i hver anvendes ofte i mindre ventilationsanlæg, men det er en meget dyr løsning til større anlæg med mere end ca. 1.000 m³/time. Sådanne kulpatroner er meget dyre per kg aktivt kul, og der skal mange til for at opnå en tilstrækkelig opholdstid.

Anbefalinger for kulfiltre:

1. Anvend et kulfilter med en opholdstid for luften i kullene på mindst ét sekund.
2. Sørg for en effektiv filtrering af fedt- og olieaerosoler, dels med filtre i emhætten, og dels med finere engangsfiltre (f.eks. kuvertfiltre) lige før kulfilteret. Olietåge vil ellers kunne tilstoppe filteret, og desuden vil det tage en stor del af kullenes kapacitet over for andre lugtstoffer.
3. Placer kulfilteret så det er nemt tilgængeligt for udskiftning af kullene, hvilket normalt skal gøres med 1 – 2 års mellemrum, hvilket dog forudsætter, at den forudgående filtrering altid fungerer effektivt.
4. Montér en studs efter filteret og ventilator, hvor der er overtryk, så man med faste intervaller kan åbne ventilen og lugte til den udstrømmende luft. Når der kan registreres en stigende lugt, så er der gennembrud, fordi kullene er brugt op, og så skal de udskiftes.
5. Basér også dimensioneringen af kulfilteret på målinger af koncentrationen af TVOC, med eventuelle variationer over dagen, så den samlede belastning i gram TVOC per uge kan beregnes. På den baggrund bør leverandøren garantere en minimum levetid for kullene.
6. Sørg for jævnlig vask af fedt- og olietåge filtrene i emhætterne, så de altid kan fungere effektivt.
7. Tilse finfilter før kulfilteret jævnligt og skift det efter behov. En differenstrykmåler kan med fordel anvendes til at vise, hvornår finfilteret skal skiftes.

4 anbefalinger

I dette afsnit angives Referencelaboratoriets anbefalinger til, hvordan årsagerne til eventuelle lugtgener fra restauranter m.v. kan undersøges og afhjælpes.

Håndtering af klager over lugt fra restauranter

Ved klager over lugt fra en restaurant, anbefales følgende fremgangsmåde, dels til at afdække årsagen til problemet, og dels til at afdække mulige afhjælpende foranstaltninger.

1. Inspicér emhætter og rørsystemer indvendigt. Hvis der er væsentlige belægnings af fedt og olie, så er filtrene for dårlige, eller rengøring af kanalerne sker for sjældent (hvis det overhovedet foretages). Belægnings kan medføre at udsugningssystemet har en væsentlig egenlugt, som under alle omstændigheder kan og bør nedbringes.
2. Inspicér fedt- og oliefiltre, og undersøg køkkenets procedure for rengøring. Er der intet vævet metalfilter på bagsiden af filteret, er der her et stort potentiale for en bedre filtrering ved at montere et 1-2 cm og gerne op til 5 cm tykt vævet metaltrådsfilter. Proceduren for vask af filtre anbefales at foreskrive daglig vask i vaskemaskine på større restauranter – evt. mindre hyppigt på mindre restauranter.
Konroller om filtre slutte tæt, eller om der kan passere luft, som dermed ikke renses i filtrene. Er der utætheder, bør monteringsystemet forbedres, så filtrene kun kan monteres tætsluttende.
3. Inspicér afkast og specielt placeringer i forhold til de naboer, der har lugtgener. Hvis afkastet kan forhøjes, så kan det være en løsning i kombination med eventuelle forbedringer af fedt- og oliefiltre, samt renholdelse af udsugningssystemet.
4. Undersøg hyppigheden for skift af fritureolien, da hyppigere skift kan reducere lugtemissionen. Det vil dog sjældent være en hovedårsag til gener, og hyppigere skift kan derfor heller forventes at eliminere en lugtgener.
5. Hvis der fortsat er lugtgener efter forbedringer jf. punkt 1 – 4, så bør der etableres lugtrensning til nedbringelse af lugtemissionen.

Måling af lugtemission

Måling af lugtemissionen kan være nødvendigt, enten for at dimensionere afkastets højde eller for at fastlægge den nødvendige rensning, og her er det vigtigt at sikre, at der måles ved de forhold, hvor lugtemissionen er størst og derfor giver de største lugtgener. Det vil typisk være om aftenen i perioden fra kl. 17 til 20, afhængigt af hvilken type restaurant, der er tale om. Det har også betydning, hvilken ugedag der måles, for fredag aften er normalt langt mere travl end f.eks. mandag aften.

Hvis kanalerne i ventilationsanlægget ser fedtede ud evt. med mørkfarvede belægnings, er det relevant at måle lugtbidraget herfra uden drift i køkkenet, men med ventilationsanlægget i drift, f.eks. om morgenen hvor der ikke er nogen lugtafgivende aktivitet i køkkenet. For at få det sande billede af systemets egenlugt, skal f.eks. frituregryder være slukket og afkølet eller fjernes fra den ventilerede kogeplads. I modsat fald giver de et bidrag til lugten. Hvis ikke man iagttager denne forholdsregel, kan være forskel på en måling af "egenlugten" om morgenen (kolde gryder) og om aftenen (endnu ikke afkølede gryder).

Hvis der skal foretages lugtmålinger i situationer, hvor der anvendes ozon til rensning, skal de udtagne prøver befries for ozon i forbindelse med prøvetagning, så ozonen ikke kan bidrage med sin egen lugt eller reagere videre undervejs til analyse.

Effektive fedt- og oliefilter i emhætter

Hvis den indledende inspektion fører til anbefaling af forbedrede filtre, anbefaler Referencelaboratoriet at en leverandør kan dokumentere effektiv rensning med fedt- og oliefilter ved angivelse af filtreringseffektiviteten. Filteret bør bestå af en grov udskiller med en udskilningsgrad på minimum 90 % for partikelstørrelse 5 µm, og derefter et finere filter med udskilningsgrad minimum 80 % for partikelstørrelse 1 µm. En god løsning består af et kombi-filter i emhættens udsugning, bestående af en mekanisk separator efterfulgt af et vævet metalfilter på op til 5 cm tykkelse. Det er en forudsætning for effektive filtre, at de slutter helt tæt, så alt den luft der suges ud, skal passere filtrene. Monteringsystemet bør være udformet, så der ikke er utætheder omkring filtrene, og således at de ikke kan monteres forkert.

Procedure for rengøring af filtre og emhætter

Enhver restaurant bør have en fast procedure for inspektion og rengøring af filtre, emhætter og ventilationskanaler. Hvis kanalerne ikke kan inspiceres indvendigt, så bør der monteres inspektionslemme (se Figur 1), så det kan gøres. Inspektionslemme er normalt også nødvendige ved rengøring af kanalerne.

Der bør være en fast rutine for vask af fedt- og oliefilter, f.eks. i opvaskemaskine, og den nødvendige hyppighed afhænger af belastningen med fedt og olie. På restauranter med lang åbningstid og stor aktivitet, kan hyppigheden være daglig, mens det i køkkener med lavere belastning kan være tilstrækkeligt med vask en eller to gange ugentligt. Det er meget vigtigt at filtrene vaskes hyppigt, og ikke først når de er synligt meget tilstoppede, for så kan de ofte ikke vaskes helt rene i en almindelig opvaskemaskine. Hyppigheden af inspektion og rengøring af udsugningssystemet for fedt- og olieaflejring afhænger både af filternes effektivitet og af belastningen med fedt og olie fra madlavningen. Er filtrene meget effektive og vedligeholdes de rigtigt, så kommer der meget lidt fedt og olie ud i kanalerne, og behovet for rengøring af kanaler kan derfor være med års mellemrum. Er filtrene ikke effektive og belastningen stor, så kan behovet for rengøring af kanaler være med få måneders mellemrum. Krav om renholdelse af kanalerne kan stilles for at reducere udsugningssystemets egenlugt.

Afkasthøjde

Afkastet fra udsugningen skal føres så højt op, at der kan ske en fortynding, så naboer ikke generes af lugten. Afkasthøjder fastlægges normalt ved en OML beregning, som angivet i Miljøstyrelsens Luftvejledning nr. 2, 2001 /3/.

Bygninger, der ligger tæt på afkast, kan have en betydelig indflydelse på lugtkoncentrationen i omgivelserne. Hvis der indtastet receptorer i umiddelbar nærheden af afkast påvirket af bygninger, vil OML-Multi modellen fremkomme med en advarsel om, at beregningsresultaterne i disse receptorer er behæftet med betydelig usikkerhed. Advarslen er udtryk for, at de faktiske lugtkoncentrationer tæt ved afkast med bygninger kan være en del større eller mindre end de beregnede. Hvis receptorer er placeret længere væk end to bygningshøjder fra afkastet, vil der ikke være denne advarsel, fordi usikkerheden er mindre.

Restauranter, grillbarer o.lign. vil ofte ligge i tæt bymæssig bebyggelse. Spredningsberegninger for afkast på sådanne restauranter, grillbarer o.lign. kan derfor resultere i en sådan advarsel. Derfor skal beregningsresultaterne for receptorer tæt på afkast med bygninger anvendes med varsomhed.

Restauranter i tæt beboede områder ligger ofte i stueetagen af større byggerier med lejligheder ovenover, eller i naboejendommene, hvorved det kan være vanskeligt og bekosteligt at føre afkastet fra køkkenet op over tagryggen, og selvom det gøres, så kan naboejendommen være højere, så afkastets udmundning er lavere end vinduer og eventuelle altaner på øverste etage.

Hvis det ikke er muligt at sikre fri fortynding af afkastluften, således at naboerne ikke generes af lugten, er det nødvendigt at foretage en meget effektiv rensning af luften med én eller en kombination af de tidligere beskrevne løsninger.

Valg af lugtrenseteknologi

Hvis det ikke er muligt at sikre mod lugtgener ved forhøjelse af afkastet, så bør der installeres rensning, så lugtkoncentrationen reduceres så meget, at det ikke giver lugtgener.

Valg af renseteknologi afhænger af den nødvendige rensning, hvilket det kan være vanskeligt at bestemme. Det er tidligere beskrevet, at med aktivt kul kan der opnås mere end 90 % rensning, og med UV-C kan der opnås op mod 50 %, og formentlig lavere med corona ozon, men det afhænger af, om lugtstofferne kan nedbrydes af UV-C stråler og de dannede radikaler og ozon.

Inden der etablere egentlig lugtrensnings, bør mulighederne for at reducere ventilationssystemets egenlugt fra belægninger ved rengøring og etablering af effektive filtre i emhættene altid udnyttes. Her kan eventuelt suppleres med UV-C lamper eller dosering af ozon, men det bør primært gøres for at undgå bakterievækst i ventilationssystemet og gøre rengøring nemmere, selvom det formentlig også vil give nogen lugtreduktion (formentlig 0 - 50 % for UV-C, og nok mindre for corona genereret ozon).

Den ultimativt mest effektive rensning for lugt er rensning med aktivt kul, som normalt vil fjerne mindst 90 % af lugten. Installeret et kulfilter, bør det sikres at der er mulighed for at kontrollere hvornår kullene skal skiftes, og der bør være en procedure for hyppighed af denne kontrol, så kullene bliver skiftet i tide når de er brugt op.

5 Litteraturliste

- /1/ Guidance on the Control of Odour and Noise from Commercial Kitchen Exhaust Systems. Department for Environment, Food and Rural Affairs. January 2005.
https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/69280/pb10527-kitchen-exhaust-0105.pdf
- /2/ Bygningsreglementet af 31.12.2014. Energistyrelsen.
<http://byggningsreglementet.dk/br10/0/42>
- /3/ Luftvejledningen. Vejledning nr. 2, 2001. Miljøstyrelsen.
- /4/ DS 428:2011. Norm for brandtekniske foranstaltninger ved ventilationsanlæg.
- /5/ Miljøstyrelsens Vejledning nr. 3, 1982 Støj og lugt fra restauranter.
<http://mst.dk/service/publikationer/publikationsarkiv/1982/jan/stoej-og-lugt-fra-restaurationer/>
- /6/ DSF/prEN 16282. Udstyr til erhvervskøkkener - Komponenter til ventilation i erhvervskøkkener.
Del 9: Effektivitet for udsugningssystemer i erhvervskøkkener - Prøvningsmetoder

Bilag A Relativ emission af lugt og fedt/olie fra forskellige restauranttyper

Den tilberedte madtypes betydning for emissionen af lugt og fedt og olie er uddybet i en tabel i den engelske vejledning /1/, som her er gengivet dansk. Det skal bemærkes, at de engelske erfaringer ikke nødvendigvis svarer til forholdene på danske restauranter, så tabellen skal tages med et vist forbehold.

Restaurant	Beskrivelse	Lugt emission				Fedt og olie emission			
		Lav	Mo- derat	Høj	Meget høj	Lav	Mo- derat	Høj	Meget høj
Teashop		X				X			
Pizza restaurant	Krydderurter		X				X		
Steak house	Fedt		X				X		
Fransk	Krydderurter/hvidløg		X				X		
Italiensk	Krydderurter/hvidløg		X				X		
Most pubs	Fedt		X				X		
Kinesisk	Ingefær, krydderier, olie		X					X	
Japansk	Krydderier, olie		X					X	
Cantonesisk	Krydderier, olie		X					X	
Indisk	Krydderier, olie			X				X	
Thai	Krydderier, olie			X				X	
Vietnamesisk	Krydderier, olie			X				X	
Kebab house	Fedt, stegt kød			X				X	
Fried chicken	Olie, stegt kød				X				X
Pubs (stort salg af friture mad)	Olie, stegt kød				X				X
Fish and chips	Olie				X				X
Fast food / burger bar	Olie, stegt kød				X				X

Bilag B Fedt og olie aerosoler og vand fra forskellige tilberedningsmetoder

Tilberedningsmetoden, dvs. hvordan maden tilberedes og i hvilken type køkkenudstyr er også uddybet i en tabel i den engelske vejledning /1/, og den er her gengivet i fordansket form. Det skal bemærkes, at de engelske erfaringer ikke nødvendigvis svarer til forholdene på danske restauranter, så tabellen skal tages med et vist forbehold.

	Fedt/olie aerosol belastning			Vandindhold		
	Lav	Medium	Høj	Lav	Medium	Høj
Madlavningsudstyr						
Cooking pots (Gryder)	X					X
Bains Marie (Vandbad)	X					X
Steam ovens (Damp ovne)	X					X
Pizza ovens		X			X	
Bratt pans (dyb stegeplade)		X				X
Oven ranges		X			X	
Flat top grills (Stegeplade)		X			X	
Chip fryers (Friture)		X			X	
Salamanders (Grill ovn)		X			X	
Charcoal (Trækuls grill)			X		X	
Gas fired open grills (Åben gasgrill)			X		X	
Char broilers (Kul-grillning)			X		X	
Chinese wok ranges (Wok stegning)			X			X