

FETTREDCERINGSSYSTEM I
STORKÖKSVENTILATION:
UTVECKLING av MÄTMETODIK

Reviderad oktober 2019



Förord

Fettreduceringssystem i storköksventilation har blivit vanligare i nya projekt och även i befintliga fastigheter. Fördelar för fastighetsägare med dessa är flera. Framst innebär behandlingen av fett i imkanalen minskad brandrisk och luktbortagning. Men ur energi-effektiviseringssynpunkt kan fettreducering även vara avgörande för att möjliggöra för värmeåtervinning i ventilationssystemet.

Trots att installation av fettreducering sprids finns det fortfarande en stor kunskapsbrist hos beställare (fastighetsägare, projektörer) och brukare (kökspersonal, driftpersonal, förvaltare) kring de olika metoder eller tekniker som finns på marknaden. Brist på kunskap identifierades under Beloks förstudie "Fettavskiljning och värmeåtervinning i storköksventilation" (2016). Då efterfrågade flera Belok-medlemmar en insats inom området för att få bättre information och underlag inför inköp av fettreduceringssystem.

Energimyndigheten beviljade november 2017 medel till projektet "Utveckling av mätmetodik och provning av fettreduceringssystem i storköksventilation". Projektet är ett samarbete mellan nätverken Belok och Belivs, och genomfördes av RISE Research Institutes of Sweden med hjälp av CIT Energy Management.

Syftet med projektet var att ta fram en testmetodik för att mäta och utvärdera hur fettavskiljningssystem i storköksventilation kan öka möjligheten till värmeåtervinning. Syftet var kunna underlätta jämförelser av fettavskiljningssystem med avseende på effektivitet men även ta hänsyn till underhållsbehov och säkerhetsaspekter genom framtagande av riktlinjer för dessa. Denna delrapport redovisar arbetet med att utveckla en testmetodik.

Branschrekommendation avseende underhållsbehov och säkerhetsaspekter redovisas i en separat delrapport.

Denna delrapport beskriver hur en testmetodik tagits fram utifrån studiebesök vid olika storköksutrustningar med olika belastning och olika kombinationer fettreduceringssystem, möten med olika tillverkare och intressenter, mätning i fält, framtagande av förslag till uppbyggnad av provuppställning, provning och utvärdering av ett antal olika system.

Svein Ruud, RISE Research Institutes of Sweden

Borås, 9 oktober 2019

Innehållsförteckning

Förord.....	3
Innehållsförteckning.....	4
Inledning.....	5
Fettreduceringssystem i storköksventilation	6
Kontinuerliga fettreduceringssystem.....	6
Diskontinuerliga fettreduceringssystem	8
Andra fettrengöringstekniker.....	10
Syfte och avgränsningar	10
Studiebesök.....	10
Möten med tillverkare och intressenter	11
Metodutveckling	11
Hypotes / förslag till mätmetodik	11
Testrigg.....	12
Fettgenerering.....	13
Spridning av genererade fettpartiklar.....	13
Imkanal.....	14
Filterskåp med testfilter	14
Slutfilter och avluftsfläkt med flödesmätning.....	14
Mätningar med ELPI	15
Jämförelse med fältmätning	15
Mätningar i testrigg.....	16
Resultat	16
Sammanställning av resultat	17
Vidare utveckling av testrigg och provningsmetodik.....	18
Referenser	20

Inledning

Frånluftsrening i storköksventilationssystem har traditionellt skett med mekaniska filter (trådnät, cyklonfilter, labyrintfilter, mm). Dessa filter visar sig, i de flesta fall, inte tillräckligt effektiva för att säkerställa att ventilationsaggregatet bli fritt från fettinsamling. Fettet från matlagning kan sätta igen efterföljande luftfilter och/eller värmeväxlaren med reducerade flöden och försämrade frånluftsvärmeåtervinning som följd. I många fall vågar fastighetsägare inte installera en värmeväxlare på grund av risken för igensättning, eller så väljer man en lösning som är mer robust men som har sämre verkningsgrad. Det handlar om stora luftflöden som används i storköksmiljö och värmeåtervinningen är en viktig energieffektiviserande åtgärd. Imkanalen som ansluter kökskåpan med ventilationsaggregatet drabbas också av fettinsamling. Detta medför en brandrisk och därför krävs regelbunden rensning av storköks imkanaler. Rensningen medför en extrakostnad för fastighetsägare och/eller verksamhetsutövare. Användning av fettavskiljningssystem, såsom ozon, UV-ljus och bakterier, som hanterar fett i kombination med mekaniska filter, har blivit mer och mer vanlig och efterfrågat de senaste åren. Fettavskiljningssystem minskar rensningsbehov och tar i många fall bort eller reducerar matoset som kan vara ett bekymmer för fastighetsägaren. Det pågår en kontinuerlig utveckling av dessa kemiska och biologiska tekniker, och det finns även nya typer av mekaniska fettfilter som teoretiskt anses vara effektivare än de gamla. Däremot kan det vara svårt som beställare av dessa system att veta vilken teknik som är mest lämpad för den egna verksamhetens förutsättningar, fördelar och nackdelar, totala kostnader, underhåll- och säkerhetskrav mm. Det saknas en standard eller utvärderingsmetodik för att jämföra hur effektiva de olika teknikerna är när det gäller fettreduktion, underhåll och säkerhet.

Fettreduceringssystem i storköksventilation

Ett fettavskiljningssystem eller fettreduceringssystem i storköksventilation består av olika komponenter som har som syfte att reducera mängden fett i storkökets frånluft och /eller på imkanalens ytor. Fördelen med ett fettreduceringssystem kan vara:

- Minskning av brandrisk i imkanalen samt minskning av sotningsbehov¹ genom att hålla imkanalen fri från fettbeläggningar.
- Möjliggör/underlättar för värmeåtervinning i ventilationssystemet genom att skydda värmeväxlaren från fettinsamlingar.
- Reducering av lukt från matlagning (matos).

Installation av ett fettreduceringssystem i storköksventilation kräver anmälan till kommunens byggnadsnämnd eftersom den räknas som en väsentlig ändring enligt Boverket² ("*Installation av reningsutrustning eller ändrade funktioner i ett ventilationssystem*").

Det finns olika typer av fettreduceringssystem och lösningar. Dessa kan delas i kontinuerliga och diskontinuerliga system:

Kontinuerliga fettreduceringssystem

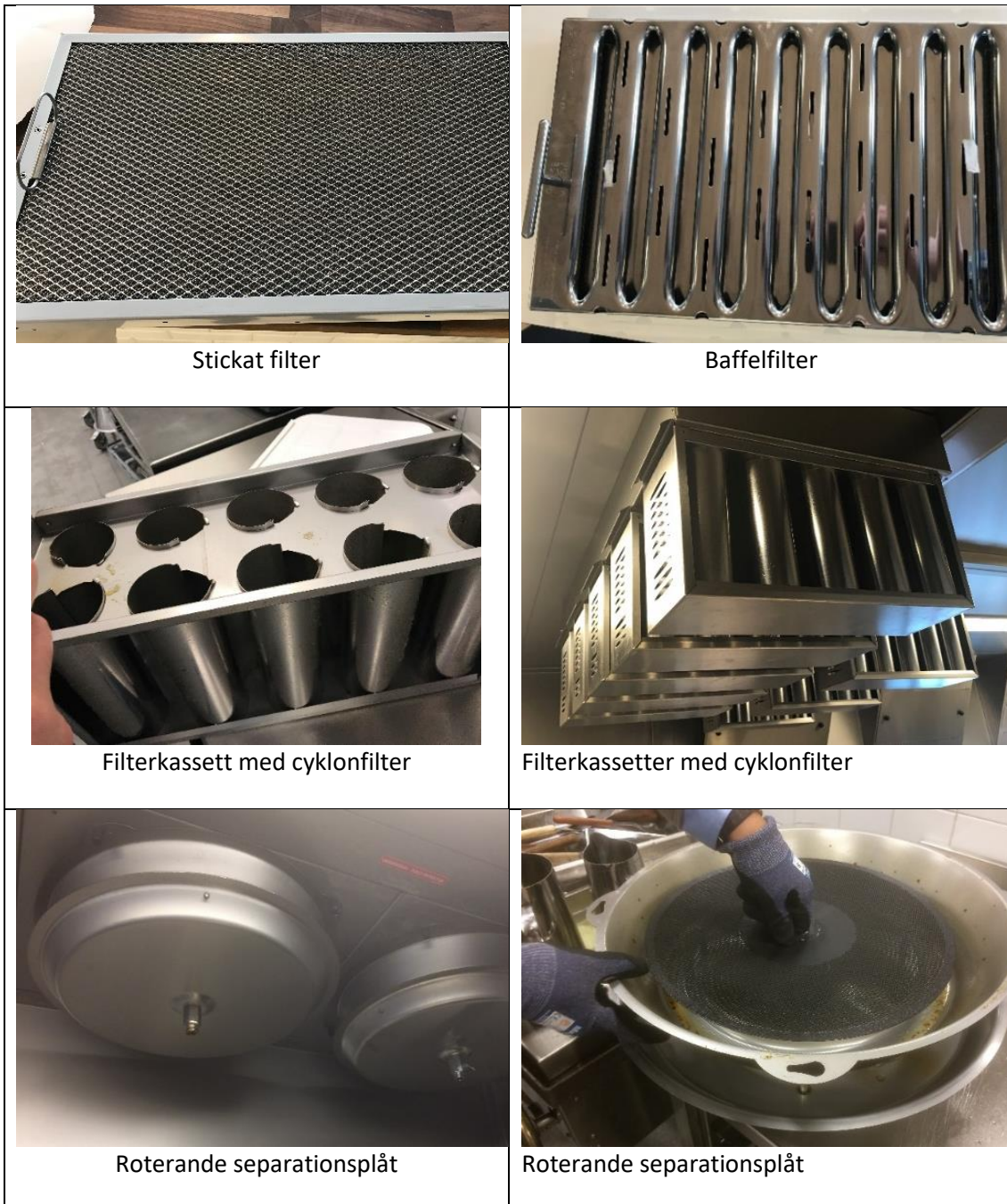
Hanterar fett som finns i frånluften och på imkanalens ytan och kontinuerligt under ventilationssystemets drifttid. I denna kategori finns:

- **Mekaniska filter** (också kallade "fettfilter" eller "förfilter"): placeras i kökskåpan/filterhus och är synliga till kökspersonalen. Mekaniska filter hanterar en stor andel av stora fettpartiklar (större än 7-10 µm) och i vissa fall även mindre (3-4 µm).
 - Stickat filter (trådnätsfilter, metallfilter, aluminiumfilter) Består av en metallram med fyllning av stickad galvaniserad tråd eller aluminium som avskiljer fett i frånluften genom kondensering. Stickade filter ger också en jämn luftström.
 - Baffelfilter: filter i rostfritt stål som består av lameller som luften passerar igenom. Fetter kolliderar med lamellerna och avskiljs. Monteras oftast i kombination med ett stickat filter som sitter bakom.
 - Cyklonfilter: spiralformad cylinder av rostfritt stål. Flera cykloner bygger en kassett. Cyklonfilter använder sig av den centrifugal kraft som uppstår när luften snabbt roterar genom filtret. De tyngre partiklarna slår då i filtrets väggar och rinner ner till ett uppsamlingskärl.

¹ Enligt rekommendationer från Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap (MSBFS 2014:6) bör sotning av imkanalen ske tre gånger per år alt. en gång per år i enklare kök. Kommunen kan dock besluta om både tätare (och glesare) intervaller i enskilda fall av brandskyddsmässiga skäl.

² BFS 2017:4 VÄS 3 Boverkets ändring av verkets allmänna råd (2012:12)

- Labyrintfilter: (ibland kallas också för cyklonfilter) filtret har lameller som gör att luften växlar riktning flera gånger och/eller virvlar runt inuti. Avskiljningen sker mot kanterna av lamellerna och fettets rinner sedan ned.
- Roterande separationsplåt: luften passerar genom en snabbt roterande separationsplåt. Fettet kolliderar med separationsplåten och slungas ut till avskiljningskammarens ytterkant. Fettet rinner ner i ett uppsamlingskärl och tömmas ut via en ventil.



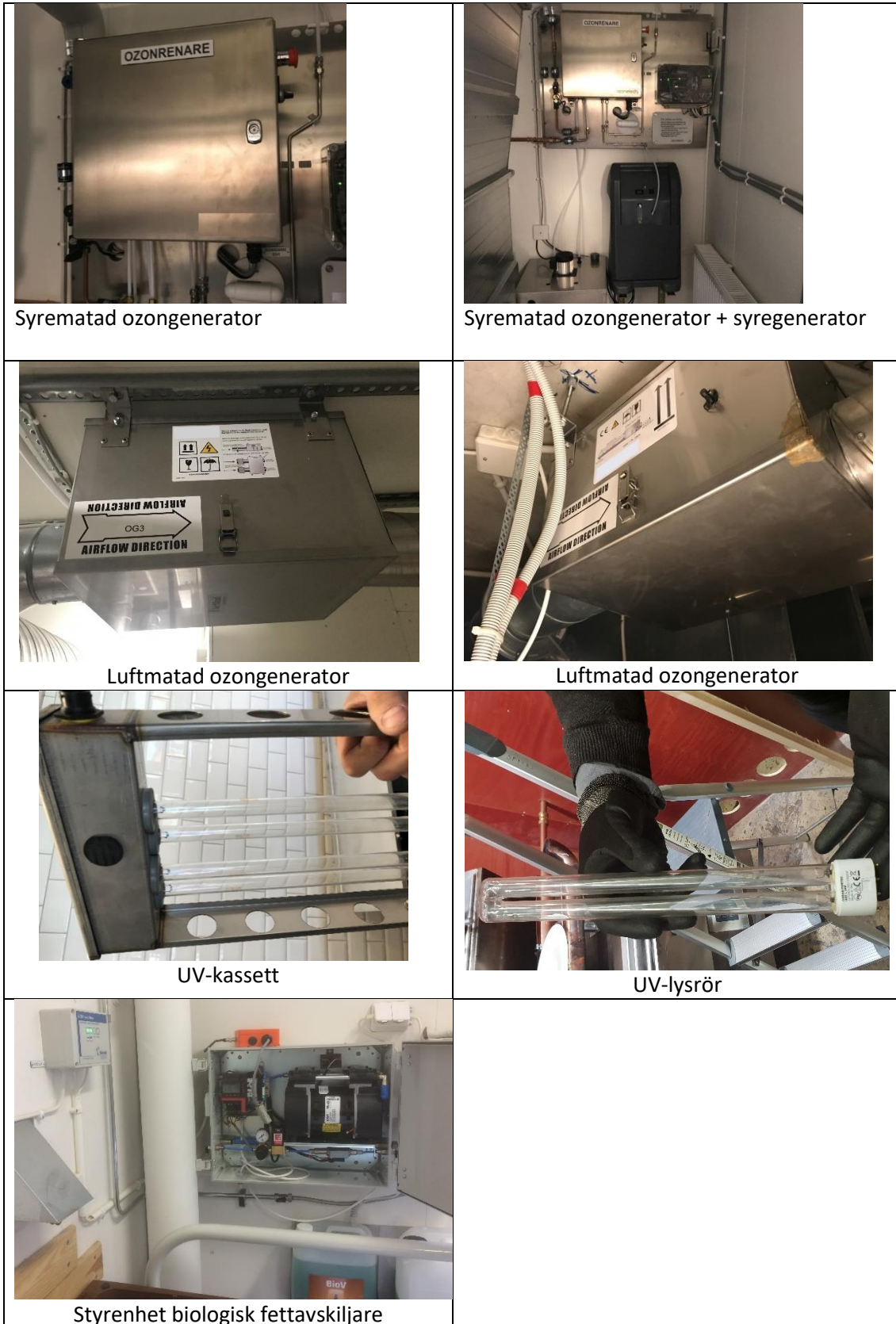
Figur 1: olika typer av mekaniska filter

- **Kemiska fettavskiljare:** placeras i kökskåpan eller i imkanalen och hanterar mindre fettpartiklar.
 - Ozonrening: ozon är ett effektivt desinficerande och renande medel. Ozonolys omvandlar fett till vatten, koldioxid och pulverliknande stoft. Ozonet lyckas bryta ner fett men också ta bort mest av lukten som matlagningen skapar i ventilationssystemet. Ozonet bildas i en ozongenerator genom en s.k. koronaeffekt, dvs en elektrisk urladdning mellan två elektroder som omvandlar luftens syre till ozon. Reaktionen producerar värme och därför måste ozongeneratoren kylas ned. Det finns två varianter:
 - Luftmatat (luftkylt ozonaggregat): matas och kyls med en del av tilluftsflöden. Aggregatet sitter i/ovanpå själva kåpan. Kan vara centraliserat (ett aggregat försörjer flera kåpor) eller decentraliserat system (ett aggregat för varje kökskåpa).
 - Syrematat (vätskekyld ozongenerator): matas med syre som produceras i en separat syregenerator. Ozongeneratoren sitter i ett separat rum och ozonet är slang-distribuerat till olika delar i imkanalen (en enhet kan mata flera imkanaler) via injektionspunkter. vätskebaserat kylningssystem.
 - UV-ljusrening: ultraviolett strålning orsakar fotolysen, dvs fettmolekylernas kemiska nedbrytning av foton när fett belysas. Fettet omvandlas till koldioxid, vatten och mindre kolgedjor i pulverform. Beroende på UV-ljusets våglängd kan det finnas två varianter:
 - UV-ljus med fotolys (UV-ljus med ozon): UV-ljus med en viss våglängd bryter också ned syremolekyler och skapar ozon som i sin tur bidrar till fettreduktion.
 - Ozonfritt UV-ljus (fotokatalytisk oxidation): genom en katalytisk process där en TiO_2 – filter belyses med UV-ljus med en längre våglängd frigörs OH- radikaler som reagerar med fett till koldioxid, vatten och polymeriserat fett i pulverform. Ozon skapas inte.

Diskontinuerliga fettreduceringssystem

Hanterar fett som samlas på imkanalens ytan (men inte i frånluften, därför försvinner matoset inte). Används i olika tidsintervaller beroende på teknik.

- **Biologiska fettavskiljare:** bakterier eller enzymer dimmas ut genom doseringspunkter i imkanalen och bryter ner fett till koldioxid, vatten och vattenlösliga kolgedjor som rinner ner och samlas i avtappningsställen. Dosering sker under olika tider av dygnet (oftast både dagtid (verksamhetstid) och nattetid).



Figur 2: olika typer av kontinuerliga fettavskiljare

Andra fettrengöringstekniker

Förutom mekaniska filter och kemiska och biologiska fettavskiljare finns det andra tekniker som rengör imkanalen från fett, men som används vid konkreta tillfällen och sitter inte permanent i köket, utan transporteras vid varje fall.

Ett exempel kan vara en ånggenerator, där het ånga matas in i imkanalen vilket gör att fett smälter och rinner neråt. Systemet kräver montering av dräneringsboxar.

Syfte och avgränsningar

Målsättningen är att ta fram ett förslag till en branschstandard/metodik för att i laboratoriemiljö kunna utvärdera och jämföra olika typer av fettreducerande tekniker för storköksventilation, huvudsakligen med syftet att öka möjligheten kostnadseffektiv värmeåtervinning. Projektet ska även inkludera underhålls och säkerhetsaspekter.

Studiebesök

Under perioden april – juni 2018 gjordes studiebesök vid 6 olika storköksanläggningar med olika belastning och med olika kombinationer av fettreduceringssystem.

- 3 april, Ulricehamn, McDonalds-restaurang, baffelfilter +luftmatad ozonrening, värmeåtervinning tillsammans allmänventilationen via vätskekopplad värmeväxlare vid utetemperaturer lägre än ca +5°C, annars by-pass av kåpornas flöde via separat frånluftsfläkt.
- 25 april, Göteborg/Hovåsskolan, skolkök, cyklonfilter + syrematad ozonrening, värmeåtervinning med roterande värmeväxlare för hela byggnaden, ingen by-pass.
- 25 april, Göteborg/Västerhedskolan, cyklonfilter + luftmatad ozonrening, värmeåtervinning med roterande värmeväxlare kök, disk, matsal och några biutrymmen, ingen by-pass.
- 4 maj, Fakköping, Olearys-restaurang, roterande separationsplåt + syrematad ozonrening. Imkanal sju våningar upp till frånluftsfläkt på tak. Ingen värmeåtervinning.
- 11 juni, Mölndal, Eurest lunchrestaurang, roterande separationsplåt + rening med UV-ljus, värmeåtervinning med korsströms plattvärmeväxlare, ingen by-pass.
- 14 juni, Grundskola i Stockholm, Trådnätsfilter + biologisk sprayning av kanaler + extra trådnätsfilter före M6-filter och korsströms plattvärmeväxlare

Några reflektioner från studiebesöken är följande:

- Fettbelastningen varierar kraftigt mellan olika typer av köksverksamheter, dels beroende på verksamhetstiden och del beroende på vilken typ av mat som främst tillagas.
- Ozon- och/eller UV-teknik används vid kraftig fettbelastning främst för att hålla imkanalerna rena men delvis också för att underlätta värmeåtervinning.
- Okulärt tydlig skillnad i fettmängd i den roterande separationsplåtens uppsamlings-skål om UV-lampa varit tänd eller inte.
- Vid kraftig belastning förekommer fett- och partikelansamling tydligt i avluftshuv även vid ozonrening.



Figur 3 Avluftshuv med ozonrening

Studiebesöken kan sammanfattas med slutsatsen att vid en kraftig belastning såsom i en hamburgerrestaurang fungerar inte alltid ens de mest avancerade reningsmetoderna fullt ut men de har ändå en positiv effekt på systemens funktion.

Möten med tillverkare och intressenter

Under perioden projektet har vi haft 9 olika möten där vi separat och träffat tillverkare och olika intressenter i projektet.

- 23 januari, 2018, Stockholm, Möte med representanter för intresseorganisationer av typen sotare, plåtslagare och ventilationsföretag (konsulter och entreprenörer).
- 5 februari, 2018, Göteborg, 1:a mötet med leverantörerna av olika fettreduceringssystem, med redovisning av projektet och inhämtning av synpunkter.
- 21 februari, 2018, Göteborg, Träff med fastighets- och restaurangägare, samt fastighetsförvaltare som arbetar med storkök.
- 7 mars, 2018, Stockholm, möte och presentation av projektet hos Svensk Ventilation med deras styrgrupp för värmeåtervinning ur frånluften.
- 14 juni, 2018, Stockholm, 2:a mötet med leverantörerna av olika fettreduceringssystem, med diskussioner kring utformning av testrigger
- 14 november, 2018, Stockholm, 3:e mötet med leverantörerna av olika fettreduceringssystem, samt representant för Plåt- och Ventföretagen. Statusavstämning riggupbyggnad.
- 21 mars, 2019, Borås, 4:e mötet med leverantörerna av olika fettreduceringssystem, visning av testrigger och planering av kommande provningar
- 18 juni, 2019, Borås, avslutande projektmöte/resultatredovisning med leverantörerna av olika fettreduceringssystem, samt diskussioner kring resultaten och fortsatt arbete.
- 25 juni, 2018, Borås, redovisning av resultat och visning av testrigger för representant för Plåt- och Ventföretagen.

Metodutveckling

Hypotes / förslag till mätmetodik

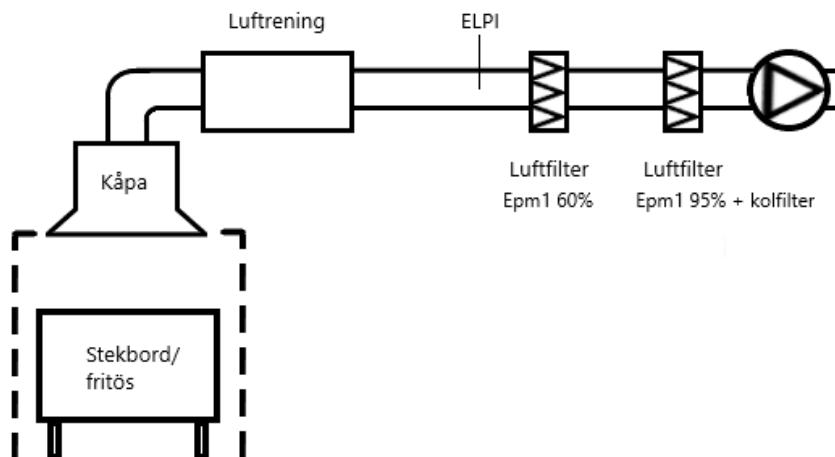
Strax före en värmeväxlare sitter på frånluftssidan alltid ett filter som skyddar den mot att bli igensatt med fett och andra partiklar som finns i frånluften. Problemet med att kunna återvinna värmen från ett kök med stora mängder fett i frånluften är därför egentligen inte själva värmeåtervinningen i sig utan att frånluftsfiltren sätts igen och måste bytas så ofta att det inte blir lönsamt. Vår hypotes blev därför att de mer avancerade kemiska fettreducerande teknikerna i form av UV-ljus och/eller ozon radikalt skulle minska belastningen på frånluftsfiltret och därigenom avsevärt förlänga tiden mellan filterbyten. Vårt förslag till mätmetodik blev därför följande:

- Testrigger som simulerat ett verkligt fall med en realistisk och relativt tuff fettbelastning.
- Ett filter som i testrigger är placerat där frånluftsfiltret normalt skulle sitta.
- Referensmätning helt utan luftrening under ca 1 h ger en mätbar viktökning i filtret.
- Mätning med bara mekaniska filter kommer att ge en viss reduktion men inte så stor.
- Mätning med kompletterande UV- och/eller ozonrening förväntas ge en stor reduktion.
- Beräkning av fettreduceringseffektivitet filter E_{ff} enligt följande:

$$E_{ff} = 100 \times (1 - \text{Viktökning med reningsteknik} / \text{Viktökning utan reningsteknik}) [\%]$$

Testrigg

Efter många diskussioner föreslogs slutligen att vi skulle bygga upp en testrigg som så långt som möjligt efterliknade en relativt tuff fettbelastning i en hamburger-restaurang, men något nerskalad i luftflöde och kanaldimension, enligt nedanstående principskiss:



Figur 4 Principskiss över provupställning för test av reducerad belastning på luftfilter.

Riggen bestod av ett litet rum med ett stekbord där fettpartiklar genererades på ett kontinuerligt och repeterbart sätt. Ovanpå rummet placerades en i storlek anpassad kåpa med mekaniska fettfilter. Ovanför och kopplat till kåpan fanns en samlingskanal. Beroende på typ av efterföljande reningsteknik så var den placerad i kåpan eller i samlingskanalen. Efter samlingskanalen fanns en 7,5 m lång imkanal följt av två filterskåp och en fläkt. I det första filterskåpet satt ett finfilter av typen E_{PM1} 60% (motsvarande tidigare filterklass F7) av samma typ som normalt sitter framför en värmväxlare. I det andra filterskåpet satt ett E_{PM1} 85% (motsvarande tidigare filterklass F9) kombinerat med ett kolfilter för att ta bort gasformiga föroreningar. Fläkten var varvtalsstyrd och hade en dysa för luftflödesmätning i inloppet. Fettpartiklarna skapades i en aerosolgenerator placerad strax utanför provrummet, fördes in i provrummet och spreds ovan stekbordet där vattenånga skapades genom kokning. Viktreduktionen i aerosolgeneratoren och viktökningen i testfiltret vägdes med noggranna vågar. Alla delar till riggen beställdes tidigt under hösten 2018 men på grund av sena leveranser av vissa delar kunde den inte börja byggas förrän i början av 2019.



Figur 5 Provrum med kåpa och samlingskanal.

Fettgenerering

För generering av fettpartiklar utgicks från ett tidigare arbete utfört i USA 2004³. I detta arbete utvecklade man ett sätt att generera en aerosol som motsvarade stekning av hamburgare. Den bestod av två aerosolgeneratorer, en som skapade mindre fettpartiklar (huvudsakligen under 10 µm) och en som skapade större partiklar (huvudsakligen över 10 µm) som tillsammans skapade en bi-modal partikelfördelning. Deras arbete avsåg att testa funktionen hos traditionella mekaniska filter och för detta var de stora partiklarna viktiga. I vårt arbete är vi mer intresserade av de mindre partiklarna som inte fångas upp av mekaniska filter. Vi har därför nöjt oss med att bara använda en generator som skapar de mindre partiklarna. För detta ändamål har vi köpt in en aerosolgenerator av fabrikatet Topas ATM241. Generatoren är fylld med oljesyra (oleic acid) vilket enligt det amerikanska arbetet visade sig ge god överensstämmelse med de mindre partikelstorlekarna som alstras vid stekning av hamburgare. Massfördelningen kan storleksmässigt skjutas uppåt genom placering i ett värmeskåp, vilket också har köpts in och testats, men alla tester är gjorda vid rumstemperatur då det dels gav bäst stabilitet dels stämde bra med fältmätningen enligt nedan.



Figur 6 Aerosolgenerator

Spridning av genererade fettpartiklar

De via aerosolgeneratoren skapade fettpartiklarna fördes sedan in i provrummet och spreds ut via ett antal mindre hål i ett kopparrör placerat ovan en uppvärmd grillhäll. Där fanns även ett droppskydd för att förhindra att olja skulle kunna droppa ned på stekbordet och antändas. På stekbordet stod under provningen även en kastrull med kokande vatten för att skapa fukt, detta då tillskott av fukt normalt också sker vid stekning samt att UV-reningen förutsätter fukt för att fungera.



Figur 7 Spridning av fettpartiklar

³ Development of a Standard Method of Test for Commercial Kitchen Effluent Grease Removal Systems - Draft Final Report

Imkanal

Mellan samlingskanal och filterskåp fanns en 7,5 m lång rostfri imkanal med dimensionen 300 x 600 mm, huvudsakligen bestående av 1,4 m långa och isärtagbara segment. Imkanalen var isolerats för att undvika kondensbildning. Centralt i imkanalen ca 1 m före filterskåpet var sonden för ELPI:ns mätning av partiklar placerad. Imkanalen var anpassad för att vid ett luftflöde på ca 500 l/s ge en medelhastighet i tvärsnittet på ca 3 m/s och en uppehållstid i kanalen före filterskåpet på ca 3 sek.



Figur 8 Kondensisolerad imkanal

Filterskåp med testfilter

Efter imkanalen fanns ett filterskåp med ett testfilter ($E_{PM1} 60\%$ ⁴). Detta motsvarar det filter som i en verklig installation är placerat före värmeväxlaren i ett FTX-aggregat. Målsättningen/önskemålet var att de olika testade fettreducerande teknikerna skulle minska ansamlingen av partiklar med avseende på massa i filtret jämfört med när dessa tekniker inte användes. Minskad massansamling skulle då vara ett mått på förlängt intervall mellan filterbyten.



Figur 9 Filterskåp med testfilter

Slutfilter och avluftsfläkt med flödesmätning

Efter det första filterskåpet fanns ytterligare ett filterskåp med ett kombinerat $E_{PM1} 85\%$ och kolfilter med huvudsakliga syftet att rena avluften ut i labblokalen från både partiklar och gasformiga föroreningar. Även för detta filter har vikten mätts före och efter varje provning. Variationen vid referensmätningar varierande mer för detta filter än för testfiltret varför dessa mätningar har större mätosäkerhet. Efter slutfilterkassetten fanns en 90°-böj med övergång till 600 x 600 mm kanaltvärsnitt och en 1,4 m raksträcka. Slutligen fanns en frekvensstyrd avluftsfläkt med inbyggd inloppsdyssa för flödesmätning.

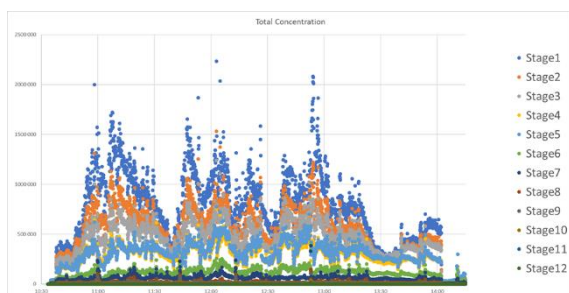


Figur 10 Slutfilter och avluftsfläkt

⁴ Initialt användes ett luftfilter av typen $E_{PM1} 85\%$ men det bedömdes inte vara representativt, och tanken med att byta till ett filter av typen $E_{PM1} 60\%$ var också att fettpartiklar som av UV- och/eller ozonbehandling blev så små att de passerar ett $E_{PM1} 60\%$ också till stor del passerar en värmeväxlare.

Mätningar med ELPI

Under metodutvecklingen har vi använt en ELPI (Electrical Low Pressure Impactor). Det är en mycket speciell partikelmätare som klarar att mäta i svåra miljöer och redovisa både partikelantal och massa för 12 olika partikelfraktioner i intervallet 0,02 – 6 µm.



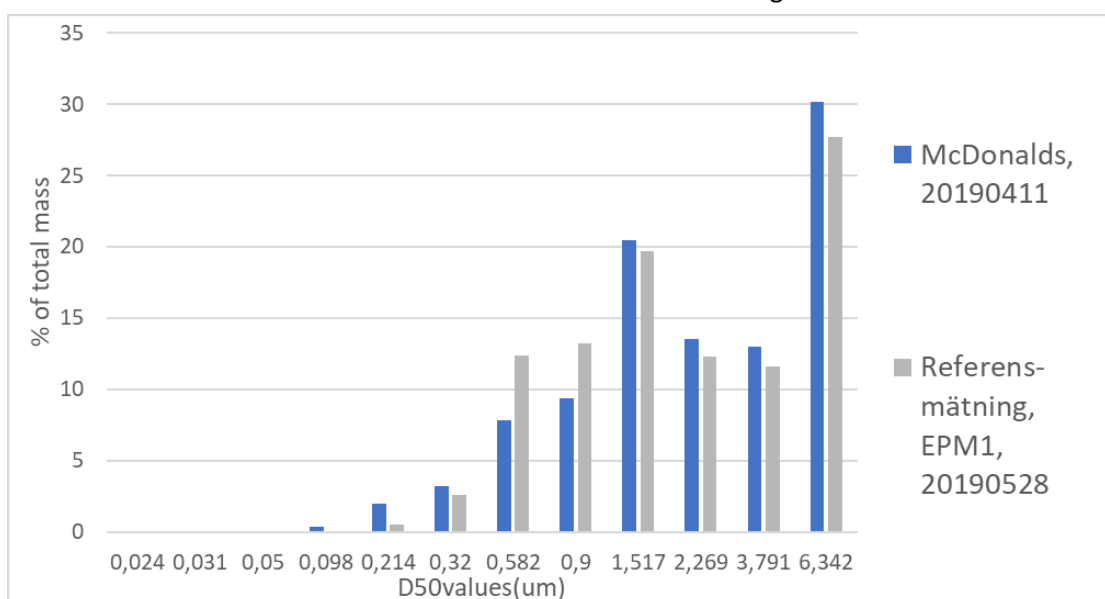
Figur 11 ELPI partikelmätare och exempel på mätning av partikelkoncentration

Jämförelse med fältmätning

Mätning med ELPI gjordes i den samlade frånluftskanalen i en McDonalds-restaurang som endast hade fettfilter. Mätningen gjordes under 4 timmar mellan 10:30 och 14:30. En jämförelse avseende partiklar och massa i olika storleksfraktioner görs i nedanstående diagram mellan denna mätning och en referensmätning med fettpartiklar från aerosolgeneratoren i vår testrigg. Som framgår av diagrammet så återskapar aerosolgeneratoren med god överensstämmelse samma fördelning av massa i olika partikelstorlekar som i det verkliga fallet.



Figur 12 McDonalds-restaurang.



Figur 13 Jämförelse mellan mätning i McDonalds-restaurang och mätning i testrigg.

Mätningar i testrigg

Under perioden 14 mars till 4 juni 2019 genomfördes totalt 22 mätningar på 5 olika system för fettreduktion i imkanaler från storkök. De olika leverantörerna anpassade sina kåpor till provrummet och systemen ställdes antingen in av dem själva eller av RISE personal enligt instruktioner från tillverkarna. Inledningsvis uppstod en hel del problem med att få repeterbarhet i mätningarna varför inga resultat redovisas för det första systemet som testades. Detta då mätosäkerheten bedöms som alldeles för stor för att kunna dra några slutsatser. Dock innebär mätningarna på övriga 4 system att vi ändå fått signifikanta resultat för de olika typer av reningsteknik som finns på marknaden, även om mätosäkerheten bedöms vara relativt hög.

Inför varje mätcykel värmdes stekbordet upp, luftflödet ställdes in och vikten på luftfilter och aerosolgenerator mättes upp. Därefter genererades kontinuerligt fettpartiklar över stekbordet med hjälp av aerosolgeneratoren under en timme. Cirka 50 g fett genererades totalt under denna tid. Därefter stängdes partikelgenerering och luftflöde. Slutligen mättes återigen vikten på luftfilter och aerosolgenerator.

Samma mätprocedur gällde oavsett om det var en mätning med ett fettreduceringssystem installerat eller om det var en referensmätning utan fettreduktion. De fettreducerade system testades alltid med ett mekaniskt filter som leverantörerna själva valt. Referensmätningarna gjordes utan vare sig mekaniska fettfilter eller någon kemisk reningsteknik aktiverad.

Resultat

Resultatet av mätningarna sammanfattas i tabell 1 nedan separerat på olika kombinationer fettavskiljande teknik. En mer detaljerad sammanställning ges i tabell 2. Där visas inte alla inledande mätningar där vi enligt ovan hade en hel del inledande problem med repeterbarhet samt en mätning som avsåg att studera inverkan av initial förhöjd avskiljningsgrad hos testfiltret.

Tabell 1 Fettreduceringseffektivitet filter E_{ff} .

Filtertechnik	Minskad massbelastning på luftfilter av typen E_{PM1} 60%
Endast mekaniska fettfilter	≈ 0 %
+ Ozon	≈ 4 %
+ UV	≈ 13 %
+ UV + Ozon	≈ 7 %

OBSERVERA! Stor mätosäkerhet! Uppskattningsvis ca ± 3 %-enheter.

Resultatet är att ingen av de studerade teknikerna tycks ge någon markant minskning av massan som ansamlas i testfiltret!

Däremot visar tabell 2 intressanta resultat när det gäller de rena ozonsystemen. Nämligen att den totala viktökningen för de båda luftfiltren är nära samma som vikten av genererade fettpartiklar. Detta indikerar att i princip allt genererat fett passerar imkanalen som partiklar för att sedan fastna i luftfiltren, vilket är ett mycket positivt resultat med avseende reducerat rensningsbehov. Omvänt kan man dock inte utan att väga imkanalen säga att UV-system inte håller imkanalen ren från fett. Detta då UV-tekniken delvis skulle kunna omvandla fett till gasform, vilket då inte fastnar vare sig i imkanalen eller i luftfiltren. Även om minskningen av massbelastningen enligt ovan är låg så ger UV-systemet ändå störst mätbar förändring.

Sammanställning av resultat

Mätning nr	10	13	14	15	16	17	18	20	21	22
	Syrematad Ozon	UV + Ozon (standard)	UV + Ozon (high output)	UV (utan ozon)	Referens-mätning	Luftmatad Ozon	Referens-mätning	Luftmatad ozon (1 + 5 timmar)	UV + Ozon	Referens-mätning
Datum	190429	190514	190514	190514	190516	190527	190528	190529	190604	190604
Tryck till partikelgenerator (bar)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Driftläge stekbord	egg	egg	egg	egg	egg	egg	egg	egg	egg	egg
Vikt förfilter (E _{PM1} 60%), innan körning (g)	1039,7	1089,8	1115,1	1139,5	1158,3	1183,5	1218,4	1246,4	1266,7	1290,4
Vikt förfilter (E _{PM1} 60%), efter körning (g)	1066	1115,1	1139,5	1162,6	1186,5	1212,4	1246,8	1273,8	1290,4	1316,1
Viktökning förfilter (E _{PM1} 60%), (g)	26,3	25,3	24,4	23,1	28,2	28,9	28,4	27,4	23,7	25,7
Vikt slutfilter (E _{PM1} 60%), innan körning (g)	3195,6	3263,7	3277,1	3295,7	3317,3	3372,5	3384,5	3403,8	3474,1	3470,8
Vikt slutfilter (E _{PM1} 60%), efter körning (g)	3226,7	3277,1	3295,7	3310,2	3334,3	3397,9	3394,4	3430,1	3470,8	3484,2
Viktökning slutfilter (E _{PM1} 60%), (g)	31,1	13,4	18,6	14,5	17	25,4	9,9	26,3	-	13,4
Total viktökning filter (g)	57,4	38,7	43	37,6	45,2	54,3	38,3	53,7	-	39,1
Vikt generator före (g)	14195	14050,6	14001,4	13953,3	13903,4	13851,8	13784,8	13680,8	13608,8	13561,3
Vikt generator efter (g)	14146	14001,4	13953,3	13905,2	13852,4	13798,1	13734	13629,4	13561,3	13513,3
Viktminskning generator, (g)	49	49,2	48,1	48,1	51	53,7	50,8	51,4	47,5	48
dP manometer (Pa)	285	285	285	285	285	285	285	285	285	285
Viktökning förfilter/partikelgenerering (%)	0,537	0,514	0,507	0,480	0,553	0,538	0,559	0,533	0,499	0,535
Körtdid (min)	57	60	60	60	60	60	60	360	60	60
Viktökning filter - viktminskning genr (g)	8,4	-10,5	-5,1	-10,5	-5,8	0,6	-12,5	2,3	-	-8,9
Fettreduceringseffektivitet filter E_{ff} (%)	2,9	7,0	8,3	13,1	-	3,7	-	4,6	6,8	-
Mellanskillnad (fastnar i kanal?) g	-8	11	5	10	6	-1	12	-2	-	9

Tabell 2 Sammanställning av de mest intressanta mätningarna

I mätning nr 20 fick luftflöde och ozongenerering fortgå i ytterligare 5 timmar efter att fettgenereringen upphört. En liten men inte signifikant minskning av ansamlad massa i testfiltret kunde mätas upp. Detta kan dock ha påverkats något av att även partiklar från testlabbet kommit in i systemet under denna tid. Att partiklar från testlabbet bidragit till testfiltrets viktökning kan också förklara att luftfiltrens totala viktökning vid ozongenerering blivit något högre än massan av genererade fettpartiklar.

Resultaten från mätningarna i provriggen blev inte som förväntat, d.v.s. en signifikant reduktion av ansamlad massa i testfiltret. Den framtagna metodiken bedöms därför inte av intresse att lansera som en branschstandard. Indirekt kan resultaten också tolkas som att befintliga fettreduceringstekniker (UV och/eller Ozon) inte tycks ha någon markant inverkan på möjligheten till kostnadseffektiv värmeåtervinning genom att i svåra miljöer med hög fettbelastning förlänga intervallet mellan filterbyten. Åtminstone inte med ett filter av typen E_{PM1} 60%, vilket har bedömts vara vad som krävs för att i normalfallet skydda värmeväxlaren från försmutsning i en tuff storköksmiljö. Resultaten gäller dock under de förutsättningar som gällde i vår testrigg och om man endast tittar på massan som då fastnar i testfiltret. Däremot kan det vara så att partiklarna som fastnar i filtret efter behandling av ett fettreducerande system har en hårdare och mindre klubbig yta vilket i så fall skulle kunna ha en positiv inverkan på filtrets funktion och långtidsegenskaper. Åtminstone ozonet har också uppenbart en inverkan på partikelstorleken, annars hade mer massa partiklar hamnat i testfiltret än vid nollkörningen och inte som nu i det efterföljande finfiltret. En större partikelmassa når alltså fram till testfiltret vid ozonrening, istället för att fastna i kanalen, men en större andel av dessa passerar filtret. Nettoeffekten av detta blir dock i slutändan endast en marginell minskning av den totala massan som fastnar i filtret. Men under andra förutsättningar i en verklig anläggning, exempelvis med en längre reaktionstid och/eller ett filter av lägre klass, skulle resultatet sannolikt bli ett annat. Utifrån studien kan det dock inte uteslutas att luftfiltren i vissa fall ändå skulle behöva bytas relativt ofta även med UV- och/ozonrening och att det är andra systemlösningar såsom by-pass när värmeåtervinning inte behövs och/eller förstorade filterytor som krävs för att radikalt minska intervallen mellan filterbyten. Fler och djupare studier skulle behövas, för att förstå vad som händer med fettpartiklarna, på kanalytor och i luftfilter vid UV- och/eller ozonbehandling.

Vidare utveckling av testrigg och provningsmetodik

Den framtagna testriggen har trots hög mätosäkerhet gett signifikanta resultat även om de inte blev som förväntat. Däremot indikerar mätresultaten att riggen efter vissa förändringar och förbättringar skulle kunna användas för att åtminstone för ozonsystem mäta upp ett prestandamått på reduktion av fettansamling i imkanalen:

- Riggen måste då flyttas något för att kunna bli en permanent testrigg.
- För att förbättra arbetsmiljön i labbet måste luften efter slutfiltret evakueras ut.
- Nuvarande avluftsfläkt måste bytas till en kanalfläkt (också med inbygg mät-dysa).
- Testfiltret bytas tillbaka till ett E_{PM1} 85% eller bättre.
- Rutin för konditionering av testfiltret före test måste införas
- Inkommande luft till provrummet måste grovfilteras.
- Nuvarande imkanal behöver kompletteras med minst en S-böj före testfiltret.

För att kunna studera fettreduktion i kanal med UV-system skulle ett alternativ vara att hela kanalen skulle vägas före och efter varje testcykel, vilket bedöms som mycket svårt och krångligt då det dels handlar om att mäta en mycket liten skillnaden mellan två stora uppmätta vikter, dels att kanalen måste kopplas loss från kåpa och filterskåp både före och efter varje testcykel. Detta skulle (om det gick att genomföra) fungera även för ozonsystemen och då kunna användas för att verifiera det enklare testet med vägning av filter enligt ovan.

Ett annat alternativ är att placera ut mindre plåtar på olika platser i imkanalen och mäta deras viktökning efter att de under ett antal timmar utsatts för ett luftflöde med fettpartiklar från aerosolgeneratoren. Detta skulle vara lättare att genomföra, men om det skulle ge en mätbar skillnad i vikt med och utan UV och/eller ozonrening vet man inte förrän man testat.

En fortsättning på "spåret" med en testmetodik där man ändå mäter minskad massbelastning i ett testfilter skulle vara att se vad som händer om man kraftigt förlänger reaktionstiden i kanalen och eventuellt byter testfiltret till ett med lägre filterklass, exempelvis $E_{PM_{10}}$ 50 %, och ser om massbelastning då minskar mer än i nuvarande studie när UV och/eller ozonsystem används. I så fall skulle man i ett nästa steg eventuellt kunna gå vidare och studera om det som passerar detta filter också till stor del passerar en efterföljande värmeväxlare. Detta skulle då kunna ske genom vägning av en värmeväxlare före och efter en längre tids exponering. Lättare rent praktiskt än att väga en hel imkanal men kanske inte mättekniskt.

Fler fältmätningar och närmare studier av hur fettpartiklarnas partikelfördelning och deras ytstruktur påverkas av olika fettreducerande tekniker vore också av intresse.

Referenser

- Kuehn, T. H., m.fl., Development of a Standard Method of Test for Commercial Kitchen Effluent Grease Removal Systems - Draft Final Report, University of Minnesota, Department of Mechanical Engineering, USA, 2004
- Svensk Standard SS-EN 16282-8:2017 "Storköksutrustning – ventilationskomponenter för storkök – Del 8: Installationer för behandling av aerosol; krav och provning".
<https://www.sis.se/produkter/hem-och-hushall-underhallning-sport/koksinredning/ovrigt/ss-en-16282-82017/>
- IMKANAL.SE UTGÅVA 2012:2 2015-05-01 Utformnings- och utförandeansvisningar för imkanaler Branschrekommendation <https://www.imkanal.se/>
- Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om rengöring (sotning) och brandskyddskontroll (MSBFS 2014:6) <https://www.msb.se/sv/Om-MSB/Lag-och-ratt/Gallande-regler/Skydd-mot-olyckor/MSBFS-20146/>
- BFS 2017:4 VÄS 3 Boverkets ändring av verkets allmänna råd (2012:12) om anmälan för åtgärder som inte är bygglovspliktiga <https://rinfo.boverket.se/V%C3%84S/PDF/BFS2017-4-V%C3%84S3.pdf>
- Strålsäkerhetsmyndighet, "Om UV-strålning":
<https://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/omraden/sol-och-solarier/om-uv-stralning/>
- Arbetsmiljöverket, "Projektera och bygga restaurang"-Lokaler
<https://www.av.se/produktion-industri-och-logistik/bygg/projektera-och-bygga-restaurang/lokaler/>
- Boverket, "Köksventilation" <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/boverkets-byggregler/ventilation/koksventilation/>
- Ozonventilation <http://ozonventilation.se/>
- Belok (2016) Fettavskiljning och värmeåtervinning i storköksventilation
<http://belok.se/fettavskiljning-och-varmeatervinning-storkoksventilation/>

