

Utvärdering och utveckling av reningsteknik för VOC från lackering och oljedimma

Pilotstudie med aktivt kol och
UV/Ozon

Kåre Tjus Mats Ek Rune Bergström
B1687
Sep 2006

Rapporten godkänd
2006-12-04



Lars-Gunnar Lindfors
Forskningschef

Organisation IVL Svenska Miljöinstitutet AB	Rapportsammanfattning
Adress Box 21060 100 31 Stockholm	Projekttitel Utvärdering och utveckling av reningsteknik för VOC från lackering och oljedimma. Anslagsgivare för projektet Naturvårdsverket, Miljö-Teknologi AS, Absolent AB, Greiff Industrimiljö, Valeo Engine Cooling AB och Provexa AB
Telefonnr 08-598 563 00	
Rapportförfattare Kåre Tjus, Mats Ek och Rune Bergström	
Rapporttitel och undertitel Utvärdering och utveckling av reningsteknik för VOC från lackering och oljedimma. Pilotstudie med aktivt kol och UV/Ozon	
Sammanfattning <p>Nedbrytning av VOC från lackfärger och oljedimma med hjälp av UV-ljus har undersökts. Det har visats att man för de flesta ämnen får en bättre avskiljning genom att använda kombinationen UV-ljus och kolfilter, jämfört med enbart kolfilter. Vid nedbrytningen av butylacetat, som är vanligt förekommande i lackfärger, har det vid höga halter bildats ättiksyra. Ättiksyran tas upp dåligt i kolfilter, och därför kan den totala reningseffekten minska med UV-behandlingen. Vid lägre halter butylacetat har man dock fått en fullständig nedbrytning till koldioxid och vatten. Att det kombinerade systemet ofta blir billigare beror till en del på direkt nedbrytning i UV/ozonsteget, men också på att kolet fortlöpande regenereras med restozon.</p> <p>Kolväten i oljedimman har bestått av isoparafiner med kollängden C11-C15 och av butylstearat, man har haft en bra nedbrytning/avskiljning med kombinationen UV-ljus och aktivt kol. Skillnaden mot bara kolfilter har ökat under försökets gång, allt efter det att kolfiltret mätts. Här har effekten av regenerering av kolet varit tydlig, kolets livslängd före regenerering har förlängts med en faktor nära tre.</p> <p>UV metoden kombinerat med aktivt kol är den mest kostnadseffektiva behandlingsmetoden för de delflöden av oljedimman som innehåller relativt låga halter VOC. De mer VOC bemängda delflödena, som i det här fallet också var varmare, behandlas mest kostnadseffektivt med en katalytisk förbränning.</p> <p>För lackeringen, vid de undersökta förhållandena med relativt låga halter, säger leverantörsuppgifter att ett uppkoncentreringssteg med ett regenerativt kolfilter i kombination med katalytisk förbränning troligen är det mest kostnadseffektiva valet. Greiff beskriver ett system med cirkulerande luft över lackboxarna för att er hålla högre halter.</p> <p>Ytterligare forskning som skulle vara intressant är enligt IVL:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) För oljedimman: att kyla de varmaste luftgaserna, för att se om man därigenom kan minska VOC innehållet tillräckligt för att kunna behandla kvarvarande VOC med UV- ljus och kolfilter. 2) För lackeringen <ol style="list-style-type: none"> a) Att använda sig av ett kolfilter som förfilter som utjämnar de kraftiga svängningarna av VOC halterna. Detta skulle kunna leda till dels en luktreduktion, dels till att man får bättre förhållanden för ett efterföljande UV-behandlingssteg. b) Att i samarbete med lackerare undersöka möjligheten att införa system med recirkulerande ventilationsgaser från lackboxarna som renas med förbränning. <p>Utreda vilka lösningsmedel som är lämpliga att behandla med UV/ozon.</p>	
Nyckelord samt ev. anknytning till geografiskt område eller näringsgren VOC rening, oljedimma, lackering, UV, ozon, aktivt kol	
Bibliografiska uppgifter IVL Rapport B1687	
Rapporten beställs via Hemsida: www.ivl.se, e-post: publicationservice@ivl.se, fax 08-598 563 90, eller via IVL, Box 21060, 100 31 Stockholm	

Innehållsförteckning

1	Bakgrund.....	3
1.1	Teoretisk bakgrund för UV/Ozon rening av luft.....	3
2	Beskrivning av de två praktikfallen.....	5
2.1.1	Provexa AB.....	5
2.1.2	VALEO Engine Cooling AB.....	5
3	Försöksutrustningen.....	7
4	Resultat från pilotkörningarna.....	9
4.1.1	Provexa AB.....	10
4.1.2	Rening med 1, 2 respektive 3 UV-lampor.....	11
4.1.3	Rening över ozonsteget då enbart butylacetat tillsätts.....	12
4.2	Resultat från mätningar med kolrör och analys av ättiksyra vid Provexa måndagen den 23 januari.....	14
4.3	Nedbrytning av kolväten i kolfiltret efter UV aggregatet.....	15
4.4	Jämförelse av UV ozon konceptet med andra alternativa reningstekniker.....	16
4.4.1	Provexa AB.....	16
4.4.2	Reningsresultat vid Valeo.....	17
4.4.3	Ekonomisk jämförelse för olika alternativa lösningar vid Valeo Engine Cooling AB.....	19
4.5	Diskussion av resultaten.....	22
4.6	Förslag till fortsättning.....	24
	Bilaga 1 Utvärdering av oljefiltret.....	25
	Bilaga 2. Reningsteknik för oljeångdimma.....	28
	Bilaga 3 Recirkulering av lackboxluft.....	40

1 Bakgrund

Sverige har åtagit sig att minska utsläppen av VOC till 241 kton/år till år 2010. År 2001 var utsläppen 303 kton, varav lack-/måleri-/lösningsmedelsverksamheten stod för 21 kton. Även utsläpp av VOC från oljedimma vid metallbearbetning bidrar till en väsentlig del av Sveriges utsläpp.

En viktig strategi för att minska VOC är att byta från lösningsmedelsbaserade lacker till vattenbaserade lacker. För vissa lackprocesser är det dock förenat med betydande omställningsarbete att byta till ett vattenbaserat alternativ, reningsåtgärder kan i dessa fall komma väl till pass. På liknande sätt finns en trend att ersätta lösningsmedelsbaserade smörjoljor med motsvarande mer vattenbaserade alternativ.

För att ytterligare kunna minska utsläppen av VOC från industrin finns det behov av kostnads-effektiva lösningar för de fall där man av olika skäl inte vill eller kan frångå lösningsmedelsbaserade färger, t ex för topplacker eller vissa smörjoljor. Det är i detta sammanhang vi valt att utvärdera metoden med UV-ljus följt av ett aktivt kolfilter.

Tekniken går i korthet ut på att UV ljuset bryter ner vissa kolväten direkt till koldioxid och vatten vid belysning, andra kolväten oxideras indirekt med hjälp av bildat ozon och syreradikaler.

Den indirekta nedbrytningen av kolväten sker dels i själva UV-kammaren dels i det efterföljande kolfiltret.

Vi har även tillsammans med ett företag inom lackeringsbranschen, Greiff, sökt utvärdera en logistik som minimerar ventilationsflödet under lackeringsprocessen.

Genom detta förfarande finns det möjlighet att minska kostnaderna för VOC rening för traditionella reningstekniker som katalytisk förbränning. Kostnaden minskar beroende på att investeringskostnaden är beroende av det flöde som behandlas.

Sådana tekniker kan bidra till att hjälpa Sverige att uppnå utsläppsmålet för VOC.

1.1 Teoretisk bakgrund för UV/Ozon rening av luft

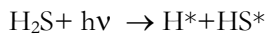
Gasflödet som skall renas leds genom en kammare som är upplyst med kortvågigt UV-ljus (UV-ljus med våglängden mellan 100-280 nm)

Under inverkan av UV-vågorna åstadkoms en nedbrytning av såväl oorganiska som organiska föroreningar i gasströmmen.

Nedbrytningen sker genom två slags mekanismer:

- Direkt fotolys: Ämnen som absorberar bra i det använda våglängdsområdet (VOC, ammoniak, svavelväte, merkaptaner, aminer) kan brytas ner direkt under inverkan av UV-strålningen

Möjliga fotolysreaktioner är:



- Oxidation genom reaktiva syreradikaler: Ämnen som inte absorberar UV-ljus direkt, såväl som nedbrytningsprodukter från fotolysreaktioner, kan vara möjliga att oxidera med hjälp av högreaktiva syreradikaler. Dessa sistnämnda bildas ur syre närvarande i luftströmmen, enligt följande reaktionsmekanismer.
 - $3 \text{O}_2 + h\nu \rightarrow 2\text{O}_3$
 - $\text{O}_3 + h\nu \rightarrow \text{O}_2 + \text{O}^*$

Vid dessa oxidationsreaktioner bildas CO_2 , H_2O , N_2 och SO_2 som slutprodukter.

Efter UV-oxidationen installerar en del leverantörer en katalysator, oftast bestående av aktivt kol, för att fullfölja oxidationsprocessen och för att icke reagerad ozon kan omvandlas till syrgas. Kolfiltret kan också adsorbera ämnen som inte oxiderats.

Andra leverantörer placerar efter det första paketet av lampor ytterligare lampor med en annan våglängd, med uppgift att omvandla ej reagerat ozon.

IBland placeras två oxidationsenheter i serie, med en katalysator av silika-gel emellan, syftet är att bättre behandla koncentrationstoppar av små polära ämnen (såsom t ex ammoniak).

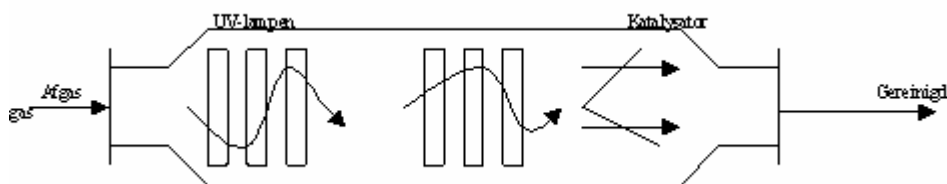
Rekommenderad maximal temperatur för fotolysen är 60°C , vid högre temperaturer minskar ozonets livslängd snabbt.

Fördelar med fotolysen är

- Kompakt system
- Kan placeras såväl inom- som utomhus
- Kan enkelt slås av och på, kort start tid
- Reaktionen sker vid låga temperaturer
- Låg energiförbrukning i jämförelse med förbränningssystem
- Lågt ljud

Nackdelar är

- Ett platsspecifikt test krävs för att undersöka om tekniken är tillämplig för aktuell VOC-blandning.
- Icke tillämpligt för nedbrytning av högre VOC koncentrationer ($> 500 \text{ mg/m}^3$).



Figur 1. Foto oxylat. Utdrag från Lenntech.

Fotolysreaktionen är mycket lämplig för diskontinuerliga processer med lägre halter av lösningsmedel (maximalt 500 mg/Nm³).

Fotolys används idag såväl för att ta bort lukt, t ex vid bryggerier, sopsortering, avloppsreningsanläggningar och för att ta bort VOC, flyktiga organiska ämnen, vid lackeringsindustrier. Det används även för att ta bort stekos från t ex fritöser.

2 Beskrivning av de två praktikfallen

2.1.1 Provexa AB

Provexa AB är beläget i Stenungsund, man bedriver legolackering åt ett flertal olika industrier, t ex telefonmaster åt Ericsson och olika detaljer till TetraPak.

För närvarande har man 9 sprutboxar, och idag har man dispens att släppa ut 500 kg VOC per månad. Man har haft problem med luktstörningar för omkringboende och på en förskola.

Man planerar att tillsammans med sina kunder prova fram vattenbaserade färger, men vill ha tekniker för VOC rening i beredskap för rening av en eller flera av boxarna.

Provexa har i samarbete med IVL gjort en luktutvärdering av verksamheten, och det har visats att det främst är butylacetat och naftaprodukter som kan ge luktstörningar till omkringliggande förskolor och skolor.

Driften sker i form av 1 skift, men man har VOC avgångar även nattetid, då torkningen sker. Man har torrfilter vid lackeringen.

2.1.2 VALEO Engine Cooling AB

Valeo är ett stort företag med många anläggningar runt om i världen.

Vid anläggningen i Sölvesborg tillverkas kylare i koppar och aluminium främst åt lastbilar. Man har totalt 600 anställda och jobbar i 3 skift 6 dygn i veckan. Vid lödningen av aluminiumdetaljer måste först oljan som används vid bearbetningen av godset avlägsnas. Idag används s k Magnusolja, som består av isoparaffiner med en längd på kolkedjan mellan 11 och 15 atomer. Valeo planerar att om ca 1-1,5 år övergå till en vattenbaserad olja som dock fortsatt kommer att innehålla en del kolväten.

Idag har man 4 stycken ugnar av vilka 3 kommer vara kvar vid årsskiftet, där man bränner av den använda smörjoljan innan lödning.

Utsläppen från de olika ugnarna kommer dels från själva ugnen, dels från manteln. Temperaturen i ugnsgaserna, punkt TH12, är ca 200°C, mantelgaserna, TH13 håller en temperatur på mellan 30-60°C. VOC-halterna är lägre i mantelgaserna.

I tabell 1 visas halter, flöden och temperaturer uppmätta under provtagning 2005.

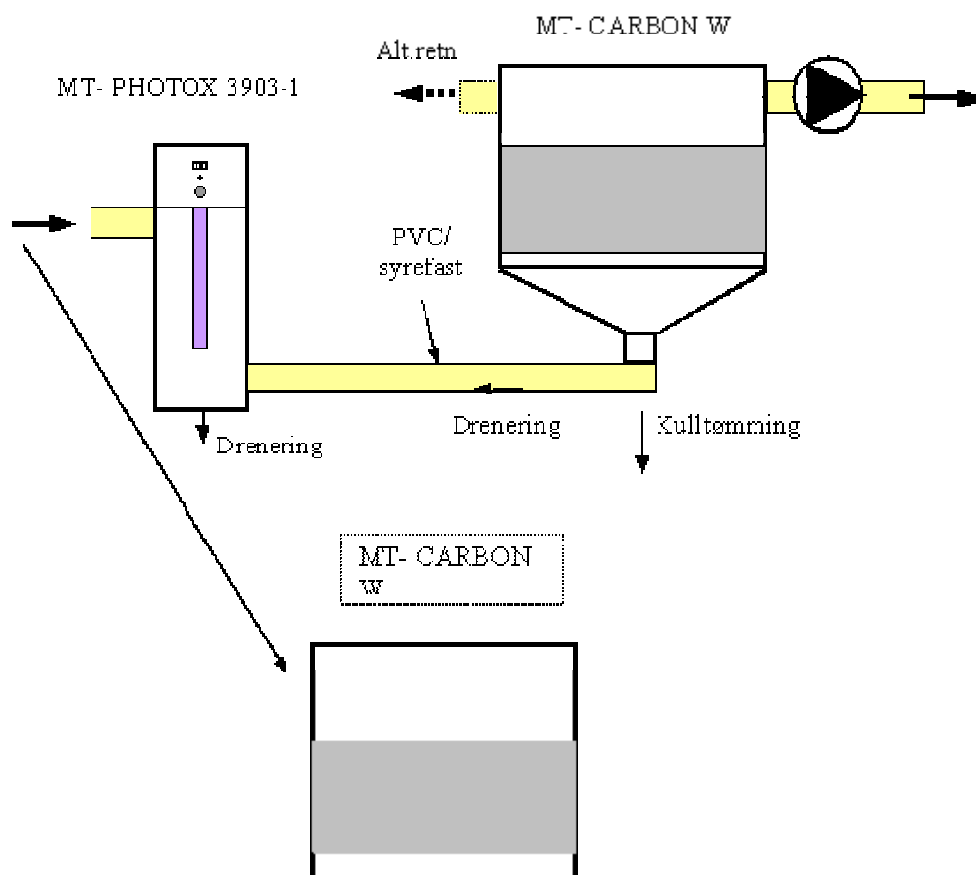
Tabell 1 Data från en tidigare mätperiod vid Valeo

	TH12, ugn 2	TH13, ugn 2	TH12, ugn 3	TH13, ugn 3	TH12, ugn 4	TH13, ugn 4
Temperatur	200	61	204	37	202	46
Flöde Nm ³ /h	1239	1305	2068	1689	2104	2636
Halt kol mg C/Nm ³	162	17,9	125,6	55,1	126,1	44,7
Oljedimma mg/Nm ³	0,2	1,2	0,2	0,5	0,6	0,7
Stoft mg/Nm ³	1,9	5,5	0,4	1,3	5,6	2,0

Om alla utsläppspunkter sammanförs till en enda, fås ett flöde på ca 11 000 Nm³ med en halt på ca 90 mg C/Nm³, motsvarande ca 180 mg oljeånga/Nm³. Detta motsvarar 13,4 ton oljeånga per år vid 7 000 timmars drifttid.

3 Försöksutrustningen

Nedan visas principiellt utrustningen med UV kombinerat med ett efterföljande kolfilter, samt även ett "självständigt" kolfilter, från Miljø-Teknologi AS.



Figur 2. UV och Aktivt kol rening MT-PHOTOX 3903-1 + MT-CARBON W kopplat parallellt med ett "självständigt" MT-CARBON W. Kapacitet : < 200 m³/h för vardera flödet.

Storleken på UV-anläggningen är cirka 20 liter, och vi har laddat in 25 kg kol vardera i kolfilter-behållarna.

Kolfilterbehållarna har monterats på två stativ vilka i sin tur ställts på två stycken lastvagnar. På detta sätt har man kunnat följa viktsförändringen på kolfiltren under försökens gång.

VOC halten har mätts med ett FID instrument*, en JUM, denna har varit kopplat till 4 mätpunkter.

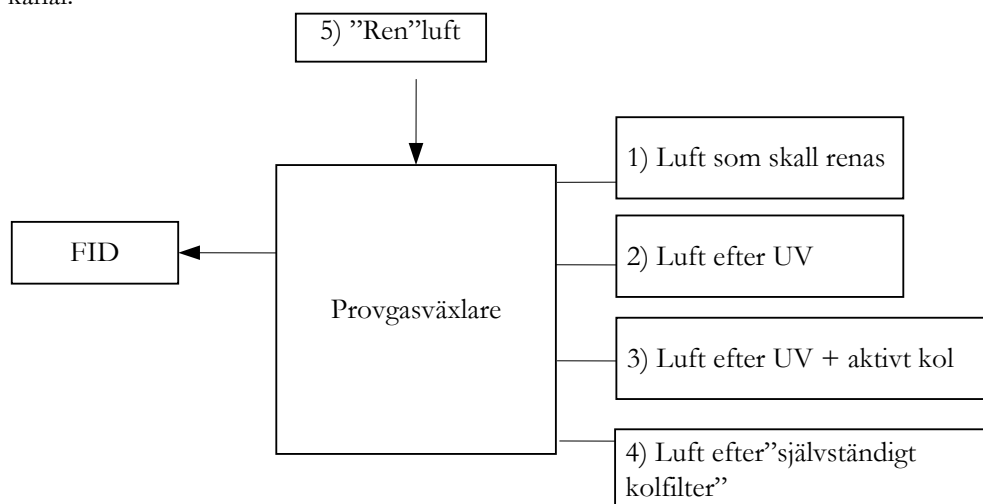
* FID=en flamjonisationdetektor som oxiderar kolvätena med hjälp av en vätgasläga, oxidationsprodukterna mäts genom att registrera strömmen som erhålls då två plattor i lågan spänningssätts

- 1) på ingående gas till reningssystemet,
- 2) efter UV reaktorn,
- 3) efter kolfiltret som sitter efter UV reaktorn och
- 4) efter kolfiltret som arbetar "självständigt",
- 5) har varit kopplad till "ren" bakgrundsluft i fläktlokalen (Provexa) eller på luftintaget (Valeo).

FIDen mäter på så vis att en bestämd luftvolym pumpas från den mätpunkt man för närvarande mäter, en provgasväxlare ställs in så att man med jämna mellanrum växlar mellan mätpunkterna. Mellan mätningarna på varje mätpunkt spolar man rent med relativt ren luft.

Efter mätningarna sorteras FID-signalerna så att man specifikt kan beräkna halten för vardera kanalen.

Mätintervallen har varit olika långa. På Provexa, där man har stora svängningar på ingående VOC halt har mätintervallen varit en minut per kanal, för mätningarna vid Valeo, där man haft betydligt jämnare halter på ingående luft till reningsutrustningen, har vi mätt i 10 minuter åt gången för varje kanal.

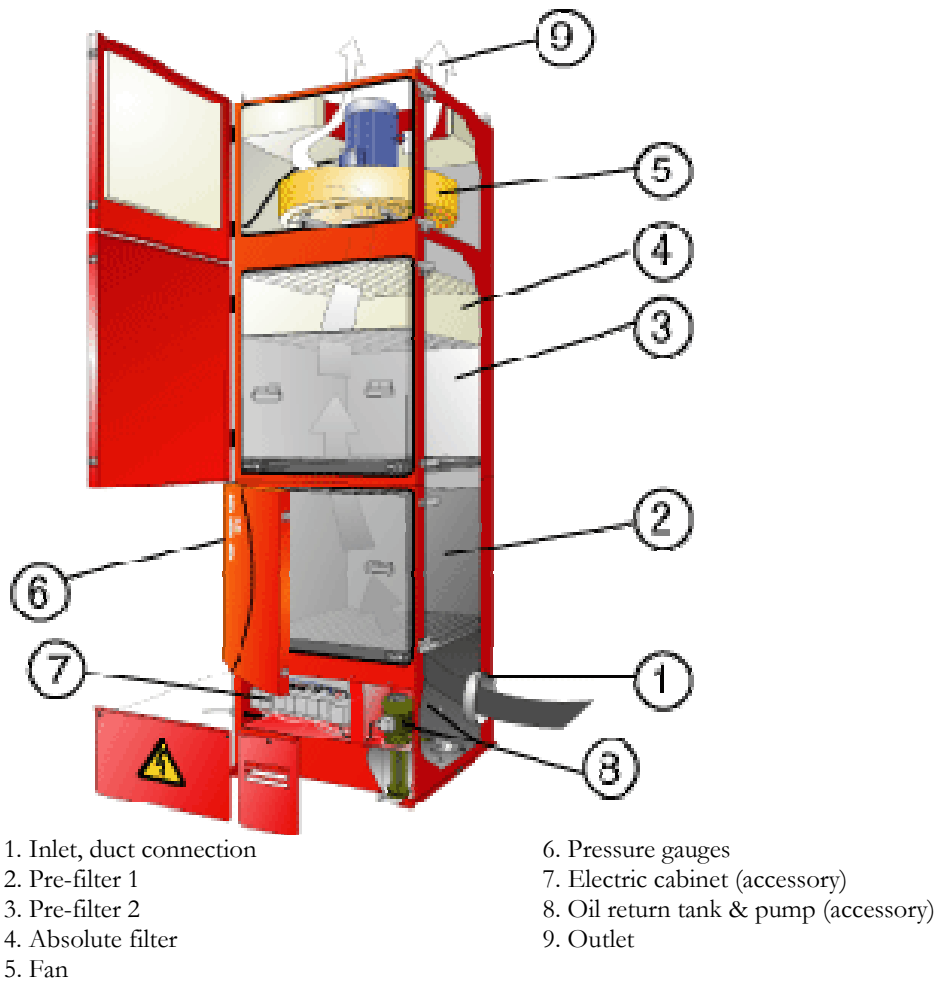


Figur 3. Arbetsättet för FIDen.

Förbehandling av luften med oljedimma

Absolent har redan tidigare installerat en avskiljningsutrustning för oljedroppar vid Provexa. Detta har varit ett nödvändigt förbehandlingssteg för såväl aktivt kolfiltreringen som UV behandlingen.

I figur 4 beskrivs Absolents utrustning.



Figur 4 Absolents utrustning för avskiljning av oljedimma. Filterkassetterna kan relativt enkelt rengöras och återanvändas uppemot 10 gånger.

4 Resultat från pilotkörningarna

Pilotutrustningen för UV och aktivt kol levererades till Proveda AB i Stenungsund i november 2005, där utfördes mätningar tom slutet på januari 2006.

Samtidigt installerades och utvärderades ett oljefilter från Absolent på Valeo i Sölvesborg.

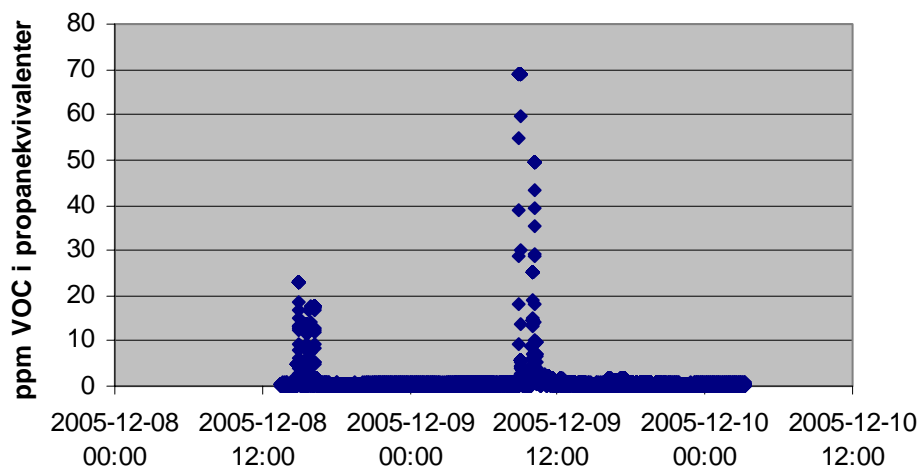
Utvärderingen av oljefiltret har skett av Magnus Dalemo från Absolent.

I början på februari påbörjades mätningarna vid Valeo, dessa pågick tom början av maj 2006.

4.1.1 Provexa AB

Under försökets gång varierade antalet lampor från 3 till 2 till 1 lampa. Flödet varierades också. Ett specifikt försök med enbart butylacetat utfördes också. Effekten på vardera lampan är 40 W.

Typiska koncentrationsvariationer hos Provexa framgår av figur 5.



Figur 5. Variationer av halterna ut ur den lackbox vid Provexa som vi undersökt.

Halten av VOC varierar mycket kraftigt; lackeringen tar i regel cirka 1-2 timmar, under lackeringen kan man periodvis ha halter upp mot 1 000 ppm i utgående luft från lackboxen, mellan lackeringarna, vid torkning och då lackboxen inte används har man mycket låga halter.

I regel lackerar man 1 till 2 gånger per dag i den undersökta lackboxen, på helgerna står lackboxen i regel stilla.

I tabell 2 visas resultaten av de olika försökskörningarna som medelvärden för de olika perioderna.

Tabell 2. Driftsätt och resultat från försöken vid Provexa.

Datum	Antal lampor	Flöde m ³ /h	Sammansättning på VOC	Medelhalt ppm VOC in till reningen	% Rening över Ozonsteget	Rening över Ozon Aktivt kol	Rening över enbart Aktivt kol
8-13 dec -05	3	100	Varierande	6,06	14,2	90,4	92,4
14-19 dec -05	2	100	Varierande	3,66	17,3	90,3	93
20-24 dec- 05	1	100	Varierande	2,23	0	80,7	87,1
16 januari -06	3	50	Varierande		15	99,8	100
17 januari -06	3	50	Enbart Butylacetat		30,1	96,8	98

Man kan här se en något avtagande reningskapacitet för aktivt kol (antingen ensamt eller efter UV) för mätperioderna med ett flöde på 100 m³/h, mellan 8 december tom 24 december. Reningen minskar från ca 93 % i början till ca 87 % i slutet av mätperioden för bara kolfiltret, och från 90 till 81 % för UV + kolfilter.

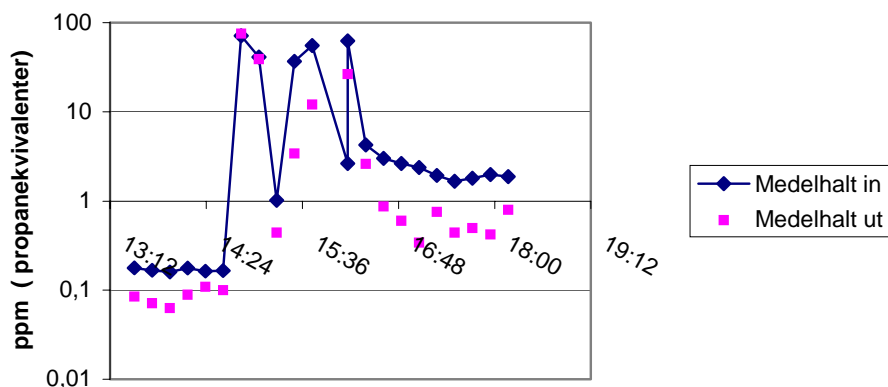
Något förvånande visar det sig att man får en sämre reningskapacitet när man har en förbehandling med UV-strålar före aktiv kolfiltret. Förklaringen är troligen den att UV-steget bildar mellanprodukter som kolfiltret har sämre kapacitet för. Från t ex butylacetat kan butanol och ättiksyra bildas. Vi har också kunnat konstatera en karakteristisk lukt av ättiksyra, och den lägre reningsförmågan beror sannolikt på att ättiksyra fastnar betydligt sämre i aktivt kol än butylacetat. Möjligen inaktiverar ättiksyran också kolfiltret, eller den fortsatta nedbrytning som man vill ha där.

Behandling med endast UV ger en minskning av VOC med ca 14 % för 3 lampor, ca 17 % för 2 UV lampor och ingen rening för 1 lampa vid luftflödet 100 m³/h.

Om man studerar reningen mer i detalj kan man se att den procentuella reningsförmågan påverkas kraftigt av halten VOC som tillförs UV kammaren.

Vid högre halter blir den procentuella reningsförmågan mycket sämre, se figur 6.

Det verkar som om UV kammaren helt enkelt inte hinner med att rena VOC vid de högsta halterna. Den har alltså en viss kapacitet som man snabbt har överskridit här.



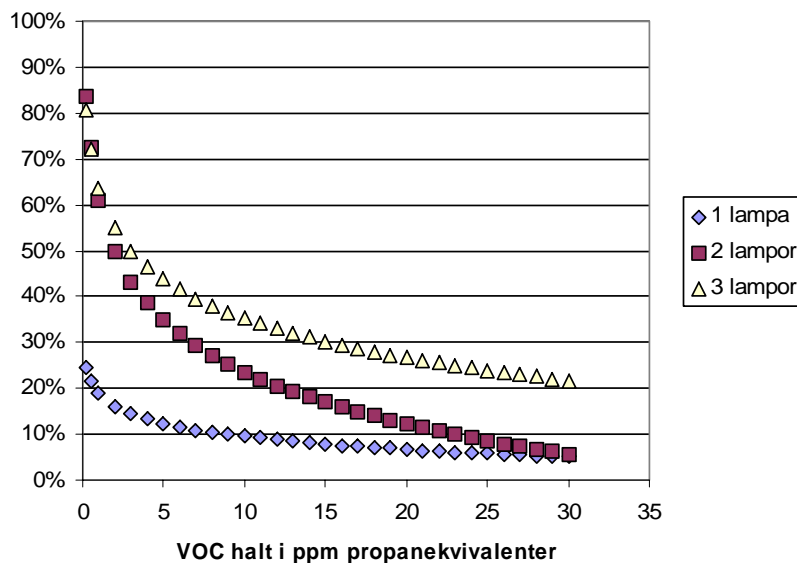
Figur 6. Variation av VOC-halt, 13 minuters medelvärde för en 6 timmars period.

Reningen över enbart UV aggregatet varierar kraftigt med ingående halt av VOC, vid högre halter är nedgången över UV aggregatet obetydlig, procentuellt räknat.

4.1.2 Rening med 1, 2 respektive 3 UV-lampor

Vi kunde ovan konstatera att man i snitt hade bättre rening med 2 lampor än med 3 lampor under de undersökta försöksperioderna. Om vi detaljstuderar reningsgraden för 3, 2 respektive 1 lampa så förstår man dock att man har bättre rening med ökat antal lampor förutsatt att man jobbar vid samma halter.

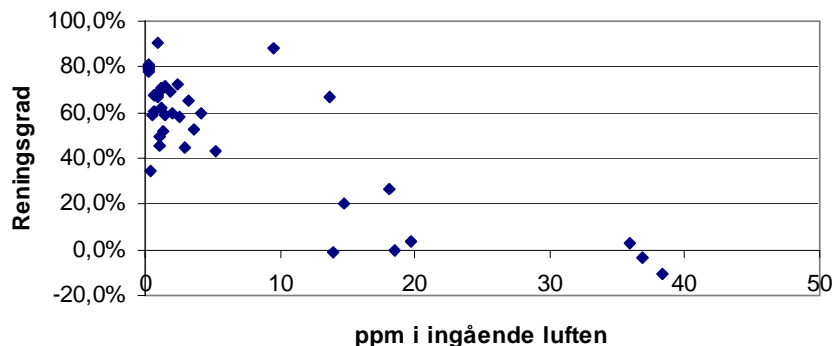
I figur 7 visas reningsgraden vid olika mängder tillfört VOC för de olika fallen.



Figur 7 Rening över UV aggregat med olika antal UV lampor som funktion av VOC halten i tillförd gas. Luftflödet är 100 m³/h. Data bygger på en regression av 2 timmars medelvärden.

Här syns tydligt att nedbrytningen ökar med ökad UV strålning, och att nedbrytningen minskar procentuellt sett vid högre halter.

Värdena ovan är baserade på 2 timmars medelvärden från de aktuella körningarna, i figur 8 visas underliggande mätdata för försöket med 3 UV lampor.

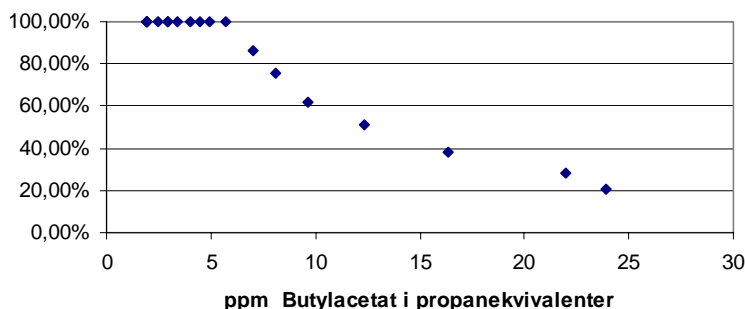


Figur 8. Resultat baserat på 2 timmars medelvärden för en period av 6 dygn

Reningen för en längre mätperiod kan därför visas bero dels av uppehållstiden, dels av hur ingående VOC varierar. Och vilket vi förtydligar senare, även av ingående sammansättning av lösningsmedlen som används i lacken.

4.1.3 Rening över ozonsteget då enbart butylacetat tillsätts

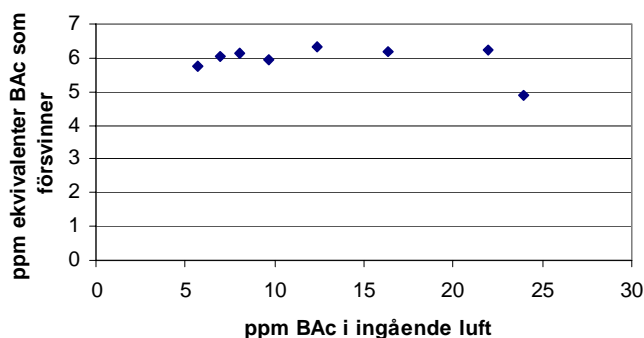
Ett försök då man tillförde ett antal liter ren butylacetat till en lackbox efter att lackeringen för dagen var slut visas i figur 9.



Figur 9. Minskning av VOC över UV-ozonsteget som funktion av inkommande halt.

I detta försök har halten ej svängt lika kraftigt som vid den normala lackeringen, butylacetat tillfördes enbart vid ett tillfälle vartefter halten avtagit genom ventilationen i lackboxen. Man får därför här en mycket tydligare bild av reningen vid olika halter. För halter upp till 6 ppm kan man konstatera att reningen är så gott som fullständig, därefter sjunker reningen kraftigt med halten.

Det ser ut som om man kan omvandla 5-6 ppm butylacetat i UV-kammaren, vid ett flöde på ca 40 m³/h (25-50 m³/h), oavsett vilken halt som tillförs. D.v.s. om vi tillför 25 ppm, så kommer halten efter reningen vara ungefär 19 ppm. I figur 10 visas mängden försvunnen VOC som funktion av halten tillförd butylacetat till ozonreaktorn.



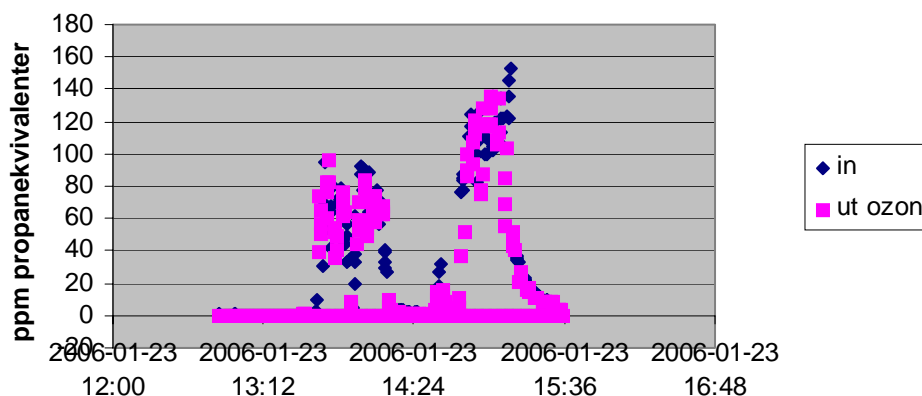
Figur 10. Mängd avlägsnad butylacetat i UV-steget som funktion av inkommande halt.

Vi kan nu beräkna vilken energi, i form av lampenergi som behövs för att bryta ner en viss mängd butylacetat fullständigt till koldioxid och vatten. 6 ppm propanekvivalenter motsvarar 18 mg/m³ butylacetat. Detta ger en maximal nedbrytning om ca 700 mg (450-900mg) butylacetat/h maximalt då 3 UV lampor på tillsammans 120 W effekt används, eller en energiinsats i storleksordningen 150-300 kWh per kg nedbruten butylacetat.

4.2 Resultat från mätningar med kolrör och analys av ättiksyra vid Provexa måndagen den 23 januari

Behandling av en luftström innehållande butylacetat, xylen och etylbensen

I figur 11 visas hur VOC halten varierade, mätt med en FID.



Figur 11. In- och utgående halt av VOC för UV-aggregatet (3 lampor, 100 m³/h).

Samtidigt med FID mätningarna över ozonaggregatet mättes mängden ättiksyra ut, samt även ett antal kolväten in och ut. Som synes har vi under denna period haft höga halter kolväten in till ozonaggregatet.

Under tidsperioden 12.40 –15.30 mättes utgående ättiksyrahalt ut ur ozonaggregatet

Ättiksyra mg/m ³	Beräknad Butanol mg/m ³	Omvandlad Butylacetat mg/m ³
3,13	3,91	7,56

Vi har inte mätt butanol, men kan beräkna bildad mängd butanol och omvandlad mängd butylacetat. I tabell 3 görs ett försök till materialbalans över UV-steget.

Tabell 3. In- och utgående halter av olika föreningar under det avslutande försöket vid Provéxa.

		In	Ut	Minskning mg/m ³	Minskning %
Bensen	mg/m ³	0,11	0,128133	-0,02	-16
Toluen	mg/m ³	1,2	0,98	0,22	18
Butylacetat	mg/m ³	46	38,44	7,56	16
Etylbensen	mg/m ³	7	5,879	1,12	16
m+p-xylen	mg/m ³	19	16,58	2,42	13
o-xylen	mg/m ³	11	9,045	1,95	18
1,3,5-TMB	mg/m ³	0,54	0,603	-0,06	-12
1,2,4-TMB	mg/m ³	2,5	2,11	0,39	16
1,2,3-TMB	mg/m ³	0,48	0,422	0,06	12
Summa	mg/m ³	87,83	74,19	13,64	16
Summa + ättiksyra + beräknad butanol		87,83	81,2292	6,6	8
FID ppm propan ekv		24,8	23,1		7
Motsvarar ca mg/m ³		68	63	5	7

Om vi tar hänsyn till bildad ättiksyra och butanol så kan vi uppskatta totala minskningen av VOC till ca 8 % under denna tidsperiod, vilket överensstämmer bra med den samtidiga FID mätningen som visar 7 % minskning.

Om man ser till total mängd VOC som har bortskaffats så är det enligt de två beräkningssätten 6,6 resp. 5 mg/m³. Med hänsyn till flöde, antal lampor och deras effektbehov kommer man fram till energibehovet 200 - 300 kWh/kg VOC.

4.3 Nedbrytning av kolväten i kolfiltret efter UV aggregatet

Kolfiltren vägdes i början och slutet av försöken, tabell 4 ger vikterna.

Tabell 4. Kolfiltrens vikt under försöket vid Provéxa.

	20051206	20060105	20060123
Vikt på kolfilter A+stativ (med UV/ozon före)	55,6	54,4	54,55
Vikt på kolfilter B+stativ (utan UV/ozon före)	55,85	57,45	56,40

Av den totala vikten var från början i båda fallen ca 25 kg kol, resten behållare och stativ.

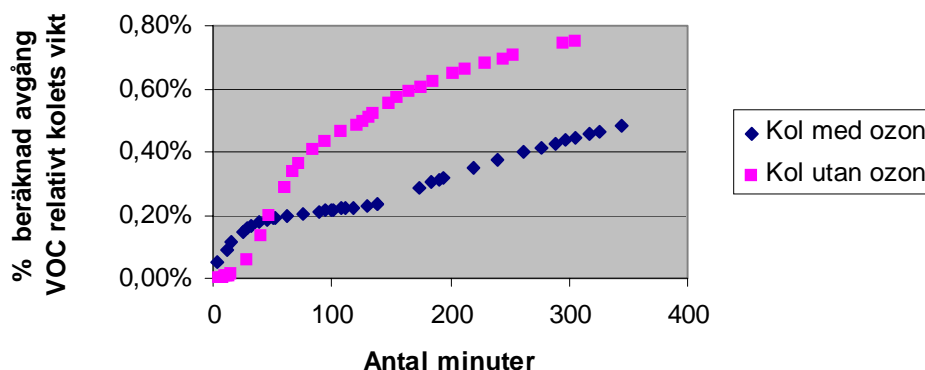
Det ser ut som om vi i ena fallet, kolfilter B, får ett upptag av VOC som motsvarar ungefär den mängd VOC som tillförs kolfiltret.

För kolfiltret A får vi däremot ingen ökning av kolfiltrets vikt utan snarare en minskning.

Detta kan bero på att kvarvarande ozon oxiderar VOC till koldioxid och vatten, men även till viss del att kolet i det aktiva kolet oxideras av ozonet.

Vi har även mätt upptaget av kolväte i de två kolfiltren genom att efter avslutad mätning mäta utgående kolväte vid en desorption med kvävgas med en temperatur ökande från 100 till 180° C.

I figur 12 visas resultaten för de två kolen.



Figur 12. Desorption av de två kolen med kvävgas med en temperatur ökande från 100 till 180°C.

Resultaten visar att kolfiltret som satt efter UV/ozonanläggningen innehöll mindre VOC än kolfiltret utan ozon. Det skulle alltså ta längre tid innan det mättades, troligen beroende på en fortgående nedbrytning av VOC i kolfiltret med hjälp av ozon.

4.4 Jämförelse av UV ozon konceptet med andra alternativa reningstekniker

4.4.1 Provexa AB

Provexa har i samarbete med IVL tagit fram uppgifter om olika reningstekniker.

Bakgrunden vid dessa förfrågningar har varit att man har en VOC halt på i genomsnitt 15 mg/m³, och ett antaget flöde på 20 000 m³/h under 3 300 h per år, d.v.s. i princip mellan 8-24 måndag-fredag.

Man kör lackering dagtid och torkning nattetid.
Medelhalterna under dygnet antogs variera mellan 5-50 ppm.

IVLs mätningar, som gjorts efter förfrågan, visas nedan för en av lackboxarna.

Mätningarna visar att halterna kan vara väldigt höga periodvis, 500 ppm eller högre är inga ovanligheter.

Det är därför viktigt att den reningsteknik man väljer klarar av de kraftiga VOC svängningarna bra. De reningstekniker som man fått uppgifter på presenteras i tabell 5.

Tabell 5. Kostnadsunderlag för rening av 20 000 m³/h, medelhalt 45 mg/m³, 3,3 ton/år, 95 % reningsgrad antas i samtliga fall uppnås

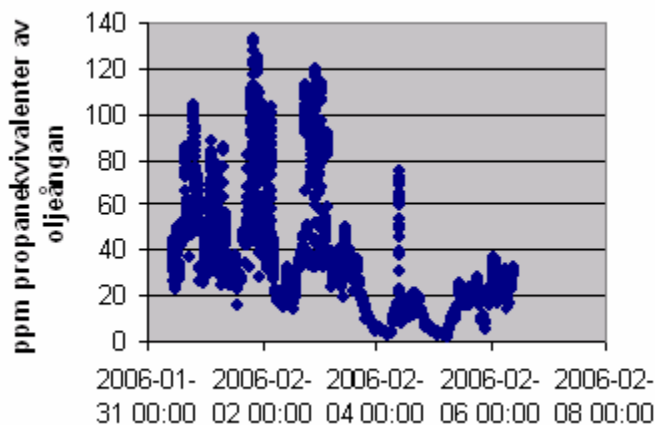
	Zeotech AB, Zeolit + Katalytisk förbränning	Mölnbacka Industri AB, Kolfilter	Mölnbacka Industri AB, Kolfilter + Katalytisk förbränning	Bygg Värme Maskiner AB, Ozon+Katalytisk förbränning	VOC_Technology, Zeolit + Katalytisk förbrännig
Investeringskostnad, kr	2 900 000	620 000	1 750 000	1 910 000	2 650 000
Energibehov och kostnader	50 000 kWh/år =33 500kr	100 000 kWh/år =67 000kr	60 000 kWh/år =40 000kr	99 360 kWh/år =66 000kr	216 000 kWh/år =145 000kr
Kostnad kolbyte + övrigt underhåll (lampbyte)		510 000	62 000	290 000	
Driftkostnader, kr/år	33 500	577 000	102 000	356 000	145 000
Total kostnad (kr/år) vid 20 % annuitet, exklusive kostnad för byggnader	613 500	701 000	452 000	738 000	675 000
kr/kg behandlad VOC	186	212	137	224	205
kr/kg nedbruten VOC	196	224	144	235	215

Tabellen ger en storleksordning snarare än exakta siffror, då man antagligen räknat kostnaderna något olika.

4.4.2 Reningsresultat vid Valeo

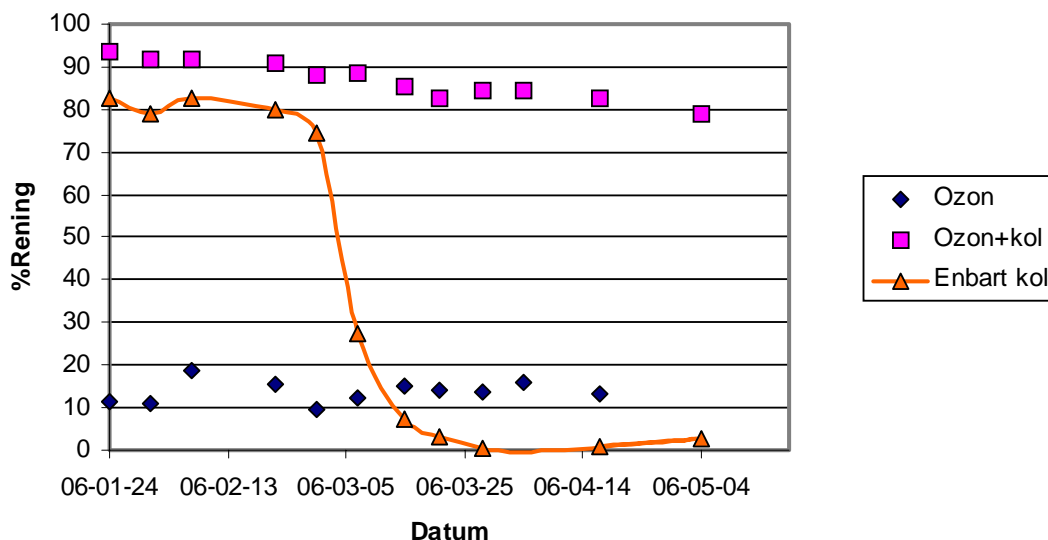
De flöden vi här arbetat vid har varit 80 m³/h vardera för aktivt kolfilter- och UV + aktivt kolfilter-systemet. 2 UV lampor har genomgående använts.

Halten varierade ganska kraftigt, se figur 13, dock inte tillnärmelsevis lika kraftigt som i fallet vid Provexa.



Figur 13. Medelvärdet för ingående halt har varit 25 ppm propanekvivalenter VOC, motsvarande ungefär 60 mg/m³ oljeånga.

Resultaten av reningen visas i figur 14.

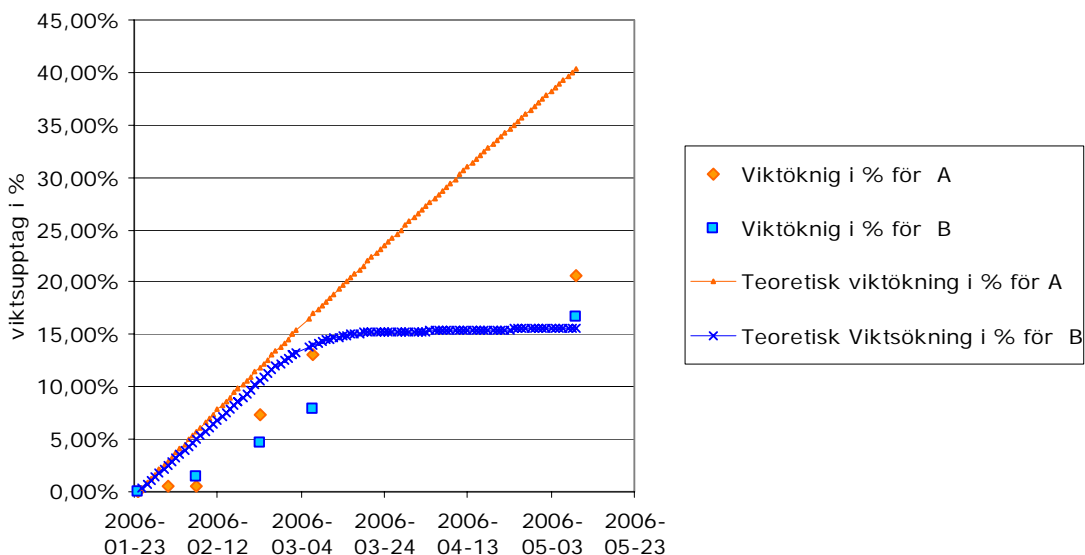


Figur 14. Rening över kolfilter med och utan UV/ozonförbehandling under drygt 3 månaders drift

Det visar sig att kolfiltret med UV/ozon som försteg håller minst 3 gånger så lång tid som ett aktivt kolfilter utan förbehandling med UV.

Reningen med enbart UV i UV kammaren har i snitt legat mellan 10 och 20 %.

Vi har under försökets gång även följt viktsförändringen av de två kolfiltren, figur 15.



Figur 15. Uppmätt ökning av vikten av kolfiltren jämfört med teoretiskt beräknat utifrån mätning av mängd kolväte före och efter kolfiltren.

Man kan konstatera att man, trots att man tagit bort nästan 3 gånger mer kolväten i det aktiva kolfiltret där luften förbehandlats med UV-ljus, så hade man efter 3 månaders drift en relativt liten skillnad i viktsökning för de två filtren. Vikten hade ökat med 5,5 % för kolfiltret med UV-förbehandling mot 4 % för kolfiltret utan UV. Den troliga förklaringen är att kvarvarande ozon efter UV-kammaren bryter ner en del av den VOC som först tagits upp i kolfiltret.

4.4.3 Ekonomisk jämförelse för olika alternativa lösningar vid Valeo Enginge Cooling AB

I tabell 1 visas halter, flöden och temperaturer uppmätta under den tidigare provtagningen 2005. Totala utsläppet av VOC är drygt 13 ton per år fördelat på drygt 11 000 m³/h.

Man kan här alternativt behandla de varma och de kalla luftströmmarna på vardera cirka 5 500 m³/h separat.

Katalytisk förbränning

Vi har frågat Miab AB som har katalytisk förbränning, de har svarat att katalytisk förbränning vid 300°C kombinerat med värmeväxlare bör vara OK, men för att ej få allt för höga drifts- respektive investeringskostnader föreslår de att man behandlar den varma luftströmmen utan att kyla den. Man minskar då driftskostnaden från i storleksordningen 800 000 till 400 000 kr per år.

Investeringskostnaden för katalytisk förbränning uppges vara i storleksordningen 1,7- 1,8 Mkr.

Förbränningsväxlare

Vi har även fått svar från VOC-Technology som har rening genom katalytisk förbränningsväxling. Denna teknik innebär i princip att man växlar luftens riktning med jämna intervall, på detta sätt kan man utnyttja den utvecklade värmen i den exoterma förbränningen till att värma upp inkommande luft till erforderliga ca 300°C. VOC-Technology har dock svarat att man ej kan rena oljeångor, p.g.a. risk för igensättning av katalysatorn med olja.

Kolfilter

Vi antar här att kolfiltret kan mättas till 16 % av kolets vikt, vilket motsvarar den mättnadsgrad vi fått i de praktiska försöken.

Kolet inklusive omhändertagande och destruktion kostar i storleksordningen 26 kr/kg.

UV/ozon + kolfilter

Testkörningarna och uppskattad livslängd vid de lägre halterna

Genom att använda UV lampor i samma förhållande som vi använt vid försöken vid Valeo Engine Cooling, 2 lampor om 40 W per 80 m³/h, kan vi beräkna det antal lampor som skulle behövas för en fullskaleanläggning.

Vi har kunnat visa att kolet håller minst 105 dagar mot drygt 30 dagar för kol utan UV-förbehandling. Detta innebär en livslängd på kolet som är minst 3 gånger högre efter UV-försteget. För att behandla 5 000 m³/h vid denna halt kan vi anta att vi behöver proportionellt sett $5\ 600/80 * 2$ lampor = 140 lampor.

Uppskattning av antal lampor som behövs vid de högre halterna

I det flöde vi mätt, från ett av de kalla mantelflödena, var halten ca 25 ppm propanekvivalenter VOC i snitt (detta motsvarar ungefär 60 mg/m³ oljeånga). För flödet vid den högre temperaturen är halten ungefär 2-3 gånger så hög eller cirka 150 mg/m³ oljeånga.

Vi antar här att antalet lampor som behövs ökar proportionellt mot VOC halten. Om halten är 2,5 gånger större än vid hittills undersökta halten på 25 ppm så kommer 2,5 *140 lampor = 350 lampor att behövas, förutsatt att ett lika stort flöde, 5 500 m³/h behandlas.

Livslängd och kostnad för UV lamporna

UV-lamporna sägs ha en livslängd på 10 000 driftstimmar. Kostnaden för en lampa är 1 300 kr. Elförbrukningen per lampa är 40 W.

Lamporna antas köras kontinuerligt utan andra driftsavbrott än de som krävs för rengöring.

Möjligheten att kyla den 200°C luften till rumstemperatur

Om vi kyler ner den varma luften från 200°C till rumstemperatur genom värmeväxling är det troligt att man samtidigt minskar halten oljeånga genom att en del av ångan kondenserar. Om detta är fallet blir det genast mycket mer attraktivt att behandla hela flödet med UV och kolfilter. Om man bara blandar flödet utan kylning kommer luftströmmen att bli ca 120°C, vilket är för högt för att UV-behandlingen och det aktiva kolfiltret skall fungera. Därför måste man om man inte kyler luften blanda in spädluft för att komma ner till en temperatur om högst 60°C. Det högre flödet kan då kräva större volymer för att nå tillräcklig uppehållstid.

Tabell 6-9 sammanställer kostnadsuppskattningen för olika alternativ vid Valeo. De baseras på rening av totalt 11 000 m³/h, medelhalt 170 mg/m³, 13,4 ton/år och 7 000 h driftstid.

Tabell 6. Alternativ 1, Rena de mest VOC-rika gaserna för sig.

	5 400 m ³ /h, ca 270 mg/m ³ oljeånga
Katalytisk förbränning	
Investeringskostnad	1 750 000 kr
kg behandlad VOC i oljeånga	10 160
% reningsgrad i snitt	98 %
Driftskostnader	400 000 kr/år
Kapitalkostnad med 20 % annuitet	350 000 kr/år
Total kostnad	750 000 kr/år
Kostnad per kg behandlad VOC	74 kr
Kostnad per kg renad VOC	75 kr

Resterande 5 600 m³/h innehållande ca 3,3 ton renas separat.

Tabell 7. Alternativ 1. Rena de mer utspädda gaserna för sig.

	5 500m ³ /h, ca 80 mg/m ³ oljeånga	
	UV+ kol	Enbart kol
Investeringskostnad	300 000 kr	750 000 kr
kg behandlad VOC i oljeånga	3 300	3 300
% Reningsgrad i snitt	90%	80%
Antal lampor	140	
Energiförbrukning per lampa, W	40	
Kostnad lampa	1 300 kr	
Års drifttid, h	8 760	
Livslängd, h	10 000	
Byteskostnad	160 000 kr/år	
Energiförbrukning, kWh/år	49 000	
Elkostnad kr/kWh	0,7	
El-kostnad	34 000 kr/år	
Fläkt El-kostnad kolfilter	12 000 kr/år	12 000 kr/år
Kolförbrukning kg/år	7 000	21 000
Kostnad per kg kol	26	26
Årskostnad aktivt kol	182 000 kr/år	536 000 kr/år
Kapitalkostnad med 20 % annuitet	60 000 kr/år	150 000 kr/år
Total kostnad	448 000 kr/år	700 000 kr/år
Kostnad per kg behandlad VOC	136 kr	212 kr
Kostnad per kg renad VOC	151 kr	264 kr

Tabell 8. Total kostnad för alternativ 1.

	Katalytisk förbränning + UV och kol	Katalytisk förbränning + enbart kol
Total kostnad	1 210 000 kr/år	1 450 000 kr/år
kg behandlad VOC	13 400	13 400
kg avlägsnad VOC	12 900	12 600
Total reningsgrad	96 %	94 %
Kostnad per avlägsnad VOC	93 kr/kg	116 kr/kg

Tabell 9. Alternativ 2 Hela flödet renas i en gemensam anläggning

Rena 11 000 m ³ /h, innehållande 13,4 ton VOC per år	UV+ kol	Enbart kol	Katalytisk förbränning
Investeringskostnad	3 000 000 kr	600 000 kr	2 600 000 kr
Driftskostnad gasol kg behandlad VOC i oljeånga	13 400	13 400	800 000 kr/år 13 400
Reningsgrad i snitt	90%	80%	98%
Antal lampor	490		
Energiförbrukning per lampa, W	40		
Kostnad per lampa	1 300 kr		
Års drifttid, h	8 760		
Livslängd lampor, h	10 000		
Byteskostnad lampor	560 000 kr/år		
Energiförbrukning, kWh/år	170 000		
Elkostnad kr/kWh	0,7		
Elkostnad	170 000 kr/år		
Fläkt, elkostnad för kolfilter	24 000 kr/år	24 000 kr/år	
Kolförbrukning kg/år	28 000	84 000	
Kostnad per kg kol	26	27	
Kostnad för aktivt kol	730 000 kr/år	2 270 000 kr/år	
Total kostnad med 20 % annuitet	2 030 000 kr/år	2 410 000 kr/år	1 320 000 kr/år
Kostnad per behandlad VOC	152 kr/kg	180 kr/kg	99 kr/kg
Kostnad per avlägsnad VOC	168 kr/kg	225 kr/kg	101 kr/kg

I dessa beräkningar har vi ej tagit hänsyn till den merkostnad som kan fås genom att luften måste kylas från ca 120°C (den temperatur som erhålls om alla strömmar blandas), ned till ca 30°C- 60 °C.

Denna kylning kan antingen ske genom spädning med kall uteluft eller genom värmeväxling med kylmedia.

4.5 Diskussion av resultaten

Vid försöken vid Valeo kan man se att nedbrytningen av kolväte orsakat av ozon och andra syreradikaler synes öka med ökande mängd VOC som adsorberats på det aktiva kolet.

Detta kan bero på att sannolikheten för att ozonet reagerar med adsorberade kolväten ökar med ökande mängd kolväten i det aktiva kolet. Om inget kolväte fanns adsorberat skulle ju restozon reagera enbart med det aktiva kolet.

Om vi jämför de två försöksplatserna kan vi konstatera att den direkta nedbrytningen i UV-kammaren varit i storleksordningen 15 % i båda fallen, med undantag av fallet med en UV lampa vid Provéxa då reningen varit mycket låg.

Ekonomisk jämförelse mellan olika alternativ.

Enligt våra ekonomiska kalkyler tycks det vara fördelaktigt att använda UV/ozon följt av aktivt kol gentemot enbart aktivt kol för oljeångan.

Om halterna av VOC däremot är höga kan det vara mer ekonomiskt fördelaktigt att förbränna VOC direkt i en katalytisk förbränning. Vid rening av oljeånga kan man inte använda system som arbetar med aktivt kolfilter som ett uppkoncentreringssteg före katalytisk förbränning, d.v.s. en adsorption följt av en desorption vid förhöjd temperatur. Detta beror på att det alltid finns en andel mycket högkokande ämnen i oljeången som relativt snart kommer att sätta igen kolfiltret.

I vårt fall med oljeånga vid Valeo har vi en varm ström som innehåller höga halter VOC och en kall ström som innehåller mycket lägre halter.

För detta fall synes det vara mest ekonomiskt att rena den varma VOC strömmen med katalytisk förbränning och att separat rena den mindre förorenade strömmen med UV-ljus följt av fortsatt nedbrytning i ett aktiv kol filter.

Det finns också en möjlighet att genom kylning kondensera ut en del av oljeången i den varma luftströmmen. I ett sådant fall så kan det visa sig att den kvarvarande oljeången också är lämplig att rena med UV följt av ett aktivt kolfilter.

För fallet vid Provexa med lackering har olika alternativa metoder jämförts i ett tidigare uppdrag.

Här visades kolfilter kombinerat med katalytisk förbränning vid ca 300°C ge den billigaste reningen.

Vid denna kostnadsjämförelse hade ännu inga praktiska försök gjorts, utan kostnaderna baserades på leverantörsuppgifter.

Om VOC vid lackeringen skulle ha brutits ned lika effektivt med UV-tekniken som det undersökta fallet med oljeånga så skulle man behöva en anläggning liknande den i alternativ 1 i tabell 7.

Om så skulle vara fallet så skulle behandlingskostnaden bli i samma storleksordning som för systemet med aktivt kolfilter och katalytisk förbränning, d.v.s. billigare än vad vi tidigare angivit (se tabell 5)

En viktig skillnad mellan VOC i lackfärgen och oljeången är dock att vi har butylacetat närvarande i lackfärgen, denna omvandlas vid överskott av kolväten gentemot mängden ozon till ättiksyra och butanol. Ättiksyra har visat sig vara svårt att bryta ner med UV-ljus såväl i UV-boxen som i det efterföljande kolfiltret. Adsorptionen på kolfiltret är dessutom dålig.

Vi har endast kört UV/ozonreningen vid lackeringsfabriken under en dryg månad, och det är därför svårt att veta hur kolfiltret skulle bete sig efter en längre tids användning.

Vi har här jämfört upptaget av VOC i de två kolfiltren efter det att de suttit ute i 7 veckor, genom att studera mängden VOC som kunnat desorberas med kvävgas vid temperaturer upp till 200°C.

Genom denna jämförelse kunde vi konstatera att det kol som hade föregåtts av UV-behandling desorberade ca 30 % mindre VOC än kolet utan förbehandling av luften. Detta måste bero på att en del VOC destruerats med hjälp av ozon, och att mindre ättiksyra adsorberats på kolet. Det är troligt att andelen kolväten som bryts ner med hjälp av ozon (bildat från UV lamporna) skulle öka ytterligare för detta kol om man använde kolet under en längre tid (och därvid fick en högre andel kolväten adsorberat på kolytan).

Man kunde också konstatera att kolet som låg efter UV-steget luktade kraftigt av ättiksyra.

Ett alternativ vid lackering, som utarbetats av bl. a. Greiff, se bilaga 3, kan vara att cirkulera lackeringsluften över ett reningssteg. För att detta skall vara möjligt krävs dock automatiserad lackering med robotar, då halterna av VOC i lackboxarna blir för höga för manuellt arbete.

4.6 Förslag till fortsättning

Mätningarna ger redan idag tillräckligt underlag för att kunna föreslå denna metod för rening av oljeånga vid de relativt låga halter på 60 mg/m³ som vi undersökt.

Det vore intressant att studera andra smörjoljor etcetera för att se om dessa iakttagelser är generella. Det vore också intressant att studera möjligheten att rena oljeånga genom kylning.

Vi har haft mycket stora variationer av VOC. Användning av ett utjämningsfilter, av t ex aktivt kol, före UV-aggregatet skulle kunna minska haltvariationerna, och därmed allmänt förbättra nedbrytningen.

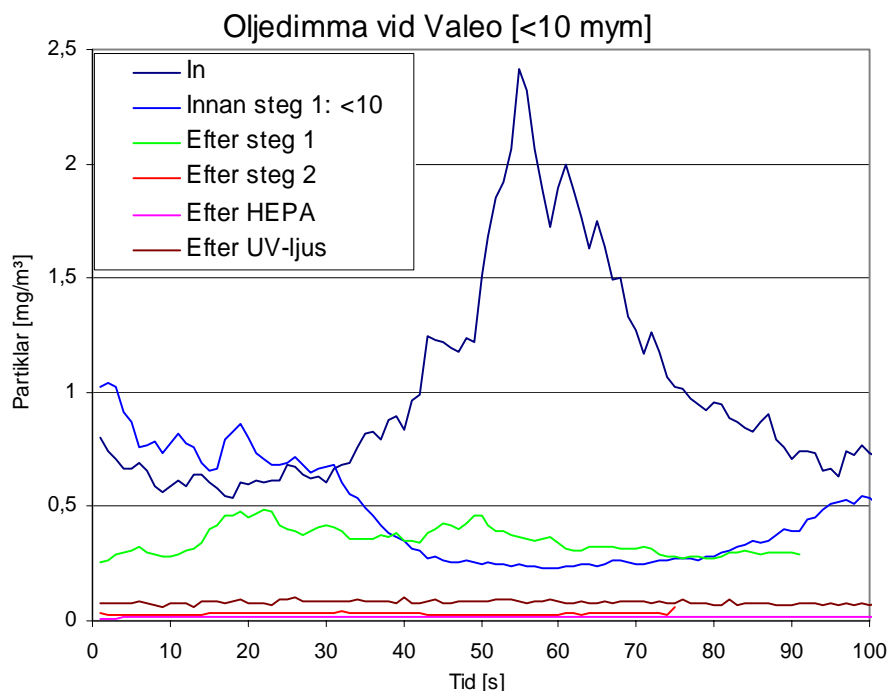
Studien tyder på att systemet UV + kol inte är lämpligt för butylacetat. För att kunna förutsäga hur systemet klarar olika typer av lösningsmedel vore försök med olika rena lösningsmedel viktiga.

Bilaga 1 Utvärdering av oljefiltret

Oljeavskiljning vid Valeo

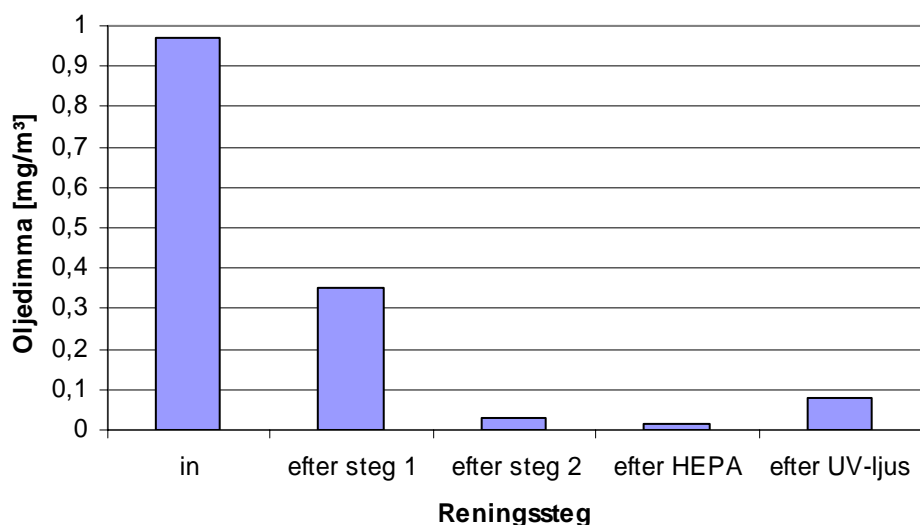
Vid en fettavskiljningsugn för oljekylare installerades ett Absolentfilter ODF 2000. Det innehåller två kassetter för oljeavskiljning (steg 1 och steg 2) samt en HEPA-kassett. Filtret anslöts till luften som sugts ur från mantelytan vilket är ca 900 m³/h med en temperatur på ca 45° C. Första steget tar huvudsakligen stora partiklar vilket oftast är den avsevärt största mängden. Det andra steget renar luften ytterligare och tar även lite mindre partikelstorlekar. Slutligen tar HEPA-filtret de allra minsta partiklarna som finns kvar.

Mätning av Absolentfiltrets prestanda på denna typ av oljedimma genomfördes den 24:e januari 2006. Mängden partiklar mättes med en Dustrak 8520 och antalet partiklar med en Climet CI-200 partikelräknare. Dustrak är ett direktvisande instrument, som mäter ljusreflektionen från en laserdiod och är kalibrerad med Arizona road dust. Eftersom den inte är kalibrerad för den aktuella oljedimman ger den inte något exakta resultat. Den är dock bra vid mätning av avskiljningsgraden och ger även en bra indikation på mängden oljedimma. Partikelräknaren Climet mäter antalet partiklar med hjälp av en laserdiod.



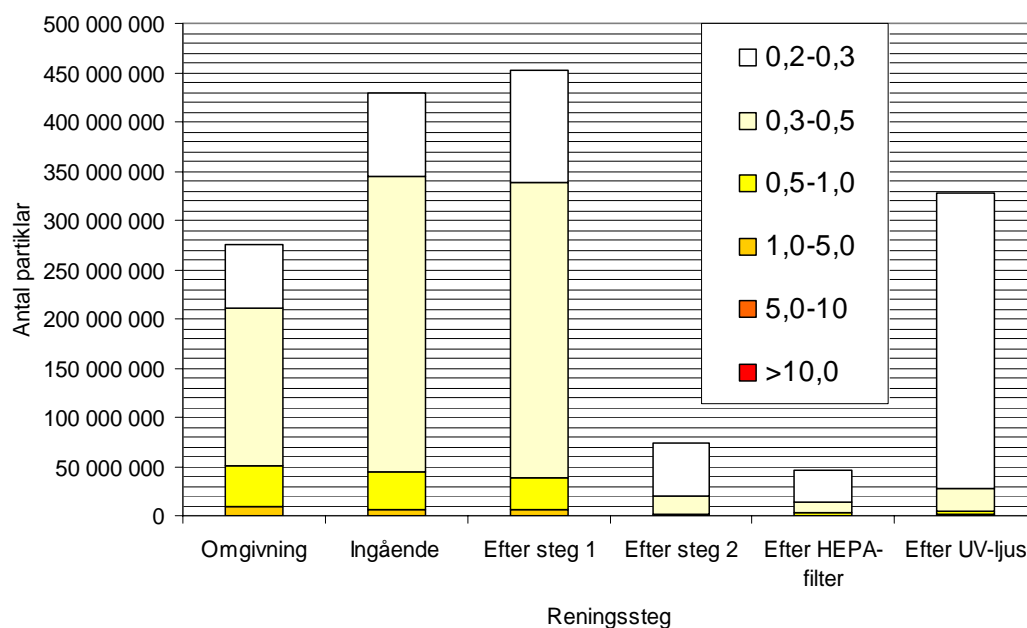
Figur 1. Variation i koncentrationen av oljedimma efter de olika reningsstegen.

Variationen i belastning var stor och beror på att inmatning av kylare i ugnen sker med 1-2 minuters mellanrum. Koncentrationen av olja i den förorenade luften från ugnen varierade mellan 0,5 till 2,5 mg/m³, med förhållandevis stor andel små partiklar. Viktmässigt låg 15 % av partiklarna i intervallet mindre än 1,0 µm, 75 % i intervallet 1,0-2,5 µm och 10 % i intervallet 2,5-10 µm.



Figur 2. Genomsnittlig koncentration av oljedimma efter de olika reningsstegen.

Den totala genomsnittliga reduktionen av oljedimma över Absolent-filtret var drygt 98,5 %. Efter första reningssteget (steg 1) var det 46 % oljedimma kvar, efter andra steget (steg 2) ca 3 % och efter HEPA-kassetten knappt 1,5 % (Figur 2).



Figur 3. Antalet partiklar i olika storleksintervall efter respektive reningssteg, oljerenarens kapacitet är ca 900m³/h, ett delflöde på 160 m³/h har renats ytterligare, varav 80 m³/h med UV + kol respektive 80 m³/h med kolfilter

Mätningarna med partikelräknaren visar att det största antalet partiklar var i intervallet 0,3-0,5 µm (Figur 3). Partikelräknaren visar att steg 1 tar bort 60 % av partiklarna över 5 µm. Trots att detta

viktmässigt motsvarar 54 % av oljemängden i luften syns det inte i figur 3, då antalet partiklar i dessa intervall är förhållandevis litet. Steg 2 har en avskiljningsgrad på över 90 % på alla partiklar större än 0,3 μm . Slutligen avskiljer HEPA 40 % av kvarvarande partiklar, vilket framför allt är partiklar mindre än 0,5 μm .

Både när det gäller vikt och antal var det mer partiklar efter det att luften passerat UV-ljuset än innan. Det kan tyda på ett inläckage av partiklar, troligtvis vid mätpunkten där det är undertryck.

Bilaga 2. Reningsteknik för oljeångdimma

Marknaden för luftrening i stort är värd 30 till 50 miljarder kronor om året enligt uppgifter från ett företag inom branschen.

Två huvudtekniker

Filtrering och Centrifugering

Avskiljning kan ske genom filtrering och genom centrifugering. Oljan rinner i båda fallen ned längs väggarna i avskiljningsfiltren. Filtrena består av t ex glasfiber.

Uppfångnings/avskiljningstekniken i filtren kan bygga på gravitation (större droppar), oljedroppar större än 3 µm avskiljs genom att de krockar med filtret och därvid förlorar sin rörelse framåt, droppar mellan 1-3 µm fångas in och fastnar genom adhesion på filtret. För de allra minsta dropparna, mindre än 1 µm sätts HEPA filter in. Ibland används elektrofilter som slutsteg. Avskiljningen av små droppar är inte lika bra som för HEPA-filter, men elektrofiltret har fördelen med lägre tryckfall.

Nedan presenteras 2 svenska och 2 amerikanska företag och deras olika tekniklösningar för att rena oljedimman.

Absolent

Absolent är ett svenskt företag som lyckats mycket bra på världsmarknaden, och t ex slagit sig väl in på den amerikanska marknaden.

Filtret består av 2 veckade 1 mm –1 cm tjocka glasfiberfilter inlagda mellan aluminiumlameller på vilka oljan dräneras av följt av ett slutfilter i form av ett HEPA filter som tar mycket fina partiklar. Totala reningsgraden kan vara så hög som 98-99 %.

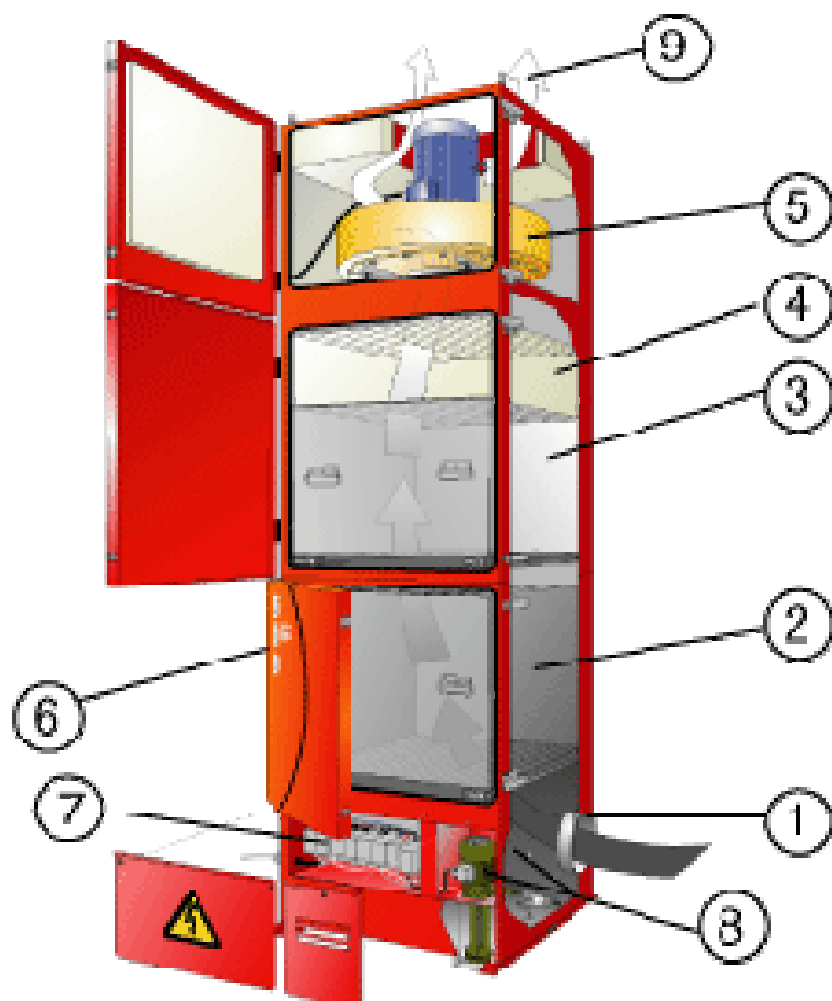
Kassetterna är tvättbara, filterbytena kan avläsas genom att tryckfallet ökar, filtren kan återanvändas ungefär 5 gånger, därefter måste de destrueras. Olika destruktionsmetoder får väljas från fall till fall, beroende på land och beroende på typ av olja som behandlats.

Man har sålt anläggningar med flöden uppemot 30 000 m³/h.

Absolent har funnits sedan början på 90 talet och har idag 20 anställda och säljer på tre marknader, Sverige, USA och Europa, man lägger stor tid på att följa upp installerade anläggningar. Man har installerat till många större företag såsom SKF, Bosch och Honda. De applikationer man har är bl.a. pressgjutier, fritöser och andra matapplikationer.

Jämfört med konkurrenterna anges Absolents filter hålla mycket längre.

Företaget tillhandahåller kolfilterkassetter som tillval för rening av oljeånga.



1. Inlet, duct connection
2. Pre-filter 1
3. Pre-filter 2
4. Absolute filter
5. Fan
6. Pressure gauges
7. Electric cabinet (accessory)
8. Oil return tank & pump (accessory)
9. Outlet

Här renas luften med filter från Absolent (ett svenskt företag)

Sweden	Worldwide
<u>SKF Sverige AB</u> Göteborg	<u>Sandvik Coromant</u> USA
<u>Componenta Albin</u> Kristinehamn	<u>Volkswagen</u> Germany
<u>Outukumpu Stainless AB (formar Avesta Sheffield)</u> Långshyttan/Torshälla	Bosch Germany
<u>Cejn AB</u> Skövde	Mannermann Sachs Germany
<u>Volvo Powertrain</u> Skövde	Eaton USA
<u>Sandvik / Smith</u> Köping	Ingersoll Naxos Germany
<u>Seco Tools AB</u> Norrköping, Fagersta, Arboga	Boeing USA
<u>ITT Flygt AB</u> Emmaboda	Schaudt Germany
<u>Åges Metallgjuteri AB</u> Unnaryd	Rolls Royce Great Britain
<u>Bufab Lann</u> Värnamo	INA Bearings USA
<u>More Swedish references</u>	Nordic Aluminium Finland
	Redbull Racing Ltd Great Britain
	Sandvik Tamrock Latie Tre Finland
	Valmet Hydraulics Finland
	Kone OY Finland
	Hackman OY Finland
	Raufoss Norway
	ITT-Flygt China

3 nine

3 nine är också ett svenskt företag som är stort även på den amerikanska marknaden.

Företaget är ett avknopningsföretag från Alfa-Laval.

Företaget beskrivs i en artikel från Ny Teknik i september 2005, ”Tekniken i Clara och hennes systrar är i princip densamma som i Gustaf de Laval’s mer än 125 år gamla mjölkseparator, fast den flyttas över till luft”.

Konceptet har funnits tidigare på den svenska marknaden, på 1980 talet fanns t ex ett filter som hette Arboga Oljedimsavskiljare XAD4, denna utrustning använde också centrifugalkonceptet för att avskilja oljedimma, men var konstruerad för direkt placering på inbyggda verktygsmaskiner.

Fördelen med centrifugalkonceptet gentemot filterkonceptet är främst att den inte kräver lika mycket underhåll i form av rengöring och filterbyten.

Här renas luften med Clara och Emma (från det svenska företaget 3 nine)

ABB Motors
Alstom Power
Atlas Copco Rock Drills
Benzlers
Bosch Rexroth
Essell Produkter
Grimaldis Mekaniska
Hydro Automotive Structures
Hyvima
ITT
Johnsson Metall
Karlsson Spools
LEAX
Ledarskrub
Markaryds Metallarmatur
Roslagsverkstäderna
Seco Tools
SKF
Solnatech
Volvo Cars

Nedan beskrivs 2 amerikanska företag

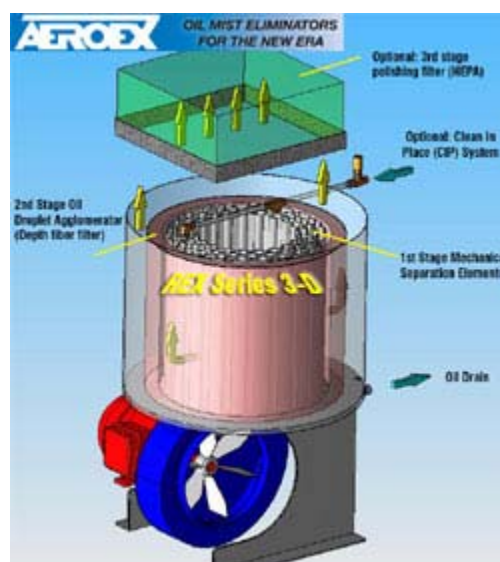
Aerox

Detta företag lanserar både sin egen produkt och 3 nina på den amerikanska marknaden.

Teknisk beskrivning av Aeroxfiltret.

Över 90 % av oljedimman fastnar i de första mekaniska filtren. Oljan faller i princip ut på de mekaniska filterytorna genom tröghetskrafter när den hastigt tvingas ändra riktning. Man har därefter s.k. agglomeratorer eller djupfilter som också är självdränerande.

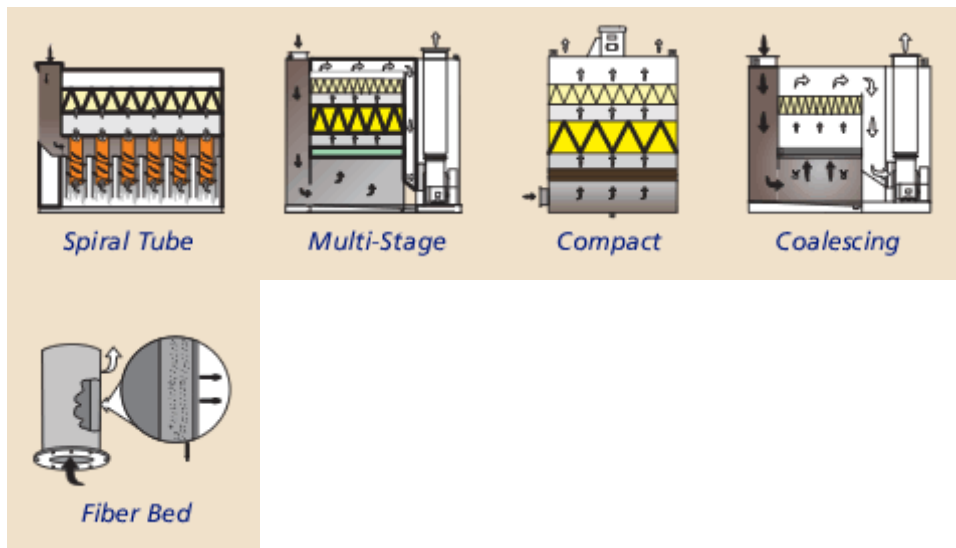
Konceptet är patenterat. Som Option har man ett trefiltersteg bestående av HEPA filter.



Monroe Environmental

Företaget har en hel arsenal av lämpliga tekniker, som kan kombineras för att rena oljedimman.

Nedan beskrivs deras tekniker med text och bilder direkt från företagets egen hemsida.



Spiral Tube Mist Collector

System Design

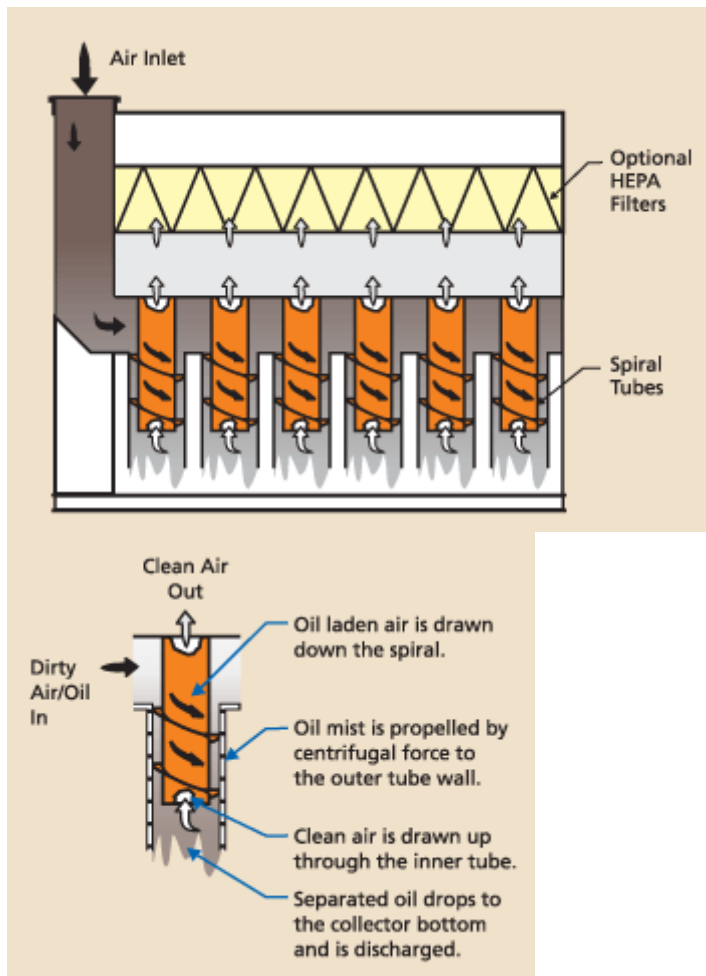
The Monroe Spiral Tube Oil Mist Collector is a two stage unit and does not require filter media for primary mist removal.

The spiral tubes provide a high level of mist agglomeration and removal without using filters. Centrifugal force and impaction provide the mechanism for mist removal

<http://www.monroenvironmental.com/mist-collector-spiral.htm>

Oil Re-entrainment Eliminated

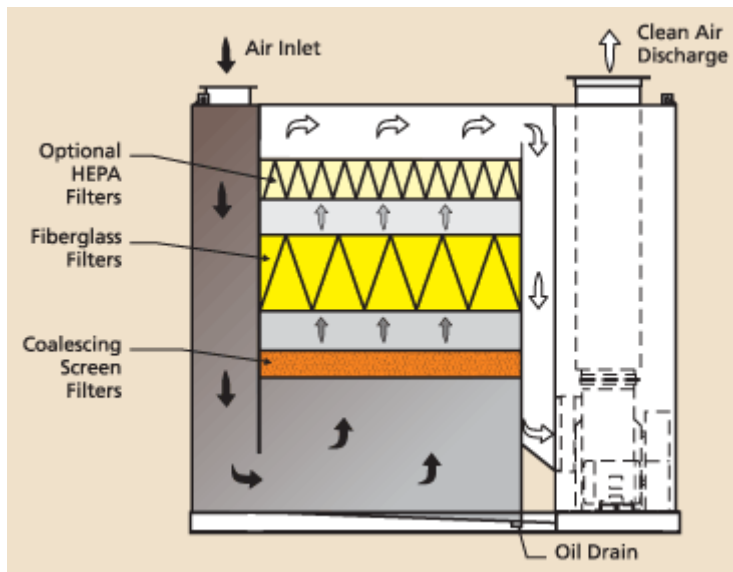
Due to the unique internal design of the Monroe collector, the cleaned air will not re-entrain collected pollutants after the primary stage. This improves the efficiency of the separation process and extends the life of the optional final filters.



Multi-Stage Mist Collector

Self-contained, Single Unit Design

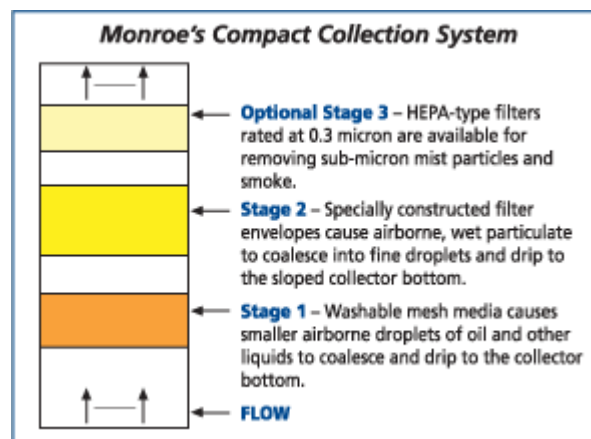
The Monroe Multi-Stage Oil Mist Collector is designed to collect and remove airborne oil mist, smoke, and sub-micron vapours generated by operations such as high production machining and cold forming. It is a multiple stage collector that has proven capabilities exceeding 99% efficiency on many installations.



Compact Mist Collector

Design Leadership

The Monroe Compact Oil Mist Collector, with more filter media, longer operating time between filter changes, and higher collection efficiency, outperforms all other collectors in its class. Because of slower internal velocities through the collector, media replacement and maintenance labour costs are reduced. Collected oil mist and solids are continuously drained from the media without shut-down, significantly prolonging filter life and lowering overall operating costs.



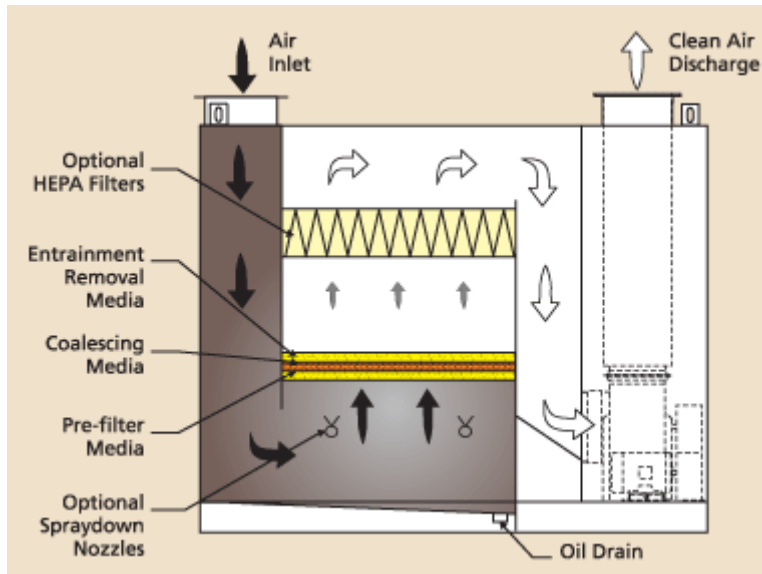
Ytterligare förklaring

Coalescing Mist Collector

Self-contained, Single Unit Design

The Monroe Coalescing Oil Mist Collector is designed to collect and remove airborne oil mist, smoke and sub-micron vapours generated by operations such as high production machining and cold forming. It is a multiple stage collector that has proven capabilities exceeding 99% efficiency on many installations.

After installation of a Monroe Coalescing Oil Mist Collector, high production machining areas using water soluble, synthetic or mineral coolants can discharge clean, filtered air back into the work area, reducing climate control costs.



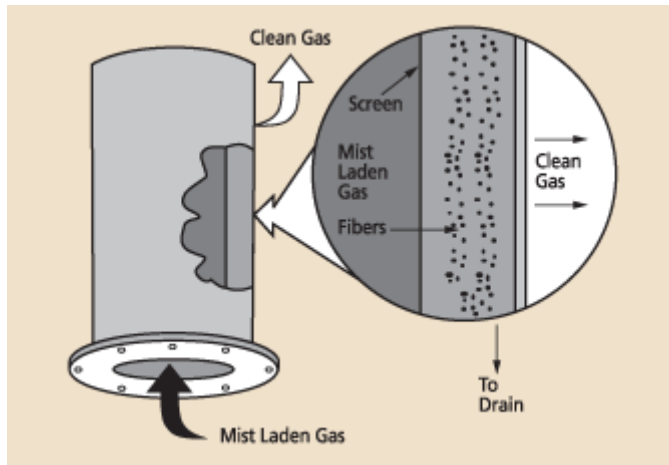
Fiber Bed Mist Collector

The Monroe Fiber Bed Mist Collector is a custom designed unit consisting of a continuous-duty, aerosol coalescing filter, fan assembly and, when needed, an optional pre-filter stage. Mist is coalesced using filter elements consisting of micro-fine fiberglass or synthetic fibers. This compacted media is in the form of cylindrical units. These long-life filters can provide several years of service before replacement is necessary.

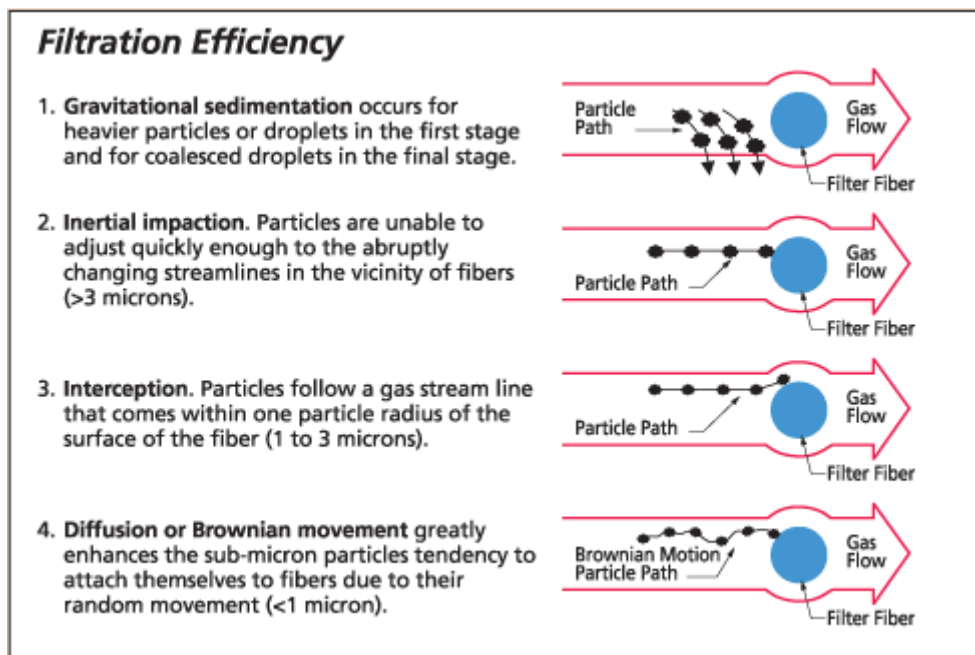
When the mist contains heavy droplets and/or dust particles, pre-filtering is provided by separate filters.

The Monroe Fiber Bed Mist Collector is available in capacities from 500 to 50,000 CFM in a single unit and may be integrated with existing duct work.

The Monroe Fiber Bed Mist Collector is well suited for many oil mist applications including high production machining, asphalt fumes and synthetic fiber processing.



Förklaring



Tekniker för rening av oljeånga

Det är mycket viktigt att renad luft ut ur oljedimsrenaren inte kondenserar på kalla ytor i t.ex. fabrikslokalen, ett sätt att minska denna risk är att spåda luften efter reningen. Ofta vill man rena bort oljeånga för att få en bättre arbetsmiljö och även i många fall för att tillmötesgå krav på rening för yttre miljön.

Ofta är oljeångan betydligt större haltmässigt än aerosol-fasen, därför krävs ofta en reningsteknik som både tar oljedimman och oljeångan.

Exempel på tekniker som kan ta oljeången är:

- Aktivt kolfilter
- Zeoliter
- Katalytisk förbränning
- Vanlig förbränning
- Kondensation.
- UV /Ozon rening.

Aktivt kolfilter

Kostnaden för ett kolfilter är enligt leverantör ca 25-30 SEK inklusive omhändertagande av det förbrukade kolet. Upptaget av oljeånga i kolet varierar. I ett försök som IVL medverkat i var upptaget 16 % vid en halt av oljeånga på 60 mg/m³. Det rörde sig här om relativt högkokande paraffinolja, C11-C15.

Det går enligt leverantör, och även enligt IVLs erfarenheter vid desorptionsförsök, inte att desorbera högkokande oljeångor från kol. Man behöver väldigt höga temperaturer, och måste troligen använda inertgas istället för luft eller vattenånga.

Zeoliter

Det finns idag zeolitsystem som behandlar rök från styrentillverkning från polyestertillverkning, denna teknik borde även vara applicerbar på oljeånga.

Zeoliter är aluminiumsilikater som kan adsorbera kolväten bra. En fördel med zeoliter gentemot aktivt kol är möjligheten att desorbera vid väldigt höga temperaturer.

Zeoliter är mycket dyrare än aktivt kol så i dessa fall måste man använda zeoliten flera gånger.

Det finns kommersiella system som utnyttjar zeolitadsorption som ett försteg före ett förbrännings-system.

Katalytisk förbränning

Genom att använda en förbränningsbädd av en katalysator, som t ex består av zeoliter dopade med olika ädelmetaller som platina, palladium eller rodium, kan man sänka förbränningstemperaturen till cirka 250°C (relativt ca 800°C i vanlig förbränning).

Vid förbränningen förväms luften oftast med utgående luft från förbränningen i en värmeväxlare. På detta sätt kan man få en autoterm förbränning (dvs. utan någon extra tillsatsvärme) om halten organiska ämnen är större än 500 mg/m³.

Vanlig förbränning

Även här finns olika system för att återvinna värmen från den utgående förbränningsluften. Antingen genom värmeväxling, eller genom att man byter riktning på förbränningsströmmen, s.k. Swing therm, genom en förbränningsbädd som oftast består av något keramiskt material.

Kondensation

Kondensering för rening av oljedimma sägs fungera alldeles utmärkt, men kostnaden för att kyla luften är väldigt hög.

Oljeångorna kan ju teoretiskt kondenseras ut om man sänker temperaturen tillräckligt mycket. Hur mycket beror både på partiella ångtrycket av oljan och vid vilken halt den föreligger från början.

Ett exempel: dodekan, $C_{12}H_{26}$, har ett ångtryck på 1 mm Hg vid $47,8^{\circ}C$, detta motsvarar en oljehalt på ca 10 g/m^3 ! För att komma ned i halter under 10 mg/m^3 måste man kyla luften till långt under fryspunkten.

Kolväten med högre kokpunkter kommer inte att behöva kylas lika mycket för att komma ned i låga halter.

UV/Ozon rening

IVL har utvärderat UV/Ozon rening för oljeångor.

Vi undersökte ett kommersiellt system med UV lampor som idag framförallt används vid lukt-reduktion.

Det visade sig att man oxiderade ca 20 % av den aktuella oljeången direkt, resterande 80 % adsorberades på ett aktivt kol.

Det visade sig att den ozon som bildades vid UV processen delvis kan rena kolet från de adsorberade oljeångorna.

IVLs studier tyder på att man på så vis kan få en förlängning av kolets livslängd med minst 3 gånger.

Totala behandlingskostnaden för oljeången blev lägre än genom att använda sig av enbart aktivt kol i vårt undersöka fall.

Bilaga 3 Recirkulering av lackboxluft



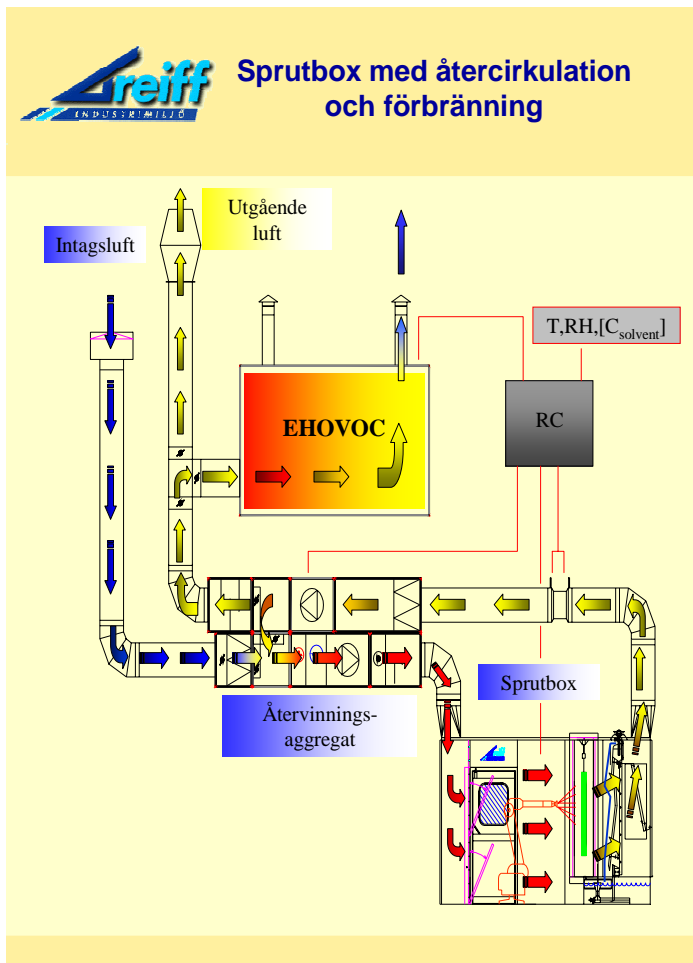
Re-cirkulation och koncentrering av lösningsmedelsinnehåll vid automatisk målning

För att reducera lösningsmedelsinnehåll i frånluft från sprutboxar finns flera reningsmetoder. Problemet är att innehållet av lösningsmedel ofta är lågt och luftmängder stora vilket ger låg koncentration och fysiskt stora anläggningar som har höga driftkostnader för tillsatsenergi.

Det finns dock möjlighet när applicering sker automatiskt att återcirkulera luften och öka koncentrationen av lösningsmedel i frånluften. Luften kommer därför återcirkuleras till större del, runt 80 % -90 % beroende på sprutad mängd färg per tidsenhet och typ av lösningsmedel..

Den koncentrerade luften från sprutboxen leds sedan till en lösningsmedelsförbrännare. Om man istället använder färg som är vattenbaserad, kan luften istället ledas ut.

Vid service kan spjäll ställas om för ren uteluft. Inkommande luft tar då luften från lokalen och samtidigt sänks luftflödet till ca 50 %. (Sköts automatiskt via frekvensomformarna) Det ger då möjlighet till service och underhåll utan mask. Vid kortare stopp för justering av exempelvis sprutpistoler, används mask. Systemet innehåller också ett styrsystem för återcirkulationen som bland annat tillser att LEL aldrig överstiger kritisk nivå.



Greiff har byggt recirkulation på flera ställen och anslutit till förbränning av typ Ehovoc eller liknande. (Kvaerner)

Typ av installation är
Eimo Oy Finland, (nedlagt och flyttat till Ungern)
Perlos Oy Finland (nerlagt)
Lenhovda Fönster, Lenhovda (I drift)

Dessutom kör Elitfönster i Lenhovda samt Vetlanda på liknande sätt med recirkulation till rening. Det har inte Greiff byggt.

Man kan i de flesta fall bygga om befintliga boxar, de skall vara helt slutna och ha varningssystem för gas. Det krävs automatisk lackering för att det skall fungera.