

Krematorieverksamhet

BRANSCHFAKTA • UTGÅVA 3 • JANUARI 2006



Förord

Naturvårdsverkets branschfaktablad innehåller snabb och lättillgänglig information om en bransch, dess miljöproblem och tillgänglig teknik. Här redovisas exempel på krav som ställs för att begränsa miljöpåverkan från en viss bransch eller verksamhet. Branschfaktabladet är ett hjälpmedel för länsstyrelser, kommuner och miljöprövningsdelegationer vid handläggning av prövnings- och tillsynsärenden.

Detta är utgåva 3 av branschfaktablad för krematorieverksamhet. Endast mindre ändringar har gjorts sedan utgåva 2, som kom på hösten 2004. Bl.a. har ett exempel på dioxinvillkor tillkommit.

Det här branschfaktabladet ingår i en serie, som du kan ladda ner som pdf, köpa i Naturvårdsverkets webbokhandel eller låna i vårt bibliotek. Se vidare på

www.naturvardsverket.se.

About this fact sheet

The Swedish Environmental Protection Agency's Industry Fact Sheets contain rapidly and easily accessible information about an industry, its environmental problems and its current technology. They report examples of requirements set to limit environmental impact by an industry or activity. The Industry Fact Sheet is intended as an aid to County Administrative Boards, municipalities and environmental review committees considering permits and supervisory matters.

This Fact Sheet is about crematories and is part of a series that you can download as pdf, buy in the EPA online bookshop or borrow from our library. Read more at www.naturvardsverket.se.

Innehåll

Branschpresentation	5
Kremationshistoria	5
Branschbeskrivning	5
Branschorganisationer	5
Verksamhetsbeskrivning	7
Förbränningsteknik	7
Uppvärmningssystem	7
Mät-, styr- och reglerutrustning (MSR)	7
Material	8
Kemikalier	8
Miljöpåverkan	8
Utsläpp till luft	8
Utsläpp till vatten	12
Utsläpp till och påverkan på mark	12
Buller	12
Avfall	13
Haverier och driftstörningar	13
Åtgärder	13
Förbränningstekniska åtgärder	13
Materialval	14
Reningsmetoder	14
Avfall	17
Kemikalier	17
Vatten	18
Energi	18
Skorstenshöjd	18
Lokalisering	18
Haverier och driftstörningar	19
Annan teknik	19
Tillsyn och egenkontroll	19
Organisation	19
Skötsel av teknisk utrustning	19
Mätningar	20
Undersökningar	20
Kemikalier	23
Journalföring och dokumentation	23
Rättelseåtgärder	24
Rapportering	24
Exempel på villkor, råd och förelägganden	24
Litteratur och länkar	27
Mått, enheter, förkortningar och beteckningar	29
Mått och enheter	29
Förkortningar	29
Kemiska beteckningar	29

Branschpresentation

Kremationshistoria

År 1876 togs de första krematorierna i bruk och i Sverige inleddes en informationsverksamhet om eldbegängelse. År 1882 ledde den intensiva informationsverksamheten till att föreningen för eldbegängelse i Sverige bildades under namnet Svenska Likbränningsföreningen. Föreningen uppförde landets första krematorium intill Stockholms norra begravningsplats i Solna år 1887. Allt fler anslöt sig till eldbegängelserörelsen, speciellt under 1920- och 1930-talet. Sedan 1983 heter organisationen Sveriges kyrkogårds- och krematorieförbund (SKKF) och har fortsatt arbeta för krematorieutveckling.

Branschbeskrivning

Med branschen avses här endast krematorieverksamheten. Lakvatten m.m. från kyrkogårdar behandlas därför inte i detta branschfaktablad. Anläggningar baserade på s.k. kryoteknik är inte att betrakta som krematorier och kryotekniken kommer därför endast att behandlas i korthet.

Miljöbalken är tillämplig på krematorier. Av bilagan till förordningen (1998:899) om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd framgår att krematorieverksamhet är tillståndspliktig (punkt 93.03-1 B samt ny föreslagen punkt i FMH-bilagan - 93.2 B). Tillstånd söks hos och prövas av länsstyrelsens miljöprövningsdelegation i det län där verksamheten bedrivs. Enligt övergångsbestämmelserna till nämnda förordning skall också befintliga verksamheter tillståndsprövas. För dessa gäller att verksamhetsutövaren senast den 31 december 2005 skall ha kommit in till länsstyrelsen med en ansökan om tillstånd.

Under 2002 fanns 69 krematorier i drift i Sverige med sammanlagt 86 kremationsugnar, se figur 1. Antalet utförda kremeringar under 2002 uppgick till 66 503. Lokaliseringen av krematorierna följer i stort befolkningstätheten. Krematorierna i norra Sverige och i vissa delar av övriga landet har en relativt låg utnyttjandegrad.

De flesta större krematorierna är idag försedda med rökgasrening för partikel- och kvicksilveravskiljning. I grova tal innebär detta att närmare 70 % av alla kremeringar sker vid ett krematorium som är försett med rökgasrening.

Andelen avlidna som kremeras varierar starkt mellan olika länder. I de nord- och mellaneuropeiska länderna varierar andelen från ca 30 till 70 %. I Sverige är andelen 70 %.

Branschorganisationer

Sveriges kyrkogårds- och krematorieförbund (SKKF) är branschorganisation, med Forskningsstiftelsen för krematorieteknik knuten till sig. Samrådsgruppen Begravningsbranschen-Träindustrin (SBT) är en sammanslutning för olika branschorganisationer inom verksamhetsområdet. Svenska kyrkans församlingsförbund (Församlingsförbundet) är arbetsgivarorganisation för församlingarna i Svenska kyrkan och svarar för samlad rådgivning till landets kyrkogårdsförvaltningar, även till de som innehar krematorium.



Figur 1. Krematorierna i Sverige under 2002.

Verksamhetsbeskrivning

Förbränningsteknik

Tiden för kremeringen är i hög grad beroende av det stoft (den kropp) som skall kremeras och kan variera. Förloppet följer en relativt fast cykel med en första period av antändning och kistförbränning under cirka 10 minuter, en andra period som inleds med att kistan faller samman och kistans inredning, svepningen samt stoftets ytterdelar förbränns och en tredje period då förbränningens intensitet successivt avtar. Förbränningstiden fram till avslutad kremering är normalt cirka 90 minuter.

Vid start värms ugnen till cirka 700°C med stödbränsle. Uppvärmningsfasen av ugnen är av stor betydelse för utbränning av rökgaserna under efterföljande kremering. Är ugnen utrustad med efterbrännkammare underlättas påeldningen betydligt, samtidigt som efterföljande kremering avlöper med lägre halt oförbrända kolväten och komplexa pyrolysoxidprodukter i rökgaserna.

Kremeringen startar med att kistan med stoft (kropp) införs i den varma ugnen. Direkt efter, eller i slutet av införingsmomentet, vilket varar cirka 15 sekunder, antänds kistan på grund av den starka refraktionen, dvs. återstrålningen från de varma ugnsväggarna. Kistmaterial, faner och ytbehandling spelar en avgörande roll. Kvicksilver från käkamalgam börjar avgå cirka 10 minuter efter insättning och efter cirka 20 minuter har större delen av kvicksilvret lämnat ugnen. Så gott som momentant när kistan faller samman blir förbränningen mycket intensiv, då stora mängder lätta kolväten antänds. Efter cirka 10 minuter mattas den av märkbart. Temperaturen faller och under de sista 20-30 minuterna sker enbart en kolförbränning, dvs. utbränning av stoftets och kistans rester. Under denna avslutande fas är ugnbelastningen mycket låg. Vid askrakning efter kremering är syrehalten i rökgaserna i nivå med halten i luft.

Rökrör och rökanaler sotas genom manuell torr- eller tryckluftssotning. Sotning förekommer vanligtvis en gång per år, men intervallerna kan skilja avsevärt från anläggning till anläggning, beroende på bl.a. kremeringsfrekvensen.

Uppvärmningssystem

Krematorieugnarna är försedda med uppvärmnings-/temperaturhållningssystem baserat på olja (oljebrännare) eller gas (gasbrännare). För närvarande används vanligtvis oljebrännare. Normalt förbrukas mindre än 10 liter eldningsolja (Eo1) som stödbränsle per kremering. Mängder upp till 30 liter kan dock förekomma. Ett fåtal ugnar har brännare för stadsgas/naturgas. Eluppvärmda ugnar finns inte längre i drift i Sverige. De förekommer dock på den internationella marknaden.

Mät-, styr- och reglerutrustning (MSR)

Under senare år har de flesta krematorieugnar försetts med undertrycksindikering/-reglering. Temperaturindikering finns på så gott som samtliga ugnar, men temperaturreglering saknas fortfarande vid de äldre ugnarna. Ett antal anläggningar har någon typ av utrustning för tidsstyrning med olika grad av reglermöjlighet. Tidsstyrningen behöver dock kompletteras med annan styrning och reglering av förbränningsprocessen eftersom kremeringarna kan variera med upp till ± 30 % sins-

emellan. Processtyrningen på timerutrustning är en alltför grov kompromiss som kan medföra höga CO-halter. Optisk utrustning för rökdetektering (indikering) i utgående rökgas kanal är också vanligt förekommande.

Material

Materialet i kistorna utgörs av limmade träfiberplattor eller homogent trä. Kistinredning baseras på fibermaterial som papper, tyg eller konstfiber. Enstaka kistor med stoft från utlandet eller kistor tillverkade av anhöriga tillåts i allmänhet för kremation. Även kistor av papp kan förekomma.

Kemikalier

Formalin, vilket är det allmänna namnet för en lösning av formaldehyd (HCHO), metanol och vatten, används som balsameringsvätska. Mängden formalin som tillförs stoffet varierar och kan uppgå till ett tiotal liter. Denna behandling görs dock inte vid krematorierna. Balsamering utförs i huvudsak på de platser där tillgången på kyl- och frysutrymmen inte är tillräckligt stor och där tiden mellan dödsfall och begravning är extremt lång. I Sverige sker merparten av balsameringarna i Stockholm, där tiden mellan dödsfall och begravningsceremoni är längst i landet (21 dagar i genomsnitt).

Aktivt kol eller en kombination av aktivt kol och kalk samt selen används som sorbent i rökgasreningsanläggningar med textila spärrfilter. I övrigt används rengöringsmedel, smörj- och hydrauloljor, lösningsmedel samt olja som stödbränsle.

I kyl- och frysanläggningar används HCFC/HFC (R22, R404a, R134a) eller ammoniak som köldmedium.

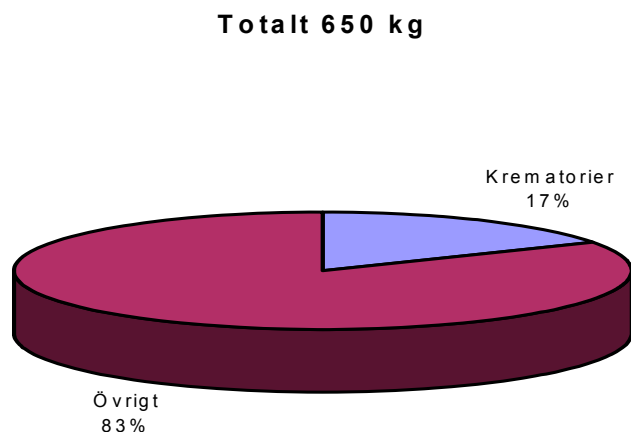
Miljöpåverkan

Utsläpp till luft

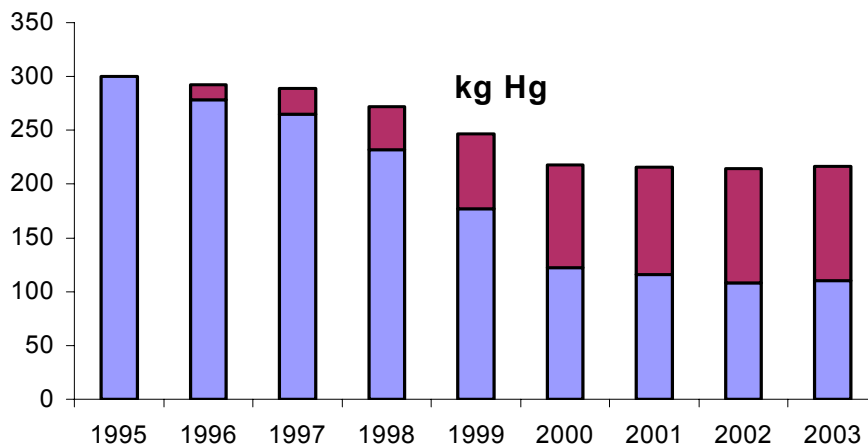
KVICKSILVER

Det totala utsläppet av kvicksilver till luft i Sverige under år 2001 beräknades uppgå till cirka 650 kg, se figur 2. Krematorieanläggningarnas kvicksilverutsläpp beräknades då utgöra cirka 17 % av de totala utsläppen till luft i landet. Det kvicksilver som släpps ut från krematorier härrör nästan uteslutande från de avlidnas amalgamfyllningar. Utsläppen beräknas ha minskat markant under senare delen av 1990-talet beroende på installation av rökgasreningsanläggningar, se figur 3 (blå stapel). Dessa utsläppssiffror är beräknade utifrån en genomsnittlig förekomst om 5 gram kvicksilver per avliden och en antagen 95-procentig avskiljning vid de krematorier som är försedda med rökgasrening. Det finns dock mätningar som antyder att andelen kvicksilver som förs med rökgaserna till reningsanläggningen i vissa fall kan vara lägre än 50 %. Trots det ökade antalet mätningar, har det visat sig svårt att klargöra hur materialbalansen för kvicksilver ser ut, men, beroende på kvicksilvrets ångtryck och temperaturgradienten över ugnsinfodringen, kan det inte uteslutas att betydande mängder kvicksilver transporteras genom denna och där-

med aldrig når rökgasreningsanläggningen. Det finns uppgifter som tyder på att selen, som tillsätts i ugnen, kan bilda kvicksilverföreningar med lägre ångtryck, så att en mindre del transporteras genom ugsinfodringen. Drygt tio gånger högre halter av kvicksilver i reningsfiltren vid selentillsats har uppmätts vid ett omfattande försök vid ett krematorium, vilket stöder denna hypotes (Ystads krematorium, våren 2004). Ytterligare verifiering av dessa resultat behövs.



Figur 2. Utsläpp till luft av kvicksilver under 2001 i Sverige. Utsläppen från krematorierna är baserat på 5 gram/kremering.

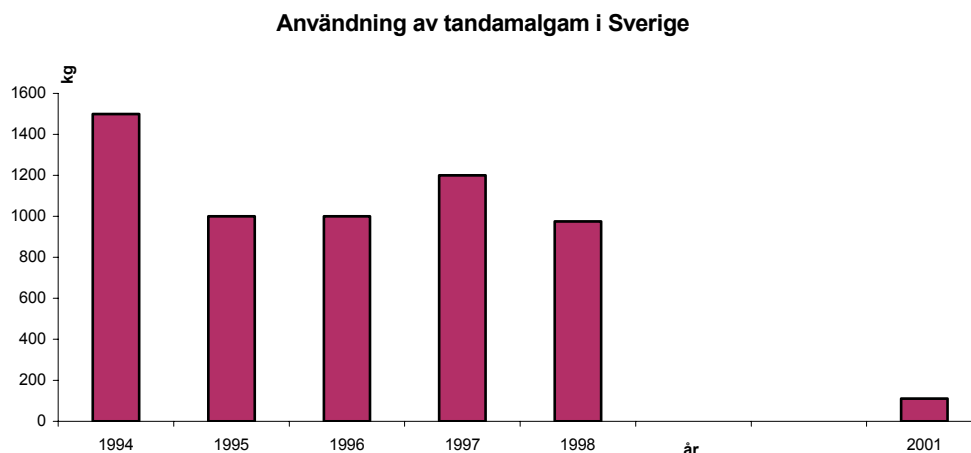


Figur 3. Utsläpp till luft av kvicksilver från krematorier under 1995 - 2003 i Sverige beräknat utifrån en i filtret 95-procentig avskiljningsgrad (blå stapel). Den övre färgade delen av stapeln visar hur stort utsläppet av kvicksilver är om endast 50 % av kvicksilvret når filtret.

Andelen fyllning av amalgam inom barn- och ungdomstandvården har sjunkit från ca 30 % till ca 0,1 % mellan 1991 och 2002. Inom vuxentandvården har andelen under samma period sjunkit från 32 % till 2,8 %, Minskningen framgår tydligt av figur 4.

Kvicksilvermängden som tillförs krematorierna kommer sannolikt ändå att öka under den närmaste framtiden. Orsaken är att allt fler människor behåller sina tän-

der långt upp i åldrarna. På lång sikt - mer än 15-20 år - torde användningen av alternativa fyllnadsmaterial resultera i att mängden amalgam minskar, se figur 5.



Figur 4. Användningen av amalgam inom tandvården i Sverige har under senare år minskat betydligt. Data saknas för åren 1999 och 2000.

Åldersgrupp	g Hg/avliden	
	1984	1991
0-4 år	0	0
5-29 år	10	5
30-34	18	10
35-39	17	10
40-44	15	10
45-49	13	13
50-54	12	12
55-59	8	12
60-64	6	8
65-74	3	6
75-84	2	3
85-	1	2
Medel	3,6	4,6

Figur 5. Uppskattad mängd kvicksilver som käkamalgam per stoft som kremeras.

I en studie genomförd 1993 som baserades på genomförda kremeringar i Göteborg har försök gjorts för att uppskatta mängden käkamalgam i de stoft som kremeras. Beräkningar har genomförts för åren 1986, 1991 och 2000 med resultaten 3,6, 4,6 respektive 5,9 gram/kremering. I samband med SKKF:s forskningsprojekt avseende kvicksilverutsläpp från krematorier omvärderades dock detta medelvärde till 3

gram kvicksilver per avliden. Mätningar i Ystad under våren 2004 pekar på mellan 3-10 gram kvicksilver per avliden. Naturvårdsverket har inte funnit anledning att ompröva tidigare schablonvärde om 5 gram per avliden.

Huvuddelen av kvicksilvernedfallet i Sverige kommer från andra länder. En IVL-rapport (B 1270) från 1997 visar att av krematoriernas dåvarande beräknade årliga utsläpp om 300 kg kvicksilver deponerades ca 50 kg inom landet och resterande transporteras utanför landets gränser. Det totala nedfallet i Sverige är i storleksordningen 2-4 ton.

Institutet för miljömedicin (IMM), har utfört en bedömning av hälsorisker till följd av exponering av kvicksilver från krematorier (IMM-rapport 1/92). Beräknade högsta genomsnittliga upptag av kvicksilver från krematorierökgaser ger ett visst tillskott till bakgrundsexponeringen via omgivningsluften i direkt närhet till krematoriet, men ett mycket litet tillskott redan några hundra meter från krematoriet. Mot bakgrund av den osäkerhet beträffande nolleffekt-dos som föreligger, är det dock angeläget att minska exponeringen för kvicksilver så mycket som möjligt.

En undersökning genomförd av IVL under 1995 (IVL-rapport B 1201) visar att kvicksilverhalten i inomhusluften i krematorier understeg det dåvarande gällande hygieniska gränsvärdet, 30 µg/m³. De förhöjda halter som uppmättes kommer, enligt rapporten, från kvicksilver som diffunderar genom ugnsväggar in i arbetslokalen. En undersökning som genomfördes under år 1998 visar också att hårprover från de undersökta krematoriearbetarna hade förhöjda kvicksilvervärden.

KOLOXID OCH OFÖRBRÄNDA KOLVÄTEFÖRENINGAR

Krematorieugnarna i äldre krematorier saknar ofta efterbrännkammare med möjlighet till utbränning av oförbrända rökgaser. Den undermåliga utbränningen av rökgaserna i kombination med genomgående bristfällig instrumentering, såsom avsaknad av kontinuerlig indikering/registrering av kolmonoxid (CO), resulterar regelbundet i perioder av kraftigt förhöjda utsläpp av rök/oförbrända kolväten. Ofta finns en korrelation mellan halten av CO och oförbrända kolväteföreningar, t ex PAH (polyaromatiska kolväten), i rökgaserna från förbränning.

Den låga kokpunkten (101°C) torde medföra att all formalin från balsamerade stoft kommer att förångas under kremeringens första 15 minuter. Formaldehyd bildas även vid förbränning av vissa limmade spånskivor. Den termiska tändpunkten för formalin varierar med halten av tillsatt metanol och ligger i intervallet 400-430°C. Vid högre temperaturer oxideras formaldehyd vidare till koldioxid och vatten.

Polyklorerade dibenso-p-dioxiner (PCDD) och polyklorerade dibensofuraner (PCDF) – så kallade dioxiner – utgör en grupp av totalt 210 olika kemiska föreningar. Dioxiner bildas vid förbränning där klorhaltigt material som exempelvis olika plaster, koksalt (klor förekommer som koksalt i människokroppen i en koncentration av cirka 0,5 %), klorerade fenoler eller fetter finns närvarande. För att dioxiner ska bildas skall temperaturen i gasen uppgå till lägst 200°C och högst 600°C i närvaro av en katalysator i form av exempelvis koppar som kan omvandla klorväte till klor. Dioxiner förekommer bland annat i rökgaserna från krematorier.

Mätningar som genomfördes under 1988 på rökgaserna från en kremeringsugn, som då saknade reningsutrustning (Berthåga krematorium i Uppsala) visar på dioxinhalter som uppgår till 10-20 ng/m³. Detta motsvarar ca 2-6 µg/kremering. Vid två danska krematorier (Odense och Holbæk) har det genomförts dioxinmätningar på ugnar som byggts under 1990-talet och som är försedda med efterbrännkammare. Mätningar visar på utsläpp i spannet 0,2 - 0,7 ng/m³ (I-TEQ norm torr gas vid 10 % O₂) med ett medelvärde om 0,3 ng/m³. Vid krematorier försedda med rökgasrening baserad på aktivt kol kan utsläppen förväntas bli avsevärt lägre, se vidare under avsnittet Reningsmetoder.

Det totala utsläppet av dioxiner från samtliga krematorier i Sverige beräknas uppgå till ca 50-100 mg/år, där merparten kommer från äldre anläggningar utan rökgasrening.

Eldning med stödbränsle (Eo1) orsakar utsläpp av små mängder svavel- och kväveoxider (SO_x och NO_x).

Utsläpp till vatten

Då rökrör och rökkanaler torrsotas manuellt eller med tryckluft uppstår inga direkta utsläpp till vatten. Samtliga krematorier i landet har av denna anledning gått över till torrsotning.

Utsläpp till och påverkan på mark

Halten kvicksilver i mark har uppmätts bl.a. vid krematorierna i Limhamn och i Helsingborg. Halten varierade mellan 0,038-0,046 respektive 0,016-0,082 mg/kg TS. Under 1988/99 gjordes två omfattande mätningar i marken runt krematorierna i Stockholm, Räcksta och Skogskrematoriet. Halterna är förhöjda i förhållande till bakgrundsvärdet för yttlig morän i tätort (0,20 mg/kg TS). Högsta uppmätta värdena (0,37 respektive 0,74 mg/kg TS) detekterades i ytproven närmast skorstenen i den minst dominerande vindriktningen. En förklaring till detta skulle kunna vara ned-sug av rökgaser från skorstenen.

Som jämförelse kan nämnas att den förindustriella bakgrundshalten för kvicksilver i skogsmark har beräknats till < 0,075 mg/kg enligt rapport 4153 från Naturvårdsverket. Laboratoriestudier visar att mikroorganismer kan påverkas om halten i mark överstiger 0,4-0,5 mg/kg.

Spridningsberäkningar visar också att haltbidraget av kvicksilver från krematorieverksamhet i närområdet är lågt. Utsläppen av kvicksilver från krematorierna har endast en ringa påverkan på halten i mark. Enligt Naturvårdsverkets rapport 5184 svarar dock användning av dentalamalgam inom huvudsakligen tandläkarverksamhet för merparten av den mängd kvicksilver som ackumulerats i Stockholmsmiljön. Problemet är depositionen av kvicksilver kopplat till de långväga transporterade utsläppen.

Buller

Så gott som samtliga krematorier är placerade inom eller strax intill en begravningsplats. Verksamheten i sig alstrar mycket lite buller. Bullret kommer i första

hand från ventilationsanläggningar och kylutrustning samt från transporter till och från krematoriet.

Avfall

Det avfall som uppkommer vid krematorier utgörs till en del av farligt avfall, såsom spillolja från service och underhåll av utrustning. I övrigt förekommer residual (använt sorbent från rökgasrening) och kasserade filter från rökgasreningsutrustning. Mängden residual kan uppskattas till 7 ton per år utifrån en genomsnittlig mängd om 0,15 kg per kremering.

Haverier och driftstörningar

Haveri och driftstörning kan förekomma såväl i kremationsugn som i rökgasreningsutrustning. Brand i filterenhet kan undvikas genom val av filter- och sorbentmaterial, som tål högre temperatur, samt genom effektivare processövervakning. Läckage från krematoriets kyl/frysanläggning kan förekomma.

Åtgärder

Krematorieverksamhet har i första hand koppling till miljökvalitetsmålet giftfri miljö. Det lyder ”Miljön skall långsiktigt vara fri från ämnen och metaller som skapats i eller utvinns av samhället och som kan hota människors hälsa eller den biologiska mångfalden”. Nyproducerade varor ska så långt det är möjligt vara fria från kvicksilver.

OSPAR-konventionen (Konventionen för skydd av den marina miljön i Nordostatlanten) har tagit fram ett dokument om kvicksilverutsläpp från krematorier. Dokumentet är en översiktlig beskrivning över utsläppen i en geografiskt begränsad del av OSPAR-konventionen, och hur dessa åtgärdas/kontrolleras. Enligt rekommendationen 2003/4 (Controlling the Dispersal of Mercury from Crematoria) bör verksamhetsutövare tillämpa användningen av bästa tillgängliga teknik (BAT). I rapporten beskrivs också vilka tillgängliga reningstekniker som finns och vilken kostnad dessa är förenade med. Enligt OSPAR uppgår avskiljningskostnaden beroende på teknik och anläggningsstorlek till 750 – 2 000 kronor per gram avskilt Hg.

Förbränningstekniska åtgärder

För att säkerställa en god förbränning har halten koloxid (CO) i rökgasen begränsats till 100 mg/m³ normal torr gas vid 11 % O₂ i flertalet meddelade tillståndsbeslut. Detta värde kan uppnås genom förbränningstekniska åtgärder, exempelvis optimering av mät-, styr- och reglerutrustning samt separat uppvärmd efterbrännkammare. För att säkerställa en god förbränning har det i tillståndsbeslut föreskrivits lägsta temperaturer om 700-850°C. För att förhindra explosioner ställs dock ett lägre på krav på när en kista kan föras in i ugnen, 700°C. De förbränningstekniska åtgärder som nämnts ovan bidrar också till att minska risken för dioxinbildning.

Materialval

Samrådsgruppen Begravningsbranschen Träindustrin, SBT, har tagit fram en rekommenderad kravspecifikation för kistmaterial för kremering och jordbegravning. Kravspecifikationen omfattar material för stomme, ytbehandling, lim, inredning, ornament och handtag. De plaster som ingår i kistan bör enligt dessa vara klorfria.

Reningsmetoder

Tillvägagångssättet vid rökgasrening varierar och baseras på olika tekniker. Gemensamt för ett flertal av teknikerna är en kvicksilver- och partikelavskiljningsgrad större än 90 % över själva reningsutrustningen. Eftersom uppenbarligen mängden kvicksilver till reningsutrustningen kan variera beroende på reningsmetod och driftbetingelser är det från miljösynpunkt mer intressant att uppskatta en totalavskiljningsgrad av kvicksilver för krematorieverksamheten.

Merparten av rökgasreningsteknikerna bygger på att kvicksilvret på olika sätt binds till en sorbent, såsom aktivt kol, selen eller svavel. Beroende på val av sorbent och den tekniska utformningen blir kvicksilvret mer eller mindre hårt bundet till sorbenten, vilket kan påverka avskiljningsgraden samt den vidare hanteringen av sorbenten. Teoretiskt sett bör en kemisk bindning av kvicksilvret till sorbenten bli mer stabil än en fysikalisk. Kvicksilvrets komplexa kemi gör dock att det, oberoende av teknik, i praktiken blir en blandning av olika bindningsformer. Det finns därför mätningar som visar på mycket olika resultat, t ex med avseende på hur hårt bundet kvicksilvret är till sorbenten, trots att samma slags sorbent använts. Ett antal undersökningar tyder t ex på att kvicksilvret binds stabilt till aktivt kol, men det finns även undersökningar som tyder på motsatsen. På samma sätt finns det undersökningar som visar att den kemiska bindningen till selen är stabil men också undersökningar som visar att den kemiska bindningen mellan kvicksilver och selen sannolikt inte blir fullständig.

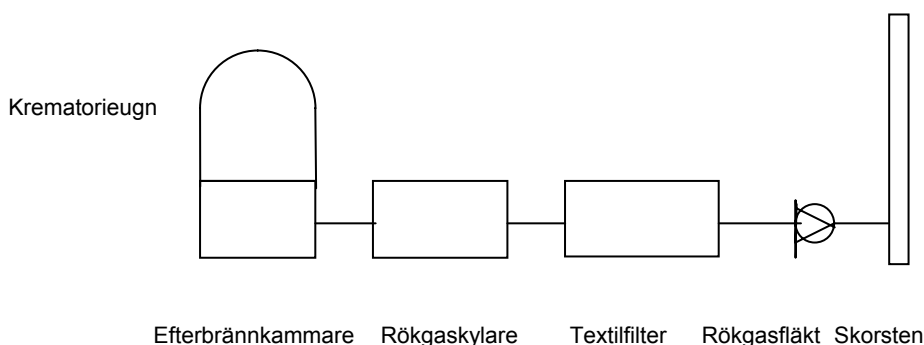
TEXTILA SPÄRRFILTER BELAGDA MED SORBENT (PULVERMETODEN)

Flera rökgasreningsanläggningar är uppförda som baseras på tekniken. Rökgaserna från krematorieugnen passerar en rökgaskylare eftersom textilt filtret inte tål höga temperaturer. Filternheten består av ett textilt spärrfilter som beläggs med ett adsorberande skikt (ofta aktivt kol/kalk) där i första hand kvicksilver och partiklar avskiljs. Från filternheten leds rökgaserna genom en kanal till skorstenen. Tekniken kan avskilja mer än 95 % av till filter ingående kvicksilvermängd.

Förbrukningen av sorbent uppgår till 0,1-0,4 kg per kremering, med ett genomsnittsvärde om 0,15 kg per kremering. Enligt OSPAR överstiger avskiljningsgraden 98 % och halten kvicksilver i de renade rökgaserna uppgår till 1-100 µg/m³.

Genomförda analyser visar att kvicksilver som är bundet till (adsorberat på) aktivt kol är stabilt och inte avgår till luft. Då temperaturen går över 140°C avgår dock gasformigt kvicksilver. Helt motsäggande resultat har dock erhållits vid undersökningar genomförda på uttagna kolprover i krematoriet i Skövde. Dessa analyser visar på en så kraftig sekundär emission av kvicksilver att halten i proven är nere i en nollnivå efter ett halvår.

Tekniken används också för dioxinavskiljning. Mätningar vid Råcksta krematorium i Stockholm 2000, då utrustat med en av Sveriges två pilotanläggningar från 1994, gav rengasvärdet 0,3 ng/m³(n) för dioxin. Efter ombyggnad uppmättes 2003 dioxinemissionerna till 0,045 ng/m³(n). I båda fallen var halten dioxin 8-10 ng/m³ (n) före filter. Anläggningar som är försedda med kolfilterutrustning har sannolikt mycket små dioxinutsläpp.



Figur 6. Skiss över ett krematorium med rökgasreningsanläggning.

TEXTILA SPÄRRFILTER MED EFTERFÖLJANDE BÄDD MED SVAVELDOPAT KOL (BÄDDMETODEN)

Ett antal rökgasreningsanläggningar är uppförda som baseras på tekniken. Rökgaserna från krematorieugnen passerar genom ett spärrfilter för att eliminera partiklar och därefter genom en bädd med svaveldopat aktivt kol i granulatform. Kvikksilver och svavel är reaktionsbenägna och tekniken bygger på att kvikksilver och svavel bildar en stabil förening. Bädden innehåller två cylindrar med granulat som beräknas klara ca 10 000 kremationer. Cylindrarna kan bytas ut alternativt kan granulatet bytas på plats. Metoden medför att hela pulver/avfallshanteringen utgår, bortsett från residual från spärrfilter samt förbrukat granulat. Vid höga syrehalter i rökgaserna kan den stabila kvikksilverföreningen oxideras och därmed släpper kvikksilvret från sorbenten.

Genomförda mätningar vid leverans- och garantibesiktningar visar att tekniken kan avskilja mer än 95 % av till filter ingående kvikksilvermängd. Enligt OSPAR överstiger avskiljningsgraden vida 90 % med mätningar som visar över 99,9 % och med en halt kvikksilver i de renade rökgaserna uppgående till 5 µg/m³.

Tekniken används också för dioxinavskiljning.

TEXTILA SPÄRRFILTER MED EFTERFÖLJANDE SELENFILTER

Selenfilter kan användas för att förbättra avskiljningen av kvikksilver. Selenfiltret avskiljer emellertid endast Hg⁰. Hg⁺ och Hg²⁺ avskiljs inte. För att avskilja dessa oxiderade former av kvikksilver erfordras någon form av adsorbent eller sotpåslag på spärrfiltret. Rökgaserna passerar tre olika steg; rök-gaskylare, stoftfilter och selenfilter. Avskiljningsgraden har visats kunna uppgå till 95 %.

Den enda i Norden uppförda reningsanläggning baserad på selenfilter (Vänersborg – för övrigt den första filteranläggningen i Sverige) har tagits ur drift och ersatts med en reningsutrustning baserad på pulvermetoden.

SELENAMPULL MED EFTERFÖLJANDE TEXTILT SPÄRRFILTER

Användning av s.k. selenampull sker vid ett antal krematorier. Selen är ett grundämne som är mycket giftigt i höga koncentrationer samtidigt som det är ett spårämne. I samband med tillståndsprövningen av krematoriet i Trelleborg genomfördes spridningsberäkningar som visade på en högsta årsmedelhalt om $0,14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (utomhusluft). Värdet uppgår till en tusendel av det hygieniska gränsvärdet (som gäller för inomhusluft) för selen som är $0,1 \text{ mg}/\text{m}^3$ enligt AFS 1996:2.

Reningsmetoden bygger på att selen förenas med kvicksilver till förening med mycket lägre ångtryck än kvicksilver, vilket minskar risken för transport av kvicksilver genom ugnsinfodringen. Reaktionen mellan kvicksilver och selen till kvicksilverselenid sker redan i ugnen för att sedan avskiljas i efterföljande textiltfilter. Avskiljningen av kvicksilver samt hur stabilt kvicksilvret är bundet beror av hur fullständig reaktionen mellan kvicksilver och selen är samt i vilken utsträckning kvicksilvret även är ytligt bundet till olika partiklar som avskiljs i filtret.

Mätningar vid krematorierna i Landskrona och Höganäs m.fl. visar på avskiljningsgrader mellan 80 och 98 %. Detta är då avskiljningsgrader beräknade som en kvot mellan utgående rökgaser och hur mycket kvicksilver som tillförs ugnen. Vid emissionsmätningar tillsätts extra amalgam som används som tillförd mängd kvicksilver vid beräkningen av avskiljningsgraden. Genom att det vid beräkningarna endast räknas med den tillsatta amalgammängden och inte käkamalgamet blir den beräknade avskiljningsgraden sämre än den faktiska. Orsaken till att avskiljningsgraden beräknats på detta sätt är hypotesen att kvicksilverselenid även avskiljs i ugnen, eftersom bildningen sker redan där. Vidare förutsätts att det låga ångtrycket gör att transporten via ugnsinfodringen blir mycket liten.

I Trelleborg och Landskrona pågår byggnation av rökgasreningsanläggningar baserade på selenampull med efterföljande textilt spärrfilter.

Denna metod ger sannolikt ingen nämnvärd dioxinavskiljning om inte spärrfiltret är belagt med sorbent.

SKRUBBERTEKNIK

Någon anläggning är inte uppförd vid krematorier men tekniken har använts vid andra verksamheter. Enligt OSPAR kan denna teknik reducera kvicksilverutsläppen till $100\text{-}200 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

KERAMISK REAKTOR

Någon anläggning är inte uppförd med denna teknik. Tekniken innebär att rökgaserna leds genom ett keramiskt filter som är belagt med en reaktiv sorbent.

GULDFILTER/BIKAKEFILTER

Tekniken baseras på att guld bildar amalgam med kvicksilver. Regenereringen av gulfiltret sker genom upphettning av amalgamet varvid kvicksilvret avgår och filtret kan användas på nytt. Ett uppströms partikelfilter erfordras för att undvika att filtret kontamineras. Enligt OSPAR överstiger avskiljningsgraden 99,9 % med en halt kvicksilver i de renade rökgaserna uppgående till $5\text{ - }13 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

UTVÄRDERING AV RENINGSUTRUSTNINGENS FUNKTION

Följande aspekter ger en uppfattning beträffande reningsutrustningens funktion:

- Vilken avskiljningseffekt erhålls för Hg?
- Vilken avskiljningseffekt erhålls för dioxiner?
- Vilken avskiljningseffekt erhålls för rökgasstoft och andra föroreningar?
- I vilken form avskiljs och omhändertas Hg och dioxiner?
- Vilken sammansättning får restprodukten och hur hanteras denna?

Därtill kan värderas/beaktas hur stor andel av till kremeringen tillförd kvicksilver mängd som förs till reningsutrustningen, vilka andra exponeringsvägar som finns och vilka andelar de står för (materialbalans för kvicksilver över krematoriet).

Avfall

I fråga om avfall gäller bestämmelserna i 15 kap miljöbalken och avfallsförordningen (2001:1063). Enligt de allmänna hänsynsreglerna skall möjligheterna till återvinning och återanvändning utnyttjas. Begravningslagen (1990:1144) och begravningsförordning (1990:1147) ska dock också tillämpas.

Avfall som uppkommer vid rivning av krematorieugnar och som är kvicksilverhaltigt klassas som farligt avfall enligt avfallsförordningen. Avfallskoden är 17 01 06 ”blandningar eller separata fraktioner av betong, tegel, klinker och keramik som innehåller farliga ämnen”. I de fall det kan visas att kvicksilver eller andra farliga ämnen inte ingår kan avfallet klassas som avfall enligt Avfallskod 17 01 07 ”andra blandningar av betong, tegel, klinker och keramik än de som anges i 17 01 06”. Genomförda kvicksilveranalyser av tegel från krematorieugnar visar att halten är mycket låg i tegelfordringens ytskikt (närmast förbränningsrummet), <0,001 µg/kg, medan halten i mellan- och ytterskiktet är låg, 0,1-0,3 mg/kg.

Residual, dvs. använt aktivt kol från rökgasreningsprocessen klassas som farligt avfall enligt Avfallskod 10 14 01 ”kvicksilverhaltigt avfall från rökgasrening”. Filterstoft och avfall från sotning skall förvaras i tättslutande kärl och omhändertas som farligt avfall.

Omhändertagandet av det farliga avfallet från rökgasreningen kan ske på tre olika sätt; direktdeponering, kemisk stabilisering före deponering eller återanvändning. En direkt deponering i djupt bergförvar är inte sannolik då kvicksilvret bör vara bundet i en stabil fas. Kviksilver som är fysikaliskt bundet till kol kan bindas kemiskt till svavel eller selen som kvicksilversulfid respektive -selenid. Dessa kemiska föreningar är mycket stabila och praktiskt taget olösliga.

Kemikalier

Häls- eller miljöfarliga kemikalier ska enligt Kemikalieinspektionens föreskrifter (KIFS 1998:8) om kemiska produkter och biotekniska organismer förvaras så att hälso- och miljörisker förebyggs.

Användning av formalin kan begränsas genom att krav ställs på tillräcklig tillgång på kyl- och frysutrymmen. Konsekvenserna av otillräckliga sådana utrymmen

kan framgå av en miljökonsekvensbeskrivning. Enligt begravningslagens 5 kap. 10 § skall kremering eller gravsättning göras inom två månader.

Förordningen (2002:187) om ämnen som bryter ned ozonskiktet och förordningen (1995:555) om HFC reglerar användningen av köldmedierna HCFC och HFC. CFC får inte användas. HCFC får användas i befintliga kylanläggningar tills vidare. Påfyllning av HCFC är dock inte tillåtet.

Vatten

Genom att våtsotning har ersatts med s.k. torrsotning uppstår inga direkta utsläpp till vatten.

Energi

Enligt miljöbalkens allmänna hänsynsregler skall i första hand förnybara energikällor användas. Vidare skall möjligheter till återvinning av energi utnyttjas. Vid kylningen av rökgaserna i rökgaskylaren genereras överskottsvärme som kommer från bl.a. stödbränslet. Överskottsvärmen kan i enlighet med hänsynsreglerna utnyttjas för uppvärmning av exempelvis krematoriefastigheten. Möjligheten till anslutning till ett närliggande fjärrvärmenät har undersökts och anslutning till fjärrvärmenätet har skett vid krematorierna i bl.a. Stockholm (Råcksta), Skövde och i Helsingborg.

Skorstenshöjd

För nya krematorier är skorstenshöjden ofta lägst 3 meter över takhöjd. Vid befintliga krematorier har lägre skorstenshöjder godtagits efter genomförda spridningsberäkningar då dessa kunnat visa på en godtagbar spridning av rökgaserna. Halten kvicksilver i omgivningen har därvid visats inte överstiga WHO:s långtidsriktvärde om $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Vid låga rökgashastigheter finns det risk för nedsug av rökgaserna i lä av själva skorstenen. För att minimera risken för nedsug av rökgaserna har det därför ofta föreskrivits en lägsta rökgashastighet. Kremering är emellertid en satseldningsprocess som börjar från noll ungefär var femte kvart. I och med detta varierar rökgasflödet kontinuerligt mellan ett nollvärde och ett driftvärde. Skorstensdiametern kan därför dimensioneras utifrån det maximala rökgasflödet och en högsta godtagbar rökgashastighet. För anläggningar med en ugn kopplad till skorstenen innebär detta i allmänhet en inre skorstensdiameter om 400 mm.

Inom EU har förhandlingar om ett fjärde dotterdirektiv till ramdirektivet för luftkvalitet nyligen avslutats. Detta kommer sannolikt inom några år att leda till att det tas fram miljökvalitetsnormer för kvicksilver i luft. Några spridningsberäkningar har inte genomförts avseende dioxinhalter i omgivningsluften.

Lokalisering

Krematorier finns inte upptagna i Boverkets allmänna råd ”Bättre plats för arbete” men i samma råd anges riktvärdet för skyddsavstånd för mindre förbränningsanläggningar till 50-200 meter. Det högre värdet avser fastbränsleanläggningar med bränslelager och det lägre gas- och oljeeldade anläggningar. Med hänsyn till övriga faktorer såsom buller, transporter, psykiska immissioner m.m. har skyddsavstånd för krematorier bedömts i tillståndsärenden ligga inom intervallet 50-100 meter.

Haverier och driftstörningar

Köldmediekungörelsen skall följas för att förebygga utsläpp och haverier. Där föreskrivs bl.a. att de företag som arbetar i branschen skall vara ackrediterade av SWEDAC och den enskilde kylmontören skall vara certifierad. Naturvårdsverket har gett ut allmänna råd 1997:2 till kungörelsen.

Det finns två olika tekniker för att undvika att filtret utsätts för höga temperaturer som kan skada filtret eller leda till filterbränder. Den första av dessa tekniker baseras på s.k. bypasskörning. Vid bypasskörning förbikopplas filtret då temperaturen i rökgaserna efter kylaren överstiger en förvald temperatur.

Den andra tekniken bygger på att ugnstemperaturen styrs av temperaturen efter kylaren. Då temperaturen närmar sig en förvald temperatur reduceras lufttillsättningen så att temperaturen sjunker. Som en ytterligare säkerhet kan kylluft tillsättas före filtret. Ytterligare åtgärder som används är reservkraftaggregat.

För att förebygga problem som uppkommer då en fläkt havererar finns det inbyggt en ejektor.

Annan teknik

KRYOPROCESSEN

Processen innebär en helt sluten och individuell hantering där stoftet fryses i flytande kväve. Stoftet blir då mycket skört och med en vibration omvandlas stoftet till ett organiskt pulver som förs in i en vakuumkammare där vattnet ångar av. I kryoprocessen uppges att alla metaller avskiljs, genom att amalgamfyllningarna kan avskiljas separat. Avskiljning av klorider görs sannolikt inte i en kryoprocess vilket medför att problematiken med dioxinbildning kan kvarstå om processen efterföljs av en krematorieugn.

Tillsyn och egenkontroll

Organisation

Ansvarig chef vid krematoriet bör fastställa och dokumentera ansvaret för de arbetsuppgifter som följer av kapitlet om åtgärder och vad som sägs nedan, se 4 § förordningen (1998:901) om verksamhetsutövares egenkontroll (FVE), Naturvårdsverkets Allmänna råd NFS 2001:2 och handbok om egenkontroll 2001:3.

Skötsel av teknisk utrustning

Dokumenterade rutiner för att fortlöpande kontrollera att utrustning för drift och kontroll är i gott skick ska finnas enligt 5 § FVE. De driftinstruktioner som leverantören lämnat för drift och underhåll av anläggningen är exempel på sådana rutiner, liksom intervall för översyn och kalibrering av styr- och reglerinstrument. Instruktioner för drift och skötsel av krematorieugnarna, sotning och reningsutrustning är exempel på viktiga dokument.

Mätningar

Så snart mätning är nödvändig för kontrollen ska sådan utföras (se NFS 2000:15). I den mån skötselrutiner enligt 5 § FVE och journalföring av driften kan säkerställa och visa på att utsläppsnivån ligger väl under gällande krav i tillståndsbeslut eller föreläggande för anläggningen kan kontinuerlig mätning minskas. Då behöver dock mätningar ske återkommande för att bekräfta och ge ett mått på att drift rutinerna är tillräckliga för att utrustningen ska ha fullgod funktion.

Uppkommet förbrukat sorbentmaterial analyseras med avseende på kvicksilverhalt för att kontrollera filtrets avskiljningsgrad.

Flertalet tillståndsprovade krematorier mäter kontinuerligt halten kolmonoxid, röktäthet och syre eller koldioxid i rökgasen.

Syre och koloxidhalten mäts för att styra ugnen medan differenstryck alternativt röktäthet mäts för att kunna utlösa larm vid filtergenombrott.

För dessa mätinstrument dokumenteras mätarfabrikat, mätområde, mätprincip, kalibreringsmetod och kalibreringsrutiner. Onormala förhållanden som kan påverka mätresultatet skall journalföras. Dokumentation ska sparas i fem år. Se även NFS 2000:15. Dokumenterade rutiner för att hålla mätutrustning i gott skick ska finnas. Se även 5 § FVE.

Undersökningar

Syftet med undersökningar är att verksamhetsutövaren ska skaffa sig en samlad bild av verksamheten och risker med den, uppmärksamma brister i skötseln samt säkerställa en god kvalitet på egenkontrollen. Genom att dokumentera resultaten kan de återföras till den som är ansvarig och verksamhetsutövaren kan visa hur efterlevnaden av reglerna säkrats. Det är lämpligt att den som utför undersökningen är sakkunnig och har mäterfarenhet.

Verksamhetsutövaren anpassar lämpligen inriktningen, omfattning och frekvens till behoven. Om de periodiska undersökningarna normalt genomförs vart tredje år och omfattar en okulär undersökning och emissionsmätningar, kan ålder på utrustningen eller kända brister vara skäl till tätare eller kompletterande undersökningar.

Den okulära undersökningen kan delas upp i en genomgång av följande moment:

- Förändringar, myndighetsbeslut, miljörapport, drift- och skötselinstruktioner samt verksamhetens dokumentation.
- Föregående undersökningsprotokoll.
- Råvaru-, kemikalie- och avfallskontrollrutiner.
- Miljöorganisationen.
- Avsyring och funktionskontroll av anläggningsdelar av betydelse för miljön.
- Granskning av underhåll och reservdelsförsörjning av vitala miljöskyddsanordningar.

Vid funktionskontroll av utrustning för kolutmatning har kvaliteten på det inköpta aktiva kolet uppmärksammas. Vid byte av kolkvalitet är det viktigt att kolets egenskaper avseende stabilitet gentemot mekanisk påverkan beaktas. Det finns indikationer på att det aktiva kolet kan förlora aktiv yta då utmatningen utsätter kolet för stark mekanisk åverkan. Aktivt kol som förlorar aktiv yta släpper adsorberat kvicksilver som avgår i gasform till omgivningen. Det är därför viktigt att det finns tydliga rutiner över hur utmatningsutrustningen övervakas och att rutinerna är lättillgängliga för driftpersonalen.

Emissionsmätningarna omfattar normalt uppmätning av partiklar, kvicksilver, koloxid, kväveoxider och syre eller koldioxid samt buller. Genom att välja ett laboratorium som är ackrediterat för respektive analys säkerställs en hög kvalitet. Svensk Standard (SS 02 84 23) är lämpligast att följa liksom de mätmetoder som är angivna i Värmeforsks mättehandbok. För att få representativa mätvärden behöver det finnas en raksträcka om minst fem hydrauliska diametrar före provpunkten och minst en efter. Dessa regler är särskilt viktiga för partikel- och flödesmätningar för att undvika stråkbildningar. Det har konstaterats att dessa krav sällan är uppfyllda mellan ugn och kylare varför denna mät punkt ger osäkra och i vissa helt felaktiga resultat.

Vid förstagångsundersökningen görs ofta en kvicksilverbalans där mängden kvicksilver från ugn, i reningsutrustning uppfångat kvicksilver, mängden kvicksilver i utgående rökgaser och eventuell rest av ej återfunnit kvicksilver framgår. Mätresultaten redovisas sammanställt för varje punkt där både halter och mängder kvicksilver framgår liksom rökgasflöden och temperaturer. Samtliga mät- och analysresultat sammanställs så att beräkningsgången går att följa.

Provtagningspunkt	Mätparameter					
	Temperatur	Rökgashastighet	Hg	O ₂ /CO ₂	CO	stoff
IN, direkt efter ugn	F/P		F	F		
Före reningsutrustning			F	F		
I filter (sorbent)			F/P			
Efter reningsutrustning	F/P	F/P	F/P	F/P	F/P	F/P

Figur 8. Tabell över rekommenderade mätpunkter vid undersökningarna, F=förstagångsundersökning och P=periodisk undersökning.

Uppmätta värden omräknas till O₂-halter i enlighet med gällande tillståndsbeslut för respektive anläggning. Vid omräkning av den uppmätta halten till 11 % O₂ multipliceras det uppmätta värdet med en s.k. normaliseringsfaktor. I slutfasen av en kremering då syrehalten är i nivå med halten i luft blir normaliseringsfaktorn hög. En omräkning från 19 % O₂ till 11 % O₂ innebär multiplikation med en faktor 5,0 och en omräkning från 20 % O₂ innebär en multiplikation med en faktor 10.

$$\text{Normaliseringsfaktor} = \frac{1 - \frac{11\%}{21\%}}{1 - \frac{O_{2(\text{värde})}}{21\%}} = \frac{0,476}{1 - \frac{O_{2(\text{värde})}}{21\%}}$$

Partikelemissionen från krematoriet kontrolleras genom mätning under representativa driftbetingelser. För att säkerställa mätresultaten utförs denna mätning i vissa fall som två på varandra följande prov. Under mätningarna mäts och registreras CO och O₂- alternativt CO₂-halten kontinuerligt. Mätningarna utförs i möjligaste mån enligt Svensk Standard SS 02 84 26 och i enlighet med Naturvårdsverkets ”Mätning av stoft i utsläpp till luft från fasta anläggningar” (SNV PM 1821). Partiklarna analyseras med avseende på Hg-innehåll samt halt oförbränt material.

Kvicksilverhalten i rökgaserna utförs ofta som två på varandra följande prov. Så väl den svenska som den europeiska standarden (SS-EN 13211:2001) bygger på en våtkemisk metod. I samband SKKF:s uppdrag om analys av mätningar vid krematorier rekommenderades MESA-metoden som innebär provtagning på adsorptionsfällor. Fördelarna som åberopades var ett enklare och säkrare provtagningsarbete samt en lägre detektionsgräns. Naturvårdsverket har inte tagit ställning till metoden. Det finns också tillgänglig teknik för att ha kontinuerlig mätning av kvicksilverutsläppen.

Den totala avskiljningsgraden av kvicksilver (A) uppgår till:

$$A = \frac{Hg_{\text{före filter}} - Hg_{\text{efter filter}}}{Hg_{\text{in}}} \cdot 100$$

Hg_{in} avser käkamalgam samt eventuellt tillsatt amalgam till ugn. Tandstatusen på de stoft som kremeras är ofta okänd och därmed också uppgiften om ingående mängd käkamalgam. För att uppskatta denna mängd används ofta ett mätplan direkt efter ugn. Beroende på mätställets uppfyllande av erforderliga raksträckor och graden av diffusion är antagandet att Hg_{in} ≈ Hg_{efter ugn} mer eller mindre behäftat med fel.

Om selen ingår i reningsprocessen har provtagning och analys anpassats till förutsättningen att kvicksilverselenid kan förekomma i rökgaserna. Då kvicksilverselenid är en mycket stabil förening är det viktigt att denna sönderdelas innan analys sker. Vid analys baserad på atomabsorptionsspektroskopi har det uppmärksamats att de spektrala linjerna för selen och kvicksilver ligger mycket nära varandra varför det vid sådana analyser har använts filter för att analysinstrumentet inte skall tolka selen som kvicksilver.

För att kunna bestämma mängden kvicksilver mäts eller beräknas rökgasflödet.

CO-halten i utgående rökgaser mäts i samband med partikelemissionsmätning.

NO_x-emissionen mäts vid förstagångsundersökningen och därefter vid ombyggnationer av ugn eller liknande arbeten som kan förändra förbränningsbetingelserna.

Dioxiner har endast uppmätts vid ett fåtal tillfällen. Vid mätningar av dioxinhalten i utgående rökgaser kan dessa ske i enlighet med Naturvårdsverkets föreskrifter om avfallsförbränning NFS 2002:28.

Buller mäts om det inte går att beräkna. Detta kan ske om det förekommit klagomål eller om det är nödvändigt för att kunna kontrollera ett villkor tillräckligt säkert. Annars kontrolleras buller lämpligen genom att någon rutinmässigt lyssnar efter störande ljud och bedömer orsaken till dess uppkomst och journalför sina iakttagelser. Saknas anledning att tro att grannar störs eller att bullerkrav kan vara nära överskridande gås enbart journalen genom.

I samband med en förstagångsundersökning eller en periodisk undersökning bedöms vilka **risker** som förekommer med anledning av undersökningsresultatet samt vilka risker som är angelägna att åtgärda respektive inte behöver åtgärdas. Resultatet och bedömningarna dokumenteras i enlighet med 6 § FVE.

Kemikalier

Kemiska produkter som hanteras i verksamheten ska förtecknas, se 7 § förordning 1998:901 om verksamhetsutövers egenkontroll (FVE) och Naturvårdsverkets Allmänna råd NFS 2001:2 och handbok om egenkontroll, 2001:3. Verksamhetsutövaren kan använda förteckningen som underlag för bedömning av vilka kemiska produkter som går att byta ut mot mindre farliga. Rutiner för att regelbundet bedöma vilka kemikalier som kan undvaras eller bytas ut bör finnas liksom för att välja lämpliga kemikalier vid inköp och för att hålla förteckningen aktuell.

Journalföring och dokumentation

Utöver vad som kontinuerligt registreras, förtecknas eller dokumenteras enligt ovanstående kan det vara lämpligt att föra separata journaler över nedanstående.

- Antal genomförda sotningar.
- Antal kremeringar som genomförs per månad.
- Mängd förbrukad sorbent per kremering.
- Mängden förbrukat bränsle per månad.
- Kalibrering av instrument för drift och kontroll/mätning.
- Påfylld mängd köldmedium. Beträffande detta bokförs och rapporteras det av det företag som utför service av anläggningen. Årlig kontroll enligt köldmediakungörelsen.
- Protokoll med jämna intervall utskrivna från den dator där de loggade parametrarna lagras.
- Av journaler där avfallet journalförs skall transportör och mottagare framgå.
- Håll journalerna tillgängliga för tillsynsmyndigheten i minst fem år.
- Journal bör föras över kontroll av mätutrustning och registrerande instrument för rökgasstoff, kolmonoxid, koldioxid och syre samt utförda emissionsmätningar

Rättelseåtgärder

Efter mätning och dokumentation av resultat ska resultatet utvärderas. Om resultatet inte är tillfredsställande skall orsaker utredas och eventuella korrigerande åtgärder vidtas.

Rapportering

Rapportering av vissa händelser, t ex haverier ska ske enligt 6 § förordning 1998:901 om verksamhetsutövers egenkontroll, se NFS 2001:2 och Naturvårdsverkets handbok 2001:4. Det är viktigt att verksamhetsutövaren utreder och rättar till orsaken till händelsen eller haveriet för att förhindra en upprepning. I den årliga miljörapporten redogörs för händelsen och vidtagna åtgärder. Har myndigheten särskilt begärt en skriftlig rapport om det inträffat och vilka åtgärder som vidtagits så lämnas en sådan.

Exempel på villkor, råd och förelägganden

I meddelade tillståndsbeslut har utsläppsvillkor för kremeringsverksamhet i huvudsak kopierats från de villkor som ställts för avfallsförbränning med ett stort undantag, kvicksilver. I motsats till avfallsförbränning är emellertid kremering en satseldningsprocess med en process som börjar från noll ungefär var femte kvart. I och med detta varierar rökgasflödet och utsläppen av föroreningar kontinuerligt mellan ett nollvärde och ett driftvärde. Vid avfallsförbränning sker ett homogent förlopp med ungefär samma belastning. Att jämföra kremation med avfallsförbränning måste därför göras med försiktighet.

Vid tillståndsprövningar av krematorier och vid tillsyn har det ställts krav på installation av rökgasrening. Vad gäller åtgärder för att reducera kvicksilverutsläppen från krematorier har det beaktats, att mängden amalgamfyllningar hos de avlidna ökar och att kvicksilverutsläppen från krematorier kommer att utgöra en allt större andel framöver.

Krav på kvicksilver- och stoftrening eller lägre krav på avskiljningsgrad bedöms i det enskilda fallet. Enligt miljöbalken skall bästa möjliga teknik användas. Kravet på bästa möjliga teknik gäller om det inte kan anses orimligt att uppfylla det.

Vidare skall anläggningen förläggas på lämplig plats. Dessa frågor är av stor betydelse för mindre krematorier med långa avstånd till närmaste krematorium försett med rökgasrening. Transporternas miljöpåverkan kan här vägas mot utsläppen från krematoriet.

Vid fastställande av utsläppskrav kan två olika nivåer diskuteras. Den lägsta nivån omfattar de förbränningstekniska åtgärderna som åtgärdas genom krav på bl.a. koloxid och temperatur. Den högsta nivån omfattar även rökgasrening som innebär krav på begränsade partikel- och kvicksilverutsläpp.

Exempel på allmänt villkor

Om inte annat framgår av övriga villkor, skall verksamheten bedrivas i huvudsaklig överensstämmelse med vad sökanden angett eller åtagit sig i ansökningshandlingar eller i övrigt i ärendet.

Exempel på driftvillkor

Rökgasreningsanläggningen skall vara i drift senast den (visst angivet datum).

Högst 5 % av det årliga antalet kremeringar får genomföras vid bypass av kvicksilveravskiljningsutrustningen.

Ugnen skall vara försedd med instrument för kontinuerlig mätning och registrering av koloxid, rökthet och syre eller koldioxid.

Kommentar: I äldre tillståndsbeslut är utsläppsvillkoren omräknade till 11 % O₂ eller 9 % CO₂ och därför har det angivits en valfrihet mellan att mäta syre eller koldioxid. I nyare beslut är utsläppsvillkoren omräknade till 11 % O₂ varför koldioxid har utgått som mätparameter.

Ugnstemperaturen skall under kremering överstiga 700°C. Fr.o.m. den (visst angivet datum) skall rökgaserna vid kremering passera en zon som håller en temperatur av minst 800°C. Värdena skall gälla som riktvärden.

Kommentar: Tilläggen ovan med datum har tillämpats för befintliga krematorier medan för nya krematorier har villkoren formulerats så att de gäller från det att ugnen tas i drift.

Exempel på bullervillkor

Den ekvivalenta ljudnivån från verksamheten får utomhus vid närmaste bostäder inte överstiga 50 dB(A) vardagar under dagtid (kl 07-18), 40 dB(A) nattetid (kl 22-07) och 45 dB(A) övrig tid. Den momentana ljudnivån på grund av verksamheten får nattetid vid närmaste bostäder inte överstiga 55 dB(A). Om bullret innehåller impulsljud eller hörbara tonkomponenter skall angivna värden sänkas med 5 dB(A)-enheter.

Exempel på utsläppsvillkor

För nya anläggningar

Skorstenens höjd skall vara lägst tre meter över takhöjd. Rökashastigheten får som riktvärde inte underskrida 8 m/s för något driftsfall.

Kommentar: Hastighetsvillkoret kan utgå om en spridningsberäkning genomförs som baseras på en given skorstensdiameter. I detta fall kan villkoret formuleras: Skorstenens höjd skall vara lägst tre meter över takhöjd. Skorstenens diameter i skorstenstoppen får inte överstiga x meter.

För befintliga anläggningar:

Skorstenens höjd skall vara lägst y meter över takhöjd. Skorstenens diameter i skorstenstoppen får inte överstiga x meter.

Kommentar: Befintlig skorstenshöjd och diameter har godtagits då det har genomförts en spridningsberäkning som visar att miljö kvalitetsnormer och andra immissionsvärden innehålls.

För nya och befintliga anläggningar:

Utsläppet av partiklar i rökgaserna från ugnarna får inte överstiga 20 mg/m³ norm torr gas. Värdet skall gälla som riktvärde för medelvärde under en kremation.

Kommentar: Tekniken idag klarar dock av betydligt hårdare krav. Vid upphandling av ett antal nya anläggningar har det lämnats garantikrav om högst 10 mg stoft/m³ som medelvärde.

Utsläpp av rökgasstoff får inte överstiga 100 mg/m³(n) torr gas (vid 273 K, 101,3 kPa, 11 % O₂ eller 9 % CO₂) som medelvärde per kremation.

Kommentar: Villkoret avser ett krematorium som inte har krav på partikel- och kvicksilveravskiljning.

Svavelhalten i lättoljan får inte överstiga 25 mg S/MJ bränsle. Värdet skall gälla som gränsvärde för årsmedelvärde.

Svavelhalten i lättoljan får inte överstiga 0,1 %. Värdet skall gälla som gränsvärde för årsmedelvärde.

Utsläppet av koloxid i rökgaserna från ugnen får inte överstiga 100 mg/m³ norm torr gas vid 11 % O₂ eller 9 % CO₂. Värdet skall gälla som riktvärde för medelvärde under en kremation. Utsläppet får som 5-minutsmedelvärde och riktvärde inte överstiga 500 mg/m³(n) torr gas.

Kommentar: Tekniken idag klarar av betydligt hårdare krav. Vid upphandling av nya anläggningar ställs ofta krav på högst 50 mg CO/m³ som medelvärde och 500 mg CO/m³ som 1-minutsvärde. I Danmark gäller dessa krav för utsläpp från krematorier varför tekniken kan anses vara tillgänglig.

Utsläppet av koloxid under en kremation får som medelvärde och som 5-minuters medelvärde inte överstiga 100 respektive 500 mg/m³ norm torr gas omräknat till luftöverskott motsvarande 9 % CO₂ eller 11 % O₂. Vid omräkning av detta luftöverskott 40 minuter efter en påbörjad kremation skall O₂-halter som överstiger 18 % räknas som 18 %. Värdena skall gälla som riktvärden.

Kommentar: Villkoret har lämnats för ett krematorium där det har visats att utsläppen av kolväteföreningar är låga trots tillägget i andra meningen. Orsaken till villkorsformuleringen har varit problem att innehålla det normaliserade CO-värdet.

Utsläppet av den samlade mängden kvicksilver och kvicksilverföreningar får inte överstiga 100 mg per kremation. Värdena skall gälla som riktvärde vid besiktning och som medeltal under ett besiktningstillfälle.

Kommentar: Med en ingående mängd kvicksilver om 3 respektive 5 gram motsvarar detta en 97 respektive 98-procentig avskiljningsgrad.

Utsläppet av den samlade mängden kvicksilver och kvicksilverföreningar får inte överstiga 80 µg/m³ norm torr gas. Värdena skall gälla som riktvärde vid besiktning och som medeltal under ett besiktningstillfälle.

Kommentar: Värdet motsvarar ett utsläpp om 150-200 mg per kremering. Med en ingående mängd kvicksilver om 3 respektive 5 gram motsvarar detta en 94- respektive 97-procentig avskiljningsgrad. Detta villkor har inte föreskrivits men har yrkats som slutligt villkor i ett öppet ärende.

Utsläppet av kväveoxider (räknat som NO₂) i rökgaserna får inte överskrida 900 gram per kremering.

Utsläpp till luft av dioxiner får som riktvärde inte överstiga 0,1 ng/m³ norm torr gas.

Kommentar: Villkoret har lämnats som slutligt villkor för Räcksta krematorium..

Exempel på övriga villkor

Avfall och kemiska produkter skall lagras på inte genomsläpplig yta och på sådant sätt att spill och läckage inte kan nå mark, avloppsledningar samt yt- eller grundvatten.

Länsstyrelsen erinrar om att meddelat tillstånd inte befriar tillståndshavaren från skyldigheten att iaktta vad som föreskrivs i annan författning i fråga om den anläggning och verksamhet som avses med tillståndet.

Litteratur och länkar

Litteratur

IVL-rapport B1270 (1997): Emissioner av kvicksilver från krematorier - spridning, miljöeffekter och effekt av selentillsats.

Karolinska institutet, Institutet för miljömedicin (1992), IMM-rapport 1/92, Vahter et Friberg: Hälsoeffekter till följd av exponering för kvicksilver från krematorier

IVL-rapport B1201 (1995): Kviksilver i krematorier - ett arbetsmiljöproblem?

Göteborgs kommun (1986): Kviksilverutsläpp från Göteborgs krematorier - 1986:1

Miljödelegationen västra Skåne (1990): Dokumentation från arbetsseminarium kring rökgaserna från krematorier

Naturvårdsverket (1991): Kviksilver i Sverige, problem och åtgärder - SNV Informerar

Naturvårdsverket (1990): Kviksilverproblem, miljömål, åtgärder - SNV Rapport 3764

- Naturvårdsverket (1989): Drift- och funktionskontroll av stoftavskiljare - SNV Rapport 3666
- Naturvårdsverket (1988): Stoftavskiljare 1. Textila spärrfilter, checklista för inspektion/besiktning - SNV Rapport 3431
- Naturvårdsverket (1984): Mätning av stoft i utsläpp till luft från fasta anläggningar - SNV PM 1821
- Naturvårdsverket (1993): Utsläppsmätning av stoft - SNV Rapport 4240
- Naturvårdsverket (1996): Generella riktvärden för förorenad mark - SNV Rapport 4638
- Naturvårdsverket (1997): Grundvattenströmning i kristallint berg. Delrapport till projektet - Slutförvar av kvicksilver. Rapport 4818.
- Naturvårdsverket (2002) ”Metaller i Stad och Land” SNV Rapport 5184
- Statens energiverk (1986): Energi ur avfall - ENA
- SKKF (1988): Kursdokumentation ”Krematorieteknisk utveckling”
- Stiftelsen REFORSK (1990): Insamling och återvinning av kvicksilveravfall - FOU 49
- ÅF-Energikonsult (1989): Dagens och framtidens avfallshantering
- SKKF (1997): Skrivelse om kremationshistoria
- Naturvårdsverket (1997) Kylanläggningar och värmepumpar. Allmänna Råd 97:2
- Olsson, E., (2002) "Kvicksilverutsläpp från krematorier", CIT ThermoFlow, 2003-05-12.
- OSPAR publications, Hazardous Substances, Mercury emissions from crematoria and their control in the OSPAR Convention Area, No 179 2003, ISBN number 1-904426-13-1.
- Mercury in the hair of crematoria workers, Volume 352 Number 9140, 14 Nov 1998, Centre for Healthcare, Nene-University, Nort-hampton NN2, UK.
- RVF (2001): Förbränning av avfall - En kunskapssammanställning om dioxiner, RVF-Rapport 01:13, ISSN 1103-4092
- Axelsson, Frank, Kvicksilverbalans för Göteborgs kommun. En materialflödesanalys, Miljö-och hälsoskyddsförvaltningen i Göteborg, R 1993:18. ISSN 1100-4371. April 1993.
- Måling af dioxinmissionen fra udvalgte sekundære kilder", Miljøprojekt nr. 649, Miljøstyrelsen 2001.

Webbadresser

Sveriges kyrkogårds- och krematorieförbund	www.skkf.com
Församlingsförbundet	www.svenskakyrkan.se/forsamlingsforbundet
Naturvårdsverket	www.naturvardsverket.se
Länsstyrelserna i Sverige	www.lst.se
OSPAR	www.ospar.org
IVL Svenska Miljöinstitutet AB	www.ivl.se
Föreningen Sveriges Krematorie Personal	www.fskp.nu
Krematorier i Sverige	www.krematoriet.info

Mått, enheter, förkortningar och beteckningar

Mått och enheter

kilo, k	10^3	1 000
milli, m	10^{-3}	0,001
mikro, μ	10^{-6}	0,000 001
nano, n	10^{-9}	0,000 000 001

$m^3(n)$ normalkubikmeter (torr gas vid 0°C och 1 atm (101,3 kPa))

hydraulisk diameter	$4 \cdot \text{tvärsnittsarean} / \text{omkretsen}$
absorption	ett ämne tränger in i ett annat ämne varvid detta förändras, kemiskt eller fysikaliskt.
adsorption	ett ämne fastnar på ytan av ett annat ämne utan att detta förändras, varken kemiskt eller fysikaliskt

Förkortningar

SKKF	Sveriges kyrkogårds- och krematorieförbund
IVL	Institutet för vatten- och luftvård
OSPAR	Konventionen för skydd av den marina miljön i Nordostatlanten
BAT	Best available technology
TS	torrsubstans

Kemiska beteckningar

PAH	polyaromatiska kolväten
PCB	polyklorerade bifenyler
dioxin	samlingsnamn på klorerade dioxiner
I-TEQ	Toxicity Equivalents (viktning av olika dioxinföreningar)
CFC	klorfluorkarboner
HCFC	ofullständigt klorerade fluorkarboner
HFC	fluorkarboner

Krematorieverksamhet

NATURVÅRDSVERKET
ISBN 91-620-8236-1

Naturvårdsverkets branschfaktablad innehåller snabb och lättillgänglig information om en bransch, dess miljöproblem och tillgänglig teknik. Här redovisas också exempel på krav som ställs för att begränsa miljöpåverkan från en viss bransch eller verksamhet. Branschfaktabladet är avsett att vara ett hjälpmedel för länsstyrelser, kommuner och miljöprövningsdelegationer vid handläggning av prövnings- och tillsynsärenden. Det här branschfaktabladet handlar om krematorieverksamhet.