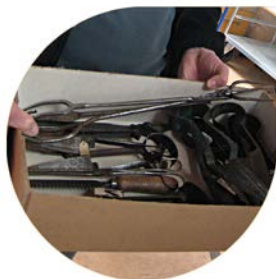


Rapport från Riksantikvarieämbetet

Ozonsanering som behandlingsmetod för konst- och kulturhistoriskt material

En förstudie



Riksantikvarieämbetet
Box 1114, 621 22 Visby
www.raa.se
registrator@raa.se

Riksantikvarieämbetet 2013
Författare: Margareta Bergstrand (kap. 7, 10), Kaj Thuresson (kap. 2-6),
Lisa Nilsen (kap. 8-9)
Foton på omslaget:
Ozonaggregat i kyrka, foto: Margareta Bergstrand.
Ozonrum, foto: Lisa Nilsen.
Ozonbehandlade föremål, foto: Margareta Bergstrand.
Rapporten Ozonsanering som behandlingsmetod
för konst- och kulturhistoriskt material är finansierad
med hjälp av Riksantikvarieämbetets sektors-
forskningsanslag, FoU.
Upphovsrätt enligt Creative Commons licens CC BY.
Villkor på <http://creativecommons.org/licenses/by/2.5/se/>

Innehåll

1. Inledning	5
2. Vad är ozon?	7
Källor	10
3. Ozons påverkan på hälsa	11
Källor	12
4. Ozon som saneringsmetod.....	13
Källor	14
5. Metoder för att mäta och analysera ozon.....	15
6. Produktblad och reklam från saneringsfirmor	17
Källor	20
7. Litteratur om ozon som saneringsmetod	21
Ozon som förorening i museer och övrig kulturhistorisk miljö	21
Ozonbehandling som saneringsmetod och luftrenare	24
Källor	28
8. Enkäter	31
Enkät riktad till stift, museer och konservatorer	31
Enkät riktad till länsstyrelser	32
Sammanfattning av enkäter	32
9. Telefonintervjuer, studiebesök och arkivstudier.....	34
Bibliotek och arkiv	34
Museer	34
Försäkringsbranschen	35
Saneringsbranschen	36
Länsstyrelsernas tillståndsbeslut.....	38
Källor	38
10. Exempel på länsstyrelsebeslut.....	39
1. Mögelsanering av textilier i Ventlinge kyrka	39
Källor	39
2. Ozonsanering av orglar.....	40
Källor	42
11. Avslutande diskussion.....	44

Problemområden.....	44
Beslut och uppföljning.....	45
Fortsatt forskning och utveckling	47
Kommunikation	47
Bilagor.....	49

1. Inledning

2008 tog textilkonservator Lena Hassel vid Kalmar Länsmuseum kontakt med Riksantikvarieämbetet. Hon ställde en direkt fråga. ”Man vill ozonsanera mögelskadade textilier i Ventlinge kyrka, kan jag tillstyrka det?” Vi tog då fram de kunskaper vi hade om ozonets verkningar och det räckte för att Lena Hassel skulle kunna avvärja ozonsaneringen av kyrkans textila skrud. Lena Hassels fråga om Ventlinge kyrka på södra Öland innebar att vi insåg att vi behövde mer kunskaper om förekomsten av ozonsanering på ömtåligt material.

Ozon är en av de så kallade växthusgaserna. Ozonskiktet i stratosfären skyddar jorden från solens starka strålning, medan marknära ozon är skadligt för organiskt material. I inomhusluft anses ozon vara en luftförorening. Ändå använder man sig av ozon för att rena luft och sanera rök- och mögelskadat material. Hur är detta möjligt?

Syftet med detta projekt har varit att i en förstudie utreda förekomst, användning och frekvens av ozonbehandling av kulturhistoriskt material, samt ge en analys av saneringsfirmornas medel och metod. Hur vanligt är det att skyddade föremål och byggnader behandlas med ozon? I vilken utsträckning förekommer det att länsstyrelserna ger tillstånd till detta? Förstudien ska därför, om den visar på bruk av ozonbehandling av föremål skyddade enligt Kulturminneslagen, kunna vara utgångspunkt för ett kommande projekt, där man med naturvetenskapliga metoder analyserar dessa behandlingsmetoder. Adekvata råd för restvärdesräddning kan medföra att värdefullt konst- och kulturhistoriskt material inte påverkas negativt av felaktiga saneringsmetoder. Generella råd gällande lämpligheten av användande av ozon vid sanering av skadat kulturhistoriskt material ligger till grund för en uppdatering av Riksantikvarieämbetets Handbok i katastrofberedskap och restvärdesräddning (RVR).



Röskadade textilier från branden i Katarina kyrka i Stockholm 1990, här tillfälligt placerade för vädring i Riksantikvarieämbetets lokaler på Storgatan.
Foto: Gabriel Hildebrand

2. Vad är ozon?

Ozon är en ljusblå gas med en karakteristisk skarp, stickande doft. Naturligt förekommer ozon på hög höjd i vår stratosfär, 25-35 km från jordytan. Det stratosfäriska ozonet är livsviktigt för allt liv på jorden eftersom ozonmolekylen har förmågan att absorbera UV-strålning (vid ljusvåglängder av 240-320 nm). Ultraviolet strålning är skadlig för allt biologiskt liv och om vi inte skyddades av ozonlagret skulle vi inte överleva. Men ozonlagret medverkar även till att upprätthålla värmebalansen i atmosfären, genom att UV-strålning absorberas av ozon, varvid molekylen dissocieras och avger energi i form av värme till atmosfären. Denna process av bildande och nedbrytande av ozon i stratosfären gör att ozonlagret hålls vid en naturlig balans. I detta ozonlager är halten av ozon omkring 10 ppm, men på senare tid har det diskuterats om vårt industrialiserade samhälle har orsakat en nedbrytning av ozonlagret, så kallade "ozonhål", framförallt i områdena kring polerna. Det har framhållits att utsläpp av industrikemikalier, såsom organiska fluor-/klorföreningar (freon) och kväveoxider till atmosfären verkar nedbrytande på denna livsviktiga barriär mot solens UV-strålning (Petrucci 1989).

Marknära ozon har en koncentration kring 0,04 ppm, men halten kan öka i förhållanden som smog i stadsmiljöer. Bildandet av ozon är en mycket energikrävande process, en endotermisk reaktion, vilken kan beskrivas kemiskt på följande sätt:



Reaktionen förekommer därför inte under normala förhållanden, utan sker i miljöer av hög energi, som vid till exempel åskväder. Ozon är dock instabil som kemisk förening och faller därför snabbt sönder tillbaka till syrgas. Halveringstiden för ozon är ungefär 30 min vid normala atmosfäriska förhållanden, så om ozon skall användas inom tekniska eller kemiska tillämpningar måste därför gasen genereras på plats, där den skall användas. Att producera ozon för tekniskt användning kan

göras antingen genom att utföra elektriska urladdningar i en syrerik miljö metod eller genom att generera en energirik plasma som exponeras för syrgas. Ett tredje sätt att generera ozon är att använda ultraviolett strålning, som till exempel vid rening av vatten vid reningsverk eller simhallar. Denna metod används också i så kallade luftrenare för sanering av mögel och obehaglig lukt.

Tabell 1. Ozon. Sammanställning av numeriska fakta

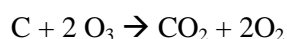
IUPAC namn	Trioxxygen
CAS nummer	10028-15-6
Molekylformel	O ₃
Molmassa	47,998 g/mol
Densitet	2,144 g/l (0°C)
Löslighet i vatten	0,105 g/l (0°C)

Ozon är ett ypperligt oxidationsmedel och överträffas bara av ett fåtal andra substanser. Om ozonet löses i vatten ökar oxidationsbenägenheten ytterligare då ozonet sönderfaller och bildar hydroxylradikaler (OH[•]). Hydroxylradikalen har en ännu högre oxidationsförmåga än ozon.

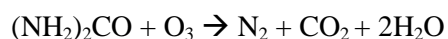
Tabell 2. Standardreduktionspotential (E°, 25°C, 1 atm) för ozon och jämförande oxidationsmedel (Weast, 1986).

Ämne	Reaktion	E° (V)
Fluor	$F_2 + 2H^+ + 2e \rightarrow 2HF$	3,053
Ozon	$O_3 + 2H^+ + 2e \rightarrow O_2 + H_2O$	2,076
Väteperoxid	$H_2O_2 + 2H^+ + 2e \rightarrow 2H_2O$	1,776
Permanganat	$MnO_4^- + 4H^+ + 3e \rightarrow MnO_2 + 2H_2O$	1,679
Klorgas	$Cl_2 + 2e \rightarrow 2Cl^-$	1,358
Klordioxid	$ClO_2 + H^+ + e \rightarrow HClO_2$	1,277
Syre	$O_2 + 4H^+ + 4e \rightarrow 2H_2O$	1,229

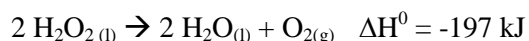
Eftersom ozon är ett så starkt oxidationsmedel reagerar det med många olika typer av ämnen. Ozon reagerar med de flesta metaller (dock ej guld och platina) och oxiderar dessa till sin respektive oxid. Ozon oxiderar även kol vid rumstemperatur:



Förutom att oxidera kol direkt reagerar ozon även effektivt med organiskt kemiska strukturer. Ozon reagerar som ett 1,3-dipolreagens med dubbelbindningar och trippelbindningar i organiska molekyler och bildar först en instabil primär ozonid (molozonid) som direkt omvandlas till en ozonid, en ringstruktur av fem element. Denna ozonid är mycket reaktiv. Under reduktiva förhållanden kommer ozoniden att reagera till aldehyd eller keton, men under oxidativa förhållanden kommer reaktionsprodukten att bli en keton eller karboxylsyra. Denna typ av dipolär additionsreaktion med ozon kallas allmänt för ozonolys och är en viktig reaktionstyp inom organisk kemi och industri (Jones 2000). Genom att oxidera organiska föreningar kan ozon bryta ned strukturer och på så sätt fungera som saneringsmedel, där dålig lukt avlägsnas. Ett exempel på detta är hur ozon fullständigt bryter ned urea:



Andra högoxidativa föreningar som kan förknippas med ozon är väteperoxid samt fria radikaler och joner av syre. Väteperoxid (H_2O_2) är, precis som vatten (H_2O) en hydrid av syre. Väteperoxiden kan som förening delta i ett stort antal oxidations- och reduktionsreaktioner där den antingen kan reduceras till vatten, eller oxideras till syrgas. Detta betyder att väteperoxiden kan agera både som oxidationsmedel och som reduktionsmedel, vid olika betingelser. Väteperoxid är en ljusblå vätska med en densitet av 1,47 g/ml (vid 0°C). Ren väteperoxid är inte stabil utan kommer att sönderfalla till vatten och syrgas. Reaktionen katalyseras bland annat av ljus och är pH-beroende (ökar i alkalisk miljö):



Industriellt används väteperoxid oftast som blekmedel, framförallt vid blekning av textil eller pappersmassa. Kemikalien förekommer också ofta i produkter för hårblekning och antiseptiska produkter. I denna typ av konsumentanvändning har väteperoxiden späts ut till en koncentration kring 3 % i vattenlösning.

Det viktigaste användningsområdet för ozon är antagligen vid vattenrening, där ozon ofta används istället för klor. Fördelarna med denna användning är att ozon inte ger någon bismak till vattnet, samt att den inte bildar potentiellt carcinogena, klorerade produkter i reningsprocessen, vilket vattenrening med klor kan göra.

Intressant ur ett kulturvårdsperspektiv är att Trafikverket anser att det kraftigt reaktiva ozonet är ett miljöproblem. ”Marknära ozon påverkar även kulturminnen negativt, genom bland annat vittring, och de orsakar skördeförluster för stora summor varje år”.

Källor

Webblänk till Trafikverket:

<http://www.trafikverket.se/Privat/Miljo-och-halsa/Halsa/Luft/Fakta-om-utslappen/#marknaraozon>

Jones, Maitland, Jr. 2000. *Organic Chemistry*. Norton, New York. Kap. 9.4.

Petrucci, Ralph H. 1989. *General Chemistry. Principles and Modern Applications*. Macmillan, New York. Kap. 14-12.

Weast, Robert C. 1986. *CRC Handbook of Chemistry and Physics. A ready-reference book of chemical and physical data*. Chemical Rubber, Cleveland. Kap. D.

3. Ozons påverkan på hälsa

Ozon har varit intressant ur ett toxikologiskt perspektiv under lång tid, eftersom ämnet orsakar ett flertal effekter på människa och har testats i djur- och laboratorieförsök. På grund av dess låga vattenlöslighet kommer en substantiell del av inhaled ozon att tränga djupt ner i lungorna på en exponerad person, men då ozonet är så reaktivt kommer 40 % av exponeringen att reagera i mun- och näshåla. De vanligaste symptomen på exponering för ozon är huvudvärk, hosta, torra slemhinnor och irritation i ögon, näsa och svalg. Ozon verkar irriterande på andningsvägarna och ger i högre koncentrationer upphov till vävnadsskador. De hälsoeffekter som kan uppstå är nedsatt lungfunktion, symptom och besvär från luftvägarna, ökad känslighet för irriterande ämnen och inflammatoriska effekter. Trafikverket uppskattar att ozon bidrar till över tusen för tidiga dödsfall per år i Sverige.

Av djurstudier har man dragit slutsatsen att en enstaka exponering vid relativt låga koncentrationer inte ger upphov till permanenta skador och om man undersöker luftvägarna på en person efter ozonexponering, ser det ungefär ut som om man ”bränt sig i solen”, fast då på insidan av svalg och i luftrören. Som med lättare brännskador på huden från stark sol, kommer dessa skador i andningssystemet att läka med en liknande process. Vad som dock fortfarande inte är tillräckligt undersökt är vilka konsekvenser upprepade sådana ”solbrännor” på luftvägar och lungor har för personens hälsa på sikt (Klaassen 2001).

I ett toxikologiskt perspektiv är ozon starkt knutet till problematiken kring urban miljö och smog. Vid marknivå kommer kvävedioxid att absorbera UV-strålning från starkt solsken och kvävedioxiden kommer att falla sönder och generera fria syreradikaler, som i sin tur reagerar med syre och bildar ozon. Vid klimatförhållanden som smog kommer koncentrationen av ozon i luften att byggas upp till hälsovådliga nivåer (Klaassen 2001). Ozonet reagerar sedan med andra luftföroreningar som kolväten och kvävedioxid i stadsmiljön och genererar

irriterande och hälsovådliga produkter i form av aldehyder och organiska nitrater som peroxyacetylnitrat (PAN) och peroxybenzoyl nitrat (PBN) (Wulfsberg 1987). Toxiciteten hos ozon har vid smog visats vara mycket hög, även vid låga koncentrationer.

Eftersom ozon är förknippat med urbana hälsorisker och smogproblematik har det tidigt funnits gränsvärden. National Ambient Air Quality Standards (NAAQS), utgivna av Environmental Protection Agency (EPA) i USA, begränsade exponeringen av ozon till 0,12 ppm/timme. Problemen har ökat med urbanisering och förändrade levnadsförhållanden i nordamerikanska stadsmiljöer och 1997 reviderades gränsvärdena för ozon i NAAQS. För ozon inkluderades då även ett gränsvärde av 0,08 ppm för exponering över 8 timmar (Klaassen 2001). Sedan 2008 har detta sänkts till 0,075 ppm, varvid den äldre rekommendationen återkallats.

I Sverige regleras hygieniska gränsvärden för ozon av Arbetsmiljöverket. I gränsvärdeslistan framgår att nivågränsvärdet (NGV) och takgränsvärdet (TGV) för ozon är 0,1 ppm respektive 0,3 ppm. NGV innebär ett hygieniskt gränsvärde för exponering under en arbetsdag, medan TGV innebär hygieniskt gränsvärde för exponering under en referensperiod av 15 minuter.

Källor

Hygieniska gränsvärden och åtgärder mot luftföroreningar. Arbetsmiljöverkets författningssamling, AFS 2005:17. Webblänk:

http://www.av.se/dokument/afs/ursprungs/UrsprungsAFS2005_17.pdf.

<http://www.epa.gov/air/criteria.html>

Klaassen, Curtis D. 2001. Casarett and Doull's Toxicology: the Basic Science of Poisons. McGraw-Hill, New York.

Wulfsberg, Gary 1987. *Principles of descriptive inorganic chemistry*. Brooks/Cole, Monterey.

4. Ozon som saneringsmetod

För att bekämpa och begränsa mögel, samt för att avlägsna obehaglig lukt i inomhusmiljöer och byggnader eller från föremål, kan man använda ett flertal metoder. Exempel på sådana metoder är tvätt med eller utan mögel- och svampmedel, vädring, användning av värmebläktar, mekaniskt avlägsnande av mögel och så vidare. Idag används även ozon som saneringsmedel.

Teoretiskt kan ozon komma åt att sanera i utrymmen som är svåråtkomliga och som kan vara svåra att sanera mekaniskt. Eftersom ozon är en gas kan den tränga in i utrymmen bakom hindrande konstruktioner, mellan väggar och ner i krypgrunder. Gasen kan exempelvis appliceras genom att man borrar små hål i konstruktionen och leder in den på insidan för att komma åt ett problemområde. Ibland, om ett material behöver saneras på djupet, är det gasformiga ozonet ändå inte alltid optimalt för ändamålet, eftersom ozon framförallt verkar på ytan. Ozongasen tränger inte in i ett tätt material. Ofta används då istället vätskor med oxidativa egenskaper, som kan appliceras i form av en aerosol, som kondenserar på materialets yta. Därefter kan vätskan tränga in i materialet med hjälp av kapillärkrafter och oxidera mögeltillväxt längre in i materialet. Exempel på oxiderande vätskor är vattenlösningar av väteperoxid och butanonperoxid.

Behandling av inomhusmiljöer och föremål med ozon kan utföras på flera olika sätt. Det finns en hel del olika system på marknaden avsedda att användas både av saneringsfirmor, företag och av privatpersoner. Dessa ozongenererande system kan se mycket olika ut i förhållande till sina tillämpningar, alltifrån kraftfulla aggregat där objektet kläs in i ett ozontält för att skydda människor och miljö, till mindre anläggningar, som under lång tid genererar låga halter i det utrymme som ska saneras. Ett exempel på användningsområden är restauranger som genererar stora mängder stekos, vilket är störande för omgivningen. Då kan man installera ett ozonaggregat i lufttrumman för utluft, som minskar eller avlägsnar lukten. Detta aggregat är då fast anslutet och producerar ozon kontinuerligt under flera års tid.

Ett annat exempel är att sanera hotellrum eller lägenheter efter att rökare flyttat ut. Genom att placera ett ozonaggregat i det rökskadade utrymmet under en kortare tid, saneras rummet till dess att lukten försvunnit.



Det ”senaste” inom ozonsanering är sanering av kundkorgar.
Bild från Daglivs på Fleminggatan i Stockholm. Foto: Lisa Nilssen

Andra inom saneringsindustrin hävdar däremot att ozon är mindre bra för saneringsändamål. I reklamen kan man till exempel få veta att ”ozon i koncentrationer som kan anses säkra inte har någon effekt” och att ”vissa luktämnen, speciellt i kategorin härsken lukt, är inte oxidationskänsliga, och oxidationsmedel kan även ge upphov till dålig lukt vid kontakt med vaxer, fett eller oljor”.

Källor

http://www.alron.se/index.php?option=com_virtuemart&page=shop.getfile&file_id=27&product_id=57

5. Metoder för att mäta och analysera ozon

Vanligtvis uppmäter man koncentrationer av ozon inom processrelaterad industri och vattenrening. Instrument anpassade för att mäta ozonhalten i vätskor finns det därför gott om på marknaden. För att mäta halten ozon i luft finns idag också en mängd olika instrument från olika tillverkare. Flera av instrumenten har mätområden som är relevanta för att momentant undersöka koncentrationen av ozon i luft, även vid en ozonsanering. Dessa typer av elektroniska givare kan då användas för att försöka beräkna den totala exponering ett saneringsobjekt utsätts för.

När man sanerar ett utrymme eller ett föremål med ozon finns flera parametrar att ta hänsyn till, för att få den effekt av saneringen som önskas. Två faktorer som direkt påverkar resultatet av saneringen är koncentrationen av ozon och exponeringstiden. Eftersom halten av ozon vid en sanering med största sannolikhet kommer att variera kraftigt över tid, måste man utföra många mätningar kontinuerligt för att få en korrekt uppfattning av den totala exponeringen av saneringsobjektet. De faktorer som påverkar koncentrationen av ozon i luft är inte bara luftfuktighet, partikelhalt och temperatur utan även mätavståndet från generatoren är en viktig parameter i ekvationen. Eftersom ozon är ett så reaktivt ämne kommer dessutom saneringsobjektets art att avgöra hur mycket ozon som reagerar med ytan på objektet, varvid de uppmätta ozonhalterna kommer att uppvisa stora variationer under saneringen.

Exempel på två ozonsaneringsmetoder är dels en kort tidsbegränsad sanering av ett objekt vid hög ozonhalt, kanske i ett ozontält, där behandlingen upprepas till dess att önskad effekt uppnåtts och dels en sanering då objektet behandlas kontinuerligt med en generator som alstrar en mindre mängd ozon. I diskussioner med tillverkare och sanerare framkommer att båda dessa metoder och allt däremellan används

inom saneringsbranschen. Det är därför inte möjligt att ge några generella rekommendationer för hur en sanering med ozon skall genomföras. När man sanerar med ozon kommer omständigheterna kring saneringsobjektet att vara så varierade att det blir svårt att anpassa en standardmetod för varje situation. Detta faktum är än mer tydligt då vi diskuterar sanering av kulturarv.

6. Produktblad och reklam från saneringsfirmor

Det finns en hel del otydligheter i försäljningsinformationen om luftrenare och andra produkter i denna kategori av saneringslösningar. För det första är det ofta inte definierat vad som är en luftrenare, luftsanerare, luktsaneringsaggregat, ozonaggregat, ozongenerator, elektrostatisk partikelrenare, jonisator m.m. Samma typ av produkt säljs under ett flertal olika begrepp och namn. Dessutom kombineras ofta produkterna så att samma luftrenare kan vara både en ozongenerator samtidigt som den genererar negativa joner och/eller filtrerar luften, samt fungerar som en avfuktare. Allt för att försöka ge ett intryck av att produkten maximalt höjer luftkvalitet vid inköp och användning.

Produkterna säljs ofta med namn som syftar till att anknyta till luftkvalitet, som *Airmaster*, *BioZone* och *AirSteril*, eller med mer tekniska termer för att appellera till industri och professionell marknad, med namn som *Ozonaggregat SVP-200*, *WSP Ozonaggregat* och *Delino D-1500 Proffs*.



Ozonaggregat från Biozone. Foto: Margareta Bergstrand

Vanligt förekommande är att firmor även försöker anpassa sina produkter till olika typer av miljöer och användningsområden. Här spelar förstås design in, så att en produkt med tillämpning på fritidsbåtar får ett marint utseende medan en produkt för krypgrunder och källare får ett mer rustikt och avskalat intryck. Ozonaggregatet i produkterna kan ändå vara detsamma. Variationen av tillämpningar med denna teknik gör att de olika produkterna tillverkas i serier, där en variant genererar lägre halter ozon än nästa steg i produktlinjen. Det gör att det kan vara svårt att bedöma vilken produkt som fungerar bäst vid ett specifikt förhållande.

Alltför ofta är det svårt att uttyda ifall aggregatet genererar ozon (O_3), negativa joner (O_2^-), hydroxylradikaler (OH^\cdot), väteperoxid (H_2O_2) eller någon annan typ av starkt oxiderande förening. Jonisatorer marknadsförs ofta som ozonfria! Denna typ av högoxidativa syrebaserade föreningar alstras ofta i en blandning beroende på luftfuktighet, partikelhalt, temperatur m.m. Halterna är sällan tillfredställande redovisade. Oftast uppges att aggregatet genererar halter av ozon med enheten mg/tim. Dessa halter varierar stort mellan olika produkter och användningsområden, men branschens riktvärden verkar vara 100–3500 mg/tim. Produkter för mer ”professionella användare” finns även på marknaden och kan generera upptill 7800 mg/tim. Dessa halter av genererat ozon per tidsenhet relateras sedan ibland till bedömningar och förutsägelser till vad koncentrationen av ozon blir i utrymmet som saneras. Halten anges då i ”parts per miljon” (ppm). Det är spekulativt att ange ozonhalten i ppm eftersom den starkt påverkas av faktorer som luftfuktighet, partikelhalt, luftvolym och avstånd från aggregatet, Enda sättet att ta reda på ozonkoncentrationen är att mäta på plats. Koncentrationen kommer även att förändras över tid, varvid upprepade mätningar krävs för att beskriva detta förlopp.

I produktblad och reklam från firmor som säljer ozonaggregat med tillämpning som luftrenare beskrivs ozon som naturligt och det framhålls ofta hur livsviktigt detta ämne är för allt liv på jorden, då ”det naturliga ozonskiktet absorberar ultraviolett ljus från solen, vilket gör det möjligt för liv att överhuvudtaget existera på jorden”. Ofta nämns att ozon ”verkar som naturens egen reningsmetod för att rena luft” och parallellt ges till hur klar luften är och hur friskt det känns efter ett

åskväder. Ozonlukten beskrivs som ”doften från lättmetall, elektricitet eller till och med rena lakan”. Produktblad och reklam för luftrenare saknar ofta information om hur aggregaten fungerar, till exempel om ozon alstras med hjälp av en UV-lampa, eller om negativa joner genereras av elektromagnetiska fält. Ozon beskrivs ofta i mer poetiska ordalag som ”renande fotoplasma” och ”aktivt syre”.

I produktblad och reklam för luftrenare diskuteras sällan riskerna med ozon och de andra högoxidativa föreningarna O_2^- , H_2O_2 , OH . Produkterna beskrivs ofta som helt ofarliga, ”harmlost att använda”, ”inga biprodukter (ozon sönderfaller till vanligt syre)”. I de fall då riskerna med ozon diskuteras är det näst intill uteslutande ur ett hälsoriskperspektiv för människor som vistas i de lokaler som saneras. I sådana fall tillhandahåller producenterna hygieniska gränsvärden och anger hur man undviker att exponeras för doser över risknivåer. Exempelvis beskrivs att ”en fördel med ozon är dess karaktäristiska lukt. Man luktar ozonet långt innan det närmar sig gränsvärdet vilket gör att man kan undvika att vistas i en miljö med förhöjd ozonhalt” och att ”ozonnivån stiger aldrig över 0.04 ppm, om enheten används enligt anvisningarna”. Dock saknas nästan alltid information om ozonets oxidativa inverkan på den miljö eller på de föremål som saneras eller som befinner sig i närheten av en ozongenerator. Sällan påtalas ozonets och väteperoxidens blekande effekt och hur reaktivt och nedbrytande ozon är på olika material. Ozon reagerar inte bara med organiska föreningar utan är även starkt korroderande på de flesta oädla metaller. Konsumenten får förlita sig på säljarens kompetens och rekommendationer. Här vore det önskvärt med större kunskap och erfarenhet på området. Dessutom är informationen i produktbladen mycket bristfällig ur ett kulturvårdsperspektiv.

Trots att riskerna med ozon i förhållande till kulturarvets värden inte tas upp i produktblad och reklam förekommer det inom branschen att man riktar sig till ägare och förvaltare av kyrkor och äldre byggnader. I dessa fall brukar reklamen handla om mögelsanering eller att ta bort unkna källardoftor. Ett exempel på sådan reklam riktad till förvaltare av kulturarv kan se ut så här. ”Sveriges kyrkor är att se som vårt kulturarv. Det är viktigt att skydda inventarier och annat i såväl äldre som

nyare kyrka, från fuktskador och angrepp av insekter och mögel. Dessutom är det både otrevligt och ohälsosamt att vistas i en kyrka som har fuktrelaterade problem. Landets församlingar förvaltar textilier och annat av ett mycket högt värde. Det är sedan några år känt att klimatförändringen medför stora problem gällande våra kyrkors inomhusklimat. Att förebygga problem med luftrenare [...] blir långt mycket billigare än att senare tvingas sanera och restaurera”.

Källor

Citaten återfinns i produktbladen, bilaga 1.

7. Litteratur om ozon som saneringsmetod

Detta är en sammanfattande och kommenterande sammanställning av litteratur som berör ozon i sammanhang med kulturhistoriskt material och om ozon som saneringsmetod och luftrenare. Skrifter som inte kommenteras nedan är märkta med * i litteraturlistan och tar då huvudsakligen upp ozon som luftförorening.

Ozon som förorening i museer och övrig kulturhistorisk miljö

Blekning av organiska och syntetiska färgämnen och pigment upptar en stor del av den litteratur som behandlar ozon och kulturhistoriskt material, men tas inte närmare upp här, eftersom den inte antas ha samband med sanering, utan med ozon som luftförorening. Det tycks även vara ett förhållandevis välkänt faktum att ozon orsakar blekning. Vill man ha ytterligare uppgifter rekommenderas Jean Tétraults bok som nämns nedan. Här kommenteras istället några böcker som sedan länge har fungerat och fortfarande fungerar som handböcker för museipersonal och kulturvårdare.

Garry Thomson skriver om ozon i *The Museum Environment*. "It is a powerful oxidant, that is to say a destroyer, of almost all organic material". Det är välkänt, menar han, att ozon kan skada organiskt material och därmed museiföremål, såväl målningar, möbler, textilier, skinn, läder, fjäder och biologiska preparat som arkivmaterial och ozon bör därför inte finnas i museimiljön. Ozonets effekt på vissa material som cellulosa kan bero på att ozon delvis omvandlas till väteperoxid när det reagerar med vatten. Thomson nämner att ozon kan produceras av den typ av elektrisk utrustning som används i luftrenare och elektrostatiska filter. Sådana

bör därför inte användas i museer. Ozon kan också produceras av vissa typer av fotokopiatorer som därför skall hållas avskilda från museiobjekt.

Ozon tas upp bland andra luftburna föroreningar i *Airbourne Pollutants in Museums, Galleries, and Archives* av Jean Tétrault. Ozon i inomhusluft alstras enligt Tétrault av elsvetsning, elektroniska luftrenare och insektsfällor, elektrostatiske filtersystem, laserskrivare, fotokopieringsmaskiner, källor till UV- strålning, belysning och fotokemisk smog. Effekterna är blekning av vissa färgämnen och pigment samt oxidering av organiska material med dubbelbindningar såsom till exempel gummi och oxidation av flyktiga föreningar till aldehyder och karboxylsyror. Tabeller i appendix med lägsta skadliga halter angivna för olika material exemplifierar detta. Samma författare ger i *Guidelines for Pollutant Concentration in Museums* värden för att räkna ut acceptabla halter av föroreningar i museum, gallerier, bibliotek och arkiv.

Tidens tand, utgiven 1999 av Riksantikvarieämbetet, tar inte upp ozon i någon större omfattning. Den ovan nämnda typen av elektriska luftrenare behandlas till exempel inte. I kapitlet "Metaller", av Monika Fjaestad och Åsa Norlander, nämns att ozon i ännu högre grad än syre reagerar med bland annat metaller och påskyndar oxidationen av järn, silver, koppar och aluminium. Ozon bildas enligt författarna av elmotorer med gnistbildning som till exempel i kopieringsmaskiner men också vid elsvetsning. I kapitlet "Hud, skinn och läder" nämner Ulrik Skans att nedbrutet läder inte bör utsättas för elektromagnetisk strålning. UV-strålning (100-380 nm) bör till exempel undvikas. Även David Pettersson anger i avsnittet "Plast och gummi" att ozon är ett starkt oxidationsmedel och kan orsaka kedjebrott vid dubbelbindningar, då främst hos elastomerer. Jan Holmberg anger i kapitlet "Påverkan av miljöfaktorer inomhus" riktlinjer för luftkvalitet i magasin där gränsvärdet för ozon anges som "så lågt som möjligt (ca 2 µg/m³)". Enligt författarens omräkning innebär det 1ppb (0,001 ppm). I avsnittet "Klimatiseringsmetoder" anges Svenska Inneklimatinstitutets riktlinjer för ozon till medelvärden per timme i klass AQ1 till 0,05 mg/m³ och i klass AQ2 till 0,07, värdena enligt WHO-Euro 103,1.

Den danska *Bevaringshåndbogen* från 1986 tar upp förhållandevis lite om ozonproblematiken. Henrik Broe Olesen nämner fenomenet *ozonrevner* (ozonsprickor, *ozone cracking*) som visar sig i gummimaterial när det är under sträckning i form av revor eller sprickor. Till och med mycket små mängder av ozon kan ge upphov till denna skada som kan ses på bildäck. Ozon är en speciellt aktiv form av syre som finns i olika mängd i utomhusluft. Inomhus alstras ozon när syre aktiveras av elektriska urladdningar, såsom gnistor i elmotorer eller energirik strålning som röntgen eller UV-ljus. I ”A field Trial for the Use of Ageless in the Preservation of Rubber in Museum Collections” i *Saving the Twentieth Century: The Conservation of Modern Materials* redogör Yvonne Shashoua och Scott Thomsen för försök att genom förvaring i syrefri miljö skydda gummimaterial från ozon i museisamlingar.

Den tunga handboken *National Trust Manual of Housekeeping* nämner ozon som en luftförorening som skadar material och orsakar blekning av färgämnen och pigment samt skadar fotografiskt material, gummi och plaster. Det lämpliga gränsvärdet bör vara noll, vilket naturligtvis är ett orealistiskt mål. Man föreslår olika vägar och metoder för att kontrollera luftföroreningar. En väg är att undvika att föra in nya källor till förorening i den historiska miljön i form av teknisk utrustning som kan alstra skadliga gaser, till exempel laserskrivare. I boken nämns laserskrivare men det skulle ju lika gärna kunna gälla luftrenare.

Ozon uppstår som en fotokemisk reaktion i atmosfären. Inne i byggnader reagerar ozon snabbt med olika material vilket resulterar i att ozonhalterna är förhållandevis lägre inomhus än utomhus, även om utomhushalterna har en betydelse för inomhusluften. Nivåer för korttidsexponering för inomhusmiljö rekommenderas i *Pollutants in the Museum Environment Practical Strategies for Problem Solving in Design, Exhibition and Storage* av Pamela Hatchfield till mindre än 120ppb per one hour concentration ($237.80\mu\text{g}/\text{m}^3$) det vill säga 120ppm per timme.

The ASHRAE handbook, utgiven av American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, har varit svår att få tillgång till och en

översättning av kapitel 21 "Museums, Galleries, Archives an Libraries", som är relevant för kulturhistorisk miljö och byggnader, har nu utarbetats av Jan Holmberg i samarbete med Högskolan Gotland. Även här framhålls att ozon är en kraftigt oxiderande förorening som bryter ner strukturen i organiskt material. Ozon kan dessutom reagera med andra gasformiga föreningar. Exponering under längre tid och på låg nivå kan skada känsliga föremål. Alla skador syns inte omedelbart, på samma sätt som blekning eller korrosion, därför att skadan innebär förlorad styrka eller skörhet i materialet. Rekommendationer för gränsvärde ges också, för speciellt känsligt material sätts det här till $<0,05$ ppb per 10^9 . Gasformiga föroreningar som ozon kan filtreras med molekylär filtrering.

Ozonbehandling som saneringsmetod och luftrenare

Närvaron av ozon i inomhusluft i museer, museimagasin, arkiv och andra byggnader anses i den ovan redovisade litteraturen entydigt som skadlig. Men ozonets starkt oxiderande verkan har också utnyttjats vid olika slag av sanering och behandlingar. Konservator Gabriella Ericson, Riksantikvarieämbetet, nämner att det har förekommit att ozon använts som blekmedel för papper. Det kan också vara denna effekt som utnyttjades när man lade ut linne på daggig ängsmark i solljuset för blekning. En blekning innebär ju i och för sig en nedbrytning av materialet. Ozon eller UV-behandling har även använts inom konservering, i varje fall i försökssyfte, se till exempel "Investigation into the nature of metal threads in a Renaissance tapestry and the cleaning of silver by UV/Ozone (UVO) treatment", publicerad i *Journal of materials Science*, där ozon/UV strålning från en UV/Ozone Cleaner använts för att avlägsna korrosion från silver. Resultaten bedöms som goda men metoden kommer alltid att vara problematisk eftersom ozonet har en nedbrytande effekt på textilmaterialet i metalltrådarna. Ozon används också för kontroll av insekter vid förvaring av spannmål i silo. I försök vid Purdue University i USA har man använt sig av ozon istället för metylbromid för att eliminera insekter. Ozonet kan sättas in i låga halter som ändå är dödliga för insekterna. Vid en första behandling reagerar ozonet med spannmålets eller kornets yta men vid en andra behandling kan ozonet röra sig snabbare då det inte

hindras av reaktioner med spannmålen. Insekten dödas och spannmålen skadas, men enligt forskarna vid Purdue University påverkas dock inte spannmålens egenskaper eller värde som livsmedel och inte heller dess smak.

I *Guide to Environmental Protection of Collections* nämner Barbara Appelbaum att elektrostatiske luftrenare avger ozon och kväveoxider och därför inte kan rekommenderas vare sig som lokalt placerade aggregat eller i centrala miljökontrollsystem. Hon föreslår andra typer av luftreningssystem.

Ozon som sanerings- och luftreningssystem har använts särskilt för brand och mögelskadade inventarier i Sverige åtminstone sedan 1980-talet.

Restvärdesräddning. En handledning vid skadesanering utgiven 1988 av SBF Brandförsvärsföreningen tar upp metoden och man nämner att den blir allt vanligare. Handledningen är nu i behov av en översyn och aktualisering på flera punkter, Särskilt avsnittet om kulturhistoriskt värdefulla byggnader är inaktuellt och i behov av omarbetning. Dock varnas det för ozonets verkningar på kulturhistoriskt material. Under rubriken "Rök och lukt" behandlas oxidation av luktande ämnen. Luftens syre är oxiderande och kan därför antas oxidera även luktämnen, men för att påskynda oxidationen och därmed få fart på avlägsnandet av lukt skulle teoretiskt ozon kunna fungera. Ozon kan avlägsna vissa lukter men förvärra andra, till exempel smörsyra.

I Riksantikvarieämbetets *Handbok i katastrofberedskap och restvärdesräddning (RVR) för konst - och kulturhistoriska samlingar, byggnader och miljöer* höjs ett varnande finger mot luktsanering genom ozonbehandling. "Ozon (O₃) sätter igång en oxidationsprocess som kan bryta ner organiskt material". Här nämns också att det i "vissa fall krävs tillstånd från länsstyrelsen, till exempel vid ozonbehandling av kyrkotextilier".

James R. Druzic, verksam vid Getty Conservation Institute, utfärdade 1992 ett "Ozone alert!". The Getty och the Environmental Quality Laboratory of California Institute of Technology har tidigare genomfört och publicerat en treårig undersökning av effekterna av fotokemiska oxidanter på konst och kulturhistoriskt

material, där man särskilt kunnat konstatera de skadliga verkningarna av ozon och kvävedioxid. Trots detta ser man sig tvungen att varna för den fortsatta användningen av ozon i museer. Från institutioner i USA och Europa har ”händelser” rapporterats, där ozon föreslås för luftreningssystem och för sanering av rök- och vattenskadat material. I ett fall ska skador på föremål av cellulosa, silke, ull, läder och metall ha lett till rättsprocesser. Ozon ska inte användas i närheten av värdefullt material, vare sig natur- eller kulturhistoriskt, organiskt eller oorganiskt, är Druzics varning.

American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works (AIC) avråder bestämt från användning av ozon som sanering mot rökluft eller odör från mögel, enligt ett av deras rådgivningsblad *Caring for your treasures* som behandlar textilier.

En fråga från Barbara Appelbaum på *Conservation DistList*, ett discussionsforum för konservatorer på internet, öppnade i april 2010 för en diskussion om ozon som saneringsmetod. Trots att hennes uppfattning sedan länge är att ozon är starkt oxiderande och att därför ozonsanering inte bör användas för att sanera konst undrar hon om hon inte kan använda ozon för att eliminera rökluft från sot- och brandskadade föremål av ringa värde. Hon efterlyser information om vilka märkbara förändringar eller skador man rimligen kan tänkas vara beredd att acceptera. Av de olika svaren framgår att kunskap och vetenskaplig underbyggnad saknas vad gäller ozonets effektivitet och verkan vid olika halter och exponeringstider och det uppmanas till forskning och undersökningar i ämnet. I en avslutande kommentar öppnar Barbara Appelbaum för att inte blankt avfärda ozon som en möjlig saneringsmetod. Eftersom behovet och intresset för medverkan av konservatorskompetens vid restvärdesräddning ökar, kommer fler konservatorer att ställas inför valet att använda sig av ozon eller någon annan form av sanering. Forskning i ämnet är internationellt efterfrågad.

Angående ozonets påstådda verkan mot mögel kan man observera att *Controlling Museum Fungal Problems* från Canadian Conservation Institute inte tar upp ozon

bland de medel som används för sanering av museiföremål. Försiktigt bruk av etanol anges som det minst skadliga medlet.

I en projektrapport från IVL, Svenska Miljöinstitutet AB redogörs för en undersökning av olika saneringsmetoders effektivitet på mögelangripet byggnadsmaterial. De undersökta metoderna delades in i fem grupper: värme (ånga etc.), borpreparat, Klorin (Natriumhypoklorit), Alg & MögelBORT samt oxiderande medel. Man har i stort sett kommit fram till att de undersökta metoderna eller medlen som testats varken kunde oskadliggöra mögel eller förhindra att mögel åter uppstod vid (för mögel) gynnsamma förhållanden. De undersökta oxiderande metoderna var dels ozon dels Penetrox-S, ett medel som enligt tillverkaren innehåller butanperoxid, väteperoxid och propylenglykol. För ozonbehandlingen användes ett ozonaggregat av märket Airmaster (se produktblad i bilaga 1d och 1e). Ozonhalten var cirka 15 ppm vid en behandling på 30 min. De resultat som meddelas i rapporten visar på att ozonet inte nämnvärt bidrar till att inhibera produktion av mögelgifter eller uppkomsten av nya. Inte heller bidrar de till att toxinerna bryts ner. Ozonets verkan mot mögelpåväxt på byggnadsmaterial har inte heller visat sig vara effektivt nog.

En rapport från Nationalmuseets Bevaringsafdelning i Köpenhamn tar upp liknande problematik. Här gäller det mera specifikt ozonbehandling som bekämpning av mögelsvampväxt i orglar. I en debattartikel, bifogad till nämnda rapport, ifrågasätter rapportens författare Poul Klens Larsen och Morten Ryhl Svendsen att ozon som finns i större mängd i utomhusluft än i inomhusluft skulle kunna ta död på mögelsvampar i orglar med tanke på den rikliga mängd mögel och bakterier som förekommer utomhus. De antyder att de luftrenare och aggregat som installeras rutinmässigt vid renovering och nytillverkning av orglar inte kan antas ha någon större effekt på mögelväxt.

Källor

Projektrapport från IVL, Svenska Miljöinstitutet AB (Sanering av mögelskador, SBUF rapport nr 12079 Mögelsaneringsmetodens effektivitet (Erika Bloom, Linda Åmand, Mirko Peitzsch, Lennart Larsson.) Maj 2010.

Alkærsg, O., Garff, J., Lundbæk, M. (red.) 1986. *Bevaringshåndbogen*. Statens Museumsnævn, Köpenhamn.

Appelbaum, B. 1991. *Guide to Environmental Protection of Collections*. Sound View Press, Madison.

*Ashley-Smith, J. 1999. *Risk Assessment for Object Conservation*. Butterworth-Heinemann, Oxford.

ASHRAE handbook. Chapter 21, Applications 2007. Museums Galleries, Archives and Libraries. Centrum för energieffektivisering i kulturhistoriskt värdefulla byggnader. Rapport 2010:3. Svensk översättning genom Högskolan på Gotland.

Controlling Museum Fungal Problems. 1991. Technical Bulletin 12. Canadian Conservation Institute (CCI), Ottawa, Canada.

*Cass, G. R., Druzik J. R., Grosjean D., Nazaroff W. W., Whitemore P. M., and Wittman C. L. 1989. *Protection of works of art from atmospheric ozone*. Research in Conservation 5. Getty Conservation Institute, Los Angeles.

Caring for your treasures, från The American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works (AIC): <http://www.conservation-us.org/index.cfm?fuseaction=page.viewPage&PageID=634&d:\CFusionMX7\verity\Data\dummy.txt>

*Davies, T. D., Ramer B., Kaspyzok G., and Delany A.C. 1984. Indoor/outdoor ozone concentrations at a contemporary art gallery. *Journal of the Air Pollution Control Association* 31(2):135-137.

Druzic J. R. 1992. Ozone alert! *Newsletter 7.1 (Spring 1992)*. The Getty Conservation Institute:

http://www.getty.edu/conservation/publications/newsletters/7_1/preventive.html

Länken leder idag till artikeln Preventive Conservation av Jeffrey Levin, men med en ruta om Ozone alert på slutet.

*Druzik, J. R., Adams M. S., Tiller C., and Cass G. R. 1990. The measurement and model predictions of indoor ozone concentrations in museums. *Atmospheric Environment* 24A(7):1813-1823.

Hacke, A.-M., Carr, C. M., Brown, A., Howell, D. 2003. Investigation into the nature of metal threads in a Renaissance tapestry and the cleaning of tarnished silver by UV/Ozone (UVO) treatment. *Journal of Materials Science* 38 (2003) 3307-3314.

Handbok i katastrofberedskap och restvärdesräddning (RVR) för konst- och kulturhistoriska samlingar, byggnader och miljöer. 2011. Riksantikvarieämbetet, Stockholm. www.raa.se/rvr

Hatchfield, Pamela B. 2002. *Pollutants in the Museum Environment: Practical Strategies for Problem Solving in Design, Exhibition and Storage*. Archetype, London.

The National Trust Manual of Housekeeping The care of collections in historic houses open to the public. 2006. Butterworth Heinemann, Oxford. s. 71-75.

Klenz Larsen, P., Høgh, R. T., Ryhl-Svendsen, M. 2010. *Rapport vedrørende brug af ozonapparater til forebyggelse af skimmelsvamp i kirkeorgler*. Bevaringsafdelningen, Nationalmuseet, Kgs Lyngby.

Restvärdesräddning. En handledning vid skadesanering. 1988. Svenska brandförsvarsförbundet (SBF), Stockholm.

Shashoua, Y., Thomsen, S. 1993. A Field Trial for the Use of Ageless in the Preservation of Rubber in Museum Collections. *Saving the Twentieth Century: The Conservation of Modern Materials. Proceedings of a Conference 15-20 Septmeber 1991 in Ottawa*. Canadian Conservation Institute (IIC), Ottawa, Canada. s. 363-372.

Steeves S. A. 2003. Ozone may provide environmentally safe protection for grains, *Purdue News* 2003-01-30:

<http://www.purdue.edu/uns/html4ever/030130.Mason.ozone.html>

Tétrault J. 2003. Airbourne Pollutants in Museums, Galleries, and Archives. Risk Assessment, Control Strategies, and Preservation Management. Canadian Conservation Institute (CCI), Ottawa, Canada.

Tétrault J. Guidelines for Pollutant Concentration in Museums. *CCI Newsletter*, No. 31, June 2003. <https://www.cci-icc.gc.ca/cci-icc/about-afropos/nb/nb31/pollutants-eng.aspx>

Thomson, G., 1978, 1998, *The Museum Environment*. Butterworth och The International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, London.

Tidens tand. Förebyggande konservering. Magasinshandboken. 1999. M. Fjæstad, red. Riksantikvarieämbetet, Stockholm. Finns att laddas ner som pdf från

<http://kulturarvsdata.se/raa/samla/html/295>

* Skrifter som inte kommenterats i texten ovan. Dessa tar huvudsakligen upp ozon som luftförorening.

8. Enkäter

Riksantikvarieämbetet skickade våren 2010 ut två enkäter. Den ena riktades till stift, museer och konservatorer via olika sändlistor. Den andra riktade sig till länsstyrelserna. Med de senares roll som tillståndsgivare blev frågorna i princip desamma, men något annorlunda formulerade. Frågorna som ställdes rörde sanering av konst- och kulturhistoriskt värdefulla föremål/samlingar i allmänhet. Ingen fråga handlade specifikt om ozon, men ozon var med som alternativ när det gällde behandlingsmetoder.

De stift och länsstyrelser som inte svarade på enkäten fick uppföljande telefonsamtal.

Enkät riktad till stift, museer och konservatorer

Den enkät som rikrades sig till stift, museer och konservatorer sändes ut per e-post via Nordiska konservatorförbundets (NKF-S) medlemmar via förbundets e-postlista, till Riksförbundet Sveriges museer och till alla stift. Svar erhöles från 47 informanter. Knappt 70 % av de svarande hade inom ramen för sitt arbete kommit i kontakt med sanering av konst- och kulturhistoriskt värdefulla föremål som skadats av brand, fukt eller mögel. Av dessa nämnde sju stycken (15 %) att ozon varit den metod som använts. I övrigt tycks det vara mer traditionella metoder som används, såsom fläktar, rengöring med etanol, dammsugning, vädring och sotsvamp, men även metoder som radioaktiv strålning och behandling med K-vitamin nämndes.

Den sista frågan var en uppmaning att skriva ned övriga upplysningar om ozonsanering. Flera konservatorer svarade att de är mycket försiktiga med att rekommendera ozonbehandling av organiskt material och en del skriver att de är medvetna om att ozon förstör/sätter igång kemiska processer i vissa material, bland annat latex, päls och fotografiers bildbärande silver. En del var för osäkra på konsekvenserna för att våga rekommendera ozon som saneringsmetod. En konservator nämner att äldre kopieringsmaskiner alstrar ozon och att det är ”en

återkommande rekommendation från papperskonservatorer att kopiering inte får ske i utrymmen där arkiv- och boksamlingar bevaras.” En möbelkonservator berättar att hon under sin tid som privatpraktiserande kunde få in möbler som ”varit i ozonkammare” efter en brand. Hon skriver att ”hettan hade ofta gjort att limmet i konstruktionen släppt så det blev ofta mer jobb än man hade planerat. Men jag kan inte bedöma om ozonet hade någon inverkan.” En konservator i Östergötland med erfarenhet från biblioteksbranden i Linköping 1996 efterlyste mer utvärdering av luksaneringsmetoderna, samt rekommenderade mer samarbete med sanerings- och restvärdesräddningsbranschen.

Det framkom också, framför allt i uppföljande telefonsamtal med stiftsantikvarier och motsvarande, att mögelproblemen i de svenska kyrkorna är omfattande. Inte i något fall har man varit helt säker på att ozon använts, flera kände inte ens till det som metod.

Enkät riktad till länsstyrelser

Enkäten som var riktad till länsstyrelserna sändes ut till länsantikvarier eller motsvarande på samtliga länsstyrelser. Enbart i ett fall kände man till att det var just ozon som använts och i just det fallet gällde det mögelsanering i orglar. I ett annat län hade man lyssnat på konservator som avrått från ozonbehandling. ”Resultatet bedömdes bli tillfyllest med mer traditionella insatser samtidigt som risken för oxidation på metaller i kyrkorummet vägdes in i bedömningen”. Det framkom, särskilt vid telefonsamtal med dem som inte svarat, att osäkerheten är stor vad gäller olika saneringsmetoder. Det förekommer att man googlar för att bilda sig en uppfattning om de metoder som föreslås i åtgärdsprogrammen. Det kan förekomma att entreprenören och experten som föreslår metoden är samma person eller firma.

Sammanfattning av enkäter

Ozon förekommer i mycket liten utsträckning som saneringsmetod av konst- och kulturhistoriskt material. Av konservatorernas enkätsvar har vi sett att det finns en

medvetenhet om att ozon kan vara skadligt för vissa material. Uppsala universitetsbibliotek uppger att ozon har en negativ påverkan på gelatin, som ju är en vanlig ingrediens i lim. Därför är det intressant med iakttagelsen att limmet släpp på möbler som ozonsanerats. En del ozonsanering har förekommit i brandskadade museilokaler, men först efter att man avlägsnat föremålen för mer traditionell konservering. Vad gäller länsstyrelserna verkar det finnas en stor osäkerhet, beslut tycks fattas på osäkra grunder. Kan detta bero på att saneringsfirmorna inte är tillräckligt duktiga på att uppge exakt vilken metod de ska använda? Just detta framkommer via enkät och telefonintervjuer, att det råder osäkerhet över vilka behandlingsmetoder som används vid sanering. Kunskap söks bland annat via internet eller fås via konsulter som ibland själva säljer produkter för ozonsanering. Konservatorer, bland annat på läns museerna, tillfrågas i viss utsträckning av länsstyrelserna vid tillståndsärenden som rör lukt- och mögelsanering. Flera svar vittnar om att ozonsanering inte hjälpt mot lukt på lång sikt.

En sammanställning av enkäterna finns i bilagorna 2 a-b.

9. Telefonintervjuer, studiebesök och arkivstudier

I samband med att de ovan nämnda enkäterna sändes ut, gjordes telefonintervjuer och studiebesök för att ta reda på vilka metoder, erfarenheter och riktlinjer som finns gällande ozonsanering av konst- och kulturhistoriskt material. Dessutom har tillståndsbeslut från länsstyrelserna från och med 2008 till och med första halvåret av 2010 studerats.

Bibliotek och arkiv

Riksarkivet, Kungliga biblioteket och Uppsala universitetsbibliotek tillfrågades om de hade någon policy eller riktlinjer i fråga om ozonsanering i händelse av förfrågningar från allmänhet och organisationer. De två förstnämnda hade ingen sådan. På Uppsala universitetsbibliotek fanns det emellertid stor kunskap i ämnet eftersom en av konservatorerna där varit engagerad i restvärdesarbetet efter branden i Linköpings stadsbibliotek 1996. Han ansåg att man bör undvika ozonsanering så mycket som möjligt och förespråkade helt enkelt vanlig vädring. Han varnade specifikt för påverkan på gelatin, ett proteinrikt ämne på vilket ozon tycks ha en nedbrytande effekt. Gelatin är ett vanligt ämne i samlingar av olika slag. Det förekommer som lim, men även i fotografiska samlingar. I samband med biblioteksbranden hade han blivit informerad om en alternativ luktsaneringsmetod, så kallad fogning, som skulle kunna vara ett alternativ till ozon. Den innebär att man ökar syrehalten med hjälp av kemikalier som sänds ut som mikroskopiskt små droppar som sjunker långsamt genom rummet.

Museer

Det förekommer i sällsynta fall att museiföremål saneras med ozon. Vid Kulturmagasinet, Helsingborgs museum, har man har införskaffat ett aggregat från firman Biozone (se produktblad i bilaga 1f). De föremål som sanerats har

mögelskadats i ett vattenskadat magasin. Ozonsaneringen har skett först efter noggrant övervägande av riskerna. Saneringen har utförts i slutet rum. Man har använt sig av museets frysrum, behandlingen har pågått i cirka 24 timmar och har upprepats om så behövs. Efter saneringen har synligt mögel avlägsnats mekaniskt från föremålen. Det har främst varit oorganiskt material och mögliga träföremål samt i något enstaka fall läder i seldon som sanerats på detta sätt. Annat organiskt material har inte ozonbehandlats. Man har valt ozonbehandling med tanke på personalens hälsa och risk för kontamination om mögliga föremål placeras i rena magasin. För övrigt fryses och saneras föremål mekaniskt innan de placeras i magasin vid Kulturmagasinet.



Ozonaggregat på Kulturmagasinet, Helsingborg. Aggregatet används endast i ett särskilt stängt rum. Foto: Margareta Bergstrand

Försäkringsbranschen

Svenska kyrkans försäkring AB hade ingen direkt kännedom om ozonsanering. En förfrågan sändes ut till alla försäkringsbolag som är knutna till dem, men det gav inget svar. De finns statistik på att man har många fuktskador som

försäkringsärenden, men det finns inga uppgifter på huruvida dessa har behandlats med ozon.

”Hembygdsförsäkringen” hanterar försäkringsärenden för de hembygds gårdar som är anslutna till Sveriges Hembygdsförbund, SHF. Där kände man till några ozonsaneringar, bland annat i en hembygds gård där en oljebrand brutit ut, troligen i ett värmeelement, med sotskador som följd och vid en annan brand orsakad av att råttor gnagt sönder elkablar. Vi har tagit del av statistik från åren 2007–2009, men av den framgår inte direkt vilken typ av sanering som gjorts.

Saneringsbranschen

På saneringsfirman Ocab är man medveten om begränsningarna med ozon. Man vet att ozonet ”föråldrar” material, på samma sätt som UV-strålning. De undviker att ozonbehandla päls och rågummi. Pälsen tappar håret och rågummit smulas sönder, till exempel dörmattor med gummibackning. Det finns många historier om detta i branschen som man gärna delar med sig av. När ozonsanering sker i firmans lokaler, placerar man det röskadade materialet i ett särskilt rum med tydlig varningsskylt och genomför behandlingen i det slutna rummet. Ozonsanering görs också på plats. Ett exempel är från ett museum, där en besökare kräcks i en stor urna av stengods. Att flytta urnan hade varit för riskfyllt. Istället spände man upp ett slags tält runt urnan och ozonsanerade på plats. Det är för övrigt intressant är att en konservator på museet har beskrivit samma incident i enkäten vi sände ut och nämner att lukten fortfarande är förnimbar. Ocab är i övrigt intresserade av samarbete med konservatorer just när det gäller konst- och kulturhistoriskt värdefulla föremål. Firman Girmek är deras leverantör av ozonutrustningen. Det har hänt att ozonaggregat ställts på golvet i en bostad, varvid mattan eller parketten förstörts. Ozonet har då verkat med en för hög koncentration i närheten av aggregatet och blekt området runt maskinen och lämnat ljusa ringar eller fläckar där den stått.



Varningsskylt hos saneringsfirman Ocab. Varningstexten talar sitt tydliga språk: TILLTRÄDE FÖRBJUDET. GIFTGAS, FARLIG ATT INANDAS. LIVSFARA ATT INTRÄDA.
Foto: Lisa Nilsen

Kyrkoantikvarien i Växjö stift gav rådet att kontakta Ulf Samuelsson vid Ambitus Teknik. Han är verksam som konsult till Växjö stift som expert på fukt och mögel. Han berättade att han var med om att introducera ozonbehandlingsmetoden till Sverige på 1970-talet. Metoden användes då utomlands till bland annat vattenrening. I början gjorde de misstag när man skulle sanera kontorslokaler, som t.ex. att ha med elkablar och växter. Plasten i kablarna smulades sönder och växterna dog på fläcken. På frågan om han behandlat konst- och kulturhistoriskt värdefulla föremål var han vagare. Han nämnde att han på 1980-talet arbetat med ozonsanering i kyrkor där det varit svårt att komma åt på grund av höga tak. Ozonaggregaten placerades på ställningar och med fläktar undertill som blåste upp ozonet eftersom det är tyngre än luft. Han kunde dessvärre inte nämna namnet på någon kyrka där detta hade genomförts. Idag rekommenderar han ”naturlig ozonering”, det vill säga ordentlig vädring efter en vecka med klar himmel och hög temperatur. Eller helt enkelt vädring av textilier som luktar illa.

Länsstyrelsernas tillståndsbeslut

Tillståndsbeslut från åren 2008 och 2009 från samtliga län har granskats. Inte i något fall nämns ozon som behandlingsmetod. Besluten, som har skiftande underlag, rör i de flesta fall någon form av fuktproblematik som i förlängningen kan ge upphov till saneringsbehov. Endast ett fall rör brand, där inga saneringsåtgärder behövde vidtas. Vi kan inte bortse från att ozonsaneringar ändå kan ha genomförts tidigare (se till exemplet ovan). Sådana behandlingar kanske inte alltid betraktas som tillståndspliktiga. Det kan också vara tveksamt om man alltid från kyrkans sida anser att man behöver söka tillstånd hos länsstyrelsen för en tillfällig installation av en luftrenare med ozonaggregat.

Källor

Telefonsamtal:

Jonas Palm, Riksarkivet, 2010-04-26.

Antonio Molin, Kungliga biblioteket, 2010-05-07.

Per Cullhed, Uppsala universitetsbibliotek, 2010-05-25.

Ulf Samuelsson, Ambitus teknik, 2010-05-28.

Lars Berghäll, OCAB, 2010-05-07.

Carolina Svensson, Hembygdsförsäkringen, 2010-05-20.

Leif Eriksson, Kyrkans försäkring, 2010-04-26.

Ingvar Ekström, Girmek Bygghjälps AB, 2010-12-15.

Studiebesök:

Hasse Römer Hansen, Helsingborgs museum – Kulturmagasinet, 2010-04-14.

Länsstyrelsebeslut från åren 2008–2010, kopior inskickade till RAÄ.

10. Exempel på länsstyrelsebeslut

1. Mögelsanering av textilier i Ventlinge kyrka

Inledningsvis nämndes ozonsanering av textilier i Ventlinge kyrka på södra Öland. Hanteringen av ärendet kan vara intressant att studera för dem som har liknande problem och för beslutsfattare. Ventlinge kyrka hade sedan 2006 varit föremål för omfattande undersökningar på grund av fukt och mögel, problem som kan ha funnits sedan 1800-talets början. Nu bidrog radon och emissioner från impregnerat virke i bjälklaget ytterligare till problemen. Kyrkan stängdes i augusti 2006 av arbetsmiljöskäl. Klimatmätningar har genomförts sedan 2006 och kyrkan har varit föremål för genomgripande undersökningar som har lett till ett helt åtgärdsprogram för kyrkobyggnaden. Fukt och mögelskador på inventarier är oftast inte isolerade problem utan kyrkan måste undersökas som en helhet om man ska komma fram till en långsiktigt hållbar lösning.

Textilerna flyttades i maj 2008 till en tillfällig förvaring, en container utrustad med sorptionsavfuktare och värmeelement. En första torrengöring för att avlägsna synligt mögel utfördes före transport till Kalmar länsmuseum, där ytterligare åtgärder vidtogs. Från och med juli 2008 har de skyddsförvarats på Kalmar Länsmuseum i väntan på att en ny förvaring ska färdigställas i kyrkan. Textilierna har alltså legat där i några år i ett avskilt, ventilerat rum och luktar inte längre mögel.

Källor

Lena Hassel, e-brevväxling och telefonsamtal april 2008.

Evelina Sand, textilkonservator Kalmar Läns museum, telefonsamtal 2010.

Beslut från Länsstyrelsen Kalmar län, dnr 433-5168-09.

2. Ozonsanering av orglar

I endast ett fall tror vi oss kunna dokumentera att ozon verkligen har använts vid sanering av föremål skyddade enligt 4 kap. lagen (1988:950) om kulturminnen m.m. Det gäller mögelsanering i en kyrkoorgel på Gotland. Enligt tillståndsbeslutet från hösten 2006 har en dansk ingenjör, tillika försäljare av ozonaggregat, ”uppmätt mögelhalterna och under sommaren har mätningar och ozonbehandling skett. Det har visat sig att möglet praktiskt taget försvunnit genom behandlingen och klimatet i kyrkan blivit bättre. Det ozon som används är inte av den aggressiva typen och apparaturen som skall installeras skall vara avstängd under gudstjänst och andra tillfällen i kyrkan. Den är inte farlig då besökare är i kyrkan och apparaturen är på”.

Kyrkoantikvarisk ersättning beviljades efter länsstyrelsen tillståndsbeslut. I besluten redogörs för mätningar av mögelsporer, vilka utförts av försäljaren, men ingen förklaring av metoder och mögelhalt anges eller bifogas. Vid senare e-brevväxling och telefonsamtal med Länsstyrelsen på Gotland kom det fram att sporerne ”kartlades” med hjälp av lackmuspapper som gav utslag. Aggregat installerades till slut enbart i Gothems kyrka 2006 i samband med att orgeln renoverades. Aggregaten levererades av den danske ingenjören och installerades av en underentreprenör till Byggnadshyttan på Gotland. Sedan dess har församlingen inte haft besvär med mögel enligt länsstyrelsen.

Enligt villkoren för tillståndsbeslutet ska länsstyrelsen följa upp effekten. Uppgifter om att så har skett har inte rapporterats till Länsstyrelsen och någon sådan information fanns inte med i ärendet på diarienumret. Enligt villkoren ska också församlingarna ansvara för att ”skaffa fram nya lampor med ett halvårs mellanrum”, d.v.s. UV-lamporna i aggregaten. Länsstyrelsen hade väntat sig att församlingen skulle ta eget initiativ till detta.



Undersökning av ozonaggregat vid orgeln i Gothems kyrka.
Foto: Margareta Bergstrand

Vid ett studiebesök i kyrkan november 2010 hittade vi inget ozonaggregat. Vaktmästaren kunde heller inte peka ut var det satt, men visste att den fanns inne i orgeln för han kunde höra surret från fläkten när han var inne i kyrkan på udda tider. Byggnadshyttans underentreprenör kom ihåg att han monterat aggregatet i ”själva fläkten”, vilket torde vara orgelns fläktlåda. Om lampan inte längre fungerar är det dock tveksamt om aggregatet genererar ozon i tillräckliga mängder för att verka som det var tänkt.

Vid ett besök i Gothems kyrka i juni 2011 kunde vi lokalisera två aggregat monterade inne i orgeln på vardera sidan. De är av märket JImco, som beskrivs i Morten Ryhl-Svendsens och Poul Klenz Larsens rapport från Nationalmuseets bevaringsafdelning. Kyrkans organist informerade om att man inte hade haft någon mögelproblematik i kyrkan förrän Byggnadshyttan utförde åtgärder på tak och väggar och orgeln plastades in för att inte komma till skada. Efter detta

installerades aggregaten den 28 juni 2006 enligt påskrift på det ena aggregatet.
Endast ett av aggregaten fungerade vid vårt besök i kyrkan.



Ozonaggregat av den typ som nämns i texten. Foto: Margareta Bergstrand

Källor

Helge Stenström, vaktmästare i Gothems kyrka, studiebesök 2010-11-23.

Kjell Åke Stenström, organist i Gothems kyrka, besök 2011-06-01.

Lst beslut, dnr 433-5884-06, 2006-10-16.

Lst beslut, dnr 433-5885-06, 2006-10-16.

Lst beslut, dnr 433-5887-06, 2006-10-30.

E-brevväxling med Joakim Hansson, Länsstyrelsen på Gotland.

Telefonsamtal med Joakim Hansson, Länsstyrelsen på Gotland, 2011-01-12.

Telefonsamtal med hyttmästare Håkan Lindkvist, Byggnadshyttan på Gotland, 2011-03-31.

Telefonsamtal med Lars Klintberg, elektriker, 2011-03-31.

11. Avslutande diskussion

Sammanfattningsvis kan sägas att man i konserveringslitteraturen är överens om att ozon är en luftförorening och ett starkt oxiderande medel som inte bör komma i kontakt med konst- och kulturhistoriskt material. Några författare sätter ett gränsvärde så lågt som noll, även om man vet att detta inte är möjligt. Det kan dock ses som ett tecken på hur allvarligt man ser på förekomsten av ozon i känsliga miljöer. Flera författare varnar för elektronisk apparatur, till exempel elektriska luftrenare, som kan alstra ozon. De bör inte användas i kulturhistoriska miljöer. Ozon påverkar och skadar inte endast organiskt material utan även metaller.

Problemområden

Förstudien pekar på ett antal områden som behöver undersökas vidare för att kunna klargöra huruvida ozon kan användas i någon form av behandling av konst- och kulturhistoriskt material. Det gäller framförallt vid vilka halter en exponering för ozon leder till förnimbara skador på olika material. Det gäller vidare vid vilka halter och under vilka förhållanden luftrenare kan fungera för att rena luft i lokaler där människor vistas. Svårigheterna att ta fram analysmetoder har belysts i avsnittet Metoder för att mäta och analysera ozon.

Det råder osäkerhet om huruvida det faktiskt är ozon som används i sanering och man kan inte utesluta att saneringsbranschen i sin marknadsföring bidrar till denna osäkerhet. Förvirringen blir inte mindre av att man använder sig av olika begrepp, t.ex. ”aktivt syre” och ”ozonfri sanering”. Det finns också en stor osäkerhet vad gäller resultaten av ozonsanering, men litteraturen stöder argumentet att ozon är skadligt för nästan allt material, möjligen sten undantaget. Det är därför viktigt att reda ut begreppen. Det råder en viss osäkerhet om vilka halter som är effektiva vid sanering och vidare hur lång exponeringstid som behövs och om behandlingen behöver upprepas och i så fall hur många gånger. ”Ozonnivån stiger aldrig över 0.04 ppm, om enheten används enligt anvisningarna” anger en firma som tillverkar

ozonaggregat, men frågan är om denna låga koncentration är tillräcklig för att sanera mögel och sanera ett fuktskadat utrymme.

Det är också av intresse att studera ozonets halt kontra dess effektivitet vid sanering, samt jämföra detta med de gränsvärden som finns enligt Arbetsmiljöverket. På grund av ozonets skadlighet kan troligen en effektiv ozonsanering inte genomföras i en lokal där människor samtidigt vistas. Genomförs undersökningar av partikelhalter före och efter saneringar? Genomförs mätning av ozonhalt i rummet före ozonbehandlingen? Vilka material som skadas av ozon och på vilket sätt är förhållandevis väl utrett. Det är även känt att exponering under längre tid och på låg nivå kan skada känsliga föremål, se t.ex. Tetreault, ASHRAE handbook. Men det kan behövas konkreta tester på olika material, där effekten av ozon med hänsyn till olika halter undersöks. Andra oxidativa saneringsmetoder, till exempel med väteperoxid (H_2O_2), behöver också undersökas, eftersom det är troligt att samma typ av skador kan uppkomma som vid ozonsanering.

Hälso- och arbetsmiljöskäl anges ofta som anledning till att luftrenare installeras. I vissa fall kan det vara motiverat på grund av att inga andra alternativ finns. Vi saknar dock konkreta exempel på detta. I flera fall upplevs miljön som ”bättre” efter installationen, men även här saknas oftast undersökningar av till exempel partikelhalt före och efter installationen. Hur stor är kunskapen om lukt som miljöfaktor? Kan det finnas psykologiska aspekter som föranleder sanering? Begreppet dålig och obehaglig lukt kan behöva undersökas och förklaras närmare.

För att skingra osäkerheten kring ozonsanering är fortsatt forskning nödvändig och efterfrågad.

Beslut och uppföljning

Beslutsfattare vid länsstyrelserna behöver bättre underlag för att kunna väga för- och nackdelar med en sanering av rök- eller mögelskadat kulturhistoriskt material och byggnader. Antikvarier vid länsstyrelserna har inte alltid kännedom om olika

metoder. De, liksom ägare och förvaltare, är inte sällan utlämnade till försäljare av ozonsanering eller luftreningsaggregat i sitt sökande efter kunskap om lämpliga metoder. Det ekonomiska argumentet går heller inte att bortse från. En noggrann mekanisk sanering tar tid och blir därför ofta dyr. Så marknadsförs t.ex. ett luftreningsaggregat som underhållsfritt, i jämförelse med luftfiltrering. Trots detta har aggregatets UV-lampa en begränsad livstid och måste bytas en till två gånger per år och kostnaden för detta kan jämföras med filterbyte. Man kan fråga sig om de som låter installera denna underhållsfria lösning är medvetna om det underhåll, som trots reklamens löften, är nödvändigt?

På länsstyrelser och stift finns oftast inte tid för uppföljning av olika lösningar på lukt och fuktproblem. Försäkringsbranschen följer inte heller upp metoder som skulle kunna tänkas vara skadliga. Enkäten visar dock på att ozonbehandling av kulturhistoriskt tillståndspliktigt material inte förekommer i någon större utsträckning i Sverige idag. Å andra sidan tycks olika lösningar med permanent installerade luftrenare bli allt vanligare och man kan med viss oro se på den reklam som riktas mot kyrkor. Det är tveksamt om man alltid betraktar en installation av luftrenare som tillståndspliktig.

Det framgår av enkäten att konservatorer är de som har kännedom om farorna av ozonbehandling på kulturhistoriskt material. Konservatorns kunskap bör därför tas tillvara vid beslut som rör lukt- och mögelsanering av konst- och kulturhistoriska föremål och miljöer. Där konservatorer använder ozon aktivt är man medveten om riskerna, se exemplet från Helsingborgs museum.

Erfarenhet och medvetenhet om ozonets verkningar finns också på saneringsfirmorna. Vi kan emellertid inte bortse från den inneboende konflikt som finns mellan vinstintresse och försiktighet. Man har heller inte någon större kunskap om ömtåligt kulturhistoriskt material.

Länsstyrelser, fastighetsägare och andra beslutsfattare bör ha hela bilden klar för sig innan man överväger olika snabbverkande saneringsmetoder. Dålig lukt är aldrig bara dålig lukt, någonstans finns en orsak. Övervakning, planering och

förebyggande arbete kan i längden vara bättre och mer ekonomiskt, även om det till en början kan förefalla dyrt.

Fortsatt forskning och utveckling

Avslutningsvis föreslår vi att följande problemkomplex utreds:

Undersökning och jämförelse mellan olika saneringsmetoder för avlägsnande av dålig lukt från mögel, rök m.m. Behandling med ozon och andra oxiderande medel undersöks såväl som effekten av olika typer av luftrenare, där man också tar hänsyn till effekten av enbart vädring.

Undersökning av vid vilka halter av gasen ozon som en saneringseffekt uppnås och hur lång exponeringstid som behövs för att nå det önskade resultatet.

Undersökning av vilka skador som kan uppstå på material av en långvarig exponering av mycket låga halter av ozon, så som sker med luftrenare. Vilka skador kan accepteras i förhållande till den eventuella nyttan?

Undersökning av hur lukt från mögel och rök upplevs och hur ”frisk” lukt upplevs, psykologiska effekter i jämförelse med uppmätta effekter av sanering.

Utarbetande av metodik för mätning och analys.

Kommunikation

För att uppnå största nytta för kulturmiljövården är samarbete mellan olika aktörer, förvaltare, ägare och länsstyrelser, essentiellt, men också saneringsbranschens medverkan är viktig. Till exempel skulle en ny upplaga av *Restvärdesräddning, en handledning vid skadesanering* behöva tas fram, förslagsvis som ett samarbete mellan Riksantikvarieämbetet, Brandskyddsföreningen och Försäkringsbranschens restvärderäddning AB.

Slutligen skulle det vara till stor fördel för kulturmiljövården om länsstyrelser och andra fick större möjlighet att följa upp konsekvenserna av föreslagna åtgärder och beslut.

Bilagor

1. Produktblad och reklamblad
2. Sammanställning av enkäter
3. Tillståndsbesluten från Gotland
4. PM från Niclas Fredriksson