

# Emissioner i slutna utrymmen

Med speciell inriktning på emissioner av  
formaldehyd och organiska syror



**Therése Eriksson**

Uppsats för avläggande av filosofie kandidatexamen i  
Kulturvård, Konservatorprogrammet

15 hp

Institutionen för kulturvård  
Göteborgs universitet

2013:14





# Emissioner i slutna utrymmen

Med speciell inriktning på emissioner av  
formaldehyd och organiska syror

Therése Eriksson

Handledare: Jonny Bjurman

Kandidatuppsats, 15 hp  
Konservatorprogram  
Lå 2012/13



Program in Integrated Conservation of Cultural Property  
Graduating thesis, BA/Sc, 2013

By: Therése Eriksson  
Mentor: Jonny Bjurman

## **Emissions in enclosed spaces**

With special focus on the emissions of formaldehyde and organic acids

### ABSTRACT

This study aimed to evaluate the levels of formaldehyde and organic acids that can build up within enclosed spaces. Another goal was to compare two types of paints that can be used as coating barriers within showcases and in turn compare them to the modern, and by many highly recommended, material of Marveseal®. A low volatile waterborne alkyd/acrylate paint and a two component polyurethane paint was compared to Marveseal® in two series of experiments. One series measured the level of formaldehyde, and thus the effectiveness of the three chosen barriers, and the other series measured the level of volatile organic acids, both the acids emitted from the paint itself, and that of the wood. One box in each series were not treated at all and was used as a reference.

The fact that different types of materials emit volatile organic compounds have long been known. The prime concern for museums has been the emission of formaldehyde and organic acids, such as acetic acid and formic acid. Inorganic pollutants, such as nitrogen oxides, sulphur oxides and ozone, are also of concern. The various effects these have on artefacts have been studied, especially the corrosive effects on metals and calcareous materials. However, the effects on paintings and their different components, such as pigments and varnishes, have not been quite so thoroughly investigated, even though some studies have been carried out.

Completely airtight showcases, or showcases with very little air exchange rate, are common at museums. They serve as protective "boxes" for the exhibited artefacts inside against external air pollution, theft or vandalism. They can however also serve as a trap for internally emitted organic pollutants such as formaldehyde. In museums today staff and conservators work under tight timeframes, and the materials that are to be used in an exhibitions may not be given the time they need to be stable enough and safe to use. The results in this study showed that materials that have been recommended as so called safe materials, may not be as protective as they are known for, if they are not given the correct time for drying or if they are applied wrongly.

Title in original language: Emissioner i slutna utrymmen - Med speciell inriktning på emissioner av formaldehyd och organiska syror

Language of text: Swedish

Number of pages: 57

Keywords: Emission, formaldehyde, organic acids, MDF, aluminium, coatings



## **Tack till:**

Jag vill tacka följande personer utan vars hjälp och handledning denna uppsats inte kunde ha gjorts.

Jonny Bjurman, handledare.

Ann-Cathrin Rothlind, extern handledare/sponsor, konservator på Livrustkammaren, Skoklosters slott med stiftelsen Hallwylska museet i Stockholm.

John Rothlind, sponsor, Chefskonservator, Svenska kyrkan i Västerås.

NKF-S, som hjälpt till med att sprida enkätundersökningen till sina medlemmar.

Christer Aronson, vaktmästare på Institutionen för kulturvård i Göteborg.

Övrig personal på Institutionen för kulturvård.





# INNEHÅLL

<b>1. Inledning</b> .....	9
1.1 Bakgrund .....	9
1.2 Avgränsningar och frågeställningar.....	9
1.3 Syfte, målsättning och metod .....	10
1.4 Tidigare forskning och källkritik .....	10
<b>2. Emission av flyktiga organiska ämnen</b> .....	12
2.1 VOC .....	12
2.1.1 Haltangivelser .....	13
2.1.2 Formaldehyd och organiska syror .....	14
2.2 Hur VOC-emissioner och andra luftburna föroreningar påverkar material .....	15
<b>3. Åtgärder</b> .....	19
3.1 Museet .....	19
3.2. Slutna utrymmen .....	20
<b>4. Målningar och hur de påverkas av flyktiga organiska ämnen</b> .....	22
4.1 Lite om mikroklimatramar.....	22
4.2 VOC .....	24
4.3 Effekter av formaldehyd och andra emitterade ämnen .....	24
4.3.1 Formaldehyd (CH <sub>2</sub> O, eller HCHO) .....	24
4.3.2 Svaveloxider (SO <sub>x</sub> ) .....	24
4.3.3 Ättiksyra (CH <sub>3</sub> COOH eller Hac).....	25
4.3.4 Ozon (O <sub>3</sub> ) .....	25
4.3.5 Kvävedioxid (NO <sub>2</sub> ) .....	26
4.3.6 Salpetersyra (HNO <sub>3</sub> ).....	27
4.3.7 Peroxyacetylnitrat (CH <sub>3</sub> (O)OONO <sub>2</sub> ) .....	28
<b>5. Utställningsmaterial</b> .....	29
5.1. Inledning.....	29
5.2 Trämateriäl.....	30
5.3 Spärrskikt .....	30
5.3.1 Olika typer av färg .....	31
<b>6. Experiment</b> .....	33
6.1 Material till testboxarna .....	33
6.1.1 MDF .....	33
6.1.2 Marveseal® .....	33
6.1.3 Färger.....	33
6.1.4 Övriga materiäl.....	34
6.2 Metod .....	34
6.2.1 Inledning .....	34
6.2.2 Enkätundersökning .....	35
6.2.3. Byggandet av testboxar .....	36
6.2.4 Dosimetrar .....	37
6.2.5 Jodid-Jodat-test .....	38
6.2.6 Tunnskiktskromatografi .....	40
6.2.7 pH-mätning.....	40

<b>7. Resultat</b> .....	41
7.1 Mätning av formaldehyd .....	41
7.1.1 Dosimeter .....	41
7.1.2. Tunnskiktskromatografi.....	41
7.2 Mätning av Organiska syror .....	41
7.2.1 Jodid – Jodat .....	41
7.2.2 pH-mätning.....	43
7.2.3 Enkätundersökning .....	44
<b>8. Diskussion</b> .....	48
<b>9. Sammanfattning</b> .....	51
<b>Käll- och Litteraturförteckning</b> .....	53
Tryckta källor och litteratur.....	53
Elektroniska källor.....	55
Figur- och tabellförteckning .....	57
BILAGA 1: Introduktion till enkäten och avslutande information .....	I
BILAGA 2: Enkätundersökning - Materialvalsprocess.....	II



# 1. Inledning

## 1.1 Bakgrund

En konservator som arbetar på ett museum har långt fler arbetsuppgifter än att enbart sitta och utföra praktisk konservering. En utav alla frågor en konservator involveras i är utställningsfrågan. Det finns en uppsjö av material tillgängliga, och det krävs kunskap hos konservatorn att veta hur dessa fungerar i olika miljöer för att kunna avgöra om materialet är lämpligt att använda eller inte. Men valet av material ligger inte enbart på konservatorns axlar, utan flera andra aspekter måste tas hänsyn till. Ekonomiska faktorer och det faktum att flera olika yrkesgrupper samarbetar kan, ur bevarandesynpunkt, göra materialvalet till en komplex fråga. Ibland kan det uppstå konflikter mellan de olika yrkesgruppernas intresseområden, även om man strävar efter ett så gott samarbete som möjligt.

En annan fråga, nära relaterat till valet av material, gäller emissioner i vår museimiljö. De föremål som ställs ut har mer eller mindre kulturhistoriskt värde, ibland även ett stort ekonomiskt värde, och de påverkas av de material man använder. Trämateriale och färger avger emissioner som, i slutna utställningsmontrar eller mikroklimatramar till målningar, kan motverka den skyddande effekt de är tänkt att ha.

## 1.2 Avgränsningar och frågeställningar

Konservatorer är väl medvetna om emissioner och diverse skadliga reaktioner mellan olika material. Trä används mycket inom museivärlden eftersom det är både flexibelt och ekonomiskt, men i uppsatsen avgränsas trämaterialiet till användandet av MDF. Dels på grund av att det är ett ganska vanligt material att använda, men framför allt för att det emitterar formaldehyd. Genom att mäta mängden formaldehyd i ett slutet utrymme kan man testa olika materials förmåga att stoppa formaldehydemissioner. I uppsatsen används en vattenburen alkyd/akrylatfärg och en polyuretenfärg. Dessa jämförs med ett modernt material, närmare bestämt aluminium laminerat med PET-plast, av märket Marveseal®. Färgerna i sig avger också emissioner, speciellt om de inte fått rekommenderad tid till att härda, vilket är vanligt i tidspressade utställningsscheman. I studien har även mängden organiska syror kontrollerats för att ge en indikation om vilket material som fungerar bäst som barriär, under dessa förutsättningar, och troligen avger mest respektive minst organiska syror, eller om de ger likvärdiga resultat.

### Frågeställningar

- Hur bra är de ”bra” färgtyperna tvåkomponents polyuretenfärg och vattenburen alkyd/akrylatfärg, gällande blockering av formaldehyd och emissionen av organiska syror från trämaterialiet och sig själva, under förutsättningar som innebär att härdningstiden inte är tillräckligt lång?
- Vilket resultat får man om man jämför ovan nämnda färger med Marveseal®?
- Vilka material används i utställningssituationer på våra museer i Sverige och hur stort inflytande känner konservatorerna att de har i materialvalsfrågan?
- Använder man de nyare materialen som finns tillgängliga ur bevarandesynpunkt? Använder man Marveseal®?
- Hur tänker och resonerar man på våra svenska museer i beslutsprocessen?
- Hur påverkas målningar i närvaron av formaldehyd, emissionsgaser och andra luftburna föroreningar?

### 1.3 Syfte, målsättning och metod

Förhoppningen är att denna studie ska bidra till en ökad insikt kring de material som valts ut att undersökas, och lyfta fram alternativ som finns för att minska emissioner i slutna utrymmen. Emissioner i montrar kommer alltid att förekomma i viss mån, men syftet med denna uppsats är att öka förståelsen för hur och varför de byggs upp. Att testa ett nyare material, som ofta rekommenderas i litteraturen, och göra en jämförelse med ett material som kanske är vanligare att man använder sig av, nämligen någon typ av färg, har också varit syftet med uppsatsen.

Metoden som använts är att i den experimentella delen utföra två serier mätningar genom att bygga åtta lådor med fyra lådor i varje serie. I serie ett mättes formaldehydemissioner och i serie två mättes organiska syror. Boxarna behandlades lika i de båda serierna. Varje serie innehöll en obehandlad referensbox.

Målet är att de byggda testboxarna som behandlats med två olika färger och ett alternativt modernt material, kan uppvisa eventuella skillnader i motståndskraft gentemot den formaldehyd som utsöndras. Dessutom jämförs mängden emitterade organiska syror.

I uppsatsen utförs också en enkätundersökning som är tänkt att fungera som en generell överblicksbild av hur det kan se ut på våra svenska museer. Vilka material man använder sig av, vilka faktorer som styr dessa val och hur stort inflytande man känner att man har som konservator.

### 1.4 Tidigare forskning och källkritik

Det har inte varit särskilt svårt att hitta litteratur om VOC, flyktiga organiska ämnen. Mycket är skrivet om ämnet och det gällde snarare att vara selektiv med vad man valde att gå igenom. Det var enkelt att arbeta sig upp från en väldigt enkel grundkunskap om VOC till mer ingående fakta. Det mesta är lättbegripligt och enkelt att få grepp om, exempelvis det väldigt grundläggande dokumentet *Volatile Organic Compounds*.<sup>1</sup> Lite mer avancerade experiment gällande hur formaldehyd kan påverka vissa typer av material har redogjorts för i *Formaldehyde oxidation and Lead Corrosion*.<sup>2</sup> Det är när man kommer djupare in i ämnet som det blev lite svårare. Ämnet behandlas mycket av olika kemister och fackspråket blir för avancerat. Men mycket är som sagt skrivet, vilket gjorde det enkelt att sälla bort det som var för avancerat. Främst inom kemien och byggindustrin finns det mycket publicerat om formaldehyd, men ämnet har även gått igenom i konserveringssammanhang och har varit känt länge för konservatorer och annan intresserad museipersonal. Det har också gjorts experiment på hur formaldehyd kan påverka pigment i *Exposure of artists' colorants to airborne formaldehyde*.<sup>3</sup>

Organiska syror har jag haft lite svårare att hitta litteratur kring. Men det har avhandlats, bland annat av Dupont och Tétreault i *Cellulose degradation in an acetic acid environment*<sup>4</sup> och i den mycket nyligen publicerade artikeln *The role of organic and inorganic pollutants in museum environments in the degradation of dammar varnish*.<sup>5</sup>

En källa som gett en hel del nyttig information ifrån var avhandlingen *Airborne Pollutants in Museum Showcases- Material emissions, influences, impact on artworks*.<sup>6</sup> En del utav de saker

---

<sup>1</sup> Northern Arizona University, Volatile Organic Compounds.

<sup>2</sup> Raychaudhuri, M.R., Brimblecombe, P. (2000).

<sup>3</sup> Williams, E.L., Grosjean, E., & Grosjean, D. (1992).

<sup>4</sup> Dupont, A.L., Tétreault, J. (2000).

<sup>5</sup> Bonaduce, I., Odlyha, M., Di Girolamo, F., et al. (2013).

<sup>6</sup> Schieweck, A. (2009).

författaren tar upp var väldigt avancerat, men en hel del kunde tillämpas i denna uppsats. Schiewecks avhandling låg nära i tiden, vilket de flesta av de källor jag haft tillgång till inte gjorde. De flesta källor har varit mellan 10-20 år gamla, men har ändå varit relevanta.

Tidigare litteratur har varit väldigt inriktad på enbart effekten av VOC- emissioner och dess emissionskällor. En nyare trend, som ligger i tiden och som antagligen bara kommer att bli större, är den som berörs i *Sustainable use of coatings in Museums and Archives – some critical observations*.<sup>7</sup> Material kommer inte bara få krav på sig att de ska fungera bevarande eller blockerande, de ska dessutom inte belasta vår natur onödigt mycket. Det är en del av det nya, grönare tankesättet som sprider sig i vårt samhälle. Detta kan ibland gå stick i stäv med vad som är bäst för föremålen. Det laminerade aluminiumet, till exempel, som är ett modernt och bra material till att blockera emissioner, kommer från en produktionsprocess som inte alls är lika miljövänlig som den för en del färger.

Jean Tétreault har genom CCI, *Canadian Conservation Institute*, gett ut en standard, *Coatings for Display and Storage in Museums*<sup>8</sup>, där man kan läsa om olika typer av spärrskikt som man kan använda sig av i museum. Där kan man även läsa om olika testmetoder för att exempelvis påvisa graden av syror i trä eller utvärdera de skadliga effekter VOC kan ha på metaller. Värt att notera är att det trots allt har gjorts få heltäckande undersökningar i ämnet, och det Tétreault konstaterar finns därför inte verifierat. En produkt som anses bra kan trots samma beteckning förändras i sitt innehåll över tid. Då man inte har testat alla olika komponenter kan man säga att det som anses ”bra” och ”dåligt” får ses som en generalisering.

---

<sup>7</sup> Tétreault, J. (2011).

<sup>8</sup> Tétreault, J. (1999).

## 2. Emission av flyktiga organiska ämnen

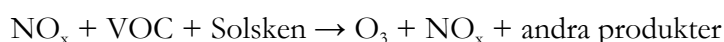
### 2.1 VOC

VOC är den engelska förkortningen för flyktiga organiska ämnen. De skapas av människan i produktionen av olika material eller förekommer naturligt i skogar, våtmarker, hav och vulkaner. De olika grupperna inom VOC är exempelvis alkaner, ketoner, grenade alkaner, cycloalkaner, halogenderivat, alkoholer, estrar, aromatiska kolväten och terpener.<sup>9, 10</sup> Under åren har definitionen av VOC ändrats, och fortsätter att ändras, men EPA, *Environmental Protection Agency*, i USA har definierat VOC på följande sätt;

*”Volatile organic Compounds(VOC) means any compound of carbon, excluding carbon monoxide, carbon dioxide, carbonic acid, metallic carbides or carbonates, and ammonium carbonate, which participates in atmospheric photochemical reactions.”<sup>11</sup>*

”Med flyktiga organiska ämnen(VOC) menas kolföreningar, utom kolmonoxid, koldioxid, kolsyra, metalliska karbider eller karbonater, samt ammoniumkarbonat, vilka deltar i atmosfäriska fotokemiska reaktioner” – *Uppsatskrivarens översättning.*

Det finns gränser för hur mycket VOC som får släppas ut från olika material. I definitionen ovan syftar man på de atmosfäriska fotokemiska reaktioner som orsakar fotokemisk smog, vilket kan vara farligt både för människan och för kulturföremål i museer. I Sverige har vi i dagsläget inte mycket problem med smog. Men eftersom VOC är känsliga för fotokemiska reaktioner så kan VOC, i närvaro av oxider, kväve och solsken bilda ozon och andra kemiska ämnen i atmosfären. Det kan illustreras i följande formel;<sup>12</sup>



Det som avgör hur flyktigt ett ämne är, är dess samband mellan ångtryck vid en viss temperatur och dess kokpunkt. Ju lägre kokpunkt innebär desto större flyktighet för ämnet, vilket innebär att svårflyktiga ämnen avdunstar långsamt. Som Tétreault tar upp i sin artikel om hållbart användande av färger, så definierar EPA VOC som ämnen med kokpunkter mellan 60-250 °C vid ett atmosfäriskt ångtryck på 101,3 kPa.<sup>13</sup> Dock anses ämnen med en kokpunkt över 150°C inte som särskilt flyktiga egentligen. Exakt vilka temperaturer som gäller för definieringen av VOC varierar. Enligt Schieweck definierar World Health Organisation (WHO, 1989) organiska ämnen efter deras kokpunkter i fler kategorier än bara VOC;

- VVOC, *very volatile organic compounds*(kokpunkt  $\geq 60^\circ\text{C}$ ).
- VOC, *volatile organic compounds*(kokpunkt =  $60^\circ\text{C}$ – $290^\circ\text{C}$ ).
- SVOC, *semi volatile organic compounds*(kokpunkt =  $290^\circ\text{C}$ – $400^\circ\text{C}$ ).
- POM, *particulate organic compounds*.<sup>14</sup>

<sup>9</sup> Northern Arizona University, Volatile organic compounds, s.1-2.

<sup>10</sup> Holmberg, J. (1999) s.270, 439.

<sup>11</sup> U.S. Environmental Protection Agency.

<sup>12</sup> Berenjjan, A., Chan, N., Malmiri, H. J. (2012) s.220

<sup>13</sup> Tétreault, J. (2011) s.40

<sup>14</sup> Schieweck, A. (2009) s.15

Det diskuteras mycket om flyktiga organiska ämnen och hur de påverkar vår inomhusluft och föremålen i museer, men en del flyktiga organiska ämnen påverkar även vår egen hälsa negativt. Hur stor påverkan blir beror på hur länge man utsätts för de skadliga ämnena och i vilken koncentration dessa förekommer. Typiska symptom kan vara irritation i luftvägar och ögon, huvudvärk, illamående och yrsel samt nedsatt koordineringsförmåga. Det finns ett välkänt begrepp för dessa typer av påverkan; SBS, *sick building syndrome*. En del VOC kan även påverka det centrala nervsystemet, samt orsaka skador på lever och njurar. Man har även bevis på att en del ämnen är cancerogena, däribland formaldehyd.<sup>15</sup>

Inomhus kommer emissioner av flyktiga organiska ämnen främst från möbler, byggnadsmaterial, färger och lacker, men även städprodukter och kontorsvaror, för att bara nämna några av de många emissionskällorna. Schieweck menar att emissioner i museum kan delas in i fyra kategorier;

- *Miljöeffekter*. Hit räknas de utomhusföroreningar som finns i atmosfären, såsom ozon(O<sub>3</sub>), svaveldioxid(SO<sub>2</sub>), kväveoxider(NO<sub>x</sub>), kolmonoxid(CO) och koldioxid(CO<sub>2</sub>), men även emissioner från marken. Dessa föroreningar kan ta sig in i museer via strukturella defekter i byggnaden eller läckage från fönster.
- *Mänskliga aktiviteter*. Människor som rör sig i museet kan via andningen avge låga halter av koldioxid, ozon och svavelgaser. Detta för att de tar in utomhusföroreningar.<sup>16</sup> Framförallt drar man också med sig damm och partiklar in i museibygnaden.
- *Byggnadsmaterial*. De främsta emissionskällorna kommer här från möblemang, väggfärg och golv.
- Den sista kategorin är *utställningar*. Föremålen själva avger emissioner vilket beror på antingen deras uppbyggnad eller de konserverings- och restaureringsåtgärder de genomgått.

Under utställningar är det vanligt att visa föremålen i montrar. Detta för att skydda dem från fysisk skada orsakad av besökare, fluktuationer i klimatet, andra oönskade miljöfaktorer och damm. Många montrar saknar dock helt det genomflöde av luft som finns i det omgivande rummet. Halterna av de emitterade ämnena påverkas av luftbyte, temperatur, materialkomposition och fuktkvot. Att många montrar är nästan eller helt slutna gör att emissioner kan byggas upp till högre koncentrationer, men här spelar valet av material till montern också en stor roll. Denna uppbyggnad av emissionskoncentrationer kan leda till sekundära emissioner, alltså emissioner som skapas antingen i materialet eller i den omgivande luften genom kemiska reaktioner. Det är de här sekundära emissionerna som framför allt orsakar problem, eftersom de inte avtar med tiden, vilket primära emissioner huvudsakligen gör. Med primära emissioner menas så kallade fria, obundna VOC, vilka avges från nytt material, lösningsmedel och additiver. Oftast avges de relativt snabbt.<sup>17</sup>

### 2.1.1 Haltangivelser

När man talar om VOCs och föroreningars koncentrationer finns det olika sätt att ange dem på. I Amerika använder man ofta ppbv, *part per billion*, där *billion* betyder miljard(10<sup>9</sup>). När det gäller en koncentration av en gas används istället ofta ppm, *part per million*. I Europa använder man sig av SI-systemet. Man anger då gaskoncentrationer i µg/m<sup>3</sup>. Då man i litteraturen ofta stöter på olika definitioner kan det vara bra om man vet hur man omräknar ppb till µg/m<sup>3</sup>. Omräkningen sker enligt följande formel; 1 ppb = 0,0409 × M µg/m<sup>3</sup>, där M står för molvikten. Holmberg ger fler exempel i Tidens Tand, men ett utav dem är följande; Molvikten för svaveldioxid är 64, vilket betyder att 1 ppb(0,001 ppm) svaveldioxid motsvarar

<sup>15</sup> Northern Arizona University, Volatile Organic Compounds, s.1-2.

<sup>16</sup> Thickett, D., Lee, L.R. (2004) s.7.

<sup>17</sup> Schieweck, A. (2009) s.10, 14-17.



2,6 µg/m<sup>3</sup> enligt det Europeiska koncentrationvärdet. Omvänt motsvarar alltså 1 µg/m<sup>3</sup> svaveldioxid 0,38 ppb.<sup>18</sup>

Uppsatsskrivaren väljer dock att använda sig av de värden som de olika författarna använt sig av i litteraturen, utan att omräkna dem till SI-systemet.

### 2.1.2 Formaldehyd och organiska syror

Formaldehyd och organiska syror, främst myrsyra och ättiksyra, hör till de mest diskuterade föroreningarna i museummiljöer. Det är på grund av att de orsakar en typisk vit efflorescens på metaller och kalkartade material. Deras korrosionspåverkan kan skrivas som följande; formaldehyd < myrsyra < ättiksyra.<sup>19</sup>

Formaldehyd hör till gruppen aldehyder och det har länge varit känt att formaldehyd avges från många trämaterial. Ämnet avges främst från de limmer som man använder sig av vid produktionen av sammanpressat trämaterial. Därför har efterfrågan på trämaterial som avger lägre halter formaldehyd efterfrågats. Nu för tiden kan industrierna använda sig av limmer utan formaldehyd, men det är inte alltid man använder sig av dessa. Det finns alltså stora variationer av emissionshalterna bland trämaterial. Lågvolatila träskivor som producerats utan formaldehydlimmer har ofta en specifik märkning. Exempelvis märks sådana MDF-skivor med E1. Det går dock inte helt att ta bort emissionerna eftersom det i naturens naturliga metabolism förekommer formaldehyd, vilket är en metabolismprodukt. Det är också känt att olika träsorter avger olika halter av formaldehyd och organiska syror, speciellt myrsyra och ättiksyra.<sup>20</sup> Ek och äkta kastanj hör till de träsorter som avger mest emissioner medan bok är ett träslag med lösare emissioner av flyktiga syror. Gransorter brukar hamna någonstans i mitten av skalan men betraktas ändå som relativt lågemissiva.<sup>21</sup> Generellt så avger nordiska lövträd mindre VOC än barrträd. Hur stora de olika emissionshalterna är beror på flera faktorer, såsom när trädet fälldes, om det är kärnvirke eller splintved och vilken behandling träet genomgått efter fällningen. Exempelvis så avger ugnstorkat trä mer organiska syror än lufttorkat trä. En del träsorter avger organiska syror så länge som 20 år efter fällning.

Det som ger trädet, och därmed också virket, dess styrka och form är cellulosan, hemicellulosan och ligninet. Men i trä förekommer det även andra ämnen, om än i små mängder, vilkas uppgift är att ge skydd mot insekter och svampar. Dessa ämnen kallas extraktivämnena. De kan lakas ut med lösningsmedel, men de kan också avges spontant till den omgivande luften eftersom vissa av dessa är tillräckligt flyktiga. För att nämna några så är hartssyror, fetter, vaxer, estrar, aldehyder, alkoholer, terpenier och fenoler exempel på extraktivämnena. Enligt Holmberg utgör de tillsammans 4-10 viktprocent av kärnveden och 0,5-2 viktprocent av splintveden av furu och gran. En del av dessa har hög flyktighet, exempelvis aldehyder såsom hexanal, men även små mängder av formaldehyd. Enligt lag får träskivor högst avge 0,12 mg/m<sup>3</sup> formaldehyd vid en kammarmätning, enligt standard SS 270236. Detta anses inte vara tillräckligt lågt för museianvändning.<sup>22</sup>

På museer är trä ett välanvänt material. Det är billigt, flexibelt och lätt att arbeta med, men har även andra fördelar. Trä kan buffra förändringar i RF vilket kan vara en fördel för en del artefakter. Det är vanligt att man använder skivmaterial såsom plywood, fibermaterial och MDF (*medium density fibreboard*), vilka samtliga kan avge formaldehyd till montrar och utställningar. Som nämnt ovan är många montrar helt slutna, vilket innebär att emissioner hålls instängda och kan byggas upp till högre koncentrationer än i det omgivande rummet. Vid

<sup>18</sup> Holmberg, J. (1999) s.272.

<sup>19</sup> Schieweck, A. (2009) s.7.

<sup>20</sup> Thickett, D., Lee, L.R., (2004) s.3, 6.

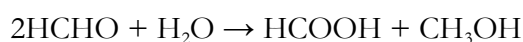
<sup>21</sup> Meyer, B., Boehme, C. (1997) s. 45-47.

<sup>22</sup> Holmberg, J. (1999) s.271.

ett tillfälle uppmätte man på British Museum att halten formaldehyd och ättiksyra var så mycket som 20 gånger högre i montern än i omgivande rummet. Ett sådant scenario uppstår särskilt lätt när man i stressade utställningssituationer, och kanske tillsammans med ekonomiska begränsningar, inte ges tid till att testa material eller leta andra alternativ. I just det här fallet visade det sig att det var färgen som användes till att måla montern som avgasade de organiska syror.

Man brukar i träindustrin använda sig av olika formaldehydlimmer, beroende på hur materialet är tänkt till att användas. Ureaformaldehyd används generellt för inomhusbruk medan fenolformaldehyd används till produkter som ska vara utomhus.<sup>23</sup> Ureaformaldehyd är lätt och billigt att producera. Det är ett hårdbart harts som främst används i limmer till MDF och andra pressade träsorter. Produktionsprocessen ser ut som så att man behandlar urea med formaldehyd i ett neutralt eller alkaliskt(basiskt) medium. Då produceras dimetylol urea, vilket sedan polykondenseras när det hettas upp i ett surt medium. Med polykondensering menas att det resulterar i en polymer. Det går inte att använda utomhus eftersom det hydrolyserar(bryts ner), vid höga temperaturer och hög fuktighet. När man använder sig av trämaterial inomhus som har detta lim sker en markant ökning av formaldehydhalten.<sup>24</sup> Mängden formaldehyd i MDF är reglerat på grund av hälsoskäl i möbelindustrin. Detta eftersom formaldehyd anses cancerogent, som tidigare nämnt, av OSHA(*Occupational Safety and Health Organisation*).<sup>25</sup> Fenolaldehyd som används för utomhusbruk är betydligt mer stabilt. Det bildar ett stabilt harts genom korsbindning, vilket inte avger formaldehyd när det åldras eller utsätts för nedbrytande miljö. Direkt efter tillverkning är en del formaldehyd bundet till fukten i träet, men efter sex månader är dessa halter så låga att de knappt är påvisbara. För musealt bruk är därför träsorter baserade på fenolformaldehyd egentligen ett bättre alternativ, men material med detta lim är i regel dyrare. Viktigt att nämna är också att det inte är helt stabilt för föremål att utsättas för trämaterial som har fenolformaldehydbaserat lim, då man har uppmärksammat att viss korrosion har förekommit på testmaterial i museala studier. Detta kan bero på tvärbindingen eller andra tillsatta kemikalier.<sup>26</sup>

Man har länge ifrågasatt om formaldehyd egentligen är farligt för kulturföremål. Man tror att högre aldehyder utgör ett större hot. Exempelvis etanal, vilket är det rationella kemiska namnet på acetaldehyd, och kanske hexanal. De oxiderar emellertid inte lika lätt som formaldehyd, vilken är den mest lättoxiderade aldehyden. Den kan bland annat bilda karboxylsyror genom att antingen i gasform oxidera i närvaron av hydrater eller genom fotokemiska reaktioner. De syror som bildas hör till de lågmolekylära karboxylsyror, vilka man vet är skadliga för flertalet material. Oxidering av aldehyder kan också förklaras av Cannizzaros reaktion;



Reaktionen kräver dock alkaliska förhållanden.<sup>27,28</sup>

## 2.2 Hur VOC-emissioner och andra luftburna föroreningar påverkar material

Att material påverkar varandra har varit känt länge. Redan år 1899 skrev Byne att olämpliga träkabinetter påverkade nedbrytningen av snäckskal. Nuförtiden vet vi att vad som händer är att när karbonatbaserade material, så som snäckskal, reagerar med organiska syror sker det en

<sup>23</sup> Thickett, D., Lee, L.R. (2004) s.5-7.

<sup>24</sup> Wisegeek.

<sup>25</sup> Northern Arizona University, Volatile organic compounds, s.2.

<sup>26</sup> Craddock, A.B. (1994) s.145-146.

<sup>27</sup> Tétreault, J. (2011) s.40.

<sup>28</sup> Raychaudhuri, M.R., Brimblecombe, P. (2000) s.226.

kristallin förändringprodukt. Fenomenet kallas idag för *Byne's Disease*. År 1850 såg man kopplingen mellan nedbrytningen av läder i *Athenaeum Club* och den dåtida gasbelysningen. Man förstod också att nedsmutsningen av målningar på National Gallery hade att göra med partiklar från rök. Det sambandet har också noterats redan år 1284, då man undersökte om föroreningen av luften i London och Southwark hade något att göra med det kol som användes till bränsle för ugnar. Men det går ännu längre tillbaka i historien än så. Redan under det första århundradet e.Kr. skrev Pliny att bly påverkades av timmer. Just kol har förstäligt nog uppmärksammats genom tiderna, och Digby skrev 1658;

*"this coal hath in it a great quantity of volatill salt very sharp, which being carried on by the smoke doth dissipate it self, and fill the air... it spoils beds, Tapestries and all other household stuff."*<sup>29</sup>

"... detta kol har i sig en stor mängd av flyktiga salter väldigt/skarpa/ vilka bärs vidare på röken och skingrar sig själv och fyller luften... det förstör sängar, gobelänger och alla övriga hushållsföremål." – *Uppsatsskrivarens översättning*.

Som nämnts i tidigare kapitel består den atmosfäriska luften av kemiska ämnen som kan verka nedbrytande på föremål. Detta resulterar i att en bronsskulptur får en patina av korrosionsprodukter eller att skulpturer av sten får sulfatkrustor. De vanligaste föroreningarna, som också är de skadligaste, verkar korroderande och nedbrytande på material är svaveldioxid(SO<sub>2</sub>), vätesulfid(H<sub>2</sub>S), saltsyra(HCL) och kväveoxider(NO<sub>x</sub>). Dessa orsakar skador redan vid låga koncentrationer och det finns ingen fastställd nedre gräns för tillåtna värden. Svaveldioxidens påverkan förstärks om det finns närvaro av partiklar, eller om luften är fuktig eller salthaltig. Man säger att korrosionshastigheten i en kuststad är fem gånger högre än för en stad på landsbyggden. En industristad har, jämfört med en stad på landsbyggden, fyra gånger högre korrosionshastighet.

Svaveldioxiden, och framförallt dess oxidationsprodukter, innebär en stor ekonomisk belastning för samhället. Det förstör också kulturhistoriska eller vetenskapliga föremål. Halten av svaveldioxid är större under vinterhalvåret, precis som för kväveoxider, eftersom dessa främst kommer från bilavgaser och andra ofullständigt brända fossila bränslen.

Även om dessa utomhusföroreningar letar sig in i våra byggnader så har inomhusluften sina egna särskilda föroreningar. Nivån av organiska syror kan exempelvis förväntas vara högre, speciellt myrsyra och ättiksyra, som avges från trämaterial. Inomhusföroreningar avges, som tidigare nämnts, från byggnadsmaterial, föremålen själva och besökare, och om dessa föroreningar stängs in i en sluten monter uppstår det med tiden problem eftersom koncentrationerna byggs upp och kan orsaka skada på de utställda föremålen. Metallföremål kan korrodera och organiska material kan bli spröda. Oorganiska material kan dessutom bilda salter. Situationen förvärras om det förekommer damm eftersom det drar till sig gaser.<sup>30,31</sup>

Hur flyktiga organiska ämnen påverkar våra museiföremål vet man ännu för lite om. Man diskuterar om vilken betydelse VOC egentligen har för kvalitén på vår inomhusmiljö, både ur hälsosynpunkt och för materialpåverkan. De VOC som man vet reagerar med specifika material är svavelämnen, organiska och oorganiska syror, alkalina ångor eller avdunstningar(exempelvis ammoniak), aldehyder(främst formaldehyd och acetaldehyd) samt peroxider. Som Holmberg konstaterar i *Tidens Tand* så är det en nackdel för konservatorsvärlden att man inte kommer i kontakt med erfarenheter från industrin och deras mer etablerade forskningsområden. Den kunskap konservatorer saknar finns antagligen, men informationen är svår att nå. Ett exempel på när ett sådant utbyte sker är materialet trä, där

<sup>29</sup> Baer, N.S., Banks, P.N. (1994) s.150.

<sup>30</sup> Thickett, D., Lee, L.R. (2004) s.3, 5.

<sup>31</sup> Holmberg, J. (1999), s.260.

konservatorer sedan länge har kunnat ta del av forskningen. Detta på grund av att de industriella resultaten är anpassade och publicerade för den kommersiella träindustrin.<sup>32, 33</sup>

Eftersom alla samband mellan VOC och dess skadliga inverkan inte är redogjorda för är det inte helt lätt att dra gränser för hur höga halter av VOC som ska tillåtas, eller hur de direkt påverkar olika material. Man kan dock nämna ett par generaliserande fakta om hur material påverkas av de vanligaste flyktiga organiska ämnena, såsom formaldehyd, och diverse föroreningar.

Metaller är erkänt känsliga, och man tänker oftast på just dem när man talar om korrosion och effekter av föroreningar eller hur material påverkar varandra. Känsligast är silver, bly och koppar. Man vet att zink korroderar i närvaro av formaldehyd, organiska syror, klorider och svaveldioxid. Järnmetaller påverkas av kvävedioxider och svaveldioxider. Särskilt ättiksyra har rapporterats vara korrosivt. Man vet också att formaldehyd kan oxidera till myrsyra, och ibland är det svårt att avgöra om en korrosion beror på myrsyran eller formaldehyden. Så är fallet där man har identifierat blyformater som korrosionsprodukt på blyföremål, då man inte kan härleda den till formaldehyden eller myrsyran specifikt. Dock vet man att formaldehyd kan missfärga fotografier. Formaldehyd, myrsyra och ättiksyra påverkar också icke-metalliska oorganiska material, och i högre koncentrationer kan det ske en nedbrytning av vissa sorter av glas.

Organiska material påverkas på flera olika sätt när de utsätts för vissa typer av föroreningar. Syror och alkali hydrolyserar, alltså bryter ner, cellulosebaserade material såsom papper och textil, genom att bryta cellulosakedjorna. Styrkan i materialet minskar och materialet riskerar då att gå sönder vid hantering. Cellulosamaterial påverkas även av svaveldioxid och kvävedioxid, och det behöver inte finnas höga halter av dem för att det ska ske en reaktion. När det gäller papper så har en del sorter komponenter i sig själva som orsakar försurning, exempelvis papper som innehåller lignin. Idag finns ligninfria papper, men undersökningar visar att åldringsegenskaperna hos dessa inte skiljer sig mycket från papper som innehåller lignin. Detta beror på att lignin inte bryts ned i stabila eller alkaliska miljöer. Dock så kan papper innehållande lignin missfärgas med tiden, och effekten av atmosfäriska föroreningar är inte kända. Det har också visats att om läder utsätts för svaveldioxid kan det ackumulera upp till 1 viktprocent svavelsyra, även om det från början helt saknade ämnet. Detta tror man beror på att SO<sub>2</sub> absorberas i lädrets kollagen och omvandlas till svavelsyra. Det är inte heller ovanligt att ett föremål innehåller flera olika typer av material. Textilier kan ju innehålla metalltrådar vilka påverkas av föroreningar, men även papper kan innehålla metalliska element. Man tror att foxing kan vara orsakat av föroreningar och reaktioner med svavel. Ozon kan i högre koncentrationer, som kan byggas upp i monter eller stängda förvaringsutrymmen, orsaka en ökad nedbrytningshastighet hos tyger, plaster och gummi. Lösliga salter, som finns i exempelvis keramik och sten, kan reagera med flyktiga organiska syror och bilda saltföreningar såsom exempelvis kalklactit (Ca(CH<sub>3</sub>COO)Cl·5H<sub>2</sub>O). Keramik som hittats på anaeroba platser har också visat sig avge sulfidgaser. Detta kan skapa svarta beläggningar av kopparsulfid på bronsobjekt om de förekommer i samma monter eller förvaringsutrymme som keramiken. Järn som kommer från liknande miljöer kan även de avge sulfider.<sup>34, 35</sup>

I museimiljöer, arkiv och bibliotek kommer NO<sub>x</sub> framförallt från cellulosanitrat, vilket är en av de första plasterna som producerades under 1800-talet. Bättre plaster ersatte med tiden cellulosanitratplasten, men en del produkter görs fortfarande av ämnet. Det brukade användas till fotografisk film, lacker, adhesiv, konstgjort silke eller impregnerade tyger för att nämna några exempel. När cellulosanitrat åldras avger det kontinuerliga NO<sub>x</sub>-emissioner.

---

<sup>32</sup> Tétreault, J. (1994), s.81.

<sup>33</sup> Holmberg, J. (1999) s.268, 270.

<sup>34</sup> Baer, N.S., Banks, P.N. (1994) s.156-158.

<sup>35</sup> Thickett, D., Lee, L.R. (2004) s.3-5.

Nedbrytningen av textila material, både vad gäller fiberstyrka och blekning av färgämnen, brukar tillskrivas  $\text{NO}_x$ . Fotografiskt material är den största källan till sådana emissioner i museala samlingar idag. Själva nedbrytningen av fotografiskt material påverkas till liten del av ozon och kväveoxider, men gaser såsom vätesulfid och svaveldioxid är de huvudsakliga faktorerna. Effekterna kan man se i form av blekning eller gulning av silvret i bilden, eller att pappersbasen blir fläckad och nedbruten. Finns det dessutom syror närvarande bryter de dessutom ned gelatinet och både pappersbasen och filmbasen på negativen.

Missfärgningen av silver beror bland annat också på sulfider som avges från vissa gummiprodukter, färger, nedbrytet kasein (vilket beror på en bakterie som heter *Thiobacillus*) och från vissa textilier i utställningsmiljöer. Här i Skandinavien, men även i Storbritannien, Tyskland, Frankrike och Italien, har det rapporterats om svarta prickar av kopparsulfid på bronsföremål. Man tror att detta beror på att vätesulfid reagerar med kopparlegeringen, men källan till sulfiden är inte känd. Luftföroreningar, mikrobiologisk nedbrytning av organiska material, emissioner från montermaterial och närvaron av karbonsulfid spelar antagligen också in.<sup>36</sup>

---

<sup>36</sup> Baer, N.S., Banks, P.N. (1994) s.153-157.

## 3. Åtgärder

### 3.1 Museet

I museala sammanhang brukar man definiera de huvudsakliga luftburna föroreningarna för att underlätta kontrollen och bevakningen av föroreningshalterna. Dessa brukar vara ozon(O<sub>3</sub>), vätesulfid(H<sub>2</sub>S), kvävedioxid(NO<sub>2</sub>), svaveldioxid(SO<sub>2</sub>) och ättiksyra(CH<sub>3</sub>COOH), men även vattenånga(H<sub>2</sub>O) och partiklar(PM<sub>2,5</sub>). Genom att kontrollera dessa huvudsakliga föroreningar kan man kontrollera majoriteten av övriga föroreningar då de oftast inte kräver annorlunda åtgärder. Undantaget är kväveoxiderna som innebär vissa problem.<sup>37,38</sup>

Många av föroreningarna som kan leta sig in i museer kommer in via så kallade HVAC-system, vilket står för *Heating, Ventilation and Air Conditioning*. Föroreningar kan även ta sig in i museibygnaden genom så kallad infiltration. Det innebär att uteluft tränger in i byggnaden när det blåser. På detta sätt kan bland annat salter ta sig in i museer som ligger belägna i kuststäder. I Sverige har vi ett system för ventilering och ett för uppvärmning.<sup>39</sup>

Beroende på vilket ämne man vill sortera bort kan man välja olika filter som används i ventilationssystemens tilluftsventil. Man ska då utgå från de föroreningar som finns i den omgivande luften, och det är bra om museets ledning vet mellan vilka koncentrationsnivåer de förekommer. Finns det inte tillgängliga lokala data att tillgå kan man använda sig av allmänna datavärden. Om det finns anledning att tro att det lokalt förekommer stora variationer jämförelsevis med de allmänna värdena kan man kontakta kommunala miljövårdsmyndigheten. De kan tillhandahålla speciell mätutrustning så att man kan utföra mätningar under en längre tid. Även en del filtertillverkare kan erbjuda sådan utrustning. Det är viktigt att man har koll på detta så att man kan avgöra vilka bytes- eller rengöringsintervaller man ska tillämpa, vilket också är av vikt för museets årskostnad. Genom att använda sig av gasfiltrering kan man sortera bort mycket av ozonet, svaveloxiderna och partiklarna.

När det kommer till partikelfiltrering måste man bestämma om man vill avskilja partiklar beroende på deras totala massa eller deras totala antal. Vill man avskilja så många partiklar som möjligt, vilket är motiverat av konserveringskäl, krävs väldigt effektiva filter. Detta på grund av att partiklar är väldigt små, men då får man samtidigt en avskiljning för partiklar baserad på massa. Filtret ska ha lägst klass EU7, men man rekommenderar att museer helst ska använda sig av partikelfilter med klass EU8 eller EU9. Dessa filter kan vara tillverkade av glas- eller syntetfibrer. Syntetiska filter säljs elektriskt laddade. Riksantikvarieämbetet rekommenderar dock att man använder sig av glasfiberfilter, då dessa ger en längre filtreringseffekt. Partiklar och aerosoler(finfördelade partiklar i fast eller flytande form) bidrar till att smutsa ned och skada kulturföremål. Ett bra ventilationssystem bidrar till att förekomsten av dessa minskar.

Enligt nybyggnadsreglernas allmänna råd behöver tilluft i bostadshus inte renas från gaser, men det krävs alltid partikelavskiljning. Ett museum bör ha någon typ av gasfiltrering utöver partikelfiltreringen. Hur mycket gaser som ska avskiljas på museer finns det inte några generella riktlinjer för, men flertalet organisationer har publicerat rekommendationer. Även här måste man veta hur de lokala förhållandena är för att kunna avgöra hur effektiva gasfilter man ska använda sig av. En enkel filtreringsmetod är att låta gasen tvättas i vätska. Det är

<sup>37</sup> Baer, N.S., Banks, P.N. (1994) s.152.

<sup>38</sup> Schieweck, A. (2009) s.16.

<sup>39</sup> Holmberg, J. (1999) s.255.

också vanligt att man använder filter med aktivt kol eller ett filter som har en fibermassa av aluminiumoxid. Hur länge luften fördröjs i ett filter är avgörande för hur effektivt det ska fungera. Genom att använda aktiverat kol har man i Kalifornien rapporterat att ozonhalterna inomhus minskat med 95 %,  $\pm$  5 %. Efter 3600 timmars användning sjunker effektiviteten, men avlägsnar ändå ca 50 % av ozonet.<sup>40, 41</sup>

Att avlägsna NO<sub>x</sub> är svårt, på grund av alla de olika kombinationer de förekommer som. De filter som finns för NO<sub>2</sub> har inte varit särskilt effektiva, och det kan bli en rätt dyr process.<sup>42</sup> Salpetersyra, som i samband med NO<sub>x</sub> är vanligt, kan avlägsnas genom aktiva kolfilter, gasabsorbering eller genom att tvätta gasen i vätska. Både NO<sub>2</sub> och SO<sub>2</sub> avlägsnas genom en alkalisk vattentvätt, vilket också borde avlägsna salpetersyran.<sup>43</sup>

### 3.2. Slutna utrymmen

Oavsett hur bra filter och luftventilationssystem ett museum har hjälper det inte föremålen som visas i en monter, eftersom de befinner sig i en egen särskild miljö. Undantaget är om montern har ett aktivt ventilationssystem. I en sluten monter är en första åtgärd för att minska förekomsten av emissioner och skadliga effekter att se till att materialen själva inte påverkar varandra. Genom att planera utställningar och förvaringsutrymmen, samt testa material, kan man förebygga mycket utav problematiken. De olika materialgruppernas behov bör utvärderas i en riskanalys som tar särskild hänsyn till hur länge exempelvis en utställning ska fortgå. En kortvarig utställning kräver inte lika lång förberedelse som en långvarig. Huruvida ett material avger höga emissionsmängder har mycket att göra med arealen på dess yta. Ett adhesiv som används till att fästa en etikett eller liknande har inte lika mycket yta exponerad som exempelvis ett tyg som används i montern som dekoration. Man kan enkelt förebygga att höga emissionsmängder samlas i montern genom att skapa ett tryck i den. Det kan åstadkommas genom att man använder en liten pump så att gaserna drivs ut. En enklare metod är att göra ventilationshål. Man ska dock vara medveten om att man genom att göra detta så kan eventuella föroreningar genererade utomhus leta sig in i montern. För att minska risken för skadliga partiklar och föroreningar kan man använda ett filter över ventilationshålen. Ventilationshål kräver också att man har strängare koll på RF inne i montern.

Genom att klä exempelvis trä med inerta material kan man hindra att emissioner från trä avges inne i montern. Aluminiumfilm kan vara bra till detta. Att klä montrar i tyg kan också fungera men man måste vara noga med att använda sig av tyger som inte avger föroreningar, varken i sig själva eller genom olika tillsatser de fått, såsom antirynkmedel eller flamskyddsmedel. Ull exempelvis avger sulfider.

Man kan hålla koll på mängden formaldehyd och organiska syror i en monter genom att samla luftprover och utföra mätningar på dem. Det finns dock både enklare och mer ekonomiska alternativ, som man dessutom kan användas för att påvisa andra skadliga gaser, och det är genom det så kallade kupongtestet. Det innebär att man har små bitar av känslig metall som fungerar som en indikation på för höga emissionsmängder, i och med att eventuell korrosion påvisas där först, innan man synligt kan se påverkan på det utställda materialet. Genom att exponera koppar- eller silverkuponger i den slutna montern, eller rummet, kan man efter en tid mäta den eventuella korrosionen. Detta kan man göra eftersom kupongerna, om de har rengjorts, har en mer reaktiv yta än materialen i montern.<sup>44, 45</sup>

---

<sup>40</sup> Holmberg, J. (1999) s.255, 261-263, 268-269.

<sup>41</sup> Cass, G.R., Druzik, J.R., Grosjean, D. et.al. (1989) s.45.

<sup>42</sup> Whitmore, P.M., Cass, G.R. (1989) s.85-97.

<sup>43</sup> Salmon, L.G., Cass, G.R. (1993) s.89.

<sup>44</sup> Thickett, D., Lee, L.R. (2004) s.5, 25-27.

<sup>45</sup> Holmberg, J. (1999) s.262.

Mikroklimatramar har man sett skyddar mot föroreningar, men de internt emitterande syror, myrsyra och ättiksyra, kan ibland nå höga koncentrationer, precis som för montrar. Det har också visats att dessa syror inte enkelt kan ventileras ut. Under sommaren är dessutom mängden organiska syror högre, ofta i relation till ozon och kväveoxid, vilket kan få sin förklaring av olika grader av ventilerings tillämpats. Bäst är att kombinera ventileringen med ett absorberande ämne i ramen.<sup>46</sup> Det är viktigt att poängtera att en ram som inte är helt lufttät inte är lika motståndskraftig för fluktuationer i klimatet. Genom att ha en lufttät mikroklimatram, eventuellt med tillsats av silica gel, får man ett bra skydd för fluktuationer i RF.<sup>47</sup>

---

<sup>46</sup> Grøntoft, T. (2012) s.37, 45.

<sup>47</sup> Bossahard, E. (1994) s.98.



## 4. Målningar och hur de påverkas av flyktiga organiska ämnen

Målningar kan visas för besökare på flera sätt. På ett konstmuseum kan man se konstverken hänga i ett galleri, men de kan också under andra omständigheter visas innesluten i en monter, ibland tillsammans med andra material. Detta för att skydda föremålen från fluktuationer i RF, temperatur, vandalism, stöld och kemiska föroreningar. Det blir också mer och mer vanligt att man använder sig av särskilda mikroklimatramar för målningar som en extra säkerhetsåtgärd inför exempelvis ett utlån. Särskilt vanligt är det för pannåer, då de är mycket känsliga och riskerar att spricka vid för stora fluktuationer i det omgivande klimatet. En målning som fått en klimatram kan också sedan få hänga kvar i den även efter att den kommit tillbaka, återigen för extra skydd.

Att innesluta en målning i en monter eller en mikroklimatram ses som övervägande positivt för dess livslängd, men det är ändå viktigt att man är medveten om att det faktiskt kan medföra aspekter som påverkar målningen negativt. En sluten monter kan fungera som ett växthus, bidra till skadeinsekter och som beskrivet tidigare, avge skadliga VOC. Flertalet studier visar att det är ganska svårt att hålla ett riktigt bra klimat i en monter.<sup>48</sup>

I uppsatsen används termen mikroklimatramar efter engelskans *microclimate frames* (ofta förkortat *mc-frames*), men det finns ett antal olika begrepp som alla beskriver ungefär samma sak. Klimatramar, klimatboxar, *microclimate vitrines* etc.

### 4.1 Lite om mikroklimatramar

Det ökade intresset bland konservatorer att använda sig av mikroklimatramar beror till stor del på att man har blivit medveten om att det inte bara är ljus, RF och temperatur som påverkar en målning. Man har under de senaste två decennierna fått allt större kunskap om inomhusklimatet och dess föroreningars effekter på konstverken. I Europa är det vanligt att gallerier och museer är lokaliserade i historiska byggnader i stadsmiljö, vilka oftast har dålig motståndskraft från luftföroreningar genererade utomhus.<sup>49</sup> Som uppsatsen redan redogjort för är det främst oorganiska föreningar såsom kväveoxider ( $\text{NO}_x$ ), ozon ( $\text{O}_3$ ) och svaveldioxid ( $\text{SO}_2$ ) som letar sig in utifrån, och deras olika effekter på kulturföremål har studerats. Inomhus genereras främst organiska föroreningar, alltså flyktiga organiska ämnen (VOC), vilka avges från bland annat byggnadsmaterial.

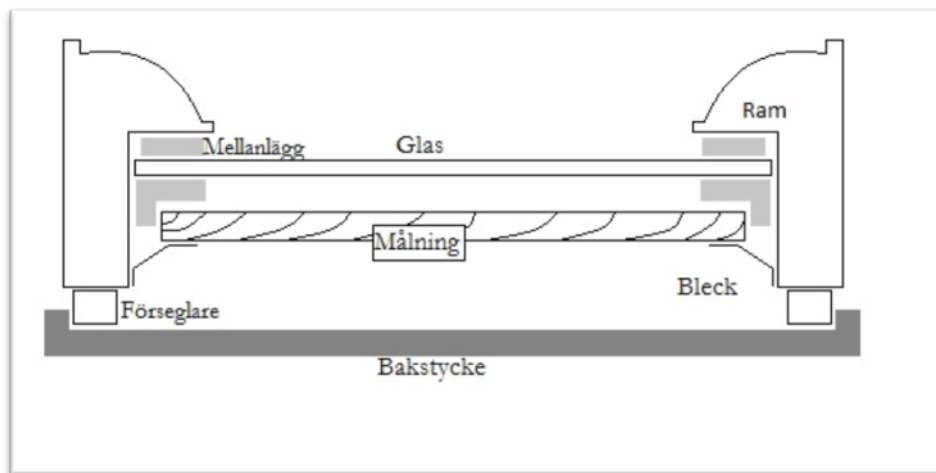
En mikroklimatram består huvudsakligen av en framsida av någon typ av glas, en ogenomtränglig baksida och en lufttät ram, se figur 1 sida 23.<sup>50</sup> Materialet till ramen varierar och bakstycket förseglas genom att man skruvar fast bakstycket. Tanken är att ramen bland annat ska fungera buffrande mot fluktuationer och skydda mot föroreningar. Detta är tydligt positiva åtgärder för målningen. Av de negativa effekterna kan nämnas ökad vikt, ibland en ganska ansevärd ökning vilket försvårar hantering och därmed ökar risken att något går sönder, men även kostnaden kan ibland vara ett hinder. Det har också lyfts fram att det innebär en ökad risk för att växthuseffekt kan uppstå i mikroklimatramen.<sup>51</sup>

<sup>48</sup> Camuffo, D., Sturaro, G., Valentino, A. (2000) s.65.

<sup>49</sup> Bonaduce, I., Odlyha, M., Di Girolamo, F. et.al.(2013), s.487.

<sup>50</sup> Sozzani, L.S.G. (1997), s.98.

<sup>51</sup> López-Aparicio, S., Grøntoft, T., Odlyha, M. et.al. (2010) s.59-60.



Figur 1: Enkel mikroklimatram efter L.S.G. Sozzanis design.

Viktigt att ta upp är också att en del tycker att man genom att placera en målning i en mikroklimatram förstör det estetiska intrycket.<sup>52</sup> Ljus kan reflekteras i glaset, och målningen kan kännas distanserad från betraktaren och svårare att ta in. Nuförtiden kan man välja material som inte reflekterar ljus särskilt mycket, men det är en optisk fråga som beror mycket på varifrån man betraktar målningen, samt hur ljuset faller i förhållande till ens egen synvinkel. Precis som i en monter finns det risk för att det ackumuleras VOC-emissioner eller att det sker en mikrobiologisk påväxt. VOC-emissionerna kommer huvudsakligen från själva ramen. Till vilka koncentrationer dessa VOC-emissioner kan byggas upp till beror på ett antal faktorer. Dels emissionsstyrkan för de flyktiga organiska ämnena, men även kemiska reaktioner i ramen och förmågan till absorption eller desorption, förhållandet mellan ytan och volymen och slutligen eventuellt luftbyte. Vanligtvis är luftbytet lågt, mindre än 1/dag, och *yta/volym-förhållandet* stort, vilket innebär att under en längre tid kan emissioner byggas upp till skadliga halter. Här dyker dilemmat upp om man ska använda sig av mindre lufttäta ramar för att minska risken för ackumulerandet av emissioner, men då ökar risken för exempelvis externa föroreningar. Studier har gjorts som visar att det i mikroklimatramar ofta förekommer oxiderande ämnen, visserligen i låga koncentrationer i förhållande till det omgivande rummet, men att man istället har hittat högre koncentrationer av VOC. Bland annat formaldehyd, ättiksyra, myrsyra, aromatiska kolväten såsom toluen, p-xylen och m-xylen, men också terpener såsom  $\alpha$ -pinen, limonen och  $\Delta^3$ -caren.  $\alpha$ -pinen och limonen kan reagera med oxiderande ämnen och bilda myrsyra, ättiksyra, feta syror och formaldehyd. I moderna ramar har man funnit halter av bland annat metyl metakrylat vars effekter på målningar inte är undersökta.<sup>53, 54</sup>

Akkumulerade halter av VOC inne i ramarna kan också reduceras genom att man använder sig av barriärer över de material som emitterar flyktiga organiska ämnen. Lågt luftutbyte kan leda till en del problem, exempelvis om lösningsmedelsmolekyler blir instängda leder det till att fernissan plastifieras. Finns det höga emissionshalter av ättiksyra påverkar det också fernissan.<sup>55</sup>

<sup>52</sup> Bosshard, E. (1994) s.98.

<sup>53</sup> López-Aparicio, S., Grøntoft, T., Odlyha, M. et.al. (2010) s.60, 62-64, 67, 69.

<sup>54</sup> Holmberg, J. (1999) s.439.

<sup>55</sup> Bonaduce, I., Odlyha, M., Di Girolamo, F. et.al. (2013) s.498-499.

## 4.2 VOC

Man kan generellt säga att de effekter VOC har på målningar inte är lika undersökt som hos andra material. Man kan dock konstatera att många målningars tidigare konserverings- och restaureringsåtgärder emitterar flyktiga ämnen. Till exempel så räknas dammarfernissa som högemitterande och avger bland annat  $\alpha$ -pinen och limonen, några mycket vanliga typer av VOC. Akryldispersioner avger, förutom akryliska syror, ättiksyra, precis som PVAc. Dessa två räknas dock som måttligt emitterande. Ättiksyra kan även avges från fisk- och hudlim men är endast lågemitterande. Oxiderande gaser vet man kan skada färgämnen genom att attackera deras funktionella grupper.<sup>56</sup> Man vet också att oorganiska pigment kan missfärgas av sulfidgaser. Blyvitt och mönja kan reagera med sulfidgaser och omvandlas till svart blysvulfid.<sup>57</sup>

Bristen på studier gällande hur målningar påverkas är påtaglig, formaldehyd undantaget. En del undersökningar har dock utförts gällande de vanligaste förekommande föroreningarna, vilket kommer att redogöras för härnäst.

## 4.3 Effekter av formaldehyd och andra emitterade ämnen

### 4.3.1 Formaldehyd ( $CH_2O$ , eller $HCHO$ )

Formaldehyd, även kallat formalin **om det är löst i vatten**<sup>58</sup>, förekommer i stort sett i alla museer på grund av dess emissionskällor, exempelvis träkompositer som används till byggmaterial. Det har utförts studier på huruvida formaldehyd påverkar målningar och dess pigment, och man kan i stort **sätt** säga att pigment inte är känsliga för formaldehyd. Ozon och kvävedioxid, vilka letar sig in i museibygnader utifrån, utgör ett större hot.<sup>59</sup> Viktigt att ha i åtanke är dock möjligheten att formaldehyd kan oxideras och skapa karboxylsyror, vilket utgör en risk för målningar.

### 4.3.2 Svaveloxider ( $SO_x$ )

Svaveldioxid är, som uppsatsen tidigare tagit upp, en av de vanligaste luftföroreningarna. Dessutom kan svaveldioxid oxidera till svaveltrioxid,  $SO_3$ , vilket i kombination med vatten omvandlas till den starka syran svavelsyra.<sup>60</sup> Williams et al. har utfört en studie för att testa om pigment och färgämnen påverkas av svaveldioxid. De pigment som testades, organiska pigment såsom gulockra, och oorganiska pigment, exempelvis presussiskt blått och kromgult, utsattes för halter av svaveldioxid, i frånvaro av ljus. Sedan studerades eventuell färgförändring. Testerna utfördes på akvarellpapper där pigmenten, förtunnade i suspensioner, sprayades på med hjälp av en så kallad *airbrush*. Det visade sig att alla pigment, utom en särskild grupp av färgämnen som består av trifenylmetan (exempelvis *basic fuchsin*, *brilliant green* och *pararosaniline base*), uppvisade lite eller ingen färgförändring. Dessa små färgförändringar behöver inte vara relaterade till svaveldioxiden utan kan också bero på att färgen oxiderat.

I museum varierar halten  $SO_2$  mellan 1 ppb – 40-50 ppb. För museum med den lägre halten vid ca 1 ppb tar det ungefär 15 år innan man når upp till samma halt av svaveldioxid som för den i studien. Ett museum som saknar, eller har dåligt underhållna, kemiska filtrationssystem och därför har en  $SO_2$ -halt på cirka 50 ppb, tar det endast 4-6 månader innan samma nivå av  $SO_2$  kan uppmätas som för den i studien. Värt att notera är att färgämnen och pigment på

<sup>56</sup> Schieweck, A. (2009) s.7, 86-87.

<sup>57</sup> Thickett, D., Lee, L.R. (2004) s.5.

<sup>58</sup> Norén, J. O (2008), s.3.

<sup>59</sup> Williams, E.L., Grosjean, E., Grosjean, D. (1992) s.201-210.

<sup>60</sup> Strlic, M., Mattarozzi, S., Landriscina, G., et al. (2012) s.16.

annat underlag, såsom textilier, kan komma att reagera annorlunda.<sup>61</sup> Det har varit känt sedan 1930-talet att pappers nedbrytning påverkas av svaveldioxid. Även bomull, som precis som papper består av cellulosa-fibrer, påverkas av svaveloxider på ett sätt som gör att draghållfastheten minskar och nedbrytningshastigheten i det närmaste fördubblas.<sup>62</sup>

#### 4.3.3 Ättiksyra ( $CH_3COOH$ eller *Hac*)

I en nyligen utförd studie har man kunnat konstatera hur dammar påverkas i museal miljö under exponeringen av oorganiska föroreningar,  $NO_2$  och  $O_3$ , jämfört med ättiksyra. Dammarfernissa har varit, och är fortfarande, en mycket vanligt använd fernissa som fungerar som målningens första barriär mot luftföroreningar. Den har också blivit noga studerad och man känner till dess molekylära struktur. Man vet att de åldras autooxidativt, på samma sätt som flertalet andra organiska material som kan användas i målningar, torkande oljor och terpenoidhartser är exempel på sådana material. Bonaduce, Odlyha, Di Girolamo m.fl. visar för första gången i sin nyligen utförda studie att dammar, under exponeringen av ättiksyra, ger liknande resultat som för de oorganiska föreningarna. När dammar bryts ned blir det skört och mister sin löslighet. Nedbrytningen sker genom oxidation, även i frånvaro av ljus, och den korsbinder i ökad grad under högre koncentrationer av föroreningar. Det har också visats att hotet från ättiksyra ökar under låga RF-förhållanden.

Dammarfernissan testades både i och utanför mikroklimatramar. Man kunde också konstatera att ramarna i vissa fall skyddade mot de externa oorganiska föreningarna, men i andra fall fungerade som fällor för de internt emitterade flyktiga organiska syror.

Ättiksyra är en vanligt förekommande syra i museala miljöer. En annan vanligt förekommande syra är myrsyra, men studier saknas i dagsläget gällande dess effekt på målningar.<sup>63</sup>

#### 4.3.4 Ozon ( $O_3$ )

I London undersökte man redan 1888 om konstnärspigment bleknade i närvaron av gaser från förbränningsugnar. Luften var mycket förorenad och man uppmärksammade flera problem, både på målningar och på annat material. Ozon är en av de mest oxiderande gaserna i atmosfären och det är interaktionen mellan solsken, syre, kväveoxider och kolväten som skapar höga koncentrationer av gasen. Det innebär att desto mer sol en stad har, desto högre halter av ozon kan man förvänta sig. Ozon orsakar skador på gummi och textilfibrer, men är även farligt för bindemedlet i utomhusfärger.

Man har i studier testat hur olika organiska färgämnen reagerar i närvaro av ozon och i frånvaro av ljus.

**Tabell 1:** Naturliga organiska färgämnen som testades. De anges här under sitt engelska namn som angivet i referenslitteraturen, eventuell svensk översättning står inom parentes.

<i>Weld lake</i>	<i>Litmus (lackmus)</i>
<i>Curcumin (gurkemeja)</i>	<i>Dragon's blood (drakeblod)</i>
<i>Saffron (saffran)</i>	<i>Indigo</i>
<i>Quercitron</i>	<i>Van Dyke Brown (Van Dyke brunt)</i>
<i>Persian Berries lake</i>	<i>Sepia</i>
<i>Gamboge (gullockra)</i>	<i>Bitumen</i>
<i>Cochineal Lake (karminrött)</i>	<i>Indian yellow (Indiskt gult)</i>
<i>Madder lake (krapplack)</i>	<i>Lac lake</i>

<sup>61</sup> Williams, E.L., Grosjean, E., Grosjean, D. (1993) s.291-310.

<sup>62</sup> Baer, N. S., Banks. P. N., (1994), s.156-157.

<sup>63</sup> Bonaduce, I., Odlyha, M., Di Girolamo, F. et al. (2013), s.487-488, 498-499.

Man kan konstatera att i stort sett så bleknar samtliga färgämnen. Pigmenten utsattes för 0,4 ppm ozon under 12 veckor (se kapitel 2.1.1 för närmare definition av ppm). Färgämnet bleknar eftersom reflektansen ökar när reaktionen med ozon sker. De pigment som bleknade mest var gurkmeja, drakblod, indigo och krapplack. Även saffran uppvisade kraftiga förändringar, medan indiskt gult och gulockra visade på något mindre reaktion än de övriga pigmenten. Man kunde i studien också påvisa två typer av pigment som inte indikerade någon blekning i närvaron av ozon, närmare bestämt sepiabrunt och Van Dyke brunt. Inomhus brukar man säga att en accepterad nivå på ozon är ca 0,001 ppm. Städer som utsätts för mer sol, exempelvis Aten, har väldigt svårt att hålla sig under den nivån. Men även på ställen där man förväntar sig lägre nivåer av ozon utomhus har man uppmätt halter upp till 0,017-0,035 ppm. Om ett museum på en sådan plats saknar effektivt filter mot ozon kan det ackumuleras halter inomhus som är två tredjedelar så höga som utomhus. Det är inte ovanligt att ett sådant museum har ozonhalter på 0,010 ppm.

Idag finns det pigment som är motståndskraftiga mot ozon, och konstnärer idag har själv möjlighet att välja vilka pigment man ska använda sig av. Man kan välja bland både organiska och oorganiska pigment. Även om dagens kemister kan framställa pigment som är motståndskraftiga mot ozon så är det viktigt att poängtera att det inte innebär ett fullkomligt skydd för pigmentet. Vid något tillfälle kommer en reaktion att ske, även om den då sker långsammare. Man har trott att tillsatsen av bindemedel och ytbehandlingar bidrar till att hindra ozon från att bleka de flesta pigment. Detta har visats gälla för bland annat linfröolja, äggtempera, kasein, bivax, schellack, dammar och akrylpolymeremulsioner. Troligen har man då inte tagit med i beräkningen hur dessa själva påverkas av diverse föroreningar. En nyligen utförd studie, se kapitel 4.4.2, talar för att vidare studier krävs. Krapplack, både som pigment och som färg, bleknade kraftigt och dessutom skedde förändringar i de fysikaliska egenskaperna hos den dammarfernissen som applicerats.

En bra och enkel skyddsåtgärd mot ozon är att montera en målning eller en akvarell bakom glas. Detta har visat sig skydda bra mot ozonattacker.<sup>64</sup>

#### **4.3.5 Kvävedioxid (NO<sub>2</sub>)**

I atmosfären finns flera olika föreningar av kväveoxider och man har inte identifierat vilken som är den skadande agenten, även om man vet att kvävedioxid har inneburit stora skador. Att det är svårt att definiera exakt vilken agent som verkar skadande beror på att kväveoxider alltid förekommer i olika kombinationer. Kvävedioxid är ett exempel, men även som mer komplexa blandningar så som aerosola nitrater, bland annat ammoniumnitrat(NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>), bidrar till osäkerheten kring vilken som är det skadliga ämnet. Alla olika föreningar som förekommer tillsammans, utan att man vet vilken eller vilka som är skadliga, gör det svårt att filtrera bort den här typen av förorening.<sup>65</sup> Ammonium i sig själv bidrar för övrigt till gulnandet av linfröolja och avges från bland annat betong och en del emulsionsfärger.<sup>66</sup>

Salpetersyra förekommer ofta som en komponent i diverse kväveblandningar eftersom kvävedioxid genom reaktioner kan bilda salpetersyra. Man har utfört tester på oorganiska och organiska pigment genom att utsätta dem för kvävedioxid. Då har man noga filtrerat bort just salpetersyra, och hållit nivåerna av den oxiderande kväveoxiden under uppsikt, för att se om kvävedioxid har någon skadlig effekt på pigment. Men eftersom det även i sådana tester förekommer fler än en förening, kan resultatet inte enbart härledas till kvävedioxiden.

Kvävedioxid är en mild oxidant, men tillskrivs i alla fall förändringarna i Whitmore och Cass studie. Den nivå man använde på kvävedioxiden, 0,5 ppm under 12 veckors tid, motsvarar ett

<sup>64</sup> Cass, G.R., Druzik, J.R., Grosjean, D. et.al. (1989) s.5-7, 9-14, 43-45, 57-58.

<sup>65</sup> Whitmore, P.M., Cass, G.R. (1989), s.85-97.

<sup>66</sup> J. Tétreault, (2011), s.40.

par års exponeringstid i en stadsmiljö. Resultaten visade att pigment i regel är extremt känsliga för kvävedioxid.

Precis som i testerna för ozon visade gurkmeja, drakblod, indigo och saffran på stor reaktans med kvävedioxid. Gurkmeja visade på störst känslighet, vilket man också kan se i dess kemiska struktur. Känsligheten bland de olika pigmenten som testades varierade, och krapplack visade inte upp någon förändring alls. Den är således ganska resistent mot kvävedioxid. De syntetiska pigmenten som testades visade generellt på bättre motstånd, medan två av de oorganiska pigmenten, orpiment och realgar, bleknade nämnvärt. Värt att notera är att dessa orpiment och realgar bleknar av sig själva på grund av att de oxiderar för att bli mer stabila. Närvaron av kvävedioxid påskyndar denna process, men inte i lika stor mån som ozon gör. Samtliga observerade förändringar hos pigmenten innebar en förändring i nyansen och en minskning i färgintensiteten. I proverna skedde också en lättare gulning, på grund av minskningen av reflekterat blått ljus.<sup>67</sup>

#### 4.3.6 Salpetersyra ( $HNO_3$ )

Tester visar att många pigment som utsätts för salpetersyra uppvisar färgförändring. De naturligt organiska färgämnen som testades var desamma som redogjorts för i tabell 1, se kapitel 4.4.3. De syntetiska färgämnen som testades redogör för i Tabell 2.

**Tabell 2:** Syntetiska färgämnen som testades. Färgämnena är torrpigment om inte wc, watercolour, uppges. De anges här under sitt engelska namn som angivet i referenslitteraturen.

<i>Arylide yellow G Arylidgult</i>	<i>Thioindigo violet</i>
<i>Arylide yellow 10G Arylidgult</i>	<i>Naphthol</i>
<i>Paliogen yellow</i>	<i>Permanent magenta (wc)</i>
<i>Toluidine red</i>	<i>Dioxazine purple</i>
<i>Bright red (wc)</i>	<i>Mauve (wc)</i>
<i>Rose carthame</i>	<i>Phthalocyanine blue</i>
<i>Alizarin Crimson</i>	<i>Paliogen blue</i>
<i>Alizarin Crimson (wc)</i>	<i>Phthalocyanine green och Aniline black</i>

De pigment som visade störst förändring var lackmus (ett blått pigment från en lavart<sup>68</sup>), drakblod och indiskt gult. Dessa förändrades på det sättet att de skiftade i nyans vilket kan orsakas av produktionen av färgade reaktionsprodukter. Andra pigment reagerade annorlunda. Gurkmeja bleknade på grund av minskning i färgintensiteten men utan skiftning av nyansen. Detta kan bero på oxidationsprodukter som liknar de som uppstår under reaktioner med ozon. Lackmus och Indiskt gult bleknade snabbare i en miljö med salpetersyra än vad de gjorde under påverkan av ozon. För resterande pigment som testades var det dock ozon som orsakade snabbast färgförändringar. De syntetiska pigmenten som testades visade på bra motstånd mot salpetersyra. Den annars så känsliga krapplack visade sig vara ett gränsfall på huruvida den visade färgförändring eller inte, men räknas ändå som något känslig för salpetersyra efter dessa tester. Som tidigare var det bara orpiment och realgar som visade sig känsliga för salpetersyra av de oorganiska pigmenten.

De flesta av pigmenten visade på linjära färgförändringar, vilket innebär att de med tiden inte avtar utan utgör ett hot. En del pigment, till exempel lackmus, följde dock ingen linjär verkningsgrad. Detta gör att det blir svårt att förutse troliga färgförändringar under en längre tid för sådana pigment.<sup>69</sup>

<sup>67</sup> Whitmore, P.M., Cass, G.R., (1989), s.85-97.

<sup>68</sup> Peter v Knorring Arkitektkontor.

<sup>69</sup> Salmon, L.G., Cass, G.R. (1993), s.79-91.

#### 4.3.7 Peroxyacetylnitrat ( $CH_3(O)OONO_2$ )

Peroxyacetylnitrat, även kallat PAN, är också en av de största fotokemiska föroreningarna som finns i stadsluft. Det är en stark oxidant, den näst starkaste efter ozon, vilket gör att den ändå bör nämnas. Ur mänsklig hälsosynpunkt orsakar PAN ögonirritation. Den kan också oxidera aminosyror. Den är välkänd för kemister men inte så känd inom konserveringskretsar. Detta gör att den inte är särskilt undersökt, och man vet därför inte om den utgör en risk för föremål.

Studier har dock gjorts gällande hur organiska färgämnen och oorganiska pigment reagerar under påverkan av PAN. Det visade sig att de flesta pigment som testades visade endast små färgförändringar, en del inga alls, medan den känsliga gurkmejan visade på färgförändringar. Kortfattat kan man säga att faran med PAN för pigment, som för samtliga föroreningar eller flyktiga organiska ämnen, beror på koncentrationen, hur länge pigmentet utsätts för ämnet och hur känsligt pigmentet ursprungligen är.<sup>70</sup>

---

<sup>70</sup> Williams, E.L., Grosjean, E., Grosjean, D. (1993) s.60-61, 64, 67-71.

## 5. Utställningsmaterial

### 5.1. Inledning

Valet av material påverkar hur stora emissionsmängder man kan förvänta sig. För museum är det ibland svårt att hålla realistiska nivåer på huvudföreningarna. När det gäller vilka material som anses vara tillräckligt stabila finns det flera publikationer utgivna, vilka man kan använda sig av på museer. Polyetylen eller Melinex<sup>®</sup> är typiskt säkra material. PVC (polyvinylklorid) eller oljebaserade färger är så kallade ”farliga” material. Som Tétrealut har redogjort för i *Display Materials: the good, the bad, and the ugly*, så är det som egentligen menas med stabila material sådana material som inte orsakar skador på de föremål som ställs ut. Det innebär att material som är klassificerade som ”farliga”, eller icke kompatibla, faktiskt kan vara kompatibla om man tar till rätt åtgärder så att föremålet inte skadas. Man ska inte heller glömma bort att materialen som ställs ut inte ska påverka det material som används till montern. Alltså måste man studera närmare vad som påverkar både utställningsmaterialet och montermaterialet för att avgöra vad som är kompatibelt och inte. Det krävs då en utredning kring hela miljösammanhanget. Både utrymmet, och det mikroklimat, där konstverket eller artefakten visas, och man ska då ta hänsyn till VOC, luftutbyte, temperatur, RF och hur lång tid de olika materialen kommer att visas i utrymmet tillsammans. Vidare hävdar Tétreault att man ska se till artefaktens komposition, kondition och dess kemiska känslighet, och sedan gå igenom samma funderingar gällande montermaterialet. Hur stabilt materialet är, vilka VOC-emissionerna är och i vilken koncentration de förekommer och så vidare. Man kan här kolla på materialets MSDS, *Material Safety Data Sheet*, och övrig information som tillverkaren kan tillhandahålla. Nästa steg är att sedan utvärdera potentiella faror och vilka olika metoder man kan använda sig av för att kontrollera dem.

Eftersom föremålet placeras på något, eller hängs upp, sker alltid en kontakt med ett annat material. Migration av ämnen mellan de olika materialen är oundvikligt. Därför bör man på förhand veta vilka ämnen som kan komma att vandra. Helst ska man med säkerhet kunna konstatera att inga skadliga ämnen, eller ämnen som i framtiden kan komma att verka nedbrytande på föremålet, kommer att vandra mellan utställningsmaterialet och artefakten, men detta är i realiteten inte alltid möjligt. Trä används mycket i monterbyggnad. För att hindra skadliga emissioner av formaldehyd och organiska syror använder man barriärer, av olika material. Dock fungerar barriärerna oftast bara som fördröjare av de emissionshalter som emitterar in i montern.<sup>71</sup>

Det har visat sig att äldre slutna montrar innehåller en ganska liten mängd diverse flyktiga organiska ämnen, men har höga halter av formaldehyd, myrsyra och ättiksyra.<sup>72</sup> I ett öppet galleri bidrar i de flesta fall en god ventilerings till att emissionsnivåerna inte byggs upp till skadliga halter. Man kan i sådana fall vara lite mer tolerant gentemot de material man väljer till att inreda och dekorera galleriet med. I slutna utrymmen måste man dock överväga vilka material man använder sig av mer noggrant. Man kan ibland höra att det bästa materialet för musealt bruk ska vara helt inert, som till exempel metaller och glas, vilka är mer stabila. Dock så målar eller klär man ofta materialen för att de ska bli mer estetiskt tilltalande. Färger och tyger kan i sig avge skadliga emissioner, men det är viktigt att komma ihåg att moderna material som numera finns som alternativ till äldre typer, i sig kan avge emissioner också.<sup>73</sup>

---

<sup>71</sup> Tétreault, J. (1994) s.79-81.

<sup>72</sup> Schieweck, A. (2009), s.13.

<sup>73</sup> Thickett, D., Lee, L.R. (2004) s.5, 25.



## 5.2 Trämateriel

Solida träslag används sällan till montrar eller kabinetter. Dels på grund av att materialet är dyrare, men det är också tyngre och svårare att hantera. Man använder istället kompositmaterial såsom plywood, vilket är flera tunna skivor trä laminerade tillsammans med ett adhesiv. Spånskivor och träfiberplattor används också i stor uträkning. Som uppsatsen har berört i tidigare kapitel avger trä formaldehyd, myrsyra och ättiksyra, men även små halter av propionsyra, isobutyrsyra och alkoholer. Som tidigare beskrivet avger trä också emissioner en lång tid efter fällning. Även om emissionerna tycks ha stabiliserat sig och minskat, kan en förändring i RF eller temperatur trigga igång formaldehydemissionen igen. Trämateriel och emissioner från adhesiv har redogjorts för i kapitel 2.1.2. En del finns dock att tillägga till ämnet.

Ibland lamineras träskivor med Melamin, exempelvis Melaminlaminerade spånskivor. Materialet innehåller en melamin-formaldehyd harts, vilket är fyra gånger mer stabilt än det ureaformaldehyd som traditionellt används. Det är dock inte lika stabilt som fenolformaldehyd. Material med melamin-formaldehydadhesisiv är väldigt dyra och används inte mycket. Enligt Craddock har dock konservatorer utfört tester på materialet vilket visat sig vara väldigt beständigt och rekommenderas.

Det finns också högtryckslaminater av plast, vilka är en kombination av melamin- och fenolformaldehydhartser samt en typ av papp eller kartong. Industritillverkarna hävdar att det är ett helt inert material som hindrar emissionen av flyktiga organiska ämnen. Konservatorer har dock rapporterat om kraftig korrosion på testmetaller när man använt sig av trämateriel med högtryckslaminater. Man vet inte om korrosionen uppstår på grund av själva laminatet eller adhesivet. Således bör detta material användas med försiktighet.

Hårda skivor, av typen masonitskivor, finns det få studier kring gällande dess påverkan på olika material. Kompositionen påminner om den för plywood. Masonit är gjord av nedsmälta fibrer tillsammans med små mängder av vaxliknande oljematerial. Ibland förekommer små mängder fenolformaldehydhartser också. Oljekomponenterna i materialet kan emittera syror.<sup>74</sup>

## 5.3 Spärrskikt

Att trä avger formaldehyd och organiska syror är ett välkänt faktum och man försöker isolera dessa emissioner genom att använda sig av olika barriärer, bland annat olika barriärfärger. Det finns dock flertalet problem med barriärer. Rekommendationerna för vad som anses som bra material har varierat genom tiden. Ibland ger barriären inget skydd alls mot emissioner eller så avger barriärerna själva organiska syror och utgör således själva en risk för de utställda föremålen. Det är inte alls ovanligt att föremål inne i montern har tagit skada av de olika typerna av färg som använts i hänseende till att de ska hindra emissioner från trä. Hur effektiv en barriär är beror på dess egenskaper av diffusions- och lösningsparametrar. Ju mer korsbindning, desto större chans har barriären att blockera emissioner. Detta beror på att desto tätare polymererna är packade tillsammans desto mindre genomtränglig blir barriären.<sup>75</sup>

I ett museum krävs det att den färg man använder sig av reducerar emissioner från trä, blockerar damm och helst ska de också vara lågvolatila. Nu för tiden blir det dessutom mer och mer populärt att man ska använda färger som är hållbara ur miljösynpunkt. En växande trend bland färger internationellt är att de ska vara ”gröna”. Helst ska de vara gjorda på återvunnen färg och ha minimal inverkan på både människans hälsa och på naturen. Dock ska man inte förväxla det faktum att en så kallad ”grön” färg är bättre ur bevarandeperspektiv för

<sup>74</sup> Craddock, A.B. (1994) s.143-147.

<sup>75</sup> Miles, C.E. (1986) s.114, 119.

föremål. Enligt Tétreault är vattenburen färg lågvolatil och bra för musealt bruk. Det är även den typen av färg som används mycket på museer.

När man applicerar färg är det viktigt att den får tillräckligt med tid till att torka. Till skillnad från trä så avtar emissionen exponentiellt efter en tid för färger. Hur länge de emitterar varierar mellan olika typer av färger. För en del tar det endast ett par dagar, medan andra kräver flera månader innan emissionerna har minskat och stabiliserat sig. Generellt brukar man säga att färgen ska få åtminstone fyra veckors torktid, eftersom emissionerna oftast vid den tidpunkten har, om inte stannat av, så åtminstone saktat ner. Men helt fria från emissioner är det svårt att få dem. Den allmänt rekommenderade fyra veckorsintervallen är för många museer svår att uppfylla då man ofta arbetar med snäva tidsramar. Det målas ofta om så att den nya utställningen ska få sin egen prägel. En korrekt applicerad färgfilm på trä kan minska emissionerna som trä avger med ca 60-80 %.<sup>76</sup>

Färgproducenterna har under de senaste 15 åren minskat mängden VOC i *sina* produkter. I färgens tekniska datablad eller MSDS, *Material Safety Data Sheet*, kan man se den faktiska mängden VOC färgen avger. Färgtillverkarna är skyldiga enligt lag att ha tillgängliga MSDS för konsumenterna. Dessa blad kan återförsäljaren tillhandahålla alternativt att man kollar företagets hemsida.

De två färgtyper som anses mest effektiva, och kan reducera emissioner med upp till 85 % och inte korroderar metaller, är tvåkomponents epoxyfärger samt polyuretaner. Nackdelarna med dessa färger är att de avger emissioner upp till ett år efter applicering, är relativt dyra, samt så innehåller de giftiga lösningsmedel vilket kräver försiktig blandning under god ventilation.

### **5.3.1 Olika typer av färg**

Lågvolatila alkyder och färger som är baserade på olja innebär ett problem för det utställda föremålet. En torkande olja bildar en film genom kemiska reaktioner med syre. Det är en oxidationsprocess som uppstår för dessa färgtyper under filmbildningen. Torkande oljor avger dessutom peroxider och lågmolekylära karboxylsyror som en sekundär emission under härdningstiden. Myrsyra har upptäckts i stora mängder från oljebaserad färg så sent som tre månader efter appliceringstillfället.

Kaseinfärger användes främst innan akrylemulsionsfärgerna kom. Nu förtiden används de mest av hantverkare, men intresset för färgen börjar återuppväckas. Kasein är gjort av mjölk och innehåller ca 0,7 % svavel. I slutna utrymmen är det dock inte troligt att kasein emitterar någon större mängd svavelkomponenter. Dock ska färgen ändå undvikas i montrar med känsligare material, såsom silver, eftersom man ibland tillsätter saften från en citron eller vinäger, ibland dessutom olja som används för att göra färg tjockare och påskynda härdningstiden.

Återvunna färger är vanligare i USA och Kanada än vad de är i Europa. Här tillverkas de än så länge endast i Storbritannien, närmare bestämt på *Newlife Paints Ltd*. En återvunnen emulsionsfärg kan betraktas som vilken annan typisk emulsionsfärg som helst. De är bra till slutna utrymmen, såväl som till större ytor eftersom den är ekonomisk. Att den görs i så liten skala är ett problem då det innebär svårigheter att få fram en serie av samma kulörer. Man kan också få tag i återvunna alkydfärger, både som färg och som lack, men de rekommenderas inte till musealt bruk.<sup>77, 78</sup>

---

<sup>76</sup> Tétreault, J. (1994), s.83.

<sup>77</sup> Craddock, A.B. (1994) s.147-148.

<sup>78</sup> Tétreault, J. (2011) s.39-40, 42-45.

Som tidigare nämnts blir det mer och mer populärt med så kallade ”gröna” färger. Det är färger som måste uppfylla ett antal krav, inte endast att vara lågvolatila. Kraven kan variera beroende på färgens ursprungsland. Det är dock viktigt att poängtera att dessa ”gröna” certifierade färger inte nödvändigtvis fungerar bra för bevarandeändamål, och deras egenskaper som barriärer är inte utredda. Vill man ändå testa eko-certifierade färger har EU en egen märkning för färger och lacker, EU Ecolabel, där färgerna och lackerna innehåller en mer begränsad mängd VOC per liter än ”vanliga” färger.<sup>79</sup>

Ett alternativ till ständiga ommålningar kan vara att använda montrar som lamineras med aluminiumfolie, där man säkrar fogar med exempelvis aluminiumtejp. Detta anses i dagens läge vara den mest effektiva barriären. Laminerat aluminium har ett lager av polyetylen som fungerar som adhesiv när man applicerar den på trä med hjälp av värme.<sup>80</sup> En nackdel med denna typ av material är att det är svårt att få till bra på ojämna former. Av estetiska skäl kan man sedan klä montern med tyg eller olika typer av hårdpapp.<sup>81, 82</sup>

Det är sant att moderna material är mer stabila, aluminium är ett exempel på det. Metaller kan dessutom korrodera om RF skulle råka bli för hög. Aluminium kan ha en hinna av aluminiumoxid som ska skydda materialet. I närvaron av myrsyra bildas ett gelatinartat lager vilket gör att hinnan inte längre skyddar materialet. Även väteklorider och organiska klorider förstör aluminiumets oxidhinna. Risken för korrosion hos aluminium har visat sig minska om den förekommer i en legering, exempelvis en kopparlegering. Andra moderna material, såsom kadmium, krom och nickel är generellt motståndskraftiga mot korrosion, men det saknas vidare undersökningar på hur de påverkas av föroreningar typiska i museum. Man vet dock att kadmium korroderar i närvaron av organiska syror. Kadmium är dessutom giftigt. En fördel med moderna material är att det finns kommersiellt tillgängliga lösningar. Detta är också fallet för moderna mikroklimatramar. De kan specialbeställas i syntetiska material såsom plexiglas, men även trämaterial.<sup>83</sup>

---

<sup>79</sup> Tétreault, J. (2011) s.41.

<sup>80</sup> Tétreault, J. (1994) s.81.

<sup>81</sup> Thickett, D., Lee, L.R. (2004) s.25.

<sup>82</sup> Craddock, A.B. (1994) s.149.

<sup>83</sup> López-Aparicio, S., Grøntoft, T., Odlyha, M. et.al. (2010) s.60.

## 6. Experiment

### 6.1 Material till testboxarna

I experimentet har två färger valts ut till undersökningen och dessa jämfördes med ett modernt, mycket rekommenderat material. Den ena färgen är en vattenburen alkyd/akrylatfärg, vilket är en lågvolatil emulsionsfärg som enligt Tétreault också ska lämpa sig för bevarandesyften.<sup>84</sup> Notera att det är av vikt att alkydfärgen är vattenburen eftersom lösningsmedelsburna alkydfärger generellt, precis som oljefärger, bör undvikas. Den andra färgen jag valt är en tvåkomponents polyuretanfärg. Uretanfärger rekommenderas av flertalet som en mycket effektiv barriär om den appliceras korrekt.<sup>85, 86</sup> För att vara säker på att jag får en emission av formaldehyd har jag valt att använda mig av MDF, utan särskild märkning, vilket på grund av sitt ureaformaldehydadhesiv avger formaldehyd.

Det moderna materialet som valts ut rekommenderas av många i fråga om att fungera som skyddande barriär, nämligen laminerat aluminium.

#### 6.1.1 MDF

Som uppsatsen redan redogjort för så avger ureaformaldehydlimmat MDF emissioner av formaldehyd. En vanlig skiva från en byggvaruhandel användes. Den saknade särskild märkning, vilket i sådana fall skulle ha inneburit att den skulle ha haft ett adhesiv fritt från ureaformaldehyd. Skivan förväntas därför emittera formaldehyd. MDF avger, precis som många andra trämaterial, även organiska syror. MDF-skivans tjocklek som användes i detta experiment var 12 mm.

#### 6.1.2 Marveseal®

Det laminerade aluminiumet som jag valde är av märket Marveseal®. Det är en aluminiumfolie som har en lager av polyetylen och nylon. Genom att värma fast folien på trätytor bör den fungera som en effektiv barriär för emissioner. Marveseal® har även andra användningsområden på grund av dess mångsidighet. Förutom att det är effektivt att använda i montrar för musealt bruk så används det också exempelvis till att skapa utrymmen där låga halter av syre krävs för att behandla insektsangrepp.<sup>87</sup>

#### 6.1.3 Färger

##### Fönsterfärg LF

Vattenburen Alkyd/akrylat-färg.

Tillverkare: Caparol

Densitet: 1,25kg/liter

Sträckförmåga: 10 m<sup>2</sup>/liter.

Glans: 50, halvblank.

Dammtorr: 1 timme.

Övermålningsbar: 4-6 timmar.

Genomtorr: flera dygn.<sup>88</sup>

---

<sup>84</sup> Tétreault, J. (2011) s.39.

<sup>85</sup> Tétreault, J. (1999) s.6.

<sup>86</sup> Craddock, A.B. (1994) s.148.

<sup>87</sup> Preservation Equipment Ltd, Marveseal®.

<sup>88</sup> Teknisk information, Fönsterfärg LF.

### NEXTEL- Suede- Coating 3101

Tvåkomponents polyuretanfärg.

Tillverkare: Mankiewicz.

Täckning: ca 4,5-5,5 m<sup>2</sup>/ l vid en torr färgtjocklek på 60-70mm.

Glans: 0, helt matt.

Dammtorr: 15-30 min.

Kontaktorr: 2-3 timmar.

Genomtorr: 16 timmar.

Används med sin härdare NEXTEL-Härter 6018, förhållande 8:1.

Innan applicering av NEXTEL- Suede- Coating 3101 skall NEXTEL-Primer 5523 användas. Denna blandas med sin härdare i förhållande 10:1.<sup>89</sup> Enligt tillverkaren ska färgen sprayas på ytan.

### **6.1.4 Övriga material**

#### Aluminiumtejp

Längd: 25 m. Bredd: 50 mm.

Fuktskyddad tejp med åldringsbeständigt akryliskt häftämne. I experimentet användes aluminiumtejp till att säkra fogar. Tejpen klipptes efter behov.

#### Plexiglasrör

Diameter: 10 mm.

Längd: Sågades till ca 5 cm.

#### Plexiglasstång

Diameter: 6 mm.

Längd: Sågades till ca 4 cm.

#### Skrudar

Spax-M, 35 × 40 mm

Skrudar särskilt anpassade för MDF.

## **6.2 Metod**

### **6.2.1 Inledning**

För att få svar på frågeställningarna utfördes en enkätundersökning, som skickades ut med hjälp av NKF-S till deras medlemmar, och dels av emissionsmätningar från specialgjorda boxar.

När man ska utföra en analys finns det flera olika att välja mellan om man går igenom den litteratur som finns. Det gäller att hitta en metod som lämpar sig väl för just ens eget ändamål och vilka resurser som finns att tillgå. Ofta krävs det viss modifiering av beskrivna metoder så att de ska passa ens egna tester. För att kunna analysera luften i de åtta provlådorna användes fyra olika analysmetoder. Närvaron av organiska syror kan påvisas av ett jodid-jodat-test, som beskrivits av Zhang, Thickett och Green i *Two tests for the detection of volatile organic acids and formaldehyde*<sup>90</sup>. Som komplement till detta, och som visade sig vara en tydligare indikator på mängden närvarande syror, var mätning av pH med pH-meter på lösningar som genombubblats med luft från provboxarna.

---

<sup>89</sup> Teknisk information, Nextel.

<sup>90</sup> Zhang, J., Thickett, D., Green, L. (1994) s.47-49.

I uppsatsen påvisas närvaron av aldehyder med hjälp av två olika metoder. Den ena går ut på att man låter luften filtreras genom en dosimeter, vilka man sedan eluerar och analyserar i en spektrofotometer. Metoden beskrivs i *Determination of nanogram Amounts of Carbonyls as 2,4-Dinitrophenylhydrazones by High-Performance Liquid Chromatography*<sup>91</sup>. Tunnskiktskromatografi gjordes också på de eluerade proverna som komplement till spektrofotometrin.

För att lättare få en överblicksbild av de metoder som använts sammanfattas de här i en punktlista, mer att läsa om metoderna står i kapitel 6.2.2 – 6.2.6.

- Enkätundersökning skickades ut till NKF-S medlemmar.
- Testboxarna byggdes efter applicering av de olika barriärmaterial jag ville få testade och jämförda
  - De två färgerna, polyuretenfärgen och den vattenburna alkyd/akrylatfärgen, applicerades och tilläts härda i 14 dagar.
  - Efter härdning förseglades testlådorna och lämnades att avgasa under sju dagar.
- Förstudie 1 gjordes för att se hur länge lådan måste blåsas ut för att ett luftutbyte skulle vara komplett.
- Emissionen av aldehyder analyserades i serie 1 först med hjälp av dosimetrar, DNPH-Silica från Waters (Artikelnummer WAT037500) och spektrofotometri. Genomblåsning och uppsamling av emissioner bestämdes till 5 minuter. Första mättillfället var således efter att färgerna fått härda i tre veckor totalt, inklusive en veckas avgasningstid.
- Förstudie 2 inför jodid-jodattestet påbörjades.
- Jodid-jodattester utfördes på serie 2, även de efter sju dagars avgasning i de förseglade lådorna, utöver de 14 dagarna som färgerna först ha fått härda, provtid 5 minuter. Efter ytterligare en dags försegling skedde ännu en mätning, provtid 3 minuter, och en tredje mätning efter endast fyra timmars försegling, provtid 1 minut.
- Samtliga 8 testlådor tilläts sedan avgasas under ytterligare sju dagar.
- Medan lådorna avgasades ytterligare användes de redan eluerade proverna från serie ett till analys med hjälp av tunnskiktskromatografi.
- En andra mätning av aldehyder för serie 1 utfördes enligt samma princip som ovan, med dosimeter och spektrofotometri. Total härdningstid för färgerna var således fyra veckor. Provtid 5 minuter.
- Serie två testades en andra gång genom att mäta pH i en kalibrerad pH-mätare av märket ORION. Provtid under vilken luften blåstes ner i provröret var 5 minuter.

### **6.2.2 Enkätundersökning**

För att få en översiktsskild av hur det kan se ut på svenska museer när det gäller materialvalsprocess, och hur stort inflytande man känner att man har som konservator, skickades en enkätundersökning ut. Enkäten gjordes med hjälp av ett enkätdesigningsprogram kallat SurveyMesh. Styrelsen i NKF-S, *Nordiska Konservator Förbundet Sverige*, var snälla och hjälpte till stort genom att låta ett mejl med en kort beskrivning av syftet med undersökningen med en länk till enkäten gå ut till sina medlemmar. I undersökningen gjordes ett urval och enkäten riktade sig endast till museiverksamma konservatorer. Enkäten var tillgänglig under fyra veckor.

---

<sup>91</sup> Fung, K., Grosjean, D. (1981) s.168.

Deltagare till enkäten kunde också kontakta min mejladress om det uppstod frågor eller problem. Efter deltagande så sparas svaren på Surveymesh och kan lätt ses över av skaparen till enkäten. Deltagaren är anonym. Resultaten presenteras i cirkeldiagram, tabeller och alla fria textsvar ställs upp efter varandra för att man lätt ska få en överblick, se kapitel 7.2.3. Samt BILAGA 1 och BILAGA 2 för redovisning av dessa resultat.

### 6.2.3. Byggandet av testboxar

Experimentet utfördes i två serier. Serie 1 var avsedda för formaldehydemissioner och serie 2 för organiska syror. Varje serie hade fyra lådor vardera, behandlade på samma sätt med olika barriärmaterial. En låda täcktes med Marveseal®. En annan spraymålades med den svarta polyuretenfärgen Nextel med hjälp av en sprutpistol kopplad till en högtryckskompressor under trycket 2 bar. Först applicerades primern, sedan själva färgen. Den tredje lådan målades med den vita vattenburna alkyd/akrylat-färgen, även den i två lager. Mellan appliceringstillfällena tilläts färgerna torka i ett dygn. Arbetet utfördes i dragskåp. Den fjärde lådan var en obehandlad referenslåda. Efter applicering av färg tilläts färgerna härda i två veckor. Som uppsatsen tidigare har tagit upp är den optimala tiden åtminstone fyra veckor. Experimentets tidsgräns tillät inte detta, men ca två veckor är en inte helt ovanlig härdningstid på museer inför utställningar där man arbetar med snäva tidsramar. Det innebär att resultaten kan användas för att ge indikationer av effekterna av att man inte låter färgen härda tillräckligt länge.

Varje låda bestod av en botten  $15 \times 27$  cm, fyra sidor (två kortsidor á  $15 \times 15$  cm och två långsidor á  $15 \times 27$  cm) och ett lock som mätte  $17 \times 27$  cm. De angivna måtten är cirkamått.



**Figur 2:** Färdigbyggda lådor, serie ett och serie två, förseglade för avgasning under sju dagar.

På kortsidorna borrades ett hål på vardera sidan, bredd 10 mm, lokaliserat i nedre kant på ena kortsidan och i övre kant på den andra. Detta för att säkerställa att luften får en bra passage genom lådan vid provtillfället. De fyra sidplattorna skruvades ihop efter förborring. I hålen placerades plexiglasrör vilka pluggades igen med plexiglasstång. Då stången var mindre än rören så användes aluminiumtejp till att bygga upp en konformering så att effekten skulle bli den av en kork. Samtliga fogar i de åtta lådorna isolerades med aluminiumtejp, detta för att ge dem så liknande förutsättningar som möjligt gällande eventuell infiltration. Locket skruvades på och isolerades utvändigt eftersom det var omöjligt att få isoleringstejpen på insidan. Lådorna märktes och ställdes i huvudexperimentet avskilt i sju dagar för att låta emissionsmängder byggas upp.

I förstudie 1 gjordes en beräkning på hur lång tid det skulle ta för ett komplett luftombyte. Det skedde genom att räkna ut volymen i lådan, vilket var ca 5 liter luft. Genom att fylla en

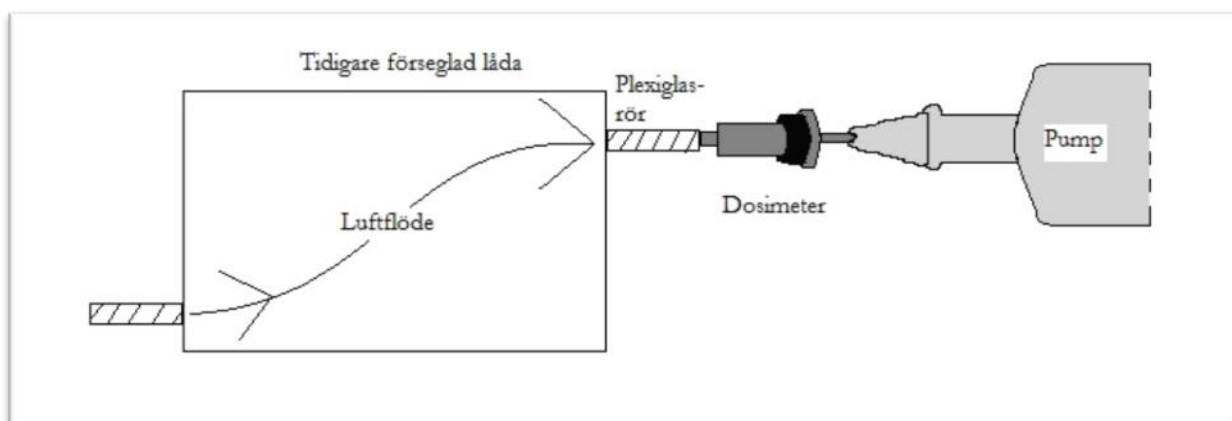
skål med lite vatten och ställa en cylinder upp och ner, så att en viss mängd vatten var kvar i cylindern, kunde man använda den pump som senare även användes till provtillfällena och se hur lång tid det tar för den att pumpa ut vattnet i cylindern. Det visade sig att 100 ml vatten pumpades ut på strax under 10 sekunder. Således tar det 100 s (ca 1,5 minut) att pumpa ut 1 l luft. Ca 5 minuter skulle ett luftombyte ta i testlådorna.

Man måste räkna med att visst läckage kan förekomma. Genom att man råkar borra snett kan en spricka uppstå i en fog. Läckage brukar uttryckas som massflöde, eller som *exchange rate*, utbytesratio eller luftutbyte. På museum brukar man räkna med ett luftbyte på  $1d^{-1}$ . Detta är ett värde som gäller för ganska tätt byggda montrar. Om en spricka på så lite som 1 mm uppstår, genom exempelvis att man borrar snett och således uppstår i en fog vid toppen eller botten av montern, ökar läckaget till så mycket som  $30d^{-1}$ .<sup>92</sup>

#### 6.2.4 Dosimetrar

Det finns en välkänd reaktion som går ut på att sammansättningar av karbonyler reagerar med 2,4-dinitrofenylhydrasin(DNPH) vilket man drar nytta av i detta fall. Reaktionen sker i närvaro av syra. För att kunna ta luftprover använder man sig av minikolonner som innehåller DNPH och en syra, 2 N HCL, alternativt behållare packade med glaspärlor vilka är dränkta i  $H_3PO_4$  och DNPH-reagent. Efter att proverna tagits extraherar man de bildade 2,4-dinitrofenylhydrasonerna med metanol.<sup>93</sup>

Första mättillfället skedde efter att lådorna slätt förslutna och avgasat under 7 dagar. Dosimetern kopplades fast mellan lådans plexiglasrör och pumpen som användes för att dra ut luften ur lådan. Skyddande lager av aluminiumtejp lades över skarvar och själva dosimetern täcktes också helt för att undvika infiltration. Varje test utfördes under fem minuter.

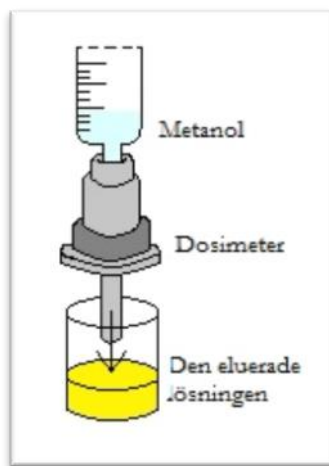


**Figur 3:** Illustration över hur dosimetern kopplades samman med lådan. Pumpen drog ut luften ur lådan. På såsätt filtrerades luften genom dosimetern.

<sup>92</sup> Michalski, S. (1994) s.170, 181.

<sup>93</sup> Fung, K., Grosjean, D. (1981) s.168.





**Figur 4:** Illustration över hur elueringen går till.

Proverna eluerades med LiChrosolv Metanol precis som beskrivet av Fung och Grosjean. Det blev således fyra provrör som märktes med sin tillhörande låda, nr 1 till nr 4. En femte dosimeter användes som referens och eluerades direkt. Den fick märkningen 0, se figur 5.

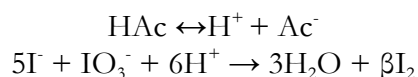


**Figur 5:** Dosimetrarna eluerades med metanol. Här står de samlade i provrör.

Innan proverna kördes i spektrofotometern av märket HITACHI med våglängden 360 nm, mättes 0,1 ml upp med en pipett och sprutades ned i en kuvett. Sedan späddes den eluerade lösningen ut med metanol till 3 ml. I spektrofotometern kunde man se absorptionsvärdet. Desto högre absorptionsvärde, desto högre mängd av aldehyder.

### 6.2.5 Jodid-Jodat-test

Ett jodid-jodat-test som beskrivits i *Two test for the detection of volatile acids and formaldehyde* tillämpades. Genom att kombinera ett sådant jodid-jodat-testet med ett kromatografiskt syra-test, vilket uppskattningsvis tar ca två timmar att utföra, har man ett alternativ till Oddy-testet som annars tar 28 dagar innan man kan tolka resultaten. Jodid-jodat-testet går ut på att en syra reagerar med jodatjoner och producerar jod. Det skapas ett jod jodid komplex med stärkelse som gör att testlösningen blir blå i närvaro av syra,  $H^+$ . Reaktionerna ser ut som följer;



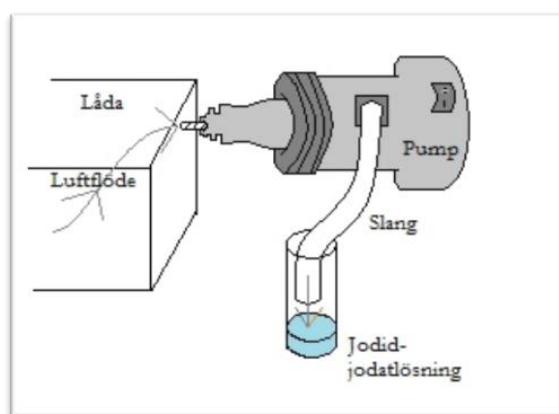
Testet förbereds genom att lösningar med destillerat vatten och kaliumjodid, KI, 2% (w/v), Kaliumjodat, KIO<sub>3</sub>, 4 % (w/v) och lösningsbar stärkelse, 0,1 % (w/v) framställs. Enligt ursprunglig beskrivning så droppas två droppar av varje lösning i en reaktionsdisk. Genom att använda en mätcylinder med det material man vill testa, och hänga in en reaktionsdisk med jodid-jodat lösningen beskriven ovan, och försegla flaskan samt ställa in den i en ugn värmd till 60 ° C under 30 minuter, kan man se att det finns organiska syror närvarande om lösningen i reaktionsdisken blir blå. I denna uppsats modifierades testet, men både referensmetoden och den modifierade provtagningen är ett indirekt test på närvaron av syra.

Det finns en del faktorer som påverkar det ursprungliga testet. Storleken på reaktionsdisken är en utav dem. Temperaturen påverkar också då det inte bildas någon blå färg under för höga temperaturer och vikten på provet man vill testa påverkar hur lång tid det tar för lösningen att bli blå. Slutligen kan lösningarna användas under en begränsad tid. Efter två veckor så försämras kaliumjodidlösningen, medan kaliumjodatlösningen och stärkelselösningen höll i åtta veckor.<sup>94</sup>

I experimentet har principen av jodid-jodat-testet tillämpats, men modifierat det lite för att det ska passa den typ av mätning jag måste utföra. Lösningarna blandades till enligt rekommenderade föreskrifter.

Först utfördes en förstudie. För att testa om lösningen med jodid, jodat och stärkelse reagerade med syra droppades 1 %-ig ättiksyra ner i en liten behållare innehållande lösningen. Lösningen blev genast intensivt blå. Mindre koncentration av ättiksyran användes sedan då den 1 %-iga lösningen späddes 1:100 med destillerat vatten. Det krävdes då fem droppar för att ge en tydlig blå färg. Beslutet togs att den blandade jodid-, jodat- och stärkelselösningen var tillräckligt reaktiv och inte behövde någon tillföring av värme.

Lådorna i serie två hade stått förslutna i 7 dagar och luft samlades under fem minutersintervaller. Två ml av jodidlösningen och två ml av jodatlösningen mättes upp tillsammans med 2,5 ml av stärkelselösningen. Plexistängerna avlägsnades och luften drogs ur lådan med hjälp av pumpen. Luften färdades genom en slang ner i provröret med den blandade jodid-, jodat- och stärkelselösningen.



Figur 6: Illustration över hur jodid-jodat-provet gick till.

För själva testet sedan så mättes två ml av vardera lösning med pipett och sprutades ner i ett rör. I detta rör sprutades sedan luften från lådan. Tidigare uträkningar hade visat att det skulle ta mindre än fem minuter att helt byta luft i lådan.

<sup>94</sup> Zhang, J., Thickett, D., Green, L. (1994) s.47-49.

### 6.2.6 Tunnskiktskromatografi

Som komplement till dosimetrarna testades serie ett också med TLC, *Thin Layer Chromatography*.<sup>95</sup> Testet är enkelt att genomföra. Tunnskiktsp Plattorna som användes var i detta fall täckta med ett fluorescerande adsorbent material, i det här fallet silica gel 254. Det går ut på att man genom fluorescens kan se om det bildats dinitrofenylhydrazin i rektion med karbonyler från trämaterialen, i det här fallet MDF-skivorna. Resultaten, de fluorescerande fläckarna, kan man utläsa som absorptionsfläckar med Rf-värden genom att använda utvecklingsmediet metylenklorid. I experimentet skulle en reaktans påvisa att MDF-skivorna emitterar aldehyder. Efter att fläckarna från de fyra eluerade provrören sprayats med 0,2 % kaliumhexacyanoferrat(III), i 2 M HCL, erhöles långsamt en olivgrön färg. Proverna visade ungefär lika stark intensitet. Proverna betraktades sedan med CAMAG UV-lampa(Cat. No 022.9120 SER 0809) vid 366nm och visade tre absorptionsfläckar med Rf-värden ca 0.6, 0.4 och 0.2. Dessa fläckar var inte påvisbara vid 254 nm.<sup>96, 97</sup>

### 6.2.7 pH-mätning

Efter att mätningarna med jodid-jodatlösningen genomförts beslutades det att pH skulle testas för att se om det kunde ge en tydligare indikation gällande den varierande mängden av närvarande syror bland testlådorna i serie 2. Testet var mycket enkelt. Samma metod att med pumpen dra ut luften ur lådan, ner i ett mätrör, som under jodid-jodat-proverna, användes. Istället för jodid-jodat-lösningen användes 6 ml destillerat vatten i provröret som luften från lådorna blåstes ned i. För att få ett totalt luftutbyte skedde provtagningen under 5 minuter. Dessa testades sedan med en kalibrerad pH-mätare av märket ORION för att ge en indikation på närvaron av syror.

---

<sup>95</sup> Chemguide, *United Kingdom*.

<sup>96</sup> Esterbauer, H., Zollner, H. (1989) s.198.

<sup>97</sup> Chemguide, *United Kingdom*.

## 7. Resultat

### 7.1 Mätning av formaldehyd

#### 7.1.1 Dosimeter

##### Första mättillfället.

Utfördes enligt beskrivning i kapitel 6.2.4.

##### Mättillfälle 2

Utfördes på exakt samma sätt som under mättillfälle 1. Resultatet för de båda mättillfällena redovisas i tabellen som följer;

**Tabell 3:** Resultatet från spektrofotometern. Desto högre absorptionsvärde desto större närvaro av aldehyder.

Låda	Absorptionsvärde	
	Mättillfälle 1	Mättillfälle 2
Referens	0,50	0,30
Aluminium	0,98	0,31
Nextel	1,01	0,24
Alkyd/akrylat	0,58	0,22

#### 7.1.2. Tunnskiktskromatografi

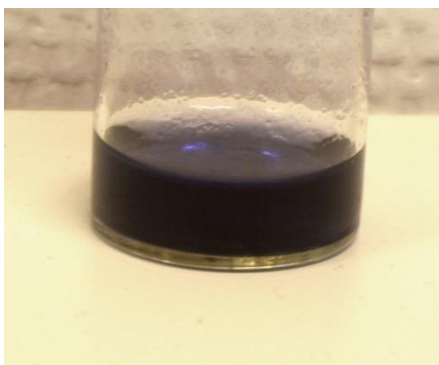
Proverna visade ungefär lika stark intensitet. Proverna betraktades sedan med CAMAG UV-lampa (Cat. No 022.9120 SER 0809) vid 366 nm och visade tre absorptionsfläckar med Rf-värden ca 0.6, 0.4 och 0.2.

### 7.2 Mätning av Organiska syror

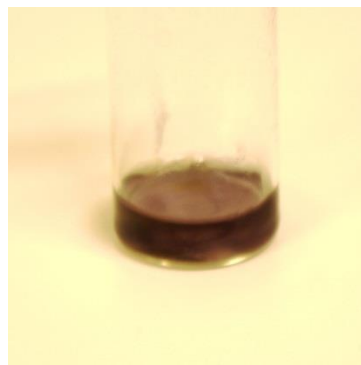
#### 7.2.1 Jodid – Jodat

##### Mättillfälle 1.

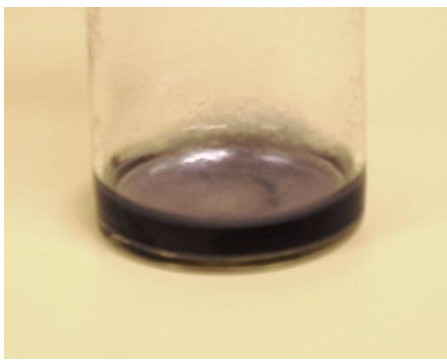
Jodid-, jodat- och stärkelselösningen visade sig vara väldigt reaktiv. Vätskan i rören färgades nästan omedelbart blå och blev för samtliga prover väldigt intensiv. Efter de två första mätningarna visade det sig att vätskan blev blå redan innan lådans hela luftmått hade sprutats in i den. I figurbeskrivningarna förkortas mättillfälle med MT.



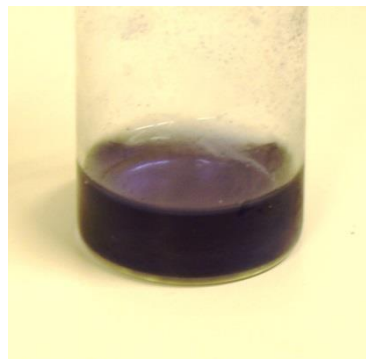
**Figur 7:** Referenslådan, MT 1.



**Figur 8:** Aluminiumlådan, MT 1.



**Figur 9:** Nextellådan, MT 1.



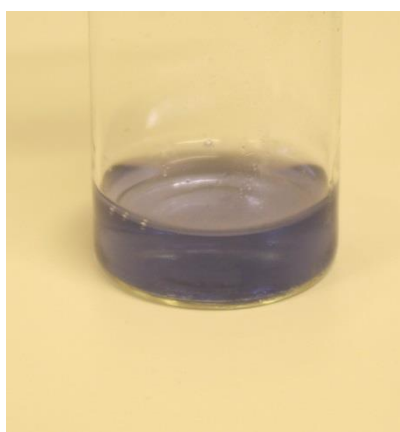
**Figur 10:** Alkyd/akrylat, MT 1.

### Mättillfälle 2.

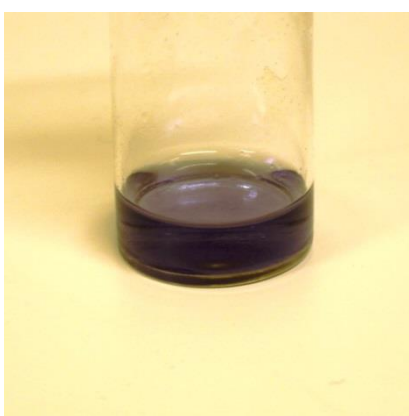
Det beslutades att en andra mätning skulle ske redan ett dygn efter det första mättillfället. Detta på grund av lösningarnas höga reaktivitet. Nya lösningar blandades till och 2 ml av samtliga tre lösningar mättes upp med pipett. Mätningen skedde rent praktiskt på samma sätt som tidigare, dock kortades mättiden ner till tre minuter. Pumpen drog ut luften i lådan genom en slang som placerades ner i röret med lösningen. Mättiden kortades ner på grund av att jodid-jodat-lösningen var så väldigt reaktiv. Ny mättid var således 3 minuter. Även denna gång visade lösningen sig vara väldigt reaktiv.



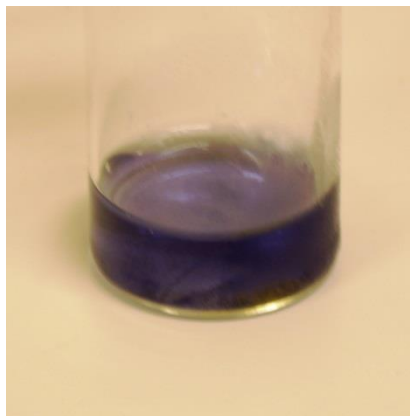
**Figur 11:** Referenslåda, MT 2.



**Figur 12:** Aluminium, MT 2.



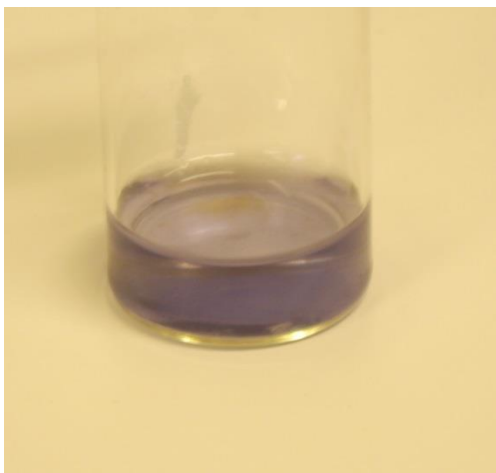
**Figur 13:** Nextel, MT 2.



**Figur 14:** Alkyd/akrylat, MT 2.

### Mättillfälle 3.

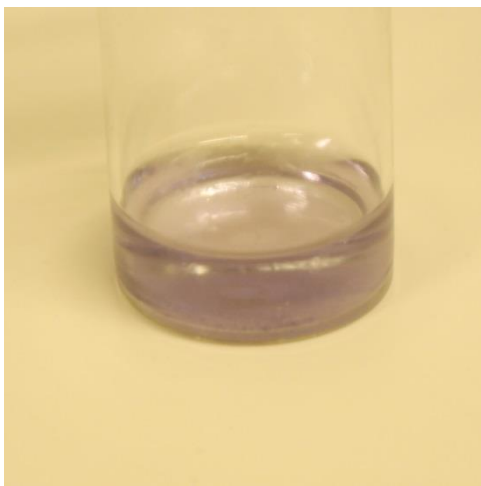
För att lättare kunna se skillnader mellan de olika lådornas halter av organiska syror beslutades det att ett tredje mättillfälle skulle ske redan samma dag. Ca fyra timmar efter det andra mättillfället skedde mätning nr 3. Mätningen gick till rent praktiskt på samma sätt som tidigare, men mättiden kortades ner ytterligare, nu till 1 minut.



Figur 15: Referens, MT 3.



Figur 16: Aluminium, MT 3.



Figur 17: Nextel, MT 3.



Figur 18: Alkyd/akrylat, MT 3.

### **7.2.2 pH-mätning**

Testet visade sig vara mycket effektivt och tydligt. Ju lägre pH-värde desto större halt av syror. Resultatet redovisas i tabellen nedan;

*Tabell 4: Resultat av pH-mätning.*

pH	Lösning	Differens
5,76	Avjoniserat vatten(kontroll)	
5,25	Referens	- 0,51
5,74	Avjoniserat vatten(kontroll)	
5,47	Aluminium	- 0,27
5,88	Avjoniserat vatten(kontroll)	
4,7	Nextel	- 1,18
5,74	Avjoniserat vatten(kontroll)	
5,27	Alkyd	- 0,47

### 7.2.3 Enkätundersökning

Enkätundersökningen genererade 16 svar, varav fyra utav dem hade lämnats in blanka. Resultaten som listas i detta kapitel baserar sig således på 12 svar. NKF-S har 214 medlemmar. Eftersom de inte i mejllistan kan begränsa vilka utav medlemmarna enkäten skickades till, skickades enkäten till samtliga. Urvalet har skett efterhand, genom att i inledningen förklara att enkäten endast riktar sig till museiverksamma konservatorer. Då siffran för hur många det är som arbetar på museum av NKF-S medlemmar, kan jag inte ange en svarsfrekvens. Enkätundersökningen skall därför ses som enbart en indikation på hur materialvalsprocessen kan se ut.

Nedan listas ett urval av enkätfrågorna, nämligen de svar som anges i cirkeldiagram och/eller tabellform. En del frågor är kompletterade med fria svar för att frågan ska anges komplett. I enkäten fanns även frågor som endast kunde svaras på med fria svar, dessa står att läsa i BILAGA 2 där den kompletta enkäten och resultatet redogörs för. I BILAGA 1 kan man läsa den introduktion som enkäten hade samt den avslutande informationen deltagarna kunde ta del av. En del frågor var flervalfrågor där deltagaren kunde välja flera alternativ om man ville. Det innebär att den summan på antal svar överstiger 12. Exempel på hur man tolkar resultatet i sådana frågor illustreras med hjälp av frågan nedan. Av 12 svar så är i 9 fall konservatorn inblandad i beslutsprocessen, i 8 fall en designer, i 7 fall involveras andra yrkesgrupper etc.

- **Vem/vilka är med i beslutsprocessen gällande valet av material till monterbyggande?**

Alternativ	Antal svar
Konservator	9
Designer	8
Annan/Andra	7
Intendent	5
Museichef	1
Vet ej	0

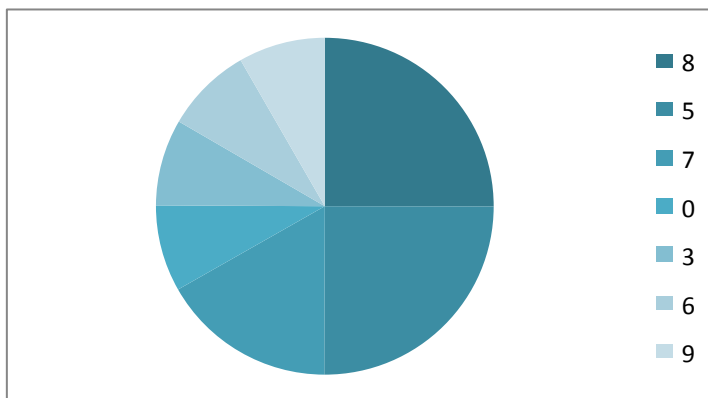
#### **Om du svarat Annan/Andra, fyll då i här vilka**

- Utställningstekniker.
- Snickaren.
- Projekt/budget-ansvarig, formgivaren och en ev. arkitektbyrå lägger sig ofta också i.
- Teknisk intendent, dvs. byggledaren/teknikern.
- Museitekniker.
- Tekniker, producent.
- Enhetschefer oftast (konservator blandar sig i på eget initiativ, om den känner till vad som sker, i tid...).

- **Hur stort inflytande känner du som konservator att du har i denna process?**

Respondenten skulle här gradera svaret enligt skalan 0 till 10, där 0 står för inget inflytande alls och 10 står för totalt inflytande över beslutsprocessen.

Gradering	Antal svar (i %)
8	3 (25 %)
5	3 (25 %)
7	2 (16,7 %)
0	1 (8,3 %)
3	1 (8,3 %)
6	1 (8,3 %)
9	1 (8,3 %)
1	0 (0 %)
2	0 (0 %)
4	0 (0 %)
10	0 (0 %)



- **Trä används ofta till byggandet av montrar. Vilken typ av trämaterial brukar museet använda?**

Alternativ	Antal svar
MDF	10
Annat	5
Massivt trä, såsom furu, björk, etc.	5
Spånskivor	2
Vet ej	1

**Om du svarat Annat, fyll då i här vilket trämaterial som används**

- Vi använder endast trämaterial som återvinns och som inte längre avger några gaser (eteriska oljor, formaldehyd, klorerade kolväten). Skulle vi behöva använda nytt material så ställs högsta krav på just detta.
- Al-lamell.
- Furuplywood och al-lamell. MDF har minskat de senaste åren.
- Brännlakerat plåt och glas.
- Ibland hyr vi metallmontrar med glasade huvar. Plywood förekommer också i väggbygge men inte till montrar. Reglar av furu.
- Det finns så många olika typer av plywood och spånskivor. Många märken att välja mellan, och det är mycket sällan som man vet vad för slags sintringsmaterial och lacker som använts.

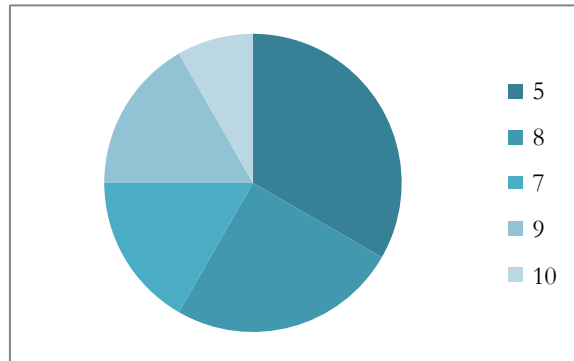


- **Vilka faktorer styr valet av material?**

Respondenten skulle här gradera svaret enligt skalan 0 till 10, där 0 står för ingen betydelse alls och 10 står för helt avgörande betydelse.

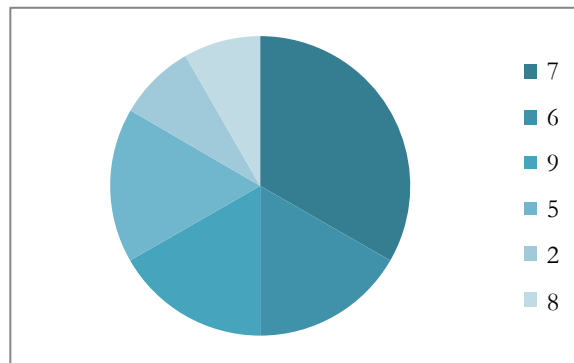
### Ekonomi

5	4 (33,3 %)
8	3 (25 %)
7	2 (16,7 %)
9	2 (16,7 %)
10	1 (8,3)
0	0 (0 %)
1	0 (0 %)
2	0 (0 %)
3	0 (0 %)
4	0 (0 %)
6	0 (0 %)



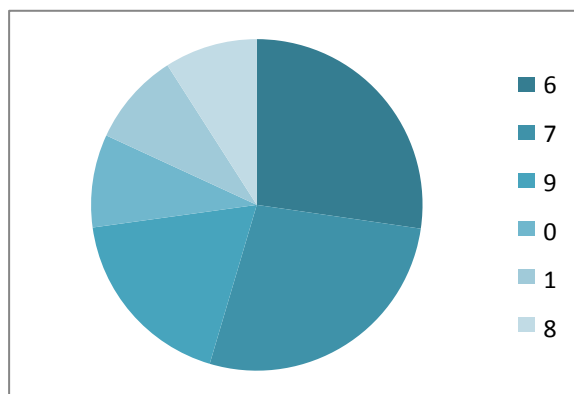
### Estetik

7	4 (33,3 %)
5	2 (16,7 %)
6	2 (16,7 %)
9	2 (16,7 %)
2	1 (8,3 %)
8	1 (8,3 %)
0	0 (0 %)
1	0 (0 %)
3	0 (0 %)
4	0 (0 %)
10	0 (0 %)



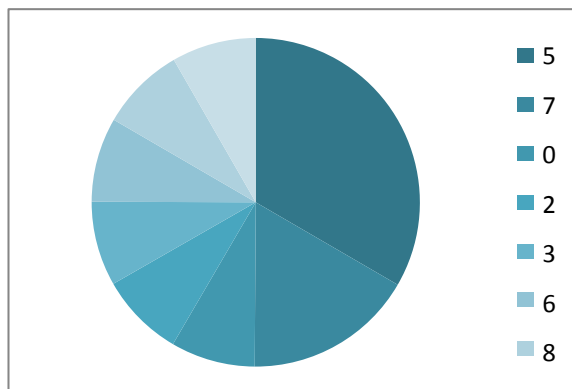
### Bevarandeaspekter

6	3 (25,0 %)
7	3 (25,0 %)
9	2 (16,7 %)
0	1 (8,3 %)
1	1 (8,3 %)
5	1 (8,3 %)
8	1 (8,3 %)
2	0 (0 %)
3	0 (0 %)
4	0 (0 %)
10	0 (0 %)



### Flexibilitet

5	4 (33,3 %)
7	2 (16,7 %)
0	1 (8,3 %)
2	1 (8,3 %)
3	1 (8,3 %)
6	1 (8,3 %)
8	1 (8,3 %)
9	1 (8,3 %)
1	0 (0 %)
4	0 (0 %)
10	0 (0 %)



- Med vad målas montrarna?

Alternativ	Antal svar
Vattenburna färger	11
Annat	5
Latexfärger	4
Montrarna målas ej	2
Alkydfärger	1
Vet ej	1
Oljebaserade färger	0

### Om du svarat Annat, fyll då i här vad som används

- Insynen i vilka material som verkligen används är ofta begränsad.
- Akrylat, EU-ecolabel, nordic ecolabel. Montrarna målas endast utvändigt eller i kantområde och färgen tillåts torka i flera veckor innan föremål och huv/glas kommer på plats.
- Vattenbaserad som spärrskikt. Akryl.
- Brännlakerat plåt.
- Som standard används vattenlösliga latexfärger. Vi har även använt särskilda "blockfärger" som ska förhindra emissioner från träet. Blockfärgerna använder vi i montrarna i våra basutställningar som innehåller material känsliga för emissioner från träet/omgivningen.
- Miltex Becker Alcro rekommenderat av Astma och allergiförbundet.
- Detta är också svårt att sätta ett generellt svar på - det finns många olika typer av "latex" eller akrylfärger. Ofta är det ytstrukturen, alltså det estetiska som avgör. Som konservator rekommenderar man att målningen sker några veckor innan montrarna skall monteras, för att dessa skall luftas, men jag har varit med om att detta inte följs då man i slutet av byggtiden upptäcker att montrarna är för få, fler behöver målas och oj, här är en repa, den målar vi igen: och hoppсан, nu ställer vi in föremålet i en monter som målats för en timme sedan.

## 8. Diskussion

Att hantera emissioner i slutna utrymmen är inte helt enkelt då frågan är väldigt komplex. Det är mycket som påverkar halten av emissioner i en monter eller en mikroklimatrum. Genom att vidta en åtgärd för att minska dessa halter, som till exempel regelbunden ventilering, öppnar man upp för ett annat problem, nämligen risken för att externt genererade föroreningar och partiklar letar sig in. En bidragande faktor till en hög emissionshalt är det att museer i realiteten inte alltid har möjlighet att vidta de försiktighetsåtgärder som en låg emissionshalt kräver. Snäva tidsramar mellan olika utställningsprojekt gör att det är svårt att låta färger få den härdningstid de behöver för att minska, eller helt avstanna, emissionen av organiska syror. Estetik och budget väger också ofta in, och även fast man på museet lyssnar till vad konservatorn har att säga, kan man inte alltid möta konservatorns önskemål.

Enkätundersökningen som genomförts i denna studie visar också på att konservatorn ibland kan uppleva att man inte tas tillräckligt på allvar. Det man föreslår kanske innebär en fördröjning av arbetet eller så är man inte en självklar del i själva utställningsplaneringen. Viktigt här är att poängtera att konservatorn på en del museer har en starkare ställning, vilket enkätundersökningen också visar på. I en utställning arbetar också många olika människor med olika kompetenser, vilket också kan vara en bidragande faktor till att material ibland väljs utan hänsyn till deras emitterande egenskaper. En konservator kan, på grund av tidsbrist av sin egen arbetsbörda, tvingas välja mellan olika projekt vad det är som bör prioriteras högre, samt vilka strider man väljer att ta.

Det finns flertalet olika dokument av olika upphovsmän som fungerar som vägledning i valet av material, men dessa är inte alltid helt unisona och kräver dessutom att konservatorn tar tid till att leta rätt på dessa rekommendationer. Enkätundersökningen har indikerat att det finns en önskan bland konservatorer i Sverige att en officiell standard för rekommenderade material ges ut, exempelvis av Riksantikvarieämbetet. De standarder som finns gäller oftast dyrare material, man saknar en mer omfattande standard som inkluderar mer ekonomiska alternativ också. Det finns också en önskan om en mer öppen dialog och bättre samarbete mellan olika yrkesgrupper och konservatorer emellan för att lyfta fram kunskapen kring vilka material som är bra.

I min studie har jag märkt att helt täta utrymmen inte är helt lätt att få. Faktum är att man kan nästan uteslutande räkna med viss typ av läckage, vilket kan påverka emissionshalten. Den mänskligt felande länken går inte helt att uteslutas. Det finns flertalet exempel i min studie där läckage kan ha påverkat resultaten. Använder man sig av trämaterial kan man råka borra snett, vilket gör att en fin spricka i en fog kan uppstå, och att det tätningsmaterial man använder inte tätar så bra som man kanske tror. Varje låda har två hål för plexiglasrören så att luftombyte skulle kunna ske. Dessa hål kan innebära läckage genom att isoleringstejpen av aluminium var svår att få helt tätt på grund av den runda formen. Dessutom var båda hålen lika stora, 10 mm i diameter, vilket påverkade trycket i lådan under mättillfällena genom att skapa ett undertryck och dra med sig mer emissioner. Detta hade kunnat undvikas genom att ingångshålet varit större än utgångshålet där pumpen eller dosimetern kopplades fast. Felaktig applicering av färger eller andra material kan också bidra till att emissionsbarriären inte fungerar som den ska. Detta fick jag erfara då jag testade det laminerade aluminiumet.

Laminerat aluminium är allmänt rekommenderat som ett bra och inert material att använda i montrar. Det finns inga tvivel om att detta stämmer, flertalet studier har gjorts för att styrka påståendet, men felaktigt applicerat faller hela konceptet med inert laminerat aluminium. I de två lådor jag byggde och isolerade med Marveseal® visade det sig att halten aldehyd som byggts upp i lådan ofta var högre än för de andra lådorna, detta på grund av felaktig

applicering, och att det i sådana fall fungerade sämre med laminerat aluminium än med de två färgerna jag testade och jämförde med. Halter av organiska syror uppmättes också i lådorna med laminerat aluminium. Detta beror också på emissioner från trämaterialiet som letat sig in på grund av felaktig applicering av aluminiumet. Endast de sidor som var inåt i lådan hade isolerats, på samma sätt som att det som målats till de andra lådorna endast var sidorna inåt. Kanterna hade inte isolerats med Marveseal®, vilket gjorde att trämaterialiet kunde avge emissioner där som sedan letade sig in och stängdes in i lådan. Testerna visar dock på att mängden syror som finns i lådorna var av mindre halter i lådan med aluminium än i de målade lådorna. Genom korrekt applicering av aluminiumet, alltså att klä in hela materialet och inte enbart de sidor som ska vara inåt mot det stängda utrymmet, bör man kunna anta att mängden formaldehyd som i vanliga fall emitterar från MDF bör vara lägre än de halter som uppmättes i denna studie. Studien styrker dock att laminerat aluminium är ett bättre alternativ än färger som inte tillåtits härda ordentligt vad gäller de halter av emitterade syror som uppmättes.

De två färger som testades i denna studie, en alkyd/akrylat-färg och en polyuretenfärg, visar på vad som kan hända om man inte ger färger tillräcklig härdningstid, vilket är mycket vanligt på museer. Färgerna tilläts härda i tre veckor inför första mättillfället och sedan ytterligare en vecka inför det andra mättillfället. Alltså som mest totalt fyra veckor. Resultaten visar på att färgerna, under dessa förhållanden, uppvisar viss skillnad sinsemellan. Både i att motstå emissionen av formaldehyd och organiska syror emitterat från MDF-materialet, men antagligen även mängden egna emitterande organiska syror. Polyuretenfärgen visade på sämre motståndskraft mot emission av formaldehyd generellt och halten organiska syror var högre än för den vattenburna alkyd/akrylatfärgen. Polyuretenfärgen applicerades enligt föreskrifter från tillverkaren genom att sprayas på underlaget. Det slutgiltiga resultatet var estetiskt tilltalande och gav en jämn och matt finish. Man får här dra slutsatsen att det är den begränsade härdningstiden som påverkar resultatet eftersom tvåkomponents polyuretenfärger erkänt ska fungera som en bra barriär och inte avge höga emissionshalter i sig själv, vilket också kan styrkas genom att man kan se att färgens barriäregenskaper ökade kraftigt inför det andra mättillfället, alltså att färgen efter fyra veckor gav betydligt bättre barriärskydd mot för efter endast tre veckor. Materialet rekommenderas bland annat i CCI:s *Technical Bulletin 21 Coatings for Display and Storage in Museums* som spärrskikt i tätslutande utrymmen, dock efter en härdningstid på åtminstone fyra veckor, vilket är den standardiserade rekommendationen för färger, även om fyra veckor egentligen är i underkant, och värt att notera är att olika färger har olika härdningstider.

De metoder jag valde att använda mig av har visat sig ge en bra bild av det jag ville undersöka, närvaron av aldehyder och organiska syror, och har dessutom gjort att jag har kunnat jämföra de olika materialen sinsemellan. Dosimetrarna fungerade ypperligt bra och var en enkel metod att använda sig av. Jodid-jodat-testet visade sig vara för känsligt för att ge en bra indikation på förhållandet mellan lådornas halter av syror. Det visade dock snabbt att organiska syror fanns närvarande i samtliga fyra lådor. pH-testet var en bättre indikator på förhållandet av halten syror mellan de olika lådorna. Det var ett snabbt och enkelt test att genomföra.

Den vattenburna alkyd/akrylatfärgen visade något bättre resultat. Den applicerades med pensel och resultatet blev ganska tillfredställande, även om den, i mitt tycke, inte var estetiskt lika tilltalande som polyuretenfärgen. Färgen påfördes i två lager som tilläts torka ett dygn mellan appliceringstillfällena. Man kan här också dra en parallell till det laminerade aluminiumet som visade sig kräva isolering även på sidorna och polyuretenfärgen. Den vita alkyd/akrylatfärgen som påfördes med pensel kan ha fått mer färg på kanterna än vad som var avsikten. Detta på grund av att färgen ibland rann ner och ströks ut. Således skulle det kunna innebära att färgen, genom att täcka större del av sidorna, uppvisar ett bättre resultat än polyuretenfärgen och aluminiumet vad gäller de uppmätta formaldehydhalterna. Vad gäller emissionshalterna av organiska syror verkar den helt enkelt emittera mindre eller vara en bättre barriär än polyuretenfärgen under de förhållanden som studien utfördes kring.

Med denna studie vill jag inte säga att det ena materialet är bättre än det andra, jag vill bara lyfta fram hur de testade materialen kan förhålla sig till varandra under förutsättningar som inte är optimala för deras slutgiltiga effektivitet. Som uppsatsen tidigare har berört är det ofta så på museer att man inte ger tid till, eller har möjlighet att ge tid till, exempelvis en härtningsperiod på fyra veckor. Material som i allmänhet rekommenderas kan under sådana förutsättningar inte förväntas ge samma effektiva skydd som de tillskrivs. Detta försvårar materialvalet för konservatorn och de allmänna rekommendationer som finns kan därför inte alltid tillämpas.

Emissionsfrågan blir då ännu mer komplex och svår att få grepp om. Det krävs att man även efter applicering av färg eller tillförseln av andra material i ett slutet utrymme noggrant kontrollerar luften i den, väger för- och nackdelar vid ventilation eller icke ventilation, och att man håller koll på om de emissionshalter som byggs upp i montern blir så pass höga att de påverkar material. Det enklaste sättet att kontrollera det är genom kupongtestet som beskrivits i kapitel 3.2. Då kan man se om emissionshalten är tillräckligt hög för att orsaka korrosion på känsliga material, silver exempelvis. Man kan då vidta åtgärder innan halterna påverkar de utställda materialen i för stor omfattning. Genom att se över vilka filter man använder sig av på museet kan man minska risken för att externa luftburna föroreningar letar sig in i montern eller mikroklimatramen. Det kan innebära en ekonomisk belastning för museet att se över dessa och eventuellt komplettera dem, vilket inte alltid är genomförbart, men genom att jobba mot det tillsammans på museet så är det en nyttig och bra investering för föremålens fortsatta livslängd. Det är ju trots allt ett museums uppgift att bevara och skydda föremålen. Museer idag är så fokuserade på utställningsbiten och den pedagogiska funktion de ska fylla i samhället att de i farten ibland verkar glömma att ta hänsyn till föremålen, eller helt enkelt att man väljer att bortse ifrån den. Hur påverkar det våra kulturföremål? Hur påverkar det kommande generationers möjlighet att ta del av dem? Många museer har inte ens en anställd konservator, utan de hyrs in på samma sätt som man hyr in en designer eller arkitekt, alltså när man vill ha något specifikt iordningsställt inför en specifik utställning. Är detta rimligt? Konservatorns roll måste bli en självklar del, inte bara i utställningsgruppen, utan på museet, och framför allt måste konservatorns röst lyssnas på med respekt för den yrkeskunskap man kan tillföra, och inte ses som en belastning på ekonomin och den tidspress man arbetar under. Detta kan uppnås genom ihärdigt arbete med att göra sin konservatorsröst hörd, att samarbete och utbyte av kunskap mellan museer ökar, samt genom en öppnare dialog mellan olika yrkesgrupper. På detta sätt kan konservatorns roll på museer bli mer respekterad än vad den i många fall är idag. I och med det blir också föremålen mer prioriterade och museernas ledningar kan ställa mer krav utåt på samhället att man faktiskt kräver resurser för att bevara och vårda samlingarna, och inte bara fungerar som ett komplement till skolväsendet. Man måste se till helhetsbilden av vad ett museum är för samhället. Det är inte konstigt egentligen att så lite resurser ges till museerna för bevarandeändamål. Museerna själva tar oftast inte den striden.

## 9. Sammanfattning

Exakt hur alla samband och förhållanden mellan VOC, flyktiga organiska ämnen, och dess destruktiva egenskaper är samordande är inte helt redogjort för och vidare forskning krävs. Att få en miljö helt fri från emissioner är inte möjligt. Flyktiga organiska ämnen i museal miljö emitterar från trämaterial, färger, lacker och ibland föremålen själva.

Korrosion av metaller är vanligt, och oftast främst det man tänker på när man talar om emissioner, och känsligast är bly, koppar och silver. Även efflorescens på kalkartade föremål, vilket kan ses som en vit beläggning, är vanligt. De vanligaste föroreningarna är också de farligaste. Svaveldioxid, vätesulfid, saltsyra och kväveoxider orsakar skador redan vid låga halter. Emissioner av flyktiga organiska ämnen kan genom reaktioner dessutom omvandlas. Ibland från något som inte anses särskilt farligt till något som innebär en mer påtaglig risk. Exempelvis kan formaldehyd omvandlas till myrsyra. Organiska syror påverkan på material är ganska väl studerat. En försurad miljö kan exempelvis missfärga papper och svaveloxider kan påverka bomullsfibrer genom att försvaga dem vilket gör dem mer utsatt vid hantering.

Vad gäller emissioners effekter på målningar och dess olika komponenter såsom bindemedel och fernissor är inte lika väl undersökta. Det har dock bevisats i *The role of organic and inorganic indoor pollutants in museum environments in the degradation of dammar varnish* att ättiksyra bryter ner dammarfernissa genom oxidation, en risk som bara blir mer och mer påtaglig vid lägre RF-värden.<sup>98</sup> Ozon bleker pigment, likaså kvävedioxid och salpetersyra. Att organiska syror hydrolyserar cellulosa-fibrer kan påverka exempelvis en bomullsduk om målningen är målad på en sådan.

Under utställningar är det vanligt att visa föremålen genom att placera dem i montrar. Målningar placeras allt oftare i mikroklimatramar inför utlån o.d. Genom att placera föremålen i slutna utrymmen skyddar man dem från vandalis, stöld, externa luftföroreningar och klimatfluktuationer. Fördelarna anses väga över de negativa. Dock ska man inte helt glömma bort att man genom att placera föremål i slutna utrymmen ökar risken för att höga halter av emissioner byggs upp, vilket kan påverka föremålet negativt.

Valet av material påverkar halten av emissioner. Det är under pressade tidscheman och pressad ekonomi på museer ofta svårt att ta den hänsyn till valet av material som bör tas. Konservatorn får inte alltid sin röst hörd och ofta används materialen inte under sina bästa förutsättningar. Exempelvis så tillåts färger inte hårdas tillräckligt länge, den allmänt rekommenderade härdningstiden är oftast fyra veckor. En färg som rekommenderas att använda ger således inte det skydd den tillskrivs, och de syror som ibland avges under härdningstiden skadar de utställda föremålen. Ett mycket vanligt scenario på museer runt om i världen.

De material som valdes ut till den här studien var laminerat aluminium av märket Marveseal® och två färger; vattenburen alkyd/akrylatfärg från Caparol och en tvåkomponents polyuretenfärg av märket Nextel. Dessa studerades i två serier med fyra lådor av MDF per serie, varav den fjärde lådan i varje serie var en obehandlad referenslåda. Serie ett mätte emissionen av formaldehyd och serie två mätte emissionen av organiska syror. Bäst resultat generellt gav den vattenburna alkydfärgen, vilket inte var helt väntat. Dock beror detta på att appliceringen av det laminerade aluminiumet inte var helt korrekt. Det visar att felaktig

---

<sup>98</sup> Bonaduce, I., Odlyha, M., Di Girolamo, F. et al. (2013) s.498.

applicering av material kan ge förödande konsekvenser för den skyddande effekt de är tänkta att ge. Korrekt applicerat laminerat aluminium bör ge det bästa skyddet då materialet är helt inert. Dock visade lådan med Marveseal att den innehöll lägst halt av organiska syror, även om halten för formaldehyd var lika hög som för referenslådan. Polyuretenfärgen visade på hög emissionshalt av organiska syror och kräver en längre härdningstid än de tre veckor som gavs. Detta kan illustrera den tidspress som museer ofta har. Man kan dock se att den genom ökad härdning ger ett betydligt bättre skydd mot emission av formaldehyd. Vid mättillfälle ett, efter tre veckors härdning, hade den högst absorptionsvärde av alla vilket visar på högst halt av formaldehyd. Efter ytterligare en vecka, totalt fyra veckors härdning, hade absorptionsvärdet sjunkit drastiskt och visade på ett likartat värde som alkyd/akrylatfärgen och gav då ett bättre skydd än det laminerade aluminiumet.

Mätningen av pH efter fyra veckors härdning visade på att det laminerade aluminiumet gav bäst resultat, därefter alkyd/akrylatfärgen även om den låg nära värdet för referenslådan. Polyuretenfärgen visade på betydligt högre närvaro av syror och trots att den fungerade bättre som barriär efter fyra veckors härdning jämförelsevis med tre veckor, så emitterade eller skyddade den dåligt mot de av MDF-skivan emitterade ämnena och kräver således sannolikt betydligt längre härdningstid.

Enkätundersökningen visar att konservatorns roll inte alltid är helt självklar, och att flera olika parametrar försvårar möjligheten att göra sin röst hörd. Museet kan vara pressat tidsmässigt eller ekonomiskt, det är inte alltid det förs en bra dialog med andra yrkesgrupper eller konservatorer och museer emellan, och man saknar en mer omfattande officiell standard för vilka material som faktiskt är bra att använda. Konservatorns roll kan dock vara på väg att lyftas upp, även om det går långsamt. Undersökningen indikerar nämligen på att en del känner att de har relativt stort inflytande på de material som används och att man är en mer självklar del i utställningsarbetet, även om man ibland får välja sina strider. Genom att föra en öppnare och bättre dialog mellan museer, konservatorer och andra yrkesgrupper kan man stärka konservatorns roll genom att lyfta fram den viktiga kompetens och kunskap man faktiskt har. Vidare visar enkätundersökningen att ekonomi, estetik och tidspress påverkar hur stort inflytande man känner att man har som konservatorer. Det har också lyfts fram att valet av vad som är bra eller dåligt material inte är helt enkelt. Man saknar en officiell standard gällande utställningsmaterial. Det har gjorts ett sammanfattande manual gällande detta som ett antal konservatorer framställt, men denna verkar tyvärr inte ha fått någon genomslagskraft. Flera lyfter fram ett behov av att föra en dialog konservatorer emellan, samt föra en mer utökad diskussion museer emellan. Vad gäller det material som används på museer kopplade till deltagarna i denna enkätundersökning visar svarsalternativen att trä används i stor utsträckning. Detta var förväntat. Alternativa material såsom exempelvis aluminium, glas och montrar av metall används också. Om montrarna målas svarade 11 av 12 att man använder vattenburna färger, men även andra färger används.

# Käll- och Litteraturförteckning

## Tryckta källor och litteratur

Baer, N.S. & Banks, P.N. (1994) Indoor air pollution: effects on cultural and historical materials, *Care of Collections*, [Elektronisk resurs]. London: Routledge, s. 150-163.

Berenjian, A., Chan, N., & Malmiri, H.J. (2012) Volatile organic compounds removal methods: A review, *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*, vol 8, nr 4, s.220-229.

Tillgänglig att ladda ner som pdf:

<http://thescipub.com/abstract/10.3844/ajbbbsp.2012.220.229>

2013-05-09

Bonaduce, I., Odlyha, M., Di Girolamo, F., et.al. (2013) The role of organic and inorganic indoor pollutants in museum environments in the degradation of dammar varnish, *Analyst*, vol. 138, nr 2, s. 487-500.

Bosshard, E. (1994) Paintings: the (show) case for passive climate control, *Care of Collections*, [Elektronisk resurs]. London: Routledge, s. 98-103.

Camuffo, D., Sturaro, G., Valentino, A. (2000) Showcases: a really effective mean for protecting artworks? *Thermochimica Acta*, vol. 365, nr 1-2, s. 65-77.

Cass, G. R. (red.) (1989). Protection of works of art from atmospheric ozone [Elektronisk resurs]. Marina del Rey, Calif., USA: Getty Conservation Institute

Tillgänglig att ladda ner som pdf:

[http://www.getty.edu/conservation/publications\\_resources/pdf\\_publications/protection\\_atmospheric\\_ozone.html](http://www.getty.edu/conservation/publications_resources/pdf_publications/protection_atmospheric_ozone.html) Hämtad: 2013-05-13

Craddock, A.B. (1994) Construction materials for storage and exhibition, *Care of collections*, [Elektronisk resurs]. London: Routledge, s. 143-149.

Dupont, A.-L., & Tétreault, J. (2000) Cellulose degradation in an acetic environment, *Studies in Conservation*, vol. 45, nr 3, s. 201-210.

Esterbauer, H., & Zollner, H. (1989) Methods for determination of aldehydic lipid peroxidation products, *Free Radical Biology & Medicine*, vol. 7, s. 197-203.

Fung, K., & Grosjean, D. (1981) Determination of Nanogram Amounts of Carbonyls as 2,4-Dinitrophenylhydrazones by High-Performance Liquid Chromatography, *Analytical Chemistry*, vol. 53, nr 2, s. 168-171.

Grøntoft, T. (2012) Performance evaluation for museum enclosures. Measurement, modelling and mitigation of pollutant impact on objects in museum enclosures. *E-preservation science*, nr 9, ISSN: 1581-9280 web edition, s. 36-46. <http://www.morana-rtd.com/e-preservation-science/2012/Grontoft-26-06-2012.pdf> Hämtad: 2013-05-13



Holmberg, J. (1999) Påverkan av miljöfaktorer utifrån, *Tidens Tand, förebyggande konservering: magasinshandboken*. 1. uppl. Stockholm: Riksantikvarieämbetet s. 255-263.

Holmberg, J. (1999) Påverkan av miljöfaktorer inomhus, *Tidens Tand, förebyggande konservering: magasinshandboken*. 1. uppl. Stockholm: Riksantikvarieämbetet s. 264-275.

López-Aparicio, S., Grøntoft, T., Odlyha, M. et.al. (2010) Measurement of organic and inorganic pollutants in microclimate frames for paintings. *E-preservation science*, nr 7, ISSN: 1581-9280 web edition, s. 59-70. <http://www.morana-rtd.com/e-preservation-science/2010/LopezAparicio-16-02-2010.pdf> 2013-05-13

Meyer, B. & Boehme, C. (1997) Formaldehyde emission from solid wood, *Forest products journal*, vol. 47, nr 5, s 45-48.

Finns tillgänglig som pdf:

[http://www.ecobind.com/research/Formaldehyde\\_Emissions\\_from\\_Solid\\_Wood-MB.pdf](http://www.ecobind.com/research/Formaldehyde_Emissions_from_Solid_Wood-MB.pdf)  
2013-05-13

Michalski, S. (1994) Leakage Prediction for Buildings, Cases, Bags and Bottles, *Studies in Conservation*, vol. 39, nr 3, s.169-186.

Miles, C.E. (1986) Wood Coatings for Display and Storage Cases, *Studies in Conservation*, vol. 31, nr 3, s. 114-124.

Norén, J.O. (2008), Exponering för formaldehyd, *Arbetsmiljöverket*, Rapport 2008:3. Finns att ladda ner som pdf: [http://www.av.se/dokument/publikationer/rapporter/RAP2008\\_03.pdf](http://www.av.se/dokument/publikationer/rapporter/RAP2008_03.pdf)  
Hämtad 2013-06-07

Raychaudhuri, M.R., & Brimblecombe, P. (2000) Formaldehyde oxidation and lead corrosion, *Studies in Conservation*, vol. 45, nr 4, s. 226-232.

Salmon, L.G., & Cass, G.R. (1993) The fading of artists' colorants by exposure to atmospheric nitric acid, *Studies in Conservation*, vol. 38, nr 2, s. 73-91.

Schieweck, A. (2009) Airborne Pollutants in Museum Showcases – Material emissions, influences, impact on artworks, Avhandling, Doctor rerum naturalium (Dr. rer. nat).

Sozzani, L.S.G. (1997), An economical design for a microclimate vitrine for paintings using the picture frame as the primary, *Journal of the American Institute for Conservation*, vol. 36, nr 2, artikel 1, s. 95-107. [http://cool.conservation-us.org/jaic/articles/jaic36-02-001\\_indx.html](http://cool.conservation-us.org/jaic/articles/jaic36-02-001_indx.html)

Strlic, M., Mattarozzi, S., Landriscina, G., & Bernardi, A. (2012) Guidelines for Air Pollution Evaluation, Monitoring and Mitigation in Preventive Conservation of Cultural Heritage, *TeACH Project*, Theme 6 – Environment, Contract n. 212458-2008. Finns att ladda ned som pdf: [http://www.teach-project.eu/wp-content/uploads/2009/05/teach\\_guidelines\\_final.pdf](http://www.teach-project.eu/wp-content/uploads/2009/05/teach_guidelines_final.pdf)  
Hämtad 2013-06-08

Tétreault, J. (1994) Display Materials: The good, the bad and the ugly, *Exhibitions and Conservation. Pre-prints of the Conference held at The Royal College of Physicians, Edinburgh*. Ed. J. Sage, The Scottish Society for Conservation & Restoration (SSCR), Edinburgh, s. 79-87.

Tétreault, J. (1999) Coatings for Display and Storage in Museums, *Technical Bulletin nr 21*, Ottawa, Ont.: Canadian Conservation Institute.

Tétreault, J. (2011) Sustainable use of coatings in museums and archives – some critical observations, *E-preservation science*, nr 8, ISSN: 1581-9280 web edition, s. 39-48.  
<http://www.morana-rtd.com/e-preservation-science/2011/Tetreault-05-01-2011.pdf>  
2013-05-13

Thickett, D. & Lee, L.R. (2004) Selection of materials for the Storage or Display of Museum Objects, *British Museum Occasional Paper*, nr 111, s. 2-7,25-27.  
[http://www.britishmuseum.org/pdf/OP\\_111%20selection\\_of\\_materials\\_for\\_the\\_storage\\_or\\_display\\_of\\_museum\\_objects.pdf](http://www.britishmuseum.org/pdf/OP_111%20selection_of_materials_for_the_storage_or_display_of_museum_objects.pdf) 2013-05-13

Whitmore, P.M., & Cass. G.R. (1989) The fading of artists' colorants by exposure to atmospheric nitrogen dioxide, *Studies in Conservation*, vol 34, nr 2, s.85-97.

Williams, E.L., Grosjean, E., Grosjean, D. (1992) Exposure of artists' colorants to airborne formaldehyde., *Studies in Conservation*, vol. 37, nr 3, s. 201-210.

Williams, E.L., Grosjean, E., Grosjean, D. (1993) Exposure of artists' colorants to peroxyacetyl nitrate, *Journal of the American Institute for Conservation(JAIC)*, vol 32, nr 1, artikel 6, s.59-79. [http://cool.conservation-us.org/jaic/articles/jaic32-01-006\\_idx.html](http://cool.conservation-us.org/jaic/articles/jaic32-01-006_idx.html) 2013-05-13

Williams, E.L., Grosjean, E., Grosjean, D. (1993) Exposure of artists' colorants to sulfur dioxide, *Journal of the American Institute for Conservation(JAIC)*, vol 32, nr 3, artikel 7, s.291-310.  
<http://cool.conservation-us.org/jaic/articles/jaic32-03-007.html> 2013-06-08

Zhang, J., Thickett, D., & Green, L. (1994) Two tests for the detection of volatile organic acids and formaldehyde, *Journal of the American Institute for Conservation*, vol. 33, nr 1, artikel 4, s. 47-53. <http://cool.conservation-us.org/jaic/articles/jaic33-01-004.html> 2013-05-13

## Elektroniska källor

Definition of Volatile Organic Compounds (VOC), *U.S. Environmental Protection Agency*  
[http://www.epa.gov/ttn/naaqs/ozone/ozonetech/def\\_voc.htm](http://www.epa.gov/ttn/naaqs/ozone/ozonetech/def_voc.htm) Hämtad 2013-04-08

Chemguide, *United Kingdom*,  
<http://www.chemguide.co.uk/analysis/chromatography/thinlayer.html> Hämtad 2013-06-07

Marveseal ® *Preservation Equipment Ltd.*  
<http://www.preservationequipment.com/Store/Products/Conservation-Materials/Other-Materials/Marveseal> Hämtad 2013-05-13

Teknisk information, Försterfärg LF,  
[http://www.caparol.se/Portals/\\_se/upload/IMPProdukte/pictureCache/caparol\\_se/ti/79383/Foensterfaerg\\_LF\\_Prod\\_SE.pdf](http://www.caparol.se/Portals/_se/upload/IMPProdukte/pictureCache/caparol_se/ti/79383/Foensterfaerg_LF_Prod_SE.pdf) Hämtad: 2013-04-05

Teknisk information: NEXTEL-Suede-Coating 3101  
[http://www.nextel.se/nsc3101\\_teknisk.html](http://www.nextel.se/nsc3101_teknisk.html) Hämtad: 2013-04-05

Traditionella pigment i byggnadsmåleriet, *Peter v Knorring Arkitektkontor*  
<http://www.knorring.se/pigment.htm> Hämtad 2013-04-24

Volatile organic Compounds, *Northern Arizona University*  
[http://www4.nau.edu/ceop/air\\_quality/docs/AkIAQ\\_VolatileOrganicCompounds.pdf](http://www4.nau.edu/ceop/air_quality/docs/AkIAQ_VolatileOrganicCompounds.pdf)  
Hämtad: 2013-04-15

What is ureaformaldehyde, *Wisegeeek*, <http://www.wisegeeek.org/what-is-urea-formaldehyde.htm> Hämtad: 2013-04-08

# Figur- och tabellförteckning

## Figurförteckning

Omslagsbild: En serie med de fyra olika testlådorna.

Figur 6: Enkel mikroklimatram efter L.S.G. Sozzanis design.

Figur 2: Färdigbyggda lådor, serie ett och serie två, förseglade för avgasning under sju dagar.

Figur 3: Illustration över hur dosimetern kopplades samman med lådan.

Figur 4: Illustration över hur elueringen går till.

Figur 7: Dosimetrarna eluerades med metanol.

Figur 6: Illustration över hur jodid-jodat-provet gick till.

Figur 7: Referenslådan, MT 1.

Figur 8: Aluminiumlådan, MT 1.

Figur 9: Nextellådan, MT 1.

Figur 10: Alkyd/akrylat, MT 1.

Figur 11: Referenslåda, MT 2.

Figur 12: Aluminium, MT 2.

Figur 13: Nextel, MT 2.

Figur 14: Alkyd/akrylat, MT 2.

Figur 15: Referens, MT 3.

Figur 16: Aluminium, MT 3.

Figur 17: Nextel, MT 3.

Figur 18: Alkyd/akrylat, MT 3.

## Tabellförteckning

Tabell 1: Naturliga organiska färgämnen som testades.

Tabell 2: Syntetiska färgämnen som testades.

Tabell 5: Resultatet från spektrofotometern.

Tabell 4: Resultat av pH-mätning.

Satmliga foton och illustrationer är tagna och gjorda av författaren till uppsatsen.

## BILAGA 1: Introduktion till enkäten och avslutande information

Introduktionen till enkäten såg ut som följer;

Konservatorer verksamma på museum – Se hit!

Denna enkät riktar sig endast till alla museiverksamma konservatorer i Sverige.

Syftet med denna undersökning är att försöka få en bild av vilken typ av material som används idag på museer, vid byggandet av montrar eller andra slutna utrymmen, och få en överblicksbild av den process som ligger bakom just det valet.

Framför allt så vill jag också belysa hur stort inflytande man känner att man har som konservator i frågan.

Enkätundersökningen är en del av mitt kandidatarbete på Institutionen för Kulturvård med inriktning målerikonservering. Mitt arbete handlar om att belysa processen kring materialval, samt även att testa några mer traditionella material mot ett nyare alternativ, för att mäta emissioner och jämföra dessa sinsemellan. Min förhoppning är att detta arbete kommer att bidra till ökad medvetenhet kring emissioner, men också ge en grundläggande bild av hur materialvalsprocessen ser ut på våra museer runt om i Sverige idag.

Enkäten tar ca 5-10 minuter att svara på. Sista svarsdag är 3/5. Jag hoppas att du vill vara med och belysa denna viktiga fråga. Alla svar kommer att behandlas konfidentiellt.

...

Efter enkätens avslutande fick deltagande följande information;

Svaren har sparats.

Om du vill ta del av resultaten kommer de att presenteras tillsammans med mitt arbete och publiceras online på GUPEA. Ett mejl med en länk till detta kommer att skickas ut efter publicering.

Tack för din tid!

## BILAGA 2: Enkätundersökning - Materialvalsprocess

Antal påbörjade enkäter: 16st

Antal avslutade enkäter: 16st, varav 12 har svarat på enkäten.

### 1. Vem/vilka är med i beslutsprocessen gällande valet av material till monterbyggnade?

Alternativ	Antal svar
Konservator	9
Designer	8
Annan/Andra	7
Intendent	5
Museichef	1
Vet ej	0

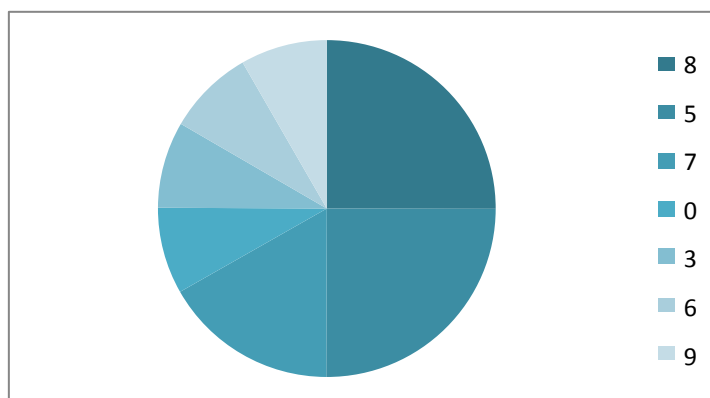
#### Om du svarat Annan/Andra, fyll då i här vilka

- Utställningstekniker.
- Snickaren.
- Projekt/budget-ansvarig, formgivaren och en ev. arkitektbyrå lägger sig ofta också i.
- Teknisk intendent, dvs. bygglidaren/teknikern.
- Museitekniker.
- Tekniker, producent.
- Enhetschefer oftast (konservator blandar sig i på eget initiativ, om den känner till vad som sker, i tid...).

#### 1.1 Hur stort inflytande känner du som konservator att du har i denna process?

Gradera svaret enligt skalan 0 till 10, där 0 står för inget inflytande alls och 10 står för totalt inflytande över beslutsprocessen.

Gradering	Antal svar (i %)
8	3 (25 %)
5	3 (25 %)
7	2 (16,7 %)
0	1 (8,3 %)
3	1 (8,3 %)
6	1 (8,3 %)
9	1 (8,3 %)
1	0 (0 %)
2	0 (0 %)
4	0 (0 %)
10	0 (0 %)



## 1.2 Vad är det som gör att du känner att du har litet/stort inflytande i materialvalsprocessen?

- Konservatorn är fortfarande inte en självklar del av utställningsplaneringen på alla museer vilket gör det svårare att påverka val av material.
- Erfarenhet av material samt av materialegenskaper, erfarenhet av utställningsbyggen, både permanenta och tillfälliga utställningar.
- Det varierar något beroende av vilken formgivare som jobbar med utställningen, och hur arbetsprocessen ser ut.
- Man lyssnar, men ekonomin är viktig och även formgivaren, men det beror på vem det är för det är olika.
- Om det inte blir rätt material kan föremålet ta skada, och inom denna organisation är det mitt jobb att se till föremålet inte tar skada.
- Jag får ofta välja mina strider. Byggladaren/teknikavdelningen sköter själva materialval och inköp efter deras krav och vill jag ha något annat så krävs det att jag undersöker tillgång, pris och egenskaper. Det kräver ganska mycket tid och arbete - tid som jag inte har gott om och därför väljer jag när jag tycker det är extra viktigt. Dessutom kan teknikavdelningen vara traditionalister och tycka att sina vanliga materialval är de bästa.
- Ekonomi och oftast tid (vi har oftast väldigt tight planering).
- Det finns ingen dialog kring materialval i utställningsbygge.
- Min erfarenhet är att det är främst kostnaden som avgör. Som konservator upplever jag att jag har haft en konsulterande funktion och blivit lyssnad på vid planeringen, men till slut har det ändå blivit att tidsbristen, ekonomin och pressen för att klara av deadlines har avgjort vad för slags material som blivit valt till montrar.
- Man kan tycka att konservatorn är besvärlig, att allt tar längre tid, blir dyrare. Därför kan man tycka det vara enklare ju mindre konservator deltar.

## 1.3 Vilka ev. hinder stöter du som konservator på i valet av material?

- Vissa material som förespråkas av konservatorer anses som allt för kostsamma.
- Föremålets sammansättning kan vara ett problem vid exponering i täta montrar, beställare. Museichef har önskemål om speciella material/färg/exponering. I vissa fall är elektrostatiska monterhuvar av akryl besvärliga i kontakt med känsliga föremål där risken finns att partiklar kan lyftas upp och lägger sig på insidan av akrylplasten.
- Ekonomiska, samt ibland tidsrelaterade problem, som t.ex. torktider gentemot deadlines.
- Ekonomi. Svårighet för snickaren att bearbeta materialet så att formgivaren blir nöjd (val av allamell fick i ett sådant fall gå bort).
- Ekonomi, tidspress och estetik.
- Det största hindret är svårigheten att veta vad som faktiskt är bra materialval. Man kan utesluta några trämaterial t.ex. som direkt dåliga men annars är det svårt att veta vad som är det bästa. I verkligheten på museet spelar kostnaden en stor roll och då måste man göra avvägningen om det dyrare materialet är så mycket bättre att det motiverar inköpet.
- Materialen är inte alltid de ultimata ur bevarandehänseende.
- Medvetenheten om att konservatorns skall involveras och ses som en resurs.

- Att det är svårt att veta att just den färgen är bra/inte bra, att just den fogmassan för att täta är ok, och att just den firman som målar/tillverkar montrarna gör det enligt anvisningar (dvs. så och så lång tid innan montering mm).

#### 1.4 Finns det något övrigt du vill tillägga i denna fråga?

- Planeringen och utställningsformgivningen är allt för ofta redan fastslagen redan innan konservatorn kopplas in i arbetet. Detta gör det mycket svårt att påverka då alla nya förslag och åtgärder (om än ganska enkla) upplevs som merarbete.
- Min chef hyser stor förståelse för min strävan att tänka på föremålens bästa i dessa sammanhang.
- Att det långsiktiga arbetet är det viktiga. Det viktigaste är att standardmaterialen man använder är ok - alltså att man undviker de dåliga valen.
- Mer diskussioner borde föras museer emellan om vad som fungerar bäst. Alla behöver ju inte uppfinna hjulet själva.
- Vi konservatorer får inbjuda till dialog.
- Vilka material som bör användas i montrarna är standardiserat endast för de större och dyrare märkena. Om produktionen har en begränsad budget tillverkas montrarna av budgetmaterial, och där finns inga standardiseringar. Det hade varit lättare för konservatorn att hävda sin poäng om standarder fanns tillgängliga.
- På förekommen anledning skrev vi konservatorer ihop en liten manual, så att alla lätt kunde ta reda på vilka material som kan vara lämpliga i museisammanhang etc. (Undrar just hur mycket den används).

#### 2. Trä används ofta till byggandet av montrar. Vilken typ av trämaterial brukar museet använda?

Alternativ	Antal svar
MDF	10
Annat	5
Massivt trä, såsom furu, björk, etc.	5
Spånskivor	2
Vet ej	1

#### Om du svarat Annat, fyll då i här vilket trämaterial som används

- Vi använder endast trämaterial som återvinns och som inte längre avger några gaser (eteriska oljor, formaldehyd, klorerade kolväten). Skulle vi behöva använda nytt material så ställs högsta krav på just detta.
- Al-lamell.
- Furuplywood och al-lamell. MDF har minskat de senaste åren.
- Brännlakerat plåt och glas.
- Ibland hyr vi metallmontrar med glasade huvar. Plywood förekommer också i väggbygge men inte till montrar. Reglar av furu.
- Det finns så många olika typer av plywood och spånskivor. Många märken att välja mellan, och det är mycket sällan som man vet vad för slags sintringsmaterial och lacker som använts.

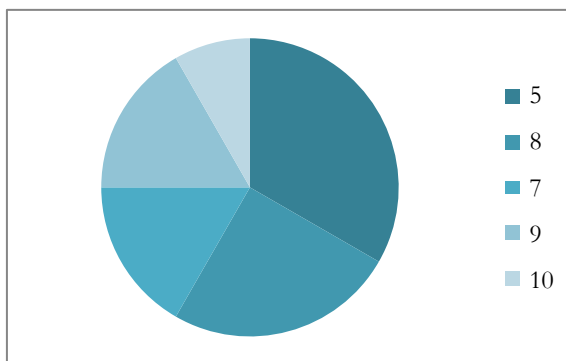


### 3. Vilka faktorer styr valet av material?

Gradera svaret enligt skalan 0 till 10, där 0 står för ingen betydelse alls och 10 står för helt avgörande betydelse.

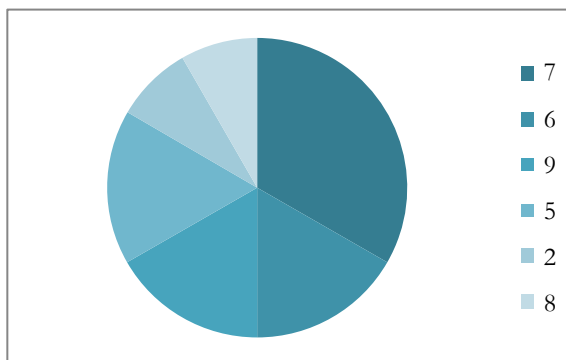
#### Ekonomi

Gradering	Antal svar (i %)
5	4 (33,3 %)
8	3 (25 %)
7	2 (16,7 %)
9	2 (16,7 %)
10	1 (8,3)
0	0 (0 %)
1	0 (0 %)
2	0 (0 %)
3	0 (0 %)
4	0 (0 %)
6	0 (0 %)



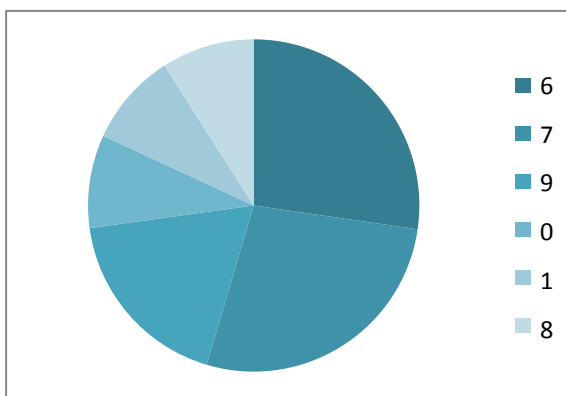
#### Estetik

Gradering	Antal svar (i %)
7	4 (33,3 %)
5	2 (16,7 %)
6	2 (16,7 %)
9	2 (16,7 %)
2	1 (8,3 %)
8	1 (8,3 %)
0	0 (0 %)
1	0 (0 %)
3	0 (0 %)
4	0 (0 %)
10	0 (0 %)



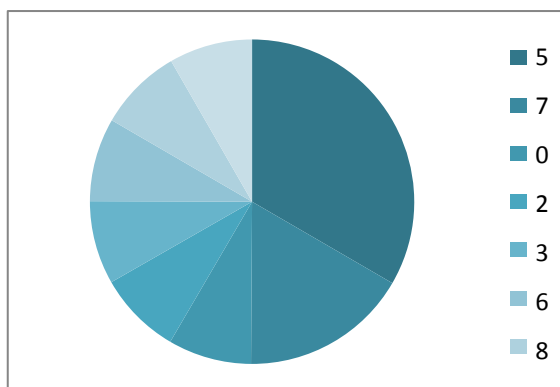
#### Bevarandeaspekter

Gradering	Antal svar (i %)
6	3 (25,0 %)
7	3 (25,0 %)
9	2 (16,7 %)
0	1 (8,3 %)
1	1 (8,3 %)
5	1 (8,3 %)
8	1 (8,3 %)
2	0 (0 %)
3	0 (0 %)
4	0 (0 %)
10	0 (0 %)



## Flexibilitet

Gradering	Antal svar (i %)
5	4 (33,3 %)
7	2 (16,7 %)
0	1 (8,3 %)
2	1 (8,3 %)
3	1 (8,3 %)
6	1 (8,3 %)
8	1 (8,3 %)
9	1 (8,3 %)
1	0 (0 %)
4	0 (0 %)
10	0 (0 %)



#### 4. Med vad målas montrarna?

Alternativ	Antal svar
Vattenburna färger	11
Annat	5
Latexfärger	4
Montrarna målas ej	2
Alkydfärger	1
Vet ej	1
Oljebaserade färger	0

#### Om du svarat Annat, fyll då i här vad som används

- Insynen i vilka material som verkligen används är ofta begränsad.
- Akrylat, EU-ecolabel, nordic ecolabel. Montrarna målas endast utvändigt eller i kantområde och färgen tillåts torka i flera veckor innan föremål och huv/glas kommer på plats.
- Vattenbaserad som spärrskikt. Akryl.
- Brännlakerat plåt.
- Som standard används vattenlösliga latexfärger. Vi har även använt särskilda "blockfärger" som ska förhindra emissioner från träet. Blockfärgerna använder vi i montrarna i våra basutställningar som innehåller material känsliga för emissioner från träet/omgivningen.
- Miltex Becker Alcro rekommenderat av Astma och allergiförbundet.
- Detta är också svårt att sätta ett generellt svar på - det finns många olika typer av "latex" eller akrylfärger. Ofta är det ytstrukturen, alltså det estetiska som avgör. Som konservator rekommenderar man att målningen sker några veckor innan montrarna skall monteras, för att dessa skall luftas, men jag har varit med om att detta inte följs då man i slutet av byggtiden upptäcker att montrarna är för få, fler behöver målas och oj, här är en repa, den målar vi igen: och hoppсан, nu ställer vi in föremålet i en monter som målats för en timme sedan.

## 5. Om man bortser från föremålen i montrarna, vilka andra typer av material kan förekomma vid monterbygget?

Ställningar eller liknande till de utställda föremålen. Specificera gärna vilken typ av material som brukar kunna användas.

- Metall, plexiglas, etafoam, glas, melinex.
- Papper, silkepapper, papp, textil, plast-akryl, metall (aluminium), slagmetall.
- Glas, polyetenskumplast (etafoam och neopolen), syrafri passepartoutkartong, syrafri wellpapp (Klug), polyesterfilm (Melinex),
- Plexiglas, papp, polyeten, glas.
- Kanalplast av polykarbonat, stänger av stål, glasskivor, melinex(plast), skylttråd av stål, buntband(plast), gipsskal, skyltdockor av polystyren.
- Järn, glas, aluminium.
- Plexi, lackad metall, syrafri kartong.
- Plexi, trä, glas.
- Oblekt lakansväv, museivax för fixering vid behov.
- Glas - Silikon för att tätat montrarna - Metallställningar beklädda med plast eller gummi (tyvärr glömt bort vad det heter) - Melinex av olika typer - Fisklina - Etafoam - Lexan - Hollytex - Syrafri kartong - Sand - Ofta används också andra monteringsmaterial av olika typer av polyeten - Textil av bomull - knappnålar - små vaxkluddar för att inte lexanstöden skall glida - Ibland förekommer att man monterar ihop ett Lexanstöd med epoxy.
- Metallbalkar, glas, pallkragar,(nya, målade), blockfärg.
- Montrar använder vi oftast för keramik, glas, porslin och små objekt. Och i installationer.
- Eftersom jag sällan medverkar vid monterbygget eller direkt i utställningsmanhang; men: MDF, glas, plexiglas, olika klister/limmer, papper, filterpapper, icke syrahaltig kartong i montrar, annars är det ofta passepartouter av museikvalitet, japanpapper, glutenfritt vetestärkelseklister.

### 5.1 Dekorativa inslag

Specificera gärna vilken typ av material som brukar kunna användas.

Ex) Istället för att skriva tyg, skriv bomullsty, linnetyg etc.

- Bomullsty (sammet), linnetyg (oblekt) papper och papp (alltid syrafritt) och helst obuffrat bladguld.
- Bomullsty.
- Linnetyg, bomullsty.
- Linne, bomull.
- Tryckta bomullstyger, bomullstyger, linnetyg, syntetsammet, bomullssammet.
- Vi har oftast bara målade ytor och museivax vid behov.
- Bomullsty, urtvättat linnetyg, polyestersty.
- Jag arbetar på ett konstmuseum, så konsten blir det viktiga. Stöd/inredning i montrar ska vara funktionella och inte dra blickarna till sig. Ofta blir valet av färgton på vägg och i monter av betydelse, och hur man väljer att hänga/ställa ut i själva rummet.

## 6 Finns det annat du vill tillägga som berör monterbyggande eller materialvalsprocessen som denna enkät inte har tagit upp?

- Personligen saknar jag bevarandenaspekten som en självklar del i materialvalen och planeringsarbetet (ex. torktid för färg mm). Allt för ofta får ekonomi, tidsbrist och estetik styra trots att dessa parametrar inte nödvändigtvis står i motsats till bevarandenaspekten. Ett bra samarbete mellan olika yrkesgrupper på museerna tror jag kunde leda till godkända lösningar på alla plan.
- Dammbelastningen kan vara ett problem då montrar används som inte är täta. På specialmuseer visas även föremål som kan innehålla en mängd olika ämnen som t ex i ett rese- eller husapotek. I sådana sammanhang separeras dessa från andra objekt som lätt kan ta skada originaldokument som hänger samman med föremålet byts ut mot bra faksimil/kopior och originalen arkiveras på betryggande sätt.
- Utställningens längd har betydelse för hur noga man är vid materialval, i permanenta utställningar är det extra viktigt med säkra material. Övertryck i montrar har betydelse för att föra bort sådant som emitterar i montern och är mycket bra.
- När det gäller val av färg och trä i montrar är tidsaspekten nästan lika viktig som vilket material man väljer. Oavsett vilket träslag man väljer är det viktigt att träet har fått stå och "ånga av sig". Ju längre desto bättre. Likaså är det jätteviktigt att man i byggtiden planerar in ordentlig torktid för montrarna efter att de målats så att man inte stoppar in föremålen för tidigt.
- Vi känner inte till någon vetenskaplig studie med fokus på utställningsmaterial ur bevarandeperspektiv för museiföremål. Kunde Riksantikvarieämbetet, Riksutställningar och Kulturvårdinstitutionen kanske gjort en sådan? Har Svenska standardinstitutet tagit fram någon standard?
- Återigen vill jag poängtera att standarder är viktiga redskap vid utställningsbygge, även för billigare typer av material.
- Säkerhet brand/stöld.