

Symposium: “DE BIJDRAGE VAN CHEMISCH ONDERZOEK AAN DE KUNST”

Analyse, restauratie en conservatie van kunstvoorwerpen vroeger en nu

Vrijdag 8 nov. 2013 in het Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium (KIK) te Brussel

Organisatoren:

- Sectie Historiek van de Koninklijke Vlaamse Chemische Vereniging (KVCV)
- Chemie Historische Groep (CHG) van de Koninklijke Nederlandse Chemische Vereniging (KNCV)
- Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium (KIK)

Samenvattingen van de presentaties

Voorstelling Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium - Mevr. C. Ceulemans

De lezing beoogt een brede kennismaking met het Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium, zijn historiek en opdrachten en de situering van de instelling binnen de Belgische en internationale context. Daarbij wordt er meer in detail ingegaan op de werking van een departement dat op deze studiedag minder aan bod zal komen, namelijk het departement Documentatie dat samen met de Laboratoria en de Conservatie-restauratie in een interdisciplinaire context samenwerkt. Hierbij wordt de onlangs gelanceerde zoekmachine BALaT voorgesteld die tot doel heeft een brede toegang te bieden tot het Belgische culturele erfgoed.

Algemeen overzicht en tendensen van het onderzoek - Dr. H. De Clercq

De wetenschap kenmerkt zich door een steeds evoluerende technologie waarbij nieuwe technieken beter horen te presteren dan eerdere varianten. In het domein van erfgoed heerst daarenboven een steeds groeiende focus naar niet invasieve en niet destructieve technieken. Niet of laag invasieve technieken worden hierbij in verband gebracht met het kunstwerk en beogen een minimale aantasting na uitvoering van het onderzoek. Uiteraard zal de graad van invasiviteit afhangen van het kunstwerk zelf: hoe groter het object, hoe lager de impact van een monstername. Niet destructiviteit kan zowel gelinkt worden aan het kunstobject als aan het gelichte te onderzoeken staal; dit laatste impliceert dat het staal na onderzoek weinig of niet aangetast is en bijgevolg kan hergebruikt worden voor onderzoek met andere technieken. Binnen de geest van een groeiend belang aan niet destructiviteit horen technieken steeds meer informatie te verlenen aan de hand van steeds kleinere stalen en dus minder onderzoeksmaterie: waar we vroeger spraken in termen van grammen horen we nu stalen te interpretern als milligrammen of zelfs individuele korrels. Niet destructieve en niet invasieve onderzoekstechnieken impliceren tevens geen monstername: het onderzoek wordt rechtstreeks uitgevoerd op het object dat hierdoor geen schade vertoont. Bij de zogenaamde draagbare technieken wordt het toestel gemobiliseerd naar het object. Sommige niet destructieve technieken zijn niet mobiel; het object dient dus te worden verplaatst naar de standplaats van het toestel.

In deze bijdrage wordt een uiteenzetting gegeven van hoe binnen het laboratorium van het KIK onderzoekstechnieken geëvolueerd zijn en hoe we aan de hand van hoogtechnologische ontwikkelingen de geheimen met betrekking tot de samenstelling, het algemene gedrag en de verweringskenmerken van kunstobjecten proberen te onthullen, en dit met steeds minder materiaal. De volledige kennis draagt uiteindelijk bij tot optimale conservatie en restauratie strategieën. Uiteraard houdt de ganse evolutie verband met de ontwikkelingen op het vlak van ICT; dankzij aangepaste soft- en hardware zijn we in staat om op een geavanceerde wijze automatische zoekfuncties in bestaande databanken uit te voeren.

Het Lam Gods 60 jaar na Paul Coremans. Een multidisciplinaire bijdrage ondersteund door nieuwe spijttechnologie - Dr. J. Sanyova en Drs. H. Dubois

De lezing zal zich richten op het laboratoriumonderzoek dat door het KIK wordt gevoerd naar de schildertechnieken en materialen van de Lam Gods polyptiek van de gebroeders Van Eyck. Nu het restauratieproject iets meer dan een jaar geleden werd gestart blijkt eens te meer de rol van het laboratoriumonderzoek. Het is rechtstreeks gelinkt en verloopt tevens complementair aan de voortschrijdende behandeling. De studie van de materialen is grotendeels gebaseerd op een reeks stalen genomen bij de conservatiebehandeling van de polyptiek in 1950-1951 door het team van Prof. Coremans, oprichter van onze instelling. De resultaten van deze nieuwe analyses worden door middel van een aantal geavanceerde methoden getoetst aan de observaties van de restauratoren teneinde inzicht te krijgen in de schildertechnieken en in de verschillende

factoren die degradatieprocessen veroorzaken. Enkele preliminaire resultaten en hypothesen zullen worden gepresenteerd.

Analyse en conservatie van manuscripten en miniaturen – prof. Dr. L. Watteeuw en Dr. H. Van Bos

Voor een betere bewaring van documenten in archieven en bibliotheken werd vanaf het begin van de 19^{de} eeuw beroep gedaan op de scheikunde. Verkleurd papier, vlekken en oude aantekeningen waren voor de verzamelaars van historische documenten bijzonder storend en bleekmethodes met chloor boden een uitstekende remedie (Chaptal, *La Chimie appliquée aux arts*, 1806). Verder in de negentiende eeuw geeft de chemie notie over de nefaste verzuring van historisch papier en inktvraat.

Actueel onderzoek aan de KU Leuven (Illuminare, Studiecentrum voor Middeleeuwse Kunst) en in het KIK-IRPA geeft met niet-destructieve analysemethoden inzicht in de pigment- en inksamenstelling van het bijzonder waardevol verlicht middeleeuws boekenerfgoed. Het eerste manuscript in focus tijdens de lezing is de *Bijbel van Anjou* (KU Leuven, Maurits Sabbe Bibliotheek, Hs 1). Dit uitzonderlijk rijk versierde handschrift, één van de topstukken bewaard in een Belgische collectie, is ontstaan in het begin van de veertiende eeuw aan het hof van Robert I van Anjou (1277-1343), koning van Napels. Tussen 2009 en 2012 werd het handschrift gedigitaliseerd, geanalyseerd en geconserveerd. We zullen ingaan op de materialen en technieken (pigmenten en verguldingen) die gebruikt worden voor de prachtige openingsdiptiek met de voorstelling van Robert van Anjou en zijn voorouders. De tweede casus documenteert het onderzoek op een reeks Vlaamse miniaturen van de 15^{de} eeuw in 'grisaille'. Tot de bestudeerde handschriften behoren de twee volumes van de *Chroniques et Conquestes de Charlemagne* verlicht in 1458 in opdracht van de Bourgondische vorst Filips de Goede (Koninklijke Bibliotheek van België, Ms 9066-9067).

Een halve eeuw voortschrijdend inzicht in de fysica en chemie van verflagen op schilderijen - prof. em. J. Boon

In de laatste 50 jaar is onze kennis over de pigmenten, hun korrelgrootte en hun interactie met bindmiddelen in de stratigrafie van schilderijen enorm vergroot. Voor 1960 waren er geen commerciële scanning electronenmicroscopen (SEM), gas(vloeistof)chromatografen (GLC), massaspectrometers (MS) noch computers beschikbaar. De mogelijkheden voor instrumentele analyse op een meer moleculair niveau waren dus beperkt. Door voortschrijdende snelle ontwikkelingen in de fysische technieken samen met de digitalisering kunnen we nu steeds meer chemische informatie verkrijgen uit kleinere oppervlakken en volumes. Laboratorium techniek wordt gecombineerd met geavanceerde techniek in synchrotrons. We zullen diverse voorbeelden geven van nieuwe technisch analytische mogelijkheden en waar we nog veel te weinig weten. We zien een ontwikkeling waarbij afbraakprocessen in schilderijen en andere kunstwerken de aandacht krijgen van researchgroepen, die de kennis hebben om met zeer geavanceerde technieken werken. De grote musea werken daarom steeds vaker samen met academici in universiteiten. Maar ook binnen het museum zelf is er nu plaats voor kunstnatuurwetenschappers en researchrestauratoren naast de kunsthistorici om de nieuwe kennis te implementeren en het onderzoeksproces optimaal te laten verlopen. Samenwerking tussen natuurwetenschappers, kunsthistorici en researchrestauratoren wordt steeds meer regel. De onderzoekstechniek komt steeds meer naar het schilderij toe. We kijken met andere ogen dan 50 jaar geleden naar schilderijen. Beeldvormende technieken maken het nu mogelijk om elementverdelingen en licht-spectroscopische eigenschappen over een heel schilderij in vrij korte tijd vast te stellen. Die benadering in combinatie met beter begrip van de chemische stratigrafie *sensu lato* maakt het mogelijk beter te begrijpen wat de kunstenaar wilde en kon uitdrukken met de verfmedia die ter beschikking waren.

Chemie over kunst, 1750 – 1950 - prof.dr. G. Vanpaemel

In 1981 formuleerde Josef Riederer de hypothese dat chemisch onderzoek van kunstwerken een aanvang nam rond het einde van de achttiende eeuw. Drie ontwikkelingen lagen aan de basis hiervan: de grote interesse voor archeologische opgravingen in Italië en Griekenland en de daaraan gekoppelde toename van archeologische artefacten; de ontwikkeling van de kwantitatieve analytische chemie door Lavoisier, Richter en Proust; en de oprichting van archeologische genootschappen zoals de *Society of Dilettanti* in Engeland, of de Franse *Société des Antiquaires*. Niet verwonderlijk was het daarom dat juist in het onderzoek van archeologische artefacten de eerste systematische chemische onderzoeken plaatsvonden. In Berlijn onderzocht Martin Heinrich Klaproth (1743-1817) kort vóór 1800 antieke munten en Romeins glas. Enkele jaren later onderzocht Jean-Antoine Chaptal (1756-1832) zeven kleurstalen uit Pompei, en in 1815 publiceerde Humphrey Davy (1778-1829) een analyse van de verfstoffen uit de Oudheid, gebaseerd op stalen uit Pompei en Rome.

Maar indien de bijdrage van het chemisch onderzoek aan de studie van de antieke kunsttechnieken weinig omstreden was, kan dit niet gezegd worden van de invloed van de chemie op de contemporaine kunstwereld. Niet alleen werden grote vraagtekens geplaatst bij de resultaten en beperkingen van het chemisch onderzoek, ook werd door kunstkeners gewezen op het verschil tussen het oppervlakkige, technische onderzoek van materialen en het meer belangrijke en betrouwbare onderzoek van de artistieke kwaliteiten. Chemici zelf waren er dan weer rotsvast van overtuigd dat hun benadering het kunstonderzoek op vaste gronden zou kunnen vestigen, en dat hun expertise noodzakelijk was in elke omgang met kunstwerken, of dat nu gebeurde door kunstenaars, kunstverzamelaars of kunsthandelaars. De meest dramatische confrontatie vond plaats in de eerste decennia van de twintigste eeuw, toen de oudere generatie van kunstkeners moest plaats maken voor meer wetenschappelijk gefundeerde methodes en kunstlaboratoria werden opgericht in tal van vooraanstaande musea.

Aan de gespannen relatie in de twintigste eeuw ging een lange voorgeschiedenis vooraf, waarbij raakpunten en gemeenschappelijke belangen werden geïdentificeerd en de onderlinge positie tussen de betrokken beroepsgroepen vorm kregen. Voor chemici was het onderzoek naar kunsttechnieken en –materialen een element in de groei van hun maatschappelijk prestige als actoren in de verbetering van handel en industrie. In het globale klimaat van rationalisering van kunsten en ambachten droegen chemici bij tot de opleiding van kunstenaars en de productie van nieuwe en duurzame materialen. In *The Handmaid to the Arts* (1758) betoogde Robert Dossie (1717-1777) dat door de kennis van de chemie de kunstenaar in staat was om door te dringen tot de geheime recepten van de coloristen. Chemie was

voor de kunstenaar een noodzakelijk hulpmiddel om zijn kunst te vervolmaken, een argument dat nog vele andere auteurs zouden gebruiken. In het bijzonder werd ook gewezen op de kennis van chemie voor de restauratie van schilderijen, zoals betoogd door François-Xavier Burtin (1743-1818) in zijn invloedrijke *Traité théorique et pratique des connaissances qui sont nécessaires à tout amateur de tableaux* (1808).

Ook kunstenaars zochten naar verbetering en vernieuwing, waarbij ze zich inspireerden op de experimentele methode van de natuurwetenschappen, of zich lieten bijstaan door geschoolde wetenschappers. Toch was er weinig sprake van integratie tussen beide groepen. Het duurde nog tot de eerste decennia van de negentiende eeuw vooraleer kunstenaarshandboeken verwijzingen naar chemie opnamen. Een voorbeeld is *Petit manuel des jeunes artistes et amateurs en peinture* (1827) van Pierre-Louis Bouvier (1765-1836), die in zijn inleiding opmerkte: "Il serait à souhaiter que les peintres eussent plus de connaissances qu'ils n'en ont généralement sur la chimie des couleurs. Ils deviendraient dès lors plus circonspects sur celles qu'ils emploient le plus souvent sans examen et par suite les marchands plus instruits seraient forcés d'apporter plus de soins et de fidélité dans la fabrication des couleurs et des vernis." Om aan die vraag te voldoen schreef Jules Lefort (1819-1896) een *Chimie des couleurs pour la peinture à l'eau et à l'huile* (1855). Anderen, zoals de *vernisser* Jean-Félix Watin (1728-?) waren minder geïmponeerd door de theoretische kennis van chemici. Hij schreef in zijn standaardwerk *L'art du peintre, doreur, vernisseur* (1772) dat zijn kennis geheel gebaseerd was op dertig jaar ervaring: "La pratique, en fait d'Art, vaut mieux, dit-on, que la spéculation." Of de kunstenaars echt veel zouden kunnen leren van de chemici is nog maar de vraag. Heel wat handboeken gaan niet verder dan het 'vertalen' van de kunstenaarsterminologie naar het jargon van de chemie. Vóór het einde van de negentiende eeuw zijn er bovendien geen chemici die van het kunstonderzoek hun hoofdbezigheid maakten. De inbreng van de (academische) chemie op de praktijk van kunstenaars was dan ook minimaal. Precies het al te enthousiast experimenteren met nieuwe technieken maakte de duurzame kwaliteit van kunstwerken soms onbetrouwbaar. Daarom bleef het vasthouden aan traditionele recepten (al dan niet geformuleerd in chemische terminologie) van groot belang.

De grote omslag in de relatie tussen chemie en kunst kwam er rond het midden van de negentiende eeuw. Drie verschillende, maar nauw verwante ontwikkelingen waren hiertoe de aanleiding. Op de eerste plaats vond een grote ontwikkeling plaats van synthetische kleurstoffen die op industriële wijze werden aangemaakt. Het relatief beperkt aantal basispigmenten waarmee tot in de achttiende eeuw was gewerkt, breidde zich nu snel uit tot honderden, zelfs duizenden verfstoffen, waarbij de kunstenaar niet meer zelf zijn kleurstoffen bereidde. Dit stelde nieuwe problemen inzake duurzaamheid en kleurvastheid, en in het algemeen het juiste gebruik van de nieuwe materialen. De uitbreiding van het kunstenaarspalet benadrukte ook het verschil met de kunsttechnieken van de Oude Meesters, wat leidde tot een hernieuwde belangstelling voor de oude technieken, enerzijds vanuit conserveringsstandpunt, anderzijds vanuit esthetische belangstelling (*Pre-Raphaelites*, neo-gothiek). Het onderzoek richtte zich op de editie en interpretatie van oude manuscripten over kunsttechnieken (in het bijzonder het *Libro dell'Arte* van Cennino Cennini), en op het achterhalen van de techniek van het schilderen met olieverf en tempera. Als derde aanleiding tot de omslag kan gewezen worden op de opkomst van openbare musea, waar de blootstelling van kunstwerken aan licht, stof, stadsvervuiling en de invloeden van menselijke aanwezigheid leidde tot systematisch onderzoek naar conserveringsomstandigheden en reinigingstechnieken. In het bijzonder het onderzoek van Michael Faraday rond 1850 over de bewaaromstandigheden in de National Gallery betekende een belangrijke stimulans voor de inbreng van chemici in het beheer van collecties. Toch bleven dezelfde klachten over wanbeheer opduiken tot in de twintigste eeuw, wat opnieuw wijst op de beperkte invloed van het chemisch onderzoek op het reële museumbeheer.

Formeel onderwijs in de chemie aan kunstenaars in opleiding komt er in 1862, wanneer Louis Pasteur wordt aangesteld als hoogleraar chemie aan de Parijse *École des Beaux-Arts*. In 1879 wordt ook aan de Londense *Royal Academy of Arts* een leerstoel chemie opgericht, die zal worden toevertrouwd aan Arthur Herbert Church (1834-1915). Het leerboek van Church, *The Chemistry of Paints and Painting* (London 1890), werd voor vele jaren het standaardwerk, o.a. door de vertaling ervan in het Duits door (de latere Nobelprijswinnaar) Wilhelm Ostwald (1853-1932), zelf bekend als auteur van populairwetenschappelijke geschriften voor kunstenaars zoals de *Malerbriefe* (1904). Stilaan werd chemie een vast onderdeel van de opleiding van kunstenaars. Chemie betrof daarbij niet alleen de vervaardiging van verfstoffen, media en vernissen, maar ook onderwerpen als de analyse van het verouderingsproces van de verflagen, de invloed van vochtigheid op kunstwerken en de verwijdering of reiniging van vernissen. Het toenemende aanzien voor chemische hulpmiddelen werd verder ondersteund door het succes van de regeneratie-methode ontwikkeld door Max von Pettenkofer (1818-1901) om het verduisterend effect van de craquelure in vernislagen te behandelen zonder het vernis te verwijderen. De methode gebaseerd op het gebruik van alcohol dampen en copaiba-balsem vond snel algemeen ingang. Ook al bleek het effect van de methode van korte duur en niet helemaal tot voldoening van alle gebruikers, toch vormde zij het beginpunt van onderzoek naar verbeterde behandelingen, waarbij chemici hun bijdrage leverden.

Ondanks deze ontwikkelingen bleef de chemie een vreemde eend in de bijt van de kunstwereld. Kenners, verzamelaars en museumcuratoren stonden argwanend tegenover chemische argumenten met betrekking tot reiniging van kunstwerken of historische datering. De grote gangmakers van het chemische kunstonderzoek aan het begin van de twintigste eeuw waren Arthur Pillans Laurie (1861-1949), Alexander Eibner (1862-1935) en de Nederlandse restaurateur en chemisch ingenieur Angenitus Martinus De Wild (1899-1969) die in 1928 in Delft promoveerde met een proefschrift over *Het natuurwetenschappelijk onderzoek van schilderijen*. In dezelfde periode werden ook aan tal van vooraanstaande musea technische departementen of laboratoria opgericht. Op die manier kreeg het chemisch kunstonderzoek een institutionele basis en een disciplinaire afbakening. Na de Tweede Wereldoorlog wist Paul Coremans de verschillende tendensen in dit onderzoek te bundelen in nauwe samenwerking met het kunsthistorisch en restauratie- en conservatie-onderzoek.

Literatuur

Alessandro Conti, *History of the Restoration and Conservation of Works of Art* (Amsterdam, etc. 2007).

Michael Graf von der Goltz, *Kunsterhaltung – Machtkonflikte. Gemälde-Restaurierung zur Zeit der Weimarer Republik* (Berlijn, 2002).

Sarah Lowengard, *The Creation of Color in Eighteenth-Century Europe* (New York 2006) <http://www.gutenberg-e.org/lowengard>.

Joost Mertens, "The History of Artificial Ultramarine (1787-1844): Science, Industry and Secrecy," *Ambix* 51 (2004) 3, 219-244.

Stephen G. Rees-Jones, "Early Experiments in Pigment Analysis," *Studies in Conservation* 35 (1990) 2, 93-10.

Josef Riederer, "Historische Nachblick," in *Kunstwerke Chemisch Betrachtet* (Berlijn, 1981) 1-7.

Geert Vanpaemel, "X-rays and Old Masters. The Art of the Scientific Connoisseur," *Endeavour* 34 (2010) 2, 69-74.

Kleurrijk onderzoek : ontwikkelingen in kleurstofonderzoek - Dr. M. van Bommel

Door de eeuwen heen hebben mensen altijd behoefte gehad om letterlijk kleur te geven aan hun leven. Sinds de oudheid worden natuurlijke kleurstoffen, gewonnen uit plantaardig materiaal en enkele dierlijke soorten, gebruikt voor een heel scala van kleuren. Hoewel uit bijna elke plant wel een kleurstof te extraheren is, is het aantal planten waar kwalitatief goede kleuren uit te verkrijgen zijn gelukkig beperkt zeker vanaf de Middeleeuwen. Dit vereenvoudigt de identificatie aanzienlijk. Vanaf de tweede helft van de 19^e eeuw worden synthetische kleurstoffen gebruikt, die na enkele decennia de toenmalige vrij omvangrijke natuurlijke kleurstoffenindustrie wegveegt. Identificatie van kleurstoffen geeft veel informatie over de oorsprong en geschiedenis van het object en vertelt iets over de ontstaansgeschiedenis. Naast de historische aspecten is er echter ook vaak interesse in de oorspronkelijke verschijningsvorm, waarbij kleur en verkleuring een belangrijke rol spelen. Analytisch onderzoek geeft vaak informatie welke kleurstoffen aanwezig zijn of geweest zijn. Maar om iets te zeggen over de oorspronkelijk kleur is aanvullende informatie nodig zoals historische receptuur, reconstructieonderzoek en verouderingsonderzoek. Vanuit dat perspectief is het analytische resultaat vaak de start van het onderzoek en niet per se het einde. De presentatie zal zich richten op de ontwikkelingen op analytisch gebied waarbij gebruik wordt gemaakt van zowel destructieve als niet-destructieve technieken. Aan de hand van een aantal casestudies zullen de belangrijkste ontwikkelingen op het gebied van kleurstofonderzoek worden gepresenteerd en wordt ook geschetst hoe de analytische informatie in een context geplaatst kan worden en welke problemen daarbij optreden.

Luchtanalyse in musea voor preventieve conservatie - prof. em. R. Van Grieken

“Conservatie” beoogt in principe de verlenging van de levensduur van een kunstwerk. “Preventieve conservatie” wil schade beperken of voorkomen voor ze optreedt, en impliceert vele aspecten, maar o.a. ook de karakterisering van de chemische luchtpollutie en van het fysisch microklimaat rond monumenten of voorwerpen van het kunstpatrimonium, met de bedoeling om die te verbeteren en zo bij te dragen tot de conservatie. Terwijl er vroeger qua preventieve conservatie veel belangstelling was voor bijv. zwaveldioxide en het effect ervan op bouwstenen, is de aandacht nu grotendeels verschoven naar het binnenmilieu en naar stofdeeltjes (“fijn stof”) in, bijvoorbeeld, musea. Eén van de redenen is dat het zwaveldioxide-probleem in de meeste ontwikkelde landen nu onder controle is en het schademechanisme vrij goed wordt begrepen. Analytische chemie speelt een belangrijke rol in de chemische karakterisering van het milieu en het blijkt dat X-stralen spectrometrie, in zijn vele vormen, één van de relevantste analysetechnieken is, o.a. voor de karakterisering van de anorganische samenstelling van atmosferische aerosolen. In de afgelopen twee decennia hebben we intensief gebruik gemaakt van verschillende vormen ervan, namelijk energie-dispersieve X-stralen fluorescentie en geautomatiseerde elektronen probe X-stralen micro analyse, maar altijd in combinatie met ionenchromatografie, micro Raman analyse, on-line roet bepalingen, gravimetrie, enz., om de soorten deeltjes en hun bronnen in binnen-omgevingen te identificeren, terwijl ook gasvormige verontreinigende stoffen werden gemeten met behulp van passieve diffusie samplers. We hebben de luchtkwaliteit en atmosferische aerosolen bestudeerd in en rond ongeveer 35 musea en monumenten in Europa, de VS, Japan en Zuid-Amerika, altijd met de bedoeling om oplossingen voor te stellen om de schadelijke deeltjes en luchtverontreinigende stoffen in het algemeen te verminderen, en dus aan preventieve conservatie te doen. Enkele voorbeelden zullen worden besproken, zowel eenvoudige en succesvolle gevallen als recente en meer complexe voorbeelden. In het Correr Museum in Venetië bleek de deterioratie van muurplaster in de Bellini zalen een groot probleem; voor de prehistorische rotsschilderingen in Altamira kan worden aangetoond dat microbiologische aspecten veruit het belangrijkste waren; in het Wawel kasteel in Krakau veroorzaakten vooral strooizouten in de winter en het roet van dieselauto's de deterioratie van de prachtige wandtapijten; in het Metropolitan Museum of Fine Arts in New York werden de nitraatdeeltjes, reactieproducten van zeezout en stikstofoxiden van het verkeer, onvoldoende weggefilterd in sommige zalen, in het Plantin-Moretus Museum in Antwerpen was in de zomer het ozon van het verkeer het meest relevant; in het Alhambra complex in Granada, zeker de mooiste en meest waardevolle middeleeuwse islamitische site in Europa, waren Sahara-zand en verkeerspollutie de meest zorgwekkende componenten.