

AFLEVERINGEN

Wat is VerzekeringDe Bewaring?

Hoe kan u deze pdf optimaal bekijken?

AUDIOVISUEEL MATERIAAL

BOEKEN EN BOEKBANDEN

ETNOGRAFISCH MATERIAAL

GLAS

IVOOR, BEEN, GEWEI EN SCHILDPAD

KARREN, WAGENS EN RIJTUIGEN

KERAMIEK

LEDER EN PERKAMENT

LICHT EN VERLICHTING

METAAL

MEUBILAIR

NATUURHISTORISCH MATERIAAL

OPENLUCHTSCULPTUREN

PAPIER

SCHILDERIJEN

SCHIMMELS EN INSECTEN

STEEN EN STEENACHTIGE MATERIALEN

TEXTIEL

INHOUD AFLEVERING: PAPIER

Auteur: Guy De Witte



VOORAF

WAT IS PAPIER?

DE GRONDSTOFFEN

PAPIERVEZEL

WATER

ADDITIEVEN

SAMENSTELLING VAN DE PAPIERVEZEL

PAPIERVERVAARDIGING

MANUEEL VERVAARDIGD PAPIER
(HANDGESCHEPT PAPIER)

Papierscheppen

INDUSTRIEEL VERVAARDIGD PAPIER

PAPIERSOORTEN EN TERMINOLOGIE

HANDGESCHEPT PAPIER

Schepranden

Watermerk

MACHINAAL GEMAAKT PAPIER

Looprichting

LOMPENPAPIER

HOUTHOUDEND PAPIER

HOUTVRIJ PAPIER

PAPIER IN DE ERFGOEDSECTOR

SCHADEOORZAKEN EN SCHADEBEELDEN

CHEMISCHE REACTIES

FYSICO-CHEMISCHE OORZAKEN

Inherente factoren

Externe factoren

BIOLOGISCHE OORZAKEN

Micro-organismen

Insecten

Knaagdieren

DE MENS

Schadelijke materialen

PREVENTIEVE CONSERVERING

BEWAAROMSTANDIGHEDEN

Klimatologische omstandigheden

Uv-straling en licht

Luchtvervuiling

Quarantaine

Onderhoud

MEUBILAIR

Materialen

Opbergsystemen

MATERIALEN VOOR VERPAKKING,
ONDERSTEUNING OF TENTOONSTELLING

Papier en karton

Andere materialen

Zuurvrije en gebufferde dozen

Plastic hoezen en pochetten

MANIPULATIE EN TRANSPORT

Manipuleren

Aannameprocedure

Reinigen

Inventarisnummer aanbrengen

Transport

Leeszaal

INLIJSTEN

CONSERVEREND INLIJSTEN

De lijst

Het glas

De passe-partout en het achterbord

De hechtingsmaterialen

Het inlijsten

MEER

LITERATUUR

Boeken

Artikels

Cd-rom

LINKS

VOORAF

In de ontwikkeling van de westerse maatschappij speelden schriftdragers een cruciale rol. De belangrijkste materialen waren papyrus, perkament en papier.

Papyrus (1) maakte de culturen van Egypte, Griekenland en voor een groot deel ook Rome mogelijk. Van ca. 2500 tot 200 voor Christus was het het enige polyvalente schrijfmateriaal dat voorhanden was. Deze beschavingen besturen zonder papyrus zou onmogelijk geweest zijn.

Perkament (2) werd ontwikkeld omstreeks 200 v. Chr. in Klein-Azië. Het kreeg een boost door de erkenning van het christendom dat het materiaal consequent gebruikte. In West-Europa bleef het de dominante schriftdrager tot lang na de opkomst van het papier. In sommige landen bleef een aantal administratieve diensten voor bepaalde stukken perkament gebruiken tot in de 19e en zelfs 20e eeuw.

Papier werd ontwikkeld in China, vermoedelijk omstreeks de 1e eeuw na Chr. Het **productieproces (3)** bleef tot de 7e eeuw beperkt tot de onmiddellijke invloedssfeer van China, pas daarna werd de techniek ook toegepast in Japan. De Arabieren leerden papier maken in de 8e eeuw en zagen het potentieel ervan onmiddellijk in. In hun kielzog raakte de techniek verspreid over heel Noord-Afrika en Spanje. Officieel kwam het papier Europa binnen via het door de Moren bezette deel van Zuid-Spanje in de 10e eeuw. De papiermolen van Xàtiva bij Valencia, omstreeks 1050, wordt officieel vermeld als eerste molen in Europa.

In Italië (Fabriano) wordt in het jaar 1264 een papiermolen gesignaleerd. **Papiermolens (4)** verspreidden zich de daaropvolgende jaren van Zuid- naar Noord-Europa. Bij ons dateert de eerste gedocumenteerde papiermolen in Hoei uit 1405.

Samen met de opkomst van de universiteiten en de toenomen vraag naar boeken, effende de beschikbaarheid van een relatief goedkoop en gemakkelijk te maken materiaal als papier de weg naar de ontwikkeling van een techniek om teksten snel, gemakkelijk en goedkoop te reproduceren. De tijd was rijp voor de ontwikkeling van de drukunst met losse letters in 1450-1455.

Van dan af ging de vraag naar papier in stijgende lijn. Reeds in de 17e eeuw was er een gebrek aan grondstoffen. Lompen werden ingevoerd, zelfs vanuit het Midden-Oosten, maar de vraag bleef toenemen.

De uitvinding van de papiermachine in 1798 door Nicholas Robert en de verbeteringen aangebracht door de gebroeders Fourdrinier in 1815 maakten het tekort nog acuter. In heel Europa werd gezocht naar vervangende grondstoffen. Uiteindelijk lukte het de Duitser Friedrich Keller tussen 1840 en 1844 om een machine te vervaardigen die pulp produceerde op basis van hout. Hoewel aanvankelijk niemand geïnteresseerd bleek in zijn uitvinding, legde hij de basis voor onze moderne papierindustrie.

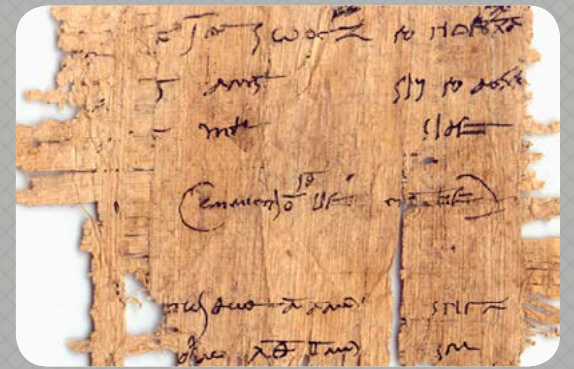
Hout is momenteel nog altijd de belangrijkste grondstof voor papier. Het is ook de oorzaak van heel wat behoudsproblemen van documentair erfgoed en van boeken gedrukt vanaf 1845, waarover verder meer.

WAT IS PAPIER?

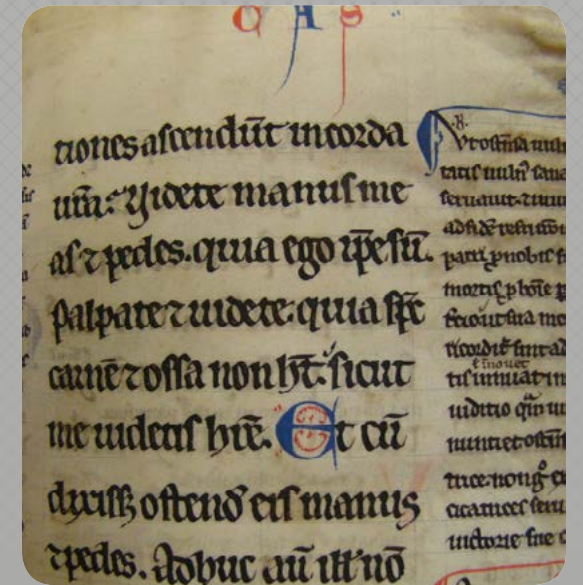
Een vel papier is het resultaat van een verviltingsproces. Tijdens dit proces worden losgeweekte vezels, gemengd met water, op een zeef gebracht. Het overtollige water wordt voor het grootste deel doorheen de zeef afgevoerd. Tijdens het neerslaan op de zeef gaan de vezels zich langzaam verstrengelen tot een min of meer egaal vel papier.

Elk vel dat gemaakt is volgens het bovenstaande principe wordt papier genoemd, ongeacht welke plantaardige grondstof als papiervezel is gebruikt en ongeacht de complexiteit van de gebruikte productiemethode.

Een vel papier bevat steeds papiervezel en water, aangevuld met vulstoffen, verlijmingen, *coatings* of andere additieven die aan het papier een specifiek uitzicht geven en/of specifieke eigenschappen verlenen. De additieven zijn steeds gekozen in functie van de latere toepassingen van het papier.



Papyrus



Handschrift op perkament. Foto: Guy De Witte



Papier maken in China (17e-eeuwse prent)



Papiermolen van Herisem. (oorsprong 16e eeuw). Foto: hdkeulenaer.

DE GRONDSTOFFEN

PAPIERVEZEL

De papiervezels gebruikt voor het vervaardigen van papier zijn van plantaardige oorsprong. Ze worden ofwel rechtstreeks gewonnen uit planten en bomen, ofwel eerst verwerkt tot andere producten en daarna gerecycleerd tot elementaire vezels die dan als grondstof dienen voor het papier.

Aanvankelijk werd als grondstof materiaal gebruikt dat ter plaatse aanwezig was. Zo gebruikten de **Chinezen (5)**, naast gerecycleerde lompen, al vlug vezels van de moerbeiboom. De Arabieren maakten, naast lompen, gebruik van vlas en later ook van katoen.

In het Westen verwerkte men in de eerste plaats gerecycleerde kledij. Die kon gemaakt zijn van vlas (linnen), katoen, hennep of jute. Na veelvuldig hergebruik werd de kledij als lompen verkocht voor het maken van papier.

Door de groeiende vraag naar papier steeg ook de vraag naar grondstoffen. In het Westen kon de lompenhandel niet meer voorzien in deze vraag en zocht men in de loop van de 18e eeuw naar een goedkoop en aanvaardbaar alternatief. Andere plantenvezels, zoals espartogras of stro van graansoorten, werden toen eveneens gebruikt.

Na heel wat experimenten met allerlei materialen werd in de 19e eeuw een techniek ontwikkeld om hout om te zetten in papierpulp. De eer hiervoor gaat naar Friedrich Keller in 1840. De papierbrij die hierbij geproduceerd werd, wordt *mechanische pulp* genoemd. Ontschorste boomstammen werden tot houtslip verwerkt door ze tegen roterende stenen aan te drukken. Halfweg de 20e eeuw werd overgeschakeld op hout onder de vorm van houtchips die al dan niet gestoomd werden: *thermomechanische houtpulp*. Door de samenstelling van de mechanische pulp is het geproduceerde papier niet voorbestemd om lang te overleven. Het wordt geel en bruin en bros en valt na enige tijd uit elkaar.

Gezien de tekortkomingen van de mechanische papierpulp werden twee procedés ontwikkeld om de nefaste producten uit de papierbrij weg te zuiveren. Het gaat om een sulfietprocedé, sinds 1867, en een sulfaatprocedé sinds 1879. Hierdoor werden de reactieve stoffen, zoals lignine, die verantwoordelijk zijn voor het verval,

grotendeels uit de pulp verwijderd voordat het papier wordt vervaardigd. Dit eindproduct wordt *chemische pulp* genoemd. Innovatieve methodes die getest worden voor het verwijderen van lignine maken onder andere gebruik van schimmels.

In tegenstelling tot de mechanische pulp die een rendement oplevert van 95 %, is het rendement van chemische pulp slechts ongeveer 50 %. Bovendien heeft de pulp een beige-bruine kleur die eerst nog moet verwijderd worden. Daarom wordt de pulp ook nog gebleekt. Hiervoor werd tot voor kort gebruikgemaakt van chloorhoudende producten. Chloor heeft echter nogal wat nadelen: het is schadelijk voor de papiervezel en zet dioxine vrij, een giftig product dat schadelijk is voor de gezondheid en het milieu. Nu wordt meer en meer gebruikgemaakt van onder andere waterstofperoxide en ozon voor het bleken van papierpulp. Ook deze stoffen zijn schadelijk voor de papiervezel indien ze niet op de juiste manier worden aangewend.

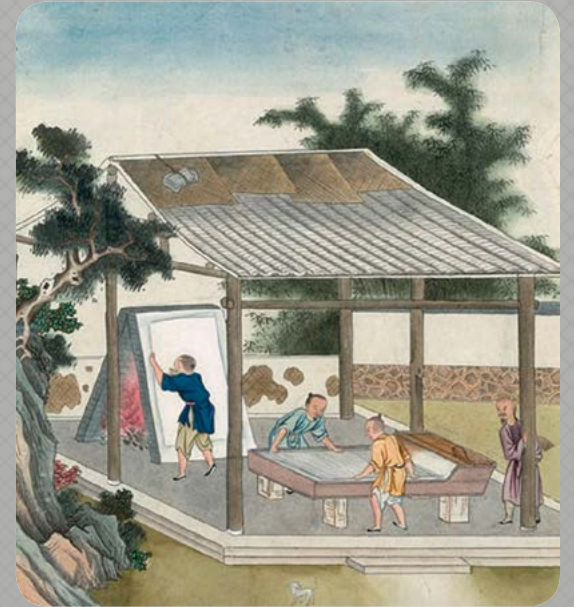
Papierpulp wordt nu ook gemaakt uit afval van houtzagerijen en uit het afvalhout dat gerecupereerd wordt bij het uitdunnen van bossen in het kader van bosbeheer. De laatste jaren wordt er ook steeds meer gebruikgemaakt van oud papier en karton. Daartoe moeten deze eerst worden ontinkt en gezuiverd.

WATER

Water is onontbeerlijk voor het maken van papier. Vroeger was het nodig voor het wassen van de lompen, als medium en spoelmiddel tijdens het vervezelingsproces en als medium voor de suspensie van de papiervezel in het schepvat. Chemisch gezien is water medeverantwoordelijk voor het binden van de papiervezels door de waterstofbindingen op moleculair niveau.

ADDITIEVEN

Additieven zijn stoffen die toegevoegd worden aan de papierpulp met de bedoeling de eigenschappen van het papier te verbeteren. Welke additieven worden toegevoegd hangt af van de eindbestemming van het papier. Sommige additieven beïnvloeden meerdere aspecten van het papier. Additieven kunnen ook op het papieroppervlak worden aangebracht na vervaardiging. In dat geval spreken we van een *coating*.



Papiervervaardiging in China. Foto: Deutsches Technikmuseum Berlin.

Voorbeelden van additieven zijn zetmeel, krijt (calciumcarbonaat), gips (calciumsulfaat), kaoline, talk en titaanoxide. Behalve het laatste zijn het allemaal natuurlijke minerale stoffen. Ook pigmenten en kleurstoffen kunnen als additieven worden beschouwd.

Naargelang het product hebben additieven een invloed op de opaciteit en de witheid van het papier, de kleur, de helderheid, de oppervlaktesterkte, de bedrukbaarheid en de weerstand tegen verzuring. Additieven kunnen de mechanische sterkte van het papier soms aantasten.

De toevoeging van calciumcarbonaat aan papier en karton laat toe de pH-waarde van papier op te trekken tot 8,5-9, waardoor een alkalische reserve ontstaat die bufferend werkt ten opzichte van verzuring veroorzaakt door onder andere luchtvervuiling. Daarom wordt het aangewend voor het vervaardigen van zuurvrije bewaarmaterialen voor archief- en bibliotheekmateriaal.

Een aparte categorie additieven zijn de producten die gebruikt worden voor de verlijming van papier. Papier zonder verlijming is van nature poreus. Schrijf- en drukinkten zouden door het papier opgezogen worden en uitlopen tussen de vezels. Het gebruikte product wordt ofwel op het blad gestreken na de vervaardiging van het papier, ofwel rechtstreeks in de massa van de papierpulp toegevoegd. In dit geval is naliemen niet noodzakelijk.

De verlijmingen voor papier variëren in tijd en ruimte en omvatten volgende stoffen:

- ▶ *zetmeel*: werd reeds gebruikt door de Arabieren vanaf de 8e eeuw na Chr.;
- ▶ *gelatine*: werd gebruikt in de Europese papiermolens. Gelatine is afkomstig van huiden, poten of oren van diverse dieren;
- ▶ *aluin-rosineverlijming*: een mengsel van aluminiumsulfaat met rosine (extractie van pijnboomhars). Dit procedé werd toegepast sinds halfweg de 19e eeuw en wordt nog steeds gebruikt;
- ▶ *methylecellulose*: een zeer goed verlijmingsmiddel maar minder gebruikt wegens te duur.

SAMENSTELLING VAN DE PAPIERVEZEL

Het hoofdbestanddeel van papier is cellulose. Dit is een biologisch polymeer met als basiseenheid de glucosemolecule.

In een plant liggen de cellulosevezels relatief parallel tegen elkaar. Ze worden dicht tegen elkaar gehouden door de duizenden chemische waterstofbruggen die het water in de vezel vormen.

De beste kwaliteit cellulose is de 'alfa-cellulose'. Met 99 % cellulose is katoen de meest zuivere en stabiele grondstof voor papier. Papierpulp afkomstig van hout bevat slechts ongeveer 50 tot 60 % cellulose. De rest bestaat uit hemicelluloses en lignine die elk 15 tot 30 % van de grondstof in hout uitmaken. Lignine staat in voor de sterkte van de vezels, maar is erg onderhevig aan licht. De afbraakproducten die ontstaan als gevolg van de reactie op uv-straling tasten de cellulose aan en verzwakken het papier.

PAPIERVERVAARDIGING

MANUEEL VERVAARDIGD PAPIER (HANDGESCHEPT PAPIER)

De vervaardiging van papier in Europa vanaf de 13e eeuw gebeurde in kleine papierfabrieken: papiermolens. De door de watermolen opgewekte energie werd gebruikt om de houten stampers te activeren die de lompen tijdens de voorbereiding verder moesten vervezelen.

Als grondstof diende kledij van plantenvezels zoals vlas, katoen, hennep en jute, die voor recyclage werd aangeboden aan de papiermolens.

Om uit deze lompen papier te kunnen maken, moesten ze eerst worden afgebroken tot elementaire vezels die dan via vervilting tot een vel papier konden worden omgevormd. Om dit te bekomen waren een aantal stappen nodig:

- ▶ Eerst werden de lompen gesorteerd op basis van kleur en soort. Daarna werden ze in kleine stukjes gesneden, gewassen en nat in houten bakken gelegd, waar ze konden fermenteren om verder uiteen te vallen. Na 3 tot 12 weken werden ze opnieuw ge-

spoeld en in bakken met **houten stampers (6)** overgebracht die de lompjes verpulverden tot een homogeen uitziende pulp. Kleinere molens maakten soms gebruik van een **kollergang (7)**, een systeem waarbij de vezel wordt vermalen tussen grote ronddraaiende stenen in een metalen bak.

- ▶ In 1680 werd een alternatief ontwikkeld voor het systeem met de stampers, namelijk de **'Hollander' (8)**, een Nederlandse uitvinding die bestaat uit een kuip waarboven een systeem van messen is gemonteerd. De papierpulp wordt hier in een doorlopende beweging verder en verder vervezeld tot de noodzakelijke witte brij. Deze ontwikkeling liet toe het rottingsproces over te slaan, waardoor het papier van betere kwaliteit was, wat zich ook weerspiegelde in het uitzicht ervan.

Papierscheppen

Wanneer de vezel klaar was werd hij in de schepkuip gebracht. De persoon die het papier maakte was de *schepper*. Hij hanteerde hierbij een **scheppraam (9)**. Dit bestond uit een houten kader met dwarslatjes waarop een koperen weefsel was aangebracht dat dienst deed als zeef. Daarbovenop bevond zich een tweede kader dat een deel van de pulp op het scheppraam hield.

De schepper dompelde een houten raam, bespannen met koperen weefsel, in de schepkuip en haalde het er horizontaal uit. Het meeste water liep weg door de zeef en de papiervezel vervulde zich tot een vel papier op het scheppraam. Handgeschept papier is herkenbaar aan de onregelmatige rand, de *scheprand*.

Wanneer het vel geschept was, verwijderde de schepper het bovenste kader van het scheppraam en gaf raam en papier door aan de *koetsier*, die het papier in een kantelende beweging, koetsen genoemd, overbracht op een stuk vilt of textiel. Deze manier van werken werd telkens herhaald zodat elk vel papier tussen twee stukken vilt of textiel kwam te liggen. Wanneer de stapel groot genoeg was (tot 144 stuks), werd deze in een grote pers gelegd en werd het overvloedige water eruit geperst.

Vers handgeschept papier is poreus en reageert als een soort vloeiend papier. Inkt en pigmenten lopen uit in de vezel. Om het papier beschrijfbaar of bedrukbaar te

maken, moet het eerst een soort *coating* krijgen met een *poriënvuller*, de *lijming* of *verlijming* van het papier. Hiervoor werd gelatine gebruikt, een lijm van afgekookte beenderen en huiden, afkomstig van slachtdieren en vissen. Aanvankelijk werd deze lijming aangebracht met een borstel, later werden de vellen door een lijmbad gehaald.

De afgewerkte vellen werden gedroogd op de droogzolder door natuurlijke ventilatie.

INDUSTRIEEL VERVAARDIGD PAPIER

De papiervezel voor de moderne papierindustrie is afkomstig van hout van zowel naaldbomen (spar, den) als loofbomen (populier, berk). Afhankelijk van het doel waarvoor het papier dient, kan men kiezen tussen mechanische of chemische houtpulp.

De additieven worden meestal in de pulp zelf gedaan. Ze bepalen mee de eigenschappen van het papier en het uitzicht ervan.

De groeiende vraag naar papier en de vraag naar grotere formaten leidde tot de ontwikkeling van industriële papiermachines. De eerste machine werd ontwikkeld door de Fransman Nicholas Robert in 1798, maar de echte doorbraak werd gerealiseerd in 1815 door de gebroeders Fourdrinier, wier principe van papiermachine nog altijd aan de basis ligt van onze moderne papiertechnologie.

De papierpulp wordt aan het begin van de machine op de zeef gegoten en wordt tijdens zijn tocht door de machine omgevormd tot papier dat op een rol wordt opgeslagen. De rollen worden nadien in kleinere rollen (voor kranten) of in vellen gesneden, afhankelijk van het beoogde gebruik.

Een moderne papiermachine kan gemakkelijk 100 tot 200 meter lang zijn en maakt papier op rollen tot elf meter breed. Ze bestaat uit vier afzonderlijke secties: een *natpartij*, een *perspartij*, een *droogpartij* en een *kalanderp partij*. In deze laatste partij gaat het papier tussen rollen waarbij de uitgeoefende druk zorgt voor een uniforme dikte en voor een glad en glanzend oppervlak. In deze partij kunnen rollen worden toegevoegd die zorgen voor een extra *coating* die voor nog meer glans zorgt. Zulke types papier worden dikwijls 'eenmalig of tweemaalig gestreken *maco*' (*machine-coated*) genoemd. Bij



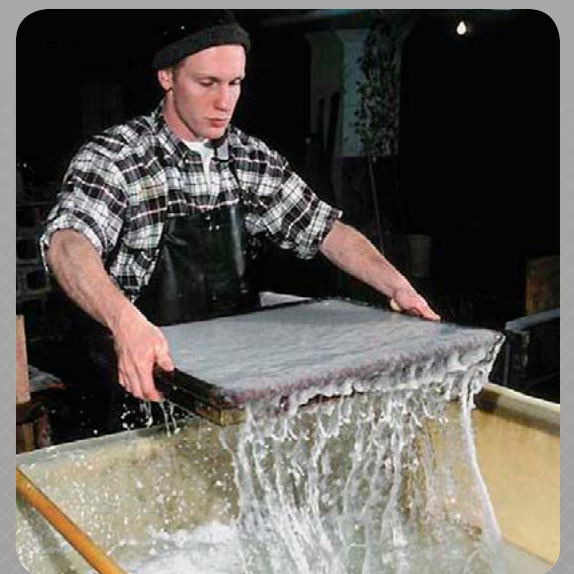
Houten stampers en stampkuip uit papiermolen Herisem. Foto: Guy De Witte



Kollergang uit papiermolen Herisem. Foto: Guy De Witte.



'Hollander' uit papiermolen Herisem. Foto: Guy De Witte



Schepper met scheppraam. Foto: Guy De Witte

het verlaten van de kalenderpartij bevat het papier nog ongeveer 6 à 7 % water.

PAPIERSOORTEN EN TERMINOLOGIE

HANDGESCHEPT PAPIER

Vóór 1800 werd papier volledig manueel gemaakt met behulp van een schepraam. De structuur van het weefsel op het **schep-raam (10)** is ook te zien op het handgeschept papier dat ermee gemaakt werd onder de vorm van lichtere lijnen in het papier. De langere lijnen die meestal verticaal lopen, noemen we de *kettinglijnen*, de kortere dwarse lijnen de *waterlijnen*. In de eerste helft van de 18e eeuw slaagde James Whatman erin om papier te scheppen zonder dit lijnenpatroon. Dit kon door fijnere gaasweefsels te gebruiken op de zeef.

Schepranden

Een origineel vel handgeschept papier op volle grootte heeft vier schepranden gecreëerd door het scheppen van het papier. Dit is een kenmerk van originaliteit. Schepranden mogen niet afgesneden worden omdat anders de authenticiteit van het papier wordt aangetast.

Watermerk

Een speciaal kenmerk van Europees papier is de aanwezigheid van een **watermerk (11)**. Dit is een specifiek symbool of een tekst, aangebracht in het papier tijdens het productieproces. In moderne termen zou dit als een soort logo kunnen gedefinieerd worden. Later werd het soms ook gebruikt als een aanduiding voor kwaliteit.

Oorspronkelijk werd het watermerk verkregen door een koperdraadje, gevouwen volgens een specifiek ontwerp, op het schepraam te naaien. Aangezien op die plaats minder pulp achterblijft, is het papier er doorschijnender en wordt de tekening duidelijk zichtbaar. De duizenden variaties aan watermerken laten toe om prenten en tekeningen beter te dateren en de echtheid ervan na te gaan.

MACHINAAL GEMAAKT PAPIER

Oorspronkelijk werd het machinaal gemaakt papier eveneens van lompen en plantenvezels vervaardigd. Pas na 1840 werd hiervoor ook hout gebruikt. Momenteel wordt bijna alle machinaal vervaardigd papier uit mechanische of chemische pulp vervaardigd. Gerecycleerd papier is dikwijls een mengsel van beide soorten.

Machinaal gemaakt papier is verkrijgbaar in grotere formaten dan handgeschept papier en heeft geen schepranden. Een uitzondering hierop is *imitatie-handgeschept* papier met een kunstmatige scheprand. Dit papier heeft dikwijls ook imitatieketting- en waterlijnen en een nepwatermerk dat lijkt op de originele oudere watermerken.

Looprichting

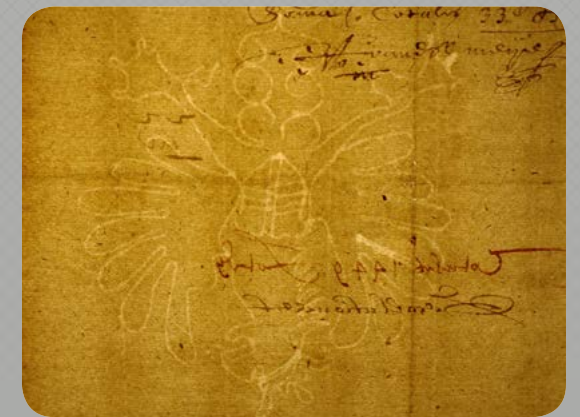
Door het trillen van de zeef trilt ook de papierpulp mee. De papiervezels, die langer dan breed zijn, hebben hierdoor de neiging hun lengte evenwijdig met de looprichting van de zeef te leggen. De looprichting van de zeef vinden we dus weerspiegeld in de looprichting van de vezel in het papier. De richting die haaks op de looprichting loopt, noemen we de dwarsrichting. De looprichting van papier is belangrijk bij het bedrukken, vouwen of kleven van papier. Het is gemakkelijker om papier te vouwen tussen de vezels dan de vezels zelf te vouwen.

Omdat het belangrijk is dat magazines of gebonden boeken vlot openvallen bij raadpleging zal de looprichting daarom steeds evenwijdig lopen met de rug van het werk. Indien u omgekeerd te werk gaat, zal de stugheid van de vezels verhinderen dat het boek gemakkelijk opengaat. Dit is regelmatig te merken bij paperbacks omdat economische motieven hier dikwijls doorslaggevend zijn.

Ook bij kleven speelt de looprichting een grote rol. Wanneer lijm op papier wordt aangebracht, neemt dit papier water op van de lijm en zet het uit. Aangezien het water tussen de vezels gaat zitten, rekt het papier dwars op de looprichting. Dit is geen probleem omdat het blad vrij in die richting kan bewegen. Indien de looprichting anders zou zijn, veroorzaakt dit wel problemen omdat het papier aan de gelijmde zijde niet in de hoogte kan uitzetten.



Schepraam met watermerk © Simon Barcham Green 2011



Het watermerk in het papier van een Rotterdams register. Foto: geneaknowhow.net

10

11

LOMPENPAPIER

Zoals hierboven beschreven, werd lompenpapier vervaardigd uit afgedragen kledingstukken (linnen, katoen). De term 'lompenpapier' wordt algemeen gebruikt voor papier dat voor 1840 werd gemaakt, maar is niet automatisch synoniem met 'handgeschept' papier. Voor de ontwikkeling van de papiermachine in 1798 was dit wel het geval, maar na die tijd kon lompenpapier ook machinaal vervaardigd worden.

Tegenwoordig wordt lompenpapier niet meer gemaakt van gerecycleerde lompen maar rechtstreeks van vlas of van de korte zaadharen van de katoenplant. Toch wordt de benaming nog gebruikt om te benadrukken dat het om papier van de beste kwaliteit gaat.

HOUTHOUDEND PAPIER

Het werd al vlug duidelijk dat mechanische houtpulp van mindere kwaliteit was dan het lompenpapier. De aanwezigheid van lignine en hemicelluloses, in combinatie met externe factoren, is hiervoor verantwoordelijk. Het papier verkleurt, verzuurt en wordt broos waarna het uiteindelijk verpulvert.

Dit soort pulp wordt gebruikt voor papier dat minder kwalitatief mag zijn en minder lang hoeft te overleven, zoals krantenpapier. Mechanische houtpulp wordt soms vermengd met chemische houtpulp om de kwaliteit van het papier te verhogen.

HOUTVRIJ PAPIER

De term 'houtvrij' is hier misleidend: het papier is eveneens van hout gemaakt, meer bepaald van chemische houtpulp. Het verschil met de mechanische pulp is dat de lignine en de hemicelluloses uit de pulp verwijderd worden door de behandeling met sulfaat of bisulfiet. Dit heeft echter als resultaat dat het rendement aan papierpulp slechts 50 tot 55 % bedraagt van de oorspronkelijke grondstof. De vezel van de chemische pulp is sterker dan deze van de mechanische pulp.

PAPIER IN DE ERFGOEDSECTOR

Voor alle handelingen en behandelingen met betrekking tot erfgoed mogen slechts de kwaliteiten lompenpapier en chemische houtpulp gebruikt worden. Zowel mechanische houtpulp als gerecycleerd papier bevatten producten die spontaan afbreken en het papier op korte tot langere termijn doen vervallen. Bijgevolg zijn deze papersoorten volledig te vermijden en indien reeds gebruikt moeten ze, waar mogelijk, vervangen worden.

Papier is in de loop der tijden voor zoveel doeleinden gebruikt dat het niet weg te denken is uit onze erfgoedcollecties. Door zijn polyvalent gebruik heeft het diverse vormen aangenomen, al dan niet in combinatie met andere materialen:

losse vellen: bestuursdocumenten, brieven, tekeningen, schilderijen op papier, grafiek, kaarten, bouwplannen, affiches, postkaarten, kartons voor kant en wandtapijten, fotoafdrukken, behangpapier;

meerdere vellen: archiefbundels, brochures, kranten, tijdschriften, boeken, muziekpartituren;

voorwerpen: wandkaarten, speelkaarten, analoge foto's, vaantjes, maquettes, decors, pop-ups, reclameborden, kledij, lampenkappen, **dansorgelboeken ...⁽¹²⁾**.

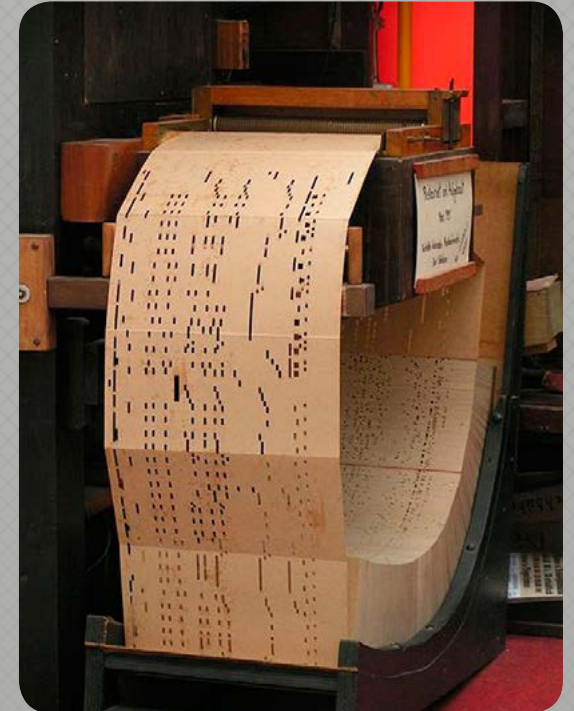
Naargelang de functie kunnen we twee categorieën van erfgoed onderscheiden:

- ▶ het strikt documentaire erfgoed waar de informatie centraal staat en het papier als drager historisch minder belangrijk is. Vooral te vinden in archieven en bibliotheken;
- ▶ het papier dat een wezenlijk onderdeel is van voorwerpen die door hun aard deel uitmaken van ons cultureel erfgoed.

SCHADEOORZAKEN EN SCHADEBEELDEN

Papier is biologisch afbreekbaar. Om papier te recyclen, brengt de natuur heel wat middelen in stelling: fysische, chemische en biologische agentia die het papier afbreken tot zijn elementaire bestanddelen.

Het is aan ons om uit te maken wat we willen behouden en de nodige maatregelen te treffen om het verval van



Dansorgelboeken. Foto: Stefan Kühn

dit papier zolang mogelijk uit te stellen. Want hoe resistent sommige papersoorten ook zijn en welke maatregelen we ook nemen: verval is eigen aan het materiaal en op lange termijn onafwendbaar.

We kunnen de oorzaken onderverdelen in:

- ▶ fysico-chemische oorzaken;
- ▶ biologische oorzaken;
- ▶ oorzaken van menselijke aard.

CHEMISCHE REACTIES

Vooraf moet gesteld dat de afbraak van papier in grote mate wordt beheerst door twee chemische reacties: *oxidatie* en *hydrolyse*.

Oxidatie is een afbraakreactie onder invloed van oxiderende stoffen zoals zuurstof, ozon en chloor. Metalen zoals ijzer en koper kunnen de reactie versnellen. Oxidatie grijpt in op de moleculen en breekt de moleculen zelf open.

Hydrolyse is een afbraakreactie onder invloed van water en zuren. Papier bevat gebonden water dat in combinatie met eigen componenten of stoffen uit de buitenlucht zuren kan vormen. Deze zuren werken vooral in op de verbindingen tussen de moleculen. Het resultaat van deze actie noemen we de **verzuring (13)** van het papier.

De verzuring van papier wordt bepaald door de hoeveelheid waterstofionen die erin aanwezig zijn. Deze concentratie wordt uitgedrukt in pH op een pH-schaal, ingedeeld van 0 tot 14, met 7 als neutraal punt. Papier met een pH kleiner dan 7 noemen we zuur, met een pH groter dan 7 noemen we alkalisch. De afstand tussen twee eenheden op de schaal vertegenwoordigt een toename of afname met een factor 10.

Oxidatie en hydrolyse kunnen spontaan optreden in papier wanneer de uitlokkende factoren inherent zijn aan het materiaal zelf. Indien dit niet het geval is, kunnen de reacties uitgelokt worden door externe factoren. In de meeste gevallen is er een combinatie van diverse factoren die de chemische reacties versnellen, waardoor de afbraak vlugger gaat.

FYSICO-CHEMISCHE OORZAKEN

Hierbij maken we een onderscheid tussen *inherente of interne* factoren en *externe* factoren.

Een *inherente* factor maakt al integraal deel uit van het papieren object op het moment dat het in een collectie komt, ongeacht of dit te wijten is aan het productieproces of er achteraf werd aan toegevoegd.

Een *externe* factor is elke oorzaak die afkomstig is van buiten het object en het papieren object aantast of het verval ervan versnelt. In de praktijk is het verval van papier dikwijls een combinatie van diverse soorten factoren die elkaar versterken en katalyseren.

Inherente factoren

Lignine

Lignine is een integraal onderdeel van mechanische houtpulp of houtslijp.

Lignine oxideert onder invloed van zuurstof in de lucht en door uv-straling met vergeling en verbruining als gevolg. In een later stadium wordt het **papier bros en verpulvert het (14)**. De reactie wordt gekatalyseerd door hogere temperaturen. In combinatie met een aluin-ro sineverlijming wordt de afbraak eveneens versneld.

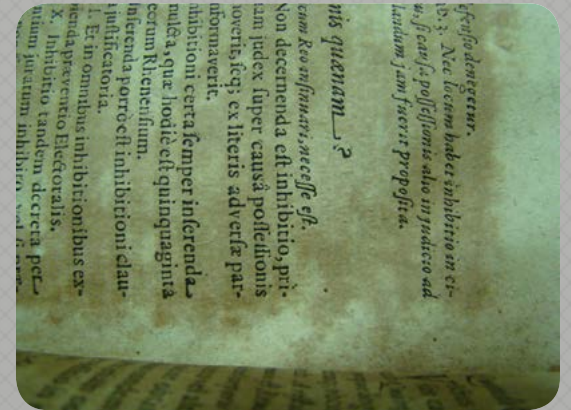
De afbraakreactie van papier uit mechanische houtpulp onder invloed van licht noemen we *fotochemische* reactie. Eens gestart is ze moeilijk te stoppen, het afbraakproces gaat door, ook al wordt het papier in het donker bewaard.

De afbraakproducten van lignine zorgen voor verzuring in het papier waardoor ook cellulose op langere termijn wordt afgebroken.

Het vergelen en bros worden van het papier kan gestopt worden door ontzuring.

Metaaldeeltjes

Metaaldeeltjes in papier zijn onzuiverheden die op termijn oxideren. Ze worden dikwijls pas opgemerkt als ze het uitzicht krijgen van **roest (15)**. Hun afbraakproducten tasten ook de gezonde cellulose aan. Het resultaat is het verzwakken van het papier. Het metaal kan in de eindfase uit het papier vallen en een gat veroorzaken.



Bruine verkleuring door verzuring. Foto: Guy De Witte



Verzuurd papier wordt bros en verpulvert. Foto: KB, Den Haag



Verzuring, verbruining en roestvlekken. Foto: Guy De Witte

13

14

15

Metaaldeeltjes kunnen afkomstig zijn van het water dat gebruikt werd voor het weken van de lompen, het maken van de pulp en het scheppen van het papier. Een andere bron kan de kuip van de Hollander *beater* zijn. Ook in modern papier kunnen metaaldeeltjes voorkomen.

Inkten en pigmenten

► IJzergallusinkt / inktvraat

Bij de zwarte inkten zijn het de ijzergallusinkten die voor problemen zorgen. De schade die hier optreedt noemen we **inktvraat (16)**. Hiervoor zijn voornamelijk de respectievelijke componenten ijzersulfaat en gallus looistoffen verantwoordelijk.

De ijzercomponenten veroorzaken oxidatieve reacties, waarbij ze zelf uitroesten. Aanvankelijk slaat het roest door naar de achterzijde van het papier. In een gevorderde fase kan het ijzer uit het papier vallen en laat het een gat achter. Een verhoogde vochtigheid versnelt het proces.

De combinatie van looistoffen met ijzersulfaat geeft aanleiding tot de vorming van zuren. Deze zuren geven aanleiding tot hydrolyse van het papier. De gevormde producten migreren vanaf het schrift tot in de rest van het papier en breken de papiervezel af. De reactie wordt gekatalyseerd door verhoogde vochtigheid.

Het **eindstadium van inktvraat (17)** is het verlies aan tekst door het uitvallen van het ijzer en het verpulveren van het papier onder invloed van de optredende verzuuring. De schade is onomkeerbaar.

Bij een combinatie van ijzergallusinkt en mechanische houtslip versterken de mechanismen van verval elkaar.

Oude drukinkten op basis van koolstof en gekookte lijnolie zijn stabiel en onschadelijk. Wanneer ze toch schade berokkenen, komt dit meestal door vervangproducten of additieven die eraan werden toegevoegd. Ook bij moderne inkten is het niet de koolstof maar zijn het de additieven die eventueel schade kunnen veroorzaken.

► Pigmenten / kopervraat

Pigmenten die deeltjes bevatten die kunnen oxideren zoals koper, geven eveneens aanleiding tot het fenomeen van inktvraat. Bij pigmenten die koper bevatten spreken we van kopervraat. Dit is een algemeen verschijnsel bij

oude landkaarten en in atlassen die met de hand werden ingekleurd. Het gaat hier voornamelijk om **groene en blauwe pigmenten (18)**. Het verval wordt eveneens versneld door een verhoogde vochtigheid en de aanwezigheid van lignine. De schade is onomkeerbaar.

Chemische stoffen

Het gaat hier om diverse stoffen die ofwel als additief aan het papier zijn toegevoegd, ofwel als residu zijn achtergebleven uit het productieproces, ofwel op een later ogenblik in het papier zijn terechtgekomen.

Aluminiumsulfaat (aluin) is een additief dat al zeer vroeg werd toegevoegd, om gelatine en vanaf de 19e eeuw rosine gemakkelijker te laten neerslaan op papier en de hechting ervan te verbeteren. Op termijn kan deze combinatie, vooral met rosine, aanleiding geven tot de vorming van zwavelzuur met hydrolyse als gevolg. In combinatie met papier van mechanische pulp heeft dit desastreuze gevolgen: het papier verbruint, wordt bros en verpulvert in zijn terminale fase.

Daarnaast kan zwavel, gebruikt bij het maken van chemische pulp uit mechanische pulp, als residu van het productieproces aanleiding geven tot hydrolyse van de papiervezel. Chloor als residu van het bleekproces van de chemische pulp kan oxidatie veroorzaken.

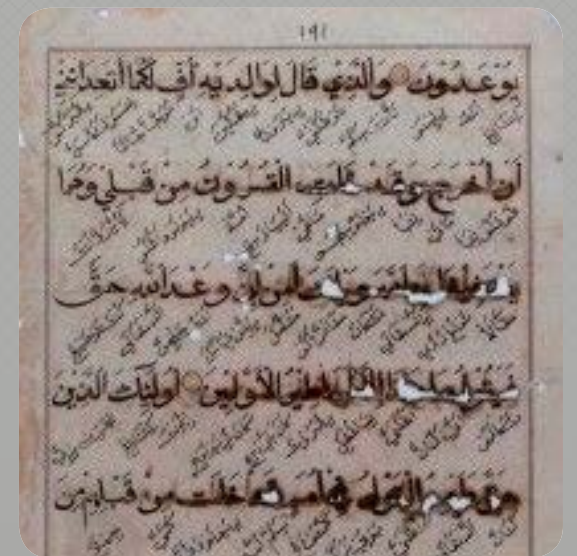
De wisselwerking van deze chemische stoffen met andere interne en externe factoren versnelt de afbraak in hoge mate.

Een uitzonderlijk geval is gerecycleerd papier. Het basis-materiaal van dit papier is niet van een homogene kwaliteit, maar afhankelijk van de ophaling en aanvoer van de te verwerken grondstof. Naargelang het oorspronkelijk gebruik van het gerecycleerde papier kan de samenstelling sterk verschillend zijn en heel wat residuen bevatten. Veel van deze residuen blijven in kleine hoeveelheden achter in het nieuwe papier met alle gevolgen van dien. Onderzoek leert dat volgende stoffen in het papier kunnen voorkomen: oplosmiddelen voor inkten, pcb's, dioxines, zware metalen, pigmenten, bisfenol A, ftalaten, witmakers, fenolen, aromaten, biociden, slijmbestrijdingsmiddelen ...



Inktvraat. Foto: Guy De Witte

16



Inktvraat breekt de papiervezel af.

17



Kopervraat door groen pigment. Foto: Guy De Witte

18

Externe factoren

Temperatuur en relatieve vochtigheid

Temperatuur en relatieve vochtigheid hebben een onderlinge onlosmakelijke verhouding. In principe komt het erop neer dat hoe hoger de temperatuur is, hoe meer waterdamp in de lucht kan opgenomen worden en omgekeerd. Dit betekent dat bij eenzelfde hoeveelheid water in de lucht de relatieve vochtigheid lager is bij hogere temperaturen dan bij lage temperaturen. Aangezien papier organisch en hygroscopisch is, evolueert het vochtgehalte mee met de schommelingen in temperatuur en relatieve vochtigheid van de omringende lucht. Papier bevat bij kamertemperatuur ongeveer 7 % water dat chemisch gebonden is. Wanneer de omgevingslucht droger wordt, geeft het papier water af. Wanneer het vochtiger wordt, neemt het water op tot een nieuw evenwicht is bereikt.

Wanneer papier te droog bewaard wordt, wordt het op termijn broser en verliest het zijn veerkracht waardoor het **gemakkelijker breekt (19)** bij gebruik. Wanneer papier te vochtig bewaard wordt, bestaat de mogelijkheid van versnelde afbraak door hydrolyse en de ontwikkeling van schimmel.

De grootste schade wordt echter veroorzaakt door grote en vlug optredende schommelingen in temperatuur en relatieve vochtigheid. Deze veroorzaken fysieke veranderingen in het papier onder de vorm van krimpen en zwellen. Papier heeft, zoals alle materialen, een marge waarin het zich op een veilige manier aan deze schommelingen kan aanpassen. Wanneer deze marge overschreden wordt, treedt blijvende structurele schade op.

Deze fluctuaties beïnvloeden ook de concentratie van de aanwezige zuren en afbraakproducten waardoor hun vernietigende werking kan geaccelereerd worden. Het zwellen van het papier opent ook de vezelstructuur waardoor deze beter toegankelijk wordt voor chemische stoffen en biologische agentia.

Ook hier blijkt dat de invloed van temperatuur en RV op ligninehoudend papier groter is dan op lompenpapier of papier uit chemische pulp en dat de combinatie met andere externe factoren het deterioratieproces versnelt.

Wanneer papier gebruikt is in combinatie met andere materialen, zullen de eigenschappen en de samenstel-

ling van deze materialen medebepalend zijn voor de opgetreden schade. Papier dat bijvoorbeeld gekleefd is op een ander materiaal, zoals een gemaroufleurde kaart op textiel, is onderhevig aan andere spanningskrachten dan de drager waarop het gekleefd is. Dit kan resulteren in vervormen, barsten en afbrokkelen van het papier of **delaminatie (20)**.

De leeftijd en de voorgeschiedenis van het object zijn meebepalend voor de weerstand tegen schade en de omvang ervan.

Door zijn hygroscopiciteit heeft papier een bufferende werking op de omgevingslucht. Een deel van het overtollige water in de lucht kan opgenomen worden door de papiermassa zonder dat dit onze bedoeling is, bv. bij het in gebruik nemen van nieuwe opslagruimten waarvan het binnenklimaat nog niet gestabiliseerd is. We moeten hiervoor alert zijn.

Hogere temperaturen spelen eveneens een rol in het verval van alle papieren collecties omdat ze chemische reacties katalyseren. Zo leidt een stijging van de temperatuur met 10°C ongeveer tot een verdubbeling in reactiesnelheid, met een versnelde afbraak als gevolg.

Calamiteiten

Papier is een goede brandstof omdat het voornamelijk bestaat uit koolstof, zuurstof en waterstof. Bij brand is de schade aan papier afhankelijk van de intensiteit van de brand, de vochtigheidsgraad van het papier, de nabijheid van het vuur en de hitte die het papier ondervindt. Hoe compacter de stapel papier, hoe groter de weerstand aan vuur. Losse droge vellen papier branden het vlugst.

De **schade aan verbrand papier is irreversibel (21)**. In het beste geval kan een gedeelte van de tekst nog gelezen worden onder uv-licht.

Papier dat niet volledig verbrand is, kan brandschade geleden hebben onder de vorm van roetvlekken en/of een doordringende roet- en brandgeur. Het kan ook verkleurd en/of bros geworden zijn door een plotselinge verandering in zijn waterhuishouding.

Ofschoon koolstof op zich geen chemische schade veroorzaakt, geeft roet in combinatie met eventueel bluswater op inkt gelijkende vlekken die tekst en beeld on-



Scheur door verzuring en bros worden. Foto: Guy De Witte



Delaminatie van een op doek gemaroufleurde kaart. Foto: Guy De Witte



Brand- en roetschade is irreversibel.

19

20

21

leesbaar maken. Het min of meer vloeibare roet dringt ook diep in de papiervezel door, waar het blijft zitten.

Waterschade

Waterschade aan papier kan optreden door:

- ▶ natuurlijke oorzaken zoals overstroming of stormen;
- ▶ falen van technische voorzieningen zoals leidingen en afvoeren;
- ▶ menselijke tussenkomst zoals blusschade of vandalisme;

en kan resulteren in *directe* of *indirecte* schade.

Directe schade is de primaire schade die onmiddellijk optreedt bij waterschade:

- ▶ **Het zwellen van papier (22)** of boeken, met mechanische schade als gevolg. Het gewicht van papier kan tot 80 % toenemen bij volledige onderdompeling. In die toestand is papier erg verzwakt. Indien het meegesleurd wordt door stromend water of opgetild wordt zonder voorzorgen, kan het papier gewoon scheuren en zelfs terug uiteenvallen in vezels. In het beste geval blijft het vervormd achter.
- ▶ **Het kleven van papier (23)** aan de aanliggende bladen. Dit kan zowel in een losse stapel papier voorkomen als in een boek. Dit kan komen door de activering van de verlijming, die begint te kleven, maar ook door het uitlopen van de lijm uit de rug van boeken. De *coatings* gebruikt op modern papier voor kunstboeken bevatten eveneens klevende stoffen die, wanneer geactiveerd, de bladen aan elkaar doen kleven. Dit kan leiden tot de vorming van een massief blok dat niet meer opengaat.
- ▶ **Het uitlopen van de tekst (24)** of het beeld in geval van wateroplosbare inkt en pigmenten.

Dikwijls zien we een combinatie van deze schades. Ze zijn meestal onomkeerbaar.

Indirecte schade is secundaire schade waarbij water een katalyserende rol speelt:

- ▶ **schimmelontwikkeling (25)**. Bij aanraking met water en afhankelijk van de klimatologische omstandigheden kan zich binnen de 48-72 uur schimmel op het papier ontwikkelen. Er moeten dringende beschermende maatregelen genomen worden om zo vlug

mogelijk het water te verwijderen of te stabiliseren. Bij ernstige waterschade kan een plotse schimmel-explosie een hele collectie aantasten. Meer hierover in de [aflevering insecten en schimmels](#);

- ▶ het *versnellen van afbraakreacties* zoals hydrolyse. Dit gebeurt door het oplossen, verspreiden of inbrengen van zuren of stoffen die de vorming ervan bevorderen.

Eerste hulp

Over hoe door modder, water of roet geteisterd papier, boeken en andersoortige documenten te redden, vindt u enkele basishandelingen op de volgende sites. Voor u zelf tot handelen overgaat is het altijd belangrijk om de situatie goed in te schatten. Niet alle tips van de websites kan u zomaar blindelings navolgen zonder afwegingen. Hoe omgaan met boek- en papiermateriaal in noodsituaties en gepaste beslissingen kunnen nemen, is iets waarop u zich als organisatie door training en door overleg met deskundigen kan voorbereiden.

<http://www.studioprotector.org/OnlineGuide/Salvage/SalvageTechniquesPaperandBooks.aspx>

http://www.nationaalarchief.nl/sites/default/files/docs/Voorbeeld_calamiteitenplan_0.pdf

<http://cool.conservation-us.org/waac/wn/wn19/wn19-2/wn19-207.html>

<http://www.nps.gov/museum/publications/conservation/21-04.pdf>

<http://www.archives.gov/preservation/disaster-response/salvage-procedures.html>

<http://hosted.lib.uiowa.edu/flood/contents.html>

Stralingen

- ▶ Infrarode straling (IR)

Invallend infraroodlicht voegt warmte toe aan papier waardoor de temperatuur verhoogt en afbraakreacties worden versneld. Donkergekleurd papier neemt meer warmte op dan wit papier.

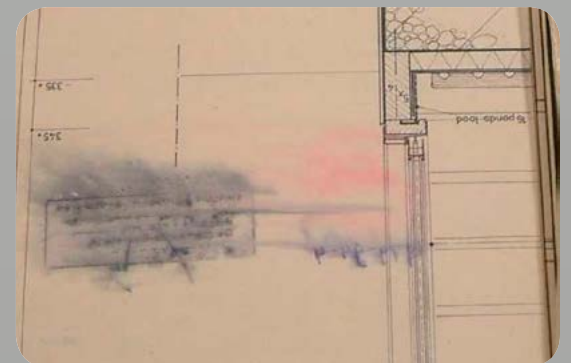
De warmtetoeename aan de oppervlakte kan leiden tot uitdrogen en krimpen van papier, met barsten, scheuren en vormveranderingen tot gevolg.



Door waterschade gezwollen bundel documenten.



Door waterschade gezwollen, vervormde en aan elkaar klevende bladen. Foto: Guy De Witte



Uitgelopen inkt maakt de tekst onleesbaar.



Schimmelontwikkeling op papier. Foto: Guy De Witte

22

23

24

25

► Ultraviolette straling (uv)

Uv-stralen die op papier vallen, voegen heel wat energie toe. Deze energie wordt omgezet in warmte en katalyseert de oxidatiereactie. We spreken van een fotochemische reactie. Deze veroorzaakt op relatief korte termijn vergeling en verbruining van papier gemaakt uit mechanische houtpulp (in combinatie met de lignine), met als gevolg verzuring, bros worden en verpulveren van het materiaal. Inzake uv-belasting werd vroeger als maximumnorm 75 mWatt/lumen aanvaard. Nu is de streef-norm 0 mWatt/lumen omdat uv-straling geenszins bijdraagt tot betere zichtbaarheid, maar enkel schade veroorzaakt.

► Zichtbaar licht

De schade die licht aan papier toebrengt is afhankelijk van de intensiteit van het licht, de belichtingsduur en de hoeveelheid energie die het licht bevat. Het door-dringingsvermogen van zichtbaar licht is eerder beperkt waardoor we de schade vooral aan de oppervlakte merken.

De samenstelling van het papier speelt daarbij een rol. Lompenpapier zal onder invloed van licht eerder verbleken, terwijl papier uit mechanische pulp zal vergelen en verbruinen. Papier uit chemische pulp wordt minder aangetast dan uit houtslip.

Naast de papiergevezel spelen ook de additieven en onzuiverheden in het papier een rol. Een verlijming met aluinosine zal een vluggere en zwaardere degradatie in de hand werken. Bij reeds verzwakt papier kan licht de afbraak verder katalyseren.

Roetinkt op papier wordt niet aangetast, ijzergallusinkt wel. Deze inkt **verbleekt onder invloed van licht (26)**.

Heel wat pigmenten zijn gevoelig voor licht. Dit geldt zowel voor pigmenten die aan de pulp worden toegevoegd en in het papier aanwezig zijn als voor de pigmenten die aan de oppervlakte zijn aangebracht. De verkleuring treedt voornamelijk op aan de oppervlakte van het papier. Het fenomeen komt zowel voor bij oude als nieuwe pigmenten. Vooral pigmenten in het blauwe spectrum zijn gevoelig voor verbleken. Dikwijls zien we ook bij moderne gekleurde papieren dat ze op korte tijd verbleken. De verbleking kan soms na enkele weken al goed zichtbaar zijn. Hetzelfde probleem stelt zich bij di-

gitale foto's, geprint op foto- of printpapier. Ook hier lijken de blauwpigmenten het meest gevoelig.

► Gammastraling

Gammastraling is een hoogenergetische radioactieve straling. Ze wordt ingezet voor de bestrijding van schimmels. De bestraling is zeer efficiënt en doodt zowel de actieve schimmels als de sporen.

Aangezien hoge dosissen de afbraak van de celluloseketens en dus de veroudering van het materiaal veroorzaken, kan de methode enkel zeer gecontroleerd toegepast worden. Ze is niet preventief te gebruiken, maar enkel curatief voor gevallen die niet op een andere manier behandelbaar zijn.

Luchtvervuiling

De meeste verontreinigende stoffen die een impact hebben op onze gezondheid hebben eveneens een negatief effect op papier. De oorsprong van deze stoffen is zowel van natuurlijke aard (moerasgas, vulkaanuitbarstingen) als afkomstig van menselijke activiteit (industrie, transport, huishouden).

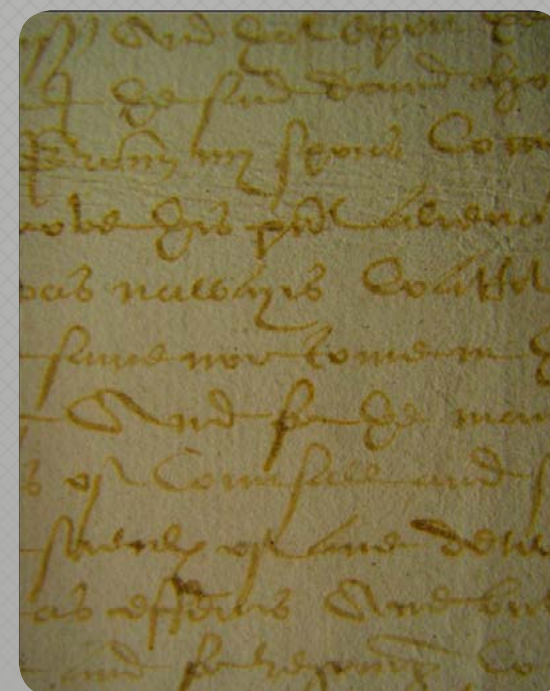
► Vaste deeltjes

Dit zijn stofdeeltjes die in de lucht zweven (aërosolen). Het zijn anorganische stoffen zoals zand, cementstof, zout, roet, vulkaanas of metaal, en organische stoffen zoals pollen, sporen of huidschilfers. Ze zijn direct of indirect verantwoordelijk voor schade aan papier. Over het algemeen hechten ze zich eraan vast onder de vorm van een laag vuil. Naast mechanische schade door krassen kunnen de zure elementen die erin aanwezig zijn het oppervlak van het papier, de inkt en de pigmenten aantasten. Bovendien zijn deze deeltjes hygroscopisch en bevatten ze genoeg voedingsstoffen om bacteriën en schimmels te doen ontwikkelen.

► Verontreinigende gassen

Dit zijn gassen zoals zwaveldioxide (SO_2), stikstofdioxide (NO_2), stikstofoxide en ozon (O_3).

Zwaveldioxide zal papier pas aantasten als het geoxideerd wordt tot SO_3 en het daarna reageert met het water in het papier. Daarbij wordt zwavelzuur gevormd (H_2SO_4). Dit geeft aanleiding tot de gekende verzuring, daling in pH, en in de terminale fase verboddeling van het papier. De afbraakreactie wordt versneld door een



Inkt verbleekt onder invloed van het licht. Foto Guy De Witte

hoge luchtvochtigheid en gekatalyseerd door licht en uv-straling. Lompenpapier heeft een redelijk goede weerstand tegen de afbraak door zwaveldioxide, maar papier van mechanische pulp wordt vrij vlug bruin en bros. Bij een stapel papier of een boek begint de aantasting vanaf de randen naar binnen, een duidelijke indicatie van de externe oorzaak van het verval.

Stikstofoxide en stikstofdioxide kunnen omgezet worden in salpeterzuur (HNO_3), een sterk zuur met dezelfde inwerking als zwavelzuur.

Ozon is een sterk oxiderend gas dat papier aantast op moleculair niveau. Het kan ook de gelatineverlijming aantasten. De reactiviteit van ozon wordt versterkt door hoge temperaturen en relatieve vochtigheid. Licht, uv-straling en de aanwezigheid van zuren verhogen eveneens de invloed van ozon. Ligninehoudende papieren zijn het meest kwetsbaar. De polymeerketens worden afgebroken en in de terminale fase verpulvert het papier.

► Vluchtige organische stoffen

Het gaat om vluchtige producten die meestal kunstmatig gemaakt zijn uit aardolieproducten. Ze worden dikwijls gebruikt als oplosmiddelen, zoals formaldehyde, aceton, benzeen, toluen (oplosmiddelen) of tetra-chloorethyleen (ontvlekker). Ze komen meer voor in de binnenlucht dan in de buitenlucht. Sommige van deze stoffen kunnen vrijkomen uit lijmen, verven en lakken gebruikt voor houten meubilair.

Ze tasten papier en karton aan in combinatie met zuren en andere chemische producten, een verhoogde vochtigheid en temperatuur. Papier van mechanische pulp is het meest gevoelig aan deze stoffen. Ze veroorzaken verbruining en verzuring met verpulvering als gevolg.

BIOLOGISCHE OORZAKEN

In principe kan elke biologische levensvorm schade berokkenen aan papier. We beperken ons hier tot de meest voorkomende met een directe of belangrijke indirecte impact op het materiaal. Meer over [insecten en schimmels](#) in de betreffende aflevering.

Micro-organismen

Bacteriën

Bacteriën zijn eencellige organismen die zo divers van aard zijn dat er altijd wel soorten zijn die in een omgeving kunnen overleven, hoe extreem die omgeving ook is. Bacteriën zitten ook op onze huid en in ons lichaam. Meestal zijn ze nuttig, soms verwekken ze ziektes.

De meeste bacteriën die op papier leven komen binnen via besmet materiaal of via de mens. Ze kunnen gedijen in stilstaand water of in de resten van biologisch materiaal zoals uitwerpselen, dode dieren of afgestoten menselijk materiaal. Van daaruit besmetten ze het papier.

De meeste bacteriën die op papier leven hebben behoefte aan zuurstof en gedijen het best op een licht-alkalische voedingsbodem met een pH tussen 7 en 7,5. Ze zijn gevoelig voor temperatuur en sterven meestal boven de 40°C . Ze hebben ook voldoende vochtigheid nodig. Ze gedijen het best bij een relatieve vochtigheid boven de 65 %.

Er zijn bacteriën die alleen van de cellulose kunnen leven, andere verwerken zowel cellulose als hemicellulose, het collageen van de verlijming en zetmeel. De omzetting gebeurt door enzymen. De enzymen die de cellulose afbreken noemen we cellulasen, diegene die de gelatine van de verlijming omzetten noemen we gelatinasen.

De aantasting van het papier is niet onmiddellijk zichtbaar. De bacteriën ontwikkelen zich eerst in het papier en veroorzaken dan verkleuringen van verschillende aard. Uiteindelijk vormt zich een soort dons en wordt de papervezel verder verteerd. Dit leidt tot bros worden van de vezel en uiteindelijk tot barsten, scheuren en gaten in het papier.

Bacteriële infecties die schadelijk zijn voor de mens zoals hersenvliesontsteking of longontsteking kunnen via papier doorgegeven worden van een zieke op een gezonde persoon. Het mogelijke besmettingsgevaar duurt meestal enkele dagen.

Schimmels

Schimmels zijn organismen die niet in staat zijn om zelf voedsel te maken via fotosynthese en daarom hun voedsel moeten halen uit levend of dood organisch materiaal zoals papier.

Schimmels verspreiden zich als bio-aërosolen door de lucht in de vorm van sporen. Door de spoorvorming kunnen ze lang overleven in minder gunstige omstandigheden. Wanneer ze een gunstige voedingsbodem zoals papier vinden en de omgevingsomstandigheden gunstig evolueren, komen ze tot wasdom. Besmetting kan ook gebeuren als gevolg van het binnenbrengen van documenten of objecten die reeds door schimmel zijn aangetast. Deze schimmel kan actief of passief zijn naargelang de situatie waarin het papier recent werd bewaard.

Schimmel bestaat uit een kernlichaam, het mycelium, dat bestaat uit schimmeldraden of hyfen. Deze schimmeldraden hechten zich aan het papier en dringen erin door. Boven het papier ontwikkelen zich op de schimmeldraden later de sporen. Met behulp van een enzym breken ze de cellulose af voor de koolstof. De andere noodzakelijke elementen voor hun groei vinden ze in omringende zwevende deeltjes.

Schimmels gedijen pas goed bij een RV tussen de 65 % en de 100 %. Hoe hoger de RV, hoe sneller ze zich ontwikkelen. Papieren collecties of voorwerpen die in extreem vochtige omstandigheden worden bewaard of slachtoffer zijn van intensieve waterschade, kunnen in een minimum van tijd **door schimmel worden overwoekerd (27)**. Bij overstroming kan dit zelfs in minder dan 72 uur. Veel schimmels houden van een lichtzure pH.

Er zijn ongeveer tweehonderd soorten schimmels die actief zijn op papier. De meest bekende en meest voorkomende zijn van de Aspergillus- en Penicillium-soort. Een deel van deze schimmels is gevaarlijk voor de mens en kan allergieën van huid en luchtwegen veroorzaken. Sommige kunnen aanleiding geven tot longziekten zoals aspergillose. Schimmels scheiden bovendien toxines af. Zelfs indien de schimmels geneutraliseerd worden, blijven de afgescheiden toxines actief in het papier. Daarom moeten bij een schimmelinfectie de papieren documenten altijd mechanisch worden gereinigd vooraleer ze terug in gebruik worden genomen. Het personeel moet altijd de nodige persoonlijke beschermingsmiddelen krijgen om beschimmelde stukken op een veilige manier te hanteren in afwachting dat ze de juiste behandeling krijgen.

Schimmels berokkenen op diverse manieren schade aan papier:

- ▶ mechanische schade door het indringen van de hyfen in het papier. Ook als de schimmel verwijderd wordt, blijven er gaten, omdat de vezel verdwenen is;
- ▶ verkleuring van het papier door pigmenten die afgescheiden worden. De kleuren variëren van roze, over rood, violet en bruin tot zwart. Deze vlekken zijn zeer moeilijk te verwijderen;
- ▶ galinkten verbleken door aantasting met de Penicilliumschimmel;
- ▶ chemische schade door de afbraak van de cellulose. Hierbij worden organische zuren gevormd die de zuurtegraad van het papier verlagen. Het gevolg is dat het papier na verloop van tijd scheurt, er vallen gaten in of het breekt door de hydrolyse van de vezels.

Foxing

Foxing (28) is een specifieke vorm van aantasting die verspreid over het papier voorkomt. De kleur is roodachtig, vandaar de naam. De vlekken kunnen al dan niet een donkere kern vertonen en zijn dikwijls onregelmatig van vorm.

Wetenschappelijk onderzoek heeft nog niet kunnen uitmaken wat precies de oorzaak is van foxing. Volgens sommigen wordt het verschijnsel mogelijk veroorzaakt door de aanwezigheid van een Aspergillusschimmel. Andere onderzoekers claimen dat foxing te maken heeft met de aanwezigheid van metaaldeeltjes in het papier. Evenmin uitgesloten is dat zuren die afgescheiden worden door micro-organismen aanwezige metaaldeeltjes doen reageren, met de roestbruine verkleuring als gevolg.

De aantasting is vooral zichtbaar bij papier uit de 18e en 19e eeuw met een hoge zuurtegraad. De vlekken lichten op onder uv-licht en zijn gevoelig voor water.

Insecten

In principe kunnen alle insecten een gevaar betekenen voor papier omdat ze op indirecte wijze een voedingsbodem voor schimmels en bacteriën kunnen vormen door



Ernstige schimmelaantasting na waterschade.



Foxing. Foto: Guy De Witte

hun uitwerpselen of door de resten die ze achterlaten tijdens hun groei of bij afsterven.

Directe schade aan papier wordt veroorzaakt door een beperkt aantal insecten die vooral behoren tot de categorie van de boorders en de bewoners. Het gaat zelden om een aanval op het papier alleen, maar wordt meestal gecombineerd met een aanval op de lijm, het leder of het hout, zoals bijvoorbeeld in boekbanden.

Een besmetting met insecten gebeurt vaak door het binnenbrengen van documenten of voorwerpen die besmet zijn met eitjes of larven. Een andere oorzaak is het binnendringen in de bewaarruimtes door kieren en gaten in muren en wanden.

Boorders

Bij de boorders vinden we voornamelijk de **houtkever** (*Anobium punctatum*) waarvan de larve zich voedt met de cellulose in het papier. De houtworm heeft gistcellen in de darm die de cellulose omzetten in voedsel. De **larve vreet zich door een stapel papier (29)** of een boek en graaft daarbij ronde tunnels die in alle richtingen kunnen lopen. Indien de schade erg is, kunnen de bladen er op die plaats zelfs uitzien als kantwerk. Enkel de larven zijn schadelijk. Wanneer het insect volwassen is en zich verpopt tot een kever, vliegt het uit met achterlating van zijn laatste resten en een opening aan de oppervlakte van het papier.

Bij aantasting door de houtworm moet u er rekening mee houden dat de hele collectie aangetast kan zijn, omdat de houtkever zijn eitjes over de hele ruimte kan verspreiden.

Bewoners

Tot deze groep behoren het zilvervisje, de boekluis, de kakkerlak en termieten.

Het **zilvervisje (30)** voedt zich zowel met cellulose, zetmeellijm als gelatine. Het is trouwens ook een van de weinige insecten die de emulsie van foto's aantast. De schade is typisch van uitzicht. Het lijkt erop alsof **de oppervlakte laag afgegraasd (31)** is. Het zilvervisje heeft blijkbaar een goede smaak want het verkiest papier van goede kwaliteit op basis van zuivere cellulose. Uit dezelfde groep zijn het papiervisje en het ovenvisje actief in ons papieren erfgoed. Meer hierover in de aflevering **Insecten**.

De **boekluis (32)** voedt zich voornamelijk met schimmels die op papier, boek en foto voorkomen, maar is niet afkeurig van de aanwezige natuurlijke lijmen.

Kakkerlakken voeden zich ongeveer met alles wat eetbaar is, waaronder papier. De schade is meestal gesitueerd aan de oppervlakte, waardoor erosie optreedt. Ze vervuilen bovendien het papier door hun leerachtige eizakjes eraan vast te kleven en door hun braaksel. Ze vormen een gezondheidsrisico door het verspreiden van ziektes en het opwekken van allergische reacties.

Bij de **termieten** zijn het enkel de werkers die cellulose kunnen verteren. Ze staan in voor het voeden van de hele kolonie. Daarom eten ze alles wat cellulose bevat. Gelet op hun grote aantallen en de snelheid waarmee ze te werk gaan is de schade dikwijls immens.

Knaagdieren

Ratten en muizen kunnen op grote schaal schade aanrichten aan papier. Ze eten het materiaal niet op, maar gebruiken het om hun nesten mee te bouwen. Ze gaan hierbij ruw te werk en bovendien bevuilen ze de stukken met hun uitwerpselen. Ze vertegenwoordigen een groot gezondheidsrisico. Stukken die in contact geweest zijn met knaagdieren moeten altijd gedesinfecteerd worden.

DE MENS

De mens is een van de grootste bedreigingen voor papieren documenten en voorwerpen. De meeste schade gebeurt onopzettelijk, maar soms wordt opzettelijk vernietigd.

De **onopzettelijke schade (33)** heeft te maken met diverse factoren zoals attitude (onachtzaamheid, slordigheid, nonchalance, gebrek aan respect), ondeskundigheid (theoretisch en praktisch) en gebrek aan middelen (gebrekkige infrastructuur, tekort aan personeel, te weinig hulpmiddelen).

De schade aan papier kan het gevolg zijn van ongeschikte bewaaromstandigheden (depots, meubilair en opbergmaterialen), of van de verkeerde omgang met papieren erfgoed bij gebruik, raadpleging of **digitalisatie (34)**. Een ander heikel punt is het gebruik van onaangepaste materialen voor het inlijsten, tentoonstellen of herstellen van papier.



Schade door houtwormactiviteit. Foto: Guy De Witte



Zilvervisje



Typische graasschade door zilvervisje. Foto: Guy De Witte



Boekluis



29

30

31

32

33

Training en vorming zijn van essentieel belang en indien gekoppeld aan een adequaat beleid inzake preventieve conservatie zou deze oorzaak op relatief korte tijd voor een groot deel verholpen kunnen worden.

Schadelijke materialen

Zelfklevende stroken

Zelfklevende stroken worden verkocht onder benamingen als linnentape, velcro, isolerende tape, crèpetape, sellotape of archieftape.

De lijmlaag bevat een aantal chemische stoffen zoals weekmakers. Zonder deze stoffen zou het onmogelijk zijn om de tape af te rollen omdat de lijm zou uitgehard zijn. Weekmakers dringen samen met de lijm in het papier, en oefenen er op termijn **een vernietigende werking (35)** op uit. Dit uit zich door het verbruinen van het papier, het uitharden van de aangetaste vlek en het scheuren van het papier op de randen van de aantasting. In een finaal stadium kan het papier op de aangetaste plaats niet meer gebogen worden en breekt het als een stukje hout gewoon door.

Indien de tapes in een vroeg stadium spontaan van het papier afvallen bestaat de kans dat de lijm nog actief is en dat het papier begint te kleven aan de aanliggende vellen. Het verwijderen van oude tapes moet toevertrouwd worden aan een goed opgeleide conservator-restaurator.

Sommige kleefstroken bestaan uit Japans papier met lijmlaag die volgens de producent zuurvrij is, niet vergeelt en ouderdomsbestendig is. De meeste hiervan zijn echter niet meer verwijderbaar na een langere termijn. Gezien potentiële risico's momenteel niet uit te sluiten zijn, is het gebruik van dergelijke stroken op papieren erfgoed af te raden.

Zelfklevende folies

Deze folies worden dikwijls gebruikt in openbare bibliotheken voor het verstevigen van boeken. Sommige firma's prijzen deze folies ook aan voor het beschermen, lamineren en doubleren van fragiele archiefdocumenten, kaarten en grafiek. Deze folies zijn echter niets anders dan een variatie op de al vermelde kleefstroken. Het principe is hetzelfde, enkel het formaat verschilt. De gevaren die eraan verbonden zijn, zijn dezelfde. Het gebruik van deze folies, waarvan de drager dikwijls uit

pvc (polyvinylchloride) bestaat, moet altijd vermeden worden op originele documenten. Op langere termijn en afhankelijk van de bewaaromstandigheden kunnen vervormingen optreden aan het plastic. Gezien het verschil in krimp- en uitzettingscoëfficiënt tussen papier en plastic kan het originele document ernstig vervormen met alle schadelijke gevolgen van dien.

Bij bibliotheekboeken zien we dat de omslagen op termijn worden aangetast en niet meer te redden zijn. Gezien de korte tijdsspanne dat bibliotheekboeken in een openbare uitleenbibliotheek in roulatie zijn, kan een dergelijke folie hier een nuttige rol spelen als tijdelijke bescherming, maar gebruik hem nooit bij boeken uit erfgoedcollecties of boeken die lang bewaard moeten blijven.

Synthetische lijmen

Kunststoflijmen uit tubes worden soms gebruikt voor het fixeren van losse papierdeeltjes, voor het monteren van grafiek in een passe-partout of voor foto's op een ondergrond. De samenstelling van deze lijmen is over het algemeen schadelijk voor het object omdat ze weekmakers en andere chemische stoffen bevatten die het papier aantasten. Bovendien zijn deze lijmen weinig of niet reversibel en in de meeste gevallen slechts verwijderbaar met organische solventen die schadelijk zijn voor het origineel, voor de persoon die de handeling uitvoert en voor het milieu. Ze geven aanleiding tot een bruine verkleuring, bros worden van de vezel en uiteindelijk verlies van het origineel.

Lijmen uit spuitbussen en heatset-lijmen voor het kleven van foto's of posters op karton of hout hebben vergelijkbare effecten. Ze beschadigen de originelen op korte of langere termijn door het induceren van scheikundige reacties en zijn weinig of niet reversibel.

Plastic documenthoesjes of pochetten

Transparante hoesjes voor foto's, postkaarten en documenten werden vroeger vooral uit pvc (polyvinylchloride) gemaakt. Dit plastic is eveneens terug te vinden als tussenvel in fotoalbums waar de foto's op een kartonnen ondergrond werden aangebracht, voorzien van streepjes lijm.

Dergelijk materiaal breekt zichzelf af onder invloed van



Manipulatieschade bij digitaliseren. Foto: Guy De Witte



Schade door gebruik van zelfklevende tapes. Foto: Guy De Witte

uv-licht en tast de inhoud van de pochette aan. Bij de fotoalbums tast het de foto's en de kartonnen dragers aan in combinatie met de lijm die eveneens vergaat.

Houthoudende inlijstmaterialen

Tot minder dan twintig jaar geleden werd grafiek meestal ingelijst met houthoudende materialen gemaakt van mechanische houtpulp, meer bepaald de passe-partout en het achterbord. Dit bord kon ook gewoon bestaan uit hout, unalit of triplex. Bovendien was de grafiek dikwijls volledig gekleefd op het achterbord.

De combinatie van de houthoudende materialen met een lijm (meestal schadelijker), gecumuleerd met de blootstelling aan licht en uv-straling, heeft veel grafiekbladen onomkeerbaar beschadigd. 19e en 20e-eeuwse grafiek op houthoudend papier is nog meer onderhevig aan dit verval door de aanwezigheid van lignine in het papier.

PREVENTIEVE CONSERVERING

Onder preventieve conservering verstaan we alle maatregelen die we treffen om cultureel erfgoed te beschermen tegen verder verval zonder rechtstreeks behandelingen op de objecten zelf uit te voeren. Door zijn aard is dit een zaak van iedereen die met papieren erfgoed omgaat: de archivaris en de bibliothecaris, de museumconservator, de behoudsmedewerker, de magazijnbediende, de wetenschappelijke medewerker, de persoon die instaat voor digitalisatie, de poetsvrouw, de onderzoeker, de student, de conservator-restaurator en het brede publiek.

BEWAAROMSTANDIGHEDEN

Klimatologische omstandigheden

De visie op de klimatologische bewaareisen voor papier is in recente jaren verfijnd. Papier zou zich beter dan gedacht aanpassen aan wisselende omstandigheden, op voorwaarde dat de fluctuaties op langere termijn optreden (seizoensgebonden) en dat ze binnen bepaalde grenzen blijven.

Het regelen van de klimatologische omstandigheden met klimaatinstallaties wordt meer en meer verlaten

ten voordele van passieve klimaatbeheersing wegens te duur, te weinig betrouwbaar en een te grote impact op het milieu. Momenteel verkeren we in een transitfase. Nieuwe richtlijnen zijn in de maak, onder andere in Engeland, maar ook Europa vaardigt binnenkort nieuwe richtlijnen uit. Meer hierover in de aflevering over het Binnenklimaat.

Uit internationaal onderzoek blijkt dat voor het bewaren van papier in depots een lagere temperatuur en relatieve vochtigheid kan gehanteerd worden dan wat gangbaar is in consultatie- of tentoonstellingsruimten. Nochtans is het onmogelijk eenduidige normen mee te geven voor bewaring omdat er te veel parameters een rol spelen in het verval. Zo zijn de samenstelling van het papier, de reeds geleden schade, de actuele fysieke toestand en de combinatie met andere materialen zoals leder en perkament cruciaal in de bewaring van de stukken.

Papier dat chemisch vervalt, heeft baat bij lagere temperaturen en een lagere relatieve vochtigheid omdat de chemische reacties trager verlopen. Houthoudende papieren zouden langer overleven bij een relatieve vochtigheid tussen 30 en 50 % en een lagere temperatuur. We mogen hierbij echter niet uit het oog verliezen dat papier gevaarlijk bros kan worden bij een lagere relatieve vochtigheid.

Wie toch een basisrichtlijn wil, kan zich voor papier best houden aan een relatieve vochtigheid van $48 \% \pm 5 \%$ bij een temperatuur van $17^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

In museumruimtes en leeszaal is het moeilijker om temperatuur en relatieve vochtigheid in de hand te houden, omdat hier rekening moet gehouden worden met de menselijke aanwezigheid en de restricties die het gebouw of de functie ervan opleggen. In ruimtes waar de omstandigheden niet binnen de gevraagde marges vallen, kan eventueel een beroep gedaan worden op mobiele toestellen, zoals luchtbevochtigers of -ontvochtigers om het klimaat te stabiliseren.

Uv-straling en licht

De schadelijke uv-straling wordt best volledig vermeden. Dit kan door te kiezen voor tentoonstellingsruimten en depots zonder ramen en/of kunstlicht dat geen uv-straling uitzendt. Streef alleszins naar een zo laag mogelijke uv-belasting, minder dan 30 mWatt/lumen.

De straling kan gereduceerd worden door het gebruik van uv-werende folies op de ramen of de lampen of uv-werend glas. Meer hierover in de aflevering over [Licht en verlichting](#).

Zichtbaar licht is eveneens schadelijk (36) en daarom zoveel mogelijk te beperken. Depots en tentoonstellingsruimten zonder ramen bieden een goede oplossing. Indien dit niet kan, moeten de ramen voorzien worden van een zon- en lichtwerend systeem, bijvoorbeeld lichtwerende folies, jaloezieën, gordijnen, *screens* of luiken. Gebruik kunstlicht enkel wanneer nodig. De standaardrichtlijn voor het belichten van papier bij tentoonstelling is 50 lux om lichtschade te voorkomen, maar de berekening van het maximaal aantal toe te laten luxuren biedt hierin enige speelruimte.

Luxuren zijn het product van het aantal uren dat er belicht wordt, maal de intensiteit van de belichting. De bedoeling is dat indien er belicht wordt met meer lux, het aantal belichtingsuren omgekeerd evenredig moet verminderd worden om aan eenzelfde luxurensaldo te voldoen. Meer hierover in de aflevering over [Licht en verlichting](#). Het is van het grootste belang belichtingsduur en belichtingsintensiteit van papieren objecten goed bij te houden in een logboek om de cumulatieve schade binnen de perken te houden. Dit is vooral belangrijk voor ingekleurde kaarten, grafiek, miniaturen en geprinte digitale foto's.

Luchtvervuiling

Vervuilde lucht is schadelijk voor papier in al zijn vormen. Daarom zou zowel de inkomende buitenlucht als de binnenlucht in depots en tentoonstellingsruimten gefilterd moeten worden. De meubels of de collecties zelf kunnen immers schadelijke stoffen afgeven die best weggefilterd worden.

Quarantaine

Papieren documenten of voorwerpen waarvan u vermoedt dat ze aangetast (kunnen) zijn door insecten of schimmels, plaatst u in quarantaine totdat u zeker bent dat ze al dan niet besmet zijn. In het laatste geval moeten de noodzakelijke behandelingen uitgevoerd worden.

Onderhoud

De depots en alle andere ruimten voor erfgoedbewa-

ring moeten goed en regelmatig onderhouden worden. Concentraties van stof of organisch materiaal kunnen aanleiding geven tot schimmelontwikkeling. Een stofzuiger met inwendige HEPA-filter is noodzakelijk om te vermijden dat bacteriën en schimmels zich in de ruimte kunnen verspreiden.

MEUBILAIR

Materialen

De voorkeur gaat naar **metalen opbergmeubilair** dat afgewerkt is met poederlak en bij hoge temperaturen werd gedroogd of gemoffeld.

De papieren objecten komen best niet rechtstreeks in contact met het koude metaal, om bij eventuele condensvorming geen schade te ondervinden. Indien geen verpakking is voorzien, wordt er best een buffermateriaal tussen het metaal en het object aangebracht. Open kasten of compactrekken met ventilatie genieten de voorkeur om microklimaten te vermijden.

Houten kasten en rekken kunnen zuren of gassen afgeven die papieren objecten aantasten. Vooral meubilair uit gelijmde platen of geperste vezelplaat dat formaldehydes bevat, wordt afgeraden.

Bij meubilair uit volhout gaat de voorkeur naar houtsoorten met een laag zuurgehalte zoals berk of esdoorn. Alle houtsoorten moeten eerst afgewerkt worden met lak- of verfsoorten die inert en chemisch stabiel zijn en uitwisseling tussen meubel en papieren object verhinderen. Boeken en papier komen best niet rechtstreeks in contact met het hout. Daarvoor moet bufferend materiaal voorzien worden tussen het meubilair en het object.

Houten meubilair vertoont minder risico op condensvorming, maar is brandbaar.

Opbergsystemen

Staande rekken versus compactrekken

Beide opbergsystemen zijn bruikbaar voor het opslaan van de meeste vormen van papier. Qua formaat kunnen rekken zelfs tot 60 cm diep worden voorzien zodat ze geschikt zijn voor grote boeken of dozen met grafiek.

Een algemene vuistregel: bij vaste rekken hebt u ongeveer 70 % circulatieruimte nodig voor 30 % stapelruimte.



Kleuren verbleekt door het licht. Foto: Guy De Witte

Compactrekken leveren een verhouding van ca. 20 % circulatie en 80 % volume voor berging.

Lade- en plannenkasten

Hierin worden de papierformaten opgeborgen die qua formaat niet meer passen in een staand rek of in een compactrek. Het gaat om grote kaarten en grafieken, bouwplannen en affiches. Bovendien is dit type kast geschikt voor niet-ingelijste schilderijen of aquarellen op papier, en voor ingelijste schilderijen op papier waarvan de pigmenten zouden kunnen loskomen. Het spreekt voor zich dat alle voorwerpen eerst zuurvrij moeten verpakt zijn vooraleer ze in de ladekasten worden opgeborgen.

De kasten zijn verkrijgbaar tot A0+-formaat, wat het equivalent is van 2 x het A0-formaat. De ladekasten kunnen ook mobiel gemaakt worden waardoor ze als een **compactrek (37)** kunnen functioneren.

Hangrekken voor ingelijste grafiek

Ingelijste grafiek of schilderijen op papier worden best opgehangen op metalen hangrekken zoals gebruikt voor gewone schilderijen.

Hangrekken voor rollen

Deze rekken zijn voorzien van lange cilindervormige kernen die doen denken aan vlaggenstokken. Wandkaarten op linnen (gemaroufleerd) kunnen opgerold over de stokken gehangen worden. De kaart wordt vooraf (op een grote tafel) gerold op een ronde, zuurvrij kartonnen kern met een zo groot mogelijke diameter en een lengte die groter is dan de breedte van de kaart. Tussen de op-eenvolgende windingen van de kaart wordt een zuurvrij of gebufferd papier meegerold. De rol wordt nog eens volledig in een zuurvrij papier of linnen gewikkeld en dichtgebonden, tegen het stof. Daarna wordt hij over de kern van het rek geschoven zodat hij over zijn totale lengte wordt ondersteund. Zowel kleine als grote rollen kunnen op een dergelijk rek geborgen worden.

Vitrinekasten

Voor het tentoonstellen van papieren documenten worden dikwijls vitrinekasten gebruikt. Wanneer het om belangrijke documenten of fragiel erfgoed gaat, zijn passende klimatologische omstandigheden vereist. Hiervoor bestaan *passieve klimaatkasten* die zo goed als

hermetisch afgesloten worden en waarin ruimte is voorzien voor vochtregulerende producten zoals silicagel of Art-Sorb. Tracht te vermijden dat het papier rechtstreeks met de kast in aanraking komt, maar ondersteun het met een chemisch stabiel en inert materiaal.

MATERIALEN VOOR VERPAKKING, ONDERSTEUNING OF TENTOONSTELLING

Vermijd dat papieren erfgoed gemanipuleerd, tentoongesteld of bewaard wordt zonder het gebruik van de noodzakelijke ondersteunende materialen. Een diversiteit aan materialen staat hiervoor ter beschikking:

zuurvrij papier en karton, al dan niet gebufferd, Japans papier, handgeschept papier, zijdepapier, polyester, polyethyleen, ethafoam, linnen, katoen, vlas, plexiglas.

Naargelang het doel (opbergen, ondersteunen, tentoonstellen) kunnen deze materialen diverse vormen aannemen: dozen, mappen, rollen, volle bladen, steunen, uitgesneden vormen in ethafoam ...

Papier en karton

Materialen uit papier en karton die gebruikt worden als bescherming, verpakking of ondersteuning voor papieren objecten moeten in de volle dikte van het materiaal aan de volgende criteria voldoen:

- ▶ **zuurvrij**: de pH moet minstens 7 zijn en er mogen geen zuren in het materiaal aanwezig zijn;
- ▶ **gebufferd**: een pH tussen 7 en 8,5 omdat er in de pulp 3 % calciumcarbonaat is toegevoegd. Hierdoor kan het materiaal een tijdje weerstaan aan de aanvallen door chemische producten, vooral zuren, vooraleer de pH terugvalt tot 7 en lager;
- ▶ **ligninevrij**;
- ▶ **chemisch inert en stabiel**: vrij van residu's van chemische stoffen gebruikt tijdens de fabricage zoals zwavel, chloor of andere schadelijke producten;
- ▶ **sterk genoeg** om de nodige bescherming te verlenen op langere termijn;
- ▶ **geen mechanische schade** berokkenen aan het papier door krassen, schuren, schaven of enige andere fysische tussenkomst.



Compactrek met ladekasten. Foto: Guy De Witte

Andere materialen

Geldende criteria:

- ▶ **geen schadelijke producten bevatten** die het papier kunnen aantasten zoals lijmen, weekmakers, solventen, zuren, insecticiden, fungiciden;
- ▶ **voldoende steun** of bescherming verlenen daar waar nodig is;
- ▶ **geen mechanische schade veroorzaken** door krasen, scheuren, schaven of enige andere fysische tussenkomst;
- ▶ **geen** aanleiding geven tot de vorming van **schadelijke microklimaten**.

Zuurvrije en gebufferde dozen

Zowel in gunstige als in ongunstige bewaaromstandigheden hebben zuurvrije en gebufferde dozen een meerwaarde omdat ze beschermen tegen schadefactoren van buiten uit. Bij ongunstige bewaaromstandigheden is de impact het grootst, maar dit heeft ook een keerzijde. De levensduur van een doos in deze omgeving zal korter zijn omdat ze vlugger wordt aangetast door schadelijke factoren.

Een zuurvrije doos beschermt tegen stof en vuil, licht en uv-straling. Ze neutraliseert een groot deel van de schadelijke gassen en stoffen in de lucht en heeft een bufferende werking voor temperatuur en relatieve vochtigheid. Een goed gesloten doos beschermt tegen het binnendringen van schimmels en insecten en indien de doos valt, vangt zij de eerste en de ergste schokken op.

De dozen moeten eigenlijk **op maat zijn van de ingesloten documenten (38)** zodat deze niet door elkaar geschud worden of elkaar beschadigen door ongewenste bewegingen in de dozen. De dozen worden zoveel mogelijk plat bewaard. Het voordeel van dozen is ook dat ze aan de buitenkant kunnen voorzien worden van een inventarisnummer.

Plastic hoezen en pochetten

Documenthoezen en pochetten voor postkaarten en foto's werden vroeger gemaakt van pvc (polyvinylchloride), dat zichzelf en zijn inhoud afbreekt. Moderne hoesjes zijn gemaakt van polyester en worden verkocht onder

de naam Melinex®, Mylar® of Hostaphan®. Ze zijn chemisch inert en worden tot nu toe beschouwd als bestand tegen veroudering.

Het gebruik van deze hoezen in gecontroleerde klimatologische omstandigheden levert geen problemen, maar in vochtige omstandigheden of bij waterschade kan het gebeuren dat de verlijming van het papier aan de binnenzijde begint te kleven aan het plastic. Dit is ook mogelijk met de gelatine bij foto's. Omdat het plastic niet ademend is, is het niet altijd mogelijk om het binnenklimaat in de hoes voldoende te beïnvloeden om het object los te krijgen zonder schade. Daarom wordt er ook gebruikgemaakt van hoezen voorzien van een voorzijde uit transparante polyester en aan de achterzijde een vel zuurvrij papier of karton.

MANIPULATIE EN TRANSPORT

Manipuleren

Papieren erfgoed moet altijd met de nodige voorzichtigheid worden behandeld. Als u niet zeker bent in welke staat het papier verkeert, is het aangewezen eerst de toestand na te kijken in de inventaris van de collectie.

Voor het manipuleren van boek- en papiermateriaal wordt aanbevolen **handschoenen (39)** te dragen om te vermijden dat lichaamseigen stoffen in het papier zouden indringen. Er is keuze tussen niet-pluizende katoenen en nitril handschoenen. Aan de gebruiker om te oordelen welke soort handschoenen het meest geschikt is in een gegeven situatie. Nitril is bijvoorbeeld handig in geval van stoffige of vervuilde stukken. Voor leeszaalgebruik worden meestal katoenen handschoenen gebruikt, voor manipulatie in de depots dikwijls nitril.

Mappen en dozen moeten altijd met de grootste omzichtigheid worden geopend. Bij archiefdozen kijkt u of de klep de inhoud niet kan beschadigen bij het sluiten. Indien een doos ongeschikt is vervangt u ze door een beter model.

Aannameprocedure

Bij ontvangst van nieuwe stukken controleert u eerst of ze niet besmet zijn met schimmel of insecten. Is dit wel het geval, dan moeten ze in quarantaine.



Conservatiedoos op maat. Foto: Guy De Witte



Foto: Guy De Witte

Verwijder de clips, de nietjes en alle andere materialen die niet thuishoren bij het stuk. Het kan gaan om een verpakking zoals een plastic zak of krant, of andere zaken zoals elastiekjes, tapes, folies e.a.

Reinigen

Bij stoffige en vuile stukken kan u proberen om het oppervlaktevuil te verwijderen. Voor vlakke bladen kan dit met een **borstel (40)** of **gompoeder (41)**. Pas op met fragiele objecten. Voor grotere en driedimensionele stukken kan een museumstofzuiger met regelbare snelheid nuttig zijn. Neem de grootte van de hulpstukken altijd evenredig met de grootte van het voorwerp. Let er op dat er geen fragmenten mee naar binnen gezogen worden en wees extra voorzichtig met fragiele stukken. Een stukje gaas boven de aanzuigmond verhindert het opzuigen van losse deeltjes.

Inventarisnummer aanbrengen

Op een nieuwe aanwinst moet een inventarisnummer komen. Liefst gebeurt dit met een potlood HB, op de **achterkant van het document (42a en b)**. Wees zo consequent mogelijk in het kiezen van de plaats van de annotatie. Doe dit op een gemakkelijk bereikbare plek, zo onzichtbaar mogelijk. Bij registers is het mogelijk om een etiketje in handgeschept papier met een vlasdraadje in te naaien, zonder schade aan te richten. De methode is volledig omkeerbaar. Gebruik nooit een stift, balpen, stempel, marker of kunstlijm op boek- en papiermateriaal.

Transport

Alvorens papieren erfgoedstukken intern te transporteren, moet eerst worden nagegaan welk stuk het is, of het door een persoon kan gemanipuleerd worden, wat er nodig is voor het transport en of de weg veilig is. Gebruik steeds een hoes, een map, een doos of een andere bescherming tijdens het transport.

Wanneer het een buitentransport betreft, moet de bescherming adequaat aangepast zijn aan de klimatologische veranderingen en bestand zijn tegen diefstal. De verpakking moet goed aansluiten aan het object en wind- en waterdicht zijn. Het vervoer van kostbare stukken kan toevertrouwd worden aan een gespecialiseerde firma. Het uitlenen van het stuk zal steeds voorafgegaan worden door een conditierapport en een contract met

de ontlenende instelling. Meer hierover in de aflevering over Transportvoorbereiding.

Leeszaal

Bij het aanbieden van papieren documenten, boeken of foto's zullen steeds de gepaste hulpmiddelen worden aangereikt aan de gebruiker, om schade aan de stukken te voorkomen. Bij boeken gaat het dikwijls om handschoenen en aangepaste boekensteunen. Grafiek kan aangeboden worden tussen passe-partouts of in doorschijnende pochetten. Voor het hanteren van originele foto's zouden handschoenen verplicht moeten zijn.

INLIJSTEN

Voor het presenteren worden werken op papier en foto's meestal ingelijst. Een lijst bestaat uit een houten, metaal of kunststof kader, een glas vooraan, al dan niet een passe-partout en een achterbord.

De meeste materialen die hiervoor vroeger gebruikt werden zijn naar hedendaagse normen niet meer geschikt. Het hout van de lijst, de passe-partout, het achterbord uit mechanische houtpulp en de warme lijm zijn in talrijke gevallen oorzaken van schade aan veel documenten en prentmateriaal.

CONSERVEREND INLIJSTEN

De lijst

De lijst kan bestaan uit hout, metaal of kunststof. Metalen lijsten hebben het voordeel dat ze geen zuren of gassen afgeven, maar ze zijn niet altijd even stevig. Sommige kunststoflijsten kunnen wel schadelijke producten afgeven en moeten dus getest zijn op hun geschiktheid. Houten lijsten zijn over het algemeen het stevigst maar kunnen schadelijke zuren afgeven. Dit kan grotendeels tegengegaan worden door de sponning van de lijst af te dekken met zuurvrij materiaal.

Het glas

Uv-werend glas is het meest geschikt. Een gekend merk is Tru Vue dat niet goedkoop is maar tot 98 % van het uv-licht tegenhoudt. Het effect is, na verloop van tijd, vooral merkbaar bij foto's en werken met lichtgevoelige pigmenten.



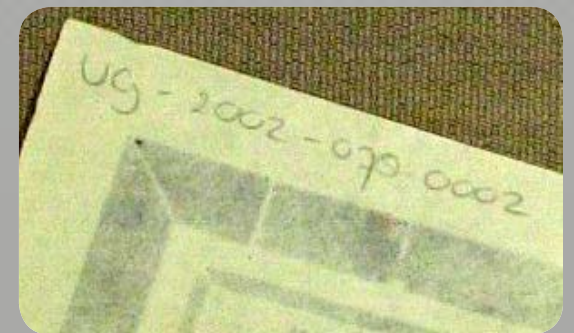
Oppervlaktevuil verwijderen met een zachte borstel.

Foto: Leon Smets



Wegnemen van oppervlaktevuil met gompoeder.

Foto: Leon Smets



inventarisnummer in potlood, op achterzijde van affiche.

Foto: Leon Smets



inventarisnummer in potlood, op laatste pagina van album.

Foto: Leon Smets

40

41

42a

42b

Het gebruik van plexiglas kan problematisch zijn. Bij pigmenten met weinig bindmiddel zoals pastel, krijt of houtskool kan de statische elektriciteit ervoor zorgen dat de deeltjes gedeeltelijk overgaan van het papier op het plexiglas, ook bij aanwezigheid van een passe-partout. In deze gevallen moet steeds glas gekozen worden voor het inlijsten.

De passe-partout en het achterbord

Voor deze beide onderdelen maken we gebruik van een zuurvrij en gebufferd karton. **Museumkarton** heeft de beste kwaliteit en is gemaakt van katoenlinters (100 % cellulose; bijvoorbeeld het Peterboro Cotton Museum Ragboard). Een andere goede kwaliteit is gemaakt van chemische pulp en wordt **conservatiekarton** genoemd (bijvoorbeeld het Moorman conservatiekarton dat eveneens zuurvrij is en gebufferd met calciumcarbonaat tot een pH-waarde van 8,5).

De passe-partout heeft in de eerste plaats een beschermende functie. Hij houdt het kunstwerk weg van het glas. Op die manier komt de mogelijke condens van het glas, te wijten aan de fluctuaties van de relatieve vochtigheid in de lijst, niet in aanraking met het werk. Wanneer dit wel gebeurt, slorpt het papier het water op met mogelijke waterschade en schimmelontwikkeling als gevolg. Bij foto's treedt dikwijls een golving op in het papier die moeilijk te verwijderen is.

De passe-partout wordt het best gesneden langs de achterzijde. Het venster wordt iets groter gesneden dan de prent of foto zelf. Bij **grafiek moeten alle kenmerken van de prent zichtbaar blijven (43)**. De voorkeur gaat naar een venster met een schuine snijrand omwille van het esthetische karakter.

Het achterbord moet even groot zijn als het voorbord en beide moeten iets kleiner zijn dan de binnenafmeting van de lijst. Het **achterbord is ook het bord waarop de prent of foto zal worden vastgemaakt (44).**

De hechtingsmaterialen

In tegenstelling tot vroeger worden originele werken niet meer over hun hele oppervlakte van lijm voorzien en op het achterbord gekleefd. Dit gebeurde vroeger omdat men op die manier het papier mooi kon strekken. Vandaag gelden de principes zoals voorgeschreven in de

ethische code voor conservatoren-restauratoren: de omkeerbaarheid en de minimale ingreep. Daarom worden enkel strookjes Japans papier en rijststijfsel gebruikt, als essentieel onderdeel van het conserverend inlijsten.

Het inlijsten

Bij het inlijsten blijven passe-partout en achterbord los van elkaar. Wanneer het werk wordt opgeborgen in een zuurvrije doos, worden passe-partout en achterbord aan elkaar vastgemaakt met een linnen scharnier.

Pas wanneer een medewerker de vereiste voorkennis, vaardigheid en ervaring bezit en over het geschikte instrumentarium beschikt, kan hij of zij zelf beginnen inlijsten.

MEER

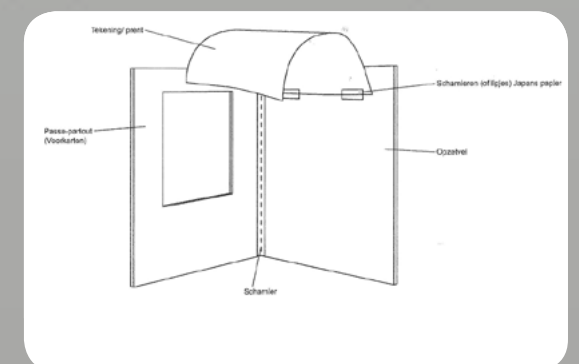
LITERATUUR

Boeken

- AABC (ED.), *A Manual for Small Archives*. Vancouver, 1988 (revised 1994).
- JOSEF ASUNCION, *The Complete Book of Papermaking*. Lark Books, 2003.
- H. BANSO (ED.), *Dauerhaftigkeit von Papier*. Frankfurt am Main. Vittorio Klostermann, 1980.
- THIMOTHY BARRETT, *Japanese Papermaking*. New York, Weatherhill, 1983.
- JONATHAN BLOOM, *Paper Before Print*. New Haven, Yale University Press, 2001.
- ANDREW BUSH EN GRAEME STOREY, 'Paper', in: *The National Trust Manual of Housekeeping*. Elsevier Amsterdam, 2006, pp. 455 - 463.
- MAURIZIO COPEDE, *La Carta e il suo Degrado*. Firenze, Nardini Editore, 1991.
- MARIE-ANGE DOIZY EN PASCAL FULACHER, *Papiers et Moulins*. Parijs, Technorama, 1989.
- MARGARET HOLBEN ELLIS, 'Works of art on paper', in: *Caring for your Collections*. National Committee to Save America's Cultural Collections, New York, 1992, pp. 40 - 51.
- DORIS A. HAMBURG, 'Library and archival collections', in: *Caring for your Collections*. National Committee to Save America's Cultural Collections, New York, 1992, pp. 53 - 63.
- NORMAN HICKIN, *Bookworms, The Insect Pests of Books*. London, Sheppard Press Ltd., 1985.
- DARD HUNTER, *Papermaking, the History and Technique of an Ancient Craft*. New York, Dover Publications, 1947 (herdruk 1978).
- ANNE LIÉNARDY EN PHILIPPE VAN DAMME, *Inter Folia. Handboek voor de conservatie en de restauratie van papier*. Brussel, KIK, 1989.
- C. PELS, *Papier*. Mijdrecht, De Arbeiderspers.
- DAVID PINNIGER, *Pest Management in Museums, Archives and Historic Houses*.



Het passe-partoutvenster moet alle kenmerken van een prent zichtbaar laten. Foto: Guy De Witte



London, Archetype Publications, 2001.

NEETA PREMCHAND, *Off the Deckle Edge*. Bombay, The Ankur Project, 1995.

J. C. ROBERTS, *The Chemistry of Paper*. Cambridge, Royal Society of Chemistry, 1996.

BIRGIT SKIOLD EN SYLVIE TURNER, *Handmade Paper Today*. London, Lund Humphries, 1983.

SYLVIE TURNER, *Which Paper?*. London, estamp publishers, 1991.

THERESE WEBER, *Die Sprache des Papiers*. Haupt Verlag AG, 2004.

Artikels

R. M. BROWN, I. M. SAXENA EN K. KUDICKA, ‘Cellulose Biosynthesis in Higher Plants’, in: *Trends in Plant Sciences*, Elsevier Trends Journals, May 1996, Vol 1, nr 5, pp. 149-156.

GUY DE WITTE, ‘Het Verval van Papieren Collecties’, in: *ABD-BVD Bladen voor documentatie*, september 2005, nummer 3, pp. 7-35.

GUY DE WITTE, ‘De looprichting van papier’ (1), in: *VVBAD, Bibliotheek- & Archiefgids*, jg. 85 (2009) nr. 4, p. 23.

GUY DE WITTE, ‘De looprichting van papier’ (2), in: *VVBAD, Bibliotheek- & Archiefgids*, jg. 85 (2009) nr. 5, pp. 34-35.

GUY DE WITTE, ‘De ph-schaal en zuurtegraad bij papier’, in: *VVBAD, Bibliotheek- & Archiefgids*, jg. 85 (2009) nr. 3, p. 35.

GUY DE WITTE, ‘De Photographic Activity Test (PAT)’, in: *VVBAD, Bibliotheek- & Archiefgids*, jg. 85 (2009) nr. 2, p. 25.

THOMAS GABRIO, *Gefahren durch Schimmelpilze*, Initiative “Technik in Dialog”, Stuttgart, Baden-Württemberg.

ROMUALD KOWALIK, ‘Microbiodeterioration of Library Materials, Part 2, Microbiodeterioration of Basic Organic Library Materials’, Chapter 4, in: *Restaurator* 4, 1980, pp. 135-219.

ROMUALD KOWALIK, ‘Microbiodeterioration of Library Materials, Part 2, Microbiodeterioration of Basic Organic Library Materials’, Chapter 4, in: *Restaurator* 6, 1984, pp. 61-115.

HANNES PETER NEUHEUSER, ‘Gesundheitsvorsorge gegen Schimmelpilz-Kontamination’, in: *Archiv, Bibliothek, Museum und Verwaltung*.

PIERO TIANO, *Biodegradation of Cultural Heritage: Decay Mechanisms and Control Methods*, CNR, Centro di Studio, Vai G. Capponi 9, 50121 Firenze, Italië.

Cd-rom

Safeguarding Our Documentary Heritage, Ifla Pac and French Ministry of Culture and Communication for Unesco, Memory of the World Programme, 2000 (m.m.v. Guy De Witte voor de fotoselectie)

LINKS

In zijn reeks van ConserveOgrams biedt The National Park Service (VS) een groot aantal beknopte praktijkrichtlijnen aan voor de dagelijkse omgang met papieren objecten en archiefmateriaal: http://www.nps.gov/museum/publications/consveogram/cons_toc.html

V&A, *caring for your books and papers*: <http://www.vam.ac.uk/content/articles/c/caring-for-your-books-and-papers>

Bewaring van werken op papier, CCI-notes: <http://www.cci-icc.gc.ca/publications/notes/index-eng.aspx>, waaronder *Storing Works on paper*: <http://www.cci-icc.gc.ca/publications/notes/11-2-eng.aspx>,

How to care for paper documents (CCI): <http://www.cci-icc.gc.ca/caringfor-prendresoinde/articles/418-eng.aspx> en <http://www.cci-icc.gc.ca/caringfor-prendresoinde/articles/422-eng.aspx> met links naar CCI Notes en CCI Technical Bulletins.

National Park Service: curatorial care of paper objects: <http://www.nps.gov/museum/publications/MHI/Appendix%20J.pdf>

Japanese papermaking: <http://www.youtube.com/watch?v=Vjw1qMQrE4I&feature=related>

Papierfabricatie: <http://www.youtube.com/watch?v=QqYgspwotcg&feature=related>

How paper cartons are made: <http://www.youtube.com/watch?v=jNbKlc8tD5I&feature=related>

Zorgvuldig manipuleren en verplaatsen van papiermateriaal: Care in handling: paper (Winterthur museum): https://www.youtube.com/watch?v=rEIEPuV_c10

Care and handling of rare books, paper, manuscripts, photographs and archives (Auckland libraries, New Zealand): <https://www.youtube.com/watch?v=28w5mHpLiOI>

Colofon

AUTEUR: Guy De Witte

REDACTIE: Leon Smets, Annemie Vanthienen en Birgit Geudens

VORMGEVING: Silke Theuwissen

VERANTWOORDELIJKE UITGEVER: Marc Jacobs, FARO. Vlaams steunpunt voor cultureel erfgoed vzw, Priemstraat 51, 1000 Brussel

D/2013/11.524/21
Brussel, juli 2013