



### Hvad er relativ fugtighed?

Luften indeholder altid en vis mængde vanddamp. Vandet tilføres fra nedbør og fordampning fra jorden og havet. Indendørs, i lukkede og forholdsvis tætte lokaler, kan der desuden komme en ekstra vandtilførsel fra mennesker og fra vores aktiviteter (eksempelvis udåndingsluft, madlavning, rengøring, bygningsreovering), foruden fra byggematerialerne selv. Desuden kan man aktivt af- eller befugte indeluft maskinelt.

Vanddampsindhold i luft angives gerne i gram pr. kubikmeter ( $\text{g}/\text{m}^3$ ), dette kaldes også den absolutte fugtighed. Den maksimale koncentration af vanddamp er afhængig af temperaturen, således at varm luft kan indeholde mere vanddamp end kold luft. Forholdet imellem, hvor meget vanddamp luften i realiteten indeholder, og den mængde, som luften maksimalt kan rumme ved samme temperatur (mætningspunktet), kaldes den relative fugtighed. Relativ fugtighed betegnes gerne RF og angives i procent.

I definitionen af relativ fugtighed findes forklaringen på, at indeklimaet ofte bliver meget tørt om vinteren. Udeluften indeholder, fordi den er kold, kun lidt vanddamp. Når den kolde vinterluft siver ind i en bygning og bliver opvarmet, kan luften pludselig indeholde meget mere vand. Derved falder den relative fugtighed, og værdier på 25% eller derunder er om vinteren ikke unormale i bygninger uden ekstra befugtning.

bore huller i den massive yderdør til kammeret har haft den modsatte virkning. Det er denne ekstra fugt, der blev tilført gravkammerets indeluft, som forøger ødelæggelsernes hastighed ved aktivering af vandopløselige salte i væggene. Var der ikke grebet ind i form af en begrænsning af antallet af besøgende, og i perioder ved helt at lukke kammeret for offentligheden, kunne den yderste konsekvens have været, at gravkammerets malerier var fuldstændig forsvundet.

Eksemplet illustrerer vældig godt både behovet for “præventiv konservering”, og hvor vanskelig en proces denne forebyggende bevaring kan være. I princippet er det meget simpelt: I stedet for at lade en ting forfalde, derefter konservere den, lade den forfalde igen, så konservere den igen, osv., er kernen i præventiv konservering, at man ved at sikre museumsgenstande de optimale opbevarings- og udstillingsforhold kan begrænse eller helt modvirke fysisk og kemisk nedbrydning. Målet er at holde genstanden i sin oprindelige form og tilstand så længe som muligt, så aktive konserverings- eller restaureringsindgreb undgås. Enhver behandling, uanset hvor nænsomt og professionelt den end udføres, ændrer genstanden og dens fysiske sammensætning. Derved forringes genstandens autenticitet, og væsentlige oplysninger gemt i genstanden eller dens materialer går tabt.

Konceptet for den præventive konservering omfatter, i videste omfang, kontrol med alle de faktorer, der virker omkring en genstand: klimaet, faren for skadedyrsangreb, risikoen for brand eller andre katastrofer, i udstillingsrum såvel

Fig. 2. Spillefilm på cellulosenitratbase. Filmmaterialets egen nedbrydning er så stærk, at rullen nærmest er smeltet sammen til en massiv klump, og æsken, som indeholdt filmen, er smuldret væk på grund af de afgivne sure gasser. Al den information, som filmrullen indeholdt, er gået uigenkaldeligt tabt, her er ingen konservering mulig.

Foto: Morten Ryhls-Svendsen.

*Movie film on cellulose nitrate base. The deterioration of the material is so advanced that the roll has almost melted into a solid lump, and the box that contained the film has crumbled away because of the acidic gases emitted. All the information contained in the film roll has been irrevocably lost – in this case no conservation is possible.*

som i museumsmagasiner. I denne artikel vil vi dog begrænse os til at beskrive de faktorer, der direkte relaterer sig til indeklimaet i en museumsbygning: temperaturen, luftens fugtighed, lyset samt luftens indhold af skadelige stoffer. Vi vil, ved at tage udgangspunkt i nogle konkrete eksempler, vise, hvordan præventiv konservering i dag er integreret i Nationalmuseets arbejde.



Man fandt ikke dronning Nefertaris mumie i gravkammeret. Men det er velkendt, at andre ægyptiske mumier er yderst velbevarede. Da dronning Nefertari blev begravet, var det bronzealder her i Danmark. I 1370 f. Kr blev Egtvedpiggen begravet. Dette fund var, i lighed med en række andre fund fra lignende ege-kistebegravelser, meget velbevaret. Som ved de ægyptiske gravkamre skyldes dette det miljø, hvori kiste med indhold har været opbevaret i gravhøjen. Dog var den danske gravhøjs indre miljø det stik modsatte af det ægyptiske gravkammers. Da bonden gravede i Egtvedpigens gravhøj, strømmede vandet ud, hvor han drev spaden i jorden. Egekisten havde igennem årtusinderne været placeret i et køligt, vandmættet og iltfrit miljø, der har sikret bevaringen af både kisten og dens indhold.

Nu skal man ikke ud fra disse to eksempler forledes til at tro, at “emballagen” er den vigtigste bevaringsfaktor. Tværtimod kan en for tæt indpakning være altødelæggende. Moderne spillefilm har igennem tiden været fremstillet af forskellige typer plast, herunder cellulosenitrat og celluloseacetat. Disse plasttyper er ustabile, og de nedbrydes langsomt med dannelse af sure gasser. Pakning i mere eller mindre lufttætte dåser eller æsker, hvilket har været almindelig praksis i filmbranchen, holder den afdunstedede gas fanget i dette lille rum, hvor de fremmer den videre nedbrydning af filmstrimlerne. Processen accelererer voldsomt i den stadig mere sure atmosfære.

Nogle gange destruerer genstande sig selv, emballeret eller ej: Genstande udført i polyvinylklorid (PVC) er et eksempel på sådanne “selvnedbrydende” genstande. Denne type plast er tilsat blødgørere under fremstillingen. Blødgørere er stoffer, der sikrer materialet fleksibilitet. Med tiden vandrer blødgørerne frem til materialets overflade, hvor de danner et klistret lag, inden de meget langsomt fordamper. Denne proces sker uanset det omgivende miljøes tilstand.

Samler man disse med mange andre observationer og erfaringer, kan man konstatere, at skal man bevare en samling af blandede genstande optimalt, uden en stor investering i meget avancerede klimastyrede omgivelser, er det bedste kompromis at opbevare og udstille samlingen i en for mennesker lidt kølig temperatur, omkring 18°C, og ved en relativ fugtighed på omkring 55%. Dette



er betydeligt under det danske udeklimas gennemsnitsfugtighed på cirka 75%. Vi diskuterer senere, hvordan dette unaturlige klima kan skabes på en pålidelig og billig måde.

Ligeledes kan man konstatere, at ren luft i fri bevægelse er den bedste "emballage" for en blandet museumssamling. Men hvordan defineres en optimal luftkvalitet? Ud over stofferne ilt og kvælstof indeholder luft vanddamp. Endvidere spiller luftens temperatur en vigtig rolle. Temperatur har indflydelse på hastigheden af materialers forfald, idet kemiske processer, alt andet lige, går

stærkere, jo højere temperaturen er. Som tommefingerregel antages det, at en kemisk reaktion fordobler sin hastighed, hver gang temperaturen stiger ti grader. Derfor kan der vindes megen "levetid" ved at opbevare ustabile materialer koldt. På Nationalmuseet overflyttes løbende alle fotografiske negativer på base af cellulosenitrat til et særligt, klimastyret arkivrum i Brede. Her tilstræbes det at holde temperaturen så lav som muligt, uden direkte at bruge energi på at køle luften. Arkivets temperatur afspejler i store træk udetemperaturen året rundt. På

andre institutioner, hvor der opbevares betydeligt større mængder filmmaterialer, benyttes ligefrem kølebokse. Et eksempel er Det Danske Filminstituts arkiv i Glostrup, hvor cirka 27.000 spillefilm på celluloseacetat-base opbevares nedkølet til henholdsvis 5°C og -5°C, alt efter materialets stand.

Temperaturen i og omkring en genstand har også en direkte fysisk indflydelse på materialets tilstand. Ud over eksempler med smeltende moderne kunstværker udført i chokolade eller margarine er en lang række andre materialetyper følsomme for høje temperaturpåvirkninger, eller endda bare længere tids ophold i moderat temperatur. Det kan dreje sig om voksfigurer eller genstande indeholdende asfaltmaterialet bitu-



Fig. 4. Konserveringen af alterbilledet fra Gierslev Kirke. I nærbilledet ses, hvorledes malingslaget flagede op, da billedet blev anbragt i værkstedet, hvor den relative fugtighed var lavere end i kirken. Det var nødvendigt at udføre konserveringsarbejdet i et klimatelt, hvor fugtigheden kunne holdes høj.

The conservation of the altarpiece from Gierslev Church. In the close-up we see how the paint layer flaked when the picture was brought to the workshop, where the relative humidity was lower than in the church. It was necessary to do the conservation work in an air-conditioned tent where the humidity could be kept high.

Fig. 3. Grammofonplade af polyvinylklorid ("vinyl" eller PVC). Pladen er bulet efter kortvarigt at have været udsat for varme. Denne skade lader sig kun vanskeligt udbedre, med stor risiko for at forringe pladens lyd. Foto: Morten Ryhls-Svendsen.

Gramophone record of polyvinyl chloride ("vinyl" or PVC). The record has been deformed by brief exposure to heat. This damage can only be repaired with difficulty, and at great risk of impairing the sound of the record.

Fig. 5. Udtørnings-skader i træ. Øverst ses soklen til døbefonten i Løgumkloster Kirke, udført i massivt træ. Fordi soklens træblok er centreret omkring træets kerne, revner træet ved udtørring.  
Foto: Karin Vestergaard.

Nederst ses en låge fra Vridsted Kirke. Træpladen har siddet i spænd i lågens ramme, under påvirkning af for lav relativ fugtighed. Herved er lågen flækket, da træet trak sig sammen.  
Foto: Karl Søndergaard Nielsen.

*Drying damage in wood. Above we see the solid-wood base of the font in Løgumkloster Church. Because the wooden block of the base centres on the core of the wood, the wood cracks on drying.*

*Below we see a panel from Vridsted Church. The wooden board was held under tension by the frame at low relative humidity. Thus the panel split when the wood contracted.*

men. Et andet velkendt eksempel er “vinyl”-grammofonplader, der vil deformeres til uspillelighed, hvis blot de efterlades i direkte sol eller nær en anden varmekilde. Disse materialer bør alle opbevares køligt. Men oftest finder man ved klimatisering af et museum et kompromis imellem menneskers krav til komfort og genstandenes fysiske krav. Resultatet af dette bliver som regel en temperatur, der først og fremmest er behagelig for publikum og personale, det vil sige omkring 20°C. Mennesker er derimod normalt meget lidt følsomme over for ændringer i luftens relative fugtighed, hvorfor fugtniveauet primært kan tilpasses genstandenes behov ved klimatisering. Rent konkret udmønter det sig ofte i en relativ fugtighed på omkring 55%. Problemet med dette er bare, at materialernes verden ofte er meget mere kompliceret, end dette enkle klimakompromis giver udtryk for. Mange genstande kræver, for at opnå optimal holdbarhed, helt specifikke opbevaringsforhold, enten på grund af materialesammensætningen eller på grund af genstandens tidligere historie. At identificere disse materialer og at udspecificere deres specielle krav er en af de centrale opgaver i præventiv konservering.

Generelt gælder det, at en genstand – i rent fysisk forstand – er mest spændingsfri ved det klima, hvori den blev skabt. Dette giver nogle overraskende anbefalinger: En tand vokser i 37°C og 100% relativ fugtighed, nemlig i munden. Ud fra et rent fysisk synspunkt burde elfenben derfor fremover opbevares mest sikkert i dette klima. Undersøgelser har vist, at tænder har en stigende tendens til at knække, når den relative fugtighed sænkes, og kommer man under 40%, er risikoen ret høj. Der er dog andre komplikationer ved opbevaring i 100% fugtighed, herunder faren for mugvækst.

Et eksempel på en genstand, der havde tilpasset sig sine helt særegne klimatiske omstændigheder, fandtes i Gierslev Kirke ved Holbæk for cirka ti år siden. Her befandt alterbilledet sig i et meget fugtigt miljø, placeret lige foran et alter udført i en porøs sten, sat direkte på jorden. Den relative fugtighed var ofte omkring 90%, og sjældent under 75%. Maleriet var i olie på træ. Oliemaling hærdner meget langsomt, det tager cirka 100 år for malingen at nå sin endelige fysiske styrke og stivhed. Malingens underlag, træbunden, var også meget fugtig, så fugtig, at der var svampevækst på træet. Maleriet blev overført til National-



museets Bevaringsafdelings klimastyrede værksted i Brede, omsvøbt med plastic for at forsinke udtørring. Alligevel slog malingslaget op i flager, efterhånden som det underliggende træ tørrede ind. Flagerne måtte efterfølgende fastgøres af en konservator, halvt indkapslet i et fugtigt klimatelt.

Helt overordnet har den relative fugtighed betydning for materialenedbrydning, både af fysisk, kemisk og biologisk karakter. Stort set alle organiske materialer absorberer vand fra luften, når luftens fugtindhold stiger, og afgiver det igen, når luftens fugtindhold sænkes. Dette betyder, at materialet ændrer dimensioner, således at tørre materialer fylder mindre end mere fugtige. Udsættes eksempelvis et stykke møbeltræ for ekstreme fugtsvingninger, samtidig med at det sidder fastfikseret i møblet, opbygges der spændinger, der er stærke nok til at bryde materialet itu. Om vinteren, hvor der kan blive ekstremt tørt indendørs, er kraftige revner i massivt træ, eller ligefrem brud, helt almindelige. Materialer, der består af flere tynde, forskellige lag, er særligt udsatte for udtørnings-skader, da lagene kan arbejde i forskellige retninger og hastigheder. Fineret træ eller bemalede overflader kan på den måde skades ganske kraftigt.

Den relative fugtighed har betydning for de kemiske nedbrydningsprocesser, fordi mange af disse er afhængige af tilstedeværelse af vand. Dette inkluderer f.eks. de førnævnte syredannelser i filmstrimler, hvor fugten sammen med temperaturen og surhedsgraden bestemmer nedbrydningens hastighed. Selv ved kold opbevaring af film og fotografisk materiale skal den relative fugtighed stadig holdes lav, på 50% eller derunder.

Endelig har fugtigheden også indflydelse på vækstbetingelser for mikroorganismer, der kræver en vis mængde fugt for at kunne spire og udbrede sig. Mug og skimmelsvamp er eksempler på dette, og sådanne angreb på organiske materialer som f.eks. papir og læder i bøger kan opløse materialet fuldstændigt. Også større skadedyr er afhængige af fugt. Sølvkræ, som kendes fra de fleste hjem, kan kun leve og formere sig ved en relativ fugtighed over 75-80%. Sølvkræ lever blandt andet af cellulose og er kendte for eksempelvis at spise papir. På baggrund af alt dette ønsker man at styre den relative fugtighed i museumsbygninger. Det kan gøres på mange måder. Mekanisk er det muligt simpelthen



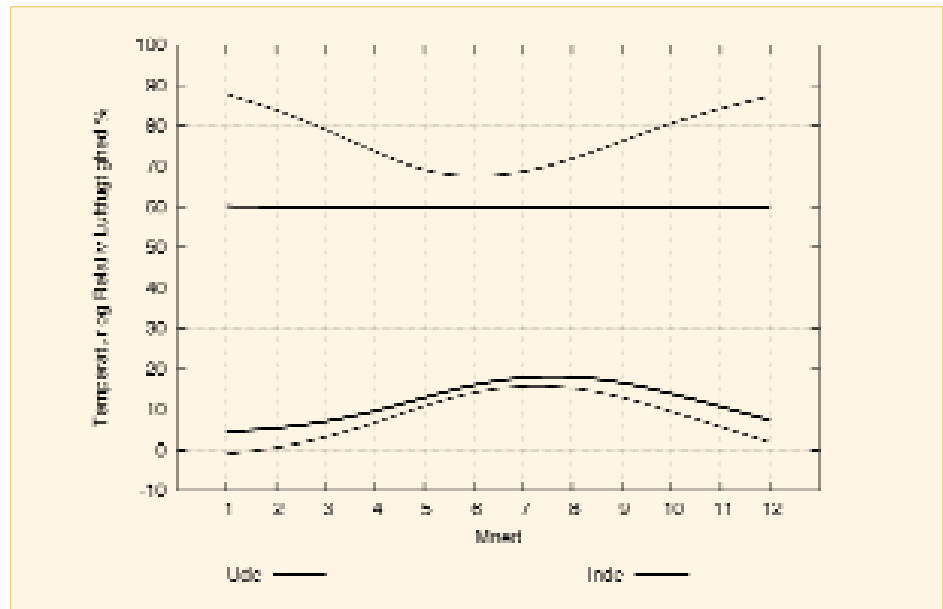
Fig. 6. To eksempler på biologisk nedbrydning. Øverst ses mugvækst på sengetøj, der har været opbevaret fugtigt. Fra Frilandsmuseet.

Foto: Maj Ringgård  
Nederst ses et eksempel på sølvfisks fortæring af papir. Fødselsminde fra Frilandsmuseet.  
Foto: Roberto Fortuna.

Two examples of biological deterioration. Above, mould growth on bed linen that was stored in a damp room. From the Open Air Museum. Below, an example of paper eaten by silverfish. Birth memorial from the Open Air Museum.

Fig. 7. Princippet i "conservation heating". Udeklimaet (tynd streg) varierer imellem kold vinter og varm sommer, fra meget fugtig vinterluft til moderat fugtig sommerluft. Ved at hæve temperaturen nogle få grader inden døre fås en stabil indendørs relativ fugt omkring 60% (tyk streg). Tegning: Tim Padfield.

The principle of "conservation heating". The outside climate (thin line) varies between cold winter and hot summer, from very humid winter air to moderately humid summer air. By raising the temperature a few degrees indoors, one gets a stable indoor relative humidity around 60% (thick line).



at tilføje eller fjerne vanddamp fra luften, ved at benytte be- og affugtere alene, eller i forbindelse med bygningens ventilationsanlæg. Nationalmuseets Egtmonthal, der huser museets store særudstillinger, har eksempelvis ventilation igennem kanaler fra et anlæg i kælderen. Denne styring er suppleret ved spray af ultrafine vanddråber ud i hallens luft fra dyser placeret under loftet. En vigtig gevinst ved denne befugtningsmetode er, at luften samtidig afkøles, når vanddråberne fordamper.

En anden fugtreguleringsmetode er at tilpasse temperaturen efter det absolute fugtindhold, så den relative fugtighed holdes konstant. Denne metode kaldes almindeligvis "conservation heating" og er meget velegnet til bygninger, hvori der sjældent færdes mennesker. Dette gør det muligt at bruge temperaturstyringen ud over de snævre grænser, der findes for menneskers velbefindende.

"Conservation heating" princippet er benyttet i Brede Hovedbygning. Huset, der er opført i 1795, blev i begyndelsen af 1970'erne gennemrestaureret og står nu med udsmykning og møbler som en velhaverbolig fra slutningen af 1700-tallet. Da huset skulle åbnes efter restaureringen i 1974, var der projekteret med et avanceret airconditionanlæg, der skulle holde den relative fugtighed konstant, ved 18°C. Derved var der brug for et anlæg, der både kunne varme op om vinteren og køle om sommeren samt be- og affugte luften, alt efter behov. Dette anlæg viste sig ved nærmere eftertanke at være noget overkomplikeret til opgaven, og endvidere ret energikrævende. I en bygning som Brede Hovedbygning, hvor den menneskelige aktivitet er reduceret til et minimum, stammer stort set al fugt i indeluften fra udeluft, der siver ind i bygningen. Alt andet lige vil bygningen, hvis den er uopvarmet, stå med et indeklima, der afspejler udeklimaet. Det vil sige, at der om vinteren stort set er lige så koldt indenfor som udenfor, og om sommeren stort set lige så varmt inde som ude. Ligeledes vil luften inden døre mere eller mindre have samme høje relative fugt-

tighed som udeluften, året rundt. Ved at opvarme indeluften nogle få grader opnås et moderat, acceptabelt fugtniveau under cirka 65%, som man antager er den nedre grænse for skimmelvækst. Så i stedet for at forsøge at holde en konstant indetemperatur, forsøges det nu konstant at holde temperaturen mellem 5-8°C over middeltemperaturen udenfor. Dette betyder paradoksalt nok, at der selv midt på sommeren er behov for en let opvarmning. Dette er dog ikke så energisløsende som det umiddelbart lyder, idet solopvarmning af bygningens ydre hjælper gratis med her. Desuden kan man nøjes med få graders varme midt på vinteren, hvorfor bygningens energiregnskab på årsplan stadigvæk er lavt.

Lys er den mest skadevoldende klimafaktor i museumsmiljøet overhovedet. Lys nedbryder alle organiske materialer. Det synlige tegn på dette er, at farver udbleges, det ved enhver, der har ladet sit vasketøj hænge for længe udendørs midt om sommeren. Men lysnedbrydning svækker også materialers styrke. Når genstande pludselig går itu ved almindelig håndtering, kan den egentlige årsag til skaden være et langvarigt ophold i stærkt lys.

Et eksempel på styring af lys, ud fra bevaringsmæssige hensyn, findes ligeledes i Brede Hovedbygning. Hovedbygningen er åben for publikum i sommerhalvåret ved et par ugentlige omvisninger. Men i langt størstedelen af tiden står bygningen ubesøgt hen, og et af de største bevaringsmæssige "indgreb" i bygningens indeklima har derfor været at afskærme for det sollys, der ellers ville falde ind i husets rum uden for åbningstiden. De store, smukke vinduespartier tillader generøse mængder af lys at komme ind i stuerne, og dette er naturligvis en del af oplevelsen, som gæsterne får ved at bevæge sig rundt i bygningen. Men da sollyset vil udblege farver i tekstiler, billeder og tapeter inde i bygningen, er Hovedbygningens vinduer i stueetagen altid skoddet til uden for åbningstid, mens første sals vinduer har rullegardiner. Ydermere er sæder, ryglæn og andre sarte møbeldele beskyttet med stofdækkener i vinterhalvåret. Ud over at beskytte for lysudblegning beskytter dette også møblerne mod tilsmudsning.

Balancen mellem belysning og bevaring kan være årsag til diskussion mellem konservatoren, der af bevaringsmæssige hensyn gerne vil holde lysniveauerne i udstillingen så lave som muligt, og udstillingsarkitekten, som ud fra æstetiske hensyn helst vil fremhæve genstandene med kraftige spotlys. Hvorom alting er, slider vi på genstandene ved at udstille dem. Det gælder om at få det største visuelle indtryk ved brug af mindst muligt lys. Med en gradvis tilvænning af øjet til lavere lysniveauer, imens man bevæger sig fra museets indgang og ind imod udstillingsområderne, er det muligt at "snyde" øjet og hjernen til at tro, at der er mere lys, end der faktisk er.

Et konkret eksempel på, hvordan man når et kompromis imellem belysning og bevaring, er udstillingen af den røde fjerdragt, som i dag indleder udstillingen "Jordens Folk" i Etnografisk Samling på Nationalmuseet. Denne kappe, som stammer fra 1600-tallets tupinambaer-indianere i Brasilien, består blandt andet af røde ibis- og araffer. Fjerkappen kommer oprindeligt fra Kunstammerets samling. Under udstillingens opbygning blev Bevaringsafdelingen spurgt om, hvor lysægte dette materiale er, og hvad det højst tilladelige lysniveau kunne blive. For at undersøge dette fik vi fat i en lignende rød fjer fra Zoologisk





Fig. 8. Interiør fra Brede Hovedbygning. Øverst et blik mod vinduet i kabinettet i stueetagen. Til venstre, som besøgende vil opleve det, med vinduet og møblerne fri. Til højre ses det samme sted om vinteren, hvor der er lukket. Vinduet er skoddet til for at holde sollyset ude, og møblernes tekstil er dækket over med stof. Nederst ser vi frøken Justines soveværelse, igen som gæster vil se det, og uden for åbningstid. Foto: Ole Wöldbye (sommer) og Roberto Fortuna (vinter).

Interior views in Brede Manor. Above, a view towards the window in a small room on the ground floor. Left, as the visitor will see it, with the window clear and the furniture exposed. Right, the same place in the winter, when it is closed. The window is shuttered to keep sunlight out, and the furniture is covered with cloth. Below we see Miss Justine's bedroom, again as the guests will see it, and then outside opening hours.

Have, til en sammenlignende test. Denne fjer blev udsat for en standardtest fra tekstilindustrien, der bestemmer lysbestandighed. I denne test belyses prøvematerialet kraftigt sammen med en række standardprøver af blåfarvet stof. Disse standardprøver er meget veldefinerede i deres lysægtighed, og det viste sig, at fje-

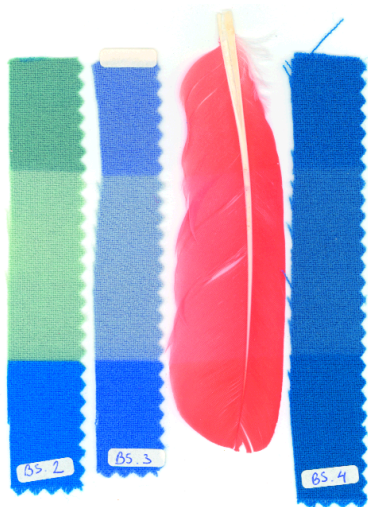


Fig. 9. Test af en rød fjerers lysægtighed. De blå tekstilstrimler er hver indfarvet med et farvestof, med en veldefineret lysægtighed. Det øverste af fjer og tekstiler har været dækket til under testen, og har derfor materialernes originale farve. Den midterste stribe antyder området for lyspåvirkningen. Det kan lige akkurat anes, at fjerens begynder at tabe farve, sammen med tekstilet til venstre, der indeholder det mest lysægte af de viste standardfarvestoffer. Foto: Morten Ryhls-Svendsen. Billedet til højre viser fjerokappen i udstillingen "Jordens Folk", Nationalmuseet. Foto: Jesper Nørgaard Weng.

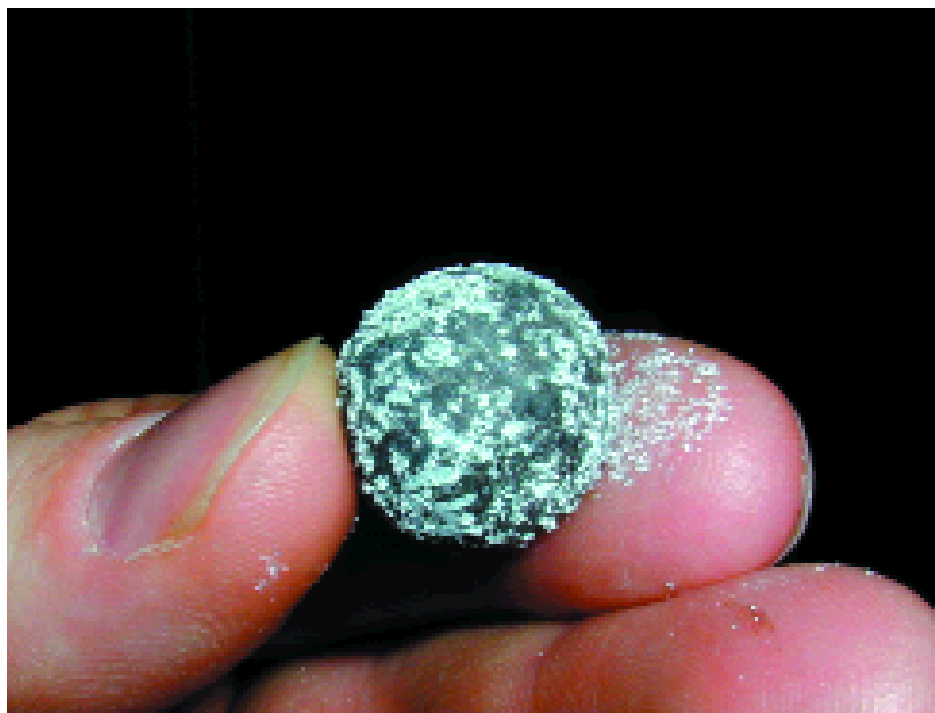
ren havde en lysægtighed svarende til de bedste af de traditionelle tekstilfarvestoffer. Under de nuværende lysforhold betyder det, at fjerene vil bleges målbart i løbet af 30 år. Om dette er acceptabelt, er en etisk diskussion, ikke en naturvidenskabelig. At fjerene vil bleges ud, er et faktum. Der er ingen form for bevaringsindsats – bortset fra at opbevare dragten i en mørk skuffe – der kan standse denne type nedbrydning.

Endelig er der i selve luften et potentiale for nedbrydning på grund af luftens indhold af forskellige stoffer. Luftens ilt, der er en livsnødvendighed for mennesker og dyr, indgår i kemiske forbindelser som eksempelvis rustkorrosion af jern. Ozon, der findes både naturligt og som forureningsstof, angriber eksempelvis gummi og får materialet til at smuldre. I meget specielle tilfælde, hvor meget betydningsfulde kunst- eller kulturgenstande ønskes givet den maksimale beskyttelse, bruges det at indkapsle genstandene i beskyttende atmosfærer – altså iltfrit. Således er det originale dokument med den amerikanske uafhængighedserklæring udstillet i en kasse med helium tilsat vanddamp. Kassen er af metal og glas, og så tæt, at den kun skal efterfyldes med ny helium med årtiers mellemrum.

I museer har vi indkapslet mange af genstandene i montere, blandt andet for at beskytte mod tyveri og hærværk. Desuden er museumsmontere et godt værn mod støv. Støv er en forureningsform, der umiddelbart kan forstås; det kan ses, hvis en genstands overflade er snavset, og visse partikeltyper kan endvidere danne en klæbrig film på genstandes overflader. I de bygningsområder, hvor Nationalmuseet har mekaniske ventilationsanlæg, indgår partikelfiltrering som en del af anlægget. Men hvor ventilationsanlægget først og fremmest filtrerer den udeluft, der skal ind i bygningen, findes en anden stor støvkilde allerede inde i

*Test of the lightfastness of a red feather. Each of the blue textile strips is coloured with a dye of well defined lightfastness. The top of the feather and textiles have been covered during the test, and therefore have the original colour of the materials. The middle strip indicates the area affected by light. One can just make out that the feather begins to lose colour along with the textile to the left, which contains the most lightfast of the standard dyes shown. The picture on the right shows the feather mantle on display. From the exhibition "Peoples of the Earth", National Museum of Denmark.*

Fig. 10. Geværkugle af bly fra Hammershus, 1600-tallet. Kuglen er efter få års udstilling i en montre med indvendige træplader blevet dækket af hvid korrosion. Korrosionen er basisk blykarbonat, som opstår ved en reaktion imellem blyet, eddikesyre afdunnet fra træpladerne, og luftens kuldioxid. Hvis korrosionsangrebet fortsætter, vil det fortære kuglen helt. Fra "Danmarks Middelalder og Renæssance", Nationalmuseet. Foto: Birthe Gottlieb.



*Lead musket ball from Hammershus, 17th century. After a few years on display in a case with wooden boards on the inside, the ball has been covered with white corrosion. The corrosion is basic lead carbonate, which arises from a reaction between the lead, acetic acid emitted by the wooden boards, and the carbon dioxide in the air. If the corrosion attack continues it will completely destroy the ball. From the Medieval and Renaissance Department, National Museum.*

museet, nemlig personale og gæster. Fra vores tøj afgives konstant støvfibre, når vi bevæger os rundt, og desuden afgiver et menneske små mængder hår og hudflager. Endelig bringer vi under vore skosåler grus og lignende med ind udefra.

Men ved at lukke ting inde i et lille, næsten lufttæt rum, kan man samtidig helt uforvarende komme til at skabe et særskilt mikroklima, med ugunstige forhold for de udstillede genstande indeni til følge – helt som i de før omtalte filmdåser. Lufttætte montrer holder på aktive gasser, som er afdunnet fra genstandene og fra de materialer, som monterne er udført af. Afdunstning af kemiske forbindelser fra byggematerialer kan give et dårligt indeklima, for mennesker såvel som for museumsgenstande. Er der eksempelvis afdunstning fra maling eller spånplader i en montre, kan der ophobes høje koncentrationer af disse luftforureningsstoffer inde i de tætte montrer. Dette kan give sig til udtryk som korrosion på metalgenstande, udblegning af fotografier, eller det kan igangsætte saltudblomstringer på kalkholdige materialer. Nedbrydningsmæssigt er det især organiske syrer afdunnet fra træplader, der kan virke korroderende. Den sørgelige kendsgerning her er, at denne korrosive virkning af træ har været kendt i århundreder, men både på grund af æstetiske og økonomiske synspunkter benyttes træprodukter stadig i stor stil til udstillingsopbygning. Som kompromis kan der udføres diverse tiltag, der mindsker eller forhindrer afdunstningen fra byggematerialer, eksempelvis forsegling af overflader med en uigennemtrængelig film. Men det er klart, at den bedste præventive konserveringsløsning for problemet vil være helt at undgå at bruge byggematerialer, der afgasser skadelige stoffer.

Ud fra den erkendelse arbejder vi på Nationalmuseet hen imod, at alle byg-



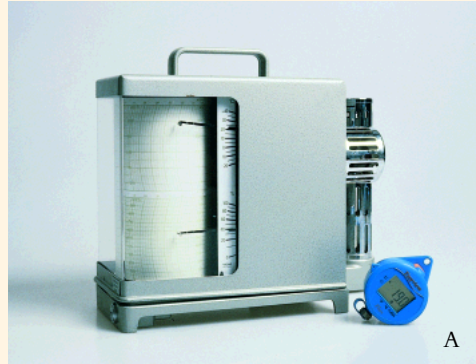
Fig. 11. Systemmontrere fra "Danmarks-historier". De grå plader består af træfiberplade beklædt med en tæt polyesterfilm, hvilket stopper afdunstningen fra træpladen. Til hylder og podier inde i montren er der udelukkende brugt uskadelige materialer, metal, glas, sten, tegl og den omtalte, indkapslede træfiberplade. Foto: René Riis.

Display case from the exhibition "Stories of Denmark". The grey boards are wood fibre boards with airtight polyester film, which stops the emissions from the wooden board. For shelves and stands inside the case only safe materials have been used – metal, glass, stone, tiles and the above-mentioned encased fibre board.

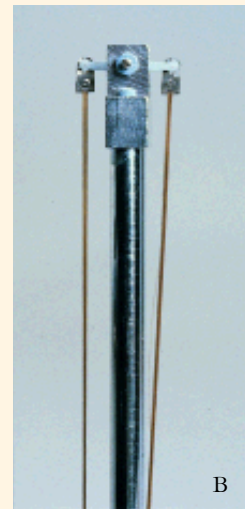
gematerialer, der benyttes til opbygning af udstillinger, herunder montrere, hylder, podier og lignende, som museumsgenstande skal placeres tæt ved eller på, skal godkendes via en såkaldt emissionstest – en test for afdunstning. Nationalmuseets seneste permanente udstilling, "Danmarkshistorier", indeholder 106 montrere, der alle blev fremstillet specielt til denne nye udstilling. Disse montrere er fremstillet af glasruder og laminerede træfiberplader, holdt sammen i en aluminiumsramme. Da træ, der jo er hovedbestanddelen af møbelplade, afdunster organiske syrer i små mængder, var det nødvendigt at holde afdunstningen fra

## Måling af indeklima

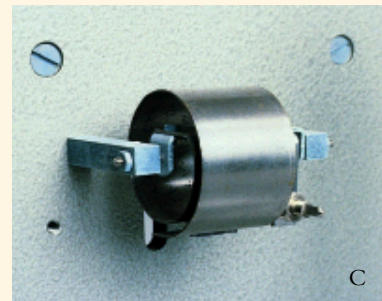
Det er de selv samme materialegenskaber, der gør genstande sårbare for klimapåvirkning, som gør, at vi kan måle indeklimaet. De fleste musemsgæster kender termohygrografen, det sagte tikkende instrument, der diskret står i et hjørne og registrerer svingningerne i temperatur og luftfugtighed. Instrumentet består dels af et hygrometer, der viser



luftens relative luftfugtighed, og et termometer. Hygrometeret virker ved, at et bundt hår trækker sig sammen eller strækker sig ud, når den relative fugt ændres. Hårene trækker så i en viser, der har en blækpen placeret i spidsen. Denne pen tegner en kurve på et stykke papir, der er sat fast på en langsomt roterende tromle. Termometeret er af bi-metal-typen, hvor en spiral udført af to sammenlignede strimler af forskellige metaller vil trække sig sammen eller rulle sig ud, i takt med at temperaturen ændrer sig. Også denne spiral påvirker en viser.



Som så mange andre steder er man med klimamåling i dag efterhånden gået helt over til digitalt udstyr. Ved større måleopgaver vil man typisk bruge elektroniske klimafølere, der evt. kan forbindes til centrale computeriserede styringssystemer i bygningen. Herved fås, ud over den direkte aflæsning af klimaet, også mulighed for videre statistisk behandling af måledata. Men de traditionelle, gamle mekaniske instrumenter bør ikke glemmes helt, idet de ofte er præcisionsinstrumenter, der giver meget pålidelige målinger. På billede A ses en termohygrograf tillige med en moderne batteridrevet temperatur- og fugtmåler. På nærbillederne ses termohygrografens centrale dele: hårhygrometeret (B) og bi-metaltermometeret (C). Foto: Morten Ryhls Svendsen.



de benyttede plader tilbage ved at laminere pladerne med en tæt folie. Den benyttede plastfolie havde samtidig den farve og overflade, som ønskedes i montererne, således at det var unødvendigt at male indersiden yderligere. Bevaringsafdelingens laboratorium fik en plade til undersøgelse og fandt, at der ikke blev afgivet organisk syre i målbare mængder, så længe pladens overfladefilm var ubrudt. Dette blev der efterfølgende taget hensyn til, således at både kanter og flader er beklædt med folien. De steder, hvor det har været nødvendigt at bore et hul i en plade, f.eks. for at montere en genstand, er der sørget for at beslagene eller skruen lukker hullet tæt igen. Alle indvendige hylder og podier blev ligeledes udført i materialer, hvorom det vides, at de ikke afdunster nogen skadelige stoffer, nemlig metal, glas, tegl og stenplader.

Det har ikke altid været muligt til fulde at opfylde kravet om kun at konstruere museumsmontrer i helt afdunstningsfri materialer. Der kan være modstridende krav om materialer af rent æstetisk art, eller materialeprisen kan være afgørende. Endelig findes der jo museumsgenstande, der selv afdunster skadelige stoffer. Vi nævnte tidligere de ustabile plasttyper, men også trægenstande, eller ting der er behandlet med diverse konserveringsmidler, kan være problematiske. I den store særudstilling i 2003, "Sejrens Triumf", har flere af disse faktorer netop været gældende. Som alternativ til idealet med den tætte og kemisk stabile montrekonstruktion tog vi i stedet for aktiv ventilation af montererne i brug. Ved montering af individuelle ventilatorer med støvfiltre blev hver enkelt montre ventileret i et omfang, der svarer til cirka et luftskifte i timen, med den rene, klimatiserede luft fra Egtmonthallen.

En udbredt opfattelse af præventiv konservering er, at sikrer man sig gode magasinforhold, dvs. et tæt tag, sollysafskærmning og ingen musehuller, så er alt vel. Men præventiv konservering er meget mere. Det er et bevaringskoncept, hvor alle processer og arbejdsgange omkring en samling genstande nøje er tilpasset, så de hver især yder et minimum af slid på samlingen, og i det hele taget griber mindst muligt ind i materialernes fysiske tilstand. Der forskes meget i materialers klimakrav og i nedbrydningsmekanismer. Lige så vigtigt er det at udvikle og designe morgendagens museumsbygninger, således at de fra starten yder de bedste opbevaringsforhold.

Vi vil gerne rette opmærksomheden mod de oplagte og simple, men effektive muligheder, der ligger i at udnytte byggematerialernes egenskaber ved klimakontrol. I stedet for at konstruere komplicerede glashusstrukturer med drivhusagtige indeklimate, der derefter kræver endnu mere komplicerede air-conditionanlæg, vil bygninger udført i materialer med stor fugtbuffer- og varmekapacitet være ideelle til museumsbrug. Den ideelle museumsbygning er, fra et fysisk synspunkt, konstrueret således, at indeklimaet lever med bygningen i stedet for konstant at skulle modarbejde den. På Bevaringsafdelingen har vi i de seneste år rådgivet både ved omdannelse af eksisterende bygninger til museums- og arkivbrug, og ved nybyggeri. I flere tilfælde er udtjente bunkersanlæg eller andre militære bygninger blevet omdannet til museumsmagasiner, blandt andet for Tøjhusmuseet. Her har man kunnet drage nytte af disse bygningers store masse, der sikrer en næsten konstant, kølig temperatur året rundt. Suppleret med enkel, mekanisk affugtning giver dette velegnede magasinforhold. I for-

bindelse med Københavns Universitets nybygning på Amager skal Det Arnamagnæanske Instituts samling af middelalderhåndskrifter flytte til en nybygget arkivboks. Bevaringsafdelingen har i den forbindelse rådgivet om en arkivløsning, hvor et boksrum udført i en tung, isoleret betonkonstruktion sikrer en kølig temperatur sommer og vinter. Indvendig er boksen beklædt med et fugtstabiliserende byggemateriale (gasbeton), der sikrer en stabil relativ fugtighed året rundt. Det er vort håb, at opmærksomheden vil blive rettet imod disse lavteknologiske, men effektive og energivenlige byggemåder, når det gælder fremtidige museums- og arkivprojekter.

### Litteratur

*Ole Alkærsg, Jan Gaff og Morten Lundbæk* (red.): Bevaringshåndbogen. Statens Museumsnavn & Christian Ejlers Forlag, København, 1986.

*Monika Fjæstad* (red.): Tidens Tand, Förebyggande Konservering. Riksantikvarieämbetet, Stockholm, 1999.

*Garry Thomson*: The Museum Environment. (2nd ed.) Butterworth-Heinemann, London, 1986  
ICOM's Committee for Conservation Triennial Meeting Preprints indeholder løbende en række artikler fra arbejdsgruppen "Preventive Conservation". De seneste kongresberetninger er udgivet i forbindelse med kongresserne i København 1984, Sydney 1987, Dresden 1990, Washington DC 1993, Edinburgh 1996, Lyon 1999 og Rio de Janeiro 2002.

Nationalmuseets Bevaringsafdelings hjemmeside indeholder adskillige artikler, der grundigt omhandler de materialer og emner, som vi kun kort har kunnet beskrive i denne tekst:  
<http://www.nationalmuseet.dk>

## SUMMARY

### Preventive conservation

– prevention is better than cure

The preservation of ancient relics requires both durable materials and a suitable environment. The definition of a suitable environment is not so simple. The three thousand year old wall paintings of Nefertari's tomb in Egypt survived in a high temperature, about 28°C, and a low relative humidity, about 40%. The clothes of the nearly contemporaneous Egtved girl were preserved in a cool climate, averaging 8°C, and in an oxygen-free, waterlogged environment.

Nefertari's tomb has deteriorated rapidly since its discovery in 1904, and some of the deterioration is certainly due to attempts to improve the climate.

Preventive conservation is the science of defining, and then implementing, a good environment for museum objects on display, in storage and in historic structures with limited possibilities for climate control.

Mere enclosure is not enough to ensure durability. Movie films made from the unstable plastics cellulose nitrate and cellulose acetate decay faster in their cans, because the products of their deterioration are acid gases, which accumulate in the confined space and accelerate the reaction that produces them. These reactions also depend on the available water, and on the temperature. A rule of

thumb predicts that the rate of chemical reactions doubles for a temperature rise of ten degrees Celsius. Cellulose nitrate film in the National Museum is therefore kept in an archive in which the temperature more or less follows the outside temperature. Other institutions with larger collections of these materials use cold storage facilities.

The relative humidity of air is a measure of the potential of water vapour to enter into chemical reactions. A high relative humidity accelerates chemical deterioration processes and also allows fungi and pests to grow and spread. Nearly all organic materials absorb and emit water vapour as the relative humidity changes. These hygroscopic materials will suffer physical damage as the materials change dimension with the changing water content. However, there is no ideal relative humidity for a museum collection. Artifacts that have matured in a very humid climate will suffer when brought into a drier, but still moderate climate. A notable example is the altarpiece in oil on wood, mounted against a water-saturated altar of porous stone in Gierslev Church. When it was transferred to the more moderate climate of the museum's conservation workshop the paint layer flaked because of shrinkage of the wooden support.

The ideal climate for conservation is often uncomfortable for humans. Generally we aim for a temperature that is the coolest that people can accept and a relative humidity that is optimized for the museum collection, because people are rather insensitive to humidity. However, in heritage buildings not constantly inhabited by people, it can prove beneficial to lower the temperature. In the "conservation heating" model, temperature in a building is kept only 5-8°C over ambient all year. In this way the indoor relative humidity is kept at a moderate level, and the consumption of energy is kept low.

Light is the most damaging factor in the indoor environment, all the more serious because it causes slow, but irreversible change. Light causes fading of dyes, and causes materials to lose strength. Covering objects to protect them from light when not in use is a good approach to preserving objects in their original state as long as possible. This is done in Brede Manor, which, when not open for guided tours, always has the window shutters closed. During the winter the furniture and pictures are covered. In permanent exhibitions, however, light must be accepted. The light intensity must be regulated to a compromise between the durability of the materials and what is required for the proper display of the objects. The lightfastness of materials can be tested by the textile industry blue-wool-standard test. In the case of a 17th century South American feather coat, which is displayed in the National Museum's "People of the Earth" exhibition, a new feather, similar to the original, was found to reach a just noticeable degree of fading after an exposure corresponding to 30 years in the current exhibition light.

Most museum objects are enclosed in display cases, for protection against thieves and dust. However, if display materials themselves give off harmful compounds to the air, these airtight cases may actually promote decay rather than prevent it. Organic acids emitted from wood will cause corrosion of some metals. The ideal preventive measure is to use only non-emissive materials for display construction. In the case of the new exhibition "Stories of Denmark" the interior surfaces of the display cases were coated with a polyester film,



which was found by laboratory tests to prevent any measurable emission of organic acids from the wood fibre within the boards. In special cases, with self-polluting objects within the display cases, forced ventilation of the case can be another solution to the problem.

To sum up, a clean environment at 18°C or lower, with a relative humidity around 55%, suits most mixed collections. Buildings with a large thermal and moisture inertia are well suited to museum display, though modern trends are towards lighter constructions with far too much light. Heavy building types like old military fortresses have successfully been converted into museum stores, providing excellent storage conditions when dehumidified. A new archive for the Arnemagnæan Collection of the University of Copenhagen is built in concrete, covered inside with a porous moisture-absorbent mineral tile. A combination of conservation heating and the humidity-buffering construction ensures optimal storage conditions for the collection. We hope that such simple but efficient building concepts will be adopted by museum architects.