
Preventivní konzervace (mikroklimatické parametry a další faktory)

Ing. Alena Selucká



10 hlavních faktorů poškozování muzejních sbírek



1. Krádež/vandalismus	6. Nevhodná relativní vlhkost
2. Voda	7. Nevhodná teplota
3. Biologičtí škůdci	8. Polutanty
4. Oheň	9. Mimořádná situace/živelní pohroma
5. Nevhodné zacházení/zanedbání	10. Světlo

Osnova

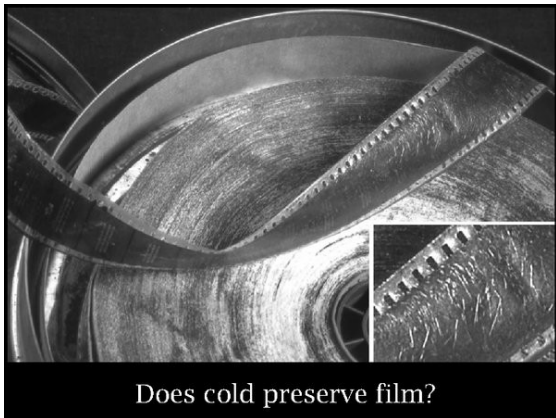
- Teplota a relativní vlhkost vzduchu
- Polutanty
- Světlo
- Biologičtí škůdci

Vliv teploty

- Rychlost chemických reakcí se zvyšuje s teplotou – **urychlení degradačních mechanismů**.
 - Každé navýšení teploty o 10°C zdvojnásobí rychlost většiny chemických reakcí
- **Biologická aktivita** se zvyšuje se vzrůstající teplotou.
- Teplota vždy souvisí s relativní vlhkostí (RV) – pokud se mění T, mění se i RV – **rozměrové změny** vlivem teplotní roztažnosti.
- **Křehnutí materiálů, mrazové trhání**, změny struktury při nízké teplotě
- V expozicích, depozitářích, pracovnách je obecně doporučováno (nutno brát v potaz pohodu pracovníků, návštěvníků):
 - $T = 18 - 22^{\circ}\text{C}$ (max. 25°C), tolerovaná odchylka $\pm 2^{\circ}\text{C}$

Vysoká teplota

- **Nejvíce chemicky citlivé materiály** ($T > 30^{\circ}\text{C}$)
 - Magnetická média (např. video pásy, diskety) přestávají být funkční, nitrát celulózy žloutne, rozpadá se; tištěný **fotografický materiál bledne** (i v tmavém prostředí), **acetátové filmy** (označ. safety film) podléhá zvýšené autodegradaci; guma a polyuretanové pěny křehnou, slepují se;
 - **Kyselé papír** (např. novinový papír, knihy s nízkou kvalitou papíru) žloutne, přírodní materiály (textil, useň) okyselené polutanty se zeslabují a mohou se rozpadat.
 - Každý pokles teploty o 5°C zhruba zdvojnásobuje životnost těchto materiálů (acetátové filmy: při 21°C a RV 60 % životnost 30 let; při 13°C a RV 30 % životnost 300 let).
 - Velmi poškozené **celuloidové filmy** se mohou samovznítit při teplotě nad 38°C !



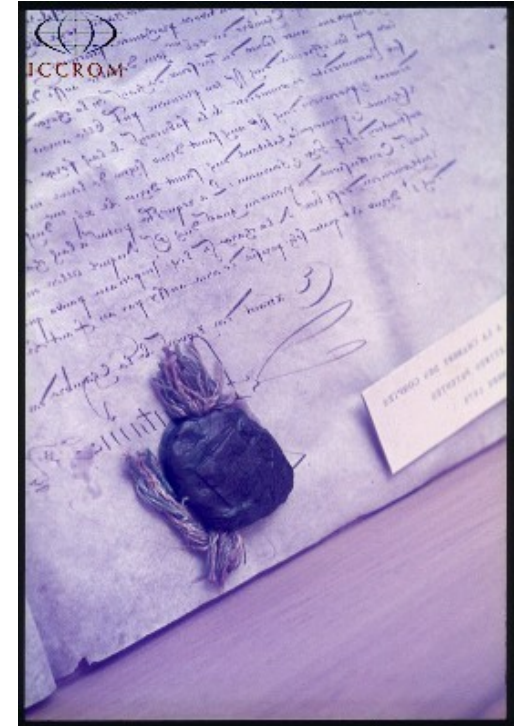
Autodegradace acetátových filmů – octový syndrom

- **A-D strips:** Indikační pásky (barvená změna – stupeň poškození) pro detekci kyselých par v blízkosti hodnocených filmů (ale i dřeva, lepidel, textilu apod.)



Vysoká teplota

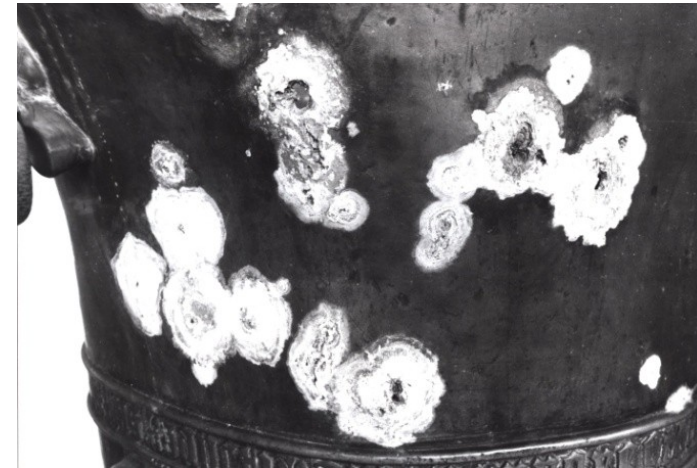
- Fyzikální změny:
 - Měknutí vosků a pryskyřic (např. parafinový vosk 44 – 65 °C, včelí vosk – 60 °C, karnaubský vosk 80 °C)
- Biologické poškození:
 - Při teplotě nad 4 °C začínají být aktivní plísně, nad 10 °C hmyz



*Měknutí pečeti vosku
pergamenové listiny
vlivem vysoké teploty, foto
ICCROM, r. 1985*

Nízká teplota

- Fyzikální změny ($T < 5^{\circ}\text{C}$):
 - Zejména **polymerní materiály** (moderní barvy a nátěry) **tuhnou a křehnou**, např. akrylové barvy křehnou při teplotě pod 5°C , tyto předměty jsou velice citlivé pro manipulaci.
 - **Cínové předměty** by neměly být dlouhodobě vystavovány teplotě pod 13°C (fázová přeměna $\beta\text{-Sn} \rightarrow \alpha\text{-Sn}$, cínový mor)
 - Při teplotě pod bod mrazu hrozí **zamrzání vody** např. v dutinách, pórech materiálů.
 - Nicméně mnoho muzejních sbírkových předmětů např. (např. sbírky z textilu, usně, kožešin) snášejí extrémně nízké teploty -30 až -40°C (**vymrazování škodlivého hmyzu**)



*Cínový mor na
křtitelnici,
foto I. Eisler*

Výkyvy teploty

- Náhlé výkyvy teploty mohou způsobit mechanické změny materiálů.
 - Předměty kombinované z více materiálů s různou tepelnou roztažností např. obrazy (dřevo + anorg. pigmenty, kov + smalt)

Poškození malby vlivem nesprávné teploty, Muzeum umění, Budapešť, ICCROM r.1978



Teplotní koeficient délkové roztažnosti pro různé materiály malby

Materiál	Teplotní koeficient délkové roztažnosti [ppm/°C]
Bílý dub, <i>Quercus alba</i> , příčný řez	0,3
Bílý dub, <i>Quercus alba</i> , radiální řez	32
Bílý dub, <i>Quercus alba</i> , tangenciální	40
Oil paint, white lead	44
Oil paint, yellow ochre	64
Oil paint, Naples yellow	52
Rabbit skin glue	29
Copper	17
Aluminum T-2024	23

*Museum Microclimates,
The National Museum of
Denmark, Copenhagen
2007*

Příčiny nesprávné teploty

- **Sluneční světlo**
 - teplota povrchu materiálů obrácených vůči přímému světlu může dosáhnout 40 – 75 °C (i vyšších hodnot v uzavřených vitrínách); většina vitrín je z materiálů (sklo, ocel), které mají špatnou tepelnou izolaci.
- **Umělé osvětlení**
 - zejména žárovky, některé halogenové lampy (vysoký podíl IČ záření)
- **Budovy** a jejich systém regulace klimatu
 - Lokální zdroje tepla, ventilátory, chladné stěny a podlahy ... (platí zejména v prostorách s nízkou cirkulací vzduchu)
- **Transport předmětů**
 - V letních měsících může být teplota uvnitř dopravních prostředků mnohem vyšší než venkovní, v zimě může teplota klesnout na nízkou hodnotu – nebezpečné zejména pro obrazy.

Opatření pro regulaci nesprávné teploty

- **Nevystavovat** předměty přímému slunečnímu záření.
- Správná teplota by měla být udržována zejména **kvalitní izolací** než vytápěním a ochlazováním.
- Depozitáře by měly být pouze **temperovány** a ne vytápěny.
- Předměty umisťovat **alespoň 10 cm** od obvodových stěn, chladných podlah.
- **Přesun předmětů** přizpůsobit aktuálním klimatickým podmínkám.

Vliv vlhkosti

- U většiny materiálů dochází k jejich poškození vlivem nesprávné relativní vlhkosti (RV) pokud:
 - RV je vyšší než 75 %
 - RV je konstantně nízká cca pod 30 %
 - náhlé výkyvy RV (± 5 % během několika hodin)
- Obecným kompromisem pro uložení většiny muzejních sbírek je RV 50 ± 5 % a teplota 18 – 22°C (tyto hodnoty však nejsou vhodné pro všechny materiály viz tab. 1 !).
 - Tolerovaná odchylka RV 45 – 55 % během měsíce
 - Výkyvy RV během několika hodin by neměly přesáhnout 5 %

Trvale vysoká RV nad 75 %

- **růst plísní** (rozklad a barevné změny usně, textilu, papíru, dřeva, malby, skla); zvýšení aktivity hmyzu
 - nejcitlivější jsou materiály obsahující proteiny, škrob, cukr (useň, kůže, pergamen); škrobený textil, prachem zanesený papír
- **koroze kovů**
 - zejména slitiny železa a mědi obsahující chloridové soli - poškození patiny, lesklé povrchy s otisky prstů, kontakt různých kovů, slitiny Pb, Zn, Bi v přítomnosti organických kyselin
- **rozpad nestabilního skla**
 - koroze skla – vznik irizujícího zakaleného povlaku, bílé šupinkovité krusty
 - nejvíce bývají poškozená skla z období 17. stol. a středověká skla s vysokým podílem alkalických oxidů Na_2O a K_2O – vymývání alkalických složek; koroze skla, devitrifikace skla (odskelnění – krystalizace skla)

Trvale vysoká RV nad 75 %

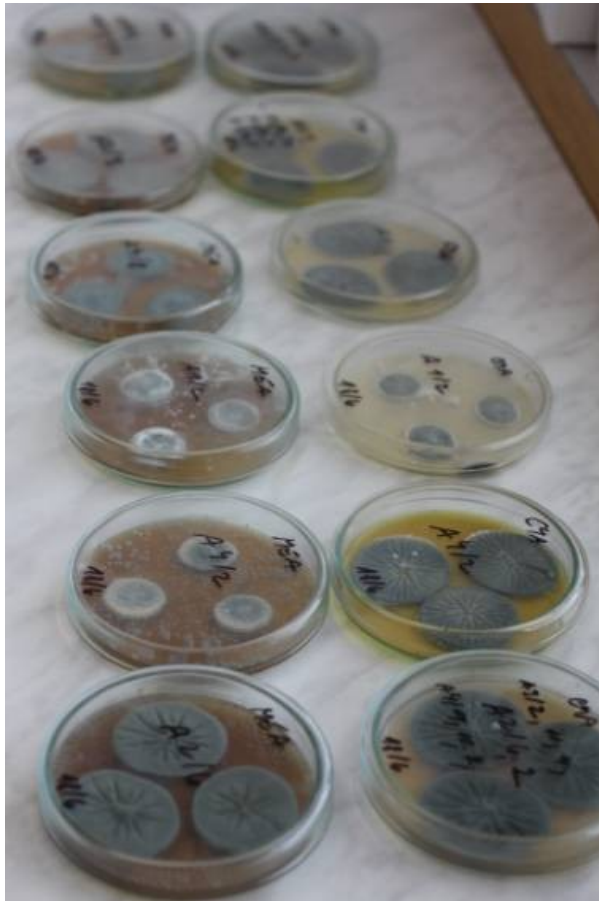
- **mechanické změny**
 - bobtnání želatinových vrstev – nebezpečí slepení filmů a fotografických záznamů
 - poškození dýhovaných vrstev na nábytku, bobtnání dřeva
- **chemické poškození** (např. kyselá hydrolýza, nestabilita barviv, zbytků chemikálií)
 - zkřehnutí, hnědnutí kyselého papíru (zejména novější méně kvalitní papír)
 - zkroucení acetátových filmů, odpadávaní obrazové vrstvy
 - poškození magnetických záznamů (video, audio, data, diskety)
- **kondenzace vody** na povrchu předmětů při poklesu teploty



Biologické poškození



*Staročeský měch ze sbírek NTM,
poškozený plísněmi po povodních v r.
2002*



*plísně z muzejního
depozitáře*

Koroze kovů



chloridová koroze železa



*poškození nemocí bronzu,
databáze ICCROM, Varanasi
Indie, 2004,*



*rezivění železných
částí šicího stroje
při vysoké RV*

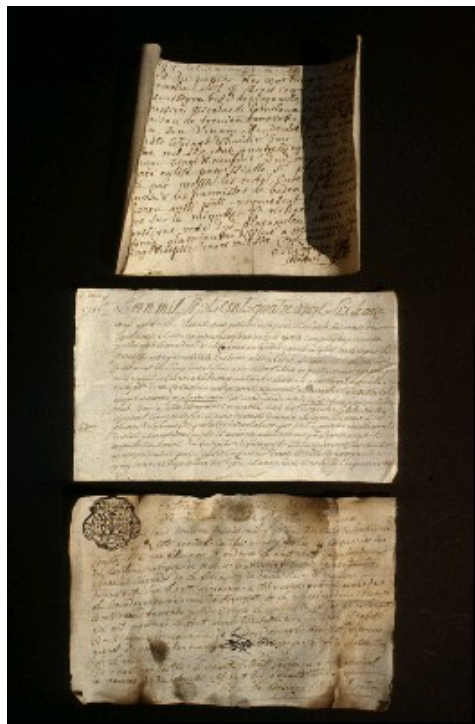
Poškození nestabilního skla



*Koroze
historického skla*



Mechanické změny



Poškození papíru vlivem nízké a vysoké vlhkosti (ve srovnání se střední hodnotou RV), ICCROM, 1980



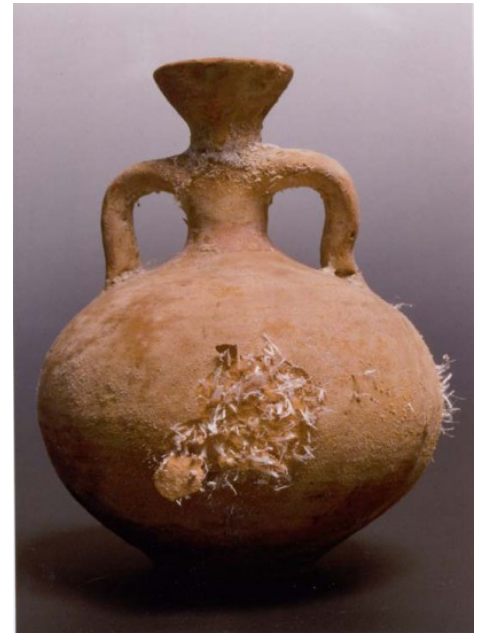
Krabatění kresby na papíře, ICCROM

deformace dřeva, poškozená dýhovaná vrstva, šicí stroj po povodních,, 2002



Trvalé nízká RV pod 30 %

- **vysušení a zkřehnutí organických materiálů**
 - sesychání a praskání dřeva, usně, pergamenu, slonoviny, proutěných košíků apod.
 - sesychání papíru a lepidel
- **praskání a odpadávání** laků, malby, fotografické emulze
- **výkvěty solí** na povrchu porézních materiálů



*Výkvěty solí na keramice,
zdroj: IAP Copenhagen, 2001*

Výkyvy RV

- $\pm 5\%$ RV během několika hodin
- **Objemové změny a strukturní poškození** hygroskopických materiálů
 - Bobtnání, praskání dřeva, odlupování polychromie, intarzií, zlacení
 - Smršťování vláken (poškození tapisérií)
 - Poškození vrstvených materiálů - knižní vazby, fotografií, negativů, magnetických záznamů; odlupování malby



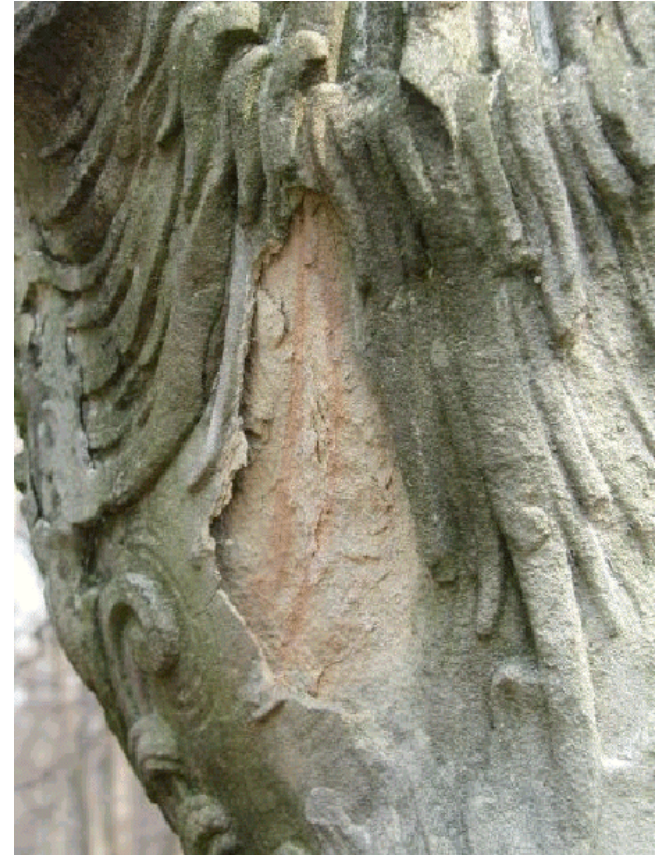
*Poškození usně vlivem kolísání RV,
foto: I. Berger*



Poškození polychromie

Výkyvy RV

- **Mobilizace solí** uvnitř porézních materiálů
 - krystalizace (výkvěty) solí na povrchu kamene, keramiky
 - poškození nástěnných maleb



krystalizací solí odtržená povrchová krusta na kamenné plastice, foto: I. Berger

Poškození vlivem výkyvů RV/T



Poškození malby (krakely) vlivem kolísání RV a T, foto I. Fogaš



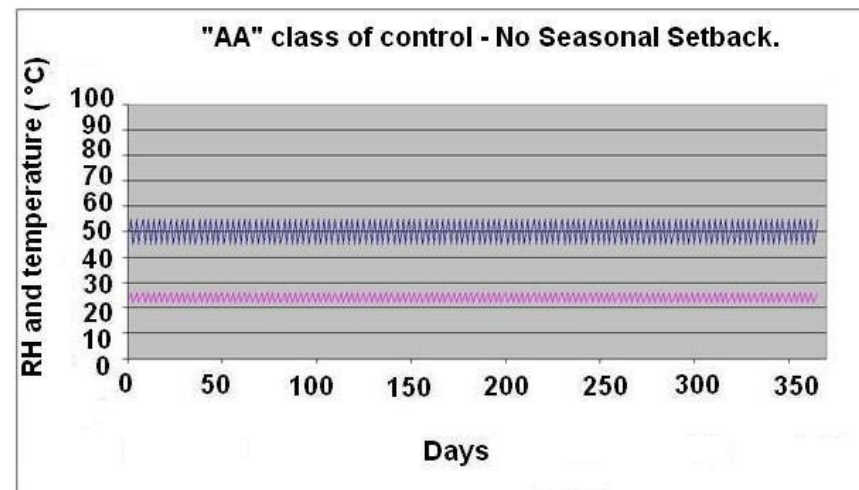
Krakely malby na dřevě vzniklé nesprávnou technologií malby, foto I. Fogaš



Teplota a relativní vlhkost vzduchu

„Ideální muzejní klima?“ dle G. Thomson: *The Museum Environment*, 1978:

- stabilní hodnota RV a T, s minimální fluktuací RV $50 \pm 5 \%$, T $20 \pm 2^\circ\text{C}$



Depozitář obrazů Moravská galerie v Brně



Klasifikace prostředí v muzeích, galeriích, knihovnách a archivech současný standard

Výchozí hodnoty nastavení	Přípustné fluktuace RV a T			Rizika poškození materiálů
	Kategorie prostředí	Sezónní změny	Krátkodobé změny	
T 15 – 25 C RV 50 %	AA	+ 5 °C, -5 °C RV beze změny	± 5 %; ±2 °C	Bez rizik mechanického poškození většiny předmětů
	A	+ 5 °C; -10 °C RH beze změny	± 10 %; ± 2 °C	Malá rizika mechanického poškození pro vysoce citlivé materiály, bez rizik pro většinu materiálů
		+ 10 %; - 10 % + 5 °C, - 10 °C	± 5 %; ± 2 °C	
	B	+10 % , -10 % +10°C (pod 30°C)	± 10 %; ± 5 °C	Střední rizika mechanického poškození pro vysoce citlivé materiály,
	C	25 - 75 % T zřídka přes 30 C, většinou pod 25 C		Vysoké riziko mechanického poškození pro vysoce citlivé materiály
D	pod 75 %		Vysoké riziko plísní a rozsáhlé koroze	

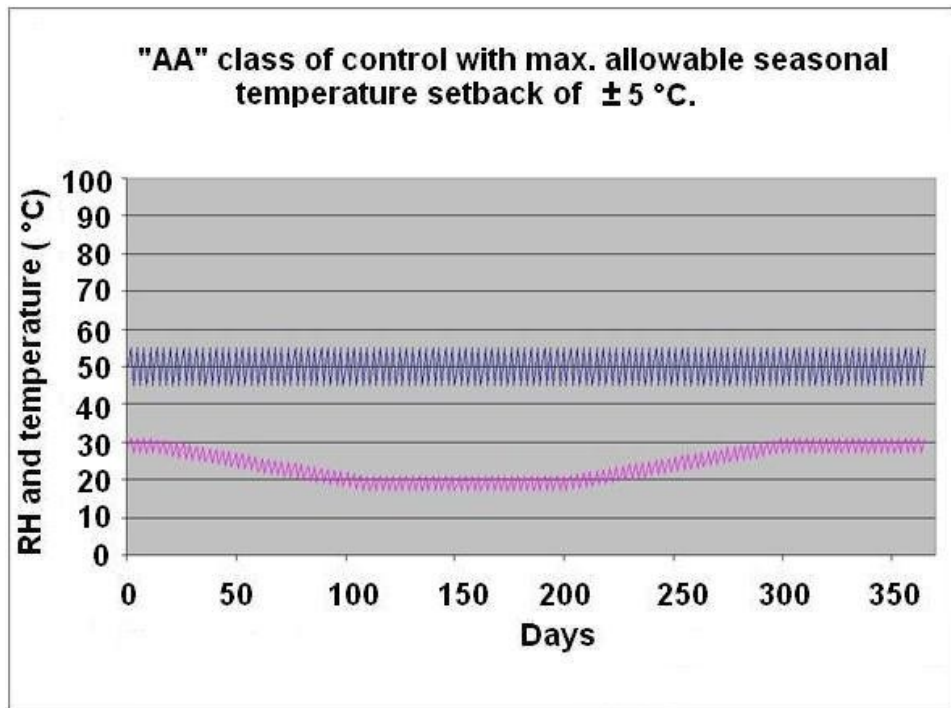
- ASHRAE - The American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Handbook 2007, Chapter 21.

Klasifikace prostředí v muzeích, galeriích, knihovnách a archivech

Výchozí hodnoty nastavení	Přípustné fluktuace včetně gradientů řízeného prostoru	Pozn.
RV: 0 - 30 %	RV nesmí přesáhnout mezní hodnotu nastavení, zpravidla 30 %	Specifické podmínky pro ukládání nestabilních kovů - např. železné předměty s aktivní chloridovou korozí

Výchozí hodnoty nastavení	Přípustné fluktuace včetně gradientů řízeného prostoru	Pozn.
Chladný depozitář (Cool Storage): T 10°C, RV 30 - 50 %	± 5 % RV, T ± 2 °C	černobílé filmy se stříbro-želatinovou vrstvou nebo filmy na acetátové podložce, magnetické pásky, optické disky.
Depozitář s teplotou pod bodem mrazu (Cold Storage) - 20 °C, RV 40 %	± 10 % RV, T ± 2 °C	barevné filmy na acetátové podložce (stabilizace octového syndromu)

Optimální kategorie prostředí pro depozitáře – „AA“

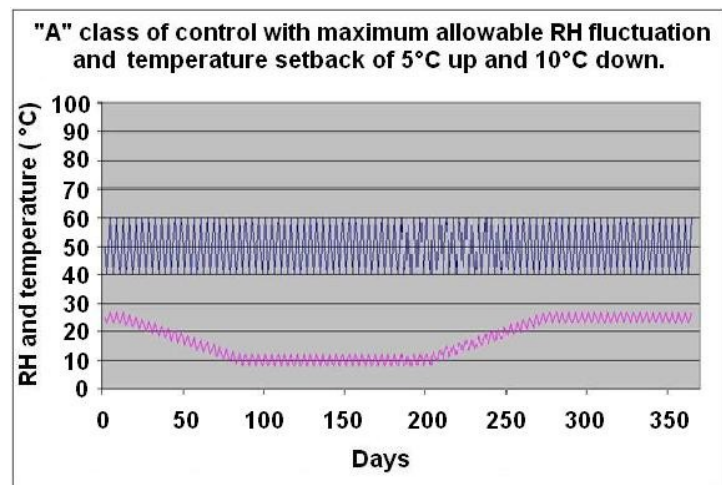
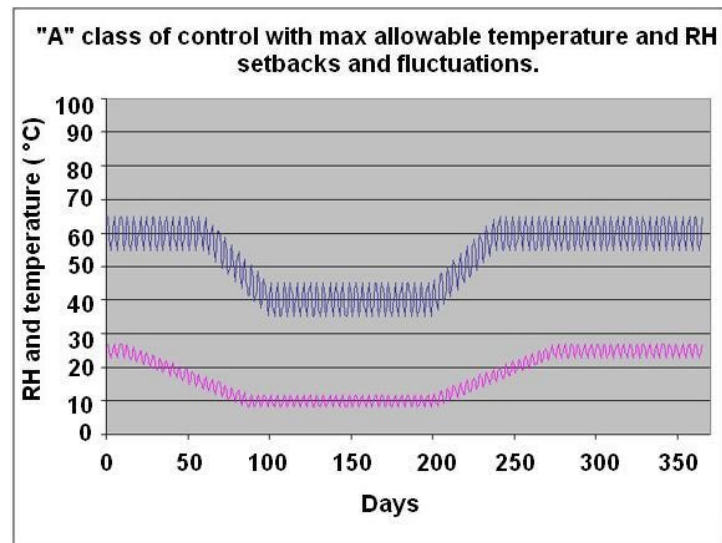


Zdroj: CCI Notes, Canadian Conservation Intsitute

- RV – stálá okolo 50 %,
- teplota v sezónním nastavení ± 5 °C (postupná změna v průběhu 3 měsíců)

Optimální kategorie prostředí pro depozitáře – „A“

- RV a T – sezónní nastavení 60 - 40 % (léto – zima), Teplota 25 - 10 °C,
 - krátkodobé výkyvy minimální tj. RV +/- 5 %, T +/- 2 °C
-
- RV bez sezónního nastavení, krátkodobé výkyvy 40 – 60 %
 - Teplota - sezónní nastavení 25 - 10 °C



Shrnutí ICOM-CC

- **Enviromental Guidelines, 2017:**
 - Teplota 15 – 25 °C, ± 4 °C / 24 hod.
 - RV 45 – 55 %, ± 5 % / 24 hod. výchozí nastavení pro většinu smíšených materiálů
 - RV 40 – 60 % sezónní nastavení (postupné změny v průběhu měsíců)
 - Pozn.:
 - fluktuace parametrů musí být minimalizovány
 - některé citlivé materiály vyžadují odlišné parametry
 - nastavení vhodných parametrů prostředí (i v rámci zápůjček) musí být konzultováno s konzervátory-restaurátory

Zdroj: 50 Years of ICOM, 2017; http://www.icom-cc.org/ul/cms/fck-uploaded/documents/ICOM-CC_50_years_FINAL_red.pdf

Měření RV/T

- **vlhkoměry (hygrometry):**

- indikátory vlhkosti

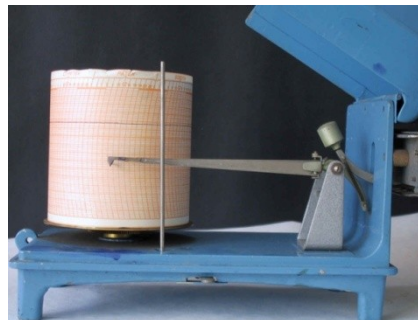
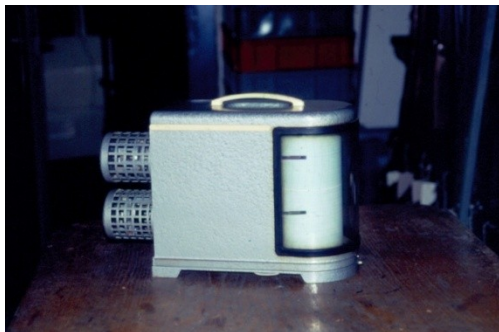
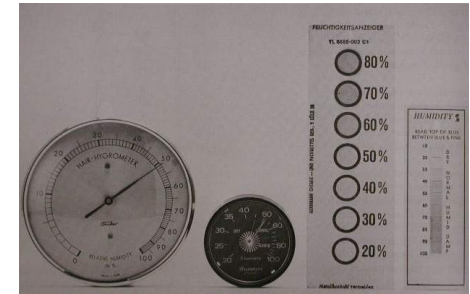
- Indikační papírky – impregnováno solemi kobaltu, rozsah 20 – 80 %, menší přesnost ve vlhkém prostředí, jednoduchá a levná aplikace.

- vlasový vlhkoměr

- dilatační vlhkoměr, přesnost 5 %, nepřené při nízké RV (\square 40 % a vysoké RV \square 80 %)

- termohygrograf

- kontinuální záznam, přesnost 3 – 5 %, nejlepší přesnost v rozmezí 30 – 60 %



termohygrograf

*vlasový
hygrometr*



Měření RV/T

- **digitální termohygrometry**
 - pro okamžité změření teploty a relativní vlhkosti, hodnoty nejsou registrovány (možnost zapamatování maxima a minima). Slouží převážně pro upřesnění hodnot a zjištění charakteristického místa pro umístění dlouhodobého měření.
 - běžný rozsah měření $T = -20$ až 50 C a $RV = 20-80\%$.
 - přesnost přístrojů je cca 1 C a 5% .
- **měřící sondy napojené na datalogger**
 - elektronický sběrač dat - mohou, ale nemusí ukazovat aktuální hodnotu a dopočítávat rosný bod, automaticky ukládají ve zvoleném časovém intervalu data, která jsou dodatečně zpracována na PC formou tabulek nebo grafů.
 - tato měřidla lze libovolně přenášet, instalovat do vitrín



Regulace RV/T

- Obecně je vhodné využívat **pasivních regulačních prvků**:
 - Omezit tepelné ztráty budovy (popř. tepelné dotace v létě) – kvalitní izolace budovy !
 - Sedlová střecha s izolovaným podkrovím
 - Krytá okna (žaluzie, energetické fólie)
 - Omezení množství lidí v místnosti
 - Umístění citlivých předmětů mimo dosah přímého světelného záření, oken, obvodových zdí, ventilátorů vzduchu, vstupních chodeb a prostor
 - Snížení teploty vytápění během zimních měsíců (lepší regulace RV) – **nastavení sezónních cyklů**
 - Ukládání předmětů v boxech, obalech, skříních ... (lepší vyrovnávání výkyvů RV/T)
 - Důsledná kontrola RV/T pro citlivé materiály (např. textilie, některé kovy, minerály apod.)

Možnosti regulace RV/T

- řízené vytápění (chlazení)
- řízené větrání
- odvlhčovací přístroje
- zvlhčovací přístroje
- stabilní vzduchotechnická zařízení (VZT)
- klimatizační jednotky
- užití sorpčních látek modifikujících RV (silikagel, molekulární síta)

Vytápění

- **výhody** – relativní nenáročnost na vybavení
- **nevýhody** – vhodná spíše ke snižování úrovně RV, ekonomická zátěž
 - Může dojít k nebezpečnému snížení RV ve vytápěném prostoru (např. v zimních měsících v kombinaci s větráním venkovním vzduchem)
- **nastavit sezonní cyklus** - letní (např. depozitář 18 – 20 °C) a zimní režim (16 – 18 °C)
- standardní ovládání **termostaty** (v expozicích možnost blokovat nastavenou polohu)

Stabilní vzduchotechnická zařízení

- **Stabilní zařízení pro úpravu vzduchu VZT** (ventilátory, filtry, ohřívání a chlazení vzduchu, (ventilátory, filtry, ohřívání a chlazení vzduchu, zvlhčování/odvlhčování) – záleží na zvolené kombinaci:
 - Optimální kombinace – cirkulace vzduchu + zvlhčování/odvlhčování
 - **Centrální klimatizace** – stabilní klima:
 - Vhodné pro dobře tepelně izolované objekty, bez oken
 - Nutné garantovat dlouhodobý a spolehlivý provoz
 - Nebezpečí výpadku – náhradní generátor popř. klimatizační jednotka

Ukládání předmětů do obalů

- Obaly (např. PE fólie) zmírňují účinky fluktuací RV, chrání předměty před prachem, polutanty, hmyzem.
 - Obaly však mohou být také příčinou zvýšené RV uvnitř obalu – např. umístění zabaleného předmětu do prostředí s výrazně nižší teplotou než je uvnitř obalu (u chladných stěn, během transportu, hubení hmyzu při nízké T apod.) – hrozí kondenzace vlhkosti !
 - Závisí to na objemu a hygroskopičnosti předmětu i těsnosti obalu.

Obaly s malou propustností vzduchu – fólie Escal, bariérová fólie potahovaná zinkem



Aklimatizace předmětů

- **Klimabedny** - zhotoveny z pevného materiálu uvnitř s izolačním materiálem (ochrana proti otřesům a výkyvům RV/T):
 - Před zabalením (hedvábný papír, bublinková fólie) bednu nechat min. 24 hod. aklimatizovat na místě exponátu
 - Po příjezdu na místo – opět 24 hod. aklimatizace, po té otevřít
 - **ČSN 961507, EN 15946: Ochrana kulturního dědictví - Zásady balení pro přepravu, účinnost: 1. 3. 2012**



Sorpční materiály

- Materiál adsorbující na svém povrchu vlhkost :
 - oxid křemíku (silikagel, Proisorb ap,) - chemicky inertní, netoxická, objemově stabilní a nekorozivní látka
 - zeolity – molekulární sítá (hlinitokřemečitaný kovů)
- Jejich adsorpční kapacita je dána velikostí pórů a RV prostředí
- Mají schopnost vlhkost pohlcovat i uvolňovat v závislosti na okolní RV



Sorpční materiály

- Adjustace silikagelu do kazet s vyznačenou hmotností a stupněm kondicionace



Prosorb – cca 1 kazeta/m³



Polutanty a jiné škodliviny

Venkovní polutanty

- oxidy síry
- oxidy dusíku
- kyselina octová
- sirovodík
- ozón
- pevné částice rozptýlené ve vzduchu

Vnitřní polutanty - zdroje

- těkavé organické látky (VOC): kys. octová, mravenčí, formaldehyd, acetaldehyd
 - dřevo
 - kyselý papír nebo lepenka
 - polyuretanová pěna
 - většina lepících pásek
 - některá tekutá lepidla
- sloučeniny chlóru
 - kámen nebo cihly kontaminované solí
 - archeologické neošetřené kovy (při vysoké vlhkosti)
 - čisticí prostředky , lidský pot
 - některé plasty - PVC
- organický materiál (např. obsah barviv, kůže, mastné kyseliny)
- další sbírkové předměty (celuloid, acetátové filmy, konzervační prostředky – Pentalidol)

Vliv škodlivin na různé materiály

Materiál	Poškození	Hlavní škodliviny
KOVY	Koroze, tmavnutí stříbra	SO ₂ , H ₂ S, kys. octová, mravenčí, formaldehyd
OBRAZY a ORGANICKÉ NÁTĚRY	Změny barvy	SO ₂ , H ₂ S, zásadité částice prachu
PAPÍR	Zkřehnutí, změny barvy	SO ₂
FOTOGRAFIE	Zkřehnutí, změny barvy	SO ₂ , H ₂ S
TEXTIL	Zeslabení pevnosti,	SO ₂ , NO _x
TEXTILNÍ BARVIVA	Blednutí, změny barvy	O ₃ , NO _x
USEŇ	Zeslabení, zpráškovatěný povrch	SO ₂
GUMA	Křehnutí, praskání	O ₃

Obalové materiály

Archivní kvalita/nekyselý papír

Obaly pro uložení archivních a knižních dokumentů:

- pH 7 neutrální
- pH 7,5 – 10 alkalická
rezerva (uhličitan vápenatý, uhličitan hořečnatý), nízký podíl dřevovin



Fotoarchivní kvalita

Obaly pro uložení fotografií a materiálů na bázi proteinů (vlna, hedvábí, useň):

- pH 6 – 6,5 mírně kyselé



Obalové a úložné materiály

Vhodné

- Nerez ocel, eloxovaný hliník
- sklo, keramika
- PE, polyester, akryláty
- Plexisklo
- Akrylátové nátěrové hmoty
- Čistá nebělená bavlna, len
- Nekyselý papír
- Tyvek – polyethylen, paropropustný, ale vodotěsný

X

Nevhodné

- Tvrdé nevyzrálé dřevo (dub), dřevotříska
- Silikonová lepidla, PVC
- Polyvinylacetátové disperze
- Vlněný filc
- Voskovaný papír
- Kyselý papír



Značení předmětů

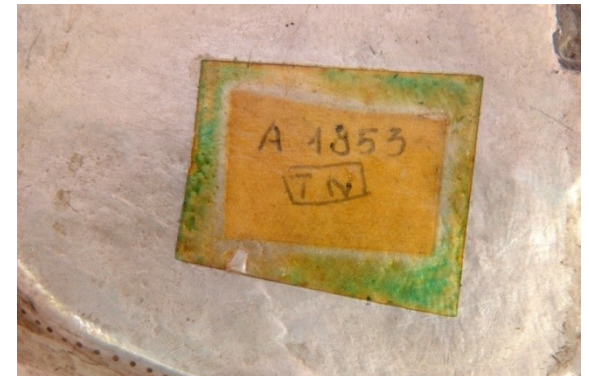
Vhodné

- Používat izolační vrstvu laku – Paraloid (kov, dřevo)
- Lepící pásky s archivní kvalitou
- Popisovače - šelaková tuš, akrylová barva, grafitová tužka
- Našité značky



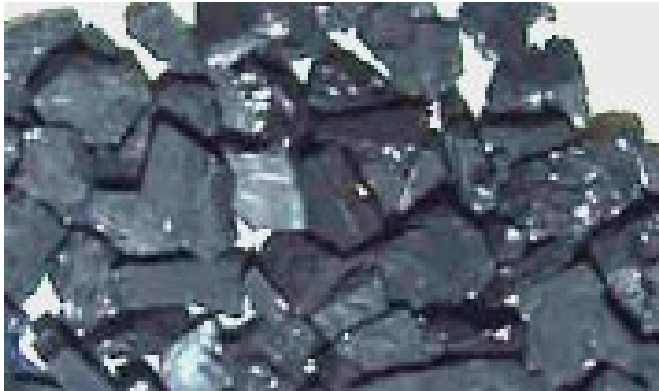
Nevhodné

- Samolepící štítky
- Popiska (tuš, fix) je přímo na povrchu
- Razítka na papíře, v knihách



Látky aktivně zachycující polutanty

Aktivní uhlí - adsorbce NO_x,
SO₂, chloridů



Textilie z aktivního uhlí

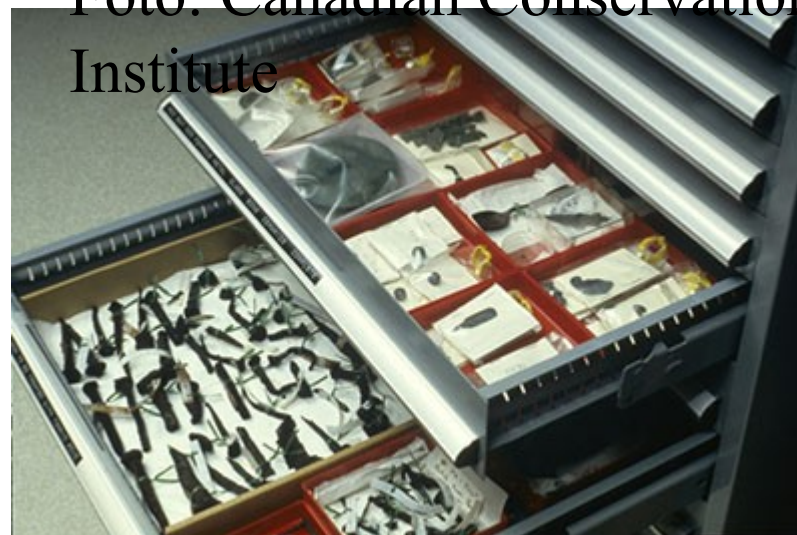


IV. Uložení v muzeu

Mechanická podpora/fixace



Foto: Canadian Conservation
Institute



IV. Uložení v muzeu

Mechanická podpora/fixace



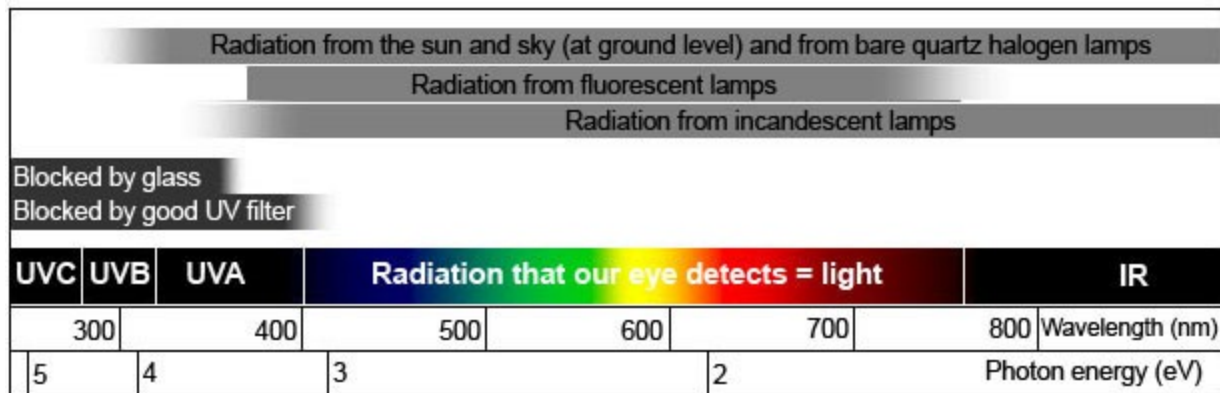
Canadian Conservation



<https://www.anthropology.wisc.edu/>

Podstata světla

- Elektromagnetické záření – elektromagnetická energie (foton):
 - Viditelné světlo: 380 – 780 nm
 - Ultrafialové záření: (UV) – 100 – 380 nm
 - UV-A: 315 – 400 nmprůzkum pomocí fluorescence;
 - UV-B: 280 – 315 nm;
 - UV-C: 100 – 280 nm fluorescence, germicidní lampy
 - Infračervené záření (IČ): 780 – 10 000 nm



Poškození světlem

- **Fotochemické poškození** (blednutí barev) – energie fotonů 2 – 3 eV
- **Fotomechanické poškození** (strukturální změny) - energie fotonů > 3 eV, tj. UV záření: žloutnutí, křídovatění nátěrů, zeslabení/rozpad materiálů
- **Termodynamické poškození** (dilatace materiálů) – účinek IČ, zahřívání povrchu materiálů, urychlení fotochemických reakcí
 - **Rozsah poškození závisí na:**
 - intenzitě osvětlení – E (lux)
 - vlnové délce dopadajícího světla – (nm) tj. eliminace záření s krátkou vlnovou délkou – UV!
 - celkové expozici (Mlxh/rok)
 - charakteru materiálu
 - aktuálním stavu materiálu (stupni poškození)



Tapisérie z 17. stol., vyblednutí barev po dlouhodobé expozici

Definice pojmů

- **Intenzita osvětlení E (lux):** plošná hustota světelného toku dopadající na jednotku plochy $\text{lm} \cdot \text{m}^{-2}$ [lx], měří se luxmetry
- **Světelná expozice:** součin intenzity osvětlení (záření) a času, v praxi se měří v lx.h (klxh - kiloluxhodiny nebo Mlxh. megaluxhodiny)
 - Dle recipročního principu platí: světelná expozice při 300 lx po dobu 1 hod. je rovnocenná světelné expozici při 50 lx po dobu 6 hod.
 - **Roční světelná expozice:** Mlx.h/rok
- **Podíl UV záření:** podíl UV záření v rámci světelného toku viditelného světla ($\mu\text{W}/\text{lm}$); měří se UV – metry, doporučená hodnota do 75 $\mu\text{W}/\text{lm}$ (dnes již UV pod 50 $\mu\text{W}/\text{lm}$, s filtrací 5 – 10 $\mu\text{W}/\text{lm}$)

Příklad výpočtu světlené expozice

- Vypočítejte světelnou expozici (lxhod.) u historické fotografie, která je vystavena 24 týdnů v muzeu, jenž je otevřené 6 hod. denně, 6 dnů v týdnu a dopadá na ni světlo 150 lx.

$$6 \times 6 \times 24 = 864 \text{ hod.}$$

$$864 \times 150 = 129\,600 \text{ lxhod.} = 129,6 \text{ klxh.} = 0,1296 \text{ Mlxh.}$$

Doporučené hodnoty expozice pro sbírkové předměty

Materiál	ISO R 205	Světelná expozice lx.hod./rok	Doba expozice hod./rok	Světlo [lx]
Vysoce citlivé: hedvábí, nestálá barviva, grafická díla a fotografie	1,2,3	15.000 lxh/rok	300 h/rok	50 lx
Středně citlivé: textilie, papír, pergamen, vodové barvy, pastely, tisky a výkresy, miniatury, rukopisy, kožešiny, malované a barvené dřevo i useň, přírodovědné a botanické sbírky, apod.	4,5,6	150.000 lxh/rok	3.000 h/rok	50 lx
Mírně citlivé: olejové a temperové barvy, nebarvené dřevo a useň, rohovina, kost, slonovina, některé plasty, apod.	7,8	600.000 lxh/rok	3.000 h/rok	200 lx
Necitlivé: kámen, kovy, neglazovaná keramika, většina skel, většina minerálů (s omezením dlouhodobého silného osvětlení - smalty, drahé kameny, barevné glazury) apod.		bez omezení	bez omezení	bez omezení (popř. do 300 lx)

Měření osvětlení UV, IČ

- Intenzita osvětlení – **luxmetr**, měří množství světla (lm) dopadající na jednotku plochy (m^2)
- Podíl UV záření – **UV metry**, měří množství energie svazku UV záření v každém lumenu světla ; intenzita UV záření (W/m^2)
- IČ záření – způsobuje zahřívání povrchu předmětů, lze zjistit jednoduše přiložením **teploměru** k měřenému povrchu
- Celková expozice – měří se **aktinometry** (klxhod./rok); pro nízké úrovně osvětlení lze využít dozimetry Light Check

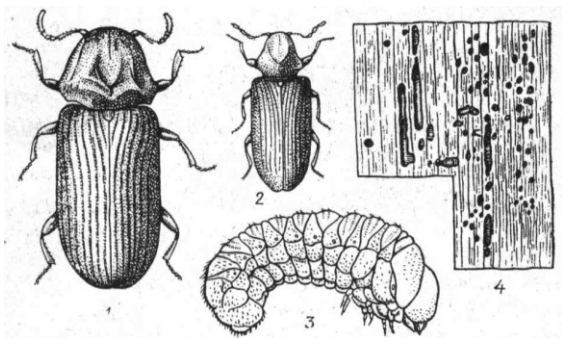


Umělé osvětlení

Světelný zdroj	Množství UV ($\mu\text{W}/\text{lm}$)
Denní světlo	400 – 1 500
Žárovka běžná	70 - 80
Žárovka halogenová	40 - 170
zářivka	30 - 100
Výbojka halogenová vysokotlaká	160 - 700
LED	pod 5

Biologické vlivy - škůdci

- Houby (plísně, dřevokazné houby)
- Bakterie
- Řasy, lišejníky, vyšší rostliny
- Hmyz
- Hlodavci, kuny, ptáci atd.



Možnosti zásahu

Desinfekce Houby, plísně, řasy	Desinsekce hmyz	Deratizace hlodavci
<p>Fyzikální metody:</p> <ul style="list-style-type: none"> • teplota, UV, mikrovlnné, gama záření (mohou poškozovat chem. vazby u papíru, textilu, – nutno hlídat dávky) • Zmrazení – prevence před plesnivěním • Mechanické očištění – odsátí s HEPA filtry <p>POZOR na hygienické podmínky práce!</p>	<p>Fyzikální metody:</p> <ul style="list-style-type: none"> • radioaktivní záření gama (dřevo) • Zvýšená nebo nízká teplota (+40 °C - dřevo ; - 20 °C – botanický materiál, textil) 	<p>Mechanické metody:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pasti • Zábrany pro vstup (pletiva, mřížky) • Biologická predace • Chemické metody – rodenticidy (deratizační služby)
<p>Chemické metody – fungicidní prostředky (kapalné – plynné):</p>	<p>Chemické metody:</p> <ul style="list-style-type: none"> • inertní plyn (dusík, argon, oxid uhličitý) 	
<ul style="list-style-type: none"> • plynování (suchý aerosol např. Fumispore BF); nejúčinnější – ethylenoxid • páry buthylalkoholu 	<ul style="list-style-type: none"> • plynování (suchý aerosol např. dýmavnice Coopex – pozor obsahují chlorečnan draselný; Ultimate) 	
<ul style="list-style-type: none"> • kapalné : kvartérní amoniové soli (Ajatin, Septonex, Mikasept KAS) 	<p>kapalné: insekticidy – např. Lignofix, Bochemit</p>	

Dezinsekce a dezinfekce v MCK

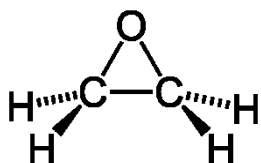
Sterilizační komora

Steivac 5XL

použitý plyn –

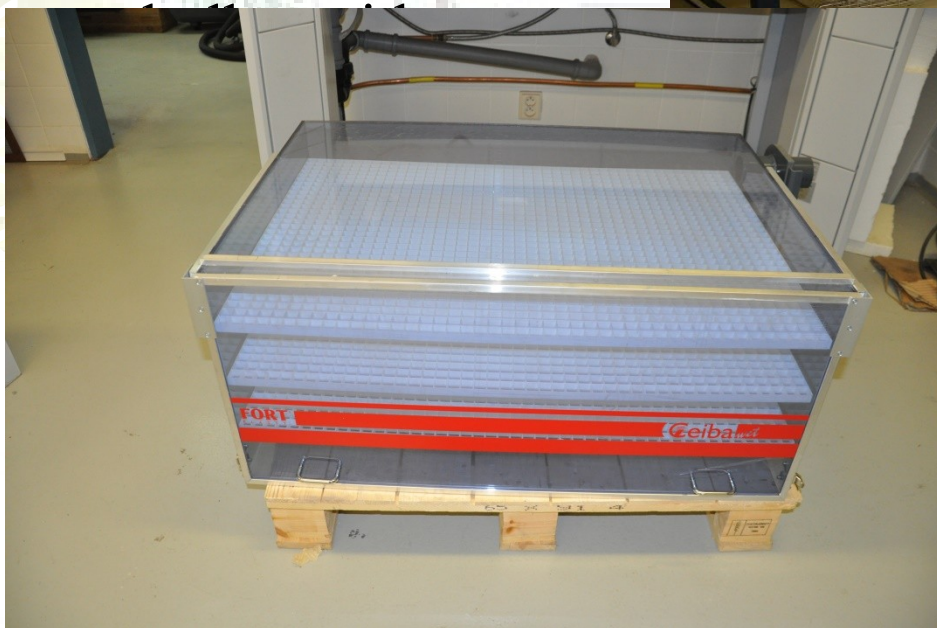
etylenoxid

objem – 135

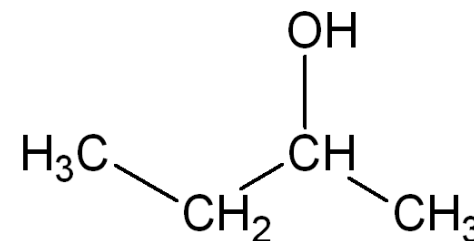


Jiné:

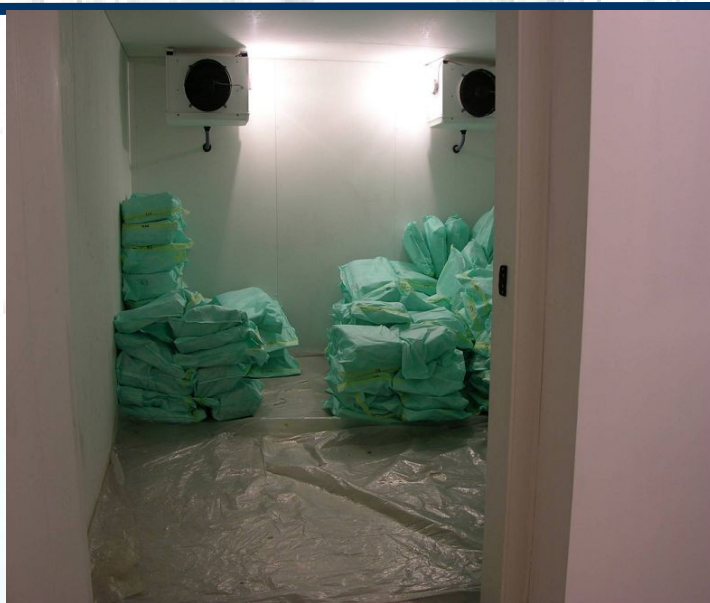
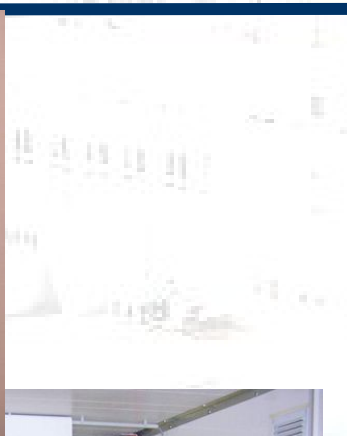
-formaldehyd



Relaxační komora,
dezinfekce parami
butanolu



Vakuum a mráz



mrazicí box pro materiál čekající na vysoušení - objem 35 m³



Mobilní lyofilizační komora – objem 2 m³ (vnitřní podmínky: vakuum, teplota pod -40 °C)





Ionizující záření – gama (radioaktivní kobalt) – desinsekce dřeva, Konzervační pracoviště Rožtoky u Prahy

Účinky gama paprsků podle velikosti dávky v kilograyích (kGy)	
Hubení hmyzu, dezinfekce	0,5
Tónování skla	1,5
Hubení plísní a hub	18
Sterilizace	27

Zdroj: Středočeské muzeum v Rožtokách u Prahy

Inertní atmosféra a teplo



Plynování střechy

2-4 týdny

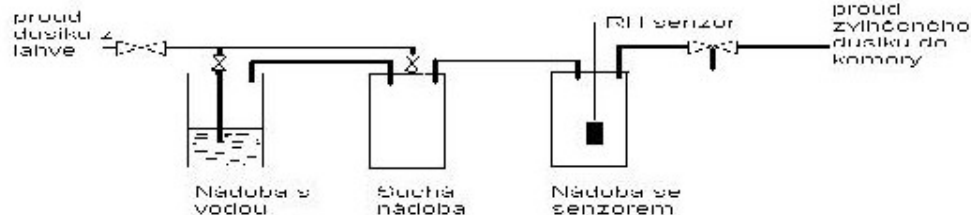
- dusík (O 0,1-1%)
- argon (O pod 1%)
- oxid uhličitý 60%
- změs 60% CO₂ 40% N

Komora na hubení škůdců teplem (thermo lignum Austria)

Koagulace bílkovin nad 50°C

-Materiálové zatížení teplota do 60°C

-Vyrovňávání RV během procesu

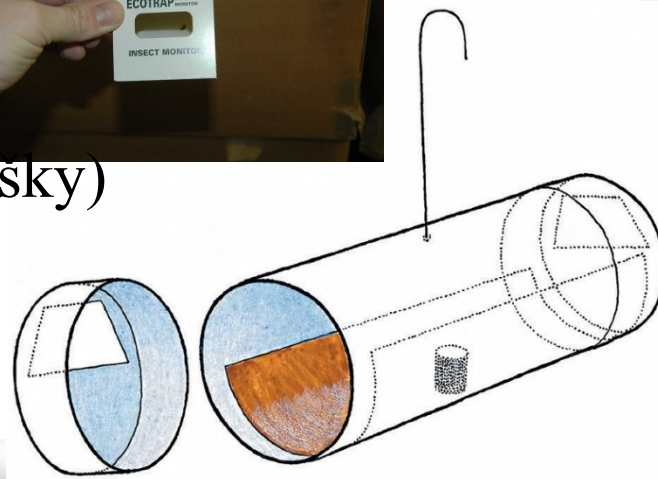


Dezinfekce a dezinfekce historických materiálů plynováním
Irena Kučerová, Markéta Slezáková, Kateřina Vosátková
Uveřejněno v časopise Zprávy památkové péče, 59 (1999), č. 8, ss. 265-269



Jednoduché monitorovací prostředky

- Požerové stopy
- Biologické stopy (výměšky)
- Pozorování



Jednoduché lapače a pasti

- Potravinové - návnadové
- feromonové
- světelné
- mechanické



Snižování koncentrace kyslíku

Absorbéry kyslíku

- Forma: sáčky, nálepky, fólie
- Užití: Likvidace všech stádií vývoje hmyzu po uložení v prostředí kyslíku $< 0,1\%$ po dobu měsíce.
- Zastavení koroze kovů
- Preventivní konzervace materiálů citlivých na kyslík (plasty)



Uplatňování preventivní konzervace v muzejní praxi

- Zákon o ochraně sbírek muzejní povahy a o změně některých dalších zákonů Sb.č. 122/2000.
 - Metodický pokyn MK ČR k zajišťování správy, evidence a ochrany sbírek muzejní povahy v muzeích a galeriích zřizovaných ČR nebo územními samosprávnými celky, r. 2001
 - Metodický pokyn k zajištění průkaznosti evidence sbírkových předmětů a stanovení režimu zacházení se sbírkou v muzeích a galeriích, 2007
 - Metodický pokyn k ochraně sbírek muzejní povahy a sbírkových předmětů před krádežemi, vloupáním a požárem, r. 2010

Režim zacházení se sbírkou:

- deponitární, badatelský řád, bezpečnostní plán
- směrnice pro uchovávání a vystavování předmětů (doporučené hodnoty klimatu, přípustné světelné expozice, vytipování nejcitlivějších předmětů)
- zadávání předmětů ke konzervaci, dokumentace
- podmínky zapůjčování – Facility Report ; Condition Report