
III. Preventivní konzervace parametry prostředí – teplota a relativní vlhkost vzduchu

Ing. Alena Selucká



Teplota - definice

- V obecném významu teplota určuje, jak horké nebo chladné materiály jsou - teplota vyjadřuje pohyb molekul v materiálu.
 - Se vzrůstající teplotou se pohyb molekul zvyšuje – materiál se roztahuje; s klesající teplotou se jejich pohyb zmenšuje a materiál se zkracuje.
- Teplota (t) se měří ve stupních Celsia ($^{\circ}\text{C}$), v USA a VB ve stupních Fahrenheita ($^{\circ}\text{F}$); ve fyzice se používá jednotka Kelvin (K).



Vliv teploty vzduchu

- Rychlost chemických reakcí se zvyšuje s teplotou – **urychlení degradačních mechanismů.**
 - Každé navýšení teploty o 10°C zdvojnásobí rychlost většiny chemických reakcí
- Teplota vždy souvisí s relativní vlhkostí (RV) – **pokud se mění T, mění se i RV** – viz. dále Mollierův diagram; **změna o $+1^{\circ}\text{C}$ znamená pokles RV o zhruba 3 % - platí i obráceně.**
- **Rozměrové změny** vlivem různé teplotní roztažnosti materiálů
- **Křehnutí materiálů, mrazové trhání,** změny struktury při nízké teplotě
- **Biologická aktivita** se zvyšuje se vzrůstající teplotou.

Horní a spodní limity teploty

Hodnota teploty by neměla přesáhnout zejména horní nebo spodní limit, který může způsobit nevratné chemické nebo fyzikální změny materiálů:

- Za nebezpečnou horní hranici se považují **teploty nad 30 °C**
 - Magnetická média (např. video pásky, 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;
 - **Kyselý 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!
 - Měknutí vosků a pryskyřic (např. parafinový vosk 44 – 65°C, včelí vosk 60 °C, karnaubský vosk 80 °C)
 - Při teplotě nad 4°C začínají být aktivní plísně, nad 10 °C hmyz



Horní a spodní limity teploty

Hodnota teploty by neměla přesáhnout zejména horní nebo spodní limit, který může způsobit nevratné chemické nebo fyzikální změny materiálů:

- Za nebezpečnou spodní hranici se považují **teploty pod 5 °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 (např. nechráněný transport v zimním období může být pro akrylovou malbu nebezpečný!)
 - **Cínové předměty** by neměly být dlouhodobě vystavovány teplotě pod 13 °C (pod touto teplotou dochází k fázové přeměně $\beta\text{-Sn} \rightarrow \alpha\text{-Sn}$, tj. cínovému moru)
 - Při teplotě pod bod mrazu hrozí **zamrzání vody** např. v dutinách, pórech materiálů.

Pozn.: 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

- V praxi jsou nejvíce poškozující náhlé výkyvy teploty (pro nejcitlivější materiály se považují nebezpečné změny ± 2 °C během 24 hod.):
 - Náhlé změny teploty jsou nebezpečné zejména pro předměty zhotovené z více druhů materiálů (**kombinované**), s různou tepelnou roztažností. Příkladem je barevná vrstva obrazů obsahující různou skladbu organických a anorganických pigmentů a pojiv. Obdobně jsou citlivé i smaltované kovové povrchy nebo zrcadla (zhotovené kombinací skla a kovu). Tyto materiály se vlivem rychlých změn teploty stávají velice křehkými pro transport a manipulaci
- Postupná změna teplot v důsledku sezonní změny klimatu, může být považována za přijatelnou, pokud se vyskytuje v **průběhu jednoho měsíce nebo více**.
- Velké změny teplot v prostoru, kde jsou umístěny předměty, mohou být způsobeny také jejich **nevhodnou pozicí** vedle vnější stěny, na podlaze bez dostatečného prostoru pro cirkulaci vzduchu, umístěním v blízkosti topidel, klimatizačních zařízení nebo větracích otvorů nebo na přímém slunečním světl



Poškozená vrstva malby obrazu vlivem výkyvů T a RV, foto I. Fogaš

Příčiny nesprávné teploty

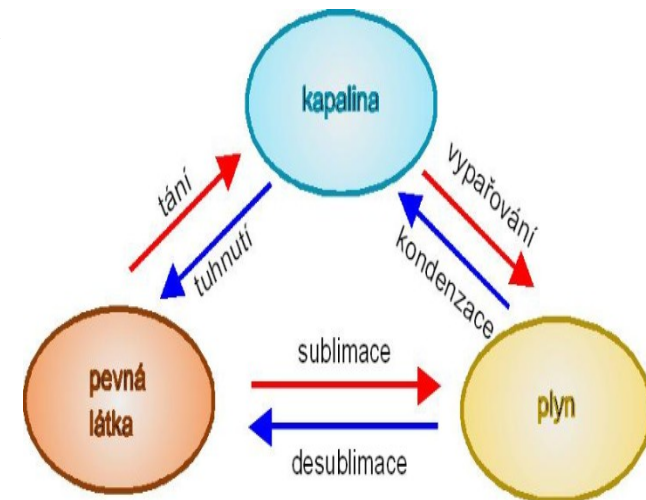
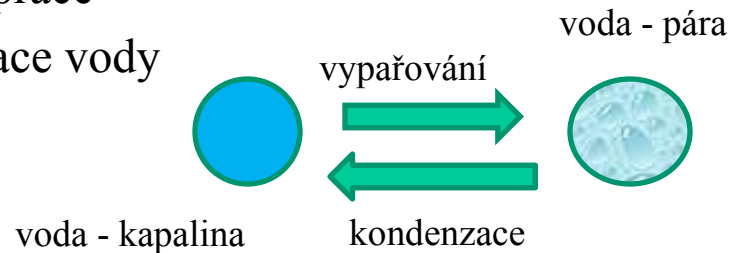
- **Sluneční světlo**
 - teplota povrchu materiálů obrácených vůči přímému světlu může dosáhnout 40 – 75 °C (i vyšších hodnot v uzavřených vitrínách); většina vitrín je z materiálů (sklo, ocel), které mají špatnou tepelnou izolaci.
- **Umělé osvětlení**
 - zejména žárovky, některé halogenové lampy (vysoký 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, provádět v ochranných obalech a klimastabilních bednách.

Vlhkost vzduchu

- Vlhkost vzduchu je základní meteorologický prvek popisující množství vodní páry ve vzduchu.
 - Zdroje vlhkosti ve vzduchu
 - Déšť, vodní zdroje
 - Vlhká půda
 - Vlhké zdi
 - Lidské tělo (člověk v klidu vyprodukuje cca 50 g vodní páry za hodinu)
 - Organické materiály (rostliny)
 - Uklízečí práce
 - Kondenzace vody



Charakteristiky vlhkosti

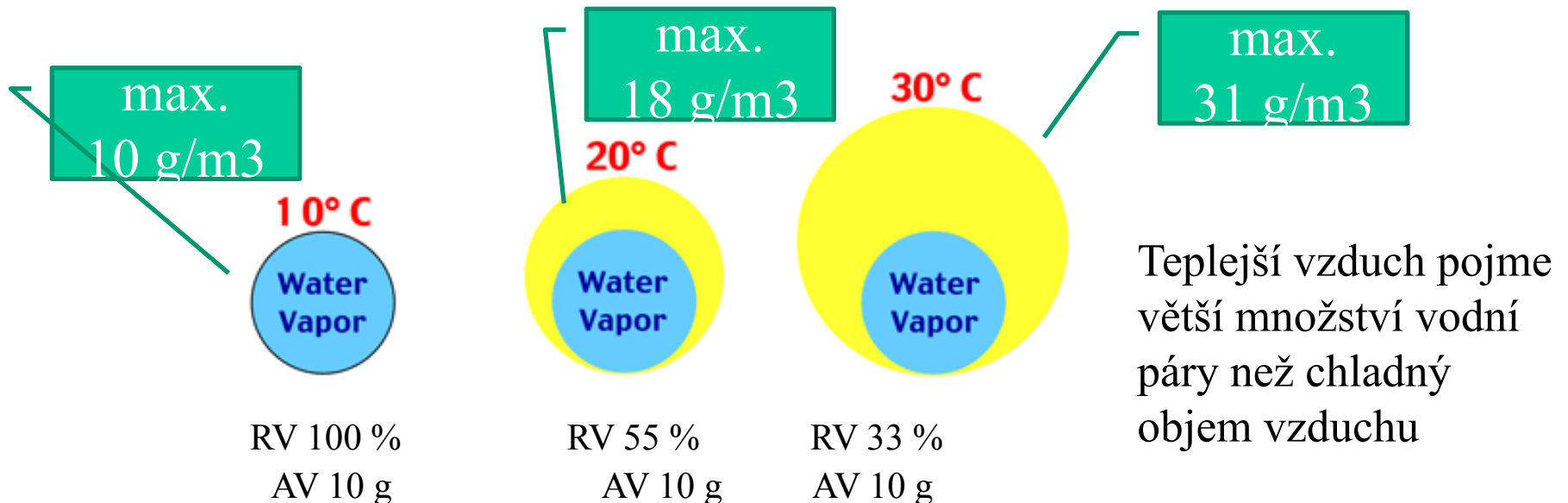
- **Rosný bod** (teplota rosného bodu) je teplota, při které je vzduch maximálně nasycen vodními parami (S – stav nasycení, RV 100 %). Pokud teplota klesne pod tento bod, nastává **kondenzace**.
 - Při teplotě 30°C obsahuje vzduch max. $S = 31 \text{ g/m}^3$ vodní páry; při 20°C max. 18 g/m^3 ; při 10°C max. 10 g/m^3 ; při 5°C max. 7 g/m^3
 - Jestliže se m^3 nasyceného vzduchu při teplotě 30 °C ochladí na 20 °C, zkondenzuje 13 g vody ($31 - 18 = 13 \text{ g}$)

Příkladem je orosení sklenky studeného vína v letních měsících (teplý vzduch se na povrchu chladné sklenky ochladí a přebytečná vodní pára zkondenzuje)



Charakteristiky vlhkosti

- **Absolutní vlhkost (AV)** - udává hmotnost vodní páry obsažené v jednotce objemu vzduchu (g/m^3) (vzduch není vždy nasycen, ale obsahuje určité množství vodní páry).
 - Příklad: Vitrína o objemu m^3 obsahuje při 30°C 10 g vodní páry, ochlazená na 20°C obsahuje stále 10 g vodní páry, stejně tak při 10°C . Pokud dojde ale k ochlazení na 5°C , bude vitrína obsahovat 7 g vodní páry a 3g zkondenzované vody (max. množství vodní páry obsažené ve vzduchu při 5°C je $7\text{ g}/\text{m}^3$).



Relativní vlhkost vzduchu

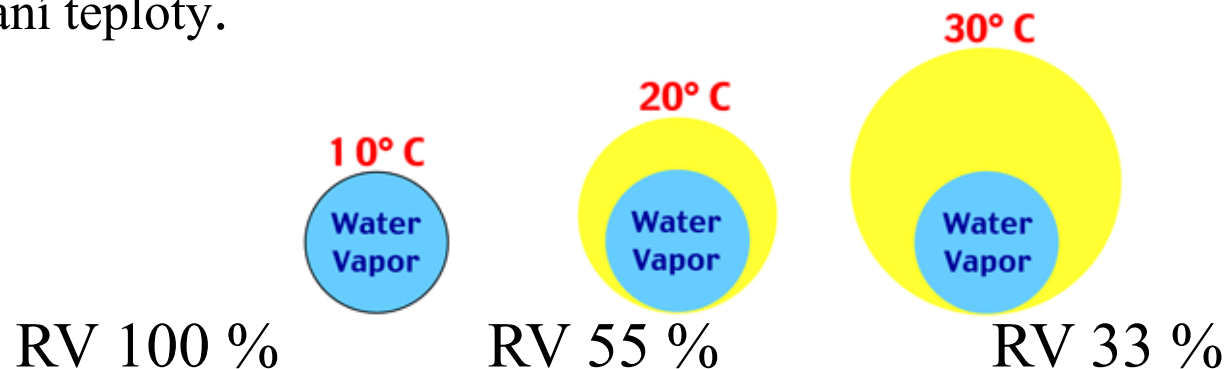
Relativní vlhkost (RV), poměrná vlhkost - je mírou nasycení vzduchu vodní parou. Udává se v procentech a patří k nejčastěji používaným charakteristikám vlhkosti vzduchu.

$$RV = \frac{AV}{S} \cdot 100 \quad [\%]$$

(absolutní vlhkost/obsah vodní páry při nasycení) . 100 [%]

Relativní vlhkost

- Relativní vlhkost je vždy závislá na teplotě.
V uzavřeném systému pokud teplota stoupá, RV klesá; opačně se snižující se teplotou roste RV.
 - Při teplotě 30°C má vitrína o objemu m³ obsahující 10 g vodní páry
 $RV = (10 / 31) \cdot 100 = 33 \%$
 - Při teplotě 20°C má tato vitrína $RV = (10 / 18) \cdot 100 = 55 \%$
 - Při 10 °C je $RV = (10/10) \cdot 100 = 100 \%$
 - **Při 5 °C je RV 100 % (+ kondenzace 3 g vody)**
- Jak udržet konstantní RV při měnící se teplotě?
 - Přidávat do systému vodu při zvyšování teploty; odebírat vodu ze systému při snižování teploty.

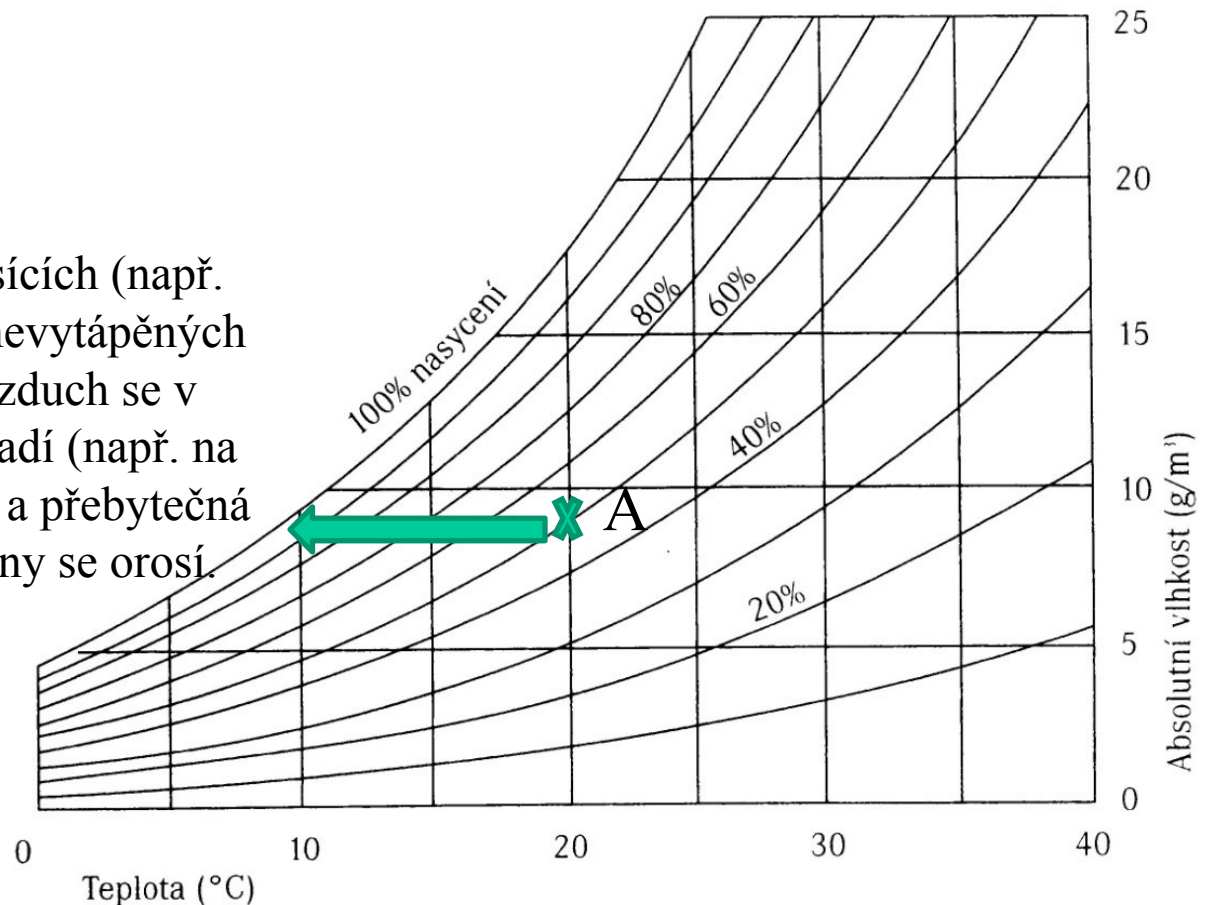


Psychrometrický diagram

Vzájemnou závislost mezi RV, AV a teplotu udává psychrometrický diagram (popř. převrácený Mollierův diagram).

Příklad:

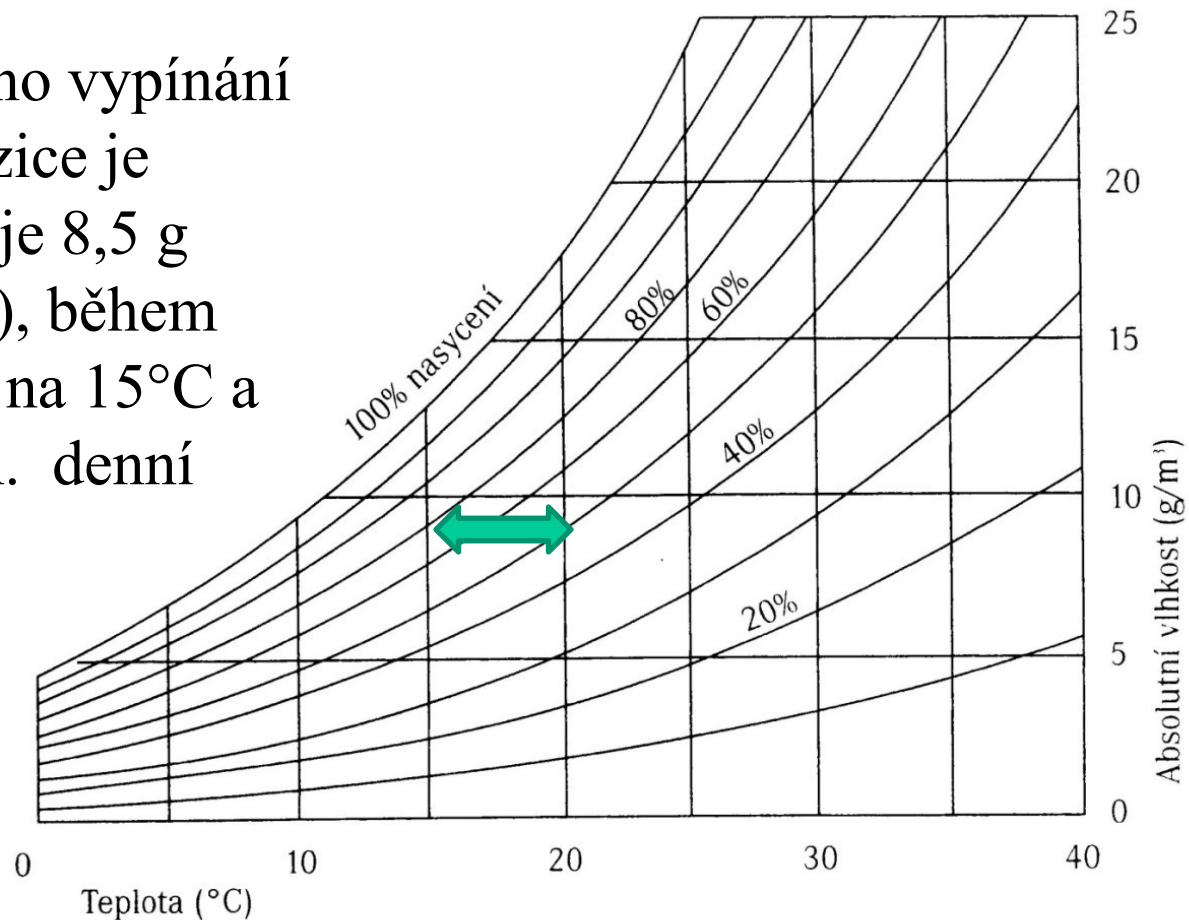
Větrání v jarních teplých měsících (např. bod A: $T\ 20^{\circ}\text{C}$, $RV\ 50\%$) v nevytápěných objektech – teplý venkovní vzduch se v blízkosti chladných stěn ochladí (např. na 10°C), vzroste RV na 100% a přebytečná vodní pára zkondenzuje – stěny se orosí.



Psychrometrický diagram

Příklad:

Změna RV vlivem denního vypínání a zapínání topení – expozice je vytápěna na 20°C (v m^3 je $8,5 \text{ g}$ vodní páry tzn. RV 50%), během večera se teplota ochladí na 15°C a RV se zvýší na 65% - tzn. denní výkyv RV je $\pm 15 \%$!



Vliv vlhkosti vzduchu

- Hodnota RV by neměla přesáhnout zejména horní limit, který může způsobit nevratné chemické nebo fyzikální změny materiálů:
 - **Horní limit 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)



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 hydrolyza, nestabilita barviv, zbytků chemikálií)
 - zkřehnutí, hnědnutí kyselého papíru (zejména novější méně kvalitní papír)
 - zkroucení acetátových filmů, odpadávání obrazové vrstvy
 - poškození magnetických záznamů (video, audio, data, diskety)
- **kondenzace vody** na povrchu předmětů při poklesu teploty



Krabatění kresby na papíře, ICCROM

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



Vliv vlhkosti vzduchu

- Hodnota RV by neměla přesáhnout zejména spodní limit, který může způsobit nevratné chemické nebo fyzikální změny materiálů:
 - **Spodní limit 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: Canadian Conservation Institute*

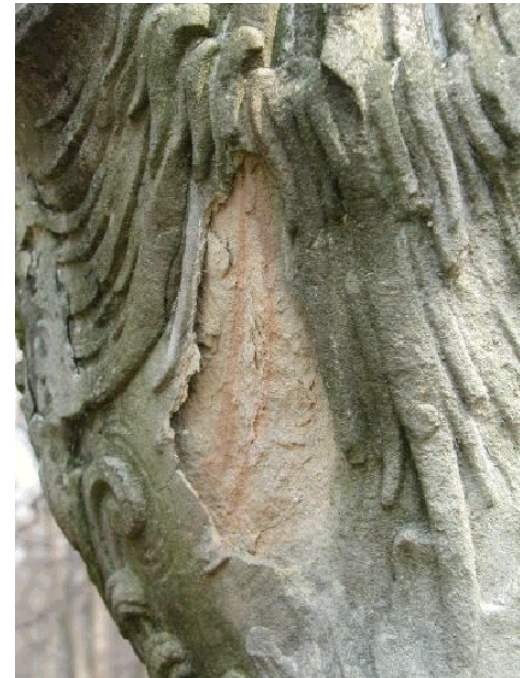
*Poškození papíru vlivem nízké a
vysoké vlhkosti (ve srovnání se
střední hodnotou RV), ICCROM,
1980*



Výkyvy RV

- K výkyvům hodnot relativní vlhkosti by nemělo docházet takovou rychlostí a v takovém rozsahu, u kterých se předpokládá vyvolání nepříjemných nevratných chemických nebo fyzikálních změn materiálům, jelikož hrozí:
 - **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
 - **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*



Relativní vlhkost a teplota vzduchu - mezní hodnoty

Relative humidity and air temperature - limit values

- U většiny materiálů dochází k jejich poškození vlivem nesprávné relativní vlhkosti (RH), proto by hodnoty RV a T měly být obecně:
 - $RH < 75 \%$
 - $RH > 30 \%$
 - Min. fluctuation RH
 - $5 \text{ }^\circ\text{C} < T < 30 \text{ }^\circ\text{C}$
 - Min. fluctuation T



růst plísní
na usňovém
měchu



vznik krakel
barevné vrstvy



koroze kovů (rez na železné
desce šicího stroje)

objemové změny dřeva
(odlupování polychromie,
intarzií ...)

Doporučení ICOM-CC

- **Enviromental Guidelines, 2014 (konference v Melbourne):**
 - Celoročně lze připustit pro většinu skupin předmětů (etnografické sbírky, textilie, apod.): **RV 40 – 60 %, ± 10 % /24 hod., teplota 15 – 25 °C**
 - **Pro citlivější předměty platí přísnější nastavení: teplota 15 – 25 °C, ± 4 °C / 24 hod., RV 45 – 55 %, ± 5 % / 24 hod.:**
 - Fluktuace parametrů musí být minimalizovány.
 - Některé citlivé materiály vyžadují odlišné parametry vzhledem k jejich složení, struktuře, historii používání (např. barevné fotografie, zasolené kovové archeologické nálezy apod.).
 - 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



Kategorizace muzejního prostředí dle normy ASHRAE

- V muzejní praxi byla obecně přijata americká norma **ASHRAE**, podle které se nastavuje klima pro uchovávání sbírek v různých typech budov. Tato norma realisticky vyhodnocuje možnosti nastavení krátkodobých a sezónních výkyvů RV a T .

Muzejní standard dle ASHRAE Museum Standard -ASHRAE

Výchozí hodnoty nastavení	Přípustné fluktuace RV a T			Rizika
	Kategorie prostředí	Sezónní změny	Krátkodobé změny	
T 15 – 20 C RV 50 % (nebo historicky dlouhodobý průměr – historical climate)	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	

**METODIKA
UCHOVÁVÁNÍ PŘEDMĚTŮ
KULTURNÍ POVAHY**







ASHRAE - The American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Handbook 2007, Chapter 21. (**Metodika uchovávání předmětů kulturní povahy, 2018, www.mck.technicalmuseum.cz**)

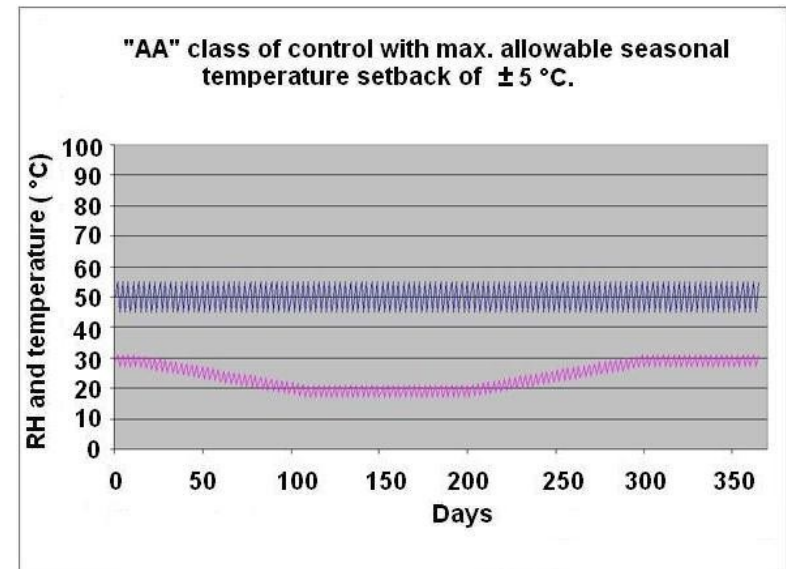
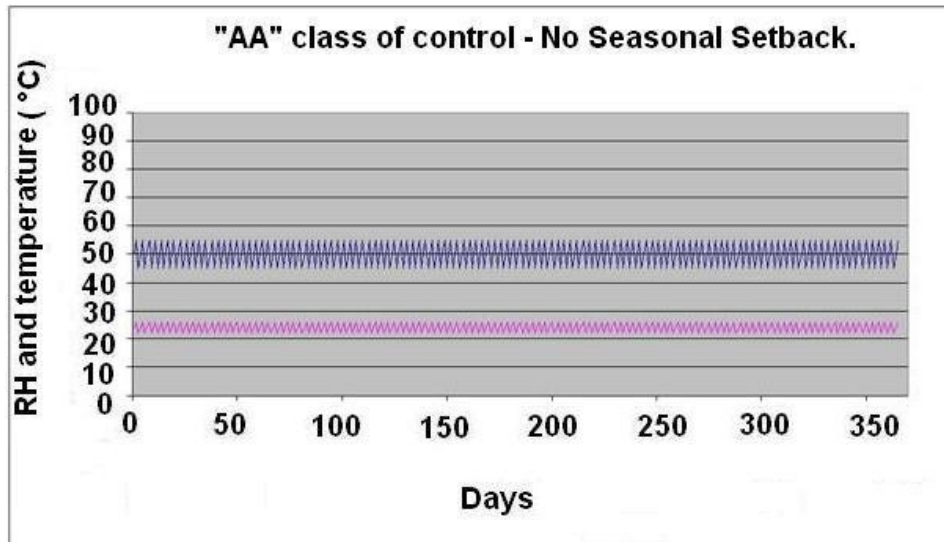
Klasifikace prostředí v muzeích, galeriích, knihovnách a archivech

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

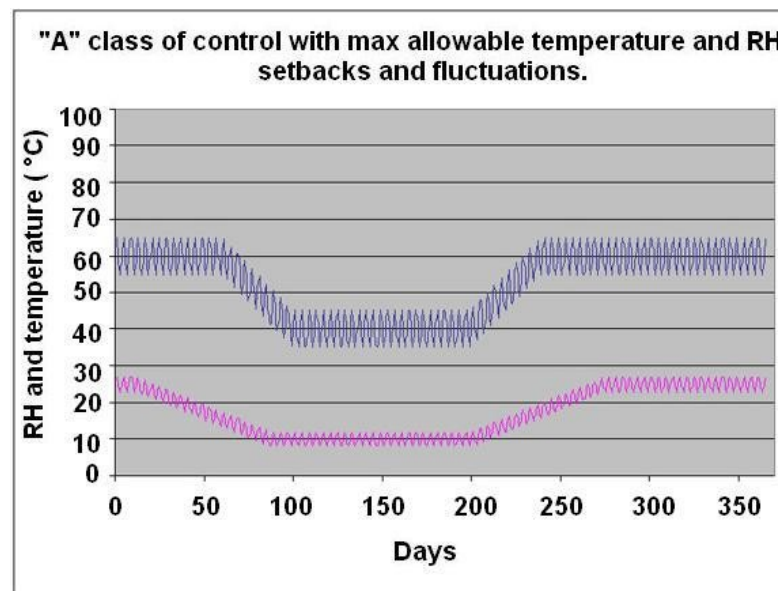
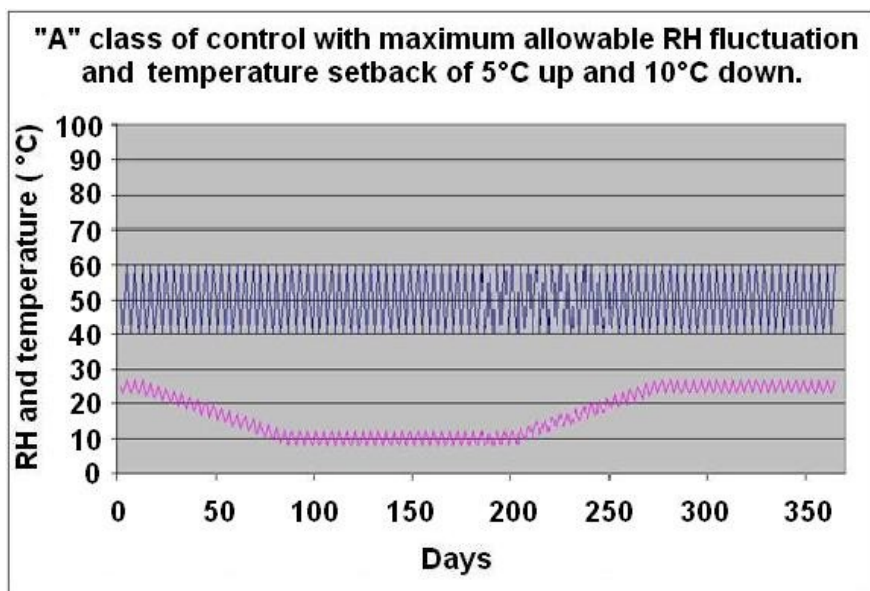
Výchozí hodnoty nastavení	Přípustné fluktuace včetně gradientů řízeného prostoru	Pozn.
Chladný depozitář (Cool Storage): T 10 C, RV 30 - 50 %	5 % RV, T 2 C	černobílé filmy se stříbro-želatinovou vrstvou nebo filmy na acetátové podložce, magnetické pásky, optické disky.
Depozitář s teplotou pod bodem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

- **AA kategorie:**

- Precizní kontrola, bez možných sezónních výkyvů, se stálou celoroční hodnotou T a RV, s minimální fluktuací $50 \pm 5 \%$ a $20 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ (příp. sezónní nastavení $20 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$)
- Typ objektu: vhodná pro nepřísnější mikroklimatické požadavky, s minimálním rizikem poškozování citlivých materiálů.
- Optimalizace prostředí: Takovéto podmínky však vyžadují odpovídající konstrukci budovy s kvalitní izolací a řízeným vnitřním klimatem (zahrnující ohřev, chlazení, kontrolu RV) a je energeticky nejnáročnější;

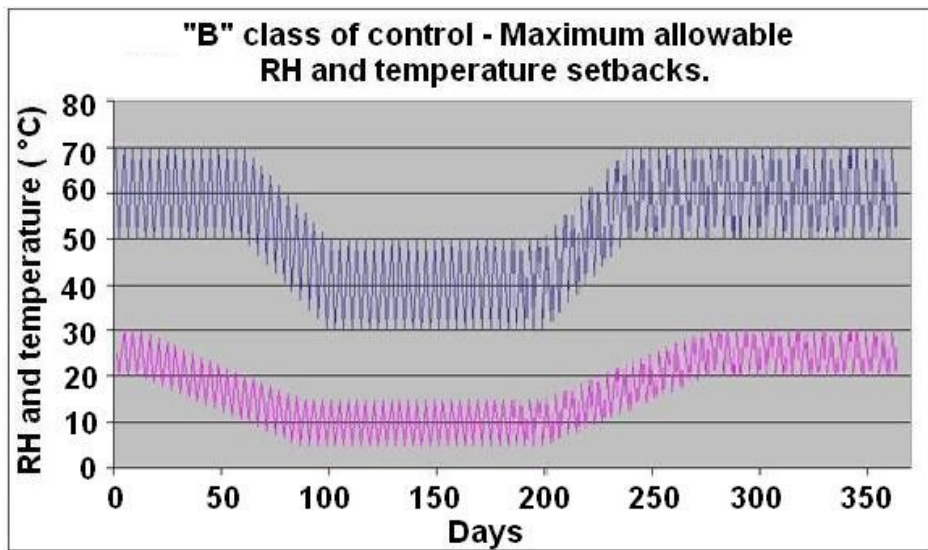


- **A kategorie (krátkodobá fluktuaace $RV \pm 10 \%$, $T \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ nebo sezónní fluktuaace $RV 40 - 60 \%$, $T +5^\circ\text{C}$, $-10 \text{ }^\circ\text{C}$) :**
 - Dobrá kontrola prostředí, která připouští buď krátkodobé výkyvy anebo sezónní změny $RV \pm 10 \%$, ale ne obojí zároveň; vyžaduje řízení vnitřního klimatu (zahrnující ohřev, chlazení, kontrolu RV), energeticky výhodnější skupina, optimální řešení pro většinu deponitářů muzeí a galerií.
 - Malá rizika mechanického poškození pro vysoce citlivé materiály, bez rizik pro většinu materiálů
 - Typ objektu: optimální řešení pro většinu deponitářů muzeí a galerií.
 - Optimalizace prostředí: vyžaduje řízení vnitřního klimatu (zahrnující ohřev, chlazení, kontrolu RV), energeticky výhodnější skupina,



- **B kategorie (sezónní i krátkodobé fluktuační ± RV 10 %, T ± 5 až 10 °C) :**

- částečná kontrola prostředí, umožňující sezónní nastavení, s přípustnou krátkodobou fluktuační,
- typ objektu: možné řešení pro střední a menší muzea a galerie, historické budovy
- optimalizace prostředí: předpokládá temperování v zimním období, příp. zvlhčování; chlazení v létě, příp. odvlhčování
- střední rizika mechanického poškození pro vysoce citlivé materiály,



Depozitář TMB v Brně-Židenicích

- **C kategorie (RV 25 -75 %, T pod 30 °C, nejlépe pod 25 °C):**
 - prevence rizik spojených s mezními hodnotami RV a T;
 - Typ objektu: historické budovy, menší muzea
 - Optimalizace: předpokládá se temperování v zimě, popř. **vytápění řízené humidistaty (conservation heating)**, kontrolovanou ventilací
 - Vysoké riziko mechanického poškození pro vysoce citlivé materiály



SZ Kunštát – Dolní zámek (projekt centrálního depozitáře NPÚ ?)

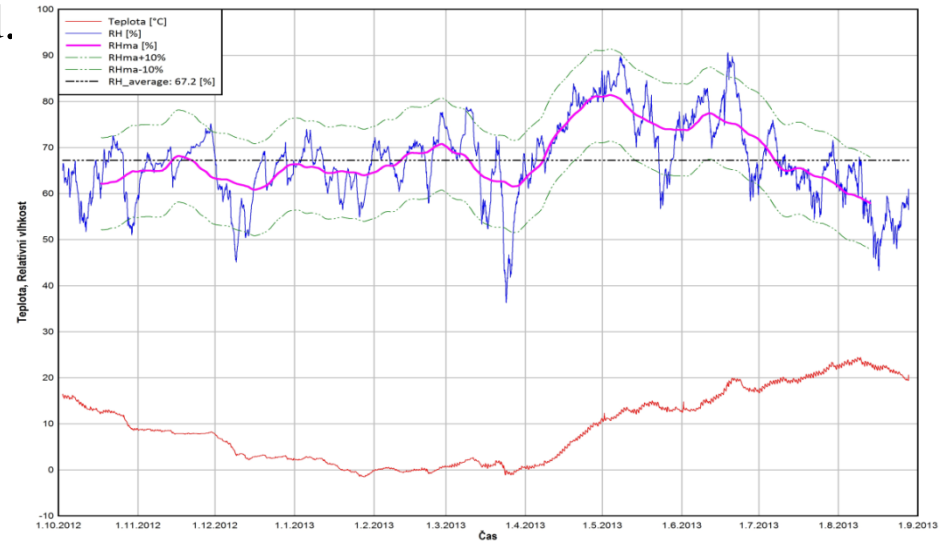
- **D kategorie (RV pod 75 %):**

- typ objektu: historické budovy, venkovská sídla, haly (sezónní využívání, bez temperování)
- optimalizace: **režimová opatření** využívající původních stavebních a technických prvků, **odstraňování běžných stavebních závad** (zatékání dešťovými žlaby, do komínů bez stříšek, nefunkčnost okenních výplní apod.), nastavení režimu větrání apod.



SZ Lednice, NPÚ

Barokní kovárna Těšany, TMB

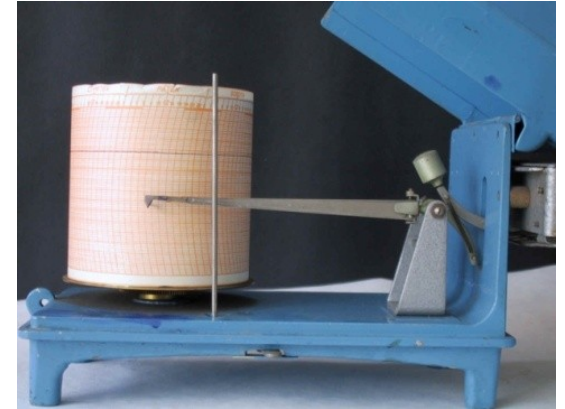


Shrnutí

- **Stabilní mikroklimatické podmínky** zajišťují stabilní stav uchovávaných předmětů.
- Požadavky na limity RV a T musí vycházet z **kategorizace předmětů dle jejich citlivosti** na okolní klima (nejcitlivější materiály je vhodné ukládat odděleně ve specifických podmínkách prostředí).
- Pokud je prokázáno, že předměty kulturní hodnoty jsou stabilní v daném historickém klimatu a dlouhodobě adaptovány na tyto podmínky, **doporučuje se je ponechat v tomto prostředí.**
- Nastavení přípustných **sezónních a krátkodobých výkyvů RV a T** umožňuje racionálnější a energeticky výhodnější podmínky pro dlouhodobé uchovávání sbírkových předmětů.
- Pro regulaci parametrů **upřednostnit pasivní metody a nízkoenergetická řešení.**

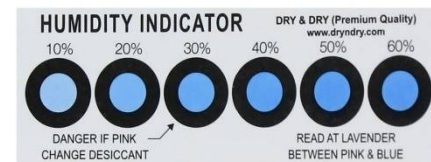
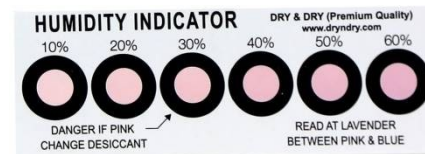
Měřicí přístroje RV/T

- **Kontinuální měření**
 - **Termohygrograf** ($\pm 3 \%$, pro kontrolu elektronických čidel a okamžité odečtení hodnot, citlivé na přenášení - ponechat na jednom místě, častější kontrola přesnosti)
 - **Elektronické sensory - data-loggery**, telemetrické systémy, apod. ($\pm 2 \%$, lze častěji přenášet bez kalibrace, aklimatizovat v místnosti, nutné pravidelné snímání dat)



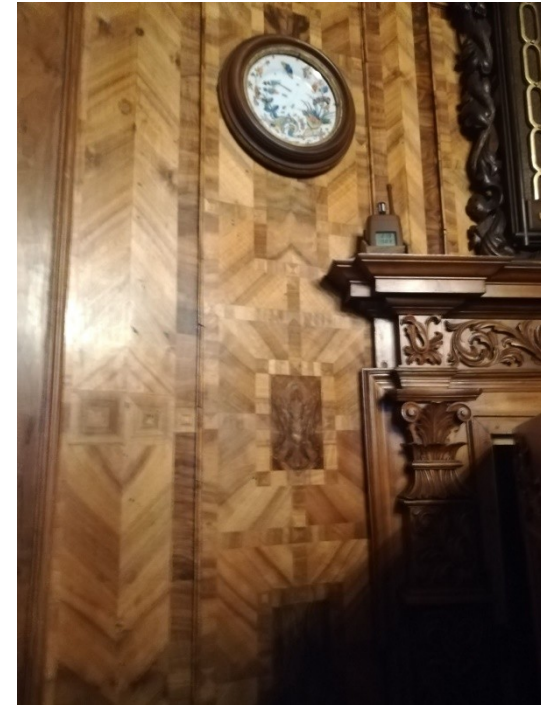
Měřicí přístroje RV

- **Jednorázová měření:**
 - **indikační papírky** – impregnováno solemi kobaltu, rozsah 20 – 80 %, menší přesnost ve vlhkém prostředí, jednoduchá a levná aplikace, orientační měření (vhodné do boxů).
 - **vlasový vlhkoměr** - 5 %, nepřesné při 80 % < RV < 40 %, citlivý na přenos, prach ..., nutná častější kontrola
 - **Elektronické hygrometry**



Zásady monitorování RV/T

- **Jak často?:** kontinuálně 24 hod./den (interval snímání dat 15 - 30 min.)
- **Kde?** Ve všech prostorách, kde jsou sbírky:
 - optimálně uprostřed místnosti, cca 1,5 – 1,8 m nad podlahou
 - vyhnout se: blízkost oken, dveří, topných těles, zvlhčovačů, vzduchotechniky, působení proměnlivého proudění, na podlaze x možné měření uvnitř regálů, skříní či sledovaných míst (chladné stěny apod.)
 - Neschovávat přístroje za závěsy – raději přiznat!
- Nutné **temperování přístroje** na měřené prostředí (30 – 60 min.)
- **Kontrola přístrojů:** dle druhu přístroje 0,5 až 1 x/rok
- **Kalibrace:** 1 x /rok popř. za 3 roky



Regulace RV/T

- Obecně je vhodné využívat **pasivních regulačních prvků**:
 - Omezit tepelné ztráty budovy (popř. tepelné dotace v létě) – kvalitní izolace budovy ! Využívat orientaci vůči světovým stranám.
 - 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. deponitář 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 síta (hlinitokřemečitanů 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



Otázky k opakování

- Jaké mechanismy poškozování vyvolává působení nevhodné teploty a relativní vlhkosti vzduchu u sbírkových předmětů?
- Jaké jsou doporučené hodnoty teploty a relativní vlhkosti vzduchu pro smíšené sbírky a zvláště citlivé materiály?
- Co je to psychrometrický diagram?
- Jakým způsobem můžeme udržovat stabilní hodnotu RV při ochlazování a ohřevu vnitřního prostoru?
- Jaké znáte měřicí přístroje pro monitoring RV a T?
- Co je to silikagel a k čemu se v muzeích používá?

Literatura

- Metodika uchovávání předmětů kulturní povahy, Technické muzeum v Brně, 2018; https://mck.technicalmuseum.cz/wp-content/uploads/2017/12/Metodika_WEB_final.pdf; str. 17 – 26.
- Preventivní péče o předměty kulturní povahy v expozicích, depozitářích a zpřístupněných autentických interiérech, NPÚ, 2018;
- Úvod do muzejní praxe – Učební texty základního kurzu Školy muzejní propedeutiky, AMG, 2010
- THOMSON, G.: *The Museum Environment*. Oxford 2002
- KOPECKÁ, I. a kol.: Preventivní péče o historické objekty a sbírky v nich uložené. Národní památkový ústav, Praha 2002.