
Mikroklimatické parametry uchovávání sbírek – muzejní standardy a zásady měření

23. 9. 2021, Národní galerie Praha

Ing. Alena Selucká
Metodické centrum konzervace Technického muzea v Brně

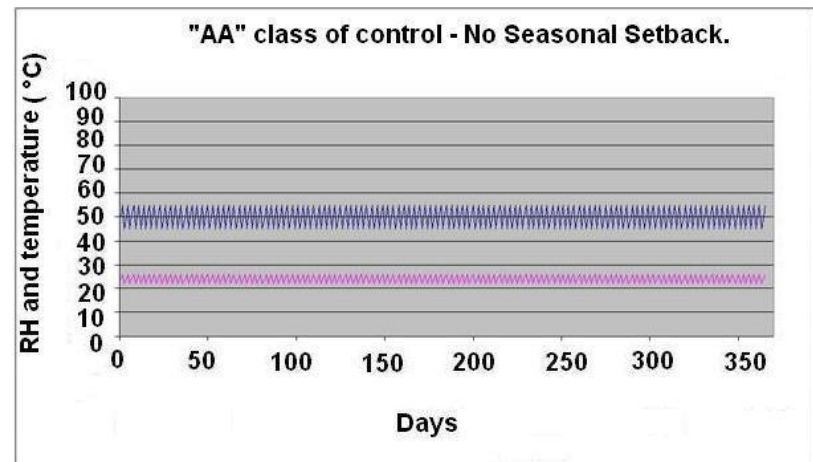


Obsah:

- Mikroklimatické muzejní standardy
 - Ideální muzejní klima
 - ICOM-CC doporučení
 - Kategorizace muzejního prostředí dle ASHRAE
 - Metodika uchovávání předmětů kulturní povahy
 - Příklady objektů
 - Měřicí přístroje/Zásady měření
-

Museum standard of microclimatic parameters

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



„Ideální muzejní klima
(Ideal Museum Climate)?“



Zdroj: G. Thomson: The Museum Environment, 1978 (2. vyd. 1986)

Charakter staveb a jejich mikroklima

The Character of Buildings and their Microclimate



Technical Museum in Brno (TMB)



SZ Hluboká n. Vl.



Water Mill in Slup, TMB

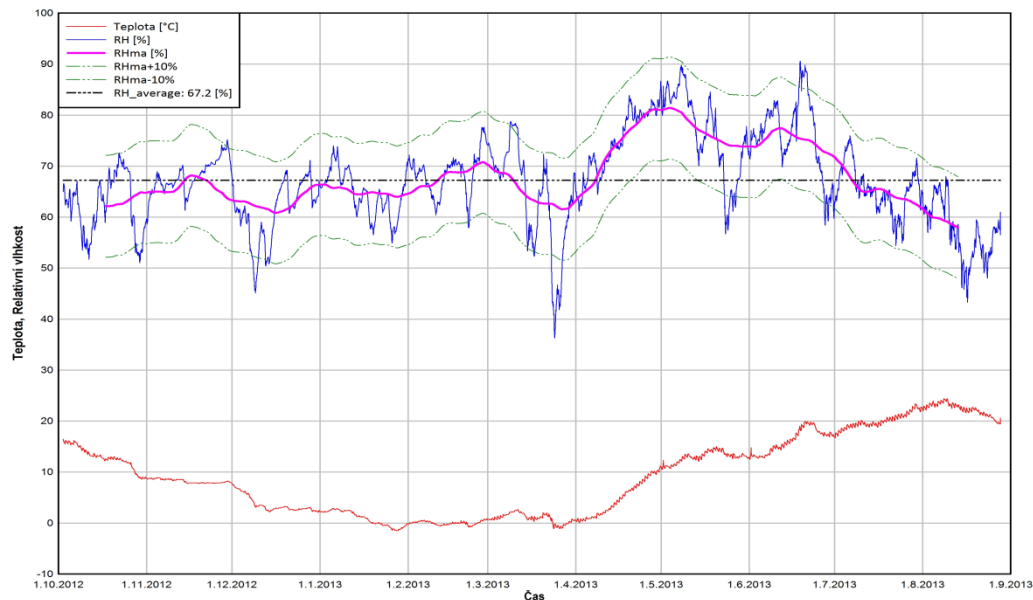
CZ Fortification in Šatov, TMB



Central Storage of
Museum of Applied Art in
Prague, Praha -Stodůlky

Historické stavby – mikroklima

Historic buildings - microclimate



**SZ Kunštát, Kaple: RH 45 až 90 %,
T 0 – 23°C, 2012 - 2013**

Meteorologická stanice (nadm. výška/n. v.)	Průměrná roční teplota [°C]	Průměrná roční RH [%]	Průměrná roční AV [g.m ⁻³]
Brno – Tuřany (n. v. 241)	11,0	67,0	8,7
Bystřice n. Pernštejnem (n.v. 553)	7,6	78,2	6,3
Borkovice (n. v. 419)	8,0	82,0	6,7
Pec pod Sněžkou (n. v. 824)	5,0	84,0	5,7

**Externí RH a T z
meteorologických stanic ČR,
2013**

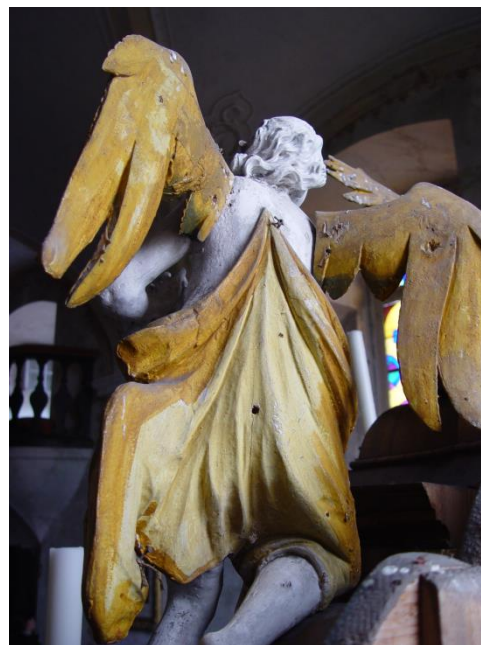
Relativní vlhkost a teplota vzduchu - mezní hodnoty

Relative humidity and air temperature - limit values

- U většiny materiálů dochází k jejich poškození vlivem nesprávné relativní vlhkosti (RH) pokud:
 - $RH > 70 \%$
 - $RH < 30 \%$
 - fluctuation RH
- $5 \text{ }^\circ\text{C} > T > 30 \text{ }^\circ\text{C}$
- fluctuation T



růst plísní
na usňovém
měchu



vznik krakel
barevné vrstvy



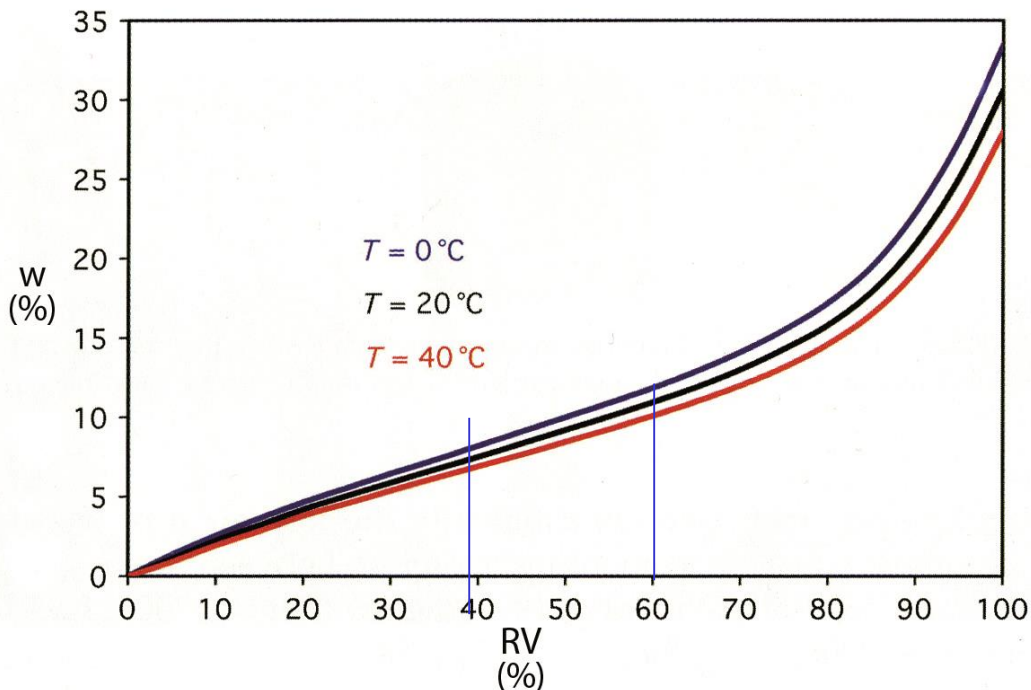
koroze kovů (rez na železné
desce šicího stroje)

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

Rovnovážný obsah vlhkosti dřeva

Wood equilibrium moisture content

Dřevo pohlcuje nebo uvolňuje vlhkost s cílem dosáhnout rovnováhy mezi vlhkostí v materiálu a okolním prostředí (organický hygroskopický materiál).



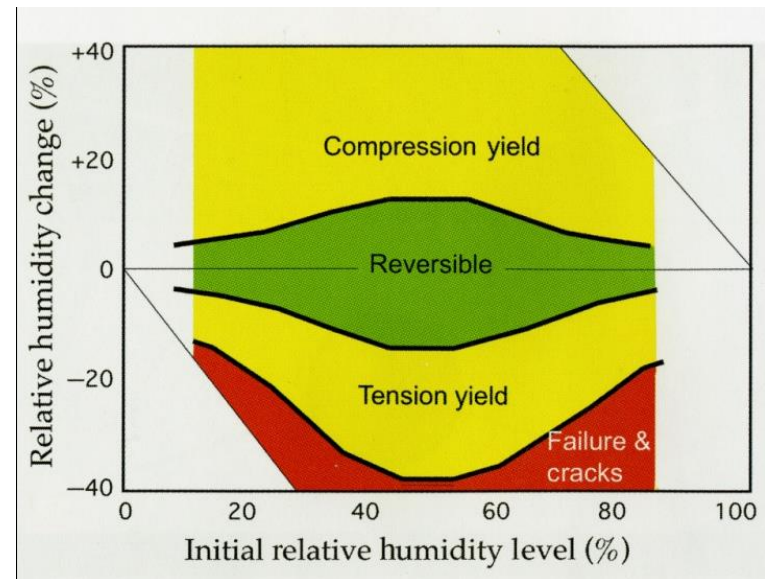
Krátkodobé fluktuace $RH > 50 \pm 15\%$ vyvolávají trvalá poškození!

(D. Camuffo, Microclimate for cultural heritage, 2014)



Sorpční izotermy dřeva (závislost rovnovážného obsahu vlhkosti dřeva na okolní RH):

- **pozvolné** fluktuace RH 40 – 60 % při T cca 20°C vyvolávají malé změny rovnovážného obsahu vlhkosti dřeva



Doporučení ICOM-CC

- **Environmental 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 případě nových objektů) 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



Doporučení ICOM-CC

Environmental Guidelines, 2014:

– Sustainability and management:

- The issue of museum sustainability is much broader than the discussion on environmental standards, and needs to be a **key underlying criterion of future principles**.
- Museums and collecting institutions should seek to **reduce their carbon footprint and environmental impact to mitigate climate change**, by reducing their energy use and examining **alternative renewable energy sources**.
- Care of collections should be achieved in a way that does not assume air conditioning (HVAC). **Passive methods, simple technology that is easy to maintain, air circulation and lower energy solutions should be considered.**

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

Str. 86



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**



TECHNICKÉ MUZEUM V PRAZE
NÁRODNÍ GALLERIE
BIOBALUZSKÁ GALERIE

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**)

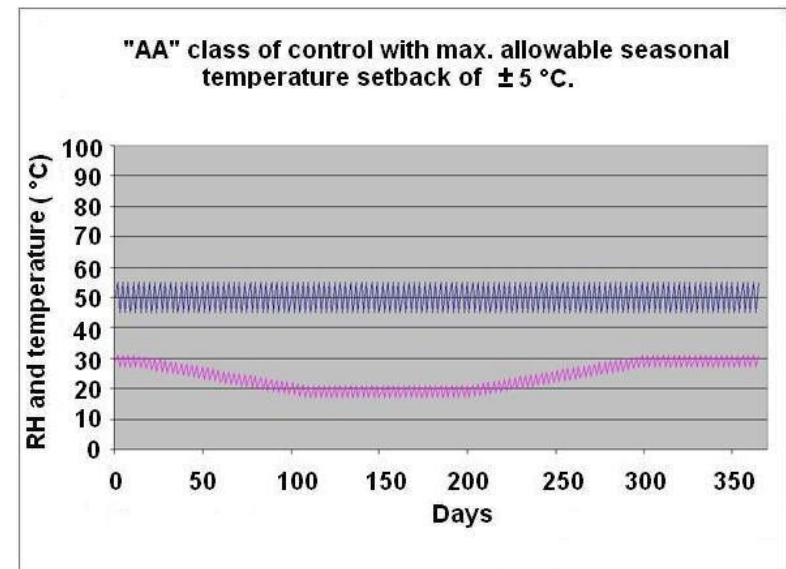
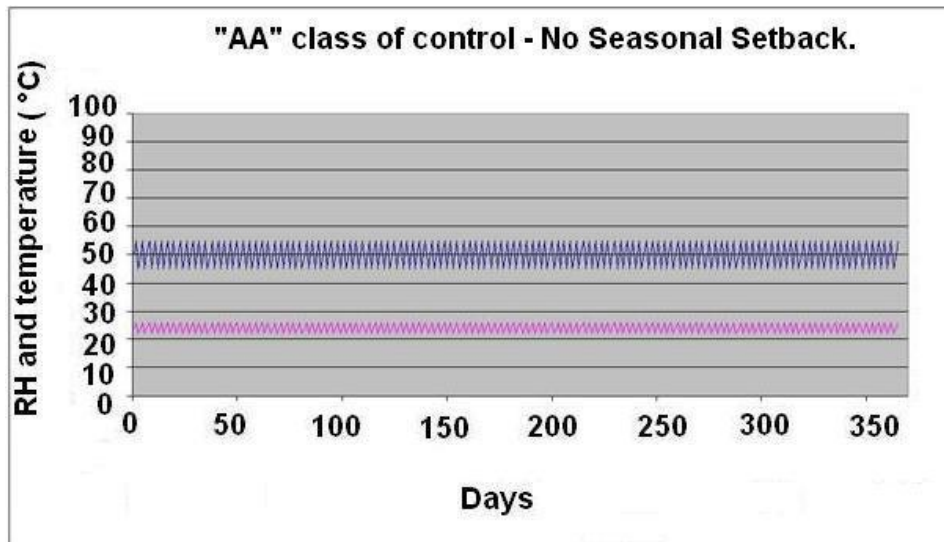
Klasifikace prostředí v muzeích, galeriích, knihovnách a archivech

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;



- **AA kategorie – depozitář Moravské galerie v Brně:**

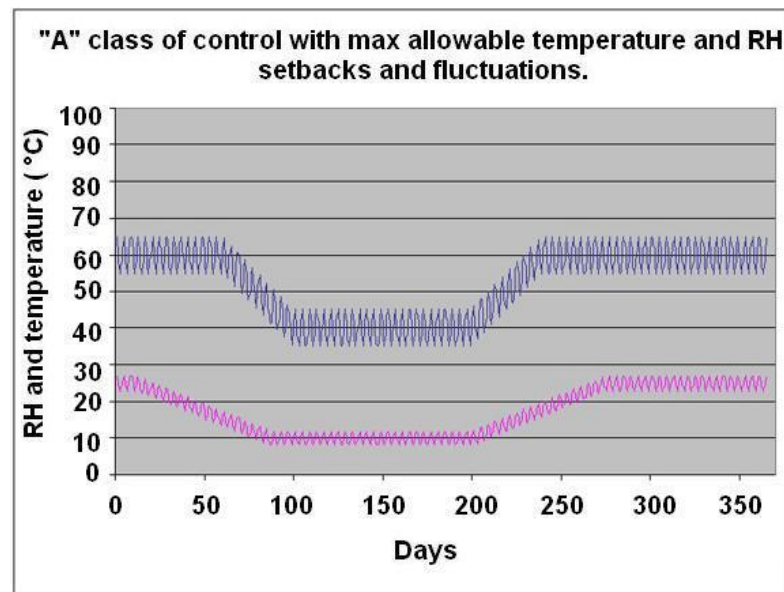
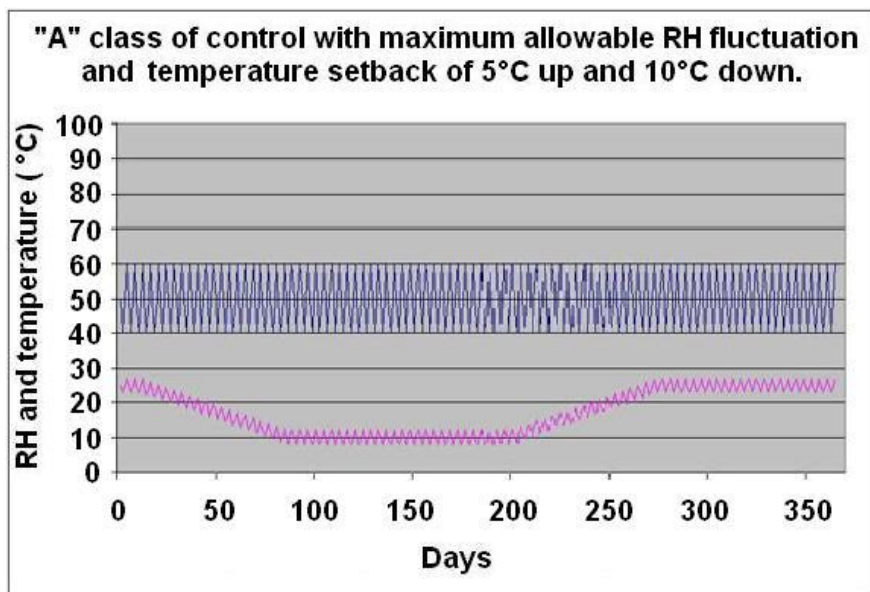
- Cirkulace vzduchu uvnitř depozitáře musí být zajištěna vyústěním rozvodů vzduchotechniky rovnoměrně (vzhledem k regálovému systému) – změny RV a T přesahovaly přípustný prostorový gradient – změna distribuční trasy rozvodu vzduchu
- Čidla parametrů mikroklimatu musí být umístěna u vratného potrubí VZT (ne v blízkosti přívodního potrubí VZT)



Depozitář Moravské galerie v Brně
(na zelené louce)



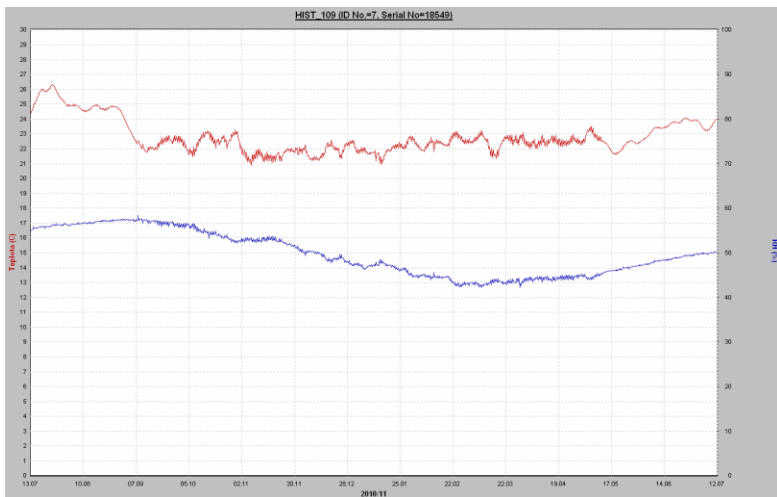
- **A kategorie (krátkodobá fluktuaace $RV \pm 10 \%$, $T \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ nebo sezónní fluktuaace $RV 40 - 60 \%$, $T +5^\circ\text{C}$, $-10 \text{ }^\circ\text{C}$) :**
 - Dobrá kontrola prostředí, která připouští buď krátkodobé výkyvy anebo sezónní změny $RV \pm 10 \%$, ale ne obojí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



- **A kategorie: depozitář Slovákého muzea v UH**



2010/2011 depozitář historie (RV 45 – 50 %; T 16 – 24 °C); tl. zdí 50 cm, temperováno bez klimatizace, dřevěné podlahy

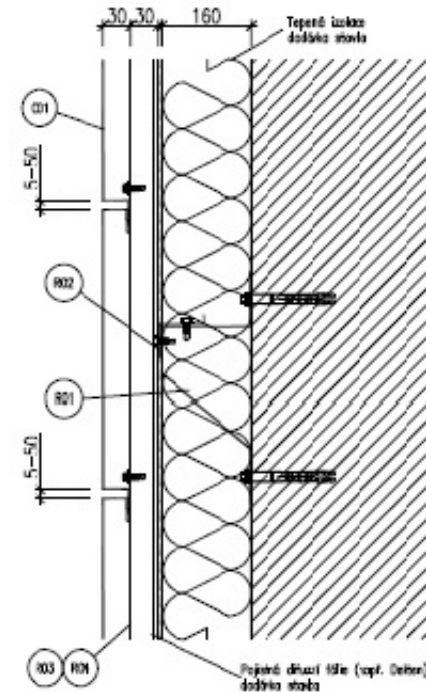


Depozitář Slovákého muzea
(bývalá kasárna)

Depozitář TMB Brno–Řečkovice výstavba 2016-2017

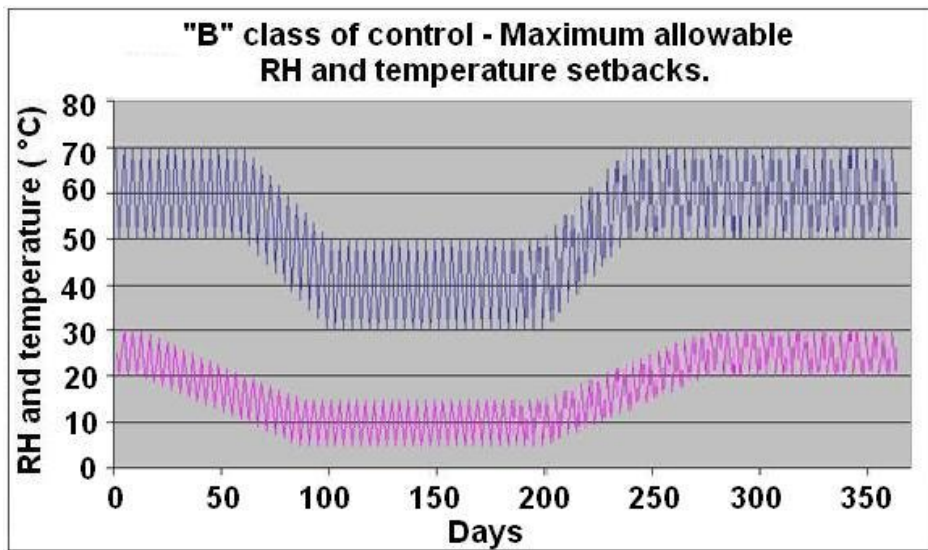


Provětrávaná fasáda:
ocelové kazety/vzduchová
mezera/minerální vata/zdivo



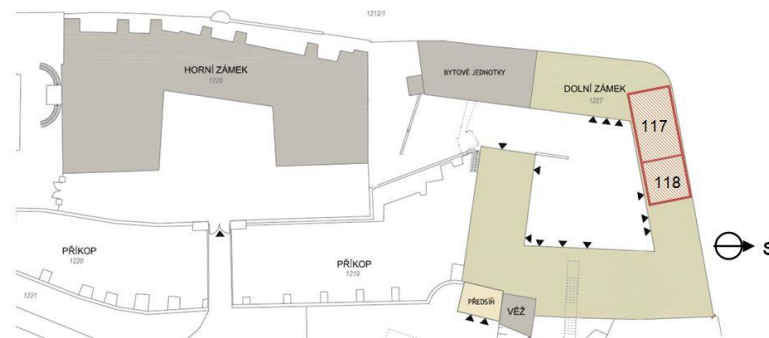
- **B kategorie (sezónní i krátkodobé fluktuační ± RV 10 %, T ± 5 až 10 °C) :**

- 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

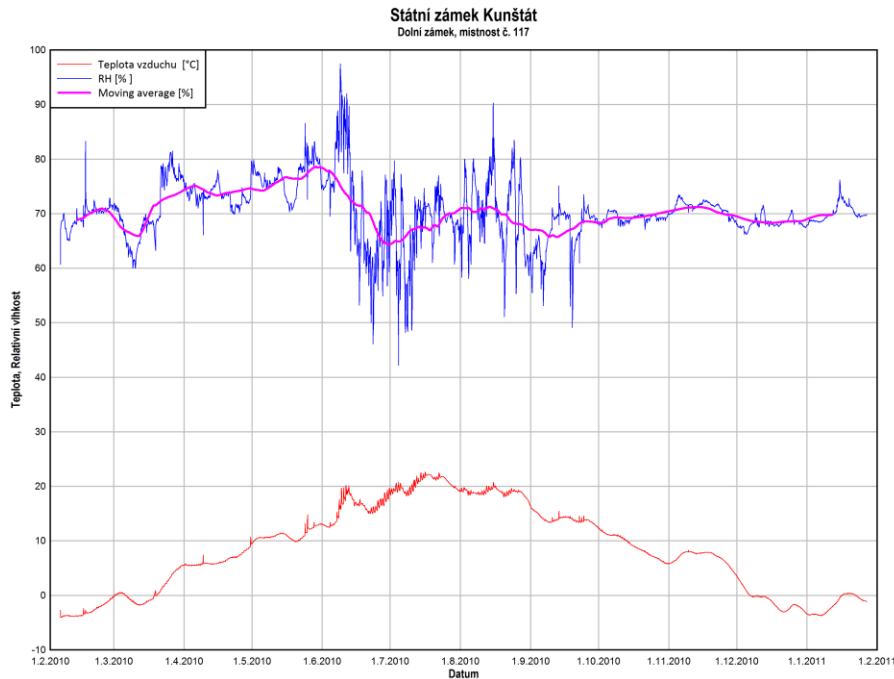
- **C kategorie (RV 25 -75 %, T pod 30 °C, nejlépe pod 25 °C):**
 - prevence rizik spojených s mezními hodnotami RV a T;
 - Typ objektu: historické budovy, menší muzea
 - Optimalizace: předpokládá se temperování v zimě, popř. **vytápění řízené humidistaty (conservation heating)**, kontrolovanou ventilací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



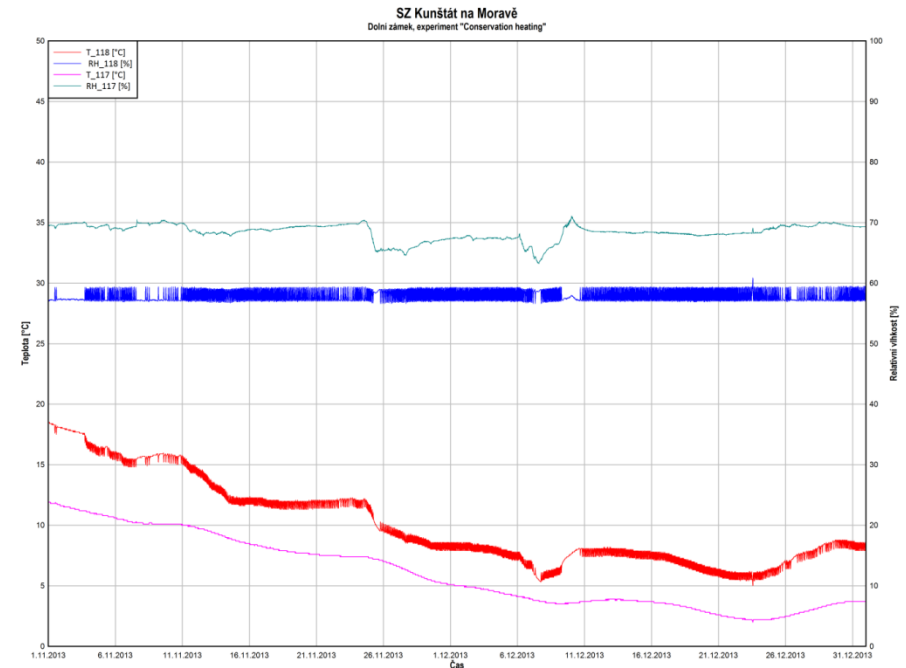
SZ Kunštát – Dolní zámek (projekt centrálního depozitáře NPÚ ?)

Regulace vysoké RV vytápěním/temperováním

- Regulace topení humidistaty – **metoda conservation heating (limity spínání topení: 5 – 22 °C)**



Mikroklima SZ Kunštát-Dolní zámek, RV nad 70 % (r. 2010/2011)



Mikroklima regulované humidistaty RV 60 % (experiment r. 2013)

- **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.

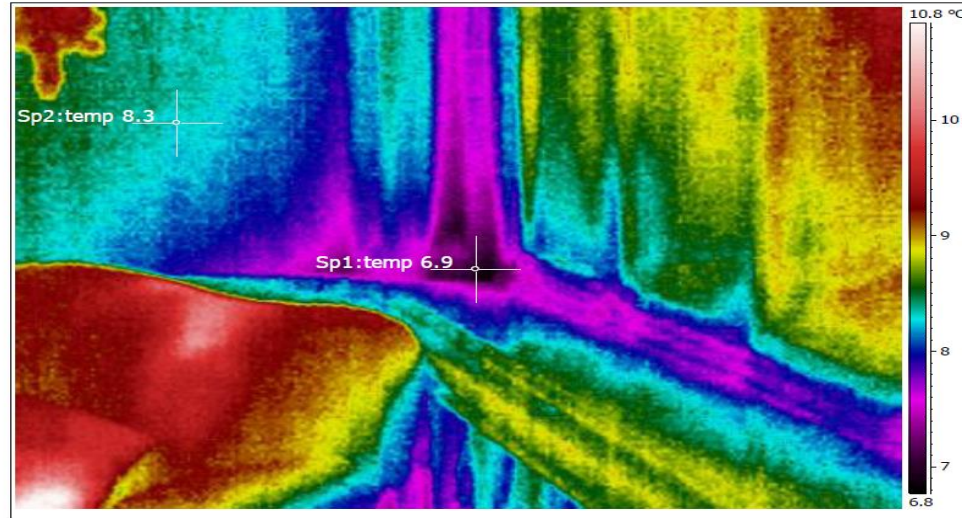


SZ Lednice, NPÚ



Barokní kovárna Těšany, TMB

Režimová opatření



SZ Lednice: Teplotní mosty okenní konstrukce – vlhnutí, plísně,
dle J. Červenáka

Opatření: Oprava těsnění oken, doplnění zimních závěsů, na okna a dveře,
textilních jímacích polštářků na zachycení kondenzátu, venkovních žaluzií

Historické klima a prověřené fluktuace – Evropský standard

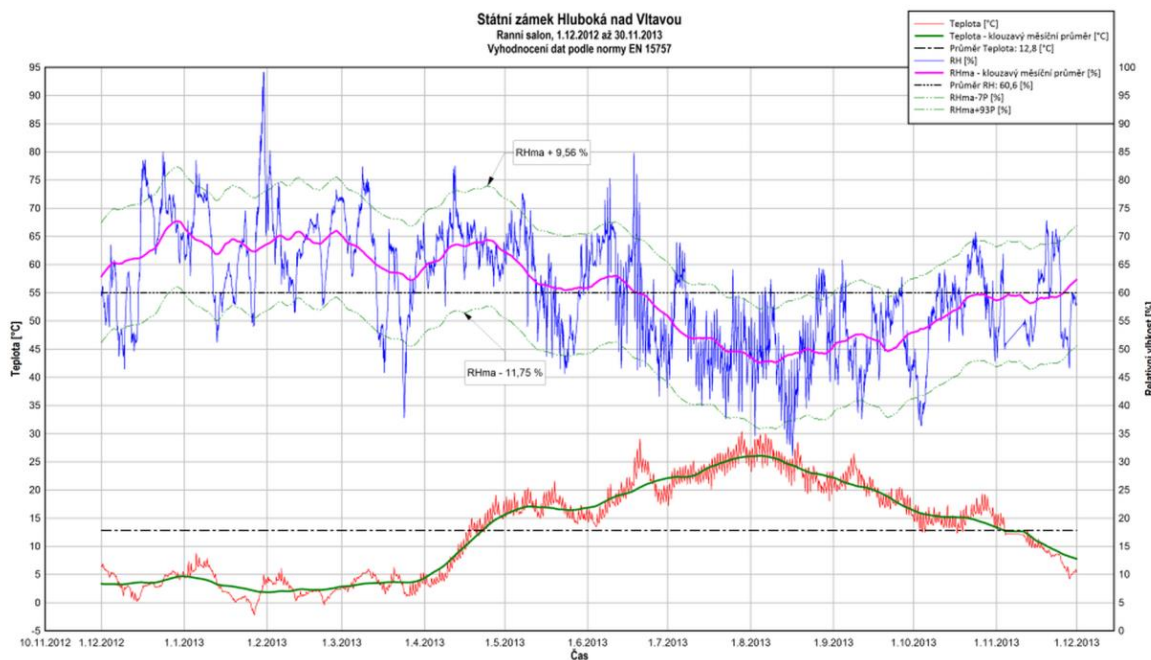
Historical Climate and Proofed Fluctuation – European Standard

ČSN EN 15757, 2010: Ochrana kulturního dědictví – Požadavky na teplotu a relativní vlhkost prostředí s cílem zamezit mechanickému poškození organických hygrokopických materiálů, k němuž dochází důsledkem klimatu:

- Nový koncept tzv. **historického klimatu (historical climate)**: „*klimatické podmínky prostředí, ve kterém byly objekty kulturního dědictví vždy drženy, nebo v něm byly ponechány delší dobu (minimálně po dobu jednoho roku) a jsou v něm aklimatizovány.*“
- Riziko fyzického poškození vlivem fluktuací, které nepřesahují historicky ověřený rozsah je velmi nízké – princip **prověřených fluktuací (proofed fluctuation)**

Historical Climate:

- střední hodnota RH z 13 měs. měření (30-day moving average calculated over 13 months)
- přípustné fluktuace (proofed fluctuation - 7th a 93rd percentiles)



Shrnutí

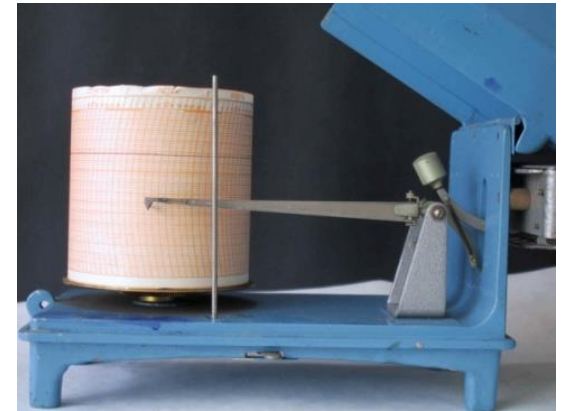
- **Historické klima** dané střední hodnotou sezónního cyklu RH s přípustnými prověřenými fluktuacemi je základní charakteristikou mikroklimatu vnitřního prostředí budov (včetně teploty).
- Pokud je prokázáno, že předměty kulturní hodnoty jsou stabilní v daném historickém klimatu a dlouhodobě adaptovány na tyto podmínky, **doporučuje se je ponechat v tomto prostředí.**
- Pozornost je potřeba zaměřit zejména na **eliminaci a zmírnění náhlých změn prověřených klimatických parametrů – riskantní je:**
 - nesprávné větrání (pozor na teplý vzduch v jarních měs., z osluněných částí objektů, po dešti apod.)
 - změna vytápění prostoru (používat spíše lokální IČ nízkotepeelné zdroje)
 - přesun předmětů do jiných klimatických podmínek
- U historických objektů je preferováno **maximálně využít původních prvků** a mechanismů regulace vnitřního prostředí (větrací okénka, ventilační otvory, okenní žaluzie a další stínící prvky, apod.) – sestavení provozní knihy řízené ventilace a teploty (viz sborník STOP: Údržba památkových objektů, 2021).

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).
- 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.**

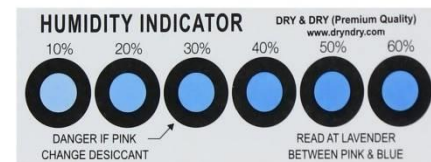
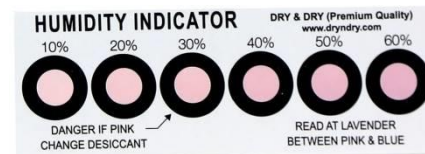
Měřicí přístroje RV/T

- **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)



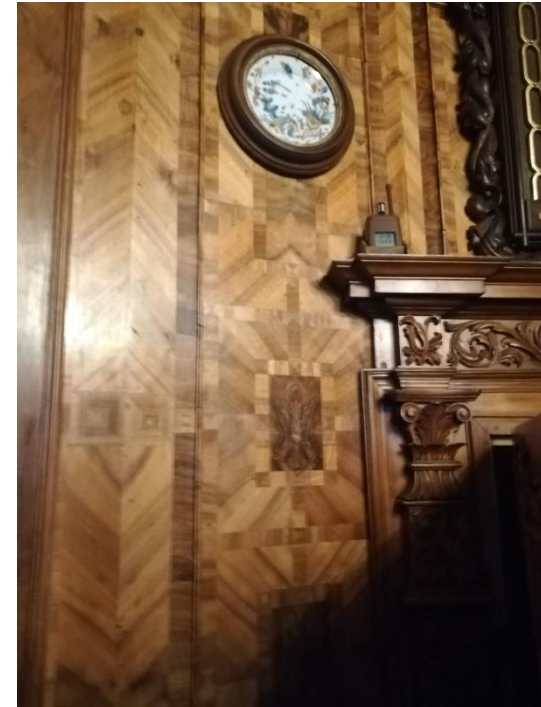
Měřicí přístroje RV

- **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** - $\pm 5 \%$, 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



Děkuji za pozornost.

Ing. Alena Selucká
selucka@tmbrno.cz