

Metodika pro preventivní konzervaci fotografických materiálů

Metodika vznikla v průběhu let 2014 a 2015 v rámci řešení prvního cíle projektu NAKI identifikační kód projektu: DF12P01OVV034 „**Průzkum sbírkových předmětů z fondů NTM moderními fyzikálními a chemickými metodami**“, financovaném MK ČR na základě smlouvy č. 34/2012/OVV. Řešiteli tohoto konsorciálního projektu jsou NTM a FJFI ČVUT v Praze, koordinujícím řešitelem je NTM, respektive odd. preventivní konzervace NTM, řešitelka Ing. Ivana Kopecká, která se analýze historických materiálů a otázkám preventivní konzervace věnuje více než 30 let, dále se na řešení metodiky značnou měrou podílel Ing. a MgA. Tomáš Štanzel, kurátor sbírky NTM Fotografická a filmová technika.

Oponenti:

Ing. Petra Štefcová CSc.

Ing. Magda Součková

Anotace

Metodika pro analýzu preventivní konzervaci fotografických materiálů uvádí faktory, které přispívají k degradaci nejběžnějších typů historických fotografických materiálů a mechanismy jejich působení. Dále uvádí optimální podmínky dlouhodobého uložení fotografických materiálů – tzn. jak klimatické podmínky (T a R.V.), tak doporučení pro obalové materiály a způsob uložení.

Klíčová slova

Historické fotomateriály, degradace fotomateriálů, preventivní konzervace, působení T., R.V. a světla, obalové materiály.

Historic photomaterials; deterioration of photomaterials; preventive conservation; effect of T., R.H. and light; embedding and housing materials.

I. Cíl metodiky

Fotografické materiály všeho druhu (negativy na skle, negativy na filmu, filmy, pozitivy na papíře i na kovové podložce) jsou významnou součástí kulturního dědictví, jak z hlediska své umělecké hodnoty, tak jako historické dokumenty – svědectví své doby. Protože se ve všech případech jedná o materiály relativně málo odolné, jsou otázky jejich preventivní konzervace velmi aktuální.

Historické fotografické materiály patří k nejcitlivějším sbírkovým předmětům. Pokud nejsou uloženy ve vyhovujícím prostředí, jsou náchylné k různým typům degradace, které většinou směřují k jejich totální destrukci. Cílem této metodiky je podat souhrn informací o příčinách i mechanismech jejich degradace a návod v jakých podmínkách tyto materiály dlouhodobě uchovávat a jak s nimi manipulovat, aby se v dobrém stavu a v maximální autenticitě (bez restaurátorských zásahů) uchovaly pro budoucí generace ať už jako umělecká díla, anebo jako historické dokumenty.

II. Popis metodiky

II.1. Materiály

Historické fotografie - negativy, pozitivy, filmy,... představují širokou škálu materiálů, jejichž způsob degradace i citlivost vůči různým degradačním faktorům se navzájem liší[1, 10, 11, 13]. Materiály, tvořící negativy a pozitivy nejběžnějších fotografických technik:

- Kovy
 - Měď (*daguerrotypie*)
 - Železo (*ferrotypie*)
 - Stříbro, platina, zlato, paládium (*kovy, tvořící obraz v emulzi*)
- Sklo (*negativy na skleněných deskách*)
- Syntetické materiály
 - Nitrocelulóza (*historické filmy a negativy - filmová podložka do poloviny 20. století, kolódiová emulze - citlivá vrstva mokrých kolódiových desek a citlivá vrstva přímo kopírujících kolódiových papírů*)
 - Acetáty celulózy (*filmy, negativy, diapozitivy*)
 - PES* - *podložky moderních filmových materiálů*
 - PE – RC* *podložky moderních fotografií*
- Organické přírodní materiály (*emulze, pojiva, laky*)
 - Bílkoviny (*želatina, albumin*)
 - Arabská guma (*gumotisky*)
 - Terpenické laky, šelak
- Celulóza (*papír*)
- Organické i anorganické pigmenty a barviva (*kyanotypie, pigmentové tisky, kolorované fotografie, barevné filmy a fotografie, barevné negativy a diapozitivy*)

II.2. Degradační faktory

I když snímky, vytvořené některými fotografickými procesy, jsou citlivější než jiné, lze konstatovat, že všechny fotografické materiály jsou zvláště citlivé na fyzikální, chemické a biologické poškození. Nevhodné prostředí, špatné uložení materiálů a nešetrná manipulace mají na jejich stav zásadní vliv.

Degradační faktory:

1. Klima (teplo, vlhkost)
2. Světlo
3. Znečištění (polutanty, chemikálie, prach)
4. Biologické poškození
5. Mechanické poškození

*viz. Str. 14 – V. Seznam použitých zkratk

II.3. Degradální mechanismy

II.3.1 Působení klimatu (tepla a vlhkosti)

II.3.1.1 Působení tepla

Teplu, respektive zvýšená teplota urychluje většinu chemických reakcí, a tedy i reakce degradačních procesů. Aktivační energie, nutná k iniciaci degradačního procesu (derivátů celulózy, organických barviv nebo polyesteru) s klesající teplotou významně roste - až o několik řádů. To znamená, že s klesající teplotou potřebujeme dodat do systému mnohem větší energii (aktivační energii), aby k degradační reakci vůbec došlo, přičemž rychlost těchto degradačních procesů s klesající teplotou klesá[1]. Naopak, se stoupající teplotou reakční rychlost většiny organických reakcí roste a významného zpomalení degradace lze dosáhnout snížením teploty¹. Např. snížením T z 15°C na 5°C a současně snížením RV z 50% na 25% se degradace triacetátu celulózy zpomalí 10x; snížením T z 20°C na -20°C se jeho degradace zpomalí dokonce 350x[1].

V důsledku dlouhodobého působení vysoké teploty vznikají na stříbrných obrazech skvrny a „zrcátka“, fotografie blednou nebo se odbarvují; nejstarší filmové nosiče z acetátů celulózy se mohou zcela zhroutit. Vysoká teplota a nízká RV může vést k delaminaci emulze z podložky.

II.3.1.2 Působení vlhkosti

Mechanismy působení vlhkosti jsou pro konkrétní materiály různé, ale vždy vedou k jejich degradaci. Může se jednat o korozi kovu, který tvoří podložku obrazu, jak je tomu u daguerrotypií (koroze mědi) a ferrotypií (koroze oceli); může se jednat o degradační působení vody na fotografickou emulzi (želatinovou, albuminovou, nebo kolódiovou vrstvu) - nastává bobtnání, delaminace až rozklad; může se jednat o degradaci papírové podložky nebo filmového nosiče (nitrátu nebo acetátu celulózy); dlouhodobé působení vlhkosti přispívá i ke korozi skleněných podložek negativů. Zvýšená vlhkost také vytváří vhodné podmínky pro působení mikroorganismů (plísní a bakterií) na bílkovinných, celulózových a polysacharidických materiálech (želatina, albumin, papír, arabská guma) a zvyšuje tak riziko biologického poškození.

Degradační působení vlhkosti a polutantů je synergické (tzn., že výsledný efekt společného působení obou složek je větší, než by byl prostý součet efektů působení jednotlivých složek). *(Působení polutantů popsáno dále v kapitole II.3.3.)*

II.3.2. Působení světla

Lidské oko vnímá světlo v rozsahu vlnových délek 400 – 780nm. Zdroje záření (přírodní nebo umělé) současně s viditelným světlem emitují i záření z UV oblasti (UV-A/315 - 400nm/; UV-B/280 - 315nm/ a UV-C/100 - 280nm/) a IR záření[2]. Přitom působení IR složky (500 - 700nm) je pouze tepelné. UV a viditelná složka záření způsobují degradaci organických látek - bílkovin (želatiny a albuminu), organických pigmentů, případně laků, které mohly být na fotografii aplikovány. Výsledkem je např. blednutí fotografického obrazu, blednutí kyanotypií, barevných filmů a diapozitivů, či naopak tmavnutí laků. Světlo také iniciuje degradační procesy v syntetických materiálech (nitrocelulóza, acetáty celulózy). Působení světla je kumulativní a nevratné. Degradační efekt závisí na celkové energii osvětlení (tzn. na délce osvětlení a na intenzitě záření). *Barevné fotografie, negativy i diapozitivy však mohou*

blednout, aniž by byly vystaveny působení světla, neboť řada moderních pigmentů a barviv, které obsahují, degraduje i jinými mechanismy.

II.3.3. Znečištění (plynné polutanty, chemikálie, prach)

Působí zde řada mechanismů a synergií, zejména spolu se zvýšenou R.V. (plynné oxidy síry a dusíku, adsorbované na kapénky vlhkosti, působí jako kyselina), kyselé sloučeniny s oxidačními působí rovněž synergicky.

- Kyselé polutanty atakují především bílkoviny (želatinu a albumin)
 - Sloučeniny síry – oxidy síry, sirovodík, sírany
Zdrojem oxidů síry je nejčastěji vnější znečištění (např. spaliny), zdrojem sirovodíku bývají obecně rozkladné procesy organických látek, může se jednat o hedvábné nebo vlněné textilie (podložky ve vitríně, koberce), ale zdrojem může být i rozklad samotné želatiny. V důsledku vysoké sorpční schopnosti (sorbuji se na všechny stavební povrchy) bývá koncentrace sirných polutantů v interiéru podstatně nižší, než jejich koncentrace v exteriéru.
 - Oxidy dusíku. Zdrojem může být hustý automobilový provoz, zejména v extrémních klimatických podmínkách. Kysličníky dusíku působí degradačně zejména na želatinu.
 - Další polutanty (organické kyseliny, aldehydy, peroxidy) jejich zdrojem mohou být nátěry, vnitřní výmalby, nevhodné kyselé obaly i ukládací mobiliář z dřevotřísky nebo z tvrdého dřeva.
- Ozón v exteriéru vzniká v extrémních klimatických podmínkách, zatímco v interiéru jsou zdrojem ozónu laserové tiskárny a kopírky. Ozón přispívá zejména ke korozi kovových podložek fotografií.
- Rozpouštědla – organická rozpouštědla mohou částečně rozpouštět syntetické materiály (negativy, filmové podložky, kolódiovou vrstvu) a laky.
- Prach a nečistoty spolu s vlhkostí zvyšují pravděpodobnost mikrobiálního poškození fotografických materiálů, větší částice prachu mohou při neopatrné manipulaci přispívat k abrazi.

II.3.4. Biologičtí činitelé (hmyz, plísně, bakterie)

Biologicky může být poškozen jak samotný fotografický materiál, tak jeho obaly (obálky, krabice, dřevěné schránky). Z **drobného hmyzu** přicházejí v úvahu hlavně kožojedi, rybenky, pisivky, larvy mola šatního a červotoč.

Rozvoj plísní a bakterií nastává při R.V. 65% a vyšší a při T vyšší než 15°C. Vhodným substrátem mohou být jak papírové obaly a podložky, tak fotografické emulze (bílkoviny nebo arabská guma).

Projevy biologického napadení mohou být různé: Poškozené či ztracené (vyžrané) části podložky, obrazu nebo pasparty v důsledku působení hmyzu; v důsledku působení plísní černé nebo barevné skvrny, rozpad želatinové vrstvy nebo vrstvy arabské gummy a tím i nenávratná ztráta části obrazu, anebo rozpad papírové podložky.

II.3.5. Mechanické poškození

K mechanickému poškození fotografických materiálů může dojít v důsledku jejich nevhodného uložení (rozbití desek zatížením při horizontálním uložení, poškrábání negativů, uložených bez obalů,...), nebo neopatrnou manipulací.

II.4. Degradční projevy konkrétních fotografických materiálů

Je třeba mít na zřeteli, že vysoké teploty, vysoká vlhkost, světlo a polutanty urychlují degradaci všech fotomateriálů. Tento oddíl shrnuje pouze specifické projevy degradace konkrétních materiálů. V tabulce 1 je pak uvedeno srovnání citlivosti konkrétních fotografických materiálů vůči nejběžnějším degradačním faktorům.

- **Daguerrotypie** – vlhkost způsobuje korozi podložní vrstvy, stříbrný obraz se od ní potom odděluje; polutanty přispívají ke korozi kovů a na stříbrném obraze vzniká zbarvený závoj (žlutavý, magenta, modravý,...); obraz je velmi subtilní – jakékoli tření i opatrné otírání může způsobit jeho nenávratné zničení.
- **Ferrotypie** - (fotografie na kovové podložce) ve vlhkém prostředí vznikají ložiska koroze a v těchto místech se obraz odlupuje od podložky. Ferrotypie jsou často kryty laky, které jsou specificky citlivé vůči působení světla. Neměly by být proto vystavovány dlouhodobě. **Heliochromie** (barevné pozitivy na kovové podložce) by měly být chráněny před světlem a adjustovány pod sklem, hermeticky uzavřené.
- **Kovy, tvořící obraz v emulzi** (stříbro, platina, zlato, paládium) – zejména **stříbro** je velmi citlivé vůči působení polutantů. Jejich působením vzniká na obraze závoj, který může být zbarvený. Migrací stříbra na povrch želatinové emulze vznikají na tmavých místech fotografického obrazu stříbrná zrcátka. Vzácné kovy (platina, zlato, paládium) jsou odolnější. Je-li fotografie tónována těmito kovy, je k degradaci méně náchylná.
- **Sklo – skleněné negativy, pozitivy (ambrotypie), nebo diapozitivy na skleněné podložce (autochromy)**. Sklo je křehké, může být poškozeno (rozbito) mechanicky v důsledku nevhodné manipulace, nebo v důsledku nevhodného uložení desek (uložení naplocho a zatížení, nedostatečné proložení desek, uložení bez fixace v poloprázdné krabici,...). Dalším poškozením může být „koroze skla“, která nastává v důsledku dlouhodobého uložení ve vlhkém prostředí a působením kyselých polutantů, především sloučenin síry. (Sklo devitrifikuje a na jeho povrchu se objevují závoje z bělavých krystalků.) Ambrotypie by měly být adjustovány pod sklem, v hermeticky uzavřených rámech. Autochromy, respektive jejich pigmenty a barviva jsou navíc velmi citlivá na vodu, vlhkost, teplotu a světlo. Měly by být skladovány v suchu a neměly by být promítány (jen kopie).
- **Nitrocelulóza jako podložka historických filmů a negativů** (*filmová podložka do poloviny 20. Století*). Tomuto materiálu musí být věnována větší pozornost, neboť nejen že je dosti citlivý a v nevhodných podmínkách nevratně degraduje, ale může být i velmi nebezpečný svému okolí, a proto v některých zemích podléhá zvláštní legislativě. Nitrocelulóza je nestabilní a vysoce hořlavý materiál. Fotografické materiály (negativy a filmy) na bázi nitrocelulózy byly vyráběny od r. 1889 do r. 1951. Největší produkce nitrocelulóзовých materiálů byla mezi léty 1900 a 1939. V r. 1935 byly uvedeny na trh první filmy na bázi acetátů celulózy, které do r. 1939 nitrocelulózu prakticky nahradily.

Výroba nitrocelulózových filmů, zejména 35mm filmů, však ještě v malé míře pokračovala až do r. 1951. Nitrocelulóza se při normální (i nižší) teplotě rozkládá a přitom se uvolňují oxidy dusíku, z nichž za vlhka vzniká kyselina dusičná. Jestliže tyto plyny nejsou ze svítka (role nebo obalu filmu) odvětrávány, mohou reagovat s ještě nezdegradovaným nitrocelulózovým materiálem a urychlit tak jeho rozklad (proces autodegradace). V takovém případě film žloutne, později hnědne, povrch se stává lepivým, křehne a v konečné fázi se rozpadá na hnědavý prášek. Proces degradace tak končí minimálně kompletní destrukcí filmu – nosiče obrazu nebo zvuku, v horším případě však může vést i k samovolnému zvýšení teploty na kritickou mez, a tím způsobit požár.

Nitrocelulóza jako kolódiová emulze (*citlivá vrstva mokrých kolódiových desek a citlivá vrstva přímo kopírujících kolódiových papírů*) je křehká. Tyto fotografie jsou relativně citlivé vůči mechanickému poškození – poškrábání.

- **Acetáty celulózy** (*filmy, negativy, diapozitivy*) degradují především v důsledku působení světla a vlhka, ale degradují i za běžných teplot. Při jejich rozkladu se uvolňuje kyselina octová, je cítit zápach podobný octu (tzv. „octový syndrom“). Povrch filmu se stává lepivým, ztrácí se obraz, film křehne. Produkty degradace nejsou hořlavé a tedy natolik nebezpečné jako u nitrocelulózy, ale i tento typ degradace může vést až k totální destrukci filmu[5,11]. Acetáty celulózy by měly být uloženy ve tmě, na suchém a dobře větraném místě, nejlépe i v chladu.
- **PES** – leštěné snímky na polyesterovém podkladě jsou křehké a citlivé vůči mechanickému poškození – poškrábání.
- **Bílkoviny a arabská guma** jsou hlavní složky emulze, nesoucí obraz. Bílkoviny (vaječný albumin u **albuminotypií** anebo želatina u **želatinových emulzí**) jsou, stejně jako arabská guma, ideální potravou pro mikroorganismy – bakterie a plísně, zejména ve vlhkém prostředí. Všechny emulze na bázi bílkovin i arabské gumy jsou pak citlivé vůči působení vlhkosti a vody (botnají), albuminotypie jsou velmi citlivé vůči působení světla (blednou).
- **Terpenické laky** při dlouhodobé expozici na světle nebo v důsledku působení vyšší teploty mají tendenci tmavnout.
- **Pigmenty a barviva** ve fotografických materiálech mohou být minerální (např. **uhlotisk**) anebo organická (syntetická barviva, pruská modř u kyanotypie). Minerální barviva jsou na světle stálá a sama o sobě tedy nevyžadují žádné speciální ohledy, zatímco syntetická barviva časem degradují a v důsledku působení světla mají tendenci blednout (některá barviva však degradují a blednou i potmě). Požadavek minimálního vystavení působení světla a vyšších teplot se tedy týká **všech typů barevných fotografií, negativů i diapozitivů**. **Kyanotypie** (*pigmentem je pruská modř, pigment citlivý na pH*) blednou po příliš dlouhé expozici na světle, v zásaditém prostředí mohou měnit barevný tón (do zelena).
- **Papír** – degradaci papíru, který může být buď podložkou fotografického obrazu, nebo součástí adjustace fotografie, urychlují vyšší teplota, vlhkost (nebo naopak extrémně

suché prostředí), přítomnost kyselých polutantů a světlo. Papír žloutne, křehne, láme se, může být poškozen biologickými činiteli (mikroorganismy, hmyz).

Tab. 1: Specifická citlivost různých typů historických fotografických materiálů na světlo, abrazi, vlhkost, vodu a přítomnost polutantů [13] (barevně jsou odlišeny typy podkladů – kov, sklo, papír, syntetická podložka a plátno; počet + je úměrný citlivosti).

	světlo	abraze	polutanty	vlhkost	voda
daguerrotypie	++	+++	+++	+	+
ferotypie	++	+	+	+++	+++
heliochromie	+++	++	++	++	+
ambrotypie	++	++	++	++	+++
čb. diapositivy na skle	+	+	++	+	++
autochromy	++	+	++	++	+++
barevné diapositivy na skle	++	+	+	++	++
čb. foto na plátně panotypie	++	+	++	++	+++
slané papíry	++	+	+++	++	+
albuminotypie	++	+	++	++	+
čb. kolódiové fotografie na barytovaném papíře f.		++	+	+	+
čb. želatinostříbrné fotografie na barytovaném papíře	+	+	+	+	+
tónované fotografie (zlatotypie, platinotypie, paladiotypie,)	+	+	+	+	+
kyanotypie	+	+	+	+	+
karbonové a pigmentové tisky s minerálními pigmenty	+	+	+	+	+
nejstarší barevné fotografie	++	+	+	++	++
skleněné negativy želatinostříbrné	+	+	+	+	+
skleněné negativy albuminové a kolódiové	++	++	+	+	+++
čb. negativy na syntetické podl. (nitrat a acetát celulózy, PES)*	+	+	+	+++	+
barevné negativy na syntetické podložce*	++	+	+	+++	+

*viz. Str. 14 – V. Seznam použitých zkratk

II.5. Doporučení pro dlouhodobé uchování fotografických materiálů z hlediska preventivní konzervace

Doporučení a požadavky se obecně zaměřují na:

1. stavební požadavky na depozitář
2. klima (teplota, relativní vlhkost)
3. osvětlení
4. zajištění čistoty ovzduší
5. vyloučení biologického poškození
6. ukládání fotografických materiálů
7. manipulaci s fotografickými materiály
8. vystavování fotografických materiálů (expozice)

II.5.1. Obecné stavební požadavky na depozitář

V optimálním případě se jedná o stavbu, která byla od počátku koncipována jako depozitář, a splňuje všechna základní bezpečnostní, klimatická i hygienická kritéria. Je-li depozitář pouze součástí budovy s jinou funkcí, měl by být umístěn v teplotně nejstabilnější části budovy, v neprůchozí místnosti bez oken nebo s okny dobře izolovanými a zakrytými. (Ne v podkroví, ne ve sklepě ani v přízemí, nebo v bezprostředním sousedství průjezdu.)

Stavba, v níž se depozitář nachází, by měla mít vypracovaný krizový plán pro případ ohrožení živelnými pohromami (např. povodeň, požár,...) i pro případ ostatních nebezpečí (krádež, vandalismus,...). Nad místností depozitáře nebo dokonce v samotném depozitáři by neměla být vedena žádná potrubí, svody a vodovodní instalace, které by se mohly stát příčinou zatopení. Depozitář by měl být vybaven EPS a hasicím systémem, jehož spuštění by uložené sbírky ohrozilo co nejméně (např. inertní plyny).

II.5.2. Požadavky na klima (T., R.V.)

Existuje řada ISO norem, které doporučují teplotu a R.V. pro dlouhodobé uchovávání konkrétních typů fotografických materiálů[3,4]. Při navrhování úložných prostor pro fotografické materiály by měly být tyto normy vzaty v úvahu, i když dosažení doporučených parametrů klimatu ve všech bodech je velmi obtížné, zejména jedná-li se o sbírky různých fotografických technik. Souhrnné doporučení těchto norem (**BS ISO 18934: 2006 Imaging materials – Multiple media archives – storage environment**)[3] uvádí čtyři různá skladovací prostředí pro různé typy fotografických materiálů, viz. Tab. 2:

Tab. 2: Teplotní podmínky, vhodné pro skladování různých typů fotografických materiálů [2]. *Jestliže pro některý typ materiálu vyhovují dvě teplotní pásma, znamená to, že pásmo s nižší teplotou je pro jeho uložení optimální, ale i pásmo s vyšší teplotou je ještě přijatelné.*

Teplota prostředí	< 0 °C	studená	chladná	pokojeová
	-20°C - 0°C	0°C - 8°C	8°C - 16°C	16°C - 23°C
Negativy a pozitivy na skleněné a kovové podložce				
Nitráty a acetáty celulózy				
Negativy s podložkou z acetátů celulózy z 50. let 20. st.				
Novější černobílé negativy				
Nejstarší barevné filmy a fotografie				
Černobílé fotografie – podle stavu				

V ideálním případě by měly být fotomateriály skladovány v prostředí, které je pro daný typ materiálu optimální, ale protože zajištění dostatečně chladného prostředí po celý rok představuje enormně vysoké náklady na provoz budovy, je pravděpodobné, že v řadě institucí budou muset být pro podmínky uložení některých materiálů učiněny kompromisy. Výše uvedené hodnoty by měly pomoci při rozhodování, kterému typu materiálu by nejvíce prospělo skladování ve studeném, nebo jen v chladném prostoru, anebo pod bodem mrazu.

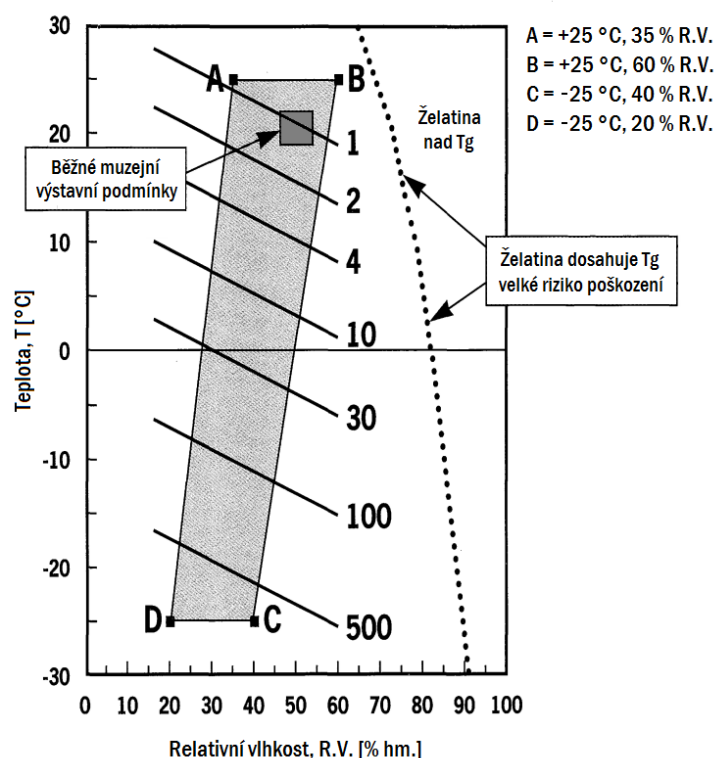
“**Chladný depozitář**”. Tento termín se používá pro depozitáře s teplotou nižší než 16°C, ale někdy i pro depozitáře chladnější (studené) a depozitáře s teplotou pod bodem mrazu. Jsou

dvě možnosti uložení fotografického materiálu při nízkých teplotách; buď se jedná o místnosti s řízeným klimatem, kde je fotomateriál uložen na policích v klimatizované chladné místnosti, anebo se jedná o speciálně vyrobené chladicí skříně, nebo mrazáky. Při nízkých teplotách je obtížné kontrolovat R.V., která by se měla stále udržovat v bezpečném intervalu (s klesající T klesá i přijatelná R.V. – při +25°C je bezpečný interval 40 - 60%, zatímco při -25°C je bezpečný interval 20 - 40%) [3]. Uzavřené chladicí skříně mohou mít uvnitř čidlo a zevně barevnou indikaci stavu R.V., která změnou barvy upozorní, jestliže se R.V. uvnitř zvýší nad bezpečný interval. V chladicí skříně bez indikace R.V. by fotografické materiály měly být uchovávány pod bodem mrazu pouze ve vzduchotěsných obalech, aby na jejich povrchu nemohlo dojít ke kondenzaci vody.

Teploty pod bodem mrazu jsou vhodné pro uchovávání nejstarších acetátů celulózy (černobílých i barevných negativů a diapozitivů). Po vyjmutí z mrazáku se nejdříve musí 2-3 hodiny aklimatizovat v uzavřeném obalu (aby na nich nezkondenzovala voda). Balení před opětovným uložením do mrazicího boxu musí probíhat v tzv. bezpečném klimatu (kombinace T a R.V., vyvozená ze závislosti T na R.V. – viz Obr. 1).

Některé historické budovy bez regulace klimatu jsou, zejména v zimním období a na jaře, chladné a s klesající teplotou zde stoupá relativní vlhkost. Jsou-li zde uloženy fotografické sbírky, je vhodné tyto budovy temperovat, aby byly zachovány stabilní deponitární podmínky a aby R.V. nestoupla nad bezpečnou mez.

Obr. 1: Znázornění závislosti teploty na relativní vlhkosti v interiéru[2,5]. Obdélník ABCD definuje „bezpečnou oblast“ klimatu pro dlouhodobé uchovávání fotografických materiálů s želatinovou emulzí. V oblasti za teplotou skelného přechodu (T_g) želatinou (tečkovaná křivka) emulze velmi rychle degraduje. Linky, označené 2, 4, 10, 30, 100 a 500 označují oblasti klimatu, v němž se rychlost degradace želatinou sníží (2x, 4x, 10x, ...) vzhledem k rychlosti degradace za běžných výstavních podmínek (=1).



II.5.3. Požadavky na osvětlení

- Většina fotografií z 19. století, zejména z počátků éry fotografie, by neměla být dlouhodobě vystavena působení světla. Nejstarší fotografické techniky byly do značné míry experimentální a těžko na ně lze vztahovat obecná pravidla.
- Další materiály extrémně citlivé na světlo jsou nejstarší barevné filmy, barevné tisky, kyanotypie, a nejstarší fotografie na RC podložce.
- Správně zpracované (dobře ustálené a vyprané) želatino-stříbrné fotografie, jsou při nízké hladině osvětlení relativně stabilní

Pro depozitáře i výstavní místnosti je nutné používat zdroje světla bez UV složky, případně UV složku odfiltrovat. Pro zarámování fotografií používat sklo s UV filtrem nebo speciální syntetické materiály, které UV složku nepropouštějí[1,2,5]. Intenzita osvětlení pro vystavení originálních fotografií by měla být 50 luxů, nebo maximálně 100 luxů, podle citlivosti. Fotografie by neměly být ve stálých expozicích vystaveny trvale, ale měly by být obměňovány. Originály zvláště citlivých fotografií by vůbec neměly být vystavovány.

Bez provedení mikrotestu blednutí (microfading test) [6], který by potvrdil jinou úroveň světlocitlivosti, musíme u každé fotografie předpokládat maximální citlivost na osvit, charakteristickou pro daný typ fotografického procesu, a podle toho rozhodovat o podmínkách a délce její expozice.

II.5.4. Doporučení k zajištění čistoty ovzduší

Znečištění, pocházející z exteriéru (z okolí budovy), lze vyloučit utěsněním oken a filtrací vzduchu přes filtry z aktivního uhlí. Tyto filtry je třeba pravidelně vyměňovat stejně jako jakékoli jiné filtry klimatizace (např. prachové).

Znečištění z vnitřních zdrojů lze vyloučit stavebním oddělením depozitáře od těch provozů, které jsou zdrojem polutantů (dílny, reprografická pracoviště,...). Zdrojem znečištění i vlhkosti mohou být i stavební práce, probíhající v budově. Tyto práce je nutné plánovat a v dostatečném časovém předstihu upozornit kurátora fotografických sbírek, aby mohla být včas učiněna příslušná opatření (přestěhování, uzavření, utěsnění,...). Aby byl vyloučen zdroj kyselých polutantů (např. z tvrdého dřeva), se preferuje ukládací mobiliář kovový nebo z měkkého nelakovaného dřeva.

II.5.5. Doporučení k vyloučení biologického poškození

Nové přírůstky anebo vracející se zapůjčené sbírkové předměty by měly být před definitivním uložením do depozitáře nějaký čas ponechány „v karanténě“, aby nekontaminovaly depozitář v případě, že by byly napadené hmyzem. **Obranou proti hmyzu** je dobrý úklid depozitáře (vysávání) a pravidelné kontroly případné aktivity hmyzu. *Místnosti i ochranné obaly může vysávat v rámci pravidelného úklidu uklízací služba, samotné fotomateriály uvnitř obalů by měl čistit pouze odborník – konzervátor.* Depozitář nikdy nemá sloužit jako pracovna, v depozitáři by se nemělo jíst ani pít. K ochraně před některými druhy hmyzu, které pro svůj rozvoj potřebují zvýšenou nebo vysokou vlhkost (např. pisivky), také přispívá udržení R.V. v doporučeném intervalu.

Jakékoli hubení hmyzu v depozitáři by vždy mělo být konzultováno s konzervátorem. Nedoporučuje se používání pesticidních prostředků ani plynování, neboť je obtížné

předpovědět účinky použitých chemikálií na fotografický materiál. V případě nutnosti hubit hmyz v depozitáři se dává přednost inertním atmosférám anebo vymrznutí.

I rozvoji plísní lze do značné míry zabránit udržováním klimatu v „bezpečném“ intervalu (rozvoj plísní nastává při R.V. 65% a vyšší a při T vyšší než 15°C). Jsou-li napadeny papírové nebo dřevěné obaly fotografických materiálů, měly by být neprodleně nahrazeny novými. *Ošetření ostatních fotomateriálů patří do rukou odborníka – restaurátora nebo konzervátora.* Fotografie na papíře, napadené plísněmi, lze dezinfikovat obdobně jako papír nebo useň v parách vodného roztoku n-butanolu[7]; ostatní fotografický materiál napadený plísní lze opatrně otřít buničinou navlhčenou etanolem.

II.5.6. Doporučení k ukládání fotografických materiálů

V ideálním případě by měly být různé typy fotografických materiálů skladovány separátně[2,5]. Zejména to platí pro **nitráty a acetáty celulózy**, jejichž degradační produkty (oxidy dusíku či kyselina dusičná a kyselina octová) jsou jedny z nejvýznamnějších iniciátorů degradace želatinové vrstvy, způsobují blednutí želatinostříbrných fotografií, korozi kovových podložek fotografií a urychlují degradaci papírových podložek, obalů a paspart.

Zarámované fotografie jsou ideální pro expozici, ale nikoli pro dlouhodobé uložení. Uvnitř rámu s paspartou se vytváří pro konkrétní fotografii specifické klima. Někdy to může být ku prospěchu fotografie (např. tlumí se prudké výkyvy klimatu okolního prostředí), někdy však může naopak přispívat k degradaci fotografie (např. když tvrdé dřevo, materiál pasparty, nebo nevhodná lepidla uvolňují do mikroklimatu zarámovaného prostoru kyselé polutanty). Proto se doporučuje pro dlouhodobé uložení fotografie vyrámovat. Je-li rám historicky nebo umělecky cenný, měl by být označen a uložen odděleně od fotografických materiálů[8].

Ukládací mobiliář (police, skříně) by měl být buď z nekyselého (měkkého) dřeva, nebo kovový s vypalovaným nebo práškovým lakem, anebo s eloxovaným povrchem.

II.5.6.1. Vhodné obalové materiály

Obalové materiály mohou být buď papírové, nebo plastové. **Papíry nebo kartony** by měly být minimálně nekyselé, v optimálním případě by měly vyhovovat normě „*American National Standard for Imaging Media (Photography), ANSI IT. 9.16 : 1993*“, (= norma pro obalové materiály pro dlouhodobé uchování želatinostříbrných fotografií). Výrobce v některých případech deklaruje, že papíry vyhovují P.A.T. (Photo Activity Test popsáný jako ANSI standard IT9.2-1988[5]).

P.A.T. vyhovují papíry, které:

- mají vysoký obsah celulózy (>87%)
- pH 6,5 – 7,5
- neobsahují: lignin, pufrý pH, částice kovů, kyseliny, peroxidy, formaldehyd, škodlivá degradující klíždla, ani síru v redukovatelné formě.

Kyanotypie mohou v zásaditém prostředí měnit barevný tón (do zelena). Měly by být skladovány v ochranných obalech z papíru bez zásadité rezervy.

Plastové obaly pro ukládání fotomateriálů nesmí obsahovat změkčovadla a měly by být používány pouze v klimaticky dobrém a stabilním prostředí. Většinou se pro tyto účely používá polyester (PES). Nikdy by nemělo být použito PVC, ani PVC fólie. Plastové obaly by neměly být používány pro velmi citlivé nebo porušené tisky a negativy, pro ručně kolorované pozitivy nebo negativy, pro odlupující se emulze, pro skleněné podložky, pro ferrotypie,

ambrotypie, anebo jiné zarámované fotografie a pro nejstarší filmové materiály. Je pravděpodobné, že v plastových obalech by takové materiály degradovaly rychleji[5].

II.5.6.2. Doporučení pro uložení negativů

Negativy by měly být uloženy jednotlivě v „obálcích“ se čtyřmi chlopněmi z nekyselého papíru ve tvaru kříže, kde středová část má velikost negativu a 4 přilehlá křídla se skládají přes negativ, uložený na střed[9]. Tento typ obalu zajišťuje, že při manipulaci (vyjímání a ukládání) nedojde k poškození negativu. Negativy by měly být uloženy v kartonových krabičkách vždy vertikálně (na hraně). V poloprázdné krabičce by negativy měly být fixovány oporou z nekyselého kartonu, nebo doplněním volného objemu zmačkaným papírem. Popis negativů (inv. č.,...) by měl být na obálce i na krabičce zvenku.

Zvláštní péče by měla být věnována rozbitým skleněným negativům. Měly by být uloženy zvlášť, jednotlivě a na plocho, zafixovány, eventuálně chybějící části doplněné papírem nebo lepenkou. Pro jakékoli lepení při fixaci je třeba používat nekyselý a snadno odstranitelný lepidlo, např. škrobovou pastu.

II.5.6.3. Doporučení pro uložení nitrocelulózových filmů a negativů

Negativy nebo filmy na nitrocelulózové podložce by měly být uloženy samostatně, neboť jejich degradační produkty významně urychlují i degradaci ostatních fotomateriálů[10]. Filmy by měly být navinuty emulzí dovnitř na perforované cívce, která umožní odvětrání, v čistých plechových obalech a ty skladovány na kovových regálech v chladném suchém prostředí, chráněny před polutanty[5]. (Doporučené hodnoty klimatu jsou uvedeny v oddílu **II.4.2.**).

Při práci s nitrocelulózovými nosiči používejte latexové ochranné rukavice a pracujte v dobře větraném prostředí. **Pro převážení nitrocelulózových materiálů platí zvláštní bezpečnostní předpisy jako pro manipulaci s prudce hořlavými a výbušnými látkami.**

S ohledem na vysokou hořlavost materiálu by měly být skladovací prostory pro nitrocelulózové filmy situovány mimo hlavní budovu a hlavní depozitář a měly by být samostatně posuzovány z hlediska požární bezpečnosti.

Přes veškerou snahu o fyzické uchování těchto materiálů, jako nejméně stabilní, by měly být digitalizovány.

II.5.6.4. Doporučení pro uložení filmů na bázi acetátů celulózy

Acetáty celulózy za běžných teplot rovněž degradují, při jejich rozkladu se uvolňuje kyselina octová, je cítit zápach podobný octu (tzv. „octový syndrom“). Současně film vykazuje známky poškození- povrch se stává lepivý, ztrácí se obraz, film křehne. I když produkty degradace nejsou hořlavé a tedy natolik nebezpečné jako u nitrocelulózy, i tento typ degradace může vést až k totální destrukci filmu[5,11].

Filmy by měly být navinuty na plastové cívky emulzí dovnitř a v čistých plechových kazetách uloženy naplocho na regálech v chladném a suchém prostředí. V plechové kazetě by kromě filmu neměly být žádné papíry, aby nedocházelo ke shrnutí nebo jinému mechanickému poškození filmu (popis a všechny další informace by měly být uloženy vně kazety).

Pro indikaci kyselých výparů („octového syndromu“) existují testovací papírky, které se v kyselém prostředí zbarví (A-D strips[12]); kyselá látka z ovzduší lze sorbovat prostředky na bázi aktivního uhlí (ve formě granulí, patron, nebo netkaných textilií).

II.5.7. Doporučení k manipulaci s fotografickými materiály

Fotografické materiály, zejména skleněné desky a historické materiály, které jsou již do určité míry degradované, jsou křehké a citlivé vůči mechanickému poškození a mělo by se s nimi proto zacházet velmi opatrně. Měly by být uloženy v ochranných obalech na regálech nebo ve skříních v dobře dostupných výškách, aby při manipulaci nehrozilo, že spadnou na zem; v blízkosti by měly být k dispozici dostatečně velké odkládací plochy (pořádací stoly apod.). Pro práci s filmy, negativy i s fotografiemi jsou vhodné čisté bavlněné rukavice, pro práci s nitrocelulózovými negativy a filmy se doporučují latexové rukavice.

Fotomateriály, dlouhodobě uložené v mrazicích boxech, se musí po vyjmutí z mrazáku nejdříve 2-3 hodiny aklimatizovat v uzavřeném obalu (aby na nich nekondenzovala voda).

Balení před opětovným uložením do mrazicího boxu musí probíhat v tzv. bezpečném klimatu (viz oddíl II.4.2.).

Pro transport musí být zejména skleněné desky dobře zajištěny - uloženy v obálkách, proloženy měkkým materiálem a pevně fixovány v ochranných obalech (v krabicích).

II.5.8. Doporučení pro expozice

Pro materiály, používané k adjustaci fotografií v expozici, platí stejné požadavky, jako na materiály, používané pro obaly při dlouhodobém uložení fotomateriálů (viz II.4.6.1.).

Ve výstavním sále by měly být co nejstabilnější klimatické poměry (bez prudkých výkyvů) 18 - 21°C a 30 - 50% R.V. Zajistit čistotu vzduchu ve výstavních prostorách je bez klimatizace a filtrace prakticky nemožné, proto by zvláště citlivé exponáty měly být umístěny ve speciálních hermeticky uzavřených vitrínách, které jim po dobu vystavení zajistí čisté ovzduší. (Pro sorpci kyselých látek lze použít sorbenty z aktivního uhlí) [1].

Z osvětlení by měla být odfiltrována UV složka. UV filtry mohou být umístěny přímo na světelných zdrojích, zarámované fotografie mohou být kryty materiály, pohlcujícími UV složku záření ať již syntetickými (např. Acrylite FF-OP, Lexan MR5, Lucite UF1-4, Perspex UVA-5,...) nebo speciálními skly (např. True Vue Conservation Glass, Amiran TN, Mirorgard Protect,...)

Protože působení světla je kumulativní, měla by být dodržena maximální dávka osvětlení, stanovená buď na základě fotografického procesu (a předpokládané citlivosti) vystaveného díla (viz tab. 3), anebo na základě měření citlivosti konkrétní fotografie (microfading test) [6].

Tab. 3: Doporučení pro omezení expozice na světle pro různé fotografické materiály¹.

kategorie	Fotografický proces	Max. roční expozice (osvit)
Kat. 1 zvláště citlivé	Fotografie z 19. st.	12.000 lx .hod
	„Instantní“ fotografie (např. Polaroid)	
	Barevné chromogenní materiály (složky: žlutá/purpurová/azurová)	
Kat. 2 dosti citlivé	Barevné fotografie zhotovené postupným přenosem barviv na želatinovou podložku („dye-transfer“ proces)	42.000 lx .hod
	Barevné fotografie na vybělovacích materiálech (Ilfochrome Classic)	
	Černobílé fotografie na RC podložce	
Kat. 3 citlivé	Černobílé fotografie na barytovaném papíře	84.000 lx .hod
	Monochromní fotografie tvořené pigmentem	

III. Srovnání „novosti postupů“ oproti původním postupům a jejich zdůvodnění:

Uvedené informace shrnují publikované poznatky a doporučení z posledních 25-ti let z oboru preventivní konzervace fotomateriálů ze zahraničních (britských, amerických a francouzských) zdrojů, a to jak z muzeí, tak z institucí, specializovaných pro výzkum a ochranu fotomateriálů (viz citace literatury). Autorům není známo, že by existoval obdobný, rozsahem srovnatelný materiál v českém jazyce.

IV. Uplatnění certifikované metodiky – pro koho je určena a jak bude uplatňována

Metodika je určena v první řadě pro pracovníky muzeí, galerií, archivů, pro kurátory a správce sbírek fotografických a filmových materiálů v různých institucích nebo ústavech památkové péče a také pro všechny milovníky fotografií, kteří mají nebo si budují svou vlastní sbírku.

V. Seznam použitých zkratk

T.....teplota [$^{\circ}\text{C}$]

R.V.....relativní vlhkost [% hm.]

UVultrafialový

IR (nebo IČ)infračervený

PES ...polyester

PE.....polyethylén

RC.....označení pro moderní fotografické podložky (*resin coated*)

Tg.....teplota skelného přechodu (*Amorfni látky se mohou vyskytovat ve velmi viskózním sklovitém (tuhém) stavu nebo v méně viskózním kaučukovitém stavu. Přechod mezi těmito stavy se obecně nazývá skelný přechod.*)

pH.....vyjádření kyselosti vodného roztoku ve stupnici 0-14, přitom pH 7 označuje neutrální roztok, pH<7 kyseliny a pH>7 zásady (*pondus hydrogenia = záporný dekadický logaritmus aktivity vodíkových iontů*)

EPS.....elektronická požární signalizace

ISO.....International Organization for Standardization (*Mezinárodní společnost pro normalizaci, která vydává technické normy s mezinárodní platností, tzv. ISO normy*)

VI. Seznam použité literatury:

1. Bertrand Lavédrine, Jean-Paul Gandolfo et Sibylle Monod: *les Collections photographiques – Guide de conservation préventive*; publ. Arsag, Paris 2000, ISBN 2-9516103-0-0
2. Susie Clark: *Preservation of photographic material*; The British Library Preservation Advisory Centre, London 2009, ISBN 978 0 7123 0909 7
3. ISO 18934: 2011 Imaging materials – Multiple media archives – storage environment (vypracoval Technical Committee ISO/TC 42, *Photography*)*
 - *[ISO 10356](#), *Cinematography – Storage and handling of nitrate-base motion-picture films*
 - *[ISO 18911](#), *Imaging materials – Processed safety photographic films – Storage practices*
 - *[ISO 18918](#), *Imaging materials – Processed photographic plates – Storage practices*
 - *[ISO 18920](#), *Imaging materials – Reflection prints – Storage practices*
 - *[ISO 18923](#), *Imaging materials – Polyester-base magnetic tape – Storage practices*
 - *[ISO 18925](#), *Imaging materials – Optical disc media – Storage practices*
4. ČSN ISO 11799 Informace a dokumentace – Požadavky na ukládání archivních a knihovních dokumentů, Český normalizační institut 2006
5. Museums & Galleries Commission, ed. Crispin Paine: *Standards in the Museum Care of Photographic Collections 1996*, London; ISBN 0-948630-42-6
6. P.M. Whitmore, C. Baillie, S.A. Connors: *Micro-fading tests to predict the result of exhibition: progress and prospects*, in: A. Roy, P. Smith, Eds.: *Tradition and Innovation: Advances in Conservation*, London 2001, International Institute for Conservation, p. 200-205
7. Bronislava Bacilková: *Study on the Effect of Butanol Vapours and other Alcohols on Fungi*; Restaurator, Vol. 27, Nr. 3 (2006), p. 186-199.
8. American National Standards Institute. *American National Standard for Imaging Media-Photographic Processed Films, Plates, and Papers-Filing Enclosures and Storage Containers*. No. ANSI IT9.2-1988, 1988
9. Bonnie Wilson: *Care of Photographic Materials*; TECH TALK in Minnesota History Interpreter, p.4; July 1998
10. Tony Knapp, Diane Vogt-O'Connor: *Caring for Cellulose Nitrate Film in The Conserve O Gram as a reference on collections management and curatorial issues N° 14/8*. The series is available on line at http://www.cr.nps.gov/museum/publications/consveogram/cons_toc.html; Revised by the Museum Management Program, 2004, Contact NPS Museum Management Program, 1849 C Street NW (2265), Washington, DC 20240; (202) 354-2000.
11. Reilly, J. M., P. Z. Adelstein, md D. Nishimura *Preservation of Safety Film*. Rochester, NY: Image Permanence Institute, Rochester Institute of Technology, 1991
12. A-D strips; Image Permanence Institute, Rochester NY, e-shop <https://www.imagepermanenceinstitute.org/store/media-preservation/ad-strips>
13. Bertrand Lavédrine: (re)Conaitre et conserver les photographies anciennes, publ. CTHS 2007, Paris, ISBN 978-2-7355-0632-3

VII. Seznam publikací

1. Eva Svobodová, Ivana Kopecká: *Identifikace korozního poškození skleněných negativů*; poster na konferenci konzervátorů a restaurátorů, Ústí n/Labem (září 2014)
2. Ivana Kopecká: *Preventivní konzervace – požadavky, standardy a možnosti v roce 2014*; Konference konzervátorů a restaurátorů, Ústí n/Labem (září 2014), str. 67-70, ISSN 1805-0050, ISBN 978-80-87896-08-2
3. Ivana Kopecká: *Preventivní konzervace fotografických materiálů*; přednáška na workshopu „Fyzikální a chemické metody průzkumu fotografických materiálů“ NTM, 2.12. 2014
4. Ivana Kopecká, Eva Svobodová, Tomáš Trojek – poster na konferenci: Research on Historical Industrial Photographs; *Conference Les Sciences de la Conservation du Patrimoine et le developpement durable; Acquis, Recherche, Innovation*; 22. – 25. octobre 2013, Paris.
5. Ivana Kopecká, Eva Svobodová, Tomáš Štanzel, Tomáš Čechák, Tomáš Trojek: *Metody identifikace a průzkumu černobílých fotografických děl na papíře*; Sborník XV. Semináře restaurátorů a historiků, IX 2012 v Olomouci; ISBN978-80-86712-48-2
6. Pavel Zítek, Tomáš Vyhlídal, Miloslav Němeček, Ivana Kopecká: *Moisture Sorption Stabilization as a Preventive Conservation Technique*, Proceedings of 7th European Commission conference Safeguarded Cultural Heritage. Understanding & Viability for the Enlarged Europe, Prague, Czech Republic, 31 May - 3 June 2006, publ. ITAM 2007, ISBN 978–80-86246-29-1, vol. 2, p. 71-78
7. Ivana Kopecká a kol. : *Preventivní péče o historické objekty a sbírky v nich uložené*, Státní ústav památkové péče Praha, 2002, Příloha časopisu Zprávy památkové péče, ročník 62, ISSN 1210-5538, ISBN 80-86234-28-2
8. Ivana Kopecká: in Preventive Conservation of Collections, NM Prague 2000, ISSN 80-7036-114, p. 1-29, 37-39, 47-49
9. Ivana Kopecká, Martin Dvořák: *Nároky na muzejní úložné prostory z hlediska stability různých materiálů*, Zprávy památkové péče, n. 8, 1995, samostatná příloha p. I-XV

VIII. Souhrn – Summary

Metodika pro analýzu preventivní konzervaci fotografických materiálů je určena především pro pracovníky muzeí, galerií, archivů, pro kurátory a správce sbírek fotografických a filmových materiálů.

Uvádí faktory, které přispívají k degradaci nejběžnějších typů historických fotografických materiálů a mechanismy jejich působení. Dále uvádí optimální podmínky dlouhodobého uložení fotografických materiálů – tzn. klimatické podmínky (T a R.V.), vhodné pro konkrétní typy fotografických materiálů, obecné požadavky na depozitář a doporučení pro uložení, požadavky, kladené na obalové materiály a ukládací mobiliář. Součástí metodiky jsou i doporučení ke způsobu manipulace a k podmínkám vystavování historických fotografií.

Summary

The methodology for preventive conservation of photographic materials is intended primarily for curators and administrators collections of photographic and film materials in museums, galleries, archives.

It sets out the factors that contribute to the deterioration of the most common types of historical photographic materials and mechanisms of their action. It also states the optimum conditions of long-term storage of photographic materials - ie. climat (T and RH), suitable for specific types of photographic materials, general requirements for depository and recommendations for long-term storage, requirements on the packaging and storage furniture. Parts of this methodology are also recommendations on how to manipulate and conditions under exhibiting historical photographs.