

SBORNÍK WORKSHOPU PROJEKTU

NAKI DF11P010VV020

**„METODIKA HODNOCENÍ VLIVU KVALITY
OVZDUŠÍ NA KNIHOVNÍ A ARCHIVNÍ FONDY“**

24. listopad 2015, Praha

**TENTO PROJEKT BYL PODPOŘEN
MINISTERSTVEM KULTURY**

**Vydáno ve spolupráci s Národní knihovnou ČR a Ústavem chemických procesů AV
ČR**

Editor: Ludmila Mašková

Praha 2015

ISBN 978-80-7050-663-9 (Národní knihovna ČR)

ISBN 978-80-86186-76-4 (Ústav chemických procesů AV ČR, v.v.i.)

© Národní knihovna ČR, 2015

© Ústav chemických procesů AV ČR, 2015

OBSAH

Program	4
Úvod.....	5
Metodika hodnocení zatížení vnitřního prostředí knihoven a archivů prachovými částicemi	6
Mikrobiální kontaminace prostředí vybraných archivních a knihovních depozitářů...12	
Monitoring plynného znečištění archivních depozitářů pomocí AAF kupónů.....	16
Průzkum identických tisků z 18. století dlouhodobě uložených ve třech lokalitách: nedestruktivní měření fyzikálně-chemických vlastností papíru	23
Vliv rozdílných podmínek uložení na vlastnosti knihovních materiálů	32
Vliv prachových částic na degradaci celulózy	40
Vliv prachu na vlastnosti kolagenních materiálů.....	48
Metodika výběru prostředků k mechanickému čištění prachových částic z povrchu papíru a jejich vliv na degradaci celulózy	52
Vliv konstrukce ochranných obalů na jejich prachotěsnost.....	58

PROGRAM

9:00-9:30 Registrace účastníků
9:30 Zahájení workshopu J. Smolík
Metodika hodnocení zatížení vnitřního prostředí knihoven a archivů prachovými částicemi L. Mašková, J. Smolík, J. Ondráček
Mikrobiální kontaminace prostředí vybraných archivních a knihovních depozitářů B. Bacílková
Monitoring plynného znečištění archivních depozitářů pomocí AAF kupónů M. Ďurovič, R. Straka
Průzkum identických tisků z 18. století dlouhodobě uložených ve třech lokalitách: nedestruktivní měření fyzikálně-chemických vlastností papíru J. Novotný, M. Součková, K. Boldan
11:00-11:30 Přestávka
Vliv rozdílných podmínek uložení na vlastnosti knihovních materiálů M. Součková, P. Vávrová
Vliv prachových částic na degradaci celulózy B. Bartl, L. Mašková, H. Paulusová, J. Smolík, L. Bartlová, P. Vodička
Vliv prachu na vlastnosti kolagenních materiálů M. Součková, L. Mašková, J. Smolík
Metodika výběru prostředků k mechanickému čištění prachových částic z povrchu papíru a jejich vliv na degradaci celulózy na degradaci celulózy M. Benešová
Vliv konstrukce ochranných obalů na jejich prachotěsnost B. Bartl, L. Bartlová, H. Paulusová
13:00 Zakončení workshopu

ÚVOD

Preventivní péče je považována za jednu z neúčinnějších konzervátorských a restaurátorských metod. Spočívá zejména v eliminaci všech rizikových faktorů, urychlujících degradaci materiálů a vedoucích tím k poškození sbírkových předmětů. Významnými degradačními faktory jsou teplota, vlhkost, světlo, plynné nečistoty, prach, biologičtí škůdci a v neposlední řadě i nešetrné zacházení.

V období 2011-15 je v rámci projektu NAKI DF11P010VV020 "Metodika hodnocení vlivu kvality ovzduší na archivní a knihovní fondy", řešeném Ústavem chemických procesů AV ČR ve spolupráci s Národní knihovnou ČR a Národním archivem, zkoumán vliv vnitřního prostředí na poškození archivních a knihovních sbírek. Součástí řešení bylo sledování stupně znečištění vnitřního ovzduší vybraných archivů a knihoven prachovými částicemi a plynnými polutanty, s cílem zjistit možné zdroje znečištění.

Výsledky ukázaly, že: a) v archivech a knihovnách s přirozenou ventilací vzduchu tvoří jemné prachové částice a nanočástice více než 80% zátěže vnitřního ovzduší prachem, b) tyto částice pocházejí převážně z vnějšího ovzduší a obsahují zejména saze, organické složky a síran a dusičnan amonný a c) saze a organické složky znečišťují sbírkové předměty, dusičnan amonný produkuje čpavek a agresivní kyselinu dusičnou, síran amonný přispívá významně k degradaci celulózy. Při řešení projektu byly také porovnávány různé metody mechanického čištění povrchu papíru, znečištěného prachem. Výsledky ukázaly, že žádná z patnácti testovaných technik zcela nevyhovuje požadavkům na dokonalé vyčištění. Pomocí měřicího systému SurveNIR byly dále u inkunábulí z 15. století a identických tisků z pražských tiskáren vydaných v 18. století, uložených v Národní knihovně v Klementinu a v depozitářích na Zlaté Koruně a v Teplicích, porovnávány hodnoty vlastností odrážející chemického poškození papíru. Vyšší chemická degradace byla pozorována u svazků uskladněných v Praze. Výsledky tak opět potvrzují, že kvalita vnitřního prostředí, ve kterém jsou knihy a archiválie uloženy, má výrazný vliv na jejich stav.

Jiří Smolík
Hlavní řešitel projektu

METODIKA HODNOCENÍ ZATÍŽENÍ VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ KNIHOVEN A ARCHIVŮ PRACHOVÝMI ČÁSTICEMI

Ludmila MAŠKOVÁ, Jiří SMOLÍK, Jakub ONDRÁČEK

Ústav chemických procesů AV ČR, Praha, maskova@icpf.cas.cz

Cílem této práce bylo vytvoření metodiky vedoucí k zhodnocení zatížení vnitřního prostředí knihoven a archivů prachovými částicemi. Jednoduchým způsobem je použití pasivního vzorkovače, na kterém prach usazuje. K detailnější analýze byl vyvinut nový aerosolový spektrometr. Pomocí tohoto přístroje je možné zhodnotit dynamiku koncentrací prachových částic, odhalit intenzitu vnitřních zdrojů a stanovit vztah vnitřního a vnějšího prostředí. Měření je vhodné doplnit chemickou analýzou částic, pomocí které lze odhadnout možný vliv na materiály.

Obvyklými parametry, které jsou v muzeích, knihovnách a depozitářích sledovány, jsou většinou pouze teplota a relativní vlhkost, v některých případech intenzita UV záření a koncentrace některých plynných polutantů (Hatchfield, 2002). Ke znečištění však výrazně přispívají i prachové částice. Cílem této práce bylo vytvoření metodiky vedoucí k zhodnocení zatížení vnitřního prostředí knihoven a archivů prachovými částicemi za účelem snížení škod na uložených fondech, způsobených nepříznivými vlivy prostředí. Za tímto cílem byl vyvinut soubor postupů a nástrojů pokročilého monitoringu kvality vnitřního ovzduší.

METODIKA

Jednoduchým způsobem zhodnocení zatížení vnitřního prostředí prachovými částicemi je použití pasivního vzorkovače, na kterém se prach usazuje a jeho koncentrace se následně zjišťuje pomocí iontové chromatografie. Doposud vyvinuté pasivní vzorkovače prachových částic hodnotily pouze příspěvek hrubých částic a zcela zanedbávaly vliv submikronové frakce (Costa a Dubus, 2007, Lloyd a kol., 2007). Nově vyvinuté vzorkovače jsou exponovány v orientaci směřující nahoru a dolů, čímž umožňují posoudit jak celkovou depozici částic pomocí sedimentace a difúze na vzorkovač směřující nahoru, tak i depozici submikronových částic pomocí difúze na vzorkovač směřující dolů (Obr. 1).



Obr. 1: Příklad umístění pasivních vzorkovačů depozice prachových částic v depozitáři Jihočeské vědecké knihovny na Zlaté Koruně

K detailnější analýze byl vyvinut nový aerosolový spektrometr, který umožňuje měření rozdělení částic v širokém velikostním rozmezí od 20 nm do 20 μm zároveň ve vnitřním i vnějším ovzduší. Pomocí tohoto přístroje je možné zhodnotit dynamiku koncentrací prachových částic, zjistit intenzitu vnitřních zdrojů a stanovit vztah vnitřního a vnějšího prostředí. Přístroj monitoruje zároveň kvalitu vnitřního i vnějšího prostředí, čímž eliminuje chybu měření více přístroji. Měření je vhodné doplnit chemickou analýzou částic, pomocí které lze odhadnout možný vliv prachových částic na materiály a detailněji popsat zdroje znečištění (Mašková a kol., 2014).

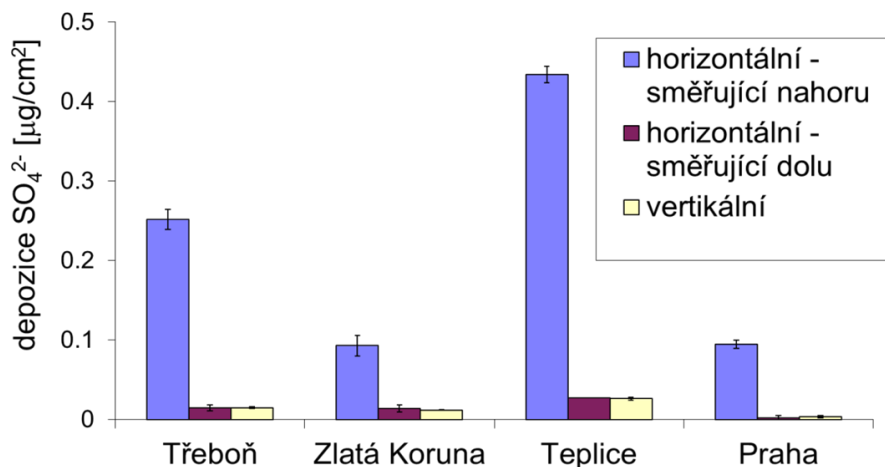
PŘÍPADOVÁ STUDIE

Metodika byla ověřena ve 4 typech archivů v průběhu různých ročních období. Měření probíhala na lokalitách, které reprezentují odlišné venkovní prostředí: (1) malá obec (Jihočeská vědecká knihovna na Zlaté Koruně), (2) malé město (Státní oblastní archiv v Třeboni), (3) průmyslová oblast (knihovna Regionálního muzea v Teplicích) a (4) velké město (Národní archiv v Praze). Tři z vybraných archivů byly přirozeně větrané (Třeboň, Zlatá Koruna a Teplice) a jeden byl vybaven ventilačním a filtračním systémem (Praha). Všechny archivy byly pro veřejnost uzavřené, kromě archivu v Praze, do kterého měly přístup malé skupinky návštěvníků. Veškeré další vnitřní aktivity v těchto prostorách byly velmi omezené.

Pasivní vzorkovače

Pasivní vzorkovače byly exponovány pod dobu jednoho roku, množství deponátu bylo sledováno stanovením koncentrace síranu amonného, který je jednou ze složek jemných a hrubých prachových částic, pomocí iontové chromatografie. Nejvyšší koncentrace síranu byly nalezeny na horizontálních vzorkovačích směřujících nahoru, což bylo způsobeno zejména depozicí hrubých částic pomocí sedimentace. Výsledky také

ukázaly, že jemné částice se mohou deponovat na veškeré dostupné povrchy knih a mohou pronikat i mezi jednotlivé listy (Obr. 2).



Obr. 2: Celková depozice síranu na pasivní vzorkovače

Vnitřní koncentrace

V jednotlivých lokalitách byly sledovány aerosolovým spektrometrem koncentrace částic jak ve vnitřním tak vnějším ovzduší. Výsledky ukázaly, že prakticky jediným zdrojem jemným částic v ovzduší archivů a depozitářů jsou částice pronikající dovnitř z vnějšího ovzduší a prakticky jediným zdrojem hrubých částic pak aktivity personálu a přítomnost návštěvníků. Vnitřní koncentrace jemných částic byly ve všech případech nižší než vnější, a to z důvodu ztrát při průniku částic obálkou budov a následnou depozicí na vnitřní povrchy (knihy, police apod.)

Dalším důvodem byly i velmi omezené vnitřní zdroje. V přirozeně větraných archivech se vnitřní početní koncentrace pohybovaly v řádech 10^3 částic/cm³, což je obvyklé pro městské přirozeně ventilované vnitřní prostředí bez vnitřních zdrojů. Ve filtrovaném archivu byly tyto koncentrace o řád nižší.

Zdroje

V jednotlivých lokalitách byly prachové částice odebírány na filtry a následně analyzovány na obsah vodorozpustných iontů (iontová chromatografie), prvků (PIXE) a na obsah organického a elementárního (saze) uhlíku (termo-optická metoda). Na základě přítomnosti typických prvků pak byly odhadovány možné zdroje.

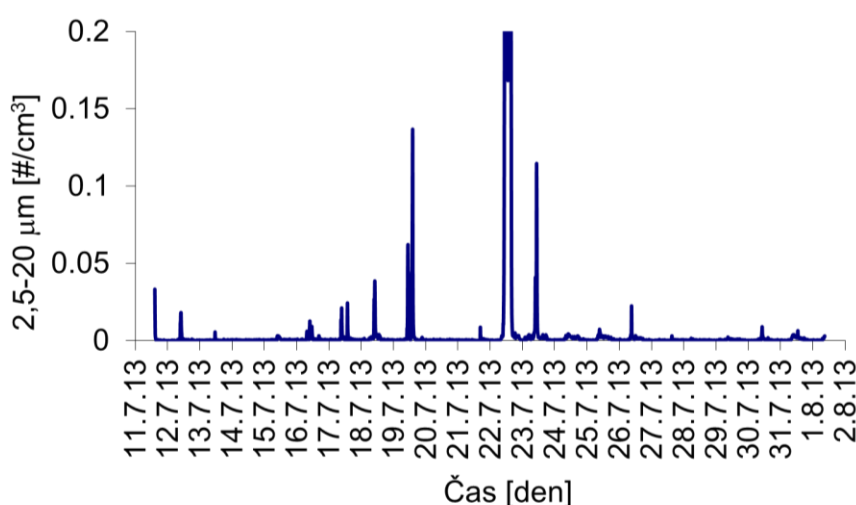
Draslík v jemné frakci je typickým markerem spalování biomasy (Rau a kol., 1989). Výsledky naznačují, že domácí topeniště jsou významným zdrojem částic ve vnitřním prostředí přirozeně větraných archivů v malých městech (Třeboň a Teplice), ale také v malé obci (Zlatá Koruna). V letních měsících pak na Zlaté Koruně bylo zdrojem pálení dřeva v táborových ohních, zatímco na všech ostatních lokalitách se v tomto období hodnoty pohybovaly na hranici detekčního limitu. V Praze byly koncentrace těchto částic opět velmi silně redukovány díky filtračnímu systému.

Měď v hrubé frakci je typickým markerem pro automobilovou dopravu (Viana a kol., 2008). Tyto částice pocházejí z otěru brzd a různých částí motoru. Ze sezónní variability koncentrací tohoto prvku ve vnitřním prostředí knihoven vyplývá, že doprava představovala významný zdroj částic především v přirozeně ventilovaných městských

knihovnách (Třeboň a Teplice), zatímco ve filtrovaném městském archivu (Praha) byl vliv opět zanedbatelný. V archivu na Zlaté Koruně se doprava projevila jako významný zdroj částic pouze v průběhu letní turistické sezóny.

Koncentrace stopových prvků v jemné frakci byly ve vnitřním prostředí všech sledovaných knihoven většinou velmi nízké nebo pod detekčním limitem. Jedinou výjimkou byla knihovna v Teplicích, kde byly pozorovány několikanásobně vyšší koncentrace některých stopových prvků (Cr, Mn, Ni, Pb, Sr, Ti a Zr) než na ostatních lokalitách. Zmíněné kovy jsou v jemné frakci typické pro emise z průmyslu (Minguillon a kol., 2012).

Zvýšené koncentrace hrubých částic ve vnitřním ovzduší jsou typickým markerem pro vnitřní aktivity (Cassar a kol., 1999). Koncentrace hrubých částic (2,5-20 μm) v archivu v Praze vykazovaly periodický nárůst a pokles v závislosti na přítomnosti návštěvníků. To ukazuje návštěvníky jako zdroj těchto částic (Obr. 3).



Obr. 3: Časový průběh početních koncentrací hrubých částic velikostní frakce 2,5-20 μm ve vnitřním prostředí archivu v Praze

Vliv na materiály

Dominantní chemickou složkou jemných i hrubých částic na všech lokalitách byly organické látky (průměrně 67%). Tyto částice mohou způsobovat viditelné zašpinění povrchů (Baer a Banks, 1994; Brimblecombe a Grossi, 2004), ale mohou být i hygroskopické a přispívat tak k navlhání předmětů (Hatchfield, 2002). Elementární uhlík, který průměrně představoval 12% vnitřního prachu, může rovněž způsobovat zašpinění a tmavnutí povrchů (Baer and Banks, 1994; Brimblecombe and Grossi, 2004) a navíc má schopnost působit jako adsorbent pro plynné polutanty (Springmann a kol., 2009). Síran amonný, který reprezentoval zhruba 10% vnitřních částic, může být příčinou degradace barev (Brimblecombe, 1990) a v důsledku svých hygroskopických vlastností také způsobovat navlhání (Hatchfield, 2002). Hrubé částice, které představovaly asi 20% vnitřního aerosolu, mohou způsobovat abrazi povrchů (Nazaroff a Cass, 1991). V průměru 26% hrubých částic bylo tvořeno prvky zemské kůry, které mohou být rovněž původcem zašpinění (Baer and Banks, 1994; Brimblecombe and Grossi, 2004). Zhruba 2% částic představoval prach bohatý na železo. Tyto částice mohou hrát katalytickou roli při oxidaci oxidu siřičitého na kyselinu sírovou (Thomson, 1965), která je původcem barevných změn materiálu. Z těchto výsledků vyplývá, že zhruba 85% částic nalezených ve vnitřním prostředí archivů má potenciál působit

zašpinění povrchů, 20% slouží jako centrum kondenzace vlhkosti nebo adsorbce plyných polutantů, 20% může způsobovat abrazi a 15% představuje riziko pro stálost barev.

ZÁVĚR

Tato metodika je široce využitelná v muzeích, knihovnách, archivech, galeriích a depozitářích, neboť prachové částice představují velmi podstatný zdroj znečištění těchto prostor. Pasivní postup stanovení slouží především jako jednoduchá metoda k odhalení možných problémových lokalit, na které je třeba se zaměřit. Detailnější analýzu zdrojů a případného vlivu na uložené materiály pak poskytuje nový aerosolový spektrometr a studie chemického složení částic.

LITERATURA

Baer, N.S., Banks, P.N. Indoor air pollution: Effects on cultural and historical materials. Care of collections. Londýn a New York : *Routledge*, 150-163, (1994).

Brimblecombe, P. Review article: The composition of museum atmospheres. *Atmos. Environ.*, 24B, 1, 1-8, (1990).

Brimblecombe, P., Grossi, C.M. The rate of darkening of material surfaces. Air Pollution and Cultural Heritage. Londýn, 193-198, (2004).

Cassar, M., Blades, N., Oreszczyn, T. Air pollution levels in air-conditioned and naturally ventilated museum: a pilot study. Preprints of the 12th Triennial Meeting of the ICOM Committee for Conservation. Lyon : *International Council of Museums*, 1, 31-37, (1999).

Costa, V., Dubus, M. Impact of the Environmental Conditions on the Conservation of Metal Artifacts: an Evaluation Using Electrochemical Techniques. Copenhagen : *National Museum of Denmark*, 63-65, (2007).

Hatchfield, P.B. Pollutants in the Museum Environment, Practical Strategies for Problem Solving in Design Exhibition and Storage . London : *Archetype Publications*, (2002).

Lloyd, H., Bendix, C., Brimblecombe, P., Thickett, D. Dust in historic libraries. T., Borchersen, K. Padfield. Museum microclimates. Copenhagen : *National Museum of Denmark*, (2007).

Mašková, L., Smolík, J., Vodička, P. Characterization of Particulate Matter in Different Archives. 15th Annual Conference of the Czech Aerosol Society, *Proceedings of 15th Annual Conference of the Czech Aerosol Society*, Valtice, Czech Republic, 30-31 October 2014, 65-66.

Minguillon, M.C., Querol, X., Baltensperger, U., Prevot, A.S.H. Fine and coarse PM composition and sources in rural and urban sites in Switzerland: Local or regional pollution? *Sci.Total Environ.*, 427-428, 191-202, (2012).

Nazaroff, W.W., Cass, G.R. Protecting museum collections from soiling due to the deposition of airborne particles. *Atmos. Environ.*, 25(5-6), 841-852, (1991).

Rau, J.A. Composition and Size Distribution of Residential Wood Smoke Particles. *Aerosol Sci. Technol.*, 10(1), 181-192, (1989).

Springmann, M., Knopf, D.A., Riemer, N. Detailed Heterogeneous Chemistry in an Urban Plume Box Model: Reversible Co-adsorption of O₃, NO₂, and H₂O on Soot Coated with Benzo[a]pyrene. *Atmos. Chem. Phys.*, 9, 7461-7479, (2009).

Thomson, G. Air pollution-a review for conservation chemists. *Stud. Conser.*, 10, 147-167, (1965).

Viana, M., Kuhlbusch, T.A.J., Querol, X., Alastuey, A., Harrison, R.M., Hopke, P.K., Winiwarter, W., Vallius, M., Szidat, S., Prévôt, A.S.H., Hueglin, C., Bloemen, H., Wåhlin, P., Vecchi, R., Miranda, A.I., Kasper-Giebl, A., Maenhaut, W., Hitzenberg, R. Source apportionment of particulate matter in Europe: a review of methods and results. *J. Aerosol Sci.*, 39, 827-849, (2008).

MIKROBIÁLNÍ KONTAMINACE PROSTŘEDÍ VYBRANÝCH ARCHIVNÍCH A KNIHOVNÍCH DEPOZITÁŘŮ

Bronislava BACÍLKOVÁ

Národní archiv, Praha, bronislava.bacilkova@nacr.cz

Mikroorganismy jsou důležitou součástí bioaerosolu vnitřního prostředí. Jsou jednou z kontaminant prostředí, která může významně ovlivnit zdraví člověka. Ve čtyřech různých archivních a knihovních depozitářích bylo prováděno měření výskytu plísní v ovzduší a pro porovnání i ve venkovním prostředí. Kromě jednoho měření všechny výsledky vyhovovaly doporučeným hodnotám.

Jedním z ukazatelů kvality vnitřního prostředí je množství mikroorganismů v jeho ovzduší. To je ovlivněno zejména vlastní realizací stavby, jejím vybavením a hygienickým režimem uvnitř jednotlivých místností.

Díky celé řadě měření v různých částech světa bylo zjištěno, že výskyt mikroorganismů v ovzduší má určité zákonitosti. Vyšší výskyt byl především opakovaně potvrzen během dne, zatímco v noci bývá koncentrace mnohem nižší. Dále byla prokázána závislost na ročním období a na momentální lidské činnosti.

Pro zhodnocení množství mikroorganismů v ovzduší existují v současné době různé standardy. V Evropě je používán standard EUR 14988, který povoluje v obytných místnostech maximálně 500 tzv. kolonie tvořících jednotek plísní (KTJ) v 1 m³ vzduchu a zároveň 500 KTJ bakterií v 1 m³ vzduchu. Pro domácnosti je norma méně přísná – povoluje 1 000 KTJ plísní a 2 500 KTJ bakterií v 1 m³ vzduchu.

Jako nejčastější nálezy ve vnitřním prostředí bývají uváděné druhy saprofytických plísní *Cladosporium*, *Penicillium*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Eurotium* a *Wallemia*. Řada z nich může vyvolat u člověka respirační potíže různé intenzity, některé působí jako alergeny nebo jako zdroje toxinů.

MATERIÁL A METODIKA

Materiál

aeroskop MAS-100 (Microbial Air Monitoring Systems)

sterilní Petriho misky, průměr 8 cm

Malt Extract Agar (Himedia)

Místa odběru vzorků

Jihočeská vědecká knihovna – oddělení rukopisů a starých tisků ve Zlaté koruně (uvnitř depozitáře a venku);

Státní oblastní archiv v Třeboni (uvnitř depozitáře a venku);

Regionální muzeum v Teplicích - knihovna (uvnitř depozitáře a venku);

Národní archiv, 1. oddělení, Praha - Dejvice (uvnitř depozitáře a venku).

Postup

V každé lokalitě byly odebrány v každém ročním období 3 vzorky po 100 litrech vzduchu. Pevné částice byly zachyceny na Malt Extract Agar. Inkubace probíhala při 24 ± 4 °C po dobu 14 dní. Výsledek byl přepočítán na počet kolonie tvořících jednotek plísní v 1 m³ vzduchu.

Hodnocení výsledků

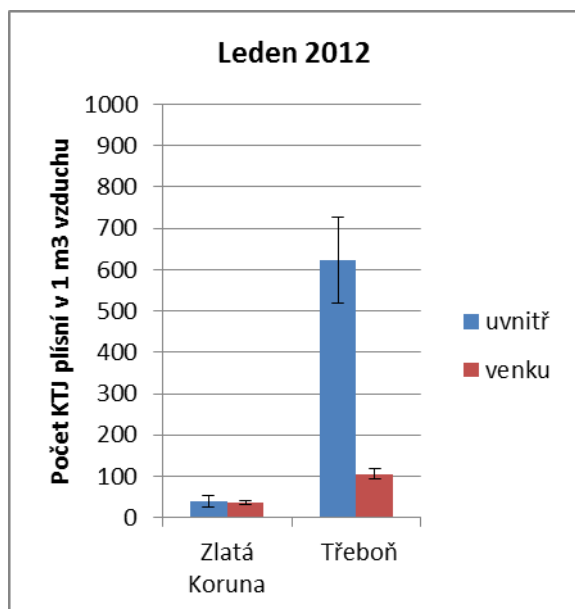
Znečištění ovzduší uvnitř místností bylo hodnoceno podle následující tabulky (pouze přítomnost plísní):

Tab. 1: Kategorie znečištění ovzduší vnitřního prostředí dle EUR 14988 - kritérium koncentrace směsné populace bakterií a směsné populace plísní v ovzduší obytných místností

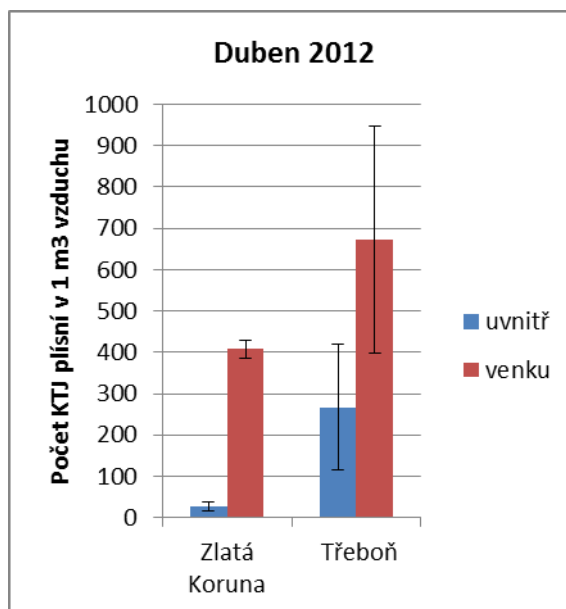
Kategorie znečištění	Bakterie (KTJ . m ⁻³)	Plísně (KTJ . m ⁻³)
velmi nízké	< 50	< 25
nízké	< 100	< 100
střední	< 500	< 500
vysoké	< 2 000	< 2 000
velmi vysoké	> 2 000	> 2 000

Hygienickým limitem koncentrace mikroorganismů v ovzduší vnitřního prostředí je koncentrace směsné populace bakterií a směsné populace plísní do kategorie znečištění střední (včetně).

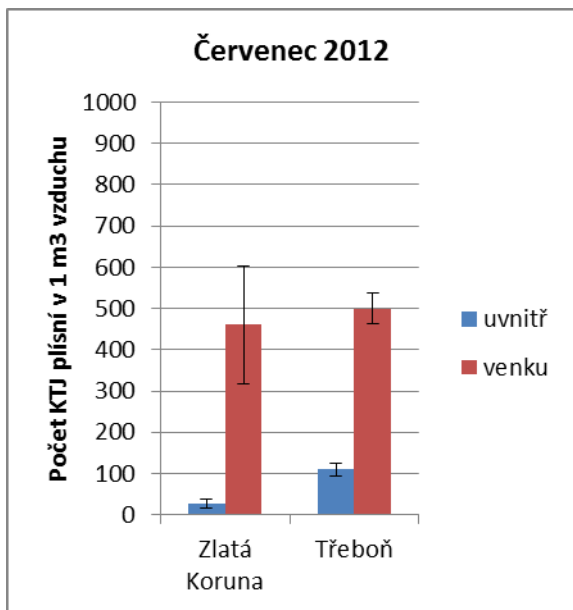
VÝSLEDKY



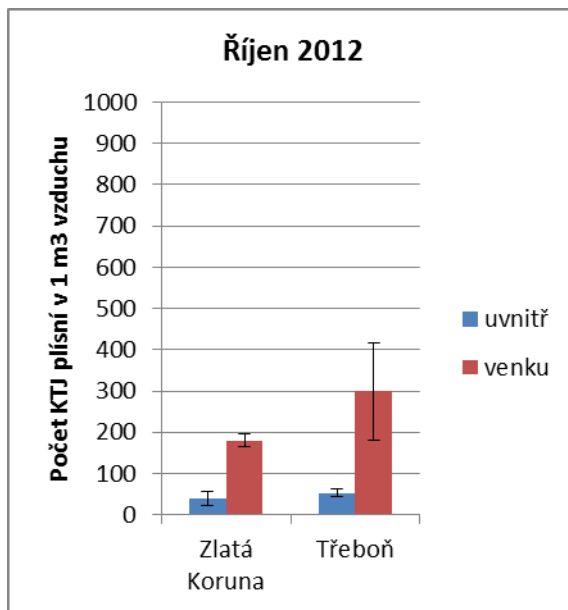
Obr. 1: Výskyt zárodků plísní ve Zlaté Koruně a v Třeboni v lednu 2012



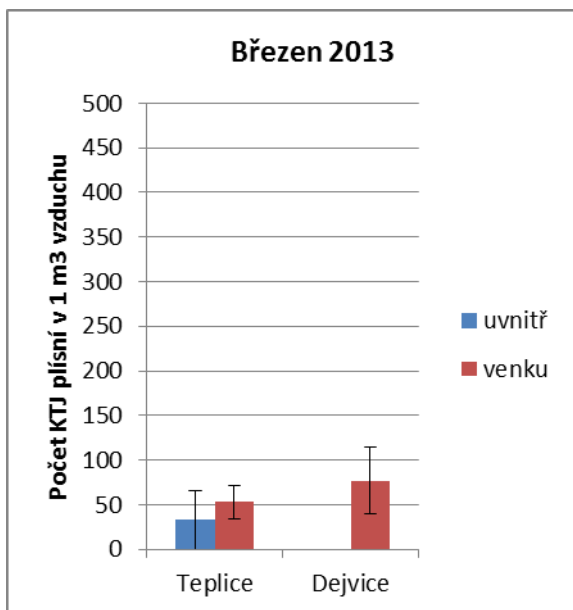
Obr. 2: Výskyt zárodků plísní ve Zlaté Koruně a v Třeboni v dubnu 2012



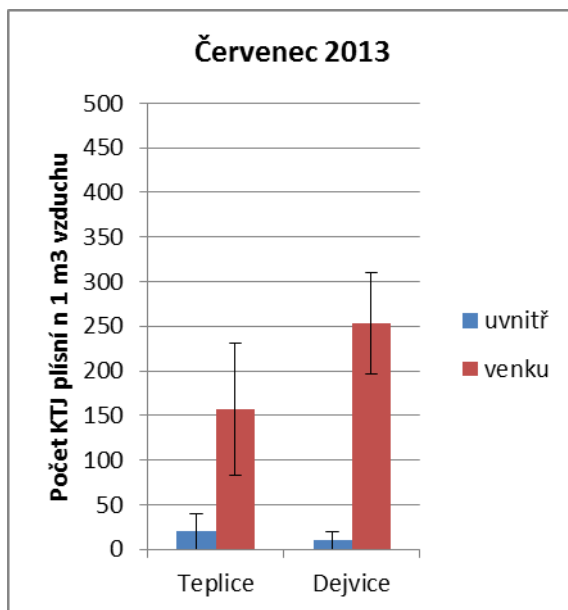
Obr. 3: Výskyt zárodků plísní ve Zlaté Koruně a v Třeboni v červenci 2012



Obr. 4: Výskyt zárodků plísní ve Zlaté Koruně a v Třeboni v říjnu 2012



Obr. 5: Výskyt zárodků plísní v Teplicích a v Praze - Dejvicích v březnu 2013



Obr. 6: Výskyt zárodků plísní v Teplicích a v Praze - Dejvicích v červenci 2013

Uvnitř místností se vyskytovaly nejčastěji druhy *Penicillium sp.*, *Cladosporium sp.*, *Aspergillus versicolor*, dále *Acremonium strictum*, *Paecilomyces variotii*, *Trichoderma viride*, *Alternaria alternata* a další, ve vnějším prostředí *Penicillium sp.*, *Cladosporium sp.*, *Alternaria sp.*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus ochraceus*, *Scopulariopsis brevicaulis*, *Fusarium sp.*, *Chaetomium globosum*.

Nálezy živých zárodků plísní ve většině případů vyhovovaly hygienickým požadavkům na kvalitu vnitřního prostředí a nepřekročily hodnotu 500 KTJ v 1 m³ vzduchu. Jedinou výjimkou byly výsledky měření v depozitáři v Třeboni v zimě 2012. V tomto případě se zřejmě silně projevil vliv lidské činnosti před měřením nebo během něj (pohybem v místnosti došlo ke zviření prachových částic a spor plísní). Protože se pro biologické testy odebírají vzorky z poměrně malých objemů vzduchu, jsou výsledky

více závislé na momentální situaci v místnosti. Objektivnějšího hodnocení by bylo možné dosáhnout zvýšením počtu měření nebo použitím metodiky doporučené Státním zdravotním ústavem v Praze (důkladné dvacetiminutové větrání místnosti, dále nechat prostor hodinu uzavřený a teprve pak provést řadu měření, mezi nimiž jsou minimálně desetiminutové a maximálně třicetiminutové přestávky).

Nálezy živých zárodků plísní byly ve většině případů (opět s výjimkou zimy 2012) ve vnějším prostředí vyšší než uvnitř místností. Tento stav je žádoucí, protože znamená, že zdroje kontaminace se nacházejí spíše venku a teprve sekundárně pronikají do depozitářů (opačný stav by znamenal, že dochází k množení plísní ve vnitřním prostředí). Výjimečný nález v zimě 2012 lze vysvětlit tehdejšími silnými mrazy, které dočasně redukovaly množství živých zárodků plísní ve venkovním ovzduší.

Nálezy v průběhu jednotlivých ročních období nebyly zcela typické, protože obvykle je nejvyšší výskyt plísní zaznamenáván v létě a na podzim. V našem případě bylo maximum posunuto na jaro a léto. Pravděpodobně se zde projevil vliv místních klimatických podmínek, zejména teploty a množství srážek.

Srovnání mikrobiální čistoty obou lokalit dopadlo podle očekávání – ve všech případech byly nálezy ve Zlaté Koruně nižší než v Třeboni, i když rozdíly nebyly příliš výrazné. Zřejmě i v relativně čistém venkovském prostředí existují možné zdroje kontaminace (zemědělská nebo rekreační činnost). Depozitáře v Teplicích a Praze – Dejvicích se hodnotily velmi obtížně, protože nálezy mikroorganismů byly velmi nízké, někdy až neměřitelné.

Druhovú skladbu mikroorganismů rovněž odpovídala předpokladům. Nejčastěji byly identifikovány druhy rodů *Penicillium* a *Cladosporium*, dále v menším množství *Alternaria*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Trichoderma* a další.

ZÁVĚR

Výsledky získané během čtyř měření v různých ročních obdobích potvrdily hygienickou nezávadnost depozitářů ve dvou různých lokalitách. Dále byla porovnána biologická kontaminace vnějšího a vnitřního prostředí a ověřen značný vliv momentální lidské činnosti na množství zárodků plísní v ovzduší. Identifikované plísně patří mezi saprofytické druhy, které jsou rozšířené po celém světě a běžně se vyskytují uvnitř místností i ve venkovním prostředí.

LITERATURA

Klánová, K.: Standardní operační postupy pro vyšetřování mikroorganismů v ovzduší a pro hodnocení mikrobiologického znečištění ovzduší ve vnitřním prostředí, *Acta Hygienica, Epidemiologica et Microbiologica* č. 1, 2002, 1-21.

Klánová, K.: Historie a standardizace hodnocení koncentrací bakterií a plísní v ovzduší, www.tzb-info.cz/4775-historie-a-standardizace-hodnoceni-koncentraci-bakterii-a-plisni-v-ovzdusi.

Wanner, H.-U. a kol.: *Biological particles in indoor environments*, EUR 14 998, Commission of the European Communities, Luxembourg 1993.

MONITORING PLYNNÉHO ZNEČIŠTĚNÍ ARCHIVNÍCH DEPOZITÁŘŮ POMOCÍ AAF KUPÓNŮ

Michal ĎUROVIČ, Roman STRAKA

Národní archiv, Praha, michal.durovic@nacr.cz

Cílem této práce, která byla řešena v rámci projektu NAKI „Metodika hodnocení vlivu kvality ovzduší na knihovní a archivní fondy“, bylo celoroční sledování znečištění vybraných archivních depozitářů plynnými polutanty pomocí kupónů AAF Technology, USA. Práce navazovala na projekt „Monitorování plynných polutantů v depozitářích státních archivů ČR a způsoby jejich odstranění“ (VE20072008003). Na základě výsledků tohoto projektu z let 2007 a 2008 byly vybrány státní okresní archivy v Jablonci nad Nisou, Teplicích, Písku, Lounech a Trutnově, jejichž depozitáře byly zařazeny do třídy čistoty prostředí C4/S4 - mírně kontaminované nebo C5/S5 - znečištěné. V těchto archivech pak probíhalo měření znečištění v rozmezí let 2012 až 2014.

METODIKA

Pro komplexní průzkum výskytu korozivních plynů byla použita metoda využívající ke zjištění výskytu a koncentrace korozivních plynů indikační kupóny vyrobené firmou AAF International, USA. Indikační kupóny pro sledování korozivnosti prostředí obsahují dva kovy – měď a stříbro. Používají se pro měření kumulativní korozivnosti ovzduší a indikují přítomnost oxidu síry, ozónu, oxidu dusičitého, chloru a řady dalších korozivních látek. Jsou tvořeny nosnou plastovou destičkou s indikačními pásky z mědi a stříbra. Každá destička je vybavena popisným štítkem pro přesnou identifikaci (datum, umístění kupónu). Na pásku z mědi se nejčastěji tvoří sulfid měďný (Cu_2S) a oxid měďný (Cu_2O) a na pásku stříbra vznikají korozní produkty typu sulfidu (Ag_2S), chloridu stříbrného (AgCl) a oxidu stříbrného (Ag_2O). Pomocí kupónů se stanoví úroveň reaktivity znečišťujících látek na základě měření tloušťky zkorodované stříbrné a měděné vrstvy kupónů za určitý čas (30 dnů). Tloušťka zkorodované vrstvy je měřena v angströmech. Rozbor koroze se provádí pomocí elektrolytické redukce. Stanovení korozní rychlosti elektrolytickou katodickou redukcí se používá pro stanovení korozního napadení stříbra a mědi. Hodnocení se provádějí jako stanovení tloušťky vrstvy nebo jako úbytek hmotnosti. Při měření tloušťky vrstvy je nutné stanovit z katodických redukčních křivek složení korozních produktů vytvořených na povrchu vzorků. Na Obr. 1a,b je typický protokol o vyhodnocení exponovaného kupónu.

Air Quality Analysis
Application: Museum/Archive



Date of Report 11/6/2014
Company: Soka Louny
Room Area: DVJRV

Coupon Panel # A05241305
Installed 04-Jul-2014
Removed 04-Aug-2014
Test Duration 31 days

Page 1 of 2



Readings:
Total reactivity (tarnished film) measured on copper metal strip (A/30 days) = 374 A
Total reactivity (tarnished film) measured on silver metal strip (A/30 days) = 283 A

Conclusion:
Coulometric reduction of surface films on metallic test samples (coupons) conducted per ASTM B 825 - 02 standard indicate that there is a **Polluted** level of airborne molecular contaminants present in the subject environment during the period of test exposure. Please note that airborne molecular contaminants change over time. Seasonal, temperature and RH fluctuations affect the level and severity of airborne molecular contaminants in an environment.

Prepared By,
AAF Laboratory Technician
Thursday, November 06, 2014

Certified by,

Michael W. Osborne, Ph. D.
Global Vice President (R&D)

For questions regarding this analysis please contact at this email address Johannes.Schirbrand@aafeurope.com



Better Air is Our Business®

AAF INTERNATIONAL
13280 Jimmy Dean Plaza Suite 620
Louisville, Kentucky 40223-6169
www.aaflni.com
Customer Service 800.477.1214
Fax 800.354.2015 | aaaf@aaflni.com

ISO-9001 Certified Firm
AAF has a policy of continuous product research and improvement and reserves the right to change design and specifications without notice.
©2007 AAF International

Obř. 1a: Air Quality Analysis Report (první strana protokolu)

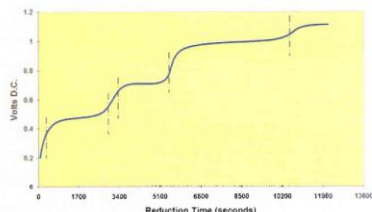
Air Quality Analysis Coupon Panel # A05241305



Page 2 of 2

Resolving Film Composition:
With the coulometric reduction technique, it is possible to resolve the complex total film into a number of individual components or films (see fig 2). This allows for a fingerprint capability to identify the possible presence of different airborne molecular contaminants.

Figure 2: Typical Reduction Curve displaying peaks corresponding to main reducible film types
Typical Coulometric Reduction Curve for Copper



Corrosion Film Thickness Analysis Results

	Calculated Projections				Calculated Projections		
	30 Days	1 year	5 year		30 Days	1 year	5 year
Copper Films				Silver Films			
Cu ₂ O	242	2,897	14,483	AgCl			
Cu ₂ S	131	1,574	7,869	Ag ₂ S	63	767	3,833
Unknown Cu Species				Unknown AG Species	60	730	3,650
Unknown Cu Species				Unknown AG Species	160	1,947	9,733
Unknown Cu Species				Unknown AG Species			
Totals	374	4,471	22,353	Totals	283	3,443	17,216

Copper	Silver	Class	Description
<90	<40	C1 Extremely Pure	Ideal Air Quality for archival environments, metal collections and rare books
<150	<100	C2 Pure	Desired Air Quality for museums, storage locations in museums, and libraries
<250	<200	C3 Clean	Suggested Air Quality for Museum / Archival Environments
<350	<300	C4 Slightly Contaminated	Air Quality suggests that corrective actions should be initiated.
>350	>300	C5 Polluted	Undesirable air quality for Museum / Archival Environments

levels are "angstrom / 30 days"

Obř. 1b: Air Quality Analysis Report (druhá strana protokolu)

Dle ČSN ISO 11844-2, příloha B se elektrolytická katodická redukce provádí v prostředí 0,1 M roztoku KCl při konstantní proudové hustotě 125 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$. Ke stanovení lze použít standardní článek se třemi elektrodami, obsahující jako elektrolyt 0,1 M KCl odvodušňovaný N_2 , polarizační platinovou elektrodu, referenční kalomelovou elektrodu a vzorek jako pracovní elektrodu. Při elektrolytické redukci korozních produktů se zaznamenává změna potenciálu vzorku. Korozní rychlost r_{corr} , v $\text{mg}/(\text{m}^2 \text{ rok})$, je dána Faradayovým zákonem:

$$r_{\text{corr}} = i \cdot t_{\text{red}} \cdot M / n \cdot F \cdot t$$

kde r_{corr} je korozní rychlost, v $\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{rok}$;

i proudová hustota, v mA/m^2 ;

t_{red} celková doba redukce korozních produktů, v sekundách;

M relativní molekulová hmotnost, v g, např. 107,9 pro stříbro a 63,5 pro měď;

n valenční stav, např. +1 pro stříbro, +1 nebo +2 pro měď;

F Faradayova konstanta, 96 485 C/mol;

t doba expozice, v rocích.

V normách ANSI/ISA-S71.04-1985 a IEC 60654-4 je klasifikace reaktivity prostředí založena na reaktivitě mědi vyjádřené jako tloušťka vrstvy jejich korozních produktů. Z hodnoty korozní rychlosti, r_{corr} , stanovené postupem uvedeným výše, se odpovídající tloušťka vrstvy, t_f , získá podle následující rovnice:

$$t_f = r_{\text{corr}} \cdot M_{\text{film}} \cdot t / M \cdot \delta_{\text{film}}$$

kde t_f je tloušťka korozní vrstvy, v nm (10^{-9} m);

r_{corr} korozní rychlost, v $\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{rok}$;

t doba expozice, v rocích;

M relativní molekulová hmotnost, v g, např. 107,9 pro stříbro a 63,5 pro měď;

M_{film} relativní molekulová hmotnost korozní vrstvy, v g, např. $\text{Ag}_2\text{S} = 247,8$;

$\text{Cu}_2\text{O} = 143,1$; $\text{Cu}_2\text{O} = 79,5$;

δ_{film} hustota korozní vrstvy, v g/cm^3 , např. $\text{Ag}_2\text{S} = 7,32$; $\text{Cu}_2\text{O} = 6,0$; $\text{CuO} = 6,4$.

Kupóny jsou schopny zaznamenat změny plynných polutantů v úrovni koncentrace 1 ppb. Podle rychlosti vzniku korozních produktů je pak prostředí klasifikováno a zařazeno do tříd čistoty vzduchu dle ANSI/ISA-S 71.04-1985 (Tab.1.).

Tab. 1. Zařazení do tříd čistoty ovzduší

Koroze na mědi			Koroze na stříbře		
Třída	Klasifikace čistoty vzduchu	míra reaktivity	Třída	Klasifikace čistoty vzduchu	Míra reaktivity
C1	extrémně čistý	< 90 Å/30 dní	S1	extrémně čistý	< 40 Å/30 dní
C2	čistý	< 150 Å/30 dní	S2	čistý	< 100 Å/30 dní
C3	středně čistý	< 250 Å/30 dní	S3	středně čistý	< 200 Å/30 dní
C4	mírně kontaminovaný	< 350 Å/30 dní	S4	mírně kontaminovaný	< 300 Å/30 dní
C5	znečištěný	≥ 350 Å/30 dní	S5	znečištěný	≥ 300 Å/30 dní

Jednotlivým třídám čistoty ovzduší je přiřazena také klasifikace a doporučení o vhodnosti, resp. nevhodnosti prostředí pro uložení archivních a knihovních fondů:

Třída 1: extrémně čisté (vhodné pro uložení archiválií, vzácných rukopisů)

Třída 2: čisté (muzea, muzejní depozitáře, knihovny)

Třída 3: středně čisté (vhodné pro historické budovy)

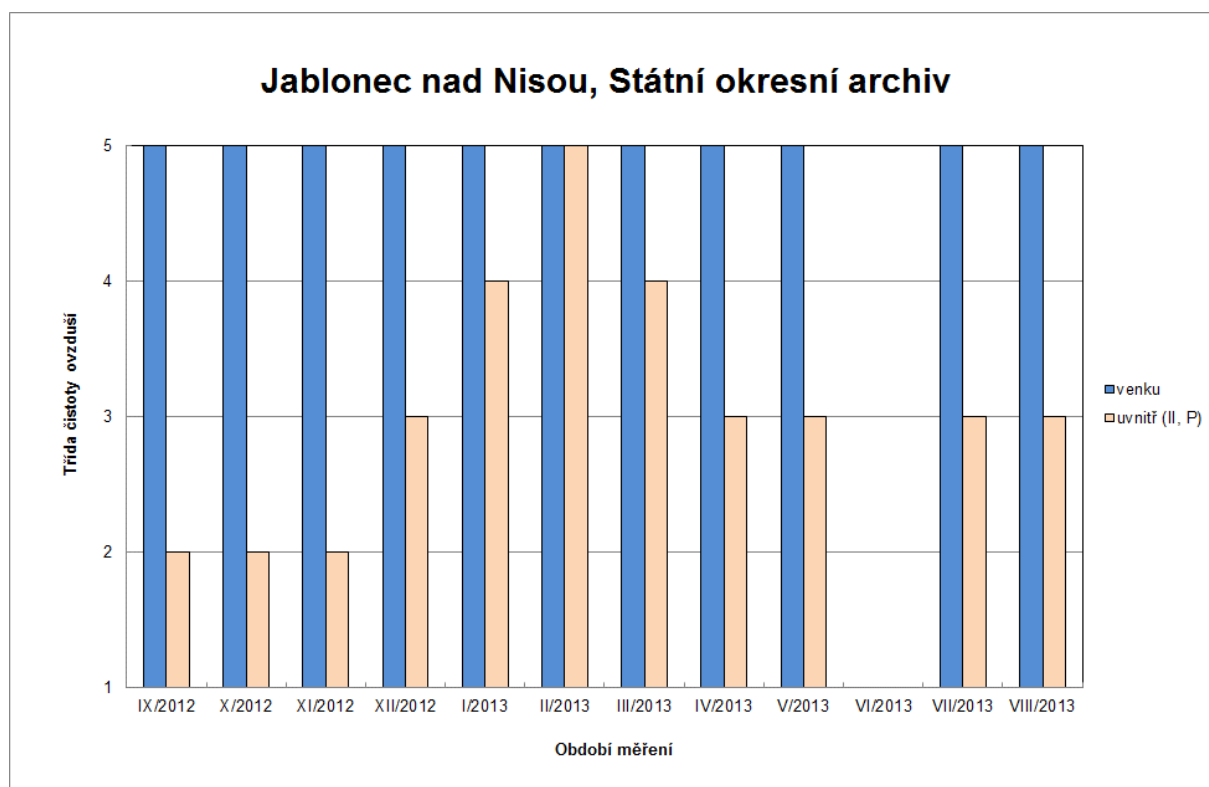
Třída 4: mírně kontaminované (krátkodobé uložení archiválií je akceptovatelné)

Třída 5: znečištěné (uložení archiválií v tomto prostředí není akceptovatelné)

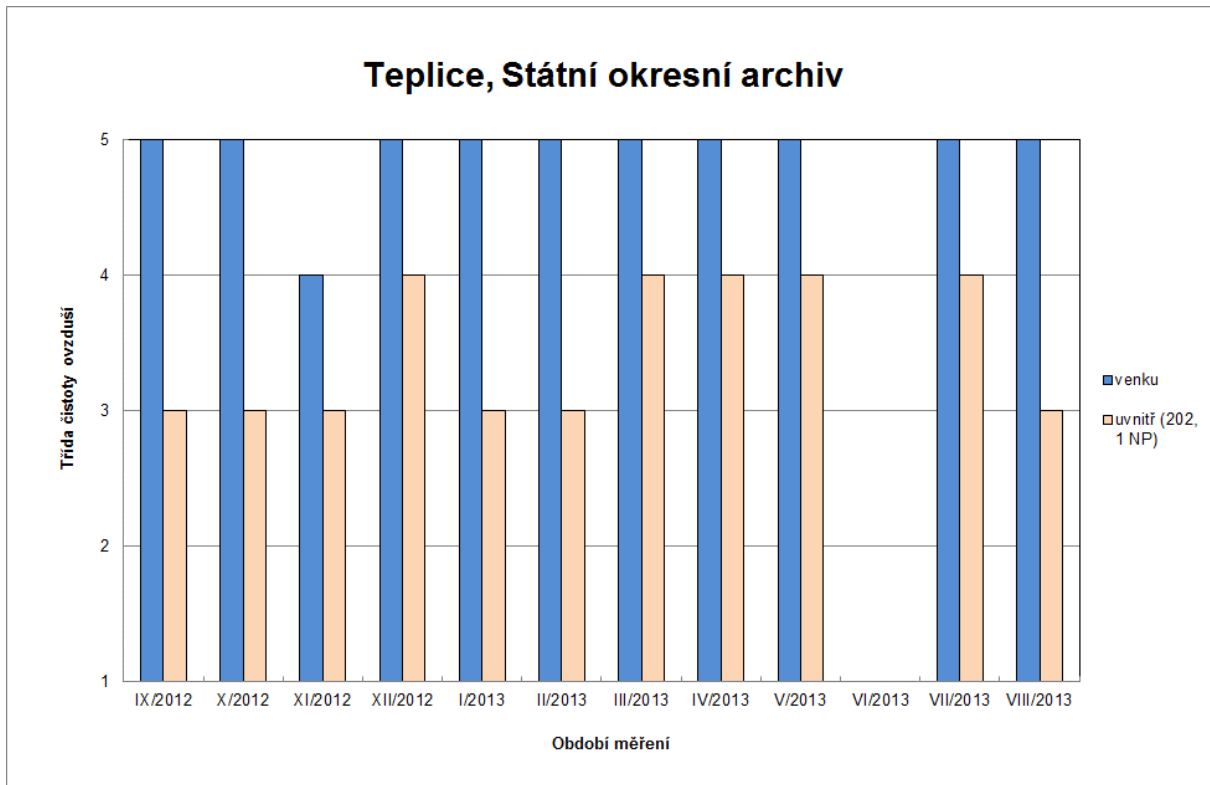
Samotná interpretace zjištěných korozních produktů není jednoduchá. Například pokud byl nalezen jako korozní produkt sulfid stříbrný bez korespondujícího sulfidu měďného, znamená to, že se v ovzduší nacházejí oxidy síry jako oxid siřičitý a sírový. Pokud byly detekovány sulfidy stříbrné i měďné (což bývá častěji), nachází se v prostředí aktivní sloučeniny síry typu sulfanu, elementární síry a také organických sloučenin síry (merkaptány). Pokud jsou přítomny oba korozní produkty a koncentrace korozního produktu Cu_2S přesahuje 50 % celkové koncentrace korozních produktů, je to další důkaz přítomnosti aktivních sloučenin síry. Detekce korozního produktu chloridu stříbrného naopak indikuje přítomnost anorganických sloučenin chloru, plynného chloru (Cl_2), oxidu chloričitého (ClO_2) a chlorovodíku (HCl). Vysoké množství chloru může však překrývat korespondující korozní produkty síry na mědi, korozní produkty jsou pak označeny jako neznámé (Ďurovič, Paulusová, Straka, 2012).

VÝSLEDKY A DISKUSE

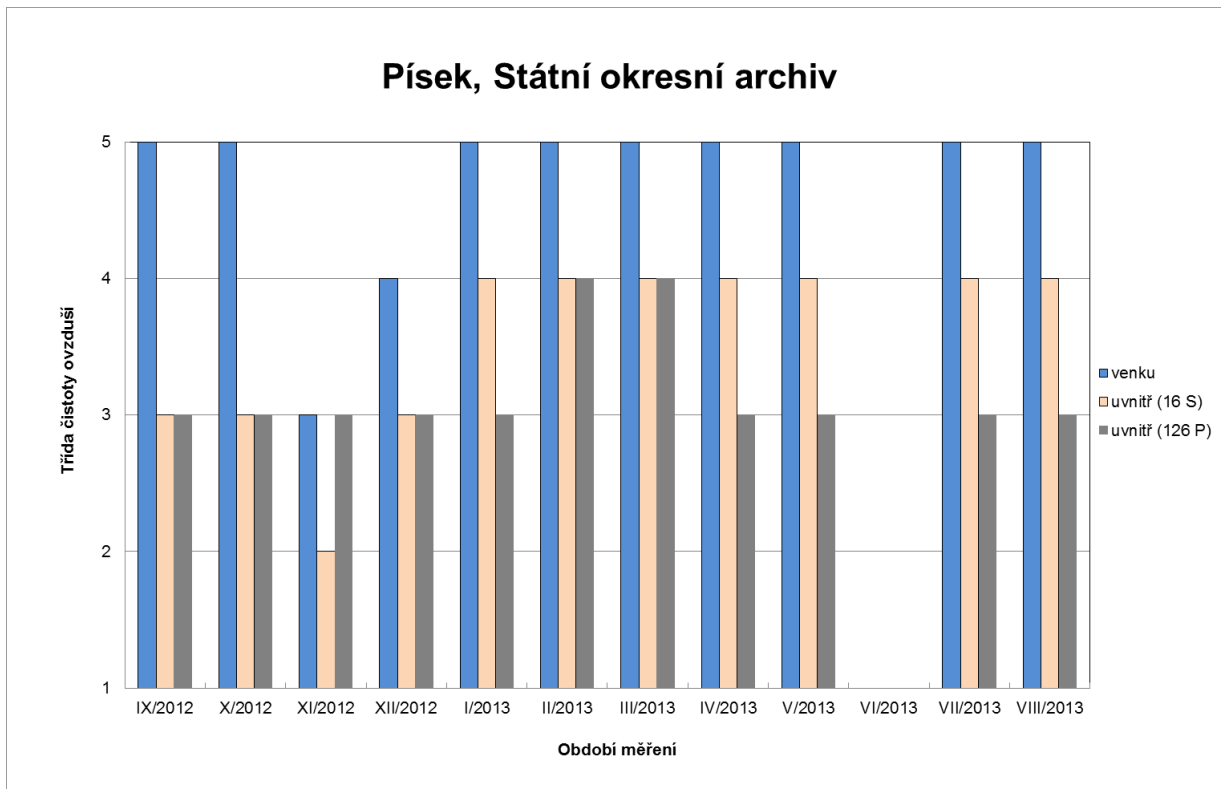
Zařazení prostředí státních okresních archivů v Jablonci nad Nisou, Teplicích, Písku, Lounech a Trutnově do tříd čistoty ovzduší je uvedeno na obr. 2 – 6.



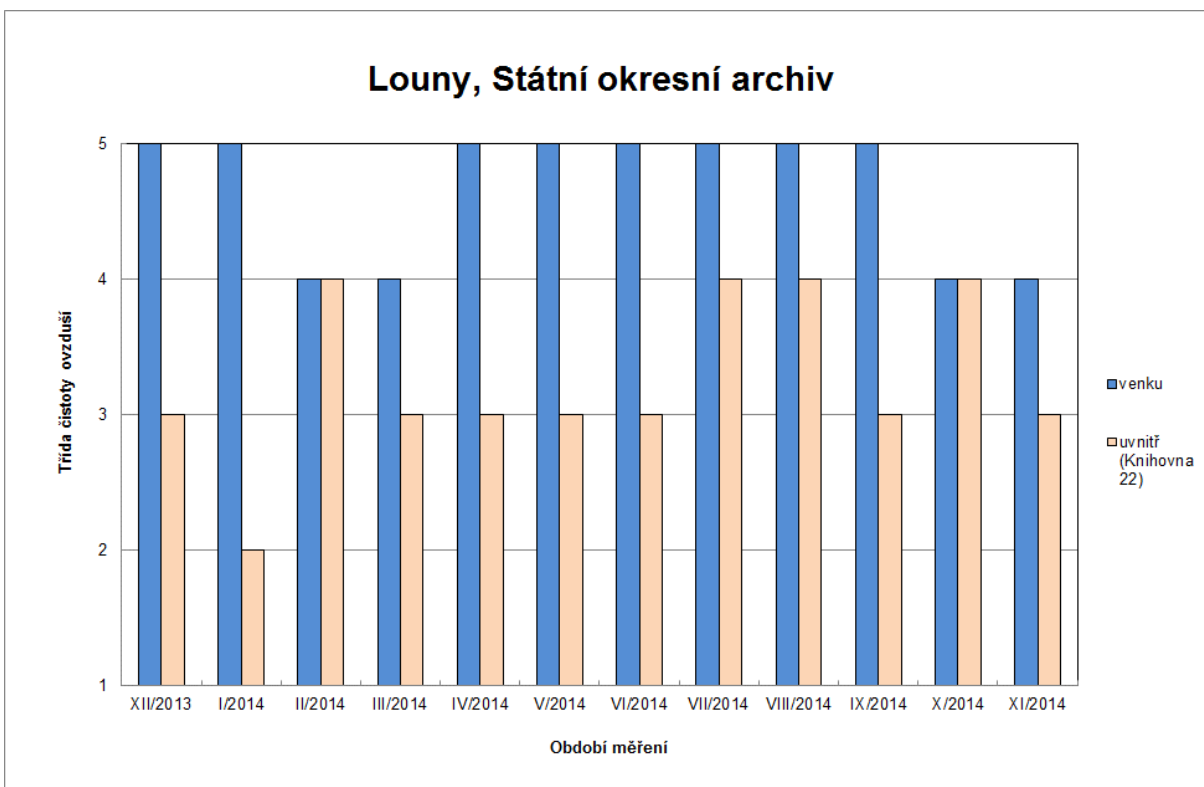
Obr. 2: Třídy čistoty ovzduší – SOkA Jablonec nad Nisou



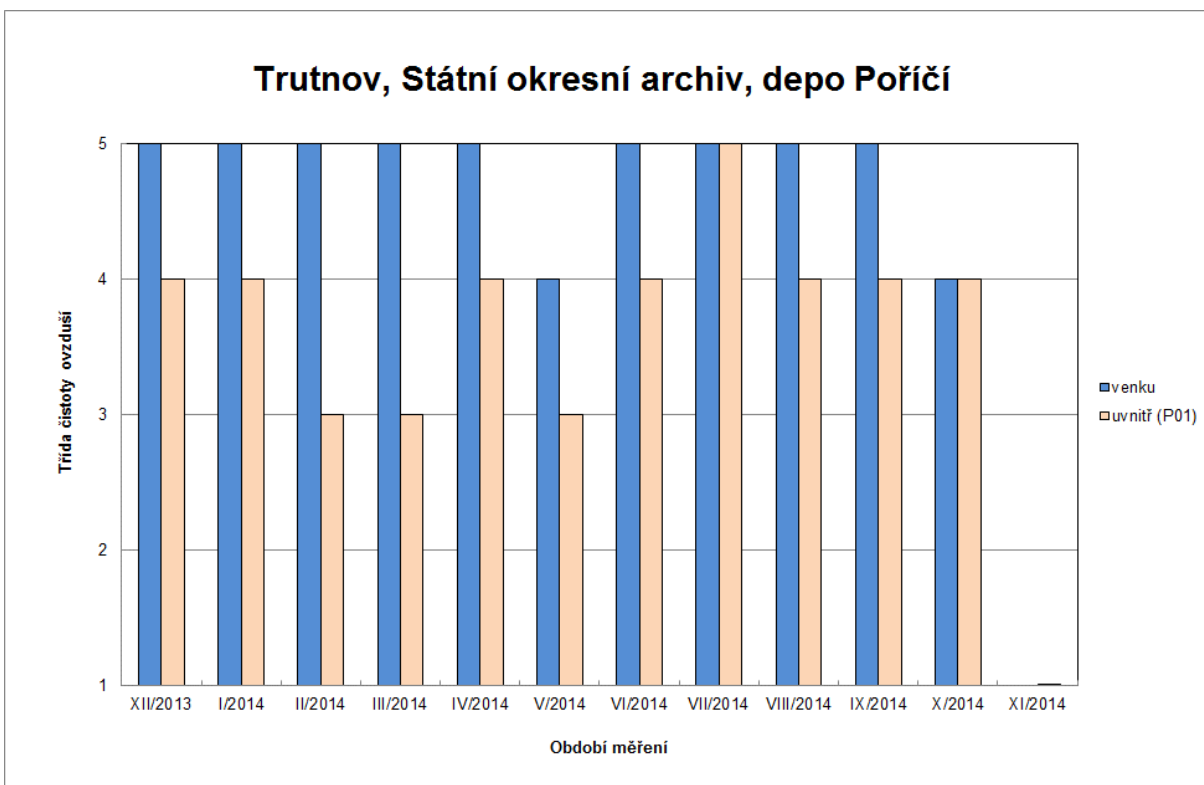
Obr. 3: Třídy čistoty ovzduší – SOkA Teplice



Obr. 4: Třídy čistoty ovzduší – SOkA Písek



Obr. 5: Třídy čistoty ovzduší – SOkA Louny



Obr. 6: Třídy čistoty ovzduší – SOkA Turnov

Při hodnocení tříd čistoty vnějšího ovzduší ve všech sledovaných archívech je dosahováno převážně třídy 5 (ovzduší znečištěné), v několika případech třídy 4 (mírně kontaminované). Jediná výjimka bylo měření v listopadu 2012 v okresním archívu Písek,

kde byla zjištěna třída 3 – středně čisté prostředí. Protože v jiných měsících bylo toto prostředí zařazeno do tříd 5 nebo 4, lze se domnívat, že se pravděpodobně jedná o chybu při vyhodnocování exponovaných kupónů, které zajišťovala externí firma. Výsledky venkovních měření ukazují na vysoké znečištění a korozní agresivitu ovzduší lokalit, kde se archivy nacházejí. Toto „alarmující“ zjištění je nutné však korigovat. Použitá metodika vyhodnocování kupónů AAF je nastavena pro sledování čistoty vnitřního prostředí. Proto byla-li při expozici těchto kupónů ve venkovním prostředí zjištěna třída čistoty ovzduší C5 (ovzduší znečištěné), dle normy ČSN ISO 9223, která klasifikuje korozivotu vnějšího prostředí, se jedná o prostředí s relativně nízkou korozivitou C2.

Z hodnocení čistoty vnitřního prostředí sledovaných depozitářů vybraných státních archivů vyplynulo, že žádný z depozitářů není vhodný pro dlouhodobé uložení archiválií. Vnitřní prostředí těchto depozitářů byla nejčastěji zařazeno do třídy 4 (mírně kontaminované) nebo 3 (středně čisté). Výjimkou byl depozitář státního okresního archivu v Jablonci nad Nisou, kde čistota prostředí se měnila od třídy 2 (čisté) v září, říjnu a listopadu 2012, přes třídu 3 v prosinci 2012 a dubnu, květnu červenci a srpnu 2013 a třídu 4 v lednu a březnu 2013. V únoru 2013 se vnitřní prostředí zhoršilo až na úroveň třídy čistoty 5 (!). Mírná kontaminace a znečištění vnitřního prostředí tohoto depozitáře v těchto měsících pravděpodobně souvisí s intenzivnější topnou sezónou a s postupným návratem k lokálním zdrojům topení a fosilním palivům.

ZÁVĚR

Tato studie potvrdila závěry předcházejícího projektu, kde však ve vybraných depozitářích byla sledována čistota vnitřního prostředí krátkou dobu, pouhé dva měsíce v roce. Vnitřní prostředí vybraných depozitářů státních okresních archivů ve všech sledovaných městech - Jablonci nad Nisou, Teplicích, Písku, Lounech a Trutnově – je po většinu roku nevhodné pro dlouhodobé uložení archivních dokumentů. Proto bude nutné urychleně se zaměřit na hledání účinných mobilních systémů čištění vzduchu, které bude možné využít v archivních depozitářích.

LITERATURA

Ďurovič, M., Paulusová, H., Straka, R. Plynné polutanty: monitorování v depozitářích státních archivů České republiky. XIV seminář restaurátorů a historiků, *Sborník z XIV. semináře restaurátorů a historiků*, Brno, 2009, 245-263.

ČSN ISO 9223. Koroze kovů a slitin. KOROZNÍ AGRESIVITA ATMOSFÉR. Klasifikace. Praha: Český normalizační institut, 1994.

ČSN ISO 11844-2. Koroze kovů a slitin - klasifikace vnitřních atmosfér s nízkou korozní agresivitou - Část 2: Stanovení korozního napadení ve vnitřních atmosférách. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2007.

ANSI/ISA-S71.04-1985. Environmental Condition for Process Measurement and Control. North Carolina, USA: International Society for Automation, 1985.

PRŮZKUM IDENTICKÝCH TISKŮ Z 18. STOLETÍ DLOUHODOBĚ ULOŽENÝCH VE TŘECH LOKALITÁCH: NEDESTRUKTIVNÍ MĚŘENÍ FYZIKÁLNĚ-CHEMICKÝCH VLASTNOSTÍ PAPÍRU

Jan NOVOTNÝ, Magda SOUČKOVÁ, Kamil BOLDAN

Národní knihovna ČR, Praha, Jan.Novotny@nkp.cz

Průzkum identických tisků z 18. století navazuje na průzkum identických inkunábulí realizovaný ve třech odlišných lokalitách. Nedestruktivní měření chemických a fyzikálních vlastností přirozeně stárnutého papíru přístrojem *SurveNIR* probíhalo vždy na předním okraji strany 11. Celkem bylo hodnoceno 68 skupin dvou či více identických tisků uložených v knihovně Regionálního muzea v Teplicích (OS=76), v klášteře Zlatá Koruna (ZK=96) a v Klementinu (NK=85). Rozdíly v poškození vazeb identických tisků 18. století byly zanedbatelné. Z kritérií zahrnutých do systému *SurveNIR* byl u svazků ze ZK zaznamenán výraznější rozdíl ve výskytu tzv. *foxingu*. Vyšší hodnoty pH papíru vykazují exempláře ze ZK a z OS, u obou lokalit byl zjištěn rovněž vyšší stupeň polymerace papíru ve srovnání z NK. Vyšší pevnost v tahu vykazují naopak exempláře z NK ve srovnání ze ZK a exempláře z NK mají rovněž i vyšší naměřené hodnoty pevnosti v tahu po ohybu, než ve ZK a v OS.

Průzkum identických tisků z 18. století navazuje na průzkum identických inkunábulí realizovaný ve třech odlišných lokalitách – pražské Klementinum, klášter Zlatá Koruna a cisterciácký klášter v Oseku¹ (Novotný a kol., 2014). Pro průzkum starých tisků byla podle *Bibliografie cizojazyčných bohemikálních tisků* vybrána skupina latinskojazyčných a německojazyčných tisků z pražských tiskáren. V online katalogu, kde každé vydání je reprezentováno číselným identifikátorem bibliografického záznamu (např. BCBT09806), se podařilo nalézt celkem 57 položek starých tisků, které jsou zastoupeny ve všech třech fondech². Ve fondu Národní knihovny ČR a zejména ve fondu Jihočeské vědecké knihovny v Českých Budějovicích bylo pro některá vydání k dispozici více než pět kopií.

Zkoumané svazky z 18. století byly oproti inkunábulím uloženy od doby svého vytištění až do současnosti převážně na jednom místě. V případě osecké knihovny byli cisterciáci prvními majiteli většiny svazků, exempláře Jihočeské vědecké knihovny pochází z několika regionálních klášterních knihoven, které byly v 50. letech 20. století převezeny do depozitáře bývalého cisterciáckého kláštera Zlatá Koruna. Klementinské exempláře z první a druhé třetiny 18. století byly součástí jezuitské knihovny, původně uložené v Barokním knihovním sále, větší část exemplářů pochází z fondů českých

¹ Část osecké knihovny je v současné době deponována v knihovně Regionálního muzea v Teplicích.

² Jazykově české tituly z 18. století jsou ve fondu oseckých cisterciáků velmi vzácné oproti historickým fondům Národní knihovny a Jihočeské vědecké knihovny.

klášterů, zrušených v 70. letech 18. století během tzv. *Josefinských sekularizací*. Exempláře poslední třetiny 18. století získala někdejší pražská *Veřejná a univerzitní knihovna* na základě práva povinného výtisku od pražských nakladatelů.

POROVNÁNÍ STAVU IDENTICKÝCH TISKŮ

Interiérové barokní knihovny byly zahlceny vzrůstajícím přílivem knih a často trpěly nedostatkem místa³. Ochranná funkce spon se postupně vytrácí, neboť v rámci jednotlivých pododdělení se přihlíželo ke svislému (formátovému) stavění knih na regále. Přírůstky knih se vázaly zpočátku do bílé vepřovice nebo pergamenu, celistvé řady hřbetů knih měly odrážet estetickou zálibu v bílé barvě. V pozdějším období se svazky s hojně zlacenými hřbety umísťovaly do zdobených skříní a regálů.

Vzrůstající tisková produkce 18. století se pochopitelně odrazila i na umělecko-řemeslném zpracování vazeb, použitých materiálech, estetické výzdobě a způsobu užívání exemplářů. Masivní dřevěné desky jsou u menších formátů nahrazeny nejčastěji lepenkovými deskami, ale i tenkými deskami ze štípaného dřeva. Kromě pergamenu a usně se začíná používat další potahový materiál, na desky je aplikován zdobený ruční papír, podle použité dekorační techniky nejčastěji škrobový, mramorovaný a později katunový. Objevuje se nový ochranný a zároveň zdobný prvek – leštěná ořízka, nejčastěji červené nebo modré barvy, často zdobená stříkáním. Od pol. 18. století se stále častěji uplatňuje zavěšovaná celopapírová vazba s tmavě hnědým nebo černým škrobovým papírem a měkká nakladatelská brožura s tenkou papírovou obálkou.

U excerpovaných svazků se poměrně málo vyskytují převazby nebo úpravy knih. Původní, soudobé vazby se nachází v poměrně dobrém stavu, k čemuž zřejmě přispělo i jejich setrvání na jednom místě. Některé knihy nebyly po více než 200 let čteny, neboť v bloku lze nalézt nerozřezané listy. Oproti objemným konvolutům inkunábulí je knižní blok tisků z 18. století kompaktnější, zřídka je pravidelná skladba složek přerušena skládanými přílohami.

Celkem bylo porovnáno 257 exemplářů starých tisků, které vytvořily 68 skupin po dvou či více identických tiscích z knihovny *Regionálního muzea v Teplicích* (OS=76), z kláštera *Zlatá Koruna* (ZK=96) a z pražského *Klementina* (NK=85). Jednotlivé exempláře byly hodnoceny podle parametrů uvedených v Tabulce 1.

³ Po zrušení jezuitského řádu v roce 1773 byly ke klementinské knihovně postupně připojeny knihovny ostatních jezuitských kolejí a rezidencí. V roce 1777 byla v Klementinu založena pražská *c.k. Veřejná a univerzitní knihovna*, ke které byla přičleněna majorátní knihovna hrabat Kinských a *Nová karolinská knihovna*. V době josefinských reforem (1782-1789) knihovní sbírky rapidně narůstaly svozy z dalších řádových knihoven a dary.

Tab. 1: Hodnocení fyzického stavu exemplářů ve všech lokalitách (počet svazků NK 85=100 %, ZK 96=100 %, OS 76=100 %)

údaje v %	Klementinum	Zlatá Koruna (ZK)	Teplice (OS)
Převazba 18. a 19. st.	2,55	1,92	0,76
Funkční spony		1,92	3,80
Chybějící desky		0,96	
Nekompaktní knižní blok	7,68	5,95	1,52
Foxing	5,1	17,28	6,84

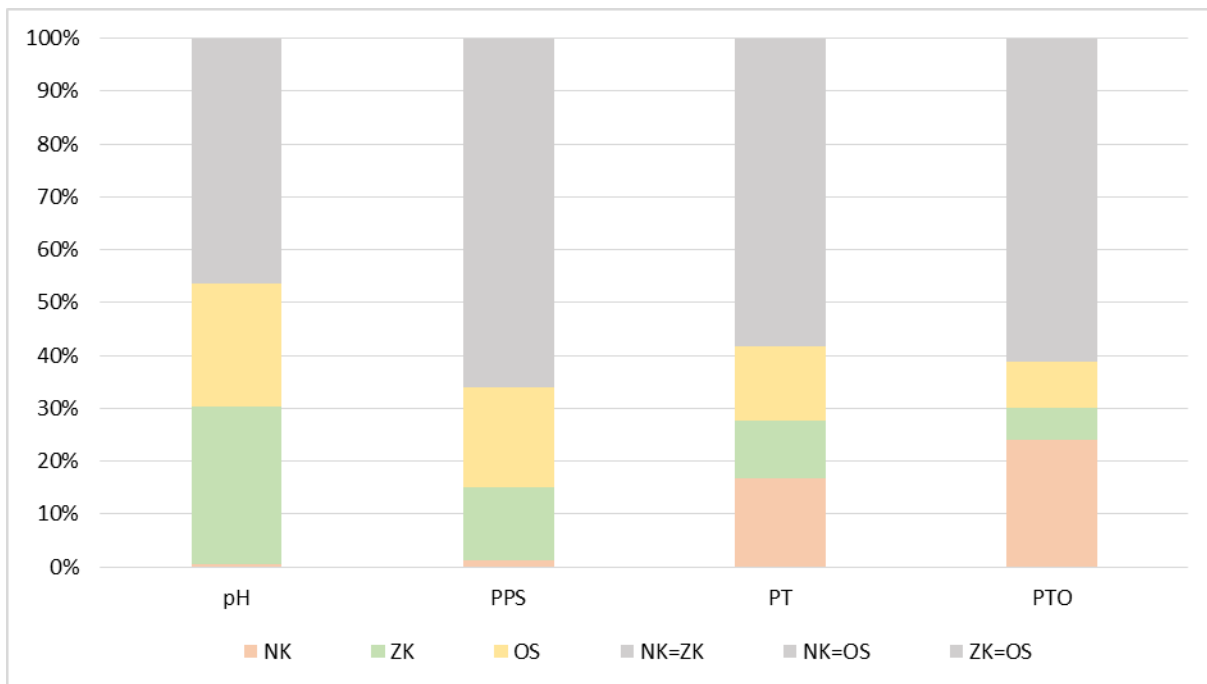
Spony se zachovaly pouze u 2 svazků ze ZK a u 5 z OS, desky chyběli u 1 exempláře ze ZK. Kompaktnost knižního bloku byla posuzována se zřetelem na nadměrné zvlnění listů, umístění skládaných příloh a poškozenou vazební strukturu v případě uvolněných složek a listů. Z kritérií zahrnutých do systému *SurveNIR* byl u svazků ze ZK zaznamenán jediný výraznější rozdíl ve výskytu tzv. *foxingu*. Žádná skupina neobsahovala restaurované svazky, množství převazeb z 18. a 19. století bylo zanedbatelné, proto se přistoupilo k měření všech svazků.

VÝSLEDKY

Při měření identických tisků z 18. století byla uplatněna podobná metodika jako u identických inkunábulí. Nedestruktivní měření chemických a fyzikálních vlastností přirozeně stárnutého papíru přístrojem *SurveNIR* probíhalo vždy na předním okraji strany 11. Ručně čerpaný papír i vzhledem k menšímu formátu svazků byl většinou slabší gramáže. Celkem bylo hodnoceno 68 skupin dvou či více identických tisků uložených v knihovně *Regionálního muzea v Teplících* (OS=76), v klášteře *Zlatá Koruna* (ZK=96) a v *Klementinu* (NK=85).

Tab. 2: Výsledky měření pH studeného výluhu, průměrného polymeračního stupně, pevnosti v tahu, pevnosti v tahu po ohybu vzájemně porovnané vždy ve dvou lokalitách (počet svazků NK 85=100 %, ZK 96=100 %, OS 76=100 %)

údaje v %	NK	ZK	NK=Z	NK	OS	NK=O	ZK	OS	ZK=OS
pH studeného výluhu	1	70	53	1	63	36	26	12	61
průměrný	1	31	81	3	37	58	12	21	66
pevnost v tahu	31	17	68	22	24	55	18	21	62
pevnost v tahu po	45	8	53	29	11	61	11	16	75



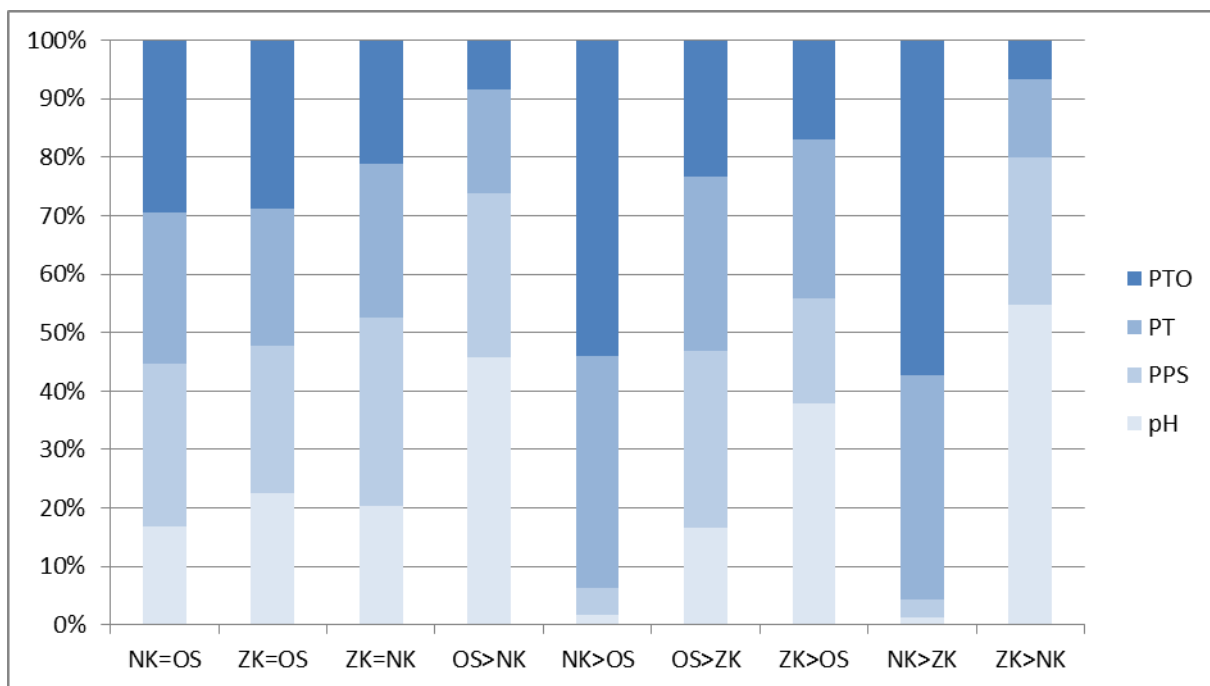
Obr. 1: Poměrné zobrazení vyšších hodnot pH, PPS, pevnosti v tahu a pevnosti v tahu po ohybu získané při porovnávání vždy dvou lokalit (počet svazků NK 85=100 %, ZK 96=100 %, OS 76=100 %)

Při kvantitativním porovnání vlastností papíru v *Tabulce 2* bylo zjištěno, že u 70 % exemplářů ze ZK a u 63 % z OS je vyšší (tedy žádoucí) pH papíru, a to nejméně o 0,5 pH oproti NK, kde bylo vyšší pH zaznamenáno pouze u 1 % exemplářů, ostatní hodnoty vykazovaly rozdíl menší než 0,5 pH. U svazků ze ZK byl zjištěn v 31 % a u svazků z OS v 37 % nejméně o 500 vyšší stupeň polymerace⁴ ve srovnání z NK. Vyšší pevnost v tahu alespoň o 10 N (Newton) se projevila u exemplářů z NK v 31 % oproti 17 % ze ZK, ostatní výsledky nevykazují větší rozdíly. Zajímavé jsou výsledky měření pevnosti v tahu po ohybu, kdy exempláře z NK mají ve 45 % případů o 10 N vyšší hodnoty než ve ZK a ve 29 % případů ve srovnání s OS. Naměřené výsledky jsou zobrazeny na Obrázku 1.

Tab. 3: Výsledky měření pH studeného výluhu (pH), průměrného polymeračního stupně (PPS), pevnosti v tahu (PT), pevnosti v tahu po ohybu (PTO) vzájemně porovnané vždy ve dvou lokalitách (pH=100 %, PPS=100 %, PT=100 %, PTO=100 %)

údaje v	NK	ZK	NK=ZK	NK	OS	NK=OS	ZK	OS	ZK=OS
pH	0,3	21,7	16,4	0,3	19,5	11,2	8,0	3,7	18,9
PPS	0,8	10,0	26,1	0,8	11,9	18,7	3,8	6,7	21,2
PT (N)	9,8	5,3	21,4	6,9	7,5	17,3	5,7	6,6	19,5
PTO (N)	14,6	2,6	17,1	9,4	3,6	19,7	3,6	5,2	24,2

⁴ Průměrný polymerační stupeň určuje průměrnou délku makromolekuly celulózy, čím je tento stupeň nižší, tím je papír více poškozen.



Obr. 2: Procentuální rozložení výsledů měření pH studeného výluhu, průměrného polymeračního stupně, pevnosti v tahu a pevnosti v tahu po ohybu získané při vzájemném porovnání identických tisků vždy ve dvou lokalitách (pH=100 %, PPS=100 %, PT=100 %, PTO=100 %)

V Tabulce 3 a na Obrázku 2 je zachyceno procentuální rozložení výsledů měření pH studeného výluhu (pH), průměrného polymeračního stupně (PPS), pevnosti v tahu (PT) a pevnosti v tahu po ohybu (PTO) získané při vzájemném porovnání identických tisků vždy ze dvou lokalit. Poměrné zastoupení veličin na řádku tabulky je vztaženo k celkové hodnotě 100 %. Modře vyznačené údaje v Tabulce 3 určují lepší kvalitu přirozeně stárnutého papíru oproti druhé lokalitě, šedě zbarvené hodnoty pak vzájemně podobné vlastnosti papíru. Podrobněji jsou výsledky měření zaznamenány v Příloze (Obr. 3-8).

ZÁVĚR

Rozdíly v poškození vazeb identických tisků 18. století jsou zanedbatelné. U kritérií zahrnutých do systému *SurveNIR* byl u svazků ze ZK zaznamenán větší výskyt tzv. *foxingu*. Vyšší hodnoty pH papíru vykazují exempláře ze ZK a z OS, u obou lokalit byl zjištěn rovněž vyšší stupeň polymerace papíru ve srovnání z NK. Podle těchto výsledků lze předpokládat, že vyšší hodnoty chemických vlastností papíru by měly u obou lokalit indikovat i lepší kvalitu papíru. Negativní vliv nízkého pH na degradaci papíru je obecně znám, menší makromolekulový řetězec celulózy by měl odrážet nižší pevnostní charakteristiky papíru, tomu však neodpovídají naměřené mechanické vlastnosti. Vyšší pevnost v tahu vykazují naopak exempláře z NK ve srovnání ze ZK a exempláře z NK mají rovněž i vyšší naměřené hodnoty pevnosti v tahu po ohybu, než ve ZK a ve srovnání s OS. Tímto zajímavým zjištěním je třeba se dále zabývat.

V Tabulce 4 je srovnání průměrných hodnot pH studeného výluhu (pH), průměrného polymeračního stupně (PPS), pevnosti v tahu (PT), pevnosti v tahu po ohybu (PTO), obsahu ligninu a proteinů naměřených přístrojem *SurveNIR* jak u identických

inkunábulí, tak i u identických tisků. V tomto případě vyšší hodnoty chemických a mechanickými vlastností papíru naměřené u identických inkunábulí korespondují s nižšími hodnotami u identických tisků. Předpoklad lepší kvality a větší trvanlivosti ručního papíru inkunábulí oproti papíru z 18. století lze tímto měřením potvrdit.

Tab. 4: Porovnání průměrných hodnot pH, PPS, PT, PTO, obsahu ligninu a proteinů naměřených přístrojem SurveNIR u identických inkunábulí a identických tisků

	pH	PPS	PT (N)	PTO (N)	lignin	proteiny
staré tisky	5,99	1141,02	35,26	31,87	20,04	2,05
inkunábule	7,23	1820,65	52,97	61,97	2,69	4,70

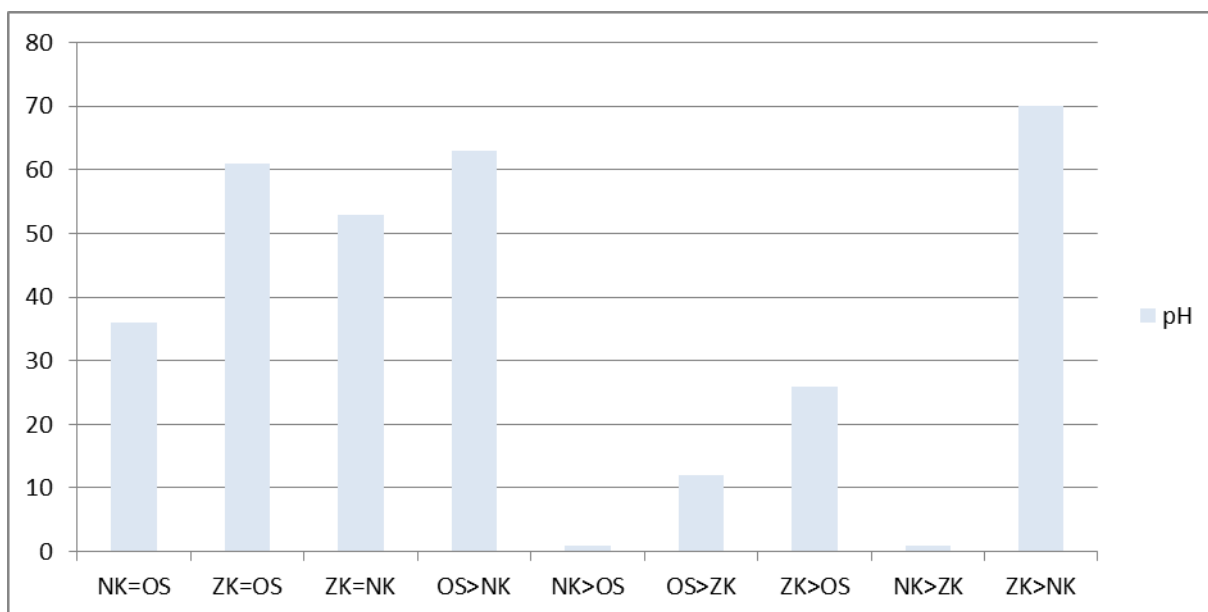
LITERATURA

Bibliografie cizojazyčných bohemik - katalog Clavius [online]. [Praha]: Knihovna Akademie věd ČR, aktualizace 03.11.2015 v 04:03 [cit. 2015-11-03]. Dostupné z: <http://clavius.lib.cas.cz/katalog/>.

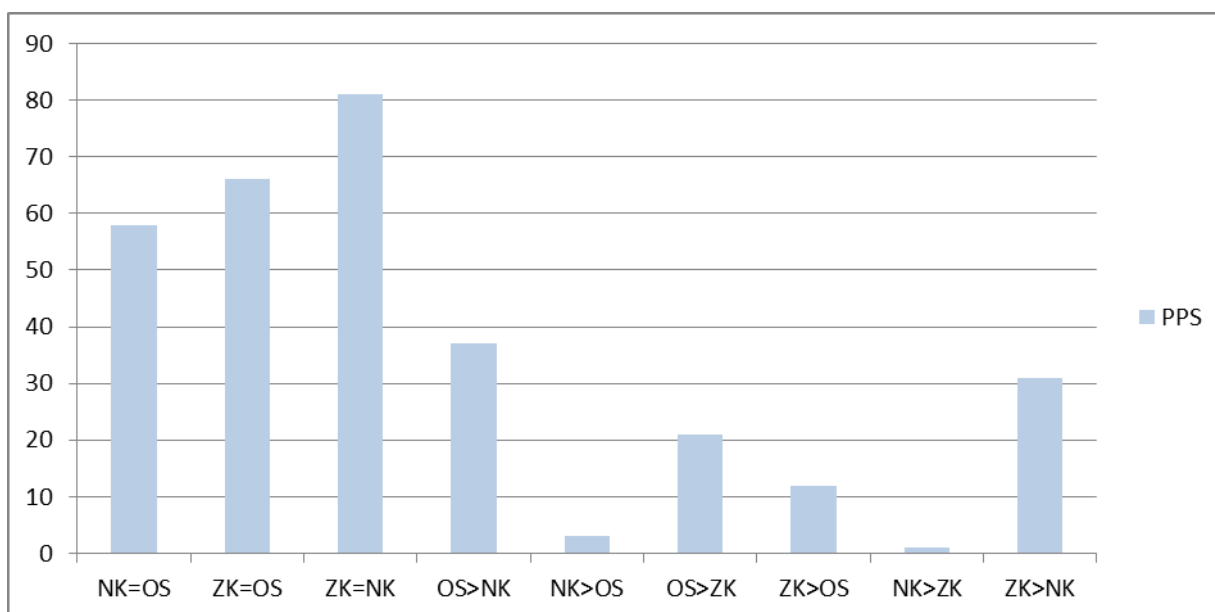
NOVOTNÝ, Jan, Kamil BOLDAN a Magda SOUČKOVÁ. Průzkum identických inkunábulí dlouhodobě uložených v odlišných podmínkách prostředí. *Knihovna – knihovnická revue*. 2014, roč. 25, č. 1, s. 5-22. ISSN 1801-3252.

PAVLÍKOVÁ, Marie. Pražská univerzitní knihovna za správy K. R. Ungara. In: *Ročenka Univerzitní knihovny v Praze 1957*. Praha: SPN, 1958, s. 5-47.

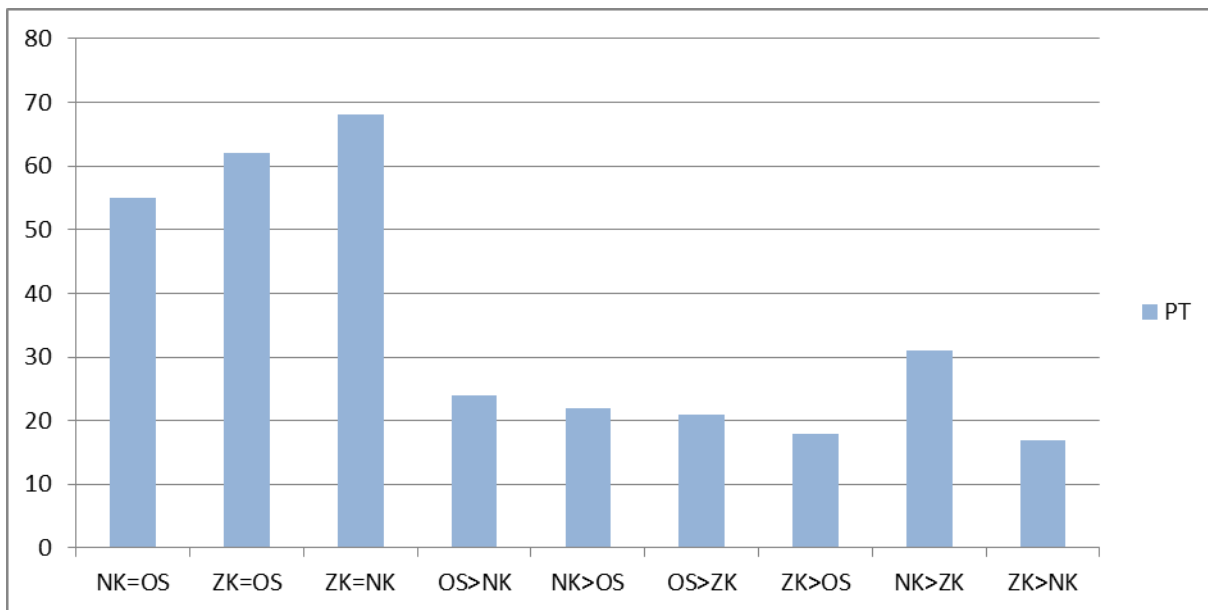
PŘÍLOHA



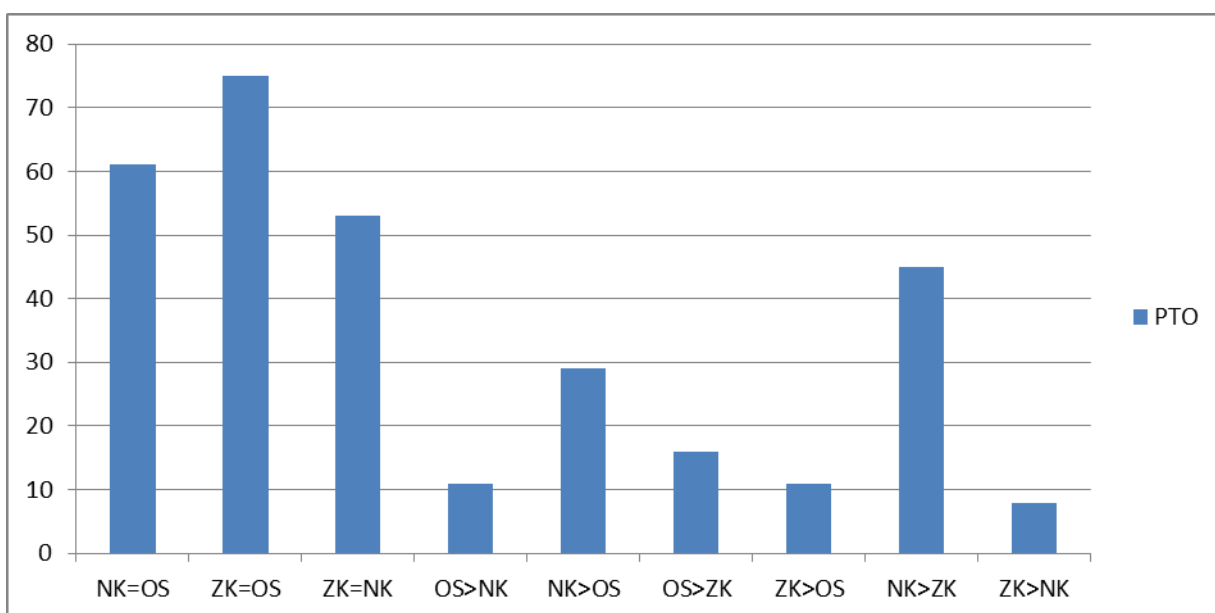
Obr. 3: pH studeného výluhu (pH) u identických tisků vzájemně porovnaných vždy ve dvou lokalitách (porovnány naměřené hodnoty s rozdílem >0,5 pH, pro rozdíl <0,5 pH hodnoty zaznamenány jako shodné, údaje v %)



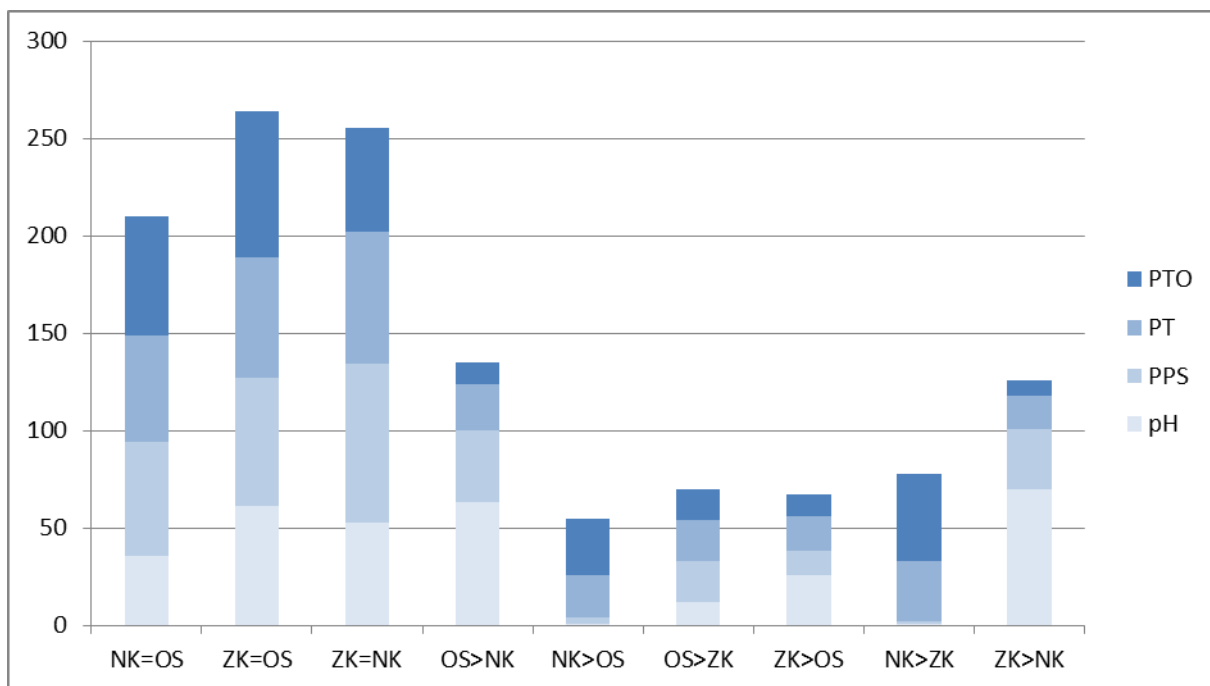
Obr. 4: Průměrný polymerační stupeň (PPS) u identických tisků vzájemně porovnaných vždy ve dvou lokalitách (porovnány naměřené hodnoty s rozdílem >500 PPS, pro rozdíl <500 PPS hodnoty zaznamenány jako shodné, údaje v %)



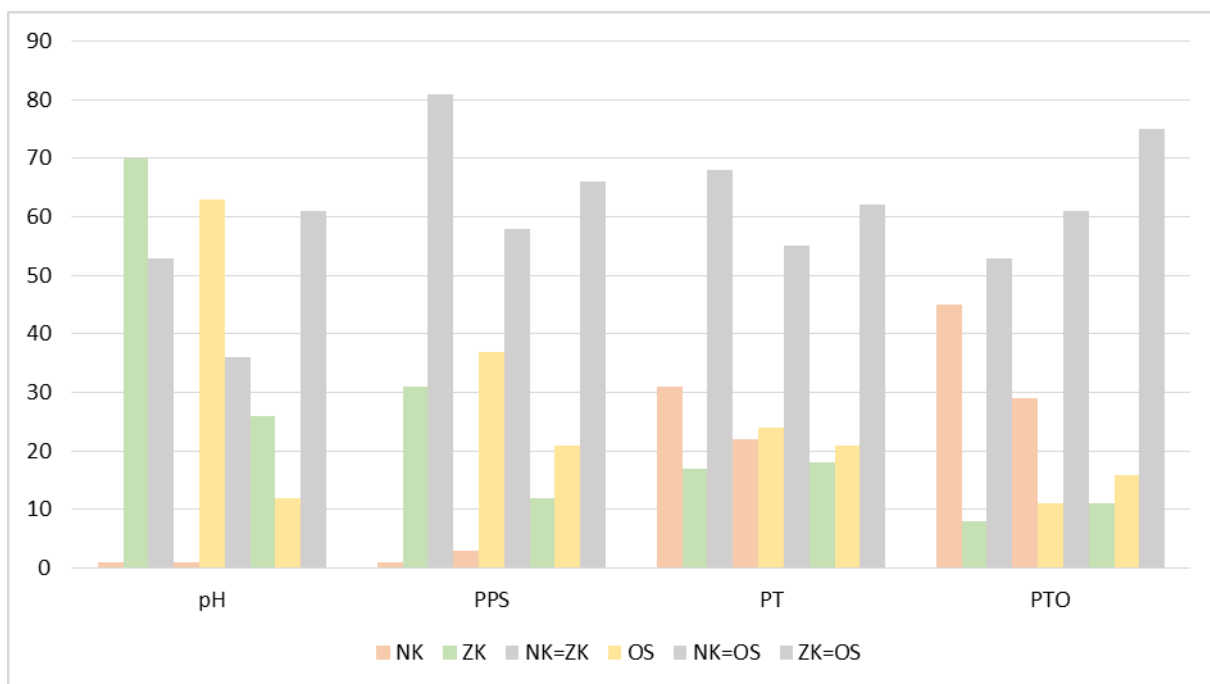
Obr. 5: Pevnost v tahu u identických tisků vzájemně porovnaných vždy ve dvou lokalitách (porovnány naměřené hodnoty s rozdílem >10 N, pro rozdíl <10 N hodnoty zaznamenány jako shodné, údaje v %)



Obr. 6: Pevnost v tahu po ohybu u identických tisků vzájemně porovnaných vždy ve dvou lokalitách (porovnány naměřené hodnoty s rozdílem >10 N, pro rozdíl <10 N hodnoty zaznamenány jako shodné, údaje v %)



Obr. 7: Celkové výsledky měření pH studeného výluhu (pH), průměrného polymeračního stupně (PPS), pevnosti v tahu (PT), pevnosti v tahu po ohybu (PTO) získané při vzájemném porovnání identických tisků vždy ve dvou lokalitách (počet svazků NK 85=100 %, ZK 96=100 %, OS 76=100 %)



Obr. 8: Rozložení výsledků měření pH studeného výluhu (pH), průměrného polymeračního stupně (PPS), pevnosti v tahu (PT) a pevnosti v tahu po ohybu (PTO) získané při vzájemném porovnání identických tisků vždy ve dvou lokalitách

VLIV ROZDÍLNÝCH PODMÍNEK ULOŽENÍ NA VLASTNOSTI KNIHOVNÍCH MATERIÁLŮ

Magda SOUČKOVÁ, Petra VÁVROVÁ

Národní knihovna ČR, Praha, Magda.Souckova@nkp.cz

Knihovní sbírky obsahují velké množství různých materiálů. Vedle dominantního papíru jsou hojně zastoupeny kolagenní materiály – pergameny a činěné vazební usně, potom fotografické materiály a lepenky, které tvoří většinu obalových materiálů v knihovnách. Vzorky těchto materiálů byly umístěny do čtyř depozitářů s rozdílnou kvalitou a čistotou prostředí. Zde byly deponovány po dobu dvou let, a potom byly vyhodnoceny změny jejich vybraných vlastností.

CHARAKTERISTIKA DEPOZITÁŘŮ

Vybrané depozitáře se nacházejí v různých oblastech České republiky, které mají zcela odlišnou kvalitu vzduchu:

Státní oblastní archiv v Třeboni – turistická oblast

Jihočeská vědecká knihovna České Budějovice, pracoviště ve Zlaté Koruně – zemědělská oblast

Knihovna Regionálního muzea v Teplicích – průmyslová oblast

Národní archiv v Praze – velkoměsto s intenzivní automobilovou dopravou, depozitář je ale vybaven klimatizací.

METODIKA

Vzorky materiálů byly do depozitářů umístěny na volné police mezi zde uskladněný knihovní fond. Byly zvoleny police s maximálním odstíněním přirozeného světla. V každém depozitáři byla uskladněna sada totožných vzorků, další sada kontrolních vzorků byla uložena v laboratořích Oddělení vývoje a výzkumných laboratořích v Národní knihovně. Po dvou letech skladování byly vzorky z depozitářů odebrány a byly vyhodnoceny změny jejich vlastností v porovnání s kontrolními vzorky.

KOLAGENNÍ MATERIÁLY

Použité kolagenní materiály

Vazební pergamen, teletina - Pergamen

Hlinitočiněná (tzv. bílá) vazební useň – BVU

Tříslučiněná vazební useň teletina – TČU teletina

Tříslučiněná vazební useň kozina – TČU kozina

Metody

Teplota smršťení - tato zkouška nahrazuje stanovení teploty smršťení podle ČSN 79 3841 (Součková, 2010). Při zahřívání ve vodě se kolagen během určitého teplotního intervalu deformuje. Tato deformace je patrná jako smršťení vláken, které závisí na pevnosti a jakosti kolagenních materiálů a na stupni jejich poškození. Měření teploty smršťení je měření hydrotermální stability kolagenu, tedy měření stability vazeb držících strukturu kolagenu. Zkouška byla provedena s použitím měřící cely FP82, termosystému FP900 (Mettler) a mikroskopu Olympus BX 60.

Pevnost v tahu a prodloužení - měření se provádí jednak u vzorků vyřezávaných ve směru podél páteře – značení „podél“, jednak ve směru kolmo na ní – značení „napříč“. Zkouška byla provedena podle ČSN ISO 3376 na Univerzálním testovacím stroji UTS.

Stanovení pH usní a pergamenů – bylo provedeno jako měření pH povrchu kolagenních materiálů za použití povrchově aktivní elektrody a pH metru inoLab.

Výsledky

Teplota smršťení

Změny teploty smršťení jednotlivých kolagenních materiálů, které byly uloženy ve sledovaných depozitářích, shrnuje tabulka 1.

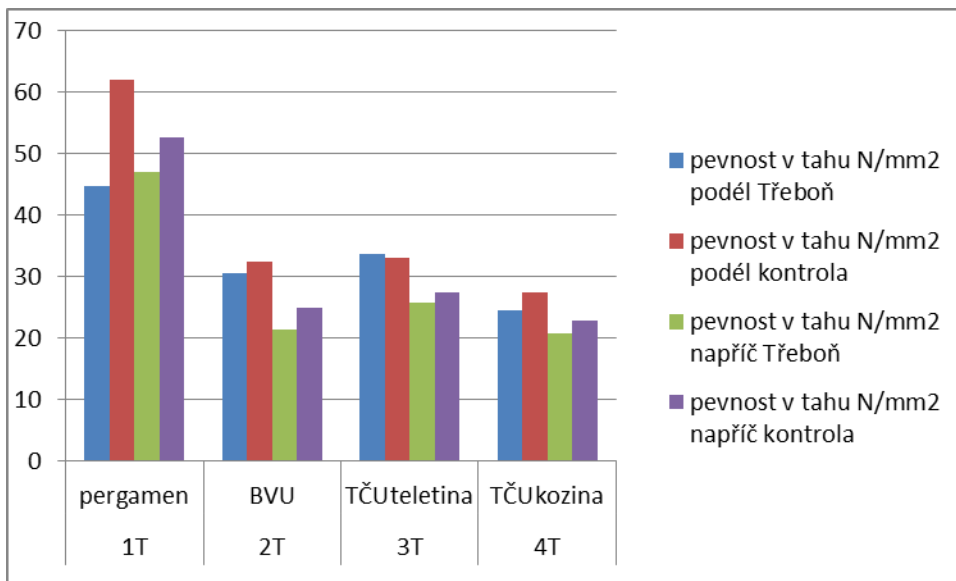
Tab. 1: Změna teploty smršťení $\Delta T_s = T_{\text{depozitář}} - T_{\text{kontrola}}$ kolagenních materiálů po dvou letech uložení v depozitářích

	ΔT_s (°C)			
	Zlatá Koruna	Třeboň	Teplice	Praha
Pergamen	-0,3	1,7	5,4	7,3
BVU	-6,5	1,3	-1	3,2
TČU teletina	-1,2	1,9	1,3	-0,3
TČU kozina	-0,7	1,4	3	-0,7

Třísločiněné materiály teletina i kozina prokázaly stabilitu teploty smršťení, což ukazuje, že nedošlo k jejich chemické degradaci v žádném ze sledovaných depozitářů. U bílé vazební usně bylo zjištěno zatím nevysvětlitelné snížení teploty smršťení u vzorku skladovaného ve Zlaté Koruně. Podobně nelze vysvětlit zvýšení teploty smršťení u pergamenu skladovaného v Teplicích. Zvýšení teploty smršťení pergamenu a bílé vazební usně skladované v Praze lze spojit s vysokou koncentrací čpavku v tomto depozitáři a jeho možným navázáním do struktury kolagenu.

Pevnost v tahu a prodloužení

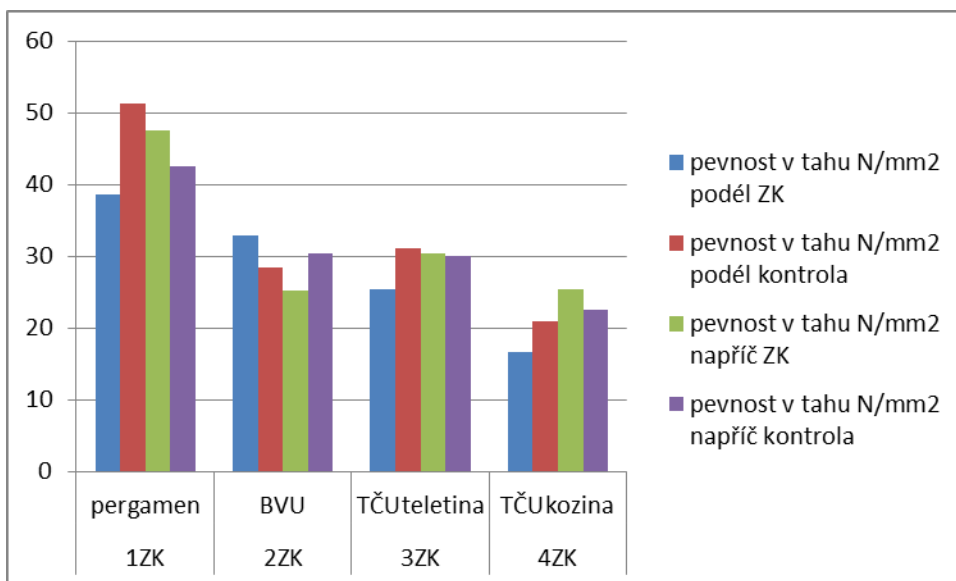
Výsledky měření změny fyzikálně-mechanických vlastností je obtížné vyhodnotit vzhledem k nehomogenitě kolagenních materiálů, která má svůj původ již v nehomogenitě výchozích surovin – zvířecích kůží.



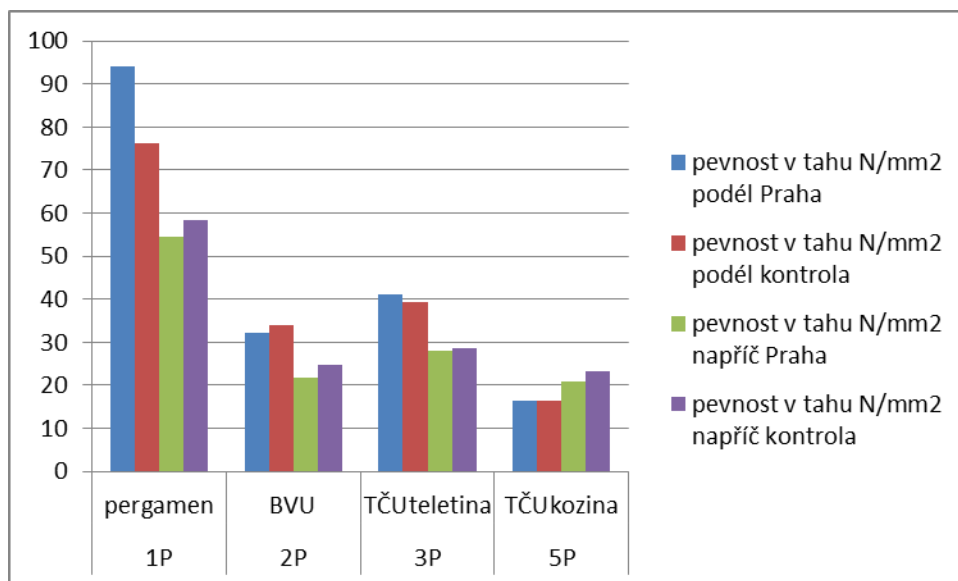
Obr. 1: Pevnost v tahu vzorků uložených v depozitáři v Třeboni

U vzorků uložených v Třeboni (Obr. 1) bylo pozorováno snížení pevnosti u vzorků nečiněných rostlinnými třísly (pergamen a bílá vazební useň). Tyto kolagenní materiály jsou obecně více ovlivňovány kolísáním teploty a vlhkosti ve skladovacím prostoru.

I u pergamenu uloženého ve Zlaté Koruně (Obr. 2) bylo pozorováno snížení pevnosti.



Obr. 2: Pevnost v tahu vzorků uložených v depozitáři ve Zlaté Koruně



Obr. 3: Pevnost v tahu vzorků uložených v depozitáři v Praze

Kolagenní materiály uložené v klimatizovaném depozitáři v Praze (Obr. 3) vykázaly pevnost v tahu a prodloužení velmi podobné kontrolním materiálům uloženým v laboratoři NK v Hostivaři. Bylo jen zjištěno zvýšení pevnosti podél u pergamenu.

Kyselost vyjádřená v pH

Rozdíl kyselosti vzorků uložených v jednotlivých depozitářích a kontrol uložených v laboratoři NK je uveden v tabulce 2.

Tab. 2 Změna kyselosti vzorků kolagenních materiálů, $\Delta pH = pH_{\text{depozitář}} - pH_{\text{kontrola}}$

	ΔpH			
	Pergamen	BVU	TČU teletina	TČU kozina
Zlatá Koruna	-0,1	0	0,2	0,1
Teplice	0	-0,1	0,4	0,1
Praha	0,2	0,1	0,2	0
Třeboň	0	-0,4	-0,1	0,1

Kyselost vzorků kolagenních materiálů uložených ve sledovaných depozitářích se zásadně nezměnila, zjištěné rozdíly mohou být způsobeny chybou měření.

FOTOGRAFICKÉ MATERIÁLY

Použité fotografické materiály, resp. techniky

- 1 – novodobý inkoustový tisk
- 2 – stříbroželatínová fotografie (nedostatečně ustálená)
- 3 – stříbroželatínová fotografie
- 4 – stříbroželatínová fotografie (nedostatečně ustálená)
- 5a – barevný diapositiv z obrazové strany
- 5b – barevný diapositiv z neobrazové strany
- 6 – stříbroželatínová fotografie

- 7 – albuminová fotografie
- 8 – slaný papír
- 9 – kyanotypie
- 10– stříbroželatínová fotografie (nedostatečně ustálená)
- 11 – filmový pás (polyester) z obrazové strany

Označení vzorků:

- O – vzorky uložené v Teplicích
- ZK – vzorky uložené ve Zlaté Koruně
- T – vzorky uložené v Třeboni
- P – vzorky uložené v Praze
- Ref – kontrolní vzorky ke vzorkům skladované v NK ČR



Obr. 4: Vzorky fotografických a filmových technik umístěné do depozitářů.

Metody

U těchto vybraných fotografických materiálů, resp. technik byly změřeny vybrané parametry před vystavením do depozitářů a to konkrétně: hodnoty parametrů L^* , a^* , b^* v systému barev CIELab, vzorky byly zváženy a byla pořízena mikrofotografie povrchu pomocí optického mikroskopu.

K měření změn barvy byl použit přístroj spektrofotometr Minolta CM-508d s geometrií d/8, měření bez lesku SCE, v barevném prostoru CIE 1976 LAB, Mode Lab E, typ pozorovatele: 10° , světelný zdroj D65.

Tab. 3: Změna barevnosti fotografických materiálů, resp. technik

Označení vzorků	ΔE^*				
	O	P	T	ZK	Ref.
1	2,4	0,2	0,4	0,1	0,1
2	9,9	3,5	19,9	3,4	1,3
3	2,2	0,6	33,1	0,7	0,5
4	5,6	1,6	7,3	1,7	1,4
5a	6,8	0,6	2,2	0,7	0,5
5b	3,6	9,5	0,7	9,6	0,5
6	0,2	0,1	0,8	0,2	0,1
7	1,1	0,3	1,1	0,2	0,1
8	5,6	4,5	7,6	4,3	0,5
9	1,3	1,2	0,6	1,1	0,6
10	0,4	0,1	2,9	0,1	0,1
11	2,0	1,1	3,9	1,0	0,2

Výsledky

Změna barevnosti vzorků různých fotografických technik (1 – tisk, 3, 6 – stříbroželatinová fotografie dostatečně ustálená a vypraná, 5 – diapozitiv, 7 – albuminová fotografie, 9 – kyanotypie, 11 – filmový pás) uložených v depozitářích v Oseku, v Praze, v Třeboni i ve Zlaté Koruně je srovnatelná s referenčními vzorky uloženými ve tmě bez přístupu prachu v NK ČR. Naopak u vzorků různých fotografických technik (2, 4, 10 – stříbroželatinová fotografie nedostatečně ustálená a 8 – slaný papír) došlo vždy k velké změně barevnosti, přičemž opět v Třeboni je změna barevnosti opět mnohem vyšší než v ostatních depozitářích (Tab. 3). Velký vliv na tyto barevné změny má zřejmě i RH vzduchu a kolísání tohoto parametru. A také zřejmě světelná expozice po měření spektrofotometrem, kdy může i díky zvýšené relativní vlhkosti vzduchu docházet k tzv. post-radiačním efektům a tvorbě žlutých až hnědých degradačních produktů.

LEPENKY NA OCHRANNÉ OBALY

Použité druhy lepenky

- 12 - hnědá archivní lepenka (Box Board)
- 13 - hnědá archivní lepenka (bílá strana) (Box Board)
- 14 - zelená archivní lepenka (NK Lepenka)
- 15 - zelená archivní lepenka (bílá strana) (NK Lepenka)

Metody

U těchto vybraných fotografických materiálů, resp. technik byly změřeny vybrané parametry před vystavením do depozitářů a to konkrétně: hodnoty parametrů L^* , a^* , b^* v systému barev CIELab, vzorky byly zváženy a byla pořízena mikrofotografie povrchu pomocí optického mikroskopu.

K měření změn barvy byl použit přístroj spektrofotometr Minolta CM-508d s geometrií d/8, měření bez lesku SCE, v barevném prostoru CIE 1976 LAB, Mode Lab E, typ pozorovatele: 10°, světelný zdroj D65.

Výsledky

Tab. 4: Změna barevnosti lepenek

Označení vzorků	ΔE^*				
	O	P	T	ZK	Ref.
12	0,8	0,4	26,6	0,4	0,3
13	1,2	0,3	27,0	0,3	0,1
14	0,8	0,4	26,3	0,4	0,5
15	1,6	0,7	25,6	0,7	0,5

Změna barevnosti vzorků lepenek archivní kvality uložených v depozitářích v Oseku, v Praze i ve Zlaté Koruně je srovnatelná s referenčními vzorky uloženými ve tmě v NK ČR (Tab. 4). Pouze v Třeboni došlo k velké změně barevnosti, především na bílé straně lepenky, kdy velmi klesla hodnota L – je to způsobeno prachovými částicemi na povrchu, které zde ulpěly a změnilly barvu povrchu. Velký vliv na tyto barevné změny má zřejmě i RH vzduchu a kolísání tohoto parametru.

ZÁVĚR

U tříslučiněných usní nebyly pozorovány změny teploty smrštění v žádném z depozitářů. Zvýšení teploty smrštění pergamenu a bílé vazební usně skladované v Praze lze spojit s vysokou koncentrací čpavku v tomto depozitáři a jeho možným navázáním do struktury kolagenu.

Pergamen a hlinitočiněná vazební useň reagují na kolísání teploty a vlhkosti prostředí snížením pevnosti. Pevnost v tahu ani prodloužení kolagenních materiálů uložených v klimatizovaném depozitáři v Praze se nezměnily s výjimkou zvýšení pevnosti podél pergamenu. Kyselost kolagenních materiálů nebyla skladování ve sledovaných depozitářích ovlivněna.

Prach je významným degradačním faktorem mnoha materiálů památek. U vzorků fotografických technik i lepenek je toto dílčí studie a je potřeba ve výzkumu pokračovat, vzorky pro další testování např. chemických či mechanických vlastností byly velmi malé. Vliv prachu je zaznamenán díky barevným změnám, ale z hlediska změn struktury nelze toto posoudit. Na vybraných fotografických technikách byly pod mikroskopem pozorovány rýhy a škrábance, které na původních vzorcích nebyly. Je to patrně způsobeno mechanickou abrazí působením prachových zrn.

LITERATURA

Součková, M.: Mikroskopické metody stanovení stupně poškození pergamenu. *Knižnica*, 11, 2-3, 69 – 73, (2010).

Vávrová, P., Kotlík, P., Ďurovič, M., Brezová, V.: Post-Irradiation Effects. The Influence of Visible Light on Archival Documents. *PapierRestaurierung*, 9, 4, (2008).
ISSN: 1563-2628

VLIV PRACHOVÝCH ČÁSTIC NA DEGRADACI CELULÓZY

Benjamin BARTL¹, Ludmila MAŠKOVÁ², Hana PAULUSOVÁ¹, Jiří SMOLÍK², Lenka BARTLOVÁ¹, Petr VODIČKA²

¹Národní archiv, Praha, benjamin.bartl@nacr.cz

²Ústav chemických procesů AV ČR, Praha

Tento příspěvek se zabývá změnami, kterým podléhají celulózy filtry Whatman 41 v důsledku kontaminace prachovými částicemi a umělého stárnutí. Prachové částice pocházely z archivních a knihovních depozitářů a byly charakterizovány jak z hlediska chemického složení, tak i distribuce velikosti. Změny, ke kterým došlo po umělém stárnutí, byly vyhodnoceny na základě stanovení průměrného polymeračního stupně (DP_v) celulózy. Bylo zjištěno, že je možné pozitivně korelovat pokles DP_v celulózy a množství deponovaného síranu amonného. Co se týká distribuce velikosti částic, bylo potvrzeno, že pro degradaci celulózy má rozhodující význam obsah částic průměru menšího, než 1 μm (PM1).

Negativní vliv kontaminace papírových dokumentů prachovými částicemi je spojován především s estetickými problémy, možností abrazivního poškození povrchu papíru, případně s jeho mikrobiologickým napadením (Brimblecombe, 1990; Wilson, 1995; NPS, 1999; Hatchfield, 2002; NAFA, 2004). Upozorňuje se také na možný negativní vliv některých hygroskopických a kyselých prachových částic, případně na schopnost některých z nich absorbovat plynné polutanty a reagovat s nimi za vzniku škodlivých produktů (NPS, 1999; Hatchfield, 2002; Wilson, 1995; NAFA, 2004). Obecně však mechanismus působení prachových částic není dostatečně prozkoumán, stejně tak jako jeho relativní význam ve srovnání s ostatními degradačními mechanismy.

Cílem této studie je přispět k porozumění těmto problémům. Je zaměřena na sledování změn, kterým podléhají celulózy papíry v důsledku kontaminace prachovými částicemi a umělého stárnutí. Výsledky poukazují nejen na důležitost problému, ale také na jeho složitost a často neintuitivní charakter.

METODIKA

Deponování prachových částic na celulózy filtry

Na celulózy filtry Whatman 41 byly v prostředí depozitářů deponovány reálné prachové částice. Vzorkování bylo provedeno v depozitářích Státního oblastního archivu v Třeboni a Jihočeské vědecké knihovny ve Zlaté Koruně. Zatímco SOA Třeboň sídlí v renesančním zámku v centru malého turistického města, Zlatá Koruna reprezentuje zemědělskou oblast české krajiny.

Odběr vzorků byl prováděn v zimě 2011, a dále na jaře, v létě a na podzim 2012. Bylo přitom využito odběrových zařízení Leckel LVS-3 (Sven Leckel Ingenieurbüro, Německo), přičemž doba vzorkování byla 24 hodin a průtok vzduchu 2,3 $\text{m}^3 \text{h}^{-1}$. Aerodynamický průměr deponovaných částic byl buď $\leq 1 \mu\text{m}$ (frakce PM1) nebo $\leq 10 \mu\text{m}$ (frakce PM10). Tytéž frakce byly současně zachyceny také na křemenné a

polytetrafluorethylenové (PTFE) filtry pro následnou analýzu chemického složení. V každém období byly připraveny dvě sady uvedených vzorků v obou depozitářích.

Zdroje znečištění

Pro určení možného zdroje znečištění ovzduší byla porovnávána také koncentrace a distribuce velikostí prachových částic ve vnitřním a vnějším prostředí. Obě měření byla prováděna současně, a to pomocí přístrojů Ultrafine Particle Monitor (model 3031, TSI, USA) a Aerodynamic Particle Sizer (model 3321, TSI, USA), a to v rozsahu velikostí částic 20–20000 nm.

Analýza deponovaných prachových částic

Prachové částice zachycené na křemenných a PTFE filtrech byly analyzovány gravimetricky (mikrováhy Sartorius M5P, Data Weighing Systems, USA), pomocí iontové chromatografie (Dionex ICS-5000, Thermo Scientific), PIXE a termo-optické transmisní metody (EC/OC field analyser, Sunset Laboratory, Netherlands, EUSAAR II temperature protocol). Tímto způsobem bylo stanoveno množství deponovaného prachu a koncentrace vybraných iontů, elementárního uhlíku a organického uhlíku.

Složení prachových částic na celulóзовých filtrech bylo vypočteno na základě objemového průtoku, doby vzorkování a koncentrace jednotlivých složek stanovených na křemenných a PTFE filtrech.

Deponování síranu amonného na modelové vzorky

Předběžné výsledky naznačovaly význam síranu amonného pro degradaci celulózy. Proto byla připravena také série modelových vzorků filtrů Whatman 41 se známým množstvím (0,29–6,75 $\mu\text{g cm}^{-2}$) naneseného síranu amonného (čistota $\geq 99.5\%$, Fluka, Německo). Vodný roztok síranu amonného byl aplikován na filtry postřikem pomocí aerosolového generátoru AGK 2000 (Palas, Německo). Následně byly filtry vysušeny. Průměrná velikost nanesených částic byla 200 nm. Tyto vzorky byly stárnuty za stejných podmínek jako vzorky s reálným prachem.

Měření změn vlastností celulóзовých papírů

Veškeré vzorky celulóзовých filtrů byly stárnuty po dobu 28 dní při 65 % relativní vlhkosti a 80 °C (ISO 5630-3:1986) v klimatizační komoře (Espec PR-2KP, Japonsko). Jako referenční vzorky byly použity čisté filtry Whatman 41.

Vzhledem k malé velikosti vzorků byly změny po stárnutí vyhodnoceny pouze na základě změn viskozitně průměrného polymeračního stupně celulózy (DP_v). Stanovení limitního viskozitního čísla bylo provedeno podle normy ISO 5351:2010 pomocí poloautomatického viskozimetru TV2000AKV (Tamson Instruments, Nizozemí). Hodnota DP_v byla vypočtena na základě Markovy-Houwinkovy rovnice, která má pro dvojici celulóza-kupriethylendiamin tvar

$DP^{0.85} = 1,1 \cdot [\eta]$ (Evans a kol., 1987). Souvislost mezi DP_v a mechanickými vlastnostmi celulóзовých materiálů je popsána v literatuře (Feller a Wallis, 1986; Zou a kol., 1994; Zervos, 2010; Bílková, 2012).

VÝSLEDKY A DISKUZE

Chemické složení deponovaného prachu

Z výsledků analýz vyplývá, že hlavní součástí frakce PM1 v prostředí depozitářů byl elementární uhlík, organický aerosol, amonné ionty a síranové ionty. Prvky zemské kůry byly obsaženy převážně ve frakci částic o průměru 1–10 μm . Příspěvek částic této velikosti byl však poměrně malý (Tab. 1 a 2).

Tab. 1: Koncentrace šesti složek prachových částic deponovaných na celulókové filtry. Vzorkování byla provedena v archivním depozitáři SOA Třeboň v průběhu období zima–podzim 2012. Koncentrace jsou uvedeny v $\mu\text{g cm}^{-2}$.

Datum (2012)	PM frakce	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	Elementární uhlík	Organický uhlík	Prvky zemské kůry	Celková hmotnost
31.1.	PM1	3,6	1,6	1,8	3,8	15,1	0,4	35,1
2.2.	PM1	0,9	0,2	0,4	2,0	5,4	0,1	11,7
24.4.	PM1	0,5	0,1	0,2	1,4	21,2	0,2	29,0
25.4.	PM1	0,2	0,1	0,1	1,2	21,1	0,3	30,2
18.7.	PM1	0,8	0,0	0,4	2,2	5,2	1,3	13,0
19.7.	PM1	0,8	0,1	0,4	0,9	2,2	0,3	6,6
24.10.	PM1	13,6	1,0	5,4	5,5	10,0	1,1	54,1
25.10.	PM1	7,5	0,2	3,1	4,9	12,2	1,0	34,1
31.1.	PM10	3,9	1,9	1,8	4,0	23,5	1,9	45,2
2.2.	PM10	1,2	0,4	0,5	2,2	7,4	0,8	15,9
24.4.	PM10	0,8	0,1	0,3	1,5	22,3	1,2	31,5
25.4.	PM10	0,2	0,0	0,1	1,3	20,7	0,8	31,1
18.7.	PM10	0,5	0,0	0,2	1,2	7,6	2,1	11,1
19.7.	PM10	0,9	0,2	0,4	1,0	5,1	1,5	10,5
24.10.	PM10	15,3	1,6	6,0	4,6	13,3	2,6	61,1
25.10.	PM10	8,9	0,6	3,6	5,6	11,8	2,7	42,2

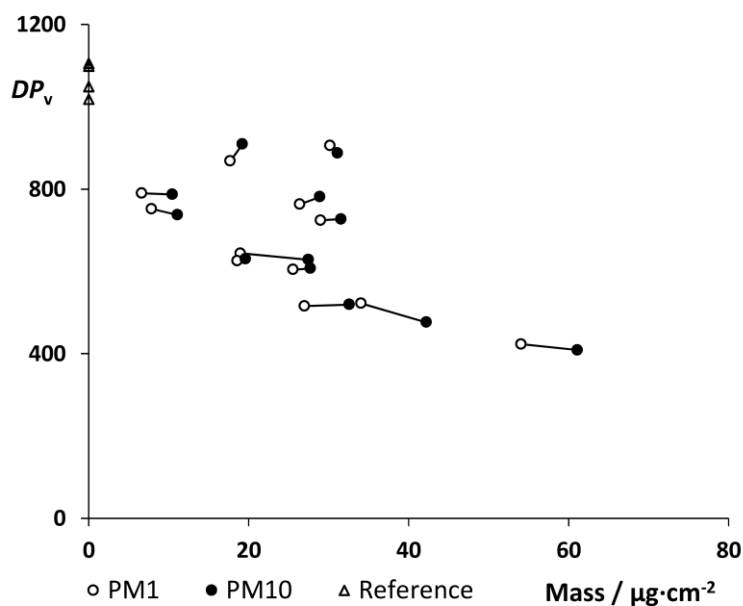
Tab. 2: Koncentrace šesti složek prachových částic deponovaných na celulózkové filtry. Vzorkování byla provedena v depozitáři Jihočeské vědecké knihovny ve Zlaté Koruně v průběhu období zima–podzim 2012. Koncentrace jsou uvedeny v $\mu\text{g cm}^2$.

Datum (2012)	PM frakce	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	Elementární uhlík	Organický uhlík	Prvky zemské kůry	Celková hmotnost
24.1.	PM1	0,5	0,1	0,3	1,9	10,0	0,3	15,7
26.1.	PM1	2,0	0,3	0,9	2,0	14,4	0,2	22,9
17.4.	PM1	1,4	0,0	0,6	1,8	8,3	0,3	18,6
18.4.	PM1	1,7	0,2	0,7	1,6	11,5	0,3	19,0
24.7.	PM1	4,3	0,1	1,7	1,5	10,4	0,5	27,0
25.7.	PM1	3,2	0,3	1,2	1,0	11,7	0,5	25,6
30.10.	PM1	0,6	0,1	0,3	1,6	10,2	1,3	17,7
31.10.	PM1	1,4	0,0	0,6	2,9	13,7	2,8	26,4
24.1.	PM10	0,9	0,4	0,4	1,9	13,4	0,4	19,8
26.1.	PM10	1,6	0,1	0,7	1,3	10,1	0,6	16,8
17.4.	PM10	1,3	0,3	0,5	1,6	8,3	0,8	19,6
18.4.	PM10	2,2	0,3	0,8	2,1	18,4	1,2	27,5
24.7.	PM10	3,8	0,1	1,5	1,6	14,3	2,0	32,6
25.7.	PM10	3,0	0,3	1,1	1,1	12,9	1,0	27,7
30.10.	PM10	0,8	0,1	0,3	1,4	11,7	2,1	19,2
31.10.	PM10	2,0	0,3	0,8	2,9	15,2	3,9	28,9

Simultánní měření koncentrace a distribuce velikostí částic ve vnitřním a vnějším prostředí prokázalo, že znečištění depozitářů odráželo stav znečištění prostředí vnějšího. To bylo závislé na okamžité meteorologické situaci a lidských aktivitách. Jemné organické aerosoly a elementární uhlík jsou typickými produkty spalování (doprava, topení) (Hatchfield, 2002; Gaffney a Marley, 2005; Andělová, 2010). Významnou složkou jemných prachových částic jsou amonné a síranové ionty (Seinfeld a Pandis, 1998; Finlayson-Pitts a Pitts, 1999; Tétreault, 2003; Gaffney a Marley, 2005). Většinou bývají přítomny ve formě síranu amonného, produktu neutralizační reakce amoniaku a kyseliny sírové, ke které dochází v atmosféře. Velikost těchto částic se pohybuje v intervalu 0,1–1,0 μm což umožňuje jejich snadné pronikání z vnějšího prostředí dovnitř.

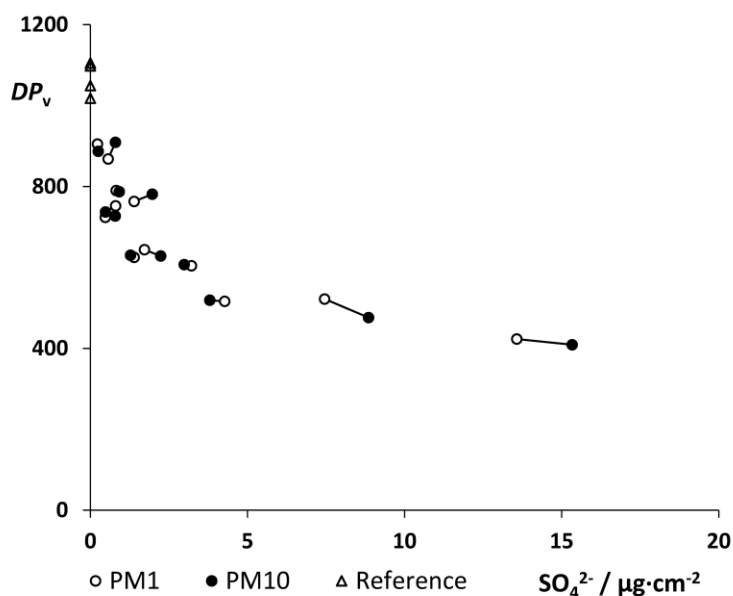
Vliv prachových částic na vlastnosti celulózy

Výsledky potvrdily, že filtry Whatman 41 po kontaminaci prachovými částicemi a umělém stárnutí podléhají významným změnám. Hodnota DP_v podle očekávání klesala s rostoucím množstvím deponovaného prachu (Obr. 1). Co se týká paralelních měření vzorků PM1 a PM10, nebyl zaznamenán žádný významný rozdíl, což svědčí o tom, že pro chemickou degradaci celulózy mají rozhodující význam částice frakce PM1.

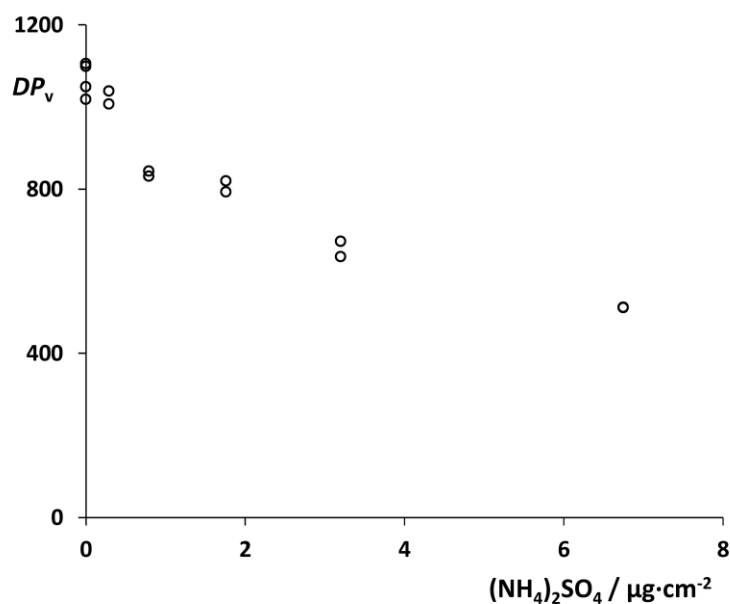


Obr. 1: Závislost průměrného polymeračního stupně celulózy na celkovém množství deponovaných prachových částic. Vzorky PM1 a PM10, které byly připraveny současně, jsou spojeny linkou. Reference = nekontaminované stárnuté celulózkové filtry.

Závislost poklesu DP_v na množství deponovaného prachu však nebyla přímočará. Je zřejmé, že degradační vliv prachových částic nesouvisí pouze s jejich množstvím, ale také s jejich chemickým složením. Proto byla hledána souvislost mezi obsahem jednotlivých identifikovaných složek prachových částic a zaznamenaným poklesem DP_v . Nejpersvědčivější korelace byla nalezena u síranových a amonných iontů (Obr. 2). Pozorovaná korelace sama o sobě samozřejmě nedokazuje příčinné spojení mezi koncentrací síranu amonného a degradací celulózy. Tato možnost byla proto dále ověřována na modelových vzorcích.



Obr. 2: Závislost průměrného polymeračního stupně celulózy na množství deponovaných síranových aniontů. Vzorky PM1 a PM10, které byly připraveny současně, jsou spojeny linkou. Reference = nekontaminované stárnuté celulózkové filtry.



Obr. 3: Závislost průměrného polymeračního stupně celulózy na množství deponovaného síranu amonného.

Vliv síranu amonného na vlastnosti celulózy

Výsledky potvrdily, že během umělého stárnutí síran amonný přispívá k degradaci celulózy (Obr. 3). Mechanismus jeho působení však není zřejmý. Je známo, že aplikace vodných roztoků síranu amonného má negativní vliv na vlastnosti papíru Whatman 1 (Antušková, 2013), a také na dřevěné konstrukční prvky (Kučerová a kol., 2010).

Vzhledem k hygroskopicitě a kyselosti vodných roztoků síranu amonného někteří autoři předpokládají, že jeho přítomnost urychluje průběh kyselé hydrolýzy celulózy (Le Van a Winandy, 1990; Antušková, 2013). Toto vysvětlení však není obecně přijímáno, a to zejména s ohledem na skutečnost, že kyselost roztoků síranu amonného je relativně mírná (Kučerová a kol., 2010).

Jak bylo uvedeno, síran amonný je běžnou součástí jemných sekundárních aerosolů. Z toho vyplývá, že uvedené výsledky se netýkají pouze depozitářů v SOA Třeboň a Jihočeské vědecké knihovně, ale mají obecnější význam.

ZÁVĚR

Bylo zjištěno, že celulózové filtry Whatman 41 podléhají v důsledku kontaminace prachovými částicemi a umělého stárnutí podstatným změnám. Degradační vliv prachových částic přitom nesouvisí pouze s jejich množstvím, ale také s jejich chemickým složením. Pokles průměrného polymeračního stupně celulózy je možné korelovat s obsahem síranových iontů obsažených v prachových částicích. Co se týká distribuce velikosti částic, výsledky získané pro frakce PM1 a PM10 se významně nelišily, což svědčí o rozhodujícím významu frakce PM1. Negativní vliv síranových aniontů byl ověřen také na modelových vzorcích. V budoucnu bude vhodné ověřit přenositelnost výsledků, které byly získány za podmínek umělého stárnutí, na reálnou situaci v depozitářích.

LITERATURA

Brimblecombe, P. The composition of museum atmospheres. *Atmospheric Environment* 24B, 1, (1990): 1–8.

Wilson, W.K. NISO TR01-1995. *Environmental guidelines for the storage of paper records*. Bethesda: National Information Standards organization, 1995.

National Park Service, Chapter 4: Museum Collections Environment, In: NPS Museum Handbook, Part I, 1999, <http://www.nps.gov/history/museum/publications/handbook.html>.

Hatchfield, P.B. *Pollutants in the museum environment*. Archetype Publications Ltd., 2002.

The NAFA guidelines—Libraries, archives and museums. National Air Filtration Association, 2004.

Evans, R., Wallis, A.F.A. Comparison of cellulose molecular weights determined by high performance size exclusion chromatography and viscometry. *Proceedings of the Fourth International Symposium on Wood and Pulp Chemistry*, 27.–30. 4. 1987, Paris, 1987.

Feller, R.L., Lee, S.B., Bogaard, J. 1986. The Kinetics of Cellulose Deterioration. In: H.L. Needles, S.H. Zeronian eds. *Historic Textile and Paper Materials*. Advances in Chemistry. Washington, DC: American Chemical Society.

Zou, X., Gurnagul, N., Uesaka, T., Bouchard, J. Accelerated aging of papers of pure cellulose: Mechanism of cellulose degradation and paper embrittlement. *Polymer Degradation and Stability* 43, (1994): 393–402.

Zervos, S. 2010. Natural and Accelerated Ageing of Cellulose and Paper: A Literature Review. In: A. Lejeune, T. Deprez, eds. *Cellulose: Structure and Properties, Derivatives and Industrial Uses*. New York: Nova Science Publishers, Incorporated, 155–203.

Bílková, L. Application of infrared spectroscopy and thermal analysis to the examination of the degradation of cotton fibers. *Polymer Degradation and Stability* 97, (2012): 35–39.

Gaffney, J.S., Marley, N.A. 2005. *Urban Aerosols and Their Impacts*. Washington, DC: American Chemical Society, ACS Symposium Series.

Andělová, L., Smolík, J., Ondráčková, L., Ondráček, J., López-Aparicio, S., Grøntoft, T., Stankiewicz, J. Characterization of Airborne Particles in the Baroque Hall of the National Library in Prague, *e-Preservation Science* 7, (2010): 141-146.

Seinfeld, J.H., Pandis, S.N. 1998. *Atmospheric Chemistry and Physics, From Air Pollution to Climate Change*. New York: John Wiley & Sons, Inc., pp. 491–544.

Tétreault, J. *Airborne pollutants in museums, galleries, and archives: Risk assessment, control strategies, and preservation management*. Canadian Conservation Institute, Ottawa, 2003.

Antušková, V. 2013. *Vliv anorganických sloučenin užívaných pro ochranu dřeva na celulosu*. Diplomová práce, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze.

Kučerová, I., Ohlídalová, M. et al. Defibring of historical roof beam caused by ammonium sulphate and ammonium phosphates based fire retardants. In: Gril, J. (Ed.), *Wood Science for Conservation of Cultural Heritage*, Braga 5.–7. 11. 2008 (Proceedings), 2008. Firenze University Press 2010, 281–286.

Le Van, S.L., Winandy, J.E. 1990. Effects of Fire Retardant Treatments on Wood Strength: A Review. *Wood and Fiber Science*, 22(1): 113–31.

VLIV PRACHU NA VLASTNOSTI KOLAGENNÍCH MATERIÁLŮ

Magda SOUČKOVÁ¹, Ludmila MAŠKOVÁ², Jiří SMOLÍK²

¹Národní knihovna ČR, Praha, Magda.Souckova@nkp.cz

²Ústav chemických procesů AV ČR, Praha

Na vzorcích kolagenních materiálů, které byly exponovány po dobu dvou let v depozitářích, se přirozenou cestou usadilo jen velmi málo prachu (cca 0,1 hmotnostních procent). Proto byly připraveny další vzorky kolagenních materiálů, na které byl aplikován prach vtíráním pomocí sáčku vytvořeného z jemné netkané textilie. Vzorky pokryté prachem a odpovídající kontrolní vzorky bez prachu byly podrobeny umělému stárnutí. Potom byl prach mechanicky odstraněn a byly zkoumány změny vybraných vlastností kolagenních materiálů.

METODIKA

Aplikovaný prach

K aplikaci byl použit reálný prach z depozitářů Národní knihovny Klementinum, z kterého byly pomocí sítka odstraněny nejhrubší částice (úlomky papíru apod.), které by mohly při vtírání mechanicky poškodit povrch testovaného materiálu (Obr. 1).



Obr. 1 Nanášení prachu na vzorek tříslučiněné usně

V Ústavu chemických procesů AV ČR byly provedeny analýzy prachu. Analýzou EDX byla zjištěna přítomnost uhlíku, kyslíku a vápníku, dále pak dusíku, draslíku, křemíku a železa.

Analýzou vodorozpustných složek prachu pomocí iontové chromatografie byly zjištěny sírany a vápník, dále draslík, sodík, chlor, hořčík a amonné a dusičnanové ionty.

Použité kolagenní materiály

Vazební pergamen – P

Třísločiněná vazební useň – T

Na vzorky byl prach nanášen jednak z rubu (cca 4 hm. % u třísločiněné usně a 4 – 6 % u pergamenu), jednak z líce (0,4 – 0,5 hm. %).

Vzorky s nánosem prachu i kontrolní vzorky bez prachu byly podrobeny umělému stárnutí (Tab. 1).

Tab. 1 Stárnutí vzorků

Vzorek	Nanesení prachu	Stárnutí
1	Rub	Laboratorní podmínky
2	Rub	Tepelné -120 °C, 24 hodin
3	Rub	Střídání vlhkostí 20% a 70% RH, 40 °C
4	Rub	(Tepelné + střídání vlhkostí) 2x
5	Rub	Tepelné + střídání vlhkostí
6	Rub i líc	(Tepelné + střídání vlhkostí) 2x
7	Rub i líc	Tepelné + střídání vlhkostí
8	Líc	Tepelné + střídání vlhkostí

Metody

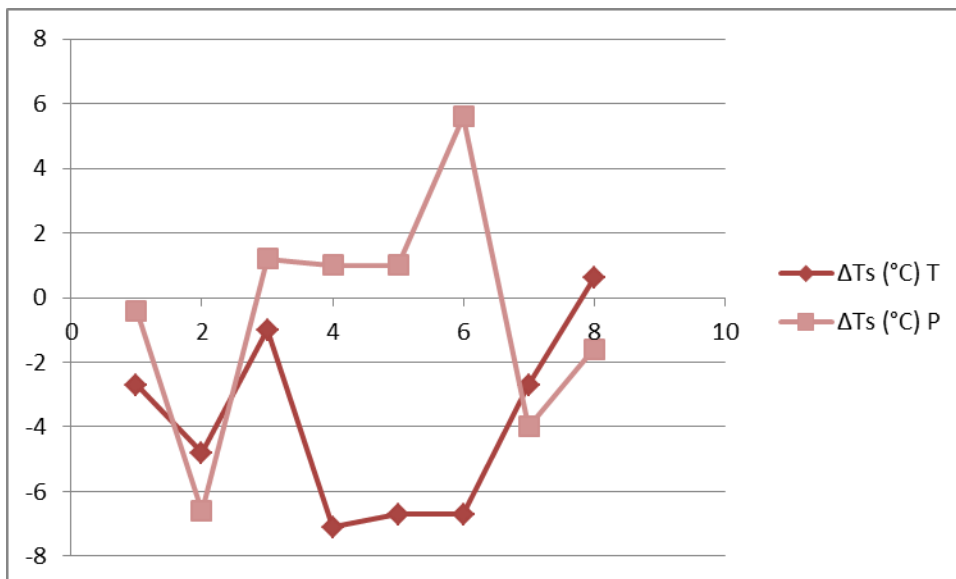
Teplota smrštění, Pevnost v tahu a prodloužení, Stanovení pH usní a pergamenů

Popis metod viz příspěvek „Vliv rozdílných podmínek uložení na vlastnosti knihovnických materiálů“.

VÝSLEDKY

Teplota smrštění

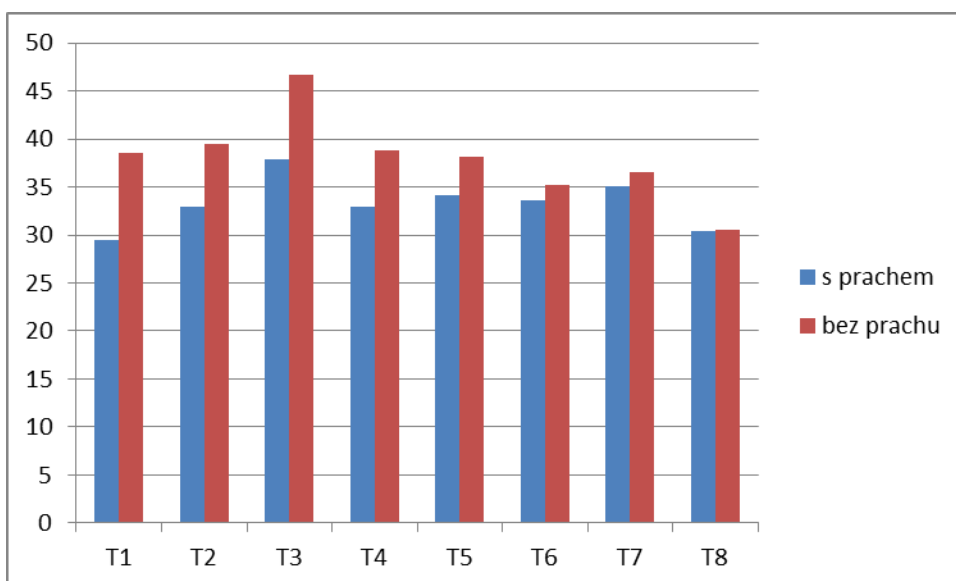
Teplota smrštění pergamenu s vrstvou prachu byla při umělém stárnutí méně ovlivněna než teplota smrštění třísločiněné usně (Obr. 2). Snížení teploty smrštění u třísločiněné vazební usně je vyšší u vzorků s prachem naneseným na rubu vzorku. U pergamenu není tato tendence tak zřetelná. Vrstva prachu na třísločiněné usni negativně ovlivňuje její hydrotermální stabilitu. Vliv prachu na hydrotermální stabilitu pergamenu nebyl prokázán.



Obr. 2: Změna teploty smrštění po stárnutí vzorků pokrytých prachem, $\Delta T_s = T_{Ss \text{ prachem}} - T_{Ss \text{ bez prachu}}$

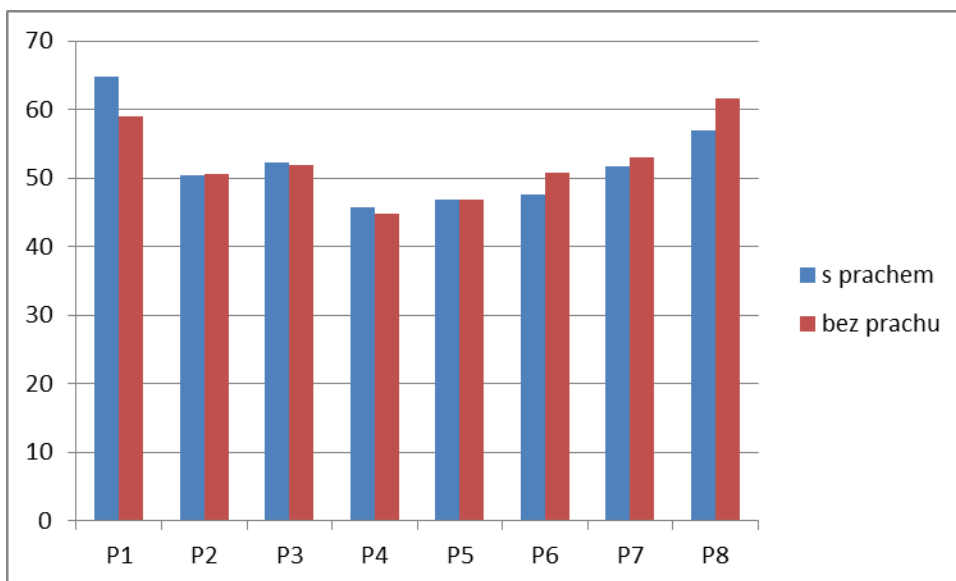
Pevnost v tahu a prodloužení

Použitý prach snižuje pevnost v tahu testované tříslučiněné usně (Obr. 2).



Obr. 2: Pevnost v tahu ve směru napříč tříslučiněné usně (N/mm²)

Pevnost v tahu vazebního pergamenu (Obr. 3) nebyla prachem ovlivněna.



Obr. 3 Pevnost v tahu ve směru napříč pergameni (N/mm²)

pH usní a pergamenů

K přípravě studeného výluhu byla použita destilovaná voda o pH 5,9. Roztok použitého prachu v destilované vodě (0,5g prachu + 5 ml destilované vody) vykázal pH 6,9. pH tříslučiněné usně bez naneseného prachu a stárnutí bylo 4,17, pH pergamenu 8,01.

Tab. 2: Změna pH tříslučiněné usně (T) a pergamenu (P), $\Delta pH = pH_{s\ prachem} - pH_{bez\ prachu}$

Vzorek	ΔpH	
	Tříslučiněná useň	Pergamen
1	0,6	0
2	0,2	-0,1
3	0,1	-0,3
4	0,1	-0,2
5	0	-0,3
6	0,1	-0,3
7	0,3	-0,2
8	0,1	-0,3

Výsledky (Tab. 2) dokladují stálost pH pergamenu i tříslučiněné usně při kontaminaci prachem i po různých typech umělého stárnutí. Malé rozdíly v pH – zvýšení u tříslučiněné usně a snížení u pergamenu – mohly být způsobeny přítomností zbytku prachu, jehož pH bylo 6,9.

ZÁVĚR

Vrstva prachu na tříslučiněné usni negativně ovlivňuje její hydrotermální stabilitu. Vliv prachu na hydrotermální stabilitu pergamenu nebyl prokázán. Prach snižuje pevnost v tahu tříslučiněné usně. Pevnost v tahu pergamenu a prodloužení obou materiálů nebyly ovlivněny. Kyselost pergamenu ani tříslučiněné usně nebyla prachem ovlivněna.

METODIKA VÝBĚRU PROSTŘEDKŮ K MECHANICKÉMU ČIŠTĚNÍ PRACHOVÝCH ČÁSTIC Z POVRCHU PAPÍRU A JEJICH VLIV NA DEGRADACI CELULÓZY

Marie BENEŠOVÁ

Národní knihovna ČR, Praha, Česká republika, benesova@mza.cz

V metodice jsou navzájem porovnány běžné metody povrchového čištění papíru. Jednotlivé metody byly testovány na modelových vzorcích. Výsledky byly vyhodnoceny na základě barevné změny, hmotnostní změny a změny struktury povrchu vzorku po mechanickém čištění. Na základě získaných výsledků byly doporučeny metody mechanického čištění na lokální popřípadě velkoplošné použití. Na závěr byl vyhodnocen pomocí UV-VIS spektroskopie vliv jednotlivých prostředků k mechanickému čištění na degradaci celulózy.

Mechanické čištění je nedílnou součástí restaurátorského zásahu u archiválií a knih. Důvodem jsou různé negativní dopady, způsobené sedimentací prachových částic na povrchu papíru. Na první pohled lze jmenovat estetický vzhled objektu, který je přítomností depozitů změněn, popřípadě přímo znetvořen. Pevné depozity mezi dvěma listy knihy mohou působit abrazivně na povrch papírů. Pokud by před mokřím procesem čištění nebylo přistoupeno k mechanickému čištění, mohlo by dojít k rozpuštění pevných depozitů a vzniku skvrn na papírové podložce. Dalším důsledkem přítomnosti depozitů na povrchu papíru je zvyšování možnosti výskytu aktivních mikroskopických hub. Depozity udržují na povrchu papíru větší vlhkost, která je potřebná pro vzklíčení spor, a při následném růstu plísňí depozity anorganického původu zajišťují potřebné minerální složky. Sekundární aerosolové částice pak způsobují zvyšování obsahu volných kyselin v papíru, které způsobují kyselou hydrolýzu celulózy. Proto je mechanické čištění knih a archiválií, a jejich následné ukládání v bezprašném prostředí základem preventivní péče o tyto památky.

METODIKA

Tato metodika vznikla na základě čtyřletého výzkumu. Samotnému testování jednotlivých metod mechanického čištění předcházelo vyvinutí vhodného způsobu aplikace prachu na papírovou podložku. Tato situace měla co nejdříveji simulovat reálné znečištění historických objektů. Dále bylo nutné ověřit metody vyhodnocení i zvolené metody mechanického čištění, aby bylo možné vyhodnotit výsledky na základě relevantních naměřených hodnot. Toto ověření bylo prováděno na vzorcích z chromatografického papíru Whatman No. 1. Až po těchto krocích, které znamenaly vyřazení některých metod mechanického čištění i vyhodnocení, bylo přistoupeno k samotnému testování na vhodných vzorcích. Jako vzorky reálných papírů byly použity ručně čerpaný papír z Velkých Losin a průmyslově vyrobený dřevitý papír z roku 1960. Jednotlivé metody byly vyhodnoceny zvláště pro ruční i dřevitý papír a také pro lokální a velkoplošné použití.

Použité metody jsou v metodice rozděleny na metody *bez použití čisticích materiálů* a *s použitím čisticích materiálů*. Dále jsou čisticí materiály rozděleny nejprve podle formy a následně podle chemického složení. U jednotlivých metod jsou uvedeny přesné postupy mechanického čištění s fotodokumentací.

Vyhodnocení jednotlivých metod mechanického čištění

Procentuální úbytek hmotnosti prachu po mechanickém čištění

Vhodná – úbytek vyšší než 80 %

Dostatečná – úbytek v rozmezí 60 - 80 %

Nedostatečná – úbytek nižší než 60 %

Nevhodná – při viditelném poškození papírové podložky

Změna celkové barevné difference

Vhodná – změna vyšší než 15 jednotek

Dostatečná – změna v rozmezí 12 - 15 jednotek

Nedostatečná – změna nižší než 12 jednotek

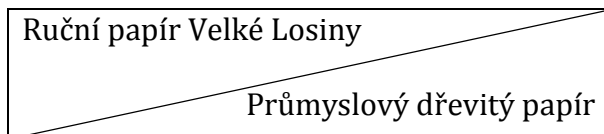
Změna aritmetické střední výšky drsnosti

Vhodná – změna nižší než 10 %

Dostatečná – změna v rozmezí 10 - 25 %

Nevhodná – změna vyšší než 25 %

Rozdělení buněk



Tab. 1: Zobecněné výsledky vhodnosti metod mechanického čištění

* Tyto metody dosáhly úbytku hmotnosti prachu nad 100 %, což by mohlo poukazovat na úbytek hmoty papírové podložky.

Metoda mechanického čištění	Úbytek hmotnosti prachu	Změna celkové barevné diference	Změna aritmetické střední výšky drsnosti
Magic Rub Vinyl Eraser	vhodná / dostatečná	vhodná / vhodná	dostatečná / nevhodná
Peel-Off Eraser Stick	dostatečná / dostatečná	vhodná / vhodná	dostatečná / dostatečná
Purus	dostatečná / nedostatečná	dostatečná / dostatečná	vhodná / dostatečná
Mars Plastic Eraser	vhodná / vhodná	vhodná / dostatečná	dostatečná / dostatečná
Able Rub Art Gum Eraser	nevhodná* / nevhodná*	vhodná / vhodná	nevhodná / nevhodná
Whishab	dostatečná / vhodná*	vhodná / dostatečná	dostatečná / dostatečná
Document Cleaning Powder	dostatečná / nedostatečná	vhodná / dostatečná	dostatečná / vhodná
Document Cleaning Pad	nedostatečná / nedostatečná	nedostatečná / nedostatečná	vhodná / vhodná
Adhesive Pick Up Rubber Cement Eraser	nevhodná* / nevhodná*	nedostatečná / nedostatečná	nevhodná / nevhodná
Groom Stick Book Cleaner	vhodná / dostatečná	dostatečná / dostatečná	dostatečná / vhodná
Kneadable Rubber Eraser	dostatečná / dostatečná	nedostatečná / nedostatečná	nevhodná / nevhodná
Swish Cleaning Cloths	nedostatečná / nedostatečná	nedostatečná / nedostatečná	dostatečná / dostatečná
Wallmaster	nedostatečná / nedostatečná	dostatečná / dostatečná	vhodná / dostatečná
Štětce	nedostatečná / nedostatečná	nedostatečná / nedostatečná	vhodná / vhodná
Odsávání vysavačem	nedostatečná / nedostatečná	nedostatečná / nedostatečná	vhodná / vhodná
Otrysk stlačeným vzduchem	vhodná* / vhodná	dostatečná / dostatečná	vhodná / vhodná

Metody byly vyhodnoceny zvláště pro ruční papír a dřevitý papír. Tyto dva typy papíru mají odlišné složení, výrobu, konečné zpracování, strukturu povrchu a celkově jiné vlastnosti. Pro čištění lokálních skvrn se pro oba typy papíru jako nejvhodnější metoda jeví ošetření pomocí pevného bloku na bázi PVC (Mars Plastic Eraser) nebo plastického bloku na bázi pryže (Groom Stick Book Cleaner). Naopak pro čištění velkých ploch těmito materiály hrozilo riziko poškození papírové podložky vlivem překrývajících se tahů. Pro toto velkoplošné ošetření se jako vhodnější ukázaly metody využívající některých měkčích materiálů, a to jak pružného bloku na bázi pryže (Whishab), práškového materiálu (Document Cleaning Powder) nebo plastického bloku z pryže (Groom Stick Book Cleaner). Výsledky však rovněž ukázaly, že záleží i na konkrétním použitém materiálu, neboť ne všechny byly pro dané typy čisticích prostředků uspokojivé. Zde se tedy rovněž ukazuje problematičnost interpretace výsledků.

Metody, které byly vyhodnoceny jako nevhodné, se dají rozdělit do dvou skupin: (a) metody, které mají dobré čisticí vlastnosti, ale poškozují papír a (b) metody, které nepoškozují papírovou podložku, ale jejich čisticí účinky jsou nedostatečné.

Skupina (a) vzhledem k uvedenému typu papíru

Magic Rub Vinyl Eraser - dřevitý papír

Able Rub Art Gum Eraser - ruční i dřevitý papír

Adhesive Pick Up Rubber Cement Eraser - ruční i dřevitý papír

Kneadable Rubber Eraser - ruční i dřevitý papír

Skupina (b) vzhledem k uvedenému typu papíru

Purus - dřevitý papír

Document Cleaning Powder - dřevitý papír

Document Cleaning Pad - ruční i dřevitý papír

Swish Cleaning Cloths - ruční i dřevitý papír

Wallmaster - ruční i dřevitý papír

Štětec - ruční i dřevitý papír

Odsávání vysavačem - ruční i dřevitý papír

Je zjevné, že tyto metody nedokážou částicím deponovaným na povrchu dodat dostatečnou hybnost k odstranění či v případě použití čisticího materiálu je vázat a výsledek čištění tudíž není dostatečný.

U metody čištění pomocí otrysku stlačeným vzduchem je zajímavé, že úbytek hmotnosti prachu přesahoval 100 %, což by mohlo poukazovat na úbytek hmoty papírové podložky. Přesto však hodnocení pomocí změny aritmetické střední výšky drsnosti toto poškození neprokázalo. Důvodem může být chyba měření, nebo mohlo dojít např. k vyfoukání plniv či jiných složek papíru. Dalším problémem této metody je při nedostatečném odsávání odstraněných prachových částic jejich zpětná depozice na čištěné povrchy.

Po vyhodnocení výsledků je třeba uvést, že toto doporučení nelze brát celoplošně a nelze je zobecňovat na všechny typy papírů. Je nutné brát v úvahu fyzický stav papíru před samotným mechanickým čištěním. Tato metodika se nezabývá mírou předchozího poškození papírové podložky. Všechna doporučení platí pro papírovou podložku v dobré fyzické kondici. Proto papírové podložky jakkoliv narušené vyžadují individuální přístup a zhodnocení vhodnosti aplikovaných metod. Dále je třeba brát v úvahu, jestli bude papírová podložka následně podrobena dalším restaurátorským

zásahům a jak bude s objektem naloženo, tj. zda se předpokládá navrácení celého rozsahu funkčnosti papírové podložky, nebo se jedná pouze o preventivní konzervaci. V neposlední řadě je důležité rozhodnout o rozsahu mechanického čištění, popřípadě o nutnosti tohoto zákroku.

VLIV METOD MECHANICKÉHO ČIŠTĚNÍ NA DEGRADACI CELULÓZY

Na základě neurčitých výsledků dekoloračního čísla (DC₄₅₈) byly porovnávány jednotlivé K/S křivky. Byly zde vyhodnoceny dva rozlišné trendy v průběhu K/S křivek jednotlivých vzorků. Část vzorků má velice podobný průběh K/S křivek jako vzorek referenční a to, že v oblasti 270 – 320 nm nedochází ke zvýšení poměrového faktoru nad pás v okolí 330 nm. Druhá část naopak vykazuje zvýšení poměrového faktoru v této oblasti nad úroveň znatelného pásu, což svědčí i nárůstu chromoforů na makromolekule celulózy. Vzhledem k tomu, že všechny tyto metody využívají speciální čisticí materiál, je možný jeho vliv na zvýšenou degradaci celulózy. Metody s podobným průběhem K/S křivek jako referenční vzorek využívají k čištění pružný blok na bázi latexu (Wallmaster), textilní utěrku (Swish cloths), plastický blok na bázi pryže (Kneadable Rubber Eraser) a štětec.

Je otázkou, zda za narůstající množství chromoforů ve struktuře papíru mohou rezidua prachu, či čisticího materiálu. Výsledky měření u metody čištění pomocí štětce ovšem ukazují, že i při malé „účinnosti“ mechanického čištění (tj. vysokému obsahu prachových částic na povrchu papíru po mechanickém čištění) je nárůst chromoforů mezi nejnižšími hodnotami. Tento fakt může poukazovat na určitý vliv reziduí čisticího materiálu na chemickou degradaci celulózy. Je nutné zopakovat, že hodnoty dekoloračního čísla referenčního vzorku, který nebyl kontaminován žádným čisticím materiálem, jsou nejnižší z celého měření, což poukazuje na nejvyšší nárůst chromoforů ve struktuře papírové podložky. Proto na základě vyhodnocení těchto výsledků je vhodné doporučit obecně mechanické čištění s důrazem na vhodné zvážení metody samotné.

ZÁVĚR

Metodika je určena především konzervátorům a restaurátorům, kteří provádějí restaurátorské zásahy na archiváliích, knihách či ostatních objektech z papíru. Bylo by ovšem vhodné, kdyby s ní byli seznámeni všichni pracovníci, kteří do kontaktu s těmito materiály přicházejí. Není nijak výjimečné, že tito pracovníci provádějí lokální povrchové čištění. Proto by měli být seznámeni s vhodností popřípadě nevhodností používaného prostředku, aby nedocházelo ke zbytečnému poškození historických objektů z papíru.

Je nutné vždy správně vyhodnotit rozsah znečištění objektu, jeho fyzický stav a rozsah zásahu. Je důležité si uvědomit, že ne všechny nečistoty na povrchu papíru představují riziko, ale spíše mohou být průvodním jevem jedné z fází existence objektu v historii. Dále způsob a průběh samotného mechanického čištění závisí na vybavenosti restaurátorského pracoviště a rozsahu znalostí jeho pracovníků.

LITERATURA

Benešová, M., Mašková, L. Metodika výběru prostředku k mechanickému čištění prachových částic z povrchu papíru. Národní úložiště šedé literatury, [online: 29.10.2015], <http://invenio.nusl.cz/record/188293?ln=cs>.

Nguien, T.-P., Bouvet, S. a Eveno, M. Effect of erasers on the degradation of paper cellulose. Proceeding of International Conference Chemical Technology of Wood, Pulp and Paper, 361-365, Bratislava, Slovensko, 15.-19. září 2003.

Erosoy, T., Tunay, T, Uguryol, M., Mavili, G. A Akturk, S. Femtosecond laser cleaning of historical paper with sizing. J. Cultural Herit. 2014, 15(3), 258-265.

Inglesias-Campos, M.Á. a Ruiz-Recasens, C. Surface cleaning of intaglio prints with microblasting powdered cellulose and erasing: Treatment effects on inks and support texture. J. Cultural Herit. 2014, doi:10.1016/j.culher.2014.08.001.

Pearlstein, E.J., Cabelli, D., King, A. a Indictor, N. 1982. Effects of eraser treatment on paper. J. Am. Inst. Conserv. 1982, 22(1), 1-12.

Northeast Document Conservation Center. Surface Cleaning Paper. Technical Leaflet,

Society of Rocky Mountain Archivists, [online: 29.1.2015],

<http://www.srmarchivists.org/resources/preservation/preservationpublications/surface-cleaning-paper/>.

Missouri Secretary of State. Surface-cleaning of paper. Conservation Services Notes, [online: 29.1.2015],

<http://www.sos.mo.gov/archives/localrecs/conservation/notes/surfacecleaning.asp>.

VLIV KONSTRUKCE OCHRANNÝCH OBALŮ NA JEJICH PRACHOTĚSNOST

Benjamin BARTL, Lenka BARTLOVÁ, Hana PAULUSOVÁ

Národní archiv, Praha, benjamin.bartl@nacr.cz

Cílem této studie bylo porovnat prachotěsnost několika typů skládacích lepenkových ochranných obalů, které jsou ve velkém měřítku používány v Národním archivu a Národní knihovně ČR. Na základě zobecnění získaných výsledků je diskutován jednak vliv různých konstrukčních prvků na tuto vlastnost, jednak problém protichůdnosti požadavků prachotěsnosti a možnosti ventilace obalů.

Ochranné obaly mohou hrát významnou úlohu z hlediska ochrany archivních a knihovnických materiálů před působením polutantů (Součková, 2012). Míra ochrany, kterou poskytují, je dána jednak chemickým složením, kvalitou povrchu a plošnou hmotností použitých materiálů, jednak konstrukcí těchto obalů a způsobem jejich použití.

Zdánlivě ideálním případem ochranného obalu je hermetické uzavření dokumentu, například za použití fólie s nízkou propustností pro plyny. Tato metoda je sice výhodná z hlediska omezení škodlivých vlivů vnějších polutantů, na druhé straně však vede k postupnému zvyšování koncentrace degradačních produktů samotného dokumentu v obalu a tak k urychlení dalších nežádoucích reakcí (Vávrová a Ohlídálová, 2012). Jedním z kompromisních řešení je používání takových obalů, které omezí kontaminaci uložených dokumentů pevnými částicemi (prachem) při současném zachování možnosti výměny vzduchu uvnitř obalu. Jinou možností je použití lepenek, které obsahují adsorbenty plyných polutantů, obvykle na bázi SPZ zeolitů nebo aktivního uhlí (Rempel, 1996; Dahlin, 2013).

V současné době jsou nejrozšířenějšími obaly lepenkové krabice, jejichž výroba je relativně jednoduchá a levná. Požadavky na kvalitu používaných lepenek, respektive konstrukci krabic jsou shrnuty v příslušných normách (ISO 16245). Na trhu je k dispozici celá řada typů krabic a pouzder, od jednoduchých obálek s chlopněmi po pevné krabice s odklápěcím víkem. Cílem této studie bylo porovnání prachotěsnosti vybraných typů krabic, které jsou běžně používány v Národním archivu v Praze a Národní knihovně ČR. Kromě toho byl testován také speciální typ krabice, navržený pro zvýšení odolnosti proti vnikání prachu. Testy byly provedeny ve spolupráci s laboratoří Elektrotechnického zkušebního ústavu (EZÚ) v Praze.

METODIKA

Odolnost proti vnikání prachu byla testována u čtyřech typů lepenkových ochranných obalů. Od každého z nich byly k dispozici tři vzorky s rozměry 27 x 35 x 12 cm.

K1: Skládací krabice z lepenky archivní kvality Prolux, 1300 g·m⁻², EMBA, uložení v horizontální poloze (Příloha, Obr. 1).

- K2: Obálka z nekyselé kaširované lepenky, tl. 1000 μm , 845 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$, Conservation by Design, vnější chlopeň zajištěna dvěma suchými zipy 3 x 10 mm, uložení ve svislé poloze (Příloha, Obr. 2).
- K3: Krabice s odklápěcím víkem z nekyselé kaširované lepenky, tl. 1000 μm , 845 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$, Conservation by Design, uložení ve svislé poloze (Příloha, Obr. 3).
- K4: Prototyp skládací krabice z nekyselé kaširované lepenky, tl. 1000 μm , 845 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$, Conservation by Design, uložení v horizontální poloze (Příloha, Obr. 4).

Použití rozdílných materiálů obalů bylo vynuceno jejich odlišnou konstrukcí, poloha zase vychází z typu materiálu, pro jehož uložení jsou obaly určeny. Vnitřní povrch krabic byl před testem opatřen nástřikem matné černé barvy (Dupli-Color, RAL 9005), aby bylo možné snáze vizuálně pozorovat způsob pronikání prachu do krabic.

Odolnost proti vnikání prachu byla zkoušena ve smyslu normy ČSN EN 60529. Krabice byly fixovány v testovací komoře (VST 1150 Heraeus – VÖTSCH) pomocí lanek v poloze odpovídající jejich obvyklému uložení. Prachovou náplň komory byl mastek. Velikost částic je normou definována tak, že musí projít sítím se čtvercovými oky, přičemž jmenovitý průměr drátu síta je 50 μm a jmenovitá velikost oka je 75 μm . Množství mastkového prachu v komoře bylo 2 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Test byl proveden při teplotě 55 $^{\circ}\text{C}$ a relativní vlhkosti 30 %, doba trvání zkoušky byla 1 hodina.

Na dno každé krabice byly před začátkem zkoušky umístěny tři uzavíratelné plastové misky. Porovnání prachotěsnosti krabic bylo provedeno na základě hmotnostního přírůstku na těchto miskách po ukončení zkoušky. Hlavní cesty pronikání prachu bylo možné pozorovat také vizuálně a dokumentovat fotograficky.

VÝSLEDKY A DISKUZE

Výsledky porovnání hmotnosti prachu deponovaného na plastové misky v krabicích shrnuje Tabulka 1. Je zřejmé, že v prachotěsnosti různých typů krabic jsou značné rozdíly. Prach do krabic pronikal především v místech otevřených rohů, hran a zámků (Příloha, Obr. 5–8). Dalšími cestami byla místa, kde k sobě chlopně těsně nepřiléhaly, ať už kvůli aplikaci suchého zipu nebo deformaci lepenky (Příloha, Obr. 6). U krabice K1 bylo zřejmé, že větší plošná hmotnost lepenky vede ke zvětšení otvorů v rozích a snížení prachotěsnosti (Příloha, Obr. 5). Obálka K2 z hlediska prachotěsnosti poskytuje podle očekávání pouze malou ochranu (Příloha, Obr. 6).

Pro použití v prašném prostředí se tedy jako vhodné jeví zejména konstrukce K3 a K4, do kterých proniklo za daných testovacích podmínek přibližně desetinásobně méně prachu. Většina prachu byla zachycena ve štěrbinách mezi víkem a vnitřními částmi krabice (Příloha, Obr. 7 a 8). Vhodná je zřejmě taková konstrukce krabice, u které je cesta vnikajícího plynu nebo aerosolu dovnitř co nejdelší, pokud možno horizontální, a u kterých je vrstva vzduchu mezi povrchy lepenky co nejtenčí. Tímto způsobem je větší část prachových částic deponována nebo adsorbována na vnějších plochách krabice. To se pravděpodobně týká nejen relativně hrubých prachových částic, jaké byly testovány v tomto případě, ale do značné míry také jemných frakcí pevných aerosolů (Smolík, 2013).

Ochranná funkce skládacích krabic je v praxi samozřejmě ovlivněna řadou dalších faktorů. Patří mezi ně především jejich orientace (na výšku nebo na šířku), pečlivost složení výseku, způsob jejich naplnění a také velikost mezer mezi krabicemi v regálech.

U všech zkoušených krabic je možné předpokládat určitou možnost ventilace, jejíž účinnost je samozřejmě nepřímo úměrná jejich prachotěsnosti. V případech, kdy je

materiál uložen v bezprašném depozitáři, je vhodné uvažovat o obalech konstruovaných spíše s ohledem na mechanickou ochranu při manipulaci a umožnění lepší ventilace. Příklady takové konstrukce jsou obaly K2, případně K1.

Tab. 1: Hmotnost prachu deponovaného během zkoušky na plastové misky uvnitř krabic.

Konstrukce krabice	Vzorek krabice	m_{prach} [mg]			$m_{\text{průměr}}$ [mg]	$m_{\text{prům. celk}}$ [mg]
		<i>miska 1</i>	<i>miska 2</i>	<i>miska 3</i>		
K1	1	1,8	1,1	1,6	1,5	2,7
	2	2,2	2,7	4,9	3,3	
	3	4,3	2,9	3,2	3,5	
K2	1	5,5	3,4	7,1	5,3	6,8
	2	6,4	4,1	7,4	6,0	
	3	12,0	8,5	7,2	9,2	
K3	1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,4
	2	0,3	0,0	0,3	0,2	
	3	0,7	0,7	1,1	0,8	
K4	1	0,3	0,2	0,5	0,3	0,3
	2	0,3	0,3	0,3	0,3	
	3	0,6	0,2	0,4	0,4	

ZÁVĚR

Obecně je možné říci, že pro maximální ochranu proti vnikání prachu při zachování možnosti výměny vzduchu uvnitř obalu je vhodná taková konstrukce krabice, u které je cesta vnikajícího plynu nebo aerosolu dovnitř co nejdelší, pokud možno horizontální, a u kterých je vrstva vzduchu mezi povrchy lepenky co nejtenčí. Ochranná funkce skládacích krabic je samozřejmě ovlivněna jejich orientací a pečlivostí složení výseku. Příkladem krabic, které z tohoto hlediska vyhovují nejlépe, jsou typy K3 a K4. V případech, kdy je prioritou možnost výměny vzduchu uvnitř obalu, je ovšem vhodnější použití obalů typů K2 nebo K1.

LITERATURA

Součková, M., 2012: Zkvalitnění vlastností krabic pro ochranu písemných památek. In: Novotný, J. Výzkum a vývoj nových postupů v ochraně a konzervaci písemných památek; Závěrečná zpráva o řešení výzkumného záměru MK00002322103 (2005-2011, MK0), Národní knihovna ČR, Praha 2012.

Vávrová, P., Ohlídálová, M., 2012: Ukládání knih a dokumentů do obalů ze speciálních folií bez přístupu vzduchu. In: Novotný, J. Výzkum a vývoj nových postupů v ochraně a konzervaci písemných památek; Závěrečná zpráva o řešení výzkumného záměru MK00002322103 (2005-2011, MK0), Národní knihovna ČR, Praha 2012.

Rempel, S., 1996. Zeolite molecular traps and their use in preventive conservation. *WAAC newsletter* 18, 1, dostupné online: <http://cool.conservation-us.org/waac/wn/wn18/wn18-1/wn18-106.html>.

Dahlin, E., Grøntoft, T., Wittstadt, K., Drda-Kühn, K., Colombini, M.P., Bonaduce, I., Vandenabeele, P., Larsen, R., Potthast, A., Marincas, O., Schieweck, A., Thicket, D., Odlyha,

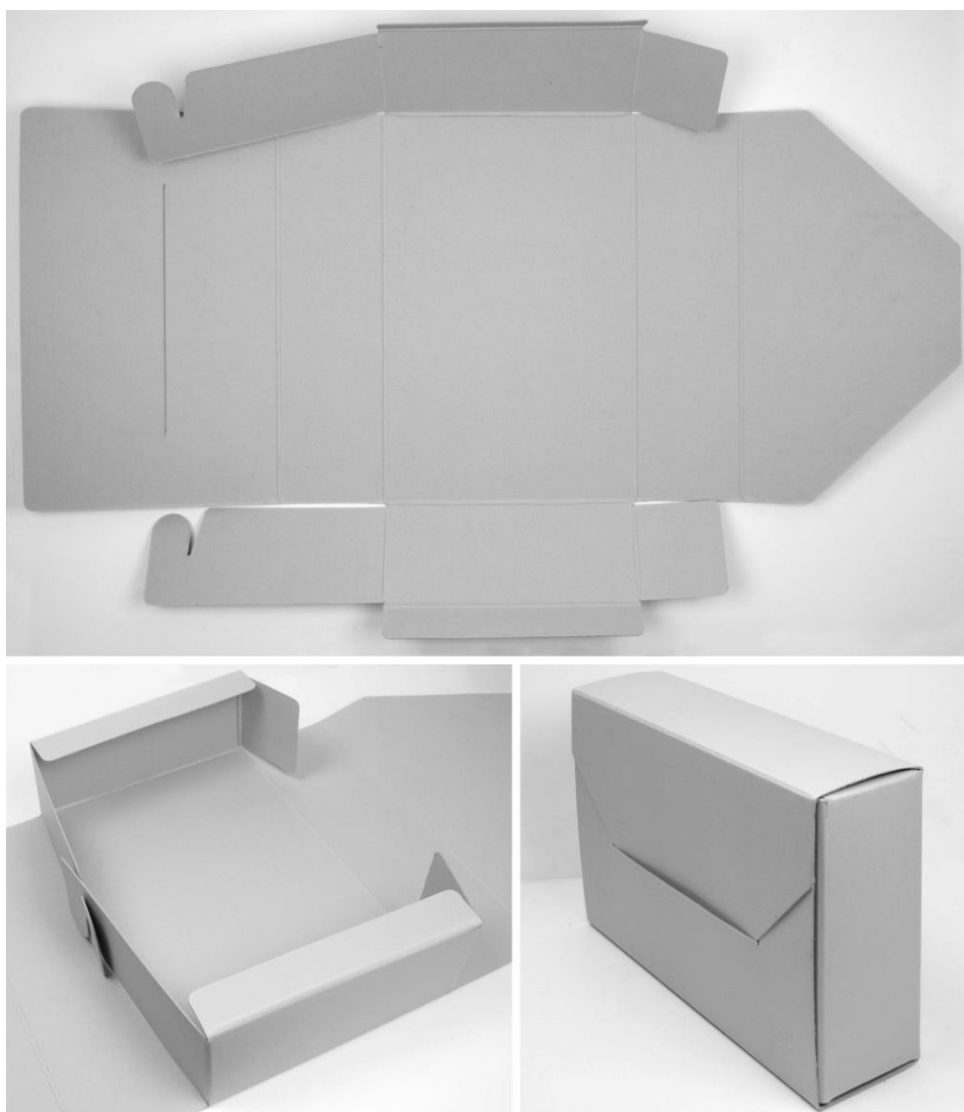
M., Andrade, G., Hackney, S., McDonagh, C., Ackerman, J.J., 2013. Measurement, effect assessment and mitigation of pollutant impact on moveable cultural assets. –Innovative research for market transfer. MEMORI, Call title: FP7-ENV-2010, Project final report.

ISO 16245:2009: Information and documentation – Boxes, file covers and other enclosures, made from cellulosic materials, for storage of paper and parchment documents.

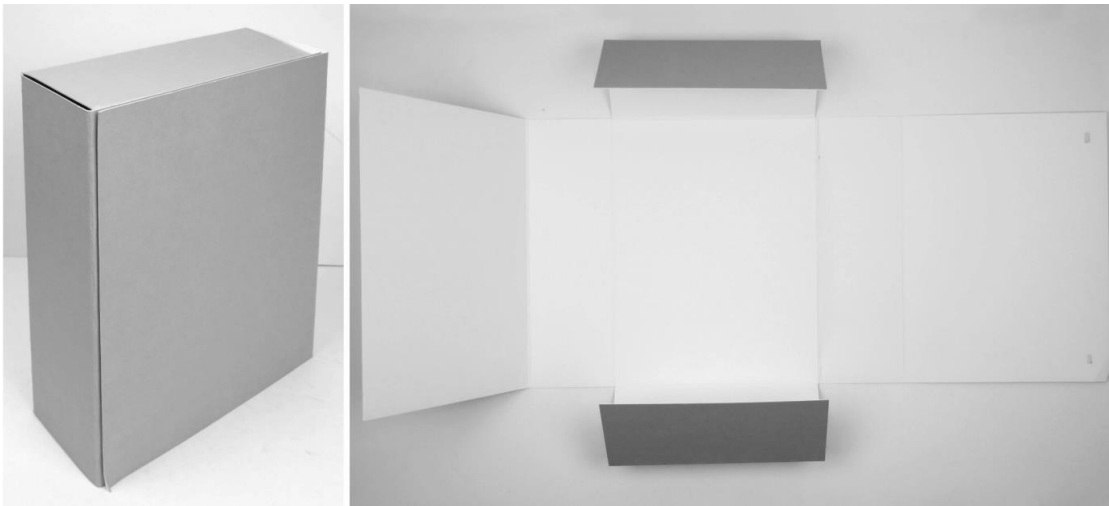
ČSN EN 60529:1993: Stupně ochrany krytem (krytí - IP kód).

Smolík, J., Mašková, L., Zíková, N., Ondráčková, L., Ondráček, J. 2013. Deposition of suspended fine particulate matter in a library. Heritage Science 1:7.

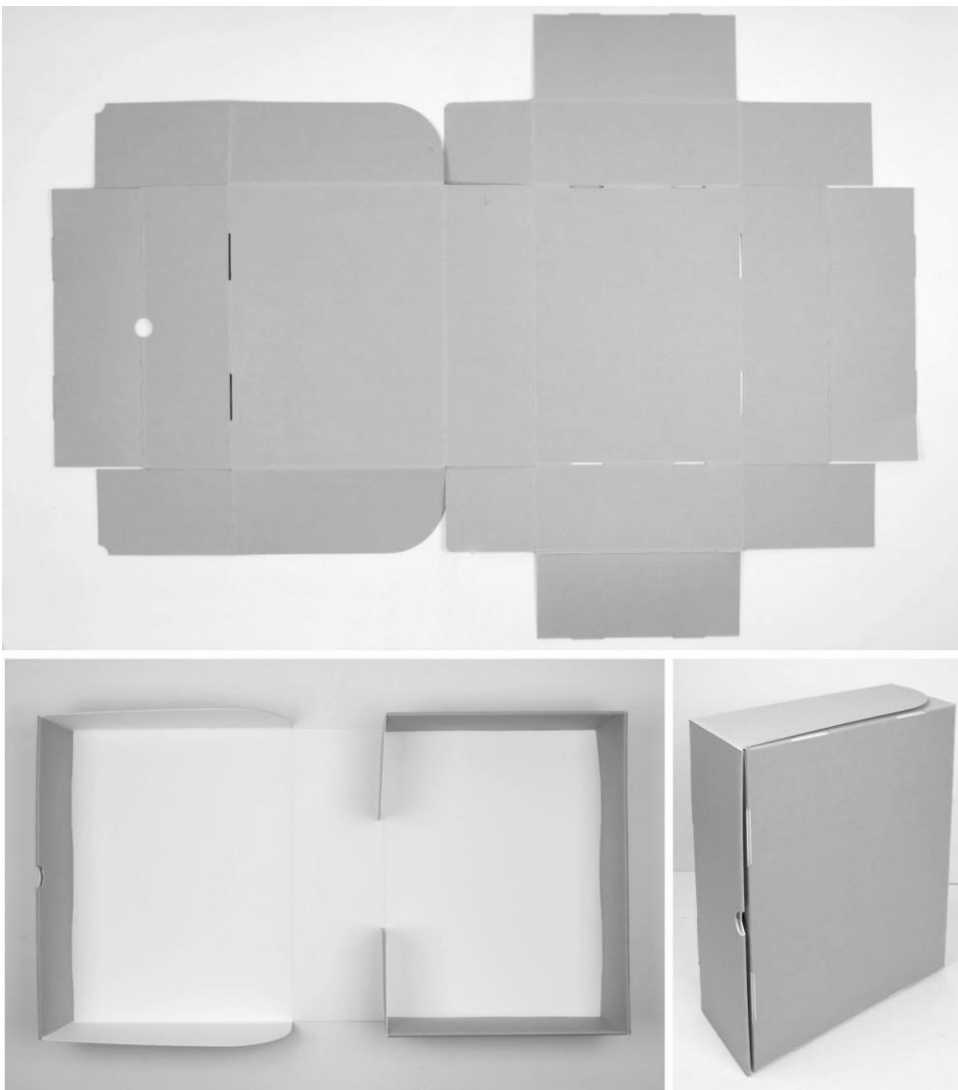
OBRAZOVÁ PŘÍLOHA



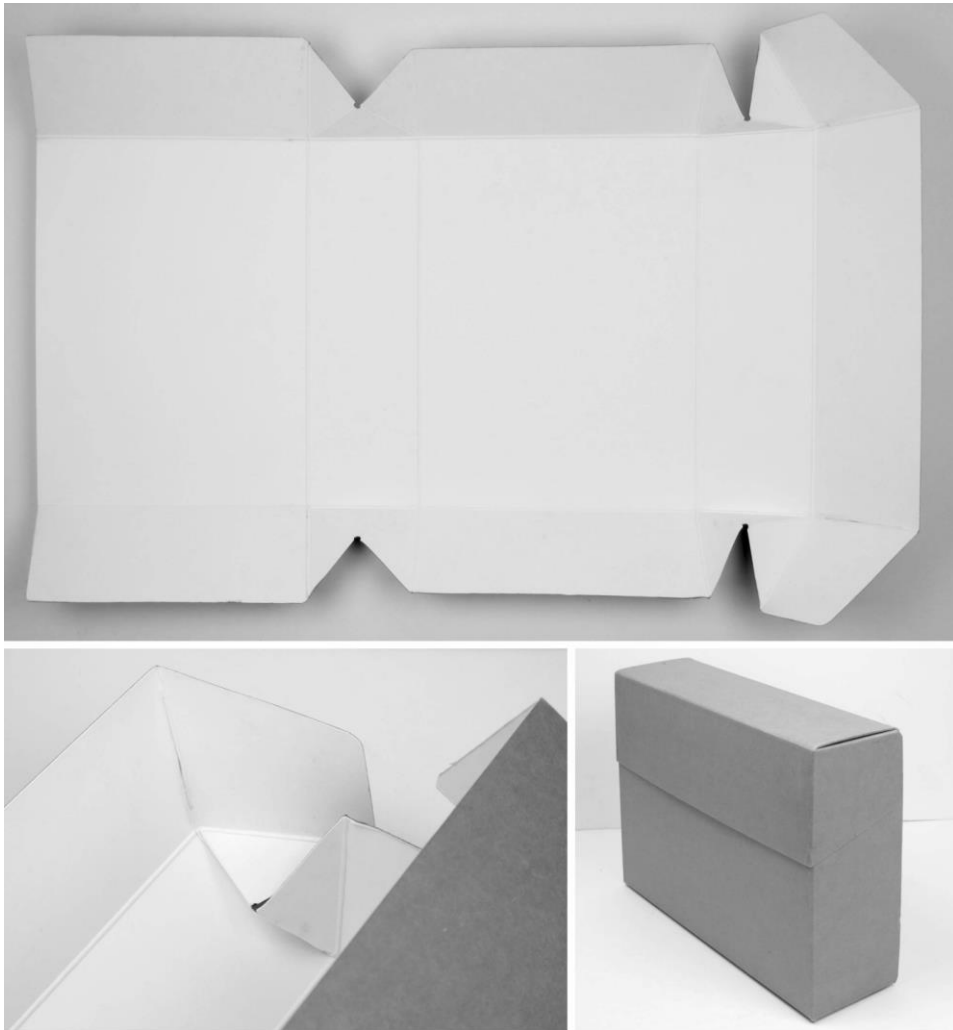
Obr. 1: Krabice K1



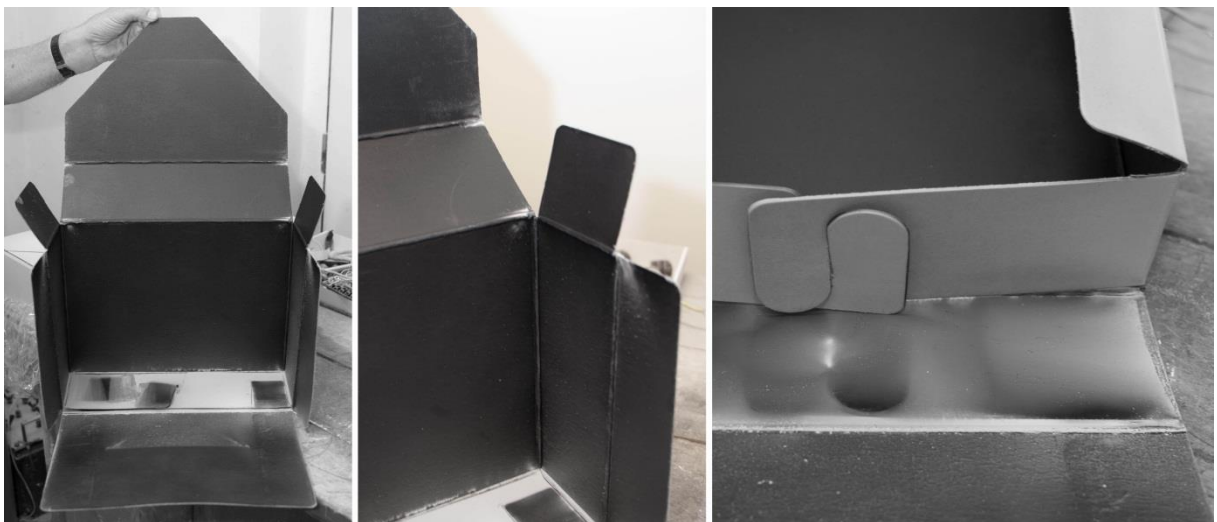
Obr. 2: Krabice K2



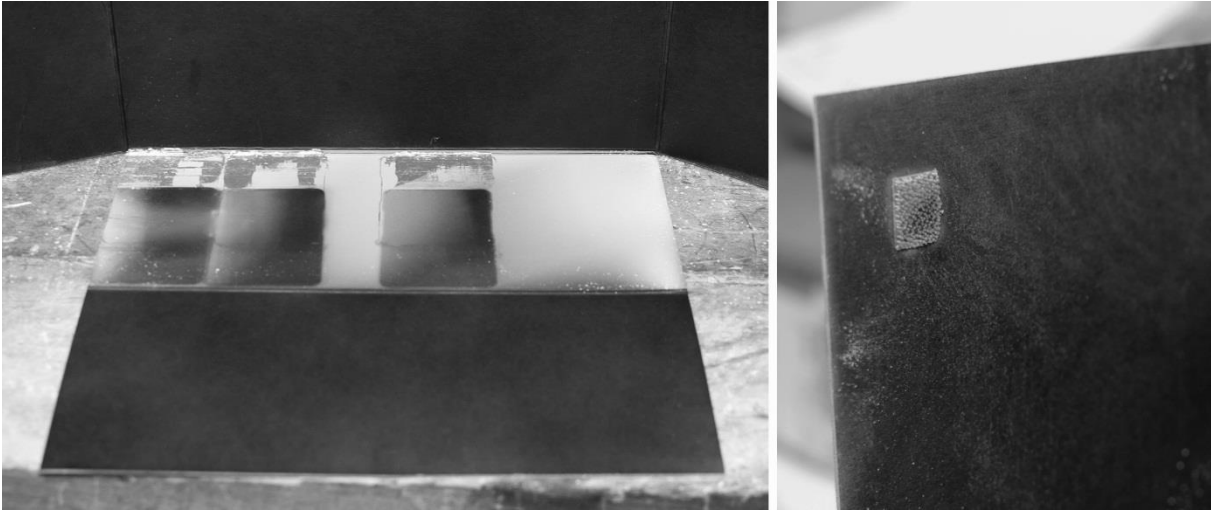
Obr. 3: Krabice K3



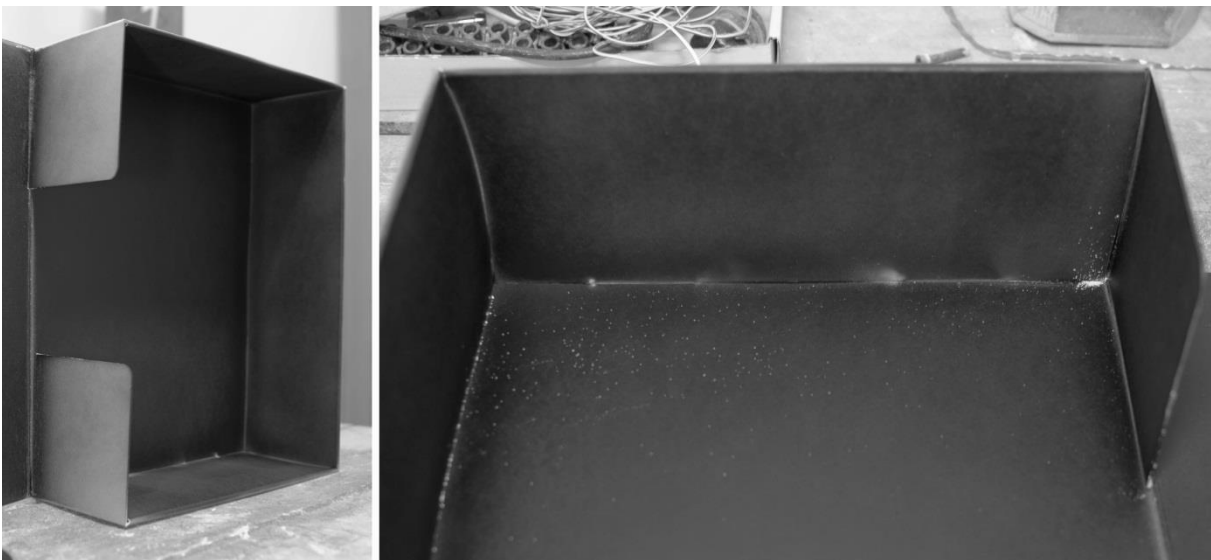
Obr. 4: Krabice K4



Obr. 5: Krabice K1 po testu



Obr. 6: Krabice K2 po testu



Obr. 7: Krabice K3 po testu



Obr. 8: Krabice K4 po testu