

SBORNÍK WORKSHOPU

**ALTERNATIVNÍ METODY ČIŠTĚNÍ KNIHOVNÍCH A
ARCHIVNÍCH MATERIÁLŮ**

PODPOŘENÉHO PROJEKTEM
MINISTERSTVA KULTURY NAKI II DG18P020VV048
„VÝZKUM A VÝVOJ POKROČILÝCH TECHNIK
ČIŠTĚNÍ KNIH A RUKOPISŮ“

1. listopad 2022, Třeboň

Vydal Ústav chemických procesů AV ČR
Editor: Ludmila Mašková
Praha 2022
ISBN: 978-80-86186-27-6

© Ústav chemických procesů AV ČR, 2022

OBSAH

| | |
|---|-----------|
| PROGRAM..... | 5 |
| ÚVOD..... | 7 |
| METODIKA ČIŠTĚNÍ KNIHOVNÍCH A ARCHIVNÍCH MATERIÁLŮ POMOCÍ INFRAČERVENÉHO TEA CO₂ LASERU | 8 |
| Úvod..... | 8 |
| Metodika | 9 |
| Výsledky | 10 |
| Ověření | 14 |
| Závěr..... | 24 |
| Literatura..... | 24 |
| METODIKA ČIŠTĚNÍ KNIHOVNÍCH A ARCHIVNÍCH MATERIÁLŮ POMOCÍ DVOUFÁZOVÉHO SPREJE SNĚHOVÝCH ČÁSTIC CO₂ V NOSNÉM PLYNU | 26 |
| Úvod..... | 26 |
| Metodika | 27 |
| Výsledky..... | 31 |
| Druhy provozu..... | 33 |
| Ověření | 38 |
| Závěr..... | 46 |
| Literatura..... | 46 |
| LINKA PRO ČIŠTĚNÍ KNIHOVNÍCH A ARCHIVNÍCH FONDŮ | 48 |
| Úvod..... | 48 |
| Postup linky pro čištění knihovnických a archivních fondů..... | 48 |
| Výběr metody..... | 51 |
| Čištění | 55 |
| Kontrola odstraněných nečistot a fyzického stavu, dokumentace..... | 59 |
| Ukázky výsledků čištění..... | 62 |
| Závěr..... | 74 |
| Literatura..... | 74 |

PROGRAM

| |
|---|
| 9:30-10:00 Registrace účastníků |
| 10:00-12:00 Teoretická část |
| Představení projektu L. Mašková, P. Vávrová |
| Čištění knihovních a archivních materiálů pomocí infračerveného TEA CO₂ laseru (princip, závěry, video) V. Jandová |
| Čištění knihovních a archivních materiálů pomocí dvoufázového spreje sněhových částic CO₂ v nosném plynu (princip, závěry, video) L. Mašková |
| Poloprovaz - kritéria výběru čisticí metody na základě průzkumu K. Kocová |
| Poloprovaz - kritéria výběru pro kolagenní materiály M. Součková |
| Poloprovaz - kritéria výběru pro papír a textil J. Neoralová |
| Poloprovaz - kritéria výběru pro plast M. Havlová |
| 12:00-13:00 Přestávka |
| 13:00-15:00 Praktická část |
| Stanoviště 1. Mechanické čištění vzorků |
| Stanoviště 2. Kontrola čištění USB mikroskopem |
| Stanoviště 3. Průzkum vzorků po čištění laserem a dvoufázovým sprejem pod USB mikroskopem |
| 15:00 Zakončení workshopu |

ÚVOD

Čištění knihovních a archivních dokumentů a jejich následné ukládání v bezprašném prostředí je základem preventivní péče. Suché čištění, tedy odstraňování depositů, které ulpěly na povrchu objektu, lze použít jako samostatnou metodu nebo jako první krok před mokrým procesem čištění. Výsledky předchozí studie, která detailně porovnávala 15 běžně užívaných způsobů mechanického čištění, však odhalily problémy především v nedostatečném odstranění submikronových částic, poškození ošetřovaného povrchu nebo zanechání reziduí čistících materiálů. To naznačuje, že vývoj nových alternativních technik suchého čištění knihovních a archivních materiálů je velmi žádoucí.

V období 2018-22 byly v rámci projektu NAKI II DG18P02OVV048 "Výzkum a vývoj pokročilých technik čištění knih a rukopisů", řešeném Ústavem chemických procesů AV ČR a Národní knihovnou ČR, zkoumány alternativní postupy, využitelné pro restaurování knihovních a archivních fondů. Výzkum byl zaměřen především na použití pulzního infračerveného TEA CO₂ laseru a dvoufázového spreje sněhových mikročástic oxidu uhličitého v nosném plynu. Výsledky ukázaly, že za vybraných podmínek použití představují tyto techniky účinné a především bezpečné metody k ošetření knihovních a archivních materiálů.

Jiří Smolík
Hlavní řešitel projektu

METODIKA ČIŠTĚNÍ KNIHOVNÍCH A ARCHIVNÍCH MATERIÁLŮ POMOCÍ INFRAČERVENÉHO TEA CO₂ LASERU

Ludmila Mašková¹, Věra Jandová¹, Petra Vávrová², Magda Součková², Jitka Neoralová²,
Dana Novotná², Radek Fajgar¹, Jiří Smolík¹, Tereza Křížová², Kateřina Kocová²

¹Ústav chemických procesů AV ČR

²Národní knihovna ČR

Úvod

Cílem této metodiky bylo vytvořit soubor postupů a doporučení pro čištění materiálů často zastoupených v knihovních fondech, s jejichž využitím bude možné pomocí pulzního infračerveného TEA CO₂ laseru odstraňovat prachové částice. Základním požadavkem je efektivní odstranění povrchového znečištění bez poškození ošetřovaného materiálu. Za tímto účelem je stanovena prahová intenzita ozáření, při které začíná ablace nečistot z povrchu a prahová intenzita ozáření, při které již začíná degradace knihovních materiálů. Dále bylo cílem srovnat výsledky tohoto typu ošetření knihovních materiálů s tradičními postupy mechanického čištění a analyzovat tak možný potenciál využití nové metody.

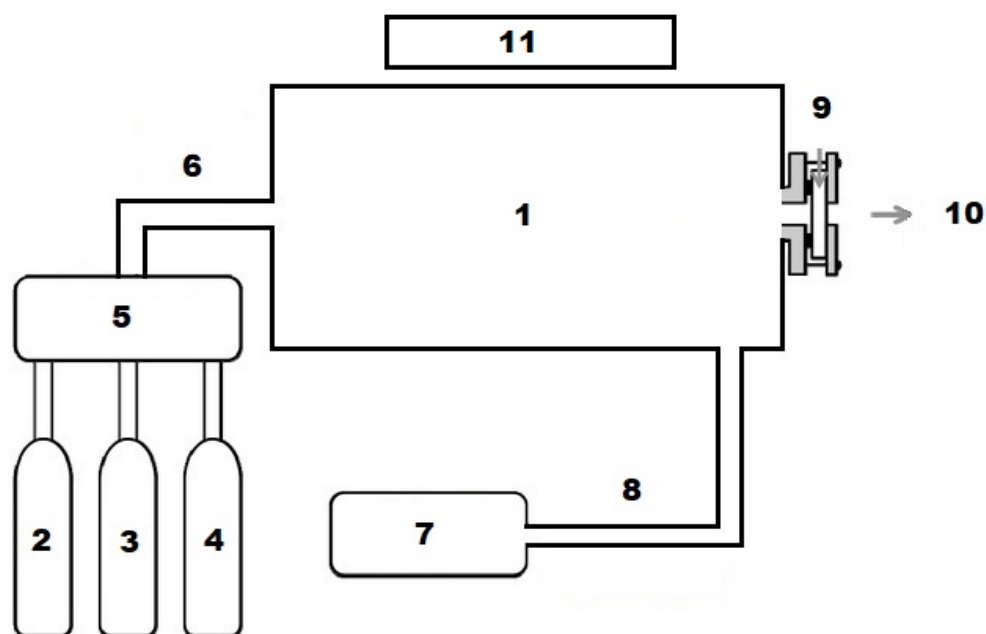
Tento příspěvek shrnuje závěry „Metodiky odstraňování prachových částic z papíru, textilu a kolagenních materiálů pomocí TEA CO₂ laseru“ [1]. Metoda suchého čištění pomocí laseru představuje alternativu k tradičně používaným postupům. Pulz laserového paprsku je nasměrován na ošetřovaný povrch. Buzení pulzem vede k rychlé tepelné expanzi, vysokofrekvenční akceleraci a šíření vln. Tím dochází ke generování setrvačné síly, jejíž působení může uvolnit deponované nečistoty. Tento proces nastává, pokud setrvačná síla přesáhne celkovou adhezní sílu skládající se především z van der Waalsovy, elektrostatické a kapilární síly [2]. Čištění laserem představuje alternativu k tradičně používaným postupům. Ošetření knihovních dokumentů laserem může být vhodné zejména pro odstranění lokálního znečištění [3]. Čištění laserem zajišťuje vysokou přesnost (v okruhu 10 μm), která není dosažitelná konvenčním restaurováním. Dále je pro laserové čištění charakteristická vyšší objektivita, protože lze udat přesné parametry metody – vlnovou délku, trvání pulzu, plochu ohniska, hustotu energie, stupeň opakování, rychlost posuvu.

V oblasti čištění knihovních dokumentů se výzkum zaměřoval především na použití laserů o vlnových délkách od necelých 0,2 μm do cca 1 μm [4-14]. Účinnost a bezpečnost odstraňování prachových částic z knihovních materiálů pro laser o řádově větší vlnové délce nebyla zatím zkoumána. V průmyslové oblasti je nejčastěji využívaným IČ laserem TEA CO₂ laser pracující s vlnovou délkou okolo 10 μm, pomocí kterého jsou odstraňovány např. vrstvy laku, lepidla, nebo upravovány povrchy. Předchozí studie naznačila dobré výsledky při použití CO₂ laseru k čištění papíru [15].

Proto byl tento typ laseru podrobně testován pro čištění různých typů knihovních materiálů.

Metodika

Hlavní součástí pulzního infračerveného TEA (Transverse Electrical discharge in gas at Atmospheric pressure) CO₂ laseru je generátor laserového paprsku. Tento typ laseru napájený vysokonapětovým elektrickým výbojem v plynné směsi se skládá z několika hlavních vzájemně propojených jednotek, které jsou schematicky znázorněny na Obr. 1.



Obr. 1: Schématické znázornění infračerveného (TEA) CO₂ laseru (1 – Infračervený CO₂ laser, 2 / 3 / 4 – tlaková láhev CO₂ / N₂ / He, 5 – směs plynů, 6 – přívod plynů, 7 – vakuová pumpa, 8 – odvod plynů, 9 – výstupní okno, 10 – laserový paprsek a 11 – přístroj k měření výkonu laserového paprsku).

Hodnoceno bylo čištění tří typických skupin knihovních materiálů, a to papíru (dřevitý papír Holmen 2.0), kolagenního materiálu (tříslučiněná useň teletina) a textilu (textil Coloret). Aby bylo možné posoudit vliv různých typů znečištění, byly na vzorky nanášeny tři druhy prachu (prach Ashrae, slonovinová čerň a knihovní prach). Závěry byly vytvořeny s ohledem na bezpečnost použití pro nejsenzitivnější zástupce každé skupiny, které byly vybrány na základě prvotních testů. Výsledky tak představují spodní mez intenzity ošetření bezpečnou pro danou skupinu materiálů. Vzorky byly navrženy tak, aby co nejvíce odpovídaly reálným objektům. Podrobný popis výběru a přípravy vzorků je uveden v předchozí publikaci [16].

V rámci vyhodnocování výsledků byla sledována účinnost odstranění prachu a zároveň bezpečnost dané metody čištění. Byla stanovena prahová intenzita ozáření, při které

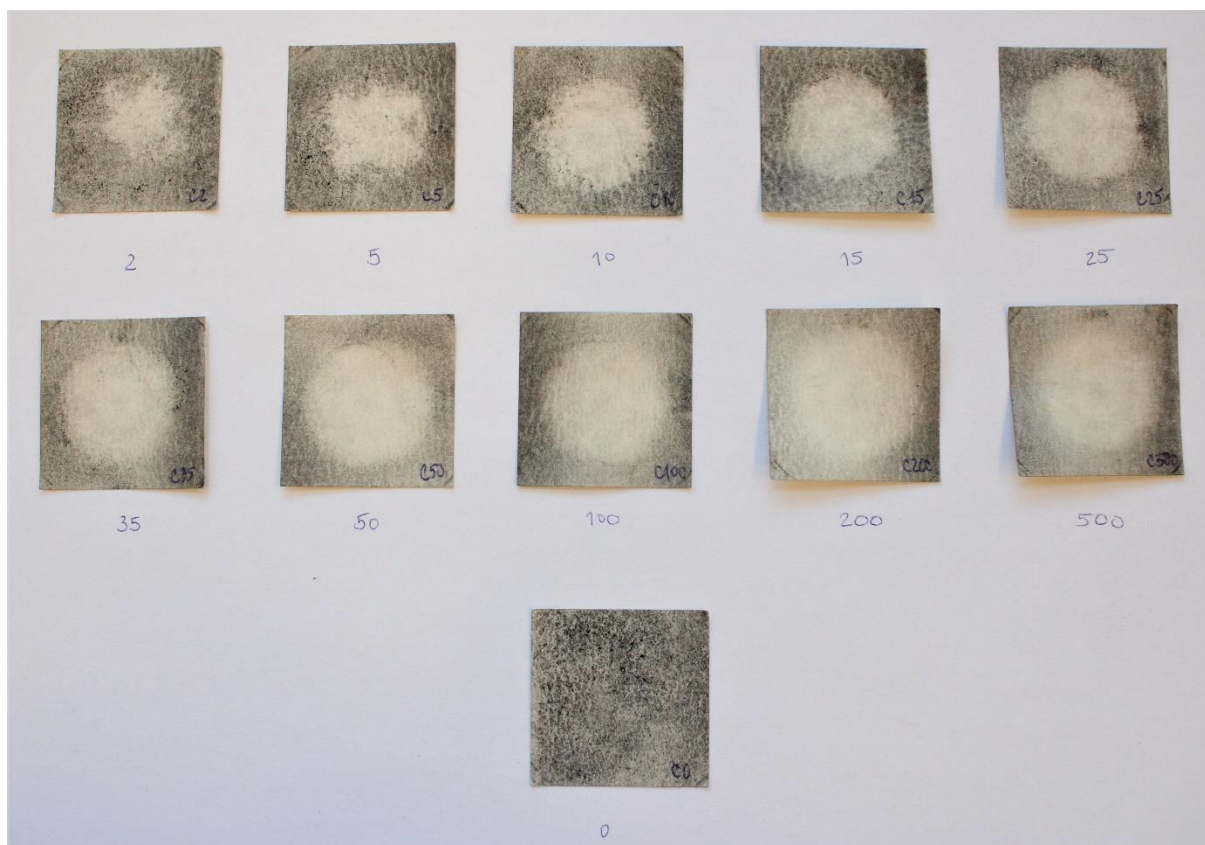
začíná ablace nečistot z povrchu a prahová intenzita ozáření, při které již začíná degradace. Účinnost odstranění prachu byla stanovena pomocí změny barevnosti s využitím spektrofotometru Minolta CM-508d s měřicí clonou o velikosti 3 mm v režimu SAV. K vyhodnocení byl použit barevný prostor CIE Lab. Vertikální nepestrá osa vymezuje stupnici jasů mezi černou a bílou barvou (L^*). Dvě horizontální chromatické osy, které jsou vůči sobě kolmé, procházejí mezi barvami zelenou a červenou (a^*) a modrou a žlutou (b^*). Na základě rozdílů hodnot naměřených před, po aplikaci prachu a po čištění označených jako Δa^* , Δb^* a ΔL^* byla následně vypočtena celková změna barevnosti ΔE :

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 + (\Delta L^*)^2} \quad (1)$$

Bezpečnost dané metody čištění byla posuzována na základě několika kritérií. K vyhodnocení vlivu čištění na možné poškození povrchu materiálu, případně zanechání reziduí čistícího materiálu u srovnávacích testů mechanického čištění, byla použita elektronová mikroskopie (SEM, Tescan Indus s detektorem sekundárních elektronů) a 3D optická mikroskopie (Hirox). Dále byl hodnocen vliv ošetření na změnu mechanických vlastností materiálu. U papíru a textilu byla testována schopnost snášet opakované přehýbání při současném namáhání tahem. Test byl proveden na testovacím přístroji dle Schoppera - Frank 13505. U kolagenních materiálů byla měřena pevnost v tahu a tažnost ve směru podél a napříč na univerzálním zkušebním stroji UTS podle ISO 3376. Také byla mikroskopicky měřena teplota smrštění vzorků (Olympus BX 60, zvětšení 40x) s využitím vyhřívaného stolku (Mettler FP82 Hot Stage). Vliv čištění byl hodnocen i formou měření případné barevné změny vzorku. Postup měření byl totožný, jako při posouzení estetické účinnosti čištění s tím rozdílem, že byl použit čistý vzorek materiálu. Kritéria posouzení vhodnosti metody jsou uvedeny v Tabulce 1.

Výsledky

Na základě prvotních experimentů bylo pracováno s co nejnižším výkonem laseru bez fokusace (hustota energie $0,68 \pm 0,02 \text{ J/cm}^2$). Byl zvolen počet pulsů: 2, 5, 10, 15, 25, 35, 50, 100, 200 a 500. Výsledky ukázaly, že nejvyšší úroveň vyčištění, při které ještě nebylo pozorováno poškození materiálu, byla dosažena při 10 pulzech u papíru i kolagenního materiálu. V případě textilu byly u části vzorků znečištěných přílnavým prachem Ashrae pozorovány nepříznivé výsledky, kdy se prach po ozáření rozptýlil do členité struktury materiálu. Z tohoto důvodu nelze čištění textilu pomocí laseru doporučit v restaurátorské praxi. Podrobné výsledky jsou uvedeny v předchozím článku [16]. Ilustrační fotografie vzorků dřevitého papíru a usně teletiny před a po ozáření různým počtem pulzů jsou uvedeny na Obr. 2 a 3.



Obr. 2: Ilustrační fotografie dřevitého papíru s částicemi slonovinové černi před čištěním (0) a po čištění 2, 5, 10, 15, 25, 35, 50, 100, 200 a 500 pulzy (označení číslicí pod vzorkem odpovídá použitému počtu pulzů)



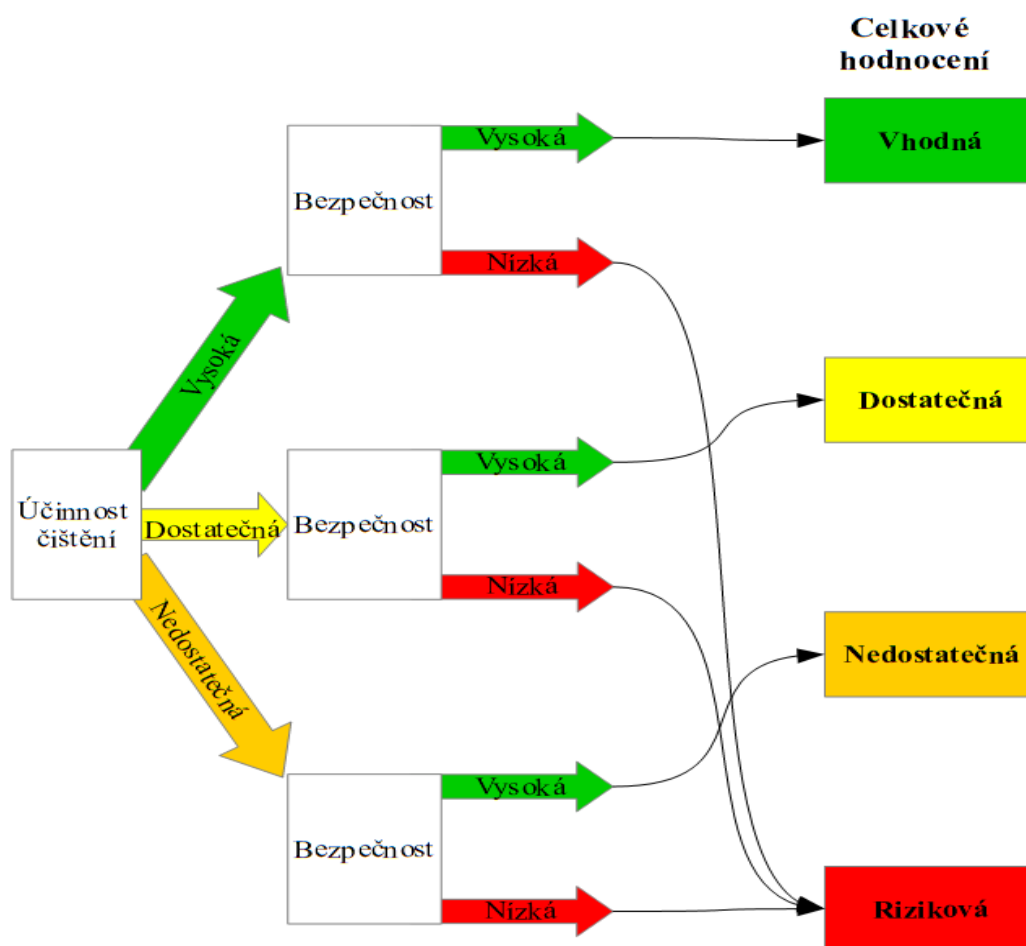
Obr. 3: Ilustrační fotografie usně teletiny a částicemi slonovinové černi před čištěním (0) a po čištění 2, 5, 10, 15, 25, 35, 50, 100, 200 a 500 pulzy (označení číslicí pod vzorkem odpovídá použitému počtu pulzů)

Parametry účinnosti a bezpečnosti čištění pomocí laseru byly porovnány se čtyřmi metodami mechanického čištění, které byly doporučeny jako nejvhodnější v rámci předchozí certifikované metodiky [17]. Vybranými srovnávacími metodami bylo ošetření pomocí speciálních materiálů, kterými byly: 1) pružný blok na bázi pryže (Wallmaster, Ceiba), 2) pružný blok na bázi butadien-styrenového kaučuku (Wishab, DOG Deutsche Oelfabrik), 3) plastický blok na bázi pryže (Groom Stick Book Cleaner, Picreator Enterprises) a 4) pevný blok na bázi pryže (Faber-Castell 7082-20). Pomocí těchto metod byly ošetřeny paralelní sady vzorků. Pro přehlednost bylo použito hodnocení výsledků odvozeno podle srovnávané metodiky (Tab. 1).

Tab. 1: Kritéria hodnocení vhodností metod čištění

| Kritérium | Metoda hodnocení | Výsledek | Označení výsledku |
|------------------|---|------------|-------------------|
| Účinnost čištění | Změna barevnosti (osa L^*) | 60-100 % | vysoká |
| | | 40-60 % | dostatečná |
| | | < 40 % | nedostatečná |
| Bezpečnost | Mikroskopie, změna mechanických, chemických a optických (osa b^*) vlastností | Beze změny | vysoká |
| | | Poškození | riziková |

Kombinací jednotlivých kritérií byla daná metoda zařazena do jednoho ze čtyř výsledků celkového hodnocení jako: a) vhodná, b) dostatečná, c) nedostatečná nebo d) riziková. Mechanismus rozhodování je znázorněn ve vývojovém diagramu (Obr. 4).



Obr. 4: Rozhodovací mechanismus pro celkové hodnocení čisticí metody pomocí kombinace jednotlivých kritérií

Celkové hodnocení pro jednotlivé typy materiálů je uvedeno v Tab. 2. Ve srovnání s běžně používanými metodami čištění mělo ošetření pomocí TEA CO₂ laseru

uspokojivé výsledky. Z mechanických způsobů ošetření vykazovalo lepší úroveň vyčištění použití plastického bloku na bázi pryže pro papír a pevného bloku na bázi PVC pro kolagenní materiál. Nicméně je třeba zvážit, že při použití speciálních čisticích materiálů je možnost zanechání jejich reziduí a s tím spojené riziko následné degradace, které při použití laseru odpadá. Proto se jeví čištění pomocí TEA CO₂ laseru jako vhodná alternativa k tradičním postupům mechanického čištění.

Tab. 2: Celkové závěry vyhodnocení vhodnosti použití metod čištění

| Metoda čištění | | Papír | Kolagenní materiál |
|---------------------------|---------------------|------------|--------------------|
| TEA CO ₂ laser | 10 pulzů | dostatečná | dostatečná |
| Speciální materiál | Pružný blok latex | dostatečná | riziková |
| | Pružný blok pryž | riziková | riziková |
| | Plastický blok pryž | vhodná | riziková |
| | Pevný blok PVC | riziková | vhodná |

Ověření

Ověření bylo provedeno na reálných objektech na bázi papíru a kolagenního materiálu. Jako zástupce papíru byl vybrán arch dřevitého papíru vyřazený z Národního archivu (Obr. 5). Konkrétní typ materiálu byl identifikován pomocí kapkové metody za použití roztoku floroglucinolu. Vzhledem k rozdílným vlastnostem po zpracování stejné vstupní suroviny, byl za skupinu kolagenních materiálů vybrán historický vazební pergamen a kniha s polokoženou vazbou (Obr. 6 a 7). Oba objekty byly vyřazený z Národní knihovny ČR. Podrobné informace o testovaných objektech jsou uvedeny v Tab. 3.

Tab. 3: Přehled a popis vybraných materiálů pro ověřovací měření

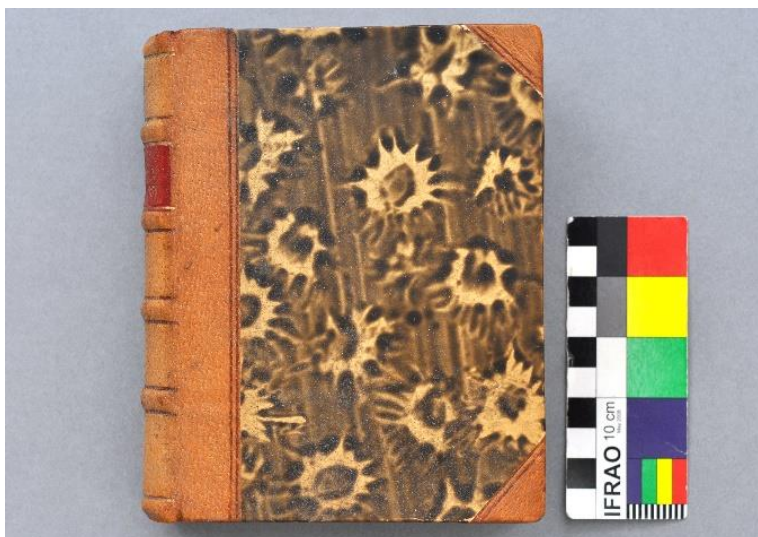
| Skupina materiálů | Papír | Kolagenní materiály | |
|-------------------|---|---|---|
| Objekt | arch dřevitého papíru, novodobý | pergamen, vazební, historický | knih, polokožená vazba, tříslučiněná vazební useň |
| Instituce | Národní archiv | Národní knihovna České republiky | Národní knihovna České republiky |
| Stáří | 60 let | cca 300 let | r. vydání 1916, cca 105 let |
| Způsob uložení | nevyhovující prašné prostředí, přístup UV záření, výkyvy teploty a RH | posledních 30 let laboratorní podmínky | nevyhovující prašné prostředí, přístup UV záření, výkyvy teploty a RH |
| Typ znečištění | prachový depozit | prachový a tukový depozit, záznamové prostředky, vosk | hrubší prachové částice, povlak |
| Lokace | lokální skvrny | nerovnoměrné znečištění různého typu, lokální skvrny | rovnoměrné znečištění, desky |
| Barva | šedá, černá, různé intenzity | hnědá, různá intenzita | šedá, černá |
| Struktura | jemná, přilnutá | jemná, hladká, lesklá, přilnutá | hrubší, přilnutá |



Obr. 5: Arch dřevitého papíru



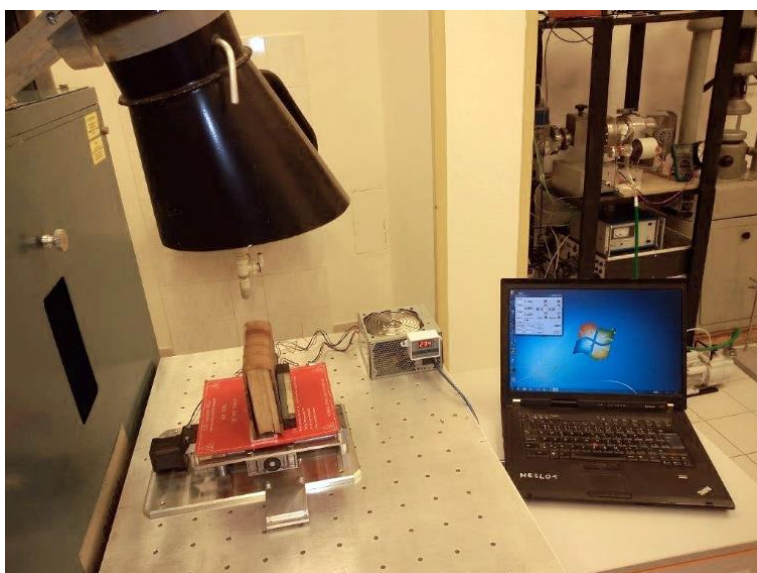
Obr. 6: Historický vazební pergamen



Obr. 7: Vyřazená kniha s polokoženou vazbou

Vzorky dřevitého papíru a vazebního pergamenu byly naformátovány pomocí pákových knihařských nůžek na velikost 3 x 3 cm. Vzorky vazební usně na vyřazené knize byly vyznačeny pomocí maskovací pásky na zadní straně desek, v blízkosti hřbetu. Vzorky byly naformátovány na velikost 2 x 1,5 cm. Celkem byly vyhotoveny 4 vzorky z každého materiálu.

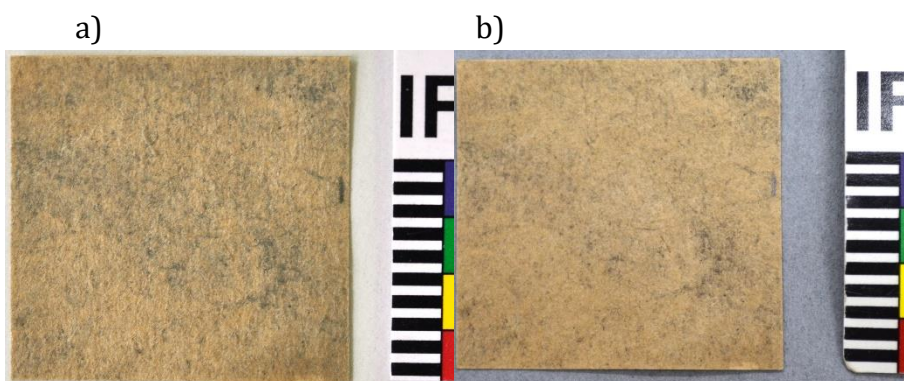
K čištění byl použit TEA CO₂ laser (Plovdiv University). Laser byl laděn na linii P20 přechodu 0⁰1-10⁰ s odpovídajícím vlnočtem 944,2 cm⁻¹. Hustota energie laserového záření byla v rozmezí 0,65-0,70 J/cm². Testované objekty byly ošetřeny 0, 2, 5 a 10 pulzy. Objekt byl umístěn na mobilní stůl s programovatelným posunem. Odsávání bylo zajištěno pomocí vzduchotechniky. Uspořádání zařízení v průběhu čištění je zobrazeno na Obr. 8.



Obr. 8: Uspořádání zařízení v průběhu čištění pomocí TEA CO₂ laseru

Dřevitý papír

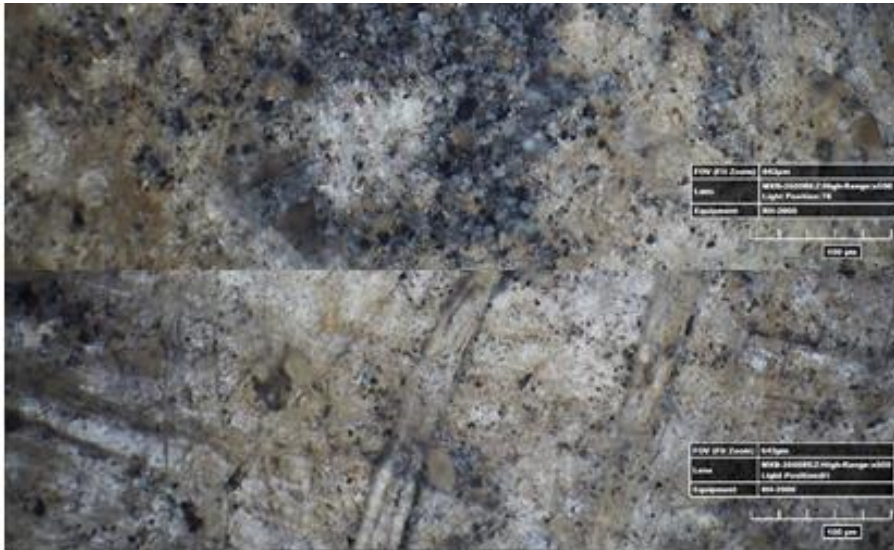
Při vizuálním porovnání vzorku před čištěním a po čištění byl zřetelný úbytek tmavých částic nečistot na povrchu vzorku a vzorek se jevil světlejší (Obr. 9).



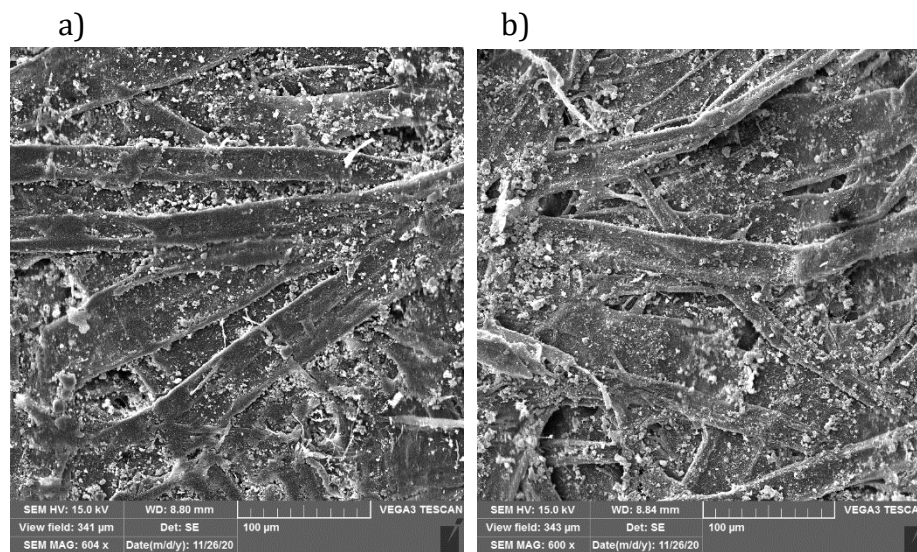
Obr. 9: Dřevitý papír a) před čištěním a b) po čištění

Měření barevnosti ukázalo, že vzhledem k typu nečistoty byla nejdůležitějším ukazatelem účinnosti čištění změna měrné světlosti ΔL^* . Koordináta b^* se po ozáření vzorku posunula k vyšším kladným hodnotám, k teplejším odstínům. Je nutné brát v potaz, že teplejší odstín vzorku po čištění, může být důsledkem odkrytí původního odstínu materiálu. Barvový posun koordináty a^* byl zanedbatelný. Celková barevná diference ($\Delta E = 2,40$) byla hodnocena jako jasně postřehnutelná [18].

Mikroskopická analýza ukázala, že po ošetření došlo k fragmentaci větších, aglomerovaných částic a na povrchu vláken papíru byl patrný úbytek větších shluků nečistot (Obr. 10). Struktura materiálu po čištění byla srovnatelná se stavem před ošetřením a nebyly pozorovány změny ve tvaru vláken či nová poškození (Obr. 11).



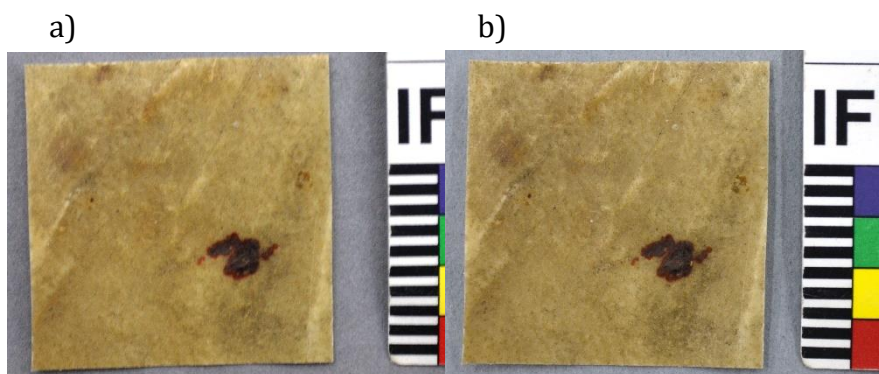
Obr. 10: 3D optická mikroskopie – nahoře papír před čištěním, dole po čištění



Obr. 11: SEM – dřevitý papír a) před čištěním a b) po čištění

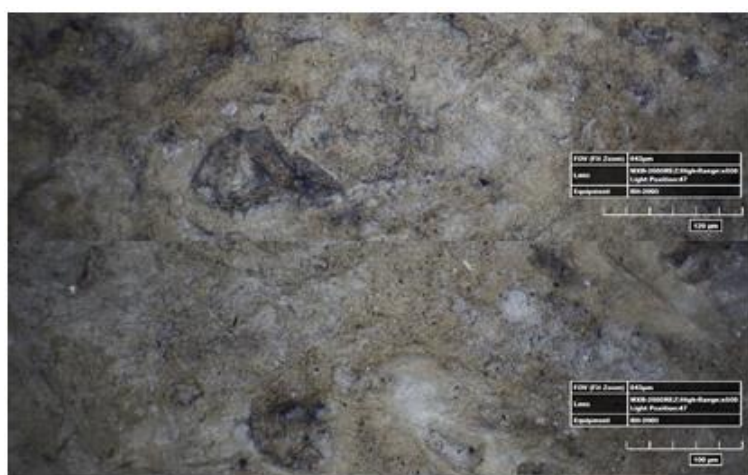
Vazební pergamen

Při vizuálním porovnání vzorku před čištěním a po čištění, nebyl patrný markantní rozdíl (Obr. 12).

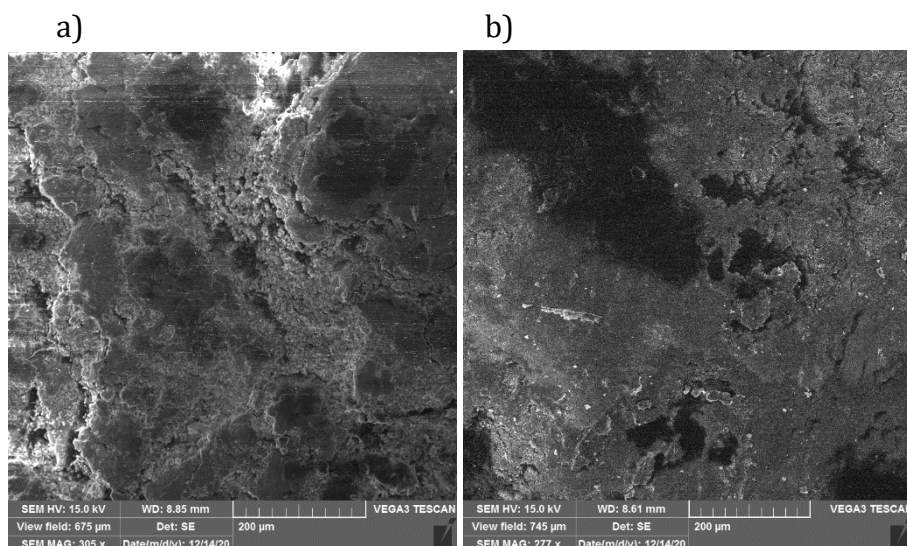


Obr. 12: Pergamen a) před čištěním a b) po čištění

Měření barevnosti historického pergamenu bylo problematické z důvodu nehomogenního znečištění a přítomnosti skvrn, které mohou zkreslovat naměřené hodnoty. Obecně lze ale říci, že nedošlo k zásadním změnám barevnosti ($\Delta E = 0,67$) [18]. Mikroanalýza ukázala, že povrch pergamenu byl místy pokryt kompaktní silně zkrakelovanou vrstvou ulpělého prachu a prachovými částicemi. Úbytek prachových částic byl po ošetření materiálu spíše nepatrný (Obr. 13). Mikrostruktura materiálu po čištění byla srovnatelná se stavem před čištěním a nebyly pozorovány změny, příp. nová poškození (Obr. 14).



Obr. 13: 3D optická mikroskopie – nahoře vzorek před čištěním, dole po čištění

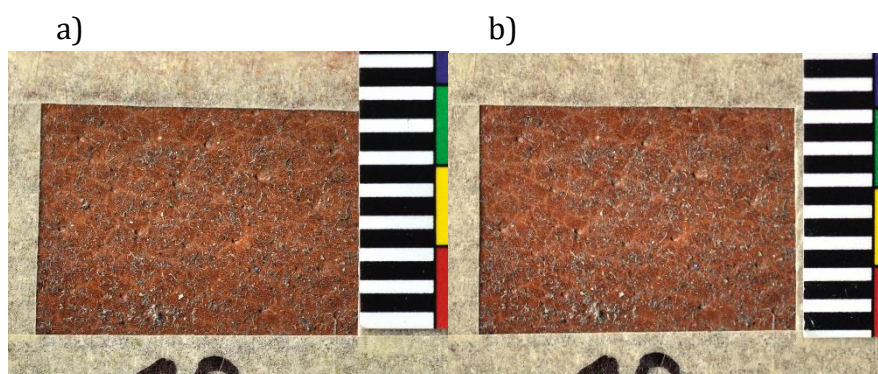


Obr. 14: SEM – pergamen a) před čištěním a b) po čištění

Zjištěná změna teploty smrštění pergamentu vlivem čištění se pohybovala v rozsahu chyby měření (50,2 °C před čištěním, 49,2 °C po čištění).

Vazební useň

Při vizuálním posouzení vzorku před čištěním a po čištění byl patrný lokální úbytek hrubších částic v oblasti levé středové části vzorku. Středová oblast vzorku se po ozáření jeví světlejší (Obr. 15).

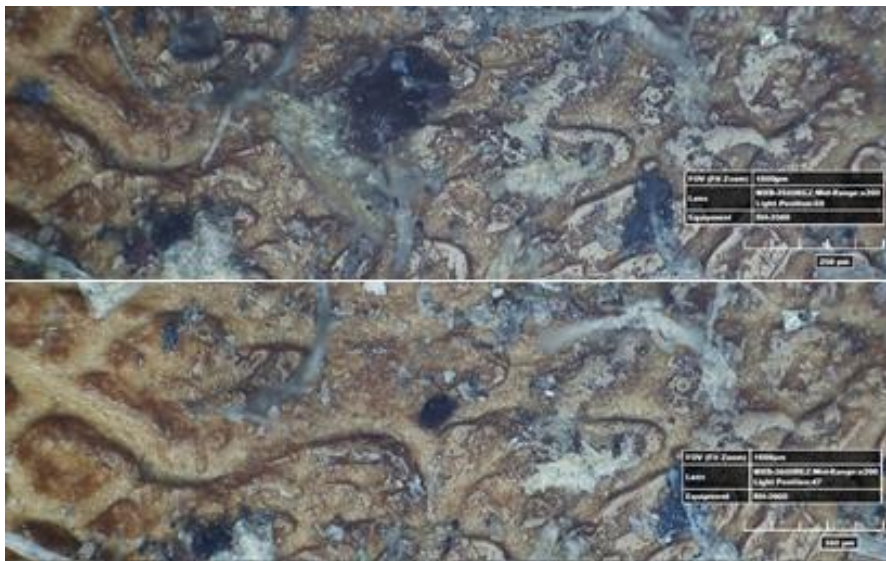


Obr. 15: Useň a) před čištěním a b) po čištění

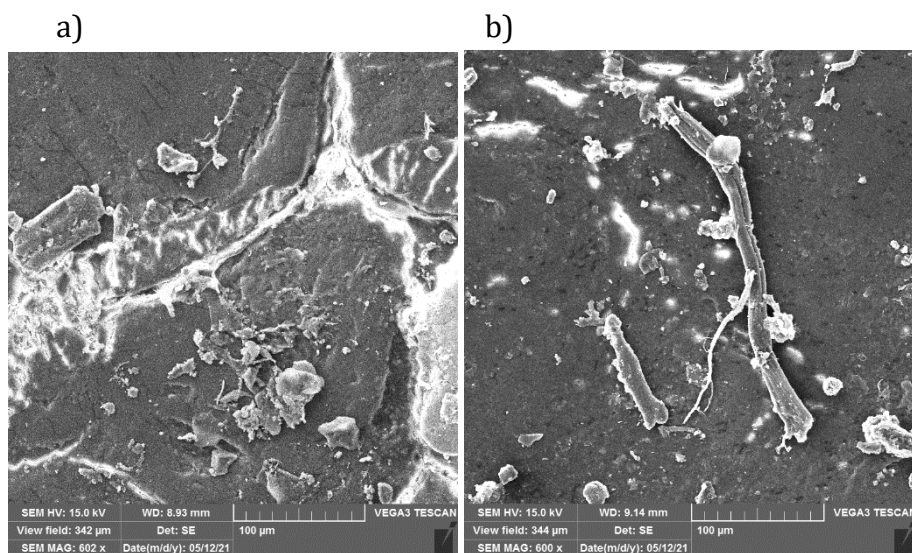
Měrná světlost L^* se po ozáření posunula k vyšším kladným hodnotám, k výraznému zesvětlení došlo v místě středu dopadajícího laserového paprsku. Koordináta b^* se po ozáření vzorku posunula k nižším záporným hodnotám, k chladnějším odstínům. Barvový posun koordináty a^* byl méně výrazný. Nedošlo k zásadní změně barevnosti ($\Delta E = 0,775$).

Mikroskopickou analýzou bylo zjištěno, že povrch vzorku byl pokryt četnými různorodými částicemi a vlákny tmavé barvy, struktura povrchu byla jasně viditelná. Lokálně došlo k odstranění volně ložených větších částic z povrchu vzorku a

k fragmentaci větších aglomerovaných shluků částic nečistot (Obr. 16). Mikrostruktura materiálu byla srovnatelná se stavem před čištěním, nebyl pozorován vznik nových defektů (Obr. 17).



Obr. 16: 3D optická mikroskopie – nahoře vzorek před čištěním, dole po čištění



Obr. 17: SEM – useň a) před čištěním a b) po čištění

Teplota smrštění usně se vlivem čištění nezměnila (63,3 °C před čištěním, 63,2 °C po čištění).

Závěr

Výsledky ukázaly, že za vybraných podmínek použití čištění pulzním IČ TEA CO₂ laserem vykazuje dobré výsledky ve srovnání s běžně používanými metodami mechanického čištění pro knihovní dokumenty na bázi kolagenního materiálu a papíru. Pro textilie a některé velmi citlivé materiály nelze tuto techniku doporučit. Tento způsob ošetření má potenciál stát se alternativou k tradičně využívaným postupům. Závěrem je nutné uvést, že veškeré poznatky platí pro objekty v dobré fyzické kondici a je nutné brát v úvahu fyzický stav předmětu před samotným čištěním. Dále závisí na přítomnosti dalších látek na povrchu jako například inkoust, barevná vrstva, zlacení aj. Především materiály, které jsou jakkoliv narušené, vyžadují individuální přístup a zhodnocení vhodnosti zásahu.

Literatura

- [1] Mašková, L., et al. Metodika odstraňování prachových částic z povrchu papíru, kolagenních materiálů a textilu pomocí TEA CO₂ laseru, Ústav chemických procesů AV ČR, Národní knihovna ČR, osvědčení 244/2022, 2022.
- [2] Peri, M.D.M. et al. Chapter 3 - Laser Cleaning for Removal of Nano/Micro-Scale Particles and Film Contamination. In: Kohli, R., Mittal, K.L. Developments in Surface Contamination and Cleaning. Methods for Removal of Particle Contaminants. 1st Edition. Amsterdam : William Andrew, 2011, 63-122.
- [3] Lloyd, H. et al. Dust in Historic Libraries. In: T. and Borchersen, K. Padfield. Museum Microclimates. Copenhagen : The National Museum of Denmark, 2007, 135-144.
- [4] Benžová, R. Problematika čištění pergamenu. Možnosti čištění laserem a mikropieskovačkou a ich kritické zhodnotenie, Diplomová práce. Litomyšl : Universita Pardubice, Fakulta restaurování, 2017.
- [5] Caverill, J. et al. An investigation into the use of a laser for the removal of modern ink marks from paper. *The Conservator*. 1996, 20, 65-75.
- [6] Ochocinska, K. Experimental investigations of stained paper documents cleaned by the Nd:YAG laser pulses. *Cult. Herit.* 2003, 4, 188-193.
- [7] Kautek, W. and Pentzien, S. Laser Cleaning System for Automated Paper and Parchment Cleaning. In: Dickmann, K. et al. *Lasers in Conservation Artworks*. Berlin, Heidelberg, New York : Springer, 2005.
- [8] Sportuna, S. et al. An investigation into the effect of wavelength in the laser cleaning of parchment. *J. Cult. Herit.* 2000, 1, 225-232.
- [9] Kennedy, C.J. et al. Laser cleaning of parchment: structural, thermal and biochemical studies into the effect of wavelength and fluence. *App. Surf. Sci.* 2004, 227, 151-163.
- [10] Elnaggar, A., et al. Feasibility of ultrafast picosecond laser cleaning of soiling on historical leather buckles. *Herit. Sci.* 2016, 4, 1-9.

- [11] Arif, S. and Kautek, W. Laser cleaning of particulates from paper: Comparison between sized ground wool cellulose and pure cellulose. *App. Surf. Sci.* 2013, 276, 53-71.
- [12] Kautek, W. et al. Laser interaction with coated collagen and cellulose fibre composites: fundamentals of laser cleaning of ancient parchment manuscripts and paper. *Appl. Surf. Sci.* 1998, 127-129, 746-754.
- [13] Scholten, H. Laser Cleaning Investigations of Paper Models and Original Objects with Nd:YAG and KrF Laser Systems. *Sprin. Proc. Physics.* 2005, 100.
- [14] Kautek, W. et al. Diagnostics of parchment laser cleaning in the near-ultraviolet and near-infrared wavelength range: a systematic scanning electron microscopy study. *J. Cult. Herit.* 2003, 4, 179s-184s.
- [15] Zekou, E. et al. Paper surface modification by lasers. *Proc. of SPIE.* 2011, 7747, 774705-7.
- [16] Mašková, L., et al. Čištění knihovních materiálů pomocí IČ TEA CO₂ laseru. *Fórum pro konzervátory-restaurátory.* 2021, 90-96.
- [17] Benešová, M. and Mašková, L. Metodika výběru prostředku k mechanickému čištění prachových částic z povrchu papíru. Praha : ÚCHP AV ČR, NK ČR, 2015. osvědčení 37/2015.
- [18] Mokrzycki, W.S. and Tatol, M. Color difference ΔE - A survey. *Machine GRAPHICS & VISION,* 2011, 20, 4, 383-411.

METODIKA ČIŠTĚNÍ KNIHOVNÍCH A ARCHIVNÍCH MATERIÁLŮ POMOCÍ DVOUFÁZOVÉHO SPREJE SNĚHOVÝCH ČÁSTIC CO₂ V NOSNÉM PLYNU

Ludmila Mašková¹, Jiří Smolík¹, Petra Vávrová², Magda Součková², Jitka Neoralová²,
Dana Novotná², Věra Jandová¹, Jakub Ondráček¹, Lucie Ondráčková¹, Tereza Křížová²,
Kateřina Kocová²

¹Ústav chemických procesů AV ČR

²Národní knihovna ČR

Úvod

Cílem této práce bylo vytvořit soubor postupů a doporučení pro pracovníky knihoven a archivů či pro restaurátory, s jejichž využitím je možné pomocí dvoufázového spreje sněhových částic CO₂ v nosném plynu odstraňovat prachové částice z povrchu knihovních a archivních materiálů a srovnat výsledky tohoto typu ošetření s běžně využívanými postupy mechanického čištění.

Tento příspěvek shrnuje závěry „Metodiky čištění papíru, textilu a kolagenních materiálů pomocí dvoufázového spreje sněhových částic CO₂ v nosném plynu“ [1]. Čištění knih a jejich následné ukládání v bezprašném prostředí je základem preventivní péče. Odstraňování depositů, které ulpěly na povrchu objektu, se nazývá mechanické, povrchové nebo také suché čištění. Mechanické čištění lze použít jako samostatnou metodu nebo jako první krok před mokrým procesem čištění [2]. Výsledky předchozí certifikované metodiky, která detailně porovnávala 15 běžně užívaných způsobů mechanického čištění, však odhalily jejich problematičnost [3]. Největší slabinou se ukázalo: (a) nedostatečné odstranění především submikronových částic, (b) poškození ošetřovaného povrchu nebo (c) zanechání reziduí čistících materiálů a s ním spojené riziko degradace [4]. To naznačuje, že vývoj nových alternativních metod, které by eliminovaly tyto problémy, je velmi žádoucí.

Velmi slibné se v rámci předchozí metodiky ukázalo čištění pomocí stlačeného vzduchu. Nicméně bylo zřejmé, že specifikace vhodných parametrů této metody vyžaduje podrobnější výzkum [3]. Hrubé částice ($d > 1 \mu\text{m}$) lze z povrchu odfukováním odstraňovat velmi efektivně, avšak problém nastává u jemných částic ($d < 1 \mu\text{m}$). Usazená částice je k povrchu vázána adhezní silou, která odpovídá průměru této částice ($\sim d$). Při ofukování vyvíjí pohybující se plyn na částici sílu o velikosti odpovídající jejímu průřezu ($\sim d^2$). Na povrchu ošetřovaného materiálu nebo v jeho těsné blízkosti je však, v důsledku přítomnosti tzv. mrtvé zóny v mezní vrstvě, tato síla velmi nízká. Z toho vyplývá, že pro velmi malé částice nelze silou samotného pohybujícího se plynu překonat adhezní sílu, která je váže k povrchu [5].

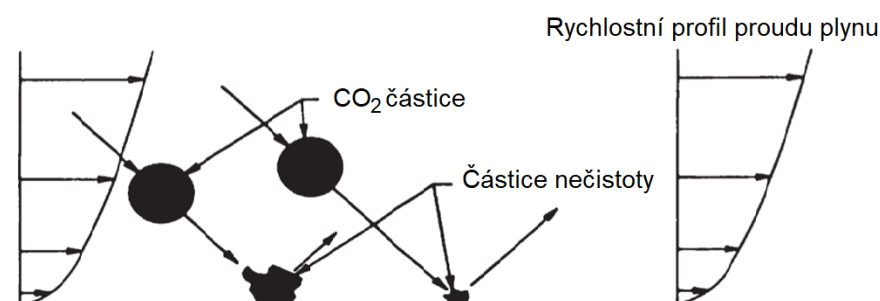
Řešení se nabízí v zařazení mikročástic čistícího materiálu do proudu pohybujícího se plynu. Tyto částice narážejí na povrch, předávají svou hybnost usazené částici a dokáží tak překonat adhezní síly i v případě jemných částic. Mikročásticemi

mohou být např. skleněné kuličky nebo kousky celulózy [6]. Nicméně i zde je riziko zanechání reziduí na ošetřovaném povrchu. Při použití částic CO_2 toto riziko odpadá, neboť po ukončení čistícího procesu dochází k jejich odpaření [5].

Čištění s využitím částic CO_2 je metoda aplikovatelná v rámci mnoha odvětví a její prvopočátky sahají do poloviny 80. let 20. století [7]. Jedná se o velmi efektivní a bezpečný způsob ošetření, kterým lze odstranit i jemné částice bez rizika zanechání reziduí čistícího materiálu. Proces je navíc netoxický, nehořlavý a nedochází při něm ke generování ozónu. V současné době se tato technika běžně používá např. k čištění kovů, keramiky, skla, optiky, polymerů, membrán atd. [5].

V oblasti kulturního dědictví bylo ošetření částicemi CO_2 úspěšně testováno v několika ojedinělých studiích při čištění sochy [8], malby [9] nebo slaměných košů [10]. V jednom případě byla tato metoda použita i k čištění knih zasažených požárem [11]. Přestože se jednalo o aplikaci proudu makroskopických pelet suchého ledu, metoda se ukázala jako méně abrazivní ve srovnání s ošetřením gumovou houbou. Nicméně vzhledem k senzitivitě knihovních materiálů se zdá jako výhodnější využití sněhových částic místo makroskopických pelet, protože sněhové částice díky své porézní struktuře představují menší riziko narušení ošetřovaného povrchu.

Sprej sněhových částic je nutné doplnit proudem nosného plynu, protože jediné tak lze dosáhnout dostatečné efektivity čištění [12]. Čištění pomocí sněhových částic v nosném plynu probíhá pomocí koaxiální trysky, jejíž vnitřní trubicí je přiváděn kapalný CO_2 , ze kterého vzniká adiabatickou expanzí proud sněhových částic CO_2 . Vnější trubicí koaxiální trysky je přiváděn nosný inertní plyn (např. N_2). Sněhové částice CO_2 jsou urychlovány proudem nosného plynu. Schematicky je mechanismus odstraňování částic z povrchu pomocí dvoufázového spreje sněhových částic CO_2 v nosném plynu znázorněn na Obr. 1. Tento způsob ošetření doposud nebyl u knihovních a archivních materiálů použit.



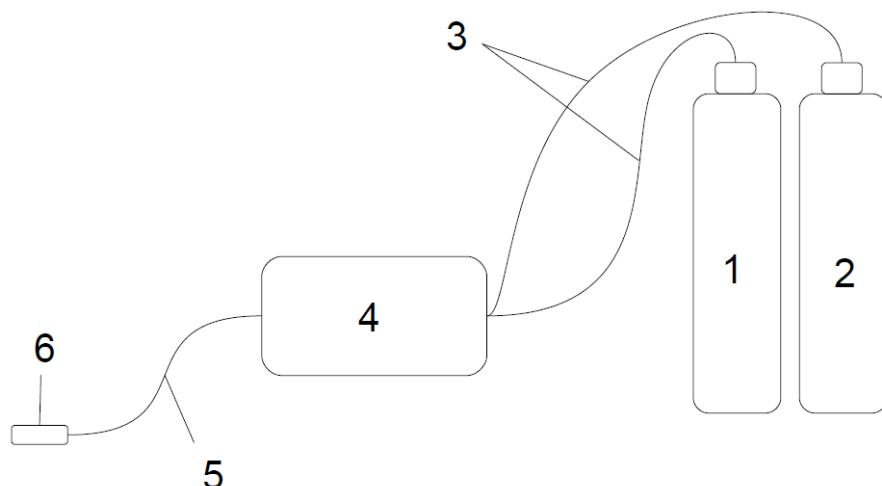
Obr. 1: Čistící mechanismus dvoufázového spreje sněhových částic CO_2 v nosném plynu [5]

Metodika

Zařízení, kterým lze čistit knihovní a archivní materiály pomocí dvoufázového spreje sněhových částic CO_2 v nosném plynu, se skládá z několika hlavních komponent, které jsou vzájemně propojeny.

Generátor dvoufázového spreje

Hlavní součástí čistícího zařízení je generátor dvoufázového spreje sněhových částic CO₂ v nosném plynu, který se skládá z několika hlavních jednotek a schematicky je znázorněn na Obr. 2. Na Obr. 3 je uvedena fotografie trysky při generování spreje.



Obr. 2: Schématické znázornění generátoru dvoufázového spreje sněhových částic CO₂ v nosném plynu (1 – zdroj kapalného CO₂, 2 – zdroj inertního nosného plynu, 3 – přívodní hadice, 4 – kontrolní jednotka, 5 – koaxiální hadice a 6 – koaxiální tryska).



Obr. 3: Koaxiální tryska v průběhu generování dvoufázového spreje

Prevence redepozice

Při čištění je nezbytné zajistit přímé odsávání uvolněných depositů, aby se zabránilo jejich zpětnému usazení na čištěný povrch.

Prevence kondenzace

Vzhledem k tomu, že při aplikaci sněhových částic CO₂ dochází k ochlazení povrchu ošetřovaného objektu, je třeba předcházet kondenzaci vzdušné vlhkosti na

materiálu. Jako prevenci kondenzace lze použít topnou podložku s regulovaným temperováním, box se sníženou vzdušnou vlhkostí, popřípadě vhodnou manipulací s tryskou.

Prevence poškození

Je nezbytné v průběhu celého čistícího procesu vizuálně kontrolovat stav objektu.

Prevence statického náboje

Existuje možnost, že se během čištění v důsledku ionizace proudícího spreje vytvoří na povrchu statický náboj. Tomu se dá předejít, když je podložka vzorku uzemněna.

Hodnoceno bylo čištění tří typických skupin knihovnických materiálů, a to papíru, kolagenního materiálu a textilu. Jako zástupce papíru byl vybrán dřevitý papír Holmen 2.0, textilního materiálu textil Coloret a kolagenního materiálu tříslučičená useň teletina. Tyto vzorky byly uměle znečištěny třemi druhy prachových částic, a to prachem Ashrae no. 1, slonovinovou černí a prachem z depozitářů Národní knihovny odebraným pomocí vysavače. Vzorky byly navrženy tak, aby co nejvíce odpovídaly reálným objektům. Jejich výběr a příprava je podrobně popsána v předchozích publikacích [13-14]. Závěry byly vytvořeny s ohledem na bezpečnost použití pro nejsenzitivější zástupce každé skupiny a představují tak spodní mez intenzity ošetření bezpečnou pro danou skupinu materiálů.

V rámci vyhodnocování výsledků byly sledovány parametry účinnosti odstranění prachu, estetické efektivity a zároveň bezpečnosti dané metody čištění. Účinnost odstranění prachu byla stanovena pomocí gravimetrie s využitím analytických vah s přesností ± 0.01 mg (XS105, Mettler Toledo). Pro vyhodnocení estetické účinnosti byla měřena změna barevnosti pomocí spektrofotometru Minolta CM-508d s měřicí clonou o velikosti 3 mm v režimu SAV. K vyhodnocení byl použit barevný prostor CIE Lab. Vertikální nepestrá osa vymezuje stupnici jasu mezi černou a bílou barvou (L^*). Dvě horizontální chromatické osy, které jsou vůči sobě kolmé, procházejí mezi barvami zelenou a červenou (a^*) a modrou a žlutou (b^*). Na základě rozdílu hodnot naměřených před, po aplikaci prachu a po čištění označených jako Δa^* , Δb^* a ΔL^* byla následně vypočtena celková změna barevnosti ΔE :

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta a^*{}^2 + \Delta b^*{}^2 + \Delta L^*{}^2)} \quad (1)$$

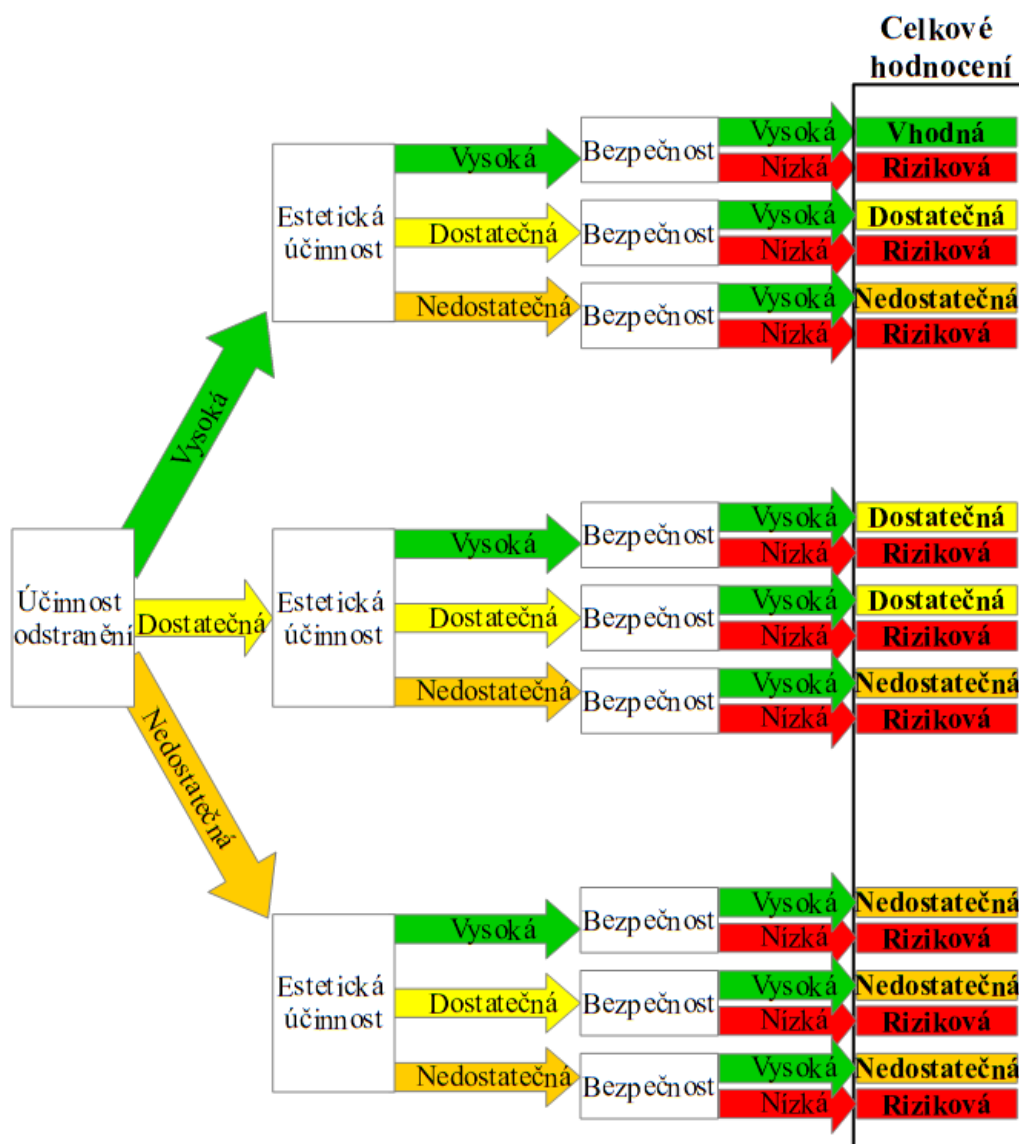
Bezpečnost dané metody čištění byla posuzována na základě několika kritérií. K vyhodnocení vlivu čištění na možné poškození povrchu materiálu, případně zanechání reziduí čistícího materiálu u srovnávacích testů mechanického čištění, byla použita elektronová mikroskopie (SEM, Tescan Indus s detektorem sekundárních elektronů) a 3D optická mikroskopie (Hirox). Dále byl hodnocen vliv ošetření na změnu

mechanických vlastností materiálu. U papíru a textilu byla testována schopnost snášet opakované přehýbání při současném namáhání tahem. Test byl proveden na testovacím přístroji dle Schoppera - Frank 13505. U kolagenních materiálů byla měřena pevnost v tahu a tažnost ve směru podél a napříč na univerzálním zkušebním stroji UTS podle ISO 3376. Také byla mikroskopicky měřena teplota smrštění vzorků (Olympus BX 60, zvětšení 40x) s využitím vyhřívaného stolku (Mettler FP82 Hot Stage). Vliv čištění byl hodnocen i formou měření případné barevné změny vzorku. Postup měření byl totožný, jako při posouzení estetické účinnosti čištění s tím rozdílem, že byl použit čistý vzorek materiálu. Kritéria posouzení vhodnosti metody jsou uvedeny v Tabulce 1.

Tab. 1: Kritéria hodnocení vhodností metod čištění.

| Kritérium | Metoda hodnocení | Výsledek | Označení výsledku |
|---------------------|---|------------|-------------------|
| Účinnost odstranění | Úbytek hmotnosti prachu | 60-100% | vysoká |
| | | 40-60% | dostatečná |
| | | <40% | nedostatečná |
| Estetická účinnost | Změna barevnosti | 60-100% | vysoká |
| | | 40-60% | dostatečná |
| | | <40% | nedostatečná |
| Bezpečnost | Mikroskopie, mechanické testy, změna barevnosti | Beze změny | vysoká |
| | | Poškození | nízká |

Kombinací jednotlivých kritérií byla daná metoda zařazena do jednoho ze čtyř výsledků celkového hodnocení jako: a) vhodná, b) dostatečná, c) nedostatečná nebo d) riziková. Mechanismus rozhodování je znázorněn ve vývojovém diagramu (Obr. 4).



Obr. 4: Rozhodovací mechanismus pro celkové hodnocení čisticí metody pomocí kombinace jednotlivých kritérií

Výsledky

Celkové hodnocení pro jednotlivé typy materiálů je uvedeno v Tab. 2. Ve srovnání s běžně používanými metodami čištění vykazovalo ošetření pomocí dvoufázového spreje velmi dobré výsledky, a proto ho lze doporučit jako vhodnou alternativu k tradičním metodám mechanického čištění. Samotný nosný plyn neodstraňoval částice dostatečně efektivně a zařazením částic CO₂ do proudu se účinnost čištění výrazně zlepšila.

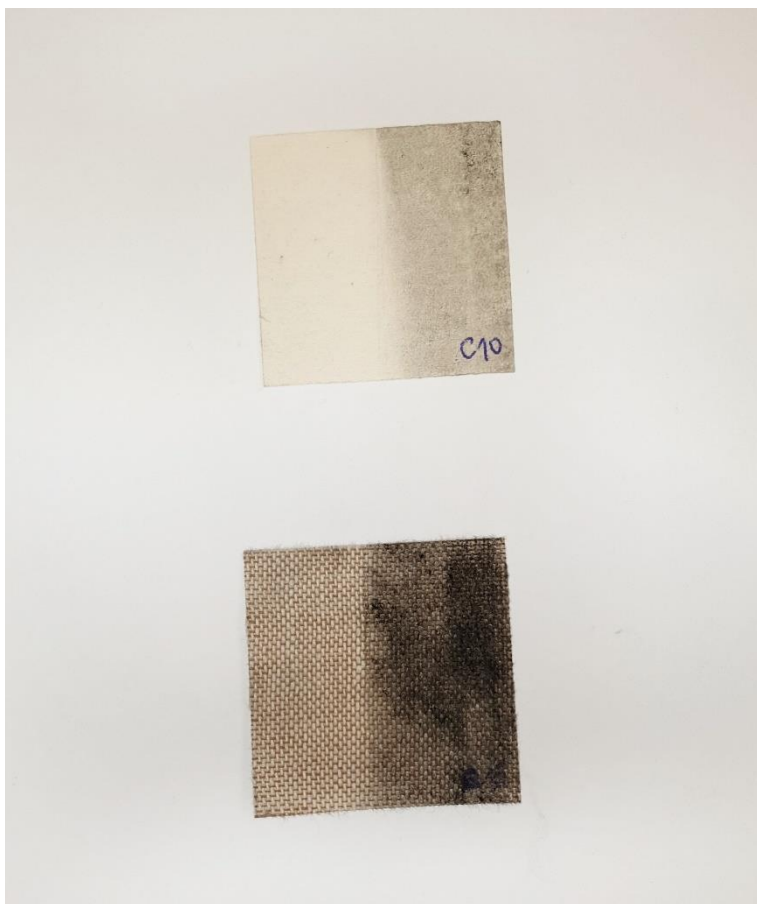
Pro papír a textil nebyly pozorovány žádné změny ve vlastnostech materiálu. Pro textil a papír se čištění pomocí dvoufázového spreje ukázalo jako nejvhodnější ze všech

porovnávaných způsobů ošetření. Obdobně dobré výsledky v případě papíru vykazovalo ošetření pomocí plastického bloku na bázi pryže. Nicméně v případě aplikace speciálních materiálů přetrvává jisté riziko zanechání reziduí na čištěném objektu. Z Tab. 2 je dále patrné, že opatrnosti je třeba v případě kolagenních materiálů, u kterých bylo pozorováno narušení povrchu a zhoršení mechanických vlastností. Proto je třeba před čištěním důkladně posoudit vhodnost tohoto zásahu.

Tab. 2: Celkové závěry vyhodnocení vhodnosti použití metod čištění

| Metoda čištění | | Papír | Kolagenní materiál | Textil |
|---------------------------------------|---------------------------------------|------------|--------------------|--------------|
| Dvoufázový sprej | | vhodná | riziková | vhodná |
| Nosný plyn bez částic CO ₂ | | dostatečná | riziková | dostatečná |
| Speciální materiál | Pružný blok pryž | dostatečná | riziková | nedostatečná |
| | Pružný blok butadien-styrenový kaučuk | riziková | riziková | nedostatečná |
| | Plastický blok pryž | vhodná | riziková | dostatečná |
| | Pevný blok PVC | riziková | nedostatečná | dostatečná |

Ilustrační fotografie výsledků čištění pro papír a textil jsou uvedeny na Obr. 5.



Obr. 5: Nahoře ilustrační fotografie vzorku dřevitého papíru a dole textilu Coloret znečištěných slonovinovou černí – pravá část vzorků bez ošetření (při čištění zakryta), levá část po ošetření vysokou intenzitou spreje

Druhy provozu

Dvoufázový sprej lze na knihovní a archivní materiály aplikovat několika způsoby. Rozhodujícím kritériem je především přístrojové vybavení pracoviště a dále možnost transportu ošetřovaných objektů. Čištění lze provádět manuálně nebo automaticky. Automatický provoz do velké míry eliminuje možné chyby způsobené selháním lidského faktoru. Tento provoz však zároveň vyžaduje větší přístrojové vybavení a připojení k laboratorním rozvodům. Z toho důvodu je nutné vybrané objekty transportovat k čištění do laboratoře, což může představovat problém především při potřebě ošetření rozsáhlých fondů. V takovém případě je vhodné použít manuální mobilní čistící stanici a provést zásah přímo v místě uložení objektů.

Minimální vybavení

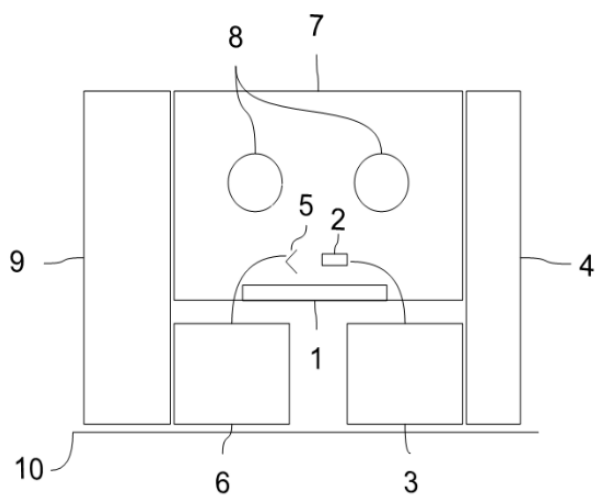
Základní vybavení pro čištění představuje generátor dvoufázového spreje sněhových částic CO₂ v nosném plynu a pracovní podložka. V případě, že není dostupný jiný způsob odvodu uvolněných nečistot, může být použit vysavač s ústím směřujícím nad čištěný objekt a respirátor k ochraně dýchacích cest (Obr. 6).



Obr. 6: Příklad čištění knihovních materiálů pomocí dvoufázového spreje v nejjednodušším uspořádání

Manuální stanice

V případě, že je k dispozici odsávací box, ve kterém lze s tryskou generátoru manipulovat pohybem ruky, je tím zajištěn lepší odvod uvolněných nečistot a obsluha je zároveň dobře chráněná. V případě, že je třeba provést ošetření objektů přímo v místě jejich uložení, lze využít mobilní čistící stanice – užitný vzor (CZ 35387 U1) [15]. Schématické znázornění mobilní stanice je uvedeno na Obr. 7 a fotografie na Obr. 8. Čištěný objekt je fixován na desku a manuálně je nad ním manipulováno s tryskou spojenou s generátorem dvoufázového spreje a mobilním zásobníkem technických plynů. Dále je stanice vybavena odsávací trasou s ústím umístěným nad ošetřovaným objektem, opatřenou mobilním čerpadlem. Čištění je prováděno v uzavřeném boxu, který je opatřen vstupními rukávy s párem ochranných rukavic umožňujícími manipulaci. Celý prostor boxu je odsáván mobilním velkokapacitním čerpadlem se záchytem částic. Zařízení je opatřeno manuálním pojezdem.



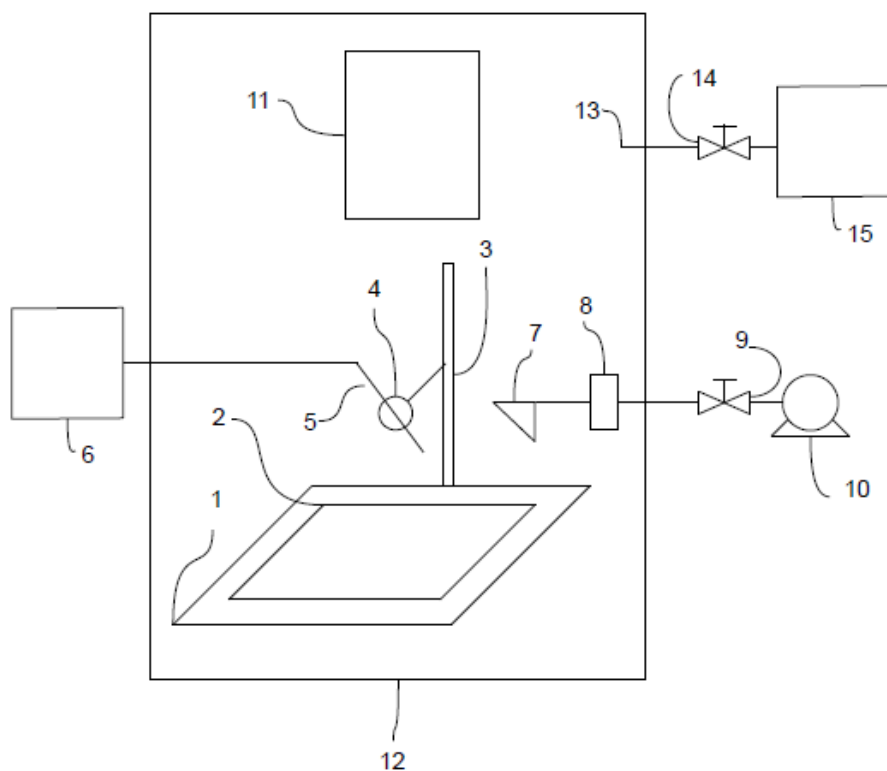
Obr. 7: Schématické znázornění mobilní čistící stanice (1 – fixační deska, 2 – tryska, 3 – generátor dvoufázového spreje, 4 – mobilní zásobník technických plynů, 5 – ústí odsávací trasy, 6 – mobilní čerpadlo, 7 – box, 8 – vstupní rukávy, 9 – velkokapacitní čerpadlo, 10 – pojezd).



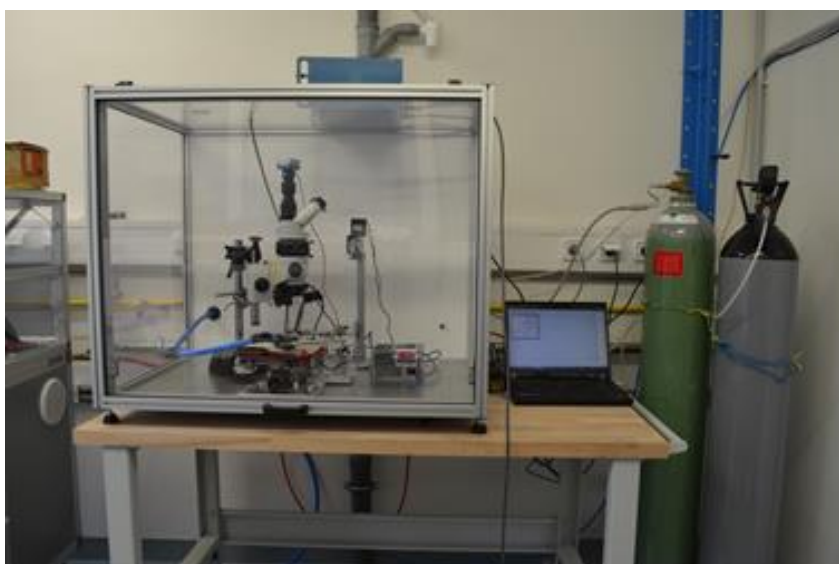
Obr. 8: Mobilní čistící stanice

Automatická stanice

Automaticky lze knihovní materiály čistit pomocí přístroje DustCAT (Dust Cleaned And Trapped) – užitný vzor (CZ 34970 U1) [16]. Schématické znázornění přístroje je uvedeno na Obr. 9. Čištěný objekt je fixován na motorizovaný 3D manipulační stůl, přičemž po horizontálních osách se pohybuje objekt po vertikální ose čisticí hlavy. Ta se skládá z držáku s kontinuálně proměnným úhlem fixace trysky a tryskou generátoru dvoufázového spreje. 3D manipulační stůl je ovládán pomocí řídicího programu, který umožňuje posun objektu po předem definované trajektorii s definovanou rychlostí posunu a zároveň umožňuje přesné nastavení výšky trysky nad čištěným objektem. Tak se eliminuje riziko nesprávné manipulace s tryskou. Objekt je temperován na stanovenou teplotu pomocí topné desky s termostatem, která je fixována na horizontální části 3D manipulačního stolu. Nad objektem je umístěn vstup odsávací trasy, kterou jsou odváděny nečistoty uvolněné z objektu. Odsávací trasa je dále osazena kazetou s filtrem, na který lze zachytávat uvolněné částice pro pozdější chemickou analýzu. Z důvodu zabránění poškození čištěného objektu jsou jeho fyzický stav a teplota povrchu v průběhu celého procesu ošetření paralelně monitorovány pomocí optického stereomikroskopu s online kamerou a termokamerou. Celé zařízení je umístěno v přetlakovém boxu s příívodem suchého a čistého vzduchu. Tím je zabráněno kontaminaci objektu z vnějšího prostředí a zároveň se snižuje riziko kondenzace par. Příklad použití přístroje DustCAT je uveden na Obr. 10.



Obr. 9: Schématické znázornění přístroje DustCAT (1 – horizontální část (xy osy) 3D manipulačního stolku s fixací objektu, 2 – topná deska, 3 – vertikální osa (z) stolku, 4 – držák trysky, 5 – tryska, 6 – generátor dvoufázového spreje, 7 – ústí odsávací trasy, 8 – kazeta na filtr, 9 – regulace průtoku, 10 – pumpa, 11 – kontrolní jednotka (optický mikroskop s online kamerou a termokamera), 12 – utěsněný box, 13 – ústí, 14 – regulace průtoku a 15 – generátor tlakového vzduchu).



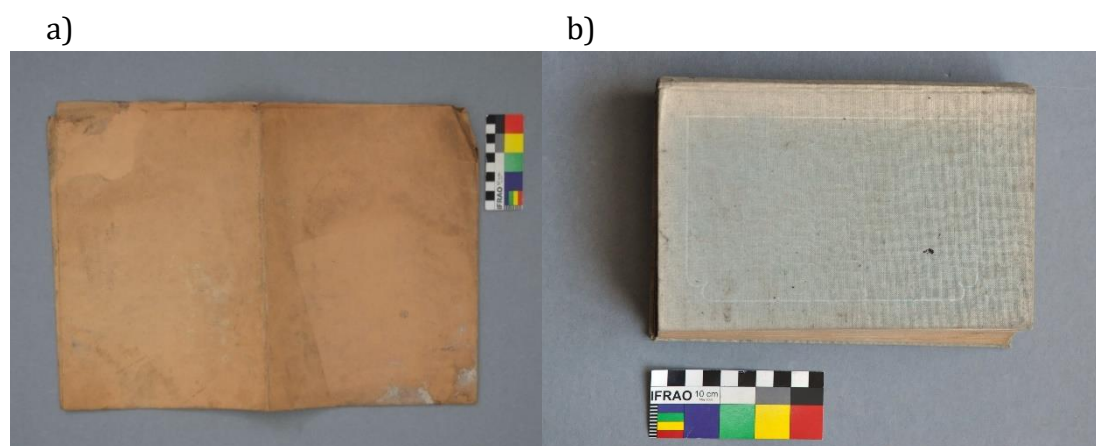
Obr. 10: Příklad použití přístroje DustCAT

Ověření

K ověření metodiky byl vybrán jako zástupce papíru arch novodobého papíru z depozitáře Národního archivu a jako zástupce textilu desky knihy v celoplátěné vazbě z depozitáře Národní knihovny ČR. Oba objekty byly dlouhodobě uloženy v nevyhovujícím prашném prostředí s přístupem UV záření, výkyvy teploty a RH. Informace o vybraných objektech jsou uvedeny v Tab. 3 a fotodokumentace před ošetřením na Obr. 11. K ošetření byl použit přístroj DustCAT.

Tab. 3: Informace o testovaném objektu

| Skupina materiálů | Papír | Textil |
|-------------------|-------------------------------|---|
| Materiál | dřevitý papír, novodobý | plátno |
| Instituce | Národní archiv | Národní knihovna ČR |
| Stáří | 60 let | 70 let |
| Typ znečištění | prachový depozit | prachový depozit, lokální znečištění tekutinou neznámého původu |
| Lokace | lokální skvrny | lokální skvrny |
| Barva | šedá - černá, různé intenzity | šedá |
| Struktura | jemná, přilnutá | jemná, přilnutá |

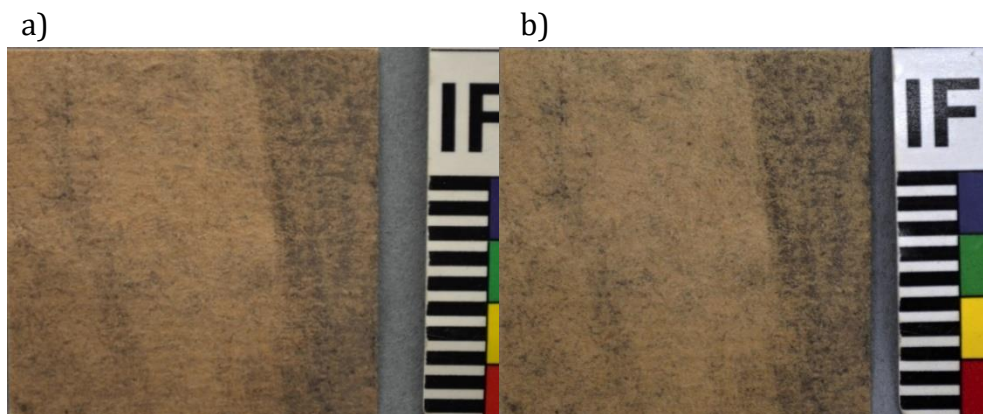


Obr. 11: Fotografie vybraného a) papírového a b) textilního objektu před ošetřením

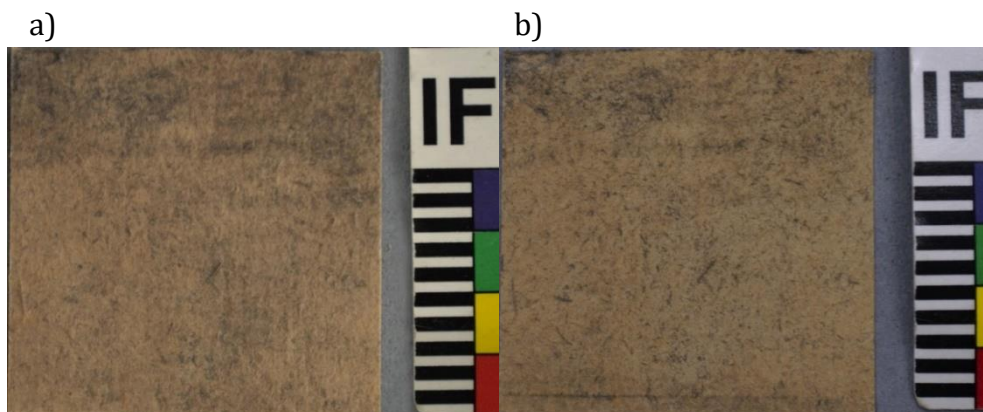
Papír

Fotografie vybrané části objektu před a po čištění proudem N₂ a dvoufázovým sprejem jsou uvedeny na Obr. 12 a 13. Z obrázku je patrné nerovnoměrné pokrytí vzorků prachovými částicemi tmavé barvy. Z vizuálního hodnocení je zřejmé, že ošetření pomocí proudu N₂ bez částic CO₂ mělo zanedbatelný efekt a znečištění se nepodařilo odstranit. Oproti tomu v případě dvoufázového spreje bylo dosaženo většího čistícího účinku. Vzhledem k hrubší struktuře dřevitého papíru, jehož povrch je členitější, docházelo k uchytování shluků nečistot na vystouplejších vláknech dřevoviny.

Po očištění pomocí dvoufázového spreje se na povrchu vzorku sice objevují ohraničená místa tmavšího odstínu, celkově lze ale říci, že vzorek po čištění se jeví světlejší než před čištěním.



Obr. 12: Fotografie části objektu a) před čištění a b) po čištění proudem N_2



Obr. 13: Fotografie části objektu a) před čištění a b) po čištění pomocí dvoufázového spreje

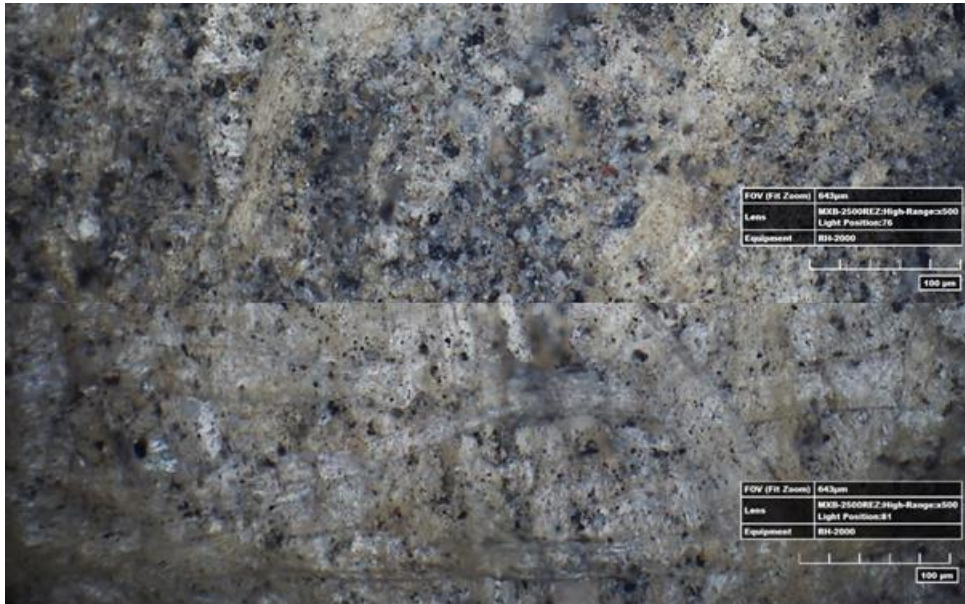
Přestože je vizuální vjem velmi podstatným aspektem, jedná se o velmi subjektivní hodnocení. Z toho důvodu byla změna optických vlastností kvantifikována pomocí měření celkové barevné změny (Tab. 4).

Tab. 4: Výsledky měření změny barevnosti před a po očištění pomocí proudu N₂ a dvoufázového spreje

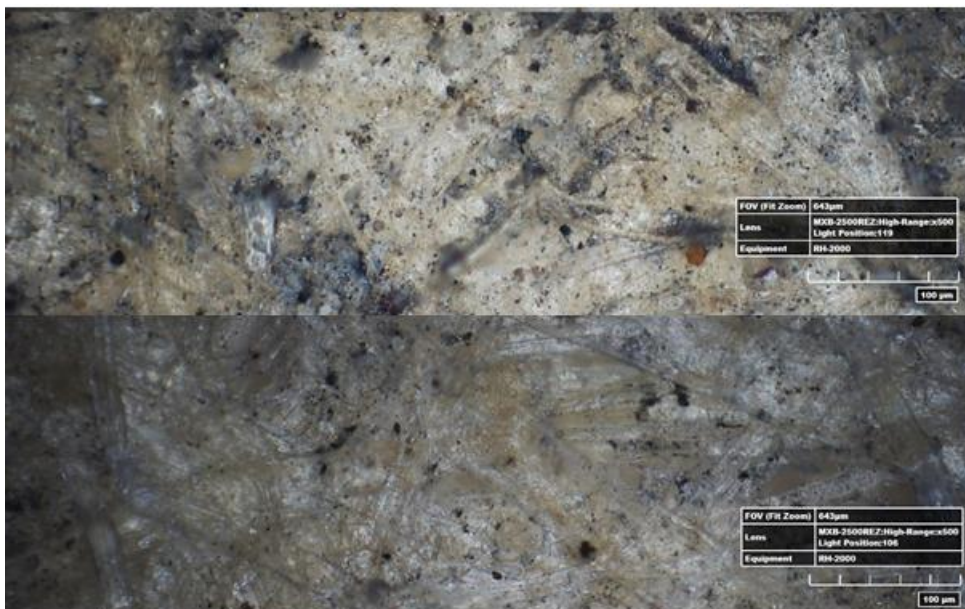
| Metoda čištění | ΔL^* | Δa^* | Δb^* | ΔE |
|----------------------|--------------|--------------|--------------|------------|
| Proud N ₂ | 0,34 | 0,06 | -0,30 | 0,52 |
| Dvoufázový sprej | 5,63 | 0,59 | 2,46 | 6,18 |

Vzhledem k tomu, že minimální celková změna barevnosti zaznamenaná lidským okem je definována jako $\Delta E = 1.00$ [17], lze hodnotit vliv ošetření pomocí proudu N₂ jako zanedbatelný. Naopak po čištění pomocí dvoufázového spreje došlo k výraznému posunu koordináty L do vyšších kladných hodnot (zesvětlení). Koordináta b se po čištění vzorku také posunula k vyšším kladným hodnotám, pravděpodobně v důsledku odkrytí původního odstínu materiálu pod nečistotou. Změna na koordinátě a byla zanedbatelná. Celková barevná diference byla pozorována nad limitem $\Delta E = 5.00$. Takováto změna je již pozorovatelem vnímána jako dvě odlišné barvy [17]. Výsledky barevnosti odpovídají subjektivním závěrům vizuálního posouzení.

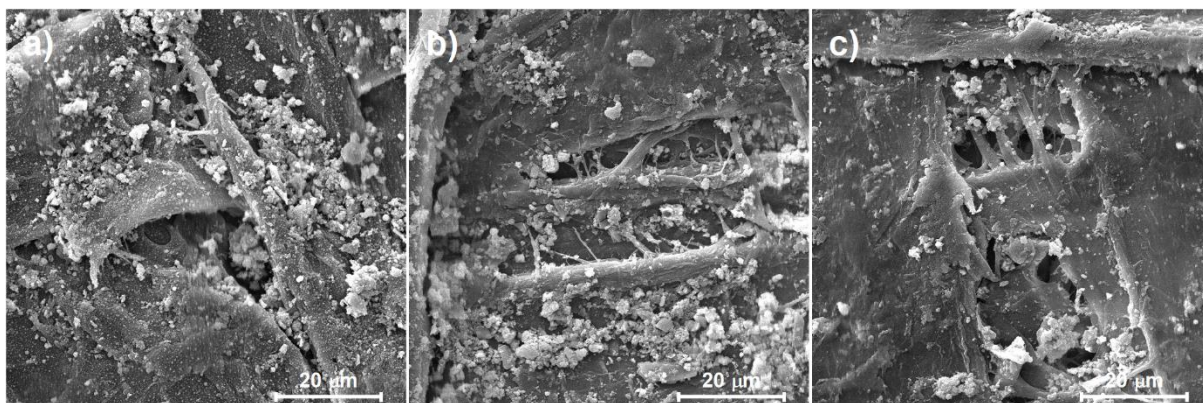
Dále byla pomocí optické mikroskopie a SEM porovnávána mikrostruktura vzorku před a po čištění (Obr. 14-16). Z výsledků vyplývá, že u obou metod čištění nebylo pozorováno poškození materiálu a mikrostruktura povrchu po čištění byla srovnatelná se stavem před čištěním. Po čištění pomocí proudu N₂ došlo k částečnému odstranění volně ležících částic z povrchu vláken papíru. Čistící účinek byl však spíše nepatrný. Naopak po ošetření dvoufázovým sprejem došlo nejen k odstranění volně ležících částic na povrchu, ale částečně také k odstranění nečistot, které byly uloženy hlouběji mezi vlákny.



Obr. 14: 3D optická mikroskopie – nahoře před čištěním a dole po čištění pomocí proudu N₂



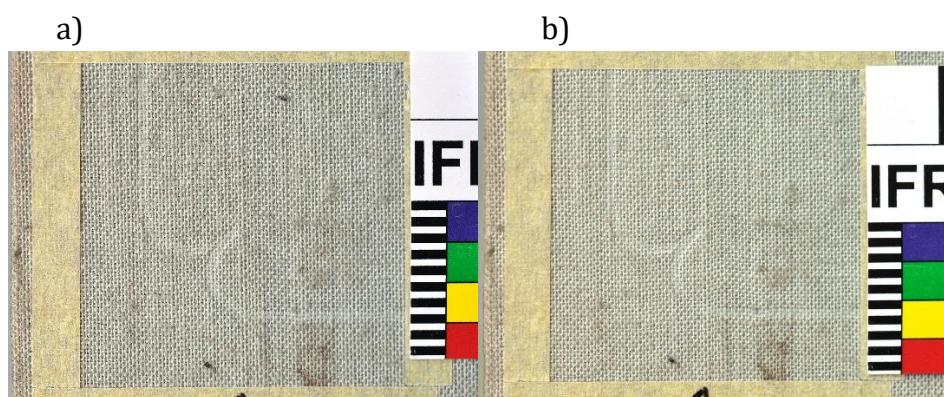
Obr. 15: 3D optická mikroskopie – nahoře před čištěním a dole po čištění pomocí dvoufázového spreje



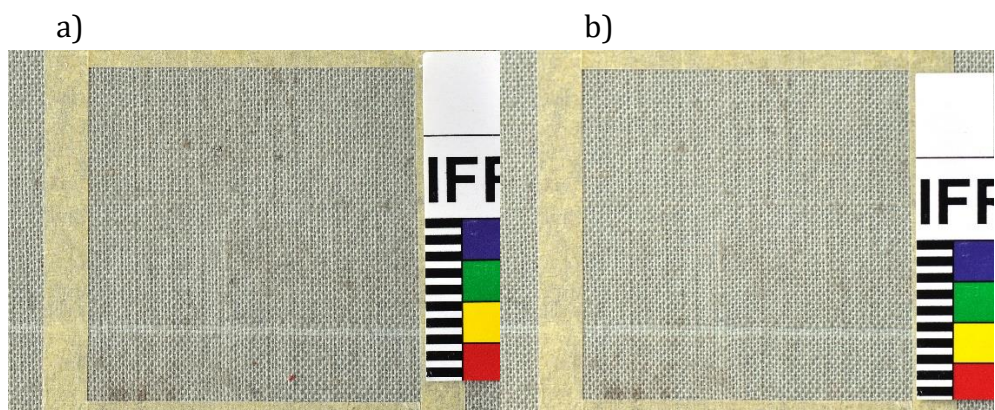
Obr. 16: SEM – a) před čištěním, b) po čištění proudem N₂ a c) po čištění dvoufázovým sprejem

Textil

Fotografie vybrané části objektu před a po čištění proudem N₂ a dvoufázovým sprejem jsou uvedeny na Obr. 17 a 18. Z obrázků je patrné, že pomocí obou způsobů ošetření bylo dosaženo výrazného zesvětlení povrchu, část skvrn se podařilo odstranit a zbylé byly méně intenzivní. Po čištění pomocí dvoufázového spreje se podařilo některé šedé skvrny úplně odstranit.



Obr. 17: Fotografie části objektu a) před čištění a b) po čištění proudem N₂



Obr. 18: Fotografie části objektu a) před čištění a b) po čištění pomocí dvoufázového spreje

Výsledky potvrdily, že úroveň vyčištění byla u obou metod srovnatelná (Tab. 5) a lze ji pro pozorovatele hodnotit jako postřehnutelnou [17]. Po očištění došlo k výraznému posunu L^* k vyšším kladným hodnotám, vzorky byly po čištění světlejší. Změny polohy koordinát a^* a b^* byly méně výrazné, po čištění oběma způsoby došlo k jejich posunu k záporným hodnotám (studeným odstínům). Toho bylo dosaženo pravděpodobně v důsledku odkrytí původního odstínu textilního potahu pod nečistotou.

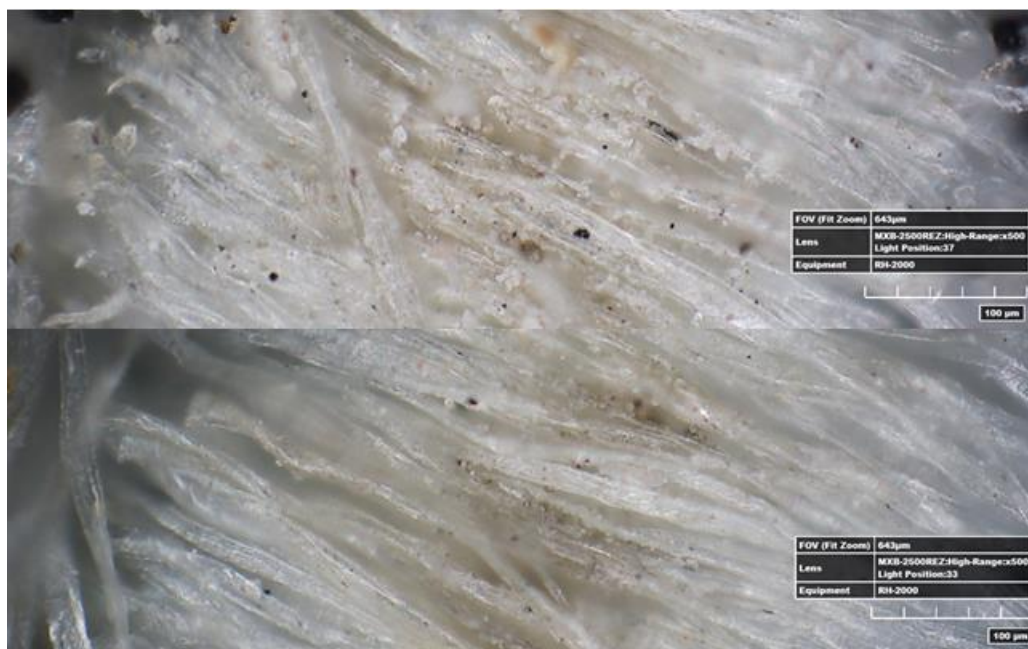
Tab. 5: Výsledky měření změny barevnosti před a po očištění pomocí proudu N_2 a dvoufázového spreje

| Metoda čištění | ΔL^* | Δa^* | Δb^* | ΔE |
|------------------|--------------|--------------|--------------|------------|
| Proud N_2 | 2,11 | -0,59 | -0,77 | 2,33 |
| Dvoufázový sprej | 1,37 | -0,40 | -0,56 | 1,55 |

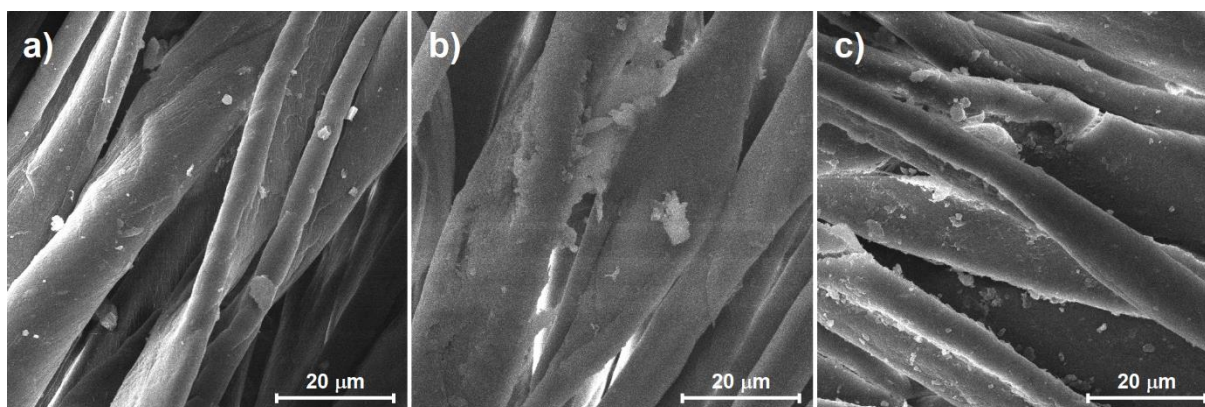
Dále byla pomocí optické mikroskopie a SEM porovnávána mikrostruktura vzorku před a po čištění (Obr. 19-21). Z výsledků vyplývá, že u obou metod čištění nebylo pozorováno poškození materiálu a mikrostruktura povrchu po čištění byla srovnatelná se stavem před čištěním. Pomocí obou metod došlo k účinnému odstranění volně ležících větších ale i drobnějších částic na povrchu vláken textilu. Částice přilnuté k vláknům a drobné částice v mezivlákněných prostorech se nepodařilo zcela odstranit.



Obr. 19: 3D optická mikroskopie – nahoře před čištěním a dole po čištění pomocí proudu N₂



Obr. 20: 3D optická mikroskopie – nahoře před čištěním a dole po čištění pomocí dvoufázového spreje



Obr. 21: SEM – a) před čištěním, b) po čištění proudem N₂ a c) po čištění dvoufázovým sprejem

Při čištění archu dřevitého papíru znečištěného reálným prachovým depozitem se ukázalo, že použitím dvoufázového spreje lze účinně odstranit prachové částice a zlepšit tak optické vlastnosti ošetřeného objektu. Těchto výsledků naopak nelze dosáhnout pouhým otryskáním povrchu pomocí stlačeného plynu. V případě čištění plátěného potahu knihy byly výsledky vyčištění pomocí obou metod srovnatelné, nicméně použitím dvoufázového spreje se navíc v některých případech podařilo úplně odstranit lokální skvrny. Podstatným zjištěním je zároveň fakt, že po ošetření dvoufázovým sprejem nebylo zaznamenáno žádné poškození mikrostruktury povrchu a tudíž lze tuto metodu čištění považovat za bezpečnou.

Závěr

Srovnání výsledků čištění pomocí předkládané metody a běžně využívaných způsobů jasně ukazuje, že dvoufázový sprej představuje velmi dobrou alternativu k tradičním postupům mechanického čištění knihovních a archivních dokumentů především na bázi papíru a textilu. Je zřejmé, že použitím této metodiky lze v praxi výrazně zkvalitnit restaurátorské zásahy.

Literatura

- [1] Mašková, L. et al. Metodika čištění papíru, textilu a kolagenních materiálů pomocí dvoufázového spreje sněhových částic CO₂ v nosném plynu. Ústav chemických procesů AV ČR, Národní knihovna ČR, 2022, osvědčení 245/2022.
- [2] Ďurovič, M. et al. Restaurování a konzervování archiválií a knih. Praha : Paseka, 2002.
- [3] Benešová, M. and Mašková, L. Metodika výběru prostředku k mechanickému čištění prachových částic z povrchu papíru. Praha : ÚCHP AV ČR, NK ČR, 2015. osvědčení 37/2015.
- [4] Pearlstein, E.J. et al. Effects of eraser treatment on paper. J. Am. Inst. Conserv. 1982, 22, 1, 1-12.
- [5] Sherman, R. Carbon Dioxide Snow Cleaning. Particulate Sci.Technol. 2007, 25, 1, 37-57.
- [6] Iglesias-Campos, M.A. et al. First experiments for the use of microblasting technique with powdered cellulose as a new tool for dry cleaning artworks on paper. J. Cult. Herit. 2014, 15, 365-372.
- [7] Hoenig, S.A. Cleaning surfaces with dry ice. Compress. Gas Mag. 1986, 8, 22-25.
- [8] Shockey, L.H. Blow it off: Moving beyond compressed air with carbon dioxide snow. Objects Specialty Group Postprints. 2009, 16, 13-24.
- [9] Tsang, J. and Babo, S. Soot removal from acrylic emulsion paint test panels: a study of dry and non-contact cleaning, Modern Materials and Contemporary Art. ICOM CC, Lisbon. 2011, 1-9.
- [10] Odegaard, N. Investigations Using Liquid CO₂ to Clean Textiles and Basketry. Conference Ice Cold: Solid Carbon Dioxide Cleaning. [Online] Smithsonian American Art Museum, 2016. [Citace: 6. 8. 2020.] <https://www.youtube.com/watch?v=P4gOPpNgdWQ>.
- [11] Silverman, R. Fire and Ice: A Soot Removal. Technique Using Dry Ice Blasting. Archival Products News. 2008, 15, 3, 1-8.
- [12] Feng, X. et al. Development of CO₂ snow cleaning for in situ cleaning of CMM stylus tips. Measurement Science and Technology. 2017, 28, 1, 15007.
- [13] Mašková, L., et al. Carbon dioxide snow cleaning of paper. Heritage Science, 2021, 9, 145, 1-15.
- [14] Mašková, L., et al. Čištění knihovních materiálů pomocí IČ TEA CO₂ laseru. Fórum pro konzervátory-restaurátory. 2021, 90-96.

- [15]Vávrová, P., Neoralová, J., Novotná, D., Součková, M., Kocová, K., Křížová, T., Mašková, L., Smolík, J. Mobilní zařízení pro pneumatické čištění knihovních a archivních dokumentů. Národní knihovna České republiky, Ústav chemických procesů AV ČR, Užitný vzor CZ 35387, 07.09.2021.
- [16]Mašková, L., Smolík, J., Ondráček, J. Zařízení na čištění knih a archiválií. Ústav chemických procesů AV ČR, Užitný vzor CZ 34970, 30.03.2021.
- [17]Mokrzycki WS and Tatol M. Color difference ΔE - A survey. Machine GRAPHICS & VISION, 2011, 20, 4, 383-411.

LINKA PRO ČIŠTĚNÍ KNIHOVNÍCH A ARCHIVNÍCH FONDŮ

Petra Vávrová¹, Magda Součková¹, Kateřina Kocová¹, Markéta Havlová¹, Jitka Neoralová¹, Dana Novotná¹, Jiří Smolík², Ludmila Mašková², Radek Fajgar², Jakub Ondráček², Věra Jandová², Lucie Ondráčková²

¹Národní knihovna ČR

²Ústav chemických procesů AV ČR

Úvod

Během řešení projektu NAKI II „Výzkum a vývoj pokročilých technik čištění knih a rukopisů“ byly zkoumány netradiční metody čištění knihovních fondů: pomocí TEA CO₂ laseru a pomocí dvoufázového spreje sněhových částic CO₂ v nosném plynu. Získané poznatky byly zpracovány v „Metodice odstraňování prachových částic z povrchu papíru, kolagemího materiálu a textilu pomocí TEA CO₂ laseru“ [1] a v „Metodice čištění papíru, textilu a kolagenních materiálů pomocí dvoufázového spreje sněhových částic CO₂ v nosném plynu“ [2]. Navržená poloprovozní linka umožní používat tyto metody pro hromadné čištění vybraných knihovních fondů.

Postup linky pro čištění knihovních a archivních fondů

Příjem exempláře

Správce fondu obvykle na odborné pracoviště zasílá již vyselektované exempláře, které vyžadují konzervátorský či restaurátorský zásah. Jedním z prvních a základních kroků (po průzkumu stavu exempláře, jeho dokumentaci a případné dezinfekci) je mechanické čištění exempláře.

Průzkum fyzického stavu exempláře

Pracovník vypracuje dokumentaci o fyzickém stavu přijatého exempláře. K záznamu informací je vhodné použít elektronickou databázi, do které je možné popsat všechny hlavní vlastnosti knihovní jednotky. K základní charakteristice patří kromě identifikace informace o tom, do kterého fondu kniha patří, o jaký typ vazby se jedná (vazba tuhá, polotuhá, měkká brožovaná či sešitová), jaký materiál je na vazbě použit (celopapírová, celoplátěná, poloplátěná, celokožená, polokožená), a z jakého materiálu je vyroben knižní blok (papír ruční, strojní, strojní dřevitý, novinový, křídový, jiný). Součástí formuláře v elektronické databázi je i popis poškození a znečištění exempláře.

Průzkum znečištění exempláře

Nejčastější nečistotou nacházející se na exemplářích z knihovních fondů je prach. Charakteristika prachu se může rozlišovat podle barvy (světlý, tmavý), míry přilnutí k exempláři (přilnutý, polétavý) a podle velikosti částic (menší než x, větší než x).

K průzkumu a co nejobektivnějšímu popisu prachu dobře poslouží formulář "Formulář pro knihovní fondy", který je modifikací Dust testu dle normy ISO SP3200 pro určení velikosti a množství prachových částic na površích připravených k aplikaci nátěrové hmoty. Testovací sada obsahuje lupu se zvětšením 10× a s osvětlením, testovací pásku dle normy BS EN ISO 8502-3, nůžky, fólii pro hodnocení prachových částic, protokoly pro vyhodnocení testu a návod. Volitelně lze sadu doplnit o přítlačný váleček pro rovnoměrný přítlak pásky k povrchu (Obr. 1). Formulář, který je součástí sady, kromě polí pro základní identifikaci exempláře obsahuje pole s příklady usnadňující popis povahy prachu (Obr. 2). V rámci hlubšího průzkumu lze pásky s prachovými částicemi dále mikroskopicky zkoumat a vyhodnocovat morfologii jednotlivých částiček a vláken.



Obr. 1: Komerční sada TQC dle normy ISO SP3200

Hodnocení kontaminace povrchu prachovými částicemi

Datum provedení testu:

Protokol z odběru č.:

Informace o knize

| | | | |
|------------|--|-------|--|
| Signatura | | Rok | |
| Čárový kód | | Fond | |
| Název | | Sklad | |

Popis prachu

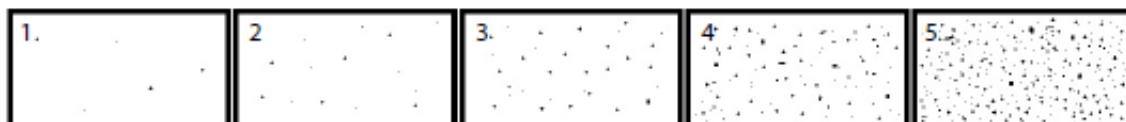
Barva:

- | | | |
|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Černá | <input type="checkbox"/> Šedá | <input type="checkbox"/> Bílá |
| <input type="checkbox"/> Tmavá | <input type="checkbox"/> Světlá | <input type="checkbox"/> Jiná |

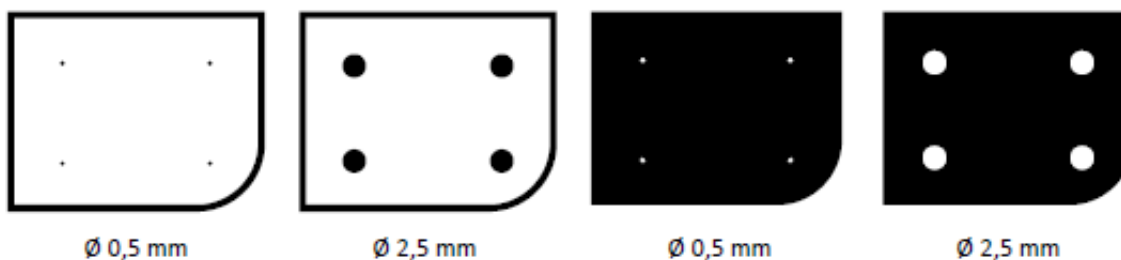
Struktura:

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Jemný přilnutý | <input type="checkbox"/> Hrubý |
| <input type="checkbox"/> Jemný polétavý | <input type="checkbox"/> Hrubý s částicemi |

Stupeň znečištění



Velikost částic



| Vzorek | A | B | C | D | E | Hodnocení |
|-----------------|---|---|---|---|---|-----------|
| Míra znečištění | | | | | | |
| Velikost částic | | | | | | |

Místo snímání prachu/ popř. strana:

Typ povrchu:

Materiál:

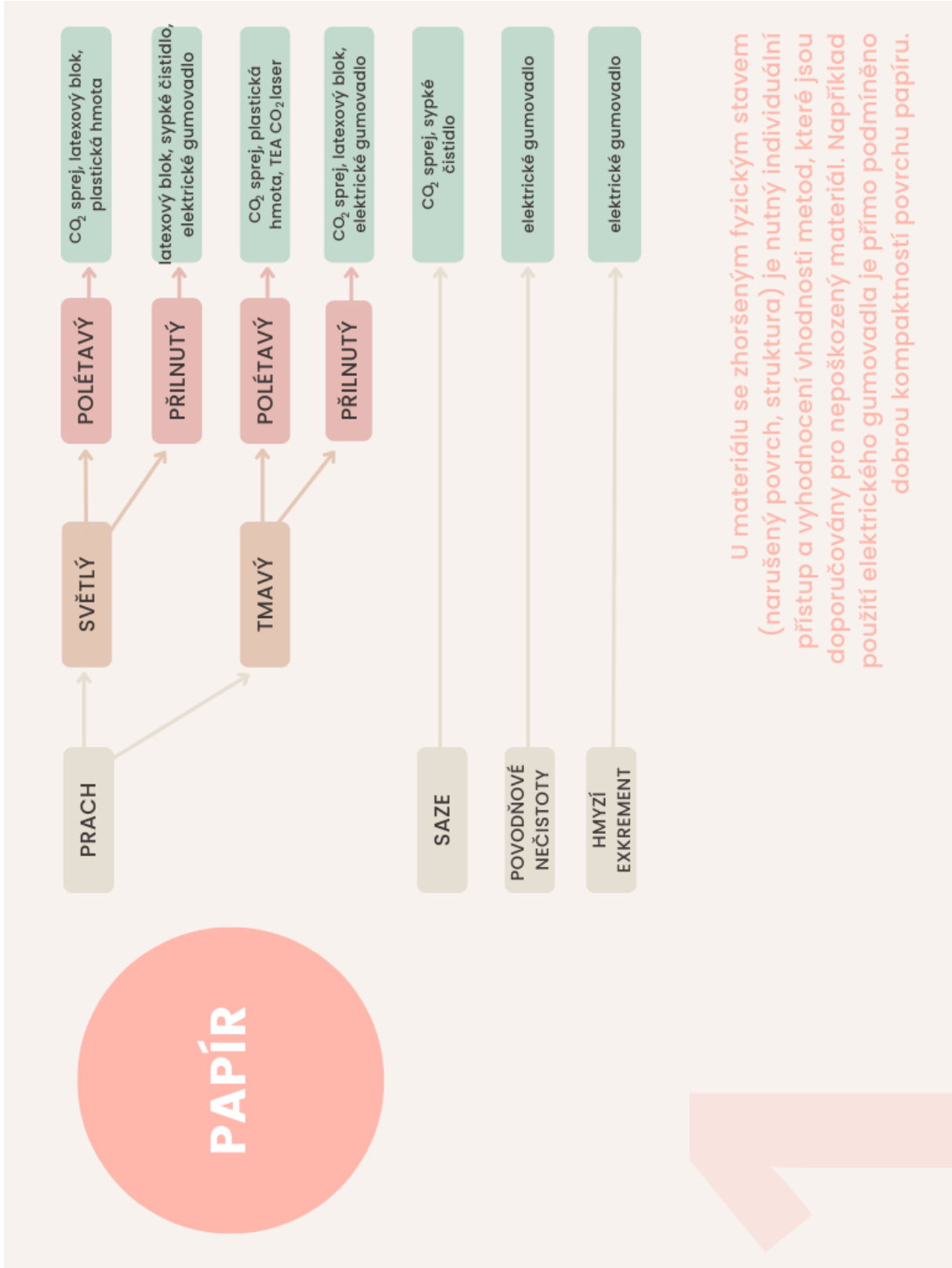
Typ pásky:

Obr. 2: Formulář pro knihovní fondy

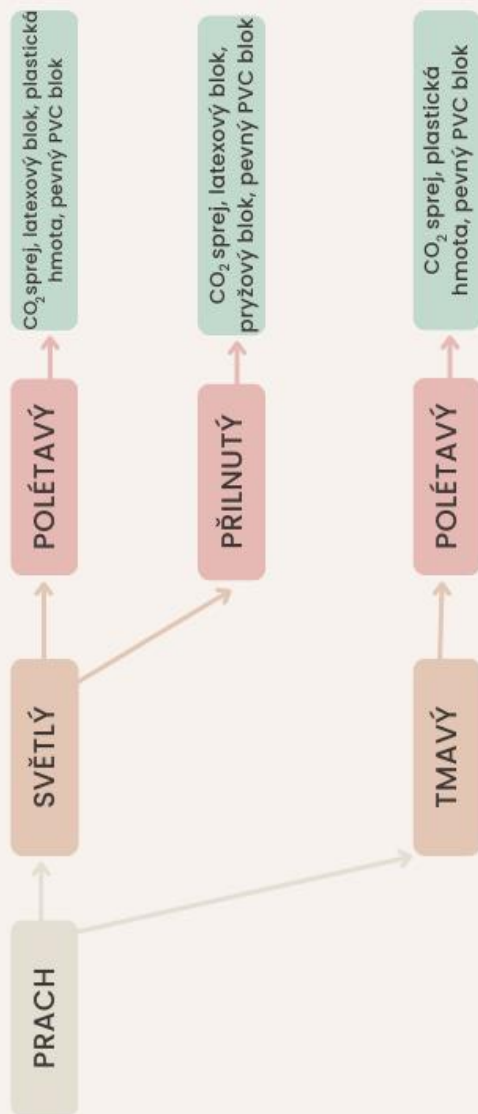
Dalšími typy nečistot mohou být nečistoty po živelních pohromách, např. saze po požáru, povodňové nečistoty, barvy, lepidla, nečistoty způsobené biologickou činností jako jsou například exkrementy hmyzu, otisky prstů, skvrny po mikrobiologické činnosti a další.

Výběr metody

Výběr metody je určen typem materiálu (papír, textil, useň) a typem znečištění. Pro každou kombinaci materiálu a znečištění, může být uvedeno více metod, pokud tomu odpovídají jejich výsledky. Tedy například v případě papíru a typu nečistoty prach tmavý přilnutý jsou uvedeny metody CO₂ sprej a latexový blok. Uživatel si tak může zvolit nejen na základě vhodnosti metod pro čištění individuálního předmětu, ale i na základě jejich dostupnosti na daném pracovišti. Diagramy pro určení vhodné metody jsou uvedeny níže.

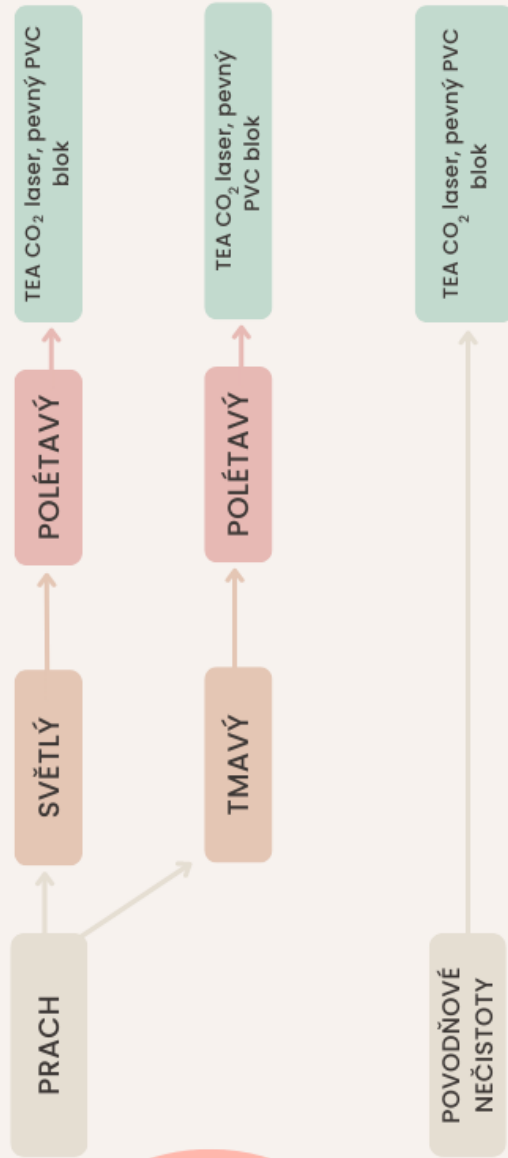


TEXTIL



U materiálu se zhoršeným fyzickým stavem (narušený povrch, struktura) je nutný individuální přístup a vyhodnocení vhodnosti metod, které jsou doporučovány pro nepoškozený materiál.

USEŇ, PERGAMEN



U materiálu se zhoršeným fyzickým stavem (narušený povrch, struktura) je nutný individuální přístup a vyhodnocení vhodnosti metod, které jsou doporučovány pro nepoškozený materiál.

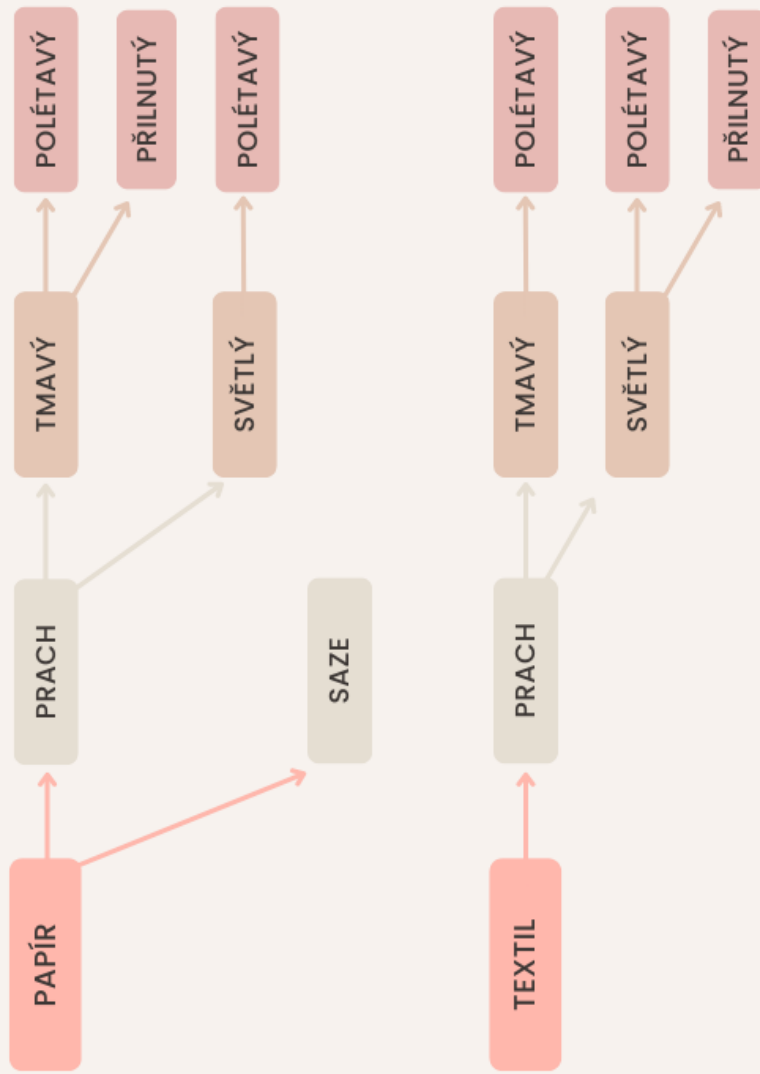
3

Čištění

Dvoufázový CO₂ sprej

Tato část poloprovozu je podrobněji popsána v užitém vzoru 34 970 : Zařízení na čištění knih a archiválií [3], 35 387: Mobilní zařízení pro pneumatické čištění knihovních a archivních dokumentů [4] a Metodice čištění papíru, textilu a kolagenních materiálů pomocí dvoufázového spreje sněhových částic CO₂ v nosném plynu [2].

CO₂ sprej

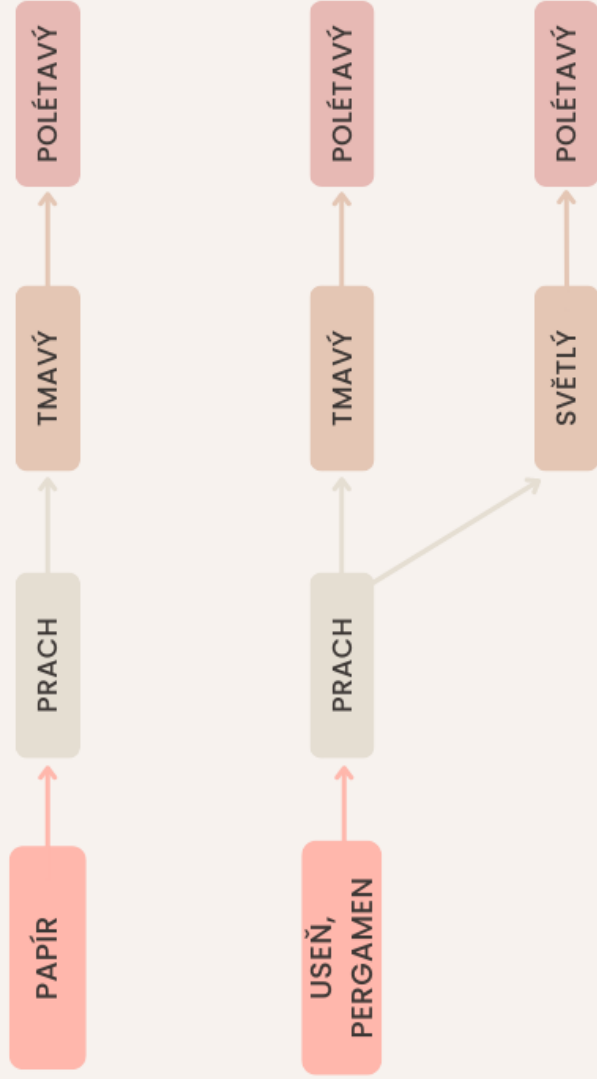


U materiálu se zhoršeným fyzickým stavem (narušený povrch, struktura) je nutný individuální přístup a vyhodnocení vhodnosti metod, které jsou doporučovány pro nepoškozený materiál.

TEA CO₂ laser

Tato část poloprovozu je podrobněji popsána v Metodice odstraňování prachových částic z povrchu papíru, kolagenních materiálů a textilu pomocí TEA CO₂ laseru [1].

TEA CO₂ laser

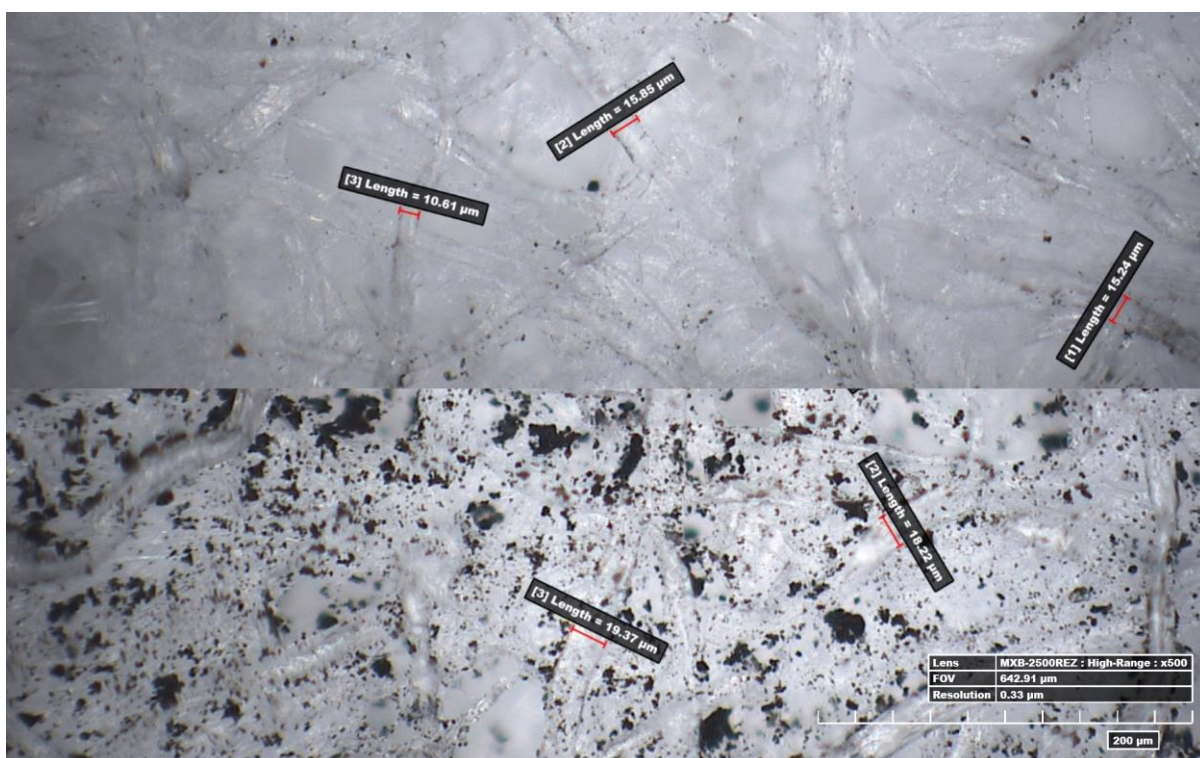


U materiálu se zhoršeným fyzickým stavem (narušený povrch, struktura) je nutný individuální přístup a vyhodnocení vhodnosti metod, které jsou doporučovány pro nepoškozený materiál.

Kontrola odstraněných nečistot a fyzického stavu, dokumentace

Po dokončení čisticího procesu provede pracovník kontrolu odstranění nečistot a případné změny povrchu materiálu.

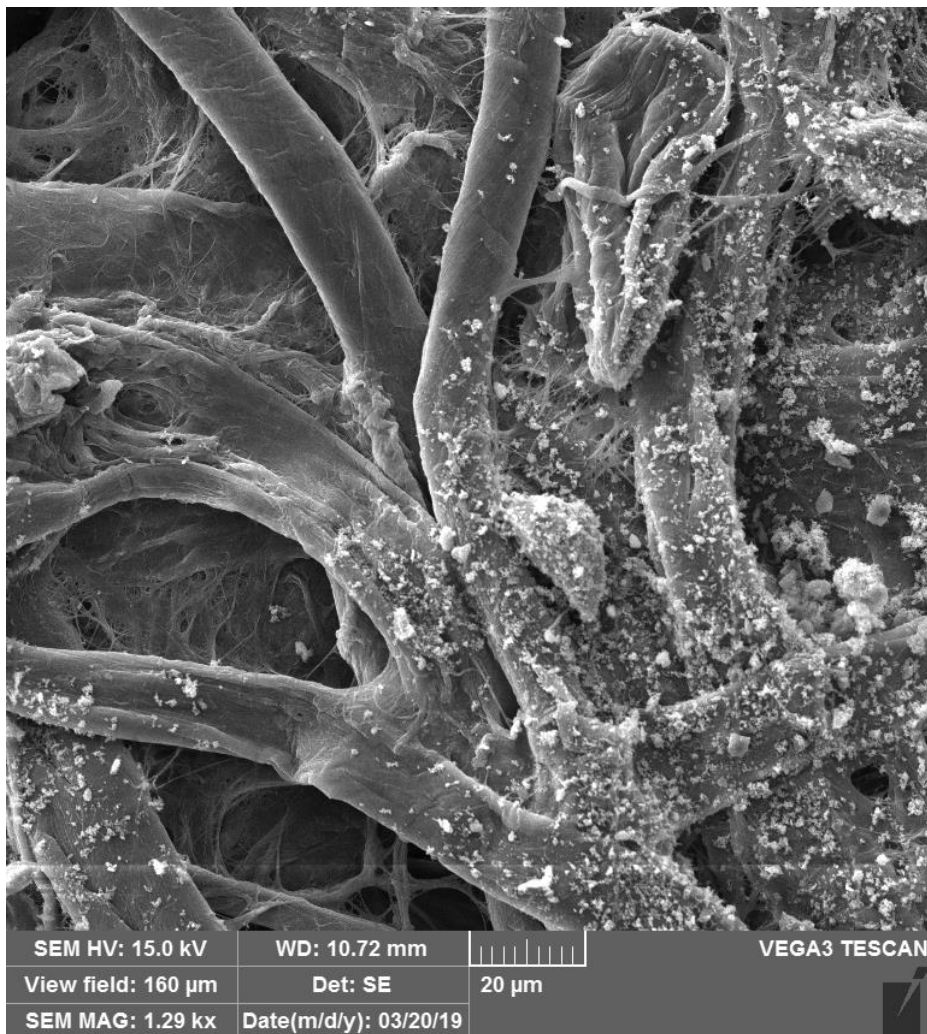
Základní hodnocení je na základě vizuální kontroly. Je sledován úbytek nečistot, zlepšení estetických vlastností materiálu, a zda nedošlo k poškození. Podrobnější kontrola je možná s využitím mikroskopů, optických i digitálních (Obr. 3). Je vhodné si pro srovnání povrch zdokumentovat při optimálním zvětšení, před čištěním a po čištění porovnat stejné místo. Úbytek či rezidua nečistot na povrchu čištěného materiálu je možné hodnotit i při malém zvětšení, které poskytují některé základní modely usb digitální mikroskopy nebo binokulární lupy. Pokud je kontrolováno také poškození povrchu je vhodné použít zvětšení od 100× výše. Při takovém zvětšení je hodnoceno nejen kolik částic nečistot bylo odstraněno, případně kolik jich zbylo na povrchu, ale také je možné vyhodnotit, zda je to způsobeno velikostí částic či strukturou povrchu. Poškození povrchu se projevuje u každého materiálu jinak dle jeho struktury. U vlákněných hmot jako je papír je sledováno odtrhávání jednotlivých vláken, také u textilu je sledováno rozvolnění textilních nití na vlákna, jejich praskání, pronikání částic do struktury materiálu. Je vhodné také sledovat přítomnost reziduí z čisticích prostředků jako jsou gemy, prášková čisticidla apod.



Obr. 3: Složený snímek papíru Whatman znečištěného černým pigmentem, pořízený digitálním mikroskopem HIROX, kdy horní polovina je po čištění

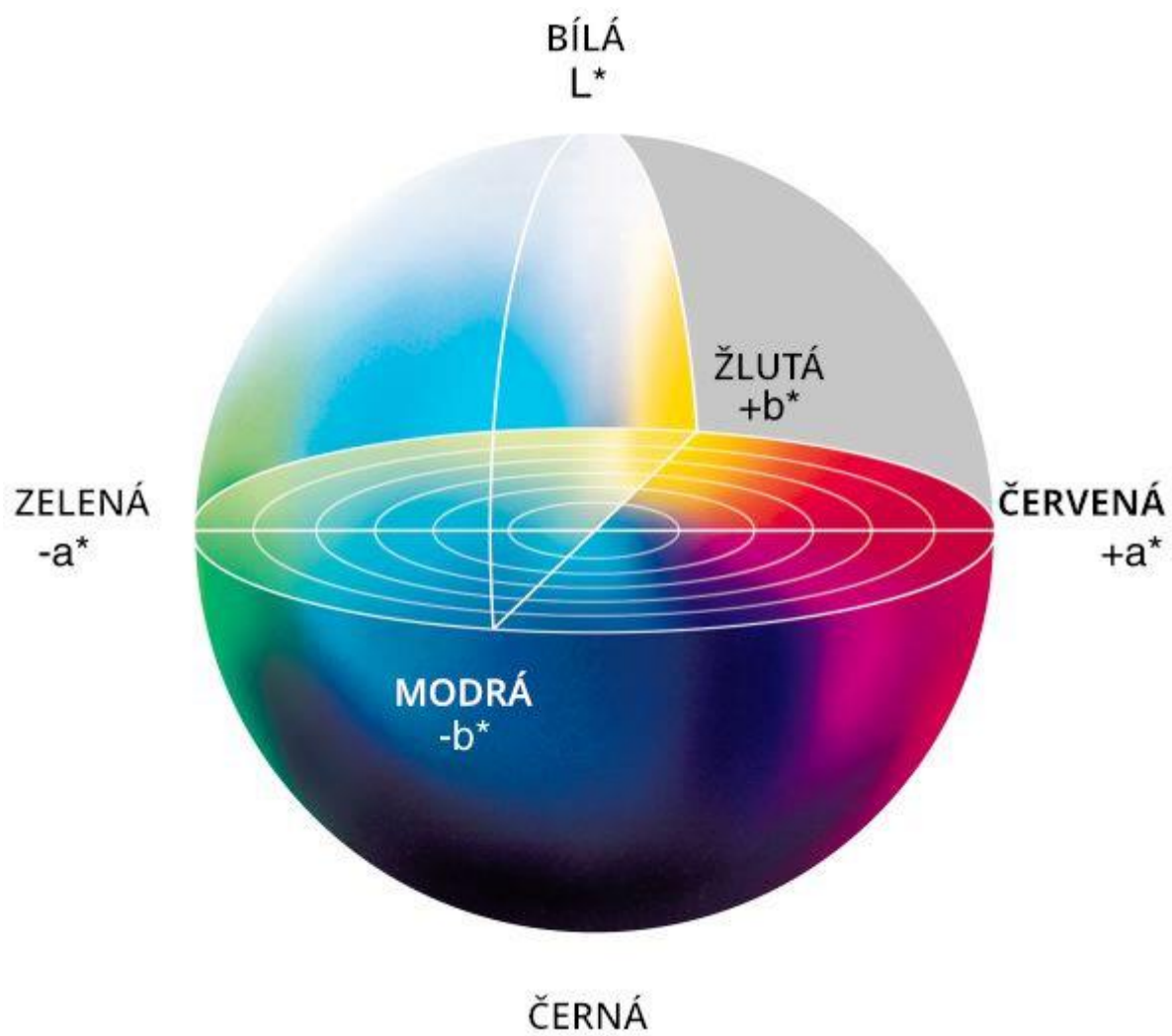
V ojedinělých případech lze použít pro kontrolu čisticího procesu skenovací elektronový mikroskop, metodu SEM (Obr. 4). Díky odlišnému principu, kdy musí být odebrán vzorek, který se musí pokovit, aby jeho povrch byl vodivý, není tato metoda

vhodná u originálních dokumentů. Na druhou stranu je možné touto metodou získat užitečné informace o mikrostruktuře povrchu, jeho topografii.



Obr. 4: Snímek SEM filtračního papíru Whatman, v pravé části jsou částičky umělého znečištění Ashrae

Po odstranění nečistot dochází k viditelným změnám na povrchu materiálu jako projasnění barev, zesvětlení či ztmavnutí. Zda a v jaké míře došlo k barevné změně v důsledku čištění lze změřit pomocí spektrofotometru. Pro vyhodnocení je však potřeba změřit stejné místo ještě před čištěním pro porovnání. Hodnotí se tedy především barevná změna, definovaná posunem souřadnic v barvovém prostoru, například CieLab, CIE XYZ apod. (Obr. 5). Souřadnice prezentují jas či tmavost, posun v odstínech modrá/žlutá nebo červená/ zelená. Je možné sledovat jednotlivé posuny (materiál změnil tón více do žluta) nebo celkovou barevnou změnu vyjádřenou jako ΔE . Hodnoty barevné změny kolem 2 ΔE jsou poznatelné pouze pro mladší pozorovatele, obvykle do 25 let. Pokud je materiál silně znečištěn je viditelná celková změna žádoucí, a to především v oblasti jasu, zvýšení světlosti, kde se čištění nejčastěji projeví. Naopak méně žádoucí jsou změny odstínu, jako žloutnutí papíru, změna odstínu barvy materiálu aj.

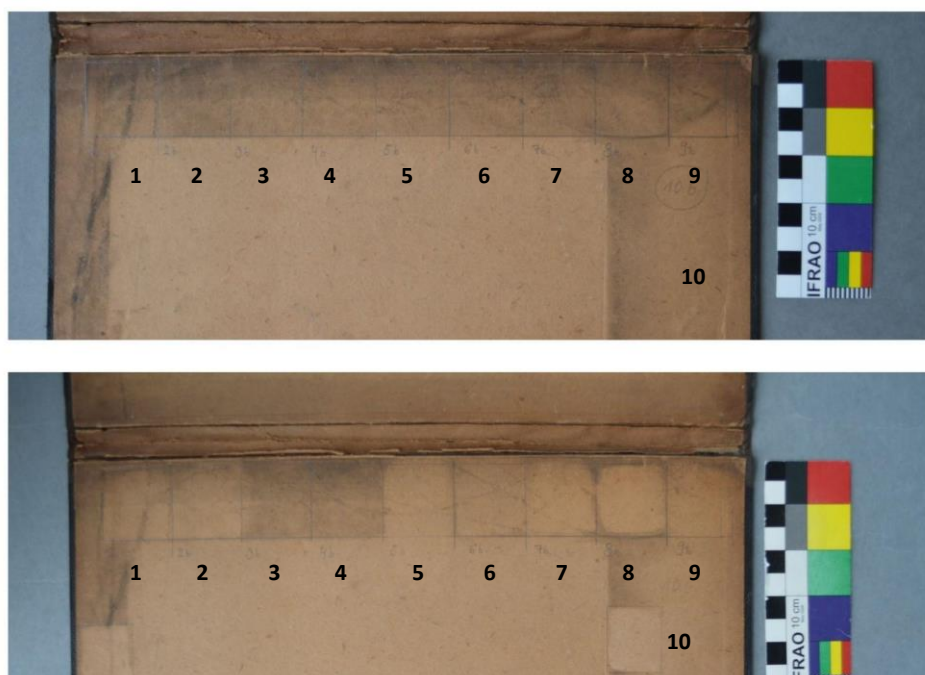


Obr. 5: Vizualizace barvového prostoru Lab

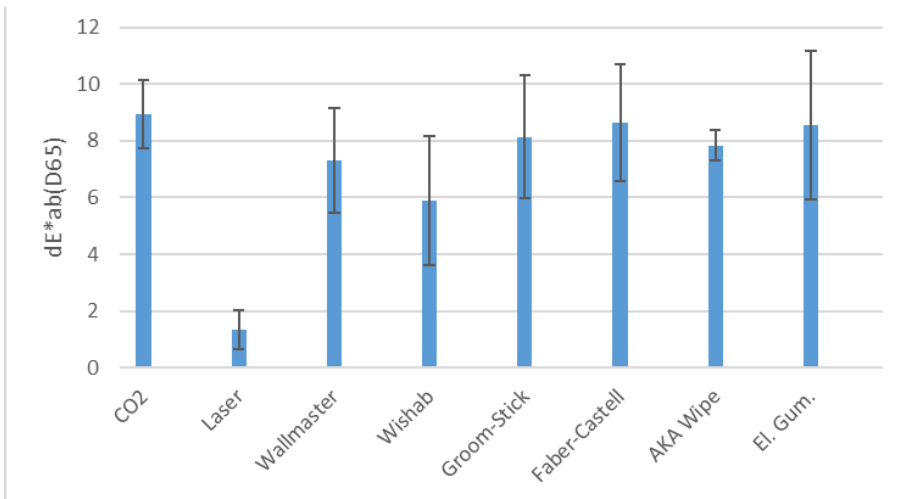
Ukázky výsledků čištění

Odstraňovaná nečistota: Saze

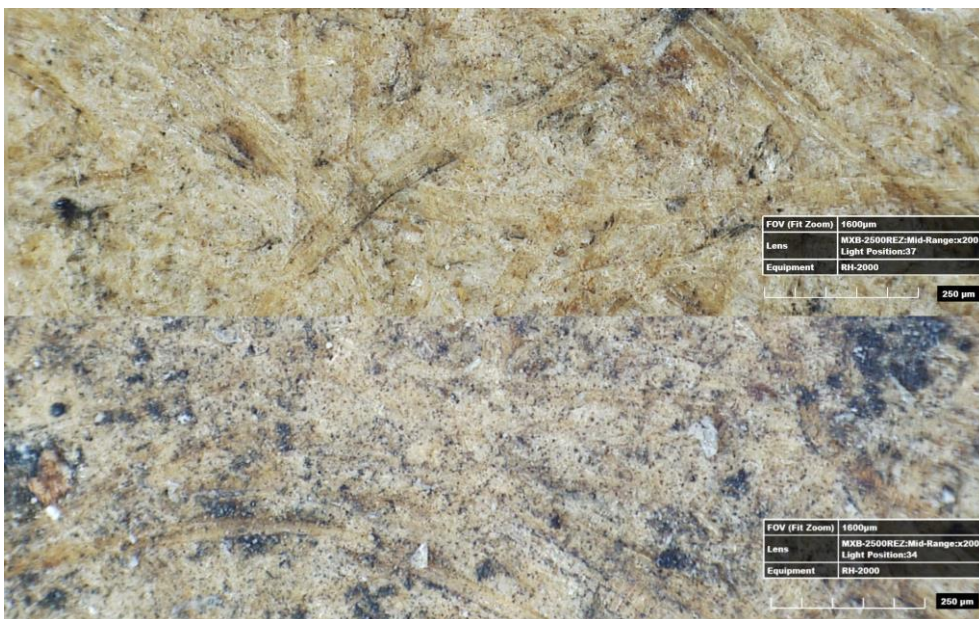
Obr. 6 ukazuje srovnání výsledků čištění pomocí různých metod. Již z vizuálního hodnocení je patrné, že neúčinnějšími metodami jsou CO₂ sprej, sypké čisticí a pevný PVC blok. Naopak laser vhodnou čisticí metodou v tomto případě není. Tyto výsledky potvrzuje i Obr. 7 níže, který srovnává změnu barevnosti před a po čištění. Snímky z mikroskopu (Obr. 8 a 9) rovněž ukazují rozdíly mezi různými čisticími metodami. Horní polovina snímku prezentuje stav po čištění, kdy lze hodnotit množství zbylých částic nečistot i případné rozrušení povrchu. Snímky jsou pořízeny digitálním mikroskopem HIROX při zvětšení 200x.



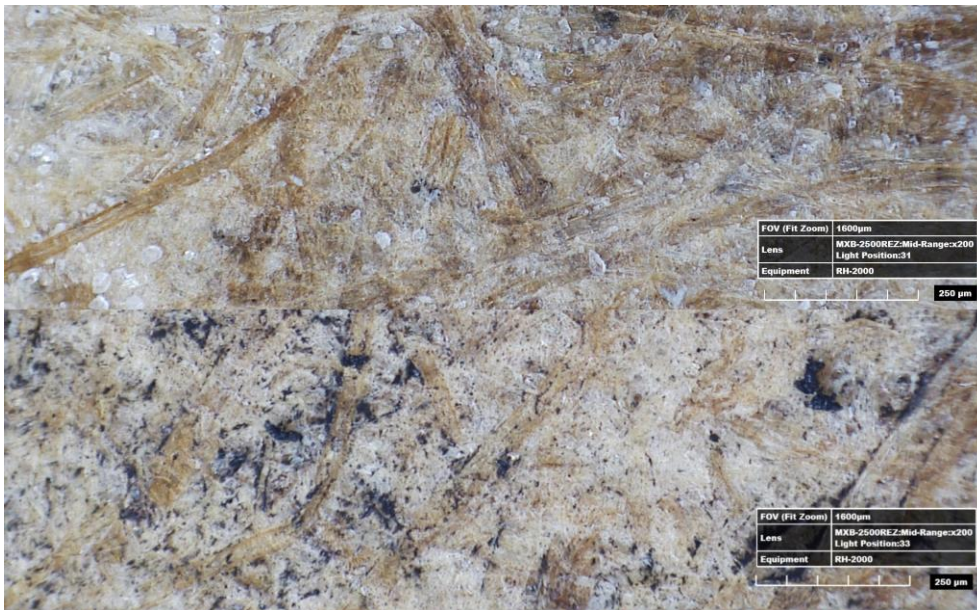
Obr. 6: SEQ Obrázek * ARABIC 1: Prach světlý, přilnutý: 1, 2 - CO₂; 3, 4 - laser; 5 - latexový blok (Wallmaster); 6 - pryžový blok (Wishab); 7 - plastická hmota (Groom-Stick); 8 - pevný PVC blok (Faber-Castell); 9 - sypké čisticí (AKA Wipe); 10 - elektrické gumovadlo (Ecobra, eraser refills 3921 ivory)



Obr. 7: Prach světlý, přilnutý: 1, 2 - Co2; 3, 4 - laser; 5 - latexový blok (Wallmaster); 6 - pryžový blok (Wishab); 7 - plastická hmota (Groom-Stick); 8 - pevný PVC blok (Faber-Castell); 9 - sypké čisticí (AKA Wipe powder white); 10 - elektrické gumovadlo (Ecobra, eraser refills 3921 ivory)



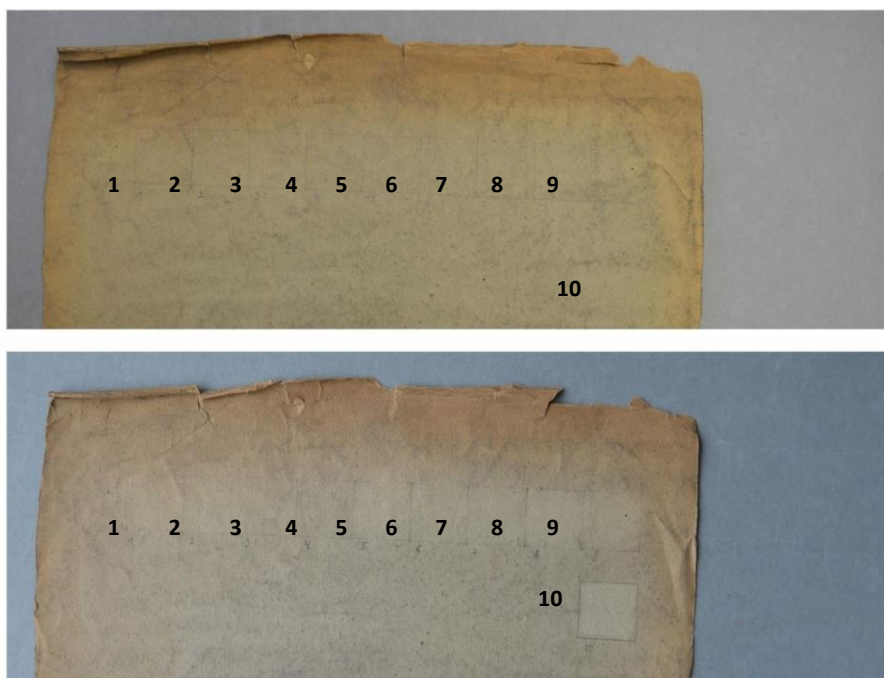
Obr. 8: CO2 sprej: dole před čištěním, nahoře po čištění



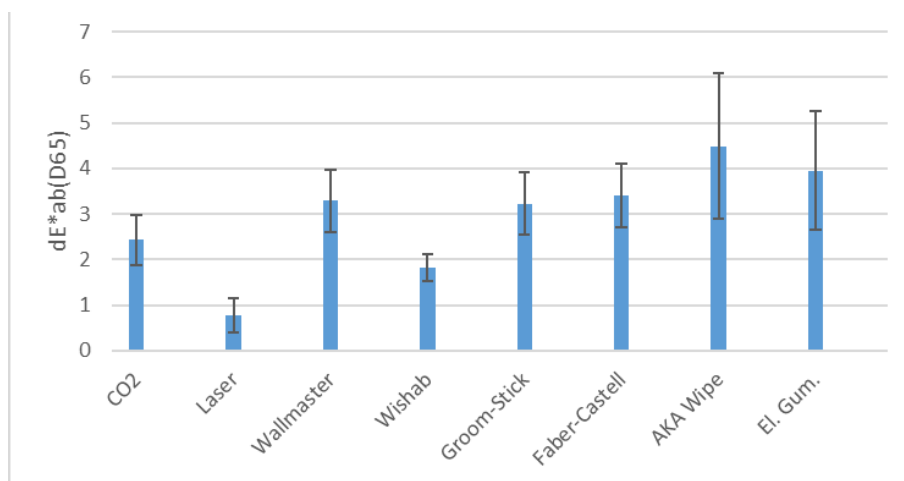
Obr. 9: Elektrické gumovadlo (Ecobra, eraser refills 3921 ivory): dole před čištěním, nahoře po čištění

Odstraňovaná nečistota: prach světlý, přilnutý

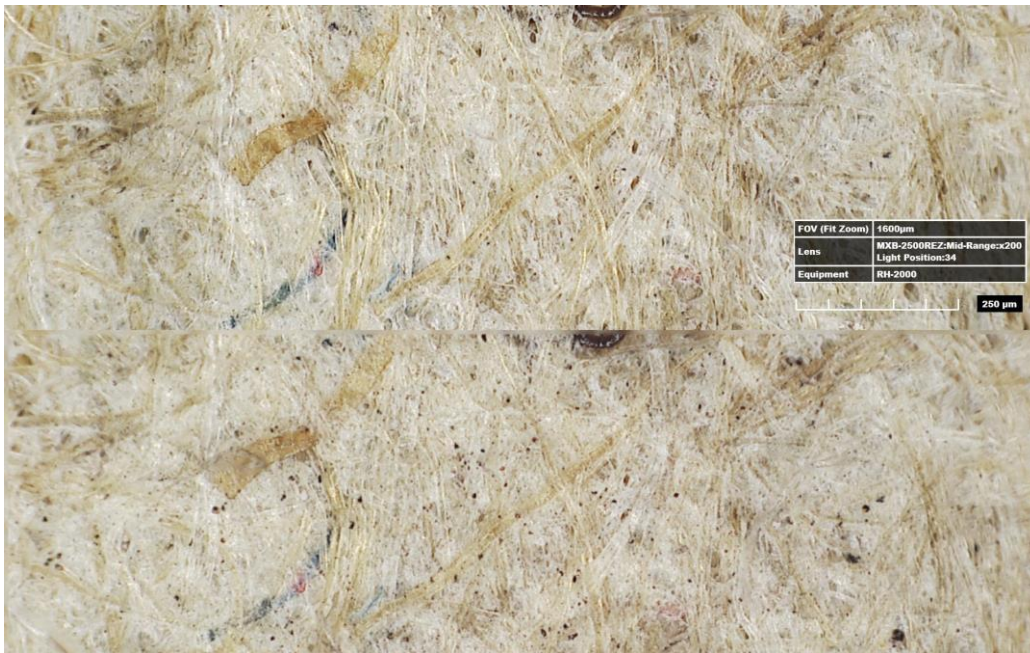
Pro tento typ nečistoty se z vizuálního hodnocení jako nejlepší metody jeví latexový blok, pevný PVC blok a elektrické gumovadlo (Obr. 10). Tomu odpovídá i srovnání změn barevnosti (Obr. 11-13). Naopak neúčinnými metodami jsou laser a pryžový blok.



Obr. 10: Prach světlý, přilnutý: 1, 2 - CO₂; 3, 4 - laser; 5 - latexový blok (Wallmaster); 6 - pryžový blok (Wishab); 7 - plastická hmota (Groom-Stick); 8 - pevný PVC blok (Faber-Castell); 9 - sypké čisticí (AKA Wipe powder white); 10 - elektrické gumovadlo (Ecobra, eraser refills 3921 ivory)



Obr. 11: Srovnání změn barevnosti v případě odstraňování světlého přilnutého prachu



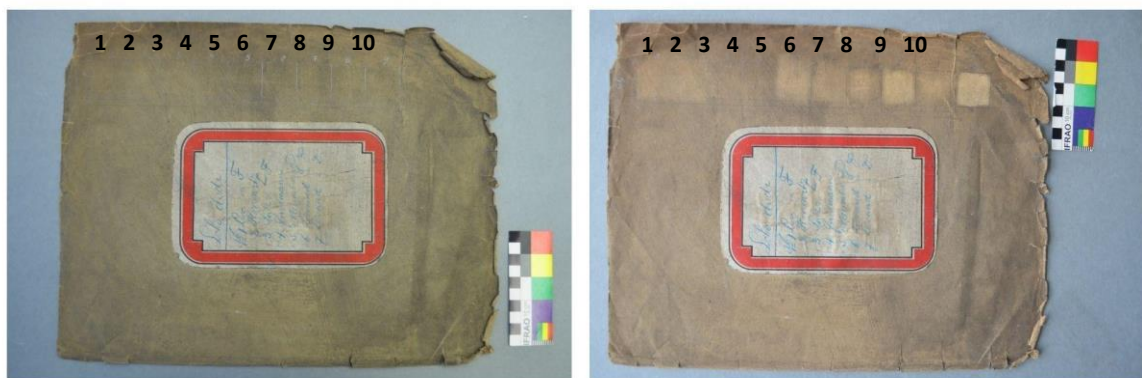
Obr. 12: CO₂ sprej: dole před čištěním, nahoře po čištění



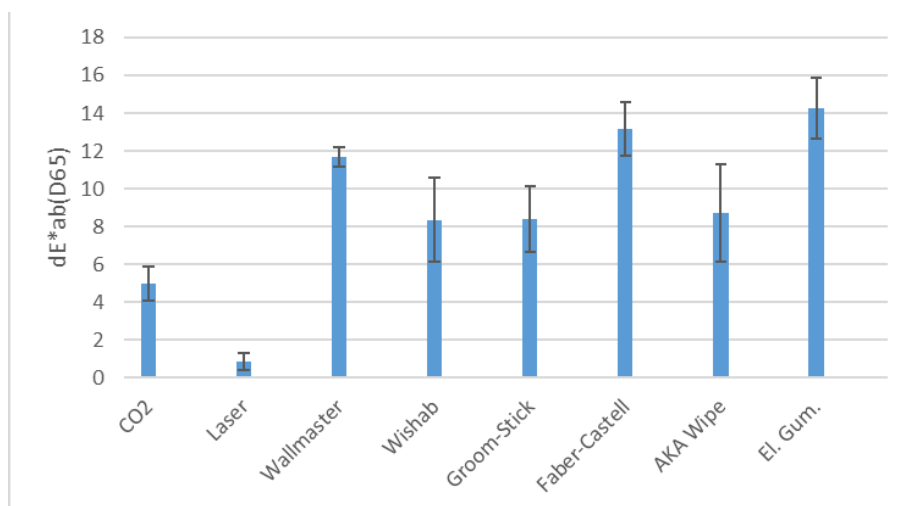
Obr. 13: Pryžový blok (Wishab): dole před čištěním, nahoře po čištění

Odstraňovaná nečistota: prach přilnutý, se zateklinami

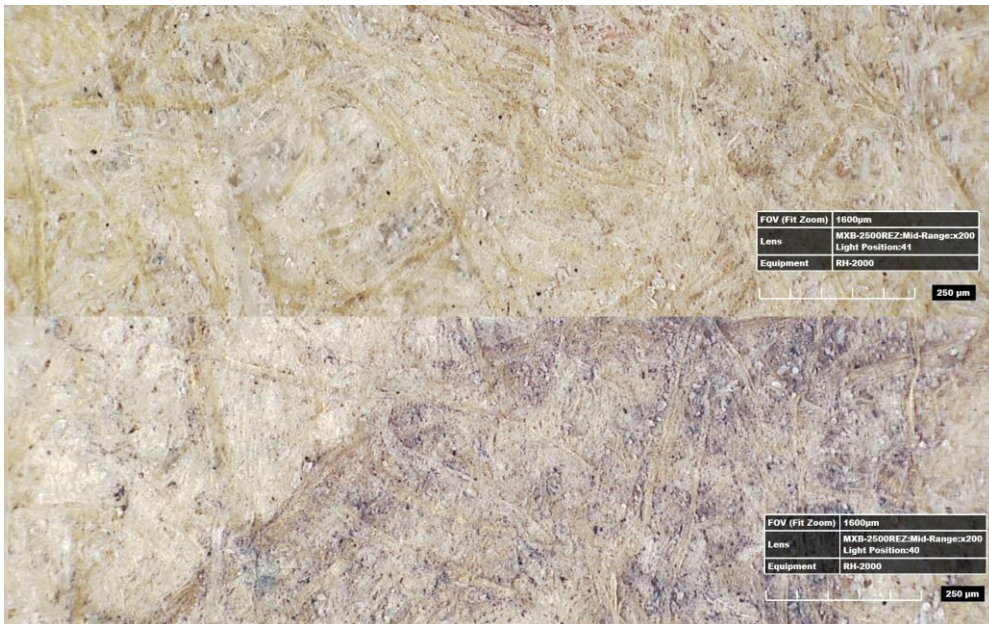
Pro tento typ nečistoty se jako nejlepší metody jeví latexový blok, pevný PVC blok a elektrické gumovadlo. Naopak nevhodnými metody jsou laser a sypké čisticí (Obr. 14-17).



Obr. 14: prach přilnutý, se zateklinami: 1, 2 - Co₂; 3, 4 - laser; 5 - latexový blok (Wallmaster); 6 - pryžový blok (Wishab); 7 - plastická hmota (Groom-Stick); 8 - pevný PVC blok (Faber-Castell); 9 - sypké čisticí (AKA Wipe powder white); 10 - elektrické gumovadlo (Ecobra, eraser refills 3921 ivory)



Obr. 15: Srovnání změn barevnosti v případě odstraňování přilnutého prachu se zateklinami



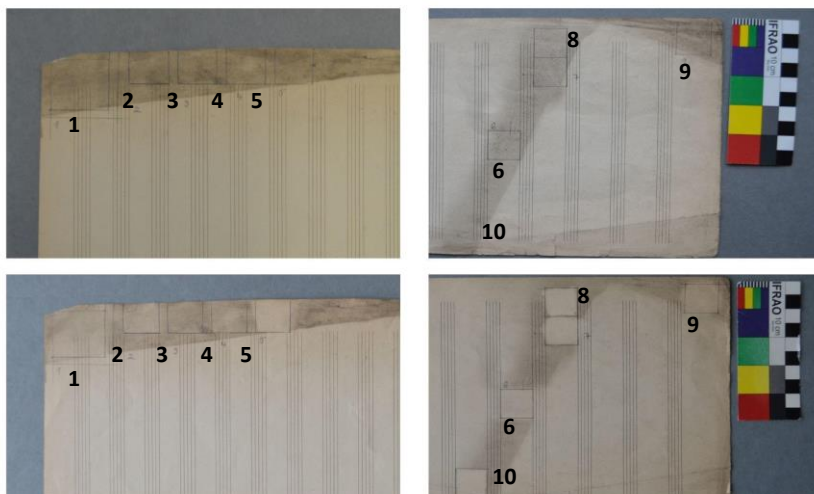
Obr. 16: Elektrické gumovadlo (Ecobra, eraser refills 3921 ivory): dole před čištěním, nahoře po čištění



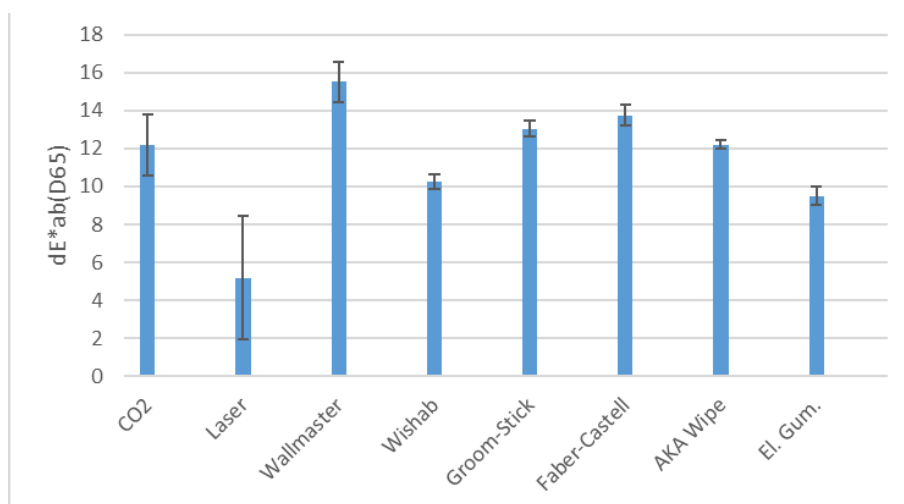
Obr. 17: Sypké čisticí (AKA Wipe powder white): dole před čištěním, nahoře po čištění

Odstraňovaná nečistota: prach tmavý, přilnutý

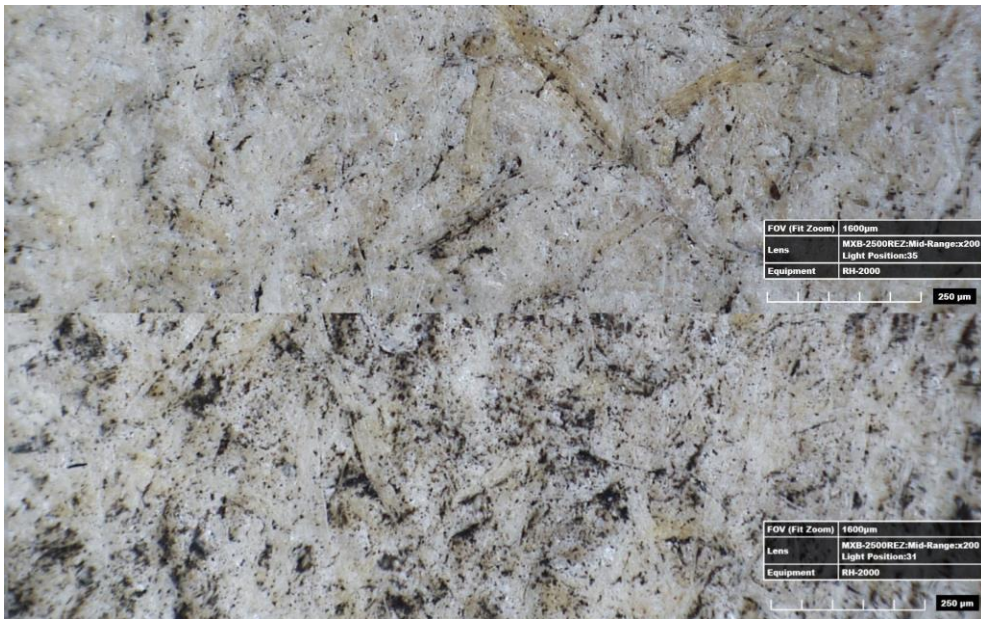
Obr. 18-21 ukazuje srovnání výsledků čištění pomocí různých metod. Již z vizuálního hodnocení je patrné, že neúčinnějšími metodami jsou CO₂ sprej, latexový blok a pevný PVC blok



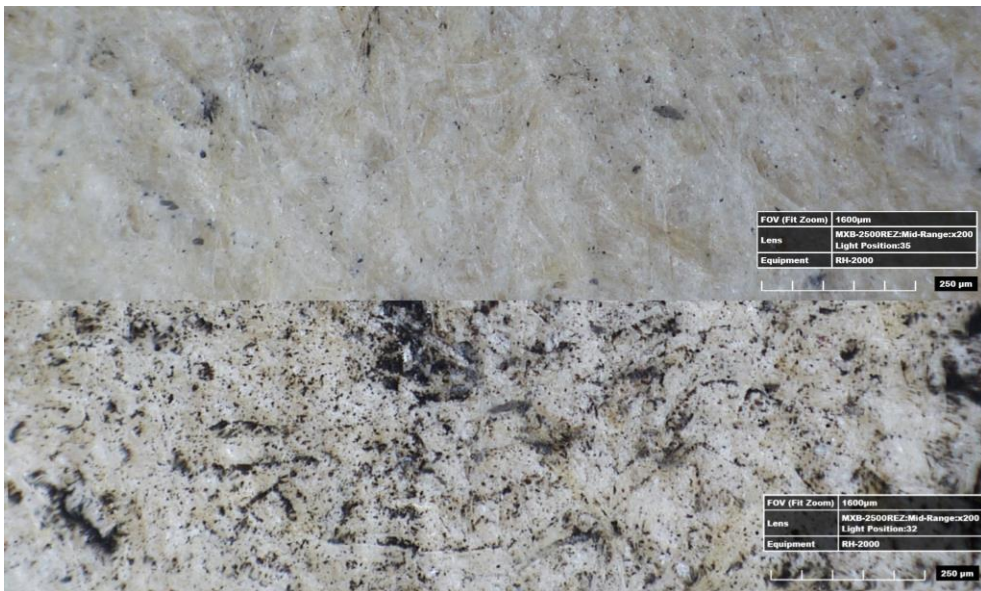
Obr. 18: prach tmavý, přilnutý: 1, 2 – CO₂; 3, 4 - laser; 5 - latexový blok (Wallmaster); 6 - pryžový blok (Wishab); 7 - plastická hmota (Groom-Stick); 8 - pevný PVC blok (Faber-Castell); 9 - sypké čisticí (AKA Wipe white); 10 - elektrické gumovadlo (Ecobra, eraser refills 3921 ivory)



Obr. 19: Srovnání změn barevnosti v případě odstraňování tmavého přilnutého prachu



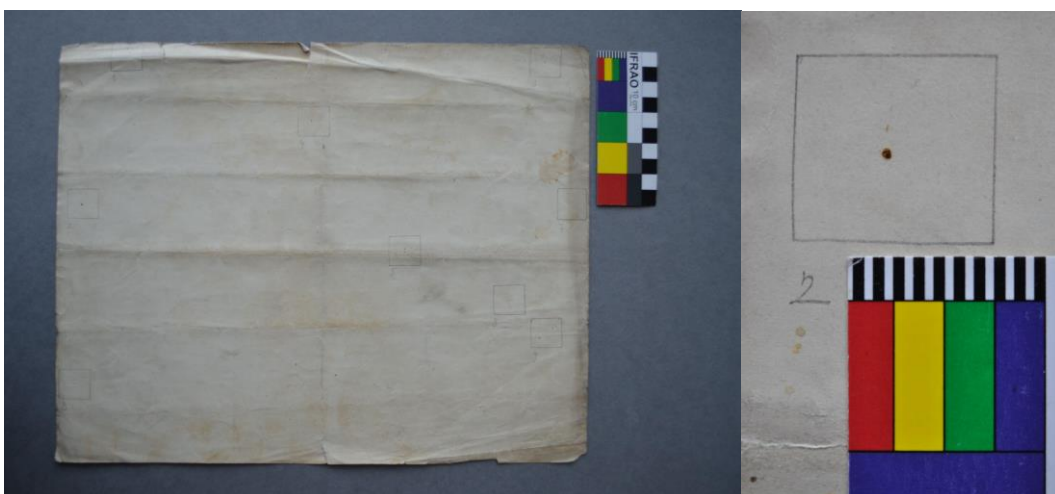
Obr. 20: CO₂ sprej: dole před čištěním, nahoře po čištění



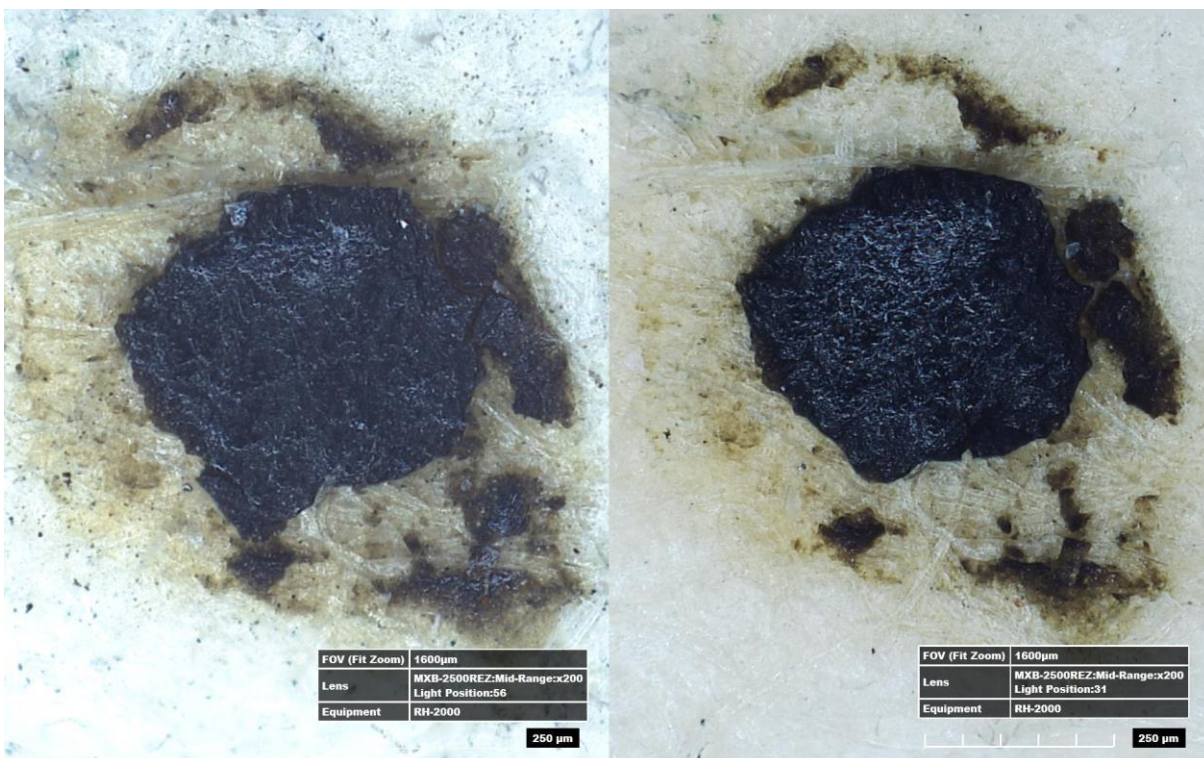
Obr. 21: Latexový blok (Wallmaster): dole před čištěním, nahoře po čištění

Odstraňovaná nečistota: hmyzí exkrementy

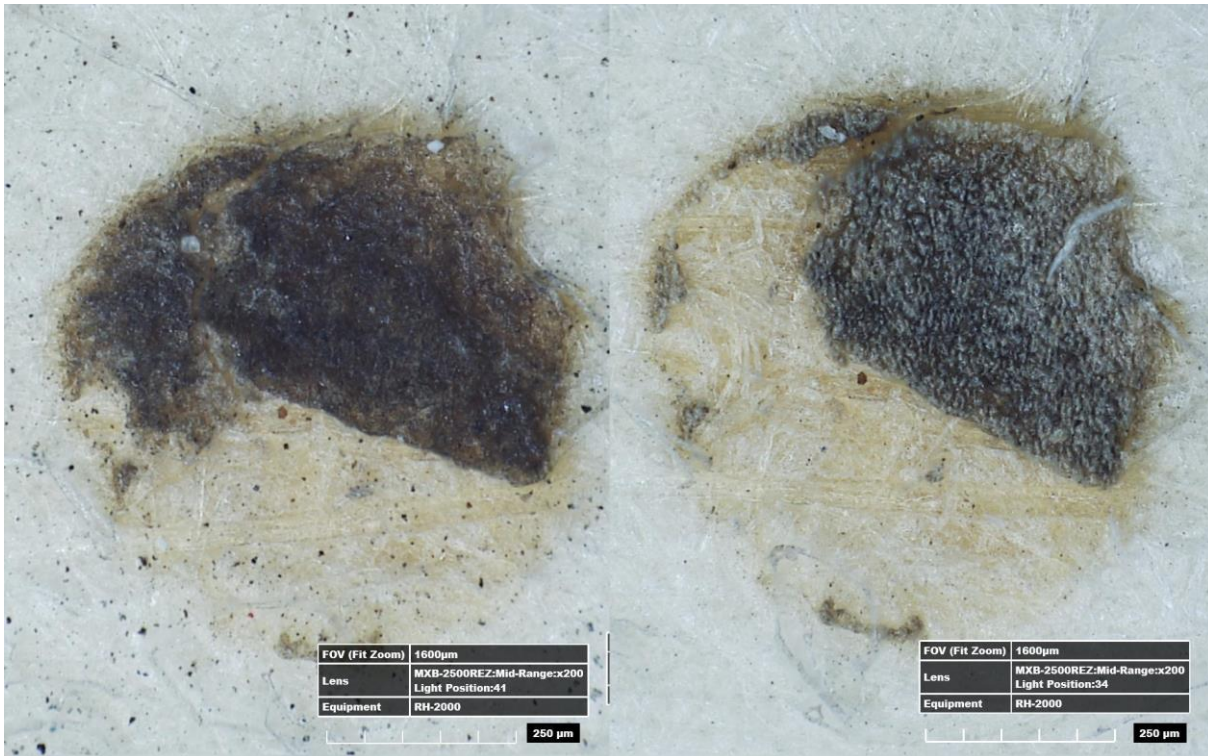
Pro tento typ nečistoty je vhodnou metodou elektrické gumovadlo (Obr. 22-29).



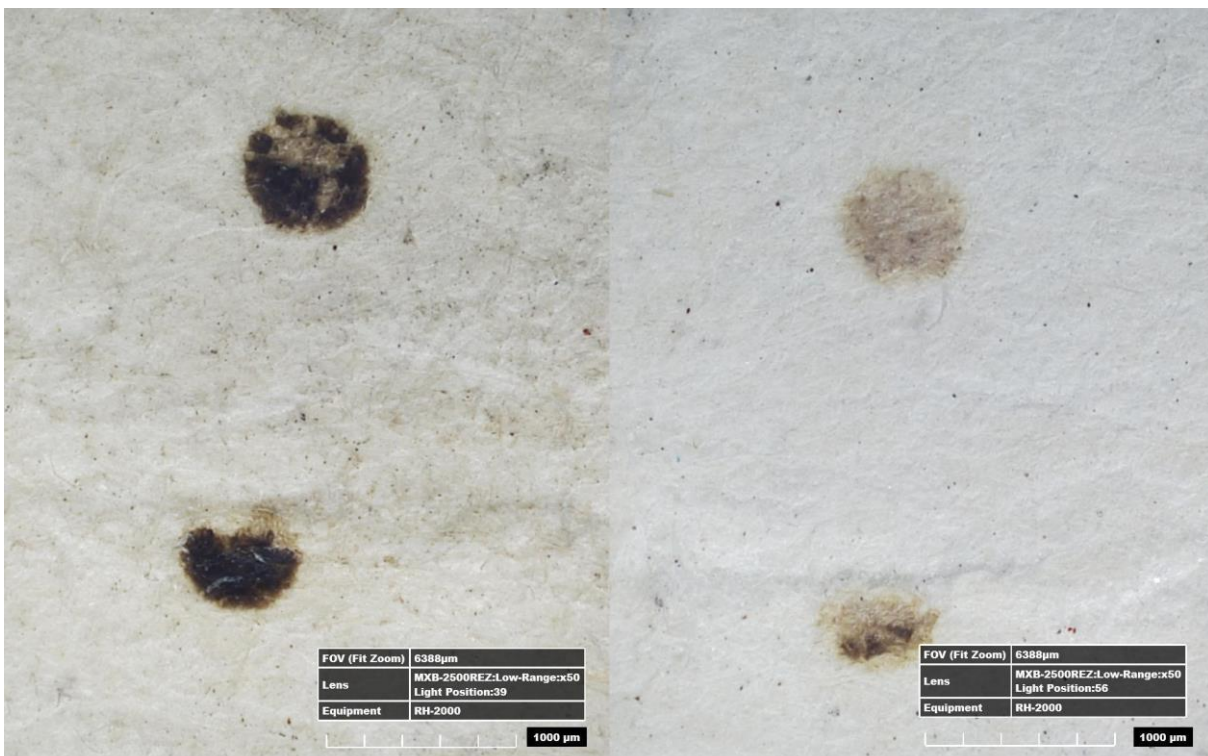
Obr. 22: Čištěný materiál a příklad vzorku



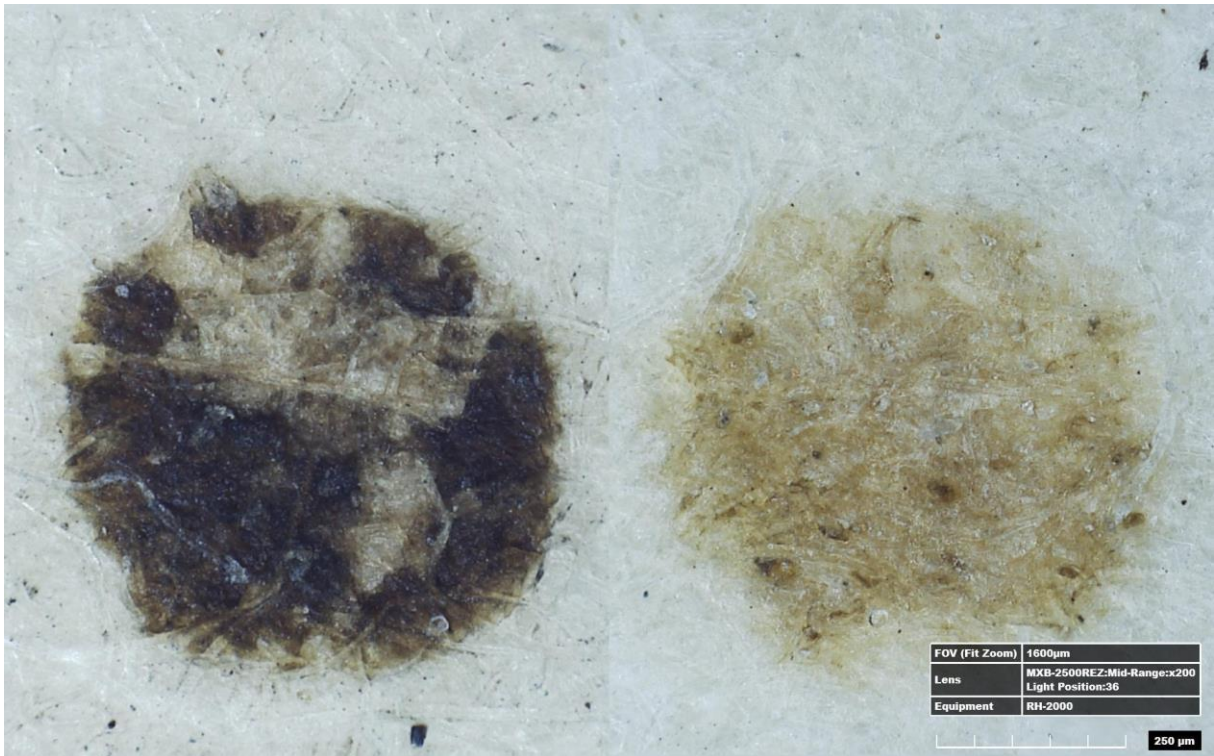
Obr. 23: CO₂ sprej: vlevo před čištěním, vpravo po čištění. Odstraněny pouze menší částičky nečistoty na okrajích



Obr. 24: Laser, 10 pulzů: vlevo před čištěním, vpravo po čištění



Obr. 25: Elektrické gumovadlo (Ecobra, eraser refills 3921 ivory): vlevo před čištěním, vpravo po čištění

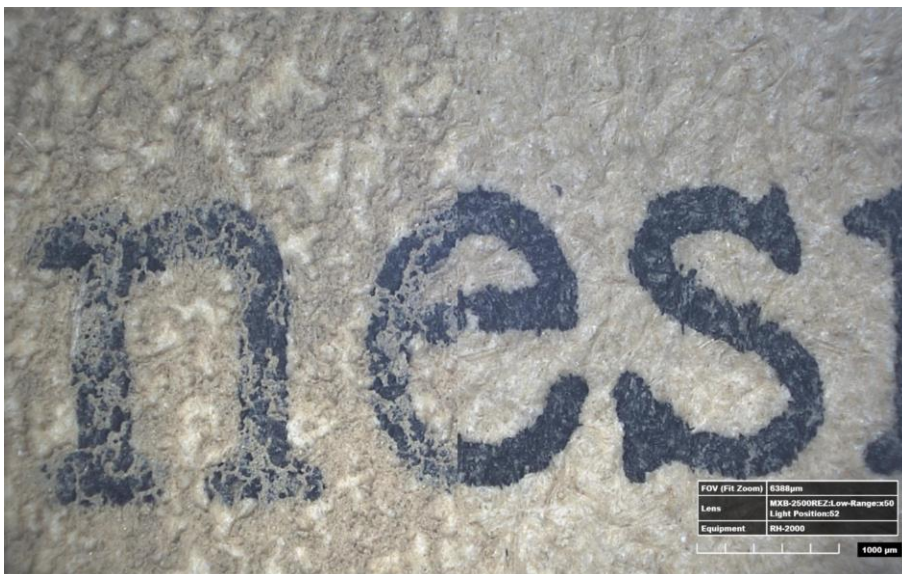


Obr. 26: Elektrické gumovadlo (Ecobra, eraser refills 3921 ivory): vlevo před čištěním, vpravo po čištění

Povodňové bahno



Obr. 27: Pevný PVC blok (Faber-Castell): vlevo před čištěním, vpravo po čištění.



Obr. 28: Latexový blok (Wallmaster): vlevo před čištěním, vpravo po čištění



Obr. 29: Elektrické gumovadlo (Ecobra, eraser refills 3921 ivory): vlevo před čištěním, vpravo po čištění

Závěr

Tento poloprovoz vznikl za účelem uvedení nových metod čištění knihovných fondů do praxe. Díky němu si může restaurátor pomocí diagramů vybrat vhodnou čisticí metodu, kterou bude následně on nebo specializované pracoviště aplikovat v praxi.

Literatura

- [1] Mašková, L., et al. Metodika odstraňování prachových částic z povrchu papíru, kolagenních materiálů a textilu pomocí TEA CO₂ laseru, Ústav chemických procesů AV ČR, Národní knihovna ČR, 2022, osvědčení 244/2022.

- [2] Mašková, L. et al. Metodika čištění papíru, textilu a kolagenních materiálů pomocí dvoufázového spreje sněhových částic CO₂ v nosném plynu. Ústav chemických procesů AV ČR, Národní knihovna ČR, 2022, osvědčení 245/2022.
- [3] Mašková, L., Smolík, J., Ondráček, J. Zařízení na čištění knih a archiválií. Ústav chemických procesů AV ČR, Užitný vzor CZ 34970, 30.03.2021.
- [4] Vávrová, P., Neoralová, J., Novotná, D., Součková, M., Kocová, K., Křížová, T., Mašková, L., Smolík, J. Mobilní zařízení pro pneumatické čištění knihovních a archivních dokumentů. Národní knihovna České republiky, Ústav chemických procesů AV ČR, Užitný vzor CZ 35387, 07.09.2021.

