

Univerzita Pardubice

Fakulta restaurování

Ateliér restaurování a konzervace papíru, knižní vazby a dokumentů
Jiráskova 3, 570 01 Litomyšl

Problematika čistenia pergamenu

Možnosti čistenia laserom a mikropieskovačkou a ich kritické zhodnotenie

BcA. Radka Benžová

Vedúci práce: Mgr. BcA. Radomír Slovík

Diplomová práca

2017

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **BcA. Radka Benžová**
Osobní číslo: **R15018**
Studijní program: **N8206 Výtvarná umění**
Studijní obor: **Restaurování a konzervace uměleckých a umělecko-řemeslných děl na papírových, textilních a souvisejících podložkách**
Název tématu: **Problematika čištění pergamenu.
Možnosti čištění laserem a mikropieskovačkou a ich kritické zhodnotenie.**
Zadávací katedra: **Ateliér restaurování papíru, knižní vazby a dokumentů**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Teoretická část:

Rešerše literatury sumarizace dosavadních poznatků a zkušeností s čištěním vazebných a psacích pergamenů. V úvodu své diplomové práce se bude studentka věnovat charakteristice pergamenu, jeho výrobě a užití v rámci knihy a knižní vazby. Bude se zabývat otázkou, jakým způsobem může znečištění ovlivňovat vlastnosti podkladového materiálu (pergamenu) a jak narušuje umělecké hodnoty díla/vazby.

Detailněji popíše jednotlivé metody čištění pergamenu (suché, mokré, chemické), přičemž bude zohledněno i zapojení moderní technologie do restaurování.

Praktická část:

Praktická část diplomové práce bude spočívat v ověření vybraných metod čištění na modelových vzorcích (historické objekty/vazby).

Bude sledována schopnost odstraňovat nečistoty a míra destruktivnosti/nedestruktivnosti zvolené metody. Sledování barevných změn (kolorimetrie), změn ve struktuře pergamenu (SEM-EDX), vliv na mechanické vlastnosti pergamenu (teplota smrštění kolagenových vláken).

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Jazyk zpracování diplomové práce: **Slovenština**

Seznam odborné literatury:

ĎUROVIČ, Michal. Restaurování a konzervování archiválií a knih. V Praze: Paseka, 2002.

ZELINGER, Jiří. Konzervace pergamenu a jeho uložení. Praha: Národní knihovna, 1992.

HAINES Betty M. Parchment : the physical and chemical characteristics of parchment and the materials used in its conservation. Northampton: Leather Conservation Centre, 1999.

KITE, Marion. a Roy. THOMSON. Conservation of leather and related materials. Boston: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2006.

Butterworth-Heinemann series in conservation and museology.

AMERICAN INSTITUTE FOR CONSERVATION OF HISTORIC AND ARTISTIC WORKS. Paper Conservation Catalog. 9. edícia, Washington, 1994.

BLAŽEJ, Anton a Antonín GALATÍK. Technologie kůže a kožešin. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1984.

TOMÍŠEK, Miroslav. Učebnice koželužství: schváleno .. jako učebnice pro průmyslovou školu koželužskou. 2. vyd., nezm. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1959.

Vedoucí diplomové práce:

Mgr. Radomír Slovik

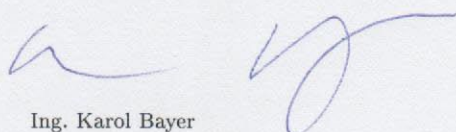
Ateliér restaurování papíru, knižní vazby a dokumentů

Datum zadání diplomové práce:

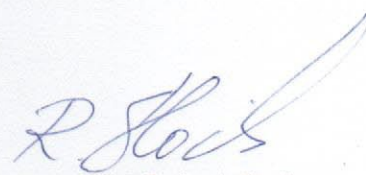
15. listopadu 2016

Termín odevzdání diplomové práce:

23. srpna 2017


Ing. Karol Bayer
děkan

L.S.


Mgr. Radomír Slovik
vedoucí ateliéru

V Litomyšli dne 2. srpna 2017

Prehlasujem:

Túto prácu som vypracovala samostatne. Všetky literárne pramene a informácie, ktoré som v práci využila, sú uvedené v zozname použitej literatúry.

Bola som oboznámená s tým, že sa na moju prácu vzťahujú práva a povinnosti vyplývajúce zo zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, najmä so skutočnosťou, že Univerzita Pardubice má právo na uzatvorenie licenčnej zmluvy o užití tejto práce ako školského diela podľa § 60 odstavec 1 autorského zákona a s tým, že pokiaľ dôjde k užitiu tejto práce mnou, alebo bude poskytnutá licencia o užití inému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávnená odo mňa požadovať primeraný príspevok na úhradu nákladov, ktoré na vytvorenie diela vynaložila, a to podľa okolností až do ich skutočnej výšky.

Súhlasím s prezenčným sprístupnením svojej práce v Univerzitní knihovně Univerzity Pardubice (Dislokované pracovistě - Fakulta restaurování, Litomyšl).

V prípade, že nie je uvedený iný zdroj, je autorom všetkých fotografií, tabuliek a grafických nákresov zahrnutých v tejto práci autorka textu.

Pod'akovanie

Týmto by som veľmi rada poďakovala všetkým, ktorí sa vo väčšej či menšej miere pričínili k vytvoreniu tejto práce, predovšetkým však vedúcemu práce Mgr. BcA. Radomírovi Slovikovi a garantovi práce Ing. Martine Ohlídalovej Ph.D. za ochotu, pomoc a trpezlivosť pri konzultáciách. Rovnako tak ďakujem Mgr. art. Jakubovi Ďoubalovi, Ph.D. a Ing. Jiřímu Kmoškovi za pomoc pri objasnení technológií čistenia i samotnom čistení v rámci experimentálnej časti diplomovej práce.

Moje ďalšie poďakovanie patrí všetkým, ktorí poskytli odbornú pomoc pri vykonávaní chemicko-technologických analýz, konkrétne Ing. Alene Hurtovej, Ing. Karolovi Bayerovi, Mgr. Jitke Neoralovej, Ing. Magde Součkovej a RNDr. Ludmile Maškovej, Ph.D.

Za podporu a pomoc ďakujem svojej rodine, partnerovi a priateľom.

Anotácia

Pergamen má hojné zastúpenie v zbierkach najrôznejších inštitúcií, či už vo forme podkladu na písanie, súčastí knižnej väzby alebo iného typu objektov. Podobne ako i u iných druhov materiálov dochádza vplyvom rôznych činiteľov k jeho degradácii, čím vzniká potreba primeraného reštaurátorského zásahu. K jedným z najzákladnejších krokov v rámci reštaurovania zbierkových predmetov patrí čistenie. Forma, spôsob či miera čistenia sa odvíja od rôznych faktorov, akými môžu byť pôvod a miera poškodenia, charakter objektu a iné.

Teoretická časť tejto diplomovej práce sa zaoberá predstavením pergamenu ako materiálu samotného, vplyvu znečistenia na charakter a vlastnosti pergamenu, spôsobmi jeho reštaurovania vo všeobecnosti a detailnejšie možnosťami jeho čistenia.

V praktickej, resp. experimentálnej časti sú spracované výsledky čistenia vzoriek pomocou vybraných metód. Skúmané sú ako schopnosť odstrániť nečistotu, tak i miera deštruktívnosti jednotlivých foriem čistenia. Rozdiely medzi vzorkami pred a po čistení sú skúmané z hľadiska zmeny farebnosti (kolorimetra), zmien v štruktúre (SEM), zmien morfológie povrchu (3D mikroskopia) a vplyvu na mechanické vlastnosti materiálu (teplota zmrštenia kolagénových vlákien).

Kľúčové slová

pergamen, čistenie, reštaurovanie, konzervácia, laser, mikropieskovačka, abrazívne čistenie

Title

Issues associated with parchment cleaning
Laser and micro sandblasting cleaning options and their critical evaluation

Annotation

Parchment is extensively represented in collections of various institutions, whether in the form of writing materials, as a part of a book binding, or other types of objects. Like in the other types of materials degradation occurs due to various factors, which leads to a need for an adequate restoration. One of the most basic steps in the restoration of collection items is cleaning. The form, way or scope of cleaning is based on numerous factors, such as the origin and extent of the damage, the nature of the object etc.

The theoretical part of this diploma thesis deals with the presentation of the material of parchment and the way of its restoration in general, but especially with the possibilities of its cleaning and the influence of the contamination on the character and properties of material.

In the practical, respectively experimental part the results of sample cleaning by selected methods are processed. We studied both the ability to remove impurities and the extent of destructiveness of the individual forms of cleaning. The differences between the samples before and after the cleaning are studied in terms of colour change (colorimetry), changes in structure (SEM), changes in surface morphology (3D microscopy) and influence on the mechanical properties of the material (shrinkage temperature of collagen fibres).

Key words

parchment, cleaning, restoration, conservation, laser, micro sandblasting, abrasive cleaning

Obsah

1	Úvod.....	16
I	Teoretická časť.....	17
2	História výroby pergamenu.....	17
3	Výroba pergamenu.....	19
3.1	Konzervácia.....	19
3.2	Námok.....	19
3.3	Lúhovanie kože.....	20
3.4	Mechanické operácie.....	20
3.5	Napínanie a sušenie pergamenu.....	21
3.6	Finálne úpravy.....	22
4	Druhy pergamenu.....	23
5	Štruktúra a vlastnosti pergamenu.....	24
5.1	Štruktúra.....	24
5.1.1	Kolagén.....	25
5.1.1.1	Primárna štruktúra kolagénu.....	25
5.1.1.2	Sekundárna štruktúra kolagénu.....	25
5.1.1.3	Terciárna štruktúra kolagénu.....	26
5.1.1.4	Kvartérna štruktúra kolagénu.....	26
5.1.2	Elastín.....	26
5.1.2.1	Štruktúra elastínu.....	26
5.2	Vlastnosti pergamenu.....	27
5.2.1	Chemické a fyzikálne-chemické vlastnosti.....	27
5.2.2	Fyzikálne-mechanické vlastnosti.....	28
6	Príčiny degradácie a poškodenia pergamenu.....	29
6.1	Chemické a fyzikálne starnutie.....	29
6.1.1	Svetlo a gama-žiarenie (γ -žiarenie).....	29
6.1.2	Relatívna vlhkosť (RH).....	30
6.1.3	Teplota.....	30
6.1.4	Znečistenie ovzdušia.....	31
6.2	Mikrobiologické a biologické príčiny degradácie pergamenu.....	33
6.2.1	Napadnutie hmyzom.....	34
6.2.2	Napadnutie hlodavcami.....	34
6.3	Mechanické poškodenie.....	35
7	Identifikácia pergamenu.....	36
7.1	Vizuálna identifikácia.....	36
7.2	Analytická identifikácia.....	36
8	Konzervácia a reštaurovanie pergamenu.....	37

8.1	Neutralizácia.....	37
8.2	Dezinfekcia.....	37
8.3	Dezinsekcia.....	38
8.4	Vlhčenie a rovanie.....	39
8.5	Zmäkčovanie a tukovanie.....	41
8.6	Odstránenie priezračnosti.....	42
8.7	Opravy.....	43
8.7.1	Laminácia.....	43
8.7.2	Doplňovanie strát.....	44
8.8	Zviditeľnenie degradovaného textu.....	45
9	Problematika čistenia pergamenu.....	46
9.1	Fixácia farebnej vrstvy.....	46
9.1.1	Prechodná fixácia.....	47
9.1.2	Trvalá fixácia.....	47
9.2	Suché čistenie.....	47
9.2.1	Čistenie pomocou gúm.....	48
9.2.2	Čistenie pomocou laseru.....	48
9.2.2.1	Princíp fungovania laseru.....	49
9.2.2.2	Druhy laseru.....	49
9.2.2.3	Využitie laseru v reštaurovaní.....	50
9.2.2.4	Veličiny charakterizujúce lasery.....	51
9.2.3	Abrazívne čistenie.....	51
9.2.3.1	Čistenie pomocou mikropieskovačky.....	51
9.2.4	Iné spôsoby suchého čistenia.....	52
9.3	Mokrú čistenie.....	52
9.3.1	Čistenie organickými rozpúšťadlami.....	52
9.3.2	Iné formy mokrého čistenia.....	53
9.4	Čistenie na princípe chemickej reakcie.....	53
9.4.1	Čistenie pomocou enzýmov.....	53
9.4.2	Bielenie.....	54
II	Experimentálna časť.....	55
10	Čistenie pergamenu pomocou techniky laseru a abrazívneho čistenia.....	55
10.1	Ciele výskumu.....	55
10.2	Použité materiály a chemikálie.....	55
10.3	Použité technológie.....	56
10.3.1	Technológie použité pri čistení.....	56
10.3.2	Technológie použité v rámci analýz a prípravy vzoriek.....	57
10.4	Príprava a označenie vzoriek.....	57
10.4.1	Nový pergamen.....	57

10.4.2 Historický pergamen	59
10.5 Aklimatizovanie vzoriek.....	59
10.6 Váženie vzoriek	59
10.7 Umelé zanesenie nečistoty do vzoriek.....	59
10.8 Fotodokumentácia vzoriek	60
10.9 Meranie farebnosti	61
10.10 Skenovanie 3D mikroskopom	62
10.11 Skenovanie technológiou SEM	62
10.12 Meranie teploty zmrštenia kolagénu	63
10.13 Čistenie laserom	63
10.13.1 Vplyv energetickej hustoty a frekvencie, samokontrolovateľnosť procesu čistenia.....	64
10.13.2 Pribeh čistenia	65
10.14 Abrazívne čistenie	66
11 Výsledky a diskusie.....	68
11.1 Čistenie laserom	68
11.1.1 Analýza na základe vizuálneho porovnania vzoriek	68
11.1.2 Analýza technológiou SEM	69
11.1.2.1 Nový písací pergamen umelo znečistený pigmentom	70
11.1.2.2 Nový písací pergamen umelo znečistený prachom	71
11.1.2.3 Nový väzobný pergamen umelo znečistený pigmentom	72
11.1.2.4 Nový väzobný pergamen umelo znečistený prachom	73
11.1.2.5 Historický písací pergamen obsahujúci záznam písaný atramentom	74
11.1.2.6 Historický písací pergamen obsahujúci záznam s červeným pigmentom	75
11.1.2.7. Historický písací pergamen	76
11.1.2.8 Historický väzobný pergamen	77
11.1.3 Farebnosť	78
11.1.4 Analýza pomocou 3D mikroskopie.....	80
11.1.5 Teplota zmrštenia	80
11.2 Abrazívne čistenie	81
11.2.1 Analýza na základe vizuálneho porovnania vzoriek	81
11.2.2 Analýza technológiou SEM	82
11.2.2.1 Nový písací pergamen umelo znečistený pigmentom	83
11.2.2.3 Nový väzobný pergamen umelo znečistený pigmentom	85
11.2.2.4. Nový väzobný pergamen umelo znečistený prachom	86
11.2.2.5 Historický písací pergamen	87
11.2.2.6 Historický väzobný pergamen	88
11.2.3 Farebnosť	88

11.2.4	Analýza pomocou 3D mikroskopie.....	90
11.2.5	Teplota zmrštenia	90
12	Záver.....	91
13	Zoznam použitej literatúry	93
14	Zoznam použitých skratiek a symbolov	95
15	Textová príloha	96
15.1	Výsledky merania teploty zmrštenia kolagénových vlákien	97
15.2	Analýzy vzoriek prachu.....	99
15.2.1	Analýza vzorky prachu z depozitára SOA Svitavy so sídlom v Litomyšli pomocou iónovej chromatografie	99
15.2.2	Analýza pomocou SEM	99
15.2.2.1	Vzorka prachu z depozitára SOA Svitavy so sídlom v Litomyšli ...	99
15.2.2.2	Prach analyzovaný priamo na povrchu historického pergamenu ...	100
15.3	Namerané hodnoty farebnosti vzoriek	102
15.4	Technický list pigmentu sadzová čerň.....	109
16	Obrazová príloha	119
16.1	Vzorky pergamenu čistené laserom pri vlnovej dĺžke 1064 nm	127
16.1.1	Vzorky historického písacieho pergamenu	127
16.1.2	Vzorky historického väzobného pergamenu	131
16.1.3	Vzorky nového písacieho pergamenu	136
16.1.3.1	Vzorky znečistené prachom	136
16.1.3.2	Vzorky znečistené pigmentom	139
16.1.4	Vzorky nového väzobného pergamenu	143
16.1.4.1	Vzorky znečistené prachom	143
16.1.4.2	Vzorky znečistené pigmentom	148
16.2	Vzorky pergamenu čistené laserom pri vlnovej dĺžke 532 nm.....	153
16.2.1	Vzorky historického písacieho pergamenu	153
16.2.2	Vzorky historického väzobného pergamenu	157
16.2.3	Vzorky nového písacieho pergamenu	162
16.2.3.1	Vzorky znečistené prachom	162
16.2.3.2	Vzorky znečistené pigmentom	166
16.2.4	Vzorky nového väzobného pergamenu	170
16.2.4.1	Vzorky znečistené prachom	170
16.2.4.2	Vzorky znečistené pigmentom	175
16.3	Vzorky pergamenu čistené mikropieskovačkou s použitím sklenenej balotiny ako abrazíva.....	180
16.3.1	Vzorky historického písacieho pergamenu	180
16.3.2	Vzorky historického väzobného pergamenu	185

16.3.3	Vzorky nového písacieho pergamenu	190
16.3.3.1	Vzorky znečistené prachom	190
16.3.3.2	Vzorky znečistené pigmentom	194
16.3.4	Vzorky nového väzobného pergamenu	198
16.3.4.1	Vzorky znečistené prachom	198
16.3.4.2	Vzorky znečistené pigmentom	204
16.4	Vzorky pergamenu čistené mikropieskovačkou s použitím orechových škrupín ako abrazíva	210
16.4.1	Vzorky historického písacieho pergamenu	210
16.4.2	Vzorky historického väzobného pergamenu	215
16.4.3	Vzorky nového písacieho pergamenu	221
16.4.3.1	Vzorky znečistené prachom	221
16.4.3.2	Vzorky znečistené pigmentom	225
16.4.4	Vzorky nového väzobného pergamenu	229
16.4.4.1	Vzorky znečistené prachom	229
16.4.4.2	Vzorky znečistené pigmentom	234

Zoznam ilustrácií a obrázkov v texte

- obr. č. 1 – Dielňa na výrobu pergamenu
- obr. č. 2 – Štruktúra kože
- obr. č. 3 – Priestorové usporiadanie kolagénu
- obr. č. 4 – Poškodenie pergamenu vplyvom vlhkosti, foto: autorka textu
- obr. č. 5 – Poškodenie pergamenu plesňou
- obr. č. 6 – Poškodenie pergamenu hmyzom
- obr. č. 7 – Poškodenie pergamenu hlodavcami
- obr. č. 8 – Mechanické poškodenie pergamenu
- obr. č. 9 – Vlhčenie pergamenovej listiny v klimakomore, foto: autorka textu
- obr. č. 10 – Strata na plike pergamenovej listiny doplnená tónovým japonským papierom, foto: autorka textu
- obr. č. 11 – Skúšky čistenia pergamenu pomocou gúm, foto: autorka textu
- obr. č. 12 – Laser Thunder Art (foto zdroj: www.lightforart.com)
- obr. č. 13 – Mikropieskovačka Renfert Basic Mobil (foto zdroj: www.renfert.com)
- obr. č. 14 – Zanesenie nečistoty do vzorky
- obr. č. 15 – Schéma vzorky so zakreslením miesta snímaného stereolupou
- obr. č. 16 – Meranie farebnosti spektrofotometrom
- obr. č. 17 – Schéma vzorky so zakreslením miesta snímaného spektrofotometrom
- obr. č. 18 – Schéma vzorky so zakreslením miesta snímaného 3D mikroskopom
- obr. č. 19 – Schéma vzorky so zakreslením miesta odberu vzoriek
- obr. č. 20 – Schéma vzorky so zakreslením miesta odberu vzoriek
- obr. č. 21 – Čistenie laserom
- obr. č. 22 – Sklenená balotina
- obr. č. 23 – Pomleté orechové škrupiny
- obr. č. 24 – Čistenie mikropieskovačkou
- obr. č. 25 – Vzorka hist. písacieho pergamenu LI2
- obr. č. 26 – Vzorka nového väzobného pergamenu LIp3
- obr. č. 27 – Vzorka nového písacieho pergamenu LIp2
- obr. č. 28 – Vzorka nového písacieho pergamenu LIIp2
- obr. č. 27 – Vzorka nového písacieho pergamenu LIp2
- obr. č. 28 – Vzorka nového písacieho pergamenu LIIp2
- obr. č. 29 – Vzorka LIIs1 pred čistením (532 nm)
- obr. č. 30 – Vzorka LIIs1 pred čistením (532 nm)
- obr. č. 31 – Vzorka LIIs1 po čistení (532 nm)
- obr. č. 32 – Vzorka LIIs1 po čistení (532 nm)
- obr. č. 33 – Vzorka LIIs1 po čistení (1064 nm)
- obr. č. 34 – Vzorka LIp1 pred čistením (1064 nm)
- obr. č. 35 – Vzorka LIp1 po čistení (1064 nm)
- obr. č. 36 – Vzorka LIIs1 pred čistením (1064 nm)
- obr. č. 37 – Vzorka LIIs1 pred čistením (1064 nm)
- obr. č. 38 – Vzorka LIIs1 po čistení (532 nm)
- obr. č. 39 – Vzorka LIIs1 po čistení (532 nm)
- obr. č. 40 – Vzorka LIIs1 po čistení (1064 nm)
- obr. č. 41 – Vzorka LIp1 pred čistením (1064 nm)
- obr. č. 42 – Vzorka LIp1 pred čistením (1064 nm)
- obr. č. 43 – Vzorka LIIp1 po čistení (532 nm)
- obr. č. 44 – Vzorka LIIp1 po čistení (532 nm)

- obr. č. 45 – Vzorka LIp1 po čistení (1064 nm)
obr. č. 46 – Vzorka pergamenu obsahujúceho záznam písaný atramentom - pred čistením
obr. č. 47 – Vzorka pergamenu obsahujúceho záznam písaný atramentom - po čistení
obr. č. 48 – Vzorka pergamenu obsahujúceho záznam s červeným pigmentom - pred čistením
obr. č. 49 – Vzorka pergamenu obsahujúceho záznam s červeným pigmentom - pred čistením
obr. č. 50 – Vzorka pergamenu obsahujúceho záznam s červeným pigmentom - po čistení
obr. č. 52 – Vzorka LI1 pred čistením (1064 nm)
obr. č. 51 – Vzorka pergamenu obsahujúceho záznam s červeným pigmentom - po čistení
obr. č. 53 – Vzorka LI1 po čistení (1064 nm)
obr. č. 54 – Vzorka LII1 po čistení (532 nm)
obr. č. 55 – Vzorka LII1 pred čistením (532 nm)
obr. č. 56 – Vzorka LII1 pred čistením (532 nm)
obr. č. 57 – Vzorka LI1 po čistení (1064 nm)
obr. č. 58 – Vzorka LII1 po čistení (532 nm)
obr. č. 59 – Graf zobrazujúci zmenu farebnosti po aplikácii rôznych metód čistenia
obr. č. 60 – Vzorka nového väzobného pergamenu MIs3, pracovný tlak 1 bar
obr. č. 61 – Vzorka nového väzobného pergamenu MIIs2, pracovný tlak 1 bar
obr. č. 62 – Vzorka hist. písacieho pergamenu MI3, pracovný tlak 2 bar
obr. č. 63 – Vzorka MIIp4, čistená orechovými škrupinami pri tlaku 3 bar (fotografované v bočnom svetle)
obr. č. 64 – Vzorka MIp5, čistená sklenenou balotinou pri tlaku 3 bar (fotografované v bočnom svetle)
obr. č. 65 – Vzorka MIs1 pred čistením (sklenená balotina)
obr. č. 66 – Vzorka MIs1 pred čistením (sklenená balotina)
obr. č. 67 – Vzorka MIs1 po čistení (sklenená balotina)
obr. č. 68 – Vzorka MIIs1 po čistení (orechové škrupiny)
obr. č. 69 – Vzorka MIp1 pred čistením (sklenená balotina)
obr. č. 70 – Vzorka MIIp1 po čistení (orechové škrupiny)
obr. č. 71 – Vzorka MIp1 po čistení (sklenená balotina)
obr. č. 72 – Vzorka MIs1 pred čistením (sklenená balotina)
obr. č. 73 – Vzorka MIIs1 po čistení (orechové škrupiny)
obr. č. 74 – Vzorka MIIs1 po čistení (orechové škrupiny)
obr. č. 75 – Vzorka MIp1 pred čistením (sklenená balotina)
obr. č. 76 – Vzorka MIp1 po čistení (sklenená balotina)
obr. č. 77 – Vzorka MIIp1 po čistení (orechové škrupiny)
obr. č. 78 – Vzorka MII1 pred čistením (sklenená balotina)
obr. č. 79 – Vzorka MII1 pred čistením (sklenená balotina)
obr. č. 80 – Vzorka MII1 po čistení (sklenená balotina)
obr. č. 81 – Vzorka MIII1 po čistení (orechové škrupiny)
obr. č. 82 – Vzorka MIII1 pred čistením (orechové škrupiny)
obr. č. 83 – Vzorka MII1 po čistení (sklenená balotina)
obr. č. 84 – Vzorka MIII1 po čistení (orechové škrupiny)

Zoznam tabuliek v texte

- tab. č. 1 – Vzorky nového pergamenu čistené laserom
- tab. č. 2 – Vzorky nového pergamenu čistené mikropieskovačkou
- tab. č. 3 – Vzorky historického pergamenu čisteného laserom
- tab. č. 4 – Vzorky historického pergamenu čisteného mikropieskovačkou
- tab. č. 5 – Hmotnostný prírastok zanesenej nečistoty
- tab. č. 6 – Nastavenie pracovného tlaku pri čistení sklenenou balotinou
- tab. č. 7 – Nastavenie pracovného tlaku pri čistení orechovými škrupinami
- tab. č. 8 – Nastavenie pracovného tlaku pri čistení vzoriek historického písacieho pergamenu
- tab. č. 9 – Zmena farebnosti nového písacieho pergamenu (s leskom)
- tab. č. 10 – Zmena farebnosti nového väzobného pergamenu (s leskom)
- tab. č. 11 – Zmena farebnosti historického väzobného pergamenu
- tab. č. 12 – Zmena drsnosti vzoriek historického väzobného pergamenu
- tab. č. 13 – Zmena drsnosti vzoriek historického písacieho pergamenu
- tab. č. 14 – Zmena drsnosti vzoriek nového väzobného pergamenu znečisteného prachom
- tab. č. 15 – Zmena drsnosti vzoriek nového väzobného pergamenu znečisteného pigmentom
- tab. č. 16 – Zmena farebnosti nového písacieho pergamenu (s leskom)
- tab. č. 17 – Zmena farebnosti nového väzobného pergamenu (s leskom)
- tab. č. 18 – Zmena farebnosti historického väzobného pergamenu (s leskom)
- tab. č. 19 – Zmena drsnosti vzoriek historického väzobného pergamenu
- tab. č. 20 – Zmena drsnosti vzoriek historického písacieho pergamenu
- tab. č. 21 – Zmena drsnosti vzoriek nového väzobného pergamenu znečisteného prachom
- tab. č. 22 – Zmena drsnosti vzoriek nového väzobného pergamenu znečisteného pigmentom

1 Úvod

S pergamenom sa v oblasti reštaurovania zbierkových predmetov stretávame často, či už v podobe samostatných objektov ako sú napríklad pergamenové listiny, ale i ako súčasť knižných blokov a väzieb, či iných objektov umeleckého či užitého charakteru. Táto diplomová práca sa venuje obom typom zastúpenia, s bližším zameraním na problematiku čistenia tohto špecifického materiálu.

Teoretická časť práce spracováva základné informácie o materiáli. Úvodné kapitoly sú venované histórii vzniku a využívania pergamenu, procesu jeho výroby a klasifikácii druhov. Piata kapitola je venovaná jeho materiálovej podstate. Dvomi záverečným a zároveň najrozsiahljším kapitolám teoretickej časti, ktorých obsahom je problematika reštaurovania a obzvlášť čistenia pergamenu, predchádzajú informácie o príčinách degradácie materiálu a možnostiach ich identifikácie.

Experimentálna časť diplomovej práce je venovaná vybraným druhom čistenia, a to konkrétne čisteniu laserom a čisteniu tryskaním za pomoci mikropieskovačky.

V úvode experimentálnej časti sú predstavené materiály a zariadenia využité v rámci výskumu. Do výskumu boli zahrnuté ako vzorky historického, tak i nového umelo znečisteného pergamenu. Za popisom prípravy vzoriek nasledujú vykonané analýzy a samotné čistenie vyššie uvedenými spôsobmi. Vzorky boli pred i po čistení podrobené analýzám. Okrem vizuálneho porovnania boli skúmané zmeny farebnosti (kolorimetria), zmeny v štruktúre (SEM), zmeny morfológie povrchu (3D mikroskopia) a vplyv na mechanické vlastnosti materiálu (teplota zmrštenia kolagénových vlákien). V závere experimentálnej časti sú na základe jednotlivých vykonaných analýz zhrnuté výsledky výskumu.

Okrem vlastného textu obsahuje práca i prílohy, konkrétne textovú a obrazovú.

I Teoretická časť

2 História výroby pergamenu

Využitie pergamenu ako písacieho materiálu sa datuje už približne do 2500 rokov pred Kr. Až do druhého storočia pred Kr. bol však častejšie ako pergamen využívaný iný písací materiál, papyrus¹. Zmena nastala práve v tomto období, pričom sa o rozvinutie technológie výroby pergamenu údajne zaslúžil Eumenes II., vládca mesta Pergamonu a jeho rozhodnutie vybudovať rozsiahlu knižnicu. Vzhľadom nato, že egyptský vládca Ptolemaios V. Epifanés zakázal ďalší vývoz papyrusu z Egypta a Euménovi II. sa nepodarilo zaistiť pre tento zámer jeho dostatočné množstvo, podporil rozvoj výroby pergamenu. Inovácia technológie tkvela predovšetkým v zjednodušení zloženia kúpeľa pre úpravu surovej kože a následným spôsobom sušenia. Výsledkom tohto postupu bol vznik kompaktného plochého materiálu s rovnomernou opacitou a dlhou trvácnosťou. Pre spomínaný kúpeľ boli používané čerstvé zelené rastlinné látky alebo kysnuté obilie. Pre sušenie boli potom holiny napínané na napínacie rámy. V roku 168 pred Kr. sa dostal tento materiál do Ríma pod názvom membrana pergamena. Z tohto spojenia bol neskôr odvodený názov súčasný, teda pergamen.²

Okrem Pergamonu patria medzi najstaršie dochované príklady použitia pergamenu fragmenty ľavej kože nájdené na území súčasného Jordánska, datované do 8. storočia pred Kr. S využitím kože ako písacej podložky sa však stretávame už cca 2700 rokov pred Kr. Spôsob spracovania pozostával z vypínania a sušenia kože, prípadne s pridaním rastlinných alebo ovocných odvarov s mierne enzymatickými a činiacimi účinkami. S použitím vápenných kúpeľov sa stretávame až približne v druhej polovici prvého tisícročia po Kr. Pôvod tohto vylepšenia spracovania kože nie je známy, vzhľadom na jednoduchšiu kontrolu procesu v chladnejšom prostredí a požiadavku dostupnosti dostatku chladnej vody však existuje domnienka, že sa nejedná o Arabské krajiny Malej Ázie.³ Skutočný rozmach nového písacieho materiálu nastal na počiatku kresťanskej éry, teda v 1. st. po Kr. a do 3. storočia postupne získal najvýznamnejšie postavenie pri tvorbe literárnych a náboženských textov. Jeho využitie prispelo k zmene v knižnej produkcii a to najmä v zmysle obmedzenia použitia zvitkov a ich nahradením kódexami.⁴

Slovo kódex (lat. codex) doslova znamená brvno, či špalík. Toto pomenovanie má korene u Rimanov. Práve oni spojovali povoskované drevené tabuľky drôtom, povrázkom alebo kovovou sponou až do podoby diptychu, triptichu alebo polyptychu. Prvé európske kódexy z 1. a 2. storočia mali blok zhotovený z papyrusu, ktorý neskôr nahradil pergamen.⁵

Recept pre prípravu kysnutých kúpeľov na výrobu pergamenu sa takmer nezmenil až do približne 8. storočia. V tomto čase došlo k významnému rozvoju v oblasti chémie, predovšetkým zásluhou arabských chemikov. Bol vynájdený nový spôsob lúhovania kože využívajúci alkalické vápenné roztoky. Tieto roztoky obsahujúce vápno (vo vode dochádza k premene na CaOH_2) a kriedu (CaCO_3) sa osvedčili pre svoju výbornú schopnosť odchlpiť kožu, rozpustiť časť medzivláknitej hmoty a pripraviť ju na napínanie a sušenie na ráme.⁶

1 Predchodca papiera. Výrobok z drene papyrusovej rastliny šachor papyrusový (*Cyperus papyrus*). Dreň rozrezaná na tenké prúžky bola máčaná vo vode a následne boli dve priečne vrstvy prúžkov lisované. Jednotlivé listy boli škrobom zlepované do zvitkov. Zdroj: PAVLÁT, Leo. *Tajemství knihy*. Praha: Albatros, 1982. s.33 – 34

2 ZELINGER, Jiří. *Konzervace pergamenu a jeho uložení*. Praha: Národní knihovna, 1992. s. 8

3 KITE, Marion. a Roy. THOMSON. *Conservation of leather and related materials*. Boston: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2006. Butterworth-Heinemann series in conservation and museology. s. 200 – 201

4 ZELINGER, Jiří. *Konzervace pergamenu a jeho uložení*. Praha: Národní knihovna, 1992. s. 12

5 PAVLÁT, Leo. *Tajemství knihy*. Praha: Albatros, 1982. s.35 – 36

6 ZELINGER, Jiří. *Konzervace pergamenu a jeho uložení*. Praha: Národní knihovna, 1992. s. 13

Od počiatkov výroby pergamentu až do dnešných čias je tento materiál využívaný v rôznych podobách k rôznym účelom. Mimo zvitkov bolo častým jeho použitie v oblasti výroby kníh, či už ako materiál pre knižný blok, alebo súčasť väzby, teda kapitálik, medziväzné prelepy, pokryvový materiál a pod. Pre svoju výnimočnú pevnosť a odolnosť sa hodil ako materiál listín a dokumentov najrôznejšieho charakteru, často s pridanými pečaťami rôzneho typu. Spojením (zlepením, prípadne zošitím) viacerých pergamenov boli vyrábané veľkoformátové mapy, či architektonické plány. Častými sú tiež umelecké diela vytvorené na pergamene. Ide nie len o kresby a maľby, ale napríklad aj o tlače. Iným druhom využívania pergamentu boli tienidlá na lampy, blany na bicie nástroje, alebo okenné tabule ako náhrada podstatne drahšieho skla.⁷

Približne od 13. storočia, kedy sa dostal zo Španielska do Talianska vynález papiera sa tento materiál postupne rozširuje v celej Európe a postupne vytláča tak pergamen ako písaciu látku. Táto neporovnateľne lacnejšia náhrada významne prispela k rozvoju kníh a tým i vzdelanosti.⁸

7 AMERICAN INSTITUTE FOR CONSERVATION OF HISTORIC AND ARTISTIC WORKS. *Paper Conservation Catalog*. 9. edícia, Washington, 1994. <http://cool.conservation-us.org/coolaic/sg/bpg/pcc/index.html> [07.12.2016], s. 4 – 5

8 PAVLÁT, Leo. *Tajemství knihy*. Praha: Albatros, 1982. s.39 – 40

3 Výroba pergamenu

Metóda výroby pergamenu sa v priebehu niekoľkých storočí až do dnešnej doby zmenila len málo. Nasledujúci text popisuje základné kroky procesu výroby.

3.1 Konzervácia

Surová koža podlieha takmer ihneď po jej stiahnutí z tela zvieratá degradácii. Príčinou je samotná bielkovinová podstata materiálu. Bielkoviny sa podobne ako i iné organické látky pomerne rýchlo rozkladajú, resp. zahŕňajú, najmä pričinením mikrobov a ich enzýmov.⁹ V snahe zabrániť poškodeniu materiálu v čase medzi stiahnutím a jeho spracovaním na pergamen je koža konzervovaná. Poznáme niekoľko foriem konzervácie. Najstarším spôsobom konzervácie surových koží je sušenie.¹⁰ Pre dosiahnutie požadovaného výsledku je dôležité dodržanie určitých pravidiel. Pri pomalom sušení hrozí zahŕňanie, zatiaľ čo pri prudkom sušení môže dôjsť k vzniku blany na povrchu. Tá bráni vyschnutiu vnútorných vrstiev, kedy uzatvorená vlhkosť umožní hnilobné procesy, alebo pri vyšších teplotách glejovatenie. Za najoptimálnejšie je považované sušenie v tieni, v prievane a pri nie príliš vysokých teplotách.¹¹

V našich podmienkach je oveľa častejšia forma konzervácie pevnou soľou (chloridom sodným). Môže sa jednať o nasolenie a následné uskladnenie koží¹², alebo o námok v soľnom kúpeli v kombinácii s vyššie spomínaným sušením (tzv. suchosolenie). Soľ zabraňuje zahŕňaniu a spôsobuje stekutenie nevláknitých bielkovín vytekajúcich spolu s vodou v podobe soľného rôsolu. Koža zakonzervovaná pevnou soľou, na rozdiel od sušených koží, nie je vhodná na dlhodobé uskladnenie (viac ako jeden rok).¹³

Ďalším spôsobom konzervácie koží je tzv. piklovanie. Pikel je prakticky roztok na konzerváciu koží obsahujúci 10 – 15 % chloridu sodného a 1 – 2 % kyseliny sírovej. Po vypiklovaní je vhodné kožu presoliť tuhým NaCl.¹⁴

3.2 Námok

Za účelom navrátiť konzervovanej koži stratenú vlhkosť sú kože máčané v studenej čistej vode po dobu cca 48 hodín. V priebehu tohto procesu dochádza zároveň k vyplaveniu krvi, nečistôt a konzervačných prostriedkov.¹⁵

9 TOMÍŠEK, Miroslav. *Učebnice koželužství: schváleno .. jako učebnice pro průmyslovou školu koželužskou*. 2. vyd., nezm. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1959. s. 40

10 KITE, Marion. a Roy. THOMSON. *Conservation of leather and related materials*. Boston: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2006. Butterworth-Heinemann series in conservation and museology. s. 198

11 TOMÍŠEK, Miroslav. *Učebnice koželužství: schváleno .. jako učebnice pro průmyslovou školu koželužskou*. 2. vyd., nezm. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1959. s. 41 – 42

12 Rozprestretá koža sa z rubu zasype soľou a okraje sa ohnú smerom dovnútra. Kože sa kladú na seba s medzivrstvou soli. Na 1 kg koží pripadá 1 kg soli. Zdroj: OHLÍDALOVÁ, Martina. *Kůže, useň a pergamen* [elektronické skriptá]. 2007. [cit. 8. 8. 2017]

13 TOMÍŠEK, Miroslav. *Učebnice koželužství: schváleno .. jako učebnice pro průmyslovou školu koželužskou*. 2. vyd., nezm. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1959. s. 46 – 47

14 Ibidem, s. 48

15 KITE, Marion. a Roy. THOMSON. *Conservation of leather and related materials*. Boston: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2006. Butterworth-Heinemann series in conservation and museology. s. 198

3.3 Lúhovanie kože

Po námoku nasleduje proces lúhovania, v rámci ktorého dochádza k uvoľneniu srsti. Medzi v minulosti najbežnejšie formy patrí lúhovanie vo vápennom mlieku. Vďaka vysokému pH roztoku dochádza k porušeniu disulfidických mostíkov keratínu a tým k uvoľňovaniu chlпов.¹⁶ Účinnosť lúhov môže ovplyvniť niekoľko faktorov. Sú nimi starie lúhu (v zmysle mnohonásobného použitia), alkalita roztoku, teplota, doba a zloženie roztoku. Vo všeobecnosti platí že staršie, alkalické lúhy pri vyššej teplote majú väčší odchlповací efekt. Na výsledný produkt má rovnako vplyv i doba lúhovania.¹⁷ V súčasnosti sa čisté vápenné roztoky v komerčnom priemysle nepoužívajú. Tento proces je dnes považovaný za pomalý a neekonomický, preto bol nahradený tzv. priestrenými, alebo urýchlenými vápennými roztokmi pre lúhovanie kože. Prostriedkom „priostrujúcim“ kúpeľ je sirník sodný (Na₂S). Nevýhodou tohto postupu je uvoľňovanie veľkého množstva medzivláknitej hmoty zo sieťovej štruktúry kože, čo sa prejavuje na rozdielnych fyzikálnych a spracovateľských vlastnostiach v porovnaní s historickým materiálom. Navyše, takto spracovaný pergamen je značne náchylný k mikrobiologickému napadnutiu a poškodeniu pri mechanickom spracovaní. V snahe zabrániť vzniku takto oslabeného materiálu je často koža po odchlповení a miazdrení opatrená ochranným a činiacim prostriedkom – formaldehydom.¹⁸

Inou formou lúhovania je enzymatické, využívajúce enzýmy živočíšneho (pankreatická žľaza), alebo bakteriálneho pôvodu. Ide v podstate o kontrolovaný proces zahŕňovania, v rámci ktorého dôjde k porušeniu chlповej cibulky. Po mechanickom zásahu je srst' odstránená. Takto odchlповená koža sa vyznačuje väčšou pevnosťou a sú prázdnnejšie (majú riedko prepletené vlákna).¹⁹

3.4 Mechanické operácie

Medzi tieto operácie radíme najmä mechanické odchlповenie, miazdrenie, omykanie a štiepanie. Pri mechanickom odchlповaní dochádza k odstráneniu uvoľnenej srsti. K tomuto účelu slúži tupá kosa, resp. obojručný garbiarsky nôž a pologuľatý špalok na podloženie. Po odstránení srsti je ostrým garbiarskym nožom opracovaný rub kože, pričom dôjde k odstráneniu podkožného väziva, zvyškov svalov a blán (miazdra – od slova je odvodený názov procesu „miazdrenie“). Lícová strana je ďalej jemne čistená. Pri omykaní, ako sa tento proces nazýva, dochádza k odstráneniu zvyškov chlповých kanálikov, spolu s pokožkou a nečistotami. K tomuto účelu nám slúži omykací garbiarsky nôž. V prípade potreby zníženia hrúbky holiny môže byť do procesu zahrnuté štiepanie kože.²⁰ Po týchto operáciách bývajú kože niekedy vrátené do vápenného kúpeľa na dobu niekoľkých dní a následne umývané vo vode v priebehu jedného až dvoch dní.²¹

16 TOMÍŠEK, Miroslav. *Učebnice koželužství: schváleno .. jako učebnice pro průmyslovou školu koželužskou*. 2. vyd., nezm. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1959. s. 109

17 Ibidem, s. 117 – 118

18 ZELINGER, Jiří. *Konzervace pergamentu a jeho uložení*. Praha: Národní knihovna, 1992. ISBN 80-7050-137-5. s. 14

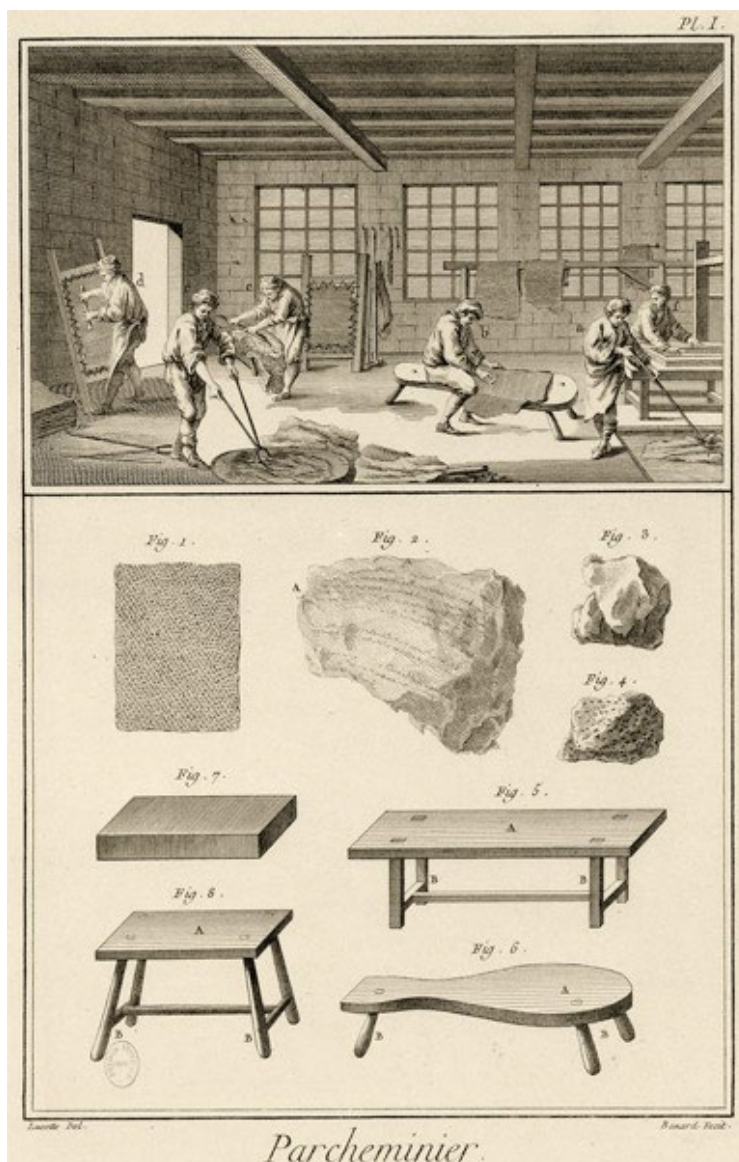
19 TOMÍŠEK, Miroslav. *Učebnice koželužství: schváleno .. jako učebnice pro průmyslovou školu koželužskou*. 2. vyd., nezm. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1959. s. 110 – 111

20 Ibidem, s. 129 – 143

21 KITE, Marion. a Roy. THOMSON. *Conservation of leather and related materials*. Boston: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2006. Butterworth-Heinemann series in conservation and museology. s. 198

3.5 Napínanie a sušenie pergamenu

Sušenie kože prebieha v napnutom stave na ráme. Najčastejšie sa stretáme s využitím drevených rámov štvorcového alebo obdĺžnikového tvaru, výnimkou však nie sú ani kruhové či oválne rámy. Kvalita výsledného materiálu často závisí z veľkej miery na starostlivej kontrole v priebehu sušenia, kedy je materiál ešte dodatočne napínaný. V prípade, že koža nie je v priebehu sušenia dostatočne napnutá, opacita materiálu môže byť v ploche nehomogénna, v niektorých prípadoch do takej miery, že pergamen je miestami čiastočne transparentný.²²



obr. č. 1 – Dielňa na výrobu pergamenu²³

Vápenný kúpeľ pri alkalickom lúhovaní nemal za úlohu iba odchlpiť materiál. Pri jeho aplikácii zároveň dochádzalo k otvoreniu vláknej štruktúry kože, vďaka čomu mohol byť materiál efektívnejšie natiahnutý za vzniku plochej štruktúry. Rovnako tak biela farba vzniknutého materiálu vhodnejšie odpovedala požiadavke materiálu na písanie,

²² ZELINGER, Jiří. *Konzervace pergamenu a jeho uložení*. Praha: Národní knihovna, 1992. s. 15

²³ Zdroj: *Encyclopédie, ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers, par une Société de gens de lettres*. Paris : Briasson, 1751-1780. Dostupné z: http://expositions.bnf.fr/carolingiens/grand/z_370.htm [cit. 09. 08. 2017]

v porovnaní s hnedou či žltou farbou dosiahnutou činením. Pri sušení holiny v napnutom stave dochádza k preorientovaniu smeru vlákien kolagénu do polohy rovnobežnej s povrchom. Medzivlákná hmota funguje ako forma adhezíva a po zaschnutí udrží vlákna zafixované v napnutom stave.

Po napnutí holiny na rám je materiál ešte za mokrého stavu opracovávaný z oboch strán tenčiacimi nožmi. Po dosiahnutí požadovaného vzhľadu sa pergamen suší. Po dostatočnom usušení je povrch opätovne oškrabávaný s ohľadom na jeho budúce použitie. Písací pergamen (za predpokladu, že je určený k písaniu z oboch strán) je opracovaný obojstranne, zatiaľ čo väzobný najmä z lícovej strany. Po takomto spracovaní je pergamen odrezaný z rámu a nevzhľadné okraje sú odstránené. Tento krok sa nazýva fazónovanie.²⁴

Či už pri spracovávaní pergamenu, alebo ešte za života zvierat'a mohlo dôjsť k najrôznejšiemu poškodeniu kože. Medzi časté patrilo napríklad nechcené prerezanie kože pri mechanických operáciách. V takýchto prípadoch boli kože opravované. Poškodené miesto bolo najčastejšie zošívané, stretávame sa však i s využitím záplat z identického či podobného druhu pergamenu. Literatúra spomína taktiež využitie dočasných záplat zo zlatotepeckého pergamenu²⁵. Nepravidelný okraj mohol byť v prípade potreby „doplnený“ podobne ako v prípade menších záplat, kedy boli okraje lepené. S takouto formou lepenia pergamenov sa stretávame najmä u vyššie spomínaných veľkoformátových máp a plánov.²⁶

3.6 Finálne úpravy

Spôsob spracovania pergamenu sa vo finálnych krokoch líši na základe jeho budúceho využitia. Rovnako tak každý iluminátor či pisár si materiál upravoval sám podľa vlastného postupu. Pre získanie pergamenu slúžiaceho ako podklad na písanie mohol byť jeho povrch zdrsnený pemzou, plnený kriedou a ďalej leštený napríklad pastou z pemzy, rozomletých lastúr mušlí a podobne. Miera týchto operácií vychádzala z kvality samotného pergamenu. Bežným bol tiež náter písacieho pergamenu rastlinnými olejmi alebo vaječným bielkom a následné leštenie. Rozdielne spôsoby úpravy povrchu materiálu majú významný vplyv na jeho správanie napríklad v reakcii na meniace sa podmienky prechovávaní.²⁷

24 KITE, Marion. a Roy. THOMSON. *Conservation of leather and related materials*. Boston: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2006. Butterworth-Heinemann series in conservation and museology. s. 199 – 202

25 Vid' kapitola 4 Druhy pergamenu

26 AMERICAN INSTITUTE FOR CONSERVATION OF HISTORIC AND ARTISTIC WORKS. *Paper Conservation Catalog*. 9. edícia, Washington, 1994. <http://cool.conservation-us.org/coolaic/sg/bpg/pcc/index.html> [07.12.2016], s. 8 – 9

27 KITE, Marion. a Roy. THOMSON. *Conservation of leather and related materials*. Boston: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2006. Butterworth-Heinemann series in conservation and museology. s. 203

4 Druhy pergamenu

Pre výrobu pergamenu je možno použiť kožu akéhokoľvek živočíšneho druhu, najčastejšie však boli používané kože ovčie, kože teľacie a bravčové. Jemný materiál vyrobený z teľacej kože sa nazýva vellum (z fr. véler – oteliť sa).²⁸

Z hľadiska geografického býva pergamen často delený na južný (taliansky), severný (nemecký) a byzantský. Taliansky typ je charakteristický tým, že brúsená je len mäsová strana, na rozdiel od nemeckého typu, kde sú brúsené obe strany holiny. Zvláštny typ – byzantský pergamen sa vyznačuje veľmi hladkým a lesklým povrchom. Tento efekt bol dosiahnutý náterom vaječným bielkom, pšeničným škrobom a ľanovým semenom v kombinácii s brúsením a leštením povrchu. Na takto spracovaný povrch sa dobre písalo i maľovalo, kohézia maľby s povrchom je však malá, čoho dôsledkom je zlý stav dochovaných rukopisov.

Vzhľadom na vysoký dopyt po materiáli a jeho pomerne vysokú cenu bolo bežnou praxou vyškrabávanie pôvodného textu a opätovné použitie materiálu. Takýto „recyklovaný“ pergamen sa nazýva palimpsest.²⁹

Deložný pergamen (*uterine parchment*) je spravidla materiál získavaný z kože nenarodených zvierat. Staršie názvy tohto typu pergamenu sú *charta non natu*, *charta virginea*, alebo *pergamene vitulinae*. Tento materiál sa vyznačuje svojou pevnosťou pri nízkej hrúbke, jemnosťou a hladkým lícom. Logicky bol dostupný len v malých plochách, jeho využitie bolo preto obmedzené napríklad na malé formáty kníh.

Zlatotepecký pergamen sa niektorými vlastnosťami približuje deložnému pergamenu, je však vyrobený z určitých častí hovädzích čriev, najčastejšie zo slepého čreva. Tkanivo je čistené roztokom boraxu a vložené do vápenného roztoku. Po kúpeli je napínané, sušené a konzervované prostriedkom z cédrového oleja, Nipaginu (Methyl-4-hydroxybenzoát) v etanole a destilovanej vody. Pred použitím je možné pergamen odmastiť a vyhladiť pemzovým prachom. Medzi jeho vlastnosti patrí pevnosť, húževnatosť a pružnosť. Je tiež vysoko transparentný.

Transparentný pergamen bol využívaný najmä v skriptóriách, a to vo funkcii kopírovacieho materiálu. Bol pripravený náterom arabskou gumou, vaječným bielkom, živočíšnym glejom a inými látkami s vysokou schopnosťou viazať vodu. Materiál nebol spracovaný napínaním na rám, ale rovnaný miernym tlakom až do vzniku transparentnej fólie. V princípe došlo k opätovnému namočeniu medzivláknitej hmoty a zrelaxovaniu napätých vlákien. Pridané materiály vyplnili priestory medzi týmito vláknami, čo umocnilo priehľadnosť materiálu. Typom transparentného pergamenu je i tzv. teľacia zmetkovica a bubnový pergamen.

Teľacia zmetkovica (koža zo zmetaných, tzn. potratených teliat) býva používaná najmä k laminácii. Po vápnení a odchlpení sa pieskuje, hladí, škriabe a tónuje vodorozpuštnými anilínovými farbami. Jej transparentnosť je dosahovaná stenčením, vlhčením a následným lisovaním.

Tzv. bubnový pergamen (z nem. trommelfell) sa po vápnení a odchlpení necháva voľne vyschnúť. K samovoľnému spriehľadneniu dôjde vďaka absencii kroku napínania na rám. V prípade, že je k jej výrobe použitá koža tenká, teda koža mladého zvieraťa, je možné tento materiál použiť k laminácii. Transparentný pergamen možno pripraviť i chemickou cestou. Na tieto účely je využívaný napríklad zriedený roztok uhličitanu draselného.

V súčasnosti je najmä na opravy často využívaný syntetický kolagén, ktorý našiel uplatnenie v potravinárskom priemysle. Vyrába sa najčastejšie z rozomletej hovädzej kože v zmesi so spojivami a aditívami.³⁰

28 ZELINGER, Jiří. *Konzervace pergamenu a jeho uložení*. Praha: Národní knihovna, 1992. s. 15

29 ĎUROVIČ, Michal. *Restaurování a konzervování archiválií a knih*. Praha: Paseka, 2002. s. 250

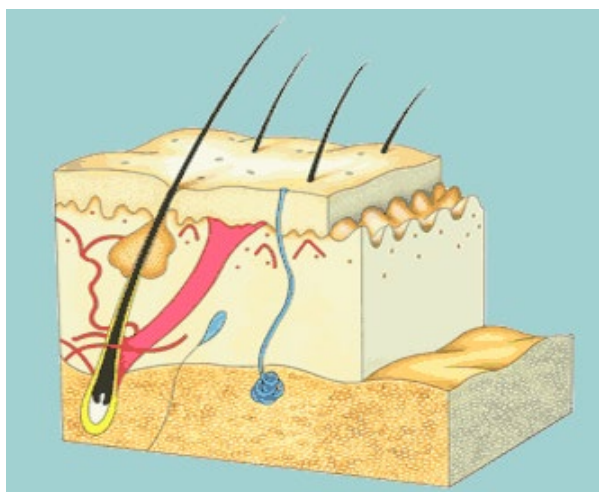
30 ZELINGER, Jiří. *Konzervace pergamenu a jeho uložení*. Praha: Národní knihovna, 1992. s. 17 – 18

5 Štruktúra a vlastnosti pergamenu

5.1 Štruktúra

Surovinou pre výrobu pergamenu sú kože zvierat. Najčastejšie sa jedná o domáce zvieratá, konkrétne dobytok, kozy, ovce a prasatá. Štruktúra pergamenu sa preto môže líšiť na základe pôvodu a spôsobu výroby. Vďaka tomu, že sa vždy jedná o kožu stavovcov je chemická stavba materiálu jednotná.

Základnou stavebnou jednotkou je bielkovina kolagén. Vlákna kolagénu sú spojené do zväzkov, obalené bielkovinou elastínom a vytvárajú vzájomne husto prepletenu väzivovú stavbu. Prítomné sú taktiež ďalšie živočíšne bielkoviny, ako nevláknité globulárne bielkoviny a glykoproteíny vyplňajúce priestor medzi kolagénovými reťazcami. Tie majú mimo iné funkciu „lepidla“. Pretože tieto látky sa v priebehu výroby pergamenu zo štruktúry neodstránia, je možno ich pozorovať pod mikroskopom. Súčasťou pergamenu je i určité množstvo tuku a vody, podporujúce jeho elasticitu. Ako pozostatok výrobného procesu pergamenu je do materiálu zanesené i malé množstvo zlúčenín vápnika, po dlhšej dobe čiastočne, alebo úplne vo forme solí (uhličitaný, sírany a dusičnany). Nájde tu i degradačné produkty, ako dusíkaté zlúčeniny po čiastočnej degradácii, alebo amoniakálne zlúčeniny po úplnej degradácii peptidických reťazcov. Nie je vylúčené, že pôvodom amoniakálnych zlúčenín sú emisie, alebo iné znečistenie. Rovnaký pôvod je prisudzovaný zlúčeninám síry.³¹



obr. č. 2 – Štruktúra kože³²

V priečnom reze kožou pozorujeme dve hlavné vrstvy. Jedná sa o pokožku (epidermis), alebo chlповá strana, a zamša (cutis, dermis) rozdeľujúca sa na korium (dermis) a podkožné väzivo (tela subcutanea), alebo mäsová strana. Vrstva korium sa delí na papilárnu a retikulárnu časť, pričom biologicky mladšie a jemnejšie väzivové tkanivo je obsahom papilárnej vrstvy (lícová strana), zatiaľ čo hrubšie väzivo je súčasťou retikulárnej vrstvy. Možno povedať, že hlavnú mechanickú odolnosť pergamenu má na svedomí práve retikulárna vrstva. Jednotlivé vrstvy kože sa líšia u každého druhu zvieratá.³³ Významný podiel na chemickej stabilite a mechanických vlastnostiach materiálu má predovšetkým jeho molekulárna stavba.³⁴

31 ZELINGER, Jiří. *Konzervace pergamenu a jeho uložení*. Praha: Národní knihovna, 1992. s. 20

32 OHLÍDALOVÁ, Martina. *Technologie usní* [elektronické skriptá]. 2005. [cit. 8. 8. 2017]

33 KITE, Marion. a Roy. THOMSON. *Conservation of leather and related materials*. Boston: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2006. Butterworth-Heinemann series in conservation and museology. s. 202

34 ZELINGER, Jiří. *Konzervace pergamenu a jeho uložení*. Praha: Národní knihovna, 1992. s. 20 – 21

Vďaka vlastnostiam ich povrchu boli pre účel písania najviac využívané práve kože oviec, kôz, a mladých teliat. I po spracovaní kože do podoby pergamentu je možné pozorovať rozdiely medzi jej stranami. Vlasová strana koria má spravidla tvrdšiu a lesklejšiu podobu než mäsová strana. Tá je naopak jemnejšia, mäkšia a má vláknitý vzhľad. Pri výrobe pergamentu nám jeho budúci účel určuje pomer rozsahu škrabania lícovej, alebo naopak mäsovej strany kože. Výsledkom je pergamen s väčším pomerom papilárnej alebo naopak retikulárnej vrstvy. Pergamen obsahujúci väčší podiel vrstvy bližšie k lícu kože (angl. hair-split) je hrubší a jeho povrch je tvrdší. Práve pre tieto vlastnosti býval hojne využívaný napríklad ako pokryv kníh. Naopak pergameny s väčším podielom retikulárnej vrstvy (angl. flesh-split) sú spravidla mäkšie a tenšie, teda vhodné ako písacia podložka.³⁵

5.1.1 Kolagén

Jedná sa o najrozšírenejšiu živočíšnu bielkovinu. Táto bielkovina je súčasťou kostí, chrupaviek, šliach, väziva, kože a zároveň je i podstatnou zložkou cievnych stien, bazálnych membrán, rohoviek a niektorých telesných orgánov. Všeobecne má kolagén formu bielych, nepriehľadných vláknitých útvarov.³⁶

5.1.1.1 Primárna štruktúra kolagénu

Rovnako ako ostatné bielkoviny, kolagén je tvorený približne z 20 druhov základných aminokyselín. Toto zloženie aminokyselín sa môže u rôznych živočíšnych druhov v určitej miere líšiť. Štruktúra bielkoviny závisí najmä na sekvencii aminokyselinových zvyškov, teda na primárnej štruktúre polypeptidických (bielkovinových) reťazcov. Kolagén obsahuje významné množstvo tzv. iminokyselín (prolín a hydroxyprolín), čím sa odlišuje od ostatných živočíšnych bielkovín. Iminokyseliny ovplyvňujú, resp. zvyšujú jeho sterickú rigiditu (tuhosť kolagénovej štruktúry) a tiež podmieňujú priestorové usporiadanie. V najväčšej miere je tu ale zastúpená aminokyselina glycín, ktorou je tvorený každý tretí aminokyselinový zvyšok v reťazci. Vďaka nej je umožnené v terciárnej štruktúre kolagénu tesné spojenie do trojnásobnej skrutkovice.³⁷

5.1.1.2 Sekundárna štruktúra kolagénu

Pravidelná ľavotočivá skrutkovica pretiahnutého typu vzniká na základe konformačných možností a veľkosti rotačných uhlov aminokyselinových zvyškov v polypeptidickom reťazci kolagénu. Takto tvarovaná skrutkovica sa vyskytuje len u kolagénu a niektorých podobných polypeptidov. Je neschopná stabilizácie vodíkovými väzbami vnútri reťazca a izolovaný reťazec preto nemôže existovať so susediacimi reťazcami podobných vlastností bez vzájomnej interakcie.³⁸

35 KITE, Marion. a Roy. THOMSON. *Conservation of leather and related materials*. Boston: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2006. Butterworth-Heinemann series in conservation and museology. s. 202

36 BLAŽEJ, Anton a Antonín GALATÍK. *Technologie kůže a kožešin*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1984. s. 81 – 82

37 ZELINGER, Jiří. *Konzervace pergamentu a jeho uložení*. Praha: Národní knihovna, 1992. s. 21

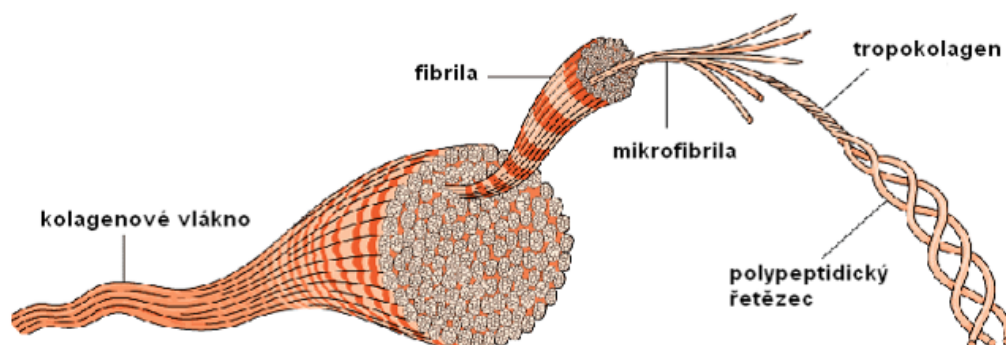
38 Ibidem, s. 21

5.1.1.3 Terciárna štruktúra kolagénu

Táto štruktúra je tvorená tromi reťazcami, navzájom okolo seba ovinutými majú spoločnú osu. Útvár tyčinkového tvaru, ktorý nám takto vzniká sa nazýva tropokolagén. Jedná sa zároveň o základnú stavebnú jednotku a je schopný agregácie (zhlukovania) na fibrilárne útvary. Pravidelný výskyt glycínu v molekule kolagénu umožňuje reťazcom v tejto štruktúre byť vzájomne k sebe pútaný vodíkovými mostíkmi. Ďalšiu nevelikú časť tvoria disulfidické priečne väzby.³⁹

5.1.1.4 Kvartérna štruktúra kolagénu

Jednou z vlastností tropokolagénových molekúl je tvorba usporiadanej vláknitej štruktúry. Medzi molekulami sa tu uplatňujú polárne a hydrofóbne interakcie. Päť trojitých skrutkovic tropokolagénu, vzájomne posunutých o určitý interval, tvorí mikrofibrilu. Mikrofibrila má formu valcovitého útvaru s priečnym pruhovaním pozorovateľným mikroskopicky. Mikrofibrily sú združované do fibríl a ďalej do väčších vláknitých útvarov. Tieto sú spojené do kontinuálnej polymérnej siete kovalentnými väzbami. Voľné priestory medzi jednotlivými vláknami umožňujú pohyb vlákien vo vnútri zväzkov i pohyb zväzkov proti sebe, vďaka čomu je materiál schopný pri používaní absorbovať značné napätie.⁴⁰



obr. č. 3 – Priestorové usporiadanie kolagénu⁴¹

5.1.2 Elastín

Medzi ďalšie bielkoviny nachádzajúce sa v štruktúre pergamenu patrí elastín. Jeho kvantita v sušine sa približuje 2 až 5 %. Elastín sa vyznačuje výnimočnou pružnosťou, najmä vo vodnom prostredí. Jeho pretiahnutie je vratné a to v širokých medziach, pričom nedochádza k výraznej strate tepelnej energie.⁴²

5.1.2.1 Štruktúra elastínu

Na rozdiel od iných bielkovín je pre primárnu štruktúru elastínu typická prítomnosť priečne sieťujúcich aminokyselín desmosínu a isodesmosínu. Toto zosieťovanie má na svedomí jeho nerozpustnosť a chemickú odolnosť, rovnako ako aj vynikajúce mechanické vlastnosti. K agregácii a priestorovému sieťovaniu vlákien elastínu dochádza v priebehu

39 ZELINGER, Jiří. *Konzervace pergamenu a jeho uložení*. Praha: Národní knihovna, 1992., s. 22

40 Ibidem, s. 22

41 OHLÍDALOVÁ, Martina. *Technologie usní* [elektronické skriptá]. 2005. [cit. 8. 8. 2017]

42 BLAŽEJ, Anton a Antonín GALATÍK. *Technologie kůže a kožešin*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1984. s. 98

fibrilogenézy (tvorba vlákien) z rozpusteného prekursoru (východzej látky), ktorým je tropoelastín. Pri tomto procese zostáva zachovaný jej globulárny charakter (rozpusťnosť vo vode), ktorý je vlastný i jednotlivým úsekom peptidického skeletu, čím dochádza k vzniku elastomernej siete.⁴³

5.2 Vlastnosti pergamenu

Vlastnosti pergamenu sú závislé na mnohých faktoroch, akými sú napríklad pôvod materiálu, spôsob jeho výroby, starie, podmienky predošlého uloženia a iné. Z hľadiska nášho výskumu sú relevantné najmä chemické, fyzikálne-chemické a fyzikálne-mechanické vlastnosti.⁴⁴

5.2.1 Chemické a fyzikálne-chemické vlastnosti

Medzi tieto vlastnosti patrí najmä sorpcia vody a s ňou spojené bobtnanie materiálu. Pergamen má ako vysoko hygroskopická látka schopnosť absorbovať i naopak uvoľňovať značné množstvo vody. Tá sa pri absorpcii vkladá medzi jeho molekuly, zvyšuje ich vzájomnú vzdialenosť a pohyblivosť, čo sa prejaví na flexibilitate materiálu. Obsah vody v pergamene je závislý na relatívnej vlhkosti okolia, ale rovnako i na štruktúre materiálu, pomere hydrofilných a hydrofóbných skupín a na jeho úprave.⁴⁵ Procesy ako solenie, vápenný kúpeľ či mechanické opracovávanie spôsobili odstránenie plazmatických bielkovín, mukopolysacharidov, keratínu, elastínu a tukov. Výsledkom je sieť takmer čistých kolagénových vlákien s cca 13 % obsahom vody (v bežných podmienkach) a 1,6 % obsahom vápna.⁴⁶ Podiel vlhkosti v pergamene je dôležitý pre jeho užité vlastnosti, a to najmä pružnosť a elasticitu. Pri RH nižšej ako 40% dochádza k strate vody, čo zapríčiňuje ukladanie vlákien vo zväzkoch do viac kompaktnej, zato menej pohyblivej štruktúry. Toto sa následne môže prejaviť krehnutím a tvrdnutím materiálu, teda zhoršením mechanickej odolnosti. Naopak pri RH rovnajúcej sa, či presahujúcej hodnotu 80% môže dôjsť k deformácii okrajov pergamenu a riziko mikrobiologického napadnutia sa radikálne zvýši.⁴⁷ Táto skutočnosť zreteľne poukazuje na nutnosť dodržania vhodných vlhkosťových a teplotných podmienok pre prechovávanie pergamenu, a to najmä historického.

Pri posudzovaní mechanickej vlastností pergamenu hrá významnú úlohu i obsah tuku. Tuk sa do materiálu dostáva zo suroviny, i keď jeho značná časť je odstránená pri procese výroby. Za účelom navrátenia tuku do materiálu môže byť do procesu výroby zahrnutý krok mazania. Podobne ako obsah vody, má i obsah tuku v pergamene význačný vplyv na jeho pevnosť, ohybnosť, rozťažnosť, vodepriepustnosť a podobne. Rozloženie tuku v materiáli nie je rovnomerné, pričom jeho väčšie množstvo je obsiahnuté vo vrchných vrstvách.

Významnú úlohu medzi merateľnými vlastnosťami pergamenu, ako i iných kolagénových materiálov, zastáva zmrštenie vlákien kolagénu vplyvom zvýšenej teploty, a to najmä za prítomnosti vody, alebo pri zvýšenej relatívnej vlhkosti. Toto zmrštenie je dané schopnosťou kolagénu rýchlo kontrahovať vplyvom uvoľnenia priečných väzieb, teda vodíkových mostíkov, medzi reťazcami. K tomuto javu dochádza pri teplotách 55 – 60 °C v prípade nového materiálu, zatiaľ čo v prípade starého pergamenu sa teplota zmrštenia môže

43 ZELINGER, Jiří. *Konzervace pergamenu a jeho uložení*. Praha: Národní knihovna, 1992. s. 22 – 23

44 Ibidem, s. 24

45 Ibidem, s. 24

46 KITE, Marion. a Roy. THOMSON. *Conservation of leather and related materials*. Boston: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2006. Butterworth-Heinemann series in conservation and museology. s. 204

47 ZELINGER, Jiří. *Konzervace pergamenu a jeho uložení*. Praha: Národní knihovna, 1992. s. 24

znižit' až na izbovú (18 – 24 °C).⁴⁸ Jedná sa o nevratný proces a časť kolagénu sa potom stáva rozpustnou vo vode. Dochádza k hydrotermickej degradácii spojenej so znížením až stratou mechanických vlastností. Na rozdiel od vlhkého, suché teplo znáša pergamen až do 100 °C.⁴⁹

5.2.2 Fyzikálne-mechanické vlastnosti

Tieto vlastnosti sa do veľkej miery odvíjajú od štruktúry pergamenu, resp. nadmolekulárnej stavby kolagénu. Medzi mechanické vlastnosti pergamenu konkrétne radíme pevnosť v ťahu, ťažnosť, pružnosť a odolnosť voči opakovanému ohybu. Fyzikálno-chemické vlastnosti sú závislé na mieste a spôsobe odberu vzorku určeného k meraniam. Z tohto dôvodu sa pristupuje k meraniam ako v smere rovnobežne s osou chrbtu zvierat'a, tak i kolmo na túto osu.⁵⁰

48 KITE, Marion. a Roy. THOMSON. *Conservation of leather and related materials*. Boston: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2006. Butterworth-Heinemann series in conservation and museology. s. 204

49 ZELINGER, Jiří. *Konzervace pergamenu a jeho uložení*. Praha: Národní knihovna, 1992. s. 27 – 28

50 Ibidem, s. 28

6 Príčiny degradácie a poškodenia pergamenu

Napriek tomu, že sa v prípade pergamenu jedná o porovnateľne odolnejší materiál ako napríklad papier, vykazuje podobné typy degradácie a poškodenia charakteristické za určitých podmienok. Medzi tieto parametre prostredia patria napr. svetlo, vlhkosť vzduchu prach či znečisťujúce plyny ako napríklad SO_2 . Väčšina faktorov majúca vplyv na mieru poškodenia materiálu je značne ovplyvnená prostredím a spôsobom uloženia objektov. Odolnosť materiálu je okrem iného daná „alkalickou rezervou“ chrániacou pred poškodením kyslou hydrolýzou. Túto vlastnosť získava pergamen už pri procese výroby, konkrétne pri vápennom lúhovaní a pri neskoršej úprave povrchu kriedou.⁵¹ Rovnako tak hydrolýza molekúl v pergamene spôsobí rozpínanie a oslabenie jeho hmoty, čo vedie k nižšej teplote zmrštenia v porovnaní so surovou kožou.⁵²

6.1 Chemické a fyzikálne starnutie

Pod tieto pojmy zahrňame starnutie vplyvom svetla, tepla, ozónu a znečistenej atmosféry, pričom sa jednotlivé faktory ovplyvňujú, alebo pôsobia nezávisle jeden od druhého. Kolagénové materiály ako pergamen ale i useň sú ohrozené radou fyzikálnych a chemických vplyvov spôsobujúcich ich starnutie.

6.1.1 Svetlo a gama-žiarenie (γ -žiarenie)

Z hľadiska tohto typu zdroja poškodenia pergamenových objektov pozorujeme dva aspekty. Jedným je vplyv svetla na samotný pergamen a druhým je vplyv na prípadné farebné vrstvy, akými môžu byť text, alebo maľba. Pretože predmetom tejto práce je primárne čistenie pergamenu, problematiku farebných vrstiev ako napríklad v prípade iluminovaných rukopisov v texte opomenieme.

Vplyv na poškodenie pergamenových materiálov má svetlo prírodné rovnako ako aj umelé. Prírodné svetlo, resp. slnečné žiarenie sa skladá z 3 zložiek a to z ultrafialovej (UV), viditeľnej (VIS) a infračervenej (IR). UV svetlo o vlnovej dĺžke 290 – 400 nm hrá pritom v oblasti poškodenia pergamenu najvýznamnejšiu rolu. Jeho podiel v slnečnom žiarení sa pohybuje okolo 5 %, i toto množstvo je však dostačujúce na zahájenie degradačných procesov, akými je napríklad fotolýza. Fotolýza spočíva v porušení makromolekúl vplyvom absorpcie svetelnej energie polymérnou látkou. Porušenie má dvojaký charakter, štiepenie a sieťovanie molekúl, pričom obe majú na svedomí zhoršenie mechanických vlastností materiálu.

Dalším typom degradačnej reakcie vplyvom svetla je fotooxidácia. Pri tomto procese vznikajú oxidačné produkty, ako napríklad peroxidy a hyperoxidy. Tie následne vyvolávajú degradáciu kolagénových vlákien alebo ich sieťovanie. Svetlo však nemá vplyv len na štiepenie molekúl polymérnych látok, ale i na iniciáciu ďalších reakcií s látkami ako kyslík, voda a podobne.

Svetlo (resp. UV žiarenie) v roli katalyzátora pôsobí pri oxidácii oxidu siričitého na sírový a uplatní sa tiež pri tvorbe ozónu a rozklade oxidu dusičného na oxid dusnatý a atomárny kyslík. Tieto látky sa neskôr významne podieľajú na degradácii kolagénu. Rovnaký dopad môže mať i pôsobenie peroxidu vodíka vznikajúceho pri reakcii atomárneho kyslíka s vodou.

51 ZELINGER, Jiří. *Konzervace pergamenu a jeho uložení*. Praha: Národní knihovna, 1992. s. 36 – 37

52 KITE, Marion. a Roy. THOMSON. *Conservation of leather and related materials*. Boston: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2006. Butterworth-Heinemann series in conservation and museology. s. 204

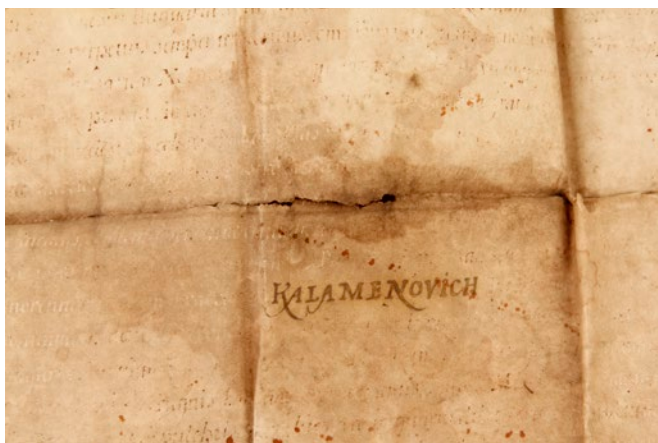
Gama-žiarenie, často využívané na sterilizáciu pergamenu, má podobne ako UV žiarenie schopnosť za prítomnosti vody a kyslíka štiepiť štruktúru molekuly kolagénu na nízkomolekulárne sekvencie. Tento proces sa neskôr prejaví zhoršením mechanických vlastností pergamenu, jeho krehnutím a poklesom teploty zmrštenia materiálu. Nutné je však poznamenať, že dávky žiarenia používané pre takúto formu sterilizácie (cca 10000 Gy) sú vo všeobecnosti považované za neškodné pre pergamen.⁵³

6.1.2 Relatívna vlhkosť (RH)

Pergamen má obrovskú schopnosť absorbovať vodu. V rámci tohto procesu môže dôjsť až k úplnej hydrolyze pergamenu za vzniku želatíny. Pri nízkej RH naopak dochádza k strate obsahu vody v materiáli, čo vedie k splošteniu vlákien kolagénu. Presychanie materiálu sa odrazí na jeho vlastnostiach. Pergamen sa stáva suchým, tuhým a krehkým.

Dôležité je pripomenúť, že relatívnou vlhkosťou nám stúpa i riziko napadnutia materiálu mikroorganizmami. Za kritickú hranicu je považovaná RH o hodnote 65 %. Kolísanie relatívnej vlhkosti prostredia, v ktorom sa pergamenový objekt nachádza nám taktiež prináša charakteristické riziká poškodenia. Toto striedanie hodnôt RH môže viesť až k uvoľneniu štruktúry kolagénových vlákien, ktoré sa prejaví na krútení či zvlnení pergamenu. V prípade iluminovaných rukopisov pribúda riziko praskania a odlupovania farebných vrstiev následkom rýchleho rozťahovania a sťahovania pergamenovej podložky.

Najmä z týchto dôvodov je žiaduce prechovávať pergamenové objekty v priestore, ktorého RH sa pohybuje v rozmedzí 50 – 60 %. Neprípustný je pokles RH pod 40 %. Platí však, že viac ako na dodržanie tohto rozmedzia, je potrebné dbať na udržanie stabilnej a nekolísajúcej hodnoty RH max 5 % za deň.⁵⁴



obr. č. 4 – Poškodenie pergamenu vplyvom vlhkosti, foto: autorka textu

6.1.3 Teplota

Pri stanovení ideálnej teploty pre prechovávanie pergamenových objektov narazíme na problém, ktorým je dodržanie nízkej odporúčanej teploty vo výstavných priestoroch. Zatiaľ, čo za teplotu ideálnu pre prechovávanie pergamenu v depozitároch je považovaná teplota v rozmedzí 5 – 18 °C, teplota v spomínaných výstavných priestoroch sa pohybuje medzi 16 až 22 °C. Tieto rozdiely pochopiteľne majú vplyv na zmeny v rozťažnosti pergamenu a to

53 ZELINGER, Jiří. *Konzervace pergamenu a jeho uložení*. Praha: Národní knihovna, 1992. s. 39

54 Ibidem, s. 39 – 41

najmä z dôvodu zmien RH vplyvom tepla. Samotné suché teplo má však až do hodnôt okolo 100 °C na tvar a štruktúru pergamenu len minimálny dopad. Z toho vyplýva, že ani kolísanie teplôt by kolagénové materiály nemalo ohroziť za predpokladu, že nedôjde k výkyvom RH. Toto tvrdenie však nezahrňuje iluminované rukopisy u ktorých kolísanie teplôt môže mať vplyv na poškodenie farebnej vrstvy.

Teplota pri ktorej dochádza k hydrotermickému zmršteniu kolagénových vlákien sa nazýva teplota zmrštenia.⁵⁵ Pri jej presiahnutí dochádza k nevratnej kontrakcii a poškodeniu kolagénovej štruktúry.⁵⁶ U čerstvého kolagénu, resp. surovej kože, dochádza k takémuto zmršteniu pri teplote okolo 58 °C. Holina, ktorou nazývame vápnenú a odchlpenú kožu sa však zmršťuje pri nižších teplotách.⁵⁷

6.1.4 Znečistenie ovzdušia

Negatívne pôsobenie znečisteného ovzdušia na pergamen ale i iné príbuzné materiály môžeme rozdeliť na dva hlavné faktory, ktorými sú plyny a častice rozptýlené vo vzduchu vo forme aerosólu.

Pevné častice vo vzduchu najčastejšie predstavujú prachové častice, častice dymu a priemyselných popolčekov. Tie je možno ďalej rozlišovať na častice majúce kationový náboj a organické častice. Zdrojom prvého typu častíc je najčastejšie priemyselný dym a výfukové plyny áut. Takto produkované kationy kovov, napríklad železa, chrómu, vanádu a iných, môžu hrať úlohu katalyzátora reakcií. Príkladom takejto reakcie je oxidácia SO₂ na SO₃. Organické častice, tvoriace druhú skupinu, sú produktom neúplného spaľovania palív a jedná sa teda najmä o sadze. Častice sú spojené dechtovými látkami.⁵⁸

Medzi plynné znečisťujúce látky majúce vplyv na degradáciu pergamenu radíme oxidy dusíka, oxidy síry a ozón. Oxidy dusíka, resp. oxid dusnatý (NO) a oxid dusičitý (NO₂), vznikajú spaľovaním dusíka pri vysokých teplotách. Tieto plyny majú pôvod najmä v spaľovacích motoroch. NO₂, rozpustný vo vode reaguje s H₂O za vzniku kyseliny dusitej (HNO₂) a dusičnej (HNO₃). Kyselina dusitá je ďalej oxidovaná a vzniká kyselina dusičná. Jedná sa o silnú kyselinu vyvolávajúcu hydrolýzu peptidických väzieb bielkovín. Zároveň pôsobením svetla, najmä UV-žiarenia, prebieha fotochemická disociácia na oxid dusnatý a atomárny kyslík. Atomárny kyslík ďalej môže reagovať s kyslíkom za vzniku ozónu, alebo s organickými látkami zo vzduchu za vzniku peroxidových radikálov. Tieto sú schopné reagovať s molekulami bielkovín, alebo tukov.⁵⁹

Oxidy síry, resp. SO₂ a najmä SO₃ sú vďaka svojej agresivite považované za jednu z hlavných príčin poškodenia zbierkových predmetov rôzneho charakteru. K primárnemu zdroju oxidov síry radíme oxid siričitý (SO₂), produkovaný najmä pri spaľovaní menejhodnotných palív. Oxid siričitý sám o sebe nie je považovaný za príliš nebezpečný. Riziko predstavuje až v prípade jeho oxidácie na oxid sírový (SO₃), ktorý v reakcii s vodou tvorí agresívnu kyselinu sírovú (H₂SO₄). Jedná sa o pomerne zložitý proces, kedy sa predpokladá, že oxidácia prebieha vo forme fotochemickej reakcie v plynnej fáze. Druhým variantom je priebeh reakcie v kvapalnej vodnej váze v kvapôčkach vodného aerosólu, alebo vo vodných filmoch na povrchu pevných častíc. V prípade fotochemickej reakcie môže byť SO₃ tvorené reakciou SO₂ s atomárnym kyslíkom, ktorého pôvodcom je fotolýza NO₂ alebo

55 ZELINGER, Jiří. *Konzervace pergamenu a jeho uložení*. Praha: Národní knihovna, 1992. s. 41 – 42

56 AMERICAN INSTITUTE FOR CONSERVATION OF HISTORIC AND ARTISTIC WORKS. *Paper Conservation Catalog*. 9. edícia, Washington, 1994. <http://cool.conservation-us.org/coolaic/sg/bpg/pcc/index.html> [07.12.2016], s. 9

57 ZELINGER, Jiří. *Konzervace pergamenu a jeho uložení*. Praha: Národní knihovna, 1992. s. 41 – 42

58 Ibidem, s. 42

59 Ibidem, s. 43

ozónu. Vo všeobecnosti však tieto reakcie nie sú považované za významné pri tvorbe SO_3 .

Na rozdiel od toho fotochemické reakcie vyvolané pôsobením UV-žiarenia, prebiehajúce medzi nenasýtenými uhl'ovodíkmi a oxidmi dusíka k tomuto javu značne prispievajú. Dochádza tu k vzniku radikálov a prechodných zlúčenín. Radikály hydroxylové $\text{HO}\cdot$, hydroperoxidové $\text{HOO}\cdot$, peroxidové, peroxiacylitráty R-OONO_2 a iné sú schopné oxidácie SO_2 na SO_3 . Tejto reakcie sa zúčastňujú i oxidy dusíka a nenasýtené uhl'ovodíky. UV-žiarenie reakciu podporí za vzniku ozónu, ktorý je základom tzv. „fotochemického smogu“. Tento jav je typický pre väčšie mestá za silného slnečného svitu. V našich podmienkach dochádza častejšie k oxidácii SO_2 na SO_3 za katalytického pôsobenia kovových iónov (Fe, Cu, Mn, V) vo vodnom prostredí. Jedná o fenomén tzv. „kyslého dažďa“, kedy je zriedená kyselina sírová vo forme aerosólu dopravovaná na zem.

Pri oxidačnej reakcii katalyzovanej prítomnosťou železa môže určitú úlohu zohrať i vlhkosť a teplota. Rýchlosť vzniku SO_3 vzrastá pri zvýšení hodnoty RH a zároveň klesá s nárastom teploty. Z toho vyplýva, že najvyššie riziko poškodenia SO_3 nastáva koncom jesene a začiatkom zimy, kedy je relatívna vlhkosť vzduchu vysoká v pomere k jeho nízkej teplote. Dôležité je spomenúť fakt, že oxid siričitý má schopnosť vznikáť i priamo na zbierkových predmetoch.⁶⁰

Pergamen, na rozdiel od iných materiálov, ako napríklad useň, obsahuje po dokončení zvyšky hydroxidu vápenatého pochádzajúceho z procesu výroby, ktorý prechádza na uhličitan vápenatý (CaCO_3), či vápenaté soli mastných kyselín. Táto skutočnosť ho i pri rovnakej koncentrácii SO_3 robí v porovnaní s inými materiálmi odolnejším voči degradácii. Príčinou je reakcia SO_3 s Ca(OH)_2 a prevažne CaCO_3 za vzniku nerozpustného síranu vápenatého (CaSO_4). Tá sama o sebe pergamen nepoškodzuje, jej tvorbou je však oslabená tzv. „alkalická rezerva“. Ak je táto rezerva po čase vyčerpaná, SO_3 začne reagovať s kolagénom.⁶¹

Ďalším faktorom spôsobujúcim degradáciu pergamenu je ozón. Prirodzený obsah ozónu vzniká reakciou UV-žiarenia s kyslíkom vo výške asi 25 km nad zemou, čím chráni zemský povrch pred nežiadúcimi účinkami UV-žiarenia. Jeho obsah sa pohybuje medzi 20 – 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Iná forma vzniku ozónu súvisí s reakciou UV-žiarenia s výfukovými plynmi áut. Ide tu o vznik tzv. „fotochemického smogu“, kedy ide o reakcie oxidov dusíka, uhl'ovodíkov, kyslíka a slnečného svetla za vzniku ozónu. Jeho koncentrácia môže dosiahnuť až 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a tým deštruktívne vplývať na organické látky. Koncentrácia ozónu je tu priamo úmerná intenzite slnečného žiarenia, t. j. zvyšuje sa so zvyšujúcou sa intenzitou svetla.

Medzi ďalšie zdroje ozónu radíme rôzne druhy žiariviek a zariadení nachádzajúcich sa vo vnútri depozitárov, napríklad elektrostatické filtre, staršie kancelárske kopírovacie stroje a podobne. Rovnako je dobré sa vyvarovať zdrojom UV-žiarenia určeným k likvidácii zárodkov mikroorganizmov.

Degradačný vplyv ozónu spočíva predovšetkým v reakcii s dvojnými väzbami organických zlúčenín, napríklad tukovými látkami obsiahnutými v pergamene (rastlinné a živočíšne oleje). Dochádza tu k deštrukcii uhľikátého reťazca oleja a vzniku voľných radikálov reagujúcich s molekulami bielkovín. Dôsledkom môže byť zhoršenie mechanických vlastností materiálu a v prípade iluminovaných rukopisov degradácia farieb organického pôvodu.⁶²

60 ZELINGER, Jiří. *Konzervace pergamenu a jeho uložení*. Praha: Národní knihovna, 1992., s. 44 – 45

61 Ibidem, s. 46

62 Ibidem, s. 47 – 48

6.2 Mikrobiologické a biologické príčiny degradácie pergamenu

Látky obsiahnuté v pergamene, najmä rôzne množstvo čiastočne alebo kompletne zželatizovaných kolagénových vlákien a prach predstavujú v určitých podmienkach živnú pôdu pre rast mikroorganizmov. Prach ako hydrofilná látka zvyšuje náchylnosť pergamenu na napadnutie mikroorganizmami.⁶³ Miera náchylnosti samotného pergamenu je podstatne závislá i na surovine, procese jeho výroby a podmienkach uloženia. Vlhkosť, najmä v kombinácii so zvýšenou teplotou môžu vyvolať zmeny štruktúry kolagénu. Tým dochádza k jeho čiastočnej depolymerizácii, teda kráteniu reťazcov molekúl a denaturácii, teda zmene priestorovej štruktúry molekúl. Tieto zmeny sa negatívne odrazia na odolnosti voči mikroorganizmom.

Medzi mikroorganizmy radíme napríklad baktérie, ktoré však samé o sebe nie sú považované za nebezpečné pre zbierkové predmety. Za podstatne nebezpečnejšie zo skupiny mikroorganizmov sú pre pergamen, ale i iné materiály, pokladané plesne. Tie jednak napadnutím štruktúry kolagénu zhoršujú mechanické vlastnosti materiálu a zároveň často produkujú farbivá majúce vplyv na vzhľad objektov. Charakteristickým je zápach napadnutého materiálu. Napadnutie mikroorganizmami je odrazom nevhodných podmienok uloženia. Už pri RH prevyšujúcej 65 % sa prudko zvyšuje riziko rastu plesní. Optimálna teplota vyhovujúca metabolizmu plesní je 10 – 40 °C, plesne však dokážu rásť i v širšom teplotnom rozhraní, konkrétne 0 – 55 °C.

Pre rast mikroorganizmov hrá určitú úlohu i hodnota pH. Zatiaľ čo plesniam vyhovuje mierne kyslé pH (5,6 – 6,0), baktérie preferujú neutrálne až mierne alkalické prostredie (7,0 – 7,6).

I keď nie vo významnej miere, koncentrácia kyslíka rovnako má vplyv na rast mikroorganizmov. Konkrétne pri poklese koncentrácie kyslíka z 20 % na 0,1 % dochádza k spomaleniu ich rastu. Tento faktor však v kombinácii s vyššou relatívnou vlhkosťou (60 %) nie je schopný významne obmedziť rast plesní.⁶⁴



obr. č. 5 – Poškodenie pergamenu plesňou⁶⁵

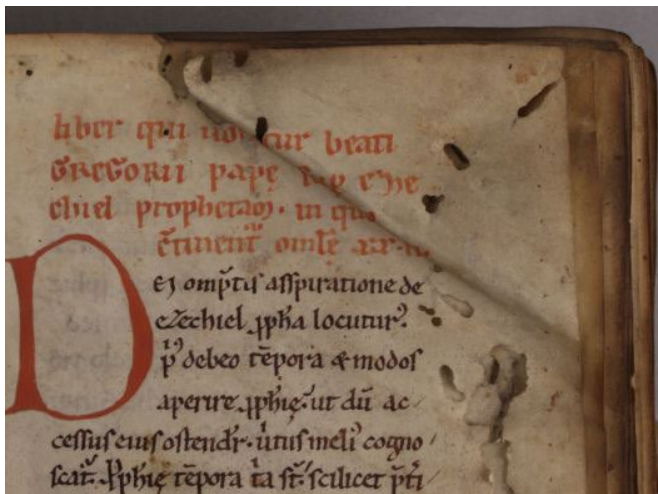
63 KITE, Marion. a Roy. THOMSON. *Conservation of leather and related materials*. Boston: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2006. Butterworth-Heinemann series in conservation and museology. s. 206

64 ZELINGER, Jiří. *Konzervace pergamenu a jeho uložení*. Praha: Národní knihovna, 1992. s. 48 – 50

65 Zdroj: SOUČKOVÁ, Magda. Poločas projektu IDAP. *Bulletin plus*. č. 4, 2003. foto: Jiří Vnouček, Dostupné z: http://wwwold.nkp.cz/bp/bp2003_4/6.htm [cit. 09. 08. 2017]

6.2.1 Napadnutie hmyzom

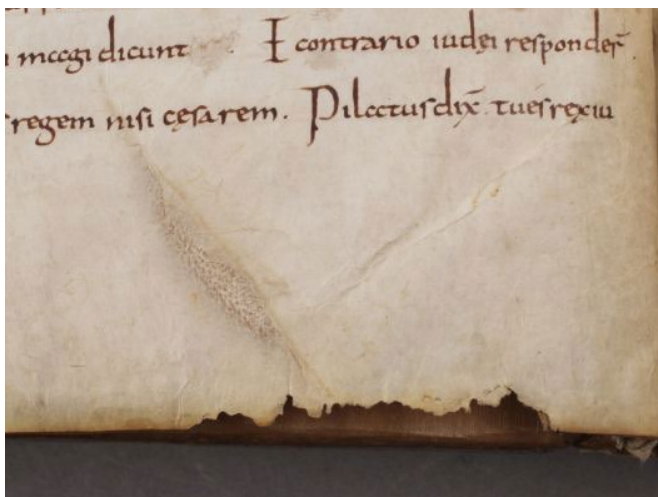
Táto forma poškodenia pergamenu je často spojená s nízkou hygienou depozitárov a nedostatočnou kontrolou ich stavu. Medzi hmyz poškodzujúci pergamen a iné kolagénové materiály patria najmä kožiare, vrtavce a rybenky. Značné škody však môže napáchať i drevokazný hmyz, napríklad červotoč, hľadajúci svoju prirodzenú potravu – drevo.⁶⁶



obr. č. 6 – Poškodenie pergamenu hmyzom⁶⁷

6.2.2 Napadnutie hlodavcami

Podobne ako hmyz, nebezpečenstvom pre zbierkové predmety sú i hlodavce. Hlodavce majú schopnosť poškodiť takmer akýkoľvek organický materiál. Ich hubenie býva prevádzané najčastejšie jedom a chemickými postrekmi.⁶⁸



obr. č. 7 – Poškodenie pergamenu hlodavcami⁶⁹

66 ZELINGER, Jiří. *Konzervace pergamenu a jeho uložení*. Praha: Národní knihovna, 1992. s. 50

67 Zdroj: SOUČKOVÁ, Magda. Poločas projektu IDAP. *Bulletin plus*. č. 4, 2003. foto: Jiří Vnouček, Dostupné z: http://wwwold.nkp.cz/bp/bp2003_4/6.htm [cit. 09. 08. 2017]

68 ZELINGER, Jiří. *Konzervace pergamenu a jeho uložení*. Praha: Národní knihovna, 1992. s. 51

69 Zdroj: SOUČKOVÁ, Magda. Poločas projektu IDAP. *Bulletin plus*. č. 4, 2003. foto: Jiří Vnouček, Dostupné z: http://wwwold.nkp.cz/bp/bp2003_4/6.htm [cit. 09. 08. 2017]

6.3 Mechanické poškodenie

Následkom takmer všetkých vyššie popísaných degradačných procesov býva zníženie mechanickej odolnosti materiálu. Skrehnutý pergamen je logicky náchylnejší k mechanickému poškodeniu. O to väčší význam musí byť pripadaný opatrnej manipulácii s takto poškodeným materiálom, rovnako ako podmienkam na jeho prechovávanie. Vzhľadom na svoj abrazívny účinok môže významnú úlohu pri mechanickom poškodení zaujímať i prach.⁷⁰



obr. č. 8 – Mechanické poškodenie pergamenu⁷¹

70 ZELINGER, Jiří. *Konzervace pergamenu a jeho uložení*. Praha: Národní knihovna, 1992. s. 51 – 52

71 Zdroj: SOUČKOVÁ, Magda. Poločas projektu IDAP. *Bulletin plus*. č. 4, 2003. foto: Jiří Vnouček, Dostupné z: http://wwwold.nkp.cz/bp/bp2003_4/6.htm [cit. 09. 08. 2017]

7 Identifikácia pergamenu

Identifikáciu pergamenu radíme k prvým a v podstate najzásadnejším krokom predchádzajúcim samotné reštaurovanie. Informácia, že materiál s ktorým pracujeme je skutočne pergamen a nie napríklad papier, nám logicky pomôže pri výbere vhodnej metódy, či prostriedku k jeho reštaurovaniu alebo konzervácii. Rovnako tak pôvod pergamenu, resp. zviera z ktorého kože bol vyrobený a samotný proces výroby nám čiastočne dokážu predpovedať jeho budúce správanie, či reakciu na niektoré reštaurátorské zásahy.⁷²

7.1 Vizuálna identifikácia

Pod týmto pojmom rozumieme identifikáciu na základe pozorovania pergamenu pod lupou, mikroskopom a podobne. Vzhľadom na proces výroby materiálu, kedy je odstránená kresba líca kože je najmä v prípade historického materiálu pozorovanie voľným okom zriedkakedy výpovedné. Okrem rozmiestenia a veľkosti chlpuvých kanálikov je možné pozorovať i žilkovanie, zjazvenia, depozity tuku a podobne. Nepravidelné okraje dokumentov môžu naznačovať pôvodnú lokáciu na tele zvieraťa. Bočné, UV a prechádzajúce svetlo môžu taktiež napomôcť pri spresnení identifikácie. Tuky a niektoré látky zanesené do materiálu pri výrobe môžu po osvetlení UV svetlom fosforeskovať. Táto metóda umožňuje napríklad odhalenie prítomnosti trieslovín aplikovaných na povrch raných židovských pergamenov.⁷³

7.2 Analytická identifikácia

Analytické metódy sú prevažne závislé na odbere vzorky materiálu. Pomocou optického mikroskopu, či skenovacieho elektrónového mikroskopu (SEM) môžu byť pozorované vzorky v priečnom reze. Taktiež môže byť prevedený test na prítomnosť bielkovín, i keď tu hrozí riziko zámeny pergamenu s papierom výdatne glejeným želatínou. Zrejme najjednoduchším a zároveň veľmi spoľahlivým testom je test horenia, kedy nezameniteľný zápach potvrdí, či naopak vylúči bielkovinové zloženie skúmanej vzorky. Jednou z foriem nedeštruktívneho prieskumu, resp. identifikácie pergamenu je infračervená spektroskopia s Fourierovou transformáciou (FTIR). SEM a elektrónový disperzný spektrometer (EDS) sú využívané pre porovnanie historického a nového pergamenu.⁷⁴

72 AMERICAN INSTITUTE FOR CONSERVATION OF HISTORIC AND ARTISTIC WORKS. *Paper Conservation Catalog*. 9. edícia, Washington, 1994. <http://cool.conservation-us.org/coolaic/sg/bpg/pcc/index.html> [07.12.2016], s. 1

73 Ibidem, s. 2

74 Ibidem, s. 2

8 Konzervácia a reštaurovanie pergamenu

Spôsoby i samotný prístup k reštaurovaniu a konzervácii pergamenových objektov sa rovnako ako v prípade iných materiálov najmä v priebehu minulého storočia značne menil. K zmenám dochádzalo ako v prípade materiálov využívaných k reštaurovaniu, tak v postoji voči spôsobom ošetrovania objektov. K najväčšej zmene pravdepodobne došlo vo vnímaní rozsahu intervencie, a to smerom k jej minimalizácii.⁷⁵ Táto kapitola bude zhrnutím starých i moderných reštaurátorských postupov. Dôvodom vymenovania i nepoužívaných metód a prístupov je snaha o čo najkomplexnejšie pojmú problematiku čistenia pergamenu i s upozornením na neúspechy z histórie oboru reštaurovania. Problematikou čistenia pergamenu sa bude podrobne zaoberať kapitola nasledujúca.

8.1 Neutralizácia

Pri samotnej výrobe pergamenu je do materiálu vnášaná tzv. „alkalická rezerva“, vďaka ktorej je krok neutralizácie pergamenu vo väčšine prípadov nepotrebný. Pri posudzovaní nutnosti neutralizácie môže byť realizované meranie pH. Najčastejšie využívanými formami takéhoto merania je vodný výluh pergamenu (hodnota pH určená napr. indikátorovými papierikmi), alebo meranie pomocou dotykovej elektródy. Takéto meranie je však v reštaurátorskej praxi skôr výnimkou a možno sa s ním stretnúť skôr v praxi výskumníkov či vedcov.

Najčastejšími príčinami nevyhovujúcej hodnoty pH pergamenu sú kyslé zložky záznamových prostriedkov (napr. železogatových atramentov), ale i nevhodné reštaurátorské zásahy. Pre neutralizáciu takýchto pergamenov sa využívajú roztoky hydroxydu barnatého v metanole, alebo vodné roztoky hydrogénuhličitanu sodného, draselného či horečnatého. V prípade, že musíme vylúčiť prácu na vodnej báze, býva využívaný roztok MMMK (metyl hydroxyetyl karbonát) v metanole, alebo pary amoniaku. Pri použití amoniaku nastáva pri dlhej expozícii riziko tvrdnutia materiálu.

V prípadoch, kedy je takýto zákrok potrebný, je vhodné aplikovať krok neutralizácie súčasne s čistením. Využívané k tomu bývajú alkoholové roztoky mydiel a prídavkom amoniaku a boraxu, pričom po aplikácii nasleduje krok omytia vodno-etanolovým roztokom. V literatúre sa stretávame i s využitím vápennej vody s etanolom.⁷⁶

8.2 Dezinfekcia

Ku kroku dezinfekcie spravidla pristupujeme po potvrdení podozrenia na mikrobiologické napadnutie. Pre získanie takejto informácie býva v mieste predpokladaného napadnutia vykonaný ster sterilným vatovým tampónom na ploche 10 x 10 cm. V laboratóriu dôjde potom ku kultivácii na živnej pôde a na základe počtu kolónií je rozhodnuté o nutnosti vykonania dezinfekcie. Následkom napadnutia plesňami môže byť tvrdnutie, krehnutie, nežiadúce zafarbenie, až rozklad pergamenu. Aby sme predišli takejto forme degradácie, najdôležitejším je udržanie čo najvhodnejších a najstabilnejších klimatických podmienok. Ak táto preventívna metóda z akéhokoľvek dôvodu zlyhá, je nutné vykonať dezinfekciu. Tá je najčastejšie prevedená formou vystavenia materiálu parám alebo roztokom alkoholov. Medzi tieto spôsoby radíme napríklad aplikáciu etanolu s vodou

75 KITE, Marion. a Roy. THOMSON. *Conservation of leather and related materials*. Boston: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2006. Butterworth-Heinemann series in conservation and museology. s. 210

76 ZELINGER, Jiří. *Konzervace pergamenu a jeho uložení*. Praha: Národní knihovna, 1992. s. 59 – 60

v pomere 4:1, ktorá má súčasne mäkčiace účinky (expozícia – tzn. vystavenie parám min. po dobu 24 hodín). V súčasnej dobe je však častejšie využitie 96 % roztoku n-butylalkoholu, kedy je objekt v uzavretom priestore vystavený parám po dobu 48 hodín.

Pre hromadnú dezinfekciu sa osvedčilo použitie plynových komôr, napúšťaných zmesou etylenoxidu a oxidu uhličitého. Táto zmes, napriek tomu že je účinná, môže negatívne ovplyvniť mikrobiologickú odolnosť materiálu v budúcnosti a v preto sa dnes nepoužíva.

Ďalšou pomerne účinnou formou dezinfekcie je využitie gama žiarenia emitovaného rádioaktívnym kobaltom ⁶⁰Co. Rizikom tejto metódy je však možné poškodenie farebnej vrstvy miniatúr vzhľadom na vysoké dávky žiarenia potrebné k hubeniu plesní. V praxi sa táto metóda v súčasnosti nepoužíva.⁷⁷

Výnimkou nie je ani dezinfekcia formou vymrazovania, najmä v prípade prírodných katastrof.⁷⁸ Niektoré pracoviská preferujú krok dezinfekcie nahradiť umiestnením napadnutého objektu do digestora so silným odtáhom, kedy sa po vyschnutí spóry odmetú a objekt je uskladnený v bezpečných klimatických podmienkach.⁷⁹

Známe sú i formy dlhodobej dezinfekcie pomocou biocídov, akými je napríklad p-chlór-m-kresol v isopropanole, etanole alebo metanole. Formou vkladania nasýtených filtračných papierov medzi listy v bloku, pri dĺžke pôsobenia asi jeden mesiac je možno dlhodobo dezinfikovať nerozobrané knižné väzby. Ďalším účinným a zaužívaným prostriedkom je o-fenylfenol (Topane) vo forme pár alebo roztoku v etanole.⁸⁰

Literatúra spomína taktiež použitie iných prostriedkov, akými sú 2-isopropyl-5-metyl-fenol (thymol), etanolový roztok metylesteru p-oxybenzoovej kyseliny (Nipagin), formaldehyd, pentachlórphenolát sodný (Santobrite), 1,1,1-trichlor-2,2-bis(4-chlorfenyl) ethan (DDT), kyanovodík, metylbromid, ethylen dioxid, 2-naftol, či vodný roztok fluoridu sodného. Použitie týchto prostriedkov však nie je vhodné, najmä z dôvodu zdravotnej závadnosti, environmentálnej ochrany či reziduií ohrozujúcich budúcich užívateľov objektov. Niektoré taktiež môžu spôsobiť zmenu farebnosti materiálu (napr. thymol a 2-naftol).⁸¹

Kvartérne amoniové soli, ako alkyldimetylamonium bromidu, alebo alkyldimetylbenzylamonium chloridu (Katamin AD) bývajú aplikované v zmesnom rozpúšťadle etanol a voda. Vyznačujú sa biocídnou účinnosťou, avšak ich priama aplikácia môže spôsobiť deformácie pergamenu.

V rámci zvažovania kroku dezinfekcie v prípade iluminovaných pergamenov je dôležité mať na pamäti prípadné zmeny farebného odtieňa niektorých rastlinných farbív vplyvom zmeny pH a na základe toho opatrne voliť dezinfekčný prostriedok a formu aplikácie.⁸²

8.3 Dezinfekcia

Primárnou formou ochrany zbierkových predmetov pred napadnutím hmyzom je prísne dodržiavanie hygienických zásad a pravidelná kontrola depozitárov. Depozitáre vybavené plynovacím zariadením sú schopné ošetriť touto formou všetky prírastky a tým predísť kontaminácii celého priestoru depozitára. Medzi najčastejšie formy dezinfekcie

77 ZELINGER, Jiří. *Konzervace pergamenu a jeho uložení*. Praha: Národní knihovna, 1992. s. 60 – 62

78 KITE, Marion. a Roy. THOMSON. *Conservation of leather and related materials*. Boston: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2006. Butterworth-Heinemann series in conservation and museology. s. 210

79 ĎUROVIČ, Michal. *Restaurování a konzervování archiválií a knih*. Praha: Paseka, 2002. s. 263

80 ZELINGER, Jiří. *Konzervace pergamenu a jeho uložení*. Praha: Národní knihovna, 1992. s. 60 – 62

81 KITE, Marion. a Roy. THOMSON. *Conservation of leather and related materials*. Boston: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2006. Butterworth-Heinemann series in conservation and museology. s. 210

82 ZELINGER, Jiří. *Konzervace pergamenu a jeho uložení*. Praha: Národní knihovna, 1992. s. 60 – 62

v takýchto zariadeniach patrí už spomínaná zmes etylenoxidu s oxidom uhličitým. Vzhľadom na jedovatosť etylenoxidu práca s týmto plynom vyžaduje zložité technické zariadenie a školených pracovníkov. Pre plynovanie zbierok bolo rovnako používané sulfurylfluoridu, jeho vplyv na pergamen však zatiaľ nebol v dostatočnej miere overený.

Niektoré využívané formy hubenia hmyzu majú schopnosť zneškodnenia dospelých jedincov a lariev hmyzu, nie však vajíčok. Z tohto dôvodu je pri ich použití požiadavka následnej kontroly a opätovnej aplikácie v prípade potreby. Radíme medzi nich kryštalický paradichlorbenzen, chloroform a zmes etylendichloridu s tetrachlormetanom. U nás sa však tieto prostriedky nepoužívajú. Medzi komerčne dostupné výrobky určené k ochrane proti poškodeniu hmyzom patria organofosfáty, organické thiofosfáty, syntetické pyrethroidy, parbamáty a iné.

Medzi jednu z najoptimálnejších foriem hubenia hmyzu vo všetkých vývojových štádiách radíme umiestnenie do inertnej atmosféry. Bolo preukázané, že atmosféra obsahujúca 0,5 % kyslíka, pri teplote 30 °C a RH 65 – 70 % v priebehu jedného týždňa účinne zahubí všetky formy hmyzu. Zároveň je z chemického hľadiska zaistená úplná bezpečnosť pergamenových objektov. Rovnako uloženie v takejto atmosfére predchádza napríklad fotooxidačnej degradácii.

K likvidácii hmyzu sa rovnako naskytuje možnosť použitia gama žiarenia, pričom dávka žiarenia potrebná pre zahubenie hmyzu je výrazne nižšia ako v prípade plesní.⁸³

8.4 Vlhčenie a rovanie

Pergamen má schopnosť sa vplyvom zmien teploty a vlhkosti deformovať, výsledkom čoho môže byť až strata pôvodných charakteristických vlastností. V prípade pergamenových knižných blokov, alebo iluminovaných listín potom môže dôjsť k značnému poškodeniu farebnej vrstvy, neschopnej odolávať rozmerovým zmenám podložky či vzájomnému odieraniu listov v bloku. Pri dlhodobom uložení objektu v prostredí s RH nižším než 40 %, alebo s vyššou teplotou dochádza k zmršteniu materiálu, deformáciám až rohovateniu a tým zníženiu odolnosti proti mechanickému poškodeniu. V prípade takejto deformácie materiálu prichádza do úvahy niekoľko možností vlhčenia so zámerom vrátiť materiálu prirodzený obsah vody. Ak je to žiaduce, po kroku zvlhčenia môže nasledovať krok rovnania pergamenu.



obr. č. 9 – Vlhčenie pergamenovej listiny v klimakomore, foto: autorka textu

83 ZELINGER, Jiří. *Konzervace pergamenu a jeho uložení*. Praha: Národní knihovna, 1992. s. 62 – 63

Obsah vody v materiáli potrebný nato, aby mohlo dôjsť k jeho vyrovnaniu by sa mal pohybovať v rozmedzí 22 – 28 %. Po dosiahnutí týchto hodnôt dochádza k uvoľneniu štruktúry pergamentu, čo sa prejaví najmä poklesom jeho tuhosti. Nezanedbateľným je tiež efekt čiastočnej obnovy adhézných vlastností pojív farieb u iluminovaných pergamentov.

Vlhčenie pergamentu formou ponoru do kúpele vo všeobecnosti nie je považované za vhodné. Medzi šetrnejšie alternatívy radíme umiestnenie objektu do prostredia s vyššou relatívnou vlhkosťou. K tomuto účelu bývajú najčastejšie využívané vlhčiace komory, do ktorých je vháňaný prúd studenej pary. Jej zdrojom býva ultrazvukový vyvíjač a RH musí byť zvyšovaná postupne.

Inou formou nepriameho vlhčenia býva umiestnenie objektu do systému tzv. sendviča, pozostávajúceho z vrstvy netkanej textílie (Hollytex) v priamom kontakte s objektom, polyesterovej netkanej textílie (napr. Gore-tex) a zdroja vlhkosti (mokrých filtračných papierov alebo gázy). Objekt je následne ponechaný pod záťažou pod dobu 2 – 3 hodín, v priebehu ktorých je vhodné vykonávať pravidelnú kontrolu. Vlhkosť materiálu je možné merať kontaktným vlhkomerom.⁸⁴ S cieľom zvýšenia šetrnosti a účinnosti vlhčenia je možné použitie vodno-etanolových roztokov. Etanol znižuje povrchové napätie a pomáha tak objekt lepšie prevlhčiť.⁸⁵

Zvlhčený pergamen je možno vyrovnáť, a to lisovaním, resp. zaťažením, alebo napínaním. Pri vyrovnávaní pergamentu je nutné vyvarovať sa vyvinutiu prílišného tlaku na zvlhčený pergamen. Zlisovanie zväzkov kolagénových vlákien sa prejaví na zvýšení transparentnosti materiálu niekedy až do takej miery, že dôjde k jeho spriezračneniu. Vhodnejšou alternatívou je rovnomerné zaťaženie pergamentu medzi separačnými vrstvami, ako netkané textílie a mäkký materiál, napr. filc. Pokiaľ je objekt vkladajú do lisu, kladieme dôraz na vyvinutie minimálneho tlaku, t. j. nezaťažujeme lis, doska lisu však musí ležať na objekte a nebyť pohyblivá. Vhodné je i rovnomerné zaťaženie, napríklad kameňmi.⁸⁶ Vzhľadom na tvarovú pamäť materiálu, objekt je vhodné ponechať pod tlakom minimálne 2 – 3 týždne.⁸⁷

Metóda rovnania pergamentu formou napínania poskytuje niekoľko variantov. Vzhľadom na charakter materiálu dochádza pri zafixovaní jeho okrajov vo vlhkom stave k vyrovnaniu. Možnosťou je i vlhčenie materiálu až po jeho napnutí na rám. Vypínacie rámy by mali umožňovať postupné zvyšovanie ťahovej sily. Pri napínaní na rám kladieme dôraz na opatrnosť. Čeľusti, alebo inú formu uchytania pergamentu je v snahe predísť poškodeniu vhodné podložiť mäkkým materiálom. V ideálnom prípade by mali byť okraje pergamentu uchytané po celom obvode. Inou formou vypínania pergamentu je využitie závaží, pôsobiacich konštantnou silou i pri zmenách RH. Dnes je najmä pri reštaurovaní pergamentových knižných blokov využívaný systém rovnania pomocou magnetov. Objekt je podložený oceľovou doskou a pomocou magnetov napínaný a fixovaný k podložke.

V prípade dokumentov obsahujúcich farebnú vrstvu, alebo s výrazne poškodenými okrajmi, je vhodná metóda napínania vlhkého objektu nalepením okrajov na tuhú podložku pomocou arabskej gúmy. Po vyrovnaní je miernym navlhčením okrajov podložka odstránená. V prípade že sa však jedná o nezreštaurovaný objekt, hrozí riziko rozťahnutia prípadných trhlín a pod. Iným šetrnejším variantom je nalepenie stripov z japonského papiera na okraje objektu. Tieto stripy sú po zvlhčení objektu nalepené na podložku a objekt je takto ponechaný až do jeho vyrovnania.

84 ZELINGER, Jiří. *Konzervace pergamentu a jeho uložení*. Praha: Národní knihovna, 1992. s. 63 – 64

85 KITE, Marion. a Roy. THOMSON. *Conservation of leather and related materials*. Boston: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2006. Butterworth-Heinemann series in conservation and museology. s. 212

86 ZELINGER, Jiří. *Konzervace pergamentu a jeho uložení*. Praha: Národní knihovna, 1992. s. 69 – 71

87 ĐUROVIČ, Michal. *Restaurování a konzervování archiválií a knih*. Praha: Paseka, 2002. s. 264

Medzi najproblematickejšie radíme rovinanie pergamenových listov v nerozviazanom knižnom bloku. Jedná sa o časovo veľmi náročný proces, kedy sú jednotlivé listy rovinané formou napínania na kartón, alebo vyššie spomínanou metódou rovinania pomocou magnetov. Technicky je preto možné v priebehu niekoľkých dní, či dokonca týždňov takto vyrovnáť vždy len dva protiahlé listy.⁸⁸

8.5 Zmäkčovanie a tukovanie

Zmäkčovanie a tukovanie kolagénových materiálov zbierkových predmetov patrí dlhodobo ku kontroverzným a často diskutovaným krokom. Primárnymi funkciami tukovacích a zmäkčovacích prostriedkov je obklopenie kolagénových vlákien, čím dochádza k redukcii ich vzájomného oteru, udržaniu vlhkosti v materiáli a taktiež zvýšeniu ochrany voči chemickej a mikrobiologickej degradácii.

Zmäkčovanie býva do procesu ošetrovania pergamenových objektov zaradené najmä v prípade zrohovatených, skrehnutých a zmŕštených pergamenov, nereagujúcich na vlhčenie vodnou parou. Rovnako sa tento krok môže uplatniť v prípade zdegradovaných materiálov neschopných viazať vlhkosť vo svojej štruktúre. Medzi najvýraznejšie oblasti použitia však radíme rozlepovanie zlepených listov pergamenových knižných blokov. K najčastejším rizikám spojeným so zmäkčovaním pergamenu radíme spriehľadnenie pergamenu (napr. vplyvom lanolínovej emulzie), alebo zníženie mikrobiologickej odolnosti, (najmä v prípade vaječnej emulzie).

Tukovanie prebieha najčastejšie formou nanášania zvoleného prostriedku pomocou štetcov, alebo nasýtených tampónov. Prebytok je potom odstránený gázou, alebo filtračnými papiermi. Po aplikácii nasleduje krok vkladania medzi vrstvy filtračných papierov a plsti, ktoré majú za úlohu odsáť všetku prebytočnú tukovaciú látku.

Tradičnými zmäkčovacími prostriedkami sú napríklad spermacet (vorvaňovina), alebo z neho extrahovaný spermacetový olej. Z dôvodu ochrany ohrozených druhov a tiež narastajúcej pochybnosti o účinkoch prírodnej vorvaňoviny je dnes častejšie využitie jej syntetickej náhrady. V literatúre sa taktiež stretávame s využitím zmesi želatíny, chloroformu a vody, ďalej s použitím lanolínu, včelieho vosku či cédrového oleja. Medzi uvádzané patria i emulzie majúce schopnosť čiastočne kompenzovať úbytok tukov v materiáli.

Ďalšou z foriem zmäkčenia pergamenu, ktorej výhodou je i spevňujúci účinok je kropenie pergamenovým glejom s prídavkom vinného octu. Pre dosiahnutie lepších výsledkov je vhodné pergamen vopred postriekať etanolom. Vinný ocot, resp. kyselina octová má funkciu obnovenia bobtnacej schopnosti a adhézných vlastností kolagénu. Po jeho pridaní je narušená tvorba gélu pergamenového gleja, čo umožňuje jeho aplikáciu pri nízkych teplotách.⁸⁹ Použitie tejto metódy sa vo všeobecnosti neodporúča, najmä v prípade prítomnosti farebnej vrstvy, nakoľko kyselina octová môže spôsobiť zintenzívnenie niektorých farieb, rovnako ako ovplyvniť farby citlivé na zmenu pH.⁹⁰

Polyetylén glykol (PEG) v rôznych variantoch sa rovnako radí medzi zmäkčujúce prostriedky. Výhodou by okrem lubrikačnej schopnosti mala byť i voderozpustnosť, neutrálne pH, nízka toxicita, odolnosť voči starnutiu, reverzibilnosť a takmer nulový vplyv na optické vlastnosti materiálu.⁹¹ Problémom je však jeho možná opätovná migrácia na povrch pergamenu. V praxi sa táto metóda neuplatňuje.

88 ZELINGER, Jiří. *Konzervace pergamenu a jeho uložení*. Praha: Národní knihovna, 1992. s. 69 – 71

89 Ibidem, s. 64 – 67

90 AMERICAN INSTITUTE FOR CONSERVATION OF HISTORIC AND ARTISTIC WORKS. *Paper Conservation Catalog*. 9. edícia, Washington, 1994. <http://cool.conservation-us.org/coolaic/sg/bpg/pcc/index.html> [07.12.2016], s. 25

91 AMERICAN INSTITUTE FOR CONSERVATION OF HISTORIC AND ARTISTIC WORKS. *Paper Conservation Catalog*. 9. edícia, Washington, 1994. <http://cool.conservation-us.org/coolaic/sg/bpg/pcc/index.html> [07.12.2016], s. 25

K v minulosti bežným zásahom patrí zmäkčovanie pomocou roztokov močoviny. Postup spočíva v ponorení pergamenu do 5 – 10 % roztoku močoviny v zmesi etanol a voda. Po vysušení je materiál ošetrený 1 – 2 % alkoholicko-benzolovou emulziou spermacetu. K zmäkčeniu pergamenu dochádza vplyvom vzájomného oddialenia polypetidických reťazcov kolagénu. Aplikácia spermacetu má za úlohu tento stav udržať. Medzi najväčšie nevýhody a nebezpečenstvá ktoré plynú z tejto metódy radíme trvalé zvýšenie hygroskopicity, postupne narastajúcu transparentnosť materiálu v prípade lisovania po aplikácii, krehnutie, zmenšenie pórovitosti a v prípade použitia koncentrovanejších roztokov močoviny i riziko hydrolýzy kolagénu. Práve tieto argumenty radia postup zmäkčovania roztokmi močoviny medzi diskutované a vo všeobecnosti neodporúčané.⁹²

Medzi ďalšie v literatúre uvádzané prostriedky radíme 2 % roztok sorbitolu v zmesi etanolu a vody, či 1 – 5 % vodný roztok glycerínu a octanu draselného. Použitie glycerínu sa osvedčilo najmä pri zmäkčovaní pergamenu poškodeného požiarom. V praxi sa tieto prostriedky nepoužívajú.⁹³

Polárne rozpúšťadlá ako isopropanol, etanol a metanol môžu mať funkciu zmäkčovacích prostriedkov, kedy je vodík viazaný s hydroxylovými skupinami vo vláknaťnej štruktúre bez toho, aby dochádzalo k hydratácii. Osvedčili sa najmä v prípade potreby ošetrovania zdeformovaných zdegradovaných materiálov citlivých na vodu.⁹⁴

8.6 Odstránenie priezračnosti

V predchádzajúcich odstavcoch bol niekoľkokrát spomínaný problém zvýšenia transparentnosti pergamenu, najčastejšie vplyvom nevhodne prevedeného reštaurátorského zásahu. Literatúra ponúka hneď niekoľko možností zmiernenia tohto efektu. Medzi najstaršie metódy radíme využitie bieliacich systémov, konkrétne použitie zmesi kazeínu, bórxu, amoniaku, cédrového oleja, hexanu vody a alkoholu s prídavkom Nipaginu, alebo zmes alkoholického roztoku bórxu a boritej kyseliny s prídavkom Nipaginu. Tieto postupy však v dnešnej dobe nenachádzajú uplatnenie najmä z dôvodu nedostačujúcej špecifikácie technológie.

K novším postupom patrí použitie inertných plnív, resp. matovacích práškov. Tieto prostriedky sa spravidla nanášajú z rubovej strany dokumentu v snahe zabrániť zníženiu čitateľnosti písma. Z logických dôvodov je preto metóda nevhodná v prípade obojstranne popísaných pergamenov. Pre tieto účely bola testovaná aplikácia kriedy a oxidu kremičitého s merným povrchom 30 – 380 m²g⁻¹. Pre neuspokojivé výsledky sa od ich použitia upustilo.

Zvláštnou formou odstraňovania priezračnosti je mechanické zdrsňovanie povrchu rubovej strany. K tomuto účelu býva využívaná pemza alebo brúsny papier. Napriek zachovaniu fyzikálno-chemických vlastností materiálu je však metóda považovaná za nevhodnú z dôvodu zníženia hrúbky originálneho materiálu a neprirodzeného vzhľadu zdrsneného povrchu.

Za najšetrnejšiu a tým i najvyhovujúcejšiu formu odstránenia transparentnosti pergamenu je považované vypínanie. V princípe dochádza pri vypínaní materiálu k vzájomnému oddialeniu kolagénových vlákien, kedy vnikajúci vzduch spôsobí, že systém sa stáva opticky heterogénnym. Nevýhodou je nemožnosť aplikácie postupu v prípade iluminovaných dokumentov.⁹⁵

92 ZELINGER, Jiří. *Konzervace pergamenu a jeho uložení*. Praha: Národní knihovna, 1992. s. 67 – 69

93 Ibidem, s. 64 – 67

94 AMERICAN INSTITUTE FOR CONSERVATION OF HISTORIC AND ARTISTIC WORKS. *Paper Conservation Catalog*. 9. edícia, Washington, 1994. <http://cool.conservation-us.org/coolaic/sg/bpg/pcc/index.html> [07.12.2016], s. 28

95 ZELINGER, Jiří. *Konzervace pergamenu a jeho uložení*. Praha: Národní knihovna, 1992. s. 71 – 72

8.7 Opravy

8.7.1 Laminácia

Jednou z foriem opráv poškodených častí pergamenu, alebo prípadne jeho celej plochy, je laminácia. Lokálna laminácia sa využíva najčastejšie k uzatváraniu trhlín a perforácií. Celoplošná laminácia má význam napríklad pri poškodení spôsobenom železozalovými atramentami. Pre dokumenty nesúce vodorozpustnú pastóznu farebnú vrstvu táto forma opráv nie je odporúčaná. Tradičným prostriedkom pre lamináciu je tzv. zlatotepecký pergamen. Ide o tenký vyčinený pergamen vyrobený zo slepého čreva hovädzieho dobytku. Ako adhezívum sa používa pšeničný škrob v zmesi s pergamenovým glejom v pomere 1:1 s prídavkom p-chlor-m-kresolu. Stretávame sa ďalej s použitím ryžového škrobu alebo zmesi ryžového a pšeničného škrobu s prídavkom hydroxyetylcelulózy, polyvinylacetátu, alebo glycerolu, či s lepením pomocou pergamenového gleja, metylcelulózy, rozpustného nylónu, zmesi želatíny a glutofixu (derivát celulózy), kopolymérnou akrylátovou disperziou, zahustenou karboxymetylcelulózou a inými.⁹⁶ Podobným typom laminačného prostriedku ako zlatotepecký pergamen je membrána z plávacích mechúrov veľkých druhov rýb, ako jeseter, merlúza európska alebo treska.⁹⁷

V literatúre sa stretávame takisto s použitím tzv. bubnového pergamenu alebo teľacej zmetkovice. V dnešnej dobe nachádza uplatnenie syntetický kolagén primárne využívaný v potravinárskom priemysle. Jeho výhodou je dostupnosť vo veľkých kusoch so stálou kvalitou.

K menej tradičným materiálom pre laminovanie patria tónovaný dlhovláknový papier, prúžky pergamenu pre vyspravenie trhlín, preparované blany z rybích plávacích mechúrov, japonský papier, polyamidový textil a iné. K zvláštnemu druhu laminácie patrí použitie rozpustného nylónu (N-alhoxymethylnylon). Napriek obľube tejto metódy v minulom storočí sa dnes od jeho použitia úplne upustilo. Nešťastnými sú i v minulosti používané fólie s adhéznou vrstvou, resp. samolepiace pásky. Vzhľadom na nepriedušnosť fólie dochádzalo k tvrdeniu pergamenu.⁹⁸ Použitie lepidla navyše rýchlo degradovalo, čo sa prejavilo najmä jeho žltnutím a krehnutím. Rovnako nevhodnou metódou je i v minulosti využívaná laminácia hodvábnym šifónom, alebo krepelínou, ktoré po čase degradovali a menili farebnosť.⁹⁹ V súčasnej praxi domácich i zahraničných sa najčastejšie stretávame s používaním japonského papiera lepeného metyl hydroxyetyl celulózu, škrobom, želatínou, či vyzinou.

Podobne ako i u iných reštaurátorských zásahov vykonaných v minulosti, môže nastať problém pri delaminácii, resp. odstraňovaní nevhodných laminácií. Preto je viac než žiaduce krok laminácie dobre zvážiť a neopomínať ani požiadavku reverzibility.¹⁰⁰

Literatúra spomína i iné metódy opravy trhlín a perforácií pergamenu používané v minulosti. Patrí medzi nich napríklad zašívanie pomocou šnúrok zo surovej kože alebo ľanových či konopných motúzov. Trhliny bývali rovnako lepené lepidlami na báze želatíny, či naleptaním okrajov trhliny kyselinou octovou a ich následným zlepením. Je nutné poznamenať že kyselina octová po čase spôsobovala degradáciu a zmeny farebnosti pergamenu.¹⁰¹

96 Ibidem, s. 72 – 74

97 AMERICAN INSTITUTE FOR CONSERVATION OF HISTORIC AND ARTISTIC WORKS. *Paper Conservation Catalog*. 9. edícia, Washington, 1994. <http://cool.conservation-us.org/coolaic/sg/bpg/pcc/index.html> [7.12.2016], s. 32

98 ZELINGER, Jiří. *Konzervace pergamenu a jeho uložení*. Praha: Národní knihovna, 1992. s. 72 – 74

99 KITE, Marion. a Roy. THOMSON. *Conservation of leather and related materials*. Boston: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2006. Butterworth-Heinemann series in conservation and museology. s. 219

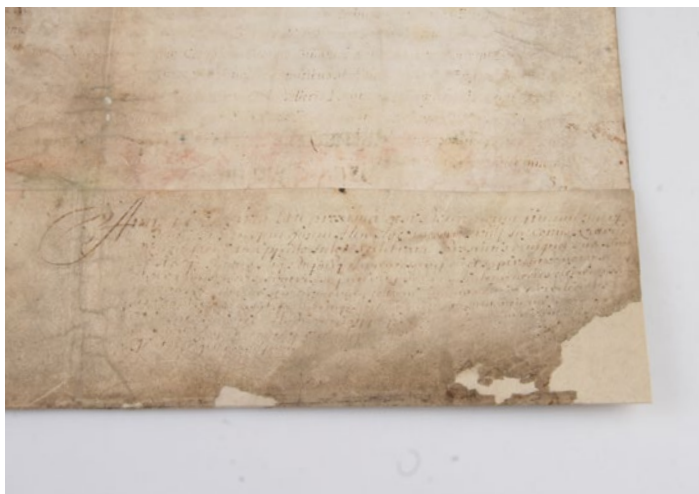
100 ZELINGER, Jiří. *Konzervace pergamenu a jeho uložení*. Praha: Národní knihovna, 1992. s. 72 – 74

101 KITE, Marion. a Roy. THOMSON. *Conservation of leather and related materials*. Boston: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2006. Butterworth-Heinemann series in conservation and museology. s. 217

8.7.2 Dopĺňovanie strát

Za dopĺňovanie strát, alebo zaplátavanie je vo všeobecnosti považované doplnenie chýbajúcich častí materiálu. Doplnky by mali byť v čo možno najväčšej miere materiálovo podobné originálu, prípadne môžu byť napríklad farebne upravené pre lepší estetický dojem.

V prípade reštaurovania pergamenu je najvhodnejším materiálom k doplneniu strát v originálnej hmote pergamen. Problém nastáva pri porovnaní vlastností starého a novodobého pergamenu, kedy novodobý vzhľadom na odlišnú technológiu výroby často nemá potrebné fyzikálne vlastnosti a textúru. Naopak hlavným problémom pri starom pergamene je jeho nedostatok. Preto sa ako alternatíva často používa tónovaný japonský papier vyhovujúcej gramáže. Rizikom tejto formy doplnkov je v porovnaní s pergamenom odlišná reakcia na zmeny klimatických podmienok. Dochádza tu k deformáciám, prípadne neúmernemu namáhaniu spojov medzi materiálmi. Rovnako rozdielna je i doba v ktorej dochádza k prirodzenej degradácii materiálov. Papier starne rýchlejšie ako pergamen a rovnako sú pri tomto procese uplatňované iné mechanizmy.



obr. č. 10 – Strata na plike pergamenovej listiny doplnená tónovým japonským papierom, foto: autorka textu

Pred procesom samotného lepenia záplat je vhodné očistiť a skalpelom zdrsnit' okraj pergamenu, čím je zaručená väčšia pevnosť spoja. Z rovnakého dôvodu je za vhodnejšie považované trhanie záplat oproti rezaniu. Ako lepidlo sa používa pergamenový glej, vyzina, škrob, alebo polyvinylacetátové disperzie.¹⁰² V minulosti bola často využívaným adhezívom želatína v kombinácii s látkami podporujúcimi nižšiu viskozitu pri izbovej teplote, ako napríklad med, múka a neskôr étery celulózy.¹⁰³

Pri lepení je v snahe predísť prílišnej kontaminácii originálneho pergamenu žiaduce aplikovať lepidlo na záplatu. Pre pohodlnejšiu a presnejšiu prácu sa osvedčila práca na presvetľovacom stole.

Zvláštnym druhom dopĺňovania strát je práca s pergamenovým prachom. Jednou z možných foriem použitia pergamenového prachu je podlepenie strát japonským papierom potretým želatínou. Ten je zasypávaný pergamenovým prachom a zalisovaný. Dôležité je aby bola pri vkladaní do lisu želatína takmer suchá, inak nastáva riziko stransparenenia.¹⁰⁴

102 ZELINGER, Jiří. *Konzervace pergamenu a jeho uložení*. Praha: Národní knihovna, 1992. s. 74 – 76

103 KITE, Marion. a Roy. THOMSON. *Conservation of leather and related materials*. Boston: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2006. Butterworth-Heinemann series in conservation and museology. s. 218

104 ZELINGER, Jiří. *Konzervace pergamenu a jeho uložení*. Praha: Národní knihovna, 1992. s. 74 – 78

Iná forma dopĺňovania využívajúca pergamenový prach spočíva v rozštiepení nového pergamenu na dve vrstvy, tenkú transparentnú a hrubšiu velúrovú. Transparentná vrstva je natretá riedkym pergamenovým glejom a aplikovaná napríklad na poškodený železagalový text na pergamene. Pre umocnenie transparentnosti môže byť povrch znovu natretý adhezívom. V prípade väčších strát je v mieste straty z rubovej strany nasýpaný spomínaný pergamenový prášok.¹⁰⁵

Podobne ako v prípade papiera, rovnako je i u pergamenu možné dopĺňovať straty formou dolievania. Dolievacia zmes vo forme suspenzie býva zložená z pergamenového prášku, vlákien japonského papiera, destilovanej vody, roztoku metyl hydroxyetyl celulózy (Tylose MH 300), pergamenového gleja, etanolu a isopropanolu. Pri dolievaní je dokument podložený netkanou textíliou, filtračnými papiermi a plst'ou. Po doliatí sa prikryje tými istými materiálmi v obrátenom poradí a sendvič sa zaťaží. Po niekoľkonásobnej výmene prekladov, kedy dôjde k odsatiu prebytočnej vody je systém mierne zalisovaný do vyschnutia. Rovnako ako v prípade papiera, je možné postup dolievania previesť na dolievacom stroji. Po doplnení sa odporúča pergamen impregnovaný etylacetátovým, alebo amylacetátovým roztokom akrylátového polyméru alebo kopolyméru, prípadne benzínom. Tento krok by mal zaručiť pevnejšie spojenie medzi doplnkom a originálom.¹⁰⁶

8.8 Zviditeľnenie degradovaného textu

Pomerne častým problémom u pergamenových objektov býva degradácia textových záznamov. Výsledkom takejto degradácie môže byť okrem logického zhoršenia vzhľadu dokumentu taktiež zníženie jeho čitateľnosti.¹⁰⁷ Metódy zviditeľňovania textu rozdeľujeme na fyzikálne a chemické.

Fyzikálne metódy zviditeľňovania textu pracujú s využitím rozdielnych optických vlastností podložky a záznamových prostriedkov. Ich najväčšou výhodou je nedeštruktívnosť, resp. nulový fyzický zásah do objektu. Metóda funguje na základe priechodu svetla, jeho odrazu, absorpcii alebo fluorescencii po dopade na skúmaný artefakt a následnom fotografickom zaznamenaní výsledku ožiarenia. Na základe vlnovej dĺžky použitého svetla hovoríme o ultrafialovom (100 – 380 nm), viditeľnom (380 – 780 nm) a infračervenom (780 – 10 000 nm) žiarení. Voľba snímacej metódy sa odvíja od znalosti optických a spektrálnych vlastností podložky a farebnej vrstvy. Pri nasvecovaní platí pravidlo čo najmenšieho možného ožiarenia dokumentu.

Chemické zviditeľňovanie textu bolo obľúbené najmä v minulosti a vykonané zásahy sú často príčinou dnešného fatálneho stavu niektorých dokumentov. Z množstva dochovaných návodov sa za jediný použiteľný považuje aplikácia roztoku kyseliny gallovej presne na línie záznamu písaného železo-galovým atramentom. Napriek tomu sa však v praxi krok chemického zviditeľňovania neodporúča.¹⁰⁸

105 ÁDÁM, Ágnes, Weronika LISZEWSKA a Györgyi SZLABEY. The changes in parchment restoration. In: *Care and Conservation of Manuscripts 10: Proceedings of the tenth International seminar held at the University of Copenhagen 19th-20th October 2006*. Copenhagen: Museum Tusculanum Press, 2008, 60 – 69. s. 68 – 69

106 ZELINGER, Jiří. *Konzervace pergamenu a jeho uložení*. Praha: Národní knihovna, 1992. s. 76 – 78

107 KITE, Marion. a Roy. THOMSON. *Conservation of leather and related materials*. Boston: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2006. Butterworth-Heinemann series in conservation and museology. s. 211

108 ĎUROVIČ, Michal. *Restaurování a konzervování archiválií a knih*. Praha: Paseka, 2002. s. 343 – 344

9 Problematika čistenia pergamenu

Čistenie patrí medzi prvé operácie pri reštaurovaní pergamenu. Poznáme niekoľko variantov čistenia, ktoré sú z veľkej miery identické ako v prípade čistenia papiera. Medzi najzákladnejšie patrí mechanické čistenie suchou cestou. K menej bezpečným a vo všeobecnosti neodporúčaným patrí mokré čistenie, teda čistenie pomocou systémov obsahujúcich vodu. Samostatnú skupinu tvorí čistenie organickými rozpúšťadlami nemiesiteľnými s vodou a čistenie na báze chemickej reakcie. Relatívnou novinkou na poli reštaurovania pergamenu je čistenie pomocou laseru.

Pri čistení historických artefaktov, pričom pergamen nie je výnimkou, prebieha neutíchajúca diskusia o nutnosti čistenia a prípadnej miere čistenia. Vo všeobecnosti však platí zásada, že menej je väčšinou viac. Znečistenie v najrôznejšej forme môžeme rovnako ako formu poškodenia objektu považovať i za nositeľa určitej informácie, či záznam o „živote“ objektu. Medzi hlavné pozitíva čistenia nepochybne patria napríklad zníženie rizika mikrobiologického napadnutia, či snaha o dosiahnutie čo možno najpôvodnejšieho vzhľadu s ohľadom na zachovanie hodnoty stária. Proti vykonaniu kroku čistenia naopak jednoznačne hovorí strata informácie, ktorej nositeľom môže práve toto znečistenie (napr. škvrna od nápoja, či záznamového prostriedku) byť.

Keď sa už rozhodneme čistenie vykonať, jeho nevyhnutnou súčasťou je nepochybne skúška danej metódy, prípadne skúška znášateľnosti použitých činidiel na záznamové prostriedky i samotný materiál pergamenu. Dôležitým faktorom pri rozhodovaní o použití daného spôsobu čistenia je aj to, či sa jedná o celoplošné, alebo lokálne čistenie. V každom prípade je nutné stav pred čistením fotograficky zdokumentovať.¹⁰⁹

Ako bolo v predošlých kapitolách často zdôraznené, pergamenové zbierkové predmety sa často stávajú terčom mikrobiologického napadnutia. Predovšetkým prípadoch, kedy nemožno vylúčiť predošlé či pretrvávajúce napadnutie objektu plesňami ale i v rámci akejkolvek inej manipulácie s objektami je namieste zváženie adekvátnych ochranných prostriedkov v snahe vyhnúť sa kontaminácii pracovného prostredia, ako aj ohrozeniu zdravia človeka vykonávajúceho zásah. Najbežnejšou formou ochranných prostriedkov bývajú rukavice, maska alebo respirátor a zástera. Prácu je vhodné vykonávať v digestore.¹¹⁰

9.1 Fixácia farebnej vrstvy

Tak ako už bolo v texte viackrát uvedené, dôležitým a nezanedbateľným krokom predchádzajúcim takmer akúkoľvek formu čistenia pergamenu obsahujúceho viac či menej zdegradovanú farebnú vrstvu je jej konsolidácia. Degradácia farebnej vrstvy môže byť výsledkom chemického, fyzikálneho, biologického či mechanického poškodenia, najčastejšie vo forme krakeláže, odstávania, odlupovania, či práškovatenia farebnej vrstvy. K najčastejším príčinám takýchto javov patria konkrétne nadmerná a neopatrná manipulácia s objektom, rozmerové zmeny pergamenovej podložky vplyvom kolísania RH a teploty. Práškovatenie farebnej vrstvy môže byť následkom degradácie spojiva farieb, resp. straty jeho spojivej schopnosti. Príčinou poškodenia je niekedy i samotný korozívny pigment (meďnaté pigmenty).¹¹¹ Samotnú konsolidáciu, či inými slovami fixáciu farebnej vrstvy rozdeľujeme na prechodnú a trvalú.

109 ZELINGER, Jiří. *Konzervace pergamenu a jeho uložení*. Praha: Národní knihovna, 1992. s. 55

110 AMERICAN INSTITUTE FOR CONSERVATION OF HISTORIC AND ARTISTIC WORKS. *Paper Conservation Catalog*. 9. edícia, Washington, 1994. <http://cool.conservation-us.org/coolaic/sg/bpg/pcc/index.html> [07.12.2016], s. 43

111 Ibidem, s. 50

9.1.1 Prechodná fixácia

Prechodná fixácia, častejšie uplatňovaná v rámci reštaurovania papiera, má za úlohu ochrániť farebnú vrstvu pred prípadným poškodením po dobu trvania určitého reštaurátorského zákroku. Spravidla ide o mokré čistenie či už vo forme kúpeľa, alebo lokálneho vlhčenia materiálu. K tomuto zámeru je vodné aplikovať cyklohexan. Jednou z foriem jeho aplikácie je nanášanie nasýteného roztoku cyklohexanu v lekárenskom benzíne priamo na farebnú vrstvu štetcom, a to obojstranne. Rovnako sa osvedčilo i jeho použitie vo forme taveniny.¹¹²

9.1.2 Trvalá fixácia

K trvalej fixácii sa pristupuje s účelom trvalo konsolidovať poškodenú farebnú vrstvu. V prípade potreby aplikácie prechodnej i trvalej fixácie je ako prvá vykonaná trvalá fixácia. K účelu trvalej fixácie farebnej vrstvy sú využívané prírodné alebo syntetické fixatívy. Hlavným argumentom pre uprednostnenie prírodných konsolidantov akými sú napr. želatína, pergamenový glej či vyzina je ich materiálová podobnosť s podložkou na ktorej samotná farebná vrstva leží, teda s pergamenom. Naopak výhodou syntetických fixatívov je lepšia definovateľnosť ich vlastností a rozpustnosť v množstve organických rozpúšťadiel v spojení s dobrou odstrániteľnosťou. Medzi najbežnejšie syntetické fixačné prostriedky patria Regnal (Mowital B, Hoechst, SRN) na báze polyvinylbutyralu, kopolymér metylakrylátu a etylmetakrylátu Paraloid B-72, alebo deriváty celulózy.¹¹³ Fixačné prostriedky môžu byť nanášané formou lokálnej aplikácie štetcom, vo forme aerosólu, alebo ultrazvukom vyvíjanej pary.

9.2 Suché čistenie

K suchému čisteniu bývajú najčastejšie používané gumené štetce v rôznych formách a rôzne druhy štetcov. Medzi komerčne dostupné gumené štetce môžeme zaradiť latexové špongie Wishab, Wallmaster, mäkké grafické gumené štetce, napr. značky KOH-I-NOR alebo Faber-Castell, či rotačné strojčeky obsahujúce gumené štetce. Rovnako sa osvedčili dnes už menej používané chlebové štetce. Z rôznych druhov štetcov možno vypíchnúť štetce rôznych tvrdostí prírodných i syntetických štetín a iné. Medzi ďalšie formy suchého čistenia patria napríklad čistenie pomocou brúsnych papierov, mikropieskovačky, skalpelov alebo špachtličiek. Pre dôkladné odstránenie uvoľnených nečistôt je vhodné použiť napríklad múzejnícky vysávač.¹¹⁴

I napriek opatrenému prevedeniu suchého čistenia následne dôkladnému odstráneniu rezíduí gúmy a podobne, riziká spojené s takouto formou čistenia môžu pretrvávajúť. V rámci aplikácie mechanického suchého čistenia je možné nečistotu naopak zaniest' hlbšie do štruktúry materiálu. V snahe zabrániť tomu je často pri čistení vyvíjaný väčší tlak, až na hranicu rizika poškodenia vlákien na povrchu materiálu. Rovnako sa môžeme stretnúť s nevzhľadným výsledkom čistenia textového či iluminovaného dokumentu. Logická tendencia vyhnúť sa poškodeniu farebnej vrstvy vyústi do vzniku „tieňov“ z nečistoty, napríklad v okolí textu. Otáznou je v takýchto prípadoch nutnosť dôkladného čistenia za cenu možného neuspokojivého výsledku.¹¹⁵

112 PAULUSOVÁ, Hana: Využití cyklohexanu pro přechodnou fixaci vodorozpustných barviv. In: *XI. seminář restaurátorů a historiků : Referáty*. Litoměřice, 13. – 16. září 2000. Praha: Státní ústřední archiv, 2003. s. 250-255.

113 ĎUROVIČ, Michal. *Restaurování a konzervování archiválií a knih*. Praha: Paseka, 2002. s. 341 – 342

114 ZELINGER, Jiří. *Konzervace pergamentu a jeho uložení*. Praha: Národní knihovna, 1992. s. 56

115 KITE, Marion. a Roy. THOMSON. *Conservation of leather and related materials*. Boston: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2006. Butterworth-Heinemann series in conservation and museology. s. 211

9.2.1 Čistenie pomocou gúm

Nielen v ateliéroch reštaurovania papiera sa môžeme stretnúť s čistením pomocou mäkkých latexových gúm. Medzi najväčšie výhody mäkkej latexovej gummy Wallmaster, alebo Cleanmaster patria možnosť vypratia nečistoty po použití a absencia „žmolkov“ oddeľujúcich sa pri gumovaní. Guma Wishab je dodávaná v rôznych variantoch tvrdosti. Jej nevýhodou je drobenie a vznik „žmolkov“.

Ďalšou formou môže byť čistenie gumou vo forme rotujúceho kotúča. Najmä v papiernických ateliéroch sa osvedčilo použitie lepkavého materiálu na báze mäkčeného polyvinylchloridu, nazývaného purus.¹¹⁶

Najmä v zahraničí je obľúbeným prostriedkom pre odstraňovanie zvyškov adhezív a lepiacich pásov guma s komerčným názvom „Adhesive Pick Up Rubber Cement Eraser“, resp. „Crepe eraser“. Výrobca sľubuje bezpečné očistenie nie len kolagénových materiálov, ale i papiera. Spomínaná guma je dodávaná vo forme malých kvádrov, ktorých povrch má vlnitú „krepovitú“ štruktúru. Materiálovo sa jedná o formu zrážaného latexu, pričom najrozšírenejšou formou využitia tohto materiálu je výroba podrážok topánok.¹¹⁷



obr. č. 11 – Skúšky čistenia pergamenu pomocou gúm, foto: autorka textu

9.2.2 Čistenie pomocou laseru

Samostatnú kapitolu suchého čistenia tvorí čistenie laserom. Táto pomerne nová metóda nám umožňuje nekontaktné a nechemické ošetrenie najrôznejších materiálov, jej vplyv na kolagénovú štruktúru pergamenu bol však doposiaľ skúmaný len v malej miere. Rovnako tak je otáznym čistiacim (prípadne degradačným) efektom pri použití rôznych vlnových dĺžok a energetickej hustoty.¹¹⁸

Názov tohto mnohoúčelového zariadenia je zložený zo začiatkových písmen anglického „Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation“, prekladaného ako „zosilňovanie svetla stimulovanou emisiou žiarenia“. Jedná sa vlastne o optický zosilňovač schopný generovať elektromagnetické žiarenie, konkrétne svetlo. Dochádza k tomu za pomoci procesu stimulovanej emisie fotónov, ktorý vychádza zo zákonov kvantovej fyziky a termodynamiky.¹¹⁹

116 ĎUROVIČ, Michal. *Restaurování a konzervování archiválií a knih*. Praha: Paseka, 2002. s. 204

117 AMERICAN INSTITUTE FOR CONSERVATION OF HISTORIC AND ARTISTIC WORKS. *Paper Conservation Catalog*. 9. edícia, Washington, 1994. <http://cool.conservation-us.org/coolaic/sg/bpg/pcc/index.html> [07.12.2016], s. 45

118 KENNEDY, Craig J. et al. Laser cleaning of parchment: structural, thermal and biochemical studies into the effect of wavelength and fluence. *Applied Surface Science*. Elsevier B.V., 2004, vol. 227, p. 151 – 163.

119 *Lao.cz*, 2011 [online]. Základní princip laseru a jejich delení. [cit.11.05.2017]. Dostupné z: <http://www.lao.cz/lao-info-49/serial-na-tema-lasery---zakladni-princip-laseru-a-jejich-deleni-127>

9.2.2.1 Princíp fungovania laseru

Svetlo bežného zdroja vzniká náhodným vybudením (excitovaním) atómov do vyššieho energetického stavu. Rovnako náhodne dochádza k ich navráteniu do základného stavu. Pre vznik laserového lúča je potrebné, aby sa čo možno najväčšie množstvo atómov dostalo do excitovaného stavu a zotrvalo v ňom dostatočne dlhú dobu. Toho je možné dosiahnuť napríklad ožiaraním rubínovej tyčinky svetlom výbojky. Niektorý z vybudených atómov potom pri náhodnom návrate do základného stavu vyžiari fotón, ktorý sa stáva zdrojom vyvolania stimulovanej emisie u ďalšieho atómu. Tento proces sa opakuje a znásobuje počet fotónov a v tyčinke začne vznikať stále silnejší lúč koherentného laserového svetla. Látky ktoré tento jav umožňujú sa nazývajú aktívne prostredie. V prípade prvého skonštruovaného laseru sa jednalo o kryštál rubínu vybudенý pomocou výbojky, súčasnej dobe je ale k tomuto účelu využívané obrovské množstvo látok rôznych skupenstiev.

K zaisteniu funkčnosti laseru je potrebné udržať fotóny vo vnútri aktívneho prostredia tak dlho, aby došlo k nahromadeniu energie. Pre tento účel je využívaný optický rezonátor s dvomi zrkadlami. V prípade aktívneho prostredia vo forme rubínovej tyčinky sú jej náprotivné konce zbrúsené kolmo na osu tyčinky. Jeden koniec je postriebrený a vytvára dokonalé zrkadlo, zatiaľ čo druhý je čiastočne priepustný. Vďaka vzájomnej rovnobežnosti oboch zrkadiel sa fotóny šíria v smere osy a laserový lúč je tak dokonale sústredený do jedného smeru.¹²⁰

9.2.2.2 Druhy laseru

Najčastejšie delenie druhov laseru je na základe typu aktívneho prostredia. Plynové lasery (napr. HeHe a CO₂ laser) bývajú využívané najmä na laserové rezanie.

Pevnolátkové lasery, ktorých aktívnym prostredím býva najčastejšie monokryštál excitovaný výbojkami alebo laserovými diódami, bývajú využívané na laserové rezanie, zváranie a značenie. Predstaviteľom tohto druhu laseru je napríklad Nd:YAG (monokryštál ytrium aluminium granátu dopovaného atómami neodymu).

V prípade vláknových laserov je aktívne prostredie tvorené optickým vláknom dopovaným atómami erbia (Er) alebo yterbia (Yr). K budeniu dochádza pomocou laserových diód, ktorých žiarenie je do aktívneho vlákna opätovne privádzané optickým vláknom. V súčasnosti sa jedná o najmodernejšiu technológiu pre priemyselné rezanie, zváranie a značenie.

Aktívnym prostredím polovodičových (diódových) laserov je elektricky čerpaná polovodičová dióda. Tieto lasery pri nízkych výkonoch vďaka svojim miniatúrnym rozmerom bývajú využívané v CD/DVD prehrávačoch, laserových tlačiarňach a pod., zatiaľ čo diódové lasery s vysokým výkonom sa využívajú najmä na zváranie a kalenie.

Chemické lasery budené na základe chemickej reakcie majú schopnosť dodať v krátkom čase veľké množstvo energie. Využitie sa sústreďuje prevažne na vojenské účely.

Excimer lasermi nazývame špeciálnu skupinu plynových laserov budených elektrickým výbojom, ktoré pracujú v ultrafialovej oblasti. Ich hlavné uplatnenie je vo fotolitografii.

Farebné lasery, ktorých aktívnym prostredím sú organické farbivá sú schopné žiariť na rôznych vlnových dĺžkach, čo ich predurčuje k použitiu najmä v oblasti vedy a výskumu.¹²¹

120 Cez.cz [online]. *Princíp laseru*. [cit.11.5.2017]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/microsites/laser/k22.htm#z>

121 Lao.cz, 2011 [online]. *Základní princip laseru a jejich delení*. [cit.11.5.2017]. Dostupné z: <http://www.lao.cz/lao-info-49/serial-na-tema-lasery---zakladni-princip-laseru-a-jejich-deleni-127>

9.2.2.3 Využitie laseru v reštaurovaní

Počiatky využívania laseru na poli reštaurovania siahajú do 60. rokov 20. storočia, kedy Artur Schawlow navrhuje zariadenie „laser eraser“ umožňujúce odstránenie silno absorbujúceho čierneho pigmentu z bieleho papiera, ktorý odráža laserový lúč. Ani po prevedení série testov však neboli výsledky natoľko uspokojivé, aby mohla byť technológia aplikovaná na čistenie pamiatok. Až v roku 1987 prebiehal v spojení s výrobcom laserov B. M. Industries vývoj mobilného laseru aplikovateľného v oblasti čistenia povrchu kamenných pamiatok. Na základe výsledkov bol laser prijatý organizáciu UNESCO a v roku 1993 bol zapojený do projektu reštaurovania katedrály v Amiens. Zásadným pre rozvoj technológie v oblasti reštaurovania mal v roku 1995 vznik konferencie LACONA (Lasers in the Conservation of Artworks). V priebehu niekoľkých rokov sa okrem reštaurovania kameňa využite laseru rozšírilo do oblasti reštaurovania maľby, papiera, textilu, kovu a pergamenu.¹²²

Laserový lúč má na rozdiel od bežného svetelného zdroja, akým je napríklad žiarovka, alebo slnko vysokú žiarivosť a taktiež vysoký stupeň čistoty v zmysle rozsahu vlnových dĺžok. Zatiaľ čo svetlo produkované bežným zdrojom obsahuje širokú škálu vlnových dĺžok, laserové žiarenie môže byť eliminované na jednu konkrétnu vlnovú dĺžku. Čistota lúča sa rovnako odráža i v schopnosti selektívneho odstránenia nežiadúceho materiálu, ako napríklad hrdze, alebo nánosu nečistoty.¹²³

Lasery používané v oblasti reštaurovania, akými sú pevnolátkové pulzné lasery Nd:YAG využívajú ako aktívne prostredie monokryštál ytrium alumínium granátu dopovaný atómami neodymu. Väčšina laserov tohto typu, ktoré sa dostali na trh v posledných rokoch, má strednú dĺžku trvania pulzu (IPD – Intermediate Pulse Duration). Tieto systémy sú založené na režime Short Free Running (SFR), ktorú umožňuje dĺžku pulzov medzi 50 ns – 3 μs, alebo Long Q-Switching (LQS) s dĺžkou pulzov 20 – 120 μs. Energia sa pohybuje v rozmedzí 0,1 – 1 J/puls.

Laserový lúč je u IPD laserov vedený optickým káblom. Prístroje sú vybavené dobre ovládateľnou hlavnou poskytujúcou homogénny bod ožiarenia. Lúč je u väčšiny komerčne dodávaných zariadení vedený klbovým ramenom, ktoré umožňuje vysoké impulzné energie (až do 1J). QS Nd:YAG systémy sú navyše vybavené možnosťou nastaviteľnej vlnovej dĺžky, čo umožnilo lepšiu aplikáciu technológie napríklad v oblasti čistenia organických materiálov.

Ablácia nečistôt pomocou laseru je nelineárny proces, ku ktorému dochádza v prípade, keď buď fluencia ožarovania, alebo intenzita (špičkový výkon na jednotku plochy) prekoná kritickú hranicu danú štruktúrou ožiareného materiálu. Zjednodušene, laserový lúč s vysokou energiou je v priebehu čistenia z väčšiny absorbovaný tmavou vrstvou povrchovej nečistoty, zatiaľ čo originálny materiál (za predpokladu, že je bledého zafarbenia) dopadajúce žiarenie odrazí. Pri absorpcii žiarenia do vrstvy nečistoty dochádza k interakcii (fotoablácii) spočívajúcej v kombinácii tepelných a mechanických reakcií.¹²⁴

Tepelná reakcia spôsobí prudký a úzko lokalizovaný nárast teploty na povrchu čisteného materiálu, čo vedie k taveniu, odparovaniu a vzniku plazmy (neutrálny ionizovaný plyn), kedy by teoreticky nemalo dochádzať k prenosu tepla hlbšie do materiálu.¹²⁵

122 ĐOUBAL, Jakub. *Technologie laserového čištění pískovcových památek*. Praha, 2013. Dizertační práce. ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Experimentální centrum. Školitel: prof. Ing. Petr Konvalinka, CSc. s. 15 – 16

123 COOPER, Martin et al. *Cleaning Safely with a Laser in Artwork Conservation*. Liverpool: National museums, 2006

124 ĐOUBAL, Jakub. *Technologie laserového čištění pískovcových památek*. Praha, 2013. Dizertační práce. ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Experimentální centrum. Školitel: prof. Ing. Petr Konvalinka, CSc. s. 17 – 18

125 GRZECHNIK, Ania. *Laser w konserwacji dzieł sztuki*. Warszawa, 1995. [text poskytla autorka práce]

Pri mechanickej reakcii je tvorba plazmy nasledovaná dynamickým rozpínaním, vytvára mechanické nárazové a zvukové vlny. Tie pri šírení materiálom spôsobujú rozptýlenie častíc rôznych veľkostí. Pomer tepelných a mechanických vlastností je závislý od dĺžky trvania pulzu, zloženia materiálu charakteru nečistoty a prítomnosti vody.¹²⁶

9.2.2.4 Veličiny charakterizujúce lasery

Výkon laseru udáva množstvo vyžiarenej energie na za čas (W). Poznáme špičkovú a strednú hodnotu optického výkonu.

Výkonová hustota lúča je výkon pôsobiaci na jednotku plochy lúča ($W.m^{-2}$).

Množstvo vyžiarenej energie je udávané v jouloch (J). Laserový lúč môže svietiť nepretržite, alebo v krátkych zábleskoch. V prípade zábleskov platí, že čím je kratšia doba záblesku, tým vyššia je špičková energia a výkon.

Účinnosť laseru je pomer medzi množstvom energie dodanej do prístroja a energiou, ktorá z neho vystupuje. Pohybuje sa v rozsahu 0,1 až 80 %.

Vlnová dĺžka lúča patrí medzi najzásadnejšie parametre laserového zariadenia a je udávaná v nanometroch (nm).

Počet kmitov za sekundu je určovaný pulznou frekvenciou lúča a je udávaný v hertzoch (Hz). V prípade, že je doba „rozsvietenia“ laseru niekoľkonásobne kratšia ako doba „zhasnutia“, hovoríme o pulznom laseri. Doba aktívneho stavu (šírka pulzu – laser svieti) sa u takýchto laserov udáva v nanosekundách (ns). Čím je pulz kratší, tým je vyšší výkon prístroja.

Fluenciou nazývame energetickú hustotu lúča. Jedná sa o energiu pôsobiacu na jednotku plochy lúča (S) a udáva sa v $J.cm^{-2}$.¹²⁷

9.2.3 Abrazívne čistenie

Abrazívnym čistením obecné nazývame proces, kedy dochádza k mechanickému odstráneniu nečistoty z povrchu materiálu ktorého výsledkom je jeho abrazia, tzn. obrúsenie, vyhladenie. V reštaurovaní sa pre takéto čistenie využívajú rôzne metódy. Medzi najbežnejšie patria čistenie skalpelom, kefami z konského vlásia, alebo štetcami zo skleneného vlákna. Samostatnú kapitolu tvorí abrazívne čistenie pomocou technológie pieskovania.

9.2.3.1 Čistenie pomocou mikropieskovačky

Pieskovačky, resp. mikropieskovačky sú zariadenia obecné využívané pre abrazívne opracovanie, alebo čistenie povrchu materiálov. V prípade mikropieskovačiek sa jedná o malé prístroje nízkej hmotnosti s možnosťou regulácie tlaku a množstva abrazíva. Súčasťou zariadenia je kompresor a vo väčšine prípadov i sušička vzduchu. Jednou z nevýhod techniky je vysoká prašnosť a tým i potreba odsávacieho zariadenia v kombinácii s respirátorom a vhodnou ochranou očí.¹²⁸ Mikropieskovačky môžu mať tiež podobu uzatvorenej komory vybavenej odsávacím systémom a „vchodmi“ pre ruky v rukaviciach.¹²⁹

126 ĐOUBAL, Jakub. *Technologie laserového čištění pískovcových památek*. Praha, 2013. Dizertační práce. ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Experimentální centrum. Školitel: prof. Ing. Petr Konvalinka, CSc. s. 17 – 18

127 Ibidem, s. 18 – 19

128 Ibidem, s. 183

129 RESCIC, Silvia et al. The micro-sandblasting technique as a new tool for the evaluation of the state of conservation of natural stone and mortar surfaces. In: *European Journal of Environmental and Civil Engineering*. London: Taylor & Francis, 2013. vol. 17:2, p. 113-127

Všetky druhy pieskovacích zariadení fungujú na jednoduchom princípe, kedy je jemnozrnný piesok, alebo iné abrazívum vzduchom vyháňané z tlakovej pištole, pričom veľkosť abrazíva je limitovaná veľkosťou použitej trysky. Povrch materiálu, na ktorý je táto pištoľ namierená je čistený a obrusovaný. Využívané môžu byť rôzne kombinácie rýchlosti pohybu abrazíva, vzdialenosti od povrchu a uhlu dopadu.¹³⁰

Veličiny charakterizujúce mikropieskovačky sú tlak abrazívneho prúdu (bar), priemer trysky, vzdialenosť medzi tryskou a čisteným materiálom a druh abrazívneho prášku. V prípade komerčných abrazívnych práškov môžeme v technickom liste nájsť bližšie informácie, ako napr. tvrdosť abrazívneho produktu, alebo či sa jedná o monominerálny, alebo polyminerálny prášok.

Medzi výhody metódy mikropieskovania patrí nemenný čistiaci účinok v procese čistenia vzhľadom na plynulé „obnovovanie“ prúdu abrazíva a tiež možnosť modifikácie operatívnych podmienok (doba čistenia, tlak prúdu abrazíva) a typu abrazívneho prášku (geometria, veľkosť, tvrdosť a charakter zrn).¹³¹

9.2.4 Iné spôsoby suchého čistenia

Zvláštnym spôsobom šetrného mechanického očistenia je otieranie povrchu pergamentu vankúšikom z jemnej tkaniny obsahujúcim jemný prášok absorbujúci nečistoty a masť. Prášok je počas čistenia uvoľňovaný a nečistota sa na neho nabaluje. Po očistení je prášok odmetený štetcom.¹³² Nevýhodou je riziko nerovnomerného čistenia a prípadné problémy s odstránením prášku z otvoreného povrchu pergamentu.

9.3 Mokrý čistenie

Vo všeobecnosti sa mokrý čistenie zvažuje v prípade zlyhania pri odstraňovaní nečistoty suchou cestou. V takomto prípade je primárnym krokom test znášateľnosti prítomných záznamových prostriedkov a lokálnych znečistení (ktoré nie sú určené k odstráneniu) na vodu, či iné rozpúšťadlá ktoré zamýšľame použiť. V prípade, že sa takáto neznášateľnosť potvrdí a i napriek tomu pretrváva zámer uskutočniť čistenie, je vhodné použiť fixačný prostriedok. Pre mokrý čistenie pergamentu je len zriedkakedy použitá čistá voda. Oveľa častejšie je využitie vody s podielom organického rozpúšťadla.¹³³

9.3.1 Čistenie organickými rozpúšťadlami

Primárne za účelom odstránenia neesteticky pôsobiacich škvŕn organického pôvodu, ako napríklad od krvi, vosku, alebo oleja býva aplikované čistenie organickými rozpúšťadlami. V prípade vodných roztokov organických rozpúšťadiel je z pravidla podiel rozpúšťadla minimálne 50 % a maximálne 80 %. Dôvodom je snaha o predídenie nadmernému bobtnaniu pergamentu pri väčšinovému obsahu vody v kúpeli. Zároveň pri jeho obsahu presahujúcom 80 % môže dôjsť k úplnému odmasteniu materiálu. Pri práci s organickými rozpúšťadlami je samozrejmosťou dodržanie zásad ochrany zdravia (práca v digestore, využitie masky s filtrami, rukavíc a pod.).

130 BENEŠOVÁ, Jaroslava. *Konzervování a restaurování kovů: ochrana předmětů kulturního dědictví z kovů a jejich slitin*. Brno: Technické muzeum v Brně - Metodické centrum konzervace, c2011. s. 260

131 RESCIC, Silvia et al. The micro-sandblasting technique as a new tool for the evaluation of the state of conservation of natural stone and mortar surfaces. In: *European Journal of Environmental and Civil Engineering*. London: Taylor & Francis, 2013. vol. 17:2, p. 113-127

132 ĎUROVIČ, Michal. *Restaurování a konzervování archiválií a knih*. Praha: Paseka, 2002. s. 256

133 ZELINGER, Jiří. *Konzervace pergamentu a jeho uložení*. Praha: Národní knihovna, 1992. s. 56

Medzi najčastejšie využívané rozpúšťadla patrí koncentrovaný isopropanol. Isopropanol má menšiu tenziu pár ako napríklad etanol a zároveň má biocídny účinok, teda má schopnosť ničiť mikroorganizmy, akými sú napríklad spomínané plesne. Podobný účinok má i butylalkohol, prekážkou je však jeho zdravotná zavadnosť.

Častou formou znečistenia pergamenu býva zatretá špina a mastnota napríklad na ohmataných okrajoch strán pergamenového knižného bloku. V tomto prípade možno čistiť roztokom polyetylglykolu v metanole. Rovnako tak sa pre tento typ znečistenia a taktiež mastných škvŕn iného pôvodu (napr. od farebného vosku) osvedčilo použitie lekárenského benzínu. Ideálnym spôsobom aplikácie je formou prikladania vatových tampónov nasýtených rozpúšťadlom.¹³⁴

Najmä v minulosti nebolo výnimkou celoplošné čistenie resp. „kúpanie“ pergamenu. K tomuto účelu bol najčastejšie využívaný vodno-etanolový roztok. Platí pravidlo, že čím je pergamen tenší, tým vyšší by mal byť obsah alkoholu v kúpeli. V kúpeli je možné umocniť čistiaci efekt otieraním povrchu pergamenu jemným štetcom.¹³⁵ Mimo riziká akými sú vysušenie, otvorenie štruktúry miernou denaturáciou bielkoviny a transport zvyšných tukových zložiek hrozí pri dlhodobom námoku aj vymytie plnív ktoré majú v materiáli ochrannú funkciu.¹³⁶ Pri následnom sušení je nutné pergamen zaťažiť, ale v žiadnom prípade nesmie dôjsť k jeho lisovaniu. Zlepením kolagénových vlákien pri lisovaní môže dôjsť k jeho čiastočnému, alebo úplnému stranspareneniu. K takýmto kúpeľom boli niekedy používané i vodné roztoky isopropanolu, či metanolu. Najmä v prípade metanolu sa však na rozdiel od etanolu výrazne zvyšujú nároky na bezpečnosť práce, pričom výhody metanolu v tomto prípade v praxi neboli potvrdené. Mokrú čistenie pergamenu je dnes považované za nevhodné a od tejto metódy sa čoraz častejšie upúšťa.¹³⁷

9.3.2 Iné formy mokrého čistenia

Čistenie pomocou derivátov celulózy sa osvedčilo napríklad pri odstraňovaní zvyškov gleja. Pre požadovaný efekt sa odporúča krátkodobé vlhčenie postihnutého miesta 4 % roztokom derivátu celulózy, napríklad metylhydroxyethylcelulózy (Tylose MH 6000). Po prevlhčení by malo byť možné glej mechanicky odstrániť.¹³⁸ Podobný výsledok ako v prípade použitia derivátov celulózy môže byť dosiahnutý aplikáciou škrobového mazu, či vlhčením pomocou parového skalpelu.

V minulosti tradičným, dnes však už takmer zabudnutým čistiacim prostriedkom je i mlieko.¹³⁹

9.4 Čistenie na princípe chemickej reakcie

9.4.1 Čistenie pomocou enzýmov

V literatúre sa pre účely čistenia objavuje i použitie slín, pričom dôvodom úspešnosti tejto metódy môže byť ich enzymatická aktivita. Medzi spoľahlivejšie metódy na odstránenie zvyškov pojív radíme využitie enzýmov v čistom stave.¹⁴⁰

134 AMERICAN INSTITUTE FOR CONSERVATION OF HISTORIC AND ARTISTIC WORKS. *Paper Conservation Catalog*. 9. edícia, Washington, 1994. <http://cool.conservation-us.org/coolaic/sg/bpg/pcc/index.html> [07.12.2016], s. 44

135 ZELINGER, Jiří. *Konzervace pergamenu a jeho uložení*. Praha: Národní knihovna, 1992. s. 56 – 57

136 ĎUROVIČ, Michal. *Restaurování a konzervování archiválií a knih*. Praha: Paseka, 2002. s. 257

137 ZELINGER, Jiří. *Konzervace pergamenu a jeho uložení*. Praha: Národní knihovna, 1992. s. 56 – 57

138 Ibidem, s. 57

139 AMERICAN INSTITUTE FOR CONSERVATION OF HISTORIC AND ARTISTIC WORKS. *Paper Conservation Catalog*. 9. edícia, Washington, 1994. <http://cool.conservation-us.org/coolaic/sg/bpg/pcc/index.html> [07.12.2016], s. 44

140 ZELINGER, Jiří. *Konzervace pergamenu a jeho uložení*. Praha: Národní knihovna, 1992. s. 57

Čistenie pomocou enzýmov sa využíva v prípade potreby odstránenia napr. zvyškov starých lepidiel na prírodnej báze, akými sú škrob, glej, želatína a kazeín, ale aj iných látok, akými sú krv či masné škvrny. Účinnosť enzýmu sa odvíja od presne definovaných podmienok, ako je teplota, pH a tiež čistota enzýmu. V závislosti na type nečistoty je zvolený daný typ enzýmu. Problematickou, najmä v prípade pergamenu, môže byť splnenie požiadavky čo možno najdokonalejšieho odstránenia enzýmu po procedúre.¹⁴¹

9.4.2 Bielenie

Medzi špeciálny a nie často používaný spôsob čistenia radíme bielenie. V zjednodušenej forme v ňom ide o využitie chemických (najmä oxidačných a redukčných) a fyzikálnych (najmä UV-žiarenie) postupov odbúravania farbotočných skupín atómov v molekulách na bezfarebné skupiny. Bielenie vo všeobecnosti nie je v prípade čistenia pergamenu odporúčané, najmä preto že sa jedná o radikálny zásah do chemickej štruktúry materiálu. V prípade, že sa pre tento krok predsa len rozhodneme, jeho využitie by malo byť obmedzené iba na odstránenie lokálnych škvŕn.

Pre účely odstránenia napríklad krvavých, atramentových, či plesňových škvŕn sa osvedčilo použitie peroxidu vodíka. Tento postup bol v roku 1962 vyvinutý Ottom Wächterom. Miesto sa odporúča mierne navlhčiť a následne vystaviť parám 8 %, alebo 30 % roztoku peroxidu vodíka alkalizovaného kvapkou amoniaku. Postup je možné opakovať k dosiahnutiu uspokojivého výsledku.¹⁴² Priama aplikácia peroxidu sa neodporúča na základe Wächterových zistení, že môže dôjsť k rozkladu pergamenu.¹⁴³

Výhradne pre bielenie škvŕn od plesne literatúra odporúča použitie slabého roztoku kyseliny šťaveľovej, vodný roztok kvasníc, alebo 6 – 10 % roztok chloraminu B (N-chlorbenzen-sulfoamid sodný).¹⁴⁴ Chloramín môže spôsobovať žltnutie a degradačné zmeny u niektorých druhov pergamenov a rovnako tak bola na základe výskumu v Centre de Recherches sur la Conservation des Documents Graphiques v Paríži potvrdená nemožnosť kompletnej eliminácie zvyškového chlóru z materiálu, na základe čoho je jeho použitie nutné vylúčiť.¹⁴⁵ Podobne nie je žiaduce ani použitie chlóru, a to pre nedostatočnú účinnosť v oblasti čistenia, ale najmä z dôvodu rizika hnedého zafarbenia pergamenu.

Rovnako je možné sa stretnúť i s použitím čistiacich pást kombinujúcich bieliaci a čistiaci efekt. Príkladom je pasta zložená z 80 ml 10 % amoniaku, 15 g detského mydla, 5 g boraxu, 6,2 ml 96 % etanolu a 120 ml vody. Pergameny čistené touto formou vykazovali po prirodzenom i umelom starnutí uspokojivú pevnosť v ťahu, elasticitu, hygroskopicitu a pH. U nás sa však dnes táto metóda nevyužíva.¹⁴⁶

Medzi ďalšie pomerne kontroverzné v literatúre uvádzané metódy patrí bielenie citrónovou šťavou či dokonca šťavou z cibule.

Rovnako ako v prípade bielenia papiera sa od praktizovania bielenia pergamenových artefaktov upúšťa. Dôvodom sú nie len riziká z neho plynúce, ale taktiež výsledok v podobe nežiadúceho a neprirodzeného vzhľadu historického materiálu.¹⁴⁷

141 ĎUROVIČ, Michal. *Restaurování a konzervování archiválií a knih*. Praha: Paseka, 2002. s. 208

142 ZELINGER, Jiří. *Konzervace pergamenu a jeho uložení*. Praha: Národní knihovna, 1992. s. 58 – 59

143 AMERICAN INSTITUTE FOR CONSERVATION OF HISTORIC AND ARTISTIC WORKS. *Paper Conservation Catalog*. 9. edícia, Washington, 1994. <http://cool.conservation-us.org/coolaic/sg/bpg/pcc/index.html> [07.12.2016], s. 58 – 59

144 ZELINGER, Jiří. *Konzervace pergamenu a jeho uložení*. Praha: Národní knihovna, 1992. s. 58 – 59

145 AMERICAN INSTITUTE FOR CONSERVATION OF HISTORIC AND ARTISTIC WORKS. *Paper Conservation Catalog*. 9. edícia, Washington, 1994. <http://cool.conservation-us.org/coolaic/sg/bpg/pcc/index.html> [07.12.2016], s. 59

146 ZELINGER, Jiří. *Konzervace pergamenu a jeho uložení*. Praha: Národní knihovna, 1992. s. 58 – 59

147 KITE, Marion. a Roy. THOMSON. *Conservation of leather and related materials*. Boston: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2006. Butterworth-Heinemann series in conservation and museology. s. 211

II Experimentálna časť

10 Čistenie pergamenu pomocou techniky laseru a abrazívneho čistenia

10.1 Ciele výskumu

Experimentálna časť diplomovej práce sa venuje vybraným druhom čistenia, a to konkrétne čisteniu laserom a čisteniu tryskaním za pomoci mikropieskovačky. Napriek tomu, že ani jedna z uvedených techník nie je na poli reštaurovania novinkou, ich využitie v rámci reštaurovania pergamenu je v súčasnosti stále ešte v štádiu vývoja a vyžaduje ďalšie prehlbovanie a upresňovanie.

Cieľom výskumu je teda overenie šetrnosti, resp. deštruktívnosti vybraných metód čistenia pergamenu. Konkrétne sa jedná o technológiu laseru a mikropieskovačky. V prípade laseru boli pre výskum zvolené dve nastavenia hodnôt vlnových dĺžok, ktorých účinky budú porovnané. Konkrétne sa jedná o vlnové dĺžky 532 nm a 1064 nm a pri ich voľbe sme vychádzali z rešerše výskumov zameraných na čistenie pergamenu laserom. V prípade čistenia mikropieskovačkou boli zvolené dva testované druhy abrazíva, a to sklenená balotina a mleté orechové škrupiny.

Pre testovanie účinkov čistení budú pripravené vzorky nového i historického pergamenu. Hlavným dôvodom zahrnutia vzoriek nového pergamenu ako materiálu k výskumu je možnosť definovania charakteru a množstva nečistoty. Po aplikácii čistenia na vzorkách nového pergamenu a porovnaní výsledkov analýz pred a po čistení bude rozhodnuté, či a ktoré metódy budú aplikované aj na vzorky historického pergamenu. Výsledky všetkých analýz budú obsiahnuté v závere experimentálnej časti.

10.2 Použité materiály a chemikálie

- Kozí pergamen zhotovený v Ateliéri restaurování a konzervace papíru, knižní vazby a dokumentů¹⁴⁸
- Historický väzobný pergamen z pokryvu knihy *Böhmische Chronik*, Wenceslaus Hageci, vytlačenej v Norimberku u Baltazara Endtera v roku 1697¹⁴⁹
- Historický písací pergamen zo zbierok Národného Muzea v Praze a od súkromného darcu¹⁵⁰
- Prírodný pigment sadzová čerň, Kremer Pigmente GmbH & Co. KG (furnace black – 47250), Chemical Characterization: Amorphous carbon black. Pigment Black 7, C.I. 77266, Carbon black (CAS No. 1333-86-4, EINECS 215-609-9); REACH, Reg. No. 01-2119384822-32-0032 (TPR)
- Prach zo zbierkových predmetov v depozitári SOA Svitavy so sídlom v Litomyšli, odobratý pomocou múzejníckeho vysávača (analýza zloženia vid' kapitola 15 Textová príloha)

148 Koža bola umiestnená v námoku vody a haseného vápna po dobu 3 týždňov, bola ďalej odchlpená, vypraná v čistej vode a napnutá na rám. Na ráme pomocou oblého noža prebiehalo miazdrenie a následne schnutie.

149 Ide o pôvodnú väzbu, takže možno očakávať, že pergamen vznikol okolo roku 1697. Kniha pochádza z depozitára Vědecké knihovny v Olomouci.

150 Kúsiky pergamenu slúžili ako makulatúra iných kníh. Podľa písma na fragmentoch (gotická textura) môžeme pergamen zaradiť približne do 14. st.

10.3 Použité technológie

10.3.1 Technológie použité pri čistení

- Laser Thunder Art



obr. č. 12 – Laser Thunder Art (foto zdroj: www.lightforart.com)

- Mikropieskovačka Renfert Basic Mobil



obr. č. 13 – Mikropieskovačka Renfert Basic Mobil
(foto zdroj: www.renfert.com)

10.3.2 Technológie použité v rámci analýz a prípravy vzoriek

- Digitálny fotoaparát Canon EOS 70D
- Elektrónový mikroskop MIRA 3 LMU (Tescan) s energiovo-disperzným analytickým systémom Quantax 200 (Bruker)
- 3D digitálny mikroskop HIROX RH-2000
- Klimatická komora BMT Climacell® 404 s osvetlením
- Laboratórna váha KERN & Sohn GmbH, PLJ 700-3CM (max. 750 g, min. 0,02 g)
- Stereomikroskop Leica S6 D a fotoaparát Canon EOS 600D
- Prenosný spektrofotometer CM – 2600d (Konica Minolta, Japonsko) Q sun Xenon Test Chamber (Q panel Liebisch)
- Múzejnícky vysávač Philips Minivac 850 Watt

10.4 Príprava a označenie vzoriek

10.4.1 Nový pergamen

Pre prípravu vzoriek nového pergamenu bol použitý pergamen zhotovený študentami FR UPCE v rámci praktickej výuky v Ateliéri restaurovaní a konzervácie papíru, knižní vazby a dokumentů. Jednalo sa koží pergamen, ktorého jedna časť bola opracovaná tak, aby imitovala písací pergamen (tzn. z mäsovej strany) a druhá naopak väzobný (opracovávaná z lícovej strany). Pre imitáciu znečistenia boli zvolené dva druhy „nečistoty“, a to prach získaný z pomocou múzejníckeho vysávača z priestorov depozitára SOA Svitavy so sídlom v Litomyšli a pigment lampová čerň. Povrch pergamenu bol upravovaný škrabaním pomocou nalámaných sklíčok. Po dosiahnutí požadovaných vlastností povrchu boli narezané vzorky o veľkosti 5 x 5 cm. Konkrétne sa jednalo o 40 vzoriek písacieho pergamenu a 40 vzoriek väzobného. Vzhľadom na zámer skúmať účinky čistenia pomocou laseru v dvoch vlnových dĺžkach a mikropieskovačky s využitím dvoch druhov abrazíva bolo pre každú techniku pripravených 10 vzoriek (5 znečistených prachom a 5 znečistených lampovou, resp. sadzovou čerňou).

Vzorky boli označené z rubovej strany v pravom dolnom rohu liehovou fixou nasledovným spôsobom: Prvé písmeno označenia určuje techniku, akou bude vzorka čistená („M“ znamená mikropieskovačka a „L“ znamená laser). Nasleduje rímska číslica určujúca v prípade mikropieskovačky typ abrazíva a v prípade laseru hodnotu použitej vlnovej dĺžky (napr. LI – čistenie laserom pri 1064 nm; MII – čistenie mikropieskovačkou s použitím orechových škrupín ako abrazíva). Písmeno za rímskou číslicou označuje druh znečistenia („p“ znamená prach a „s“ znamená pigment sadzová čerň). Ako posledné sa v označení nachádza číslo daného druhu vzorky (1 – 5).

Príklad: MIp1 – vzorka číslo 1 znečistená prachom, čistená technikou mikropieskovania s použitím sklenenej balotiny ako abrazíva.

LASER							
LI - 1064 nm				LII - 532 nm			
väzobný		písací		väzobný		písací	
prach	pigment	prach	pigment	prach	pigment	prach	pigment
Llp1	Lls1	Llp1	Lls1	LIIp1	LIIs1	LIIp1	LIIs1
Llp2	Lls2	Llp2	Lls2	LIIp2	LIIs2	LIIp2	LIIs2
Llp3	Lls3	Llp3	Lls3	LIIp3	LIIs3	LIIp3	LIIs3
Llp4	Lls4	Llp4	Lls4	LIIp4	LIIs4	LIIp4	LIIs4
Llp5	Lls5	Llp5	Lls5	LIIp5	LIIs5	LIIp5	LIIs5

tab. č. 1 – Vzorky nového pergamenu čistené laserom

MIKROPIESKOVAČKA							
sklenená balotina				orechové škrupiny			
väzobný		písací		väzobný		písací	
prach	pigment	prach	pigment	prach	pigment	prach	pigment
Mlp1	Mls1	Mlp1	Mls1	MIIp1	MIIs1	MIIp1	MIIs1
Mlp2	Mls2	Mlp2	Mls2	MIIp2	MIIs2	MIIp2	MIIs2
Mlp3	Mls3	Mlp3	Mls3	MIIp3	MIIs3	MIIp3	MIIs3
Mlp4	Mls4	Mlp4	Mls4	MIIp4	MIIs4	MIIp4	MIIs4
Mlp5	Mls5	Mlp5	Mls5	MIIp5	MIIs5	MIIp5	MIIs5

tab. č. 2 – Vzorky nového pergamenu čistené mikropieskovačkou

LASER			
1064 nm		532 nm	
väzobný	písací	väzobný	písací
LI1	LI1	LII1	LII1
LI2	LI2	LII2	LII2
LI3	LI3	LII3	LII3
LI4		LII4	
LI5		LII5	

tab. č. 3 – Vzorky historického pergamenu čisteného laserom

MIKROPIESKOVAČKA			
sklenená balotina		orechové škrupiny	
väzobný	písací	väzobný	písací
MI1	MI1	MII1	MII1
MI2	MI2	MII2	MII2
MI3	MI3	MII3	MII3
MI4		MII4	
MI5		MII5	

tab. č. 4 – Vzorky historického pergamenu čisteného mikropieskovačkou

10.4.2 Historický pergamen

Vzorky historického pergamenu boli pripravené narezaním originálneho historického materiálu. Vázobný pergamen pochádzal z pokryvu knižnej väzby z fondu Vědecké knihovny v Olomouci. Kniha bola zapožičaná za účelom reštaurovania, v rámci ktorého bola vyhotovená konzervačná väzba podľa Ch. Clarksona. Menšie kusy písacieho pergamenu obsahujúce rukopisný text pochádzali zo zbierok Národného múzea v Prahe a od súkromného darcu.

Pergamen bol v rámci prípravy vzoriek narezaný na štvorcíky s rozmermi 5 x 5 cm. Pripravených bolo celkovo 32 vzoriek. Z väzobného pergamenu bolo pripravených 20 vzoriek (vždy 5 vzoriek pre každú techniku čistenia). Vzhľadom na nedostatok historického materiálu podobného charakteru sme počet vzoriek písacieho pergamenu obmedzili z 5 na vždy 3 vzorky rovnakého typu pre danú metódu.

Vzorky boli, rovnako ako v prípade nového pergamenu označené z rubovej strany v pravom dolnom rohu liehovou fixou. Spôsob označenia bol identický s označením vzoriek nového pergamenu, s výnimkou určenia druhu umelého znečistenia, ktoré v prípade historického pergamenu nebolo vykonané.

10.5 Aklimatizovanie vzoriek

Po označení boli vzorky vložené do klimatizovanej komory na aklimatizáciu podľa normy ISO 187. Táto norma odporúča nastavenie podmienok v klimatizovanej komore na 23 °C a RH 50 %. Vzhľadom nato, že norma ISO 187 je stanovená na základe predpokladu práce s papierom a nie s pergamenom, prispôbili sme hodnotu odporúčanej vlhkosti tomuto faktoru a zvýšili ju na 55 %.

10.6 Váženie vzoriek

Po označení a klimatizácii podľa modifikovanej normy ISO 187 boli jednotlivé vzorky zvážené pomocou analytických váh (viď kapitola 10.3.2 Technológie použité v rámci analýz a prípravy vzoriek). Získané údaje o hmotnosti boli zaznamenané. K opätovnému zváženiu vzoriek došlo po aplikácii nečistoty (viď kapitola 10.7 Umelé zanesenie nečistoty do vzoriek). Na základe hmotnostného prírastku bol stanovený aritmetický priemer, teda priemerný hmotnostný prírastok u jednotlivých druhov vzoriek.

	väzobný pergamen			písací pergamen		
	pred (g)	po (g)	hm. Prírastok (g)	pred (g)	po (g)	hm. Prírastok (g)
prach	0,616	0,622	0,006	0,481	0,799	0,318
pigment	0,644	0,649	0,006	0,444	0,529	0,085

tab. č. 5 – Hmotnostný prírastok zanesenej nečistoty

10.7 Umelé zanesenie nečistoty do vzoriek

Ako bolo vyššie spomenuté vzorky boli umelo znečistené prachom alebo pigmentom. Zámerom bolo vytvorenie v rámci možností pergamenu opticky homogénnu vrstvu nečistoty. Prach, ako forma znečistenia imitujúca reálne znečistenie zbierkových predmetov, bol získaný vysatím nečistoty z povrchu objektov a políc v depozitári SOA Svitavy so sídlom v Litomyšli. Na tento účel bol použitý múzejnícky vysávač s regulovateľným odťahom. Pred vysatím bol prístroj vyčistený a opatrený novým vreckom.

Ďalšou formou umelého znečistenia bol čierny pigment. Tento materiál bol zvolený z dôvodu lepšieho vizuálneho posúdenia účinnosti skúmaných metód čistenia. Konkrétne sa jednalo o lampovú, resp. sadzovú čerň. Daný pigment sa vyznačuje jemnosťou zrna v porovnaní s ostatnými čiernymi pigmentami.

Do vzoriek bola následne zanesená nečistota formou vtierania do štruktúry. Vtieranie bolo prevedené prstom v latexových rukaviciach. Po takejto aplikácii bola vzorka jemne oklepaná pre odstránenie prebytku, opätovne zvážená a umiestená do klimatizovanej komory.



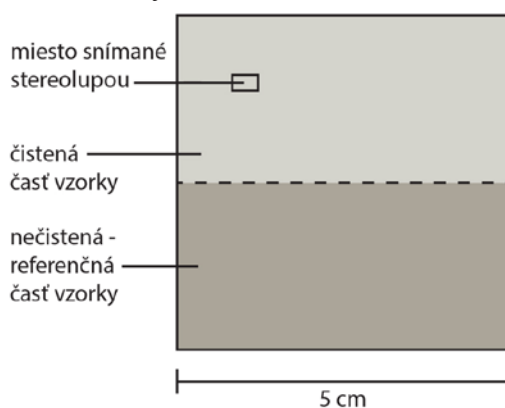
obr. č. 14 – Zanesenie nečistoty do vzorky

Po umelom zanesení nečistoty boli vzorky opäť umiestené v klimatizovanej komore podrobené výkyvom RH a teploty. Tento proces mal za úlohu zanesenie nečistoty hlbšie do štruktúry materiálu a zároveň čiastočnú imitáciu možných výkyvov klimatických podmienok prostredia, v ktorom boli uložené reálne zbierkové objekty.

Tento proces prebiehal v prostredí so stálou teplotou 23 °C, kde bolo 8 krát, vždy po uplynutí 24 hodín zmenené nastavenie vlhkosti. Prvých 24 hodín bola hodnota RH zvýšená na 80 %. Po uplynutí 24 hodín bola znížená na 40 %, následne opäť zvýšená na 80 % atď. Celkovo boli vzorky vystavené 4 cyklom vysokej a 4 cyklom nízkej vlhkosti.

10.8 Fotodokumentácia vzoriek

Vzorky boli nafotené pomocou digitálneho fotoaparátu Canon EOS 70D za použitia štúdiového osvetlenia so zábleskovými svetlami Digital Pro 500X. Vybraný detail jednotlivých vzoriek bol zdokumentovaný pomocou Stereomikroskopu Leica S6 D na Canon EOS 600D. Boli vyhotovené snímky v priamom a v bočnom svetle pri zväčšení 40x. Vzhľadom na odchýlky spôsobené vzdialenosťou od snímanej plochy sú súčasťou vyhotovených snímok mierky.



obr. č. 15 – Schéma vzorky so zakreslením miesta snímaného stereolupou

10.9 Meranie farebnosti

K meraniu farebnosti vzoriek bol použitý prenosný spektrofotometer CM – 2600d (Konica Minolta, Japonsko) (viď kapitola 10.3.2 Technológie použité v rámci analýz a prípravy vzoriek). Celková farebná diferencia ΔE^* bola určená pomocou farebného priestoru CIELab podľa vzťahu:

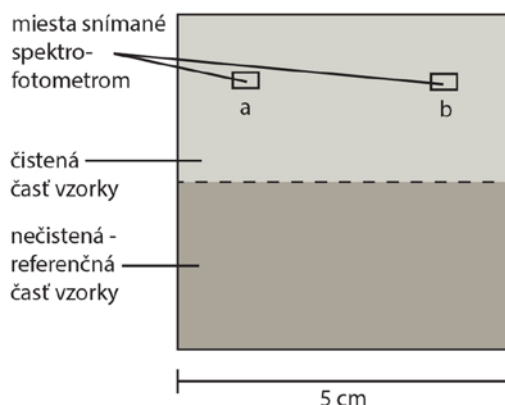
$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

Jedná sa o systém troch pravouhlých osí, kde vertikálna os L odpovedá mernej svetelnosti, horizontálna os a odpovedá v zápornej časti zelenej farbe a v kladnej červenej farbe, na ose b odpovedajú záporné hodnoty modrej a kladné hodnoty žltej farbe.¹⁵² V snahe zaznamenať farebnosť tých istých meraných bodov pred a po čistení bola z lepenky vyhotovená pomôcka, kde boli vzorky čiastočne vsunuté pod pruh melinexu a umiestnené vždy rovnaké miesto podľa značiek.



obr. č. 16 – Meranie farebnosti spektrofotometrom

Vzorky boli merané v 2 bodoch a meranie bolo prevedené za stanovených podmienok, kedy svetelný zdroj D65 simuloval denné osvetlenie, uhol pozorovateľa bol 10° , priemer meranej plochy bol 8 mm, jednalo sa o sekvenciu troch snímok a meranie SCI (s leskom) a SCE (bez lesku). Vzhľadom na prítomné záznamové prostriedky, ktoré by mohli skresľovať namerané hodnoty, farebnosť vzoriek historického písacieho pergamenu nebola meraná.



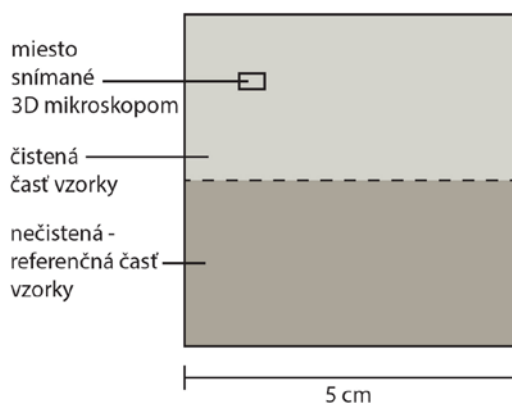
obr. č. 17 – Schéma vzorky so zakreslením miesta snímaného spektrofotometrom

152 Vik, Michal. *Základy měření barevnosti vzhledu – Barevné Odchylky*. [online skripta] Laboratoř Měření Barevnosti a Vzhledu, Katedra textilních materiálů, Fakulta textilní, Technická univerzita v Liberci. Dostupné z: <http://dirk.kmi.tul.cz/depart/ktc/sylaby/Kolorimetrie/vcoldif.pdf>. s. 31 [cit. 29. 6. 2017]

Kvôli možnosti porovnať farebnosť vzoriek nového pergamenu čisteného laserom s pergamenom bez zanesenej nečistoty bola meraná farebnosť i 4 takýchto vzoriek, konkrétne 2 vzoriek väzobného a 2 vzoriek písacieho pergamenu. Každá vzorka bola meraná v 4 bodoch. Po zmeraní farebnosti bolo na vzorkách aplikované „čistenie“ laserom v oboch skúmaných vlnových dĺžkach a vzorky boli opäť zmerané. Výsledky boli porovnané a popísané v kapitole 11.1.3 Farebnosť.

10.10 Skenovanie 3D mikroskopom

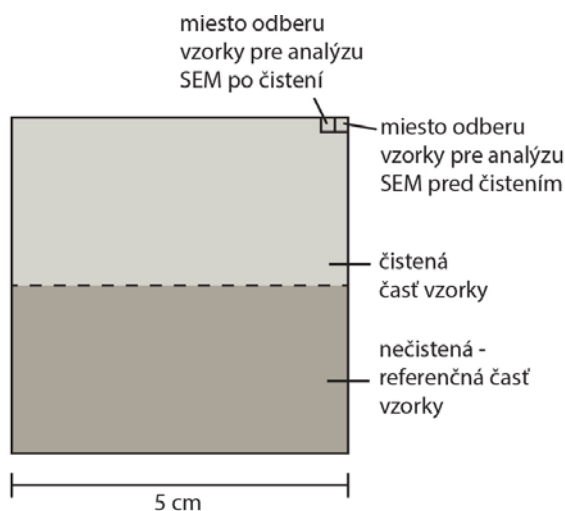
Vybrané vzorky boli snímané 3D mikroskopom HIROX RH-2000 pri zväčšení 500x. Skúmaná bola drsnosť materiálu a povrchové zmeny po čistení. Výstupom boli 3D snímky reliéfu a 5 profilov materiálu. Na základe najvyšších vrcholov reliéfu a jeho najhlbších sediel boli zaznamenané priemerné číselné hodnoty drsnosti materiálu. Snímané boli vzorky historického pergamenu i nového pergamenu. V prípade vzoriek nového písacieho pergamenu však prístroj vzhľadom na otvorenú štruktúru jeho povrchu, a tým pádom značný rozdiel medzi vyvýšenými a zahĺbenými miestami materiálu, nebol schopný vyhotoviť uspokojivý 3D snímok a profil reliéfu. Z tohto dôvodu a taktiež vzhľadom na charakter materiálu (k zmenám v reliéfe, resp. k zmenám v polohe vlákien dochádza aj pri bežnej manipulácii so vzorkami) bolo od ich snímania upustené.



obr. č. 18 – Schéma vzorky so zakreslením miesta snímaného 3D mikroskopom

10.11 Skenovanie technológiou SEM

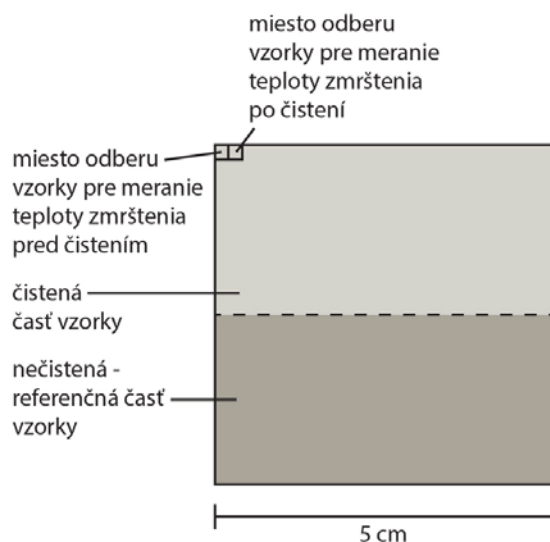
Vzorky pre analýzu elektrónovým mikroskopom vo veľkosti cca 2 x 2 mm boli odobraté z pravého horného rohu vzoriek pred čistením a následne po čistení z miesta čo možno najbližšieho miesta prvého odberu. Skúmané boli výhradne vzorky pergamenu čisteného technológiou laseru. Snahou bolo získať predstavu o prípadných zmenách morfológie povrchu materiálu pred a po čistení a o miere prípadného poškodenia spôsobeného čistením.



obr. č. 19 – Schéma vzorky so zakreslením miesta odberu vzoriek

10.12 Meranie teploty zmrštenia kolagénu

Vzorky kolagénových vlákien pre meranie teploty zmrštenia boli odobraté zo vzoriek historického pergamentu. Odobrané vzorky mali veľkosť cca 2 x 2 mm a miestom odberu bol ľavý horný roh. Primárne boli analýze podrobené vzorky čistené laserom, vzhľadom nato, že pri procese čistenia dochádza ku krátkodobému nárastu teploty, ktorý by teoreticky mohol degradačne pôsobiť na kolagénovú štruktúru materiálu. Pri abrazívnom čistení je takého poškodenie nepravdepodobné, pre potvrdenie tohto predpokladu bola však analýza podrobená i vzorka pergamentu čisteného mikropieskovačkou.



obr. č. 20 – Schéma vzorky so zakreslením miesta odberu vzoriek

10.13 Čistenie laserom

V rámci praktického testovania čistenia pergamentu pomocou techniky laseru sme sa rozhodli pre využitie dvoch vlnových dĺžok, a to konkrétne 532 nm (zelené svetlo) a 1064 nm (infračervené svetlo). Tieto nastavenia boli zvolené na základe rešerše zahraničných výskumov zaoberajúcich sa problematikou čistenia pergamentu laserom.

V roku 2000 bol v časopise *The Conservator* (dnes *Journal of the Institute of Conservation*) uverejnený článok pojednávajúci o čistení pergamenového dokumentu z 18. storočia pomocou techniky laseru. Výsledky porovnania vlastností čisteného materiálu pred a po tomto čistení naznačujú že laserové čistenie pri vlnovej dĺžke 1064 nm ponúka extrémne šetrnú alternatívu tradičným metódam čistenia pergamenu.¹⁵³

V zborníku konferencie LACONA (*Lasers in the conservation of artworks*) z roku 2005 možno nájsť príspevok opisujúci priebeh a výsledky výskumu, ktorého predmetom bolo porovnanie účinkov čistenia laserom v troch vlnových dĺžkach za použitia Q-Switched Nd: YAG lasera. Na základe výsledkov výskumu sa čistenie pri vlnovej dĺžke 226 nm javí ako nevhodné, pri 532 nm považujú autori výsledky za sľubné, zatiaľ čo čistenie pri vlnovej dĺžke 1064 nm spôsobilo žltnutie a poškodenie čisteného povrchu.¹⁵⁴

Časopis *Applied surface science* publikoval v roku 2004 článok popisujúci štruktúrne, tepelné a biochemické štúdie účinkov laserového čistenia na pergamen. Výsledky naznačujú, že pri použití vlnovej dĺžky 226 nm dochádza na rozdiel od ostatných dvoch skúmaných (532 nm a 1064 nm) k štruktúrnemu poškodeniu materiálu, redukcii hydrotermickej stability a molekulárnej integrity.¹⁵⁵

10.13.1 Vplyv energetickej hustoty a frekvencie, samokontrolovateľnosť procesu čistenia

Energetická hustota je jedným z najdôležitejších parametrov majúcich vplyv na účinok čistenia. Čistiaci efekt sa priamo úmerne zvyšuje so zvyšujúcou sa energetickou hustotou, ktorú okrem iného možno regulovať i zmenou vzdialenosti hlavice od vzorky. Pri zväčšení vzdialenosti dochádza k zmenšeniu priemeru čisteného bodu pri zachovaní rovnakej energie, čím dochádza k zvýšeniu energetickej hustoty (energetická hustota na jeden pulz [J] / povrch operačného bodu [cm²]). Za vhodnejšie je však považované energetickú hustotu regulovať zvýšením energie, kedy na rozdiel od zvýšenia vzdialenosti je znížená rýchlosť čistenia i presnosť umiestnenia čisteného bodu.

Frekvencia definuje dĺžku trvania pulstu, teda čas strávený na čistenej ploche a tým priamo úmerne pôsobí na dobu čistenia, tzn. čím nižšia frekvencia, tým dlhší čas čistenia. Iný vplyv na efekt čistenia nebol pozorovaný. Ako optimálne sa javilo nastavenie frekvencie na 5 Hz.

Za samokontrolovateľnosť procesu čistenia považujeme schopnosť laseru dosiahnuť rovnaký, alebo porovnateľný čistiaci efekt pri aplikácii po určitú požadovanú dobu na jednom mieste ako pri čistení pod kontrolou operátora, tzn. nedochádza k poškodeniu čisteného materiálu vzhľadom nato, že čistenie po odstránení vrstvy nečistoty ďalej neprebíha.¹⁵⁶

153 COOPER, Martin et al. Laser cleaning of an eighteenth-century parchment document. *The Conservator*. Taylor & Francis., 2000, vol. 24, p. 71 – 79. ISSN: 0140-0096. [pozn: *Journal of the Institute of Conservation* (2009 - current)]

154 VEST, Marie; René LARSEN a Martin COOPER. Evaluation of Laser Cleaning of Parchment Documents with a Q-Switched Nd:YAG Laser at 1064, 532 and 266 nm. In: *Dickmann K., Fotakis C., Asmus J.F. (eds) Lasers in the Conservation of Artworks: Lacona V Proceedings, Osnabrück, Germany, September 15-18, 2003*. Berlin: Springer, 2005, p. 217 – 225.

155 KENNEDY, Craig J. et al. Laser cleaning of parchment: structural, thermal and biochemical studies into the effect of wavelength and fluence. In: *Applied Surface Science*. Elsevier B.V., 2004, vol. 227, p. 151 – 163.

156 ĎOUBAL, Jakub. *Technologie laserového čistení pískovcových památek*. Praha, 2013. Dizertační práce. ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Experimentální centrum. Školitel: prof. Ing. Petr Konvalinka, CSc. s. 32 – 33

10.13.2 Priebeh čistenia

V rámci nášho výskumu bol pre skúšky čistenia použitý laser Thunder Art s možnosťou nastavenia požadovanej hodnoty vlnovej dĺžky. Pre čistenie boli použité dve vlnové dĺžky, konkrétne 1064 nm a 532 nm.

Systémové parametre prístroja Thunder Art:

Vlnová dĺžka: 1064 nm a 532 nm

Dĺžka impulzu: 6 ns

Energia pri 1064 nm: 320 mJ

Energetická hustota (S) pri 1064 nm: 0.407 J.cm⁻²

Energia pri 532 nm: 295 mJ

Energetická hustota (S) pri 532 nm: 0,375 J.cm⁻²

Frekvencia: 5 Hz

Priemer lúča: 10 mm

Prenos lúča: kĺbové rameno

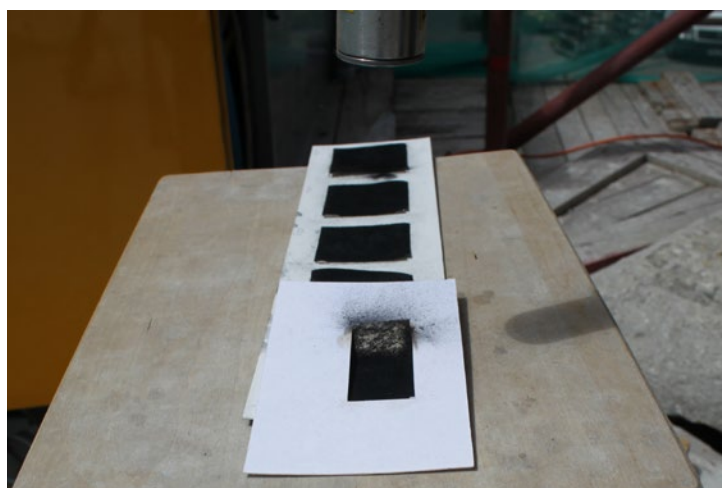
Pracovná teplota: 10 – 40 °C

Sieťové napätie: 220 v (stried.), 16 A

Rozmery: laserová hlava 31 x 88 x 23 cm

Napájací zdroj: 39 x 90 x 73 cm

Vzorky boli čistené zo vzdialenosti cca 15 cm. Zvolená vzdialenosť sa po niekoľkých skúškach práce s prístrojom javila ako vyhovujúca z hľadiska dobrej kontrolovateľnosti procesu a pohodlnej manipulácie za predpokladu, že čistený objekt leží v horizontálnej polohe na stole, alebo inej ploche. Priemer lúča bol v takejto vzdialenosti asi 10 mm. Pre každé nastavenie vlnových dĺžok sme zvolili iné nastavenie energie, od čoho sa v závislosti na zvolenej vzdialenosti odvíjala výsledná energetická hustota. Pri voľbe nastavenia energie sme vychádzali z minimálnej nutnej hranice pre dosiahnutie viditeľného čistiaceho efektu. Pre 1064 nm sme ako optimálne nastavenie zvolili energiu 320 mJ a pre 532 nm 295 mJ.



obr. č. 21 – Čistenie laserom

Vzhľadom sa rozdielny charakter jednotlivých druhov vzoriek sa líšila i doba čistenia resp. množstvo pulzov potrebných k vyčisteniu plochy cca 1 cm². U väzobných pergamenov vzhľadom na hladký povrch čistenie prebiehalo výrazne rýchlejšie. U väzobného pergamenu

znečisteného prachom na vyčistenie 1 cm² stačilo 5 – 10 pulzov. Väzobný pergamen znečistený pigmentom potreboval taktiež cca 10 pulzov. V prípade vzoriek väzobného historického pergamenu postačovali 2 – 4 pulzy. Naopak pre vyčistenie písacieho pergamenu znečisteného prachom bolo potrebných 15 – 20 pulzov a pre vyčistenie písacieho pergamenu znečisteného pigmentom až viac než 70 pulzov. Vzorky historického písacieho pergamenu boli čistené cca 5 – 10 pulzmi na plochu 1 cm².

Čistená bola vždy horná polovica vzorky, pričom spodná (nevyčistená) polovica bola referenčná. Pre vyhradenie čistenej plochy bol použitý biely kartón s vyrezaným „okienkom“ požadovaných rozmerov. Vzhľadom nato, že laser je primárne využívaný ateliérom reštaurovania kameňa a v danom čase sa nachádzal na reštaurátorskom pracovisku na lešení, čistenie prebiehalo v exteriéri.

10.14 Abrazívne čistenie

Technické parametre mikropieskovačky Renfert Basic Mobil:

Pracovný tlak: 1 - 6 bar

Spotreba vzduchu: 120 l/min pri 6 bar

Rozmery: 220 x 260 x 130 mm

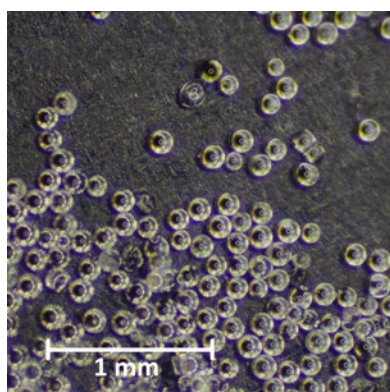
Priemer trysky: 1,2 mm

Kapacita nádrže: 1000 ml

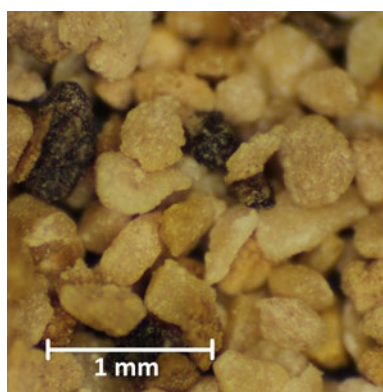
Váha: ~2,5 kg

Pre čistenie boli zvolené dva druhy abrazív. Jednalo sa o sklenenú balotinu a pomleté orechové škrupiny. Balotina má formu sklenených mikrogulôčiek s priemerom 80 – 120 µm a radíme ju medzi tvrdé neostrohranné abrazíva. Vzhľadom na hladký oblý povrch sa toto abrazívum dobre odráža od materiálu, čím zaoblňuje ostré hrany nečistôt. Využíva sa preto obzvlášť na jemné tryskanie a leštenie.

Pomleté škrupiny vlašských orechov radíme medzi mäkké ostrohranné organické abrazíva s veľkosťou častíc cca 400 µm. Ostré hrany čiastočiek abrazíva v podstate frézujú, režu či hobľujú materiál. Toto abrazívum sa používa na jemné čistenie objektov, kde je nežiadúci úbytok pôvodného materiálu. Nastavenie tlaku potrebného pri čistení orechovými škrupinami je spravidla vyššie ako v prípade sklenenej balotiny. Nevýhodou tohto abrazíva je i časté upchávanie trysky, predovšetkým pri nízkom pracovnom tlaku.¹⁵⁷



obr. č. 22 – Sklenená balotina



obr. č. 23 – Pomleté orechové škrupiny

157 BENEŠOVÁ, Jaroslava. *Konzervování a restaurování kovů: ochrana předmětů kulturního dědictví z kovů a jejich slitin*. Brno: Technické muzeum v Brně - Metodické centrum konzervace, 2011. s. 62

Rovnako ako v prípade čistenia vzoriek laserom, bola vyčistená iba horná polovica vzoriek a spodná zostala nevyčistená, referenčná. Čistenie prebiehalo vzhľadom na prašnosť procesu v exteriéri. Vzorky boli čistené z uhlu cca 45° smerom sprava doľava z pozície operátora tak, aby odrazené abrazívum smerovalo mimo vyčistenú plochu. Vzďialenosť trysky od vzorky sa líšila v závislosti na zvolenom pracovnom tlaku. Pri nastavenom vyššom pracovnom tlaku tryska zanechávala pri čistení z malej vzdialenosti nežiadúce pruhy na čistenom materiáli. Z tohto dôvodu bola pri nižšom tlaku (0,2 – 1 bar) tryska vzdialená od vzorky cca 0,5 cm, pri vyššom (2 – 4 bar) cca 2 cm. Vzhľadom na dostatočný počet vzoriek bola testovaná širšia škála nastavenia pracovného tlaku tak, aby bolo možné zhodnotiť najvyhovujúcejšie nastavenie pre všetky zastúpené typy pergamentu i nečistoty.



obr. č. 24 – Čistenie mikropieskovačkou

MI1/MIp1/MIIs1	MI2/MIp2/MIIs2	MI3/MIp3/MIIs3	MI4/MIp4/MIIs4
0,2 bar	0,5 bar	1 bar	2 bar

tab. č. 6 – Nastavenie pracovného tlaku pri čistení sklenenou balotinou

MI1/MIp1/MIIs1	MI2/MIp2/MIIs2	MI3/MIp3/MIIs3	MI4/MIp4/MIIs4
0,5 bar	1 bar	2 bar	3 bar

tab. č. 7 – Nastavenie pracovného tlaku pri čistení orechovými škrupinami

MI1/MII1	MI2/MII2	MI3/MII3
0,5	1	2

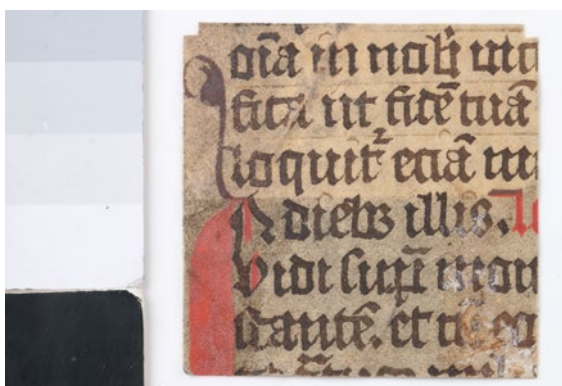
tab. č. 8 – Nastavenie pracovného tlaku pri čistení vzoriek historického písacieho pergamentu

11 Výsledky a diskusie

11.1 Čistenie laserom

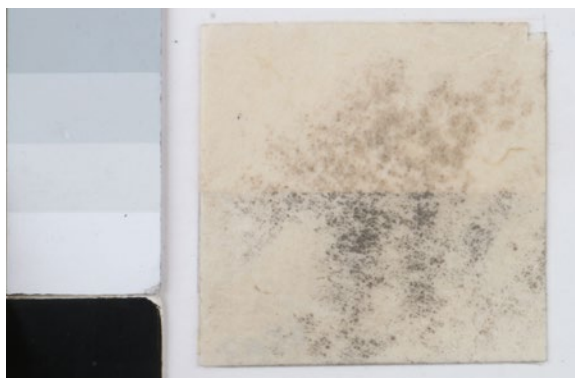
11.1.1 Analýza na základe vizuálneho porovnania vzoriek

Medzi najzásadnejšie výhody metódy patrí vysoká účinnosť a zároveň šetrnosť v zmysle samokontrolovateľnosti čistenia, čo nám do istej miery môže zaručiť rovnomernosť čistenia v celej čistej ploche objektu. Pomerne prekvapivým bolo zachovanie textu u vzoriek historického písacieho pergamenu. Pri vizuálnom porovnaní vyčistenej s nevyčistenu časťou vzoriek neboli pozorované žiadne zmeny vo farebnosti, či úbytok farebnej vrstvy tvoriacej text. Naopak pri červených linkách a iniciálach došlo k výraznej zmene v podobe čiastočného sčernenia. Príčinou tejto zmeny bol samotný červený pigment rumelka, čo potvrdila i analýza pomocou SEM.



obr. č. 25 – Vzorka hist. písacieho pergamenu LI2

Celková farebnosť vzoriek, najmä v prípade historického väzobného pergamenu sa po vyčistení pohybovala v teplejších tónoch. Dôležité je však poznamenať, že teplejší odtieň možno považovať za pôvodnú farebnosť pergamenu, pričom chladnejší tón nevyčistenej časti vzoriek je daný nečistotou. Ďalšou pozorovanou zmenou bola farebnosť nových písacích pergamenov znečistených prachom a otvorenejších častí povrchu u nového väzobného pergamenu znečisteného prachom. Vnesená nečistota vo forme prachu v týchto častiach nebola dokonale odstránená, ale došlo k zmene farebnosti z čierno-šedej na hnedastú.



obr. č. 26 – Vzorka nového väzobného pergamenu LIp3

Pri porovnaní čistenia pri 1064 nm a 532 nm boli taktiež pozorované určité zmeny vo farebnosti, resp. pri 532 nm sa v prípade všetkých testovaných druhov vzoriek javí byť čistenie efektívnejšie. Na základe pozorovania voľným okom a dotykom nedošlo k zmene charakteru povrchu jednotlivých vzoriek, resp. povrch sa nezdal byť vplyvom laseru otvorenejší než pred čistením, ani iným spôsobom poškodený.



obr. č. 27 – Vzorka nového písacieho pergamenu LIp2



obr. č. 28 – Vzorka nového písacieho pergamenu LIIp2

K praktickým výhodám metódy patrí mobilnosť prístroja, i keď do určitej miery obmedzená veľkosťou a váhou. V prípade, že by reštaurátor nemal možnosť presunu samotného objektu, teoreticky je možný presun prístroja. Kľbové rameno umožňuje pohodlný prístup k objektu a zaručuje možnosť úpravy uhla smerovania laserového lúča v prípade nerovnosti povrchu objektu (napr. zvltná pergamenová listina, pokryv knihy a pod.) Medzi najzásadnejšie nevýhody metódy radíme finančnú náročnosť, teda cenu prístroja.

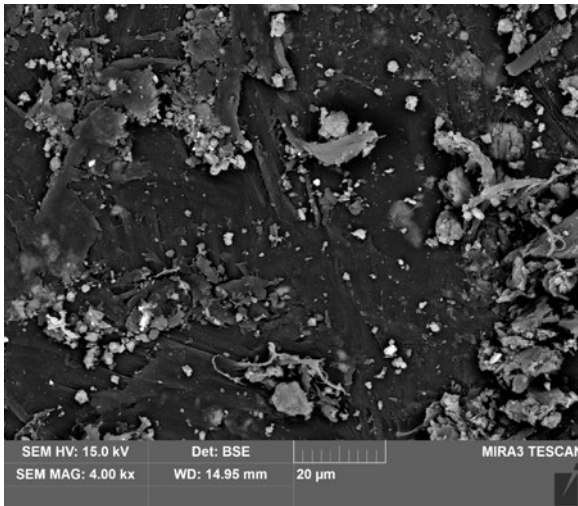
Medzi hlavné odporúčania spojené s aplikáciou metódy pre čistenie pergamenových objektov radíme vykonanie analýz záznamových prostriedkov v snahe čiastočne predpovedať ich reakciu na čistenie. Rovnako tak by čisteniu mali predchádzať skúšky čistenia napr. na záložke knihy, alebo inom skrytom mieste na objekte. Tieto skúšky by mali porovnať výsledky čistenia pri rozdielnych nastaveniach vlnových dĺžok, energie a vzdialenosti od čistenej plochy.

Pri hrubšom nánose nečistoty je vhodné objekt predčistiť skalpelom alebo iným prostriedkom, aby pri laserovaní odlietajúce nečistoty neboli opakovane zanášané do vyčistenej plochy.

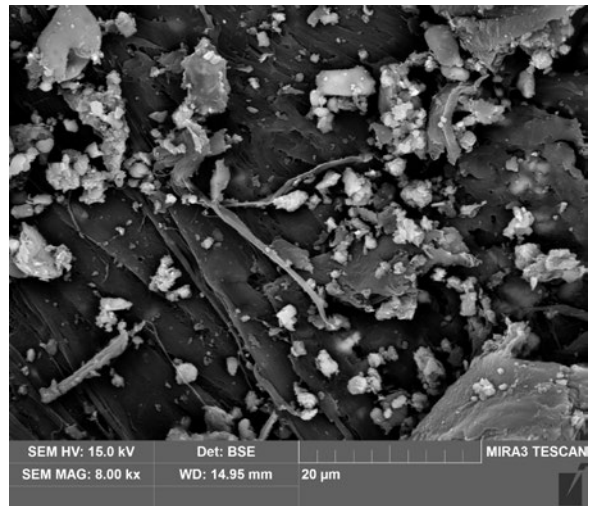
11.1.2 Analýza technológiou SEM

Analýza bola vykonaná na FR UPCE Ing. Karolom Bayerom, ktorý je zároveň autorom všetkých fotografií obsiahnutých v tejto podkapitole. K analýze bola využitá metóda skenovania rastrovacím elektrónovým mikroskopom s RTG energo-disperzívnym analyzátorom (REM-EDX; Tescan MIRA s EDS - systémom Bruker Quantax); skúmané vzorky boli pred analýzou naprášené zlatom (vytvorenie vodivého povrchu), pre analýzu bol použitý detektor spätne odrazených elektrónov a detektor sekundárnych elektrónov. V rámci analýzy išlo o porovnanie mikroštruktúry povrchu pergamenu pred čistením a po čistení.

11.1.2.1 Nový písací pergamen umelo znečistený pigmentom

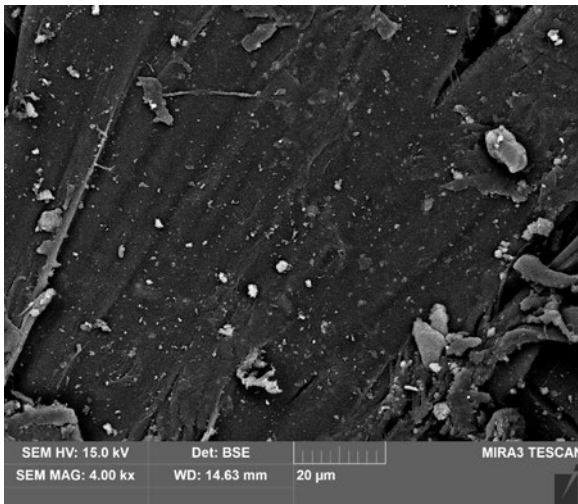


obr. č. 29 – Vzorka LII1 pred čistením (532 nm)

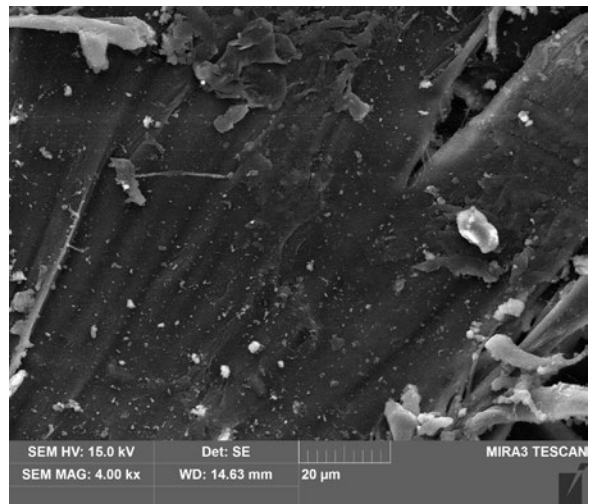


obr. č. 30 – Vzorka LII1 pred čistením (532 nm)

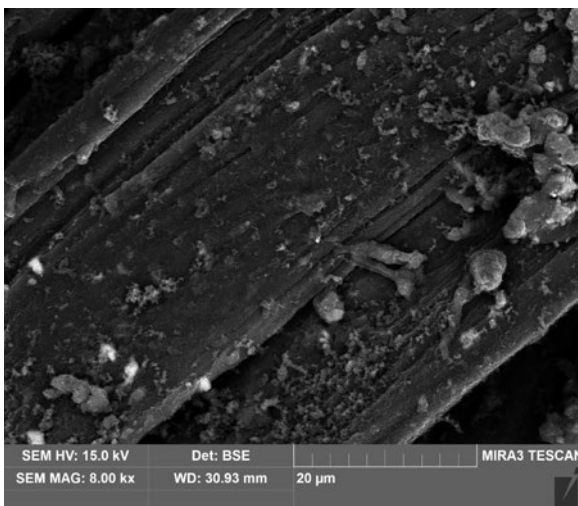
Na povrchu sú aglomerované častice pigmentu, ktoré nepokrývajú celý povrch pergamentu, takže je viditeľný i povrch vlákien pergamentu. Celková distribúcia častíc pigmentu je pomerne homogénna.



obr. č. 31 – Vzorka LII1 po čistení (532 nm)



obr. č. 32 – Vzorka LII1 po čistení (532 nm)

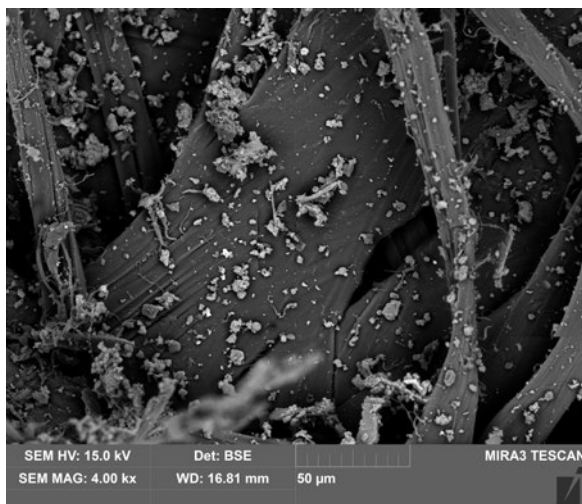


obr. č. 33 – Vzorka LII1 po čistení (1064 nm)

Vyhodnotenie pre obe vlnové dĺžky:

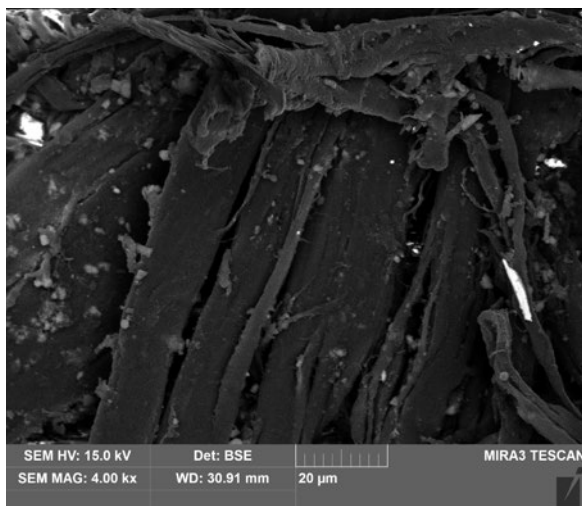
Množstvo častíc pigmentu na povrchu pergamenu je v porovnaní so stavom pred čistením zreteľne nižšie, na povrchu pergamenových vlákien nie sú viditeľné rozdiely v mikroštruktúre resp. prípadné nové poškodenia vlákien.

11.1.2.2 Nový písací pergamen umelo znečistený prachom



obr. č. 34 – Vzorka LIp1 pred čistením (1064 nm)

Na povrchu sú početné a rôznorodé prachové častice, čiastočne aglomerované, ktoré nepokrývajú celý povrch pergamenu, takže je viditeľný i povrch vlákien pergamenu. Celková distribúcia častíc prachu je pomerne homogénna.

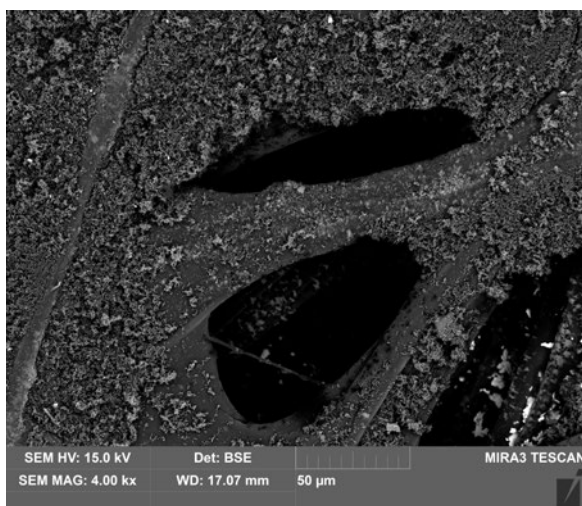


obr. č. 35 – Vzorka LIp1 po čistení (1064 nm)

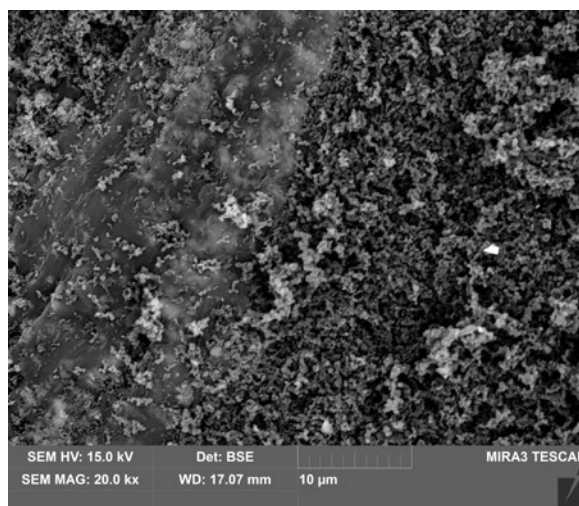
Vyhodnotenie pre obe vlnové dĺžky:

Množstvo častíc prachu na povrchu pergamenu je v porovnaní so stavom pred čistením zreteľne nižšie, na povrchu pergamenových vlákien nie sú viditeľné rozdiely v mikroštruktúre resp. prípadné nové poškodenia vlákien.

11.1.2.3 Nový väzobný pergamen umelo znečistený pigmentom

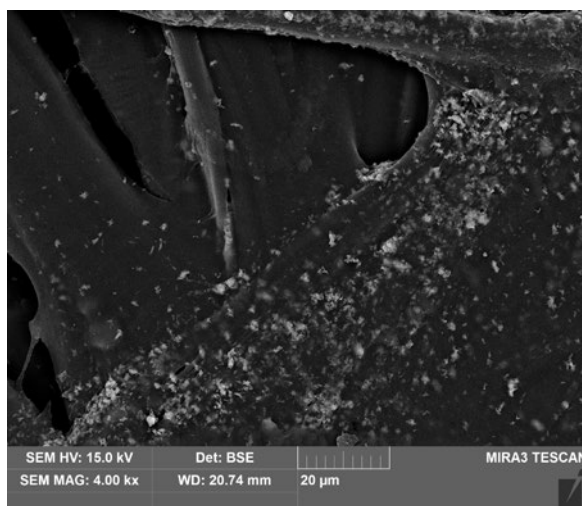


obr. č. 36 – Vzorka LIs1 pred čistením (1064 nm)

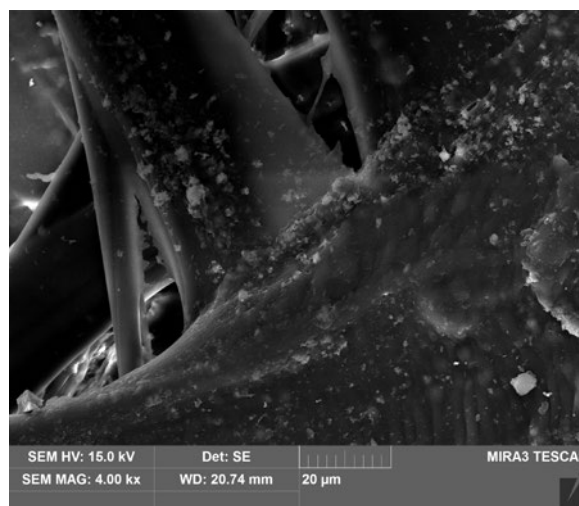


obr. č. 37 – Vzorka LIs1 pred čistením (1064 nm)

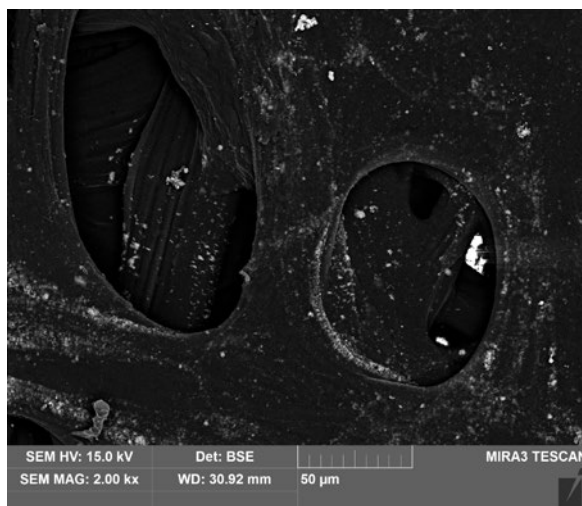
Na povrchu sú aglomerované častice pigmentu, ktoré pokrývajú takmer celý povrch pergamenu. Povrch pergamenových vlákien je odkrytý len lokálne. Celková distribúcia častíc pigmentu je pomerne homogénna.



obr. č. 38 – Vzorka LIs1 po čistení (532 nm)



obr. č. 39 – Vzorka LIs1 po čistení (532 nm)

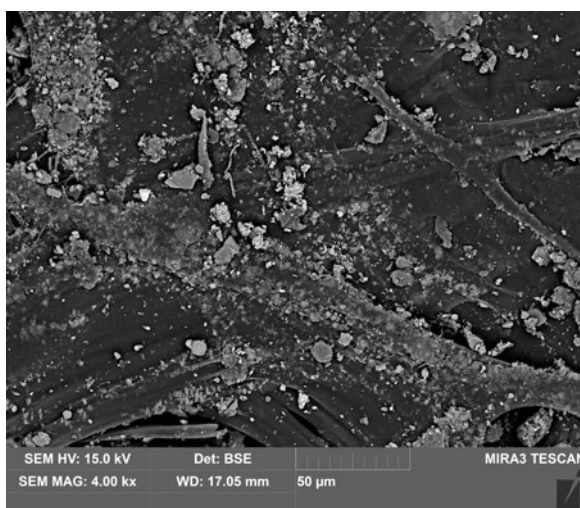


obr. č. 40 – Vzorka LIs1 po čistení (1064 nm)

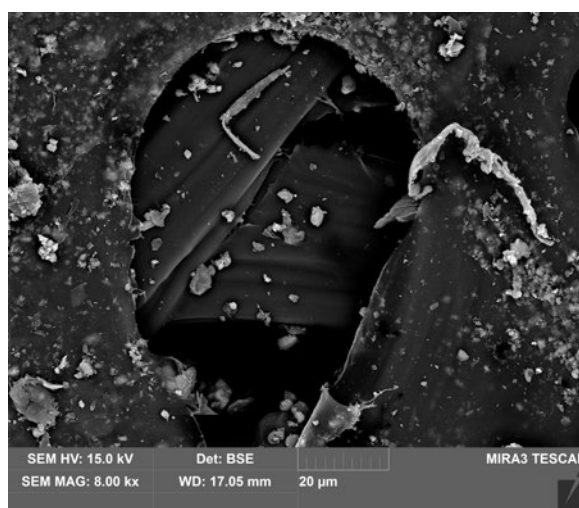
Vyhodnotenie pre obe vlnové dĺžky:

Množstvo častíc pigmentu na povrchu pergamenu je v porovnaní so stavom pred čistením výrazne nižšie, povrch pergamenových vlákien je odkrytý a nie sú na nich viditeľné rozdiely v mikroštruktúre resp. prípadné nové poškodenia vlákien. Napriek čisteniu zostáva na povrchu pergamenu malé množstvo pigmentových častíc.

11.1.2.4 Nový väzobný pergamen umelo znečistený prachom

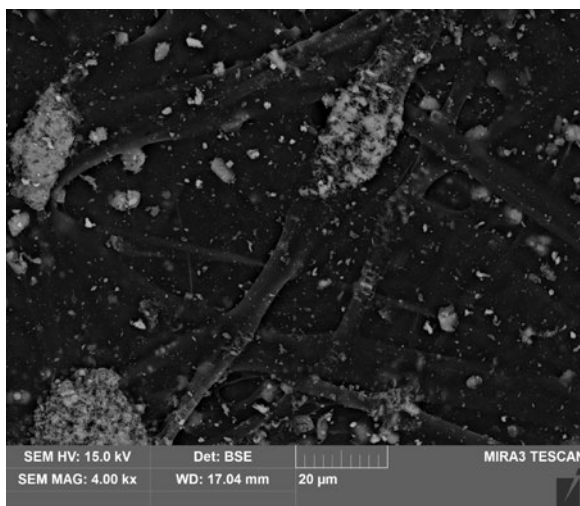


obr. č. 41 – Vzorka LIp1 pred čistením (1064 nm)

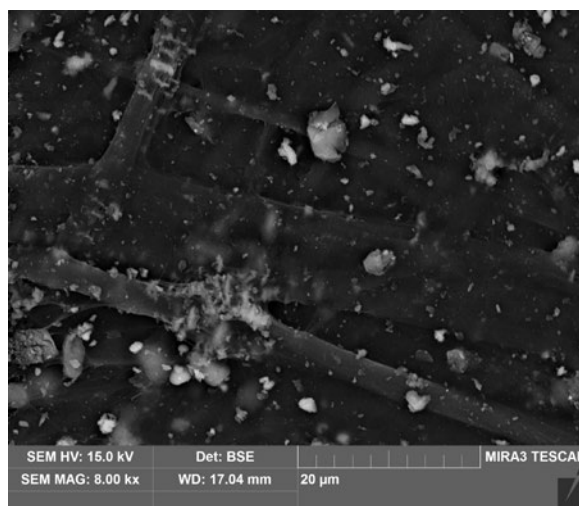


obr. č. 42 – Vzorka LIp1 pred čistením (1064 nm)

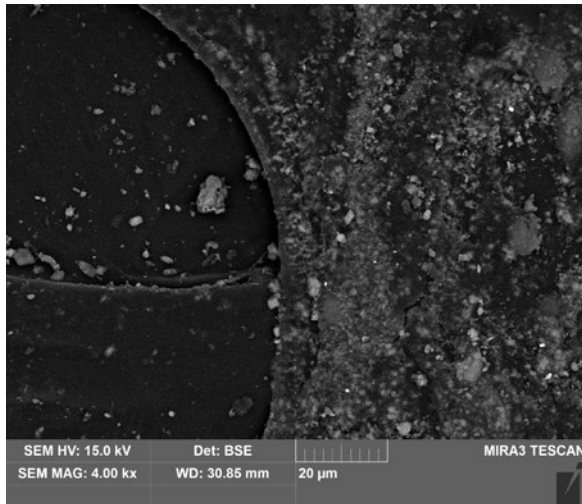
Na povrchu sú početné a rôznorodé prachové častice, čiastočne aglomerované, ktoré nepokrývajú celý povrch pergamenu, takže je viditeľný i povrch vlákien pergamenu. Celková distribúcia častíc prachu je pomerne homogénna.



obr. č. 43 – Vzorka LIp1 po čistení (532 nm)



obr. č. 44 – Vzorka LIp1 po čistení (532 nm)

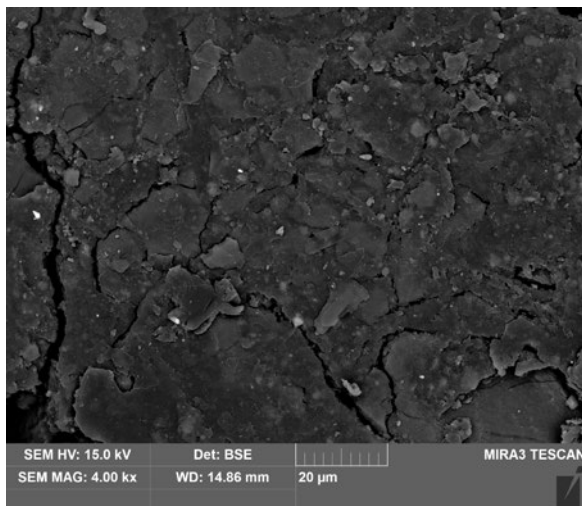


obr. č. 45 – Vzorka L1p1 po čistení (1064 nm)

Vyhodnotenie pre obe vlnové dĺžky:

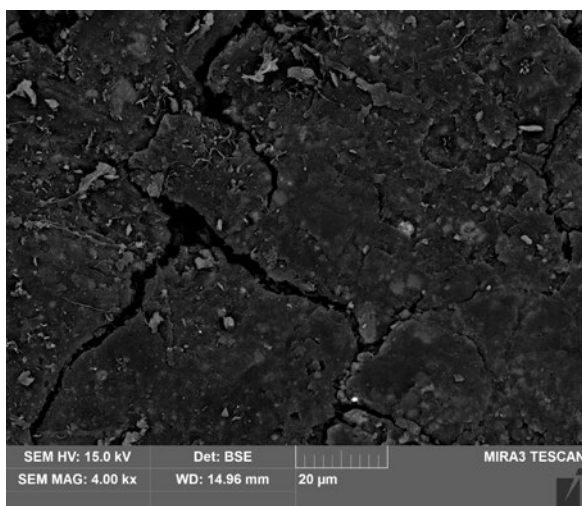
Množstvo častíc prachu na povrchu pergamenu je v porovnaní so stavom pred čistením zreteľne nižšie, na povrchu pergamenových vlákien nie sú viditeľné rozdiely v mikroštruktúre resp. prípadné nové poškodenia vlákien. Aj po čistení zostáva na povrchu pergamenu malé množstvo prachových častíc.

11.1.2.5 Historický písací pergamen obsahujúci záznam písaný atramentom



obr. č. 46 – Vzorka pergamenu obsahujúceho záznam písaný atramentom - pred čistením

Povrch je pokrytý organickou pomerne kompaktnou, málo pórovitou, krakelovanou vrstvou, vlákna pergamenu nie sú viditeľné.

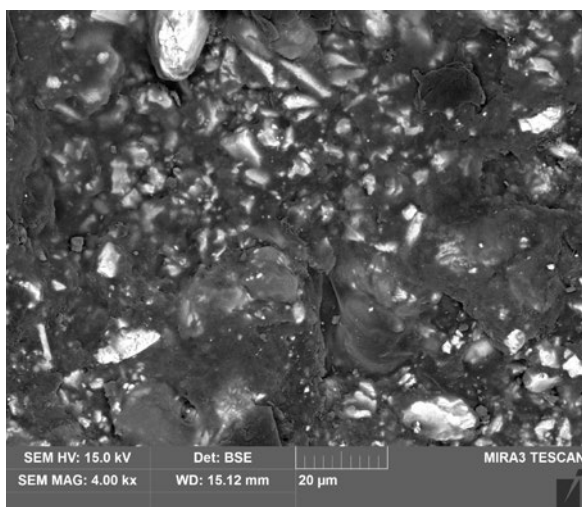


obr. č. 47 – Vzorka pergamenu obsahujúceho záznam písaný atramentom - po čistení

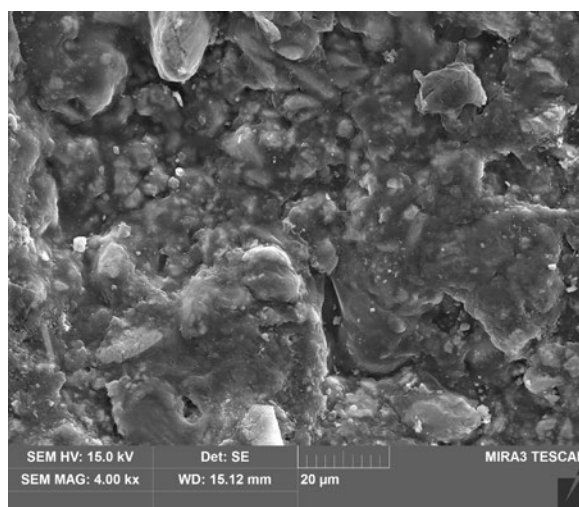
Vyhodnotenie:

Mikroštruktúra povrchu pergamenu po čistení laserom je veľmi podobná stavu pred čistením.

11.1.2.6 Historický písací pergamen obsahujúci záznam s červeným pigmentom

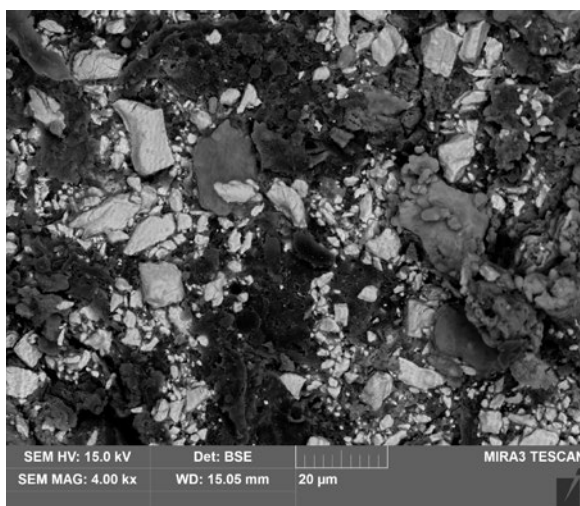


obr. č. 48 – Vzorka pergamenu obsahujúceho záznam s červeným pigmentom - pred čistením

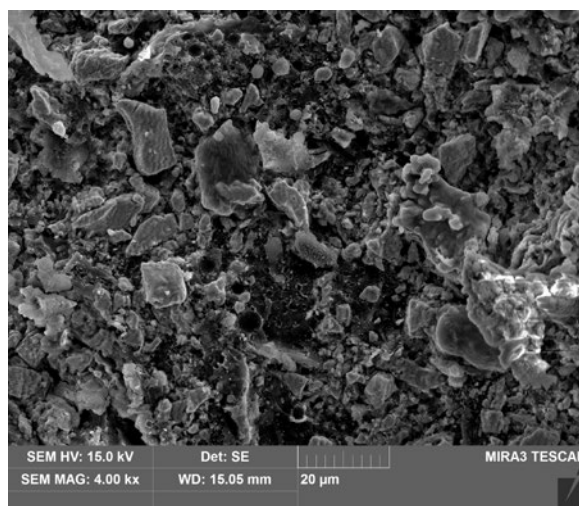


obr. č. 49 – Vzorka pergamenu obsahujúceho záznam s červeným pigmentom - pred čistením

Povrch je pokrytý organickou, málo pórovitou vrstvou s časticami pigmentu (spojivo obklopuje a pokrýva častice pigmentu), vlákna pergamenu nie sú viditeľné.



obr. č. 50 – Vzorka pergamenu obsahujúceho záznam s červeným pigmentom - po čistení



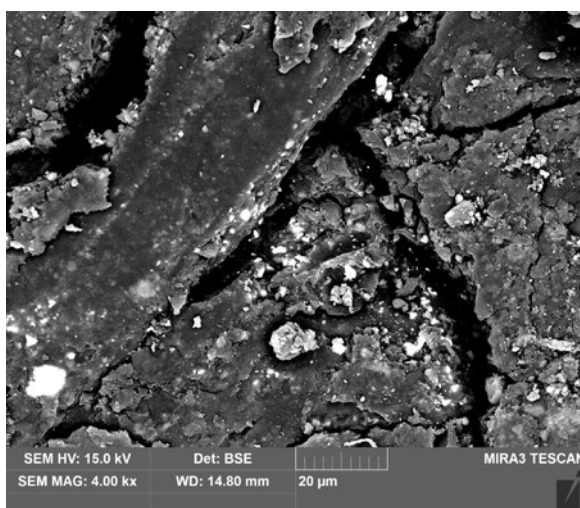
obr. č. 51 – Vzorka pergamenu obsahujúceho záznam s červeným pigmentom - po čistení

Vyhodnotenie:

Mikroštruktúra povrchu je výrazne odlišná v porovnaní so stavom pred čistením. Častice pigmentu vo farebnej vrstve sú obnažené, povrch farebnej vrstvy je narušený.

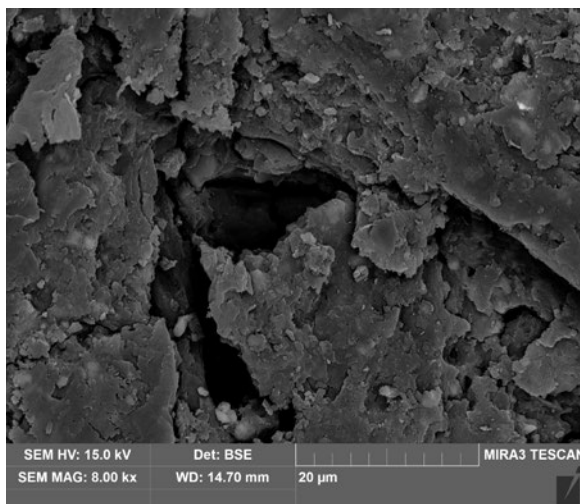
Opticky bola po čistení zistená výrazná zmena farebnosti – stmavnutie až sčernenie povrchu. V červenej farebnej vrstve bol pomocou REM-EDS (bodová prvková analýza) identifikovaný červený pigment rumelka (HgS). Po čistení nedošlo k zmene zloženia pigmentu, ale došlo s vysokou pravdepodobnosťou k zmene kryštalickej štruktúry v dôsledku tepelného namáhania povrchu farebnej vrstvy – zmena červeného cinnabaritu (trigonálna kryštalová sústava) na čierny metacinnabarit (kubická kryštalová sústava).

11.1.2.7. Historický písací pergamen

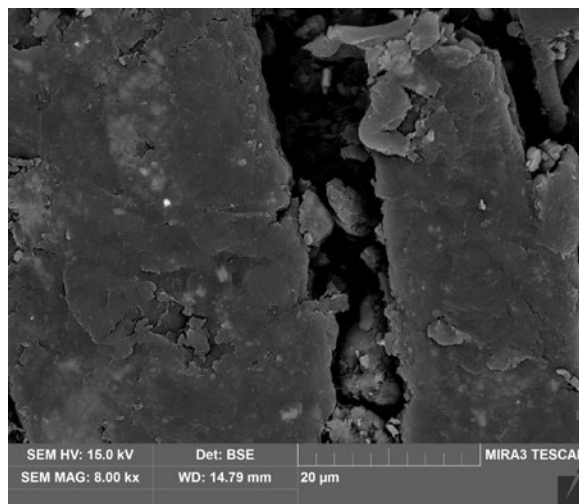


obr. č. 52 – Vzorka L11 pred čistením (1064 nm)

Povrch je pokrytý nepravidelnou organickou, málo pórovitou vrstvou i časticami prachu, lokálne je viditeľný povrch vlákien pergamenu.



obr. č. 53 – Vzorka LI1 po čistení (1064 nm)

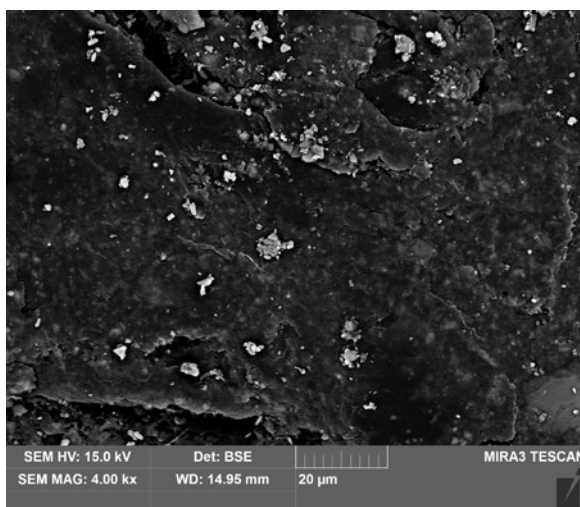


obr. č. 54 – Vzorka LIII po čistení (532 nm)

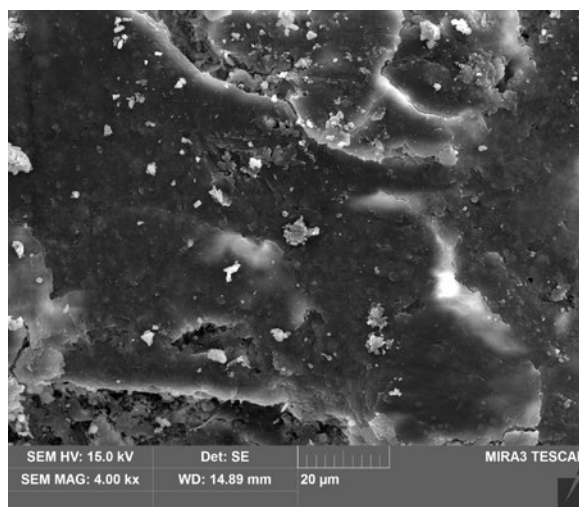
Vyhodnotenie pre obe vlnové dĺžky:

Mikroštruktúra povrchu pergamentu po čistení laserom je veľmi podobná stavu pred čistením.

11.1.2.8 Historický väzobný pergamen

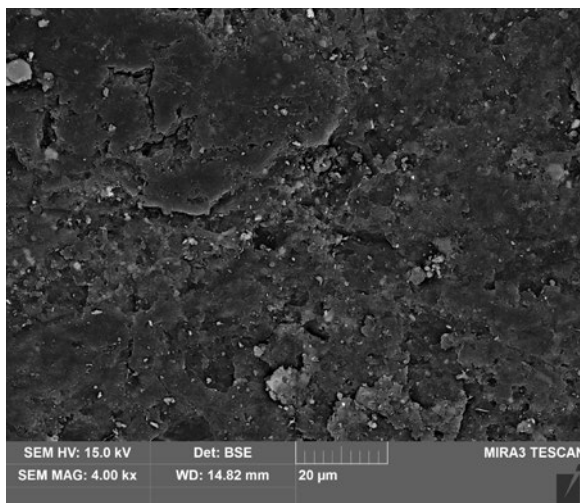


obr. č. 55 – Vzorka LIII pred čistením (532 nm)

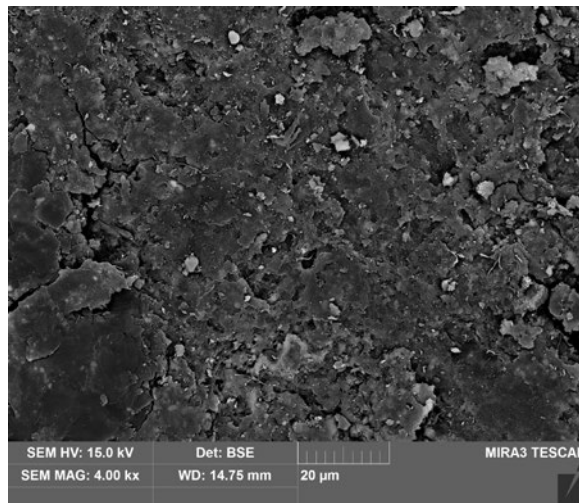


obr. č. 56 – Vzorka LIII pred čistením (532 nm)

Povrch je pomerne kompaktný, s viditeľnými drobnými prachovými časticami. Vlákna pergamentu sú čiastočne viditeľné.



obr. č. 57 – Vzorka LI1 po čistení (1064 nm)



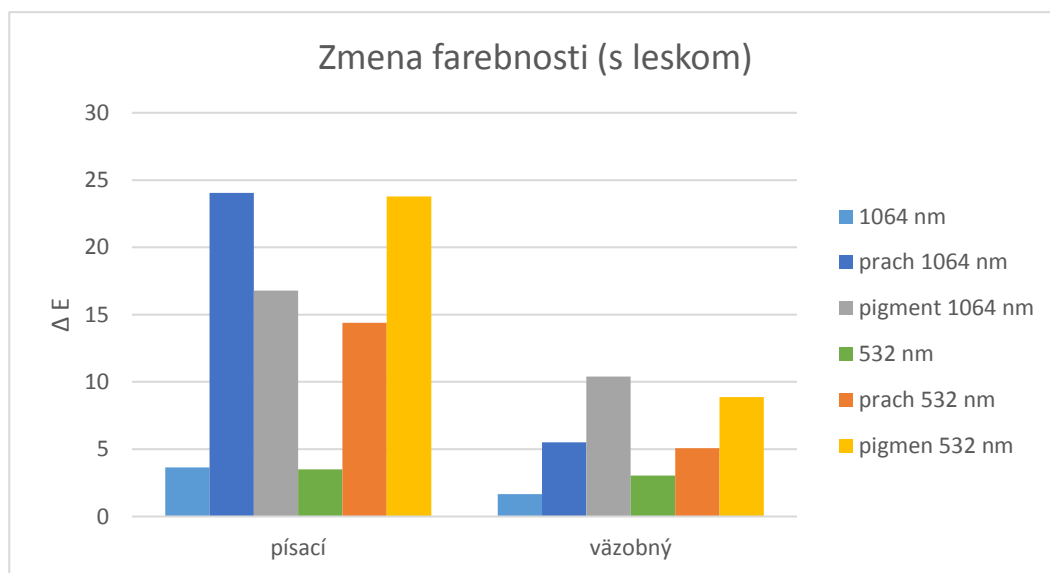
obr. č. 58 – Vzorka LI11 po čistení (532 nm)

Vyhodnotenie pre obe vlnové dĺžky:

Mikroštruktúra povrchu je veľmi podobná v porovnaní so stavom pred čistením. Rozdiely v mikroštruktúre resp. prípadné nové poškodenia povrchu neboli zistené. Po čistení je zrejmy mierny úbytok prachových častíc na povrchu pergamenu.

11.1.3 Farebnosť

Vyhodnotenie meraní farebnosti vzoriek vypracovala na Fakulte restaurování UPCE Ing. Alena Hurtová. Farebnosť vzoriek nového pergamenu po čistení laserom bola porovnaná so vzorkami bez zanesenej nečistoty a to pred i po ich „očistení“ laserom, v snahe získať informácie o priamom pôsobení laseru na materiál a prípadnej zmene jeho farebnosti.



obr. č. 59 – Graf zobrazujúci zmenu farebnosti po aplikácii rôznych metód čistenia

Namerané hodnoty s leskom a bez lesku boli veľmi podobné, do výsledkov boli preto zahrnuté len namerané hodnoty farebnosti s leskom.

Nový písací pergamen čistený laserom							
nečistota	vlnová dĺžka	L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	$\Delta L^*(D65)$	$\Delta a^*(D65)$	$\Delta b^*(D65)$
čistý		87,1	1,8	12,9			
čistý	1064 nm	86,6	1,7	12,1	0,5	0,1	0,8
čistý	532 nm	86,8	1,6	12,3	0,3	0,2	0,5
prach	1064 nm	63,4	4,0	16,4	23,7	2,2	3,5
pigment	1064 nm	70,3	2,4	13,5	16,8	0,6	0,6
prach	532 nm	72,7	2,0	13,9	14,3	0,2	1,1
pigment	532 nm	63,8	0,9	8,3	23,3	1,0	4,6

tab. č. 9 – Zmena farebnosti nového písacieho pergamenu (s leskom)

Nový väzobný pergamen čistený laserom							
nečistota	vlnová dĺžka	L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	$\Delta L^*(D65)$	$\Delta a^*(D65)$	$\Delta b^*(D65)$
čistý		86,2	1,7	13,0			
čistý	1064 nm	84,6	1,9	13,4	1,6	0,2	0,4
čistý	532 nm	84,3	2,2	15,4	1,9	0,5	2,3
prach	1064 nm	80,8	1,3	13,9	5,4	0,5	0,9
pigment	1064 nm	75,8	1,5	13,4	10,4	0,2	0,4
prach	532 nm	81,2	0,7	13,4	5,0	1,0	0,4
pigment	532 nm	77,5	0,7	11,7	8,7	1,0	1,3

tab. č. 10 – Zmena farebnosti nového väzobného pergamenu (s leskom)

Farebná zmena čistých pergamenov po aplikácii čistenia laserom je zanedbateľná. V prípade väzobného pergamenu je miera vyčistenia závislá prevažne na type nečistoty. Pri zmene vlnovej dĺžky žiarenia je rozdiel zanedbateľný a pravdepodobne len v medziach odchýlky. Ako účinnejšie sa však javí čistenie pri 532 nm, čo sa prejavuje aj u historického väzobného a nového písacieho pergamenu znečisteného prachom. U nového písacieho pergamenu znečisteného pigmentom je naopak účinnejšie čistenie pri 1064 nm, čo by mohlo súvisieť s povrchom podložky. Na základe toho možno povedať, že vlnová dĺžka žiarenia laseru nemá významný vplyv na mieru vyčistenia. Záleží prevažne na type nečistoty a charaktere povrchu.

Historický väzobný pergamen čistený laserom				
čistenie	vlnová dĺžka	L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)
pred	1064 nm	57,4	4,4	23,6
pred	532 nm	56,0	4,6	21,8
po	1064 nm	70,8	6,1	32,3
po	1064 nm	78,5	0,8	13,8

tab. č. 11 – Zmena farebnosti historického väzobného pergamenu

11.1.4 Analýza pomocou 3D mikroskopie

Pri skenovaní vzoriek pergamenu po čistení sme pri zväčšení 500x narazili napríklad presne zachytiť bod snímaný pred čistením. Zatiaľ čo u niekoľkých vzoriek bolo možné identifikovať záchytné body, ako napríklad špecifické kríženie vlákien a nasnímať dané miesto, v mnohých prípadoch sme takto úspešní neboli. Meranie preto považujeme skôr za orientačné. Okrem výsledkov v podobe 3D modelu sme získali číselné informácie o hodnotách základnej drsnosti a tiež (pre náš účel dôležitejších) priemerných hodnotách 10 najvyšších vrcholov a 10 najhlbších sediel drsnosti (Rzjis [μm]). Z týchto hodnôt bol pre každú snímanú vzorku vyhotovený aritmetický priemer pred a po čistení. Pri porovnaní týchto hodnôt sme zistili, že posun v drsnosti sa nedá definovať žiadnym vzorcom. Pri niektorých vzorkách došlo k posunu hodnôt smerom hore, pri iných naopak dole, pričom rozdiely v miere posunu týchto hodnôt variujú. Nedá sa preto jednoznačne tvrdiť, či pri čistení dochádza k úbytku hmoty pergamenu, alebo len zanesenej nečistoty. Pri zvýšení drsnosti povrchu vzoriek môže byť príčinou odstránenie nečistoty zo zahĺbených miest. Naopak pri znížení jeho drsnosti mohlo dôjsť k odstráneniu nečistoty z povrchu.

Historický väzobný pergamen		
vzorka	pred čistením [μm]	po čistení [μm]
LI1	4,46	7,46
LII1	6,52	7,2

tab. č. 12 – Zmena drsnosti vzoriek historického väzobného pergamenu

Historický písací pergamen		
vzorka	pred čistením [μm]	po čistení [μm]
LI1	10,74	10,28
LII1	25,72	14,64

tab. č. 13 – Zmena drsnosti vzoriek historického písacieho pergamenu

Nový väzobný pergamen znečistený prachom		
vzorka	pred čistením [μm]	po čistení [μm]
Llp1	16,96	11,56
Lllp1	12,88	14,16

tab. č. 14 – Zmena drsnosti vzoriek nového väzobného pergamenu znečisteného prachom

Nový väzobný pergamen znečistený pigmentom		
vzorka	pred čistením [μm]	po čistení [μm]
Lls1	7,96	5,54
Llls1	3,06	15,08

tab. č. 15 – Zmena drsnosti vzoriek nového väzobného pergamenu znečisteného pigmentom

11.1.5 Teplota zmrštenia

Výsledky merania teploty zmrštenia vzoriek pergamenu pred čistením a po čistení laserom s nastavením vlnových dĺžok 1064 nm a 532 nm preukázali, že dochádza k zanedbateľnej zmene tejto teploty a teda že čistenie nemá vplyv na zmenu či zhoršenie mechanických vlastností materiálu.

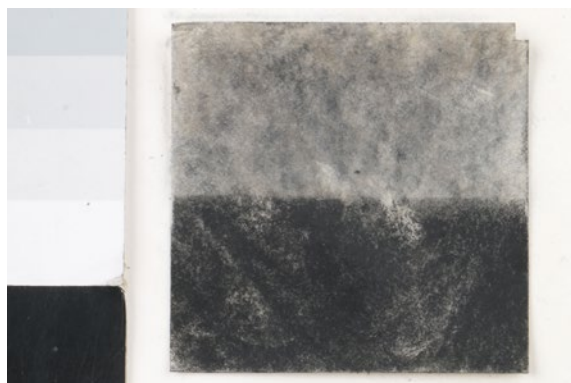
Okrem merania teploty zmrštenia bola vykonaná i analýza koherencie vlákien vzoriek pergamenu. Rozstrapkanie vlákien i väčšie množstvo jemných častíc bolo v prípade oboch vlnových dĺžok pozorované vo väčšej miere u vzoriek po čistení ako u vzoriek pred čistením. Kompletné výsledky meraní vid' kapitola 15.1 Výsledky merania teploty zmrštenia kolagénových vlákien.

11.2 Abrazívne čistenie

11.2.1 Analýza na základe vizuálneho porovnania vzoriek

K hlavným výhodám metódy čistenia pergamenu tryskaním radíme vysokú účinnosť a šetrnosť najmä pri nízkom nastavení pracovného tlaku. Farebnosť vzoriek po vyčistení sa mení v závislosti na použitom tlaku a danom type pergamenu či znečistenia. Platí, že písacie pergameny, kde je štruktúra povrchu otvorenejšia ako v prípade väzobných pergamenov vyžadujú vyššie nastavenie tlaku, resp. dlhšie pôsobenie na objekt. Obecne je možné zhodnotiť čistenie pri nízkom tlaku (0,2 – 1 bar) za vhodnejšie. Pri vyššom tlaku dochádza k prečisteniu pergamenu, odstráneniu patiny a farebnosť je neprirodzená. Nízke nastavenie tlaku je čiastočne možné kompenzovať predĺžením doby čistenia.

Pri vizuálnom porovnaní dvoch testovaných abrazív je zreteľný rozdiel vo vzorkách čistených sklenenou balotinou a vzorkách čistených pomletými orechovými škrupinami. Pri rovnakom nastavení tlaku je povrch vzoriek čistených orechovými škrupinami otvorenejší, čo je pravdepodobne spôsobené charakterom samotného abrazíva. Škrupiny radíme medzi ostrohranné abrazíva a pri dopade na čistenú plochu sa na rozdiel od guľčiek balotiny triešťa a povrch rozrušujú. Čo sa týka čistiaceho efektu, orechové škrupiny môžeme v porovnaní s balotinou rovnako považovať za účinnejšie až do takej miery, že dochádza k prečisteniu a odstráneniu patiny.



obr. č. 60 – Vzorok nového väzobného pergamenu MIs3, pracovný tlak 1 bar



obr. č. 61 – Vzorok nového väzobného pergamenu MIIs2, pracovný tlak 1 bar

Dôležitým je pri čistení efekt pruhov vznikajúci pri pôsobení prúdu abrazíva a posunu trysky nad čistenou plochou. Tomuto efektu možno zabrániť buď zväčšením vzdialenosti medzi tryskou a objektom, alebo systematickým čistením sprava doľava (v prípade, že operátor drží trysku v pravej ruke) a následne do kríža kolmo na smer predošlého čistenia.

Metódu tryskania nemožno odporučiť v prípade objektov obsahujúcich farebné vrstvy. Napriek tomu, že nedošlo k úplnému odstráneniu farebných vrstiev na vzorkách písacieho historického pergamenu je voľným okom pozorovateľný ich úbytok, či už v prípade čierneho textu, alebo červených liniek a iniciál.



obr. č. 62 – Vzorka hist. písacieho pergamentu MI3, pracovný tlak 2 bar

Čo sa týka charakteru povrchu materiálu, došlo k určitým viditeľným zmenám. So zvyšujúcim sa nastavením tlaku sa priamo úmerne zvyšuje riziko rozrušenia povrchu materiálu. Jeho štruktúra sa stáva otvorenejšou, má neprirodený vzhľad. Vyššie spomínaný efekt pruhov je pri vysokom tlaku (3 – 4 bar) badateľný nie len v zmene farebnosti ale i zmene charakteru povrchu.



obr. č. 63 – Vzorka MIp4, čistená orechovými škrupinami pri tlaku 3 bar (fotografované v bočnom svetle)



obr. č. 64 – Vzorka MIp5, čistená sklenenou balotinou pri tlaku 3 bar (fotografované v bočnom svetle)

Medzi praktické výhody metódy patrí prijateľná cena tryskacieho zariadenia a možnosť jeho jednoduchého transportu. Ďalšou výhodou je možnosť výberu zo širokej škály abrazív. Podobne ako v prípade čistenia laserom, nie je nutné objekt pred čistením vyrovnávať, trysku je možné smerovať podľa potreby. Prístroj je ovládaný pohodlne pomocou pedálu, vďaka čomu má operátor voľné ruky pre prácu. Najvýraznejšou nevýhodou techniky je časté upchávanie trysky, najmä v prípade určitých abrazív (napr. orechové škrupiny, plavená krieda) v kombinácii s nízkym nastavením tlaku.

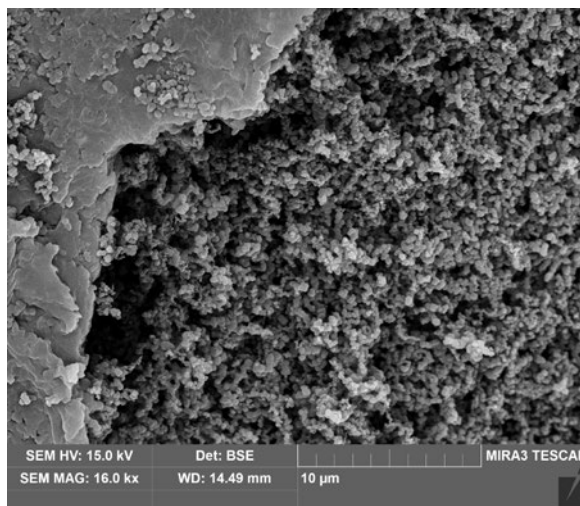
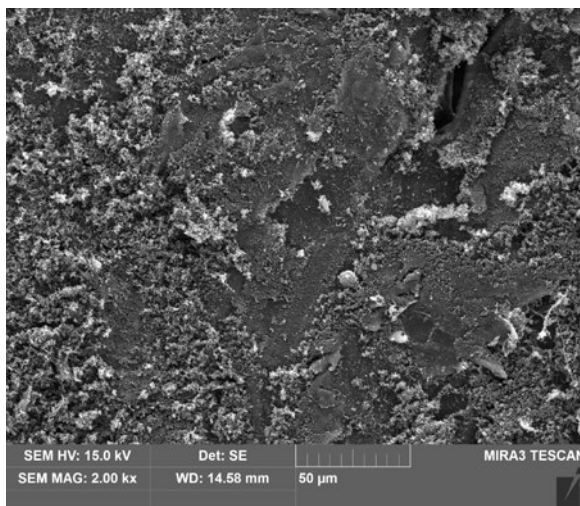
Pred zahájením čistenia je rovnako ako u techniky laseru nutné vykonať skúšky na menej exponovanom mieste objektu (záložky knihy a pod.). Skúšané môžu byť rôzne varianty abrazíva a taktiež nastavenie pracovného tlaku. Odporúčame pri týchto skúškach začínať s čo najnižším možným nastavením tlaku a podľa potreby ho zvyšovať. Pri hrubšom nánose nečistoty je taktiež vhodné objekt podľa potreby predčistiť, aby pri tryskaní nedochádzalo k opätovnej kontaminácii vyčistených plôch.

11.2.2 Analýza technológiou SEM

K analýze bola využitá metóda skenovania rastrovacím elektrónovým mikroskopom s RTG energo-disperzívny analyzátorom (REM-EDX; Tescan MIRA s EDS - systémom

Bruker Quantax); skúmané vzorky boli pred analýzou naprášené zlatom (vytvorenie vodivého povrchu), pre analýzu bol použitý detektor spätne odrazených elektrónov a detektor sekundárnych elektrónov. V rámci analýzy išlo o porovnanie mikroštruktúry povrchu pergamenu pred čistením a po čistení. Autorom všetkých fotografií obsiahnutých v tejto podkapitole je Ing. Karol Bayer.

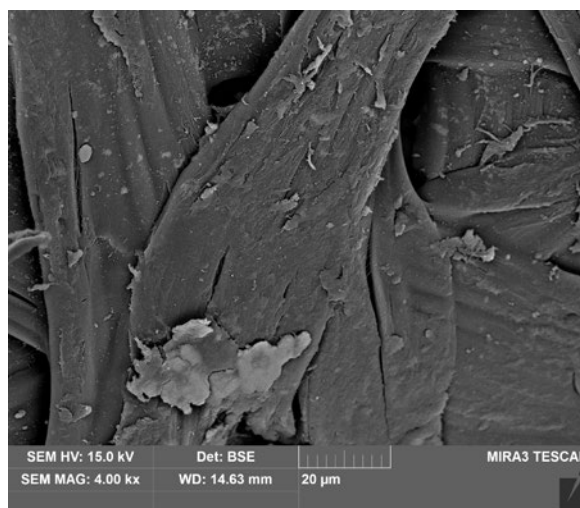
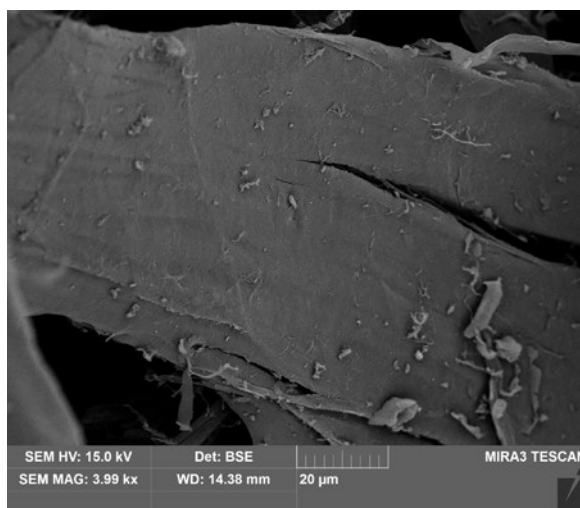
11.2.2.1 Nový písací pergamen umelo znečistený pigmentom



obr. č. 65 – Vzorka MI1 pred čistením (sklenená balotina)

obr. č. 66 – Vzorka MI1 pred čistením (sklenená balotina)

Na povrchu sú aglomerované častice pigmentu, ktoré pokrývajú väčšinu povrchu pergamenu. Povrch vlákien pergamenu je odkrytý len lokálne. Celková distribúcia častíc pigmentu je pomerne homogénna.



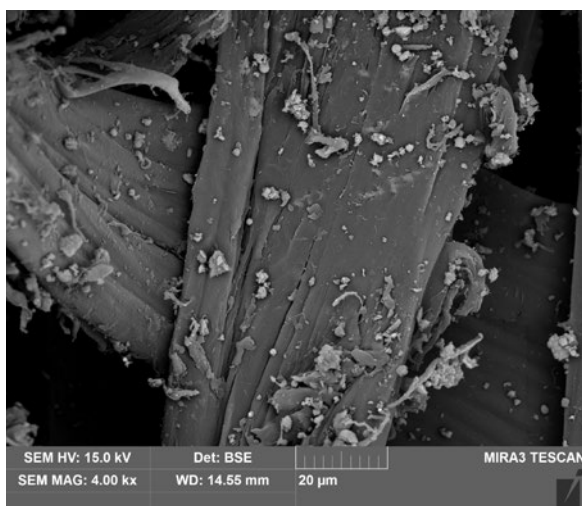
obr. č. 67 – Vzorka MI1 po čistení (sklenená balotina)

obr. č. 68 – Vzorka MI1 po čistení (orechové škrupiny)

Vyhodnotenie pre obe vlnové dĺžky:

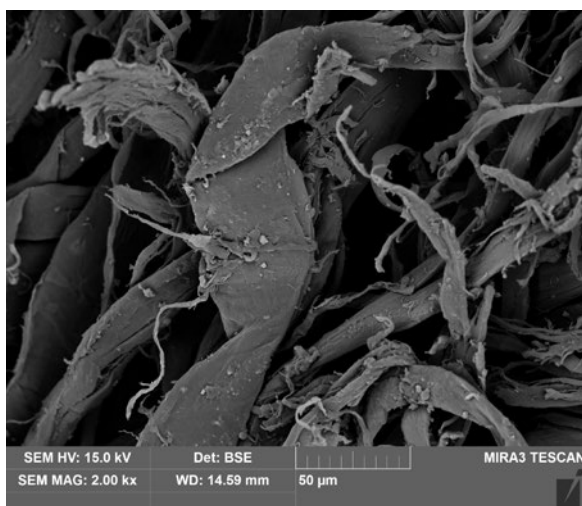
Množstvo častíc pigmentu na povrchu pergamenu je v porovnaní so stavom pred čistením výrazne nižšie, povrch pergamenových vlákien je takmer kompletne odkrytý a nie sú na nich viditeľné rozdiely v mikroštruktúre resp. prípadné nové poškodenia vlákien. Medzi použitými abrazívami nebol zistený rozdiel.

11.2.2.2 Nový písací pergamen umelo znečistený prachom

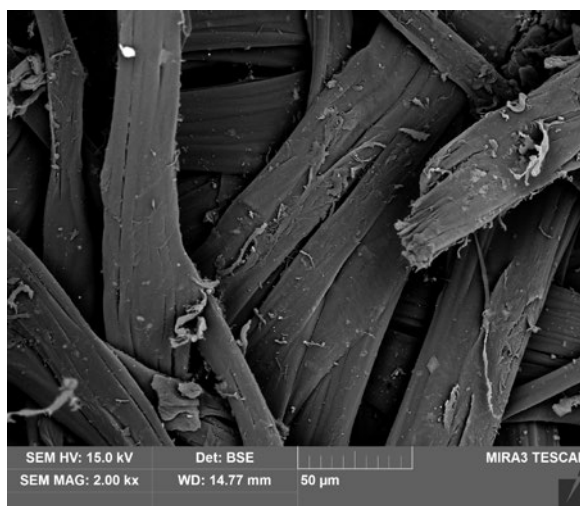


obr. č. 69 – Vzorka MIP1 pred čistením (sklenená balotina)

Na povrchu sú početné a rôznorodé čiastočne aglomerované prachové častice, ktoré nepokrývajú celý povrch pergamenu, takže je viditeľný i povrch vlákien pergamenu. Celková distribúcia častíc prachu je pomerne homogénna.



obr. č. 70 – Vzorka MIP1 po čistení (orechové škrupiny)

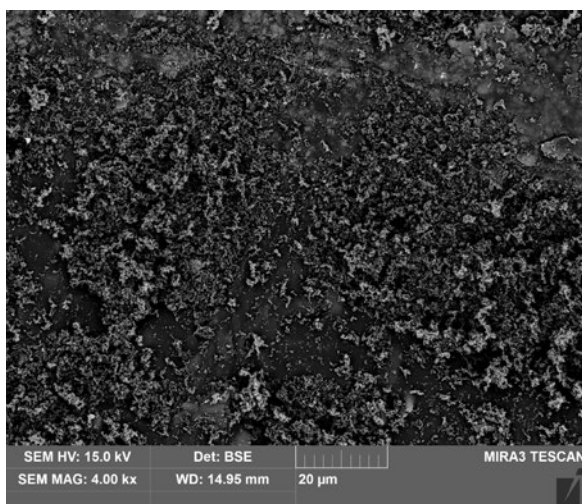


obr. č. 71 – Vzorka MIP1 po čistení (sklenená balotina)

Vyhodnotenie pre obe vlnové dĺžky:

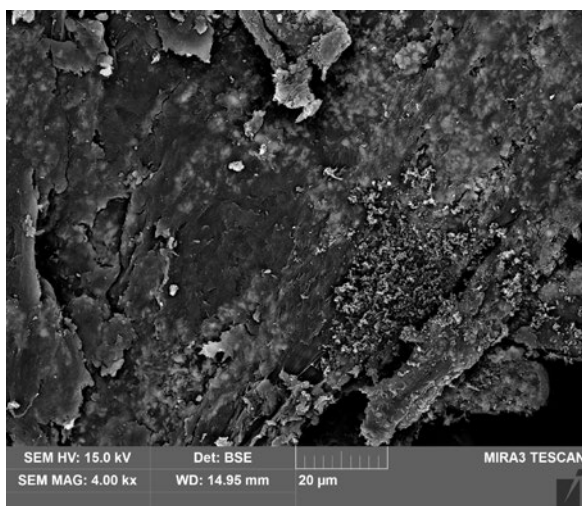
Množstvo častíc pigmentu na povrchu pergamenu je v porovnaní so stavom pred čistením výrazne nižšie, povrch pergamenových vlákien je takmer kompletne odkrytý a nie sú na nich viditeľné rozdiely v mikroštruktúre resp. prípadné nové poškodenia vlákien. Medzi použitými abrazívami nebol zistený rozdiel.

11.2.2.3 Nový väzobný pergamen umelo znečistený pigmentom

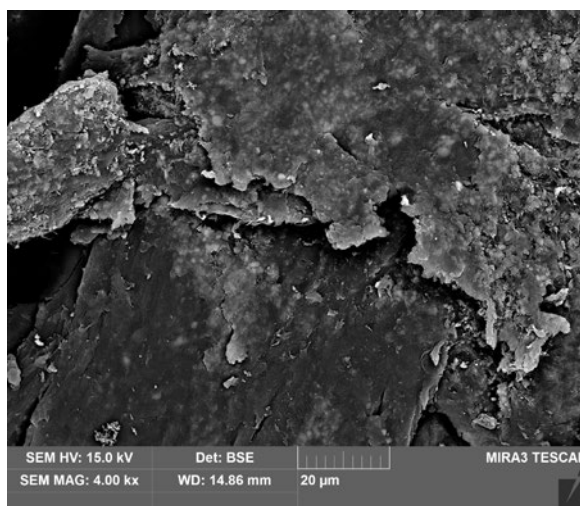


obr. č. 72 – Vzorka MI1 pred čistením (sklenená balotina)

Na povrchu sú aglomerované častice pigmentu, ktoré pokrývajú väčšinu povrchu pergamenu. Povrch vlákien pergamenu je odkrytý len lokálne. Celková distribúcia častíc pigmentu je pomerne homogénna.



obr. č. 73 – Vzorka MI1s1 po čistení (orechové škrupiny)

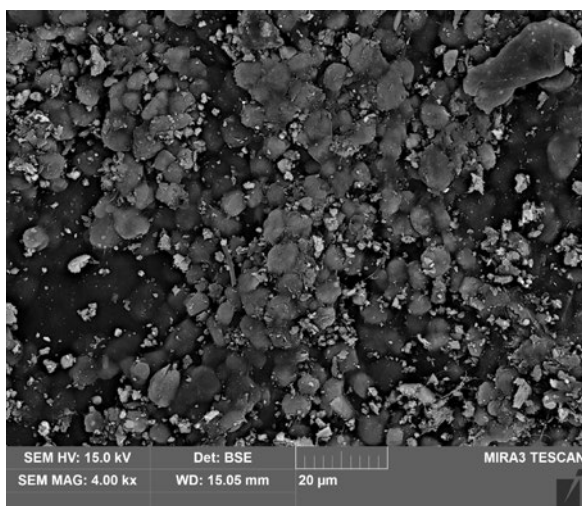


obr. č. 74 – Vzorka MI1s1 po čistení (orechové škrupiny)

Vyhodnotenie pre obe vlnové dĺžky:

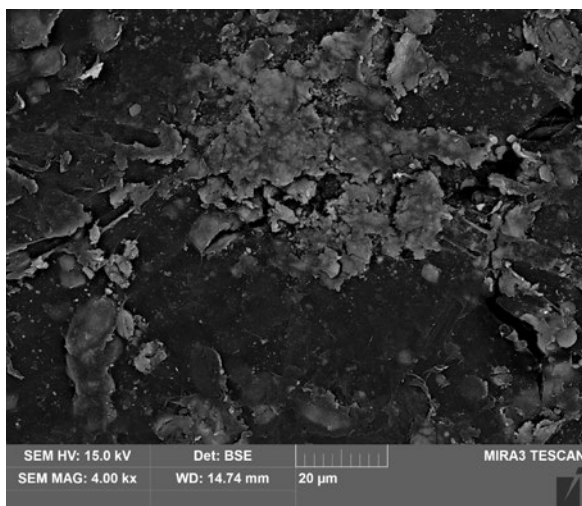
Množstvo častíc pigmentu na povrchu pergamenu je v porovnaní so stavom pred čistením výrazne nižšie, povrch pergamenových vlákien je odkrytý a nie sú na nich viditeľné rozdiely v mikroštruktúre resp. prípadné nové poškodenia vlákien. Napriek čisteniu zostáva na povrchu pergamenu malé množstvo pigmentových častíc. Medzi použitými abrazívami nebol zistený rozdiel.

11.2.2.4. Nový väzobný pergamen umelo znečistený prachom

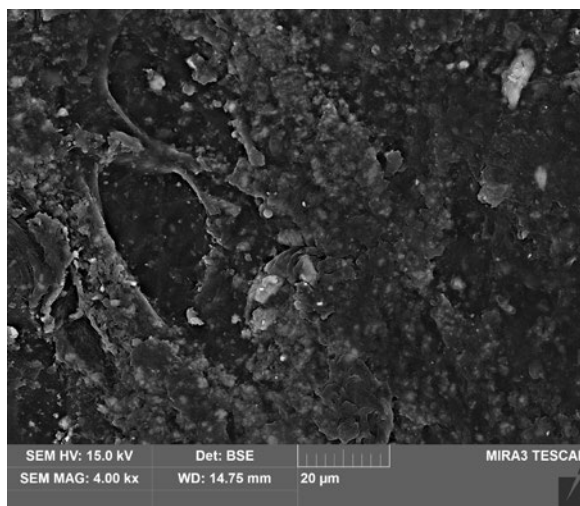


obr. č. 75 – Vzorka MIp1 pred čistením (sklenená balotina)

Povrchu sú početné prachové častice, čiastočne aglomerované, ktoré nepokrývajú celý povrch pergamenu, takže lokálne je viditeľný i povrch vlákien pergamenu. Celková distribúcia častíc prachu je pomerne homogénna.



obr. č. 76 – Vzorka MIp1 po čistení (sklenená balotina)

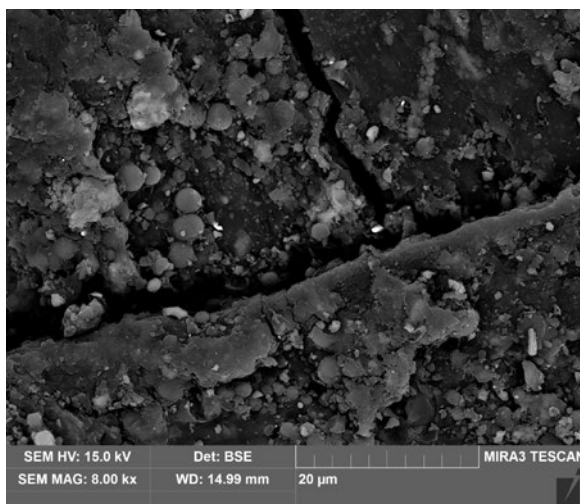


obr. č. 77 – Vzorka MIIp1 po čistení (orechové škrupiny)

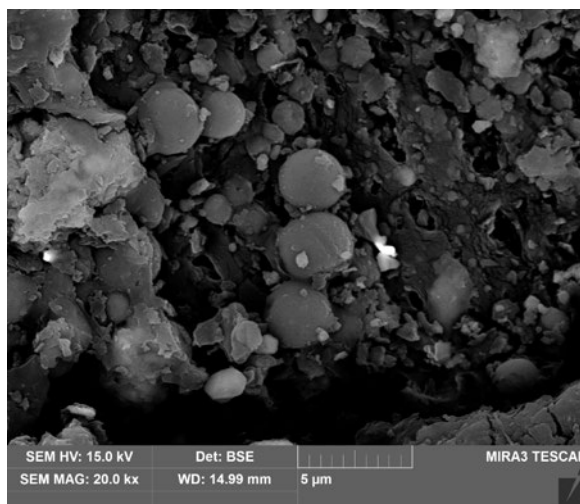
Vyhodnotenie pre obe vlnové dĺžky:

Množstvo častíc prachu na povrchu pergamenu je v porovnaní so stavom pred čistením nižšie, povrch pergamenových vlákien je čiastočne odkrytý a nie sú na nich viditeľné rozdiely v mikroštruktúre resp. prípadné nové poškodenia vlákien. Napriek čisteniu zostáva na povrchu pergamenu určité množstvo pigmentových častíc. Medzi použitými abrazívami nebol zistený výraznejší rozdiel.

11.2.2.5 Historický písací pergamen

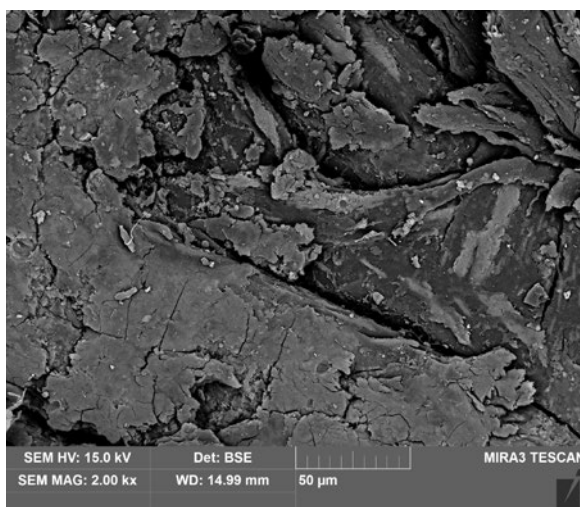


obr. č. 78 – Vzorka MII pred čistením (sklenená balotina)

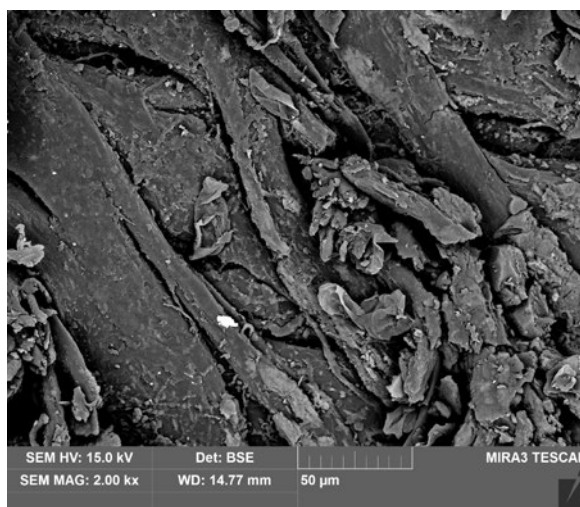


obr. č. 79 – Vzorka MII pred čistením (sklenená balotina)

Povrch je v značnom rozsahu pokrytý rôznorodými časticami nečistôt a fragmentmi „písacej“ vrstvy, na mnohých miestach sú viditeľné štruktúry, ktoré odpovedajú mikrobiologickému napadnutiu povrchu pergamenu (pravdepodobne baktérie). Vlákna pergamenu sú čiastočne obnažené.



obr. č. 80 – Vzorka MII po čistení (sklenená balotina)

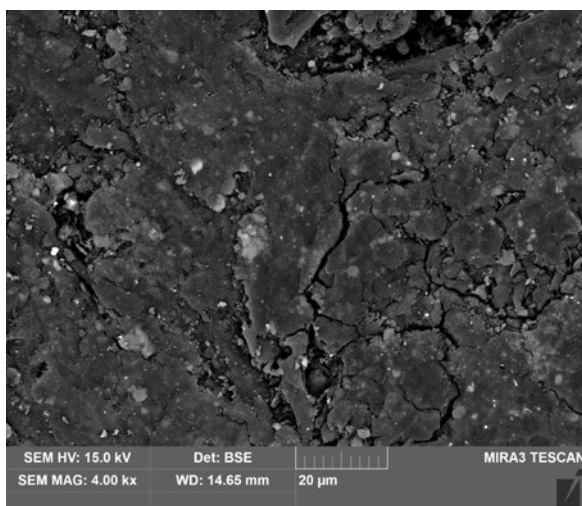


obr. č. 81 – Vzorka MIII po čistení (orechové škrupiny)

Vyhodnotenie pre obe vlnové dĺžky:

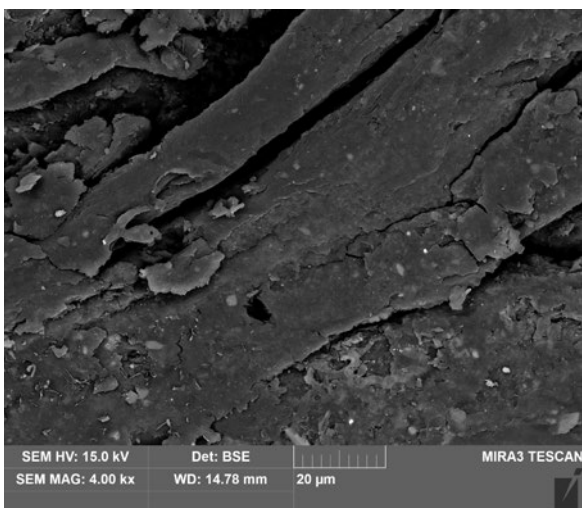
Množstvo častíc prachu na povrchu pergamenu je v porovnaní so stavom pred čistením nižšie, povrch pergamenových vlákien je čiastočne odkrytý a nie sú na nich viditeľné výrazné rozdiely v mikroštruktúre resp. prípadné nové poškodenia vlákien. Lokálne je možné pozorovať mierne mechanické narušenie kompaktného povrchu („zdrsnenie“) resp. povrchu jednotlivých vlákien. Napriek čisteniu zostáva na povrchu pergamenu určité množstvo častíc. Medzi použitými abrazívami nebol zistený výraznejší rozdiel.

11.2.2.6 Historický väzobný pergamen

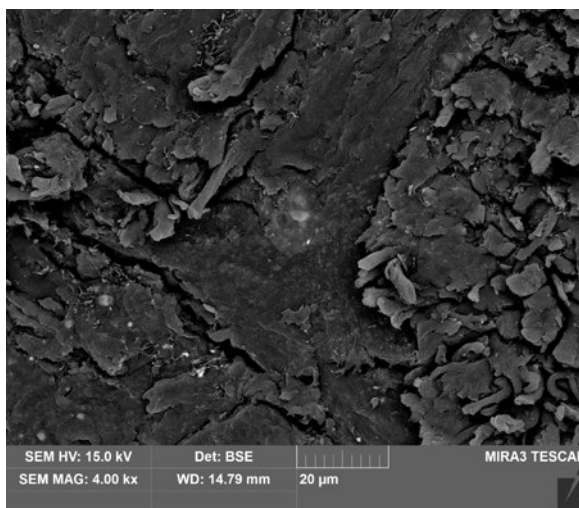


obr. č. 82 – Vzorka MIII pred čistením (orechové škrupiny)

Povrch je pomerne kompaktný. Vlákna pergamentu sú čiastočne viditeľné.



obr. č. 83 – Vzorka MII po čistení (sklenená balotina)



obr. č. 84 – Vzorka MIII po čistení (orechové škrupiny)

Vyhodnotenie pre obe vlnové dĺžky:

Množstvo častíc prachu na povrchu pergamentu je v porovnaní so stavom pred čistením nižšie. Pergamentové vlákna sú viac obnažené, na jednotlivých vláknach nie sú viditeľné poškodenia. Napriek čisteniu zostáva na povrchu pergamentu malé množstvo častíc nečistôt. Medzi použitými abrazívami nebol zistený výraznejší rozdiel.

11.2.3 Farebnosť

Vzhľadom nato, že jednotlivé vzorky boli čistené pri rozdielnom tlaku, porovnané boli vždy priemerné namerané hodnoty farebnosti dvojíc čistených pri rovnakom tlaku. Rovnako ako v prípade vzoriek čistených laserom, namerané hodnoty s leskom a bez lesku boli veľmi podobné. Do výsledkov boli preto zahrnuté len namerané hodnoty s leskom.

Nový písací pergamen čistený mikropieskovačkou							
nečistota	abrazívum	tlak	L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	ΔL*(D65)	Δa*(D65)
čistý			87,1	1,8	12,9		
prach	sklenená balotina	0,5 bar	76,1	0,9	10,2	11,0	0,9
prach	sklenená balotina	1 bar	78,2	0,9	10,6	8,9	0,9
prach	sklenená balotina	2 bar	82,2	0,6	10,4	4,9	1,2
prach	sklenená balotina	3 bar	81,8	0,7	10,8	5,2	1,1
pigment	sklenená balotina	0,5 bar	41,9	-0,1	0,2	45,2	1,9
pigment	sklenená balotina	1 bar	28,0	-0,2	-0,7	59,1	2,0
pigment	sklenená balotina	2 bar	53,1	-0,1	1,9	34,0	1,9
pigment	sklenená balotina	3 bar	62,1	0,0	2,3	25,0	1,8
prach	orechové škrupiny	0,5 bar	74,9	1,6	13,3	12,2	0,2
prach	orechové škrupiny	1 bar	78,3	1,4	13,4	8,8	0,4
prach	orechové škrupiny	2 bar	79,8	1,5	14,2	7,3	0,3
prach	orechové škrupiny	3 bar	82,1	1,0	11,7	5,0	0,9
pigment	orechové škrupiny	0,5 bar	37,8	-0,1	-0,1	49,3	2,0
pigment	orechové škrupiny	1 bar	43,1	-0,1	0,7	44,0	1,9
pigment	orechové škrupiny	2 bar	40,6	-0,1	0,5	46,5	1,9
pigment	orechové škrupiny	3 bar	56,0	-0,3	3,0	31,1	2,1

tab. č. 16 – Zmena farebnosti nového písacieho pergamenu (s leskom)

Nový väzobný pergamen čistený mikropieskovačkou							
nečistota	abrazívum	tlak	L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	ΔL*(D65)	Δa*(D65)
čistý			86,2	1,7	13,0		
prach	sklenená balotina	0,5 bar	75,5	1,2	12,6	10,7	0,5
prach	sklenená balotina	1 bar	75,7	1,1	12,5	10,5	0,7
prach	sklenená balotina	2 bar	79,0	0,7	12,1	7,2	1,0
prach	sklenená balotina	3 bar	77,5	1,0	12,3	8,7	0,8
pigment	sklenená balotina	0,5 bar	45,2	0,2	3,1	41,0	1,6
pigment	sklenená balotina	1 bar	51,8	-0,1	3,4	34,4	1,8
pigment	sklenená balotina	2 bar	57,4	-0,1	3,7	28,7	1,9
pigment	sklenená balotina	3 bar	59,7	0,2	5,5	26,5	1,6
prach	orechové škrupiny	0,5 bar	79,7	0,5	13,4	6,5	1,2
prach	orechové škrupiny	1 bar	78,5	1,0	12,6	7,7	0,8
prach	orechové škrupiny	2 bar	80,0	0,7	13,5	6,2	1,0
prach	orechové škrupiny	3 bar	80,7	0,8	13,5	5,5	1,0
pigment	orechové škrupiny	0,5 bar	46,8	0,3	4,3	39,4	1,4
pigment	orechové škrupiny	1 bar	61,3	0,1	7,0	24,9	1,6
pigment	orechové škrupiny	2 bar	62,4	0,8	7,8	23,8	0,9
pigment	orechové škrupiny	3 bar	70,6	0,4	9,6	15,6	1,3

tab. č. 17 – Zmena farebnosti nového väzobného pergamenu (s leskom)

Historický väzobný pergamen čistený mikropieskovačkou				
abrazívum	tlak	L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)
sklenená balotina	0,5 bar	68,8	3,8	27,8
sklenená balotina	1 bar	75,5	1,2	12,6
sklenená balotina	2 bar	71,1	3,1	28,7
sklenená balotina	3 bar	71,0	5,5	30,2

tab. č. 18 – Zmena farebnosti historického väzobného pergamenu (s leskom)

V prípade čistenia pomocou mikropieskovačky miera vyčistenia (resp. zosvetlenie) závisela na type pergamenu a nečistoty. Farebná zmena (vyčistenie) rástlo so zvyšujúcim sa použitým tlakom.

11.2.4 Analýza pomocou 3D mikroskopie

Pri skenovaní vzoriek čistených pomocou mikropieskovačky platia rovnaké zistenia ako v prípade vzoriek čistených laserom (viď kapitola 11.1.4 Analýza pomocou 3D mikroskopie).

Historický väzobný pergamen		
vzorka	pred čistením [μm]	po čistení [μm]
MI1	9,72	15,28
MII1	2,48	8,52

tab. č. 19 – Zmena drsnosti vzoriek historického väzobného pergamenu

Historický písací pergamen		
vzorka	pred čistením [μm]	po čistení [μm]
MI1	10,22	16,02
MII1	14,68	13,98

tab. č. 20 – Zmena drsnosti vzoriek historického písacieho pergamenu

Nový väzobný pergamen znečistený prachom		
vzorka	pred čistením [μm]	po čistení [μm]
MIp1	4,46	5,9
MIIp1	11,7	11,66

tab. č. 21 – Zmena drsnosti vzoriek nového väzobného pergamenu znečisteného prachom

Nový väzobný pergamen znečistený pigmentom		
vzorka	pred čistením [μm]	po čistení [μm]
MIIs1	8,88	6,58
MIIIs1	2,04	10,26

tab. č. 22 – Zmena drsnosti vzoriek nového väzobného pergamenu znečisteného pigmentom

11.2.5 Teplota zmrštenia

Výsledky merania teploty zmrštenia vzoriek pergamenu pred čistením a po čistení mikropieskovačkou preukázali, že dochádza k zanedbateľnej zmene tejto teploty a teda že čistenie nemá vplyv na zmenu či zhoršenie mechanických vlastností materiálu.

Okrem merania teploty zmrštenia bola vykonaná i analýza koherencie vlákien vzoriek pergamenu. Rozstrapkanie vlákien bolo v prípade vzorky po čistení pozorované vo väčšej miere ako u vzorky pred čistením. Kompletné výsledky meraní viď kapitola 15.1 Výsledky merania teploty zmrštenia kolagénových vlákien.

12 Záver

Táto diplomová práca sa vo všeobecnosti zaoberala pergamenom, pričom sa primárne zamerala na problematiku jeho čistenia, resp. testovaním vybraných metód čistenia tohto materiálu. Teoretická časť práce má za účel oboznámenie čitateľa s materiálom. Kapitola *História výroby pergamenu* načrtáva historické pozadie vzniku materiálu. V nasledujúcich dvoch kapitolách sú stručne zhrnuté postup výroby a klasifikácia druhov pergamenu. Pomerne rozsiahla kapitola *Štruktúra a vlastnosti pergamenu* sa zaoberá materiálovou podstatou a vlastnosťami materiálu, na ktoré plynule nadväzuje kapitola *Príčiny degradácie a poškodenia pergamenu*. Záverečné dve kapitoly teoretickej časti sú venované reštaurovaniu pergamenu vo všeobecnosti a problematike jeho čistenia.

Experimentálna časť diplomovej práce sa zaoberá testovaním vybraných druhov čistenia pergamenu. Konkrétne sa jedná o čistenie pomocou technológie laseru a abrazívne čistenie za pomoci tryskania mikropieskovačkou. V úvode tejto časti sú predstavené všetky materiály a technológie použité v rámci výskumu. Nasleduje podrobný popis prípravy vzoriek na čistenie. Medzi testované materiály boli zahrnuté vzorky historického a rovnako aj nového pergamenu. Nový pergamen bol umelo znečistený prachom v snahe simulovať reálne znečistenie zbierkových predmetov a tiež pigmentom sadzová čerň, ako extrémny prípad znečistenia, ktoré je z chemického hľadiska presne definovateľné. Všetky vzorky boli pred čistením podrobené analýzám, ktoré zahrňovali fotografické zaznamenanie celkového pohľadu na vzorku i vybraného detailu pomocou stereomikroskopu, snímanie pomocou SEM, 3D mikroskopu a spektrofotometra a odobranie vzoriek pre meranie teploty zmrštenia kolagénu. Cieľom týchto analýz bolo vizuálne porovnanie vzoriek pred a po čistení, odhalenie prípadných zmien v štruktúre vplyvom čistenia (SEM), zmien morfológie povrchu (3D mikroskop) a tiež vplyvu čistenia na mechanické vlastnosti materiálu (teplota zmrštenia).

Čistenie vzhľadom na okolnosti prebiehalo v oboch prípadoch v exteriéri. Napriek tomu, že nemohli byť dodržané laboratórne podmienky, boli výsledky čistenia viac než uspokojivé, čo neskôr potvrdili i vykonané analýzy vzoriek.

V prípade čistenia laserom pri oboch nastaveniach vlnových dĺžok sme pozorovali už pri vizuálnom porovnaní vzoriek vysokú mieru vyčistenia so zachovaním textu na vzorkách historického písacieho pergamenu. K výraznej zmene smerom k takmer úplnému sčerneniu došlo v prípade červenej farebnej vrstvy.

Vykonané merania farebnosti pergamenu pred a po čistení porovnané v prípade nového pergamenu s nameranými hodnotami čistého pergamenu dokazujú, že posun vo farebnosti vzoriek čistených pri vlnovej dĺžke 1064 nm a 532 nm bol zanedbateľný. Na základe toho možno povedať, že vlnová dĺžka žiarenia laseru nemá významný vplyv na mieru vyčistenia. Zároveň došlo k minimálnemu posunu vo farebnosti čistých pergamenov pred a po „čistení“ laserom.

Analýza pomocou SEM potvrdila, že nie sú viditeľné rozdiely v mikroštruktúre pergamenu resp. čistením pomocou laseru v oboch vlnových dĺžkach nedochádzalo k poškodeniu vlákien. Zároveň však možno povedať, že i po aplikácii čistenia sa na povrchu nachádzalo určité množstvo nečistoty. Toto množstvo sa líšilo v závislosti na typ pergamenu a typ nečistoty. V prípade záznamu písaného atramentom sa mikroštruktúra povrchu pred a po čistení líšila len v minimálnej miere. Mikroštruktúra záznamu obsahujúceho červený pigment (rumelka) bola naopak po čistení zreteľne odlišná, zrná pigmentu boli obnažené a povrch farebnej vrstvy bol narušený. Zmena farebnosti (sčernenie) farebnej vrstvy bolo s vysokou pravdepodobnosťou spôsobené zmenou kryštalickej štruktúry v dôsledku tepelného namáhania povrchu farebnej vrstvy.

Zmena drsnosti povrchu vzoriek pred a po čistení laserom analyzovaná za pomoci 3D mikroskopu nebola definovateľná žiadnym vzorcom. Nedá sa preto s určitosťou povedať, či dochádza pri čistení iba k úbytku nečistoty, alebo aj hmoty pergamenu.

Merania teploty zmrštenia kolagénových vlákien zaznamenali len zanedbateľnú zmenu tejto teploty a teda minimálny vplyv laserového čistenia na mechanické vlastnosti materiálu v oboch skúmaných vlnových dĺžkach.

Čistenie mikropieskovačkou taktiež prinieslo uspokojivé výsledky. Na základe vizuálneho porovnania možno odporúčať použitie nižšieho pracovného tlaku (0,2 – 0,5 bar) v snahe predísť prečisteniu (odstráneniu patiny), alebo prílišnému otvoreniu povrchu materiálu. V prípade prítomnosti záznamových prostriedkov môže dôjsť k ich čiastočnému narušeniu prúdom abrazíva.

Výsledky merania farebnosti vzoriek pred a po čistení poukazujú na individuálne posuny vo farebnosti jednotlivých druhov vzoriek v závislosti na pracovnom tlaku použitom pri čistení. Vo všetkých prípadoch však platí zvyšovanie miery zosvetlenia (vyčistenia) so zvyšujúcim sa nastavením pracovného tlaku mikropieskovačky.

Skenovanie pomocou technológie SEM preukázalo, že mikroabrazívne čistenie nového a historického väzobného pergamenu nemá vplyv na zmeny v mikroštruktúre jeho povrchu. V prípade historického písacieho pergamenu čistenie spôsobilo mechanické narušenie kompaktného povrchu, tzn. povrch je otvorenejší, ani tu však nedošlo k poškodeniu vlákien na povrchu. Medzi použitými abrazívami nebol v prípade žiadnej skúmanej vzorky výraznejší rozdiel. V prípade všetkých vzoriek sa po aplikácii čistenia na povrchu nachádzalo určité množstvo nečistoty. Toto množstvo sa líšilo v závislosti na typ pergamenu a typ nečistoty.

Analýza skenovaním 3D mikroskopom a taktiež meranie teploty zmrštenia kolagénových vlákien potvrdila u vzoriek čistených mikropieskovačkou tie isté zistenia ako v prípade vzoriek čistených laserom.

V rámci experimentálnej časti tejto diplomovej práce bol skúmaný dopad čistenia laserom za použitia dvoch rôznych nastavení vlnových dĺžok a abrazívneho čistenia s použitím dvoch druhov abrazív. Po zhrnutí výsledkov analýz možno povedať, že obe metódy sú za určitých podmienok použiteľné na reálnych objektoch. Pri výbere metódy čistenia je však potrebné brať ohľad na stav objektu a rovnako i nutnosť vykonania samotného čistenia.

13 Zoznam použitej literatúry

ÁDÁM, Ágnes; Weronika LISZEWSKA a Györgyi SZLABEY. The changes in parchment restoration. In: *Care and Conservation of Manuscripts 10: Proceedings of the tenth International seminar held at the University of Copenhagen 19th-20th October 2006*. Copenhagen: Museum Tusculanum Press, 2008, 60 – 69.

AMERICAN INSTITUTE FOR CONSERVATION OF HISTORIC AND ARTISTIC WORKS. *Paper Conservation Catalog*. 9. edícia, Washington, 1994. <http://cool.conservation-us.org/coolaic/sg/bpg/pcc/index.html> [07.12.2016]

BENEŠOVÁ, Jaroslava. *Konzervování a restaurování kovů: ochrana předmětů kulturního dědictví z kovů a jejich slitin*. Brno: Technické muzeum v Brně - Metodické centrum konzervace, 2011.

BLAŽEJ, Anton a Antonín GALATÍK. *Technologie kůže a kožešin*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1984.

Cez.cz [online]. *Princip laseru*. [cit.11.05.2017]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/microsites/laser/k22.htm#z>

COOPER, Martin et al. *Cleaning Safely with a Laser in Artwork Conservation*. Liverpool: National museums, 2006

COOPER, Martin et al. Laser cleaning of an eighteenth-century parchment document. *The Conservator*. Taylor & Francis., 2000, vol. 24, p. 71 – 79. [pozn: Journal of the Institute of Conservation (2009 - current)]

ĎOUBAL, Jakub. *Technologie laserového čištění pískovcových památek*. Praha, 2013. Dizertační práce. ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Experimentální centrum. Školitel: prof. Ing. Petr Konvalinka, CSc.

ĎUROVIČ, Michal. *Restaurování a konzervování archiválií a knih*. Praha: Paseka, 2002.

GRZECHNIK, Ania. *Laser w konserwacji dzieł sztuki*. Warszawa, 1995. [text poskytla autorka práce]

HAINES, Betty, M. *Parchment : the physical and chemical characteristics of parchment and the materials used in its conservation*. Northampton: Leather Conservation Centre, 1999.

KENNEDY, Craig J. et al. Laser cleaning of parchment: structural, thermal and biochemical studies into the effect of wavelength and fluence. In: *Applied Surface Science*. Elsevier B.V., 2004, vol. 227, p. 151 – 163.

KITE, Marion a Roy. THOMSON. *Conservation of leather and related materials*. Boston: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2006. Butterworth-Heinemann series in conservation and museology.

Lao.cz, 2011 [online]. *Základní princip laseru a jejich delení*. [cit. 11.05.2017]. Dostupné z: <http://www.lao.cz/lao-info-49/serial-na-tema-lasery---zakladni-princip-laseru-a-jejich-deleni-127>

Lightforart.com [online]. *Thunder Art*. [cit. 29.06.2017]. Dostupné z: <http://www.lightforart.com/en/light-for-art-en/systems/detail/13-thunder-art>

MRAZÍK, Milan. *Koželužská technologie pro 1. ročník SOU*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1986.

OHLÍDALOVÁ, Martina. *Kůže, useň a pergamen* [elektronické skriptá]. 2007. [cit. 08. 08. 2017]

OHLÍDALOVÁ, Martina. *Technologie usní* [elektronické skriptá]. 2005. [cit. 08. 08. 2017]

PAULUSOVÁ, Hana. Využití cyklo-dodekanu pro přechodnou fixaci vodorozpustných barviv. In: *XI. seminář restaurátorů a historiků : Referáty*. Litoměřice, 13. – 16. září 2000. Praha: Státní ústřední archiv, 2003. s. 250 – 255.

PAVLÁT, Leo. *Tajemství knihy*. Praha: Albatros, 1982.

Renfert.cz [online]. *Basic mobil*. Dostupné z: <http://www.renfert.com/usa/en/products/equipment/blasting-technology/fine-sandblasting-units/basic-mobil.html> [cit. 29. 06. 2017]

RESCIC, Silvia et al. The micro-sandblasting technique as a new tool for the evaluation of the state of conservation of natural stone and mortar surfaces. In: *European Journal of Environmental and Civil Engineering*. London: Taylor & Francis, 2013. vol. 17:2, p. 113-127

SOUČKOVÁ, Magda. Poločas projektu IDAP. *Bulletin plus*. č. 4, 2003. Dostupné z: http://wwwold.nkp.cz/bp/bp2003_4/6.htm [cit. 09. 08. 2017]

TOMÍŠEK, Miroslav. *Učebnice koželužství: schváleno .. jako učebnice pro průmyslovou školu koželužskou*. 2. vyd., nezm. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1959.

VEST, Marie; René LARSEN a Martin COOPER. Evaluation of Laser Cleaning of Parchment Documents with a Q-Switched Nd:YAG Laser at 1064,532 and 266 nm. In: *Dickmann K., Fotakis C., Asmus J.F. (eds) Lasers in the Conservation of Artworks: Lacona V Proceedings, Osnabrück, Germany, September 15-18, 2003*. Berlin: Springer, 2005, p. 217 – 225.

Vik, Michal. *Základy měření barevnosti vzhledu – Barevné Odchytky*. [online skriptá] Laboratoř Měření Barevnosti a Vzhledu, Katedra textilních materiálů, Fakulta textilní, Technická univerzita v Liberci. Dostupné z: <http://dirk.kmi.tul.cz/depart/ktc/sylaby/Kolorimetrie/vcoldif.pdf>. [cit. 29. 6. 2017]

ZELINGER, Jiří. *Konzervace pergamentu a jeho uložení*. Praha: Národní knihovna, 1992.

14 Zoznam použitých skratiek a symbolov

a pod.	a podobne
atď.	a tak ďalej
AV ČR	Akademie věd České republiky
cca	cirka, približne
č.	číslo
ISO	International Organization for Standardization
kap.	kapitola
napr.	napríklad
obr.	obrázok
p.	page
perg.	pergamen
pozn.	poznámka
resp.	respektíve
RH	relatívna vlhkosť
SEM	skenovací elektrónový mikroskop
SOA	Státní oblastní archiv
str., s.	strana
t °C	teplota v stupňoch Celzia
tzn.	to znamená
tzv.	takzvaný, takzvané

15 Textová príloha

Zoznam a tabuliek obsiahnutých v textovej prílohe

- tab. č. 1 – Výsledky iónovej chromatografie prachu
- tab. č. 2 – Prvkové zloženie prachu
- tab. č. 3 – Prvkové zloženie prachu na povrchu pergamenu
- tab. č. 4 – Namerané hodnoty farebnosti historického väzobného pergamenu pred čistením
- tab. č. 5 – Namerané hodnoty farebnosti historického väzobného pergamenu po čistení
- tab. č. 6 – Namerané hodnoty farebnosti nového písacieho pergamenu znečisteného pigmentom po čistení
- tab. č. 7 – Namerané hodnoty farebnosti nového písacieho pergamenu znečisteného prachom po čistení
- tab. č. 8 – Namerané hodnoty farebnosti nového väzobného pergamenu znečisteného pigmentom po čistení
- tab. č. 9 – Namerané hodnoty farebnosti nového väzobného pergamenu znečisteného prachom po čistení
- tab. č. 10 – Namerané hodnoty farebnosti nového písacieho pergamenu bez umelého znečistenia
- tab. č. 11 – Namerané hodnoty farebnosti nového väzobného pergamenu bez umelého znečistenia

Zoznam a obrázkov obsiahnutých v textovej prílohe

- obr. č. 1 – Prach na povrchu historického pergamenu
- obr. č. 2 – Povrch znečisteného historického pergamenu

15.1 Výsledky merania teploty zmrštenia kolagénových vláken



Národní knihovna
České republiky
National Library
of the Czech Republic

Oddělení vývoje a výzkumných laboratoří

Měření teploty smrštění vzorků pergamenu

Měření teploty smrštění je prováděno mikroskopicky s použitím měřicí cely FP82 a termosystému FP900 (Mettler) a mikroskopu Olympus BX 60. Vzorek pergamenu je namočen do destilované vody a rozvlákněn tupou hranou skalpelu. Rozvlákněný vzorek je v destilované vodě zahříván na vyhřívaném stolku rychlostí 2 °C / min a smrštění vláken je pozorováno v mikroskopu při zvětšení 40x.

Mikropískovačka, psací pergamen

Vzorek MII5 před

Koherence vláken:

Rozvláknění probíhalo středně obtížně, vznikla směs středně dlouhých a kratších vláken a jemných částic. Ojedinele pozorováno třepení okrajů vláken.

Teplota smrštění:

Smršťování vláken probíhalo v intervalu 41,6°C – 58,3°C.

Zjištěná teplota smrštění je **44,2 °C.**

Vzorek MII5 po

Koherence vláken:

Rozvláknění probíhalo středně obtížně, vznikla směs středně dlouhých a kratších vláken a jemných částic. U vláken bylo pozorováno třepení okrajů ve větší míře než u vzorku MII5 před.

Teplota smrštění:

Smršťování vláken probíhalo v intervalu 42,1°C – 54°C.

Zjištěná teplota smrštění je **44,5 °C.**

Laser 1064 nm, psací pergamen

Vzorek LI1 před

Koherence vláken:

Rozvláknění probíhalo středně obtížně, vznikla směs delších a malého podílu středních vláken, částic a jemných částic. U některých vláken bylo pozorováno třepení okrajů.

Teplota smrštění:

Smršťování vláken probíhalo v intervalu 47,9°C – 57°C.

Zjištěná teplota smrštění je **51,1 °C.**

Vzorek LI1 po

Koherence vláken:

Rozvláknění probíhalo středně obtížně, vznikla směs delších, středně dlouhých a kratších vláken a částic a velké množství jemných částic. U vzorku bylo pozorováno třepení okrajů vláken ve větší míře než u vzorku LI1 před a i větší množství jemných částic.

Teplota smršťování:

Smršťování vláken probíhalo v intervalu 42,8°C – 61°C.

Zjištěná teplota smršťování je 50 °C.

Laser 532 nm, psací pergamen

Vzorek LIII1 před

Koherence vláken:

Rozvláknění probíhalo středně obtížně, vznikla směs středních a malého podílu delších vláken a malé množství částic a jemných částic. U některých vláken bylo pozorováno třepení okrajů.

Teplota smršťování:

Smršťování vláken probíhalo v intervalu 46,9°C – 60°C.

Zjištěná teplota smršťování je 50,5 °C.

Vzorek LIII1 po

Koherence vláken:

Rozvláknění probíhalo středně obtížně, vznikla směs středních a malého podílu delších vláken a malé množství částic a jemných částic. U vzorku bylo pozorováno třepení okrajů vláken ve větší míře než u vzorku LI1 před a i větší množství jemných částic.

Teplota smršťování:

Smršťování vláken probíhalo v intervalu 46,4°C – 60°C.

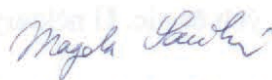
Zjištěná teplota smršťování je 49,4 °C.

Celkové zhodnocení

Teplota smršťování vzorků psacího pergamentu nebyla testovanými druhy čištění ovlivněna.

Po čištění bylo zjištěno mírné poškození okrajů kolagenních vláken – tzv. třepení u vzorků čištěných laserem, přitom poškození bylo vyšší u vzorku čištěným laserem 532 nm. Pro posouzení závažnosti tohoto poškození pro další možnou degradaci pergamentu by bylo třeba provést další zkoušky, např. test urychleného stárnutí.

9. 8. 2017


Ing. Magda Součková
OVVL NK ČR

15.2 Analýzy vzoriek prachu

15.2.1 Analýza vzorky prachu z depozitára SOA Svitavy so sídlom v Litomyšli pomocou iónovej chromatografie

Analýza bola vykonaná na Ústave chemických procesů AV ČR, v.v.i. Celkovo sa podarilo analyzovať 8,6 % vzorky, tzn. celkový obsah vo vode rozpustných iónov. Podľa očakávania bol v najväčšej miere zastúpený síran, ktorý je typickou zložkou prachových častíc všetkých veľkostí (jemných <1 μm i hrubých >1 μm). Ďalej bol hojne zastúpený vápnik (analyzovaný bol však len ten rozpustný vo vode), ktorý bude pravdepodobne pochádzať z hrubých častíc (predovšetkým zo stavebného materiálu budovy).

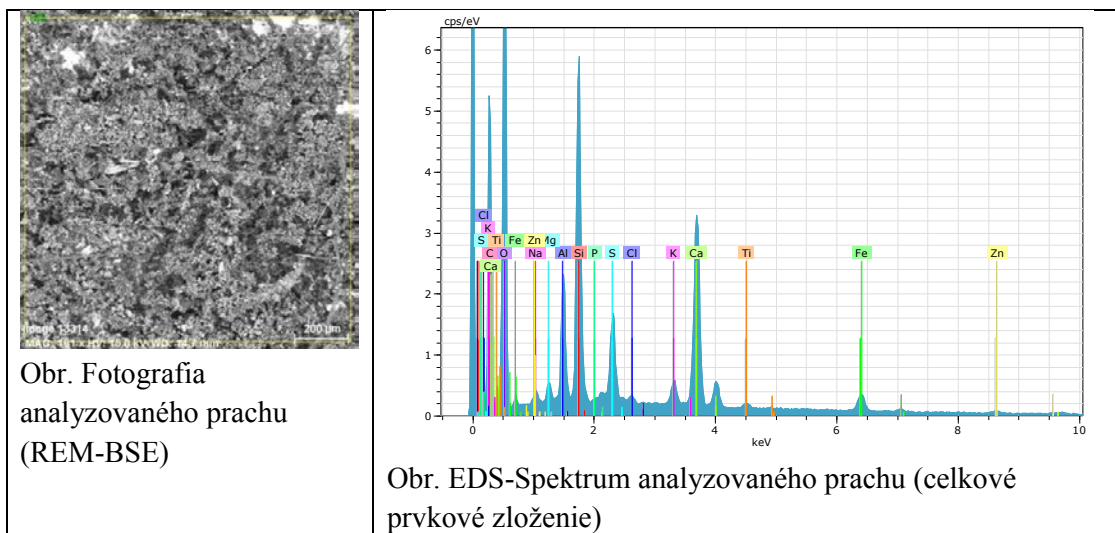
	F ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ³⁻	Na ⁺	NH ₄ ⁴⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Celkom
%	0.1	0.2	4.6	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	3.0	8.6

tab. č. 1 – Výsledky iónovej chromatografie prachu

15.2.2 Analýza pomocou SEM

Analýza bola vykonaná na FR UPCE Ing. Karolom Bayerom. K analýze bola využitá metóda skenovania rastrovacím elektrónovým mikroskopom s RTG energo-disperzívnym analyzátorom (REM-EDX; Tescan MIRA s EDS - systémom Bruker Quantax); skúmané vzorky boli pred analýzou naprášené zlatom (vytvorenie vodivého povrchu), pre analýzu bol použitý detektor spätne odrazených elektrónov a detektor sekundárnych elektrónov.

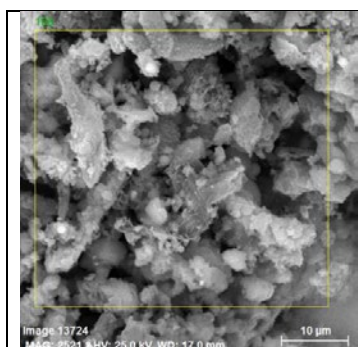
15.2.2.1 Vzorka prachu z depozitára SOA Svitavy so sídlom v Litomyšli



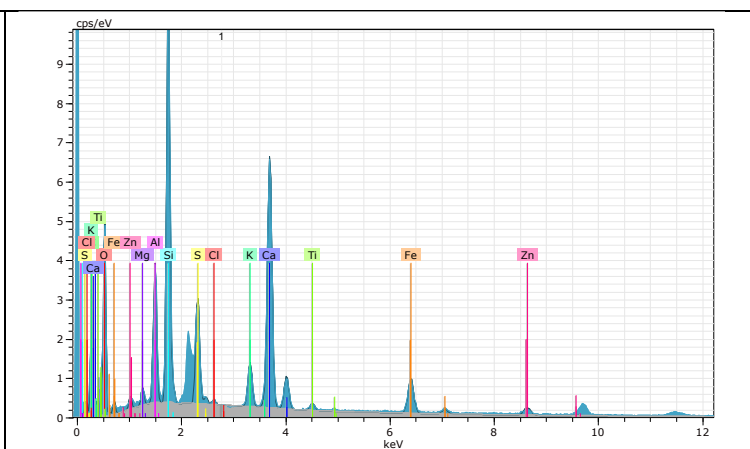
Spectrum: 100					
Element	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error (1 Sigma) [wt.%]
Oxygen	K-series	45.41	38.68	42.69	5.44
Carbon	K-series	33.30	28.37	41.70	4.26
Calcium	K-series	12.41	10.57	4.66	0.40
Silicon	K-series	8.13	6.93	4.35	0.37
Iron	K-series	5.17	4.41	1.39	0.20
Aluminium	K-series	2.82	2.40	1.57	0.16
Sulfur	K-series	2.68	2.28	1.25	0.12
Potassium	K-series	1.32	1.12	0.51	0.07
Chlorine	K-series	0.29	0.25	0.12	0.04
Magnesium	K-series	0.43	0.36	0.26	0.05
Sodium	K-series	0.35	0.30	0.23	0.05
Zinc	K-series	4.26	3.63	0.98	0.22
Titanium	K-series	0.76	0.65	0.24	0.06
Phosphorus	K-series	0.07	0.06	0.03	0.03
Total:		117.40	100.00	100.00	

tab. č. 2 – Prvkové zloženie prachu

15.2.2.2 Prach analyzovaný priamo na povrchu historického pergamenu



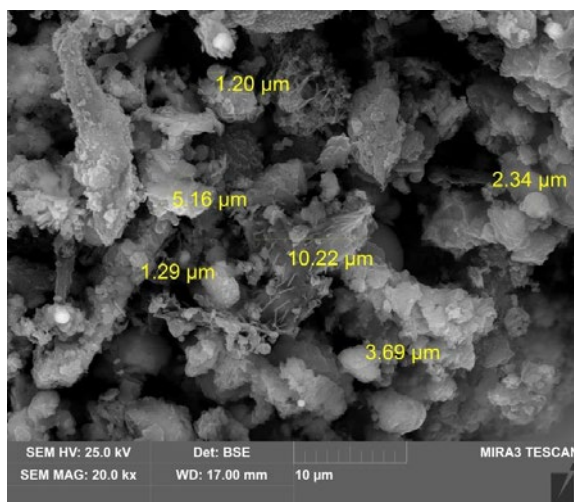
Obr. Fotografia analyzovaného povrchu pergamenu (REM-BSE)



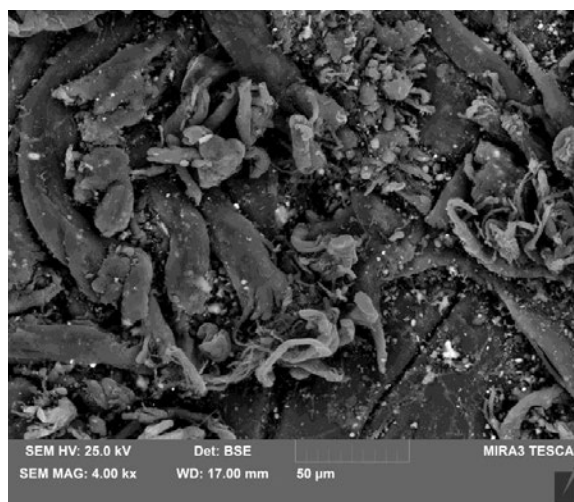
Obr. EDS-Spektrum analyzovaného povrchu (celkové prvkové zloženie)

Spectrum: 156					
Element	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error (1 Sigma) [wt.%]
Oxygen	K-series	33.61	37.68	41.35	4.28
Carbon	K-series	25.51	28.60	41.81	3.57
Calcium	K-series	9.75	10.93	4.79	0.31
Silicon	K-series	7.00	7.84	4.90	0.33
Aluminium	K-series	3.45	3.87	2.52	0.20
Sulfur	K-series	2.69	3.02	1.65	0.13
Iron	K-series	3.27	3.66	1.15	0.12
Potassium	K-series	1.36	1.53	0.69	0.07
Magnesium	K-series	0.59	0.66	0.48	0.06
Zinc	K-series	1.48	1.66	0.45	0.07
Titanium	K-series	0.36	0.41	0.15	0.04
Chlorine	K-series	0.13	0.14	0.07	0.03
Total:		89.20	100.00	100.00	

tab. č. 3 – Prvkové zloženie prachu na povrchu pergamenu



obr. č. 1 – Prach na povrchu historického pergamenu



obr. č. 2 – Povrch znečisteného historického pergamenu

Zhrnutie výsledkov analýzy:

Z analýzy (celkové zloženie i bodová prvková analýza jednotlivých prachových častíc) vyplýva, že väčšina častíc nečistôt na povrchu analyzovaného historického pergamenu (priama analýza i analýza prachu získaného odsávaním) je tvorená prevažne drobnými časticami organického pôvodu (hlavne sadze, ale aj drobné úlomky rastlinných i živočíšnych tkanív) a v menšej miere anorganickými prachovými časticami. V anorganickom podiele prevládajú rôzne silikátové častice, uhličitan vápenatý, síran vápenatý, prípadne i častice pigmentov (zinková beloba, titánová beloba) pochádzajúce pravdepodobne aj zo stien priestorov, kde bol skúmaný historický pergamen uložený. Veľkosť prachových častíc sa pohybuje zväčša v rozmedzí 1 až 10 µm.

15.3 Namerané hodnoty farebnosti vzoriek

Historický väzobný pergamen – pred čistením									
Vzorky čistené laserom					Vzorky čistené mikropieskovačkou				
Vzorka	L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	WI(CIE)	Vzorka	L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	WI(CIE)
LI1 a	56,02	4,5	20,66	-116,53	MI1 a	54,68	4,58	19,69	-113,82
LI1 a	55,89	4,52	20,74	-117,43	MI1 a	54,42	4,61	19,82	-115,4
LI1 b	57,37	5,78	25,17	-140,67	MI1 b	56,56	4,7	22,15	-124,55
LI1 b	57,04	5,81	25,35	-142,82	MI1 b	56,18	4,73	22,33	-126,87
LI2 a	64,74	4,11	26,34	-125,76	MI2 a	61,51	3,26	23,97	-122,03
LI2 a	64,36	4,16	26,52	-127,99	MI2 a	60,76	3,3	24,39	-126,91
LI2 b	58,06	4,76	24,81	-136,92	MI2 b	50,54	4,58	22,19	-143,13
LI2 b	57,67	4,82	25,03	-139,47	MI2 b	50,22	4,62	22,32	-145,05
LI3 a	50,49	4,81	21,63	-139,23	MI3 a	52,02	5,08	21,77	-135,36
LI3 a	50,14	4,86	21,84	-141,73	MI3 a	51,42	5,15	22,1	-139,44
LI3 b	60,21	3,97	24,43	-128,4	MI3 b	50,44	5,3	20,59	-131,78
LI3 b	59,63	4,03	24,72	-131,93	MI3 b	49,75	5,37	21	-136,73
LI4 a	58,2	3,96	22,75	-123,99	MI4 a	55,2	3,56	22,43	-131,15
LI4 a	57,45	4,03	23,23	-129,25	MI4 a	54,51	3,62	22,82	-135,8
LI4 b	54,5	5,38	25,1	-149,6	MI4 b	57,32	3,05	22,91	-128,19
LI4 b	53,43	5,5	25,96	-158,57	MI4 b	56,49	3,1	23,37	-133,66
LI5 a	54,22	4,18	22,88	-136,76	MI5 a	48,35	5,63	21,3	-142,95
LI5 a	53,29	4,26	23,54	-143,93	MI5 a	47,25	5,76	22,1	-152,09
LI5 b	60,03	3,03	22,1	-115,05	MI5 b	49,95	5,15	20,16	-130,3
LI5 b	59,23	3,08	22,55	-120,15	MI5 b	49,09	5,26	20,71	-136,67
LII1 a	57,09	4,92	19,26	-104,09	MII1 a	57,3	3,52	19,68	-107,01
LII1 a	56,71	4,95	19,41	-106,12	MII1 a	57,06	3,55	19,77	-108,24
LII1 b	51,01	5,18	21,71	-137,94	MII1 b	54,67	3,77	20,95	-122,71
LII1 b	50,49	5,25	22,04	-141,77	MII1 b	54,22	3,8	21,19	-125,64
LII2 a	57,65	4,65	21,98	-120,26	MII2 a	55,35	4,15	21,37	-123,31
LII2 a	56,92	4,72	22,41	-125,19	MII2 a	54,96	4,2	21,56	-125,67
LII2 b	58,46	4,45	23,24	-126,04	MII2 b	55,37	4,53	22,27	-129,02
LII2 b	57,64	4,51	23,71	-131,43	MII2 b	54,58	4,58	22,76	-134,6
LII3 a	59,24	3,48	23,08	-123,27	MII3 a	58,17	4,35	23,13	-126,29
LII3 a	58,76	3,52	23,3	-126,05	MII3 a	57,72	4,41	23,37	-129,08
LII3 b	54,19	5,03	21,02	-123,87	MII3 b	51,96	4,6	20,77	-128,94
LII3 b	53,81	5,08	21,23	-126,39	MII3 b	51,34	4,66	21,15	-133,43
LII4 a	52,77	5,98	22,59	-138,02	MII4 a	61,52	3,98	22,89	-115,03
LII4 a	52,41	6,03	22,81	-140,55	MII4 a	60,94	4,03	23,19	-118,54
LII4 b	48,9	4,9	18,25	-119,73	MII4 b	63,21	3,14	22,02	-105,29
LII4 b	48,47	4,95	18,49	-122,67	MII4 b	62,62	3,19	22,29	-108,56
LII5 a	58,96	4,17	22,96	-122,91	MII5 a	58,95	4,23	22,72	-121,42
LII5 a	58,52	4,21	23,17	-125,51	MII5 a	58,54	4,26	22,91	-123,81
LII5 b	61,65	3,37	23,78	-120,42	MII5 b	58,29	4,6	20,6	-109,69
LII5 b	61,21	3,37	23,99	-123,04	MII5 b	58,03	4,61	20,7	-111

tab. č. 4 – Namerané hodnoty farebnosti historického väzobného pergamentu pred čistením

Historický väzobný pergamen – po čistení									
Vzorky čistené laserom					Vzorky čistené mikropieskovačkou				
Vzorka	L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	WI(CIE)	Vzorka	L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	WI(CIE)
LI1 a	68,73	6,8	29,8	-130,88	MI1 a	61,2	4,83	22,51	-113,19
LI1 a	68,59	6,78	29,84	-131,58	MI1 a	60,97	4,86	22,63	-114,6
LI1 b	66,65	7,58	33,43	-156,82	MI1 b	63,72	4,8	24,73	-119,08
LI1 b	66,38	7,57	33,54	-158,36	MI1 b	63,39	4,81	24,91	-121,16
LI2 a	73,41	5,13	31,34	-124,63	MI2 a	70,03	3,27	27,39	-115,56
LI2 a	73,13	5,15	31,42	-126,01	MI2 a	69,53	3,32	27,64	-118,51
LI2 b	69,44	5,76	31,59	-138,77	MI2 b	67,63	4,42	28,25	-127,32
LI2 b	69,17	5,79	31,67	-140,11	MI2 b	67,33	4,46	28,35	-128,83
LI3 a	68,04	6,97	32,84	-149,39	MI3 a	64,92	5,33	26,78	-127,03
LI3 a	67,82	6,99	32,87	-150,28	MI3 a	64,56	5,36	27	-129,38
LI3 b	73,78	4,61	31,48	-124,45	MI3 b	62,73	5,48	26,3	-131,01
LI3 b	73,37	4,64	31,65	-126,65	MI3 b	62,36	5,54	26,54	-133,57
LI4 a	73,1	5,62	32,08	-129,23	MI4 a	73,09	3,38	29,91	-119,25
LI4 a	72,71	5,66	32,26	-131,48	MI4 a	72,63	3,42	30,16	-122,02
LI4 b	68,28	7,78	35,91	-164,11	MI4 b	69,2	2,84	27,4	-118,46
LI4 b	67,83	7,82	36,21	-167,23	MI4 b	68,64	2,88	27,7	-121,9
LI5 a	71,87	6,48	33,74	-141,42	MI5 a	71,93	5,41	31,13	-128,29
LI5 a	71,5	6,5	33,91	-143,53	MI5 a	71,52	5,45	31,33	-130,71
LI5 b	75,09	4,32	31,03	-117,94	MI5 b	70,09	5,58	29,23	-124,14
LI5 b	74,69	4,35	31,19	-120,07	MI5 b	69,73	5,6	29,4	-126,19
LII1 a	67,26	6,82	29,45	-133,76	MII1 a	59,83	3,45	20,93	-108,02
LII1 a	67,02	6,83	29,57	-135,17	MII1 a	59,61	3,48	21,06	-109,48
LII1 b	64,45	6,86	30,96	-151,28	MII1 b	60,74	3,56	23,06	-118,59
LII1 b	64,21	6,88	31,08	-152,73	MII1 b	60,35	3,59	23,32	-121,35
LII2 a	69,71	5,84	29,52	-126,77	MII2 a	66,74	4,02	25,38	-114,14
LII2 a	69,33	5,87	29,67	-128,8	MII2 a	66,46	4,07	25,53	-115,8
LII2 b	72,13	5,58	31,89	-131,51	MII2 b	67,06	4,25	26,84	-121,33
LII2 b	71,75	5,59	32,05	-133,59	MII2 b	66,59	4,28	27,09	-124,2
LII3 a	74,73	4,29	31,76	-122,92	MII3 a	73,12	3,94	28,08	-109,19
LII3 a	74,42	4,33	31,82	-124,19	MII3 a	72,83	3,96	28,17	-110,61
LII3 b	67,33	6,08	29,42	-133,79	MII3 b	71,1	4,41	27,36	-111,51
LII3 b	67,09	6,09	29,48	-134,88	MII3 b	70,79	4,44	27,49	-113,15
LII4 a	64,65	7,5	29,52	-142,14	MII4 a	77,09	3,33	26,76	-90,12
LII4 a	64,44	7,5	29,56	-143,07	MII4 a	76,72	3,35	26,87	-91,83
LII4 b	65,25	6,1	27,11	-127,43	MII4 b	78,75	2,18	25,78	-80,45
LII4 b	65,05	6,1	27,14	-128,27	MII4 b	78,37	2,22	25,91	-82,25
LII5 a	72,89	4,71	29,94	-119,3	MII5 a	74,39	3,59	26,52	-97,14
LII5 a	72,59	4,73	30,02	-120,71	MII5 a	74,15	3,61	26,6	-98,33
LII5 b	76,14	3,75	31,22	-115,74	MII5 b	71,6	4,38	26,35	-104,47
LII5 b	75,85	3,78	31,28	-116,96	MII5 b	71,42	4,4	26,4	-105,28

tab. č. 5 – Namerané hodnoty farebnosti historického väzobného pergamentu po čistení

Nový písací pergamen znečistený pigmentom – po čistení									
Vzorky čistené laserom					Vzorky čistené mikropieskovačkou				
Vzorka	L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	WI(CIE)	Vzorka	L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	WI(CIE)
Lls1 a	67,5	2,66	13,09	-40,88	Mls1 a	30,04	-0,13	-0,61	12,9
Lls1 a	67,33	2,68	13,15	-41,59	Mls1 a	29,99	-0,07	-0,53	12,04
Lls1 b	66,81	2,74	13,69	-45,94	Mls1 b	26,69	-0,15	-0,78	14,14
Lls1 b	66,57	2,76	13,77	-46,98	Mls1 b	26,61	-0,08	-0,69	13,13
Lls2 a	70,08	2,83	13,97	-39,99	Mls2 a	37,1	-0,04	0,01	9,47
Lls2 a	69,88	2,86	14,04	-40,87	Mls2 a	36,96	-0,01	0,11	8,44
Lls2 b	71,23	2,86	14,89	-42,53	Mls2 b	46,75	-0,15	0,42	12,48
Lls2 b	70,9	2,87	14,99	-43,85	Mls2 b	46,5	-0,13	0,52	11,47
Lls3 a	68,41	2,56	14,03	-44,33	Mls3 a	28,83	-0,16	-0,68	13,34
Lls3 a	68,12	2,58	14,13	-45,59	Mls3 a	28,65	-0,12	-0,58	12,21
Lls3 b	68,42	2,18	15,04	-50,35	Mls3 b	27,1	-0,15	-0,68	13,11
Lls3 b	68,07	2,18	15,18	-52	Mls3 b	27,01	-0,12	-0,58	11,87
Lls4 a	70,67	2,62	13,21	-34,3	Mls4 a	52,18	-0,11	2,04	5,24
Lls4 a	70,5	2,64	13,26	-35,01	Mls4 a	51,92	-0,08	2,12	4,36
Lls4 b	71,33	2,79	14,12	-37,89	Mls4 b	53,93	-0,08	1,79	8,99
Lls4 b	71,05	2,82	14,21	-39,08	Mls4 b	53,72	-0,04	1,88	8,11
Lls5 a	71,23	2,86	13,71	-35,81	Mls5 a	63,11	0,04	2,56	15,42
Lls5 a	71,01	2,86	13,78	-36,68	Mls5 a	62,92	0,08	2,7	14,29
Lls5 b	68,3	2,65	13,49	-41,39	Mls5 b	61,14	0,01	2,07	15,89
Lls5 b	68,06	2,67	13,56	-42,35	Mls5 b	60,96	0,05	2,19	14,85
LlIs1 a	74,97	0,97	11,16	-13,34	MlIs1 a	39,89	-0,19	-0,26	13,51
LlIs1 a	74,71	1	11,26	-14,49	MlIs1 a	39,73	-0,14	-0,16	12,52
LlIs1 b	70,05	1,02	10,45	-20,09	MlIs1 b	35,63	-0,1	0	8,77
LlIs1 b	69,78	1,06	10,54	-21,18	MlIs1 b	35,5	-0,06	0,15	7,32
LlIs2 a	75,66	1,36	12,11	-16,9	MlIs2 a	43,09	-0,14	0,68	7,4
LlIs2 a	75,32	1,4	12,22	-18,27	MlIs2 a	42,86	-0,09	0,77	6,45
LlIs2 b	71,07	1,18	10,8	-19,92	MlIs2 b	41,56	-0,05	0,34	5,87
LlIs2 b	70,64	1,22	10,93	-21,57	MlIs2 b	41,24	-0,1	0,39	6,27
LlIs3 a	68,54	1,21	9,51	-17,72	MlIs3 a	43,12	-0,14	0,66	7,64
LlIs3 a	68,2	1,24	9,61	-18,98	MlIs3 a	42,89	-0,1	0,77	6,54
LlIs3 b	73,71	1,08	10,58	-12,89	MlIs3 b	38,08	-0,08	0,38	6,6
LlIs3 b	73,35	1,11	10,7	-14,37	MlIs3 b	37,88	-0,01	0,49	5,44
LlIs4 a	69,78	1,01	9,4	-14,54	MlIs4 a	55,31	-0,24	2,98	2,15
LlIs4 a	69,51	1,04	9,52	-15,82	MlIs4 a	55,14	-0,22	3,1	1,09
LlIs4 b	70,96	0,9	9,53	-12,9	MlIs4 b	56,74	-0,3	3,1	3,15
LlIs4 b	70,71	0,91	9,67	-14,19	MlIs4 b	56,55	-0,26	3,22	2,08
LlIs5 a	62,05	0,98	8,71	-25,5	MlIs5 a	53,1	-0,06	2,06	6,12
LlIs5 a	61,74	0,99	8,83	-26,87	MlIs5 a	52,98	-0,02	2,15	5,34
LlIs5 b	68,42	0,79	8,29	-10,78	MlIs5 b	62,21	-0,17	2,84	12,38
LlIs5 b	68,16	0,82	8,41	-11,99	MlIs5 b	62,04	-0,14	2,96	11,36

tab. č. 6 – Namerané hodnoty farebnosti nového písacieho pergamenu znečisteného pigmentom po čistení

Nový písací pergamen znečistený prachom – po čistení									
Vzorky čistené laserom					Vzorky čistené mikropieskovačkou				
Vzorka	L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	WI(CIE)	Vzorka	L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	WI(CIE)
Llp1 a	64,76	4,08	16,85	-69,44	Mlp1 a	67,34	1,36	9,62	-20,77
Llp1 a	64,59	4,12	16,95	-70,46	Mlp1 a	67,17	1,38	9,74	-21,85
Llp1 b	67,11	3,78	16,82	-63,52	Mlp1 b	75,25	0,88	10,21	-7,5
Llp1 b	66,93	3,8	16,89	-64,38	Mlp1 b	74,99	0,92	10,31	-8,61
Llp2 a	62,86	3,96	16,01	-69,03	Mlp2 a	76,02	1,03	10,29	-6,23
Llp2 a	62,7	3,97	16,12	-70,12	Mlp2 a	75,79	1,07	10,39	-7,25
Llp2 b	63,65	4,14	16,53	-70,25	Mlp2 b	76,23	0,86	10,18	-5,15
Llp2 b	63,52	4,14	16,64	-71,21	Mlp2 b	75,98	0,91	10,27	-6,24
Llp3 a	63,92	4,05	16,42	-68,96	Mlp3 a	77,65	1,04	11,29	-7,88
Llp3 a	63,74	4,07	16,53	-70,03	Mlp3 a	77,33	1,05	11,4	-9,22
Llp3 b	65,97	3,86	16,39	-63,74	Mlp3 b	78,68	0,78	9,95	1,56
Llp3 b	65,77	3,87	16,49	-64,82	Mlp3 b	78,42	0,82	10,04	0,5
Llp4 a	62,68	4,08	16,5	-72,48	Mlp4 a	82,33	0,63	10,7	6,22
Llp4 a	62,52	4,1	16,58	-73,33	Mlp4 a	82,05	0,66	10,8	5,02
Llp4 b	59,04	4,1	15,67	-76,08	Mlp4 b	82,12	0,55	10,13	8,63
Llp4 b	58,93	4,12	15,75	-76,87	Mlp4 b	81,84	0,59	10,24	7,37
Llp5 a	61,32	4,14	16,19	-73,88	Mlp5 a	81,13	0,79	11,24	0,55
Llp5 a	61,19	4,15	16,3	-74,89	Mlp5 a	80,89	0,84	11,34	-0,5
Llp5 b	62,59	3,95	16,21	-70,93	Mlp5 b	82,56	0,61	10,39	8,31
Llp5 b	62,41	3,99	16,32	-72,08	Mlp5 b	82,26	0,65	10,51	7,03
LlIp1 a	71,64	2	13,44	-33,53	MlIp1 a	75,66	1,46	12,47	-18,85
LlIp1 a	71,45	2,04	13,52	-34,39	MlIp1 a	75,46	1,5	12,54	-19,69
LlIp1 b	74,22	1,78	13,81	-29,53	MlIp1 b	74,2	1,68	14,11	-31,28
LlIp1 b	74	1,79	13,91	-30,6	MlIp1 b	73,98	1,71	14,2	-32,31
LlIp2 a	71,31	2,15	13,46	-34,38	MlIp2 a	77,1	1,54	13,66	-21,78
LlIp2 a	71,13	2,17	13,54	-35,22	MlIp2 a	76,9	1,59	13,71	-22,55
LlIp2 b	69,76	1,92	13,38	-37,57	MlIp2 b	79,57	1,32	13,19	-13,26
LlIp2 b	69,61	1,94	13,5	-38,62	MlIp2 b	79,32	1,35	13,28	-14,33
LlIp3 a	73,17	2,08	13,76	-31,7	MlIp3 a	79,6	1,45	13,7	-15,84
LlIp3 a	72,96	2,11	13,86	-32,73	MlIp3 a	79,37	1,49	13,76	-16,73
LlIp3 b	72,6	1,89	13,07	-29,23	MlIp3 b	79,95	1,51	14,72	-20,22
LlIp3 b	72,39	1,92	13,17	-30,24	MlIp3 b	79,72	1,54	14,77	-21,1
LlIp4 a	72,74	2,19	14,15	-34,89	MlIp4 a	81,73	1,12	12,24	-3,03
LlIp4 a	72,53	2,24	14,24	-35,89	MlIp4 a	81,47	1,15	12,33	-4,11
LlIp4 b	74,94	1,93	13,92	-28,38	MlIp4 b	82,43	0,78	11,2	3,95
LlIp4 b	74,7	1,96	14,02	-29,5	MlIp4 b	82,14	0,85	11,28	2,85
LlIp5 a	74,31	1,99	15,74	-39,88	MlIp5 a	79,66	1,05	10,69	-0,02
LlIp5 a	74,08	2,01	15,83	-40,96	MlIp5 a	79,43	1,09	10,77	-0,94
LlIp5 b	72,69	2,02	14,41	-36,49	MlIp5 b	81,66	1,05	11,17	2,24
LlIp5 b	72,47	2,04	14,52	-37,6	MlIp5 b	81,39	1,11	11,27	1,11

tab. č. 7 – Namerané hodnoty farebnosti nového písacieho pergamenu znečisteného prachom po čistení

Nový väzobný pergamen znečistený pigmentom – po čistení									
Vzorky čistené laserom					Vzorky čistené mikropieskovačkou				
Vzorka	L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	WI(CIE)	Vzorka	L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	WI(CIE)
Lls1 a	79,41	1,32	13,52	-15,41	Mls1 a	37,42	0,14	1,97	-8,82
Lls1 a	78,87	1,35	13,66	-17,44	Mls1 a	37,14	0,16	2,07	-10,02
Lls1 b	76,92	1,76	14	-24	Mls1 b	48,12	0,16	4,21	-16,15
Lls1 b	76,39	1,8	14,15	-26,1	Mls1 b	47,81	0,18	4,31	-17,33
Lls2 a	77,98	1,06	14,32	-23,24	Mls2 a	46	0,13	3	-9,1
Lls2 a	77,48	1,1	14,41	-24,98	Mls2 a	45,74	0,15	3,11	-10,27
Lls2 b	70,58	1,78	13,45	-36,12	Mls2 b	44,31	0,17	3,26	-13,15
Lls2 b	70,06	1,8	13,62	-38,3	Mls2 b	44,05	0,2	3,34	-14,11
Lls3 a	75,88	1,76	15,31	-33,63	Mls3 a	50,59	-0,08	2,89	-2,92
Lls3 a	75,25	1,77	15,49	-36,2	Mls3 a	50,11	-0,05	3	-4,32
Lls3 b	72,48	1,75	13,14	-29,92	Mls3 b	53,05	-0,16	3,91	-7,44
Lls3 b	72,01	1,77	13,24	-31,59	Mls3 b	52,64	-0,13	4,02	-8,77
Lls4 a	77,29	1,57	12,59	-15,59	Mls4 a	56,26	-0,06	4,03	-3,91
Lls4 a	76,74	1,6	12,72	-17,61	Mls4 a	55,92	-0,04	4,12	-5,01
Lls4 b	77,1	0,99	11,48	-10,21	Mls4 b	58,63	-0,22	3,32	4,19
Lls4 b	76,68	1,02	11,6	-11,8	Mls4 b	58,18	-0,2	3,42	2,95
Lls5 a	73,37	1,86	14,24	-33,95	Mls5 a	61,37	0,37	7,17	-16,97
Lls5 a	72,64	1,9	14,42	-36,71	Mls5 a	60,9	0,37	7,25	-18,25
Lls5 b	77,03	1,36	12,34	-14,9	Mls5 b	57,99	-0,06	3,91	-0,69
Lls5 b	76,44	1,39	12,48	-17,08	Mls5 b	57,65	-0,05	3,99	-1,7
LlIs1 a	77,71	1,02	12,1	-12,09	MlIs1 a	45,85	0,42	4,23	-19,21
LlIs1 a	77,24	1,06	12,24	-13,92	MlIs1 a	45,69	0,44	4,33	-20,24
LlIs1 b	76,81	0,62	10,85	-7,52	MlIs1 b	47,65	0,25	4,3	-17,43
LlIs1 b	76,37	0,66	10,99	-9,28	MlIs1 b	47,38	0,28	4,37	-18,38
LlIs2 a	76,19	0,84	12,4	-17,33	MlIs2 a	62,43	-0,06	6,47	-10,62
LlIs2 a	75,64	0,85	12,53	-19,34	MlIs2 a	62,12	-0,01	6,57	-11,85
LlIs2 b	76,59	0,85	11,48	-11,41	MlIs2 b	60,24	0,29	7,46	-20,87
LlIs2 b	75,98	0,88	11,66	-13,79	MlIs2 b	59,97	0,31	7,56	-21,97
LlIs3 a	74,81	1,03	11,32	-14,58	MlIs3 a	61,05	0,63	7,6	-20,27
LlIs3 a	74,3	1,07	11,44	-16,38	MlIs3 a	60,8	0,66	7,72	-21,48
LlIs3 b	78,06	0,79	11,75	-9,43	MlIs3 b	63,65	1,03	8,08	-18,49
LlIs3 b	77,62	0,83	11,85	-11,01	MlIs3 b	63,46	1,04	8,16	-19,39
LlIs4 a	79,63	0,34	12,42	-9,31	MlIs4 a	73,81	0,6	11,61	-18,56
LlIs4 a	79,17	0,38	12,53	-10,96	MlIs4 a	73,43	0,62	11,71	-19,99
LlIs4 b	79,75	0,73	12,32	-8,38	MlIs4 b	67,46	0,28	7,58	-8,43
LlIs4 b	79,42	0,76	12,44	-9,8	MlIs4 b	67,19	0,31	7,67	-9,51
LlIs5 a	78,39	0,68	11,49	-7,28	MlIs5 a	66,2	0,64	7,3	-9,04
LlIs5 a	77,9	0,72	11,62	-9,11	MlIs5 a	65,99	0,65	7,41	-10,1
LlIs5 b	76,77	0,57	10,96	-8,24	MlIs5 b	71,59	0,34	8,57	-6,17
LlIs5 b	76,34	0,61	11,07	-9,81	MlIs5 b	71,26	0,37	8,66	-7,33

tab. č. 8 – Namerané hodnoty farebnosti nového väzobného pergamenu znečisteného pigmentom po čistení

Nový väzobný pergamen znečistený prachom – po čistení									
Vzorky čistené laserom					Vzorky čistené mikropieskovačkou				
Vzorka	L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	WI(CIE)	Vzorka	L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	WI(CIE)
Llp1 a	79,51	1,47	14,33	-19,36	Mlp1 a	76,73	1,21	13,31	-20,86
Llp1 a	79,1	1,51	14,46	-21,03	Mlp1 a	76,32	1,24	13,42	-22,46
Llp1 b	79,54	1,31	14,41	-19,71	Mlp1 b	77,35	1,21	14,08	-23,47
Llp1 b	79,18	1,36	14,52	-21,23	Mlp1 b	76,98	1,25	14,2	-25,02
Llp2 a	80,19	1,53	13,55	-13,56	Mlp2 a	75,28	1,18	12,6	-20,46
Llp2 a	79,87	1,56	13,67	-14,98	Mlp2 a	74,94	1,19	12,7	-21,83
Llp2 b	79,91	1,46	13,92	-16,22	Mlp2 b	75,73	1,23	12,65	-19,71
Llp2 b	79,57	1,49	14,03	-17,6	Mlp2 b	75,46	1,26	12,77	-20,98
Llp3 a	82,62	1,14	15,16	-15,62	Mlp3 a	76,08	0,86	12,26	-16,81
Llp3 a	82,34	1,17	15,24	-16,74	Mlp3 a	75,63	0,9	12,35	-18,39
Llp3 b	82,15	1,11	14,52	-13,65	Mlp3 b	75,3	1,25	12,8	-21,52
Llp3 b	81,82	1,13	14,64	-15,08	Mlp3 b	75,03	1,28	12,89	-22,63
Llp4 a	80,72	1,35	13,86	-13,87	Mlp4 a	78,5	0,77	12,35	-11,59
Llp4 a	80,4	1,38	13,96	-15,19	Mlp4 a	78,11	0,8	12,44	-12,96
Llp4 b	80,83	1,18	13,58	-12,17	Mlp4 b	79,44	0,6	11,78	-6,34
Llp4 b	80,53	1,22	13,7	-13,52	Mlp4 b	79,04	0,62	11,9	-7,92
Llp5 a	82,1	1	13,12	-6,63	Mlp5 a	78,36	0,94	11,48	-7,23
Llp5 a	81,78	1,04	13,22	-7,98	Mlp5 a	78	0,97	11,59	-8,69
Llp5 b	80,02	1	12,87	-10,56	Mlp5 b	76,55	1,01	13,1	-20,23
Llp5 b	79,66	1,02	13	-12,13	Mlp5 b	76,23	1,05	13,21	-21,56
Lllp1 a	83,01	0,8	14,25	-10,07	Mllp1 a	81,09	0,37	14,06	-14,17
Lllp1 a	82,57	0,84	14,36	-11,78	Mllp1 a	80,66	0,41	14,18	-15,89
Lllp1 b	79,86	0,92	13,43	-13,89	Mllp1 b	78,24	0,68	12,81	-14,67
Lllp1 b	79,41	0,95	13,56	-15,69	Mllp1 b	77,75	0,71	12,94	-16,54
Lllp2 a	80,59	0,81	15,08	-20,61	Mllp2 a	79,77	0,95	12,54	-9,46
Lllp2 a	80,16	0,84	15,19	-22,31	Mllp2 a	79,44	0,99	12,65	-10,82
Lllp2 b	78,69	0,89	14,5	-22,45	Mllp2 b	77,21	0,97	12,6	-15,95
Lllp2 b	78,23	0,92	14,63	-24,25	Mllp2 b	76,93	1	12,67	-17,01
Lllp3 a	83,24	0,59	12,29	0,36	Mllp3 a	80,79	0,73	12,85	-8,58
Lllp3 a	82,77	0,64	12,39	-1,29	Mllp3 a	80,39	0,75	12,97	-10,21
Lllp3 b	80,93	0,7	13,56	-11,92	Mllp3 b	79,13	0,7	14,11	-19,36
Lllp3 b	80,41	0,72	13,68	-13,84	Mllp3 b	78,81	0,72	14,21	-20,63
Lllp4 a	79,15	0,94	14,85	-23,07	Mllp4 a	81,37	0,95	13,8	-12
Lllp4 a	78,66	0,97	14,99	-25,1	Mllp4 a	81,09	0,96	13,88	-13,11
Lllp4 b	79,91	0,84	14,33	-18,46	Mllp4 b	80,01	0,55	13,14	-12,06
Lllp4 b	79,43	0,84	14,46	-20,37	Mllp4 b	79,64	0,59	13,24	-13,5
Lllp5 a	83,89	0,34	11,51	5,89	Mllp5 a	80,24	0,73	13,67	-14,22
Lllp5 a	83,57	0,4	11,6	4,64	Mllp5 a	79,92	0,77	13,75	-15,42
Lllp5 b	82,99	0,2	10,59	8,31	Mllp5 b	76,71	0,86	13,87	-24,03
Lllp5 b	82,68	0,25	10,67	7,14	Mllp5 b	76,48	0,9	13,95	-25

tab. č. 9 – Namerané hodnoty farebnosti nového väzobného pergamenu znečisteného prachom po čistení

Nový písací pergamen bez umelého znečistenia									
Vzorky čistené laserom					Nečistené vzorky				
Vzorka	L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	WI(CIE)	Vzorka	L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	WI(CIE)
LI a	87,11	1,71	12,12	11,33	LI a	86,07	1,87	11,29	12,75
LI a	86,78	1,73	12,21	10,02	LI a	85,28	1,93	11,23	11,03
LI b	86,67	1,76	12,39	8,87	LI b	84,35	2,55	14,51	-7,52
LI b	86,32	1,79	12,47	7,57	LI b	83,92	2,58	14,62	-9,17
LI c	86	1,73	11,81	10	LI c	86,49	1,86	11,89	10,84
LI c	85,64	1,76	11,88	8,73	LI c	86,18	1,89	11,97	9,67
LI d	86,46	1,7	11,98	10,32	LI d	87,11	1,74	11,49	14,38
LI d	86,13	1,74	12,06	9,08	LI d	86,8	1,76	11,59	13,08
LII a	86,33	1,72	12,2	8,92	LII a	88,62	1,55	14,33	4,7
LII a	86,02	1,76	12,27	7,76	LII a	88,29	1,58	14,38	3,58
LII b	86	1,74	12,2	8,03	LII b	88,51	1,44	12,33	13,95
LII b	85,68	1,77	12,3	6,75	LII b	88,19	1,47	12,39	12,8
LII c	87,59	1,49	12,41	11,16	LII c	87,76	1,66	13,28	7,42
LII c	87,23	1,53	12,5	9,77	LII c	87,43	1,69	13,33	6,28
LII d	87,26	1,63	12,47	10	LII d	87,79	1,8	13,77	5,19
LII d	86,92	1,67	12,55	8,74	LII d	87,44	1,82	13,83	3,94

tab. č. 10 – Namerané hodnoty farebnosti nového písacieho pergamenu bez umelého znečistenia

Nový väzobný pergamen bez umelého znečistenia									
Vzorky čistené laserom					Nečistené vzorky				
Vzorka	L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	WI(CIE)	Vzorka	L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	WI(CIE)
LI a	85,13	1,87	13,37	0,07	LI a	86,32	1,76	13,23	3,88
LI a	84,78	1,89	13,46	-1,28	LI a	86	1,78	13,3	2,66
LI b	84,54	1,85	12,97	0,52	LI b	86,03	1,87	13,36	2,48
LI b	84,15	1,86	13,05	-0,91	LI b	85,72	1,9	13,41	1,41
LI c	84,51	1,82	13,09	-0,16	LI c	86,83	1,56	12,16	10,4
LI c	84,14	1,85	13,17	-1,5	LI c	86,54	1,59	12,22	9,31
LI d	84,13	2,06	14,31	-7,19	LI d	86,81	1,64	12,64	8
LI d	83,72	2,09	14,36	-8,49	LI d	86,48	1,67	12,69	6,88
LII a	84	2,3	15,58	-13,81	LII a	86,89	1,57	12,49	8,93
LII a	83,39	2,33	15,71	-16,09	LII a	86,6	1,6	12,54	7,92
LII b	84,05	2,19	14,85	-10,05	LII b	86,14	1,66	12,38	7,51
LII b	83,51	2,21	14,96	-12,04	LII b	85,83	1,71	12,46	6,32
LII c	85,17	2,16	16,05	-12,97	LII c	85,2	1,91	13,58	-0,76
LII c	84,65	2,18	16,18	-15,05	LII c	84,89	1,91	13,66	-1,99
LII d	83,91	2,21	15,01	-11,21	LII d	85,26	1,85	14,46	-4,98
LII d	83,26	2,23	15,17	-13,72	LII d	84,64	1,91	14,59	-7,23

tab. č. 11 – Namerané hodnoty farebnosti nového väzobného pergamenu bez umelého znečistenia

15.4 Technický list pigmentu sadzová čern

Material Safety Data Sheet

According to regulation (EC) No. 1907/2006 (REACH)



47250 Furnace Black

Page 1

Revised edition: 04.10.2011

Version: 1.32

Printed: 15.09.2015

1. Identification of the Substance/Mixture and of the Company/Undertaking

1.1. Product Identifier

Product Name: Furnace Black

Article No.: 47250

1.2. Relevant identified Uses of the Substance or Mixture and Uses advised against

Identified uses:

Printing inks
Varnishes
Plastics
Special applications

Uses advised against:

1.3. Details of the Supplier of the Safety Data Sheet (Producer/Importer)

Company: Kremer Pigmente GmbH & Co. KG

Address: Hauptstr. 41-47, 88317 Aichstetten, Germany

Tel./Fax.: Tel +49 7565 914480, Fax +49 7565 1606

Internet: www.kremer-pigmente.de

E-Mail: info@kremer-pigmente.de

Importer: --

1.4. Emergency No.

Emergency No.: +49 7565 914480 (Mon-Fri 8:00 - 17:00)

2. Hazards Identification

2.1. Classification of the Substance or Mixture

Classification according to EC Regulation 1272/2008

This product does not require classification and labelling as hazardous according to CLP/GHS.

Classification according to EC Regulation No. 67/548 or No. 1999/45

The material is not subject to classification according to EC lists.

Safety Phrases:

Possible Environmental Effects:

2.2. Label Elements

Classification according to EC Regulation 1272/2008

This product does not require classification and labelling as hazardous according to CLP/GHS.

Hazard designation:

Signal word:

Hazard designation:

Safety designation:

Hazardous components for labelling:

next page: 2

Material Safety Data Sheet

According to regulation (EC) No. 1907/2006 (REACH)



47250 Furnace Black

Page 2

Revised edition: 04.10.2011

Version: 1.32

Printed: 15.09.2015

2.3. Other Hazards

3. Composition/Information on Ingredients

3.1. Substance

3.2. Mixture

Chemical Characterization: Amorphous carbon black. Pigment Black 7, C.I. 77266
Carbon black (CAS No. 1333-86-4, EINECS 215-609-9); REACH
Reg. No. 01-2119384822-32-0032 (TPR)

Hazardous Ingredients:

Additional information:

4. First Aid Measures

4.1. Description of the First Aid Measures

General information:

Seek medical attention in case of complaints.

After inhalation:

Supply fresh air. Consult physician if symptoms persist.

After skin contact:

Wash with soap and rinse with plenty of water.

After eye contact:

Rinse open eyes with plenty of water for at least 15 minutes.
Seek medical attention if irritation persists.

After ingestion:

Rinse mouth with plenty of water.
If symptoms persist consult physician.

4.2. Most important Symptoms and Effects, both Acute and Delayed

Symptoms:

Inhalation: coughing, sneezing.

Effects:

4.3. Indication of any Immediate Medical Attention and special Treatment needed

Treatment:

After swallowing larger amounts of product: give active coal.

5. Fire-Fighting Measures

5.1. Extinguishing Media

Suitable extinguishing media:

All extinguishing agents suitable.

Unsuitable extinguishing media:

Water with full jet.

5.2. Special Hazards arising from the Substance or Mixture

Special hazards:

In case of fire: formation of carbon oxides, sulfur oxides and
organic decomposition products.

next page: 3

Material Safety Data Sheet

According to regulation (EC) No. 1907/2006 (REACH)



47250 Furnace Black

Page 3

Revised edition: 04.10.2011

Version: 1.32

Printed: 15.09.2015

5.3. Advice for Firefighters

Protective equipment:

Wear self-contained respiratory protective device.

Further information:

Avoid contamination of sewage system, open water ways and ground water.

Contaminated extinguishing water and debris should be disposed of according to local regulations.

6. Accidental Release Measures

6.1. Personal Precautions, Protective Equipment and Emergency Procedures

Personal precautions:

Wear protective clothing.

6.2. Environmental Precautions

Environmental precautions:

Prevent contamination of soils, drains and surface water.

6.3. Methods and Material for Containment and Cleaning Up

Methods and material:

Take up mechanically and collect in suitable containers for disposal. Avoid dust formation.

6.4. Reference to other Sections

See Section 13 for information on disposal.

7. Handling and Storage

7.1. Precautions for Safe Handling

Instructions on safe handling:

Avoid formation and deposition of dust. Provide adequate ventilation.

Hygienic measures:

Do not eat or drink during work. Do not smoke.

7.2. Conditions for Safe Storage, including any Incompatibilities

Storage conditions:

Store in closed container and keep product dry.

Requirements for storage areas and containers:

Information on fire and explosion protection:

Keep away from sources of ignition - do not smoke. Take measures to prevent electricity static discharge.

Carbon monoxide can be formed in closed containers or not well ventilated storage rooms.

Should repair work be necessary in the manufacturing facility (e.g. welding), the area has to be completely free from the product.

Dust explosion class 1 (Kst-value > 0 - 200 bar m/s).

Max. pressure increase: 30 - 100 b/s; Ignition energy: > 1 kJ

Storage class (VCI):

next page: 4

Material Safety Data Sheet

According to regulation (EC) No. 1907/2006 (REACH)



47250 Furnace Black

Page 4

Revised edition: 04.10.2011

Version: 1.32

Printed: 15.09.2015

Further Information:

7.3. Specific End Use(s)

Further information:

See Section 1.2.; no other uses provided

8. Exposure Controls/Personal Protection

8.1. Parameters to be Controlled

Parameters to be controlled (DE):

TRGS 900

TLV: 3 mg/m³ air-borne fraction (general dust limit)

TLV: 10 mg/m³ inhalable fraction (general dust limit)

Parameters to be controlled (EC):

Derived No-Effect Level (DNEL):

Predicted No-Effect Concentration (PNEC):

Additional Information:

8.2. Exposure Controls

Technical protective measures:

Adequate ventilation to control airborne concentrations below the exposure limits.

Personal Protection

General protective measures:

Avoid contact with skin and avoid inhalation of vapour. Do not eat, drink or smoke while working.

Preventive skin protection by applying protective cream.

Respiratory protection:

Wear protective mask, particle filter P2 or FFP2 or NIOSH N95 (for solid and liquid particles, EN 143, 149) if dust occurs.

Hand protection:

Protective gloves

Protective glove material:

Natural rubber (NR), polyvinyl chloride (PVC), nitrile rubber (NBR).

Eye protection:

Safety glasses with protective shields (EN 166).

Body protection:

Not required.

Environmental precautions:

9. Physical and Chemical Properties

9.1. Information on Basic Physical and Chemical Properties

Form: powder

Color: black

next page: 5

Material Safety Data Sheet

According to regulation (EC) No. 1907/2006 (REACH)



47250 Furnace Black

Page 5

Printed: 15.09.2015

Revised edition: 04.10.2011

Version: 1.32

<i>Odor:</i>	<i>odorless</i>
<i>Odor threshold:</i>	<i>No information available.</i>
<i>pH-Value:</i>	<i>6 - 9 (50 g/l; 20°C)</i>
<i>Melting temperature:</i>	<i>> 3000°C</i>
<i>Boiling temperature:</i>	<i>> 3000°C</i>
<i>Flash point:</i>	<i>not applicable</i>
<i>Evaporation rate:</i>	<i>not applicable</i>
<i>Flammability (solid, gas):</i>	<i>> 45 s / > 300°C (VDI 226 3)</i>
<i>Upper explosion limit:</i>	<i>not determined</i>
<i>Lower explosion limit:</i>	<i>50 g/m3 (VDI 22639)</i>
<i>Vapor pressure:</i>	<i>not applicable</i>
<i>Vapor density:</i>	<i>No information available.</i>
<i>Density:</i>	<i>1.7 - 1.9 g/cm3 (20°C)</i>
<i>Solubility in water:</i>	<i>insoluble</i>
<i>Coefficient of variation (n-Octanol/Water):</i>	<i>not applicable</i>
<i>Auto-ignition temperature:</i>	<i>> 140°C</i>
<i>Decomposition temperature:</i>	<i>> 250°C</i>
<i>Viscosity, dynamic:</i>	<i>not applicable</i>
<i>Explosive properties:</i>	<i>Product is not explosive; however, an explosive dust/air mixture can be formed.</i>
<i>Oxidizing properties:</i>	<i>no information available</i>
<i>Bulk density:</i>	<i>80 - 220 kg/m3</i>

9.2. Further Information

Solubility in solvents:

Viscosity, kinematic

Burning class:

Solvent content:

Solid content:

next page: 6

Material Safety Data Sheet

According to regulation (EC) No. 1907/2006 (REACH)



47250 Furnace Black

Page 6

Revised edition: 04.10.2011

Version: 1.32

Printed: 15.09.2015

Particle size:

Other information:

Tapped density: 180 - 330 kg/m³

Maximum explosion pressure: 10 bar (VDI 2263)

10. Stability and Reactivity

10.1. Reactivity

Stable if used according to specifications.

10.2. Chemical Stability

Stable if used according to specifications.

10.3. Possibility of Hazardous Reactions

The product is not dust explosive when delivered. The accumulation of fine dust can however increase the risk of dust explosion.

10.4. Conditions to Avoid

Conditions to avoid:

Avoid formation of dust.

Thermal decomposition:

> 250°C

10.5. Incompatible Materials

No information available.

10.6. Hazardous Decomposition Products

In case of fire: formation of carbon oxides, organic products of decomposition and sulfoxides.

10.7. Further Information

11. Toxicological Information

11.1. Information on Toxicological Effects

Acute Toxicity

LD50, oral:

> 8000 mg/kg (rat)

LD50, dermal:

No information available.

LC50, inhalation:

0.0011 mg/l (90d; rat)

Target organ: lung. Effect: inflammation, hyperplasia, fibrosis.

Rat, mouse (2 years). Exposition: Overload Effect). Target organ: lung. Effect: inflammation, fibrosis, tumors.

Primary effects

Irritant effect on skin:

Non irritating (rabbit)

Irritant effect on eyes:

Non-irritating to eyes (rabbit)

Inhalation:

No information available.

Ingestion:

next page: 7

Material Safety Data Sheet

According to regulation (EC) No. 1907/2006 (REACH)



250 Furnace Black

Page

Revised edition: 04.10.2011

Version: 1.32

Printed: 15.09.2011

No information available

Sensitization:

No information available.

Mutagenicity:

In vitro genetic-toxicity:

Ames-Test: negative (DMSO suspension with industrial carbon black).

Industrial carbon black cannot be tested in bacterial and in vitro systems (insoluble inorganic compound).

Organic solvent extracts of industrial carbon black may contain traces of polycyclic aromatic hydrocarbon. This can result in negative and positive test results in different in-vitro testing systems.

Reproductive toxicity:

No information available.

Cancerogenicity:

Oral, rat (2 years; feeding study)

Oral, mouse (2 years; feeding study)

Dermal, mouse: 12-18 months; Target organ: skin; effect: no tumors.

Evaluation: no tumors.

Teratogenicity:

No information available.

Specific target organ toxicity (STOT):

No data available.

Additional toxicological information:

Epidemiological and clinical studies did not show any significant health hazards in workers exposed to industrial carbon black.

No increased risk of cancer observed with workers exposed to industrial carbon black.

The scientific discussions over the tumorigenic effect of insoluble inorganic particles (fine dust) - such as carbon black - are still ongoing. According to many inhalation toxicologists, the tumors observed in the rat experiments result from a species-specific mechanism due to an overstressing of the rat lung (overload phenomena).

No corresponding findings have been found following the exposure to humans. The IARC, however, assesses the present rat studies in the Monograph 65 as sufficient evidence for the cancerogenicity of carbon black in animal studies.

According to the IARC, there is no evidence for the carcinogenic effect of carbon black for humans. The overall assessment of carbon black: "probably carcinogenic to humans" (group 2B) results from the IARC evaluation scheme.

Ecological Information

Aquatic Toxicity

Fish toxicity:

LC50: > 1000 mg/l (96h, Brachydanio rerio; OECD 203)

next page:

Material Safety Data Sheet

According to regulation (EC) No. 1907/2006 (REACH)



47250 Furnace Black

Page 8

Revised edition: 04.10.2011

Version: 1.32

Printed: 15.09.2015

Daphnia toxicity:

EC50: > 5600 mg/l (24h, Daphnia magna; OECD 202)

Bacteria toxicity:

EC0: > 800 g/l (3h) DEV L3 (TTC-Test)

Algae toxicity:

EC50: > 10000 mg/l (72h, Scenedesmus subspicatus; OECD 202)

12.2. Persistency and Degradability

Pigment is not soluble in water and biologically not degradable.

12.3. Bioaccumulation

No information available.

12.4. Mobility

No information available.

12.5. Results of PBT- und vPvP Assessment

No data available.

12.6. Other Adverse Effects

Water hazard class:

Not hazardous.

Behaviour in sewage systems:

Further ecological effects:

AOX Value:

13. Disposal Considerations

13.1. Waste Treatment Methods

Product:

In accordance with current regulations, product may be taken to a waste disposal site or incineration plant, after consultation with site operator and/or with the responsible authority.

European Waste Code (EWC):

The waste code must be determined with the regional disposal service.

Uncleaned packaging:

*Untampered packaging may be recycled.
Packaging may be disposed of in the same manner as the product.*

Waste Code No.:

14. Transport Information

14.1. UN Number

ADR, IMDG, IATA

14.2. UN Proper Shipping Name

ADR/RID:

No hazardous goods according to ADR (land transportation).

IMDG/IATA:

No hazardous goods according to IMDG.

next page: 9

Material Safety Data Sheet

According to regulation (EC) No. 1907/2006 (REACH)



47250 Furnace Black

Page 9

Revised edition: 04.10.2011

Version: 1.32

Printed: 15.09.2015

14.3. Transport Hazard Classes

ADR Class:

not applicable

Hazard no.:

Classification code:

Tunnel no.:

IMDG Class (sea):

Hazard no.:

EmS No.:

IATA Class:

Hazard no.:

14.4. Packaging Group

ADR/RID:

not applicable

IMDG:

IATA:

14.5. Environmental Hazards

None

14.6. Special Precautions for User

Not classified as a dangerous good under transport regulations.

14.7. Transportation in Bulk according to Annex II of MARPOL 73/78 and IBC-Code

not applicable

14.8. Further Information

*Not activated carbon black from a mineral source.
No hazardous goods of classification 4.2.*

15. Regulatory Information

15.1. Safety, Health and Environmental Regulations/Legislation specific for the Substance or Mixture

Water hazard class:

0, not hazardous (self-assessment)

Local regulations on chemical accidents:

Employment restrictions:

Restriction and prohibition of application:

Technical instructions on air quality:

15.2. Chemical Safety Assessment

No information available.

15.3. Further Information

16. Other Information

*This product should be stored, handled and used in accordance
next page: 10*

Material Safety Data Sheet

According to regulation (EC) No. 1907/2006 (REACH)



47250 Furnace Black

Page 10

Revised edition: 04.10.2011

Version: 1.32

Printed: 15.09.2015

with good hygiene practices and in conformity with any legal regulations. This information contained herein is based on the present state of knowledge and is intended to describe our product from the point of view of safety requirements. It should be therefore not be construed as guaranteeing specific properties.

16 **Obrazová príloha**

Zoznam obrázkov obsiahnutých v obrazovej prílohe

- obr. č. 1 – vzorka pred čistením
obr. č. 2 – vzorka po čistení
obr. č. 3 a č. 4 – stereolupa – priame svetlo,
(vľavo) pred a (vpravo) po čistení
obr. č. 5 a 6 – stereolupa – bočné svetlo,
(vľavo) pred a (vpravo) po čistení
obr. č. 7 – SEM snímok, pred čistením
obr. č. 8 – SEM snímok, po čistení
obr. č. 9 – SEM snímok, pred čistením
obr. č. 10 – SEM snímok, po čistení
obr. č. 11 – SEM snímok, pred čistením
obr. č. 12 – SEM snímok, po čistení
obr. č. 13 – SEM snímok, pred čistením
obr. č. 14 – SEM snímok, po čistení
obr. č. 15 – 3D model a profil vzorky
pred čistením
obr. č. 16 – 3D model a profil vzorky po
čistení
obr. č. 17 – vzorka pred čistením
obr. č. 18 – vzorka po čistení
obr. č. 19 a č. 20 – stereolupa – priame svetlo,
(vľavo) pred a (vpravo) po čistení
obr. č. 21 a 22 – stereolupa – bočné svetlo,
(vľavo) pred a (vpravo) po čistení
obr. č. 23 – vzorka pred čistením
obr. č. 24 – vzorka po čistení
obr. č. 25 a č. 26 – stereolupa – priame
svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení
obr. č. 27 a 28 – stereolupa – bočné svetlo,
(vľavo) pred a (vpravo) po čistení
obr. č. 29 – vzorka pred čistením
obr. č. 30 – vzorka po čistení
obr. č. 31 a č. 32 – stereolupa – priame
svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení
obr. č. 33 a 34 – stereolupa – bočné svetlo,
(vľavo) pred a (vpravo) po čistení
obr. č. 35 – SEM snímok, pred čistením
obr. č. 36 – SEM snímok, po čistení
obr. č. 37 – SEM snímok, pred čistením
obr. č. 38 – SEM snímok, po čistení
obr. č. 39 – SEM snímok, pred čistením
obr. č. 40 – SEM snímok, po čistení
obr. č. 41 – 3D model a profil vzorky
pred čistením
obr. č. 42 – 3D model a profil vzorky po
čistení
obr. č. 43 – vzorka pred čistením
obr. č. 44 – vzorka po čistení
obr. č. 45 a č. 46 – stereolupa – priame
svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení
obr. č. 47 a 48 – stereolupa – bočné svetlo,
(vľavo) pred a (vpravo) po čistení
obr. č. 49 – vzorka pred čistením
obr. č. 50 – vzorka po čistení
obr. č. 51 a č. 52 – stereolupa – priame
svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení
obr. č. 53 a 54 – stereolupa – bočné svetlo,
(vľavo) pred a (vpravo) po čistení
obr. č. 55 – vzorka pred čistením
obr. č. 56 – vzorka po čistení
obr. č. 57 a č. 58 – stereolupa – priame
svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení
obr. č. 59 a 60 – stereolupa – bočné svetlo,
(vľavo) pred a (vpravo) po čistení
obr. č. 61 – vzorka pred čistením
obr. č. 62 – vzorka po čistení
obr. č. 63 a č. 64 – stereolupa – priame
svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení
obr. č. 65 a 66 – stereolupa – bočné svetlo,
(vľavo) pred a (vpravo) po čistení
obr. č. 67 – vzorka pred čistením
obr. č. 68 – vzorka po čistení
obr. č. 69 a č. 70 – stereolupa – priame
svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení
obr. č. 71 a 72 – stereolupa – bočné svetlo,
(vľavo) pred a (vpravo) po čistení
obr. č. 73 – SEM snímok, pred čistením
obr. č. 74 – SEM snímok, po čistení
obr. č. 75 – SEM snímok, pred čistením
obr. č. 76 – SEM snímok, po čistení
obr. č. 77 – vzorka pred čistením
obr. č. 78 – vzorka po čistení
obr. č. 79 a č. 80 – stereolupa – priame
svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení
obr. č. 81 a 82 – stereolupa – bočné svetlo,
(vľavo) pred a (vpravo) po čistení
obr. č. 83 – vzorka pred čistením
obr. č. 84 – vzorka po čistení
obr. č. 85 a č. 86 – stereolupa – priame
svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení
obr. č. 87 a 88 – stereolupa – bočné svetlo,
(vľavo) pred a (vpravo) po čistení
obr. č. 89 – vzorka pred čistením
obr. č. 90 – vzorka po čistení
obr. č. 91 a č. 92 – stereolupa – priame
svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení
obr. č. 93 a 94 – stereolupa – bočné svetlo,
(vľavo) pred a (vpravo) po čistení
obr. č. 95 – vzorka pred čistením
obr. č. 96 – vzorka po čistení
obr. č. 97 a č. 98 – stereolupa – priame
svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení
obr. č. 99 a 100 – stereolupa – bočné svetlo,
(vľavo) pred a (vpravo) po čistení
obr. č. 101 – vzorka pred čistením
obr. č. 102 – vzorka po čistení
obr. č. 103 a č. 104 – stereolupa – priame
svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení
obr. č. 105 a 106 – stereolupa – bočné
svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

obr. č. 773 – vzorka pred čistením
 obr. č. 774 – vzorka po čistení
 obr. č. 775 a č. 776 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení
 obr. č. 777 a 778 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení
 obr. č. 779 – vzorka pred čistením
 obr. č. 780 – vzorka po čistení
 obr. č. 781 a č. 782 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení
 obr. č. 783 a 784 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení
 obr. č. 785 – SEM snímok, pred čistením, (vzorka MIs5)
 obr. č. 786 – SEM snímok, po čistení
 obr. č. 787 – SEM snímok, pred čistením, (vzorka MIs5)
 obr. č. 788 – SEM snímok, po čistení
 obr. č. 789 – SEM snímok, pred čistením, (vzorka MIs5)
 obr. č. 790 – SEM snímok, po čistení
 obr. č. 791 – SEM snímok, pred čistením, (vzorka MIs5)
 obr. č. 792 – SEM snímok, po čistení
 obr. č. 793 – vzorka pred čistením
 obr. č. 794 – vzorka po čistení
 obr. č. 795 a č. 796 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení
 obr. č. 797 a 798 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení
 obr. č. 799 – 3D model a profil vzorky pred čistením
 obr. č. 800 – 3D model a profil vzorky po čistení
 obr. č. 801 – vzorka pred čistením
 obr. č. 802 – vzorka po čistení
 obr. č. 803 a č. 804 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení
 obr. č. 805 a 806 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení
 obr. č. 807 – vzorka pred čistením
 obr. č. 808 – vzorka po čistení
 obr. č. 809 a č. 810 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení
 obr. č. 811 a 812 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení
 obr. č. 813 – vzorka pred čistením
 obr. č. 814 – vzorka po čistení
 obr. č. 815 a č. 816 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení
 obr. č. 817 a 818 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení
 obr. č. 819 – vzorka pred čistením
 obr. č. 820 – vzorka po čistení
 obr. č. 821 a č. 822 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení
 obr. č. 823 a 824 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení
 obr. č. 825 – SEM snímok, pred čistením, (vzorka MIp5)
 obr. č. 826 – SEM snímok, po čistení
 obr. č. 827 – SEM snímok, pred čistením, (vzorka MIp5)
 obr. č. 828 – SEM snímok, po čistení
 obr. č. 829 – SEM snímok, pred čistením, (vzorka MIp5)
 obr. č. 830 – SEM snímok, po čistení
 obr. č. 831 – vzorka pred čistením
 obr. č. 832 – vzorka po čistení
 obr. č. 833 a č. 834 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení
 obr. č. 835 a 836 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení
 obr. č. 837 – 3D model a profil vzorky pred čistením
 obr. č. 838 – 3D model a profil vzorky po čistení
 obr. č. 839 – vzorka pred čistením
 obr. č. 840 – vzorka po čistení
 obr. č. 841 a č. 842 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení
 obr. č. 843 a 844 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení
 obr. č. 845 – vzorka pred čistením
 obr. č. 846 – vzorka po čistení
 obr. č. 847 a č. 848 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení
 obr. č. 849 a 850 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení
 obr. č. 851 – vzorka pred čistením
 obr. č. 852 – vzorka po čistení
 obr. č. 853 a č. 854 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení
 obr. č. 855 a 856 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení
 obr. č. 857 – vzorka pred čistením
 obr. č. 858 – vzorka po čistení
 obr. č. 859 a č. 860 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení
 obr. č. 861 a 862 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení
 obr. č. 863 – SEM snímok, pred čistením, (vzorka MIs5)
 obr. č. 864 – SEM snímok, po čistení
 obr. č. 865 – SEM snímok, pred čistením, (vzorka MIs5)
 obr. č. 866 – SEM snímok, po čistení
 obr. č. 867 – SEM snímok, pred čistením, (vzorka MIs5)
 obr. č. 868 – SEM snímok, po čistení

16.1 Vzorky pergamenu čistené laserom pri vlnovej dĺžke 1064 nm

16.1.1 Vzorky historického písacieho pergamenu

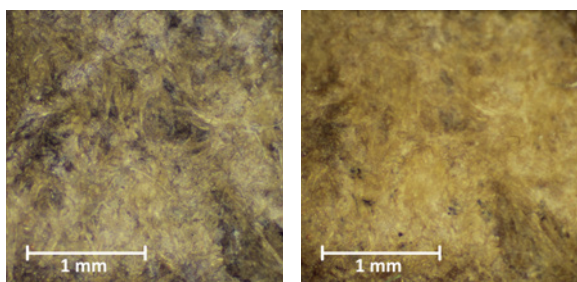
Vzorka LI1



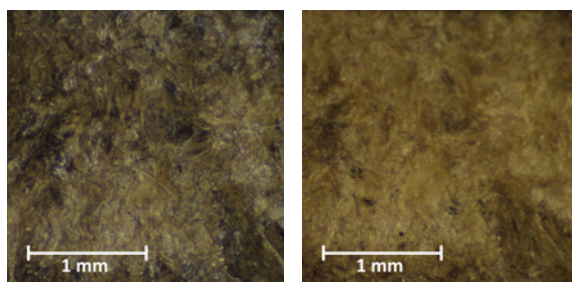
obr. č. 1 – vzorka pred čistením



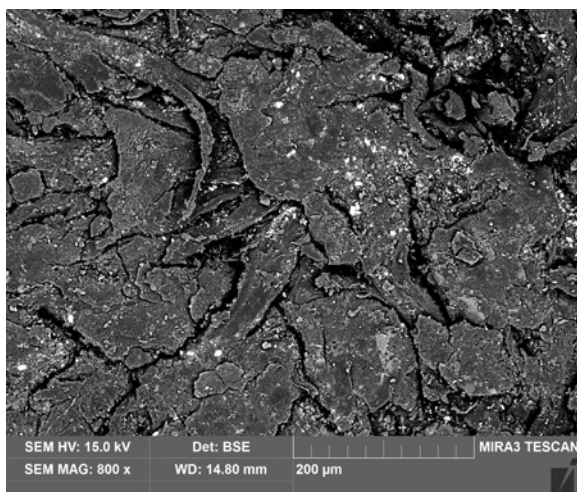
obr. č. 2 – vzorka po čistení



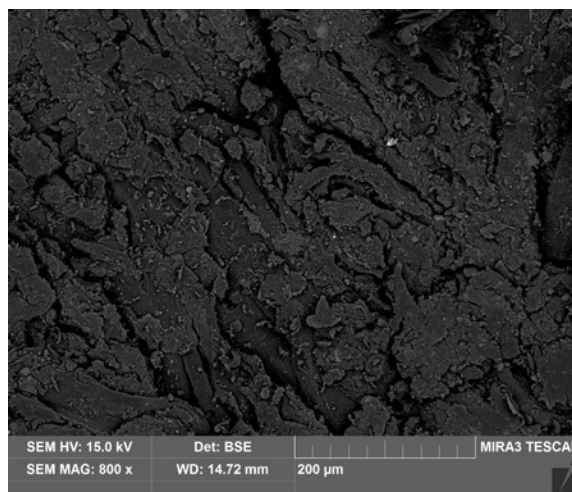
obr. č. 3 a č. 4 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



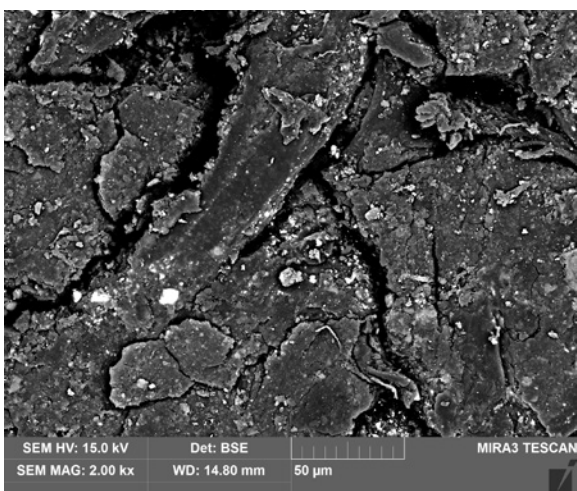
obr. č. 5 a 6 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



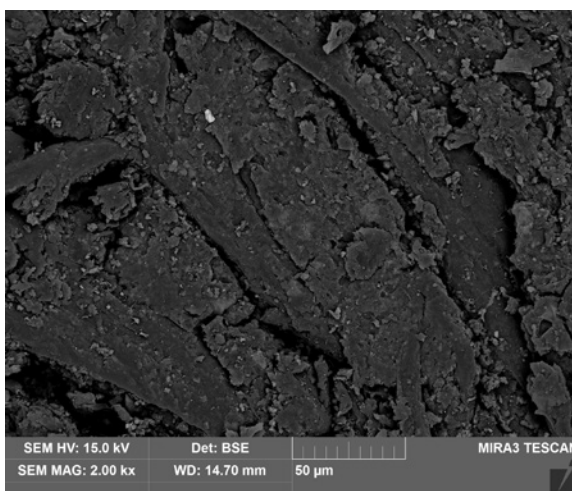
obr. č. 7 – SEM snímok, pred čistením



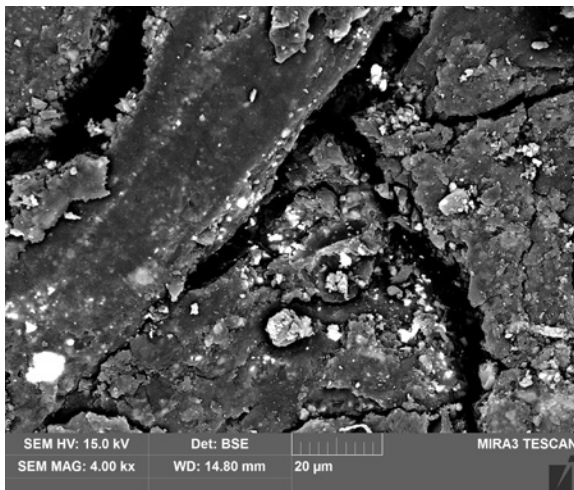
obr. č. 8 – SEM snímok, po čistení



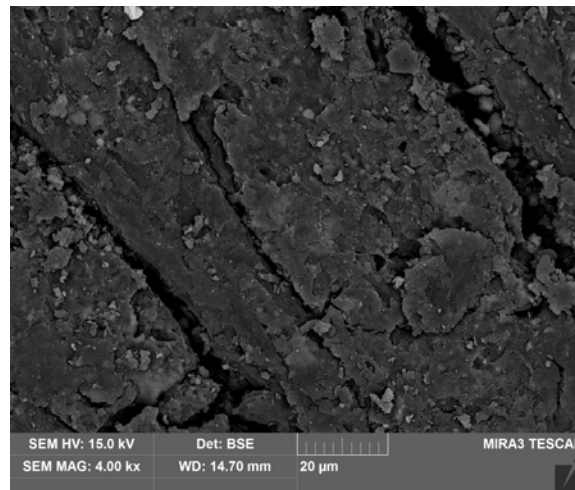
obr. č. 9 – SEM snímok, pred čistením



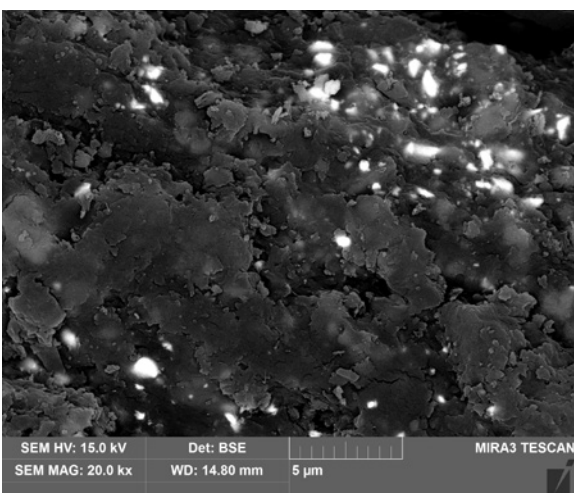
obr. č. 10 – SEM snímok, po čistení



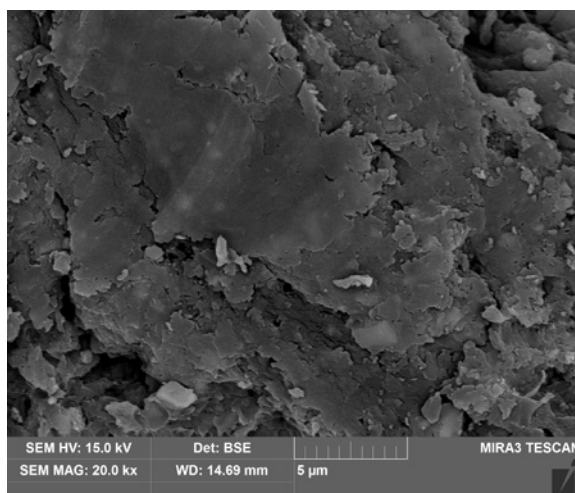
obr. č. 11 – SEM snímok, pred čistením



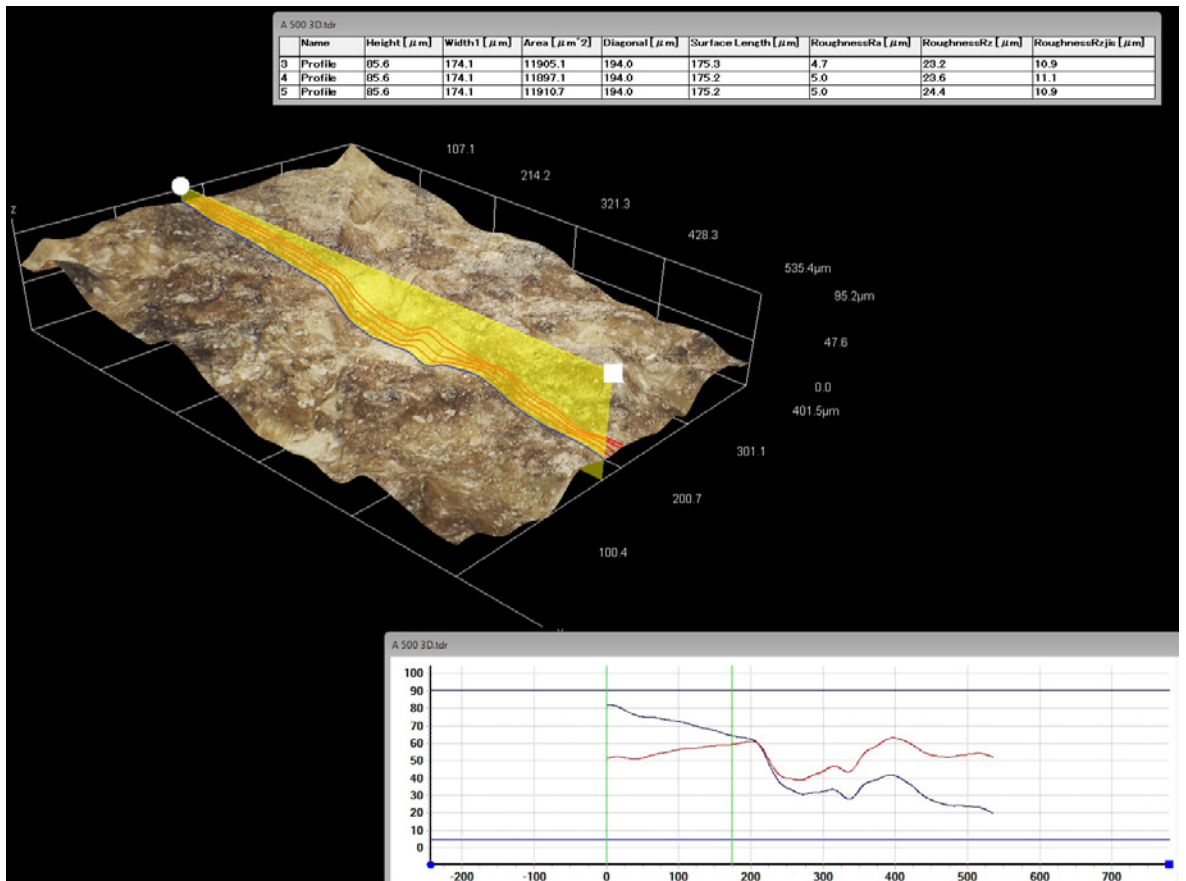
obr. č. 12 – SEM snímok, po čistení



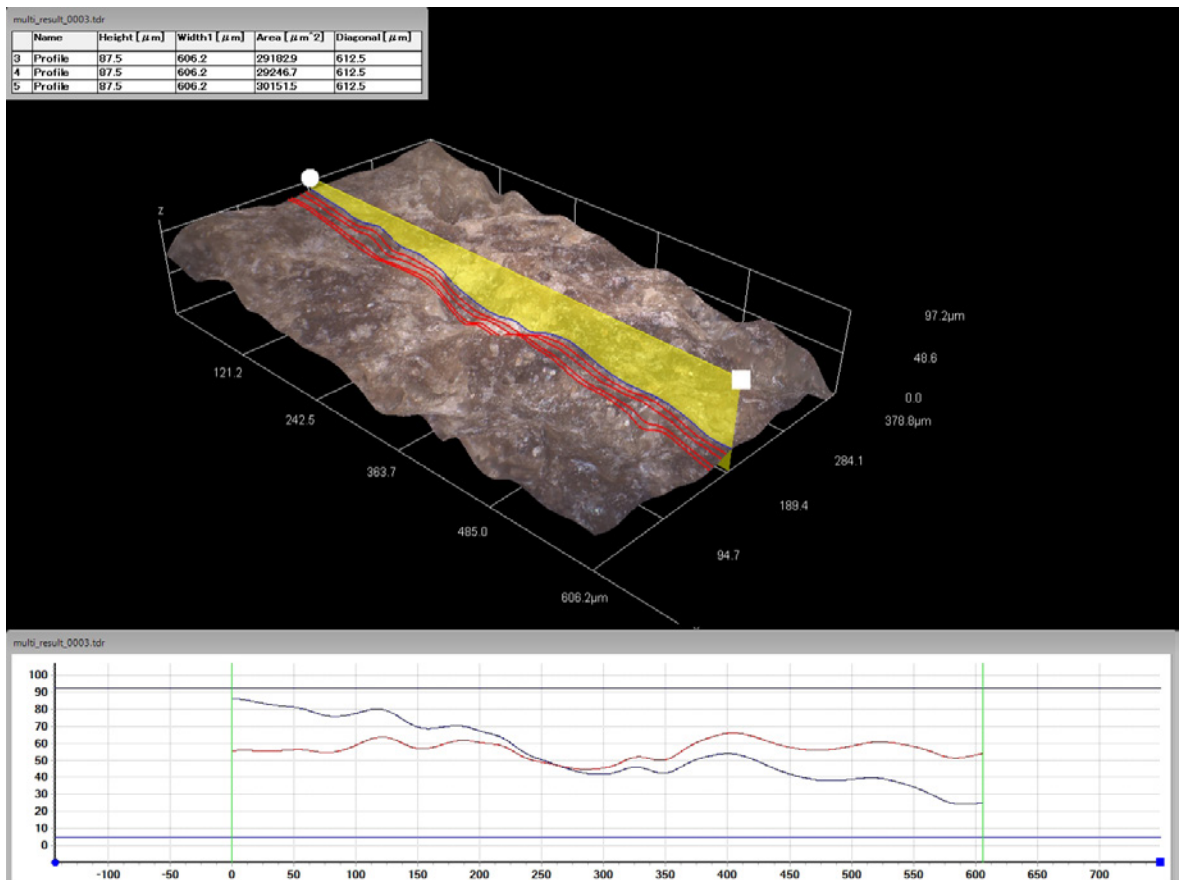
obr. č. 13 – SEM snímok, pred čistením



obr. č. 14 – SEM snímok, po čistení



obr. č. 15 – 3D model a profil vzorky pred čistením

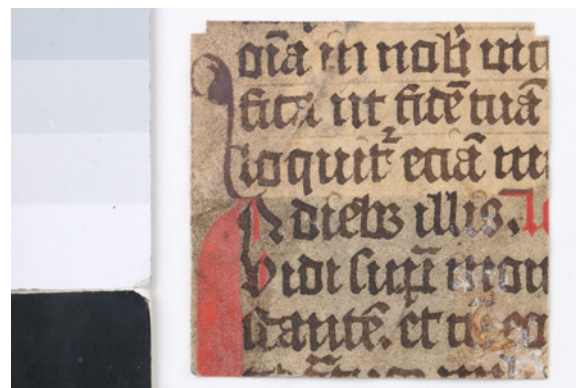


obr. č. 16 – 3D model a profil vzorky po čistení

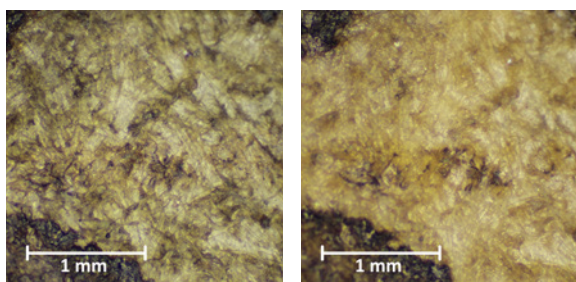
Vzorka LI2



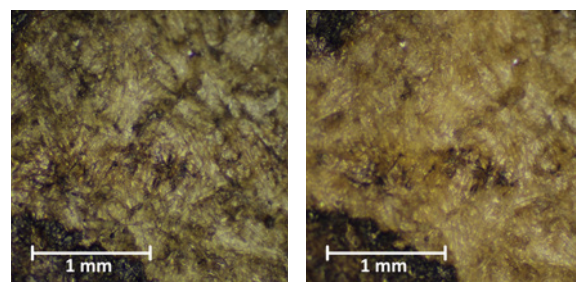
obr. č. 17 – vzorka pred čistením



obr. č. 18 – vzorka po čistení

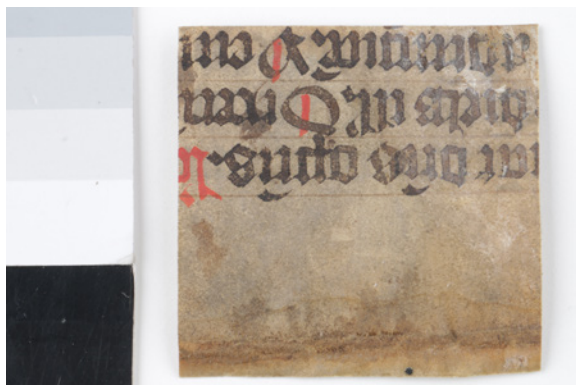


obr. č. 19 a č. 20 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 21 a 22 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

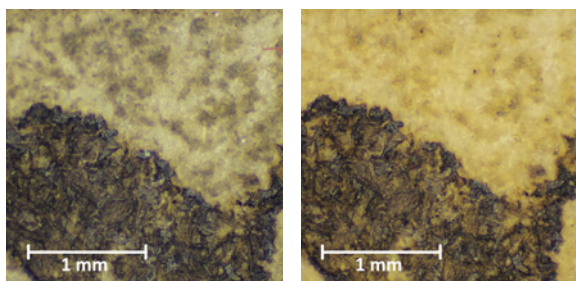
Vzorka LI3



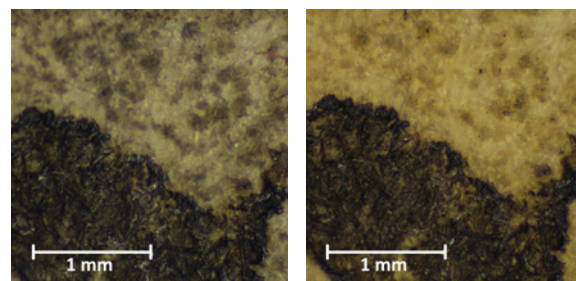
obr. č. 23 – vzorka pred čistením



obr. č. 24 – vzorka po čistení



obr. č. 25 a č. 26 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 27 a 28 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

16.1.2 Vzorky historického väzobného pergamenu

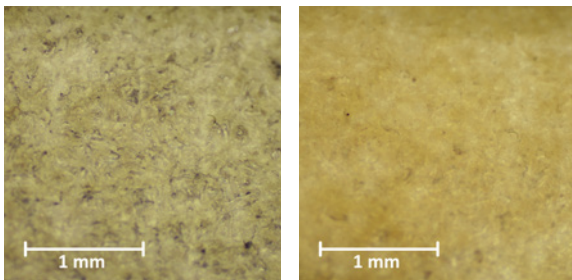
Vzorka LI1



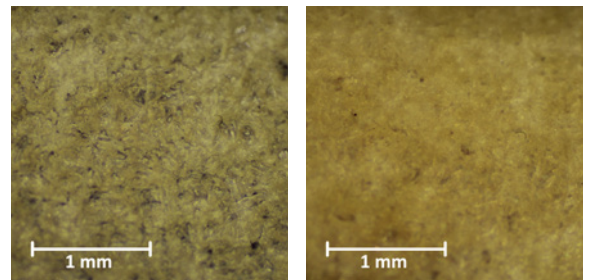
obr. č. 29 – vzorka pred čistením



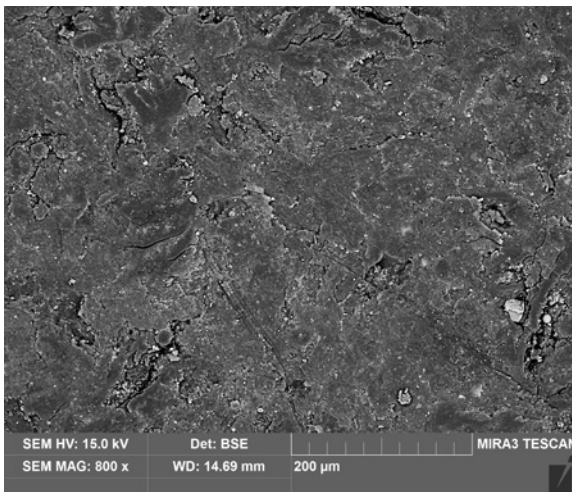
obr. č. 30 – vzorka po čistení



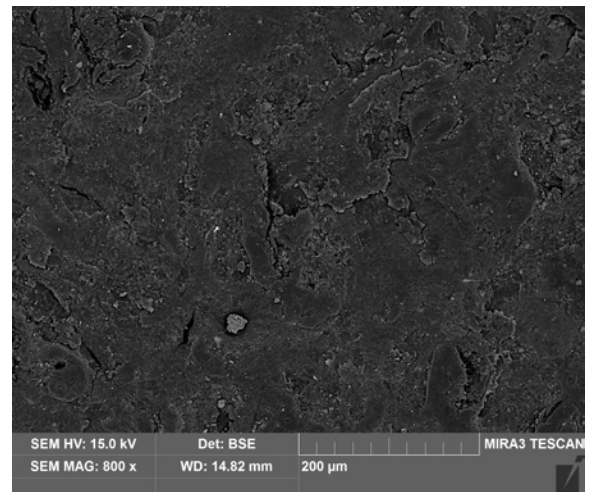
obr. č. 31 a č. 32 – stereolupa – priame svetlo,
(vľavo) pred a (vpravo) po čistení



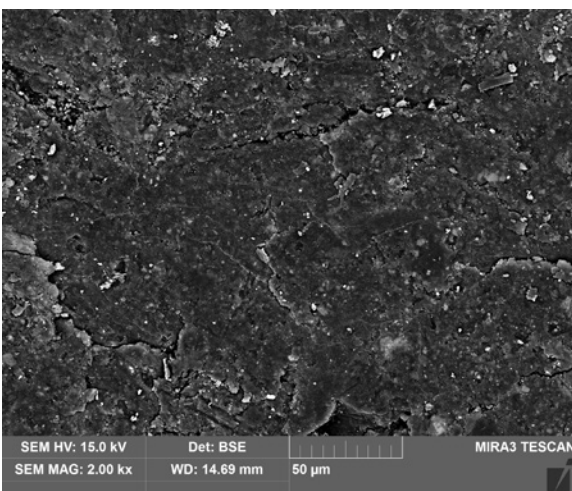
obr. č. 33 a 34 – stereolupa – bočné svetlo,
(vľavo) pred a (vpravo) po čistení



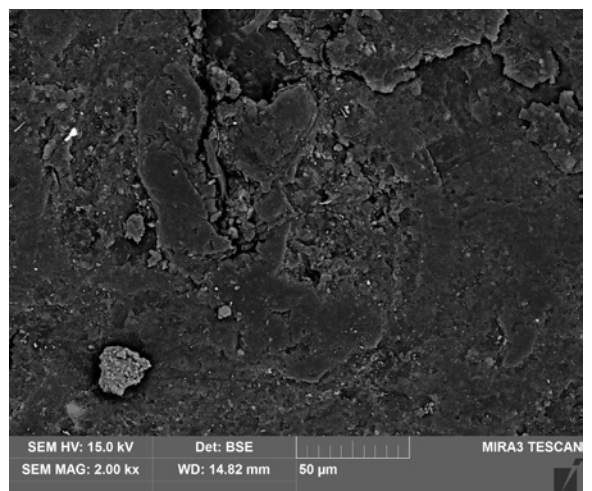
obr. č. 35 – SEM snímok, pred čistením



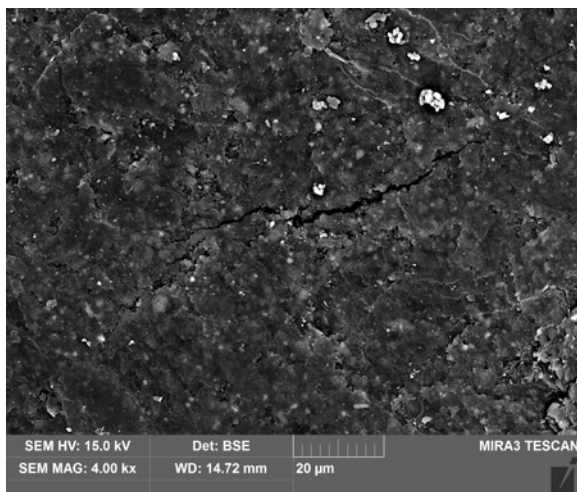
obr. č. 36 – SEM snímok, po čistení



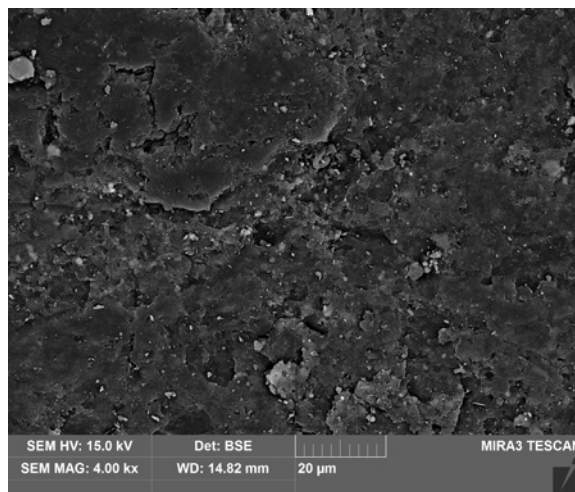
obr. č. 37 – SEM snímok, pred čistením



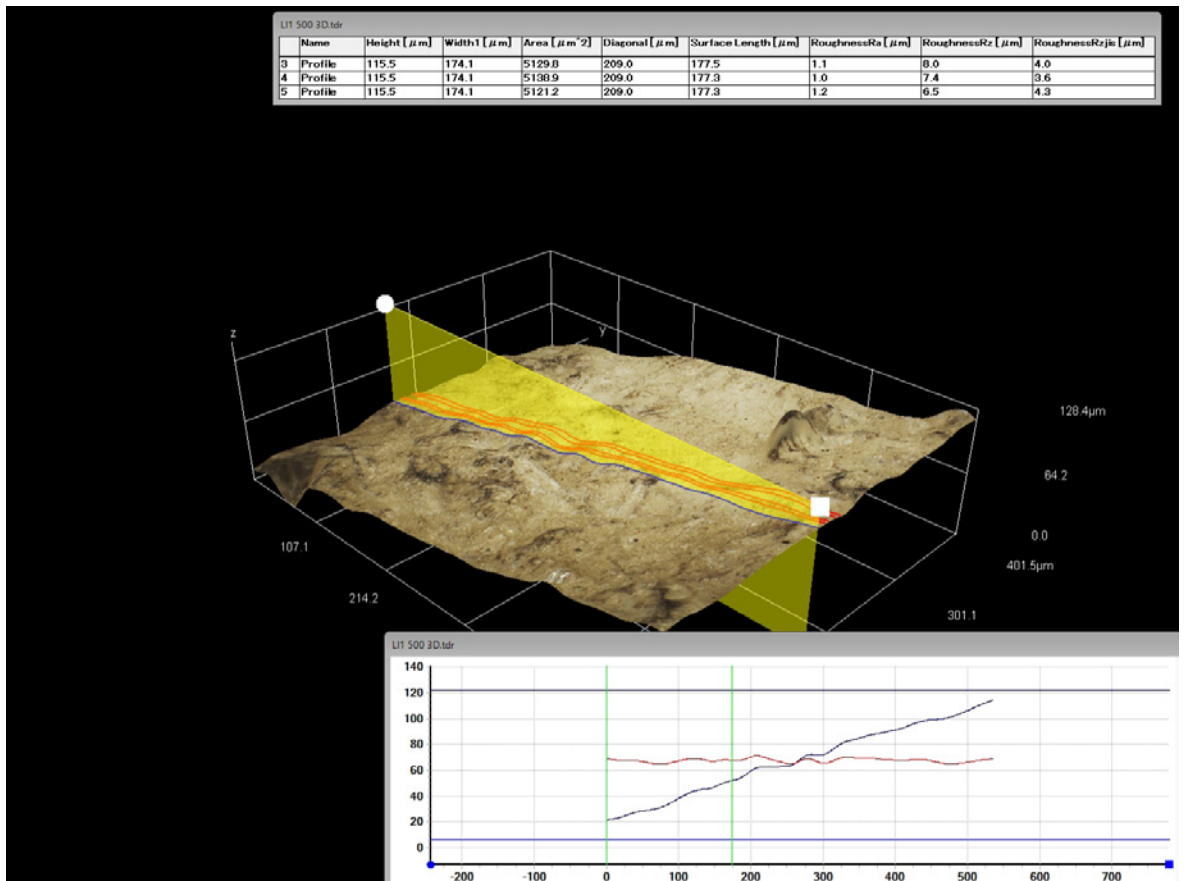
obr. č. 38 – SEM snímok, po čistení



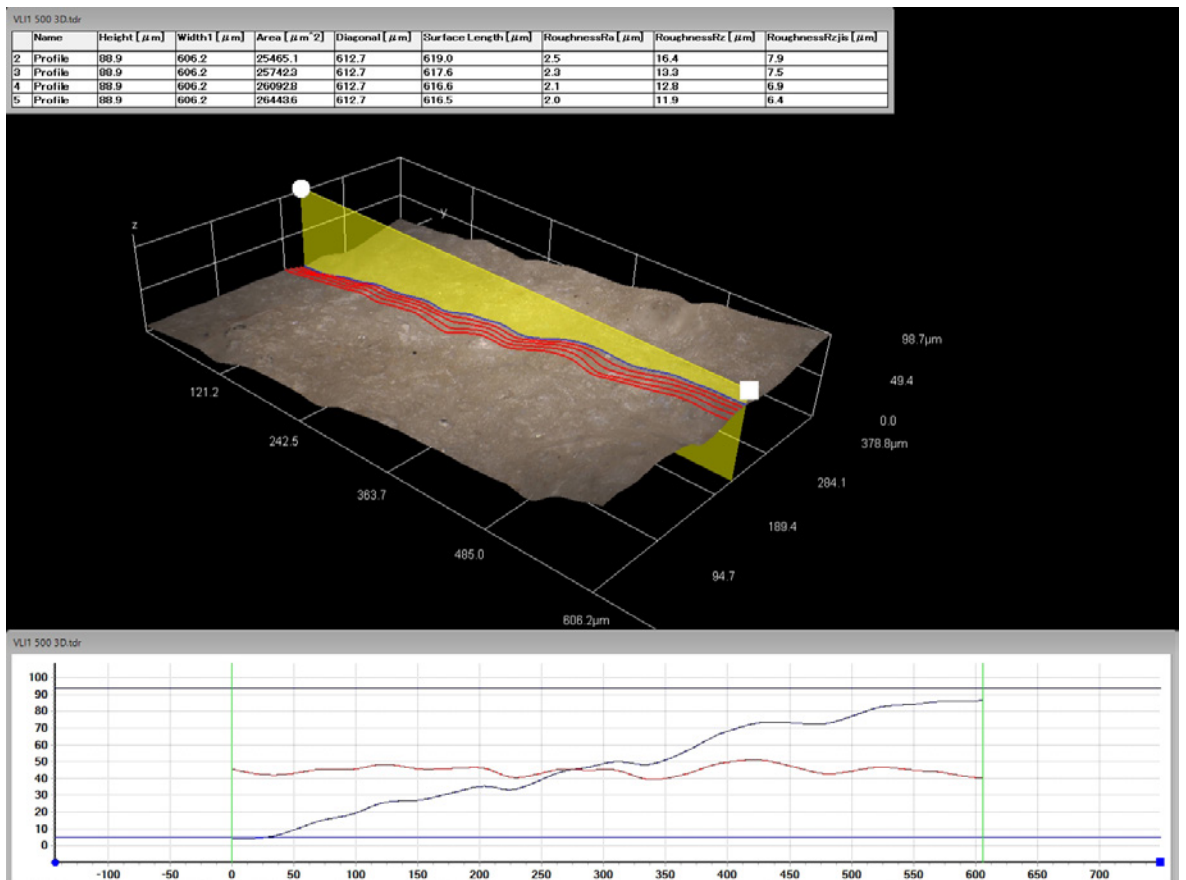
obr. č. 39 – SEM snímok, pred čistením



obr. č. 40 – SEM snímok, po čistení



obr. č. 41 – 3D model a profil vzorky pred čistením



obr. č. 42 – 3D model a profil vzorky po čistení

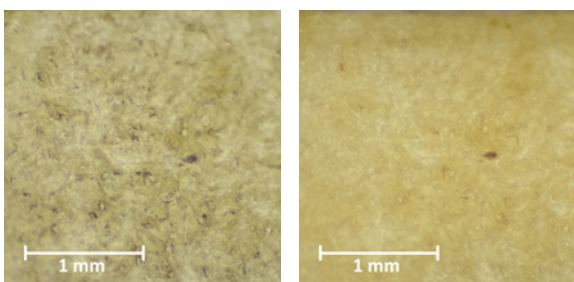
Vzorka LI2



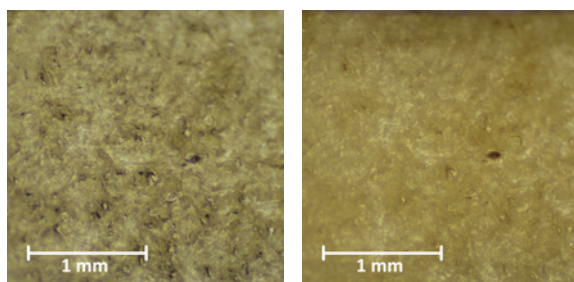
obr. č. 43 – vzorka pred čistením



obr. č. 44 – vzorka po čistení



obr. č. 45 a č. 46 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 47 a 48 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

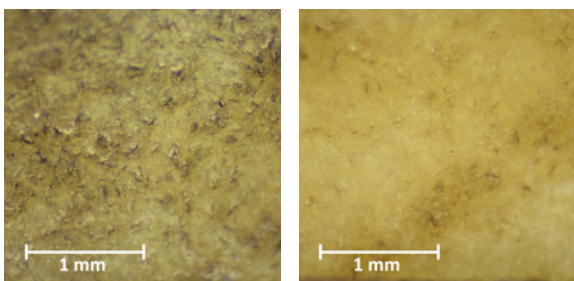
Vzorka LI3



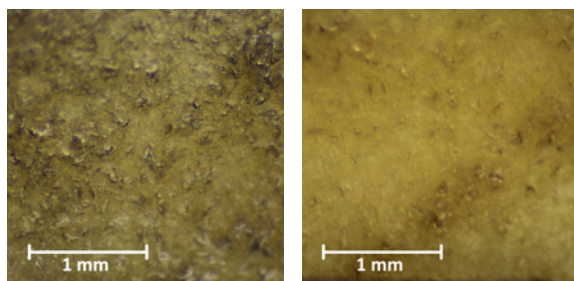
obr. č. 49 – vzorka pred čistením



obr. č. 50 – vzorka po čistení



obr. č. 51 a č. 52 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 53 a 54 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

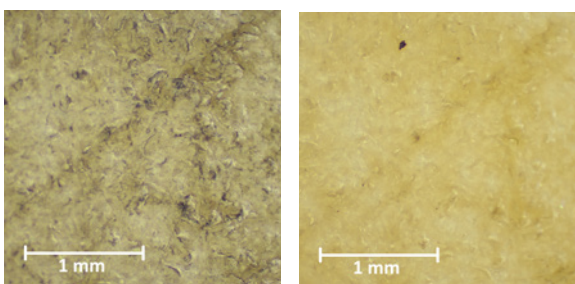
Vzorka LI4



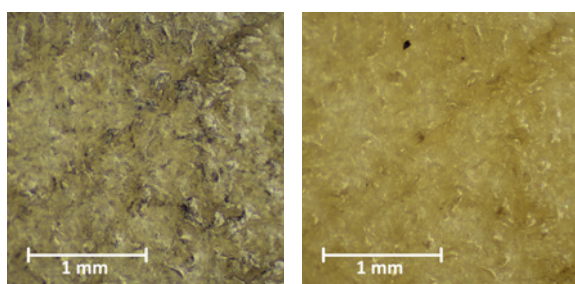
obr. č. 55 – vzorka pred čistením



obr. č. 56 – vzorka po čistení



obr. č. 57 a č. 58 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

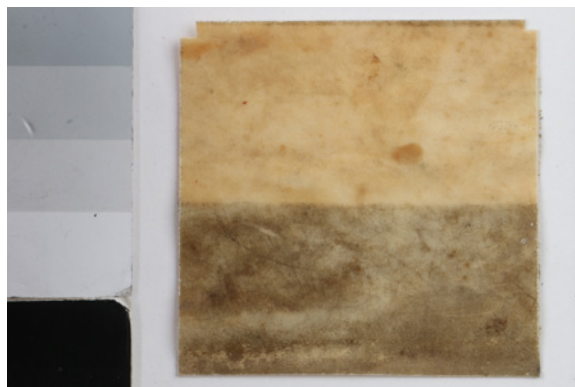


obr. č. 59 a 60 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

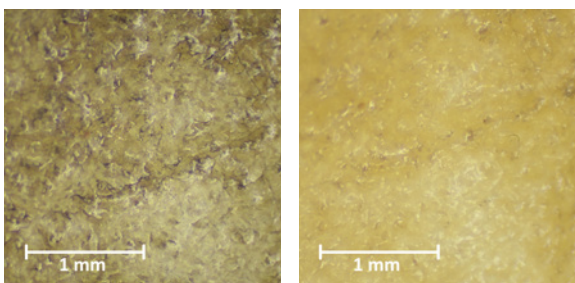
Vzorka LI5



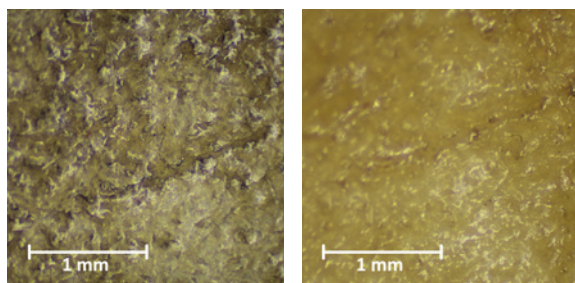
obr. č. 61 – vzorka pred čistením



obr. č. 62 – vzorka po čistení



obr. č. 63 a č. 64 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

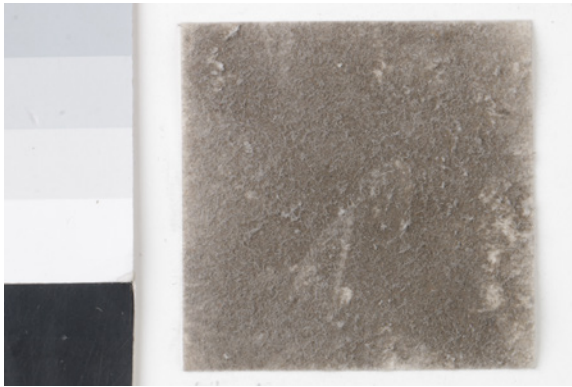


obr. č. 65 a 66 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

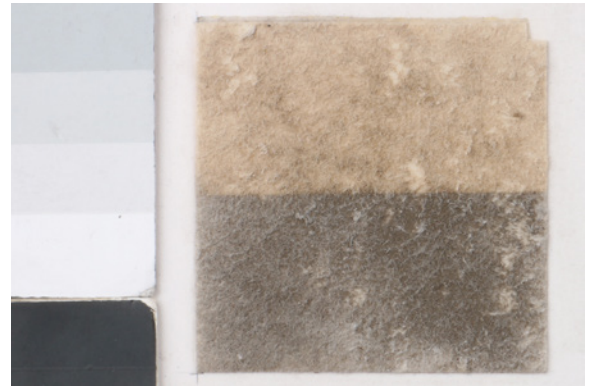
16.1.3 Vzorky nového písacieho pergamentu

16.1.3.1 Vzorky znečistené prachom

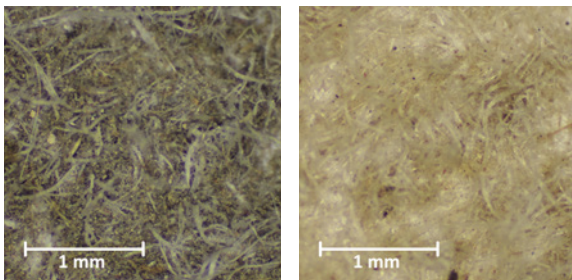
Vzorka Lip1



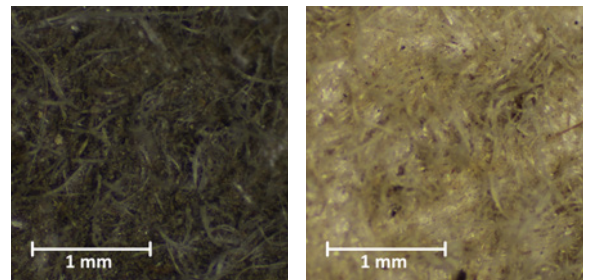
obr. č. 67 – vzorka pred čistením



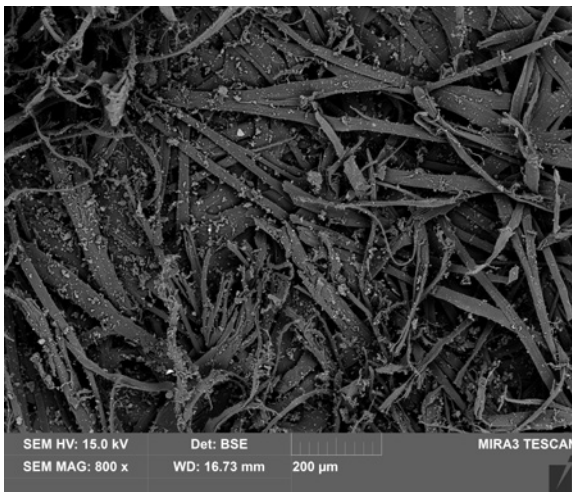
obr. č. 68 – vzorka po čistení



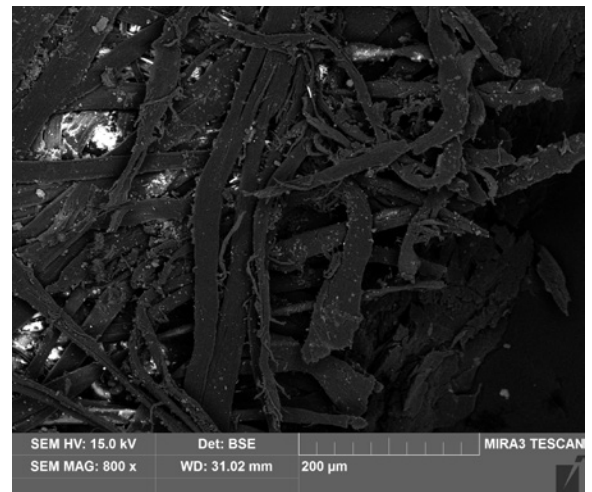
obr. č. 69 a č. 70 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



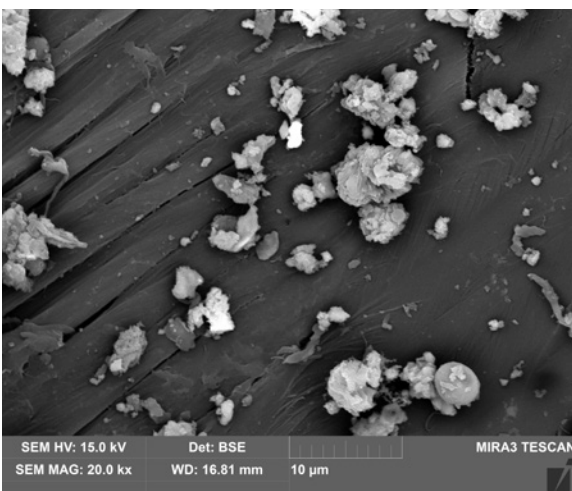
obr. č. 71 a 72 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



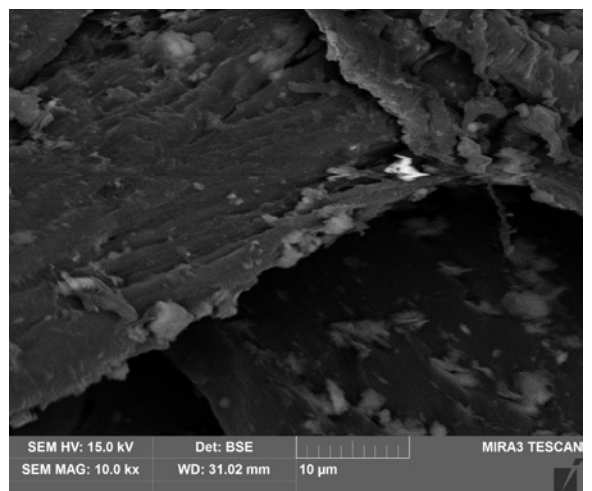
obr. č. 73 – SEM snímok, pred čistením



obr. č. 74 – SEM snímok, po čistení



obr. č. 75 – SEM snímok, pred čistením

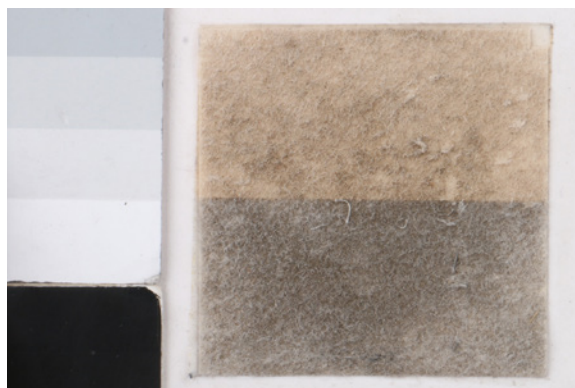


obr. č. 76 – SEM snímok, po čistení

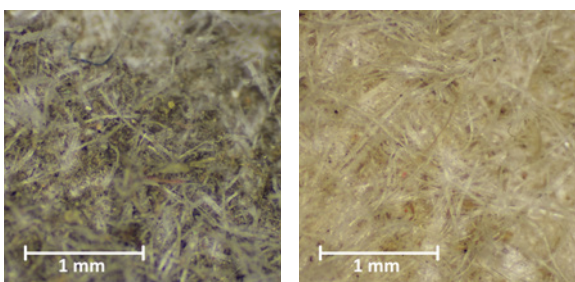
Vzorka LIp2



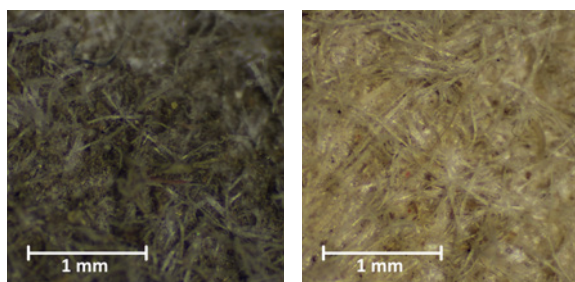
obr. č. 77 – vzorka pred čistením



obr. č. 78 – vzorka po čistení

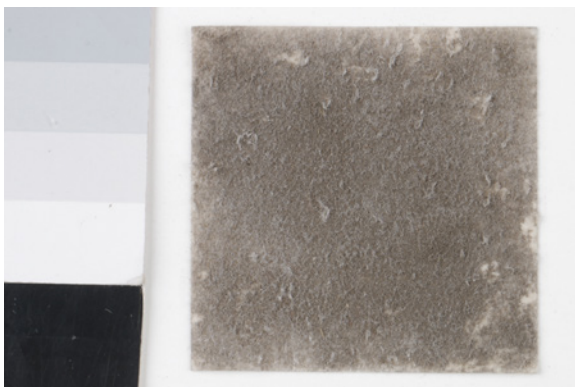


obr. č. 79 a č. 80 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

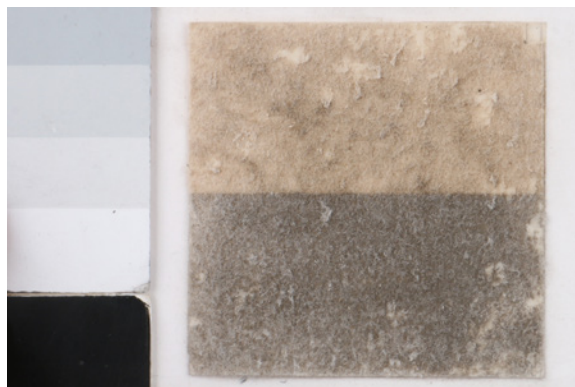


obr. č. 81 a 82 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

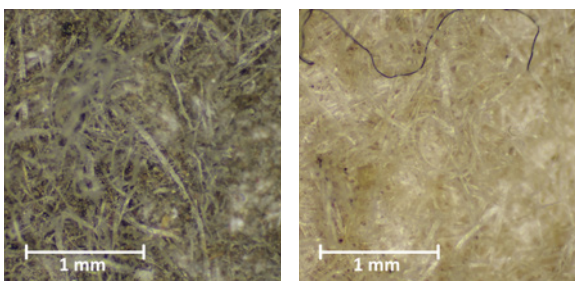
Vzorka LIp3



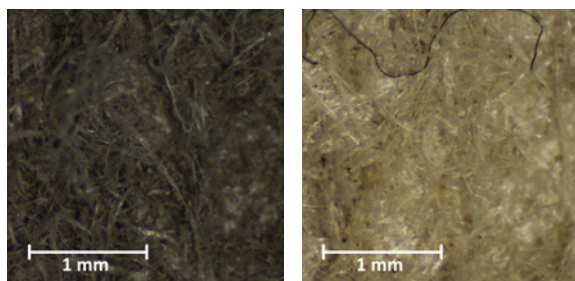
obr. č. 83 – vzorka pred čistením



obr. č. 84 – vzorka po čistení



obr. č. 85 a č. 86 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

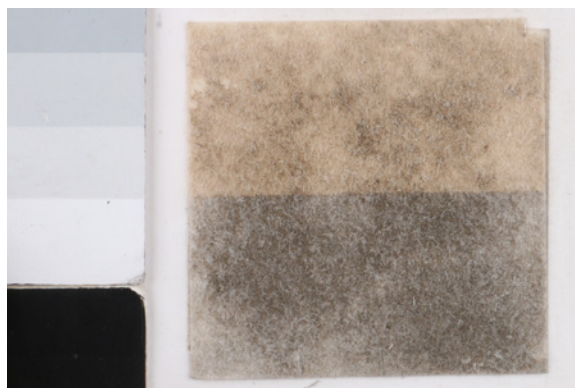


obr. č. 87 a 88 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

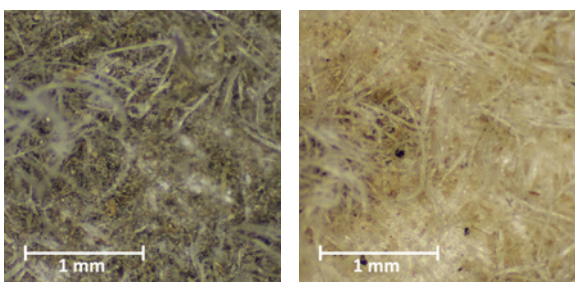
Vzorka LIp4



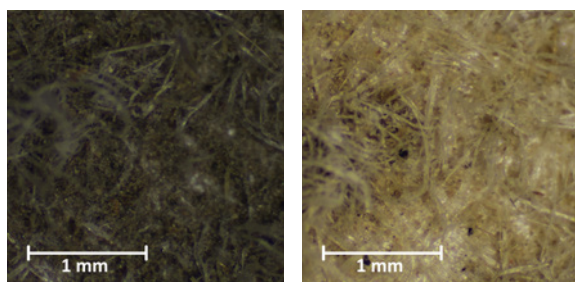
obr. č. 89 – vzorka pred čistením



obr. č. 90 – vzorka po čistení



obr. č. 91 a č. 92 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

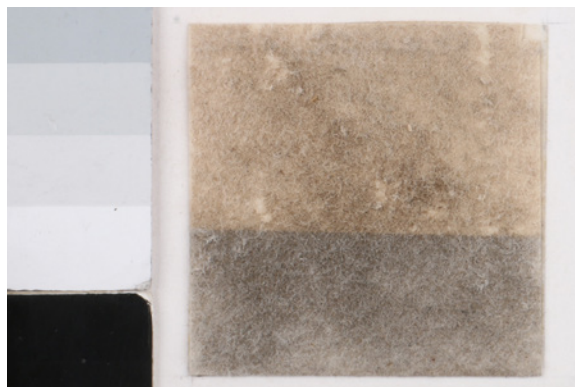


obr. č. 93 a 94 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

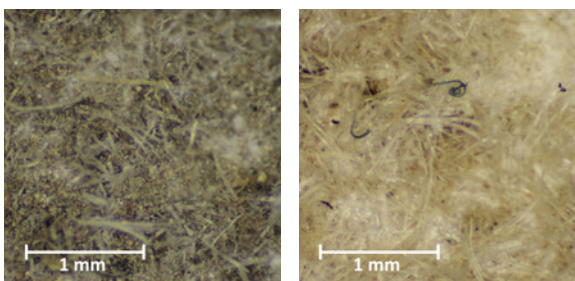
Vzorka LIp5



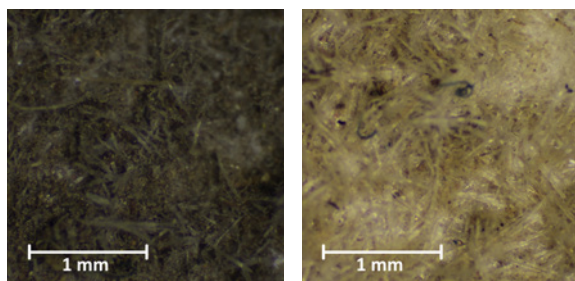
obr. č. 95 – vzorka pred čistením



obr. č. 96 – vzorka po čistení



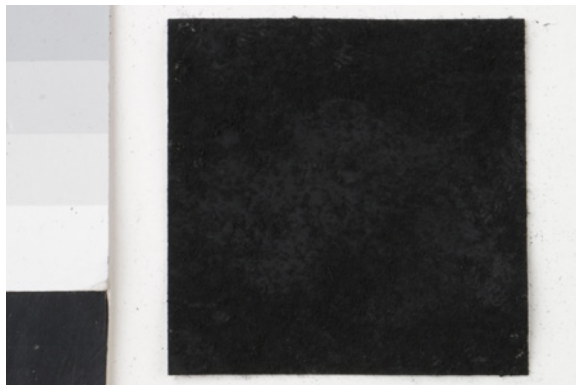
obr. č. 97 a č. 98 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



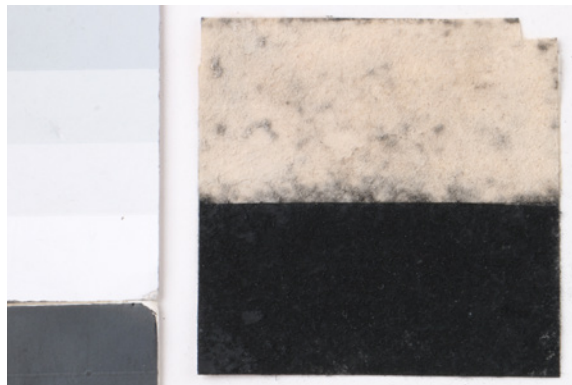
obr. č. 99 a 100 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

16.1.3.2 Vzorky znečistené pigmentom

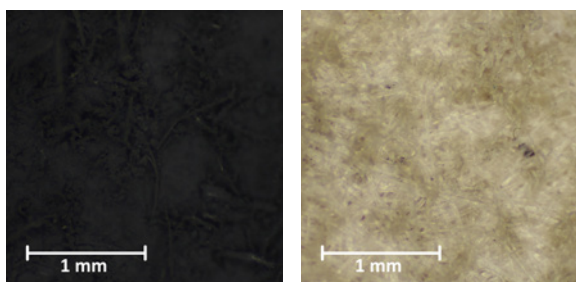
Vzorka LI1



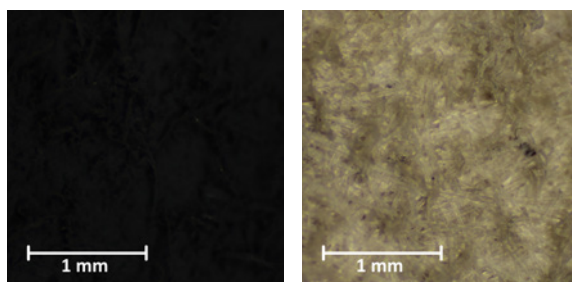
obr. č. 101 – vzorka pred čistením



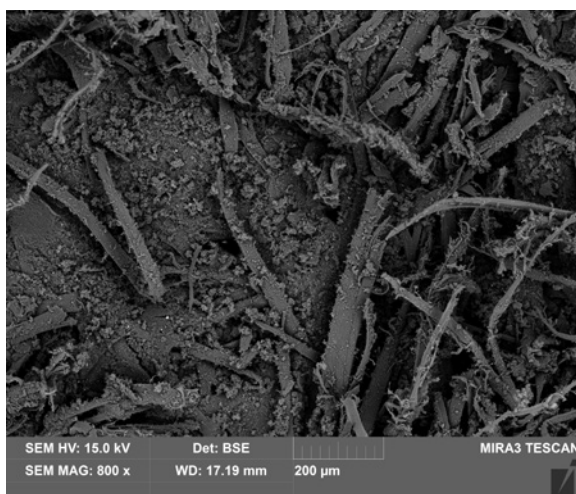
obr. č. 102 – vzorka po čistení



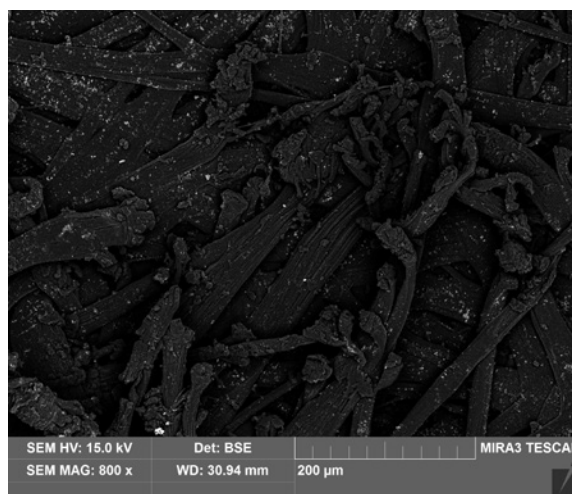
obr. č. 103 a č. 104 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



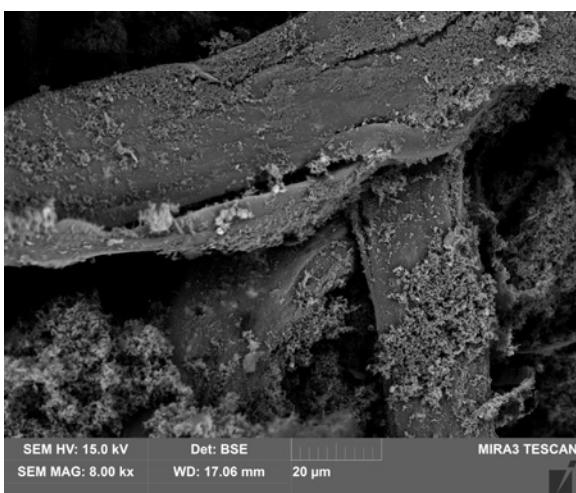
obr. č. 105 a 106 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



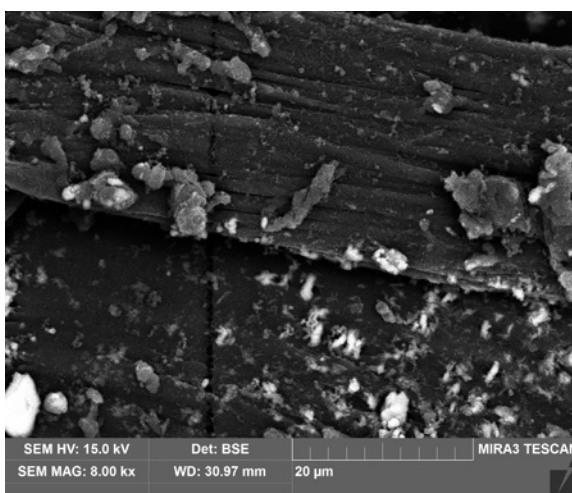
obr. č. 107 – SEM snímok, pred čistením



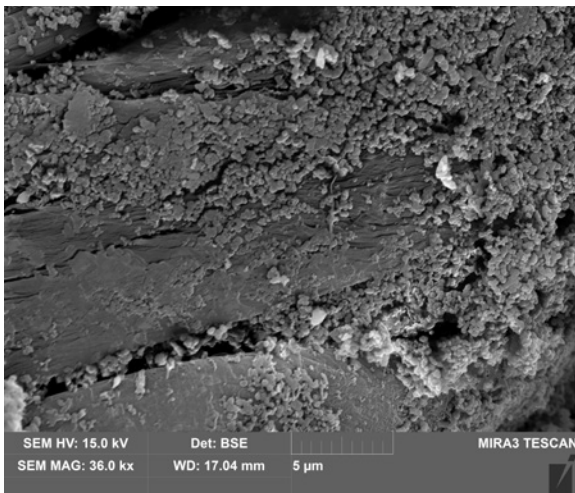
obr. č. 108 – SEM snímok, po čistení



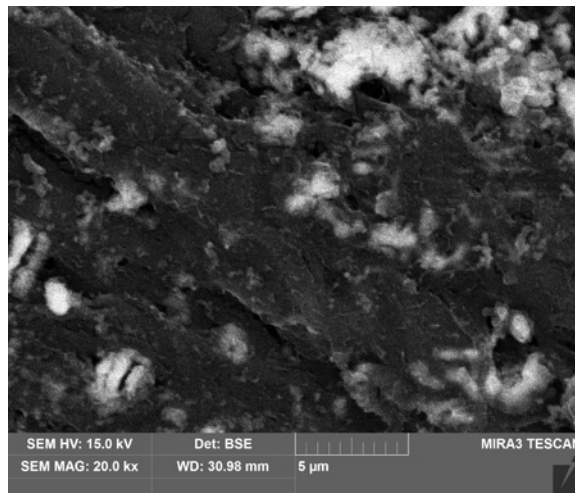
obr. č. 109 – SEM snímok, pred čistením



obr. č. 110 – SEM snímok, po čistení



obr. č. 111 – SEM snímok, pred čistením



obr. č. 112 – SEM snímok, po čistení

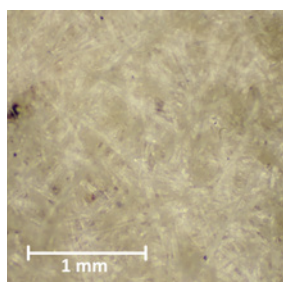
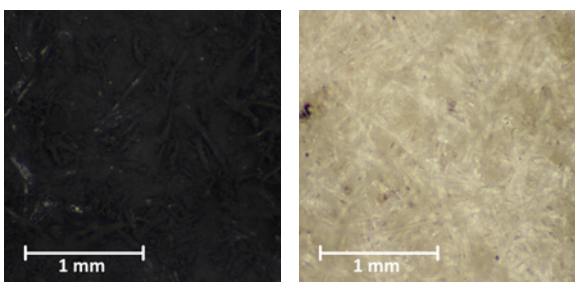
Vzorka LI2



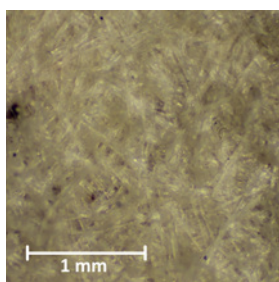
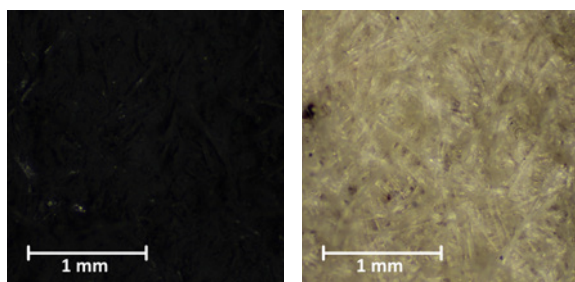
obr. č. 113 – vzorka pred čistením



obr. č. 114 – vzorka po čistení

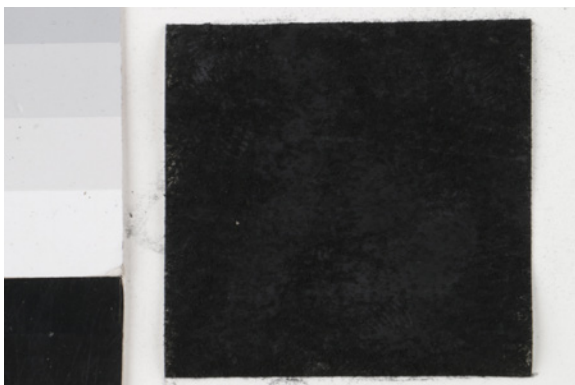


obr. č. 115 a č. 116 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 117 a 118 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

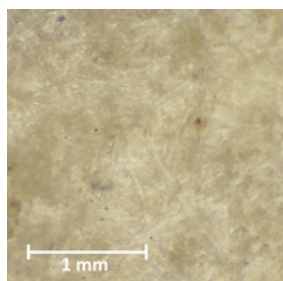
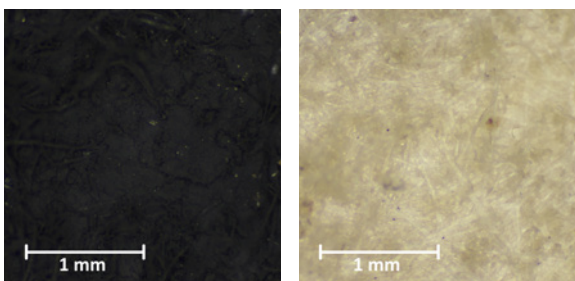
Vzorka LI3



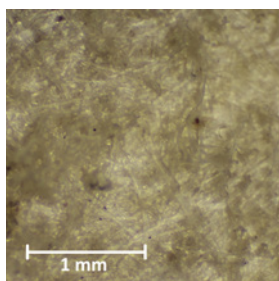
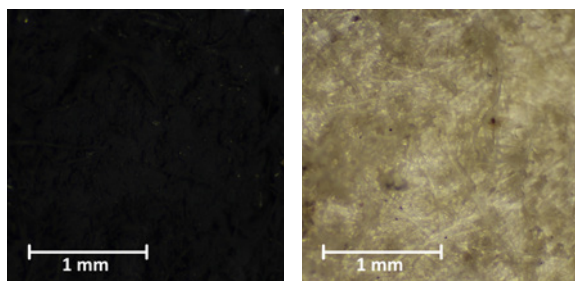
obr. č. 119 – vzorka pred čistením



obr. č. 120 – vzorka po čistení

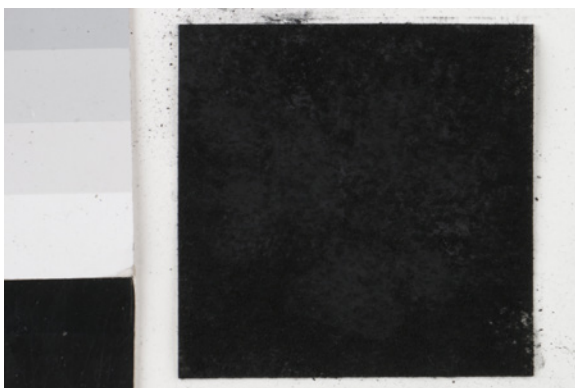


obr. č. 121 a č. 122 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 123 a 124 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

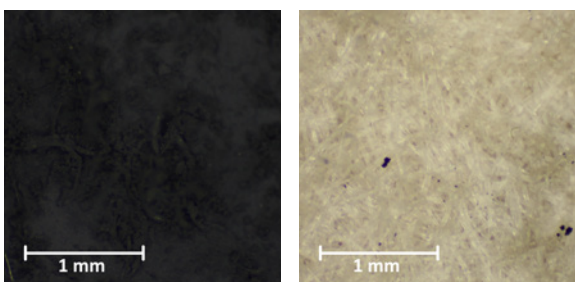
Vzorka LI4



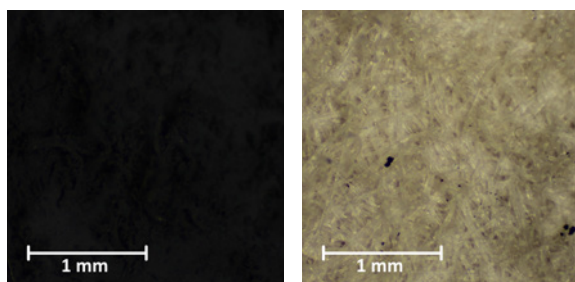
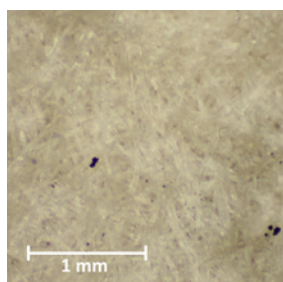
obr. č. 125 – vzorka pred čistením



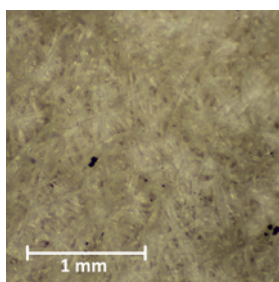
obr. č. 126 – vzorka po čistení



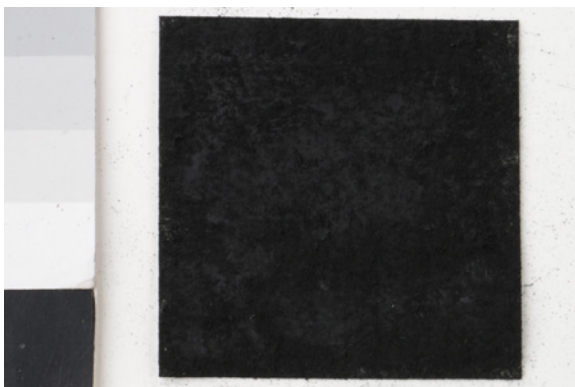
obr. č. 127 a č. 128 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



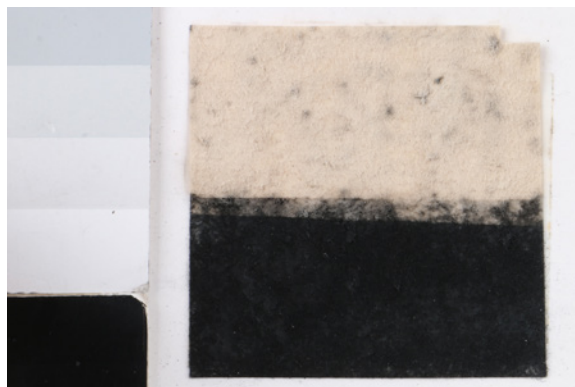
obr. č. 129 a 130 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



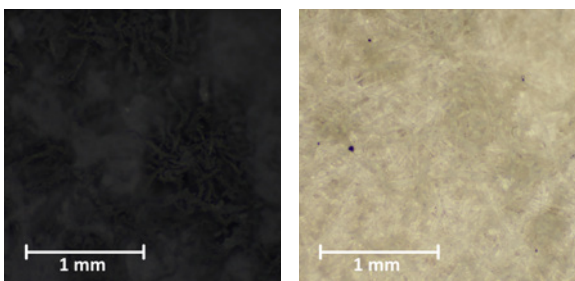
Vzorka LI5



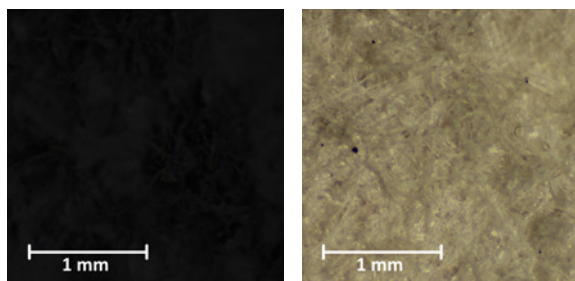
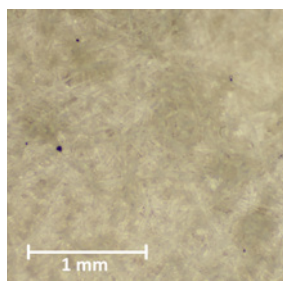
obr. č. 131 – vzorka pred čistením



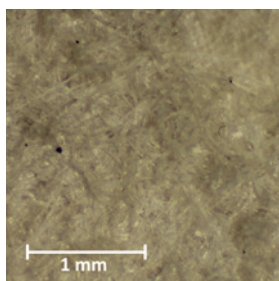
obr. č. 132 – vzorka po čistení



obr. č. 133 a č. 134 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 135 a 136 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



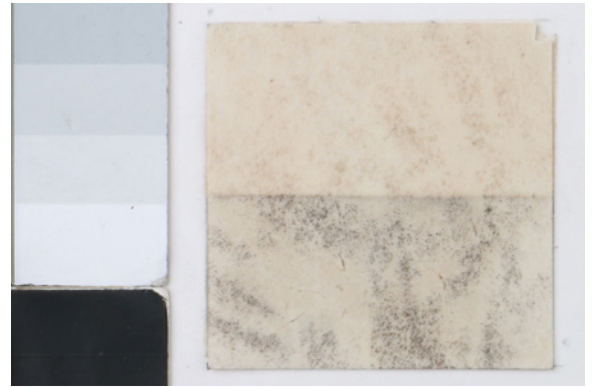
16.1.4 Vzorok nového väzobného pergamentu

16.1.4.1 Vzorok znečistené prachom

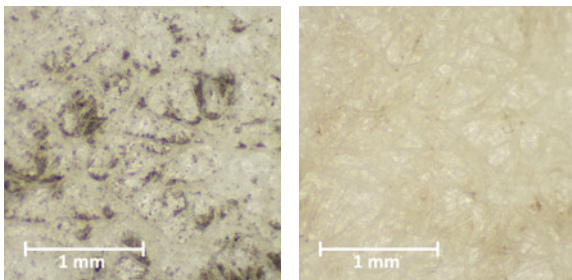
Vzorok Llp1



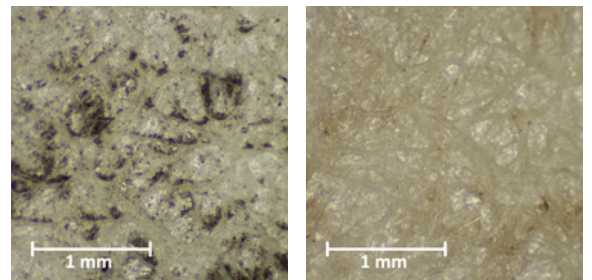
obr. č. 137 – vzorka pred čistením



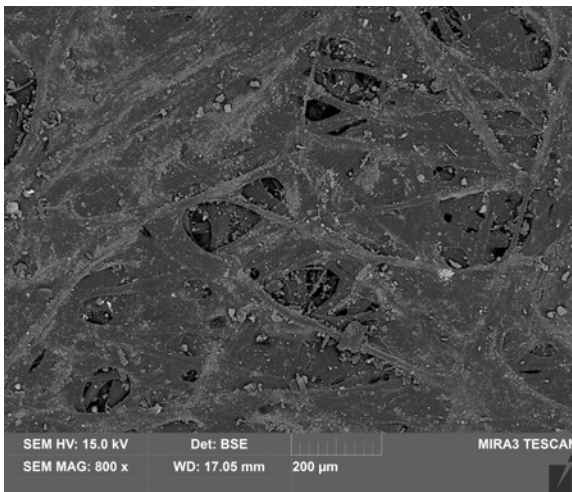
obr. č. 138 – vzorka po čistení



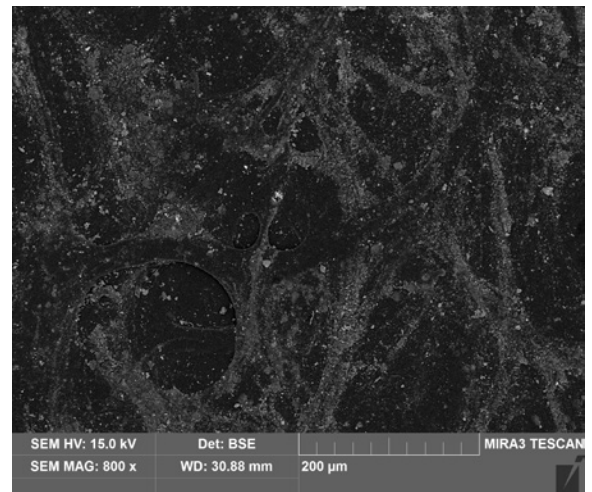
obr. č. 139 a č. 140 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



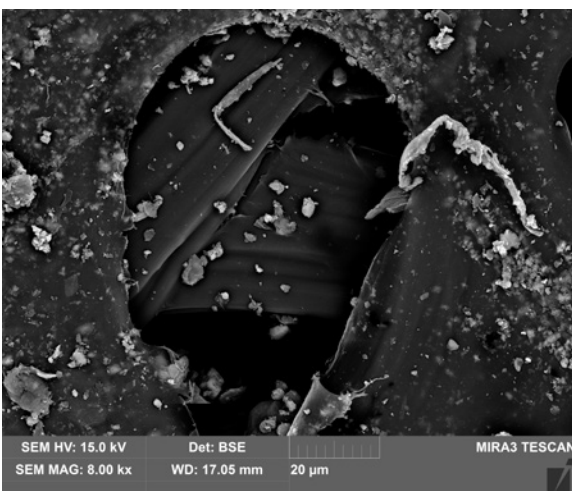
obr. č. 141 a 142 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



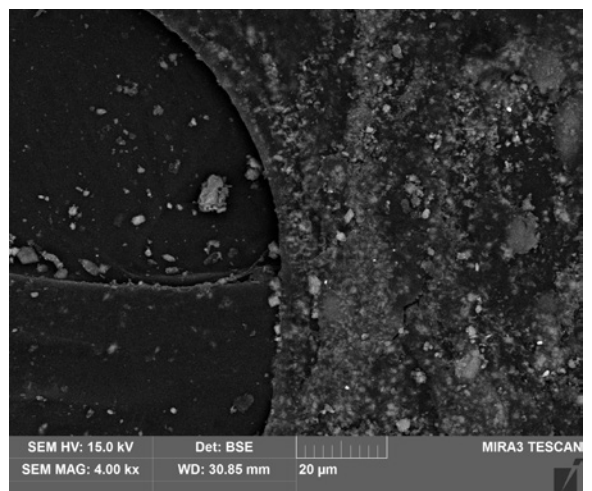
obr. č. 143 – SEM snímok, pred čistením



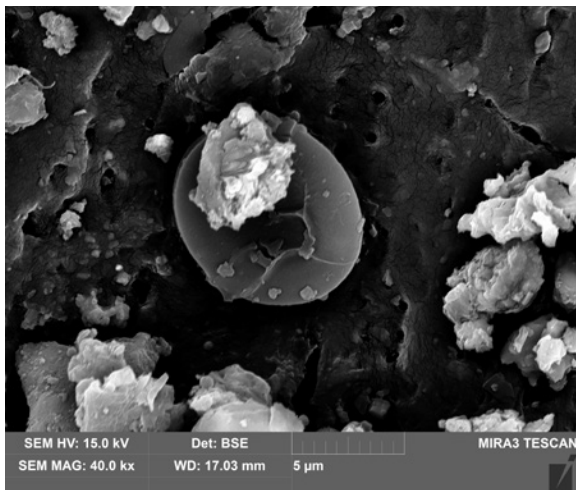
obr. č. 144 – SEM snímok, po čistení



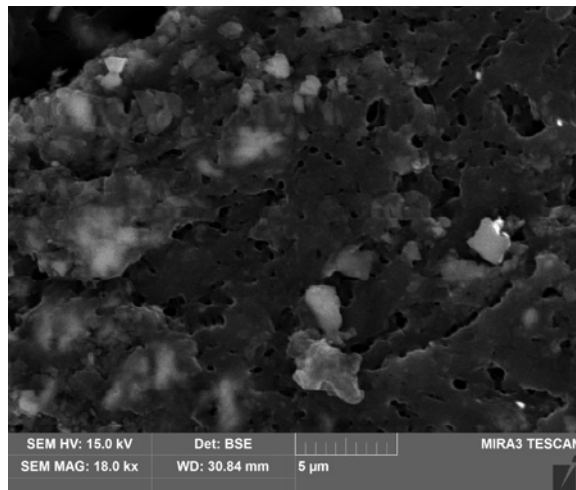
obr. č. 145 – SEM snímok, pred čistením



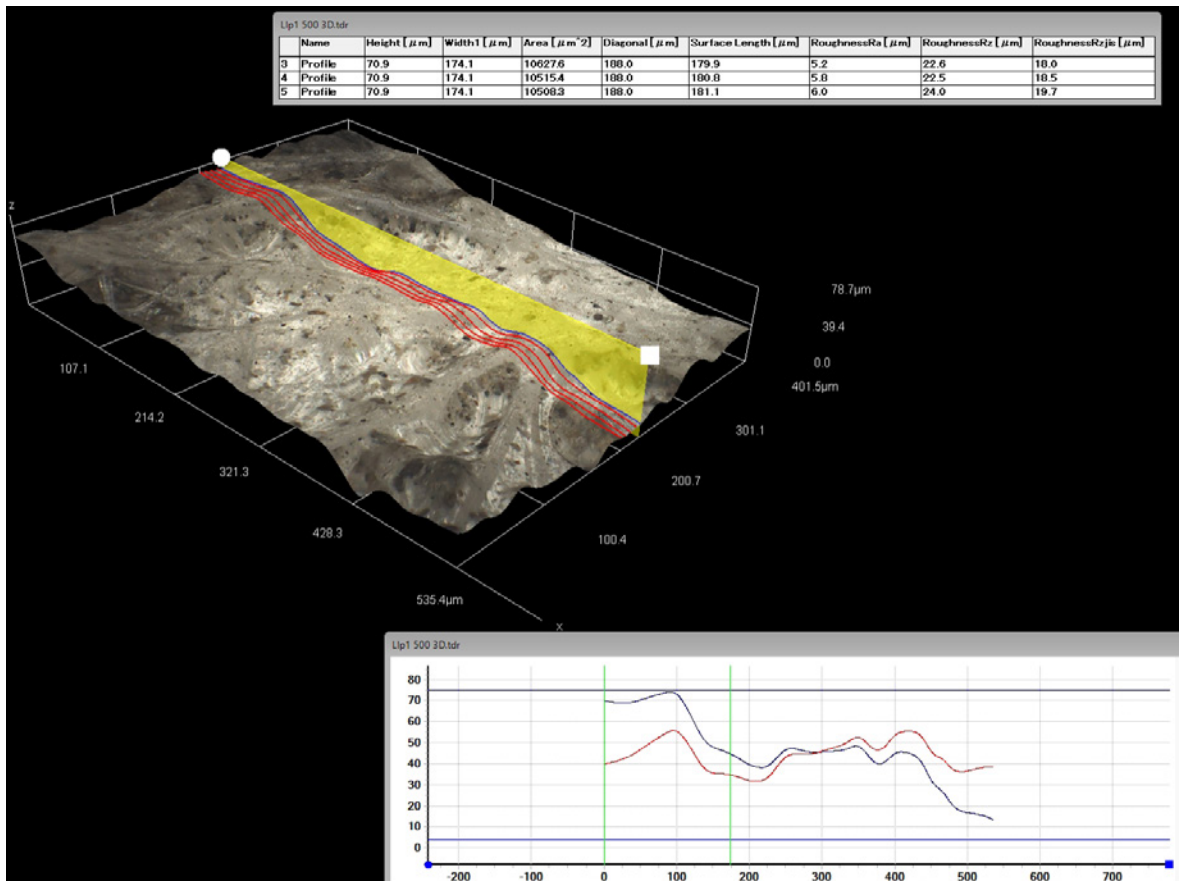
obr. č. 146 – SEM snímok, po čistení



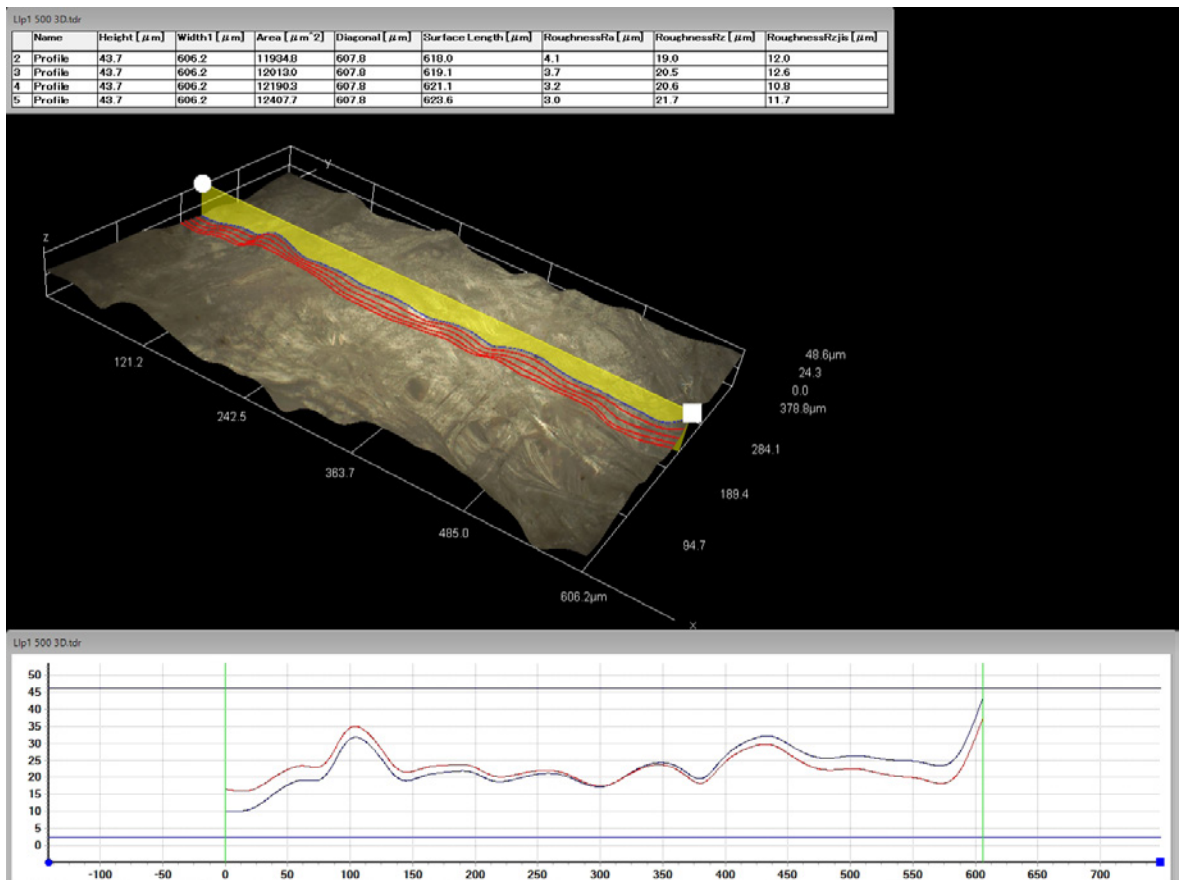
obr. č. 147 – SEM snímok, pred čistením



obr. č. 148 – SEM snímok, po čistení



obr. č. 149 – 3D model a profil vzorky pred čistením



obr. č. 150 – 3D model a profil vzorky po čistení

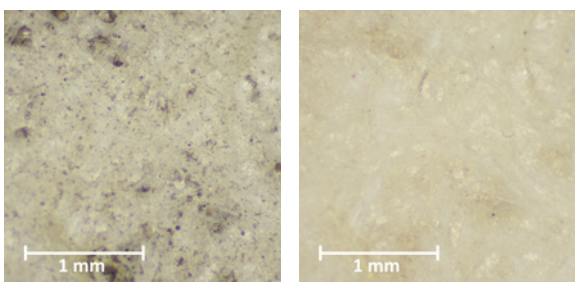
Vzorka LIp2



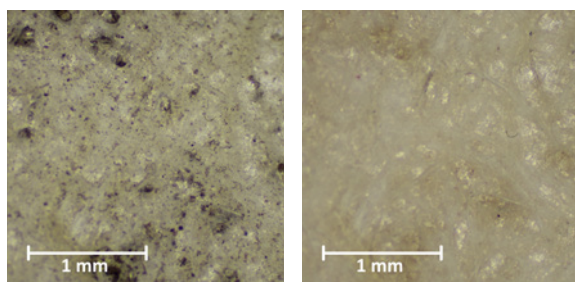
obr. č. 151 – vzorka pred čistením



obr. č. 152 – vzorka po čistení



obr. č. 153 a č. 154 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

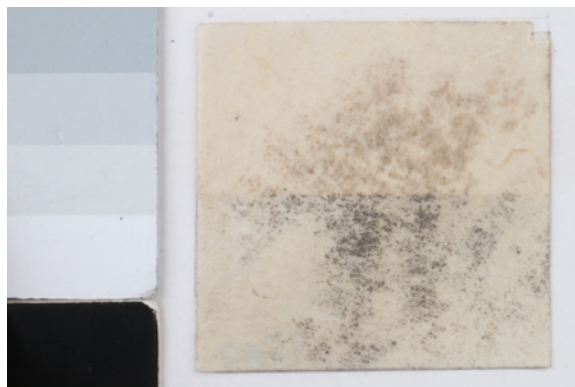


obr. č. 155 a 156 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

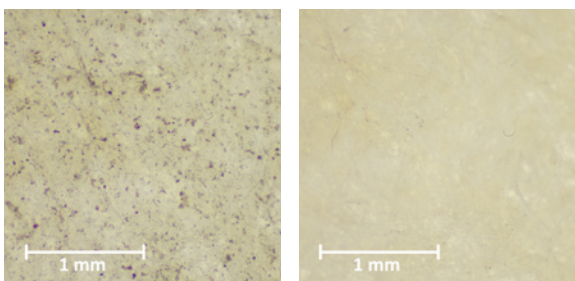
Vzorka LIp3



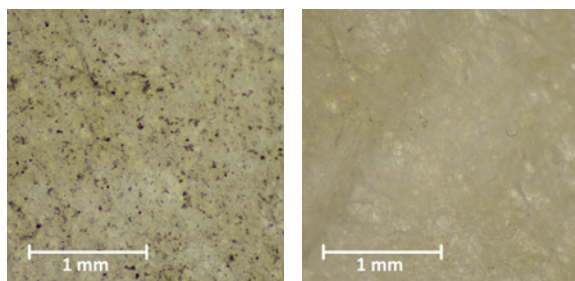
obr. č. 157 – vzorka pred čistením



obr. č. 158 – vzorka po čistení



obr. č. 159 a č. 160 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 161 a 162 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

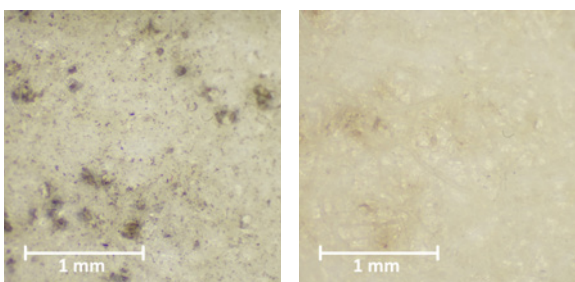
Vzorka LIp4



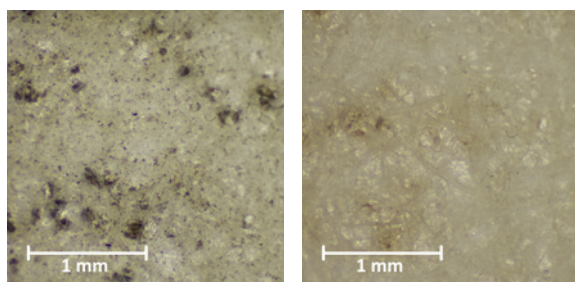
obr. č. 163 – vzorka pred čistením



obr. č. 164 – vzorka po čistení



obr. č. 165 a č. 166 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 167 a 168 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

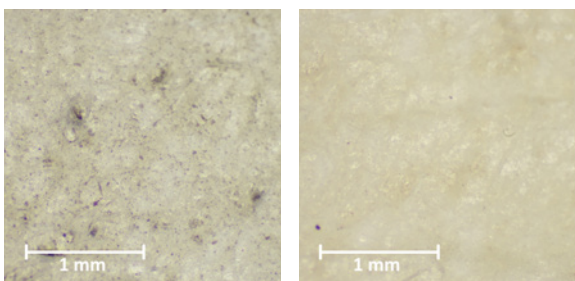
Vzorka LIp5



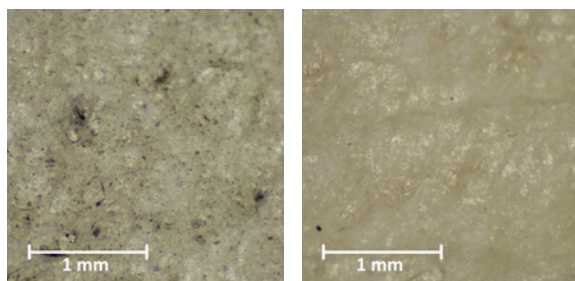
obr. č. 169 – vzorka pred čistením



obr. č. 170 – vzorka po čistení



obr. č. 171 a č. 172 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



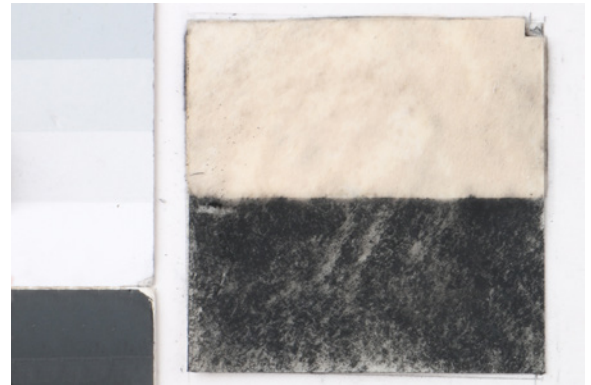
obr. č. 173 a 174 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

16.1.4.2 Vzorky znečistené pigmentom

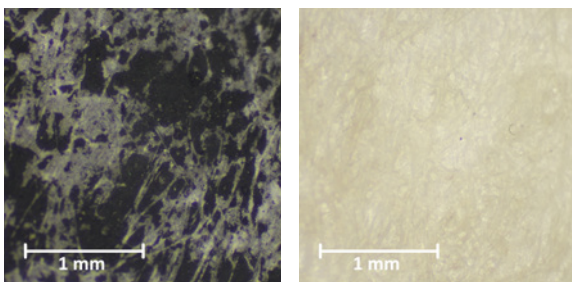
Vzorka LI1



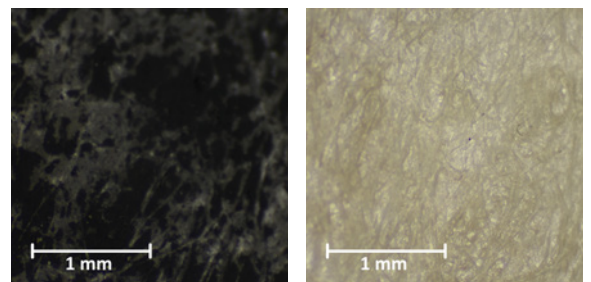
obr. č. 175 – vzorka pred čistením



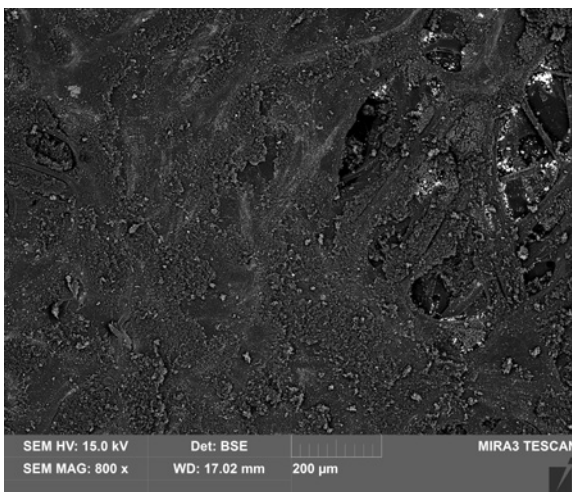
obr. č. 176 – vzorka po čistení



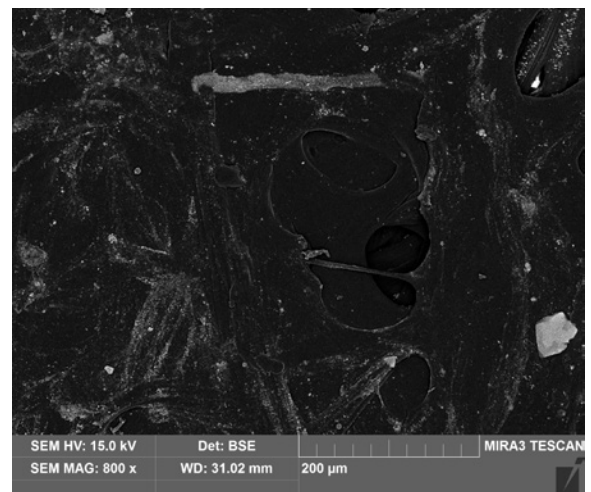
obr. č. 177 a č. 178 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



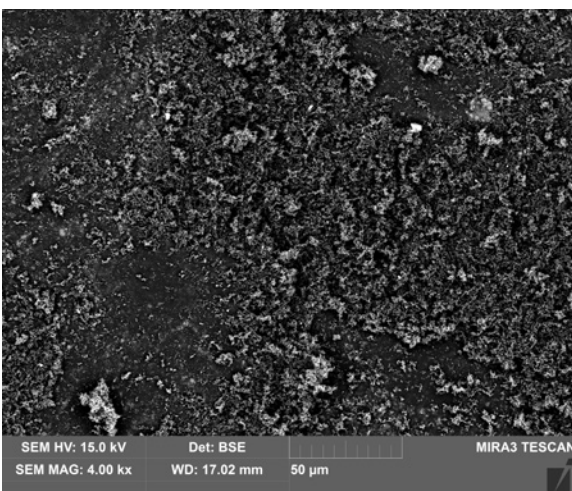
obr. č. 179 a 180 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



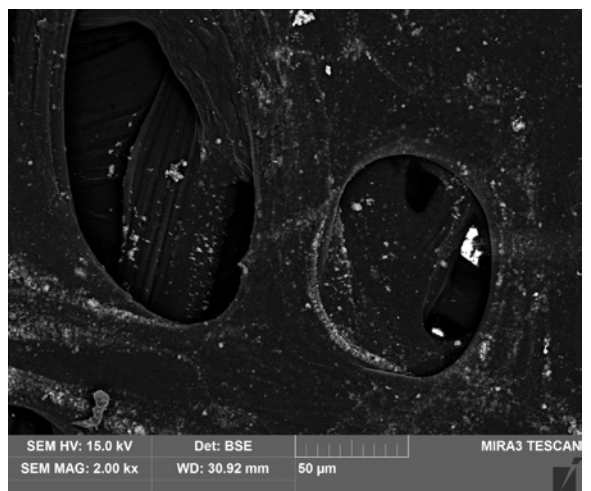
obr. č. 181 – SEM snímok, pred čistením



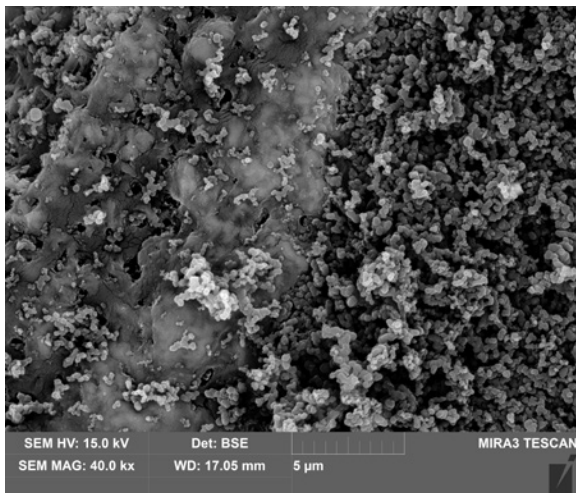
obr. č. 182 – SEM snímok, po čistení



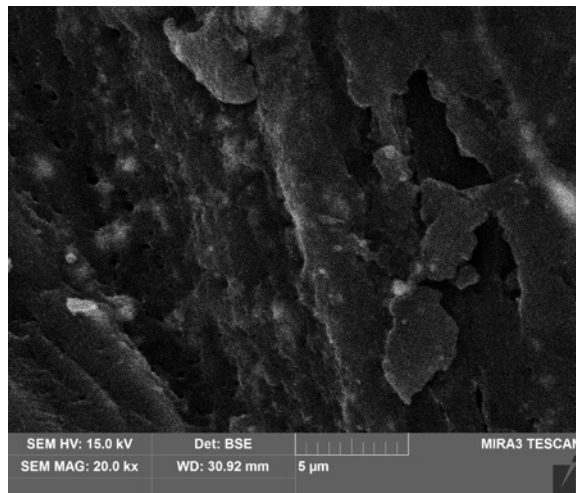
obr. č. 183 – SEM snímok, pred čistením



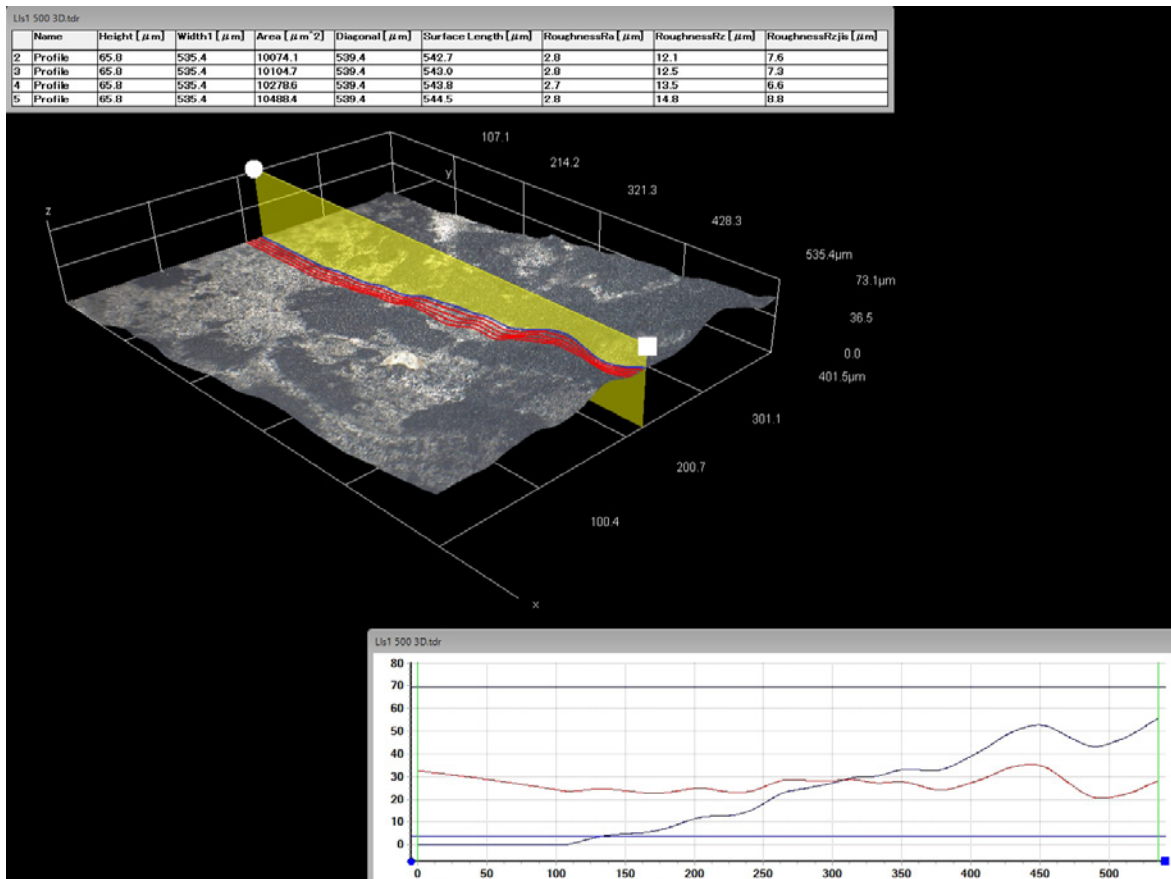
obr. č. 184 – SEM snímok, po čistení



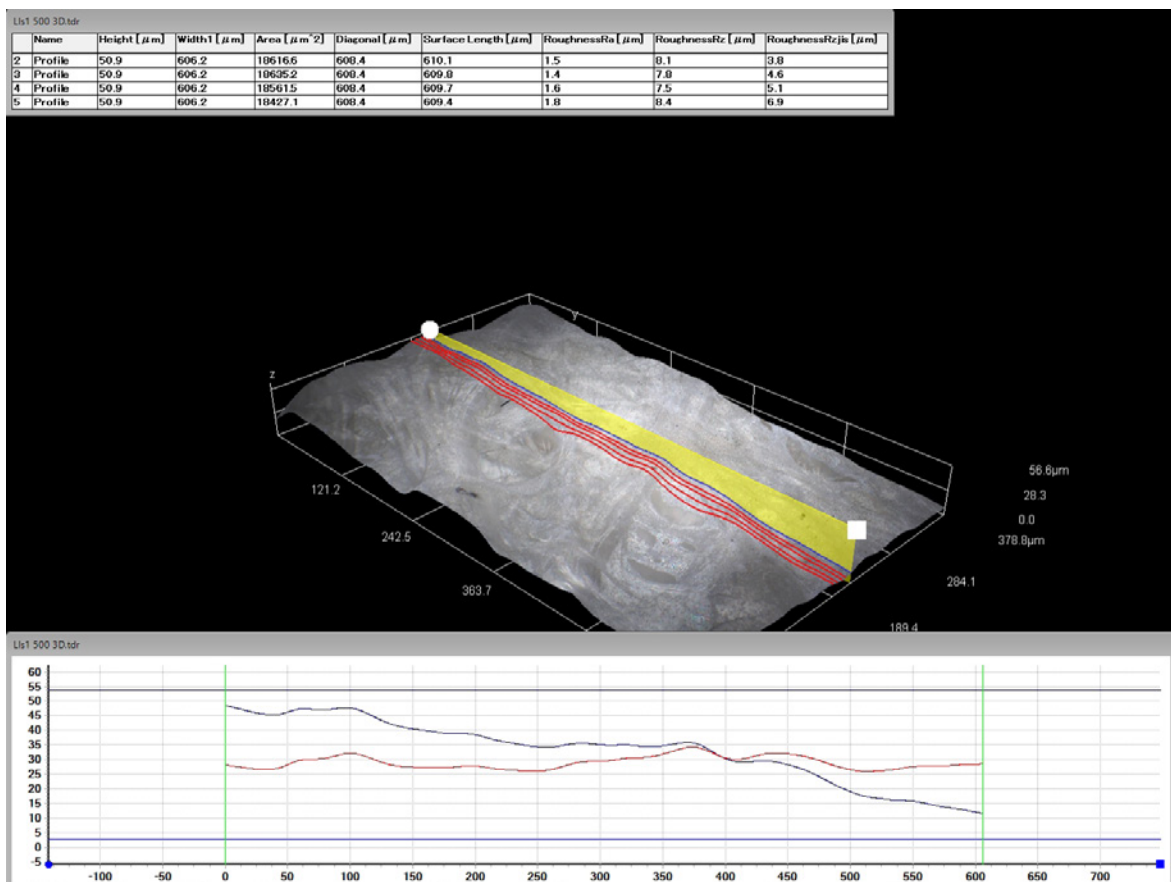
obr. č. 185 – SEM snímok, pred čistením



obr. č. 186 – SEM snímok, po čistení

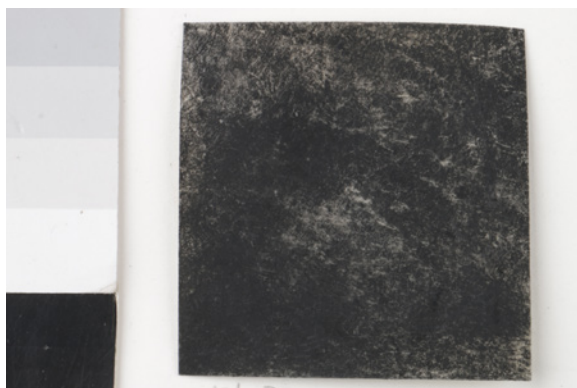


obr. č. 187 – 3D model a profil vzorky pred čistením



obr. č. 188 – 3D model a profil vzorky po čistení

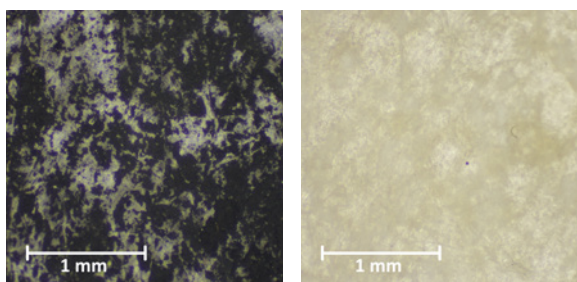
Vzorka LI2



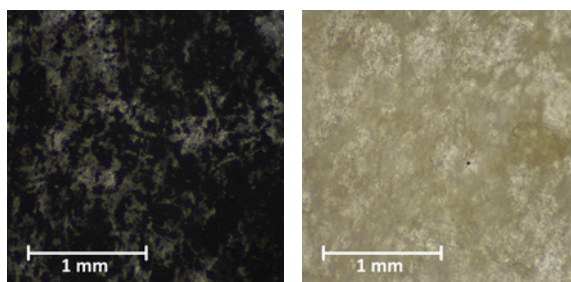
obr. č. 189 – vzorka pred čistením



obr. č. 190 – vzorka po čistení



obr. č. 191 a č. 192 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 193 a 194 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

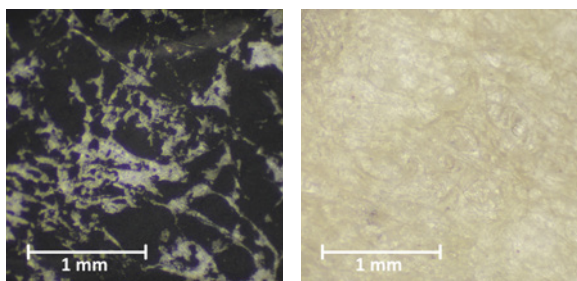
Vzorka LI3



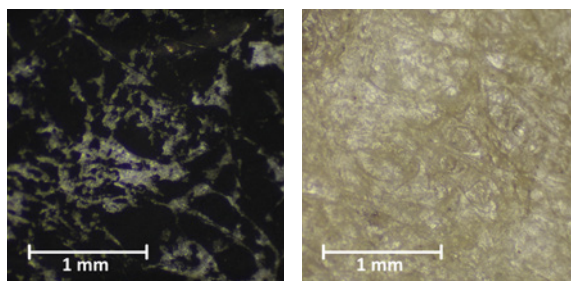
obr. č. 195 – vzorka pred čistením



obr. č. 196 – vzorka po čistení



obr. č. 197 a č. 198 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 199 a 200 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

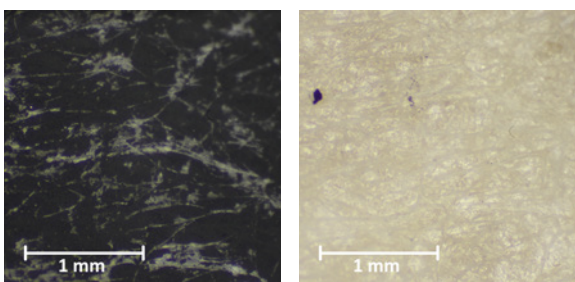
Vzorka LI4



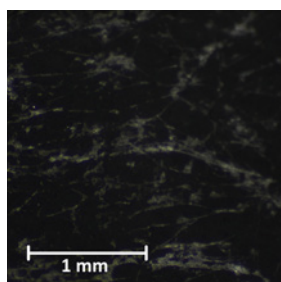
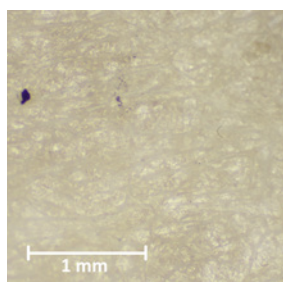
obr. č. 201 – vzorka pred čistením



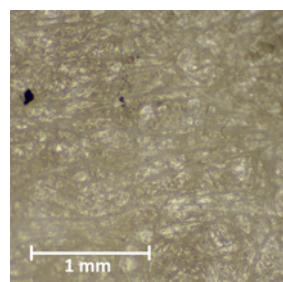
obr. č. 202 – vzorka po čistení



obr. č. 203 a č. 204 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



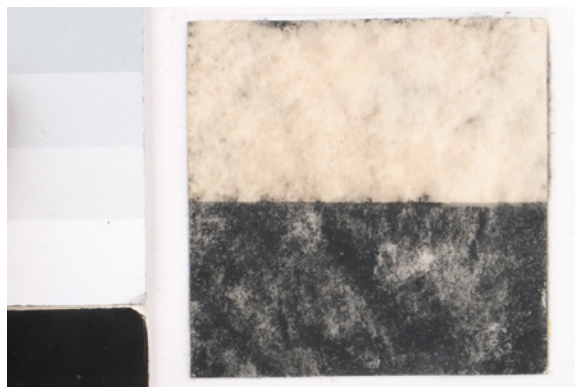
obr. č. 205 a 206 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



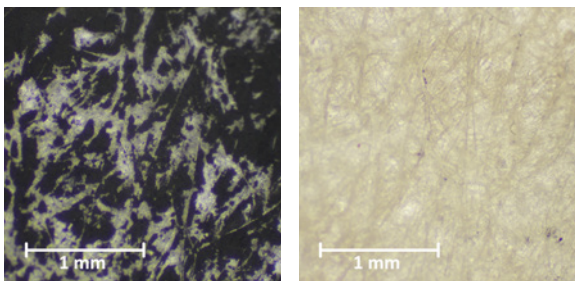
Vzorka LI5



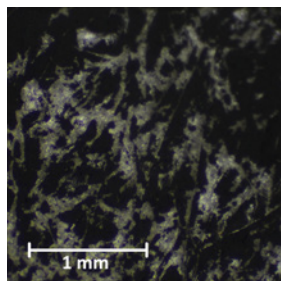
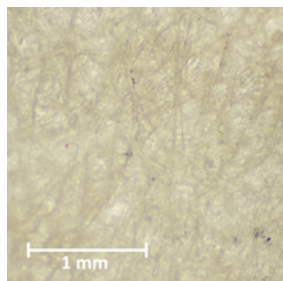
obr. č. 207 – vzorka pred čistením



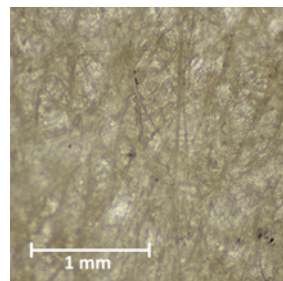
obr. č. 208 – vzorka po čistení



obr. č. 209 a č. 210 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 211 a 212 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



16.2 Vzorky pergamenu čistené laserom pri vlnovej dĺžke 532 nm

16.2.1 Vzorky historického písacieho pergamenu

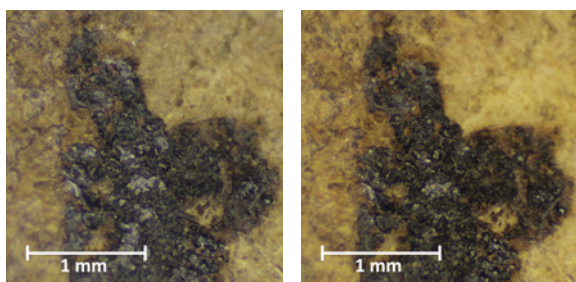
Vzorka LIII



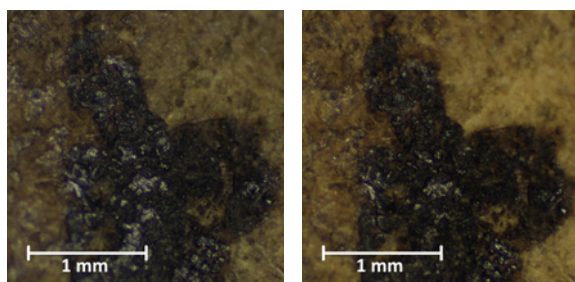
obr. č. 213 – vzorka pred čistením



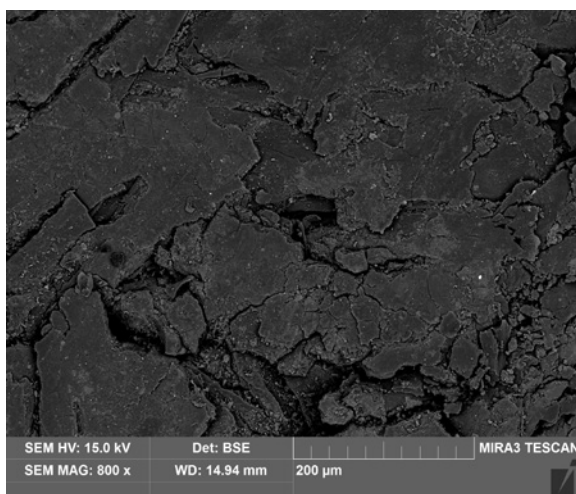
obr. č. 214 – vzorka po čistení



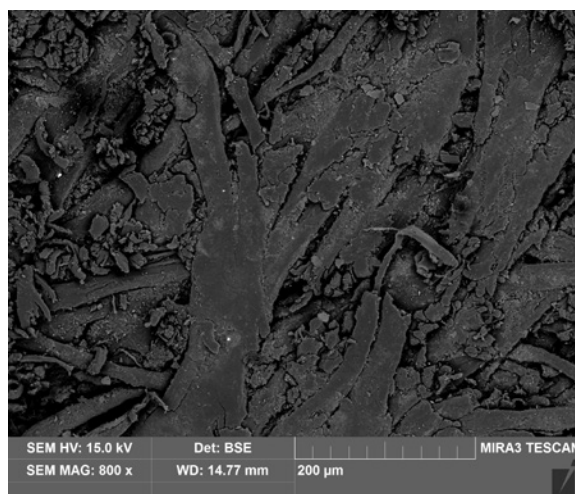
obr. č. 215 a č. 216 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



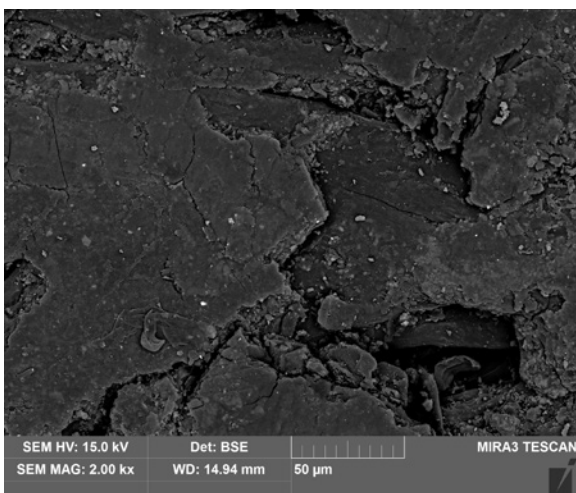
obr. č. 217 a 218 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



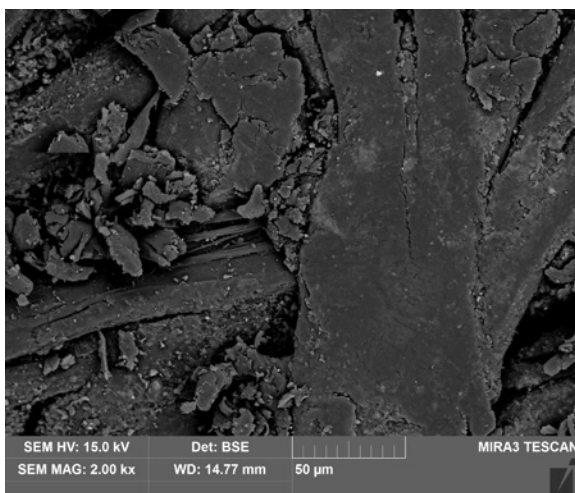
obr. č. 219 – SEM snímok, pred čistením



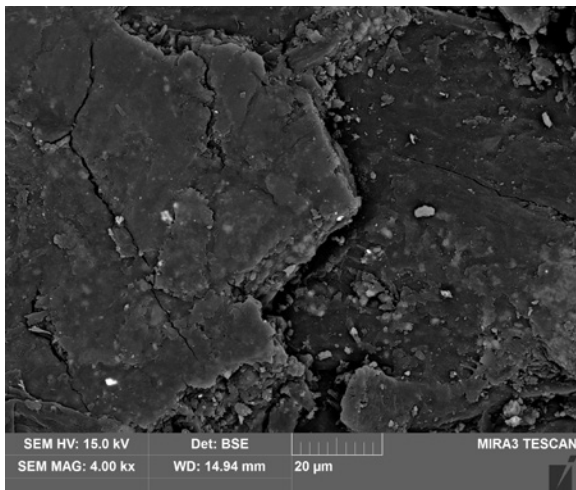
obr. č. 220 – SEM snímok, po čistení



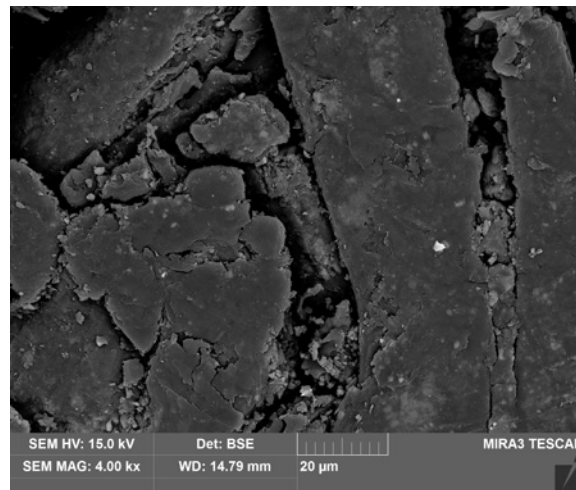
obr. č. 221 – SEM snímok, pred čistením



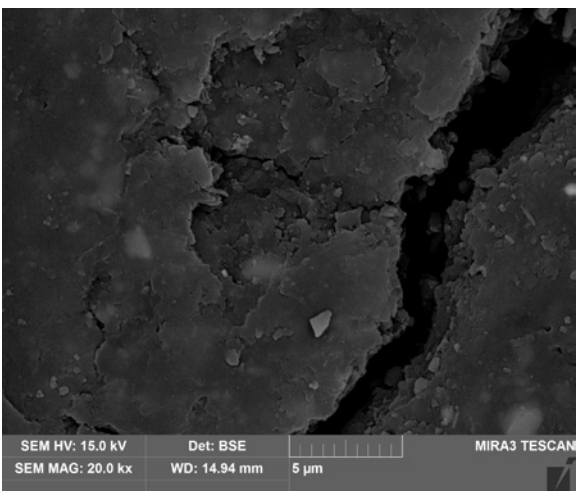
obr. č. 222 – SEM snímok, po čistení



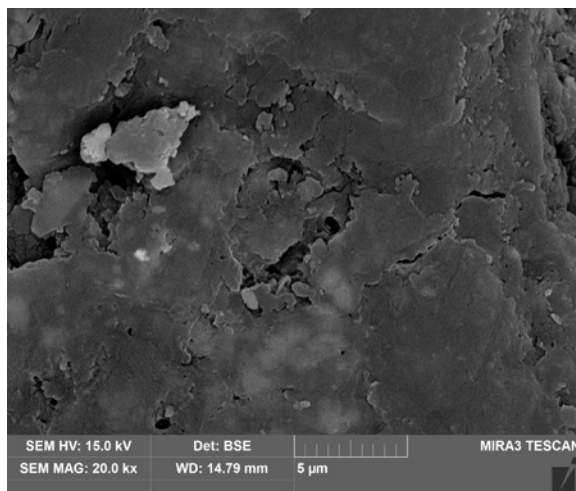
obr. č. 223 – SEM snímok, pred čistením



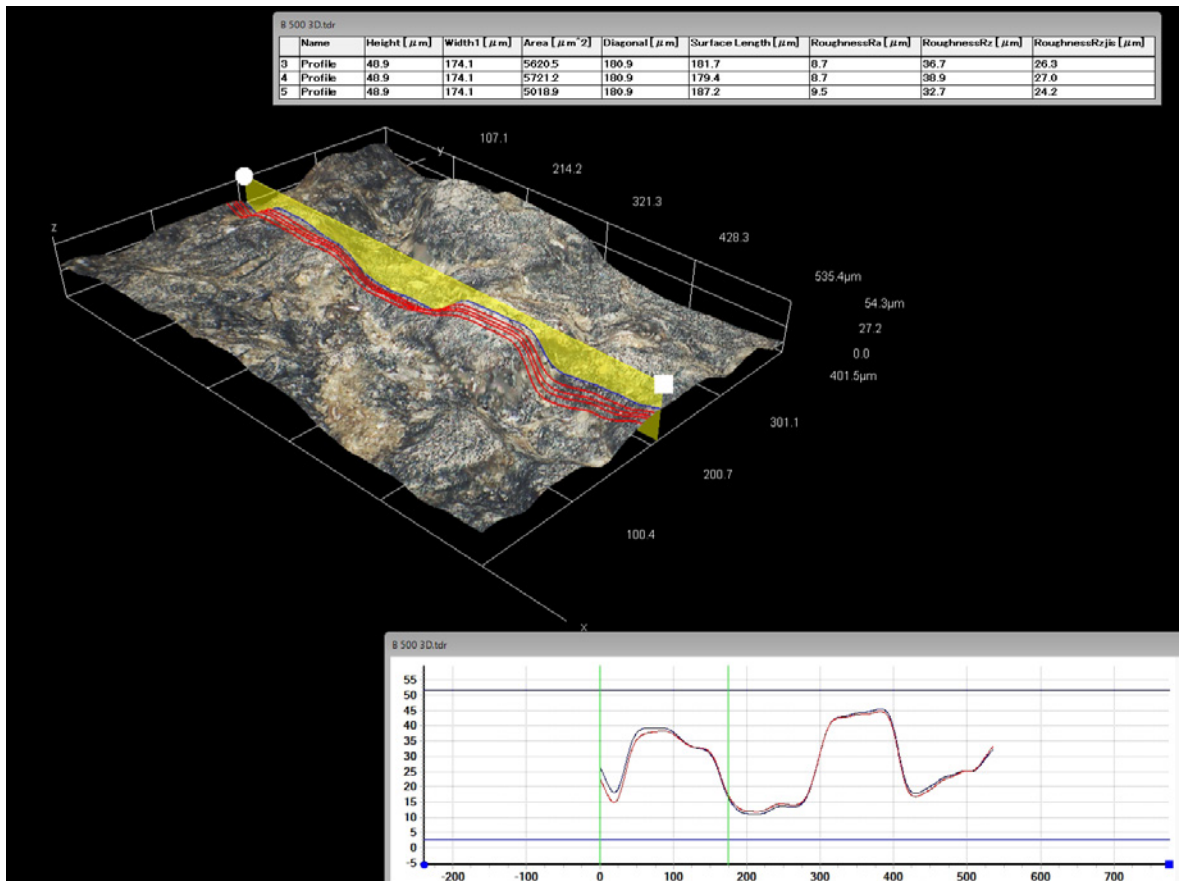
obr. č. 224 – SEM snímok, po čistení



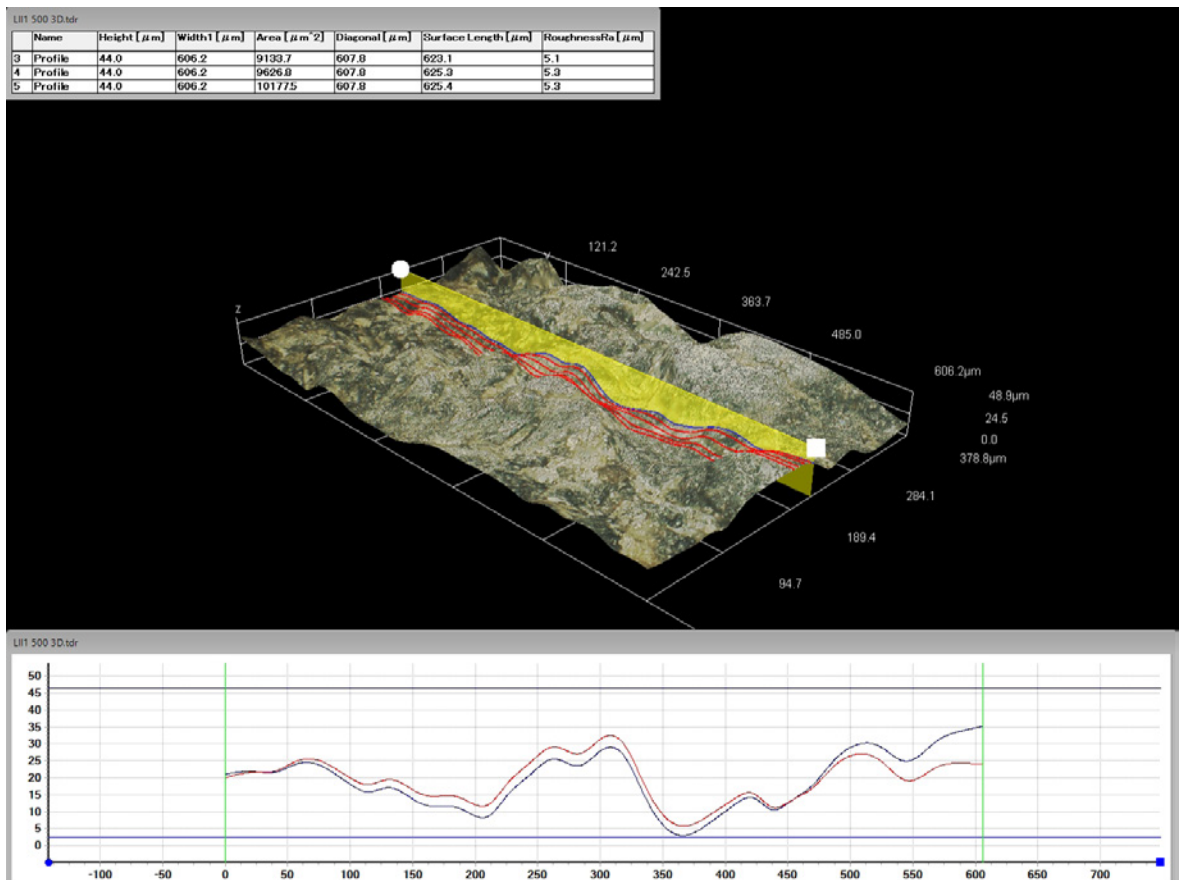
obr. č. 225 – SEM snímok, pred čistením



obr. č. 226 – SEM snímok, po čistení



obr. č. 227 – 3D model a profil vzorky pred čistením



obr. č. 228 – 3D model a profil vzorky po čistení

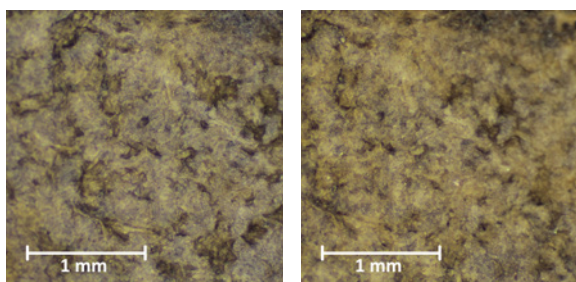
Vzorka LII2



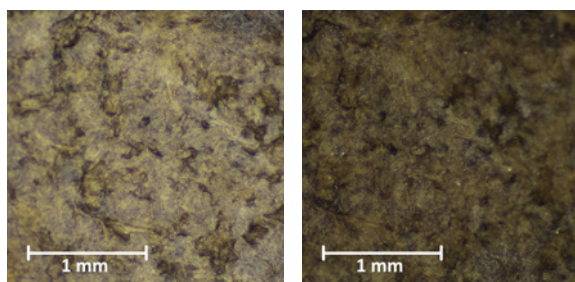
obr. č. 229 – vzorka pred čistením



obr. č. 230 – vzorka po čistení



obr. č. 231 a č. 232 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 233 a 234 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

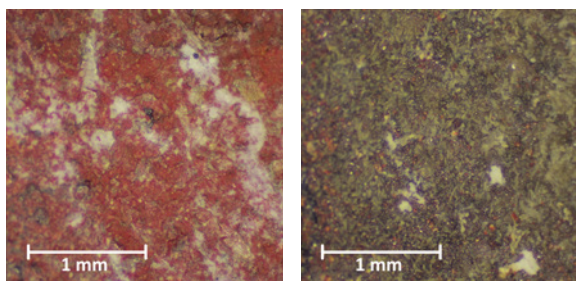
Vzorka LII3



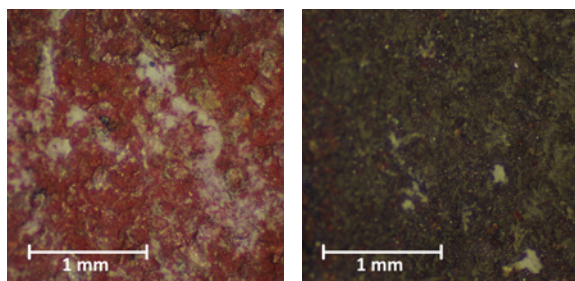
obr. č. 235 – vzorka pred čistením



obr. č. 236 – vzorka po čistení



obr. č. 237 a č. 238 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



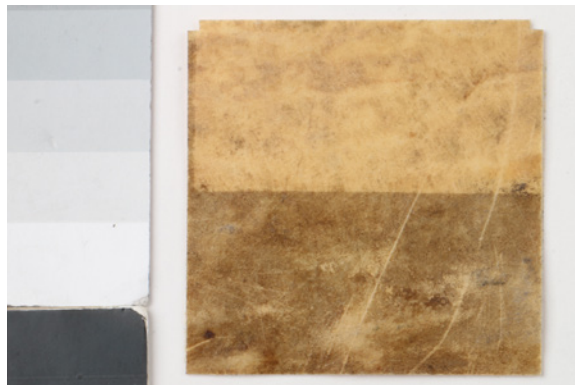
obr. č. 239 a 240 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

16.2.2 Vzorky historického väzobného pergamentu

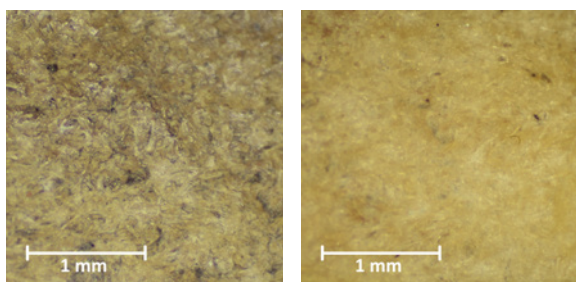
Vzorka LIII



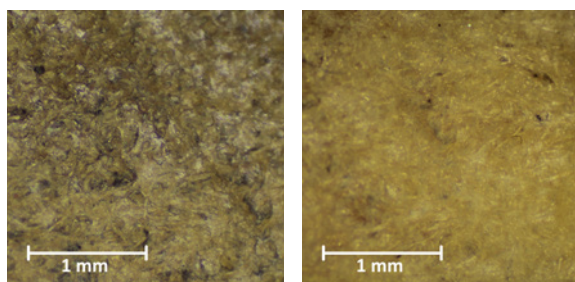
obr. č. 241 – vzorka pred čistením



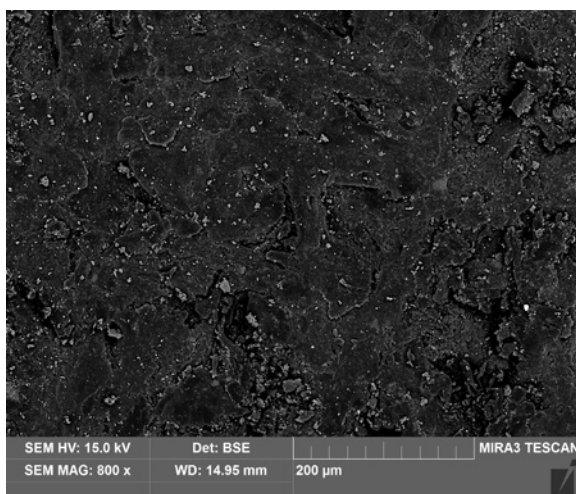
obr. č. 242 – vzorka po čistení



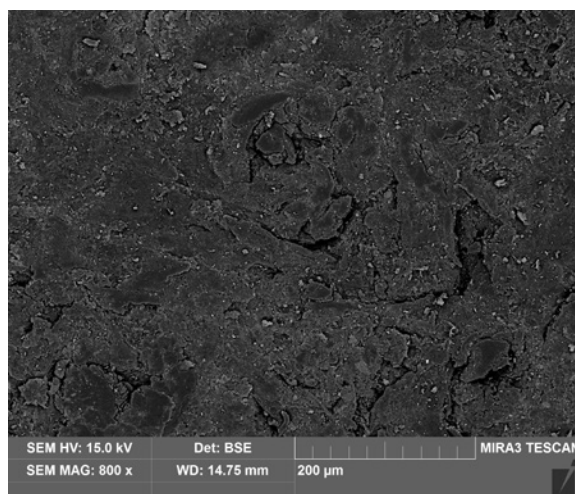
obr. č. 243 a č. 244 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



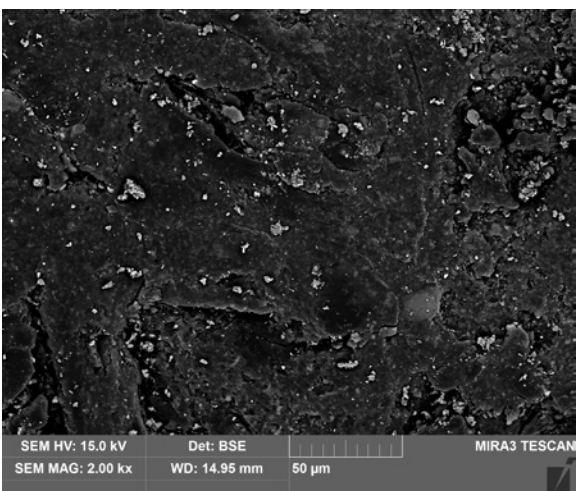
obr. č. 245 a 246 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



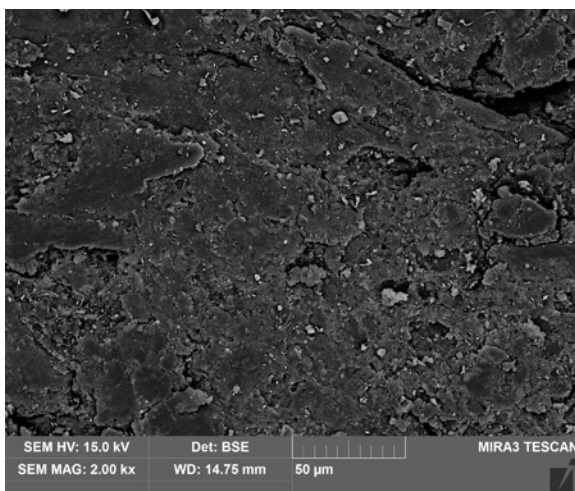
obr. č. 247 – SEM snímok, pred čistením



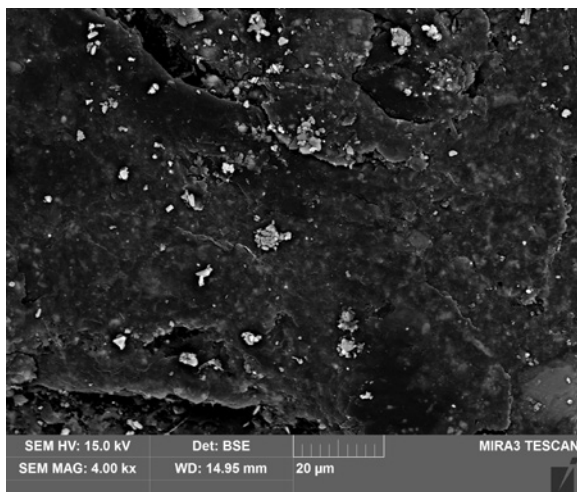
obr. č. 248 – SEM snímok, po čistení



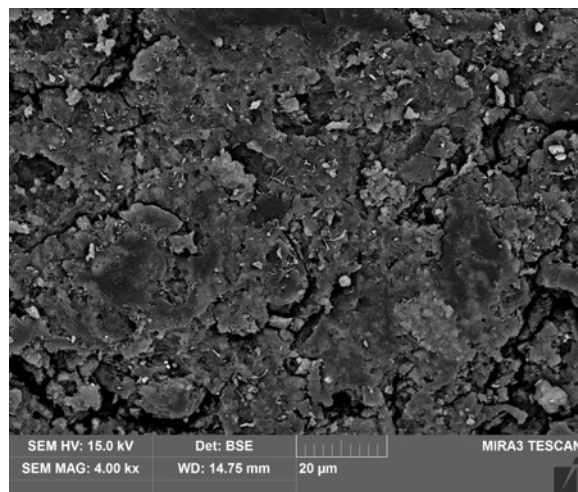
obr. č. 249 – SEM snímok, pred čistením



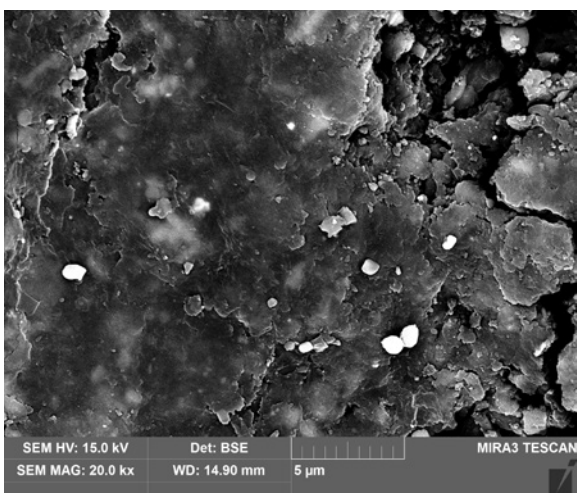
obr. č. 250 – SEM snímok, po čistení



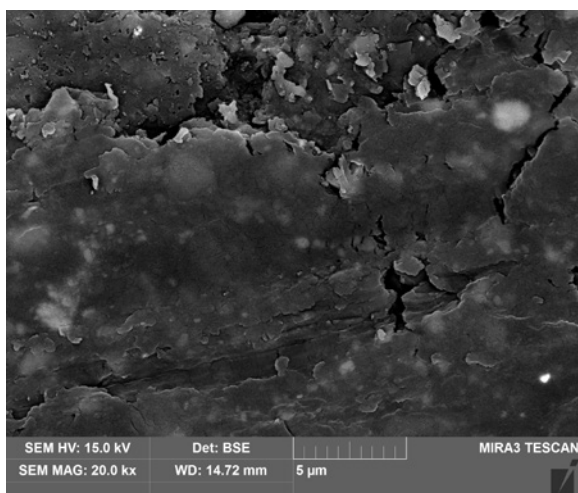
obr. č. 251 – SEM snímok, pred čistením



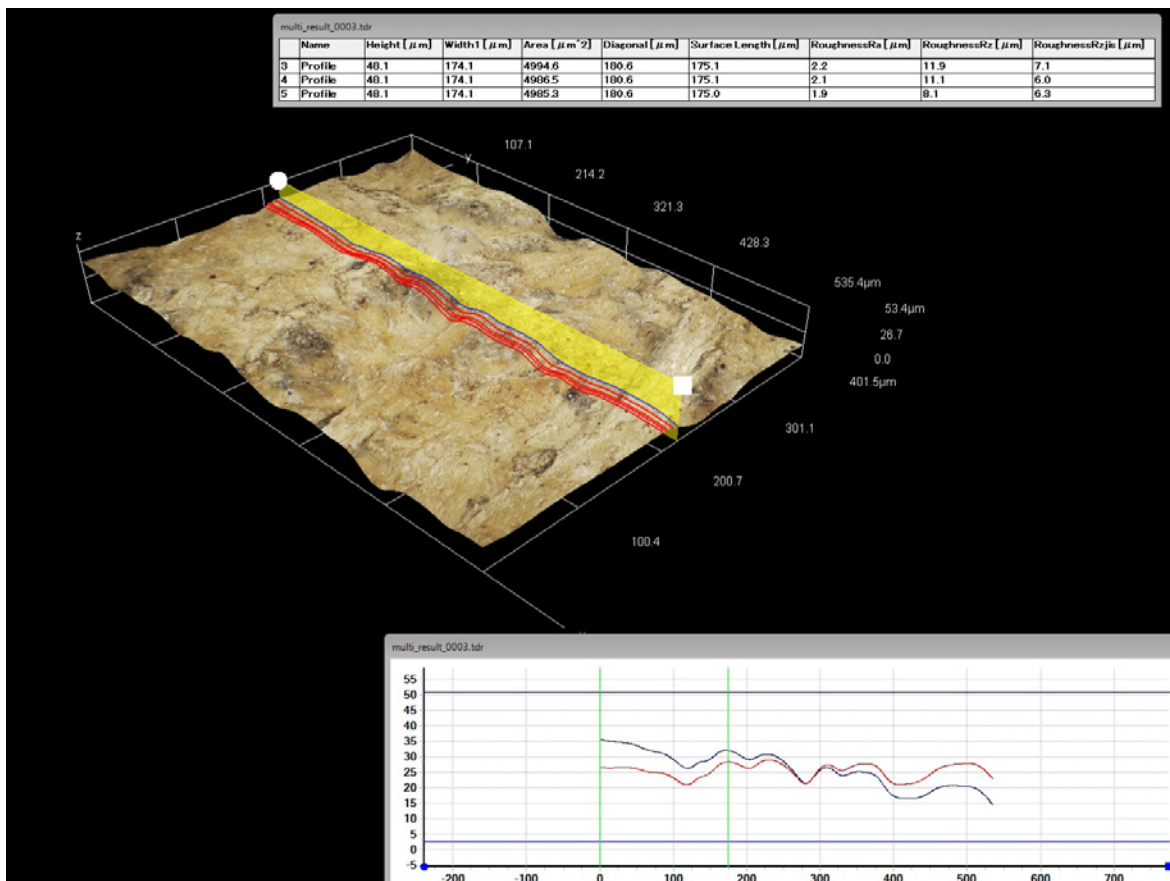
obr. č. 252 – SEM snímok, po čistení



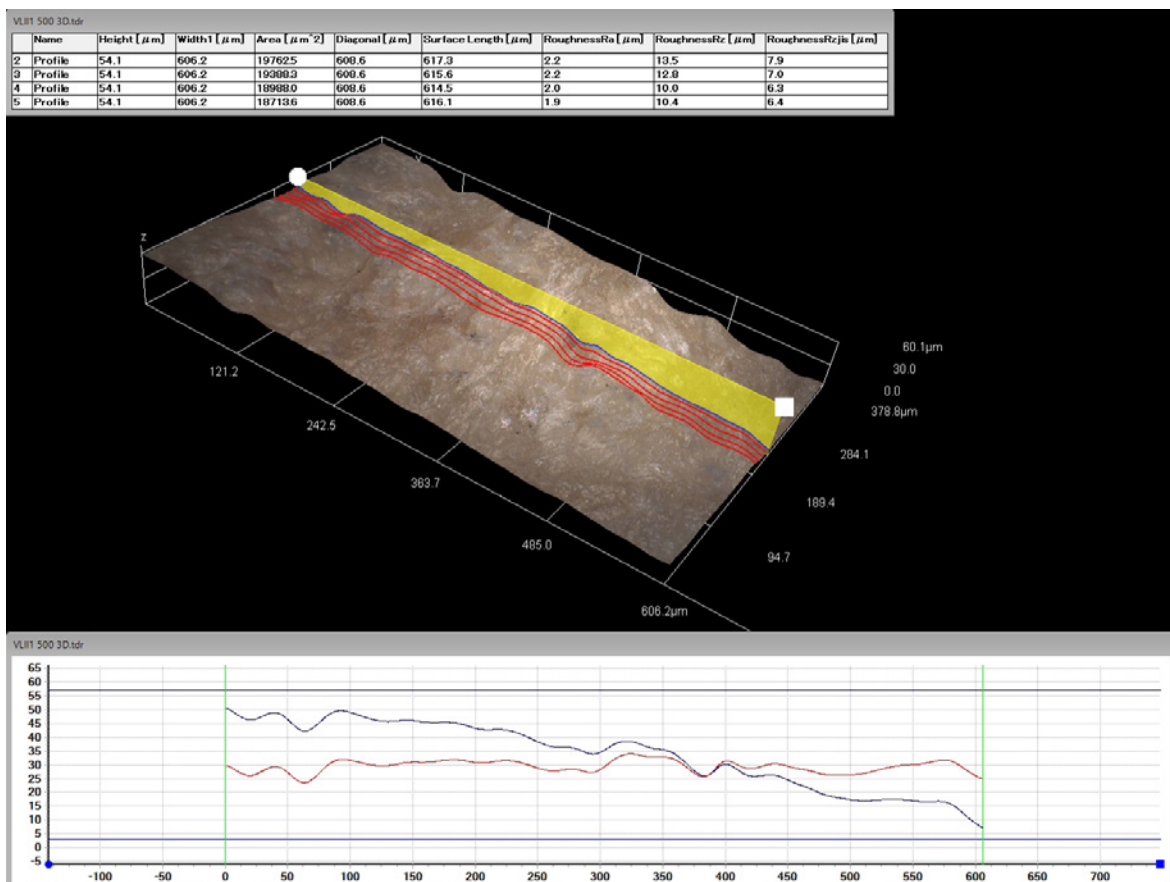
obr. č. 253 – SEM snímok, pred čistením



obr. č. 254 – SEM snímok, po čistení



obr. č. 255 – 3D model a profil vzorky pred čistením



obr. č. 256 – 3D model a profil vzorky po čistení

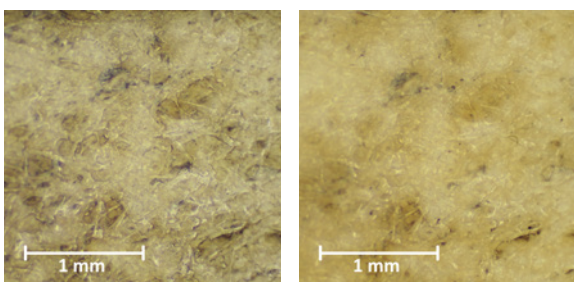
Vzorka LII2



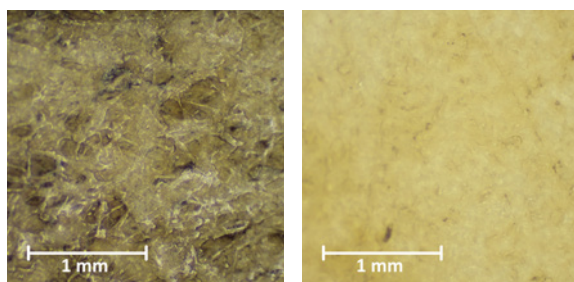
obr. č. 257 – vzorka pred čistením



obr. č. 258 – vzorka po čistení

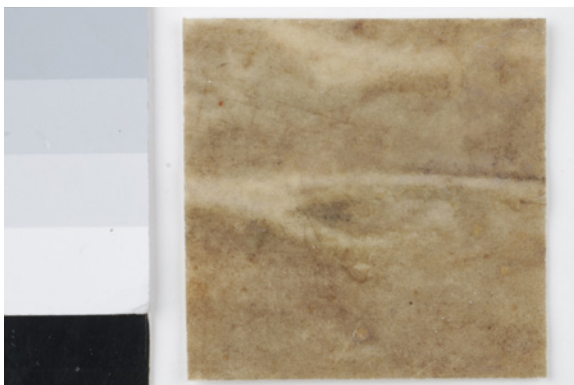


obr. č. 259 a č. 260 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 261 a 262 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

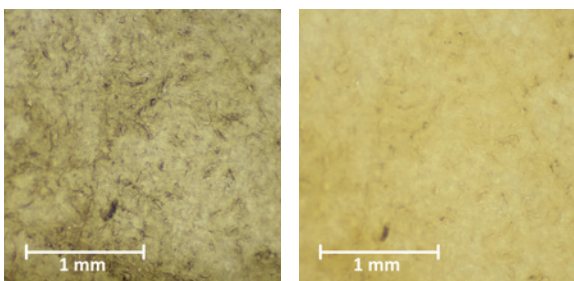
Vzorka LII3



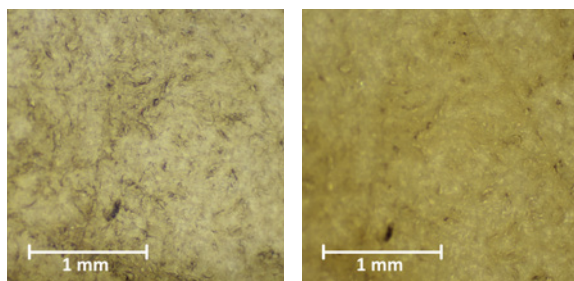
obr. č. 263 – vzorka pred čistením



obr. č. 264 – vzorka po čistení



obr. č. 265 a č. 266 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

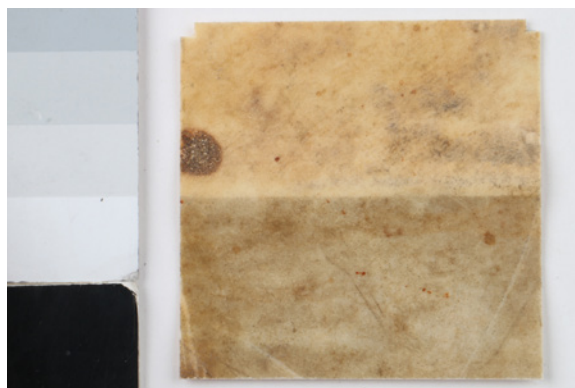


obr. č. 267 a 268 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

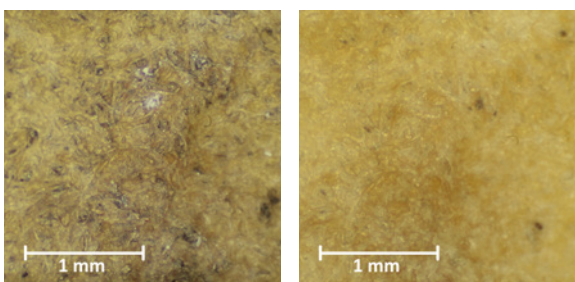
Vzorka LII4



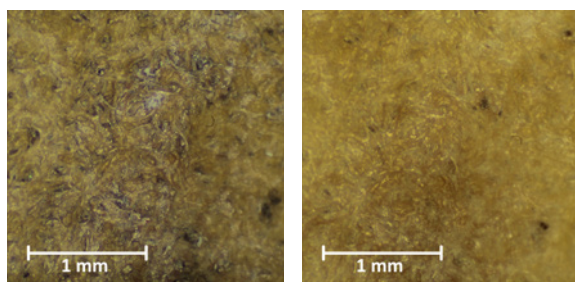
obr. č. 269 – vzorka pred čistením



obr. č. 270 – vzorka po čistení



obr. č. 271 a č. 272 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 273 a 274 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

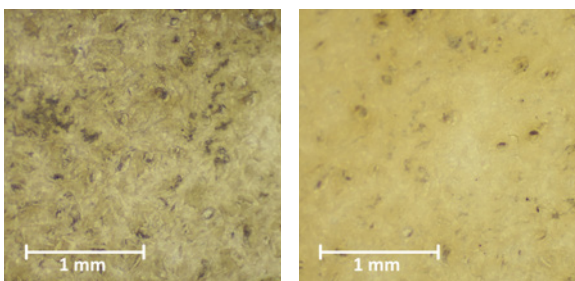
Vzorka LII5



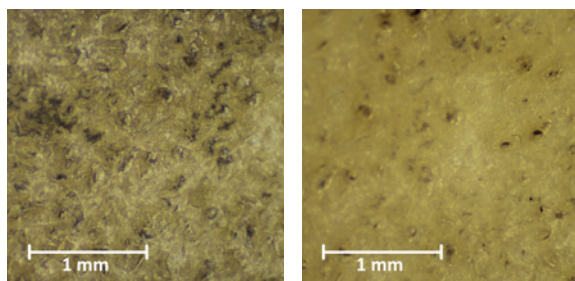
obr. č. 275 – vzorka pred čistením



obr. č. 276 – vzorka po čistení



obr. č. 277 a č. 278 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

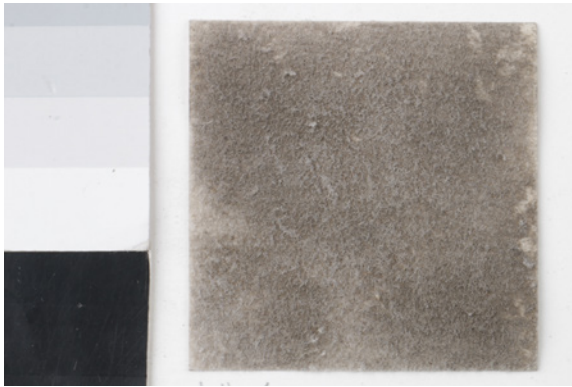


obr. č. 279 a 280 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

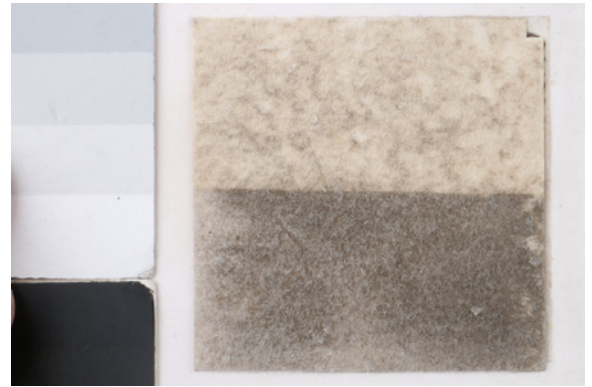
16.2.3 Vzorok nového písacieho pergamentu

16.2.3.1 Vzorok znečistené prachom

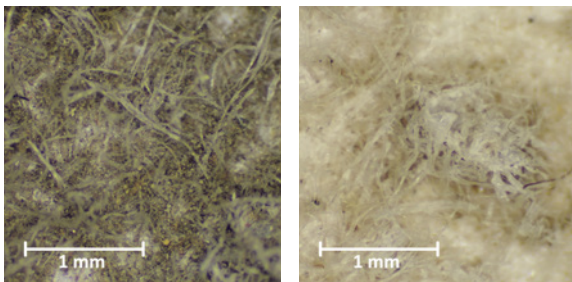
Vzorok LIIP1



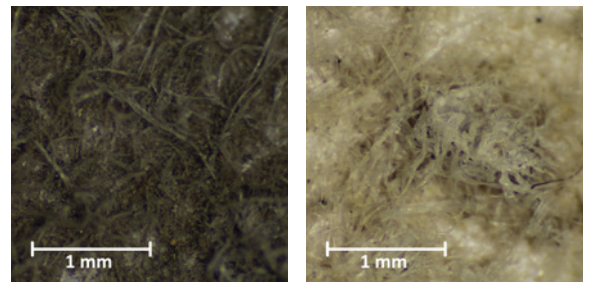
obr. č. 281 – vzorka pred čistením



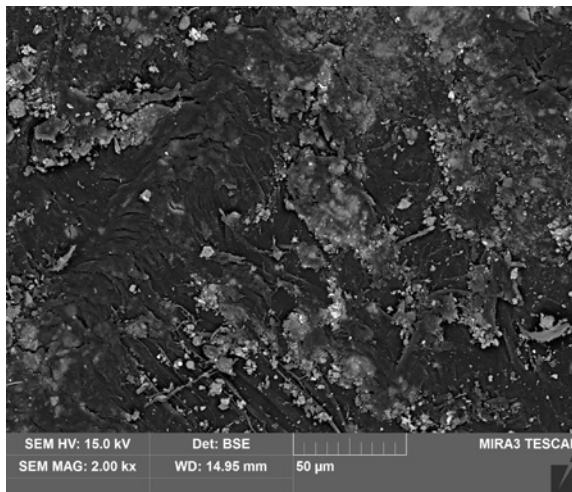
obr. č. 282 – vzorka po čistení



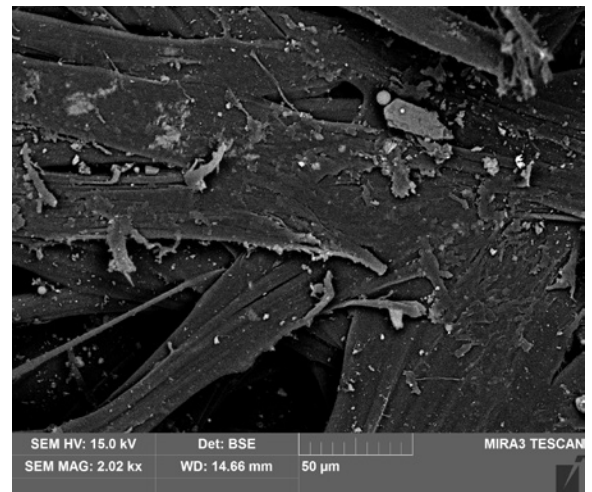
obr. č. 283 a č. 284 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



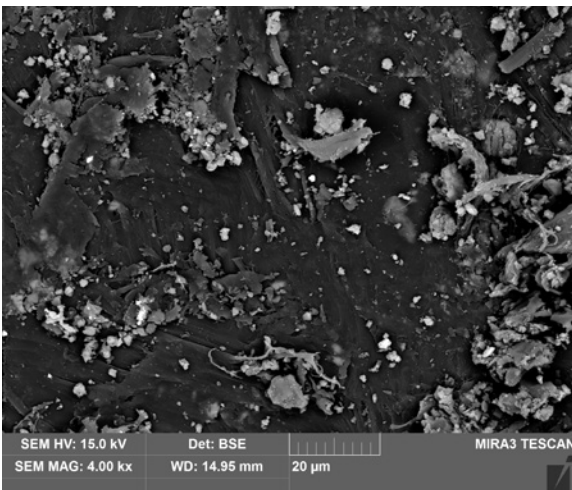
obr. č. 285 a 286 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



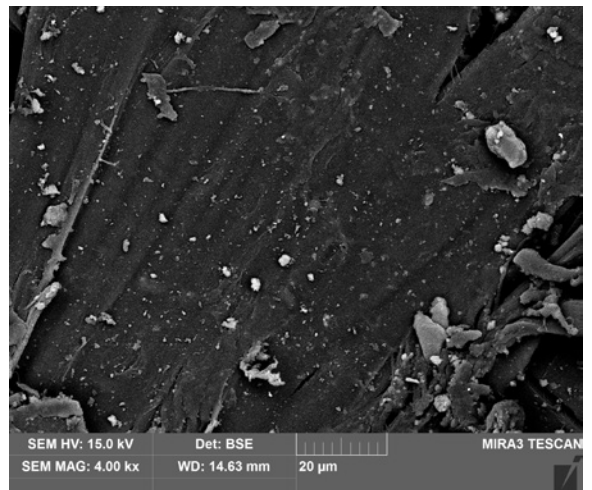
obr. č. 287 – SEM snímok, pred čistením



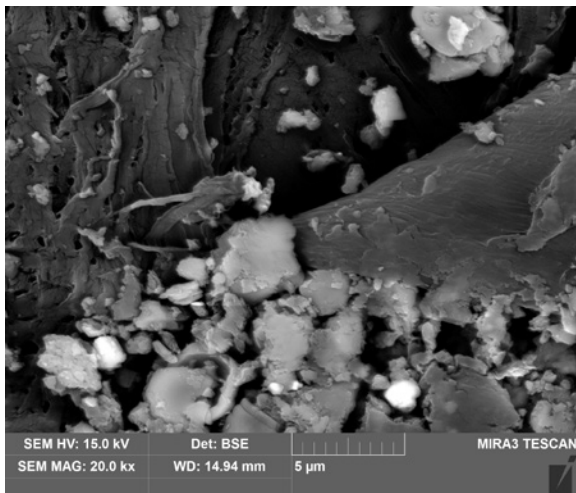
obr. č. 288 – SEM snímok, po čistení



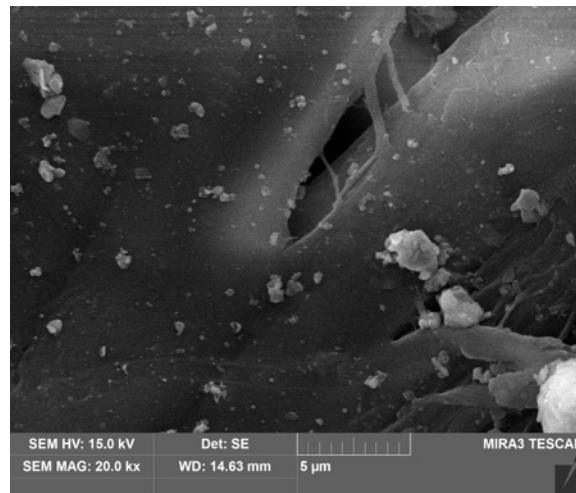
obr. č. 289 – SEM snímok, pred čistením



obr. č. 290 – SEM snímok, po čistení



obr. č. 291 – SEM snímok, pred čistením

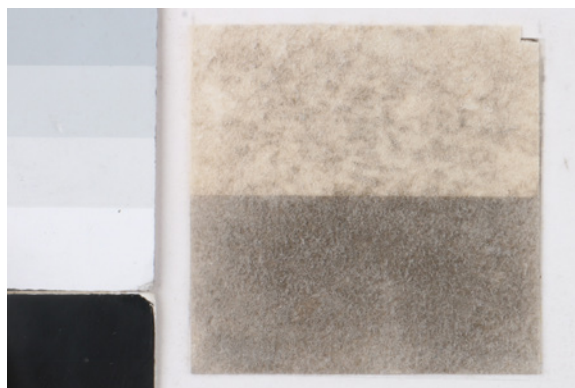


obr. č. 292 – SEM snímok, po čistení

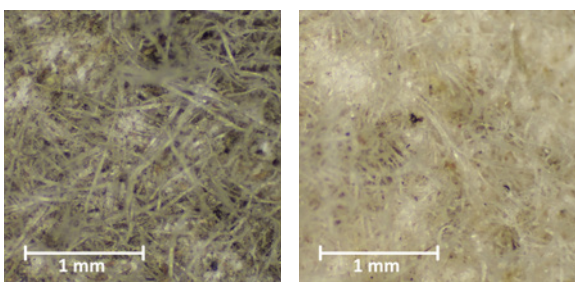
Vzorka LIIp2



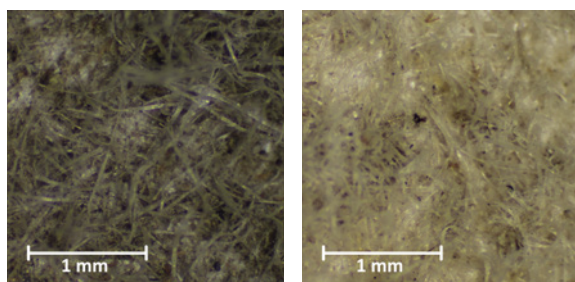
obr. č. 293 – vzorka pred čistením



obr. č. 294 – vzorka po čistení

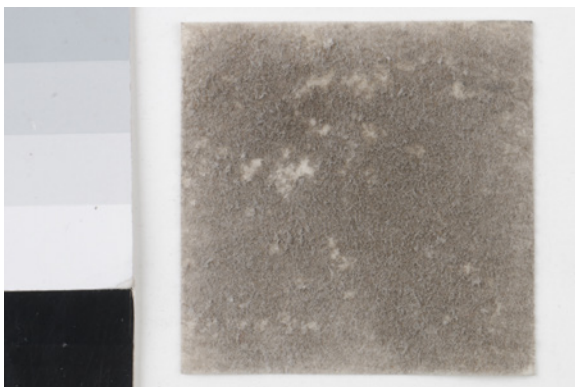


obr. č. 295 a č. 296 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

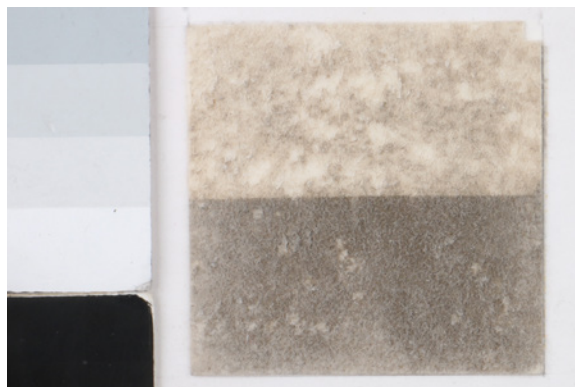


obr. č. 297 a 298 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

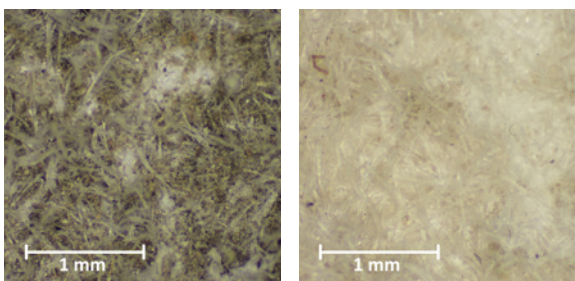
Vzorka LIIp3



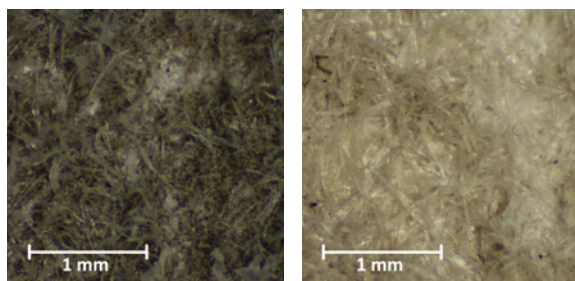
obr. č. 299 – vzorka pred čistením



obr. č. 300 – vzorka po čistení



obr. č. 301 a č. 302 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 303 a 304 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

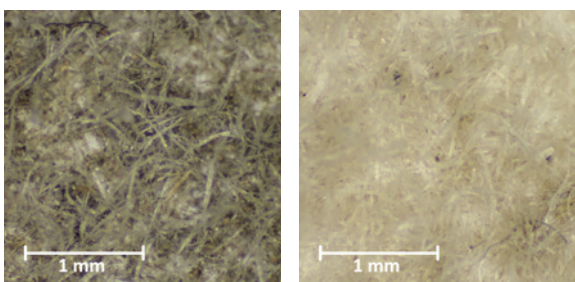
Vzorka LIIp4



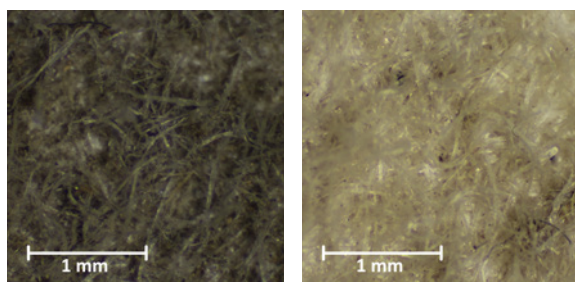
obr. č. 305 – vzorka pred čistením



obr. č. 306 – vzorka po čistení



obr. č. 307 a č. 308 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

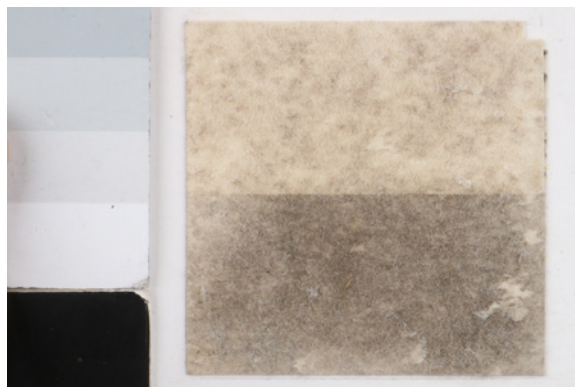


obr. č. 309 a 310 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

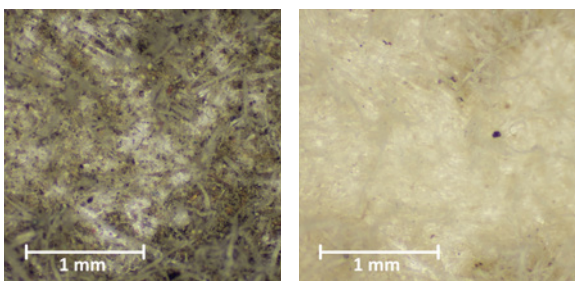
Vzorka LIIp5



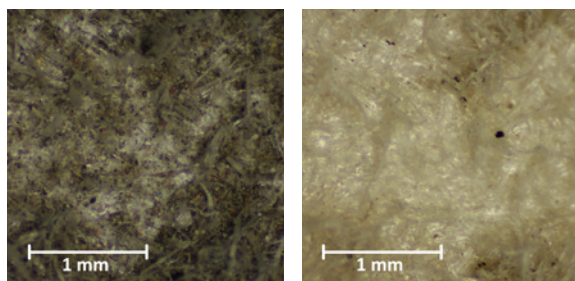
obr. č. 311 – vzorka pred čistením



obr. č. 312 – vzorka po čistení



obr. č. 313 a č. 314 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



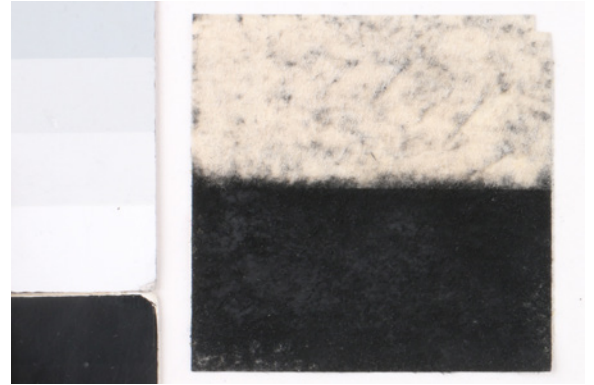
obr. č. 315 a 316 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

16.2.3.2 Vzorky znečistené pigmentom

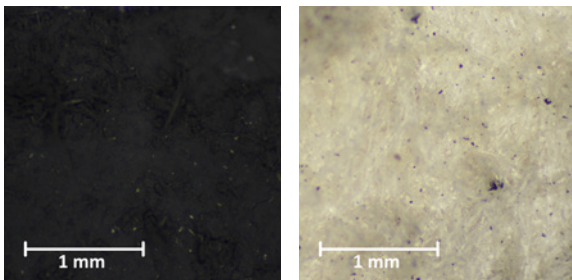
Vzorka LIIs1



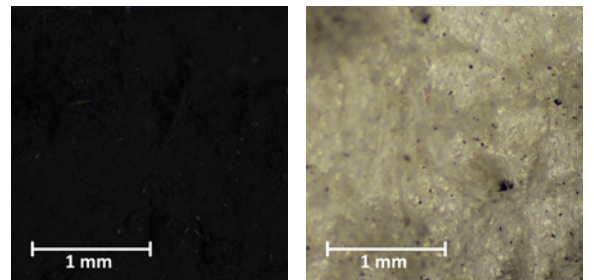
obr. č. 317 – vzorka pred čistením



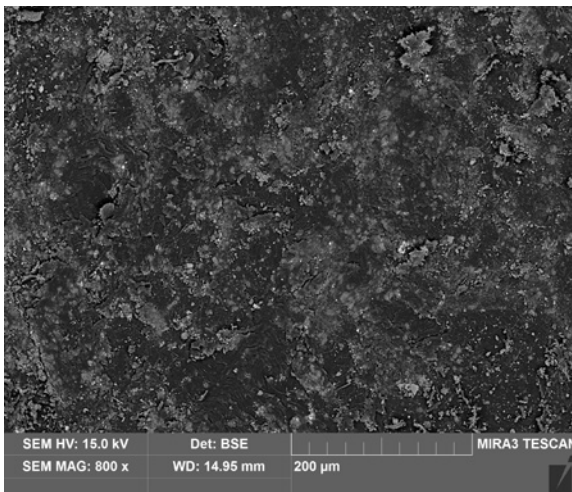
obr. č. 318 – vzorka po čistení



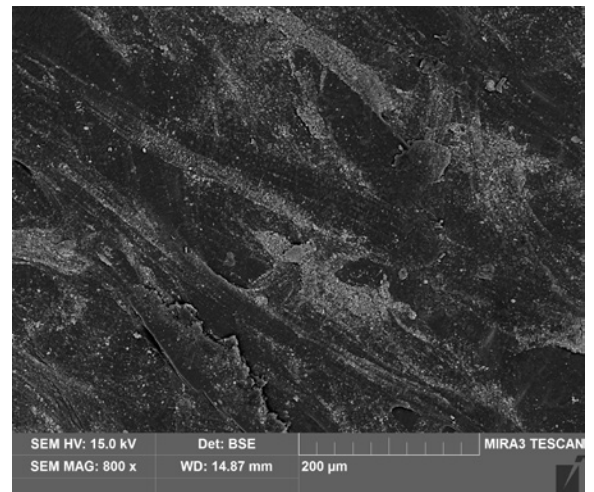
obr. č. 319 a č. 320 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



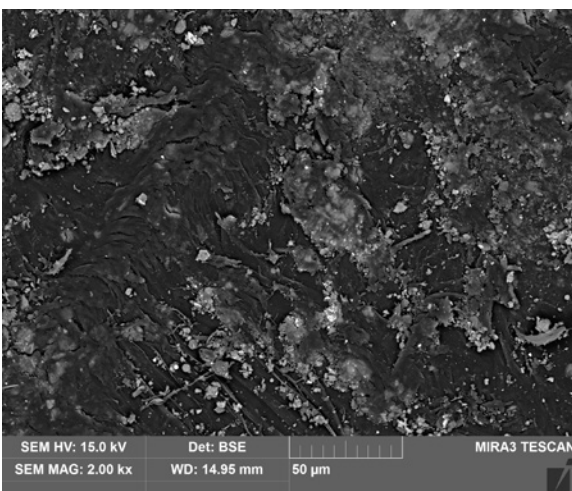
obr. č. 321 a 322 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



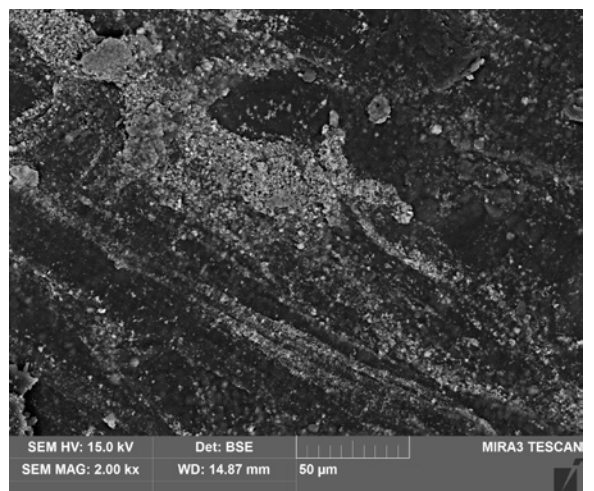
obr. č. 323 – SEM snímok, pred čistením



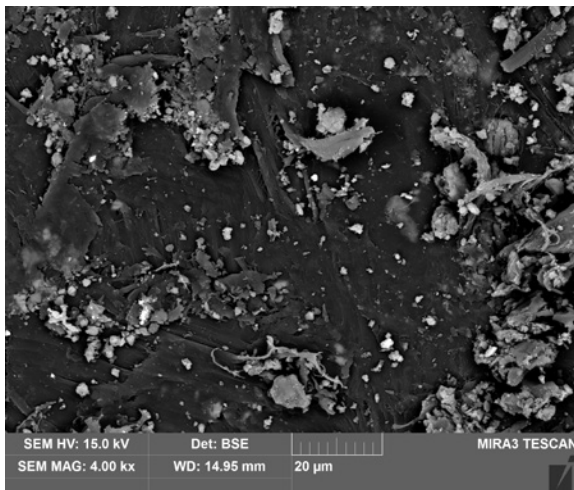
obr. č. 324 – SEM snímok, po čistení



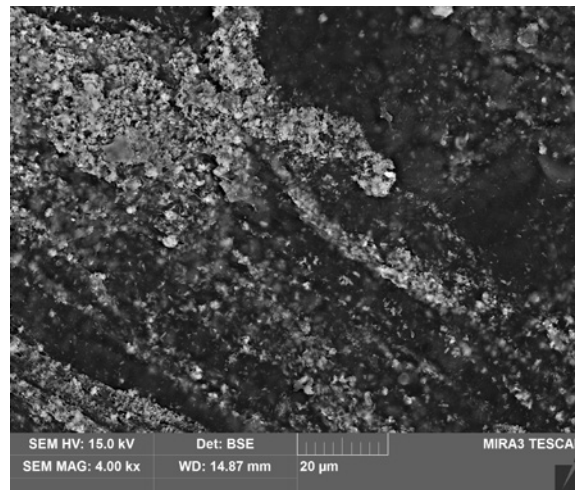
obr. č. 325 – SEM snímok, pred čistením



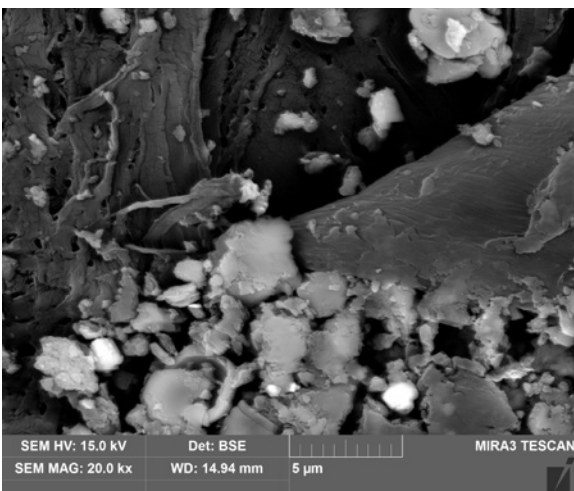
obr. č. 326 – SEM snímok, po čistení



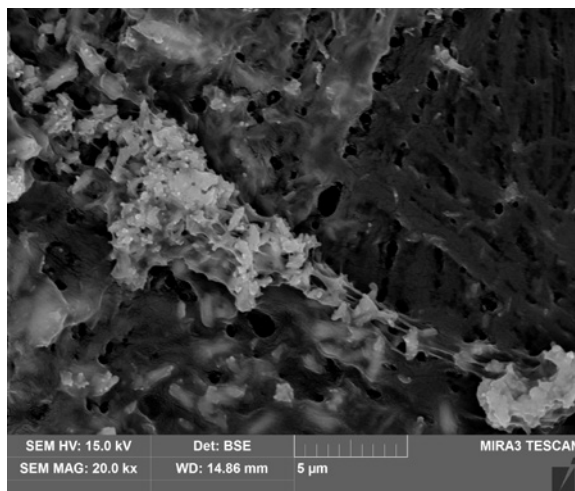
obr. č. 327 – SEM snímok, pred čistením



obr. č. 328 – SEM snímok, po čistení

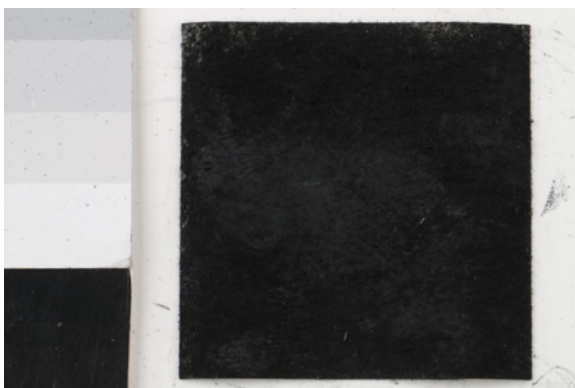


obr. č. 329 – SEM snímok, pred čistením



obr. č. 330 – SEM snímok, po čistení

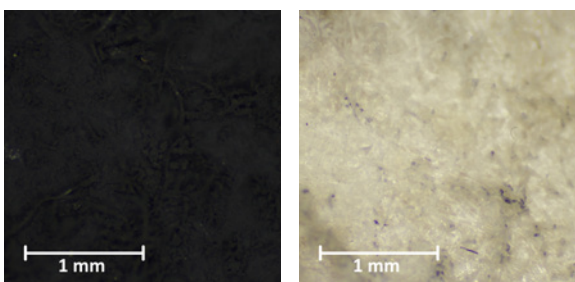
Vzorka LIIs2



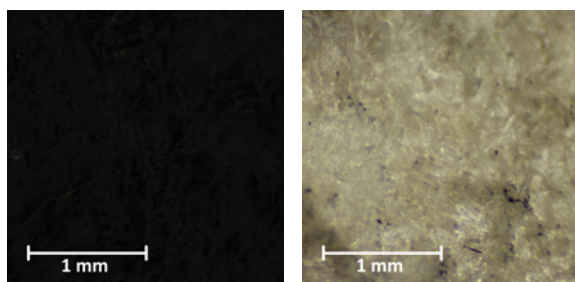
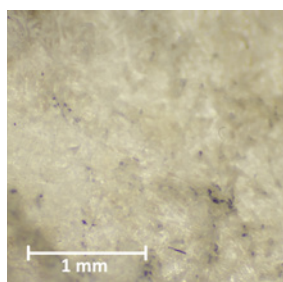
obr. č. 331 – vzorka pred čistením



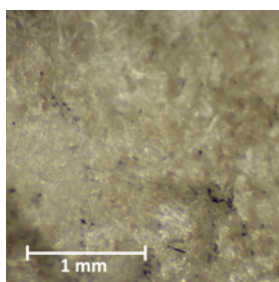
obr. č. 332 – vzorka po čistení



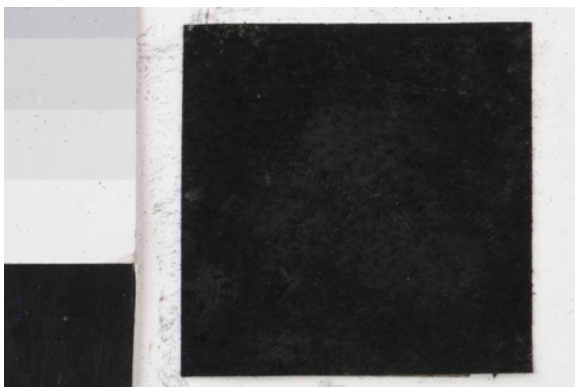
obr. č. 333 a č. 334 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 335 a 336 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



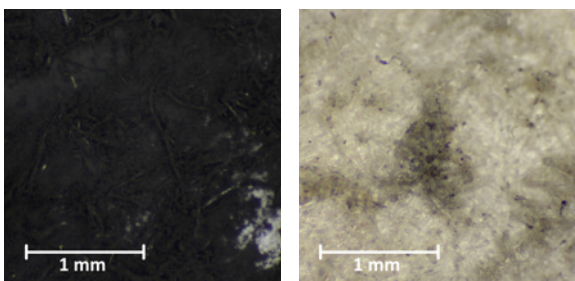
Vzorka LIIs3



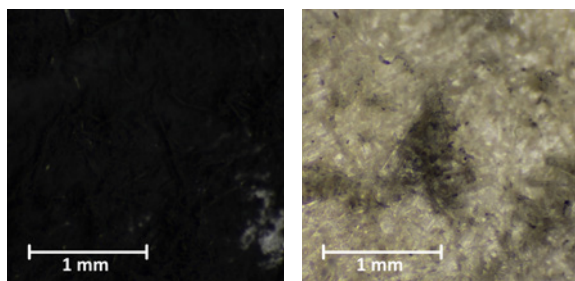
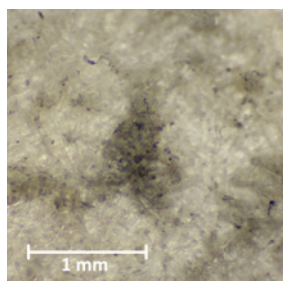
obr. č. 337 – vzorka pred čistením



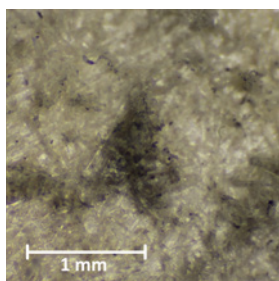
obr. č. 338 – vzorka po čistení



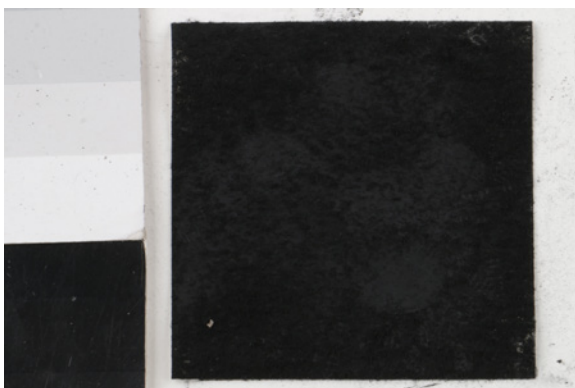
obr. č. 339 a č. 340 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 341 a 342 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



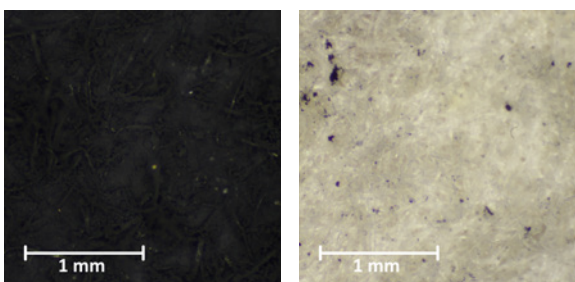
Vzorka LIIs4



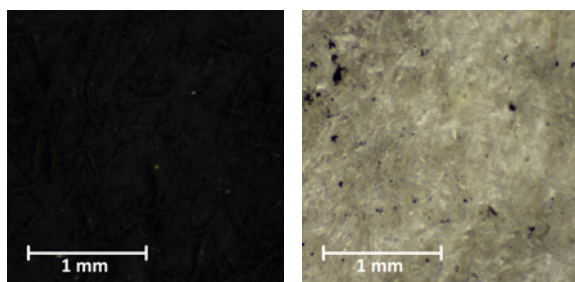
obr. č. 343 – vzorka pred čistením



obr. č. 344 – vzorka po čistení

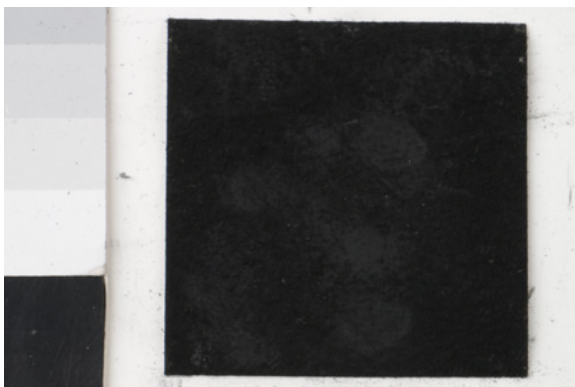


obr. č. 345 a č. 346 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 347 a 348 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

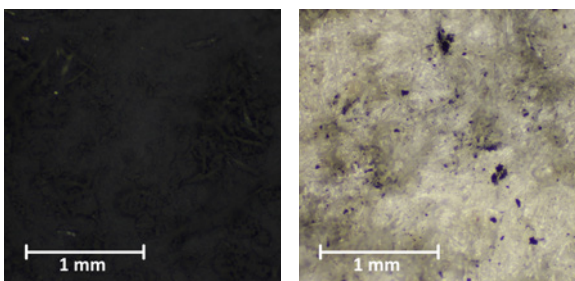
Vzorka LIIs5



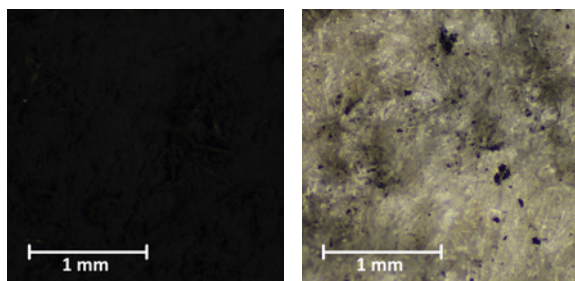
obr. č. 349 – vzorka pred čistením



obr. č. 350 – vzorka po čistení



obr. č. 351 a č. 352 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 353 a 354 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

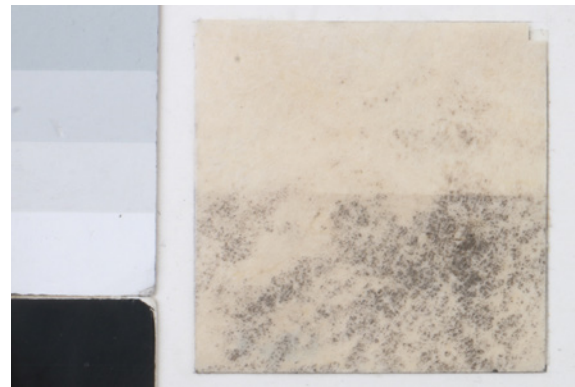
16.2.4 Vzorky nového väzobného pergamenu

16.2.4.1 Vzorky znečistené prachom

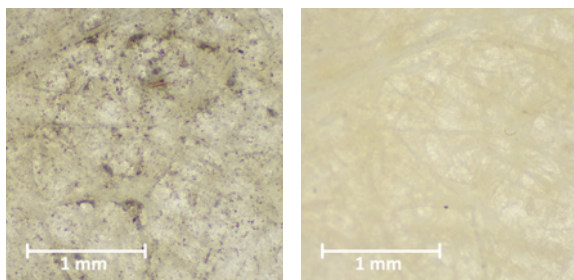
Vzorka LIIp1



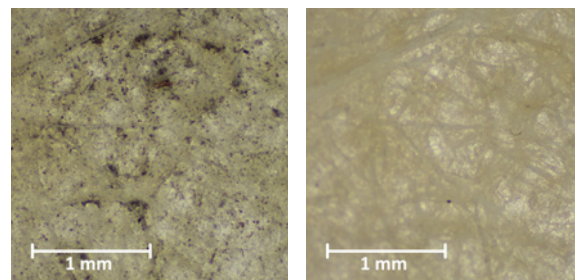
obr. č. 355 – vzorka pred čistením



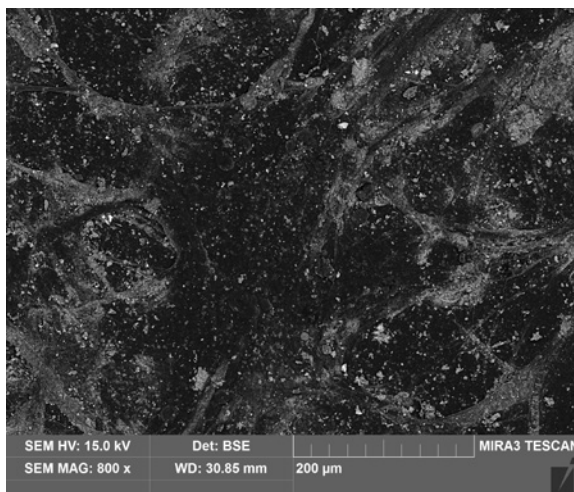
obr. č. 356 – vzorka po čistení



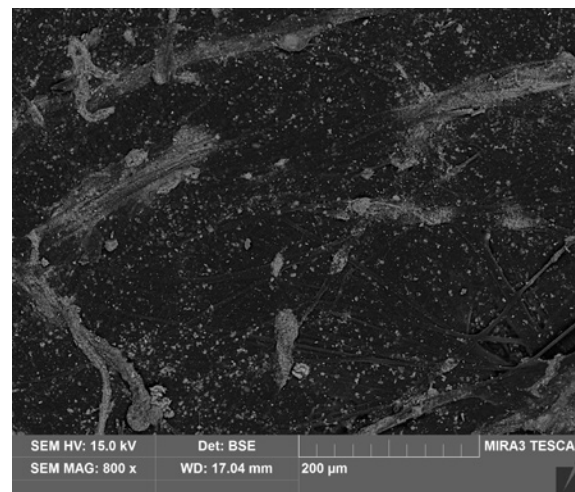
obr. č. 357 a č. 358 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



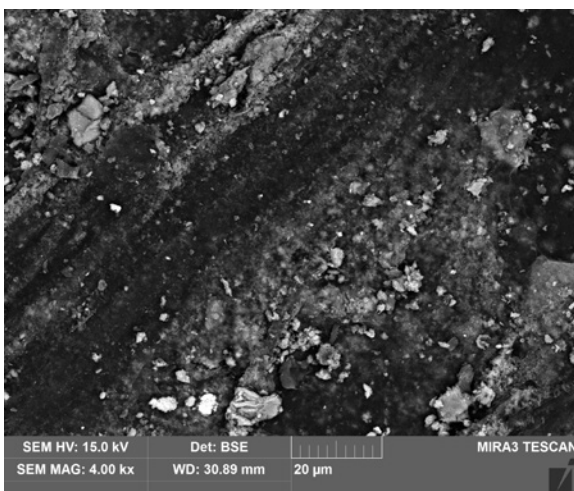
obr. č. 359 a 360 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



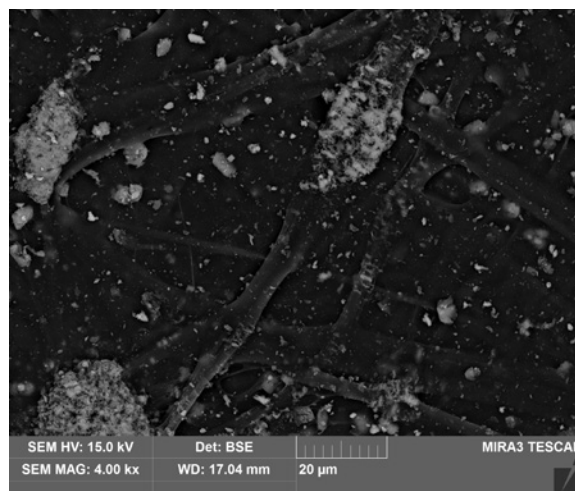
obr. č. 361 – SEM snímok, pred čistením



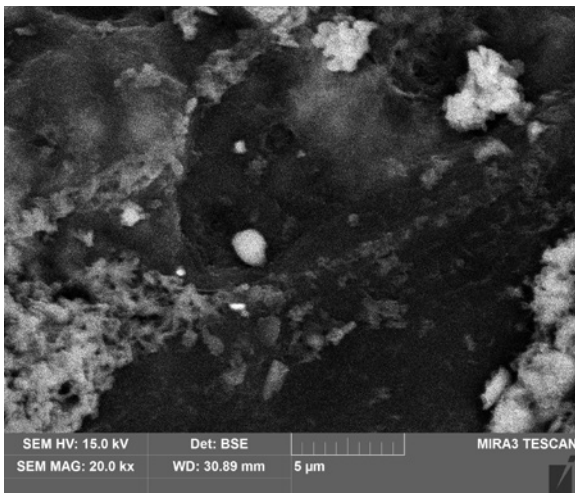
obr. č. 362 – SEM snímok, po čistení



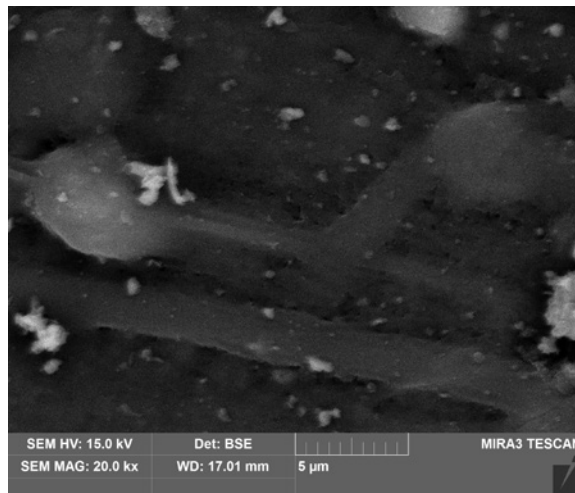
obr. č. 363 – SEM snímok, pred čistením



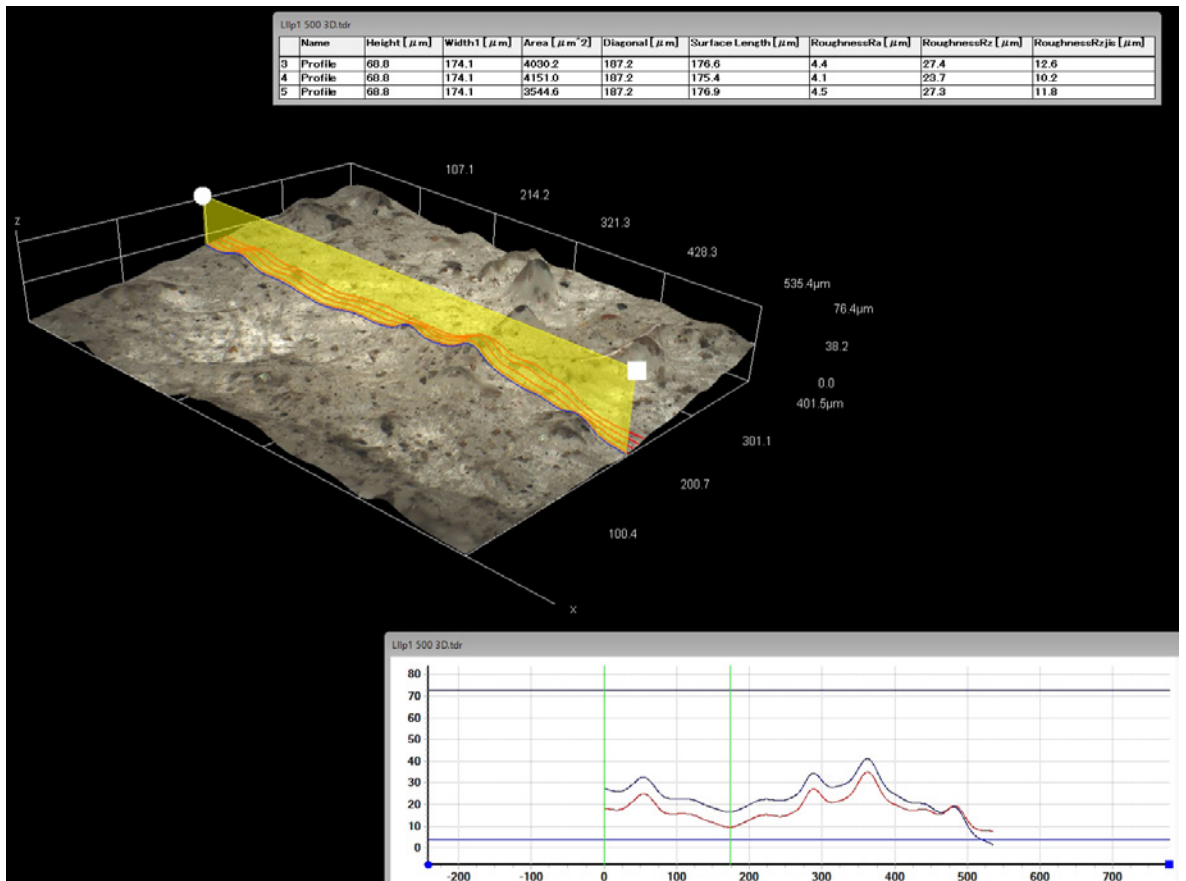
obr. č. 364 – SEM snímok, po čistení



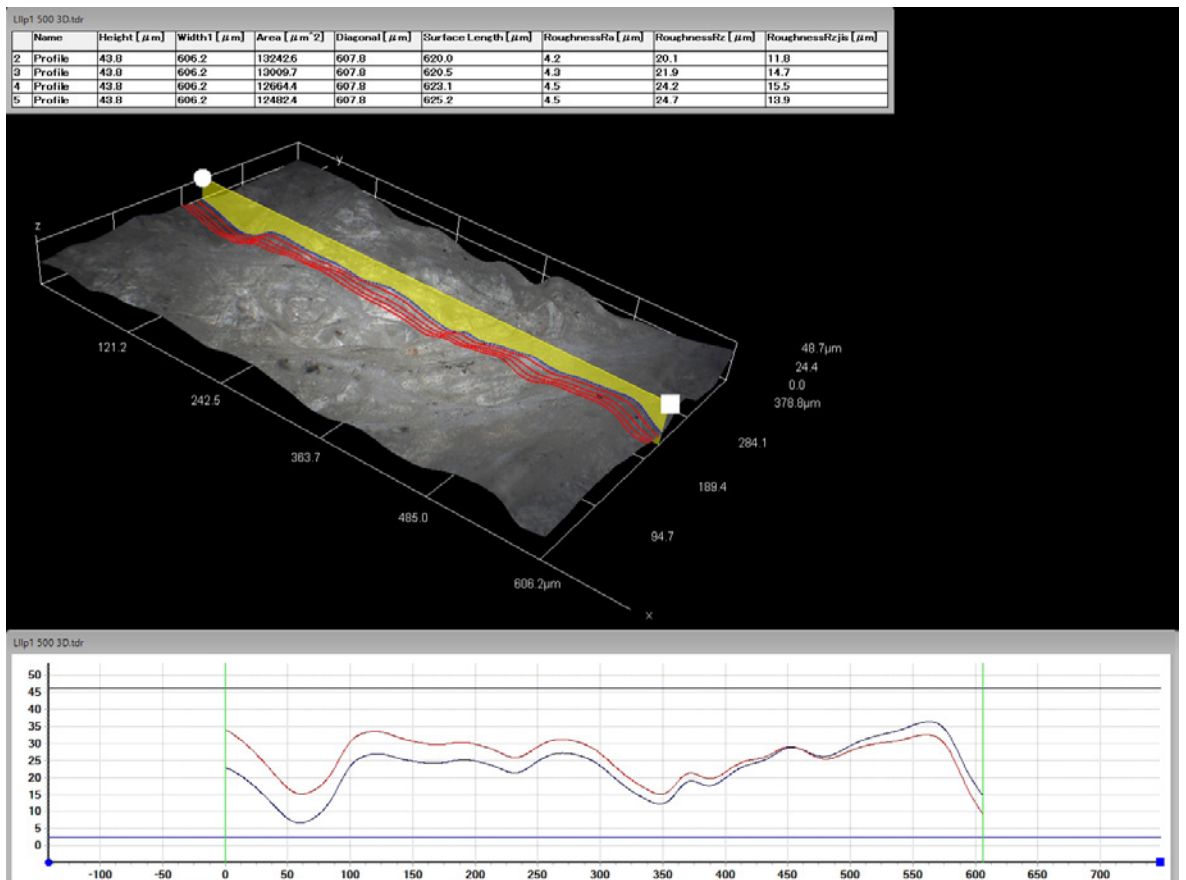
obr. č. 365 – SEM snímok, pred čistením



obr. č. 366 – SEM snímok, po čistení

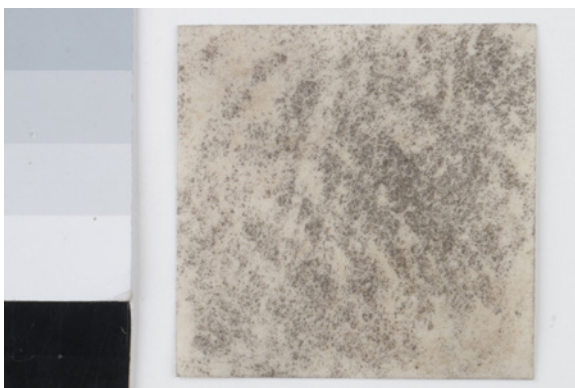


obr. č. 367 – 3D model a profil vzorky pred čistením

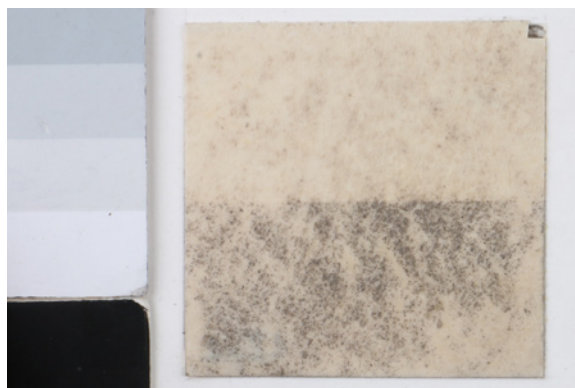


obr. č. 368 – 3D model a profil vzorky po čistení

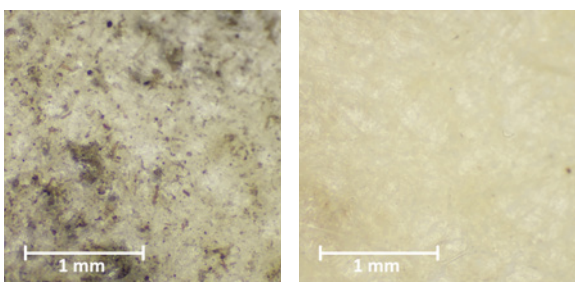
Vzorka LIIp2



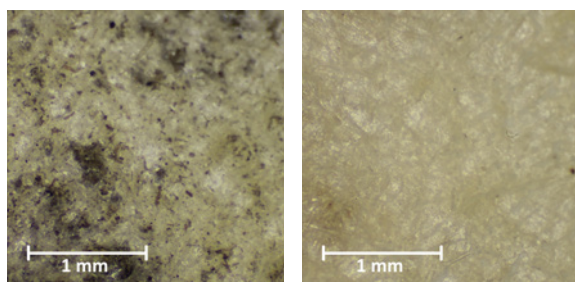
obr. č. 369 – vzorka pred čistením



obr. č. 370 – vzorka po čistení



obr. č. 371 a č. 372 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

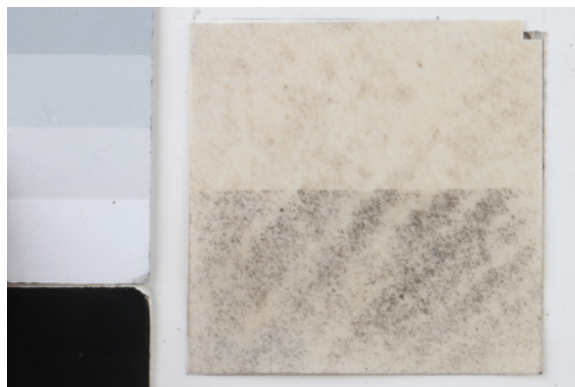


obr. č. 373 a 374 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

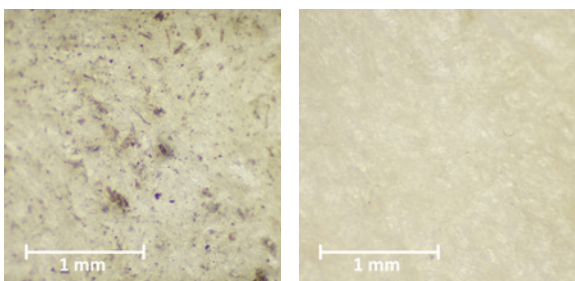
Vzorka LIIp3



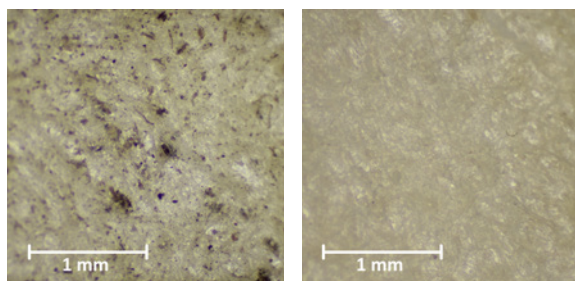
obr. č. 375 – vzorka pred čistením



obr. č. 376 – vzorka po čistení



obr. č. 377 a č. 378 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

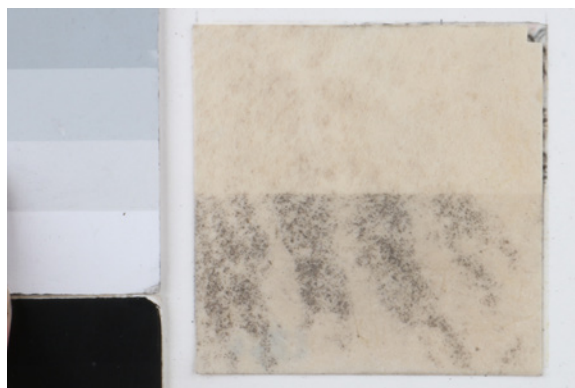


obr. č. 379 a 380 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

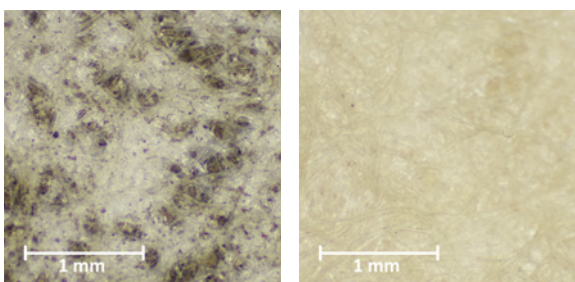
Vzorka LIIp4



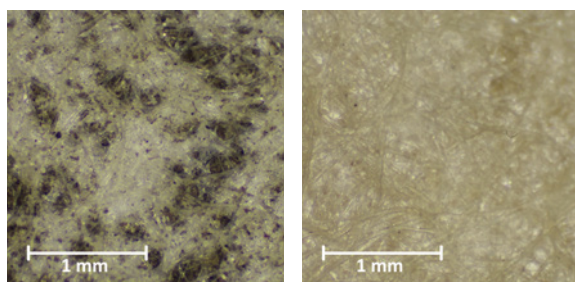
obr. č. 381 – vzorka pred čistením



obr. č. 382 – vzorka po čistení



obr. č. 383 a č. 384 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 385 a 386 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

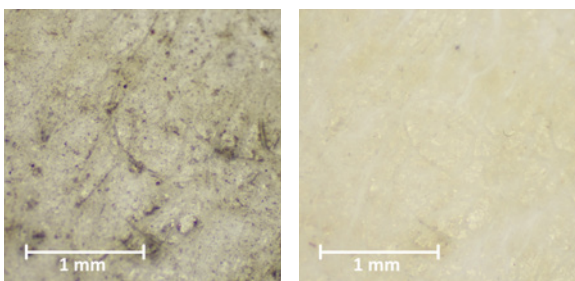
Vzorka LIIp5



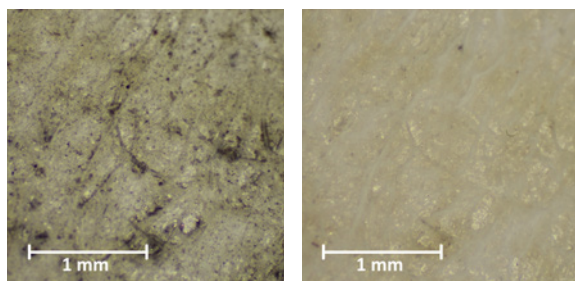
obr. č. 387 – vzorka pred čistením



obr. č. 388 – vzorka po čistení



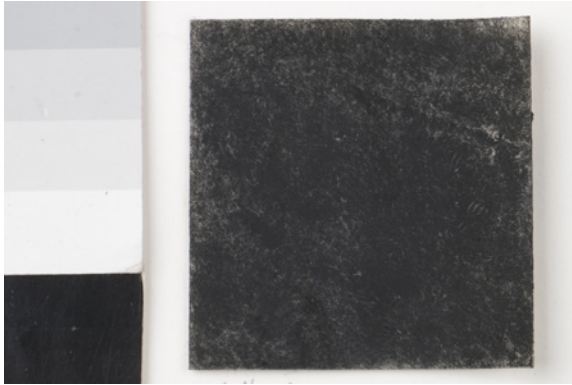
obr. č. 389 a č. 390 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



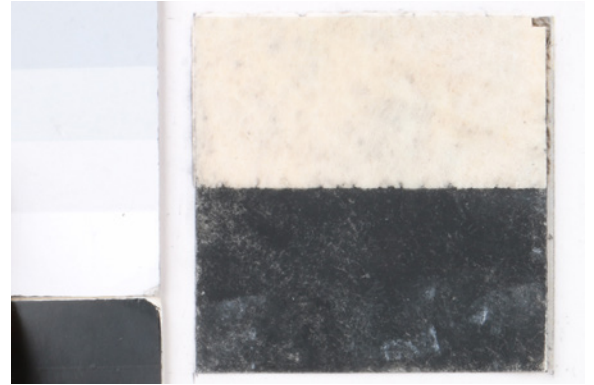
obr. č. 391 a 392 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

16.2.4.2 Vzorky znečistené pigmentom

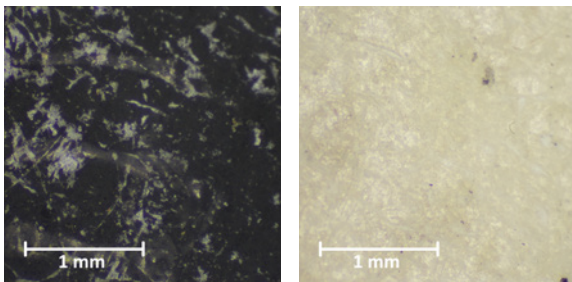
Vzorka LIIs1



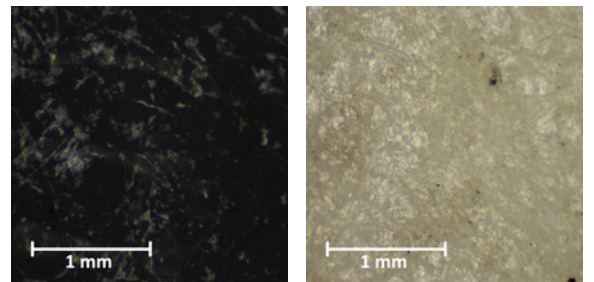
obr. č. 393 – vzorka pred čistením



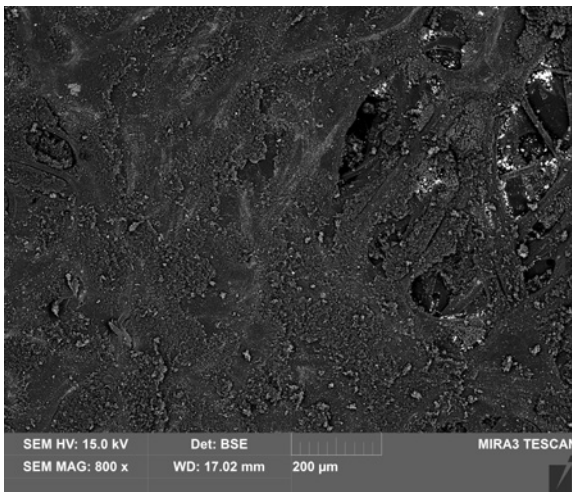
obr. č. 394 – vzorka po čistení



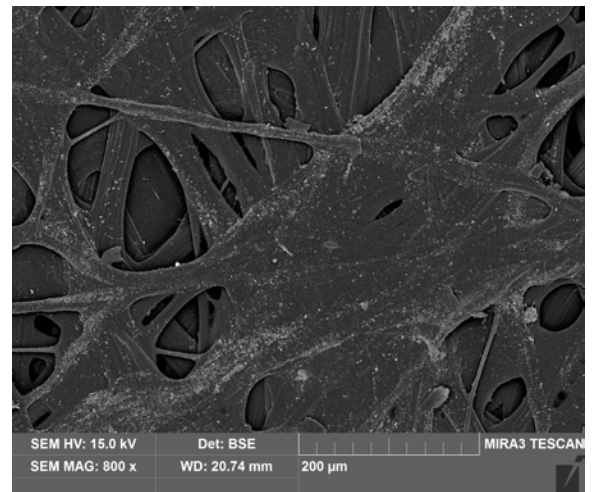
obr. č. 395 a č. 396 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



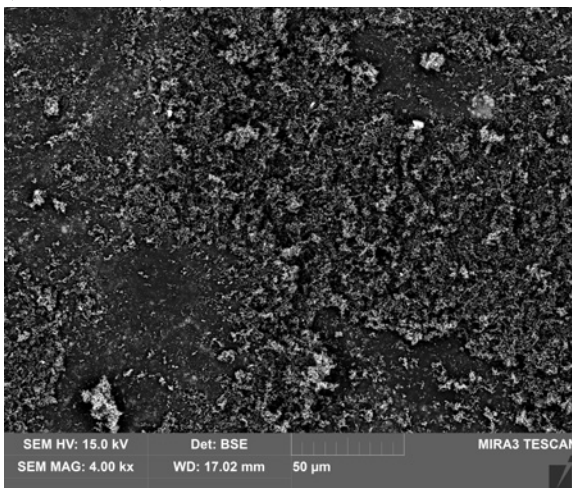
obr. č. 397 a 398 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



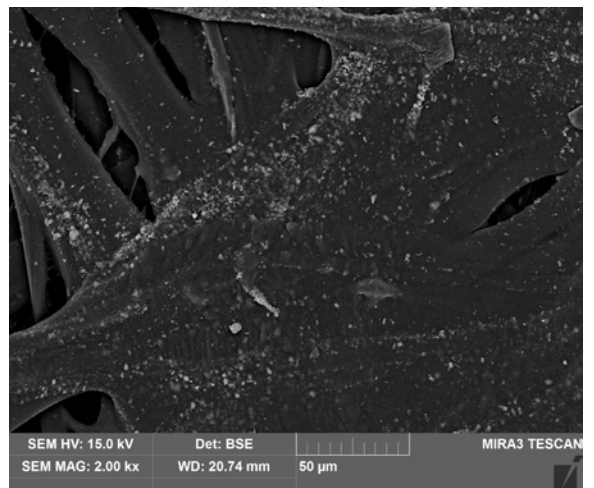
obr. č. 399 – SEM snímok, pred čistením, (vzorka L1s1)



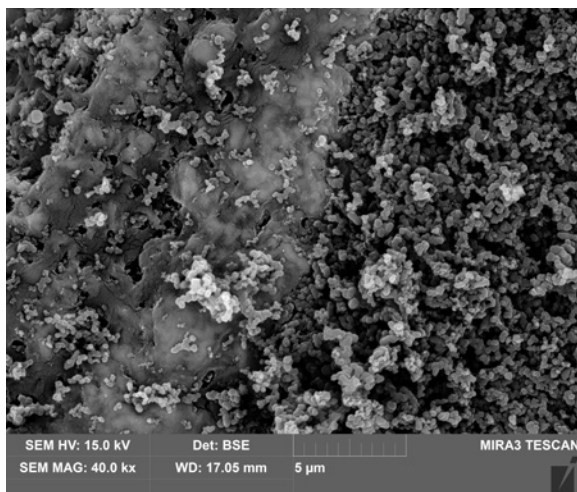
obr. č. 400 – SEM snímok, po čistení



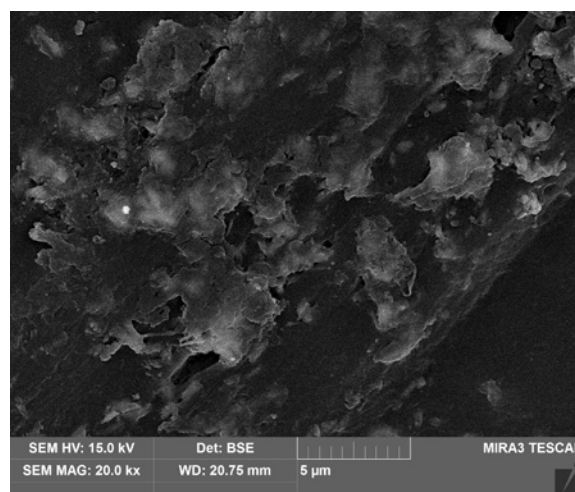
obr. č. 401 – SEM snímok, pred čistením, (vzorka L1s1)



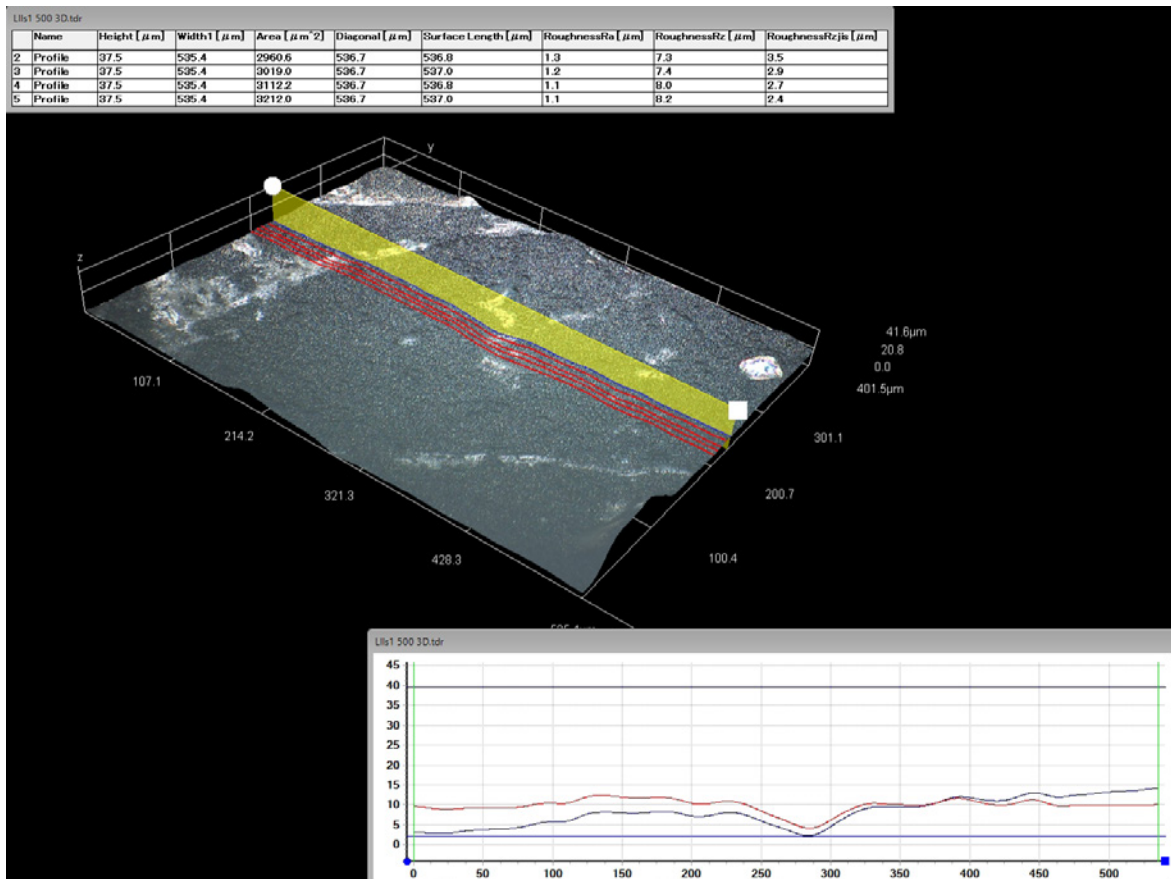
obr. č. 402 – SEM snímok, po čistení



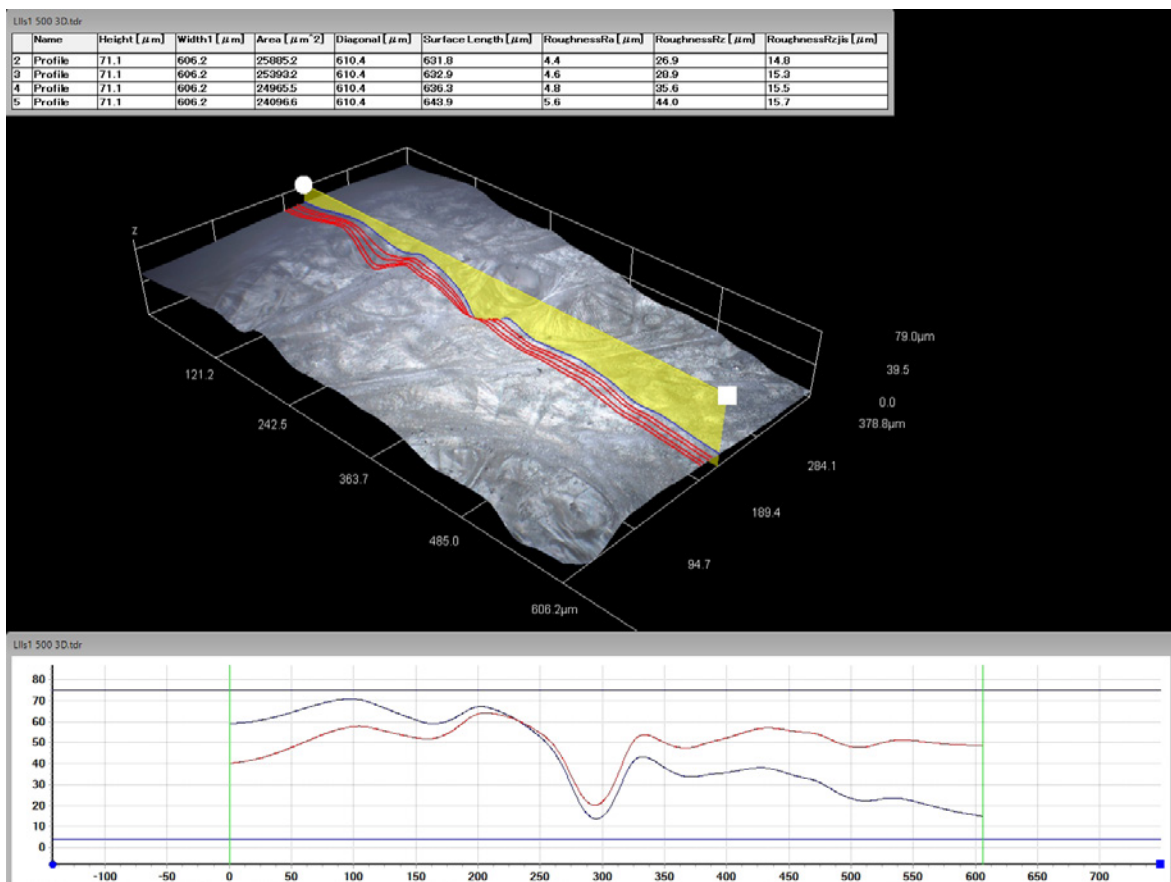
obr. č. 403 – SEM snímok, pred čistením,
(vzorka L1s1)



obr. č. 404 – SEM snímok, po čistení



obr. č. 405 – 3D model a profil vzorky pred čistením

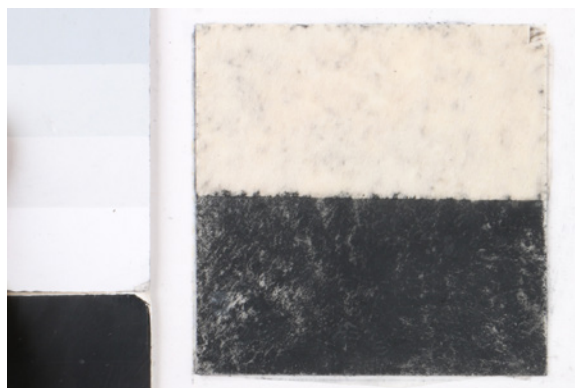


obr. č. 406 – 3D model a profil vzorky po čistení

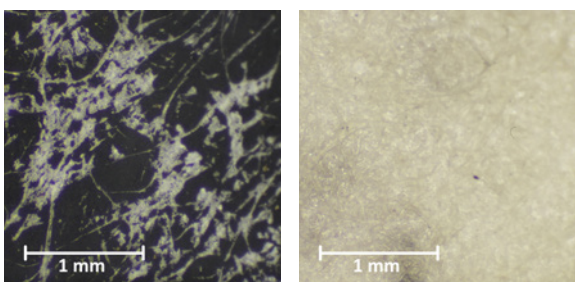
Vzorka LIIs2



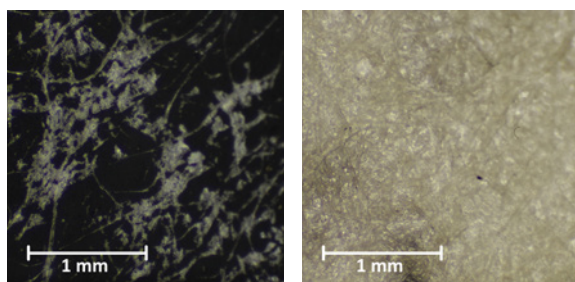
obr. č. 407 – vzorka pred čistením



obr. č. 408 – vzorka po čistení



obr. č. 409 a č. 410 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 411 a 412 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

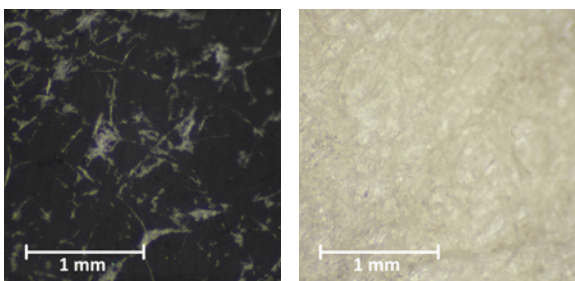
Vzorka LIIs3



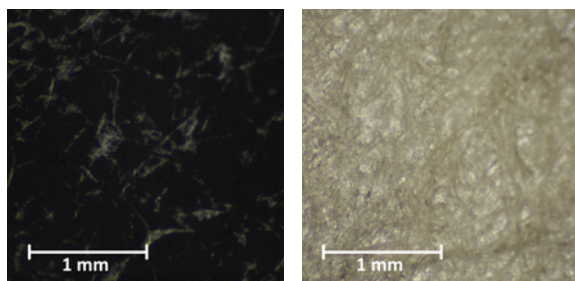
obr. č. 413 – vzorka pred čistením



obr. č. 414 – vzorka po čistení



obr. č. 415 a č. 416 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

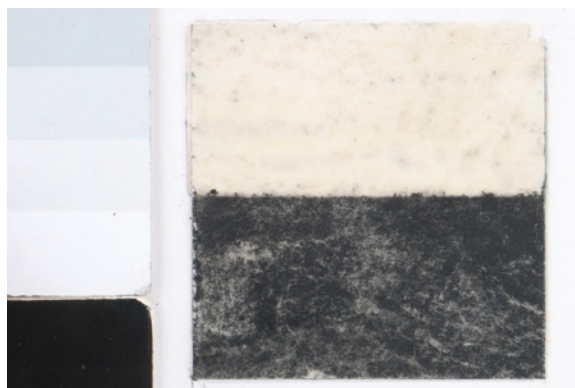


obr. č. 417 a 418 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

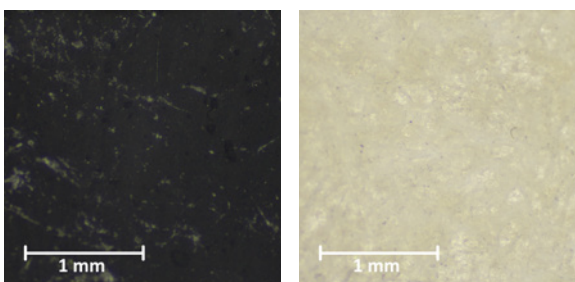
Vzorka LIIs4



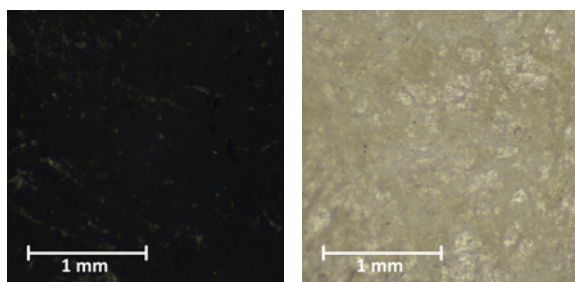
obr. č. 419 – vzorka pred čistením



obr. č. 420 – vzorka po čistení



obr. č. 421 a č. 422 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 423 a 424 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

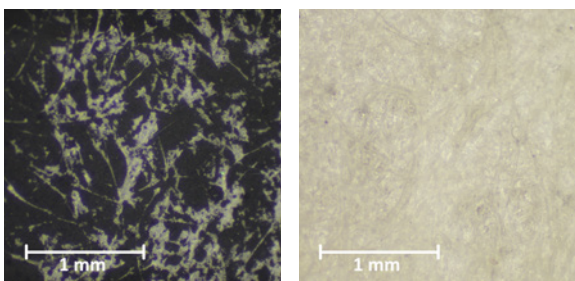
Vzorka LIIs5



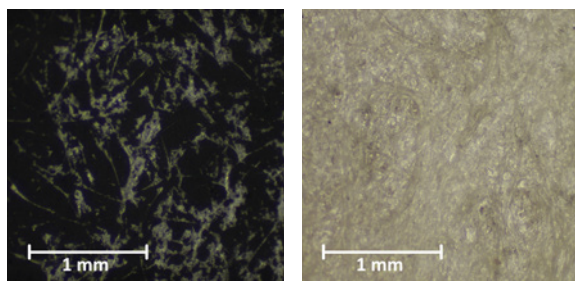
obr. č. 425 – vzorka pred čistením



obr. č. 426 – vzorka po čistení



obr. č. 427 a č. 428 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 429 a 430 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

16.3 Vzorky pergamenu čistené mikropieskovačkou s použitím sklenenej balotiny ako abrazíva

16.3.1 Vzorky historického písacieho pergamenu

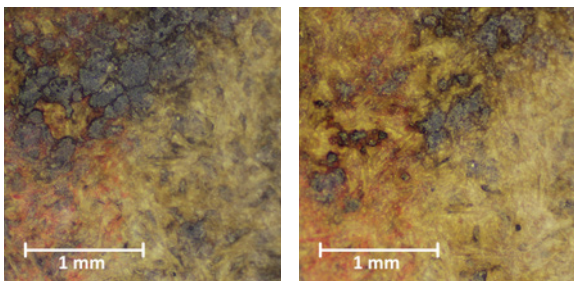
Vzorka MI1



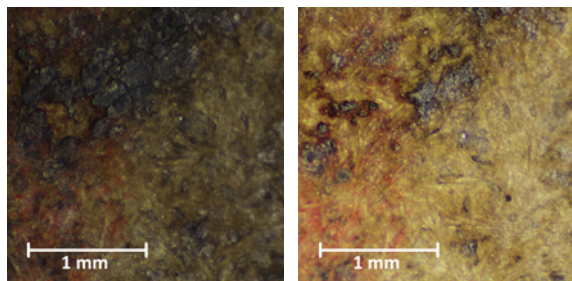
obr. č. 431 – vzorka pred čistením



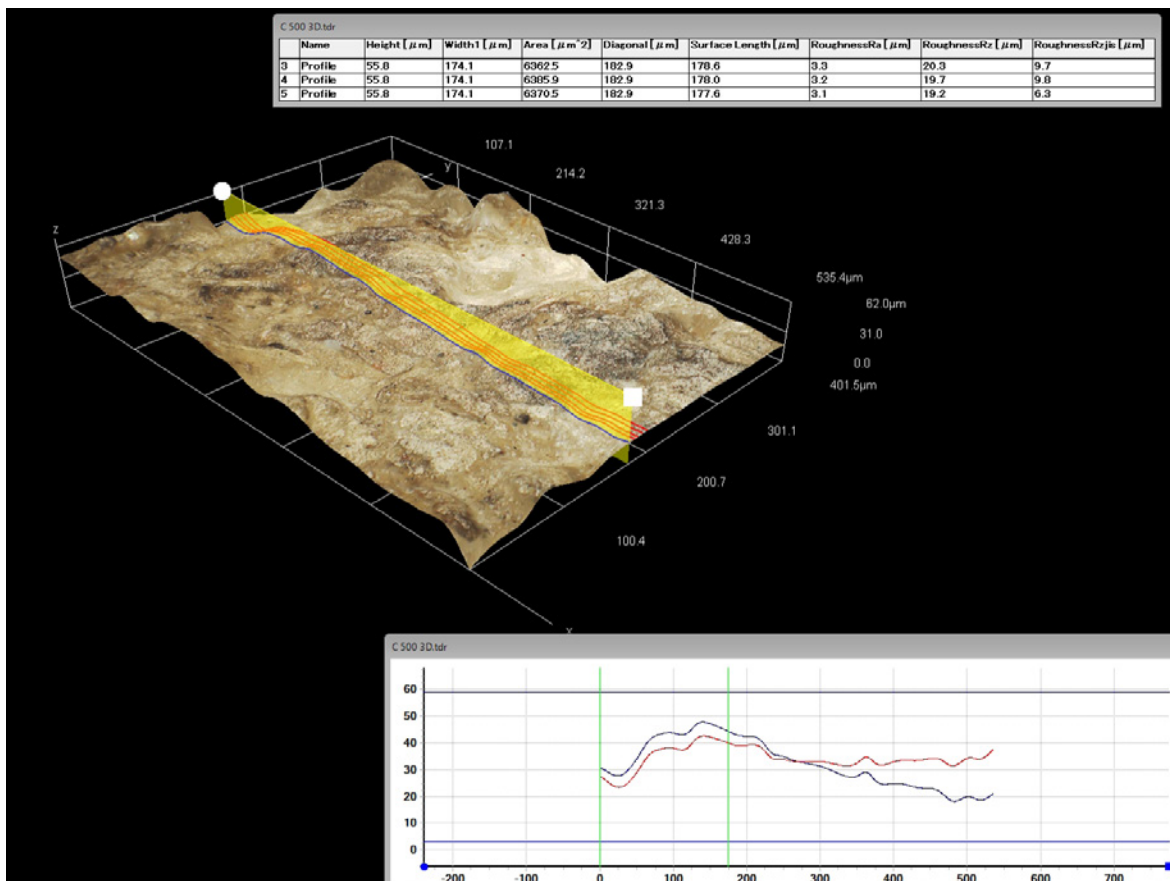
obr. č. 432 – vzorka po čistení



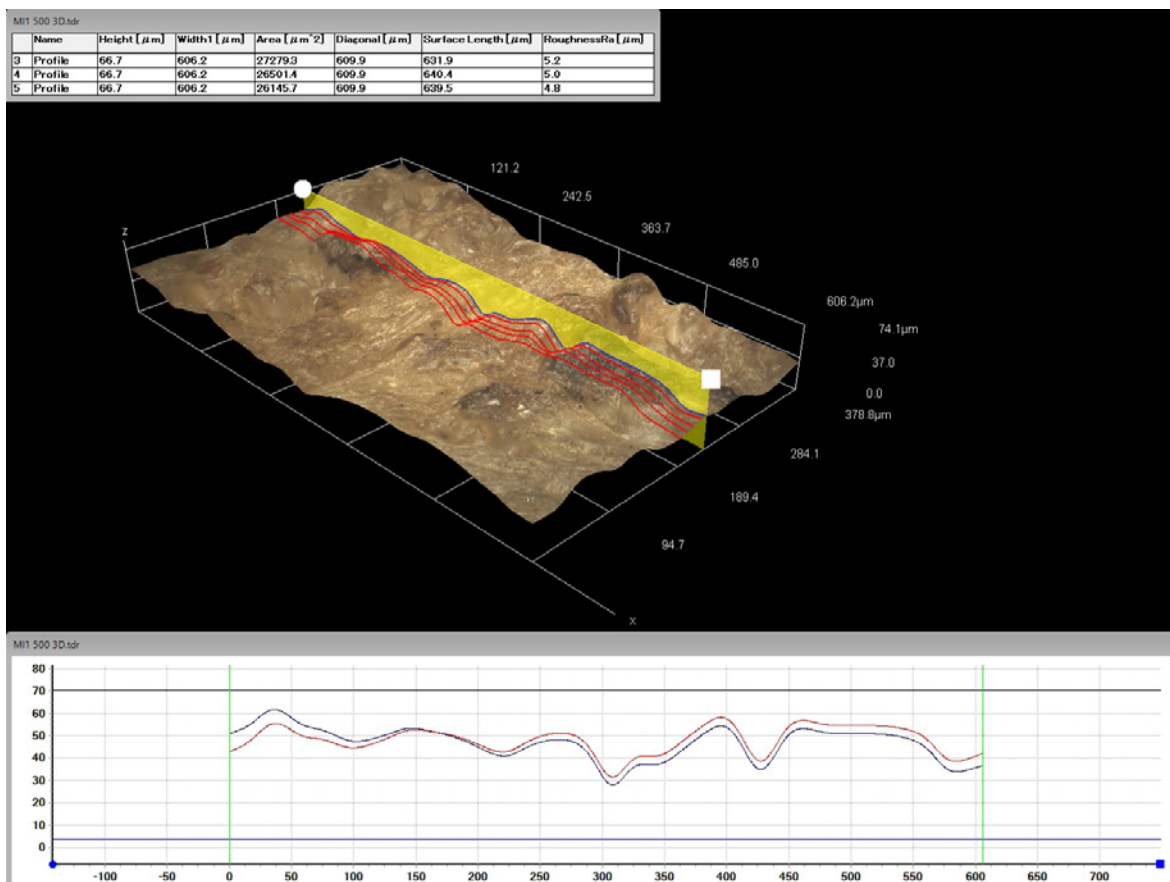
obr. č. 433 a č. 434 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 435 a 436 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 437 – 3D model a profil vzorky pred čistením



obr. č. 438 – 3D model a profil vzorky po čistení

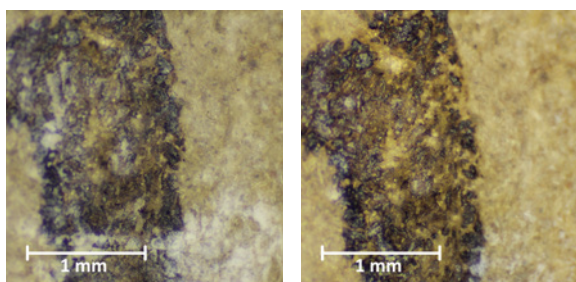
Vzorka MI2



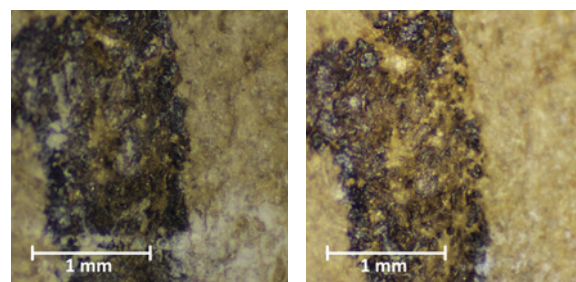
obr. č. 439 – vzorka pred čistením



obr. č. 440 – vzorka po čistení



obr. č. 441 a č. 442 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 443 a 444 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

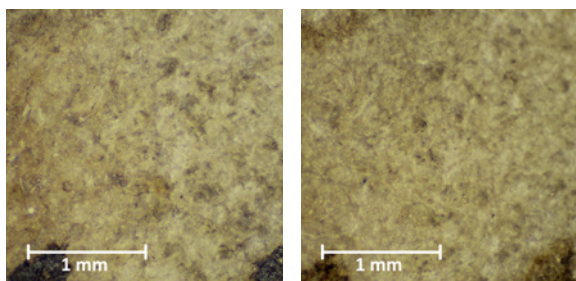
Vzorka MI3



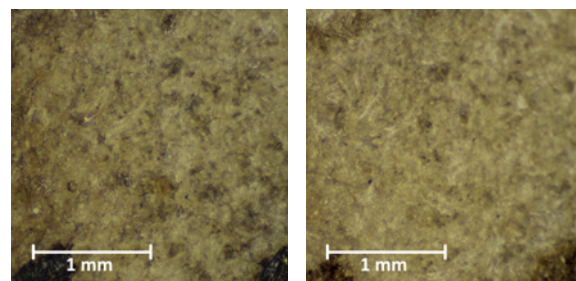
obr. č. 445 – vzorka pred čistením



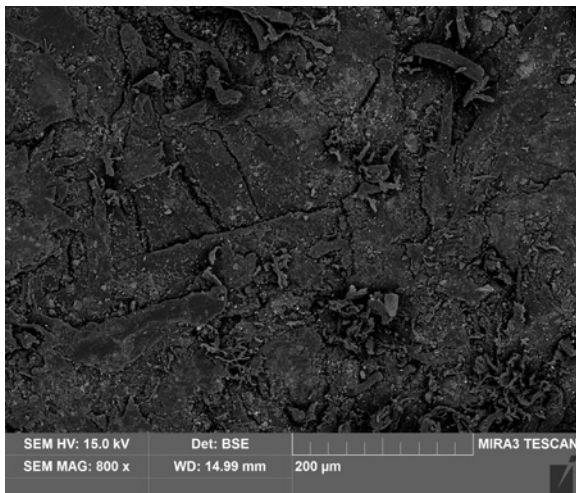
obr. č. 446 – vzorka po čistení



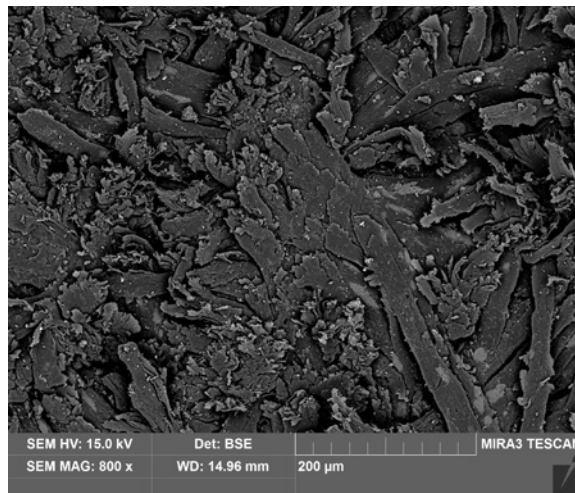
obr. č. 447 a č. 448 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



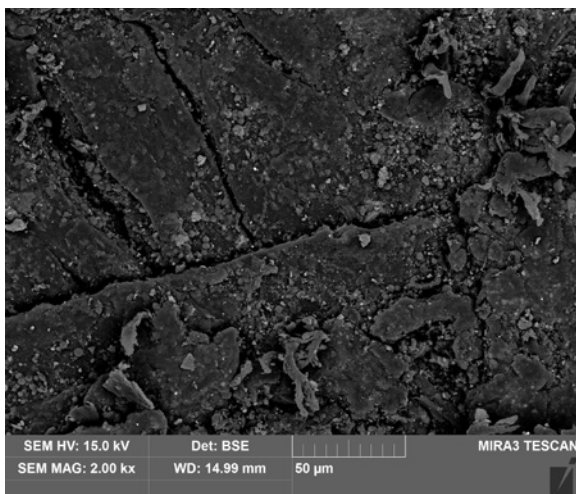
obr. č. 449 a 450 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



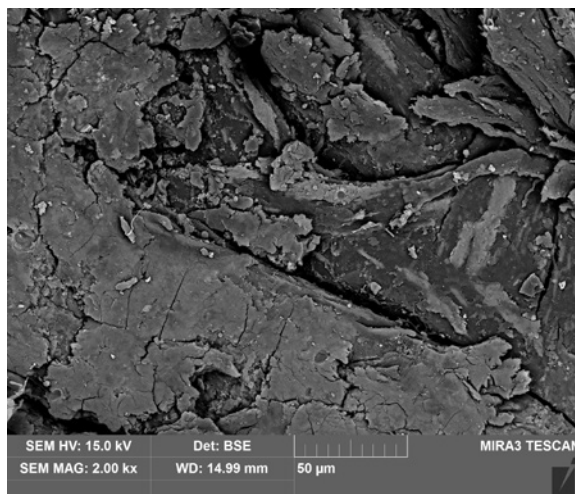
obr. č. 451 – SEM snímok, pred čistením



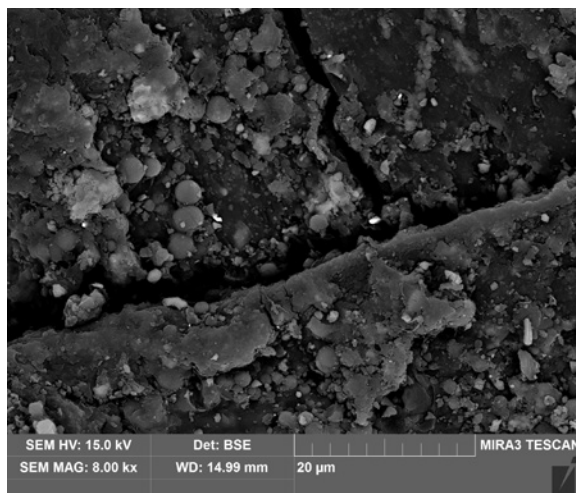
obr. č. 452 – SEM snímok, po čistení



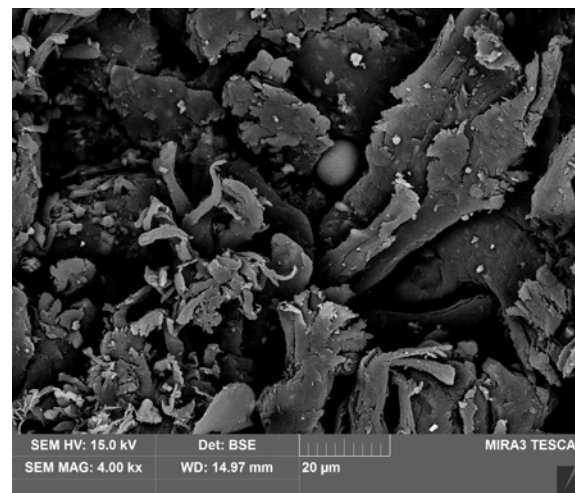
obr. č. 453 – SEM snímok, pred čistením



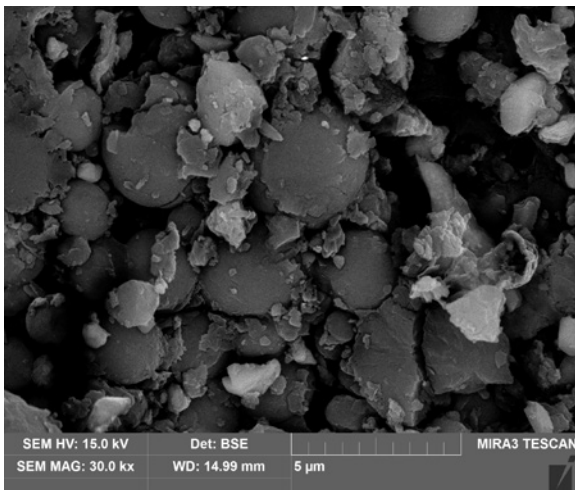
obr. č. 454 – SEM snímok, po čistení



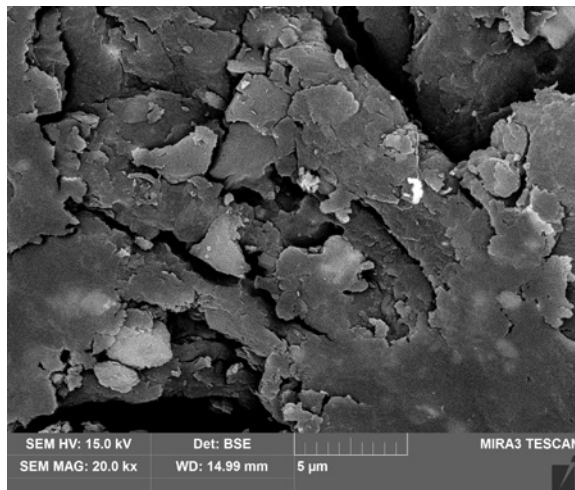
obr. č. 455 – SEM snímok, pred čistením



obr. č. 456 – SEM snímok, po čistení



obr. č. 457 – SEM snímok, pred čistením



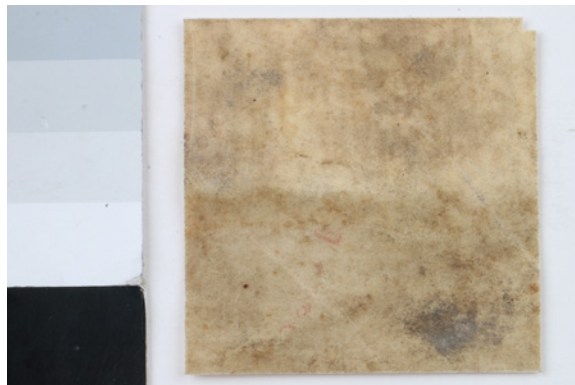
obr. č. 458 – SEM snímok, po čistení

16.3.2 Vzorok historického väzobného pergamentu

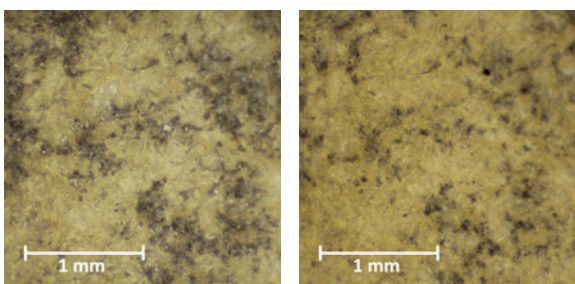
Vzorka M11



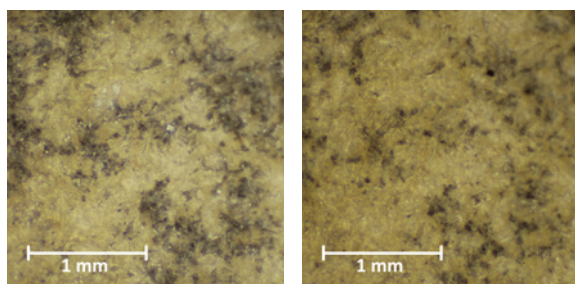
obr. č. 459 – vzorka pred čistením



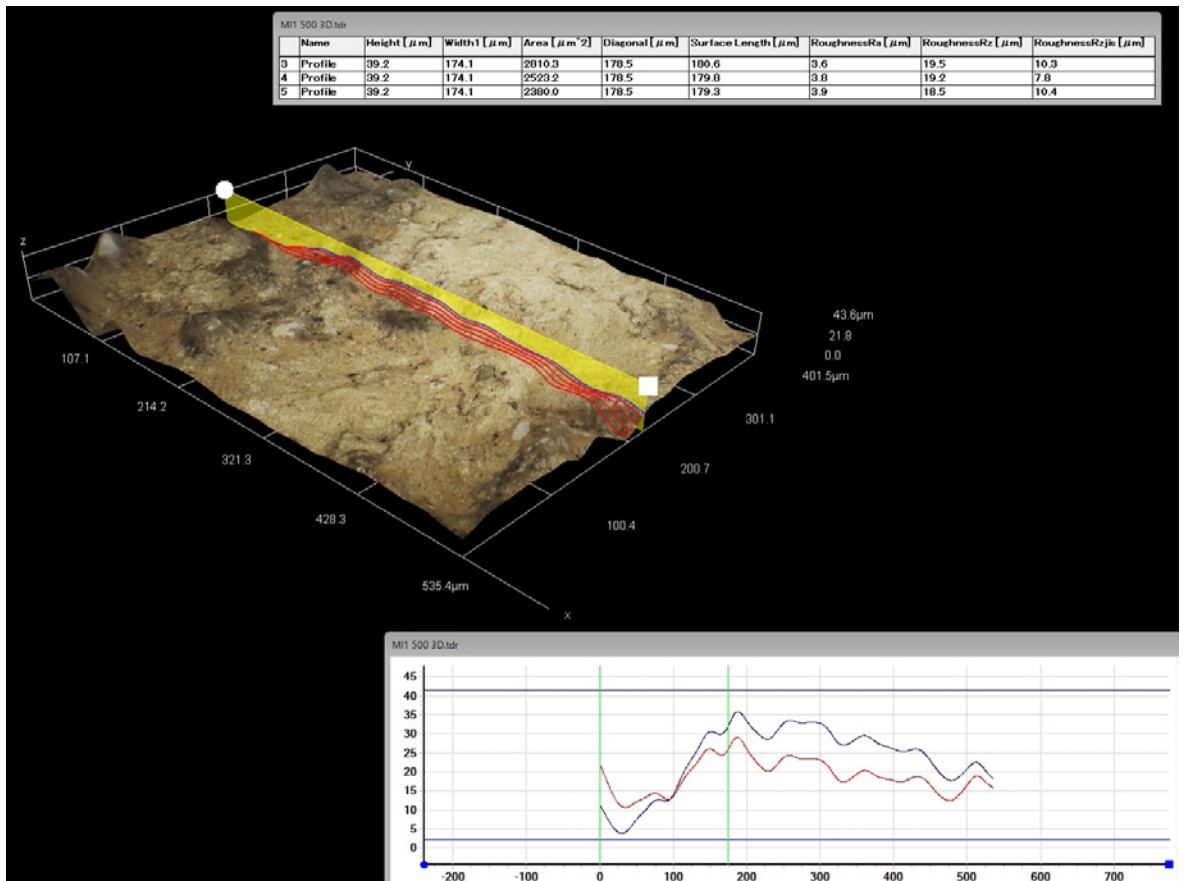
obr. č. 460 – vzorka po čistení



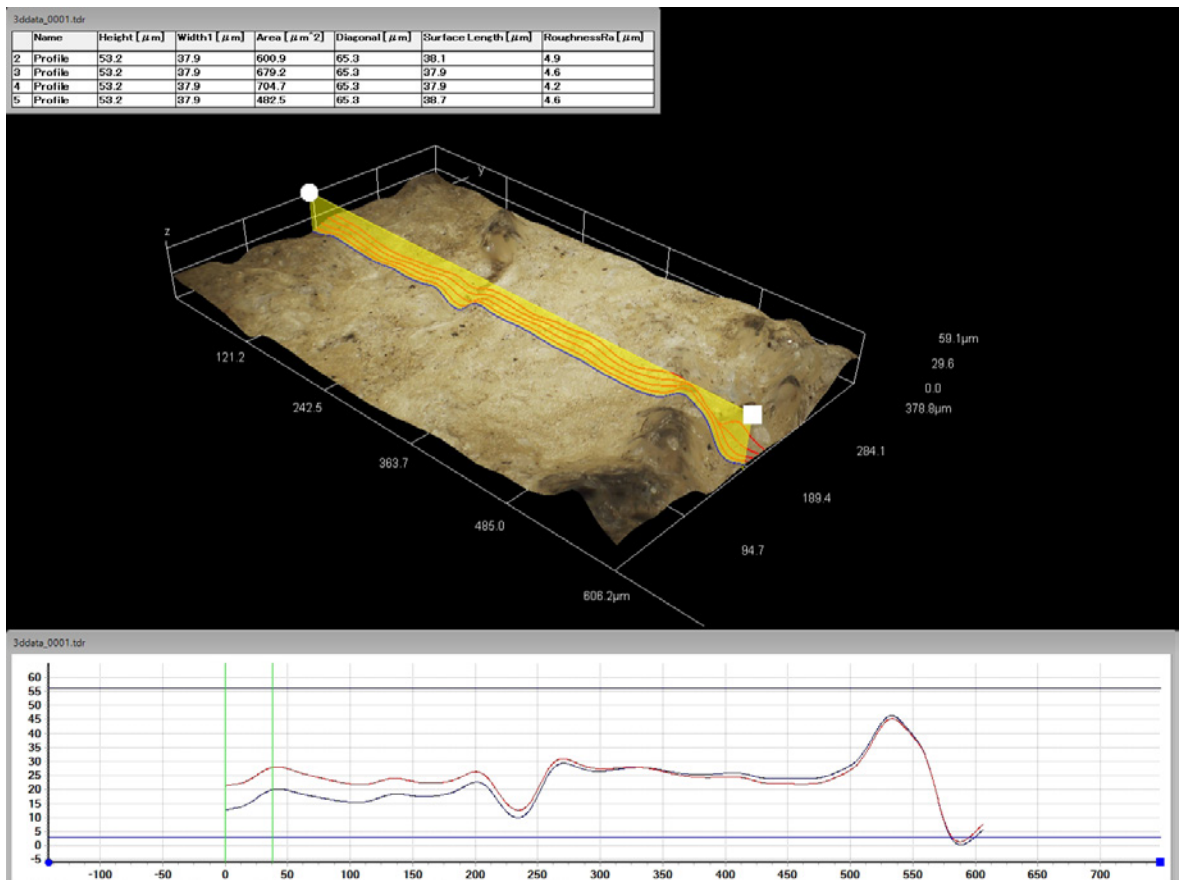
obr. č. 461 a č. 462 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 463 a 464 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 465 – 3D model a profil vzorky pred čistením



obr. č. 466 – 3D model a profil vzorky po čistení

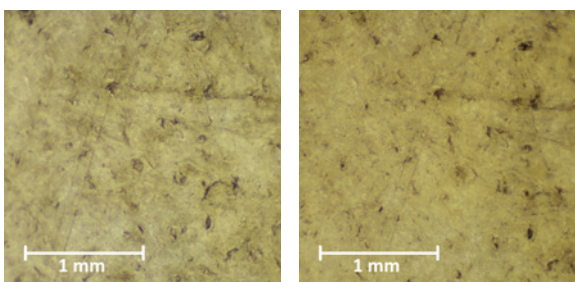
Vzorka MI2



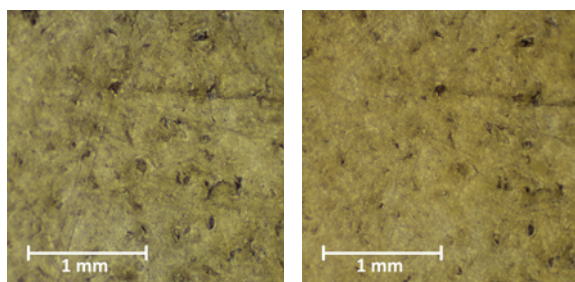
obr. č. 467 – vzorka pred čistením



obr. č. 468 – vzorka po čistení



obr. č. 469 a č. 470 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 471 a 472 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

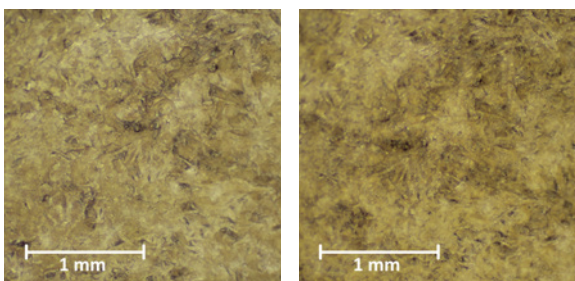
Vzorka MI3



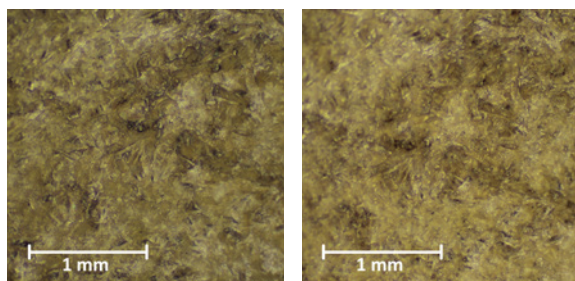
obr. č. 473 – vzorka pred čistením



obr. č. 474 – vzorka po čistení



obr. č. 475 a č. 476 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 477 a 478 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

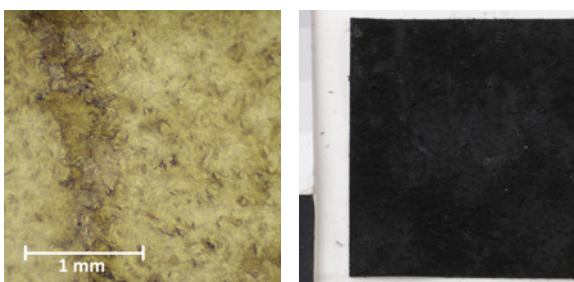
Vzorka MI4



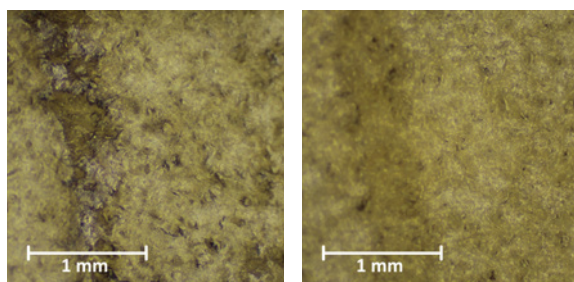
obr. č. 479 – vzorka pred čistením



obr. č. 480 – vzorka po čistení



obr. č. 481 a č. 482 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 483 a 484 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

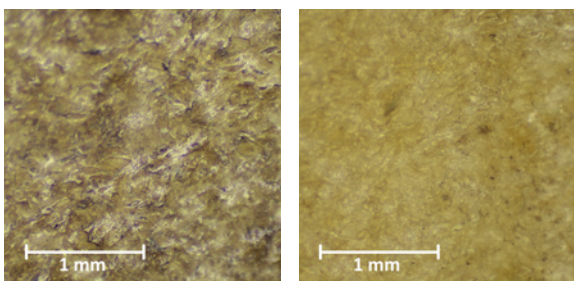
Vzorka MI5



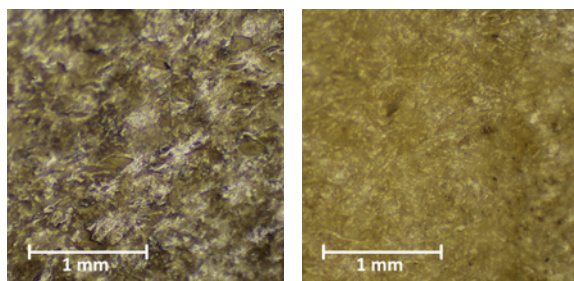
obr. č. 485 – vzorka pred čistením



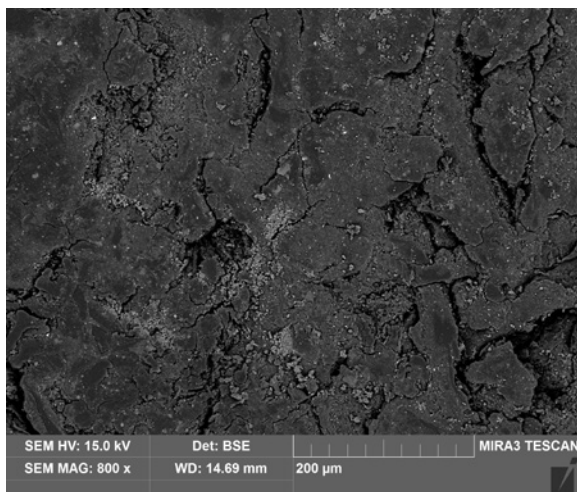
obr. č. 486 – vzorka po čistení



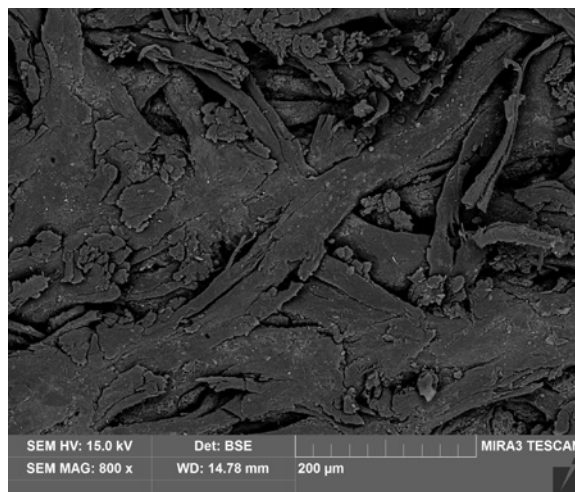
obr. č. 487 a č. 488 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



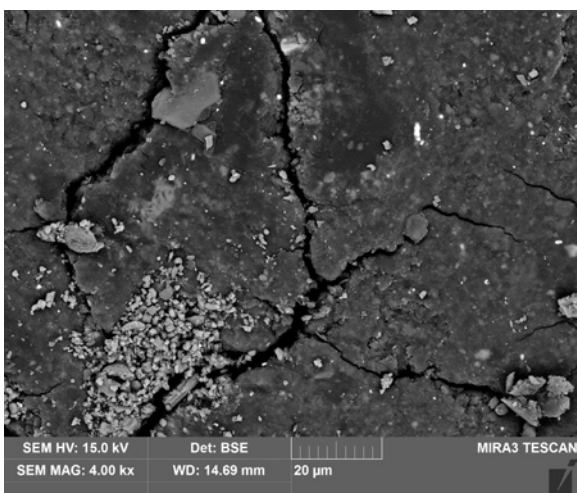
obr. č. 489 a 490 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



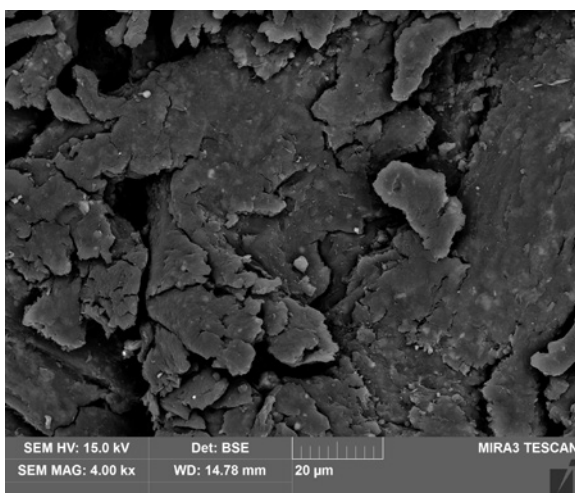
obr. č. 491 – SEM snímok, pred čistením



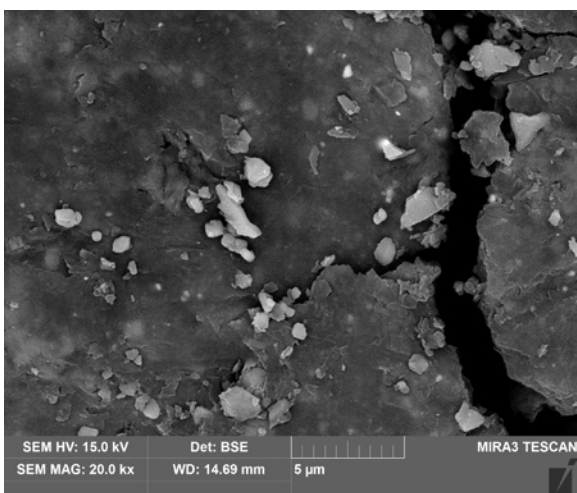
obr. č. 492 – SEM snímok, po čistení



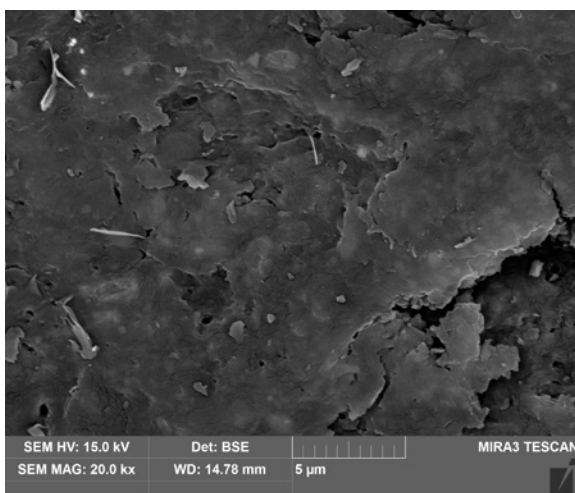
obr. č. 493 – SEM snímok, pred čistením



obr. č. 494 – SEM snímok, po čistení



obr. č. 495 – SEM snímok, pred čistením

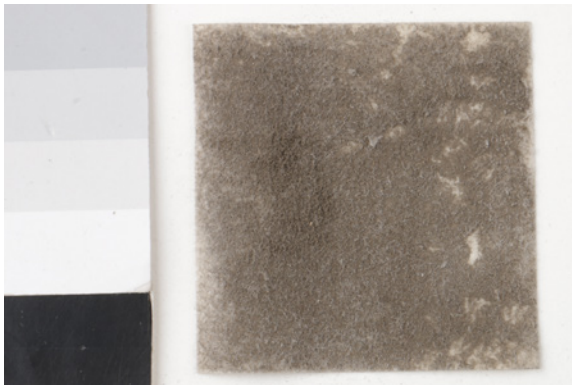


obr. č. 496 – SEM snímok, po čistení

16.3.3 Vzorok nového písacieho pergamentu

16.3.3.1 Vzorok znečistené prachom

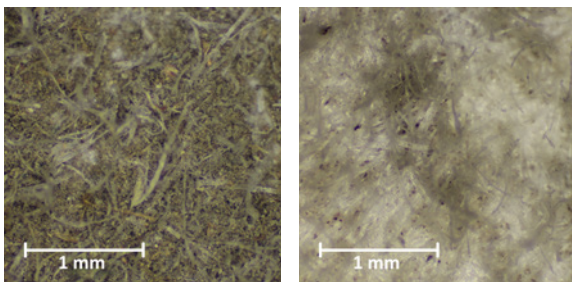
Vzorok MIp1



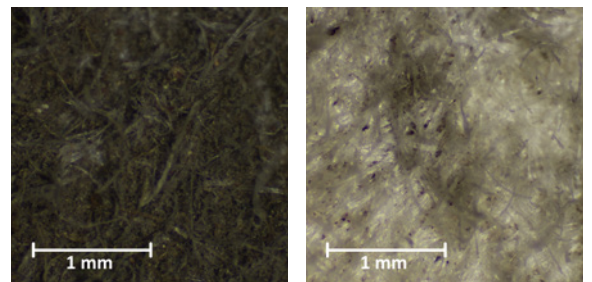
obr. č. 497 – vzorka pred čistením



obr. č. 498 – vzorka po čistení



obr. č. 499 a č. 500 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 501 a 502 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

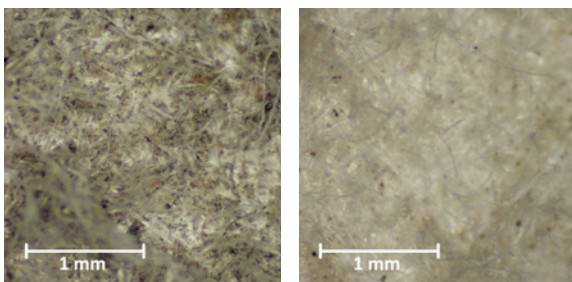
Vzorok MIp2



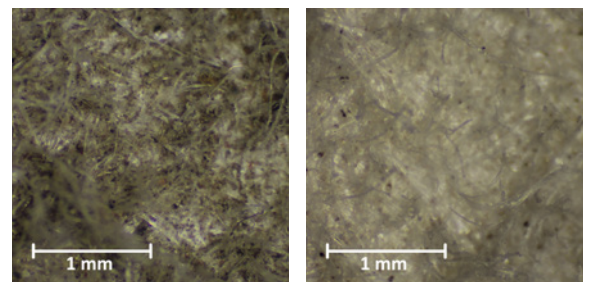
obr. č. 503 – vzorka pred čistením



obr. č. 504 – vzorka po čistení

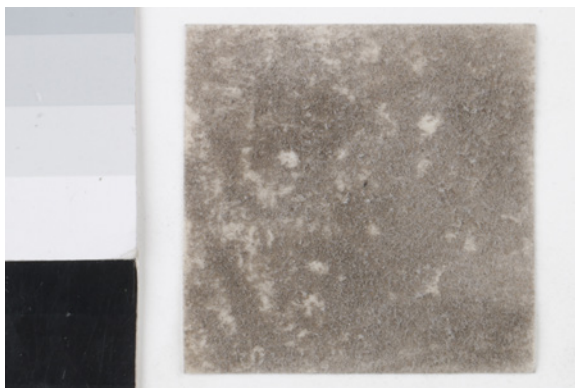


obr. č. 505 a č. 506 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 507 a 508 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

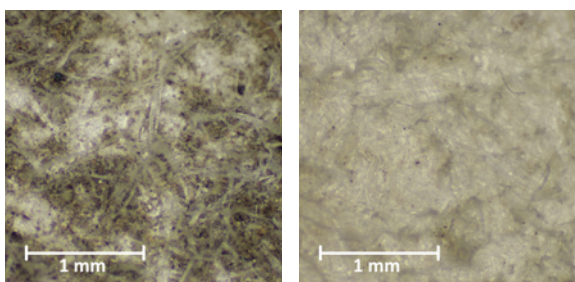
Vzorka MIp3



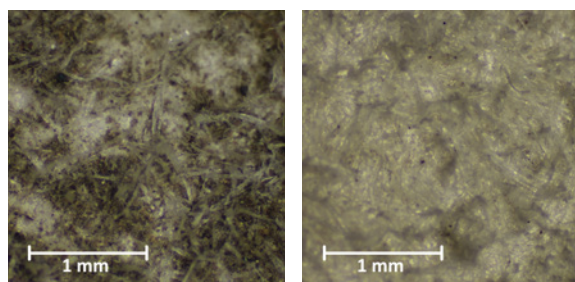
obr. č. 509 – vzorka pred čistením



obr. č. 510 – vzorka po čistení



obr. č. 511 a č. 512 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 513 a 514 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

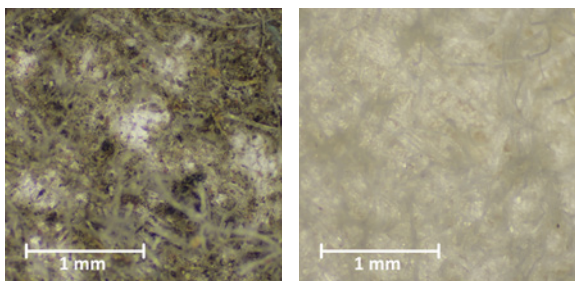
Vzorka MIp4



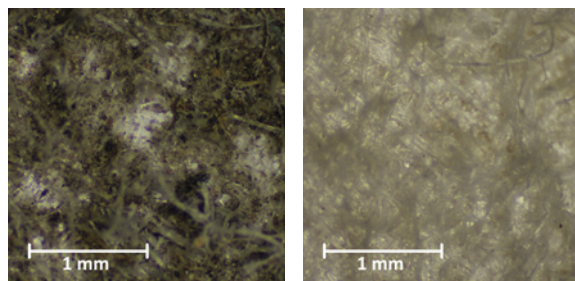
obr. č. 515 – vzorka pred čistením



obr. č. 516 – vzorka po čistení



obr. č. 517 a č. 518 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 519 a 520 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

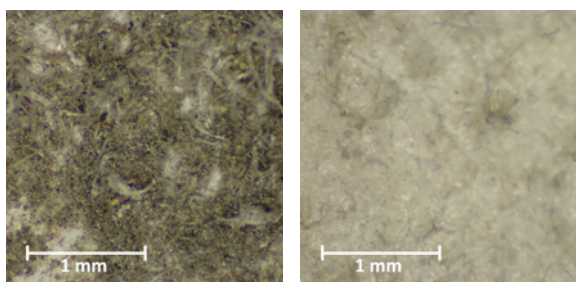
Vzorka Mlp5



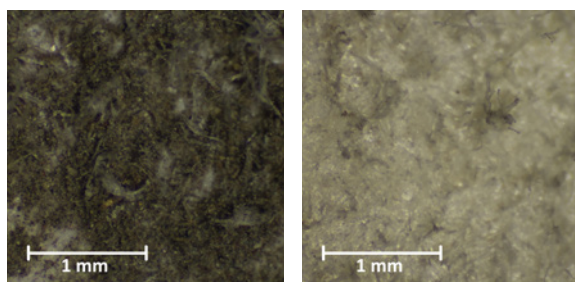
obr. č. 521 – vzorka pred čistením



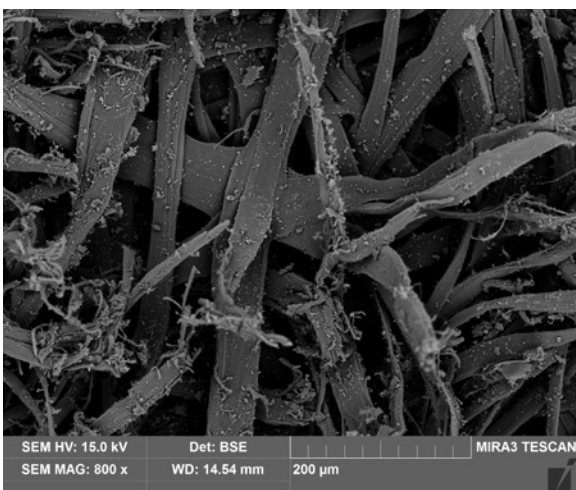
obr. č. 522 – vzorka po čistení



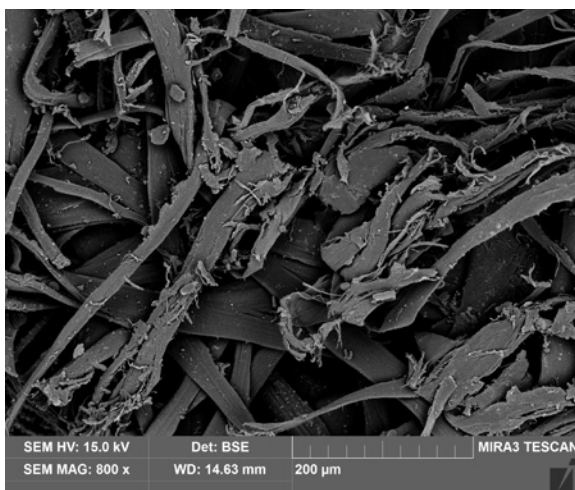
obr. č. 523 a č. 524 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



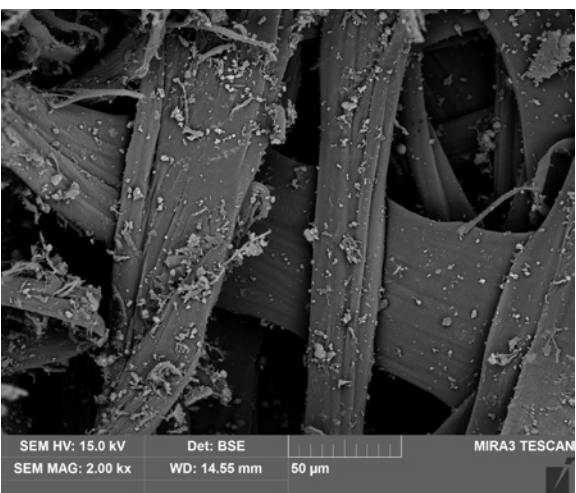
obr. č. 525 a 526 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



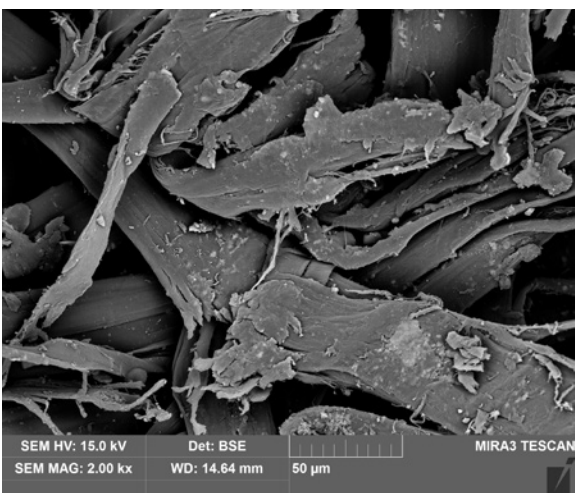
obr. č. 527 – SEM snímok, pred čistením



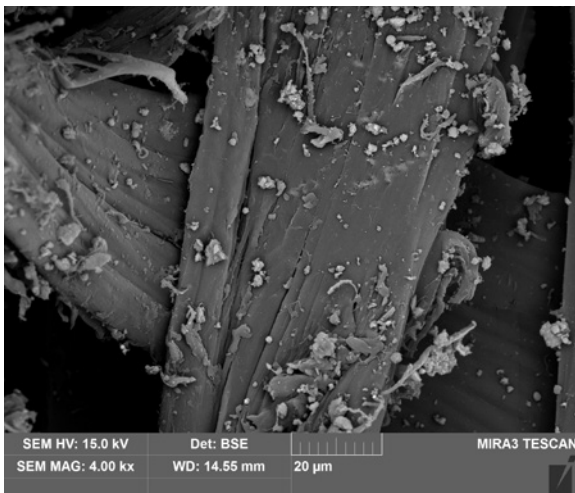
obr. č. 528 – SEM snímok, po čistení



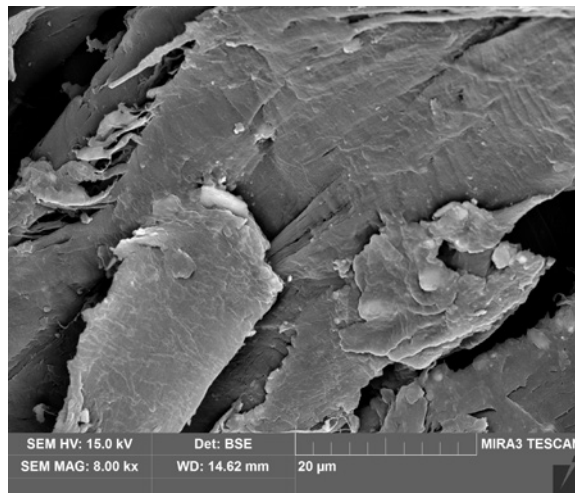
obr. č. 529 – SEM snímok, pred čistením



obr. č. 530 – SEM snímok, po čistení



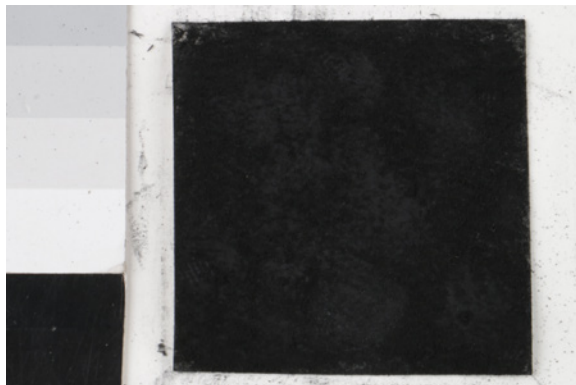
obr. č. 531 – SEM snímok, pred čistením



obr. č. 532 – SEM snímok, po čistení

16.3.3.2 Vzorky znečistené pigmentom

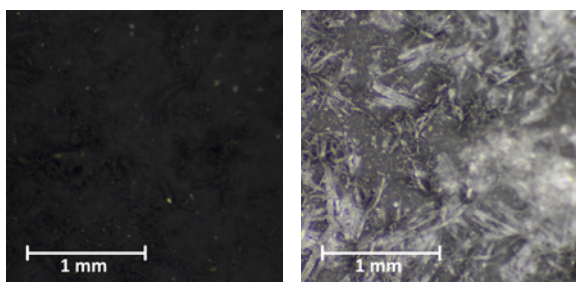
Vzorka MIs1



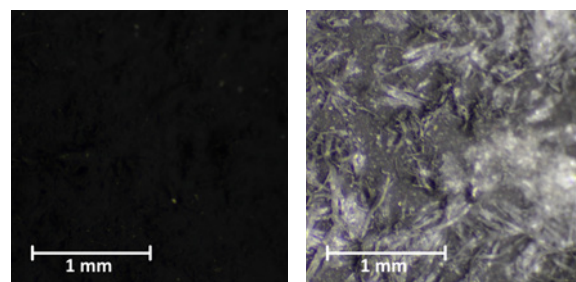
obr. č. 533 – vzorka pred čistením



obr. č. 534 – vzorka po čistení

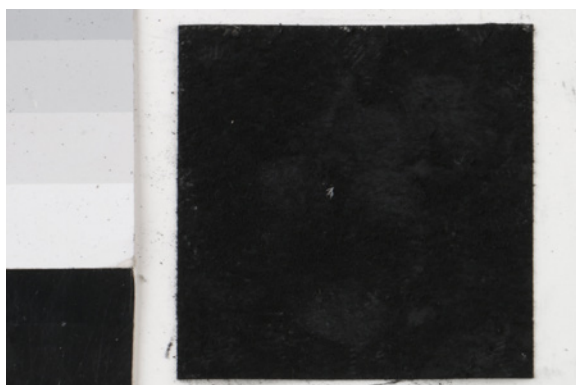


obr. č. 535 a č. 536 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

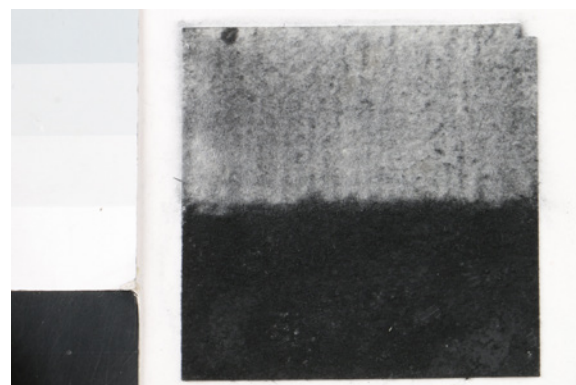


obr. č. 537 a 538 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

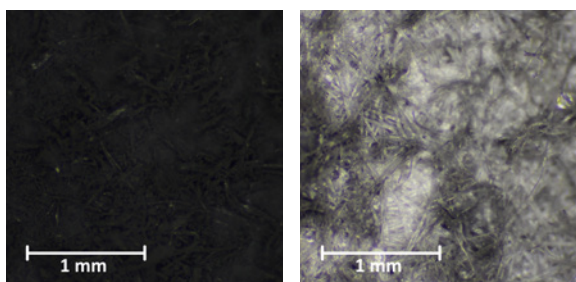
Vzorka MIs2



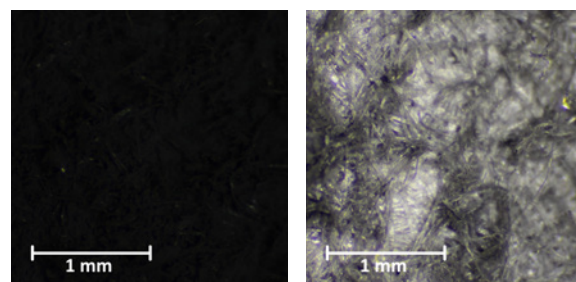
obr. č. 539 – vzorka pred čistením



obr. č. 540 – vzorka po čistení



obr. č. 541 a č. 542 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

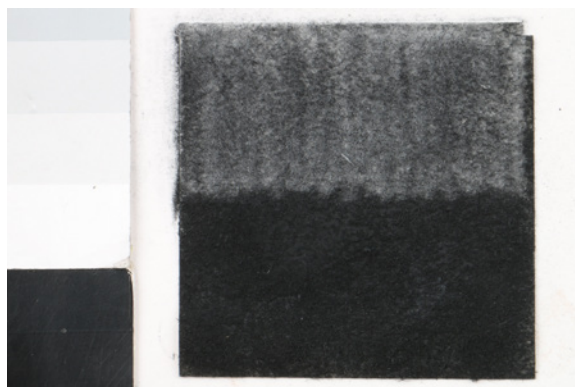


obr. č. 543 a 544 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

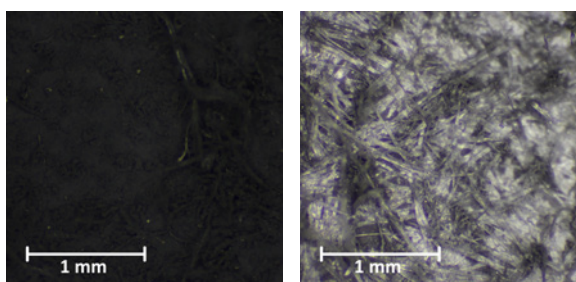
Vzorka MI3



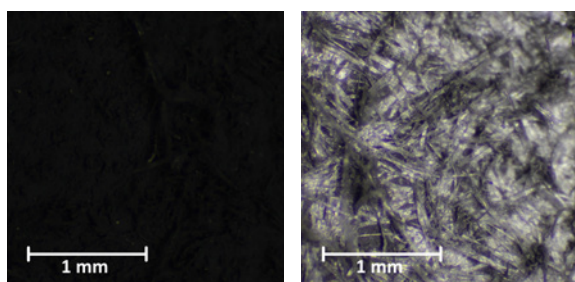
obr. č. 545 – vzorka pred čistením



obr. č. 546 – vzorka po čistení

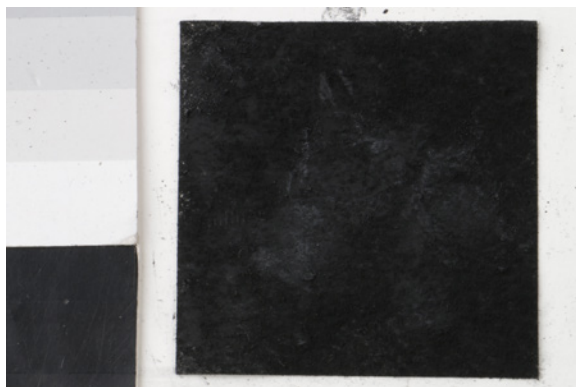


obr. č. 547 a č. 548 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

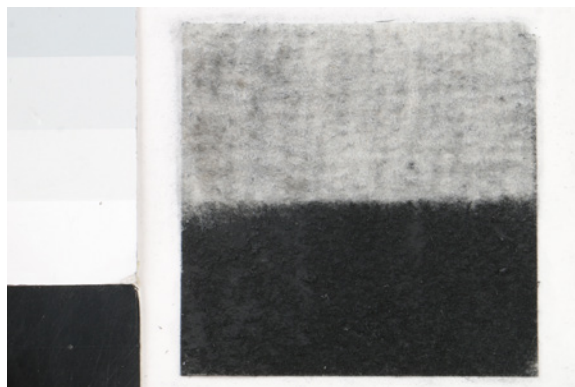


obr. č. 549 a 550 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

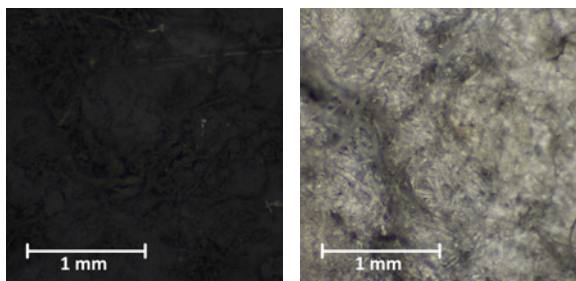
Vzorka MI4



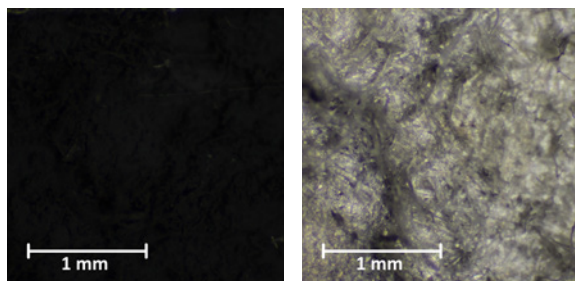
obr. č. 551 – vzorka pred čistením



obr. č. 552 – vzorka po čistení

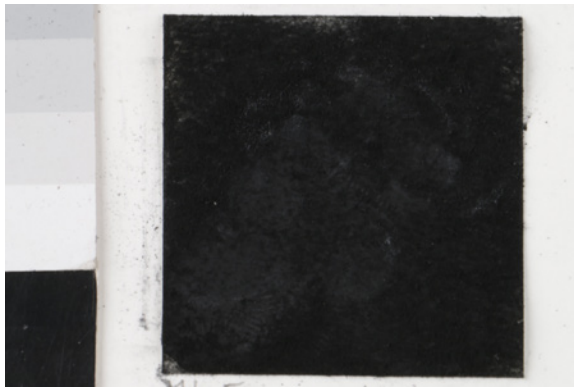


obr. č. 553 a č. 554 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

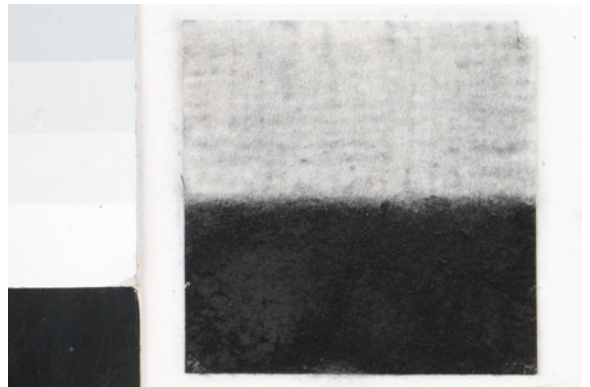


obr. č. 555 a 556 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

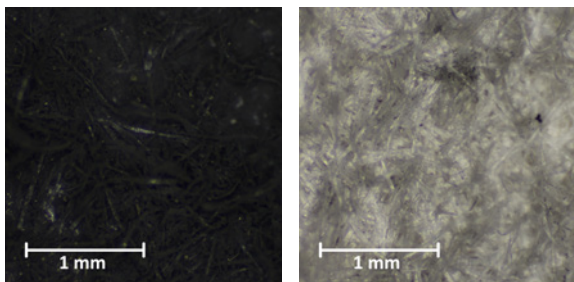
Vzorka MIs5



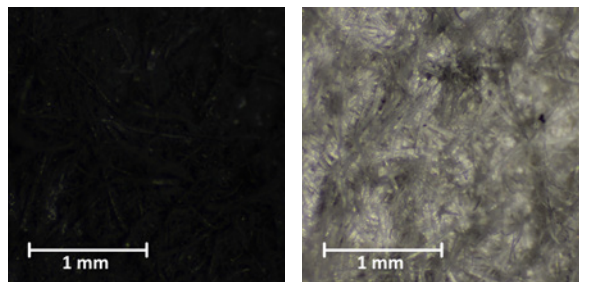
obr. č. 557 – vzorka pred čistením



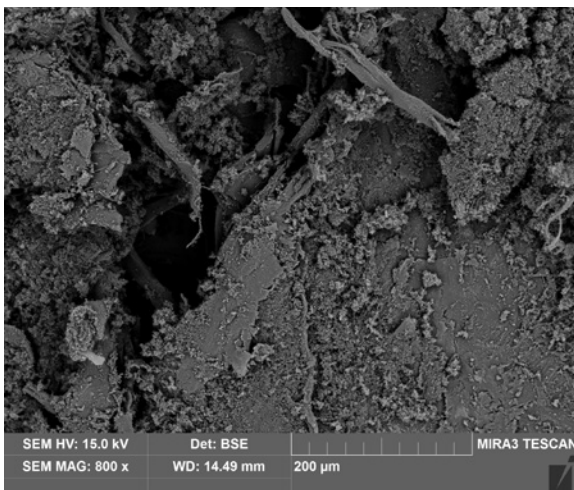
obr. č. 558 – vzorka po čistení



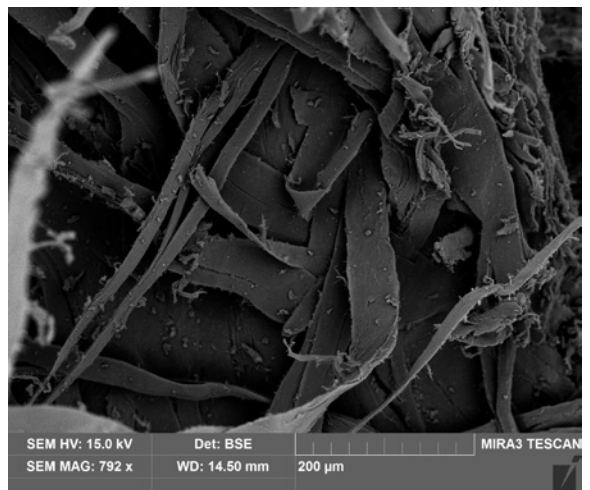
obr. č. 559 a č. 560 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



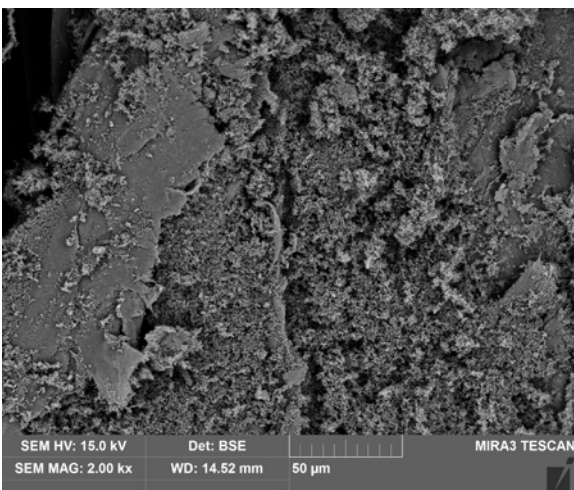
obr. č. 561 a 562 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



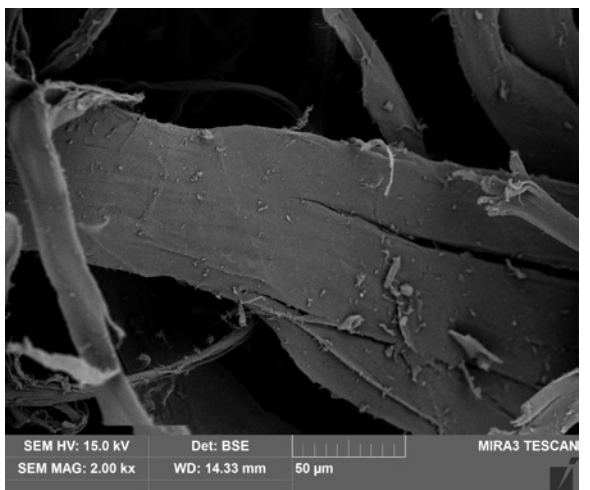
obr. č. 563 – SEM snímok, pred čistením



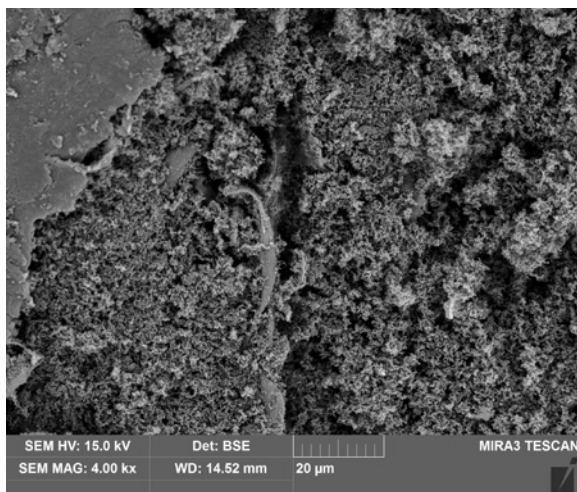
obr. č. 564 – SEM snímok, po čistení



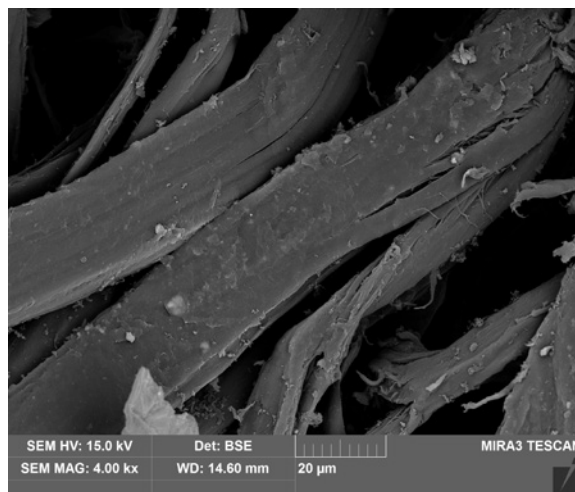
obr. č. 565 – SEM snímok, pred čistením



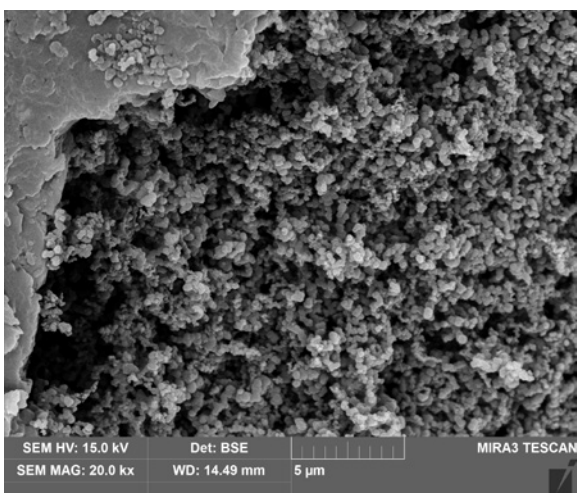
obr. č. 566 – SEM snímok, po čistení



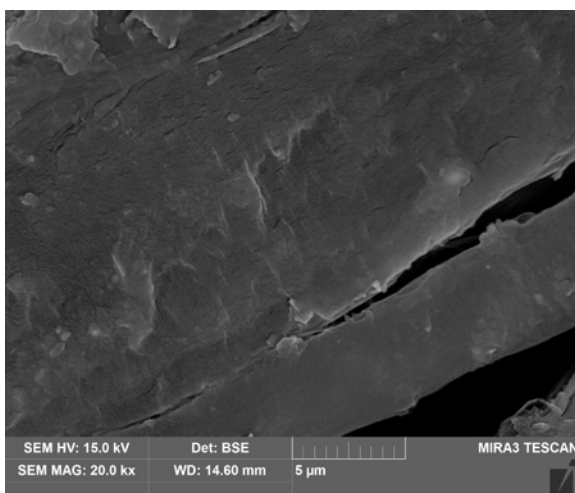
obr. č. 567 – SEM snímok, pred čistením



obr. č. 568 – SEM snímok, po čistení



obr. č. 569 – SEM snímok, pred čistením



obr. č. 570 – SEM snímok, po čistení

16.3.4 Vzorky nového väzobného pergamenu

16.3.4.1 Vzorky znečistené prachom

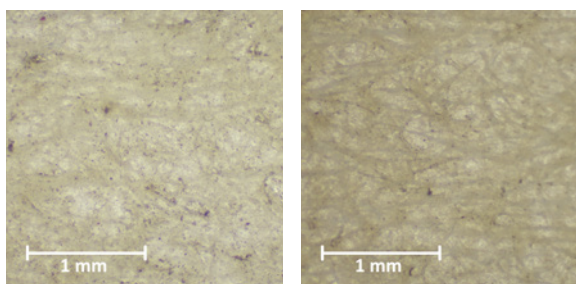
Vzorka Mlp1



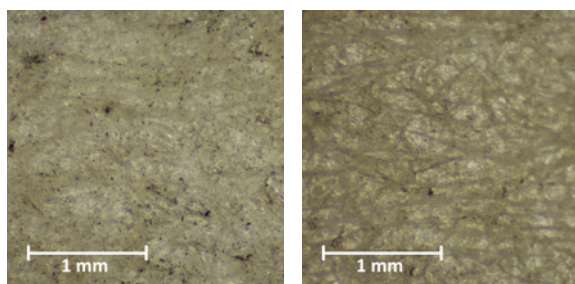
obr. č. 571 – vzorka pred čistením



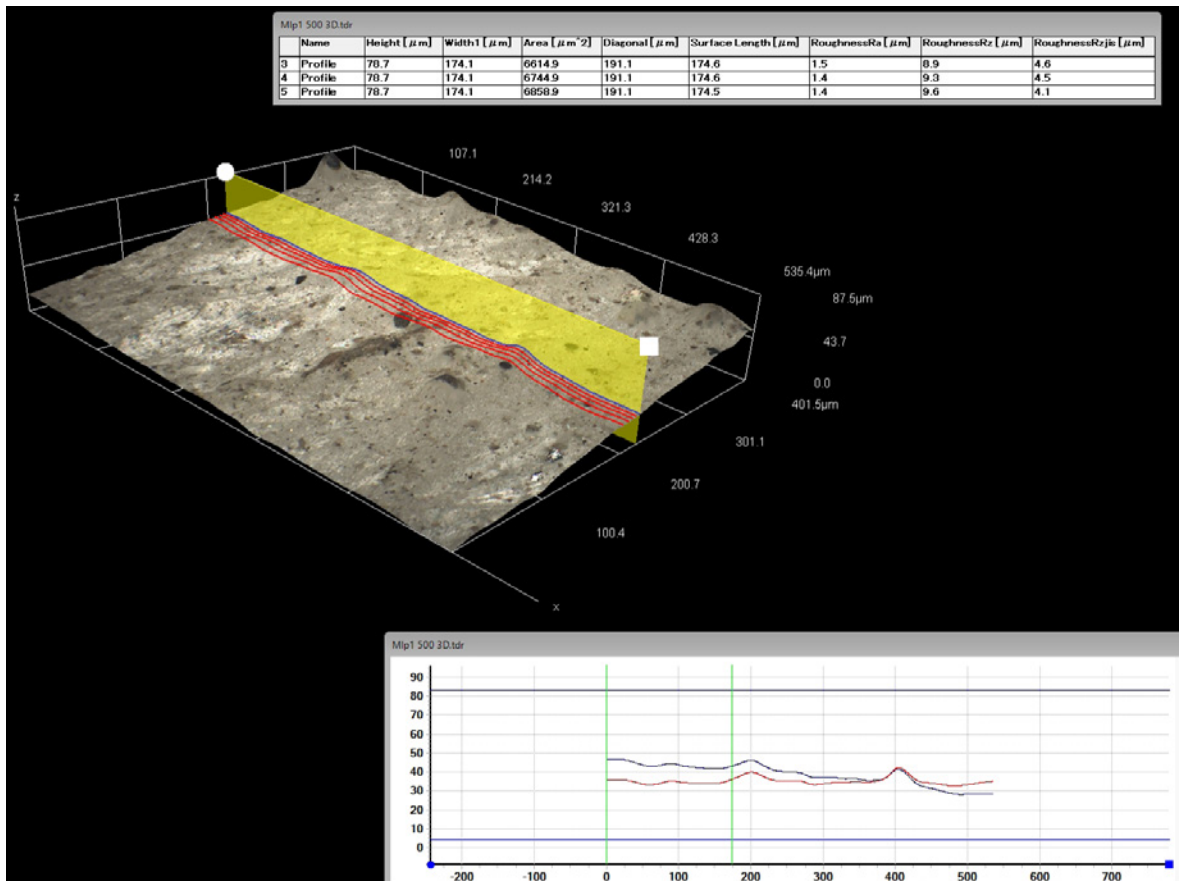
obr. č. 572 – vzorka po čistení



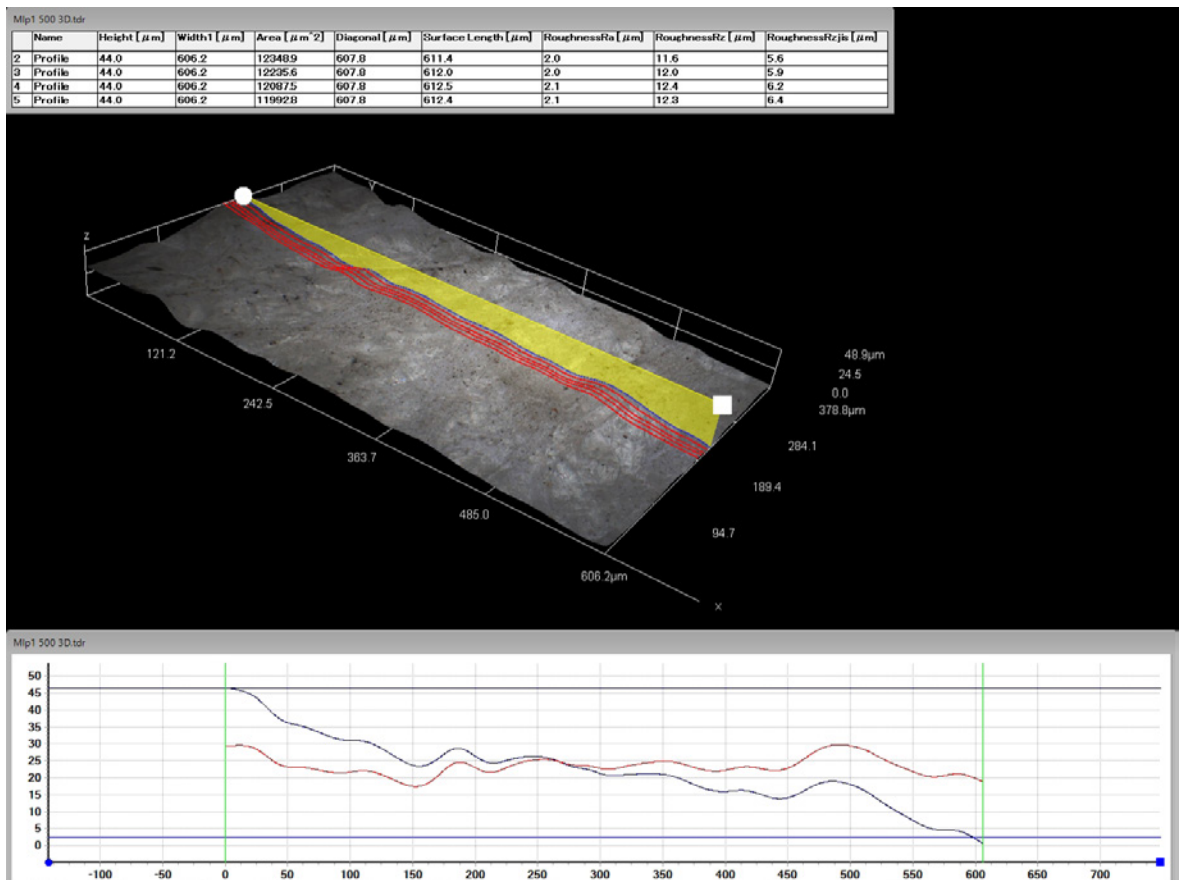
obr. č. 573 a č. 574 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 575 a 576 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 577 – 3D model a profil vzorky pred čistením



obr. č. 578 – 3D model a profil vzorky pred čistením

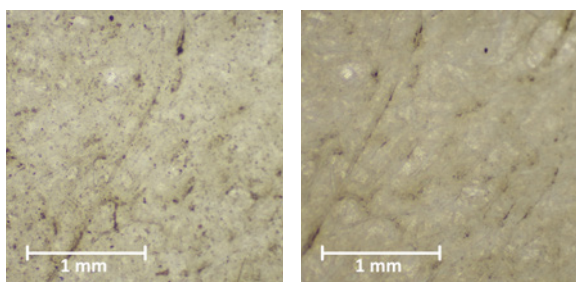
Vzorka MIp2



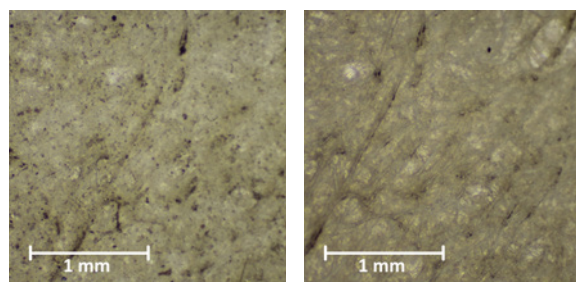
obr. č. 579 – vzorka pred čistením



obr. č. 580 – vzorka po čistení



obr. č. 581 a č. 582 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

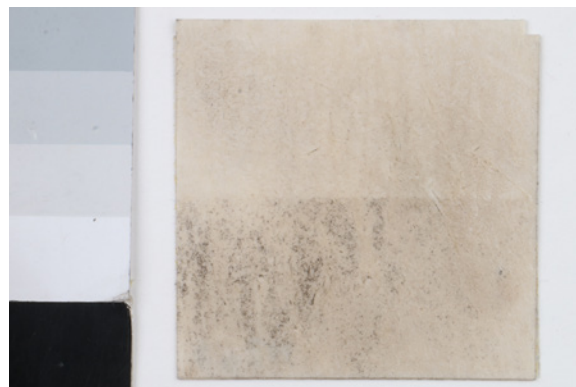


obr. č. 583 a 584 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

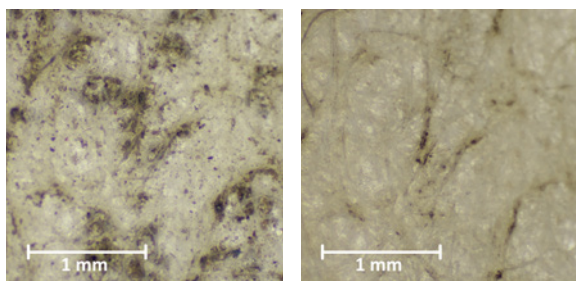
Vzorka MIp3



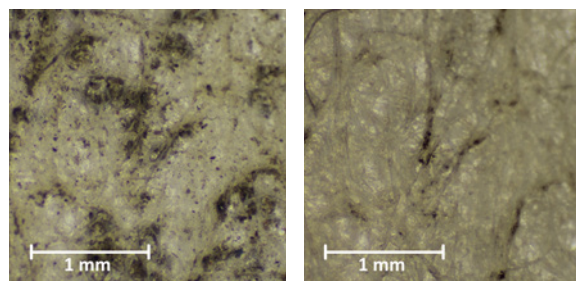
obr. č. 585 – vzorka pred čistením



obr. č. 586 – vzorka po čistení



obr. č. 587 a č. 588 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 589 a 590 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

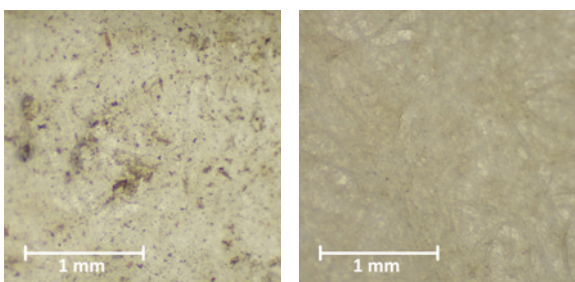
Vzorka MIp4



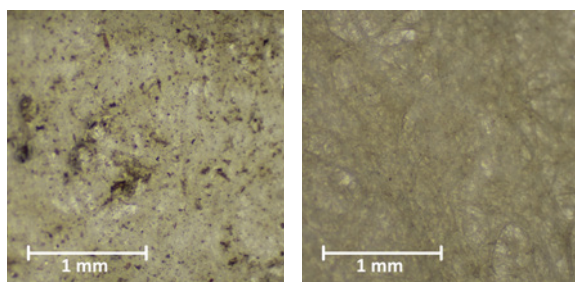
obr. č. 591 – vzorka pred čistením



obr. č. 592 – vzorka po čistení



obr. č. 593 a č. 594 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 595 a 596 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

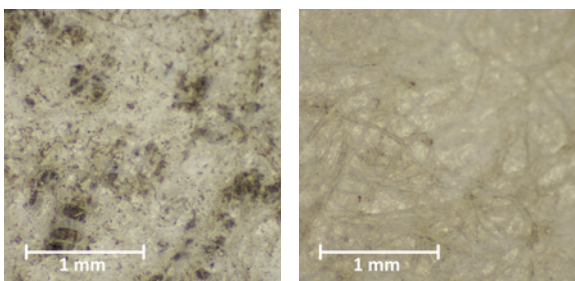
Vzorka MIp5



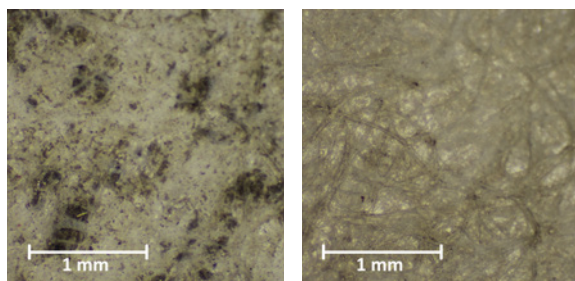
obr. č. 597 – vzorka pred čistením



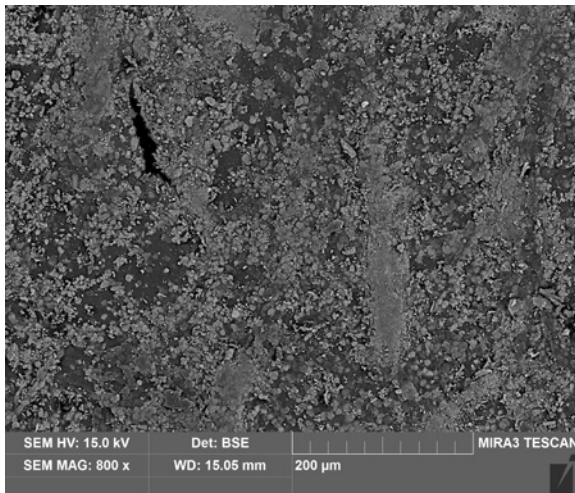
obr. č. 598 – vzorka po čistení



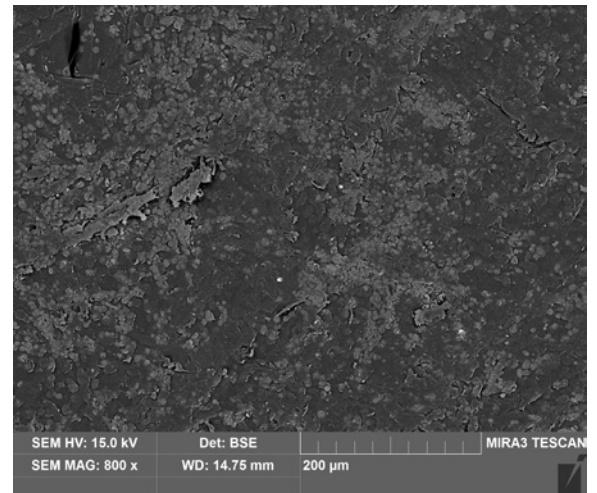
obr. č. 599 a č. 600 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



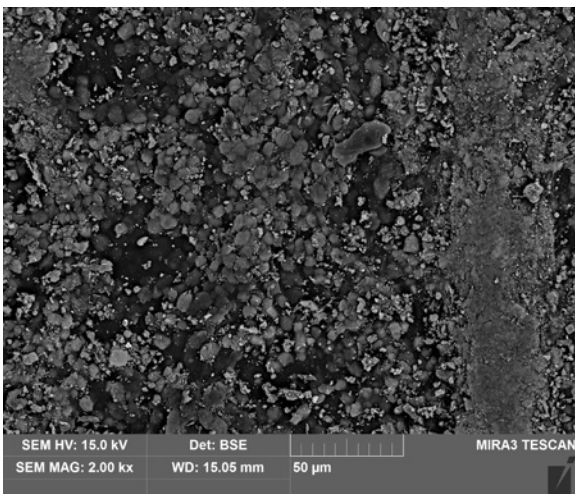
obr. č. 601 a 602 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



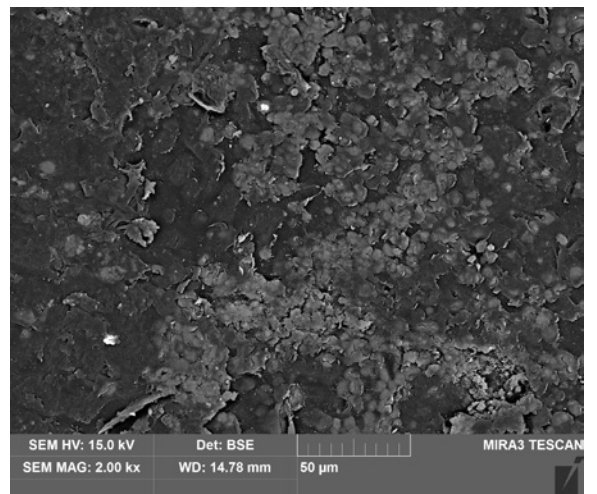
obr. č. 603 – SEM snímok, pred čistením



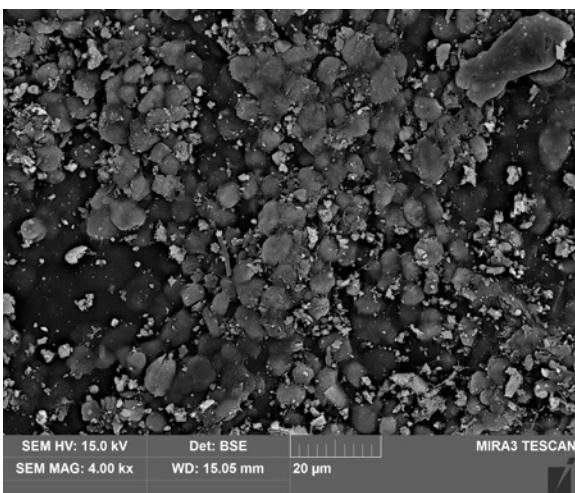
obr. č. 604 – SEM snímok, po čistení



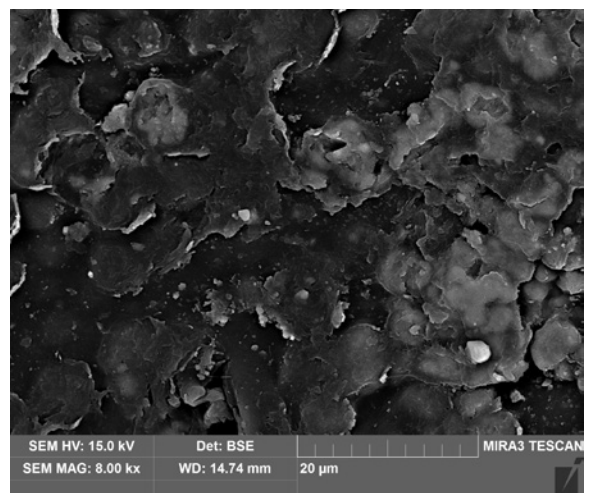
obr. č. 605 – SEM snímok, pred čistením



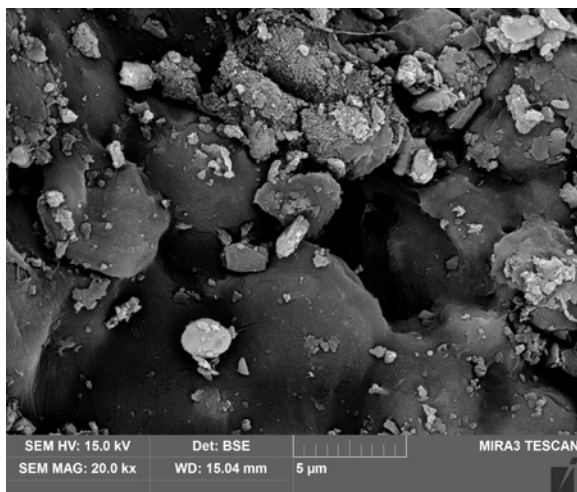
obr. č. 606 – SEM snímok, po čistení



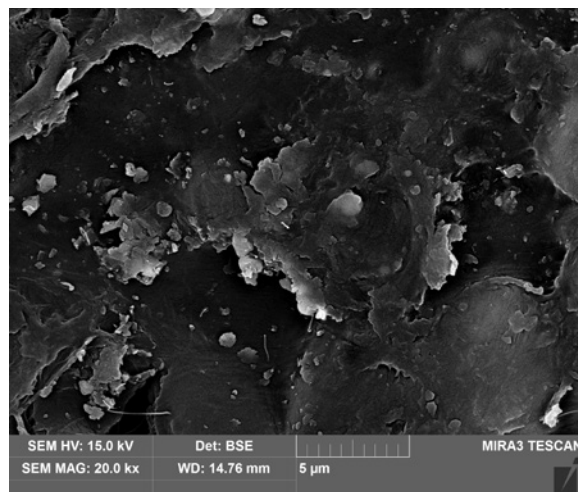
obr. č. 607 – SEM snímok, pred čistením



obr. č. 608 – SEM snímok, po čistení



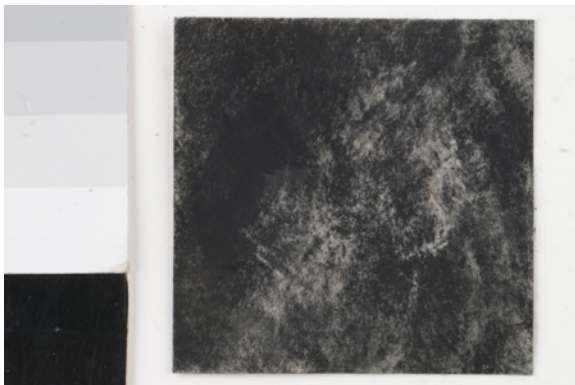
obr. č. 609 – SEM snímok, pred čistením



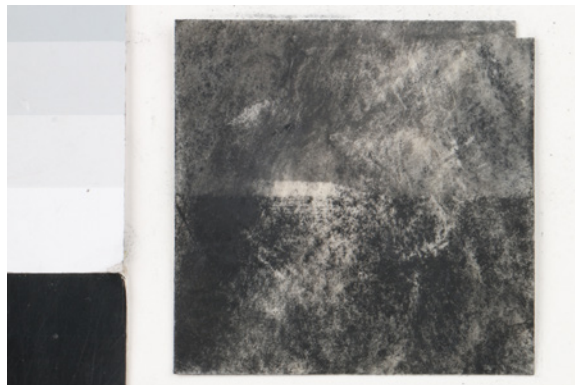
obr. č. 610 – SEM snímok, po čistení

16.3.4.2 Vzorky znečistené pigmentom

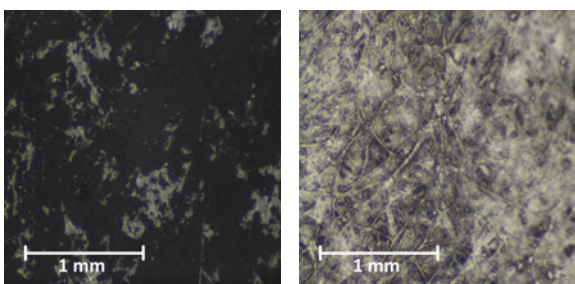
Vzorka MIs1



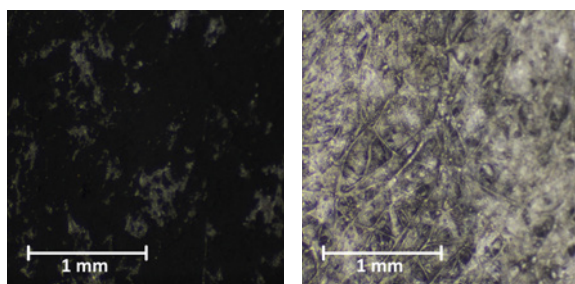
obr. č. 611 – vzorka pred čistením



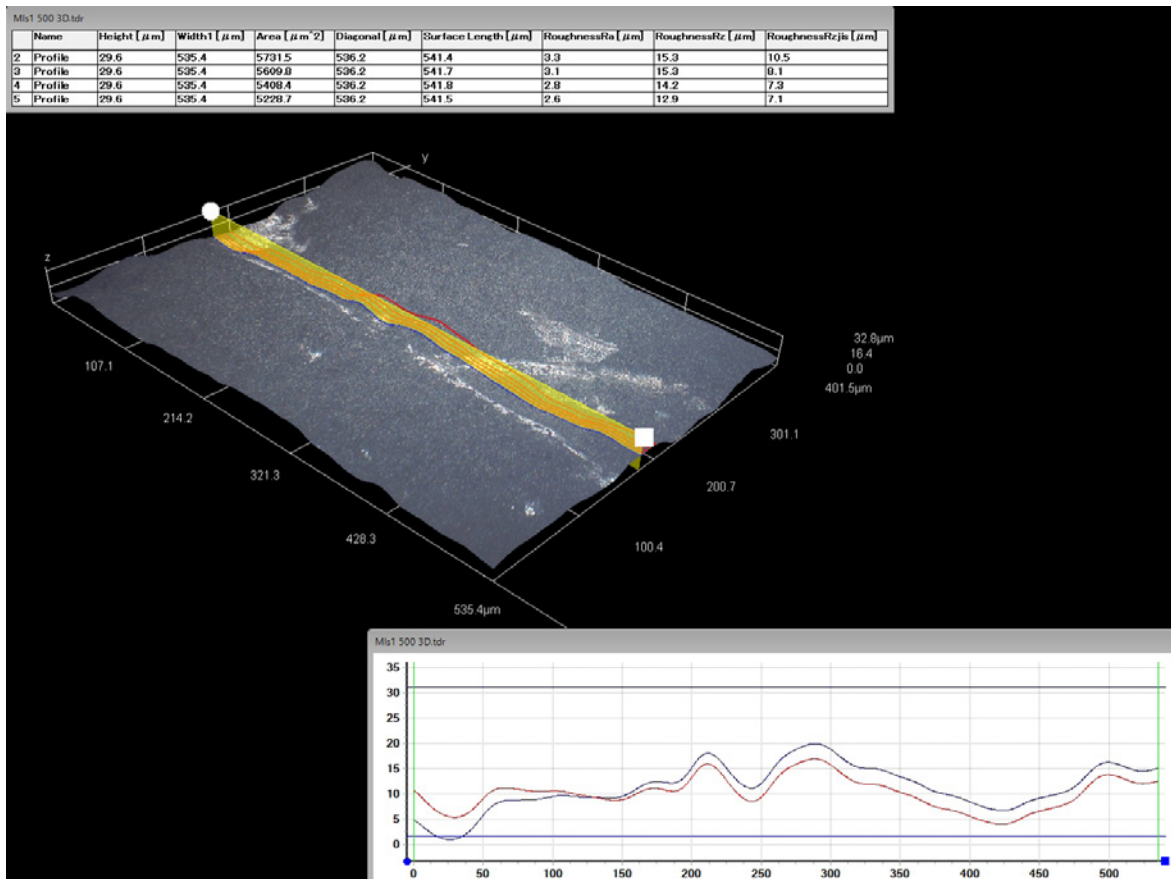
obr. č. 612 – vzorka po čistení



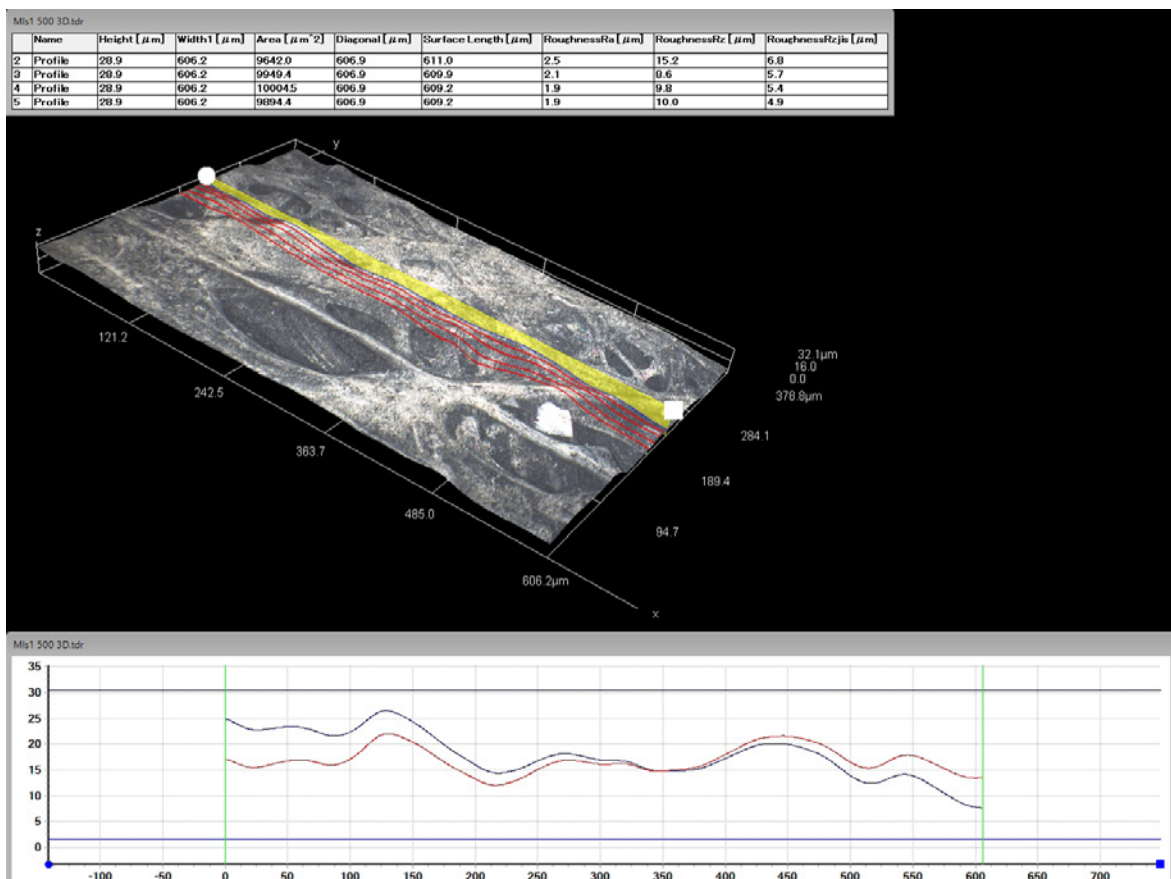
obr. č. 613 a č. 614 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 615 a 616 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

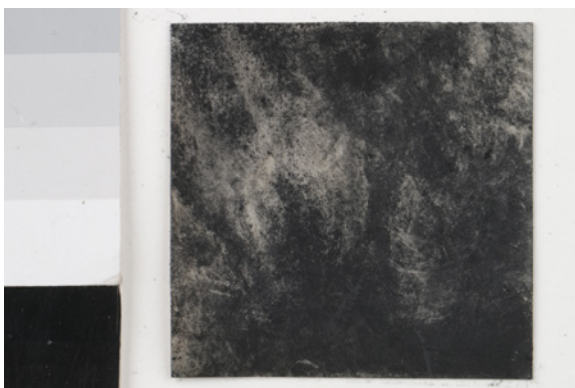


obr. č. 617 – 3D model a profil vzorky před čištením



obr. č. 618 – 3D model a profil vzorky po čištení

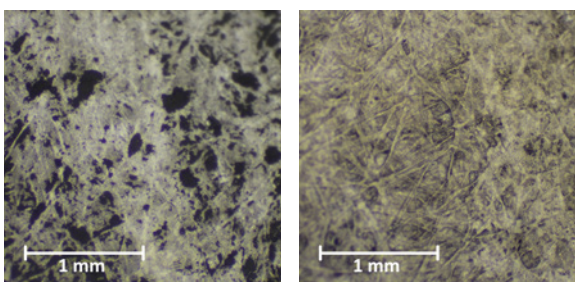
Vzorka MIs2



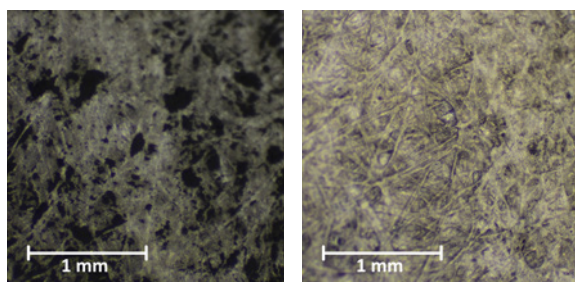
obr. č. 619 – vzorka pred čistením



obr. č. 620 – vzorka po čistení



obr. č. 621 a č. 622 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

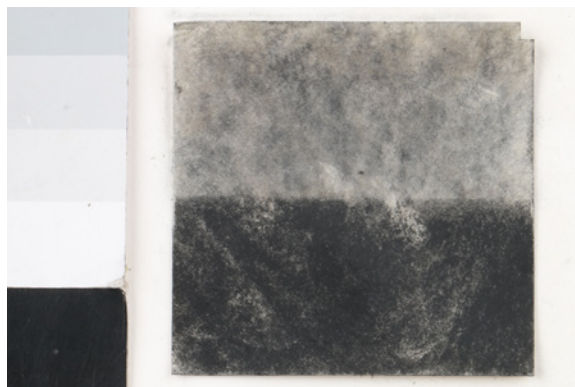


obr. č. 623 a 624 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

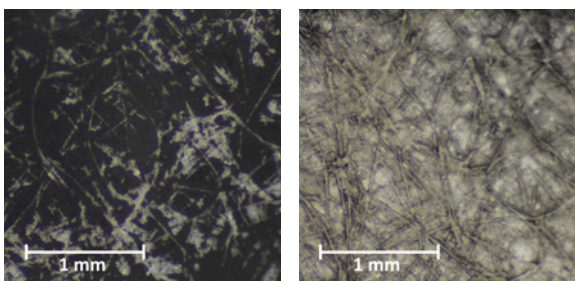
Vzorka MIs3



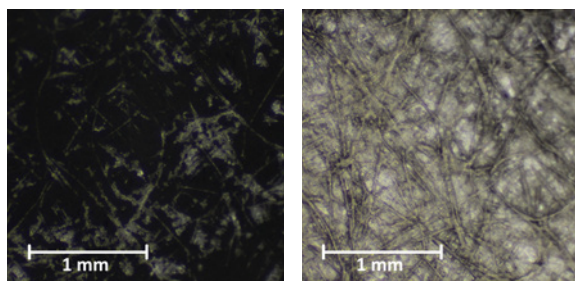
obr. č. 625 – vzorka pred čistením



obr. č. 626 – vzorka po čistení



obr. č. 627 a č. 628 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 629 a 630 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

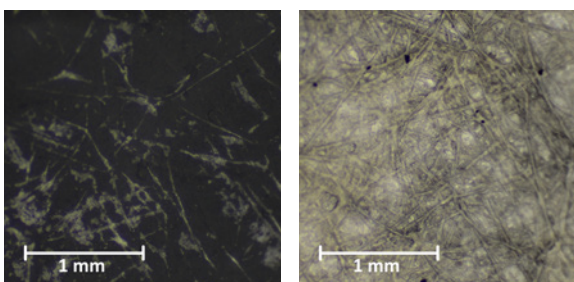
Vzorka MIs4



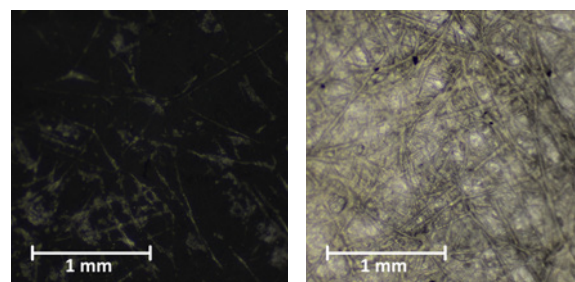
obr. č. 631 – vzorka pred čistením



obr. č. 632 – vzorka po čistení



obr. č. 633 a č. 634 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 635 a 636 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

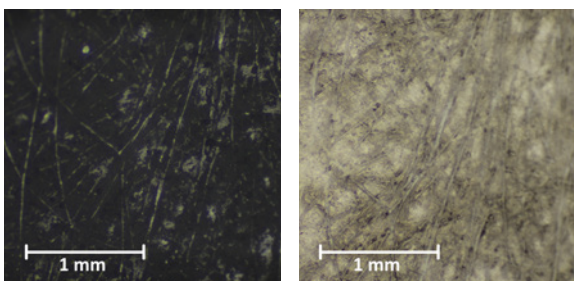
Vzorka MIs5



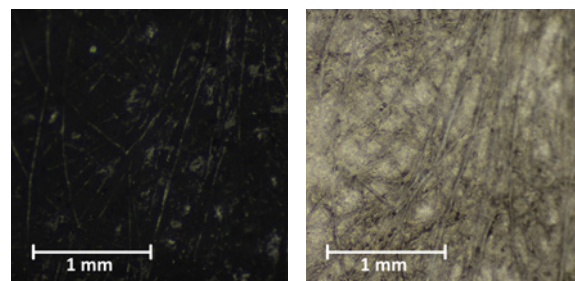
obr. č. 637 – vzorka pred čistením



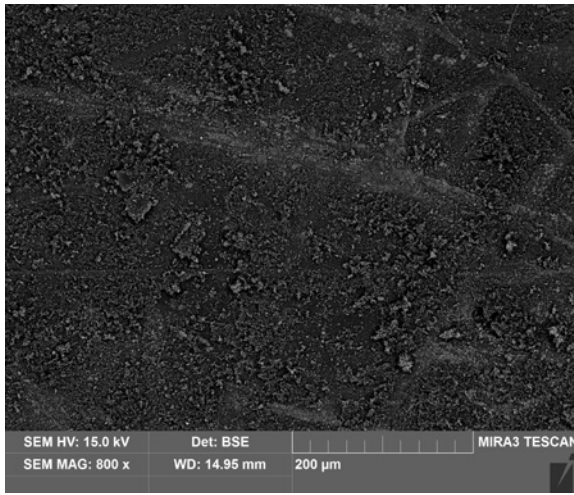
obr. č. 638 – vzorka po čistení



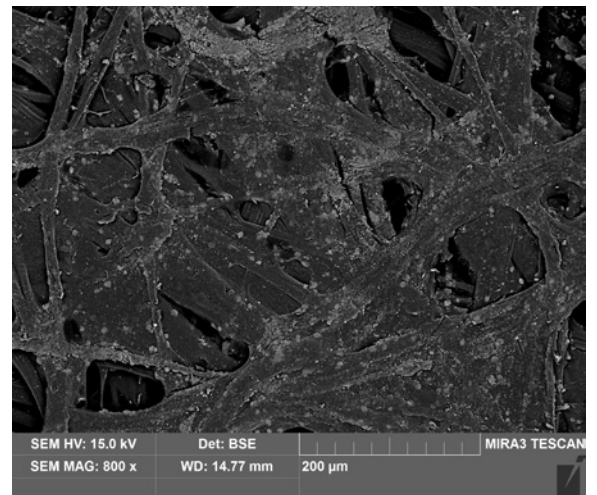
obr. č. 639 a č. 640 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



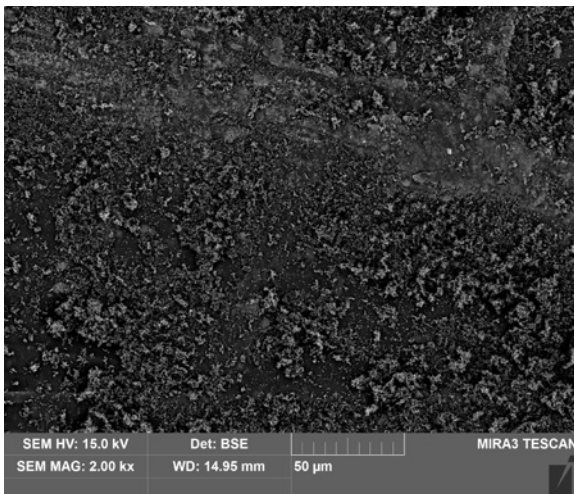
obr. č. 641 a 642 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



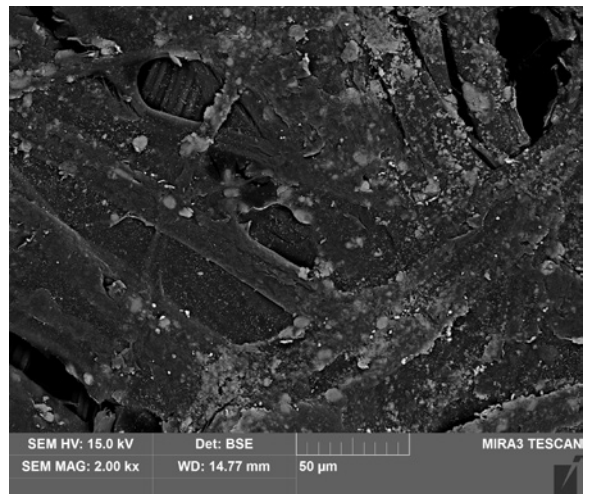
obr. č. 643 – SEM snímok, pred čistením



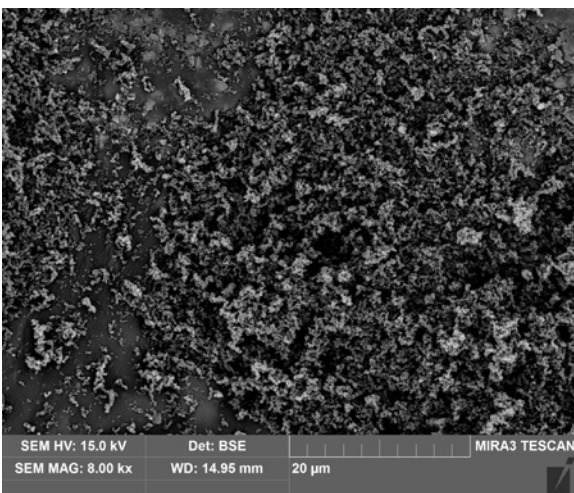
obr. č. 644 – SEM snímok, po čistení



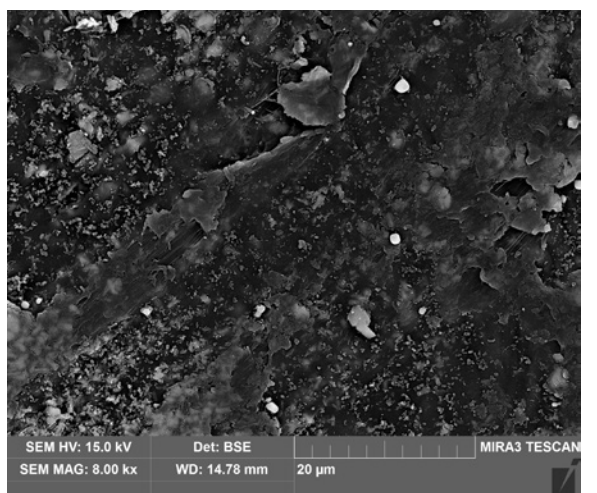
obr. č. 645 – SEM snímok, pred čistením



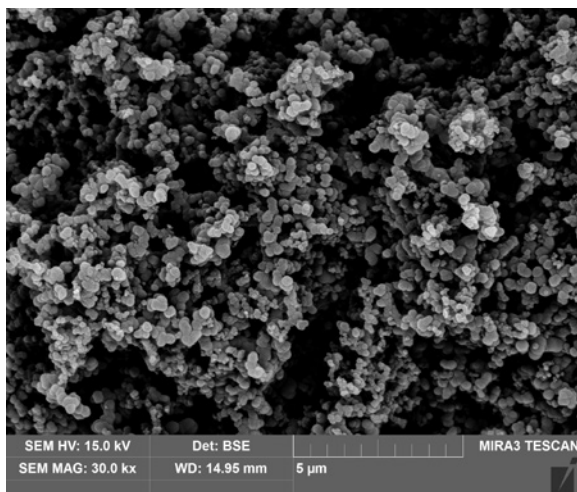
obr. č. 646 – SEM snímok, po čistení



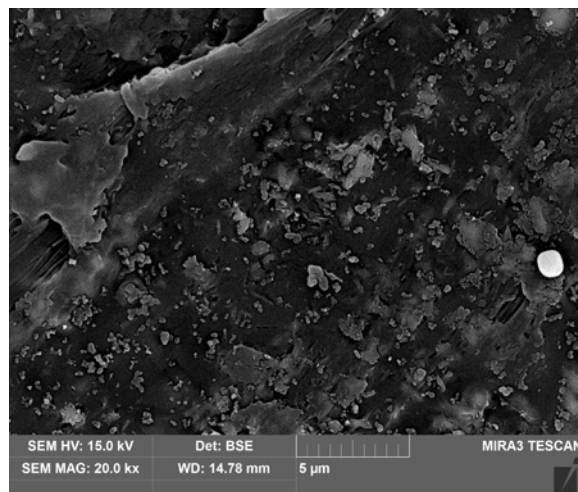
obr. č. 647 – SEM snímok, pred čistením



obr. č. 648 – SEM snímok, po čistení



obr. č. 649 – SEM snímok, pred čistením



obr. č. 650 – SEM snímok, po čistení

16.4 Vzorky pergamenu čistené mikropieskovačkou s použitím orechových škrupín ako abrazíva

16.4.1 Vzorky historického písacieho pergamenu

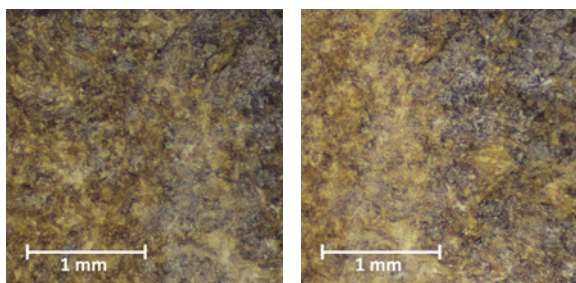
Vzorka MIII1



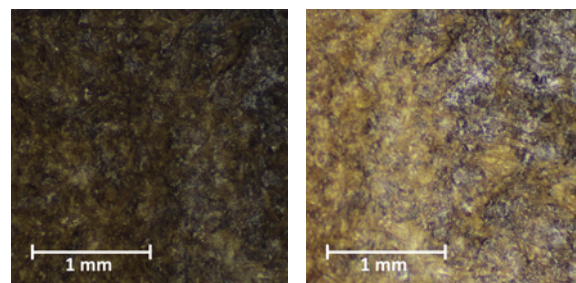
obr. č. 651 – vzorka pred čistením



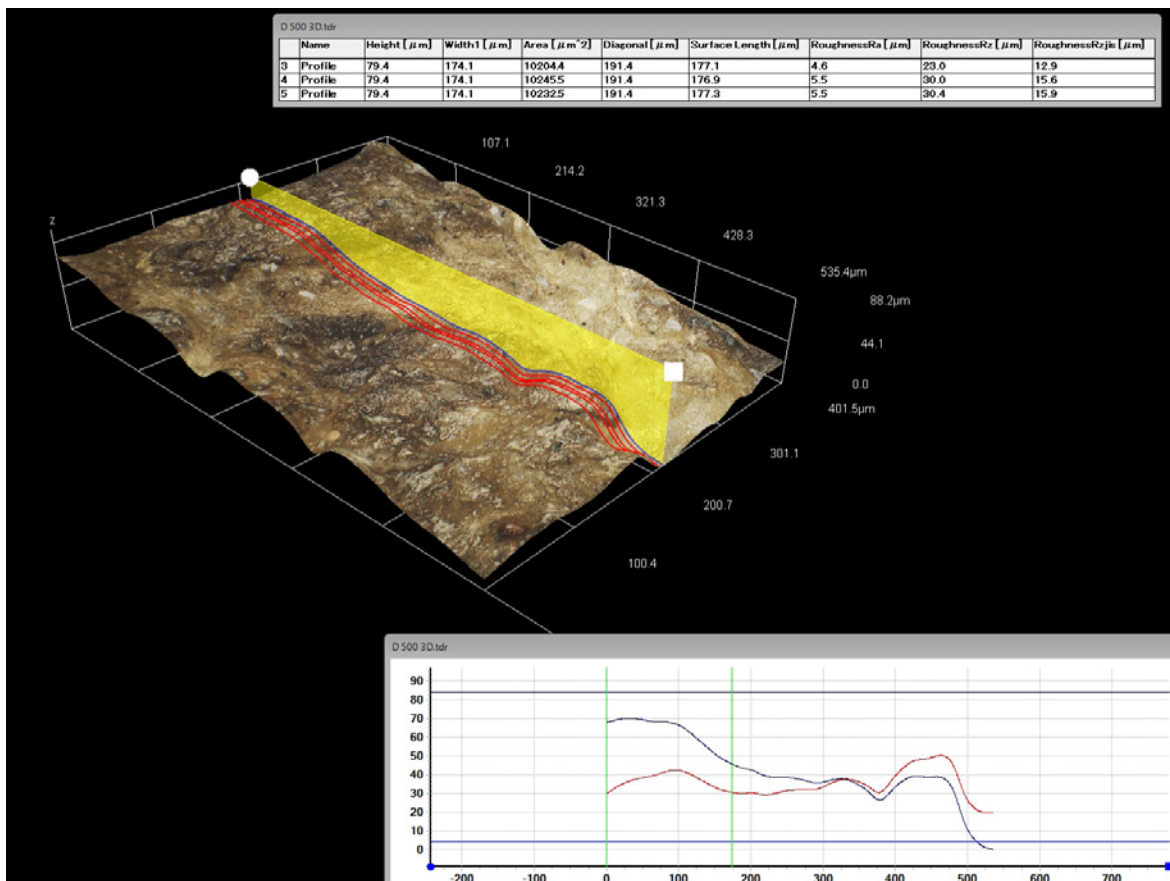
obr. č. 652 – vzorka po čistení



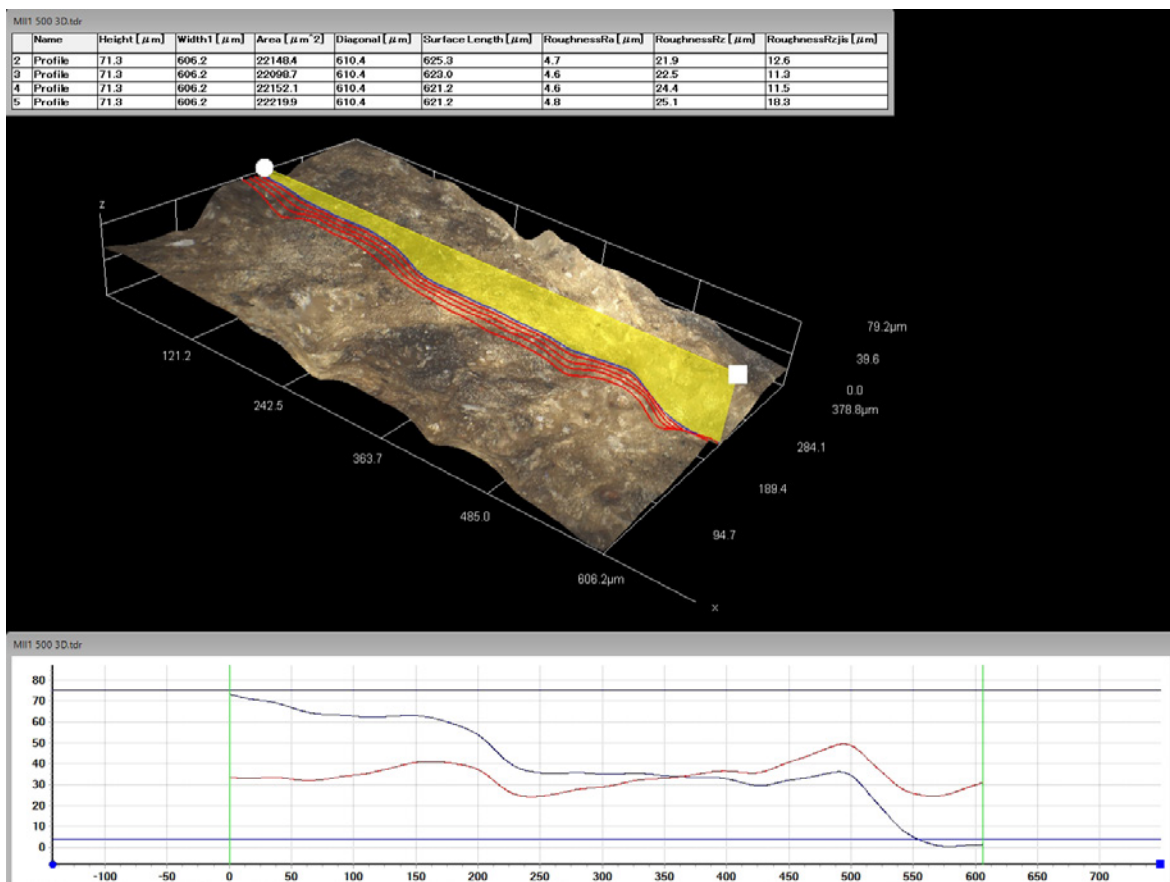
obr. č. 653 a č. 654 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 655 a 656 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 657 – 3D model a profil vzorky pred čistením



obr. č. 658 – 3D model a profil vzorky po čistení

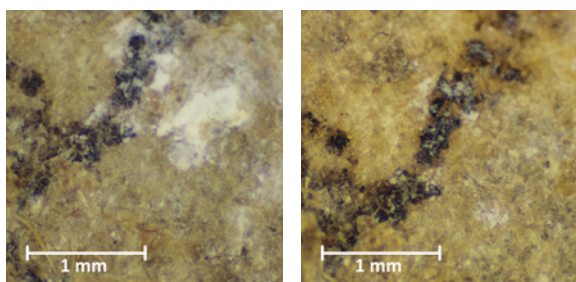
Vzorka MII2



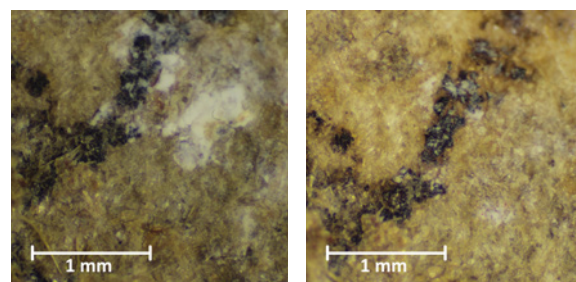
obr. č. 659 – vzorka pred čistením



obr. č. 660 – vzorka po čistení



obr. č. 661 a č. 662 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 663 a 664 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

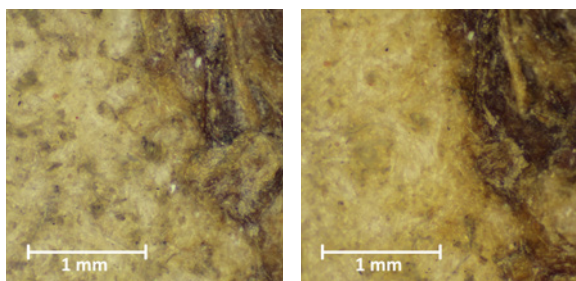
Vzorka MII3



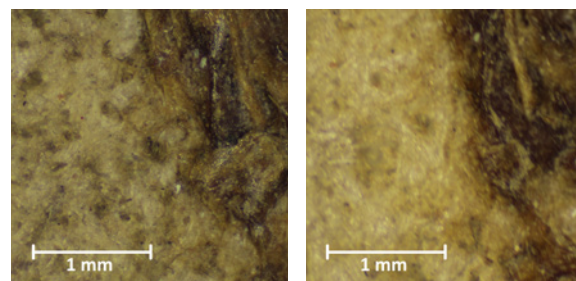
obr. č. 665 – vzorka pred čistením



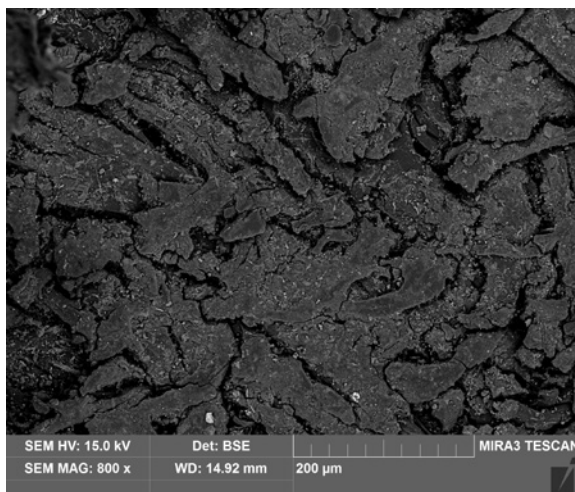
obr. č. 666 – vzorka po čistení



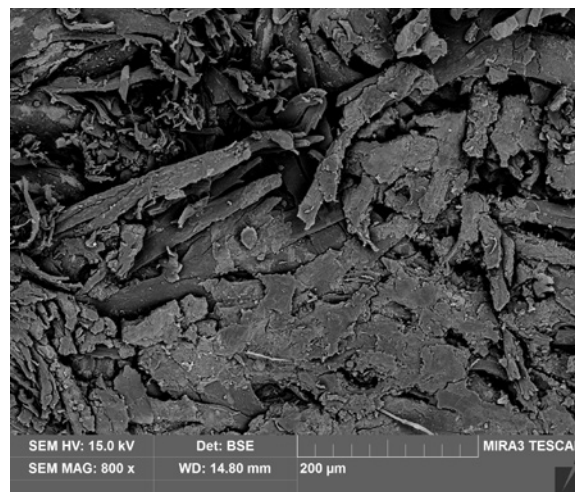
obr. č. 667 a č. 668 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



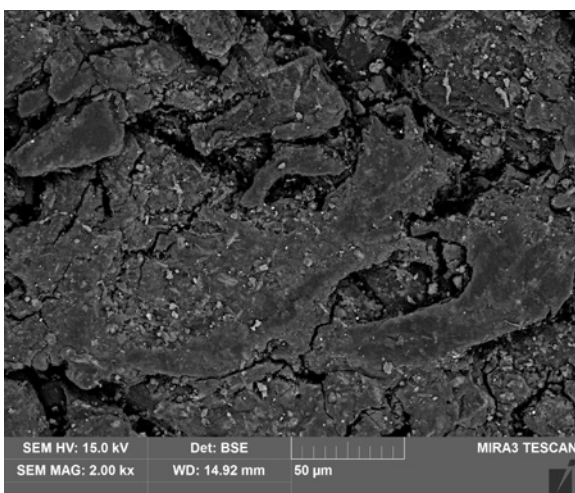
obr. č. 669 a 670 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



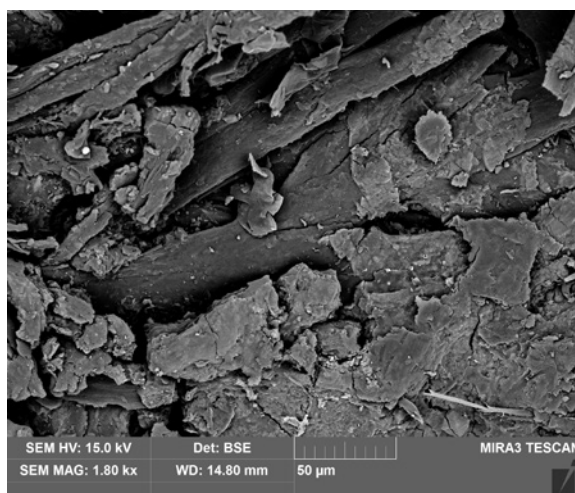
obr. č. 671 – SEM snímok, pred čistením



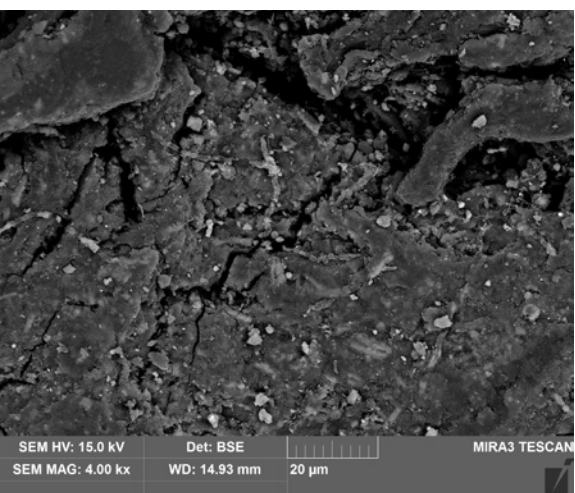
obr. č. 672 – SEM snímok, po čistení



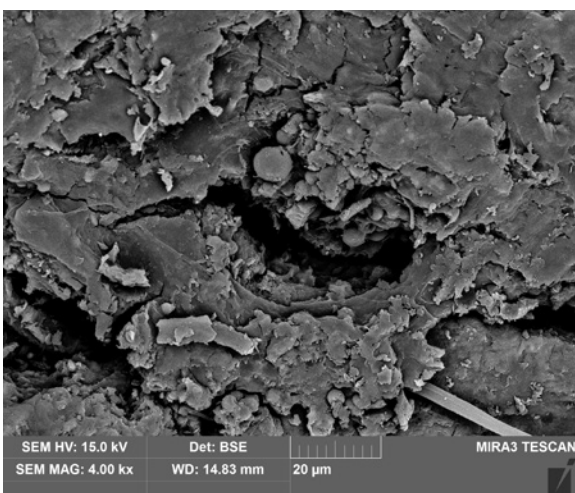
obr. č. 673 – SEM snímok, pred čistením



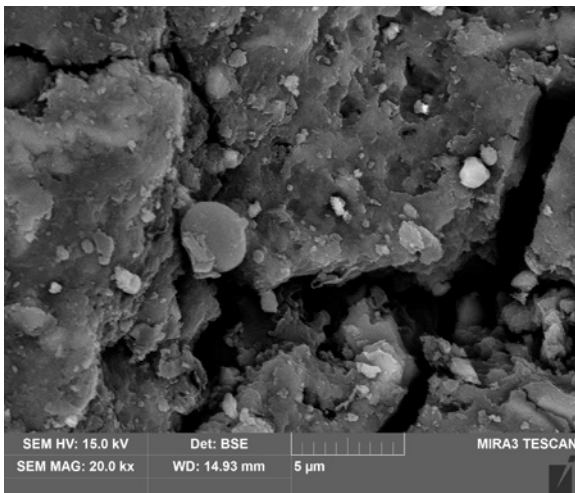
obr. č. 674 – SEM snímok, po čistení



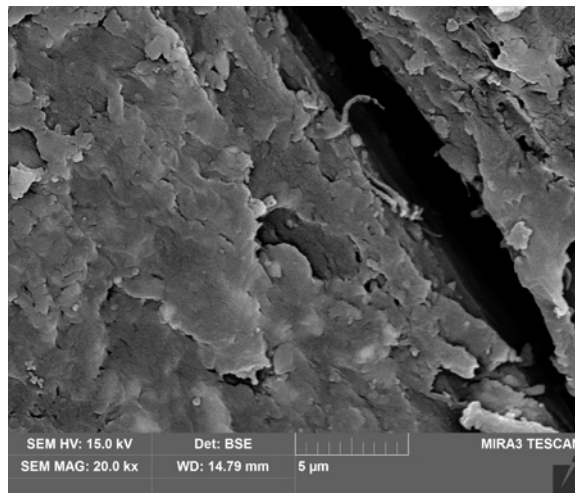
obr. č. 675 – SEM snímok, pred čistením



obr. č. 676 – SEM snímok, po čistení



obr. č. 677 – SEM snímok, pred čistením



obr. č. 678 – SEM snímok, po čistení

16.4.2 Vzorky historického väzobného pergamentu

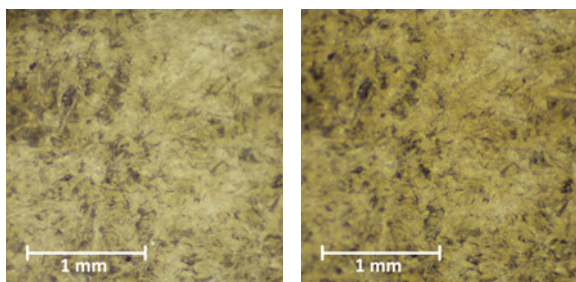
Vzorka MIII1



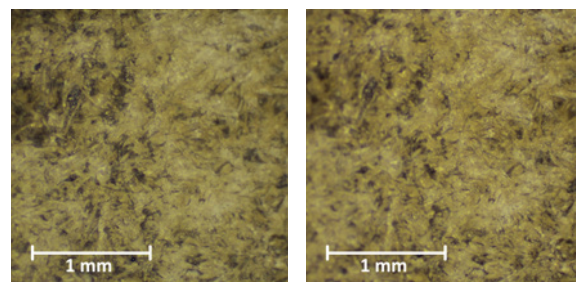
obr. č. 679 – vzorka pred čistením



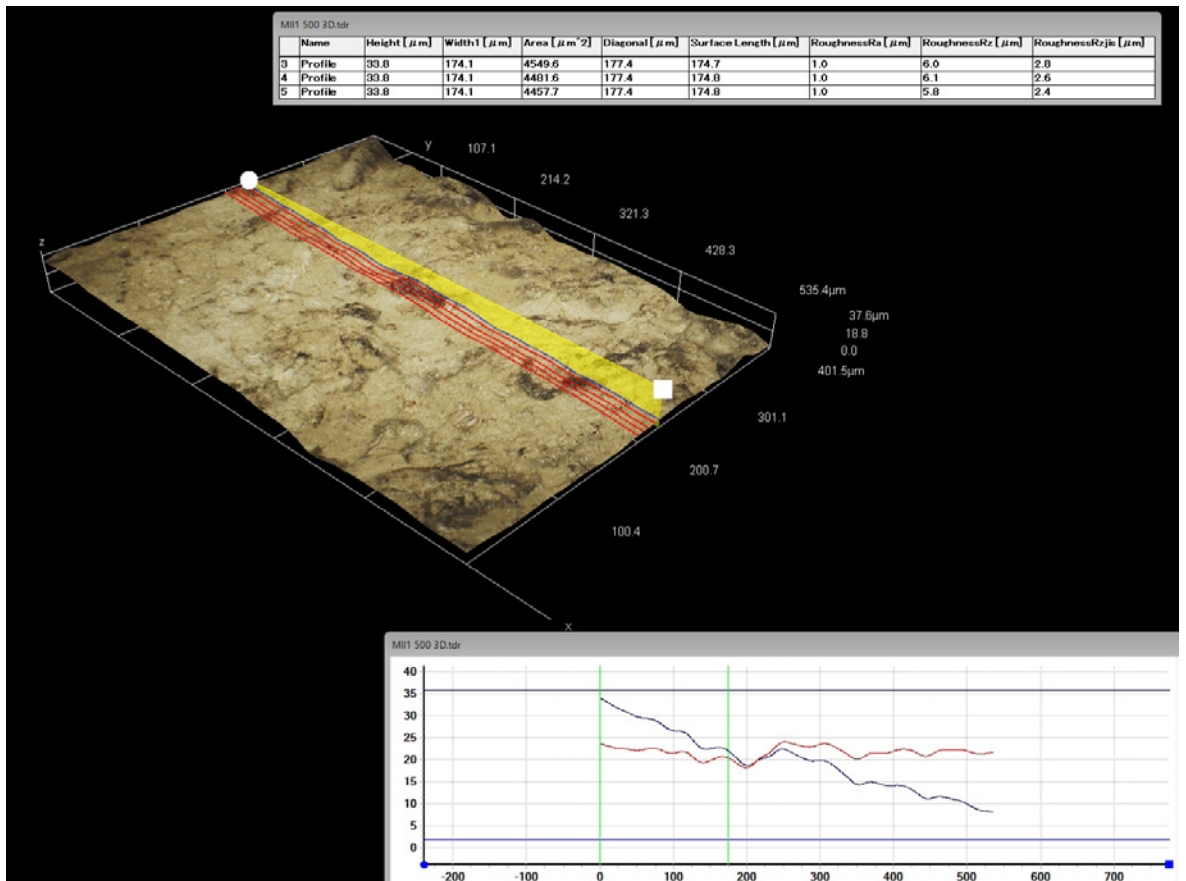
obr. č. 680 – vzorka po čistení



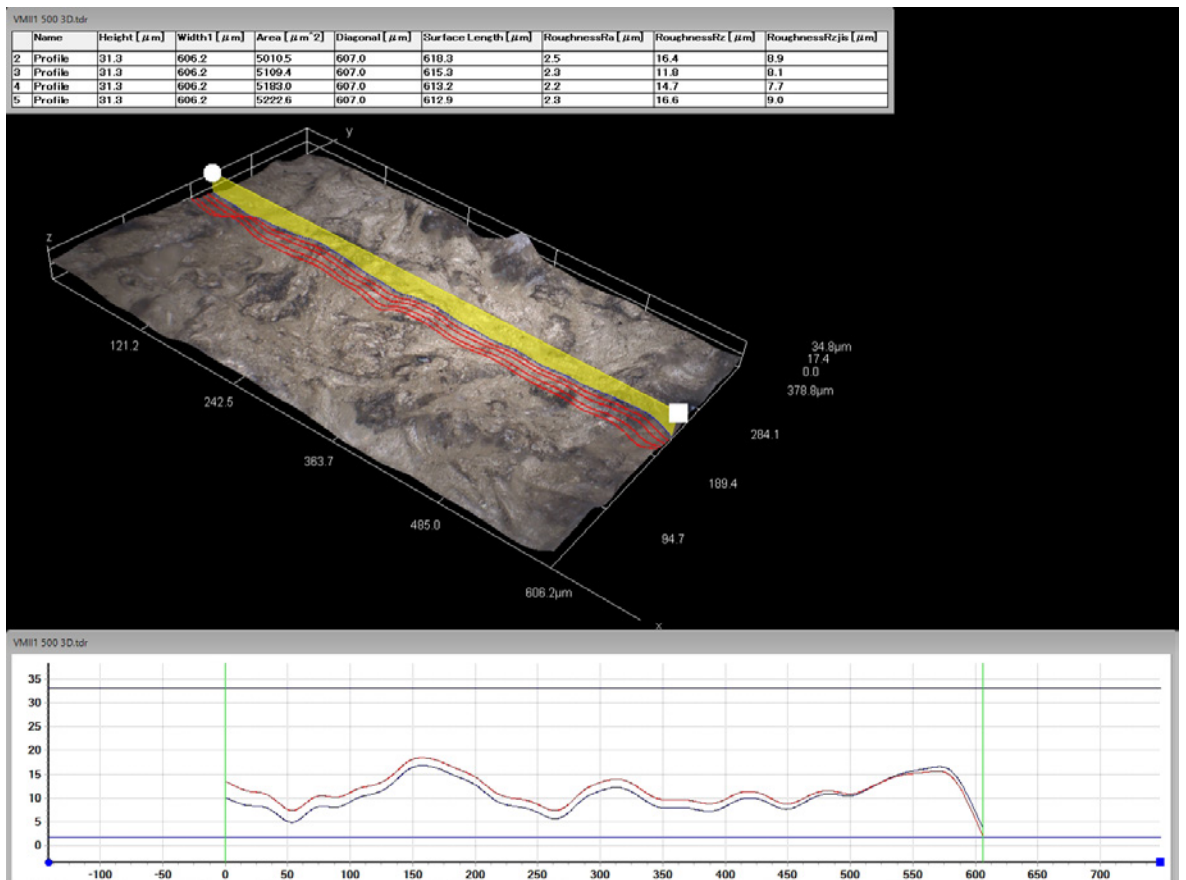
obr. č. 681 a č. 682 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 683 a 684 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 685 – 3D model a profil vzorky pred čistením



obr. č. 686 – 3D model a profil vzorky po čistení

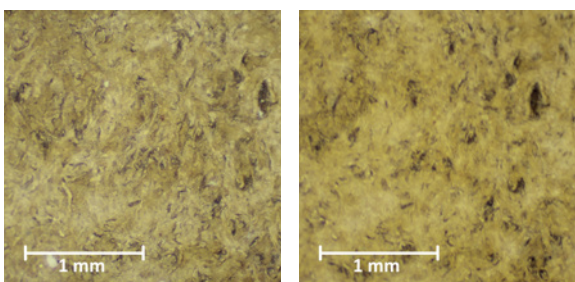
Vzorka MII2



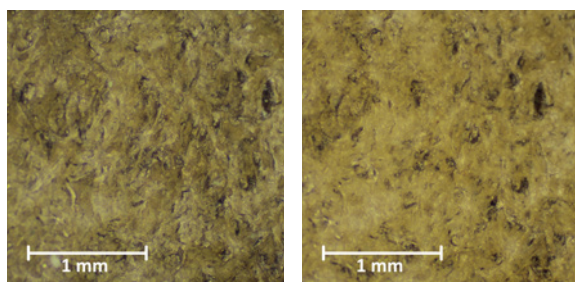
obr. č. 687 – vzorka pred čistením



obr. č. 688 – vzorka po čistení



obr. č. 689 a č. 690 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 691 a 692 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

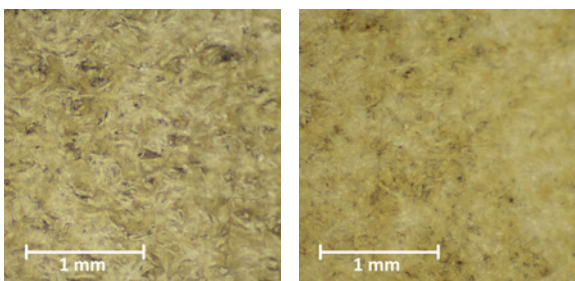
Vzorka MII3



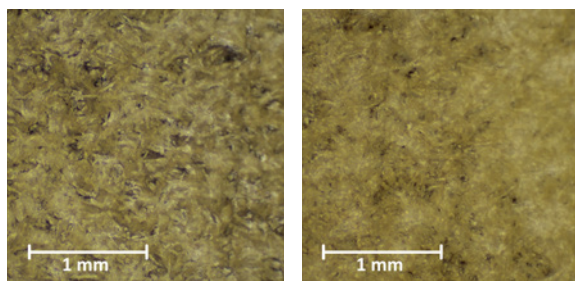
obr. č. 693 – vzorka pred čistením



obr. č. 694 – vzorka po čistení



obr. č. 695 a č. 696 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 697 a 698 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

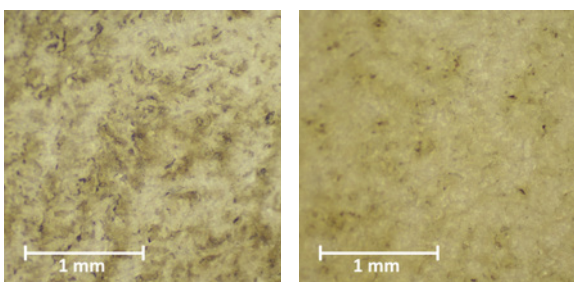
Vzorka MII4



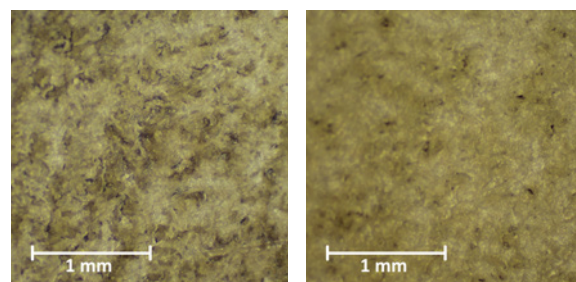
obr. č. 699 – vzorka pred čistením



obr. č. 700 – vzorka po čistení



obr. č. 701 a č. 702 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

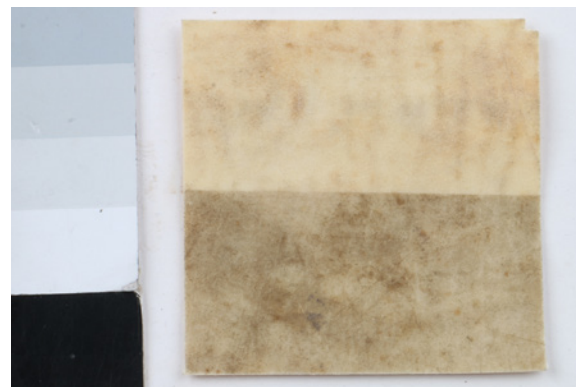


obr. č. 703 a 704 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

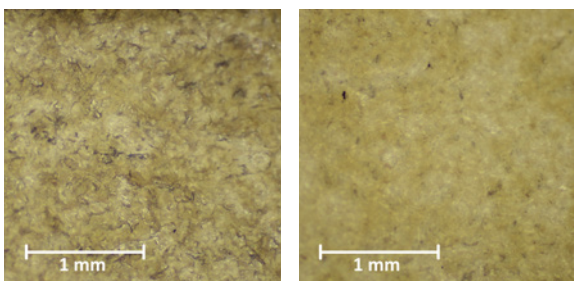
Vzorka MII5



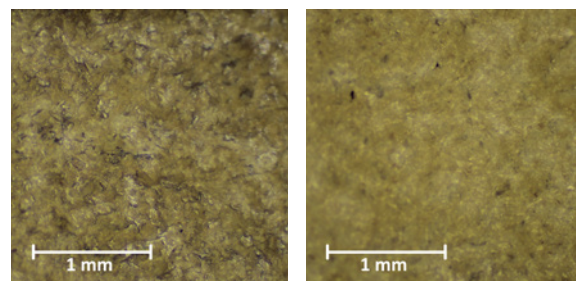
obr. č. 705 – vzorka pred čistením



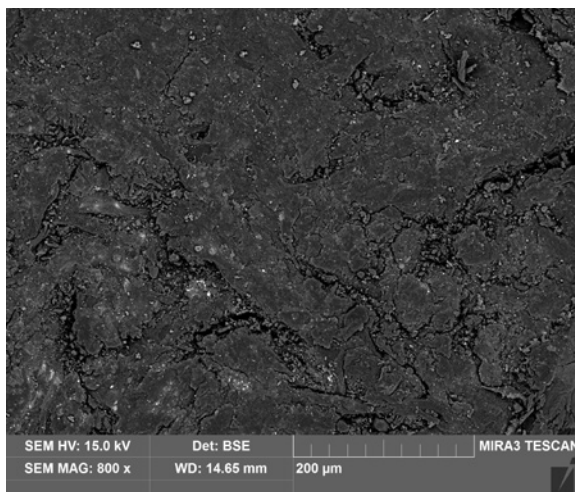
obr. č. 706 – vzorka po čistení



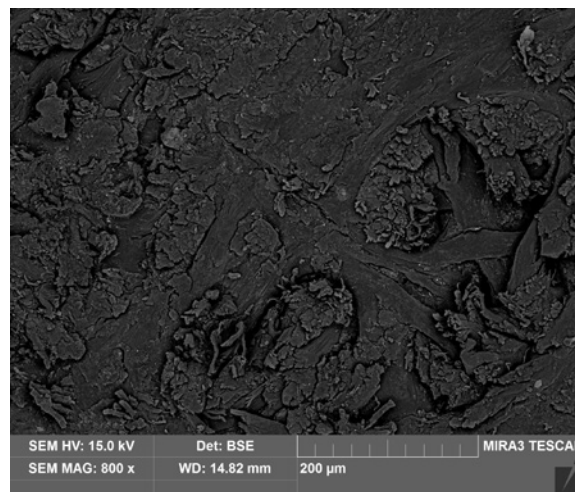
obr. č. 707 a č. 708 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



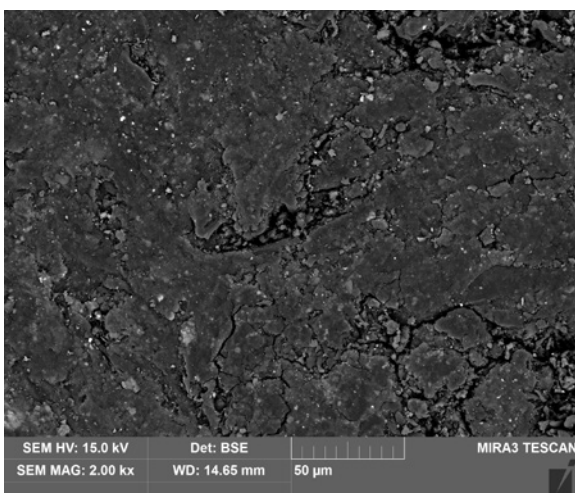
obr. č. 709 a 710 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



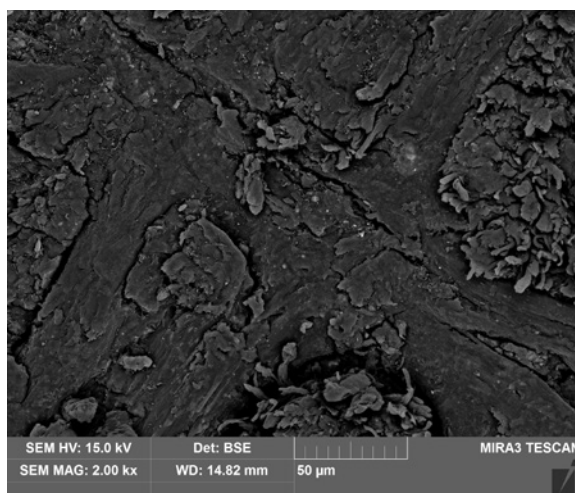
obr. č. 711 – SEM snímok, pred čistením



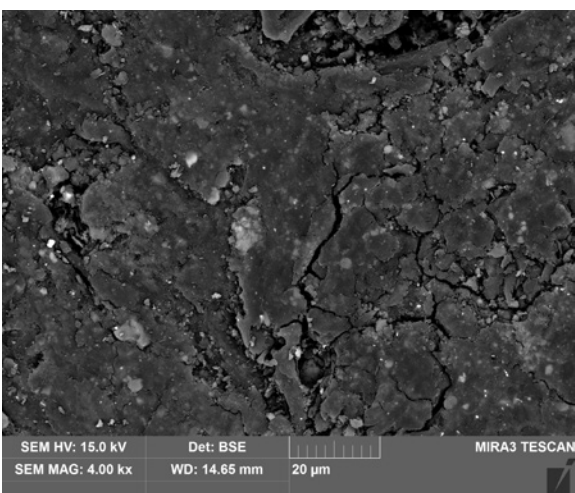
obr. č. 712 – SEM snímok, po čistení



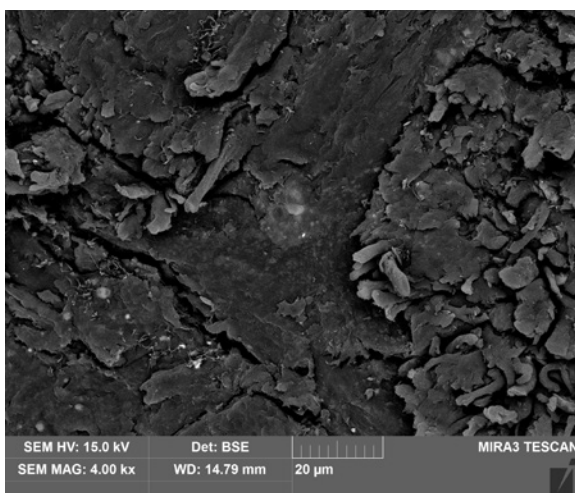
obr. č. 713 – SEM snímok, pred čistením



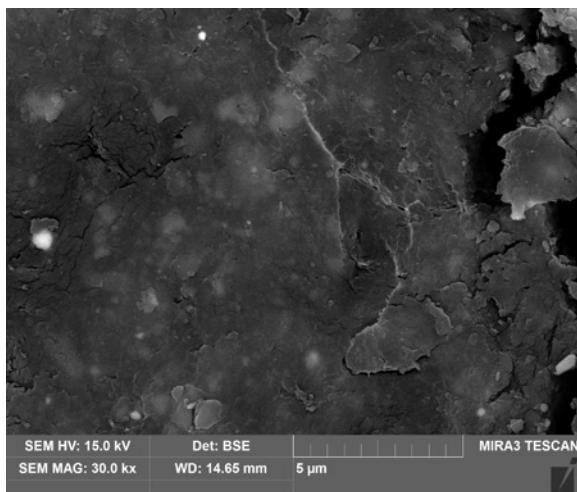
obr. č. 714 – SEM snímok, po čistení



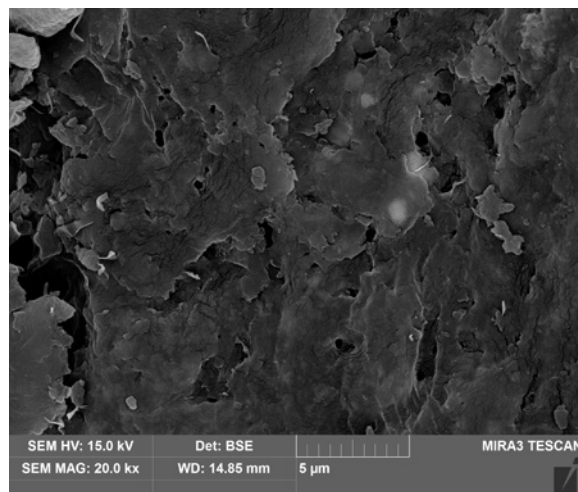
obr. č. 715 – SEM snímok, pred čistením



obr. č. 716 – SEM snímok, po čistení



obr. č. 717 – SEM snímok, pred čistením



obr. č. 718 – SEM snímok, po čistení

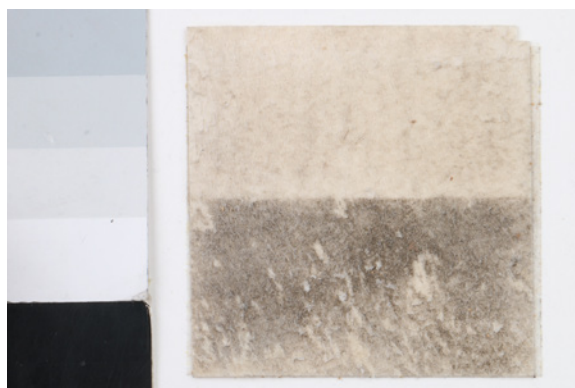
16.4.3 Vzorky nového písacieho pergamenu

16.4.3.1 Vzorky znečistené prachom

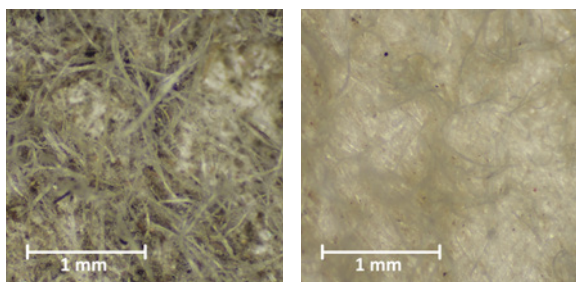
Vzorka MIIp1



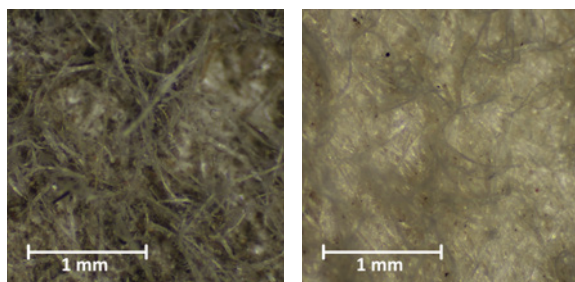
obr. č. 719 – vzorka pred čistením



obr. č. 720 – vzorka po čistení



obr. č. 721 a č. 722 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 723 a 724 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

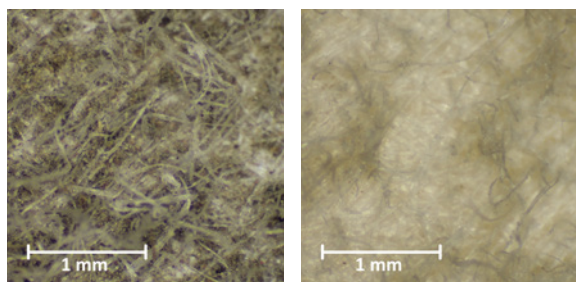
Vzorka MIIp2



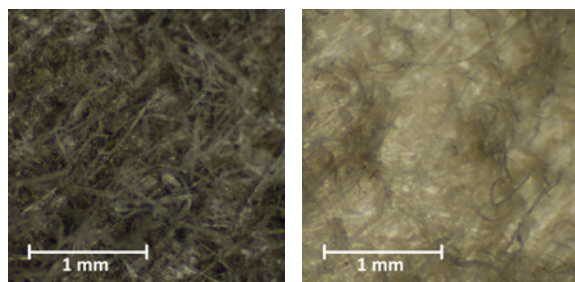
obr. č. 725 – vzorka pred čistením



obr. č. 726 – vzorka po čistení



obr. č. 727 a č. 728 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 729 a 730 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

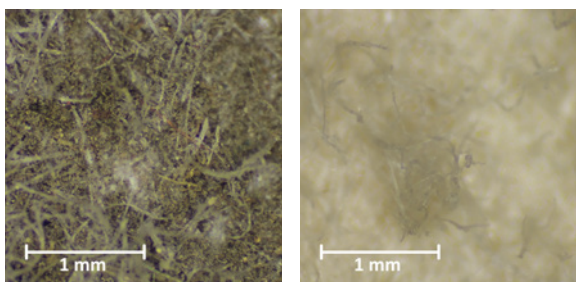
Vzorka MIIp3



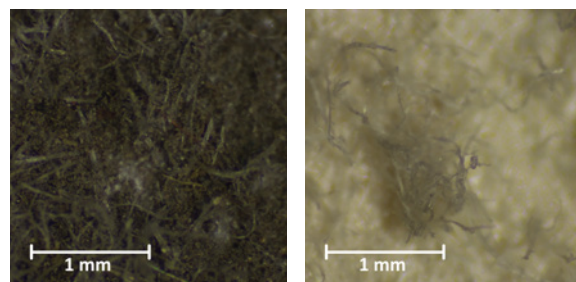
obr. č. 731 – vzorka pred čistením



obr. č. 732 – vzorka po čistení



obr. č. 733 a č. 734 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 735 a 736 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

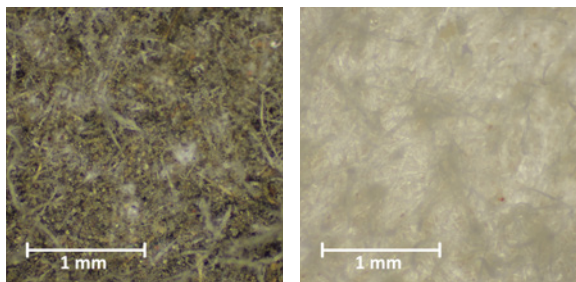
Vzorka MIIp4



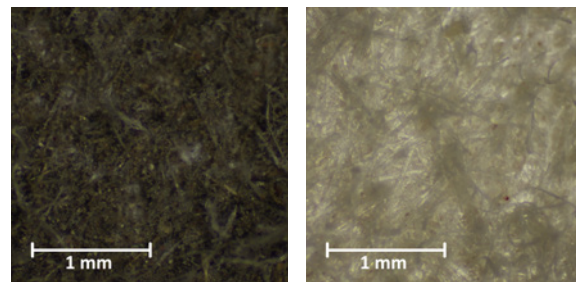
obr. č. 737 – vzorka pred čistením



obr. č. 738 – vzorka po čistení

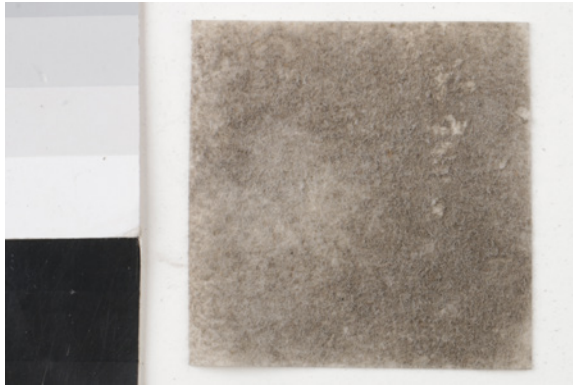


obr. č. 739 a č. 740 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 741 a 742 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

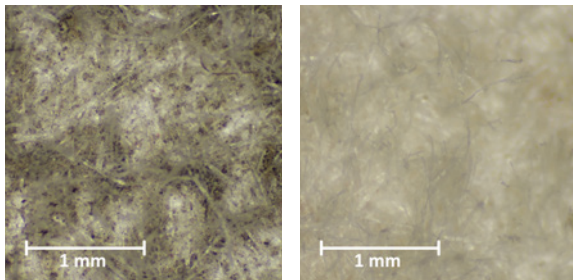
Vzorka MIIp5



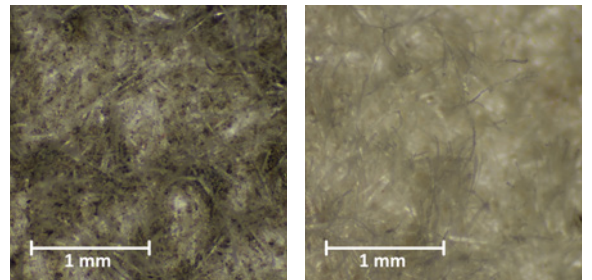
obr. č. 743 – vzorka pred čistením



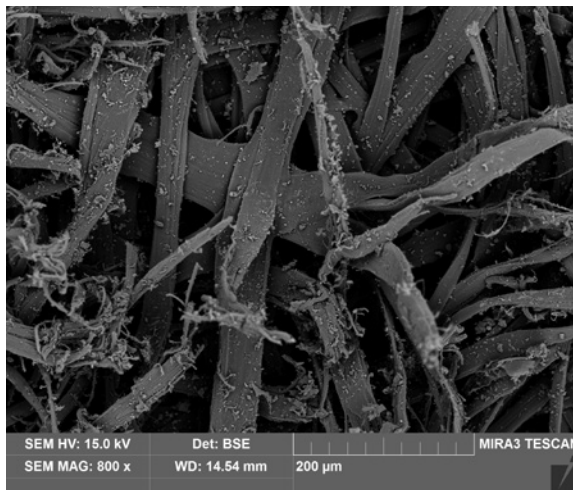
obr. č. 744 – vzorka po čistení



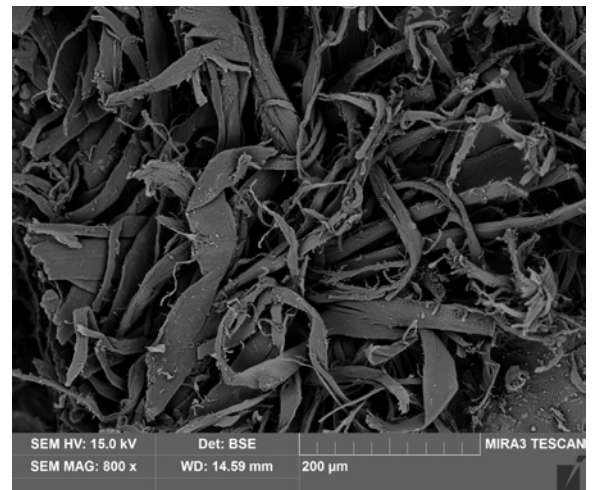
obr. č. 745 a č. 746 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



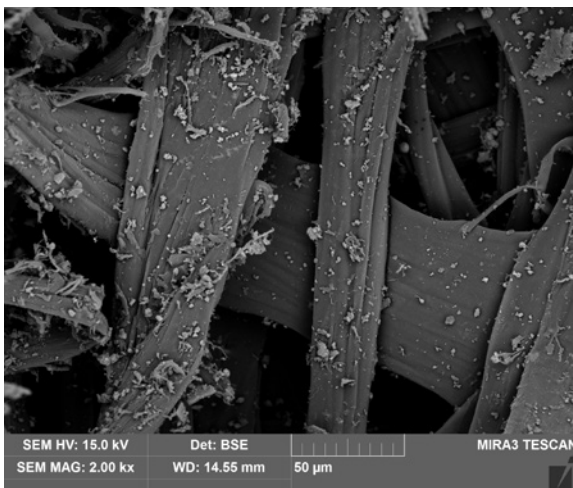
obr. č. 747 a 748 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



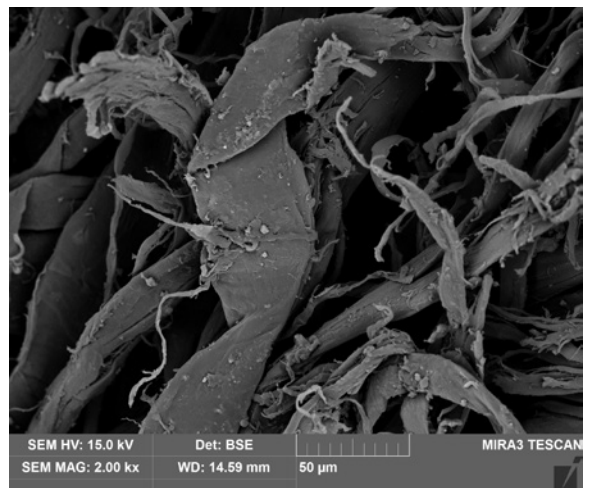
obr. č. 749 – SEM snímok, pred čistením, (vzorka MIIp5)



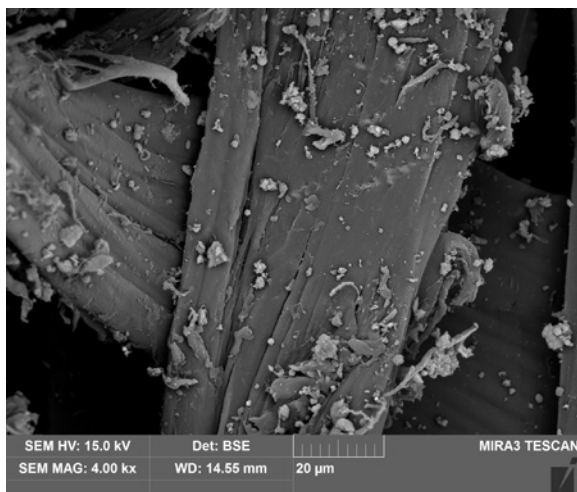
obr. č. 750 – SEM snímok, po čistení



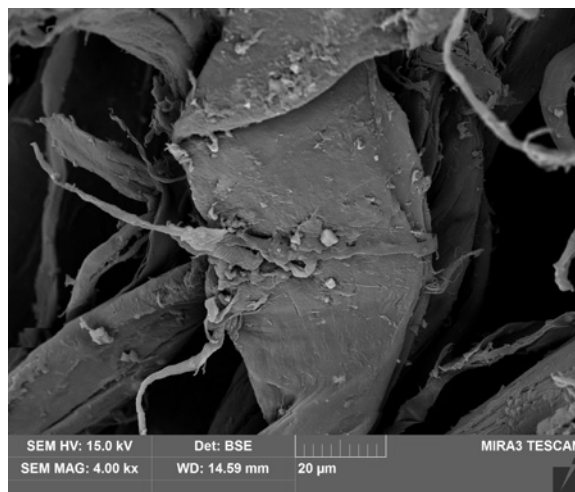
obr. č. 751 – SEM snímok, pred čistením, (vzorka MIIp5)



obr. č. 752 – SEM snímok, po čistení



obr. č. 753 – SEM snímok, pred čistením,
(vzorka MIp5)



obr. č. 754 – SEM snímok, po čistení

16.4.3.2 Vzorky znečistené pigmentom

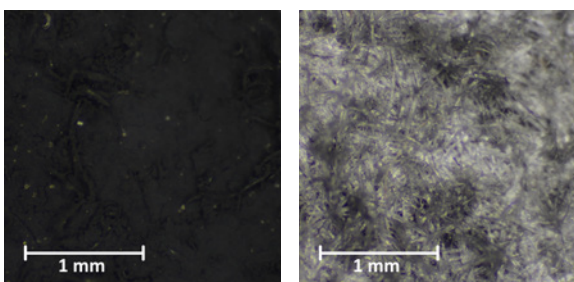
Vzorka MIIs1



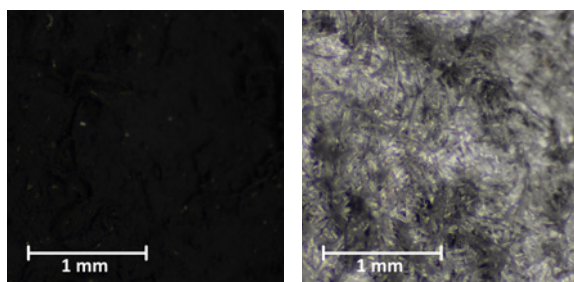
obr. č. 755 – vzorka pred čistením



obr. č. 756 – vzorka po čistení

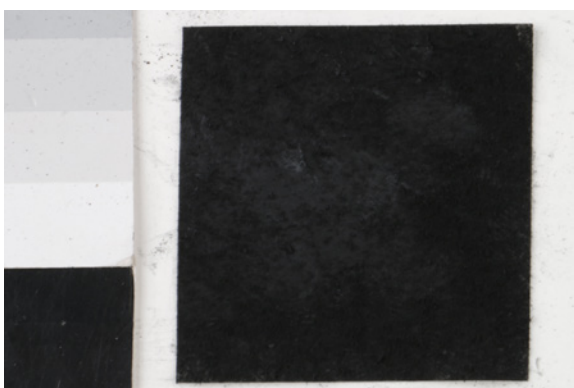


obr. č. 757 a č. 758 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

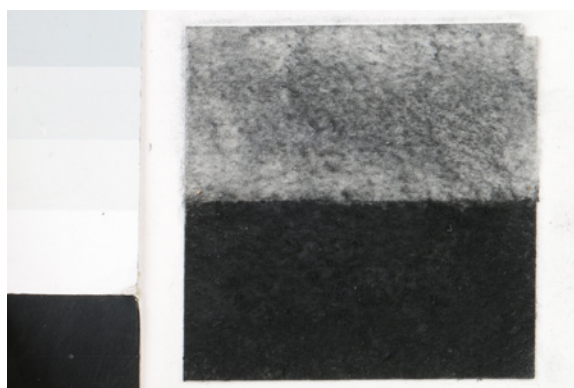


obr. č. 759 a 760 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

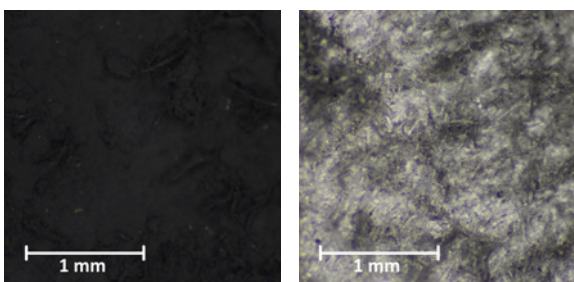
Vzorka MIIs2



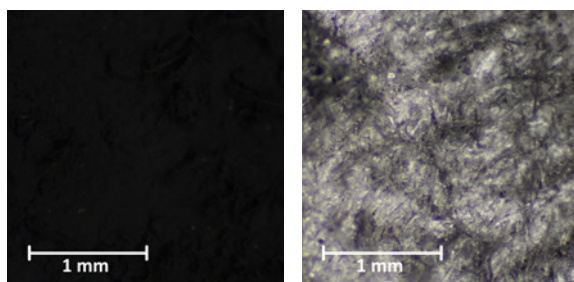
obr. č. 761 – vzorka pred čistením



obr. č. 762 – vzorka po čistení

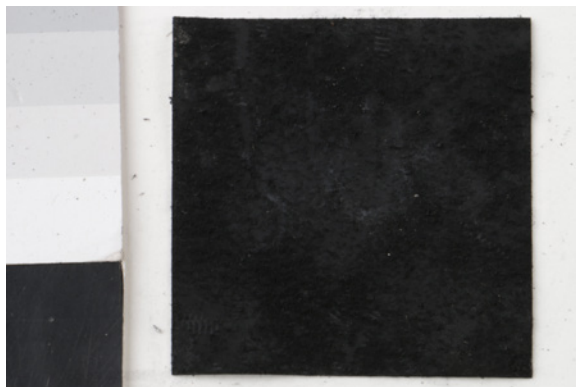


obr. č. 763 a č. 764 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

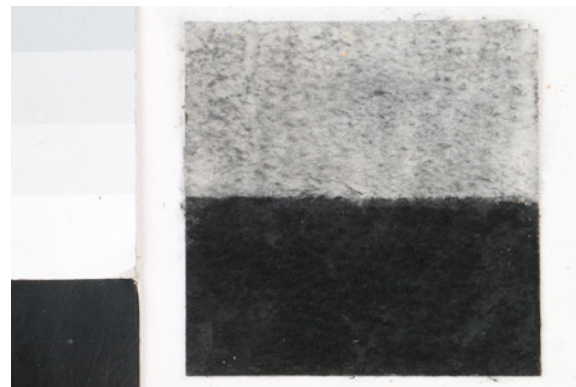


obr. č. 765 a 766 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

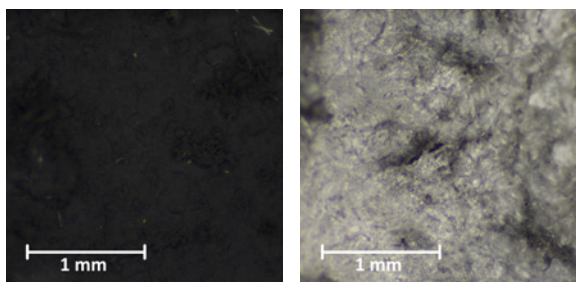
Vzorka MIIs3



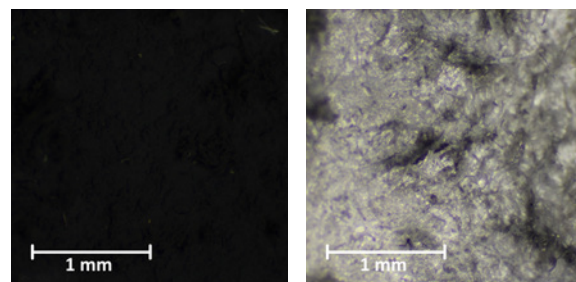
obr. č. 767 – vzorka pred čistením



obr. č. 768 – vzorka po čistení



obr. č. 769 a č. 770 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 771 a 772 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

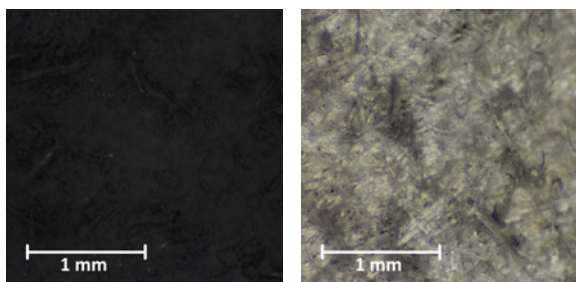
Vzorka MIIs4



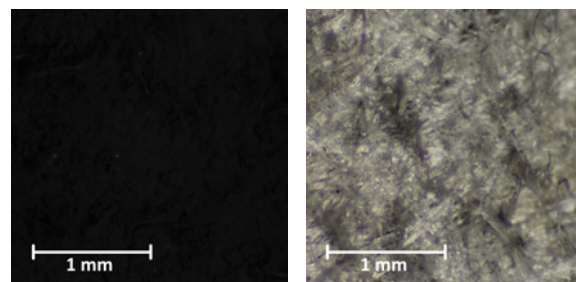
obr. č. 773 – vzorka pred čistením



obr. č. 774 – vzorka po čistení

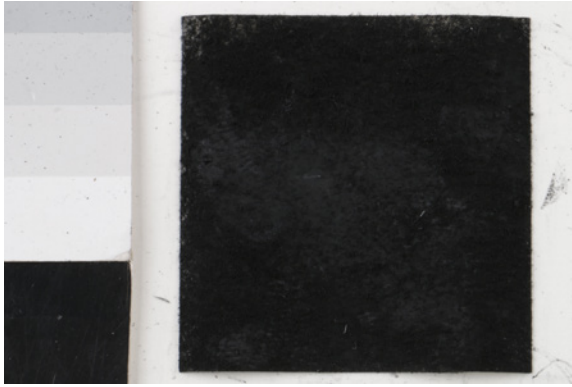


obr. č. 775 a č. 776 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

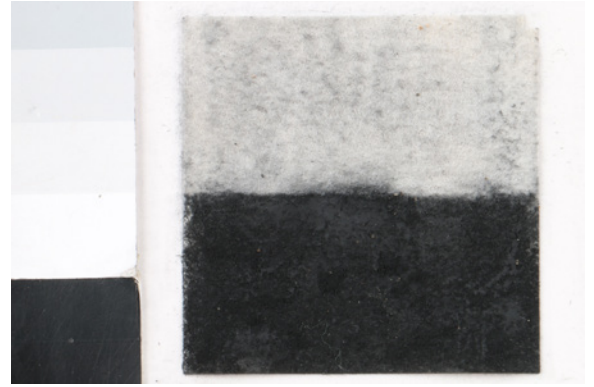


obr. č. 777 a 778 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

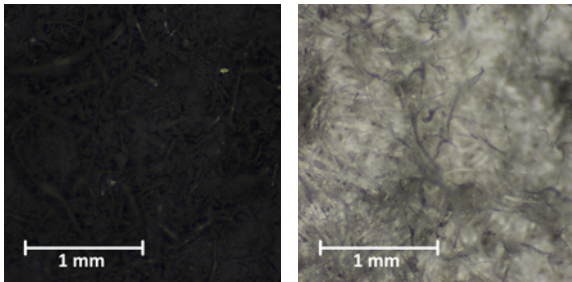
Vzorka MIs5



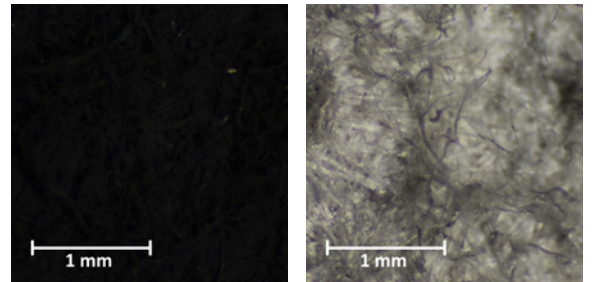
obr. č. 779 – vzorka pred čistením



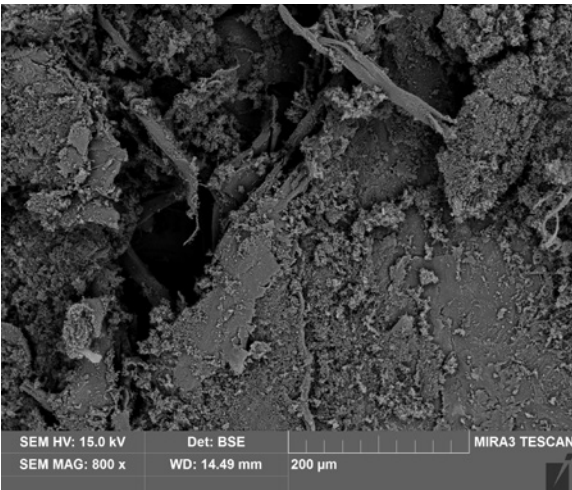
obr. č. 780 – vzorka po čistení



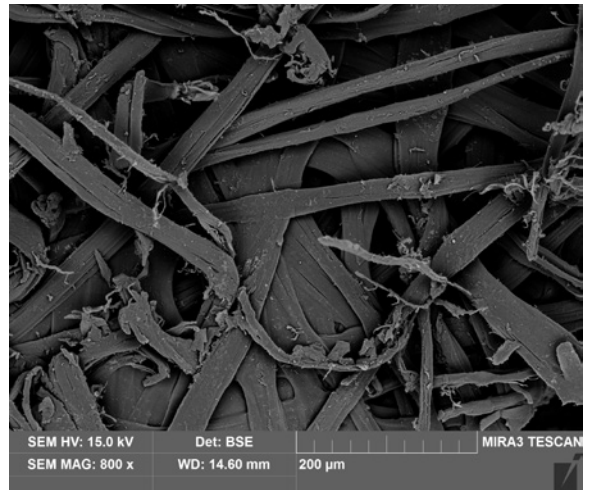
obr. č. 781 a č. 782 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



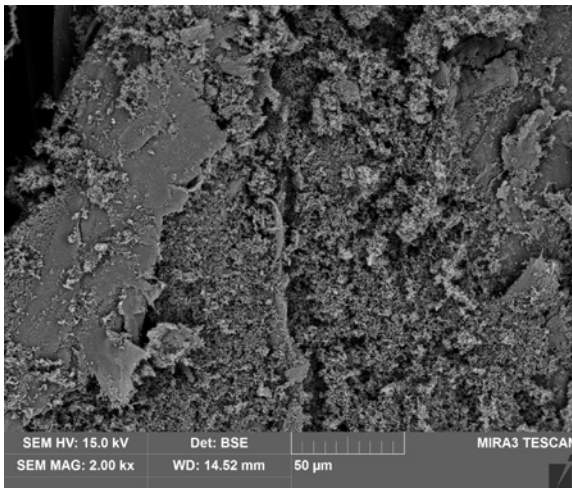
obr. č. 783 a 784 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



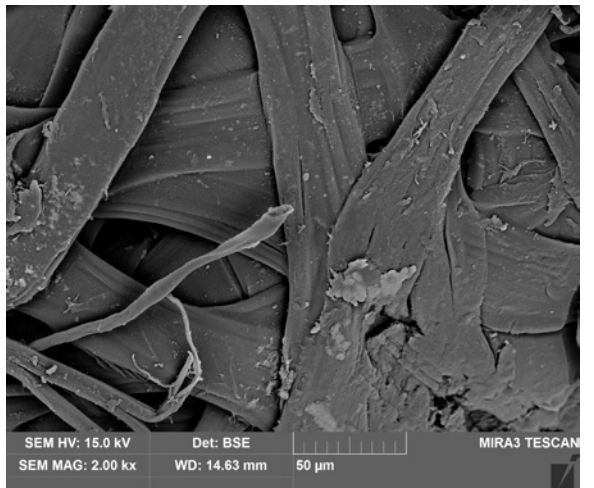
obr. č. 785 – SEM snímok, pred čistením, (vzorka MIs5)



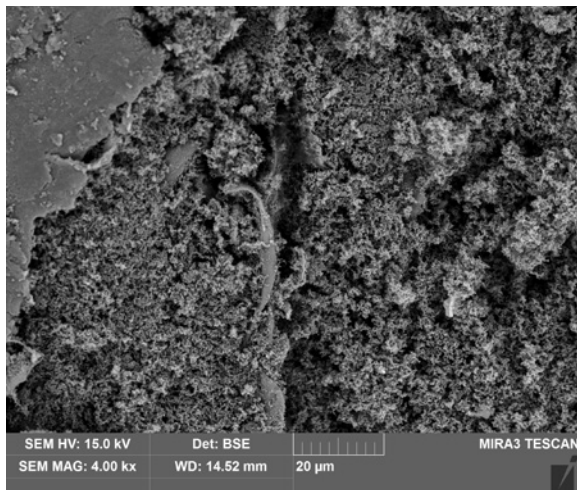
obr. č. 786 – SEM snímok, po čistení



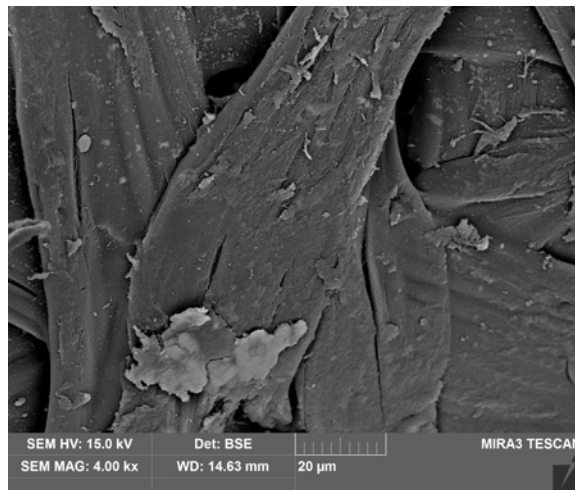
obr. č. 787 – SEM snímok, pred čistením, (vzorka MIs5)



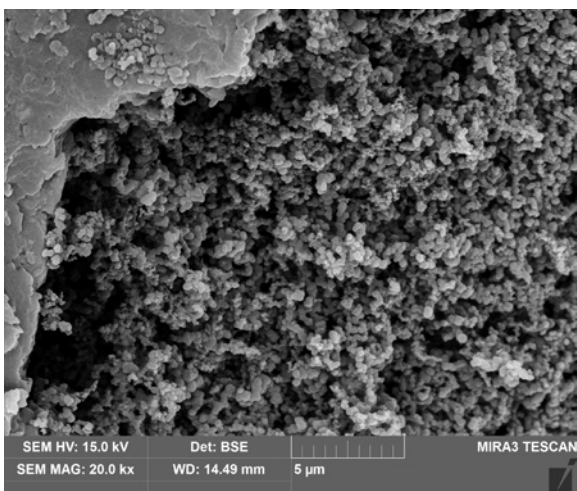
obr. č. 788 – SEM snímok, po čistení



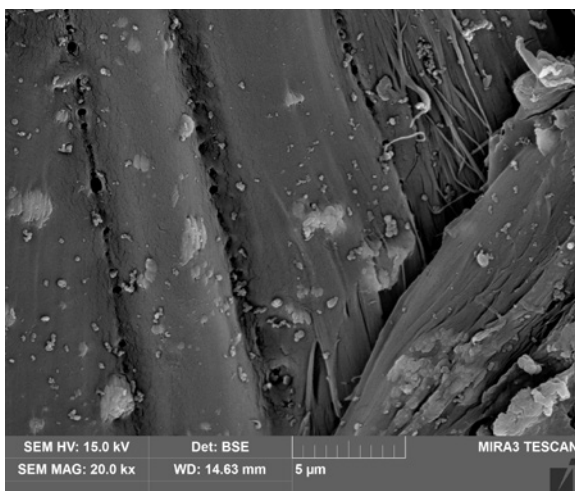
obr. č. 789 – SEM snímok, pred čistením,
(vzorka MIs5)



obr. č. 790 – SEM snímok, po čistení



obr. č. 791 – SEM snímok, pred čistením,
(vzorka MIs5)

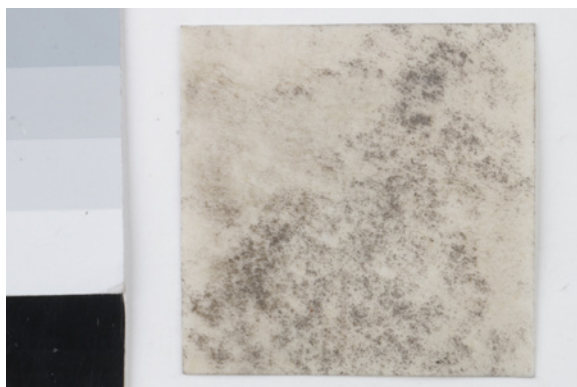


obr. č. 792 – SEM snímok, po čistení

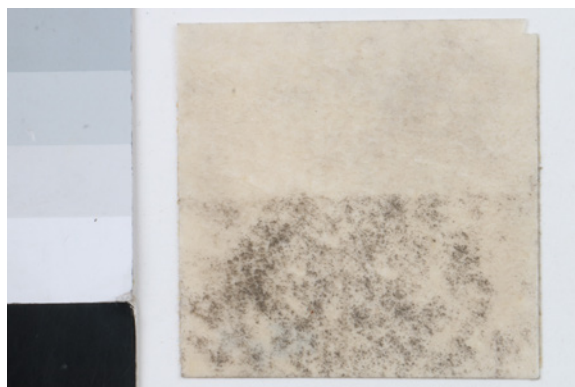
16.4.4 Vzorky nového väzobného pergamenu

16.4.4.1 Vzorky znečistené prachom

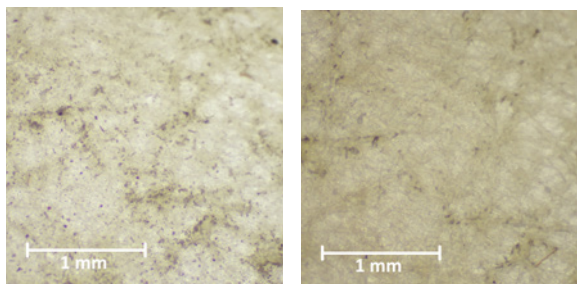
Vzorka MIIp1



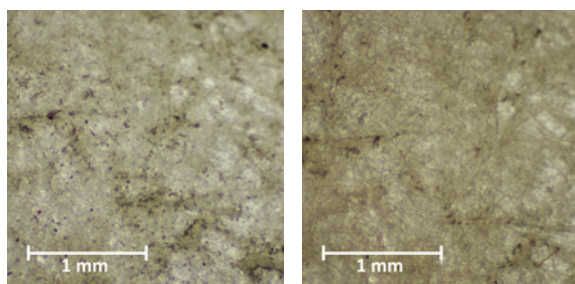
obr. č. 793 – vzorka pred čistením



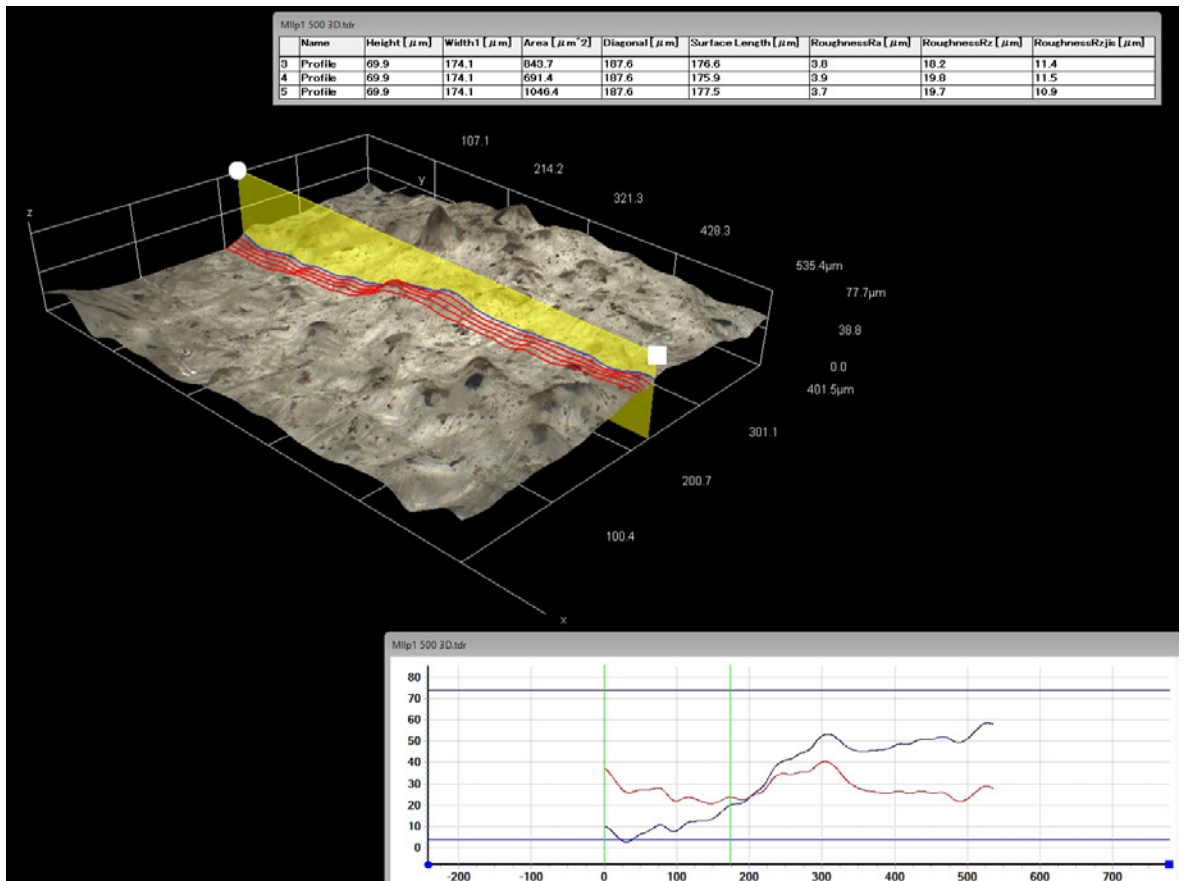
obr. č. 794 – vzorka po čistení



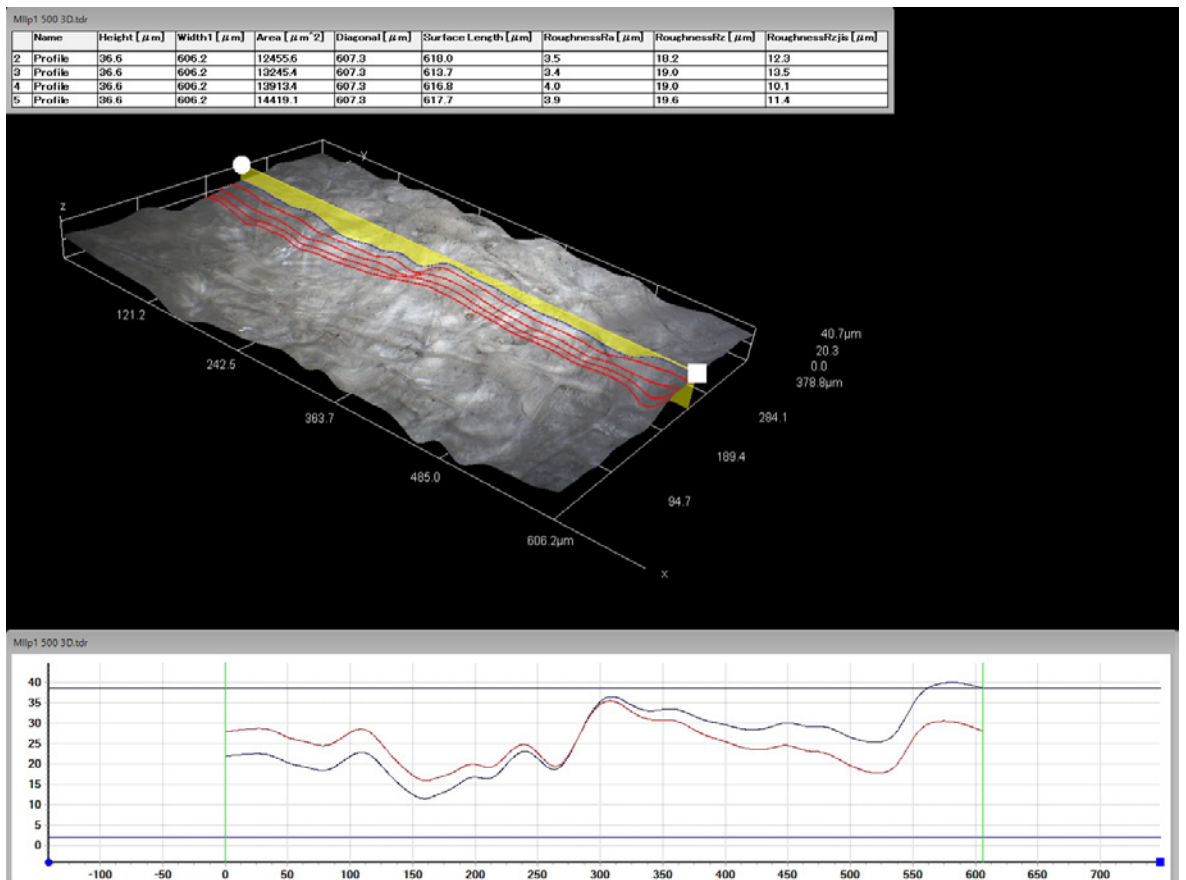
obr. č. 795 a č. 796 – stereolupa – priame svetlo,
(vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 797 a 798 – stereolupa – bočné svetlo,
(vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 799 – 3D model a profil vzorky pred čistením



obr. č. 800 – 3D model a profil vzorky po čistení

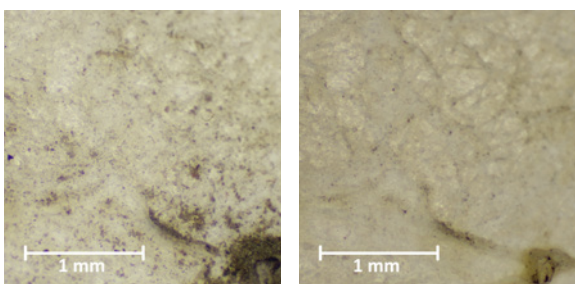
Vzorka MIIp2



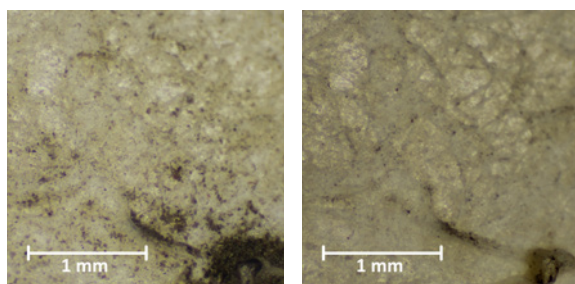
obr. č. 801 – vzorka pred čistením



obr. č. 802 – vzorka po čistení



obr. č. 803 a č. 804 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 805 a 806 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

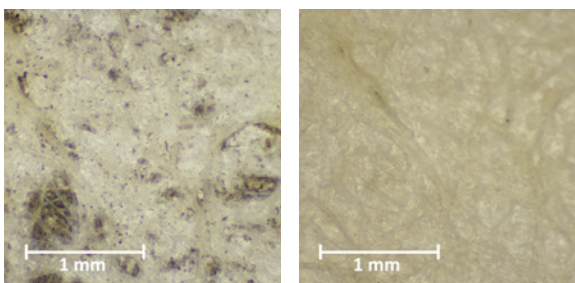
Vzorka MIIp3



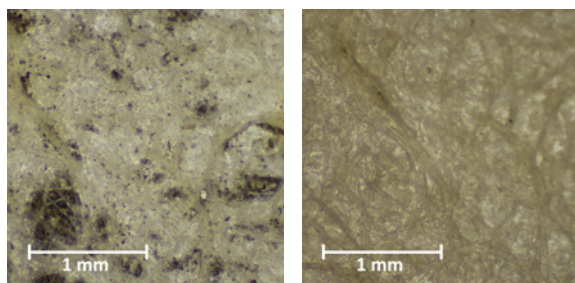
obr. č. 807 – vzorka pred čistením



obr. č. 808 – vzorka po čistení



obr. č. 809 a č. 810 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 811 a 812 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

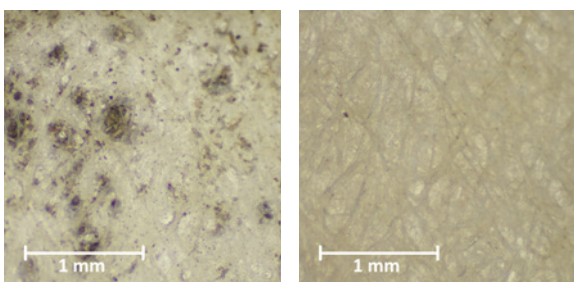
Vzorka MIIp4



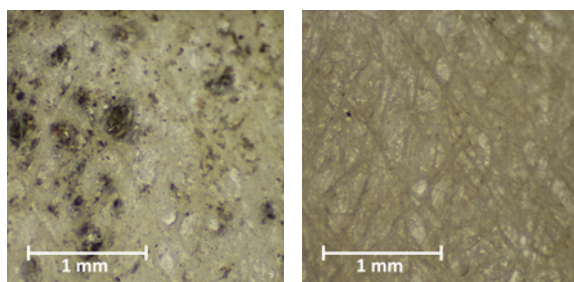
obr. č. 813 – vzorka pred čistením



obr. č. 814 – vzorka po čistení



obr. č. 815 a č. 816 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

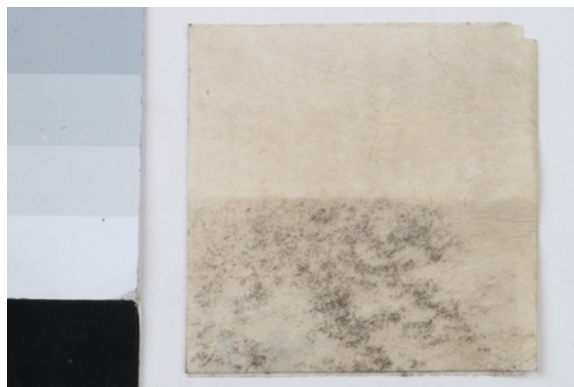


obr. č. 817 a 818 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

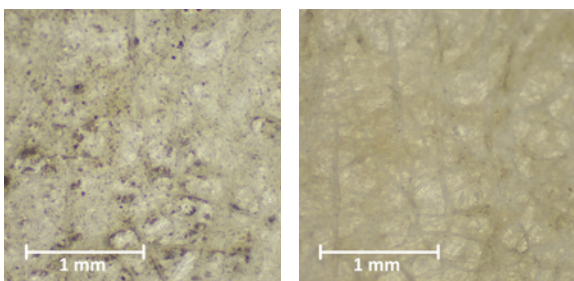
Vzorka MIIp5



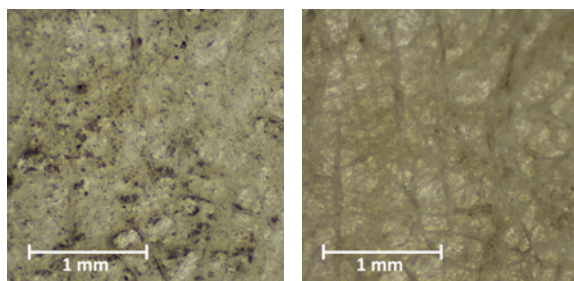
obr. č. 819 – vzorka pred čistením



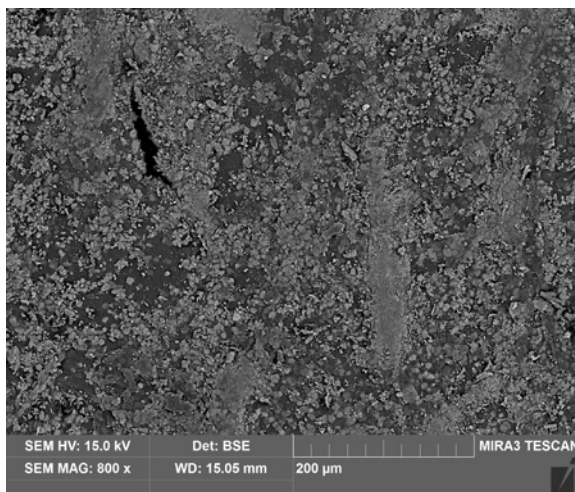
obr. č. 820 – vzorka po čistení



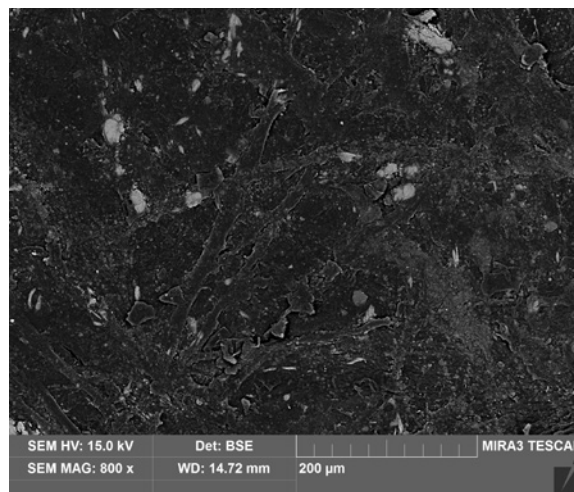
obr. č. 821 a č. 822 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



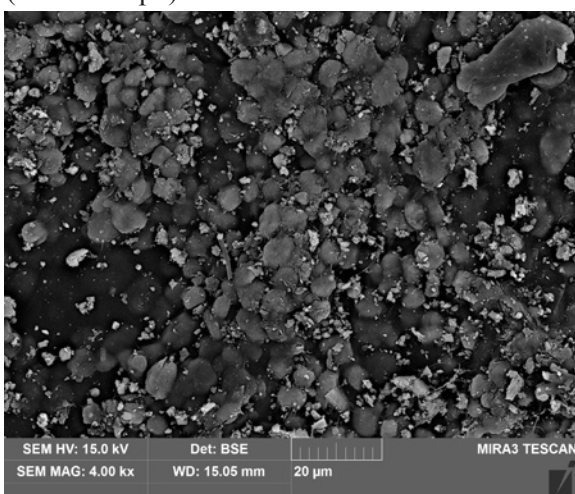
obr. č. 823 a 824 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



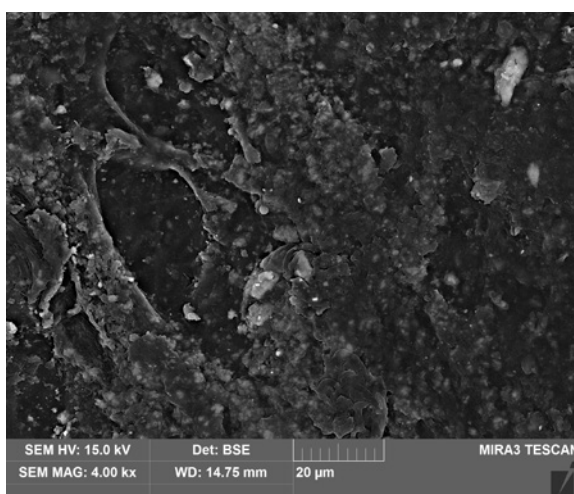
obr. č. 825 – SEM snímok, pred čistením, (vzorka MIp5)



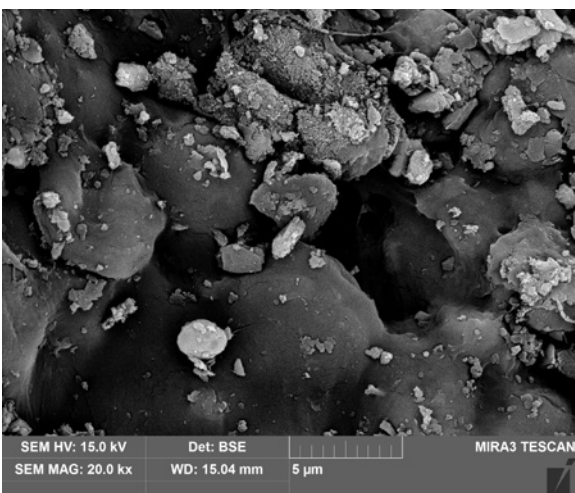
obr. č. 826 – SEM snímok, po čistení



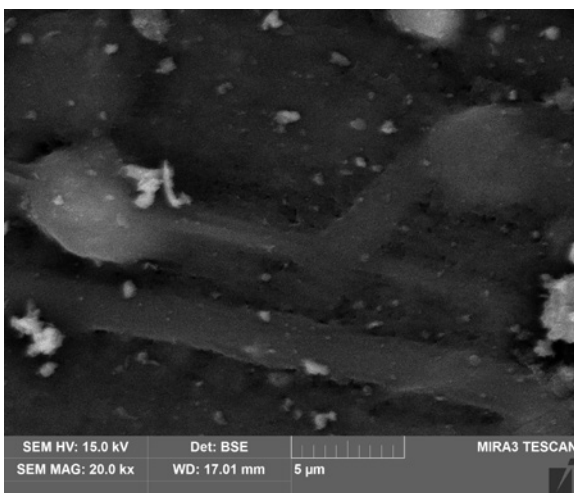
obr. č. 827 – SEM snímok, pred čistením, (vzorka MIp5)



obr. č. 828 – SEM snímok, po čistení



obr. č. 829 – SEM snímok, pred čistením, (vzorka MIp5)



obr. č. 830 – SEM snímok, po čistení

16.4.4.2 Vzorky znečistené pigmentom

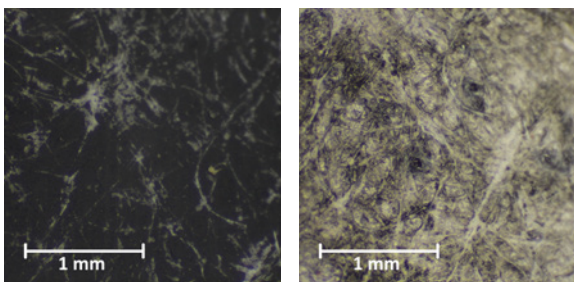
Vzorka MIIIs1



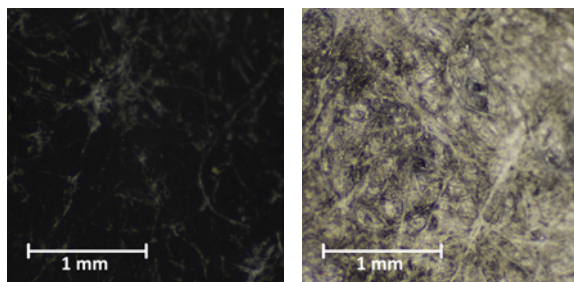
obr. č. 831 – vzorka pred čistením



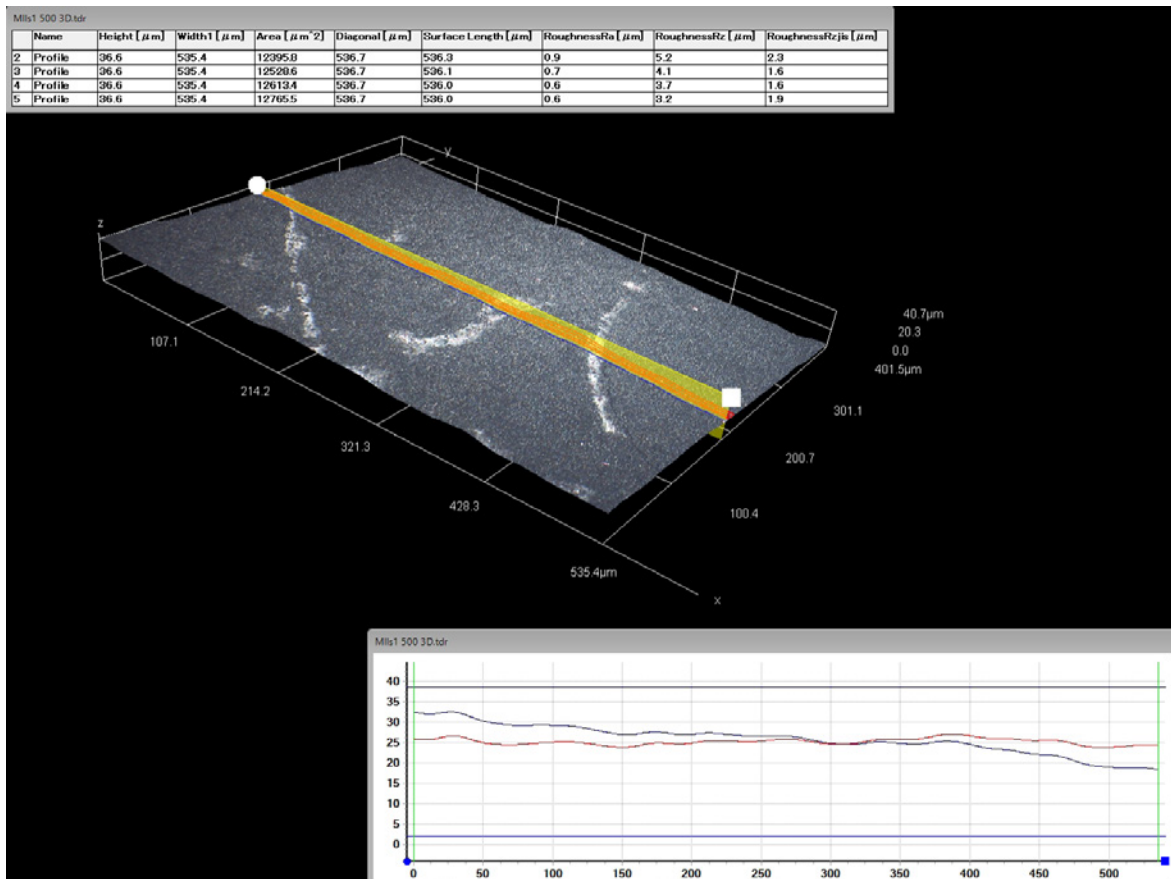
obr. č. 832 – vzorka po čistení



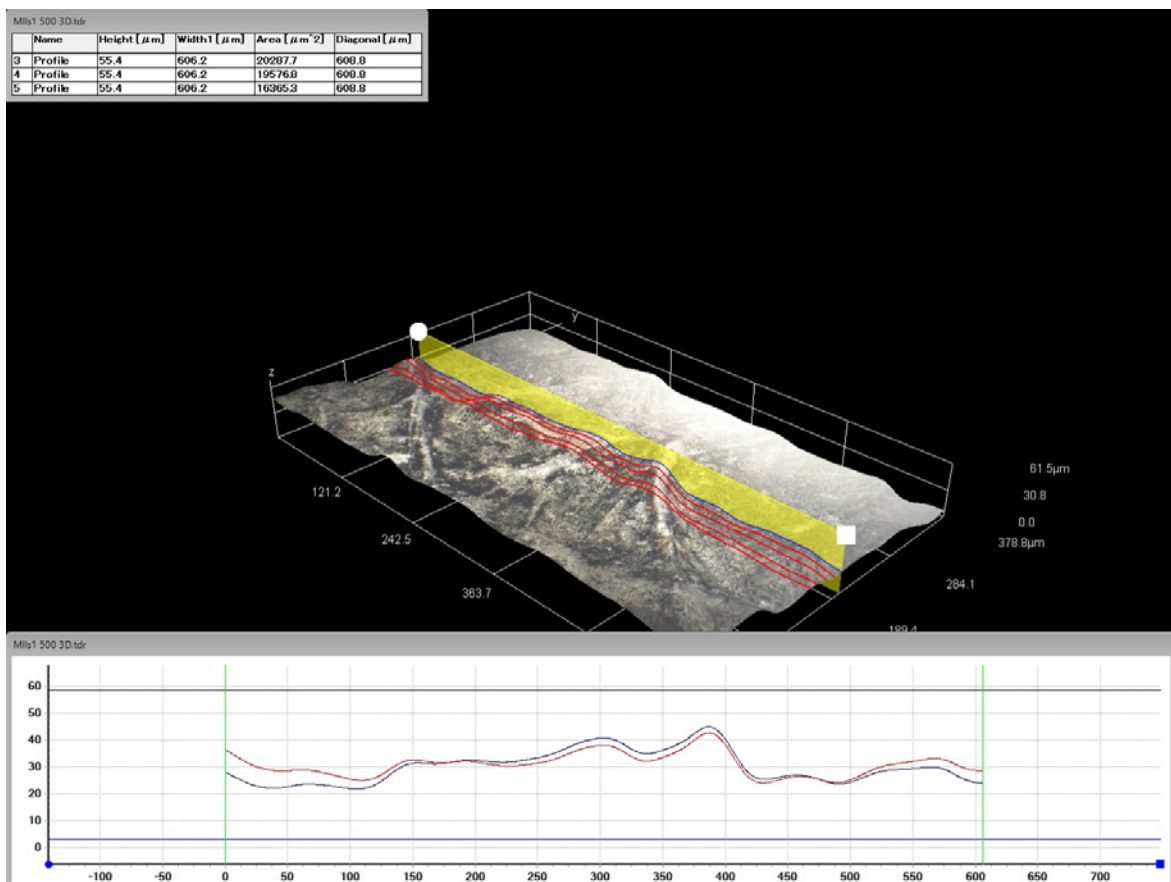
obr. č. 833 a č. 834 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 835 a 836 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 837 – 3D model a profil vzorky před čištením



obr. č. 838 – 3D model a profil vzorky po čištení

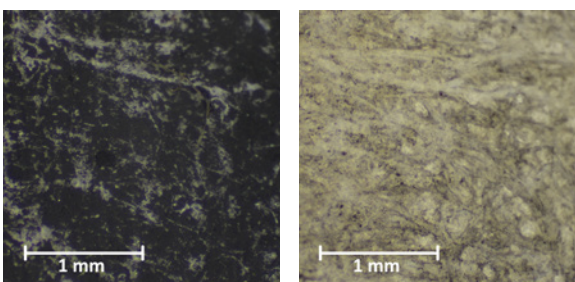
Vzorka MIIs2



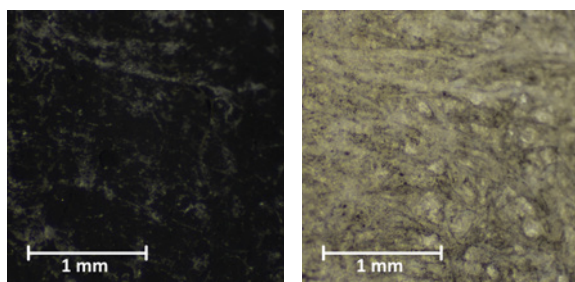
obr. č. 839 – vzorka pred čistením



obr. č. 840 – vzorka po čistení



obr. č. 841 a č. 842 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 843 a 844 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

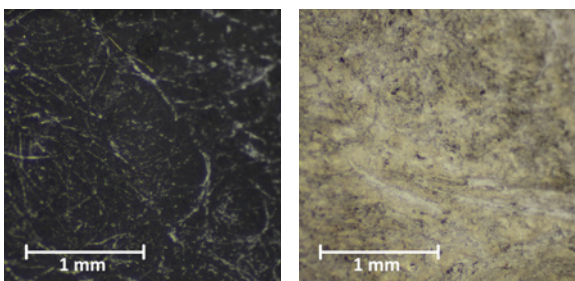
Vzorka MIIs3



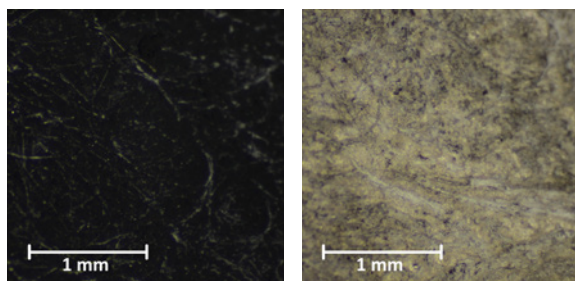
obr. č. 845 – vzorka pred čistením



obr. č. 846 – vzorka po čistení



obr. č. 847 a č. 848 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 849 a 850 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

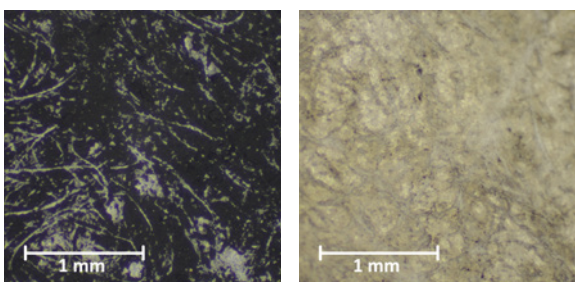
Vzorka MIIIs4



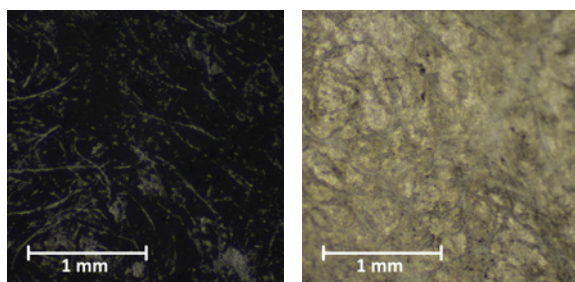
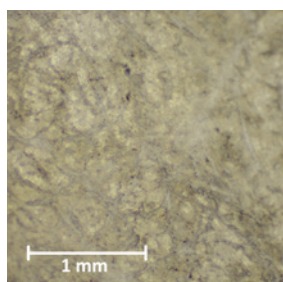
obr. č. 851 – vzorka pred čistením



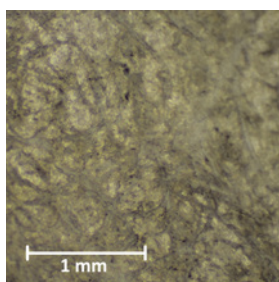
obr. č. 852 – vzorka po čistení



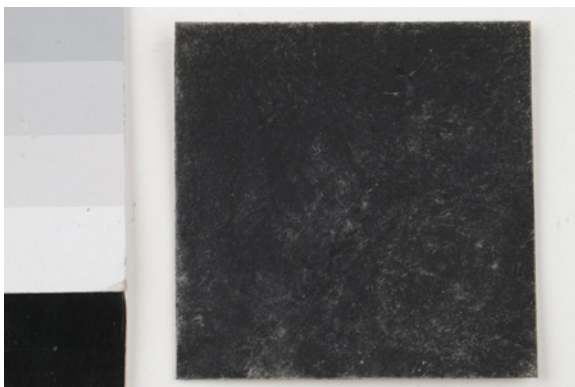
obr. č. 853 a č. 854 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



obr. č. 855 a 856 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení



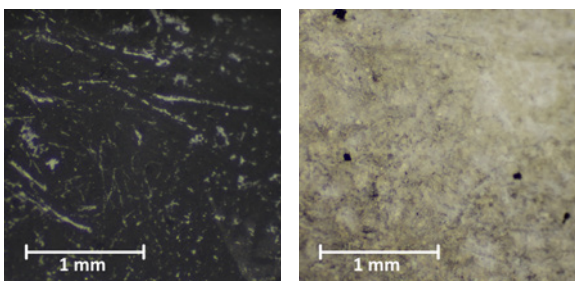
Vzorka MIIIs5



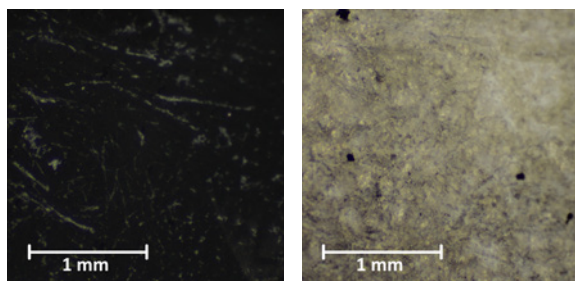
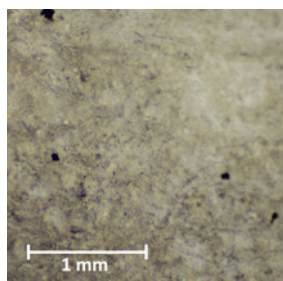
obr. č. 857 – vzorka pred čistením



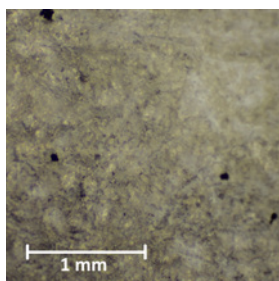
obr. č. 858 – vzorka po čistení

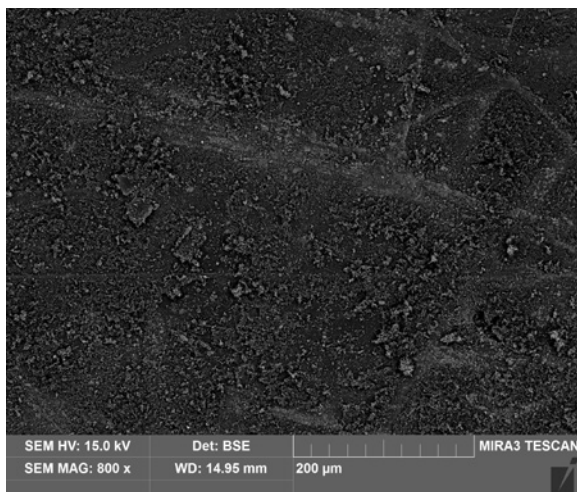


obr. č. 859 a č. 860 – stereolupa – priame svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

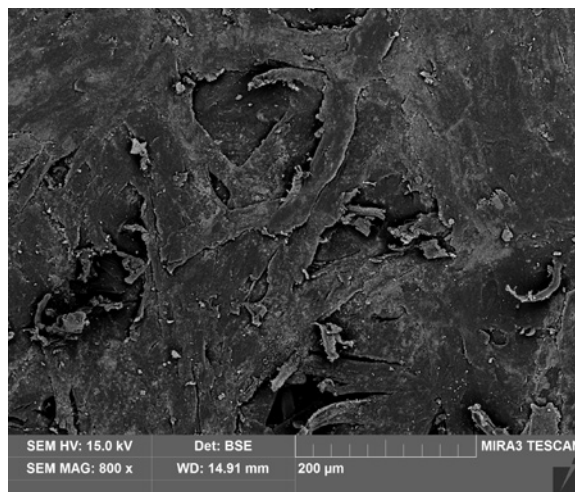


obr. č. 861 a 862 – stereolupa – bočné svetlo, (vľavo) pred a (vpravo) po čistení

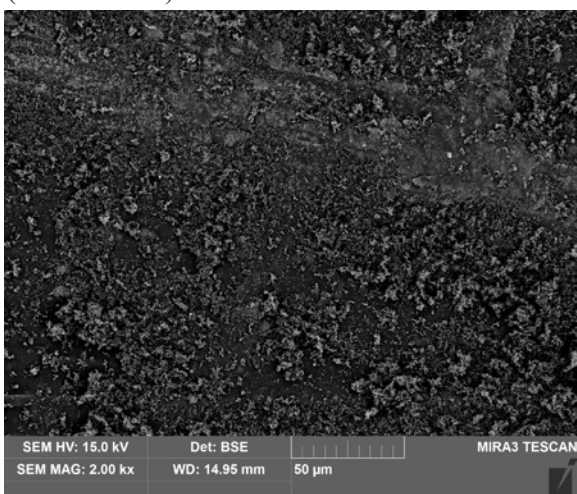




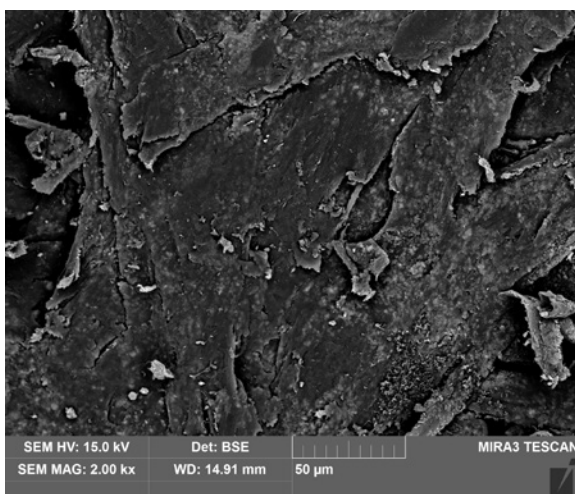
obr. č. 863 – SEM snímok, pred čistením, (vzorka MIs5)



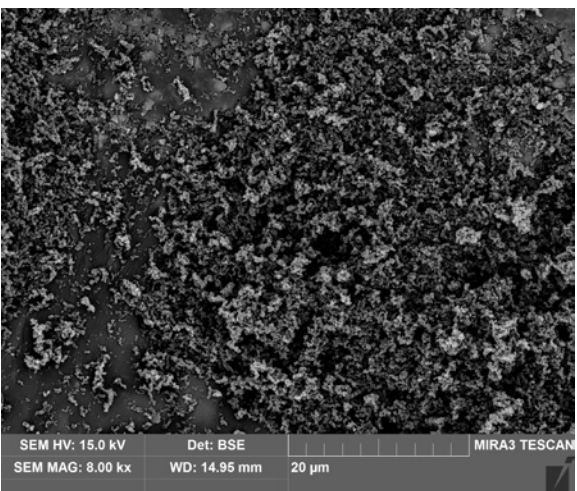
obr. č. 864 – SEM snímok, po čistení



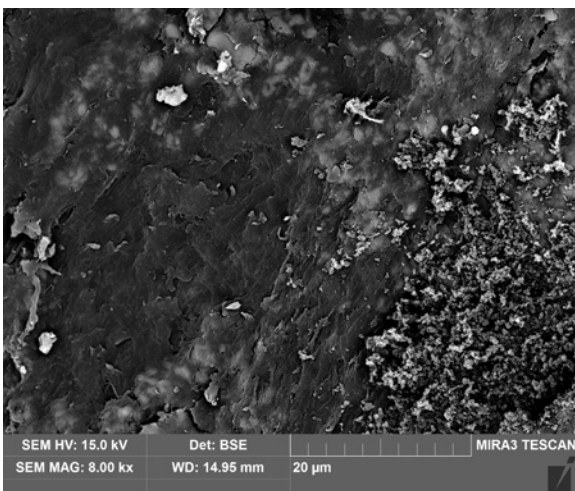
obr. č. 865 – SEM snímok, pred čistením, (vzorka MIs5)



obr. č. 866 – SEM snímok, po čistení



obr. č. 867 – SEM snímok, pred čistením, (vzorka MIs5)



obr. č. 868 – SEM snímok, po čistení