

**UNIVERZITA PARDUBICE**

**FAKULTA RESTAUROVÁNÍ**

Dokumentace restaurování úseku štukové výzdoby ze zámecké kaple v Kácově

&

Možnosti odstraňování koroze z povrchu stříbrných plátků

BcA. Mašíková Veronika

Vedoucí práce: doc. Mgr. Art. Jakub Ďoubal, Ph.D.

Konzultant: Ing. Petra Lesniaková, Ph.D.

Diplomová práce

2024

Univerzita Pardubice  
Fakulta restaurování  
Akademický rok: 2023/2024

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **BcA. Veronika Mašíková**  
Osobní číslo: **R21020**  
Studijní program: **N0222A310001 Restaurování a konzervace děl hmotného kulturního dědictví**  
Specializace: **Polychromovaná a nepolychromovaná sochařská díla**  
Téma práce: **Dokumentace restaurování úseku štukové výzdoby ze zámecké kaple v Kácově; Možnosti odstraňování koroze z povrchu stříbrných plátků**  
Zadávací katedra: **Ateliér restaurování kamene**

## Zásady pro vypracování

Praktická část diplomové práce bude představovat komplexní restaurátorský zásah provedený na úseku polychromované štukové výzdobě zámecké kaple v Kácově. Před samotným restaurováním budou zpracovány a vyhodnoceny výsledky restaurátorského, chemicko-technologického a umělekohistorického průzkumu, na základě kterých bude vytvořena koncepce restaurátorského zásahu. Restaurátorské postupy a technologie budou navozovat na předešlé výsledky zkoušek a vše bude dokumentováno podle standardů stanovených pro restaurátorské dokumentace.

Teoretická část se bude věnovat možnostem redukce (čištění) koroze na povrchu pátkového stříbra užitého pro zlacení štukových povrchů. Práce bude založena na důkladné rešerši odborné literatury zabývající se tímto tématem, na kterou naváže experimentální část.

Experimentální část se bude skládat z vytvoření sady vzorků pozlacených plátkovým stříbrem, které budou vystaveny umělému stárnutí, aby na nich posléze mohla být testována škála zvolených metod. Na vzorcích bude sledována účinnost redukce zoxidované vrstvy na plátku a případné poškození či úplná ztráta zlacení.

Práce budou probíhat pod dohledem pedagogů restaurátorů. Postup prací bude průběžně konzultován s přidělenými konzultanty a externími specialisty. Použité postupy a technologie budou voleny na základě důkladných zkoušek. Při realizaci diplomové práce bude dodržen následující harmonogram dokončování dílčích úkolů. Dodržování harmonogramu bude součástí závěrečného hodnocení práce.

Rozsah pracovní zprávy:

Rozsah grafických prací:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

## Seznam doporučené literatury:

- Základní: Viñas S. M. Contemporary Theory of Conservation. Oxford, 2005.
- Základní: Didaktické návody (vydáno v rámci projektu DOCEO PRO CULTURA).
- Henry, A., ed. Stone conservation, principles and Practice (vybrané kapitoly přeloženy v rámci projektu DPC). Donhead Publishing Ltd. 2006.
- Základní: Price C., Doehne E. Stone conservation (vybrané kapitoly přeloženy v rámci projektu DOCEO PRO CULTURA). The Getty Conservation Institute, Los Angeles, 2010.
- Doporučená: Zelinger J. a kol. Chemie v práci konzervátora a restaurátora. Academia Praha, 1987.
- Doporučená: Ďoubal, J. Kamenné památky Kutné Hory: restaurování a péče o sochařské památky (vydáno v rámci projektu DPC). Univerzita Pardubice, 2015.
- Doporučená: Torraca, G. Lectures on materials Science For Architectural Conservation. GCI, Los Angeles, 2009.
- Doporučená: Ďoubal J. a kol. Sádrové odlitky: restaurování a péče o sádrová díla. Univerzita Pardubice, 2020
- Doporučená: Šimůnková E., Bayerová T. Pigmenty. STOP Praha, 1999.
- Doporučená: Henry A., ed. Principles and Practice (Polychrome Stone by Christopher Weeks: s. 237-255). Donhead Publishing Ltd., 2006.
- Doporučená: Koller, M. Probleme und Methoden der Retusche polychromer Skulptur, in: maltechnik Restauo 85 /1979), s. 14-40 (přeloženo v rámci projektu DPC).
- Doporučená: Kopecká I., Nejedlý V. Průzkum hist. materiálů, analytické metody pro rest. a pam. péči. Grada Pub., 2005.
- Doporučená: Knoepfli A., ed. Reclams Handbuch der Künstlerischen Techniken. Stuttgart, 1990.
- Doporučená: Slánský, B. Technika malby. Praha, 2003.
- Doporučená: Slánský, B. Technika v malířské tvorbě (malářský a restaurátorský materiál). Praha, 1976.
- Doporučená: BRANDI, C. Teorie restaurování. Kutná Hora: Tichá Byzanc, 2000.
- Doporučená: Kubička R., Zelinger J. Výkladový slovník malířství, grafiky a restaurátorství. Grada, 2004. ISBN 0-247-9046-7
- Doporučená: BUYS, S a OAKLEY V. The conservation and restoration of Ceramics.Oxford 1993

Vedoucí diplomové práce:

**doc. Jakub Ďoubal, Ph.D.**

Ateliér restaurování kamene

Datum zadání diplomové práce:

**21. prosince 2023**

Termín odevzdání diplomové práce:

**22. května 2024**

L.S.

---

**Mgr. BcA. Radomír Slovík**  
děkan

---

**doc. Jakub Ďoubal, Ph.D.**  
vedoucí ateliéru

V Litomyšli dne 21. května 2024

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Litomyšli dne .....

.....

## Poděkování:

Ráda bych poděkovala vedoucímu práce doc. Jakubovi Ďoubalovi za trpělivost, odborné vedení, za všechny konzultace a velikou oporu při vypracovávání této práce. Mé veliké díky patří též technoložce Ing. Petře Lesniakové, která se mnou prošla celé strasti laboratorní práce a nesmírně mi pomohla se vším. V neposlední řadě patří mé díky také MgA. Zuzaně Auské za korektury a literaturu. S ohlédnutím za magisterským studiem bych ráda poděkovala též MgA. Petru Rejmanovi a MgA. Petře Zítkové za podporu a příjemná poslední léta strávená na škole.

## Název:

Dokumentace restaurování úseku štukové výzdoby ze zámecké kaple v Kácově & Možnosti odstraňování koroze z povrchu stříbrných plátků

## Anotace:

První částí práce je dokumentace restaurátorského zásahu na části barokní polychromované štukové výzdoby v zámecké kapli v městysu Kácov. Druhá část této práce pak pojednává o možnostech odstraňování koroze z povrchu stříbrných plátků. Restaurátorský zásah navazuje na umělecko-historický, chemicko-technologický a restaurátorský průzkum. Nejdříve popisuje zajištění barevných vrstev a materiálu pod nimi, se zároveň probíhajícím postupným čištěním. Dále popisuje navazující práce, a to plastické a barevné retuše. Experiment v druhé části práce se pak zaměřil na zkoumání čištění koroze stříbrných plátků pomocí laseru. Na zhotovených uměle stárnutých vzorcích byly testovány dva typy laserů při různých nastaveních. Z testování vyplynuly pozitivní výsledky z užití vlnových délek v oblasti zeleného světla, tyto výsledky představují dobrý základ pro další zkoumání této techniky.

## Klíčová slova:

restaurování, baroko, polychromie, štuk, stříbro, koroze, čištění, laser

## Title:

Documentation of restoration intervention on part of stucco decoration in the castle chapel in Kácov  
& Possibilities of removing corrosion from the surface of silver slices.

## Annotation:

The first part of the work documents restoration intervention on part of baroque polychrome stucco decoration in the castle chapel in the town of Kácov. The second part of this work then discusses the possibilities of removing corrosion from the surface of silver slices. The restoration intervention follows an artistic-historical, chemical-technological and restoration survey. At first, it describes securing the coloured layers and the material underneath, with gradual cleaning taking place at the same time. Work goes on to describe the follow-up work, namely plastic and colour retouching. The experiment in the second part of the work then focused on investigating corrosion cleaning of silver slices with a laser. Two types of lasers were tested on created artificially aged samples at different settings. The testing has produced positive results from the use of green light wavelengths, which provide a good basis for further investigation of this technique.

## Keywords:

Restoration, baroque, polychromy, stucco, silver, corrosion, cleaning, laser

# Obsah

I.	Úvod .....	11
II.	Praktická část .....	12
1	Základní informace .....	13
1.1	Lokalizace památky .....	13
1.2	Údaje o památce .....	13
1.3	Údaje o akci .....	14
1.4	Údaje o dokumentaci .....	14
2	Úvod .....	15
3	Průzkum .....	16
3.1	Umělecko-historický průzkum .....	16
3.1.1	Popis zámku a kaple .....	16
3.1.2	Popis úseku .....	17
3.1.3	Ikonografie kaple a úseku .....	18
3.1.4	Historie zámku a kaple .....	19
3.1.5	Archivní prameny .....	20
3.1.6	Technika vzniku díla .....	21
3.2	Restaurátorský průzkum .....	21
3.2.1	Vizuální průzkum kaple a úseku .....	21
3.2.2	Průzkum v UV záření .....	26
3.3	Chemicko-technologický průzkum .....	27
3.3.1	Stratigrafie a materiálový průzkum odebraných vzorků .....	27
4	Zkoušky materiálů a technik .....	28
4.1	Zkoušky čištění prachového depozitu .....	28
4.2	Zkoušky fixáže polychromie .....	29
5	Komplexní vyhodnocení průzkumu .....	31
6	Restaurátorský záměr .....	32
6.1	Koncepce restaurátorského zásahu .....	32
6.2	Postup prací .....	32
6.3	Použité materiály a technologie .....	33
7	Doporučený režim .....	35
8	Použitá literatura a prameny .....	36
9	Grafická dokumentace .....	37
10	Fotografická dokumentace .....	38
10.1	Stav před restaurováním .....	38

10.2	Průběh prací.....	43
10.3	Stav po restaurování.....	48
10.4	Celky.....	53
III.	Experimentální část.....	55
1	Úvod do problematiky.....	56
2	Východiska a vymezení zpracovávaného tématu .....	57
2.1	Zdroje pro zpracování tématu .....	57
2.2	Plátkové stříbro.....	57
2.2.1	Historie .....	57
2.2.2	Základní pozlacovačské techniky s využitím stříbrných plátek .....	58
2.2.3	Stříbro a jeho koroze .....	59
2.2.4	Povrchové úpravy stříbra .....	60
2.3	Možnosti odstraňování korozní vrstvy na stříbře .....	61
2.3.1	Možnosti odstraňování koroze stříbra laserem a jeho princip .....	64
2.4	Možnosti vytvoření umělé koroze na povrchu stříbra .....	65
3	Experiment.....	68
3.1	Úvod.....	68
3.2	Materiály, přístroje a zařízení .....	68
3.3	Příprava vzorků .....	69
3.4	Proces umělého stárnutí vzorků se stříbrnými plátky .....	70
3.5	Laserová ablace připravených vzorků.....	72
3.6	Metody vyhodnocení.....	73
3.7	Výsledky a diskuse .....	73
4	Vyhodnocení experimentální části.....	77
5	Seznam literatury .....	79
6	Fotografická dokumentace vzorků.....	82
6.1	Odražené světlo před čištěním, 1. sada.....	82
6.2	Odražené světlo před čištěním, 2. sada.....	85
6.3	Odražené světlo před čištěním, 3. sada.....	88
6.4	Odražené světlo po čištění, 1. sada .....	91
6.5	Odražené světlo po čištění, 2. sada .....	94
6.6	Odražené světlo po čištění, 3. sada .....	97
6.7	Průsvit, po čištění, 1. sada .....	100
6.8	Průsvit, po čištění, 2. sada .....	101
6.9	Průsvit, po čištění, 3. sada .....	103
IV.	Závěr práce.....	105

Seznam vyobrazení .....	106
Přílohy .....	109
Tabulka čištěných vzorků .....	109

# I. Úvod

Praktická část této práce se věnuje dokumentaci restaurátorského zásahu na části barokní polychromované štukové výzdoby v zámecké kapli v městysu Kácov. Obsahuje umělecko-historický průzkum, chemicko-technologický a restaurátorský průzkum. Na tomto pilíři vznikl restaurátorský záměr, podle kterého se poté postupovalo při samotném restaurátorském zásahu. Největší problematikou byla degradace pozlacených částí, krakeláž a následné oddělování barevných vrstev a též ztráty celých částí štuků.

Na již zmíněnou problematiku degradace pozlacených částí štuků navázala experimentální část této práce. Konkrétně experiment zaměřený na možnost čištění korodovaného plátkového stříbra, které v kapli zastává značnou část hlavního oltáře nad oknem. Experimentální část se zaměřila na zkoumání čištění pomocí laseru, jelikož se tato metoda na základě provedené rešerše jevila jako nejšetrnější. Pro tento účel byly vytvořeny série uměle stárnutých vzorků, na kterých se následně zkoušely dva typy laserů s různým nastavením. Experiment přinesl pozitivní výsledky z užití vlnových délek v oblasti zeleného světla.

## II. Praktická část

### Dokumentace restaurování

---

#### Úseku štukové výzdoby ze zámecké kaple v Kácově



# 1 Základní informace

## 1.1 Lokalizace památky

Kraj:	Středočeský
Okres:	Kutná Hora
Obec:	Kácov
Adresa:	Kácov 1, Kácov
Bližší určení místa:	Zámecká kaple
GPS souřadnice:	49°46'36,96" s. š., 15°1'41,6" v. d.

## 1.2 Údaje o památce

Název památky:	Zámek Kácov
Klasifikace památky:	Kulturní památka
Rejstříkové číslo v ÚSKP:	35746/2-1022
Katalogové číslo:	1000147555
Autor:	štukatér: Bartolomeo Muttoni <sup>1</sup>
Sloh/Datace:	1726-33 - Baroko
Materiál/technika:	Štuková výzdoba
Rozměry:	Úsek cca:      výška 150 cm šířka 150 cm Putto cca:      výška 76 cm rozpažené ruce 70 cm

---

<sup>1</sup> NPÚ ÚOP středních Čech v Praze, průzkumy, posudky, zprávy, P 578, Macek, Petr, Vojtíšková, L., Zahradník, Pavel, KÁCOV (o. Kutná Hora) Dodatek Stavebně historický průzkum zámeckého areálu, 1991.

### 1.3 Údaje o akci

Vlastník:	Ing. Jaroslav Kubíček
Investor:	Ing. Jaroslav Kubíček
Památkový dohled:	Mgr. Ludmila Maděrová
Zhotovitel:	Ateliér restaurování kamene a souvisejících materiálů, Fakulta restaurování Univerzity Pardubice, v Litomyšli
Vypracoval/a:	BcA. Mašíková Veronika
Odborný pedagogický dohled:	doc. Mgr. art. Jakub Ďoubal, Ph.D., MgA. Zuzana Wichterlová, DiS.
Odborná spolupráce:	Chemickotechnologický průzkum: Ing. Petra Lesniaková Ph.D. Mikrobiologický průzkum: doc. Ing. Marcela Pejchalová, Ph.D. Umělecko-historický průzkum: Mgr. Vladislava Říhová, Ph.D.

### 1.4 Údaje o dokumentaci

Autor dokumentace:	BcA. Mašíková Veronika
Autor fotografií:	BcA. Mašíková Veronika
Použitá snímací technika:	USB Mikroskop DigiMicro Profi, Fotoaparát Canon EOS 77D s objektivem: Canon EF-S 18-135mm f/3.5-5.6 IS STM.
Odborný pedagogický dohled:	doc. Mgr. Art. Jakub Ďoubal

## 2 Úvod

Předmětem restaurátorské zprávy je část polychromované štukové výzdoby zámecké kaple v Kácově. Renesanční zámek byl v letech 1726-33 barokizován, výzdobou kaple byl pověřen štukatér Bartolomeo Muttoni a vymalování zajistili malíři Jindřich F. Kraus, Josef Kraus, Jan Miller, Josef Stephan, František Novák<sup>2</sup>. Dochovaná štuková a malířská výzdoba v horní části kaple nese významnou umělecko-historickou hodnotu. Výzdoba je zachována ve velké míře, nachází se však ve špatném stavu a pro její zachování je restaurátorský zásah nezbytný.

---

<sup>2</sup> NPÚ ÚOP středních Čech v Praze, průzkumy, posudky, zprávy, P 578, Macek, Petr, Vojtíšková, L., Zahradník, Pavel, KÁCOV (o. Kutná Hora) Dodatek Stavebně historický průzkum zámeckého areálu, 1991.

## 3 Průzkum

### 3.1 Umělecko-historický průzkum

#### 3.1.1 Popis zámku a kaple<sup>3</sup>

Areál zámku se rozkládá ve svahu mezi řekou Sázavou a jihozápadní stranou náměstí obce Kácov. Areál tvoří budova zámku s čp. 1, dále první a druhé nádvoří, přiléhající hospodářské budovy, zbytky hradeb a arkádová spojovací chodba, kterou je zámek propojen s kostelem Narození Panny Marie. Od okolí je areál oddělen ohradní zdí se vstupní bránou na východní straně.<sup>4</sup>

Budova zámku má půdorys obdélníku se dvěma vystupujícími bočními rizality. Zámek je jednopatrový a má dva suterény. Přičemž před vyvýšením 1. nádvoří byl pravděpodobně první suterén přízemím, a budova tak měla dvě patra. Středová část budovy převyšuje střechu a slouží jako světlík. Střecha zámku je mansardová a boční rizality mají vlastní cibulové oktogonální zastřešení s lucernami. Ze střechy vystupuje množství komínů.

V přízemí je prostor členěn do trojtraktu se středovou halou, která umožňuje přístup k ostatním vzájemně průchozím místnostem. Středová hala je převýšená, otevírá se do prvního patra a převyšuje jej. V prvním patře se kolem halového prostoru nachází ochoz, který se do haly otevírá obdélníkovými okenními otvory. Stejně okenní otvory jsou pak použity i pro průhledy do kaple.

Západního rizalit je rozčleněn na tři části – středovou kapli, jižní oratoř a severní nově přestavěnou kotelnu. Kaple je obdélníkového půdorysu, vysoká 9 m a otevírá se do prvního patra. Stop i stěny jsou opatřené štukovou polychromovanou výzdobou. Ta je ovšem zachovaná jen v patře, výzdoba v úrovni přízemí se nedochovala cca do 2,5 m. Okna na západní stěně směřují ven, zatímco na všech zbylých stěnách vedou okna do prvního patra zámku – do oratoře na jižní straně, na ochoz na straně východní a do spojovací přístavby na severní straně, které jsou momentálně zazděné.

V neckové klenbě kaple je zrcadlo se štukovou holubicí obklopenou paprsky. Zbytek zrcadla pokrývá nástěnná malba nebes. Náběh na neckovou klenbu je zdoben dvěma oválnými kartušemi, jednou na jižní a jednou severní straně. Uvnitř kartuší se nachází grisaille nesoucí ikonografický význam. Na přelomu klenby a západní stěny je umístěn štukový symbol Božího Oka obklopený oblaky a hlavičkami andělíčků. Z výjevu vychází paprsky a na každé jeho straně je umístěna jedna figura andělíčka. Výjev volně přechází z klenby na západní stěnu. Na ostatních zdech je klenba od zdi oddělena

<sup>3</sup> Obsah textu byl čerpán z celkové průzkumové zprávy kaple: *Dokumentace restaurátorského průzkumu Zámecká kaple barokního zámku v Kácově s bohatou štukovou a malířskou výzdobou. Nástěnné malby a štuková výzdoba s bohatou polychromií*, z roku 2022, konkrétně z kapitoly Popis objektu zpracované Blankou Veselou. Zpráva je uložena na Fakultě restaurování v Litomyšli.

<sup>4</sup> Památkový katalog [online]. [cit. 2022-01-19]. Dostupné z: <https://www.pamatkovykatalog.cz/zamek-2315853>

římsovou. Ta se zalamuje v oblastech nad pilastry a nad každým pilastrem je na římsce umístěna štuková hlavička anděla s křídly zasazená ve shluku oblaků.

Na západní stěně se nachází zbytky štukového oltáře. Stěna je rozčleněna dvěma velkými okny a jedním malým kruhovým. Ve spodní části se pravděpodobně nacházel oltář. Zmiňovaná oblaka přiléhají k horní straně horního okna, na každé straně okna je plastická figura andělíčka sedícího na zdobeném sloupu. Sloupy jsou zakončením architektonicky pojaté části oltáře. Navazují na příčnou římsu a mezi nimi pod horním oknem je malé kulaté okno obklopené oblaky a paprsky. Pod tímto okýnkem a na ně navazující římsou se nachází největší okno. Architektonické členění se zachovalo jen v jeho horní části, a to v podobě hlavic pilastrů a sloupů.

V horní části východní stěny se nachází okenní otvor otevírající se do ochozu v prvním patře zámku. Pod oknem je oválná kartuše s monogramem Anny Marie Toskánské (údajně od Františka Cízara), pod kartuší se nachází pravoúhlá nika s prostorem pro nadsvětlík a dveře. Velká část niky je stále zazděna dozdívkou, do které jsou zasazeny novodobé jednokřídlé dveře.

Celá kaple nese barvy i zdobení typické pro období vzniku kaple. Typické dekory objevující se v kapli jsou páskový dekor s akanty a střapci, střídající se drahé kovy (zlato a stříbro), pilastry a římsy, busty nad středem okenních otvorů, květinové koše, akanty a mušle, andělíčky a oblaka.

### 3.1.2 Popis úseku

Předmětem průzkumu je jihozápadní rohový úsek pod stropem. Jedná se o levý okraj vrchních oblak oltáře s celofigurovou postavou andělka a část zdi.

Oblaka jsou zlacena stříbrem, z jejich okrajů vyznačují zlacené paprsky. Putto sedí na kraji oblak s levou nohou mírně pokrčenou, pravou nohou pokrčenou do pravého úhlu. Levou rukou se opírá o oblaka, druhou ruku má rozpaženou do prostoru v mírném pokrčení s nataženým ukazováčkem a hlavu zaklání v levotočivé rotaci směrem k vrcholu oltáře. Andělík má pozlacená křídla a pásek vedoucí



Obr. 1 Vymezení úseku.

pod levou rukou před pravé rameno. Celá postava je polychromována v okrových a červených tónech s hnědými vlásky.

Druhou částí úseku je část zdi, která obsahuje červené pole lemované pozlaceným páskem s volutami po stranách, a ve středu pole se nachází modro-bílý prvek se štukovými listy a zlacenými pásky. Na červeném poli se nachází zlacený proutěný koš s květinami, které jsou zlacené stříbrem překrytým zelenými a červenými lazurami. Do úseku spadá ještě zlacený akant vyrůstající z levé voluty.

### 3.1.3 Ikonografie kaple a úseku<sup>5</sup>

V kapli se setkává několik odlišných ikonografických témat. Absentující spodní část oltáře a dvě velká oltářní okna pravděpodobně také byly nositelem ikonografických významů.

První skupina ikonografických námětů se nachází na oltářní stěně a stropě, vyobrazuje motivy Nejsvětější Trojice Boží – holubici Ducha svatého (na stropě) a Boží Oko, zpodobnění Syna Božího ve výjevech chybí. Světelné aplikace v oltářní stěně mohly sloužit ke specifickému ozáření sakrálního prostoru nebo k nasvícení určitého výjevu.<sup>6</sup> Přesný účel tohoto prvku v tomto případě není jasný. Zlaté paprsky, oblaka a andílčí hlavičky mohou být odkazem na Sídlo Boží, zjevení Božství nebo mohou představovat znamení Boží přítomnosti.

Další okruh ikonografických námětů reprezentují malby ve štukových zrcadlech a kartuších na jižní a severní stěně. Celkem šest kompozic se věnuje námětům Tří králů. Obdélníkové zrcadlo na severní stěně zřejmě vyobrazuje *Putování mudrců za hvězdou*, na výjevu se nachází skupina Tří králů, jejich služebníků, koní, velbloudů a nákladu uprostřed exotické krajiny a zbořené architektury. V trojlísté kartuši nad velkým zrcadlem je namalována hvězda, ke které mudrci vztahují ruce. Oválná kartuše také odkazuje na tři krále, vyobrazuje tři koruny a tři žezla, přičemž prostřední koruna je umístěna na turbanu. Velké zrcadlo jižní stěny představuje námět *Tří králů u Heroda*, v trojlísté výseči pokračuje architektura Herodova paláce. Oválné zrcadlo zobrazuje *Dary* – zlato, myrhu a kadidelnici s kadidlem. Některé ikonografické motivy severní a jižní stěny (zobrazenou faunu, flóru, architekturu a podobně) pravděpodobně nesou další vedlejší významy, které by mohly být rozklíčovány při

---

<sup>5</sup> Obsah textu byl čerpán z celkové průzkumové zprávy kaple: *Dokumentace restaurátorského průzkumu Zámecká kaple barokního zámku v Kácově s bohatou štukovou a malířskou výzdobou. Nástěnné malby a štuková výzdoba s bohatou polychromií*, z roku 2022, konkrétně z kapitoly Ikonografie zpracované Blankou Veselou. Zpráva je uložena na Fakultě restaurování v Litomyšli.

<sup>6</sup> BURATTINI, C. et al. Natural lighting in sacred architecture, 2021. IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2021 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe), 2021, pp. 1-6, doi: 10.1109/EEEIC/ICPSEurope51590.2021.9584663.

podrobnějším průzkumu. Nad vchodem do kaple, tedy na východní stěně se nachází kartuše s monogramem Anny Marie Františky Toskánské.<sup>7</sup>

Ostatní v kapli se nacházející motivy jsou typickými dekorativními prvky první poloviny 18. století a nepřikládáme jim zvláštní ikonografický význam. V úseku se nachází figura andílka typického pro barokní období.

### 3.1.4 Historie zámku a kaple<sup>8</sup>

Kaple byla vyzdobena mezi roky 1728 a 1733, kdy byla majitelkou zámku Anna Marie Františka Toskánská. V tomto období došlo k významné přestavbě celého zámku, autorem architektonického návrhu přestavby je Václav Špaček žák Františka Maxmiliána Kaňky.<sup>9</sup> Prostory zámku a oratoře (ne kaple) vymaloval malíř Moravinni.<sup>10</sup> Domněnkou je, že část této výmalby oratoře je odhalena na špaletě jižního okenního otvoru kaple.

Štuky v kapli provedl Bartolomeo Muttoni a to mezi léty 1728 a 1729. V roce 1729 byla Kristiánem Boessem vytvořena dvě oltářní okna a o rok později byla vytvořena okna pro oratoře. Malířská výzdoba kaple vznikla mezi 16. srpnem a 17. listopadem 1731 a je připisována Jindřichu Františku Krausovi a jeho synovi Josefu Krausovi, dále malíři Janu Millerovi a k závěru tří měsíců dvěma pražským malířům Josefu Stephanovi a Františku Novákovi.<sup>11</sup>

Františku Císařovi se připisuje nátěr oltářního kamene po roce po roce 1730. Stejného roku pak došlo i ke zhotovení dvanácti dřevěných paprsků truhlářem Václavem Hlávkou. Zmíněný počet paprsků odpovídá počtu svazků paprsků, které jsou součástí centrální oblačné kompozice s oranžovým sklem

---

<sup>7</sup> Dostupné z: <https://genus.cz/vice-temat/regionalni-um/poutnimu-arealu-v-horni-polici-vraci-rekonstrukce-podobu-jakou-mel-v-dobe-investorky-anny-marie-frantisky-toskanske-n484731.htm>

<sup>8</sup> Obsah text byl čerpán z celkové průzkumové zprávy kaple: *Dokumentace restaurátorského průzkumu Zámecká kaple barokního zámku v Kácově s bohatou štukovou a malířskou výzdobou. Nástěnné malby a štuková výzdoba s bohatou polychromií*, z roku 2022, konkrétně z kapitoly Umělecko-historického průzkumu zpracované Markem Knotem. Zpráva je uložena na Fakultě restaurování v Litomyšli.

<sup>9</sup> ŠANDOVÁ, Nela. Zámek Kácov. 2014. Bakalářská práce. Univerzita Karlova, Katolická teologická fakulta, Ústav dějin křesťanského umění. Vedoucí práce Oulíková, Petra.

<sup>10</sup> Dodatek k SHP

<sup>11</sup> NPÚ ÚOP středních Čech v Praze, průzkumy, posudky, zprávy, P 578, Macek, Petr, Vojtíšková, L., Zahradník, Pavel, KÁCOV (o. Kutná Hora) Stavebně historický průzkum zámeckého areálu, 1991.

na oltářní stěně. Dá se tedy předpokládat, že se jedná právě o ně. V roce 1730 byla také zhotovena makovice a hvězda na střechu kaple klempířem Antonínem Kottmannem.<sup>12</sup>

Josef Leschke a Jan Höffer z Prahy se měli podílet na sochařské výzdobě kaple zhotovením figur, není však zřejmé, o které figury se jedná. Josef Leschke měl zhotovit dvě dřevěné figury, ty se mohly nacházet ve spodní části kaple. Truhlář V. Hlávka zhotovil roku 1733 dřevěné prvky na oratoř. Roku 1740 při velké vichřici došlo k rozbití oken zámecké kaple a k pádu figur (snad andělů sedících na roztrženém frontonu), při jejich pádu došlo k uražení dvou prstů (není jasné které figury).<sup>13</sup>

V roce 1744 je datována zmínka o opravě střechy nad oratoří. Následující léta zámek postupně chátral. Až roku 1903 došlo k rekonstrukci střech věží a k jejich pokrytí plechem.<sup>14</sup>

K restaurování kaple nebylo nikdy přistoupeno, i když je o navrhovaném restaurování zmínka v roce 1904. Návrh byl však kvůli finanční náročnosti zamítnut. V textu sepsaném Mgr. Janem Mühldorfem se zmiňuje přebudování zámecké kaple na byt po roce 1918, kdy spadal zámek pod Správu lesů. Mezi lety 1918 a 1948 došlo ke snížení stropu v kapli, otlučení spodního pásu výmalby a štukové výzdoby se sochami. Nepodařilo se dohledat žádnou fotodokumentaci původního stavu kaple. V roce 2011 došlo k odhalení horní části kaple nad druhotně zbudovaným stropem.<sup>15</sup>

### 3.1.5 Archivní prameny

Informace byly hledány v knihovně Univerzity Pardubice v Litomyšli, na webových stránkách archivu NPÚ následně na odd. dokumentačních fondů a knihovny v NPÚ v Praze, ve Státním okresním archivu Kutná Hora a dále na internetu. Hlavním zdrojem se stal Stavebně-historický průzkum areálu zámku z roku 1991, ke kterému se podařilo dohledat účetní listy, které nám dokládají zaplacení jednotlivým umělcům za konkrétní práce.

---

<sup>12</sup> NPÚ ÚOP středních Čech v Praze, průzkumy, posudky, zprávy, P 578, Macek, Petr, Vojtíšková, L., Zahradník, Pavel, KÁCOV (o. Kutná Hora) Dodatek Stavebně historický průzkum zámeckého areálu, 1991.

<sup>13</sup> NPÚ ÚOP středních Čech v Praze, průzkumy, posudky, zprávy, P 578, Macek, Petr, Vojtíšková, L., Zahradník, Pavel, KÁCOV (o. Kutná Hora) Dodatek Stavebně historický průzkum zámeckého areálu, 1991.

<sup>14</sup> NPÚ ÚOP středních Čech v Praze, průzkumy, posudky, zprávy, P 578, Macek, Petr, Vojtíšková, L., Zahradník, Pavel, KÁCOV (o. Kutná Hora) Stavebně historický průzkum zámeckého areálu, 1991.

<sup>15</sup> NPÚ ÚOP středních Čech v Praze, průzkumy, posudky, zprávy, P 578, Macek, Petr, Vojtíšková, L., Zahradník, Pavel, KÁCOV (o. Kutná Hora) Stavebně historický průzkum zámeckého areálu, 1991.

### 3.1.6 Technika vzniku díla<sup>16</sup>

Nejprve byly pravděpodobně v celé ploše kaple provedeny hladké stěny, na které byla dodatečně modelována štuková výzdoba. V poškozených částech stěn šlo pozorovat vrstvení původní omítky na cihlovém zdivu. Tloušťka jádrové omítky s hrubším plnivem dosahovala 1,5 cm i více. Na tuto omítku byla nanесena tenčí jemnější omítka (kolem 4 mm) s jednoduchou lineárně rozvrženou kompozicí štukové výzdoby – rozkresba jak rytím (sloužilo i pro lepší adhezi pro plastický prvek), tak i olůvkem či tuhou. Dekory byly následně ještě za vlhka dozdobeny různými vpichy a vrypy tupým předmětem pro dotvoření výsledné různorodosti povrchů. Následoval křídový podklad a polychromie.

V případě hmotnějších plastických prvků (od hmotnějších profilovaných říms až po sošky anděličků) byly na předem připravené armatury nanесeny jádrové vrstvy různé tloušťky a na ně aplikován tenčí štuk s jemnou modelací. Ten byl na závěr zatažen mokrou štětkou. Výsledná úprava tedy byla relativně hrubá, to je patrné na některých místech, kde polychromie chybí. Umělci zjevně předpokládali, že bude následovat křídová vrstva sloužící jako podklad polychromie a zlacení, která povrchovou strukturu zjemní.

## 3.2 Restaurátorský průzkum

### 3.2.1 Vizualní průzkum kaple a úseku

Kaple v zámku nese vysokou uměleckohistorickou hodnotu, bohužel se do dnešních dnů dochovala v neúplném stavu. Dolní část výzdoby je otlučená díky předělání kaple na byt s nižším stropem a štuková i malířská výzdoba v horní části kaple je výrazně poškozena. To je pravděpodobně zapříčiněno kondenzací vody v dlouho uzavřené nevětrané místnosti se zdrojem tepla ze spodní vytápěné místnosti.



Mezi největší poškození úseku, který je předmětem diplomové práce, patří především zpráškovatělá křídová vrstva, na které dochází ke krakeláži a rozsáhlé ztrátě polychromie na figuře a římse, též rozsáhlá krakeláž a ztráta pozlačovačských technik na páscích, košíku a mracích, a zprašování barevných výmaleb zdí. Dalším výrazným poškozením je oxidací zapříčiněný vznik tmavých korozních produktů na vrstvách stříbra, v levé části oblak pod andílkem došlo k úplné ztrátě stříbra, polimentu a

---


<sup>16</sup> Obsah textu byl čerpán z celkové průzkumové zprávy kaple: *Dokumentace restaurátorského průzkumu Zámecká kaple barokního zámku v Kácově s bohatou štukovou a malířskou výzdobou. Nástěnné malby a štuková výzdoba s bohatou polychromií*, z roku 2022, Zpráva je uložena na Fakultě restaurování v Litomyšli.


částečně i křídové vrstvy. Dle hojného výskytu hlubokých škrábců právě v tomto místě, lze takto rozsáhlá ztráta vrstev připsat pravděpodobnému hřadování ptactva. V blízkosti místa též došlo ke ztrátě části nožičky štukové figury. Ve zdech se pak nachází rozsáhlá síť prasklin, a na vystouplých štukách je výrazná vrstva prachového depozitu, ve kterém se hojně drží bílé biologické napadení. Místy se pak na barevných výmalbách zdi vyskytuje černé biologické napadení a ve zlaceném akantu je výrazná bílá houba. Rozsah poškození je vyobrazen v grafických zákresech viz kapitola 9 Grafická dokumentace. Stručný přehled jednotlivých poškození viz tabulka poškození níže.

Tabulka 1 Jednotlivá poškození – stav úseku před restaurováním




1.		<p><b>Odlomení části štku</b></p> <p><b>Typický projev:</b> I několikacentimetrový viditelný úbytek materiálu.</p> <p><b>Pravděpodobná příčina:</b> Nejvíce postižena jsou vyčnívající místa, která mohou být mechanicky odlomena, navíc v kombinaci s oslabeným degradovaným materiálem, který ztrácí svou původní soudržnost.</p>
2.		<p><b>Degradace křídové vrstvy</b></p> <p><b>Typický projev:</b> Rozpad základové křídové vrstvy pod polychromií.</p> <p><b>Pravděpodobná příčina:</b> Degradace - ztráta adheze a koheze vrstvy, pravděpodobně dlouhodobým vlivem vlhkosti.</p>

3.		<p><b>Krakeláž a ztráta polychromie</b></p> <p><b>Typický projev:</b> Praskání, šupinkovatění vrstvy polychromie a její následný odpad.</p> <p><b>Pravděpodobná příčina:</b> Rozdílné fyzikální vlastnosti polychromie a podkladu (tepelná roztažnost, nasákavost). Vrstva popraská, vlhkost se dostane pod ní a polychromie ztrácí adhezi.</p>
----	---	---

4.		<p><b>Degradace u modrých výmaleb</b></p> <p><b>Typický projev:</b> Zpráškovatění barevné vrstvy.</p> <p><b>Pravděpodobná příčina:</b> Změna vlastností pojiva barevné vrstvy, a odbarvení použitých pigmentů vlivem stárnutí.</p>
----	--	--

5.		<p><b>Degradace u červených výmaleb</b></p> <p><b>Typický projev:</b> Zpráškovatění a šupinkovatění barevné vrstvy.</p> <p><b>Pravděpodobná příčina:</b> Změna vlastností pojiva barevné vrstvy vlivem stárnutí.</p>
----	---	--

6.		<p><b>Degradace plátkového zlata</b></p> <p><b>Typický projev:</b> Krackeláž a následný odpad vrstvy kovu.</p> <p><b>Pravděpodobná příčina:</b> Rozdílné fyzikální vlastnosti vrstvy kovu a podkladu. Vrstva popraská, vlhkost se dostane pod ní a vrstva ztrácí adhezi.</p>
----	---	--

7.		<p><b>Degradace plátkového stříbra</b></p> <p><b>Typický projev:</b> Krašelář a následný odpad vrstvy stříbra. Zčernání.</p> <p><b>Pravděpodobná příčina:</b> Rozdílné fyzikální vlastnosti vrstvy kovu a podkladu. Vrstva popraská, vlhkost se dostane pod ní a vrstva ztrácí adhezi. Korozí stříbra – reakce stříbra s oxidy ze vzduchu a vznik tmavých korozních produktů na povrchu.</p>
8.		<p><b>Prachový depozit</b></p> <p><b>Typický projev:</b> Tmavý poprašek ulpívající na povrchu.</p> <p><b>Pravděpodobná příčina:</b> Časem usedající prach a nečistoty ze vzduchu na povrchu.</p>
9.		<p><b>Plísně</b></p> <p><b>Typický projev:</b> Výkvět živého organismu – biologického napadení – na povrchu.</p> <p><b>Pravděpodobná příčina:</b> Vlivem vysoké vlhkosti a nedostatečné cirkulace vzduchu vzniká vhodné prostředí pro život plísní a jiných hub na povrchu, které postupně prorůstají hlouběji do materiálu a šíří se.</p>

10.		<p><b>Trhliny</b></p> <p><b>Typický projev:</b> Vznik sítě prasklin v materiálu.</p> <p><b>Pravděpodobná příčina:</b> Primární praskliny ve štukách a omítkách vznikají již při aplikaci, u větších delších trhlin se může jednat o trhliny tzv. statické.</p>
-----	---	--

11.		<p><b>Škrábance od ptačích drápů</b></p> <p><b>Typický projev:</b> Vyřeté čáry do materiálu.</p> <p><b>Pravděpodobná příčina:</b> Přítomnost ptactva snažícího se udržet na plastických štukách.</p>
-----	--	--

12.		<p><b>Mechanický oděr polychromie těly ptáků</b></p> <p><b>Typický projev:</b> Odřená barva v určitých místech.</p> <p><b>Pravděpodobná příčina:</b> Mechanický oděr degradované, tím oslabené, polychromie přítomností hřadujícího ptactva.</p>
-----	---	--

### 3.2.2 Průzkum v UV záření

Cílem zkoumání objektu pomocí ultrafialového (UV) záření generujícího viditelnou fluorescence, je zaznamenat specificky luminující oblasti a následně identifikovat nebo lokalizovat některé přítomné pigmenty a pojiva, sekundární zásahy či biologické napadení. Průzkum byl proveden pomocí dvou světelných zdrojů UVA SPOT 400T značky Hönle UV Technology, jež produkují záření o vlnové délce mezi 315–400 nm. Vzhledem k obtížné standardizaci UV fluorescenčních fotografií jsou pořízené fotografie pouze ilustrační a samotný průzkum probíhal in situ.

V oblastech usazených prachových depozitů nebyla pozorována žádná fluorescence, světle modrou fluorescenci v depozitech vykazovaly některé mikroorganismy – plísně. Výraznou, žlutooranžovou fluorescencí se pak vyznačovala polychromie figury andílka, to může být předpokladem přítomnosti organických pojiv nebo specifických pigmentů v barevné vrstvě. Nepravidelná modro-žlutá fluorescence se pak vyskytovala v oblasti modrých polích v páskové zrcadle, zdroj fluorescence nebyl objasněn, může to poukazovat na přítomnost laků. Oblasti pojednanými pozlacovačskými technikami nevykazovaly žádnou fluorescenci. Díky tomu je snazší pozorovat místa, kde byly na stříbro naneseny lazurní nátěry, a to především v oblastech mraků a na květinách v koších. U zelených lazur však nebyla pozorována žádná fluorescence.



Obr. 2 Nalevo fotografie ve viditelném světle, napravo fotografie v UV záření.

### 3.3 Chemicko-technologický průzkum

#### 3.3.1 Stratigrafie a materiálový průzkum odebraných vzorků

Seznam použitých metod průzkumu: optická mikroskopie (OM) - světelná a fluorescenční, skenovací elektronová mikroskopie (SEM), skenovací elektronová mikroskopie s energiově-disperzní analýzou (SEM-EDX). Vzorky byly vybrány mimo oblast úseku, kterému se věnuje tato práce, z výsledků materiálové zprávy<sup>17</sup> však lze vycházet pro celou místnost.

Vzorek se zčernalým stříbrem potvrdil přítomnost sulfidu stříbrného – tmavý produkt koroze stříbra. Pod stříbrem se nachází podklad s červenou hlinkou a uhličitánem vápenatým, křídová vrstva nanesená v několika vrstvách je z přírodní křídly obsahující schránky mikroorganismů. Tentýž červený poklad se nachází v místě zlacení plátkovým zlatem. U vzorku pod metalem se nachází vrstvy podkladů na organické bázi a vrstva s okrovými a žlutými pigmenty. Na povrchu metalu se nachází blíže nespécifikovaná vrstva. Složení barevné vrstvy u inkarnátů obsahuje olovnatou bělobu, uhličitán vápenatý, příměs lakového červeného pigmentu se substrátem hydroxidem hlinitým a rumělky. Dále se polychromii vyskytují dvě organické, patrně lakové vrstvy. U vzorků modré výmalby a modrých polí byla potvrzena přítomnost smaltu.

---

<sup>17</sup> LESNIAKOVA, Petra. *Materiálový průzkum vzorků: nástěnné malby a štuková výzdoba Zámecká kaple zámku v Kácově*. PDF. Katedra chemické technologie, Fakulta restaurování, Univerzita Pardubice, Jiráskova 3, Litomyšl, 2022.

## 4 Zkoušky materiálů a technik

### 4.1 Zkoušky čištění prachového depozitu

Zkoušky čištění prachového depozitu byly provedeny na dvou místech, na polychromii a na odhalené křídové vrstvě. Jedná se o dva různé typy povrchů s odlišnými vlastnostmi, a musí se tedy přistoupit k individuálním způsobům čištění.

Na zkouškách čištění křídového podkladu bylo vyzkoušeno pět nástrojů, a to měkký štětec, plastická guma, obyčejná tvrdá guma a měkká i střední Wishab houba. Obyčejná tvrdá guma rozmazávala prachový depozit, Wishab houby byly příliš abrazivní. Jako nejšetrnější se ukázal měkký štětec a plastická guma.



*Obr. 3 Zkoušky čištění prachového depozitu na křídovém podkladu. Zleva: štětec, plastická guma, tvrdá obyčejná guma, wishab houba měkká, wishab houba střední.*

Na zkouškách čištění polychromie byly vyzkoušeny tytéž nástroje, při jejichž použití však vzhledem ke křehkosti polychromie docházelo k značným ztrátám. Poté bylo vyzkoušeno čištění vatou smočenou ve vodě. To se jevilo jako účinné. Jako poslední byla vyzkoušena vata smočená v ethanolu, která byla účinnější a k odpovídající míře očištění došlo již po prvním setření. Při použití ethanolu může nastat riziko nabourávání lakových vrstev, při zkouškách však nebyl pozorován žádný takový fenomén. Toto riziko se však nevylučuje v jiných částech polychromie, a proto by bylo čištění provedeno kombinovanou metodou dle lokální situace, tedy čištěním vodou i ethanolem.



*Obr. 4 Zkoušky čištění prachového depozitu na polychromii. Zleva: štětec, plastická guma, tvrdá obyčejná guma, wishab houba měkká, wishab houba střední, voda, ethanol.*

## 4.2 Zkoušky fixáže polychromie

Zkoušky fixáže barevné vrstvy se provedly s ethanolem a vodou ředěným akrylátovým lepidlem Akrylkleber<sup>18</sup>. Nejdříve byl aplikován za pomoci injekční stříkačky a jehly Ethanol pro smáčení křídového podkladu a spodních stran šupinek polychromie, následně byl stejným způsobem aplikován vodou zředěný Akrylkleber ředěný v poměru 1:3 (16 % na obsah sušiny). Na oblast se přiložil voskový papír, přes který proběhla následná fixace vyhřívanou špachtlí (na cca 80°C).

Tímto způsobem zažehlování se šupinky polychromie mírně naměkčí, též lepidlo aplikované pod ně se aktivuje a tím dojde k šetrnému vrácení krakel do původní polohy. Zkoušky byly hodnoceny jako úspěšné, jak zvolené techniky, postupu práce, tak výběrem materiálu.

---

<sup>18</sup> Lascaux Restauro Acrylkleber 498 HV



*Obr. 5 Zkoušky fixace barevné vrstvy. Obrázek nahoře stav před, obrázek dole stav po fixaci.*

## 5 Komplexní vyhodnocení průzkumu

Z historického průzkumu vyplívá, že štuky v kapli provedl Bartolomeo Muttoni a to mezi léty 1728 a 1729. Na zbylé výzdobě kaple se pak podílelo více umělců. Mezi lety 1918 a 1948 došlo ke snížení stropu v kapli, otlučení spodního pásu výmalby a štukové výzdoby se sochami. K žádnému předchozímu restaurátorskému zásahu pravděpodobně v kapli nedošlo.

Vizuální průzkum konkrétního úseku poukázal na nejzásadnější problémy způsobené především kondenzací vlhkosti v místnosti, a to rozsáhlé mikrobiologické napadení, krakeláž polychromie a pozlacovacích technik, oxidaci pozlacovacích technik a sprašování barevných výmaleb a křídových podkladů. Dalšími zásadními poškozeními způsobenými mechanicky jsou větší ztráta nožičky figury, praskliny, poškrábané stěny a poškrábaná figura i s oblakem od ptactva. Na základě vyhodnocení odebíraných vzorků v rámci celé kaple byly specifikovány podkladové vrstvy pod pozlacovacími technikami – byl potvrzen organický podklad pod metalem a podklad s červenou hlinkou pod zlatem a stříbrem. V křídovém podkladu byla potvrzena přírodní křída a na povrchu některých postříbřených ploch lazury či laky. Identifikováno bylo též složení polychromií, které se na díle nacházejí pouze v jedné vrstvě barevné úpravy, plus ochranné lakové vrstvy na nich. V modrých částech byla potvrzena přítomnost smaltu, který časem ztrácí svou sytou barevnost. Nebyly identifikovány žádné přemalby ani pozdější zásahy.

Na základě zkoušek čištění prachového depozitu byly vyhodnoceny metody čištění ethanolem (který bude použit i z důvodu hubení mikrobiologického napadení) a vodou. Fixace povrchových vrstev proběhne zažehlováním na akrylátové lepidlo Acrylkleber, který se prokázal jako vhodný z důvodu jeho stálosti a naměkčitelnosti teplem, nutné pro metodu tepelného zažehlení.

## 6 Restaurátorský záměr

### 6.1 Koncepce restaurátorského zásahu

Předmětem restaurování je zámecká kaple v Kácově, která má bohatou štukovou a malířskou barokní výzdobu. Spodní polovina výzdoby kaple byla zcela zničena a v horní části kaple dochází k dlouhodobé a rozsáhlé degradaci. Po ukončení restaurátorských prací by se kaple mohla opět stát součástí reprezentačních prostorů zámku. Koncepce restaurování by tedy měla směřovat především k sanaci a konzervaci díla, i k navrácení estetických hodnot a celistvosti objektu, to vše s ohledem na hodnotu stáří. Kaple se dochovala v nezměněném stavu a je proto zásadní zachovat maximální množství původních povrchů. Proto by se měli respektovat a ponechat jak zachované inkarnáty a výmalby, tak i části pozlacené kovy. To zahrnuje též zčernalé povrchy stříber, jelikož případné přezlacení (stříbrem), by vedlo k zásadní ztrátě originálu.

Bude tedy nutné nejdříve očistit povrchy, v problematických částech se budou muset nejdříve zafixovat odlupující se barevné vrstvy. Stříbrná oblaka jsou velmi citlivá proto bude jejich čištění provedeno v nejmenší možné míře. Po zajištění a očištění inkarnátů na postavě andílka, stříbra a zlata v páscích či oblacích a též po zajištění sprašujících se vrstev výmaleb se přistoupí ke kompletnímu doplnění chybějících částí štuků pro vizuální celistvost díla. Největším a nejproblematictější plastickým doplňkem bude zcela chybějící nožička andílka. Následně by mělo dojít k barevné retuši andílka, zlatičských technik a barevných ploch pro dosažení vizuálního sjednocení výzdoby kaple. Pro rozeznatelnost retuší z bližšího pohledu by byla zvolena metoda tečkované retuše, která se bude z dálky opticky slévat do jednotné barevné plochy.

### 6.2 Postup prací

Před zásahem na konkrétních úsecích se nejprve musely odstranit plísně, které se držely především v silných vrstvách prachového depozitu, a to za pomoci štětců a vysavače tak, aby se nevířily vzduchem. Následně byla celá kaple ošetřena ethanolem pro zahubení případného zbylého biologického napadení.

Poté se mohlo přistoupit k podrobnějšímu čištění štětci a houbičkami s vodou a ethanolem. Zároveň se lepily nazpět odchlupující se barevné vrstvy a kovy. Nejdříve se injekčními stříkačkami pod vrstvy pro zlepšení smáčivosti a penetrace aplikovala voda s ethanolem, poté akrylátová disperze K9. V místech, kde byla s barevnou nebo kovovou vrstvou oddělená i část štuku, byla ještě aplikované vodou ředěné akrylátové disperzní lepidlo Akrykleber. Kry byly k povrchu jemně přitlačeny vatičkou

namočenou ve vodě s ethanolem a zároveň tak očištěny zbytky disperzí z povrchu. Díky tepelné naměkčitelnosti disperzního lepidla bylo možné druhým dnem opatrně zažehlit téměř do roviny jednotlivé kry zažehlovací špachtlí přes celulózový papír. Následovalo další jemné čištění povrchů, u kterých to před konsolidací vrstev nebylo možné. Sprašující se výmalby zdi se přes japonský papír opakovaně štětce konsolidovaly akrylátovou disperzí Medium. Do větší praskliny mezi levou rukou andílka a zdi byla aplikována hrubší injektážní směs Ledanu s mramorovou močkou pro přemostění a zajištění odděleného štku.

Po zajištění jednotlivých povrchů a štuků se mohlo přistoupit k plastickému doplňování HB tmelem s přísadkou mramorové moučky pro změkčení doplňků. Též byla zhotoveno chybějící chodidlo andílka ve štku, vápnu s přesátým pískem, i chybějící části akantu v páskovém dekoru. Na vytvrdnutý štuk byla nanesena směs tmelu sloužící též jako podkladová vrstva pro následující barevnou retuš. Tmel byl vždy nejdříve aplikován, druhým dnem po zatuhnutí byl pomocí skalpelu strhnut do požadovaného tvaru.

Jednotlivé povrchy doplněných částí ve tmelu byly ošetřeny izolujícím nátěrem 1 % disperze K9 pro sjednocení nasákavosti a na takto připravené plastické retuše mohly přijít retuše barevné. Technika byla zvolena tečkovaná. Na pozlácované části byly zvoleny vždy tři základní barvy skládané postupně vedle sebe, které v celku vytvořily barevnost kovu. V inkarnátech bylo použito více odstínů pro dosažení barevné rozmanitosti. Větší barevné ztráty u výmalb a iluzivních stínů štuků byly decentně jednobarevně tečkovány pro sjednocení ploch.

## 6.3 Použité materiály a technologie

Zajištění:

- Biocidní ošetření ethanolovým postřikem
- Zažehlení šupinek barevné vrstvy – ethanol, Akrykleber (Lascaux Restauro Acrykleber 498 HV), voda, tepelná špachtle, japonský papír.
- Konsolidace omítkové vrstvy CaLoSiL® E25 –vápenná nanosuspenze v ethanolu (výrobce: IBZ Salzchemie GmbH & Co. KG; SRN) a KSE 100 (300) – organokřemičité zpevňovací prostředky (výrobce: Remmers)
- Injektáž prasklin – Ledan TB1 – injektážní prostředek na hydraulické bázi (výrobce: Tecno Edile Toscana) za pomoci injekční stříkačky a jehel
- Zajištění polychromie a zlatičských technik – Acrykleber 498 HV – vodná akrylátová disperze, o koncentraci do 10 % (hm.) (výrobce: Lascaux), Dispersion K9 – akrylátová disperze

o koncentraci do 3 % (hm.) (distributor: Kremer Pigmente GmbH & Co. KG), Medium for Consolidation –vodná akrylátová disperze, o koncentraci do 2 % (hm.), (výrobce: Lascaux colours & restauro, Barbara Diethem AG)

#### Čištění:

- Čištění prachových depozitů – Pomocí měkkého štětce a vysavače, případně plastické gumy, na polychromii vatovým tamponem namočených v ethanolu a ve vodě.

#### Retuše:

- Plastická retuš – Kovaný křemičitý písek přesátý sítem + vápenný hydrát naložený ve vodě na vápennou kaši v poměru 2:1, pro jádra byl zvýšen podíl písku na 3:1 vápna
- Barevná retuš – Minerální práškové pigmenty (distributor: Kremer Pigmente GmbH & Co KG, Aqua Bárta), arabská guma – 1-2 % (hm.) koncentrace (distributor: Kremer Pigmente GmbH & Co KG), minerální práškové pigmenty (distributor: Kremer Pigmente GmbH & Co KG)

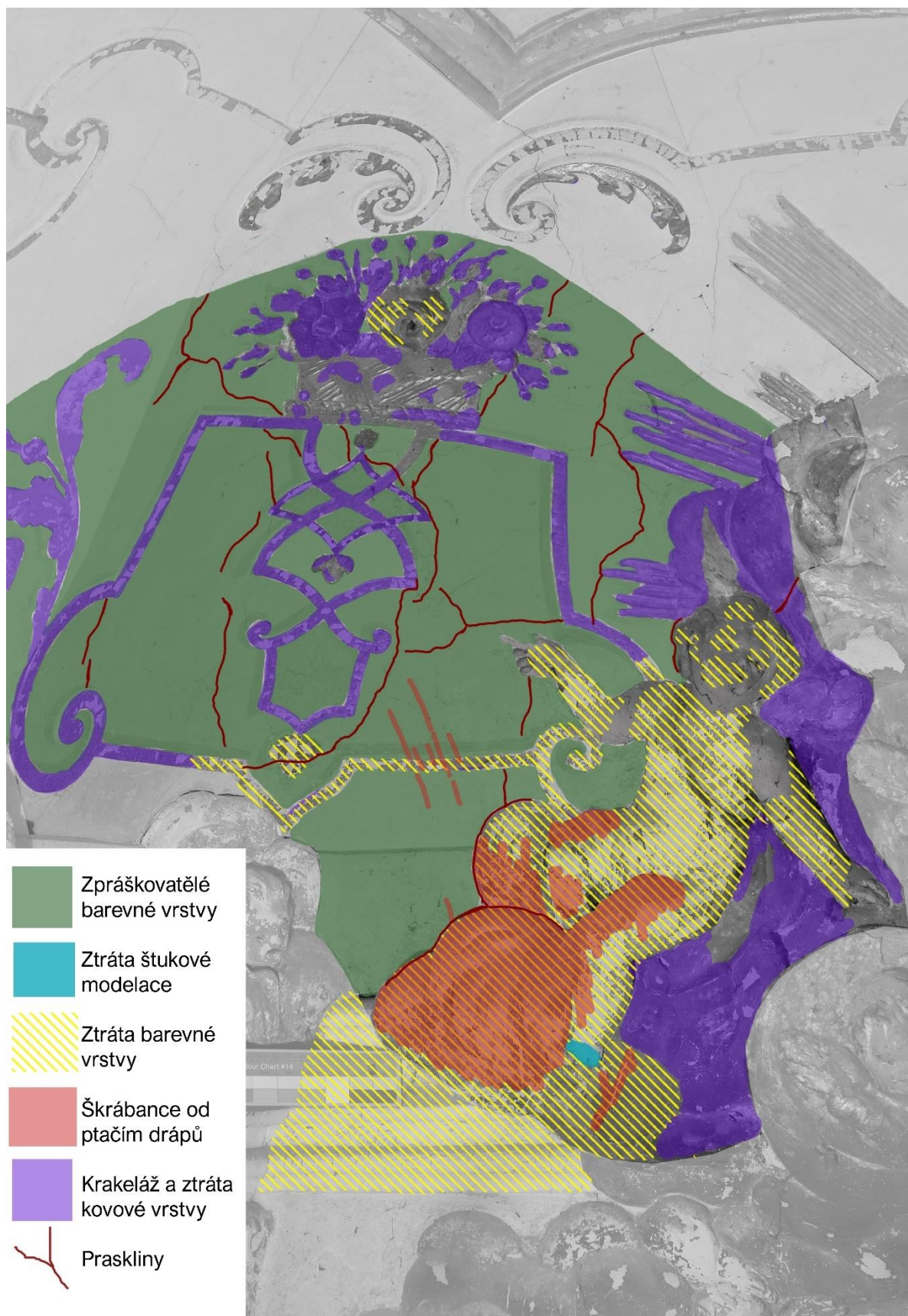
## 7 Doporučený režim

Dílo se nachází v interiéru, tudíž není vytaveno extrémním podmínkám. Nebezpečná může být ale zvýšená vlhkost a následná kondenzace vody na studených zdech, to by se znovu mohlo projevit na opětovné degradaci výzdoby. Proto je důležité zajistit průchod vzduchu, aby se zabránilo nadbytečné kondenzaci vody i výskytu plísní. Optimální klimatické podmínky pro dílo se pohybují mezi 40-60 % relativní vzdušné vlhkosti. Skokové výkyvy relativní vzdušné vlhkosti jsou rizikové stejně jako výrazné teplotní výkyvy, proto by se mělo dbát i na sledování teploty v místnosti

## 8 Použitá literatura a prameny

- BURATTINI, C. et al. Natural lighting in sacred architecture, 2021. IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2021 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe), 2021, pp. 1-6, doi: 10.1109/EEEIC/ICPSEurope51590.2021.9584663.
- Genus.cz: Poutnímu areálu v Horní Polici vrací rekonstrukce podobu, jakou měl v době investorky Anny Marie Františky Toskánské [online]. [cit. 2022-03-30]. Dostupné z: <https://genus.cz/vice-temat/regionalni-um/poutnimu-arealu-v-horni-polici-vraci-rekonstrukce-podobu-jakou-mel-v-dobe-investorky-anny-marie-frantisky-toskanske-n484731.htm>
- HALL, James. Slovník námětů a symbolů ve výtvarném umění. Přeložil Allan PLZÁK. Praha: Paseka, 2008. ISBN 978-80-7185-902-4.
- MÜHLDORF, Mgr. Jan. Zámecká barokní kaple v Kácově. srpen 2012.
- NPÚ ÚOP středních Čech v Praze, průzkumy, posudky, zprávy, P 578, Macek, Petr, Vojtíšková, L., Zahradník, Pavel, KÁCOV (o. Kutná Hora) Dodatek Stavebně historický průzkum zámeckého areálu, 1991.
- Památkový katalog [online]. [cit. 2022-01-19]. Dostupné z: <https://www.pamatkovykatalog.cz/zamek-2315853>
- Průzkumová zpráva kaple: *Dokumentace restaurátorského průzkumu Zámecká kaple barokního zámku v Kácově s bohatou štukovou a malířskou výzdobou. Nástěnné malby a štuková výzdoba s bohatou polychromií*, z roku 2022. Zpráva je uložena na Fakultě restaurování v Litomyšli.
- ROYT, Jan; ŠEDINOVÁ, Hana. Slovník symbolů: kosmos, příroda a člověk v křesťanské ikonografii. Praha: Mladá fronta, 1998. ISBN 80-204-0740-5.
- ŠANDOVÁ, Nela. Zámek Kácov. 2014. Bakalářská práce. Univerzita Karlova, Katolická teologická fakulta, Ústav dějin křesťanského umění. Vedoucí práce Oulíková, Petra.

## 9 Grafická dokumentace



Obr. 6 Graficky znázorněná poškození

## 10 Fotografická dokumentace

### 10.1 Stav před restaurováním



Obr. 7 Stav před restaurováním.



*Obr. 8 Stav před restaurováním, putto.*



Obr. 9 Stav před restaurováním, zrcadlo.



*Obr. 10 stav před restaurováním, košík.*



*Obr. 11 Stav před restaurováním, spodní polovina figury.*



*Obr. 12 Detail krakeláže zlacení*

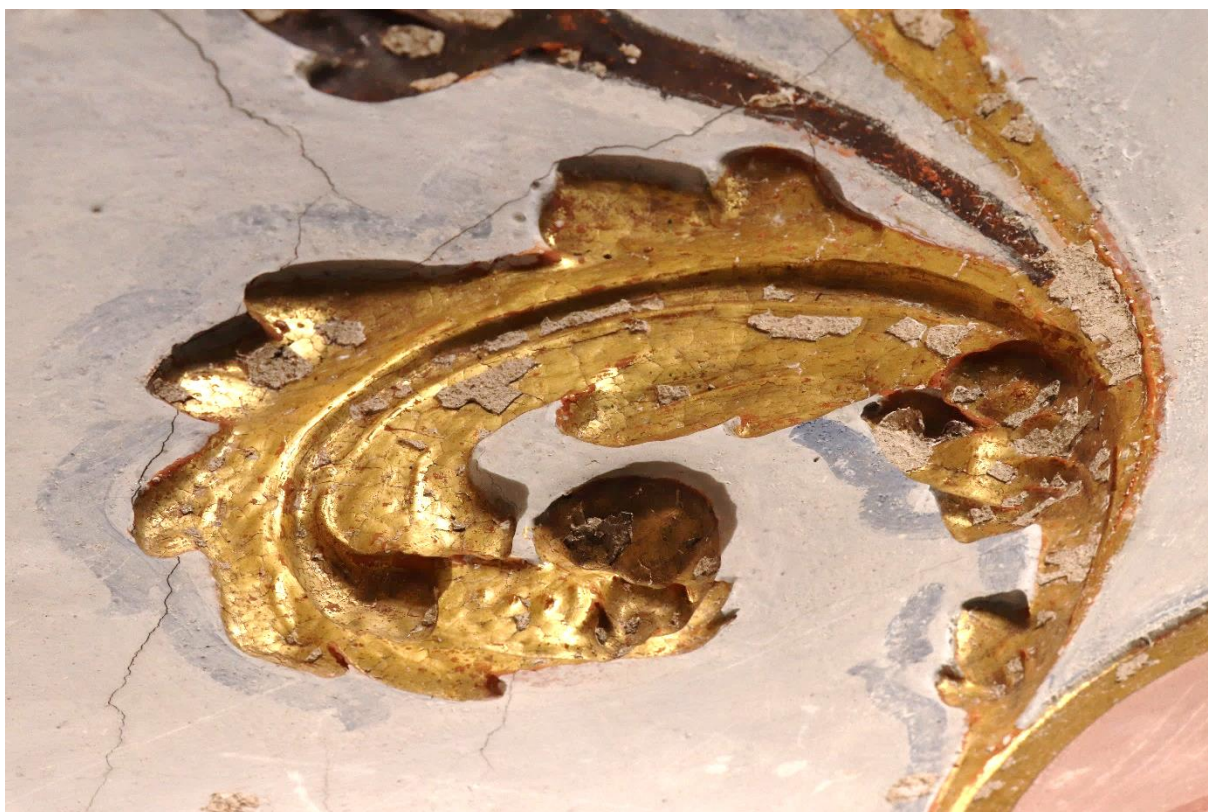


*Obr. 13 Detail krakeláže stříbra*



*Obr. 14 Detail krakeláže polychromie*

## 10.2 Průběh prací



*Obr. 15 Zlacení po zažehlení*



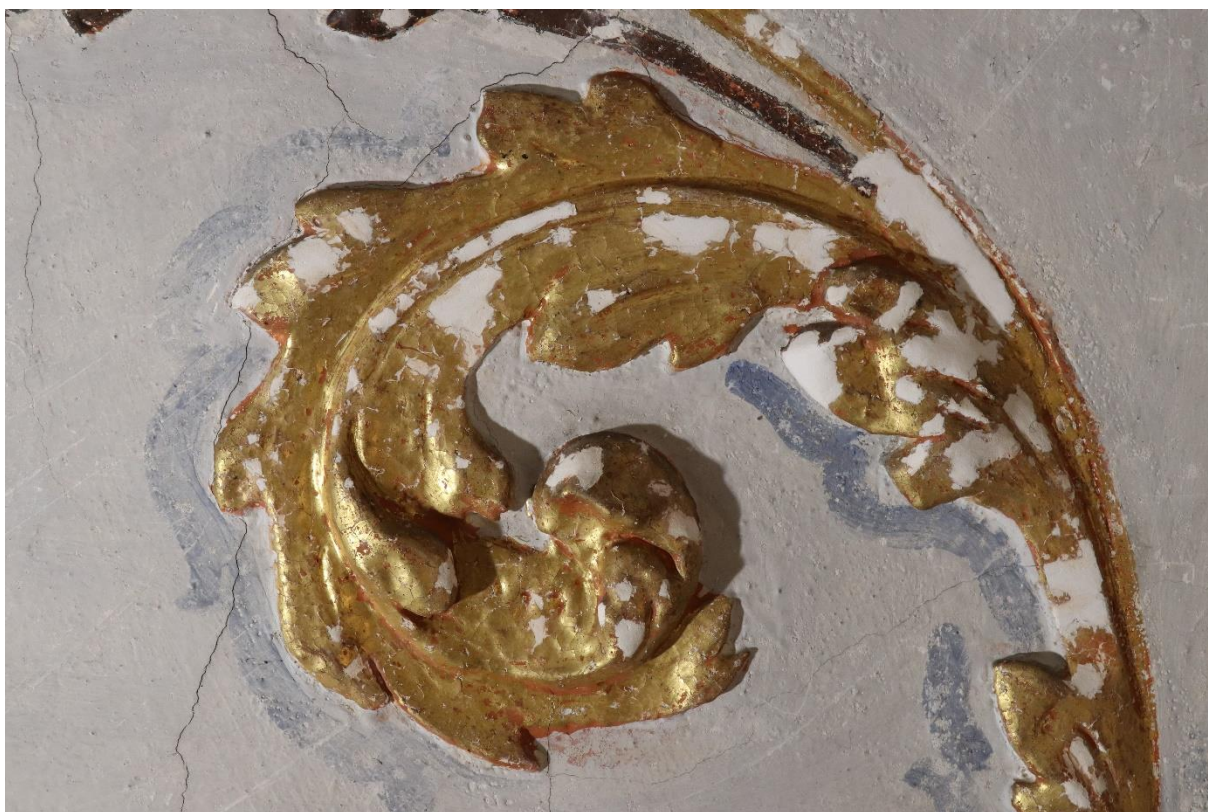
*Obr. 16 Polychromie po zažehlení*



*Obr. 17 Stříbro po zažehlení*



*Obr. 18 Nanášení vnitřního hrubého tmelu špachtlí*



*Obr. 19 Detail akantu po plastické retuši*



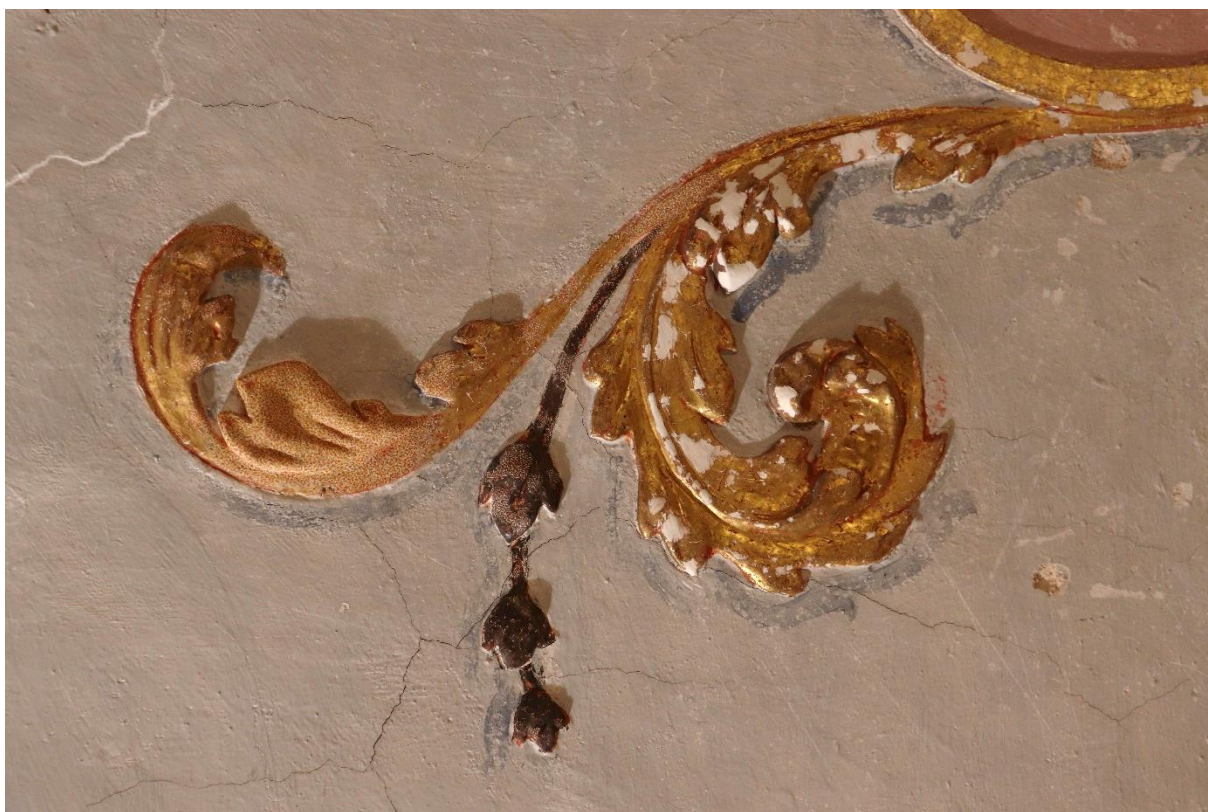
*Obr. 20 Detail chodidla po vybroušení plastické retuše*



*Obr. 21 Průběh barevné retuše*



*Obr. 22 Průběh barevné retuše při práci*



*Obr. 23 Průběh barevné retuše na akantu*

### 10.3 Stav po restaurování



Obr. 24 Stav po restaurování celkový pohled



*Obr. 25 Detail putta po restaurování*



Obr. 26 Celkový pohled s oltářem po restaurování úseku



Obr. 27 Zrcadlo po restaurování



*Obr. 28 Detail tečkové retuše na oblacích*



*Obr. 29 Akant po restaurování*



*Obr. 30 Detail modrých stínů po barevné retuši*



*Obr. 31 Detail putta s tečkovou retuší*

## 10.4 Celky



Obr. 32 Celý pohled: 1. stav před restaurováním, 2. stav po očištění a zažehlení, 3. stav po plastické retuši, 4. stav po restaurování

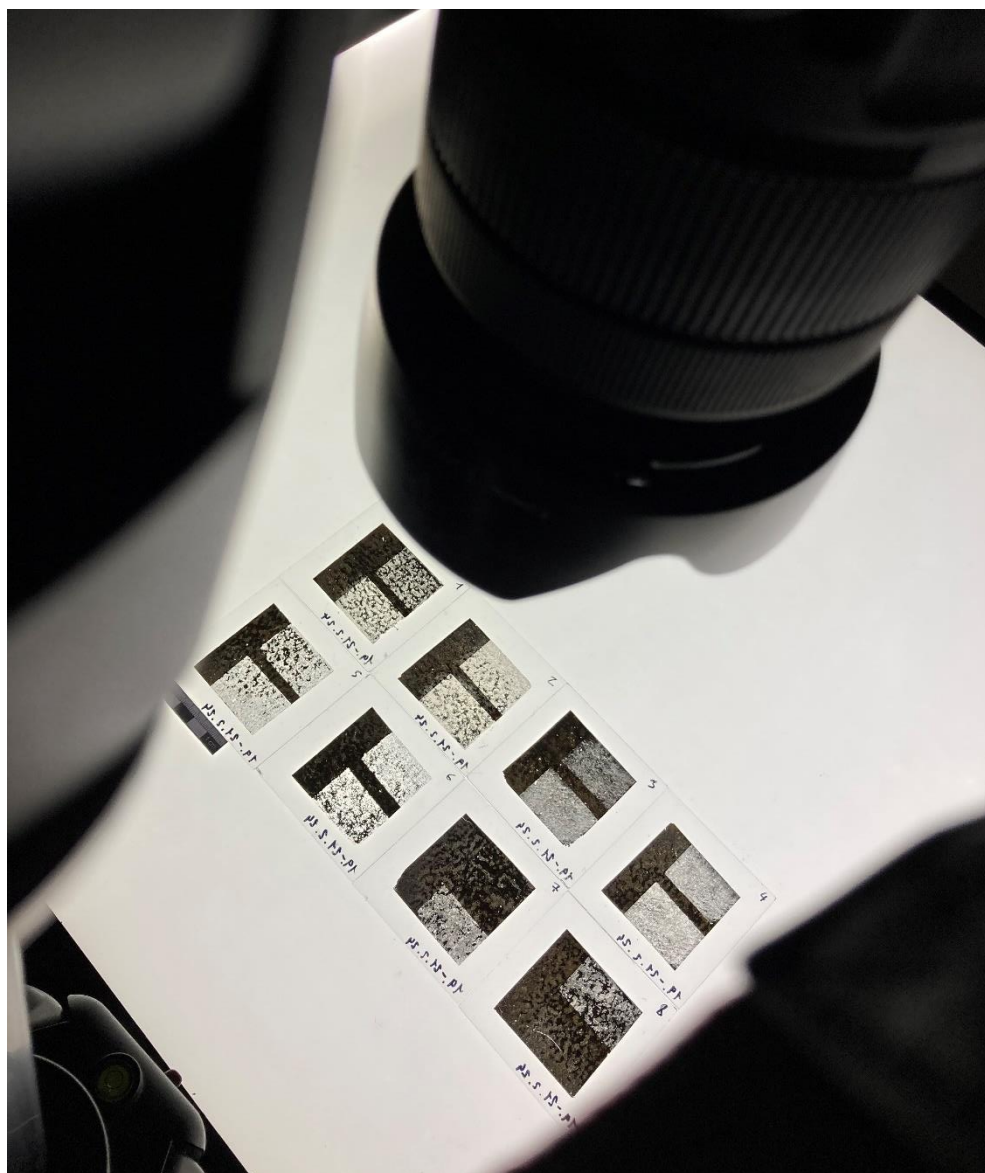


Obr. 33 Detail putta: 1. stav před restaurováním, 2. stav po očištění a zažehlení, 3. stav po plastické retuši, 4. stav po restaurování

### III. Experimentální část

#### Možnosti odstraňování koroze z povrchu stříbrných plátek

---



# 1 Úvod do problematiky

Téma teoretické diplomové práce navazuje na její praktickou část, kde jednou z mnoha řešených problematik byla volba vhodného postupu restaurování-konzervace korodovaného zčernalého plátkového stříbra nalézajícího se na štukové výzdobě kaple v zámku v Kácově. Vzhledem k pokročilé korozi stříbrných plátek na mnohých partiích výzdoby bylo možné situaci prakticky řešit pouze dvěma způsoby, a to buď ponecháním dochovaného stavu nebo odstraněním zčernalého plátkového stříbra. Je zřejmé, že druhá varianta je bohužel spojena s nenávratnou ztrátou památkových hodnot a cenných informací o objektu. Teoretická diplomová práce se na nastíněnou situaci snaží reagovat výběrem tématu a věnuje se proto otázce, zda existuje možnost šetrné redukce korozních produktů plátkového stříbra.

V rámci rešerše byly nejprve shromážděny, popsány a posouzeny možné metody čištění koroze stříbrných povrchů. Z výsledků studia literatury byla jako nejšetrnější a zároveň dostupná metoda čištění zvolena pro následné testování laserová ablace. Dále byl za základě rešerše stanoven vhodný postup přípravy zkušebních vzorků včetně metodiky tvorby koroze na povrchu stříbrných plátek umělým stárnutím.

Podařilo se úspěšně připravit tři sady vzorků se třemi stupni míry koroze. Na zhotovených vzorcích se posléze vyzkoušely dva typy pevnolátkových laserů, kterými byly laser Thunder Art s vlnovými délkami 1064 a 534 nm a laser EOS 1000 SFR s vlnovou délkou 1064 nm. Systematicky byla zkoušena různá nastavení podmínek čištění laserem a jejich dopad na ošetřený materiál. Výsledky čištění byly následně fotograficky zdokumentovány, vizuálně posouzeny a vyhodnoceny. Předkládanou experimentální práci lze považovat za vstup do širší problematiky, odpovídající na základní otázky a zároveň otevírající nová témata a možnosti.

## 2 Východiska a vymezení zpracovávaného tématu

### 2.1 Zdroje pro zpracování tématu

Cílem rešeršní části bylo zjištění možností a metod čištění stříbrných plátků a jejich účinnosti. Byly vyhledávány též články pojednávající o čištění objektů z masivního stříbra, neboť těmto objektům byla v rámci výzkumů věnována větší pozornost. Vyhledávaná klíčová slova v internetových zdrojích byla především „čištění stříbra“, „čištění pozlacování“, „čištění zlacení“, „čištění laserem“, „*cleaning of silver*“, „*gilding*“, „*tarnish*“ a „*laser cleaning*“.

Procházeny byly digitální knihovny Univerzitní knihovny Univerzity Pardubice, Studijní a vědecká knihovna v Hradci Králové, Moravská zemská knihovna v Brně, Národní knihovna v Praze. Mezi prohledávané webové stránky patří AATA GETTY (<http://aata.getty.edu/>), WEB OF SCIENCE (<http://apps.webofknowledge.com/>), SCIEDIRECT (<http://www.sciencedirect.com/>), JSTORE (<https://www.jstor.org>), AMERICAN CHEMICAL SOCIETY (<https://pubs.acs.org/search/advanced>), SPRINGER (<http://link.springer.com/>), WILEY (<http://onlinelibrary.wiley.com/>) a Google Scholar. Fyzicky byla poté navštívena Univerzitní knihovna Univerzity Pardubice a Studijní a vědecká knihovna v Hradci Králové.

### 2.2 Plátkové stříbro

#### 2.2.1 Historie

Kovy obecně byly pro lidstvo důležité už od nepaměti. Používaly se pro výrobu různých nástrojů usnadňujících lidem práci. Kovy jako měď, zlato, stříbro, nikl či platina se pro svou trvanlivost a tvárnost používaly k výrobě šperků a platidel. Dalšími důležitými vlastnostmi jsou pak vysoká kujnost, tažnost a ohebnost dovolující výrobu drátů či tepaní do tenkých plátků. V neposlední řadě mají schopnost tvořit slitiny, čímž dojde ke zlepšení jejich fyzikálních a chemických vlastností, například tvrdosti, pevnosti či odolnosti. Nejen ve výtvarné tvorbě se uplatňuje vysoký lesk kovů nebo například také to, že jsou neprůhledné v relativně tenkých vrstvách.<sup>19</sup>

Pravděpodobně nejstarší známé užívání tepaného zlata spadá již do starověkého Egypta. Nálezy dokládající využití zlata jsou ve východním umění, Mezopotámii, Indii i středomoří.<sup>20</sup> Od

---

<sup>19</sup> JIROVSKÁ, Veronika. *Použití kovů v knižní malbě*. Bakalářská práce. Litomyšl: Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, 2010.

<sup>20</sup> P. WHITLEY, Kathleen. *THE GILDED PAGE, The History and Technique of Manuscript Gilding*. United States of America: Oak Knoll Press and The British Library, 2010. ISBN 978-1-58456-239-9.

pokládání silnějších vytepaných vrstev kovu se později přecházelo k tenčím a tenčím plátkům<sup>21</sup>, především kvůli redukci nákladů. Lze předpokládat, že všechny v antice známé a užívané výzdobné techniky využívající zlato se do Evropy přenesly prostřednictvím Byzance. Užití zlatičských technik začalo být později aplikováno i na architekturu, zejména štukové výzdoby v interiérech, poté i na nábytek.<sup>22</sup>

Stříbro bylo od starověku hojně užíváno na Blízkém a Středním Východě, v antické kultuře bylo spojováno s měsícem (zlato se sluncem) a personifikováno bohyní Dianou. Od počátků se užívalo ve šperkařství a ve výrobě nádobí, poté se začalo slévat s mědí v zavedených poměrech ryzosti. Stříbro se používalo jako náhražka zlata již v knižní malbě a barevná úprava povrchu lazurními technikami byla oblíbena od konce 15. století. Pravděpodobně od 17. století se pak začaly v Evropě užívat náhražky ze slitin obecných kovů a od 20. století se stříbro převážně ve šperkařství nahrazuje titanem a hliníkem.<sup>23</sup>

## 2.2.2 Základní pozlacovačské techniky s využitím stříbrných plátků

Základní pozlacovačské techniky, které využívají zlato a stříbro, lze rozdělit na tzv. zlacení na lesk a matové zlacení. V případě první techniky se jedná o dražší variantu, která byla „reservována“ pro významově důležitější části na rozdíl od matového zlacení používaného na architektonické části a ornamenty. Pozlacovačské techniky lze dále například dělit na zlacení na vodou rozpustná pojiva nebo zlacení na olej.<sup>24</sup>

Zlacení na lesk nejčastěji představuje technika polimentového zlacení, u které se využívají vodou rozpustná pojiva, nejčastěji kliš a bílek. Poliment je podklad, který svými vlastnostmi umožňuje následně položený kov vyleštit tvrdým hladidlem (většinou achátem) do vysokého lesku. Obsahuje totiž jemnou hlinku zvanou též bolus, která se používá v několika odstínech. Zjednodušeně lze shrnout, že se pro zlatý plátek spíše používaly teplé tóny hlinek, zejména červené, hnědé nebo žluté. Pro stříbrné plátky se preferovaly studené odstíny, tedy zejména bílý, šedý nebo modrý poliment. Pokud měla pozlacovačská technika se stříbrným plátkem imitovat zlato, doporučovaly se opět teplé odstíny hlinek.<sup>25</sup> Technika polimentového zlacení se používá výhradně v interiérech na dřevěných podložkách, sádře a též štuku nebo kamenosochařských dílech, kde se povrch nejprve upraví nejčastěji vrstveným

---

<sup>21</sup> Poznámka: Silnější plátky kovů jsou označovány jako folie, mají takovou šíři, že unesou vlastní váhu, zatímco plátky jsou natolik tenké, že svou váhu neudrží a musí se přenášet pomocí speciálních nástrojů – štětky.

<sup>22</sup> LOSOS, Ludvík. *Pozlacování a polychromie*. Praha: Grada, 2005, s. 34-57. ISBN 80-247-0913-9.

<sup>23</sup> STEHLÍKOVÁ, Dana. *Encyklopedie českého zlatnictví, stříbrnictví a klenotnictví*. Praha: Libri, 2003. ISBN 80-85983-90-7.

<sup>24</sup> RICHTER, Mark. *Coloured Glazes on Metal Leaf from the Baroque and Rococo period*. Mnichov: Technische universitat Munchen Fakultat fur architecture, 2013.

<sup>25</sup> DIAS, Tiago a kol. All that glitters is not gold: silver leaf gilding, another means to an end. *Conservar Património*. 22, 2015, p. 29–40.

klihokřídovým podkladem, na který se poté nanáší vrstva polimentu. Před samotným pokládáním kovu se poliment navlhčí, aby se k němu plátek přilepil. Po pár hodinách vrstva pod položeným plátkem proschne a je možné finální leštění achátem.<sup>26</sup>

Pak je tu druhý tip pozlacovačských technik. Zjednodušeně lze uvést, že k základním technikám, které nelze leštit, patří zlcení na mixtion a na mordant. Používají se na všechny typy podkladů. Termín mordant může představovat více významů, je za něj možné například považovat voskopryskyřičný podklad značné lepivosti nebo také jakýkoliv „mastný“ podklad pro zlcení. Mixtionové zlcení spočívá v položení kovového plátku na nátěr, jehož základem je lněný olej, respektive lněná fermež. Lze jej použít do exteriéru i interiéru. Do základních nelešitelných technik se řadí též zlcení na vodová pojidla bez pracné úpravy podkladu. Patří sem mimo jiné použití vodných tinktur, tzv. assis, na papírových podložkách a pergamenu. Techniky s vodovými pojivy jsou ve vlhku nestálé, mohou proto být použity pouze v interiéru.<sup>27</sup>

Pro úplnost je zapotřebí uvést, že se lešitelné techniky běžně používají také na matové podobě, v tom případě je vynechán poslední krok, tedy leštění pokovení. Polimentové zlcení na mat se používalo v záhybech draperií, především v baroku se kontrastu matného zlcení v hloubkách s lesklými vrcholy začalo hojně užívat pro zvýšení optického efektu.<sup>28</sup>

### 2.2.3 Stříbro a jeho koroze

Stříbro je ušlechtilý kov bílé barvy s chemickou značkou Ag, používaný již od starověku.<sup>29</sup> U nás šlo o hojně užívaný materiál, a to hlavně díky bohatým ložiskům v Čechách. V přírodě se stříbro vyskytuje zřídka ryzí, většinou bývá získáváno z rud jako jsou např. argenit a galenit. Stříbro je velmi dobře kujné, tažné a měkké, oproti zlatu je však méně kujné a je tvrdší.<sup>30</sup> Proto jsou stříbrné plátky silnější než zlaté, jejich tloušťka je obvykle 0,004 mm. K tepání musí být použité téměř čisté stříbro,

---

<sup>26</sup> LOSOS, Ludvík. *Pozlacování a polychromie*. Praha: Grada, 2005, s. 34–57. ISBN 80-247-0913-9.

<sup>27</sup> LOSOS, Ludvík. *Pozlacování a polychromie*. Praha: Grada, 2005, s. 57–58. ISBN 80-247-0913-9. ZŮFALÁ, Radka. *Restaurování části renesančního štukového epitafu rodiny Hodějovských z Hodějova v kostele Narození sv. Jana Křtitele v Českém Rudolci. Techniky zlcení renesančního štuky*. Diplomová práce. Litomyšl: Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, 2022.

<sup>28</sup> LOSOS, Ludvík. *Pozlacování a polychromie*. Praha: Grada, 2005, s. 57–58. ISBN 80-247-0913-9.

<sup>29</sup> Stříbro. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2022-11-20]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/St%C5%99%C3%ADbro>

<sup>30</sup> STEHLÍKOVÁ, Dana. *Encyklopedie českého zlatnictví, stříbrnictví a klenotnictví*. Praha: Libri, 2003. ISBN 80-85983-90-7. Stupeň tvrdosti stříbra je 3, bod tání 960 °C.

nikoliv slitiny. Stříbro není toxické pro člověka, naopak je antibakteriální a využívá se proto například v medicíně.<sup>31</sup> Výborně vede teplo a elektrinu, na čistém vzduchu je stálé.<sup>32</sup>

V běžné atmosféře stříbro snadno koroduje, koroze bývá především urychlena zvýšenou relativní vlhkostí vzduchu, případně oxidačními činidly (např. kyslík). Dominantním korozním produktem je sulfid stříbrný ( $\text{Ag}_2\text{S}$ ), vyznačující se tmavou až černou barevností, která je také typická pro korodované stříbrné povrchy. Dalšími, méně zastoupenými korozními produkty stříbra, v závislosti na okolních podmínkách a materiálech, bývají chloridy, sírany, uhličitany nebo dusičnany, případně směsné nebo druhotné sloučeniny.<sup>33</sup> Kvůli náchylnosti stříbra ke korozi se jeho povrch vždy ošetřoval ochrannými úpravami, nejčastěji laky nebo lazurami, jak bude uvedeno dále.<sup>34</sup>

Chlorid stříbrný ( $\text{Ag}_2\text{S}$ ) je velmi stabilní, nerozpustný ve vodě, rozpouští se pouze v silných kyselinách za vzniku solí.<sup>35</sup> Nejčastěji vzniká reakcí stříbra se sulfanem ( $\text{H}_2\text{S}$ ), který se běžně vyskytuje v okolní atmosféře, do procesu může být zapojen také karbonylsulfid. Koroze může být velmi rychlá, nastává již při velmi nízkých koncentracích sulfanu. Oxidy síry nemají podle odborné literatury na vznik sulfidu stříbrného až tak velký vliv jako sulfan.<sup>36</sup>

#### 2.2.4 Povrchové úpravy stříbra

Jak bylo zmíněno výše, povrch stříbra býval zpravidla ošetřován tenkou vrstvou laku, případně jinými ochrannými úpravami. Vedle čistě ochranné funkce měly laky někdy za cíl proměnit estetickou kvalitu díla, zejména potom v baroku a rokoku se k úpravě povrchu stříbrných plátků hojně rozšířily barevné lazury, podobně jako zlatolaky – zlato imitující úpravy.<sup>37</sup> Všechny uvedené historické závěrečné úpravy mohly být na bázi různých přírodních pojiv a jejich modifikovaných směsí.<sup>38</sup> Často

---

<sup>31</sup> SELWYN, Lyndsie. *Metals and Corrosion: a handbook for the Conservation Professional*. Canada: Canadian conservation institute, 2004. ISBN 0-662-37984-5.

<sup>32</sup> STEHLÍKOVÁ, Dana. *Encyklopedie českého zlatnictví, stříbrnictví a klenotnictví*. Praha: Libri, 2003. ISBN 80-85983-90-7.

<sup>33</sup> KEAST, Vicki J. Atmospheric Corrosion of Silver and Silver Nanoparticles. *Corrosion and Materials Degradation*, 3, 2022, p. 221–234. <https://doi.org/10.3390/cmd3020013>

<sup>34</sup> LOSOS, Ludvík. *Pozlacování a polychromie*. Praha: Grada, 2005, s. 27. ISBN 80-247-0913-9.

<sup>35</sup> Stříbro. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2022-11-20]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/St%C5%99%C3%ADbro>

<sup>36</sup> KEAST, Vicki J. Atmospheric Corrosion of Silver and Silver Nanoparticles. *Corrosion and Materials Degradation*, 3, 2022, p. 223, 224. LEYGRAF, Christofer a kol. *Atmospheric Corrosion, Second Edition, Appendix I*, John Wiley & Sons, Inc. Published, 2016, p. 337–343.

<sup>37</sup> RICHTER, Mark. *Coloured Glazes on Metal Leaf from the Baroque and Rococo period*. Mnichov: Technische universitat munchen Fakultat fur architectur, 2013.

<sup>38</sup> DIAS, Tiago a kol. All that glitters is not gold: silver leaf gilding, another means to an end. *Conservar Património*, 22, 2015, p. 29–40.

byly používány lihové roztoky, a to nejen pryskyřičné. Jejich výhodou je skutečnost, že je lze aplikovat velmi rychle za sebou v několika slabých vrstvách a po zaschnutí mohou být pro dosažení ještě vyššího lesku leštěny.<sup>39</sup>

Je logické, že se k závěrečné úpravě stříbra, které mělo být pohledově uplatněno ve své původní podobě, používaly transparentní bezbarvé laky.<sup>40</sup> Naopak, již zmíněné barevné lazury a zlatolaky jsou průhledné až průsvitné tónované úpravy s obsahem celé řady pigmentů či barviv.<sup>41</sup> V případě lazur díky lesklému stříbru prosvítajícímu skrze poloprůhlednou barevnou vrstvu dosáhlo dílo velmi impozantního efektu. Podle Suchánka<sup>42</sup> mohl být tento typ povrchové úpravy složen ze spodní velmi tenké klišové vrstvy na stříbrném plátku, pak následovala silnější vrstva samotné lazury s pigmentem. Nejčastěji se jednalo o žluté, modré, zelené a červené pigmenty pojené v pryskyřicích jako je sandarak, mastix, kopál, jantar či kalafuna v kombinaci s oleji pro změkčení dále kadidlo, terpentýn nebo elemi. Jako závěrečná úprava byla pak používána převážně stejná kombinace materiálů použitá v předchozí vrstvě, tentokrát bez obsahu pigmentů<sup>43</sup>.

## 2.3 Možnosti odstraňování korozní vrstvy na stříbře

Většina nalezených textů se věnuje především čištění předmětů z masivního stříbra, nikoliv čištění pozlacených předmětů plátkovým stříbrem. V těchto případech s sebou nese restaurátorská praxe mnohá další i zásadní omezení při výběru postupu a metod čištění. Čištění tak tenké vrstvy, kterým je kovový plátek, je totiž mnohem složitější a náročnější úkol, v některých případech i nemožný vzhledem k rozsahu (hloubce) koroze plátku. Je nutné si uvědomit, že ideální metoda čištění by měla šetrně odstraňovat nebo kontrolovatelně redukovat pouze korozní produkty. Situace v praxi je znesnadněna také přítomností okolních často pórovitých a degradovaných materiálů, včetně

---

<sup>39</sup> SUCHÁNEK, Pavel; HORÁKOVÁ, Tereza a ČOBANOVÁ, Hana. Povrchové úpravy několika dřevěných barokních soch v Olomouci a na Svatém kopečku ve světle archivních pramenů. *Průzkumy památek*. 2022, roč. XXIX, č. 1, s. 81-96. ISSN 1212-1487.

<sup>40</sup>KUBIČKA, Roman a ZELINGER, Jiří. *Výkladový slovník malířství, grafiky a restaurátorství*. Grada, 2004. ISBN 80-247-9046-7.

<sup>41</sup> DIAS, Tiago a kol. All that glitters is not gold: silver leaf gilding, another means to an end. *Conservar Património*. 22, 2015, p. 29–40. SALVADÓ, Nati a kol. Microanalytical study of luster glazed gilding and silvering from Baroque altarpieces. *Pure and Applied Chemistry*, 90 (3), 2018, p. 477–492. LOSOS, Ludvík. *Pozlacování a polychromie*. Praha: Grada, 2005, s. 27. ISBN 80-247-0913-9.

<sup>42</sup> SUCHÁNEK, Pavel; HORÁKOVÁ, Tereza a ČOBANOVÁ, Hana. Povrchové úpravy několika dřevěných barokních soch v Olomouci a na Svatém kopečku ve světle archivních pramenů. *Průzkumy památek*. 2022, roč. XXIX, č. 1, s. 81-96. ISSN 1212-1487.

<sup>43</sup> RICHTER, Mark. *Coloured Glazes on Metal Leaf from the Baroque and Rococo period*. Mnichov: Technische universitat munchen Fakultat fur architectur, 2013.

podkladových vrstev a podložek, které by podobně jako zbývající (nezkorodované) stříbro neměly být procesem čištění negativně ovlivněny.

Metody čištění stříbrných předmětů je možné obecně rozdělit na mechanické, chemické, elektrochemické, laserovou ablaci a další, jako je například použití plasmy a UV-ozonového čištění.<sup>44</sup> Z nastíněných důvodů nepřipadají v kontextu práce mnohé varianty v úvahu, a proto se jimi text nezabývá detailněji. Patří mezi ně například metody čištění, které lze použít pouze na movité předměty a nikoliv *in-situ*. Příkladem může být často uváděný ponor<sup>45</sup> menších předmětů do roztoků a čištění pomocí ultrazvuku. Podobně je tomu s čištěním pomocí UV/ozonového (UVO) záření<sup>46</sup>, které se sice jeví jako velmi šetrné, avšak předmět musí být umístěn ve speciálním boxu o menších rozměrech.

Dále potom lze ve velmi omezené míře využít mokré metody čištění, ať už fyzikální či chemické, metody, které by mohly zanechávat residua nebo postupy, v jejichž rámci je nutné povrch po aplikaci důkladně dočistit (omýt).<sup>47</sup> To může být spjato, podobně jako u některých jiných metod čištění, s větším či menším mechanickým namáháním, ke kterému jsou nejenom tenké kovové plátky nanejvýš citlivé. V případě stříbra se například jedná o čištění sráženou křídou se čpavkovou vodou či pouze s ethanolem. V tomto případě se musí jemná pasta, než zaschne ihned po aplikaci vymývat, čímž je povrch ještě více vystaven nežádoucímu mechanickému otěru.

---

<sup>44</sup> 1) PALOMAR, Teresa a kol. A comparative study of cleaning methods for tarnished silver. *Journal of Cultural Heritage*. 17, 2016, s. 20–26. 2) PALOMAR, Terese; RAMÍREZ BARAT, Blanca a CANO, Emilio. Evaluation of Cleaning Treatments for Tarnished Silver: The Conservator's Perspective. *International Journal of Conservation Science*. 9, 1, 2018, s. 8–90.

<sup>45</sup> Pro ilustraci například: 1) BENEŠOVÁ, Jaroslava. Konzervování a restaurování kovů: ochrana předmětů kulturního dědictví z kovů a jejich slitin. Vyd. 1. Brno: Technické muzeum v Brně, Metodické centrum konzervace, 2011. 648 s. ISBN 9788086413709. s.515-519

2) BÁRTA, Patrick, Klára ČECHLOVSKÁ, Georg J. HABER, et al. Čištění kovů. Brno: Technické muzeum v Brně – Metodické centrum konzervace, [2016]. ISBN 978-80-87896-37-2. s.5-10, 50-56

3) MELNICIUC PUICĂ, Nicoleta. ON THE ULTRASOUND CLEANING OF SILVER ICON WORKS. *European Journal of Science and Theology*. Iasi, Romania: Faculty of Theology, Department of Conservation- Restoration, 2005, 76-82.

4) ŠRÁMEK, Jiří, Tove B. JAKOBSEN a Jiří B. PELIKÁN. Corrosion and Conservation of a Silver Visceral Vessel from the Beginning of the Seventeenth Century. *Studies in Conservation*. Taylor & Francis, Ltd. on behalf of the International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, 1978, 114-117.

5) G. SLACK, C. Technical Notes on the Cleaning and Reproduction of Silver Coins. *Irish Archaeological Research Forum*. Wordwell, 1974, 52-58.

<sup>46</sup> HACKE, A. M., C. M. CARR, A. BROWN a D. HOWELL. Investigation into the nature of metal threads in a Renaissance tapestry and the cleaning of tarnished silver by UV/Ozone (UVO) treatment. *JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE*. 2003, 38, 3307 – 3314.

<sup>47</sup> BENEŠOVÁ, Jaroslava. Konzervování a restaurování kovů: ochrana předmětů kulturního dědictví z kovů a jejich slitin. Vyd. 1. Brno: Technické muzeum v Brně, Metodické centrum konzervace, 2011. 648 s. ISBN 9788086413709. s.515-519

Teoreticky by do jisté míry mohlo být akceptovatelné, zejména potom v situaci s nízkým stupněm koroze, mokré čištění aplikované pomocí rigidních gelů.<sup>48</sup> Kvůli vysoké zádrži kapalin a jednoduchému odstranění představují rigidní gely šetrnou možnost čištění, která přestože je stále spjata s mnohými uvedenými úskalími, by mohla být předmětem dalšího bádání. Další na první pohled nadějnou metodou by mohlo být také čištění pomocí elektrolytické tužky.<sup>49</sup> Jedná se o šetrné a kontrolovatelné čištění, avšak jeho výrazně negativními aspektem je možnost uvolňování elektrolytu do ošetřovaného povrchu.<sup>50</sup> Elektrolyty mají různé pH a kyselé prostředí i delší vystavení vlhkosti by mohlo mít neblahé účinky na ošetřované materiály. Metoda je navíc stále v experimentální fázi a nebylo dohledáno žádné odborné pracoviště pracující s tímto nástrojem v běžném provozu.

Asi nejslibnější možností odstranění koroze z plátkového stříbra vzhledem k její citlivosti, bezdotykovosti, selektivitě čištění a variabilitě, je využití laserové ablace. V literatuře zabývající se čištěním delikátních stříbrných předmětů, kterými jsou například vlákna v textiliích,<sup>51</sup> jsou uvedeny některé negativní aspekty použití laserů, jako například mikro tavení kovu či vznik matného vzhledu po aplikaci.<sup>52</sup> Přesto se zdá být použití laserů nejšetrnější a zároveň dostupnou metodou, a proto se jí bude tato práce dále zabývat v teoretické i experimentální rovině detailněji.

---

<sup>48</sup> GIRAUD, Tiffanie, Alban GOMEZ, Stephan LEMOINE, Charlene PELÉ-MEZIANI, Aymeric RAIMON a Elodie GUILMINOT. Use of gels for the cleaning of archaeological metals. Case study of silver-plated copper alloy coins. *Journal of Cultural Heritage*. France: Elsevier Masson SAS, 2021, 52, 73-83.

<sup>49</sup> DEGRIGNY, Christian, Romain JEANNERET, Denise WITSCHARD, Carole BAUDIN, Gaëtan BUSSY a Hélène CARREL. A new electrolytic pencil for the local cleaning of silver tarnish. *Studies in Conservation*. © The International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, 2015, 1-11.

<sup>50</sup> HINDBORG, Karin. Electrolytic Cleaning of Silver Threads: Effects of Electrolytes on the Condition of Silk. *Konservatorprogram*. Kandidatuppsats: GÖTEBORGS UNIVERSITET Institutionen för kulturvård, 2018/19, 11-69. ISSN 1101-3303.

<sup>51</sup>Pro ilustraci například: 1) Taarnskov, B., P. Pouli, J. Bredal-Jørgensen, LACONA, Roxana Radvan, John F. Asmus, Marta Castillejo, Paraskevi Pouli, and Austin Nevin. Laser Cleaning Studies for the Removal of Tarnishing from Silver and Gilt Silver Threads in Silk Textiles / B. Taarnskov; P. Pouli; J. Bredal-Jørgensen. Leyden (Netherlands): CRC/Balkema, 2011. 67-73. Print.

2) JONG-MYOUNG, Lee, Yu JAE-EUN a Koh YANG-SOOK. Experimental study on the effect of wavelength in the laser cleaning of silver threads. *JOURNAL OF CULTURAL HERITAGE*. ELSEVIER FRANCE-EDITIONS SCIENTIFIQUES MEDICALES ELSEVIER65 RUE CAMILLE DESMOULINS, CS50083, 92442 ISSY-LES-MOULINEAUX, FRANCE, 2003, (4), 157S-161S. ISSN 1296-2074.

3) Bojana Radojković, Slavica Ristić, Suzana Polić, Radmila Jančić-Heinemann, Danijelka Radovanović, Preliminary investigation on the use of the Q-switched Nd:YAG laser to clean corrosion products on museum embroidered textiles with metallic yarns, *Journal of Cultural Heritage*, Volume 23, 2017, Pages 128-137, ISSN 1296-2074, <https://doi.org/10.1016/j.culher.2016.07.001>.

<sup>52</sup> BERTASA, Moira a Capusine KORENBERG. Successes and challenges in laser cleaning metal artefacts: A review. *Journal of Cultural Heritage*. 2022, (53), 100-117.

### 2.3.1 Možnosti odstraňování koroze stříbra laserem a jeho princip<sup>53</sup>

Za poslední desítky let se laserové čištění postupně stalo zavedenou technikou, využitelnou pro řadu typů materiálů. Laser se využívá na čištění různých materiálů včetně kamene, keramiky, maleb ale i kovu, a to jak ve strojírenství, tak v památkové péči. Dělit se mohou lasery na kontinuální a pulsní, zde se však budeme zabírat pouze pulsními, které jsou mnohem lépe kontrolovatelné. Laserová ablace neboli proces čištění laserem, je komplexní a složitý mechanismus, který ve své podstatě spočívá v míře absorbovaného záření. Laserový paprsek o vysoké energii je z větší části absorbován tmavými povrchovými nečistotami, zatímco světlejší podklad zbylé záření odráží. Při absorbování záření tmavou nečistotou dochází ke kombinaci tepelných a mechanických reakcí, a to tehdy, když ozařování nebo intenzita (špičkový výkon na jednotku plochy) překročí kritickou hranici ve vlastní struktuře v ozařeném materiálu. V některých případech lze účinky čištění zesílit navlhčením, v takové situaci dojde k prudké přeměně vody z kapalné do plynné fáze. Poměr tepelných a mechanických reakcí závisí především na délce trvání pulsu, ale též na složení čištěného materiálu a jeho vlastnostech (optické, mechanické a tepelné vlastnosti).

V restaurování se využívají převážně pevnolátkové pulsní lasery Nd:YAG<sup>54</sup>. Nejdříve byl nejvíce využívaný přístroj QS (Q-switch) Nd:YAG s vlnovou délkou 1064 nm a kratší délkou trvání pulzu 6–20 ns a o energiích 0,1–1 J/pulz. V posledních letech přišly na trh nové třídy laserů, které mají střední délku trvání pulzu a jsou založeny na Short Free Running (SFR) režimu, jejichž pulzy se pochybují v délkách 20–120  $\mu$ s. Dalšími jsou pak Long Q-switching (LQS) o délce pulzů v rozmezí 50 ns až 3  $\mu$ s. Doba pulzu je stěžejním parametrem, protože při kratších pulzech a vyšší špičkové energii působí spíše mechanická reakce, zatímco delší pulzy (jako SFR) využívají převážně tepelné reakce. QS lasery jsou mnohem efektivnější vzhledem k rychlosti, ale mohou být méně kontrolovatelné kvůli vysoké „špičkové energii“ a dochází k rychlému odstranění většího množství materiálu. K rozvoji dalších typů laserů přispěla též skutečnost, že v některých případech využití QS laserů docházelo ke žloutnutí povrchu.

Nalezené články čištění stříbra se zabývají různými vlnovými délkami od infračerveného záření (1064 nm) přes viditelné světlo (532 nm) až po ultrafialové záření (266 nm) využívající především laser typu QS Nd:YAG. Ještě nižší vlnová délka, než zde byla uvedena a to 248 nm, byla zkoušena na stříbrné nitě s vyhodnocením dobrého výsledku<sup>55</sup>. Při použití vysoké vlnové délky 1064 nm byly zásahy sice

---

<sup>53</sup> Text je zpracován na základě článku: ĐOUBAL, Jakub. Čištění sousoší sv. Jana Nepomuckého z pražského Pohořelce s využitím laseru. *Zprávy památkové péče*. 2018, roč. 78, č. 3, s. 252-269. ISSN 1210-5538.

<sup>54</sup> Nd:YAG znamená, že aktivním prostředím je monokrystal ytrium aluminium granátu dopovaný atomy neodymu.

<sup>55</sup> Taarnskov, B., P. Pouli, J. Bredal-Jørgensen, LACONA, Roxana Radvan, John F. Asmus, Marta Castillejo, Paraskevi Pouli, and Austin Nevin. *Laser Cleaning Studies for the Removal of Tarnishing from Silver and Gilt Silver Threads*

neúčinnější, ale nejvíce poškozující a docházelo rychle k mikrotavení povrchu a ke změnám barevnosti<sup>56</sup>. Ze všech článků tedy vyplývá, že čím vyšší vlnové délky, tím vyšší jsou i účinky, více však dochází k poškození povrchu. Čištěním plátkového stříbra se žádný z nalezených článků nezabýval, nejbližší dané problematice je výzkum na stříbrných nitech<sup>57</sup>, které jsou také velmi tenké, ne však tak tenké jako tepané plátky. Experimentální práce se tedy zaměří na testování různých typů laseru a vlnových délek na čištění povrchově korodovaného plátkového stříbra.

## 2.4 Možnosti vytvoření umělé koroze na povrchu stříbra

Vzhledem k citlivosti a unikátnosti pozlacených předmětů a ploch opatřených plátkovým stříbrem, se zkoušky čištění provádějí většinou na uměle vytvořených (zkušebních) vzorcích. Dalším důvodem pro využití zkušebních vzorků je zajištění objektivnosti, kontrolovatelnosti a opakovatelnosti při posuzování čištění, zejména potom u nových metod nebo postupů, se kterými nejsou v dané situaci dostatečné zkušenosti. K dosažení koroze nebo degradace se zkušební vzorky následně nechávají uměle stárnout.

Základním rozdělením možností umělého stárnutí by mohlo být přirozené a urychlené stárnutí. Při přirozeném stárnutí se tvoří koroze nebo umožní degradace exponováním zkušebních vzorků okolnímu přirozenému prostředí. Přirozeně stárnuté vzorky mohou být exponovány buďto ve venkovních podmínkách či vnitřních, například v laboratoři. U takto stárnutých vzorků je vysoké riziko nerovnoměrného vzniku koroze, též se jedná o dlouhodobý proces, který je v mnoha případech nutný

---

in Silk Textiles / B. Taarnskov; P. Pouli; J. Bredal-Jørgensen. Leyden (Netherlands): CRC/Balkema, 2011. 67-73. Print.

<sup>56</sup> Například: 1) BERTASA, Moira a Capusine KORENBERG. Successes and challenges in laser cleaning metal artefacts: A review. *Journal of Cultural Heritage*. 2022, (53), 100-117

2) T. Palomar, M. Oujja, I. Llorente, B. Ramírez Barat, M.V. Cañamares, E. Cano, M. Castillejo, Evaluation of laser cleaning for the restoration of tarnished silver artifacts, *Applied Surface Science*, Volume 387, 2016, Pages 118-127, ISSN 0169-4332, <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2016.06.017>

3) Antonopoulou-Athera, N., Kalathakis, C., Chatzitheodoridis, E. *et al.* Theoretical and experimental approach on laser cleaning of coins. *SN Appl. Sci.* **1**, 238 (2019). <https://doi.org/10.1007/s42452-019-0255-4>

4) ABDEL-KAREEM, Omar, Awad AL-ZHRANI, Amal KHEDR a Mohamed ABDEL HARITH. EVALUATING LASER CLEANING OF CORRODED ARCHAEOLOGICAL SILVER COINS. *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*. 2016, 16(1).

<sup>57</sup> Bojana Radojković, Slavica Ristić, Suzana Polić, Radmila Jančić-Heinemann, Danijelka Radovanović, Preliminary investigation on the use of the Q-switched Nd:YAG laser to clean corrosion products on museum embroidered textiles with metallic yarns, *Journal of Cultural Heritage*, Volume 23, 2017, Pages 128-137, ISSN 1296-2074, <https://doi.org/10.1016/j.culher.2016.07.001>.

urychlit. Na druhou stranu lze předpokládat, že vzniklé korozní produkty nebo výsledky degradačních procesů budou lépe odpovídat reálné situaci.<sup>58</sup>

Stručně lze shrnout, že urychlené stárnutí představuje rychlejší, kontrolovatelnější a rovnoměrnější variantu. Na druhou stranu nemusí výsledek urychleného stárnutí dostatečně odpovídat reálným podmínkám. Urychleného stárnutí stříbra je potom možno dosáhnout několika způsoby. Jejich nejčastějším cílem je vytvoření černé (tmavé) koroze na bázi sulfidu stříbrného ( $\text{Ag}_2\text{S}$ ). Vzorky je možné buď vystavit koroznímu plynnému prostředí, často plynnému  $\text{H}_2\text{S}$ , či ponořit do roztoku stimulujícího korozi.

Expozice korozivním plynům se zajišťuje buď umístěním solí či jejich roztoků, ze kterých plyny těkají, do uzavřeného prostoru jako jsou boxy nebo exikátory apod. nebo v klimatické komoře, kam jsou plyny vháněny a udržovány řízeným způsobem. Asi nejčastějšími možnostmi prvně uvedené varianty, jak vyvíjet  $\text{H}_2\text{S}$ , jsou použití thioacetamidu v prostředí s vysokou relativní vlhkostí<sup>59</sup> nebo vodného roztoku sulfidu sodného<sup>60</sup>. Pro udržení stabilní a vysoké relativní vlhkosti prostředí, okolo 91 %, se většinou využívá nasycený vodný roztok  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . V klimatických komorách mohou být vzorky exponované řízeně vháněnému sirovodíku a oxidu siřičitému,<sup>61</sup> přičemž plyny jsou v komoře udržovány ve stanovených koncentracích, případně definovaných dalších podmínkách prostředí.

Pro účely experimentu nebyl ponor do korozivních roztoků vhodnou metodou stárnutí, a proto zde budou jeho možnosti představeny velmi stručně. Korozivní roztoky uvedené v literatuře jsou nejčastěji na bázi vodného roztoku sulfidu sodného, sulfidu amonného nebo kyseliny močové.<sup>62</sup> Ponor je zřejmě nejrychlejší metodou stárnutí, která může podle situace trvat v řádu jednotek až desítek minut, nese s sebou však riziko přílišného zavlhčení podložky a podkladu se stříbrným plátkem, tedy zavlhčení vzorku nebo jeho nežádoucí kontaminace.

---

<sup>58</sup> STORME, Patrick, Olivier SCHALM a Rita WIESINGER. The sulfidation process of sterling silver in different corrosive environments: impact of the process on the surface films formed and consequences for the conservation-restoration community. *HERITAGE SCIENCE*. 2015, **12**(3), 2-15. Dostupné z: doi:10.1186/s40494-015-0054-1

<sup>59</sup> Na zkoušku s thioacetamidem existuje norma.

<sup>60</sup> PALOMA, Teresa a kol. A comparative study of cleaning methods for tarnished silver. *Journal of Cultural Heritage*. 17, 2016, p. 20-26.

<sup>61</sup> STORME, Patrick; SCHALM, Olivier and WIESINGER, Rita. The sulfidation process of sterling silver in different corrosive environments: impact of the process on the surface films formed and consequences for the conservation-restoration community. *Heritage Science*, 3:25, 2015.

<sup>62</sup> SCHALM, Olivier a kol. How effective are reducing plasma afterglows at atmospheric pressure in removing sulphide layers: Application on tarnished silver, sterling silver and copper. *Surface and Interface Analysis*, 50:32–42, 2018. ORTÍZ-CORONA, J and RODRÍGUEZ-GÓMEZ, F. J. Role of copper in tarnishing process of silver alloys in sulphide media. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 29, 2019, p. 2646–2657. NOVAKOVIC, J., VASSILIOU, P., GEORGIZA, E. Electrochemical Cleaning of Artificially Tarnished Silver. *International Journal of Electrochemical Science*, 8, 2013, p. 7223–7232.

Jako nevhodnější a snadno dostupná metoda pro experimentální část diplomové práce byla zvolena expozice plynnému sirovodíku ( $\text{H}_2\text{S}$ ) vyvíjenému z vodného roztoku síranu sodného ( $\text{Na}_2\text{S}$ ). Metoda byla zvolena také s přihlédnutím k faktu, že je práce vstupem do širší problematiky, který má nastítnit schůdnost a úskalí zvolených postupů a metod čištění, případně otevřít či upřesnit další související tematiku.

## 3 Experiment

### 3.1 Úvod

Experimentální část diplomové práce se zaměřuje na možnosti redukce koroze plátkového stříbra v podobě tmavého sulfidu stříbrného pomocí laserů. Na základě rešerše byl zvolen optimální postup umělého stárnutí vzorků s plátkovým stříbrem, jehož podstatou bylo vystavení povrchu stříbrných plátek umístěných v exikátoru plynnému sulfanu ( $H_2S$ ). Zkušební vzorky byly připraveny nanesením stříbrných plátek na sklíčka stejné velikosti opatřená akrylátovou disperzí (Disperze K9), která sloužila jako adhezivum. Provedení experimentu i jeho vyhodnocení bylo zvoleno tak, aby byly postiženy základní změny a tendence při čištění. K čištění byly použity dva lasery, jmenovitě Q-switched laser Thunder Art a laser EOS 1000 sfr, nastavené v různých parametrech. Tuto experimentální práci lze považovat za vstup do problematiky odpovídající na základní otázky, a zároveň z ní vyplívají nové okruhy hodné dalšímu bádání.

### 3.2 Materiály, přístroje a zařízení

- plátkové stříbro 95 × 95 mm Transfer (Giusto Manetti, Firenze)
- vodná akrylátová disperze Disperze K9 (Krusta), obsah sušiny 49,5–50,5 hm. %
- sulfid sodný hydrát, čistý, 1000 g (Lachner)
- demineralizovaná voda
- křída šampaňská ( $CaCO_3$ , Krustashop)
- poliment Lefranc červený, pasta 100 g (Krustashop)
- kliš kožní mletý (Grac s.r.o.)
- dřevěné destičky z lipového dřeva
- skleněná sklíčka 7 × 7 cm
- sušárna UF110 (Memmert)
- exikátor
- laboratorní skleněné nádobí
- prosvětlovací podložka (planistar Lichttechnik, 1D1)
- digitální fotoaparát (Canon EOS 77D, objektiv: Canon EF-S 18-135mm f/3.5-5.6 IS STM)
- Q-switched laser Thunder
- Art laser EOS 1000 sfr

### 3.3 Příprava vzorků

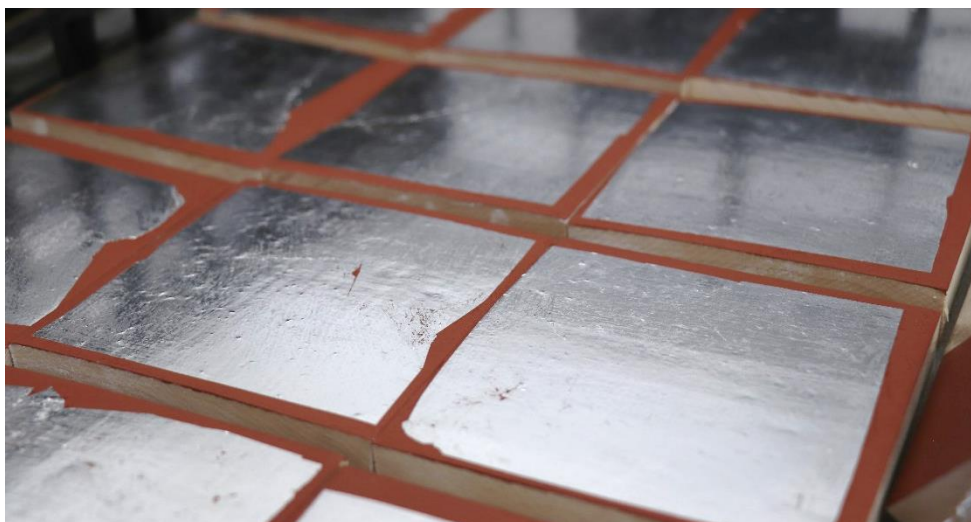
Stříbrné plátky byly rozstříhány na čtvrtky o přibližné velikosti 4,5 × 4,5 cm. Čtvrtky plátek byly lepeny na laboratorní sklíčka o velikosti 7 × 7 cm. Na suché a odmaštěné sklo se nejdříve plochým štětcem nanasla disperze Disperze K9 v tenké vrstvě, následně byl položen plátek stříbra a jemně přitlačen po celé ploše. Takto připravené vzorky byly uloženy do sušárny,<sup>63</sup> kde byly při teplotě 40 °C sušeny po dobu pěti dnů, přičemž po jednom dni byly sejmuty papírky držící větrové plátkové stříbro. Po pěti dnech byly vzorky připravené na umělé stárnutí. Celkem byly připraveny tři sady vzorků po osmi kusech.



Obr. 34 Vysušené vzorky se skleněnou podložkou připravené k umělému stárnutí

S přihlédnutím na častý výskyt polimentového zlacení byly zhotoveny dřevěné destičky z lipového dřeva s rozměry 10 × 10 cm s polimentovým podkladem. Vzorky byly připraveny nanesením kličokřídového podkladu a posléze polimentu na dřevěnou podložku. Před nanesením kličokřídového podkladu byl povrch dřeva nejprve napuštěn kličovou vodou (7% hm.). Kličová voda byla připravena ze 75 g kožního klidu zozpuštěném ve 500 g destilované vody, poté přelitá přes síto a zředěna 575 g destilované vody, vše mícháno za maximální teploty do 55 °C. Kličokřídový podklad byl poté připraven v poměru 2 díly křídý na 1 díl kličové vody a nanesen na destičky ve 4 vrstvách. Bolus byl dále míchán v poměru 2 díly pasty na 3 díly kličové vody a též nanesen ve 4 vrstvách. Plátek se poté nanášel na vodu s lihem v poměru 2 díly d. vody na 1 díl lihu.

<sup>63</sup> Sušárna pracovala při podmínkách 50% výměny vzduchu, 50% proudění vzduchu.



Obr. 35 Fotografie prvotních vzorků na dřevě

Vzorky bez plátkového stříbra, tedy dřevěné podložky s klišokřídovým podkladem a polimentem, byly následně použity k testování s cílem zaznamenat možné změny polimentu vzniklé v důsledku laserové ablace. Dále byly stejným působem připraveny vzorky s plátkovým stříbrem, rozdíl v postupu tedy byla pouze závěrečná aplikace plátkového stříbra na poliment, jež bylo leštěno achátem.

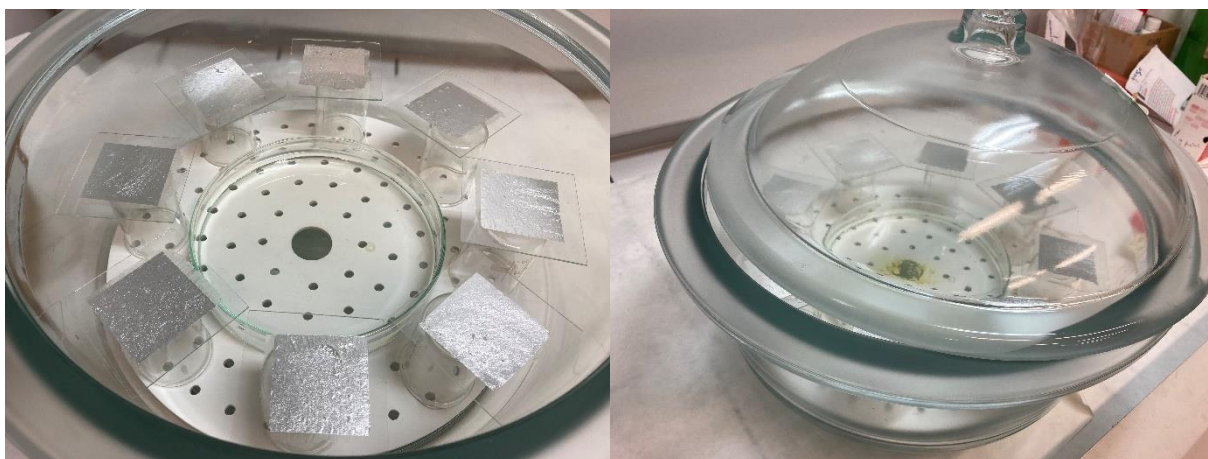
### 3.4 Proces umělého stárnutí vzorků se stříbrnými plátky

Vzorky na skleněných podložkách byly umístěny vždy po osmi kusech do skleněného exikátoru po jeho obvodu na podstavcích ze skleněných kádinek. Do středu exikátoru byla vložena Petriho miska o průměru 16,5 cm, do které bylo nalito 250 ml demineralizované vody a přisypáno počáteční množství sulfidu sodného ( $\text{Na}_2\text{S}$ ). Následně bylo na exikátor položeno skleněné víko tak, aby byl zhruba centimetrový průduch z jedné strany. Exikátor byl po celou dobu experimentů umístěn do zavřené zapnuté digestoře. Posléze bylo po 24 h pravidelně přidáváno další stanovené množství  $\text{Na}_2\text{S}$ . Stárnutý byly celkem tři sady vzorků, přičemž ukončení umělého stárnutí bylo stanoveno subjektivně na základě dosažené míry koroze plátků, respektive jejich zčernání. Hlavním cílem stárnutí bylo získat plátky s nejvyšším, středním a nižším stupněm koroze (zčernání). Jelikož stárnutí vzorků neprobíhalo v každém případě přípravy sad stejnou rychlostí (srovnatelně), řídil se postup (množství  $\text{Na}_2\text{S}$ , doba stárnutí) aktuální a požadovanou mírou koroze. Postup a doba stárnutí vzorků určených k závěrečnému čištění lasery byly dále odvozeny z předchozích orientačních testů stárnutí i čištění. Konkrétní postupy přípravy jednotlivých sad vzorků korodovaného stříbra uvádějí následující odstavce.

První sada zahrnovala vzorky, které vykazovaly nejvyšší míru koroze (zčernání). Postup byl takový, že na začátku stárnutí (první den) bylo do 250 g demineralizované vody přisypáno 0,6 g  $\text{Na}_2\text{S}$ . Druhý den po 24 hodinách bylo do Petriho misky s vodným roztokem sulfidu sodného přidáno dalších 0,6 g  $\text{Na}_2\text{S}$ . Aby docházelo k rovnoměrné expozici vzorků, byly vzorky umístěné na kádinkách posunuty vždy o jeden po směru hodinových ručiček a otočeny o  $90^\circ$  po směru hodinových ručiček. Třetí den po 24 hodinách byly vzorky výrazně korodované, a proto bylo stárnutí ukončeno.

Další sada vzorků byla stárnutá pozvolněji a do nejmenší míry koroze pro porovnání chování při čištění. Vzorky byly stárnuty po dobu pěti dní, z toho první dva dny vždy po 24 hodinách bylo přidáno do počátečních 250 g demineralizované vody méně  $\text{Na}_2\text{S}$  a to 0,3 g. Další tři dny bylo přidáváno po 0,6g  $\text{Na}_2\text{S}$ .

Poslední řada vzorků byla ponechána pět dní v exikátoru. V tomto případě bylo do počátečních 250 g demineralizované vody přidáváno vždy 0,6 g  $\text{Na}_2\text{S}$  tak, aby se stupeň koroze pohyboval mezi první a druhou řadou vzorků. Vzorky byly ve druhé i třetí řadě vždy otáčeny stejným způsobem jako bylo popsáno u první sady.



Obr. 36 Prostředí připravené pro umělé stárnutí vzorků

Dále byly obdobným způsobem podrobeny urychlenému stárnutí vzorky s plátkovým stříbrem na dřevěných podložkách. Jelikož nebylo dosaženo uspokojivého výsledku stárnutí těchto vzorků, bylo od jejich testování z důvodu nedostatečné časové kapacity odstoupeno. Zároveň nebyla ze stejných důvodů dále studována příčina odlišného způsobu stárnutí stříbrných plátek s dřevěnou podložkou, který spočíval ve vytvoření světle hnědé nerovnoměrně se vytvářející korozní vrstvy. Tento rozdíl zřejmě souvisel s odlišnou šarží zakoupeného stříbra.

### 3.5 Laserová ablace připravených vzorků

Čištění lasery bylo provedeno vždy stejným způsobem na jednotlivých sadách vzorků s korodovanými stříbrnými plátky na sklených podložkách. Variovány byly kromě typů laserů také vlnové délky a energie laserového paprsku. Každý vzorek byl vždy použit pro dvě zkoušky čištění, které byly provedeny vpravo ve vrchní části a vpravo ve spodní části pole (vzorku). Levá třetina vzorků byla ponechána bez zásahu pro porovnávání míry čištění. Vlastní čištění probíhalo tak, že vzorky korodovaných stříbrných plátek na skle byly položeny na červený bolusový podklad a čištěny, do té doby, než se zvuk čištění ustálil a vizuálně nedocházelo již k žádnému výraznějšímu čistícímu efektu. U první řady se dalo pozorovat, že čištění bylo intenzivnější oproti dalším dvou řadám vzorků, které byly méně korodované, tedy méně tmavé. Ihned po čištění u některých vzorků došlo k mírnému zažloutnutí ošetřených ploch.

Čištění koroze bylo zkoušeno dvěma typy laserů v určeném rozsahu energií. Jedním z laserů byl Q-switched laser Thunder Art (ND:YAG, u obrázků uveden jako TA), u kterého byla zkoušena vlnová délka 1064 nm v rozsahu energií 120–340 E(mJ) o velikosti bodu 7 mm. Dále byla testována vlnová délka 532 nm v rozsahu 150–260 E(mJ) o velikosti bodu 7 mm. Jako druhý typ laseru byl použit Short free running laser EOS 1000 sfr (ND:YAG, u obrázků uveden jako EOS), kde byl vyzkoušen rozsah energetické hustoty 0,5–1,8 J/cm<sup>2</sup> o velikosti bodu 5 mm. Počátky použitých rozsahů byly určeny minimálním dopadem čištění laserem na povrch stříbra a postupně se zvyšovala energie, dokud nebyl dopad čištění příliš destruktivní.



Obr. 37 Proces čištění plátek pomocí laseru, vzorek je zakryt dvěma papíry pro zajištění viditelného přechodu mezi neošetřenou částí vzorku

Obdobnému způsobu čištění vybranými energiemi laserů byly podrobeny také vzorky dřeva s klihatřídovým a polimentovým podkladem. Laserová ablace byla realizována totožným způsobem jako u vzorků s korodovanými plátky stříbra, tedy byly použity stejné rozsahy nastavení laserů.

### 3.6 Metody vyhodnocení

Vzorky se stříbrnými plátky byly posuzovány vizuálně v odraženém a v procházejícím viditelném světle. Vyhodnocována byla především míra úbytku stříbrných plátků, změna barevnosti, případně patrnost stopy po jednotlivých pulzech laseru či změna lesku. Všechny vzorky byly standardizovaně nafoceny z horní i spodní strany před i po čištění. Pro lepší orientaci v míře úbytku stříbrného plátku byly vzorky fotograficky dokumentovány také v procházejícím světle, při kterém byly umístěny (sklem dole) na prosvěcovací desce. Pro přehlednost a lepší orientaci ve výsledcích byly fotografie jednotlivých sad vzorků logicky seřazeny a jsou uvedeny v příloze: Tabulka čištěných vzorků.

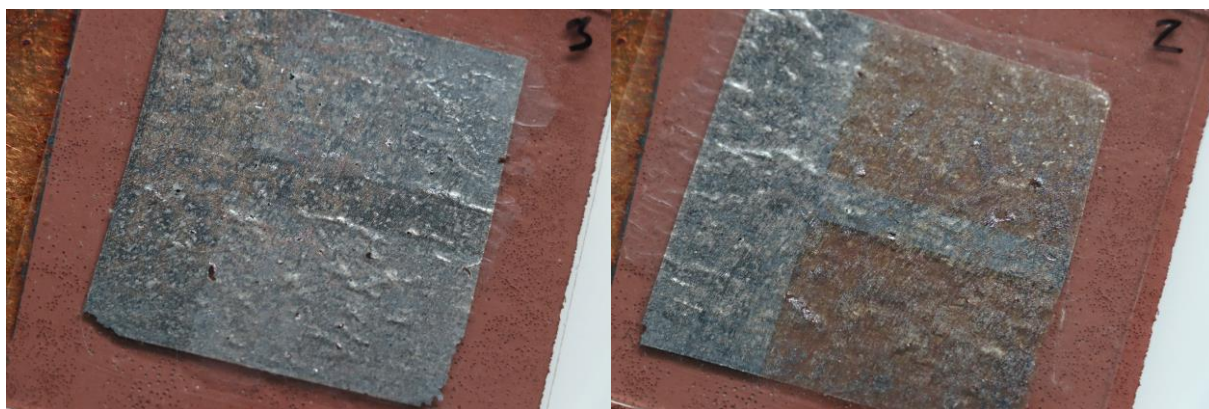
Dále byly v odraženém viditelném světle fotograficky dokumentovány a vizuálně posuzovány vzorky dřeva s klihatřídovým podkladem a červeným polimentem. Především byla sledována případná změna barevnosti vymezených polí po čištění laserem.

### 3.7 Výsledky a diskuse

Laser EOS 1000 sfr měl nejvíce viditelný efekt především při vyšších energiích a rychle odstraňoval korozní produkty. S přihlédnutím k vysoké míře úbytku plátku patrné především v průsvitu lze předpokládat nejen odstranění korozních produktů, ale také nekorodovaného stříbra. Tento předpoklad by bylo vhodné ověřit podrobnějším zkoumáním. Při vyšších energiích laseru EOS 1000 sfr docházelo také ke změně barevnosti a ošetřený povrch žloutnul, zatímco při nižších energiích nebyl pozorován žádný čistící efekt ani vizuální změna. V průsvitu čistící efekt působil nerovnoměrně s viditelnými nehomogenitami čištění v podobě „ostrůvků“. Nerovnoměrný efekt čištění lze pozorovat i na vzorcích čištěných druhým laserem Thunder Art při použití vlnové délky 1064 nm, zatímco u vlnové délky laserového paprsku 532 nm byl úbytek korozních produktů rovnoměrnější.

Vyšší čistící efekt byl pozorován u vzorků čištěných laserem Thunder Art při použití vlnové délky 532 nm, kdy odstraněním korozních produktů přešla černá barevnost do šedé, a došlo tedy k potlačení barevného kontrastu na plátku. K nejlepšímu výsledku docházelo mezi hodnotami energetických

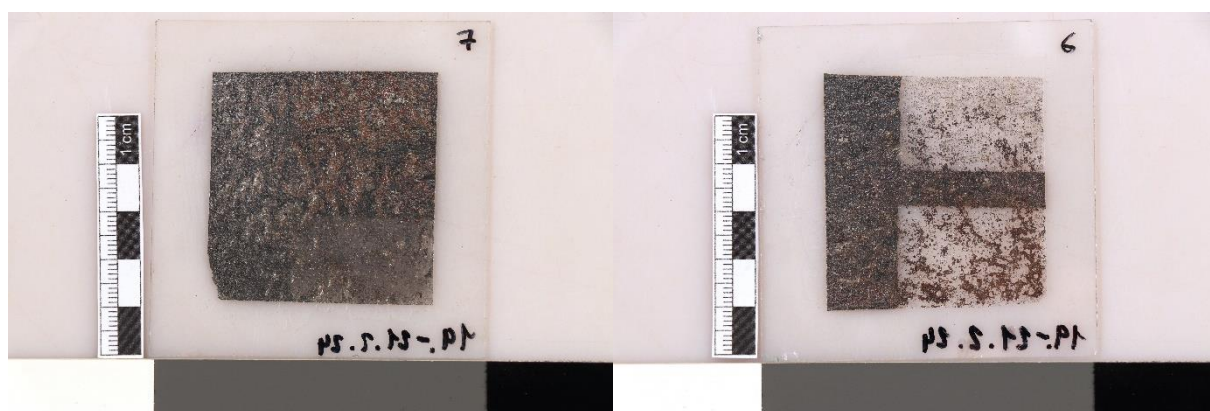
hustot 150 E(mJ) a 180 E(mJ). Při vlnové délce 1064 nm se tento jev projevil pouze u nízké energie čištění, při zvyšování energie povrch začínal žloutnout (nejvíce pozorovatelné od hodnoty 300 E(mJ) a více), stejně jako u laseru EOS 1000. U žádných vzorků nebyla pozorována změna lesku.



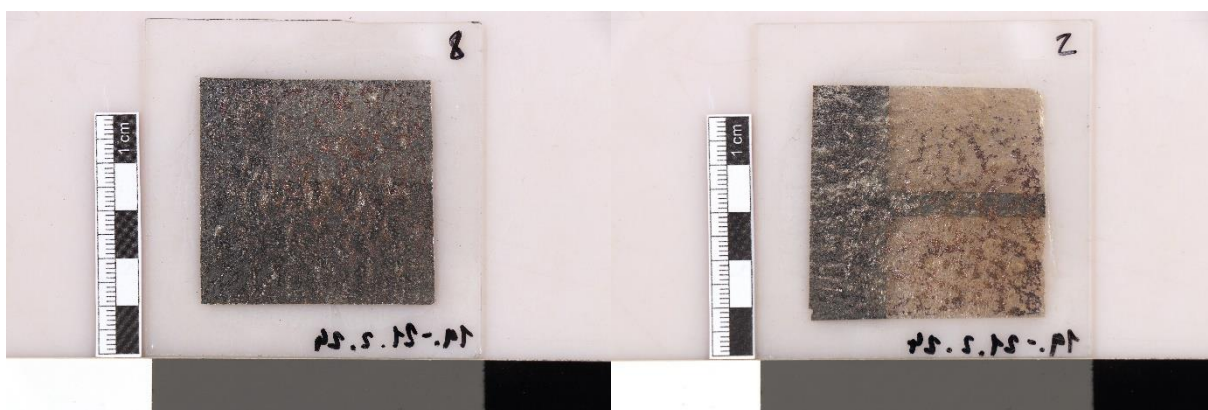
Obr. 38 Kýžený efekt čištění, kdy černá koroze přechází do tlumenější šedé barevnosti v porovnání s nežádoucím efektem žloutnutí ošetřeného povrchu



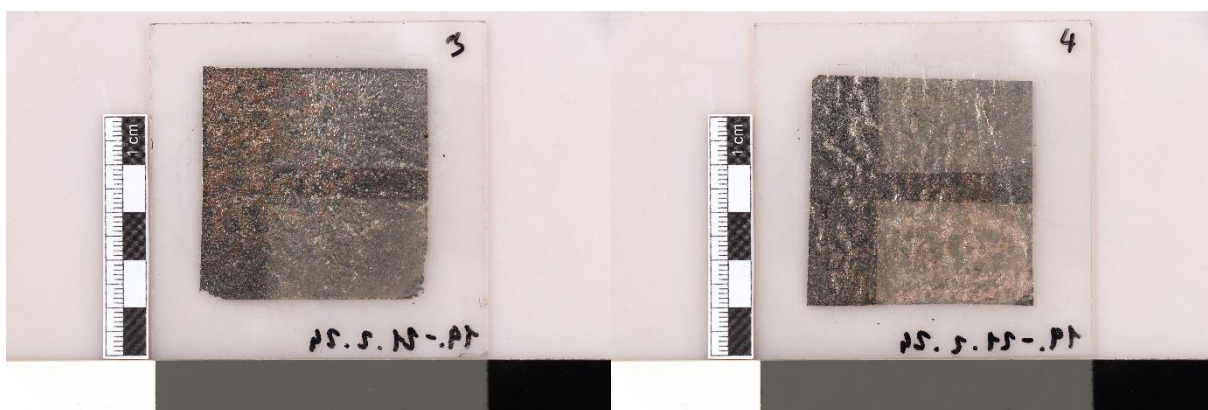
Obr. 39 Porovnání mezi nerovnoměrným a rovnoměrným úbytkem čištěného materiálu



Obr. 40 Porovnání: Laser EOS: nejnížší použitá hodnota 0,5 J/cm<sup>2</sup> vlevo nahoře a nejnížší hodnota 1,8 J/cm<sup>2</sup> vpravo dole




Obr. 41 Porovnání: Laser TA - 1064 nm: nejnižší použitá hodnota 120 E(mJ) vlevo dole a nejvyšší hodnota 340 E(mJ) vpravo dole



Obr. 42 Porovnání: Laser TA - 532 nm: nejnižší použitá hodnota 150 E(mJ) vlevo nahoře a nejvyšší hodnota 260E(mJ) vpravo dole

Jak bylo uvedeno dříve, kvůli časté aplikaci stříbrných plátků na polimentový podklad, byl studován také dopad laserové ablace na samotný povrch polimentu. Zjednodušeně lze shrnout, že při použití vyšších energií laseru Thunder Art docházelo k hnědnutí a postupnému zásadnímu tmavnutí polimentu. Použití laseru EOS 1000 sfr bylo z hlediska vzniku nežádoucích změn bezpečnější. Výsledky aplikace laserů na poliment nanesený na vzorky dřeva s klišokřídovým podkladem lze pozorovat na obrázku níže.

	TA 532 nm		TA 1064 nm			EOS		
PWR	220 E(mJ)	150 E(mJ)	300 E(mJ)	200 E(mJ)	120 E(mJ)	1,5 J/cm <sup>2</sup>	1,0 J/cm <sup>2</sup>	0,5 J/cm <sup>2</sup>
	260 E(mJ)	180 E(mJ)	340 E(mJ)	260 E(mJ)	160 E(mJ)	1,8 J/cm <sup>2</sup>	1,3 J/cm <sup>2</sup>	0,8 J/cm <sup>2</sup>



TA 532 nm  
260\*

TA 532 nm  
180\*

TA 1064 nm  
340\*

\*E(mJ)

Obr. 43 Zkouška čištění laserem přímo na červeném polimentu

Z výsledků laserové ablace povrchu polimentu je patrné, že při použití laseru Thunder Art při vlnové délce 532 nm byly změny v podobě tmavnutí, pozorovatelné již od energetické hustoty asi 150 E(mJ), při vlnové délce laseru 1064 nm docházelo ke změnám od hodnoty 300 E(mJ). Kvůli ověření uvedených jevů byla aplikace laseru Tunder Art opakována s vybranými energiemi a obdobnými výsledky. Při použití laseru EOS 1000 sfr nebyly změny téměř vůbec pozorovatelné.

Z uvedených poznatků vyplývá, že může být laserová ablace riziková při absenci nebo odstranění pokovení z hlediska možného vzniku barevných změn polimentového (či možná také jiného) podkladu. Tyto alterace jsou důsledkem chemických změn červeného železitého pigmentu nebo/a pojiva, případně jiných. Možné negativní změny barevnosti pigmentů, pojiv či jiných materiálů a barevných vrstev v důsledku laserové ablace jsou známým jevem, studovaným v mnohé odborné literatuře.<sup>64</sup> Jejich mechanismus není předmětem předkládaného výzkumu, proto se jimi podrobně tato práce nezabývá.

<sup>64</sup> Za mnohé lze alespoň uvést následující odbornou literaturu: SIANO S. at al. Laser cleaning in conservation of stone, metal and painted artifacts: state of the art and new insights on the use of the Nd:YAG Lasers. *Appl. Phys. A*, 106, 2012, p. 419–446. BORDALO, Rui, MORAIS, Paulo J., GOUVEIA, Helena and YOUNG, Christina. Laser Cleaning of Easel Paintings: An Overview, Review Article. *Laser Chemistry*, Volume 2006. MROVĚC, Pavel,

## 4 Vyhodnocení experimentální části

Cílem teoretické části diplomové práce bylo popsat možnosti odstraňování tmavé (černé) koroze sulfidu stříbrného z povrchu stříbrných plátků. Experimentální část byla poté zúžena na čištění uměle korodovaného plátkového stříbra pomocí laserů. Teoretická část diplomové práce tematicky navazuje a inspiruje se částí praktickou, v jejímž rámci byl restaurován pozlacený oltář plátkovým stříbrem na polimentovém podkladu, nalézající se v kapli zámku v Kácově. V současné době je plátkové stříbro použité na bohatou výzdobu kaple z velké části korodované, což se projevuje jeho ztmavnutím, respektive zčernáním. Černými produkty koroze jsou zejména sulfidy stříbra. Plátky stříbra jsou z pohledu čištění tak problematické, že v praxi se často nebere ani v úvahu jejich zachování.

V rámci rešerše dostupných zdrojů byly shromážděny možné postupy a způsoby čištění korodovaného stříbra. Ze zjištěných možností byla pro následné testování redukce a odstranění korodovaného stříbra vybrána laserová ablace. Použití laserů bylo zvoleno kvůli předpokládané kontrolovatelnosti, bezdotykovosti, případně citlivosti, ale také dostupnosti a schůdnosti čištění. K dispozici byly dva typy laserů – Thunder Art a EOS 1000 sfr. Ostatní metody nebyly vybrány kvůli omezené kapacitě diplomové práce, případně jejich předpokládané nedostatečné citlivosti či nižší selektivitě čištění.

Z práce vyplývá, že laser EOS 1000 sfr zřejmě není vhodný pro čištění korodovaných plátků kvůli rychlé redukci korodovaného stříbra a pravděpodobně i části stříbra nekorodovaného již od nízkých energií. Při vyšších energiích docházelo ke žloutnutí ošetřených plátků. Laser Thunder Art v nastavení vlnové délky 1064 nm měl minimální efekt na redukci koroze při nižších energiích, při zvyšování energií poté docházelo ke stejnému efektu žloutnutí jako u laseru EOS 1000 sfr. Naopak laser Thunder Art při nastavení vlnové délky 532 nm vykazoval dobré výsledky čištění ztlumením koroze do šedé barvy a bez viditelného vedlejšího efektu žloutnutí. Nejlepšího výsledku docházelo u laseru Thunder Art při použití vlnové délky 532 nm mezi energetickými hustotami 150 E(mJ) a 180 E(mJ). Navíc čištění v tomto režimu probíhalo rovnoměrněji oproti použití vlnové délky 1064 nm či laseru EOS 1000 sfr.

Z experimentu vyplývá, že by pro čištění korodovaného plátkového stříbra mohlo být vhodné použití laseru Thunder Art při vlnové délce 532 nm. Na tuto práci lze navázat s dalším podrobnějším zkoumáním problematiky čištění korodovaného plátkového stříbra, například na plátcích položených

---

ĎOUBAL, Jakub a LESNIAKOVÁ, Petra. Čištění povrchově neupravené sádry laserem. Fórum pro Konzervátory-restaurátory, 1, 2018.

na polimentovém podkladu. Dále potom je zapotřebí zdůraznit, že v restaurátorské praxi může čištění probíhat odlišně než na zkušebních vzorcích, a proto je zapotřebí metody před celkovým zásahem nejprve vyzkoušet na malých plochách *in-situ*.

## 5 Seznam literatury

### Knihy:

- LOSOS, Ludvík. In: *Pozlacování a polychromie*. Praha: Grada, 2005, ISBN 80-247-0913-9.
- SLÁNSKÝ, Bohuslav. *Technika v malířské tvorbě: (malířský a restaurátorský materiál)*. II. Praha: SNTL - Státní nakladatelství technické literatury, 1976. ISBN 04-316-76.
- BENEŠOVÁ, Jaroslava. *Konzervování a restaurování kovů: ochrana předmětů kulturního dědictví z kovů a jejich slitin*. Vyd. 1. Brno: Technické muzeum v Brně, Metodické centrum konzervace, 2011. 648 s. ISBN 9788086413709. s.515-519
- BÁRTA, Patrick, Klára ČECHLOVSKÁ, Georg J. HABER, et al. *Čištění kovů*. Brno: Technické muzeum v Brně – Metodické centrum konzervace, [2016]. ISBN 978-80-87896-37-2. s.5-10, 50-56
- P. WHITLEY, Kathleen. *THE GILDED PAGE, The History and Technique of Manuscript Gilding*. United States of America: Oak Knoll Press and The British Library, 2010. ISBN 978-1-58456-239-9.
- STEHLÍKOVÁ, Dana. *Encyklopedie českého zlatnictví, stříbrnictví a klenotnictví*. Praha: Libri, 2003. ISBN 80-85983-90-7.
- KUBIČKA, Roman a ZELINGER, Jiří. *Výkladový slovník malířství, grafiky a restaurátorství*. Grada, 2004. ISBN 80-247-9046-7.
- SELWYN, Lyndsie. *Metals and Corrosion: a handbook for the Conservation Professional*. Canada: Canadian conservation institute, 2004. ISBN 0-662-37984-5.
- RICHTER, Mark. *Coloured Glazes on Metal Leaf from the Baroque and Rococo period*. Mnichov: Technische universitat munchen Fakultat fur architectur, 2013.

### Články, akademické práce a příspěvky na internetu:

- ĎOUBAL, Jakub. Čištění sousoší sv. Jana Nepomuckého z pražského Pohořelce s využitím laseru. *Zprávy památkové péče*. 2018, roč. 78, č. 3, s. 252-269. ISSN 1210-5538.
- JIROVSKÁ, Veronika. *Použití kovů v knižní malbě*. Bakalářská práce. Litomyšl: Univerzita Pardubice, fakulta restaurování, 2010.
- SUCHÁNEK, Pavel; HORÁKOVÁ, Tereza a ČOBANOVÁ, Hana. Povrchové úpravy několika dřevěných barokních soch v Olomouci a na Svatém kopečku ve světle archivních pramenů. *Průzkumy památek*. 2022, roč. XXIX, č. 1, s. 81-96. ISSN 1212-1487.

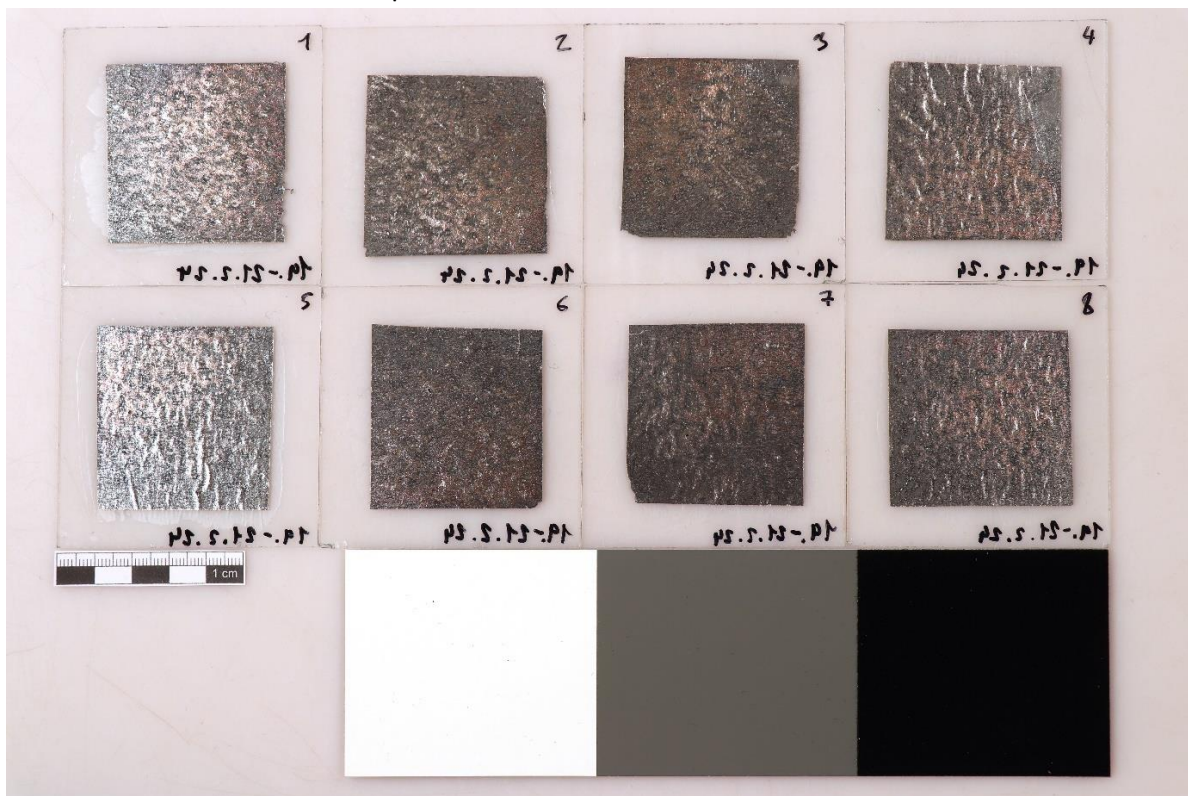
- Jilleen Nadolny. All that's burnished isn't bole. Reflections on medieval water gilding part 1: early medieval to 1300. In: Jilleen Nadolny etc. eds. *Medieval Painting of Northern Europe. Techniques, Analyses, Art History*. 2006.
- DEGRIGNY, Christian, Romain JEANNERET, Denise WITSCHARD, Carole BAUDIN, Gaëtan BUSSY a Hélène CARREL. A new electrolytic pencil for the local cleaning of silver tarnish. *Studies in Conservation*. © The International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, 2015, 1-11.
- JIMENEZ-COSME, Ingrid a Jannen CONTRERAS-VARGAS. Gilded silver threads: corrosion and cleaning. In: *Incompatible Partners?: The Challenges of Composite Objects*. London: Forum of the ICON Textile Group, The Victoria and Albert Museum, 4 April 2011n. I., s. 25-31.
- MELNICIUC PUICĂ, Nicoleta. ON THE ULTRASOUND CLEANING OF SILVER ICON WORKS. *European Journal of Science and Theology*. Iasi, Romania: Faculty of Theology, Department of Conservation- Restoration, 2005, 76-82.
- ŠRÁMEK, Jiří, Tove B. JAKOBSEN a Jiří B. PELIKÁN. Corrosion and Conservation of a Silver Visceral Vessel from the Beginning of the Seventeenth Century. *Studies in Conservation*. Taylor & Francis, Ltd. on behalf of the International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, 1978, 114-117.
- G. SLACK, C. Technical Notes on the Cleaning and Reproduction of Silver Coins. *Irish Archaeological Research Forum*. Wordwell, 1974, 52-58.
- GIRAUD, Tiffanie, Alban GOMEZ, Stephan LEMOINE, Charlene PELÉ-MEZIANI, Aymeric RAIMON a Elodie GUILMINOT. Use of gels for the cleaning of archaeological metals. Case study of silver-plated copper alloy coins. *Journal of Cultural Heritage*. France: Elsevier Masson SAS, 2021, 52, 73-83.
- HACKE, A. M., C. M. CARR, A. BROWN a D. HOWELL. Investigation into the nature of metal threads in a Renaissance tapestry and the cleaning of tarnished silver by UV/Ozone (UVO) treatment. *JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE*. 2003, 38, 3307 – 3314.
- BERTASA, Moira a Capusine KORENBERG. Successes and challenges in laser cleaning metal artefacts: A review. *Journal of Cultural Heritage*. 2022, (53), 100-117.
- HINDBORG, Karin. Electrolytic Cleaning of Silver Threads: Effects of Electrolytes on the Condition of Silk. *Konservatorprogram*. Kandidatuppsats: GÖTEBORGS UNIVERSITET Institutionen för kulturvård, 2018/19, 11-69. ISSN 1101-3303.
- Taarnskov, B., P. Pouli, J. Bredal-Jørgensen, LACONA, Roxana Radvan, John F. Asmus, Marta Castillejo, Paraskevi Pouli, and Austin Nevin. *Laser Cleaning Studies for the Removal*

*of Tarnishing from Silver and Gilt Silver Threads in Silk Textiles / B. Taarnskov; P. Pouli; J. Bredal-Jørgensen. Leyden (Netherlands): CRC/Balkema, 2011. 67-73. Print.*

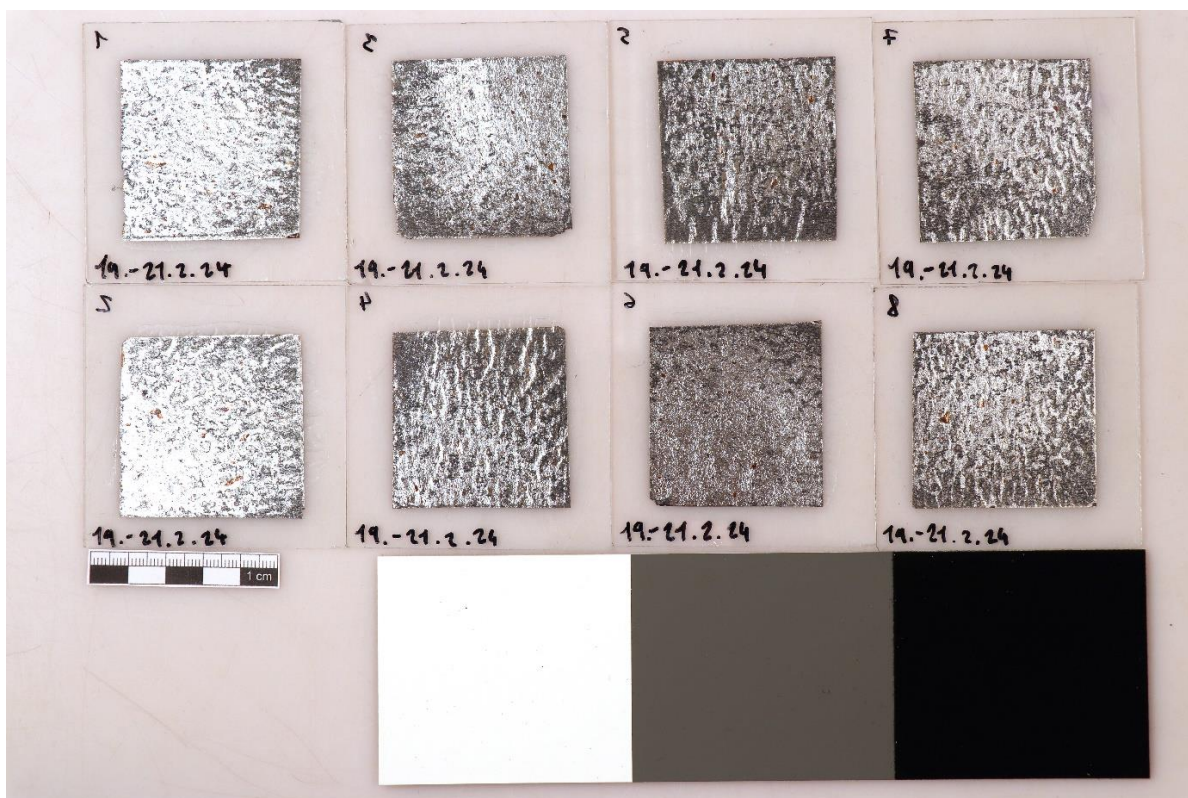
- T. Palomar, M. Oujja, I. Llorente, B. Ramírez Barat, M.V. Cañamares, E. Cano, M. Castillejo, Evaluation of laser cleaning for the restoration of tarnished silver artifacts, *Applied Surface Science*, Volume 387, 2016, Pages 118-127, ISSN 0169-4332, <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2016.06.017>.
- Mohammad Shahid Raza, Sankha Shuvra Das, Parimal Tudu, Partha Saha, Excimer laser cleaning of black sulphur encrustation from silver surface, *Optics & Laser Technology*, Volume 113, 2019, Pages 95-103, ISSN 0030-3992, <https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2018.12.012>.
- Bojana Radojković, Slavica Ristić, Suzana Polić, Radmila Jančić-Heinemann, Danijelka Radovanović, Preliminary investigation on the use of the Q-switched Nd:YAG laser to clean corrosion products on museum embroidered textiles with metallic yarns, *Journal of Cultural Heritage*, Volume 23, 2017, Pages 128-137, ISSN 1296-2074, <https://doi.org/10.1016/j.culher.2016.07.001>.
- Antonopoulou-Athera, N., Kalathakis, C., Chatzitheodoridis, E. *et al.* Theoretical and experimental approach on laser cleaning of coins. *SN Appl. Sci.* **1**, 238 (2019). <https://doi.org/10.1007/s42452-019-0255-4>
- HYEYOUN, Lee a Cho NAMCHUL. Experimental study for removing silver sulfide from silver objects by Nd : YAG laser cleaning. *Journal of Conservation Science*. online, 2014, (30).
- ABDEL-KAREEM, Omar, Awad AL-ZHRANI, Amal KHEDR a Mohamed ABDEL HARITH. EVALUATING LASER CLEANING OF CORRODED ARCHAEOLOGICAL SILVER COINS. *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*. 2016, 16(1).
- KEAST, Vicki J. Atmospheric Corrosion of Silver and Silver Nanoparticles. *Corrosion and Materials Degradation*. 3, 2022, p. 221–234. <https://doi.org/10.3390/cmd3020013>
- DIAS, Tiago a kol. All that glitters is not gold: silver leaf gilding, another means to an end. *Conservar Património*. 22, 2015, p. 29–40.
- SCHALM, Olivier a kol. How effective are reducing plasma afterglows at atmospheric pressure in removing sulphide layers: Application on tarnished silver, sterling silver and copper. *Surface and Interface Analysis*, 50:32–42, 2018. ORTÍZ-CORONA, J and RODRÍGUEZ-GÓMEZ, F. J. Role of copper in tarnishing process of silver alloys in sulphide media. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 29, 2019, p. 2646–2657. NOVAKOVIC, J., VASSILIOU, P., GEORGIZA, E. Electrochemical Cleaning of Artificially Tarnished Silver. *International Journal of Electrochemical Science*, 8, 2013, p. 7223–7232.

## 6 Fotografická dokumentace vzorků

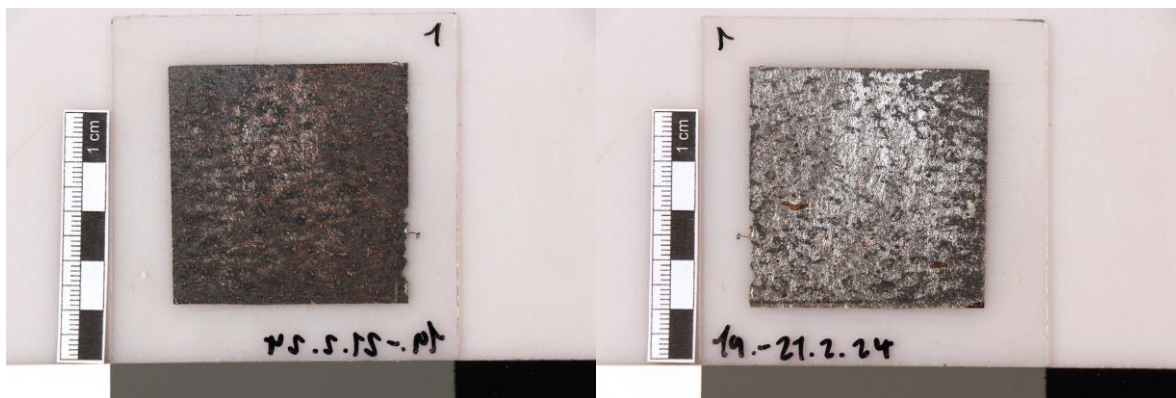
### 6.1 Odražené světlo před čištěním, 1. sada



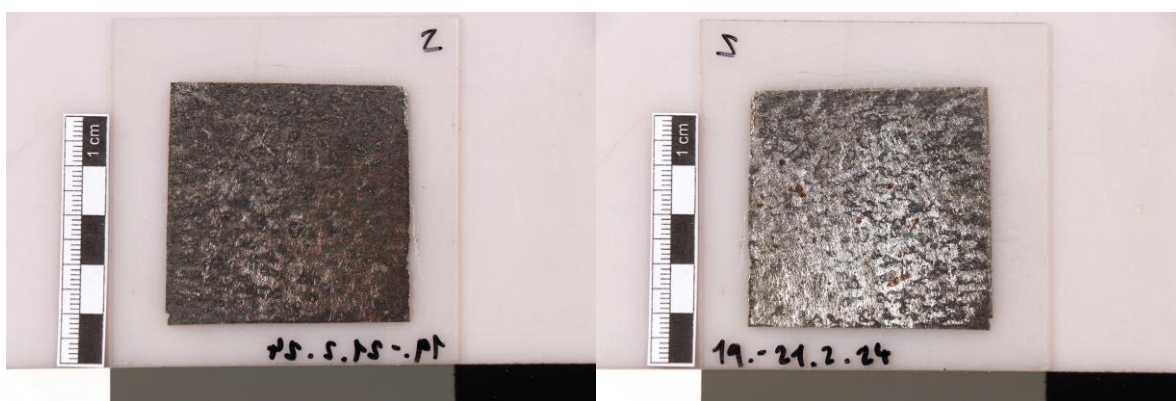
Obr. 44 Vzorky 1-8 zepředu před čištěním



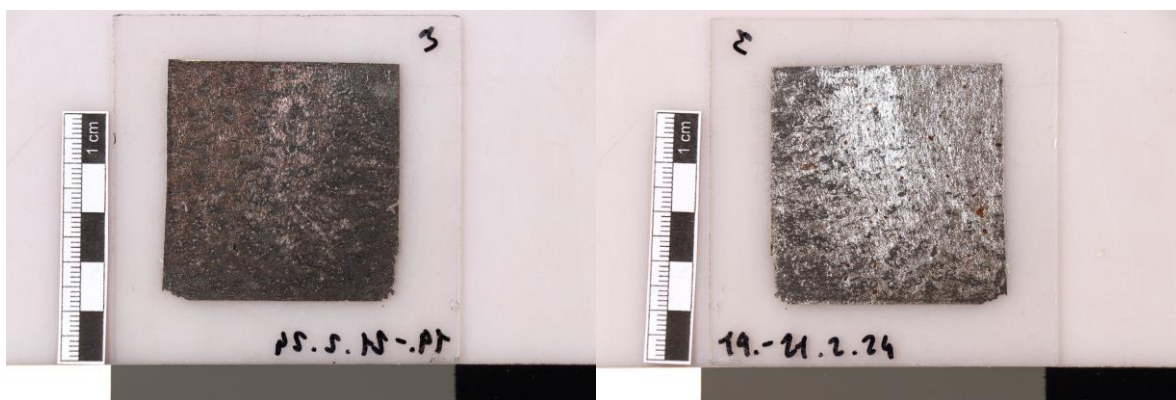
Obr. 45 Vzorky 1-8 zezadu před čištěním



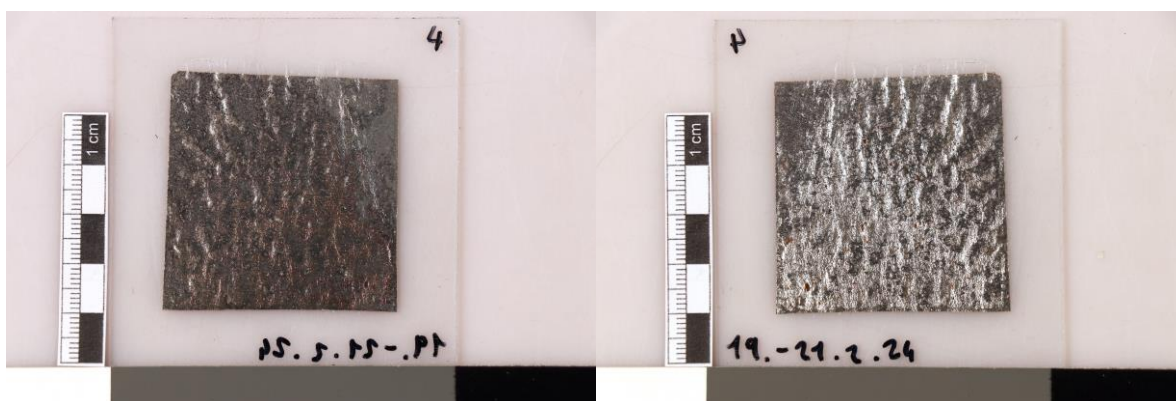
Obr. 46 Vzorek 1 zepředu i zezadu před čištěním



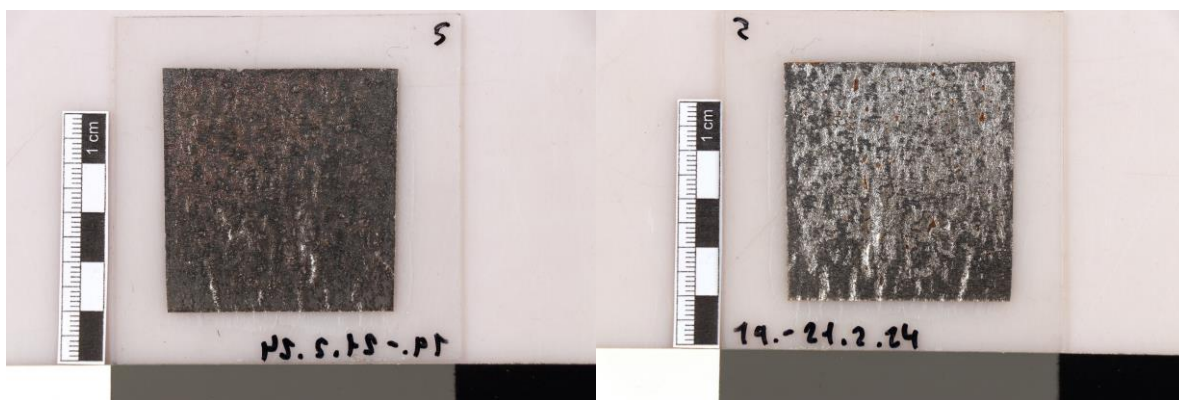
Obr. 47 Vzorek 2 zepředu i zezadu před čištěním



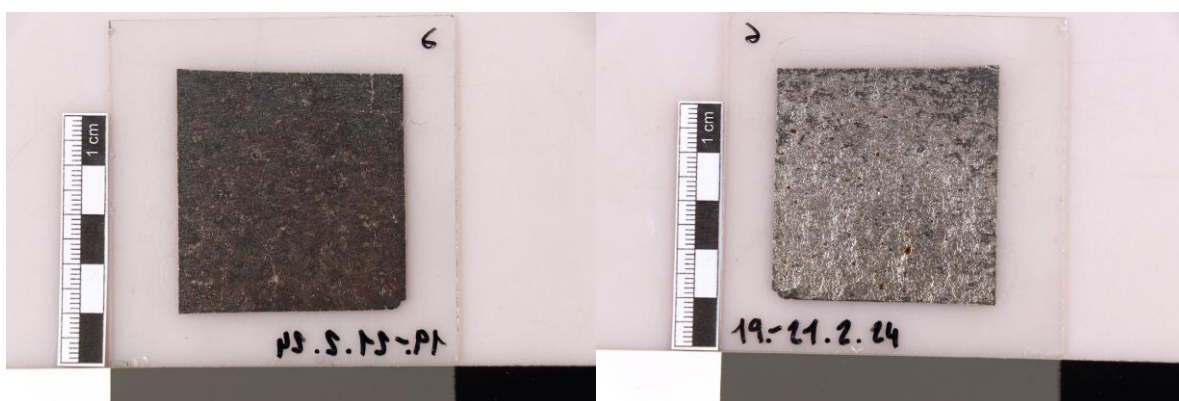
Obr. 48 Vzorek 3 zepředu i zezadu před čištěním



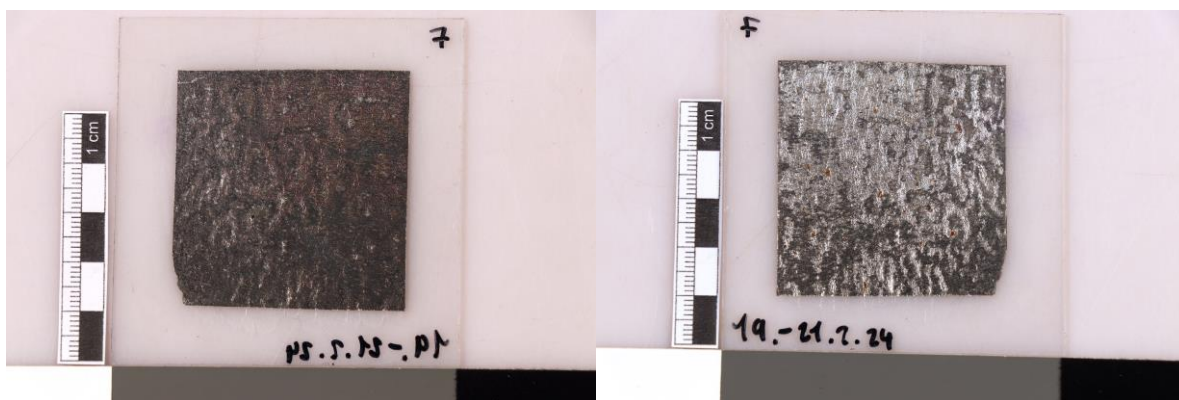
Obr. 49 Vzorek 4 zepředu i zezadu před čištěním



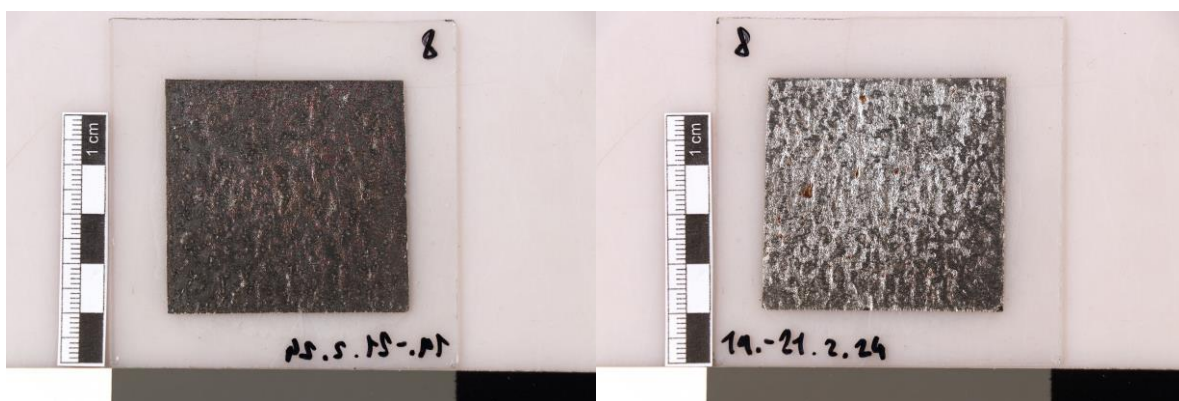
Obr. 50 Vzorek 5 zepředu i zezadu před čištěním



Obr. 51 Vzorek 6 zepředu i zezadu před čištěním

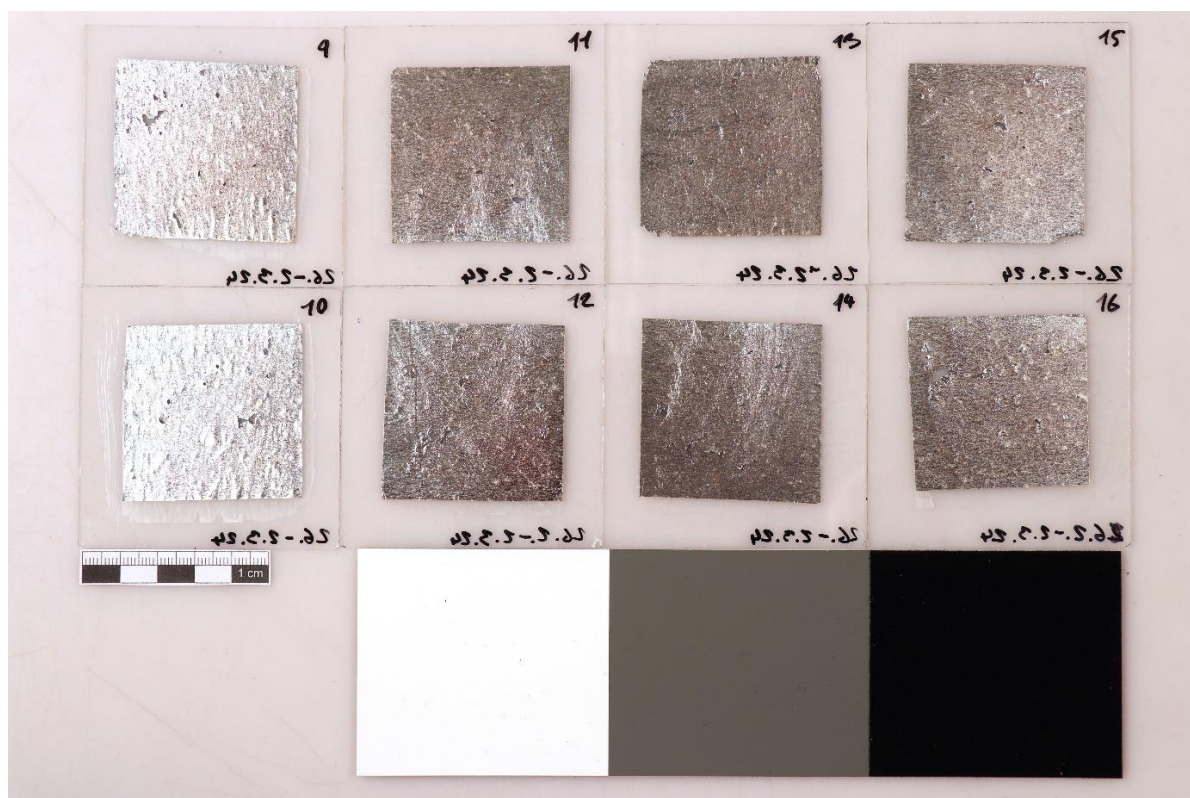


Obr. 52 Vzorek 7 zepředu i zezadu před čištěním

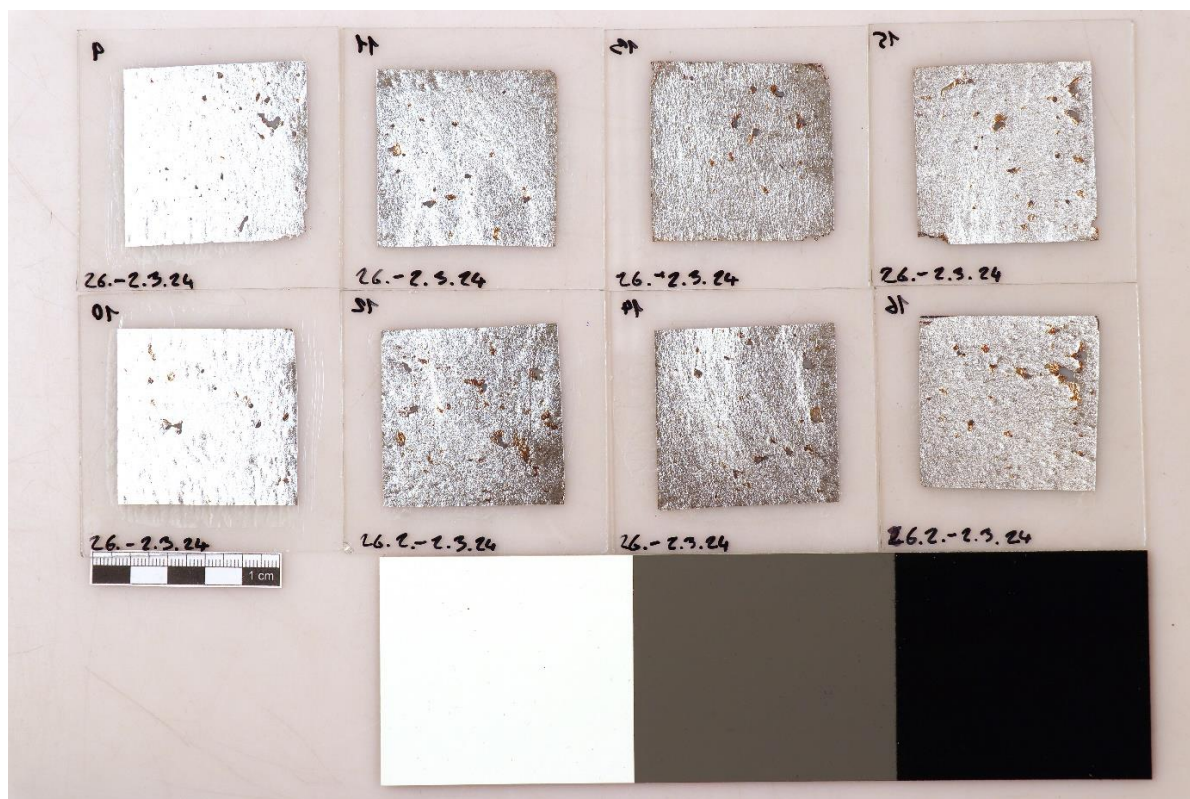


Obr. 53 Vzorek 8 zepředu i zezadu před čištěním

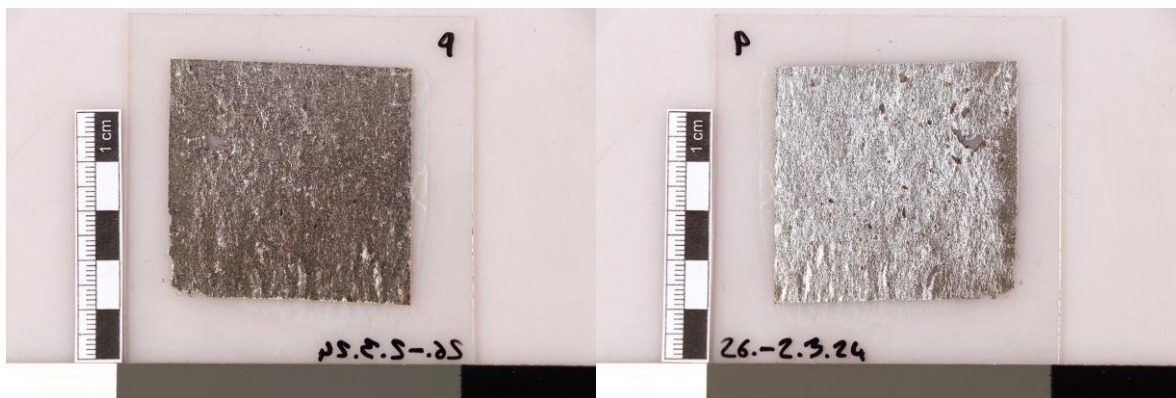
## 6.2 Odražené světlo před čištěním, 2. sada



Obr. 54 Vzorky 9-16 zepředu před čištěním



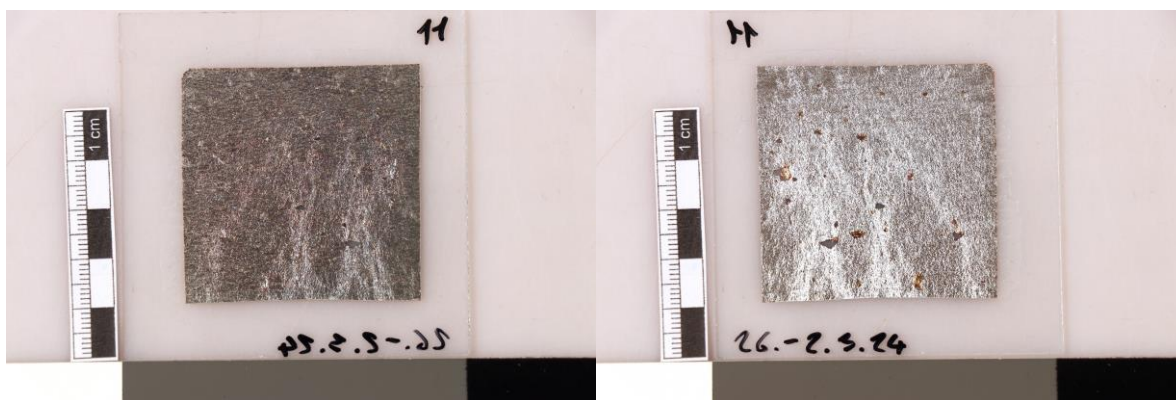
Obr. 55 Vzorky 9-16 zepředu před čištěním



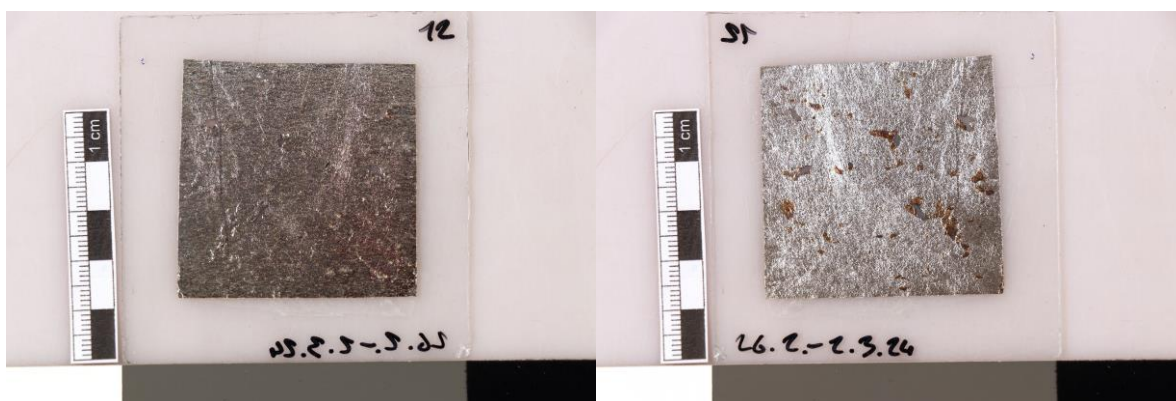
Obr. 56 Vzorek 9 zepředu i zezadu před čištěním



Obr. 57 Vzorek 10 zepředu i zezadu před čištěním



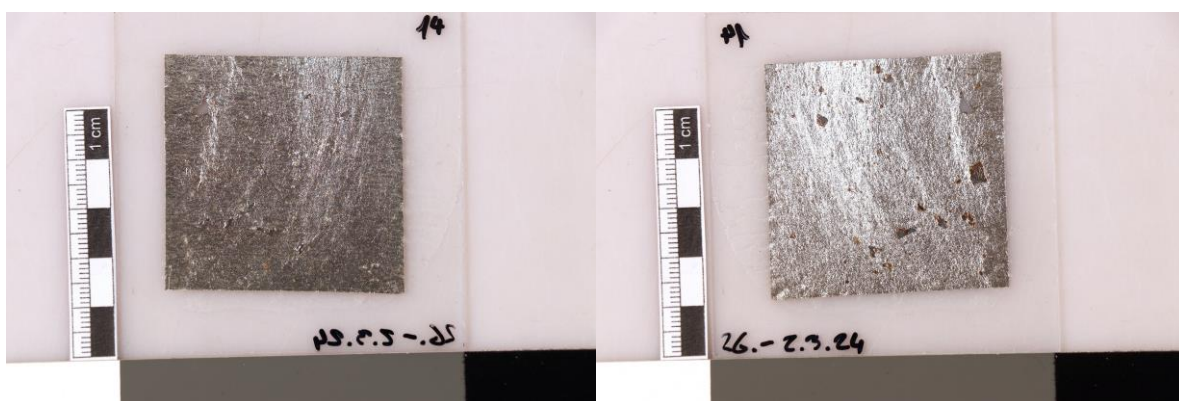
Obr. 58 Vzorek 11 zepředu i zezadu před čištěním



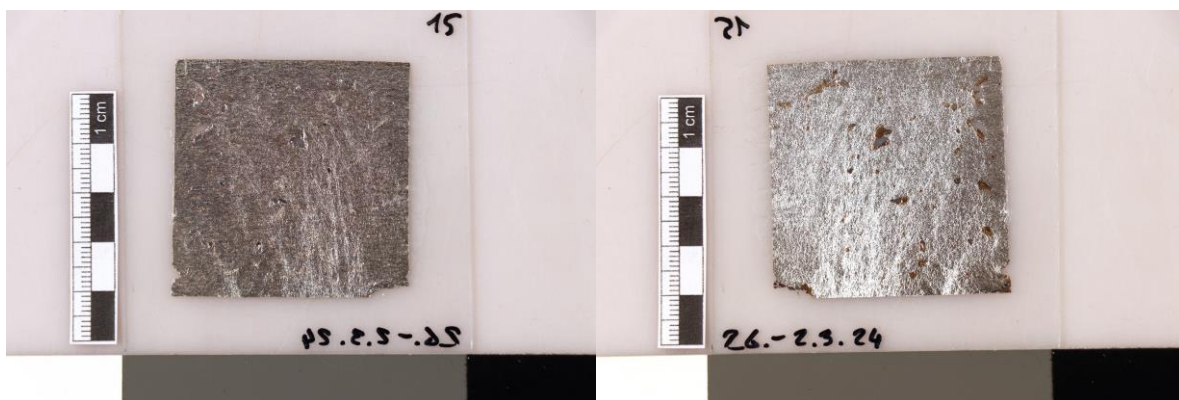
Obr. 59 Vzorek 12 zepředu i zezadu před čištěním



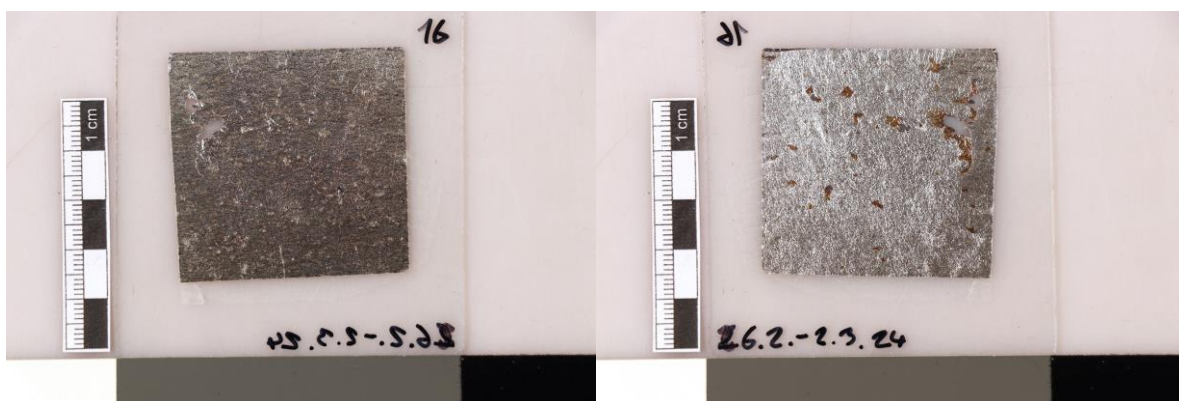
Obr. 60 Vzorek 13 zepředu i zezadu před čištěním



Obr. 61 Vzorek 14 zepředu i zezadu před čištěním

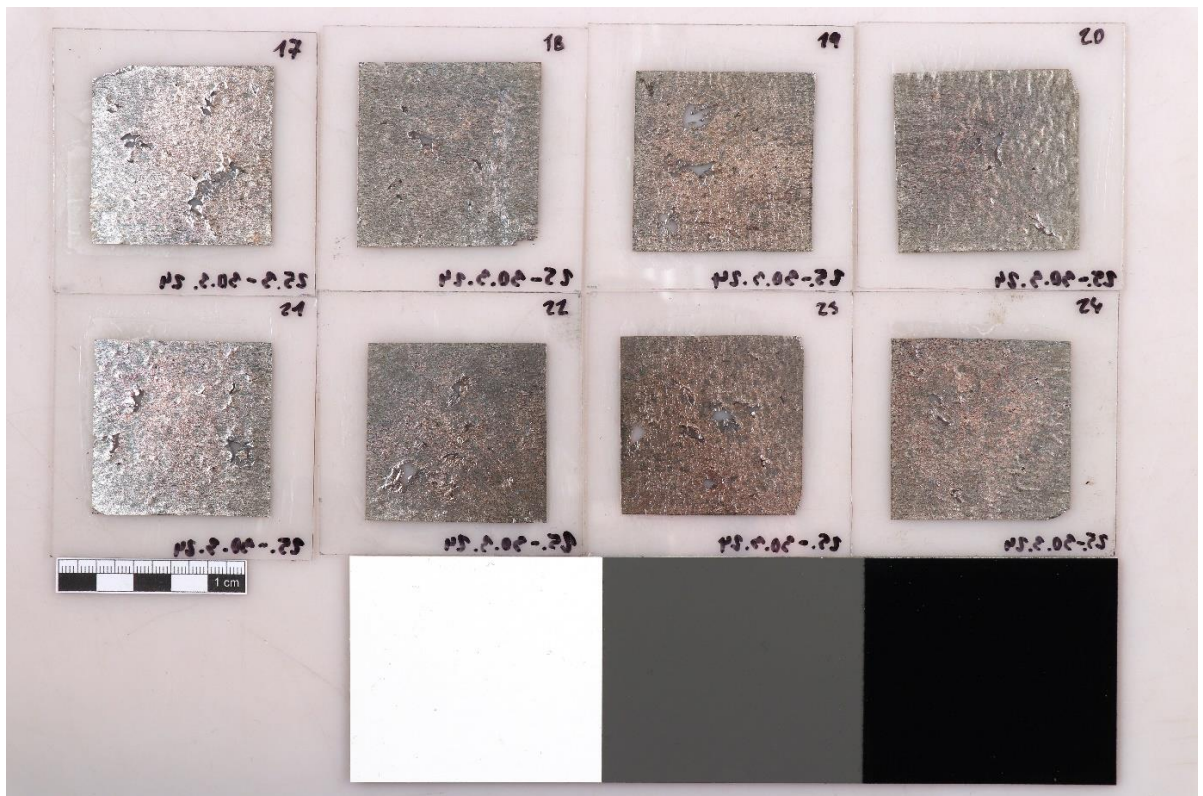


Obr. 62 Vzorek 15 zepředu i zezadu před čištěním

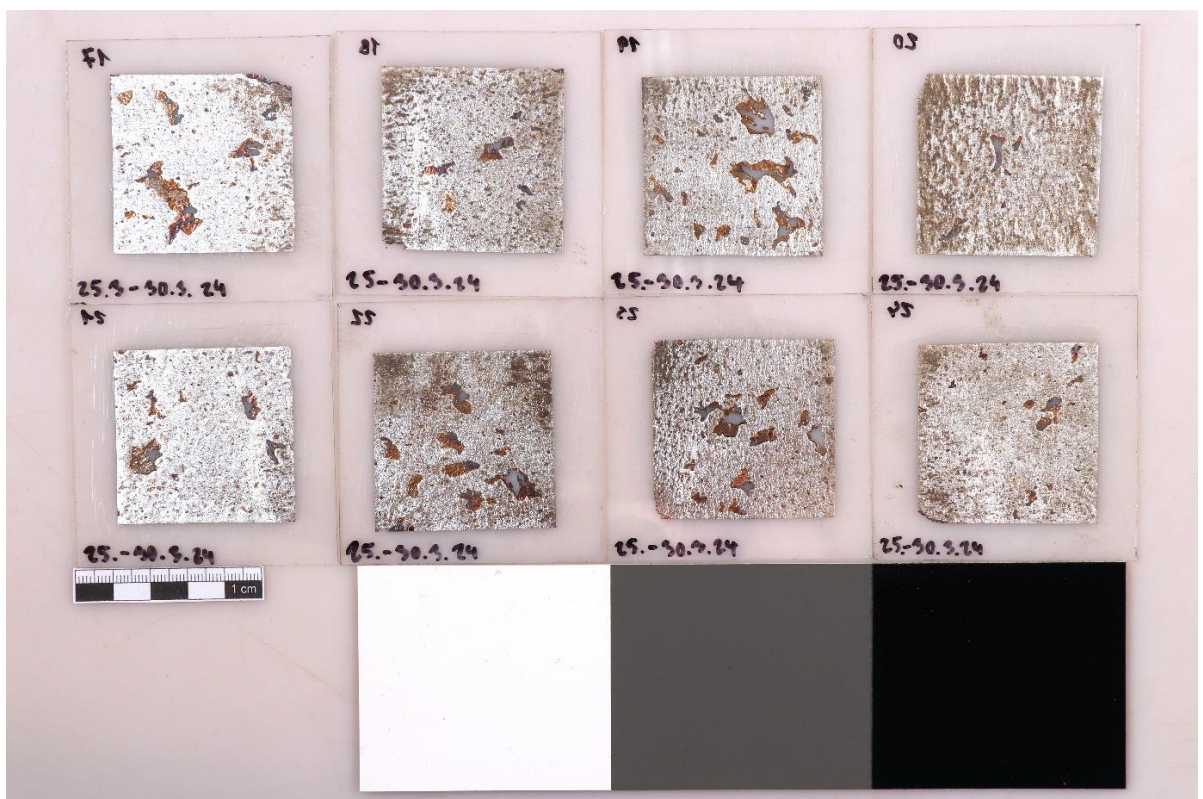


Obr. 63 Vzorek 16 zepředu i zezadu před čištěním

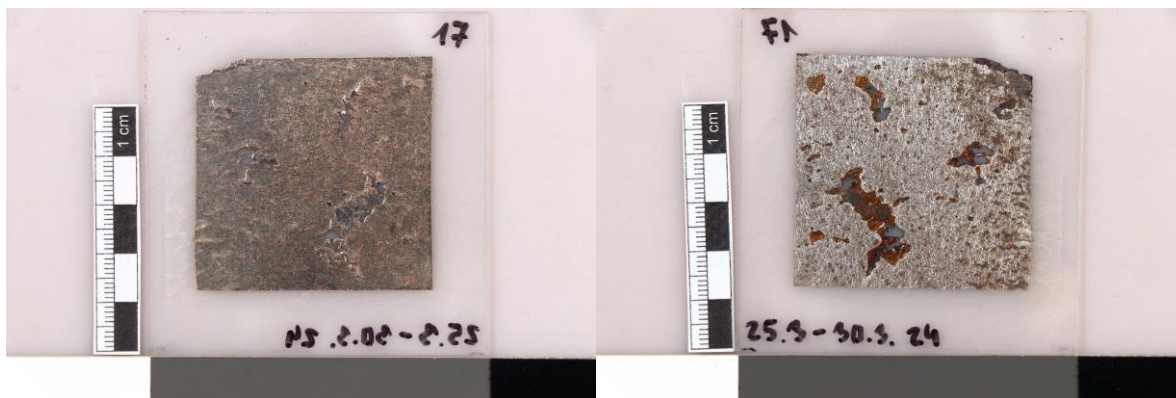
### 6.3 Odražené světlo před čištěním, 3. sada



Obr. 64 Vzorky 17-24 zepředu před čištěním



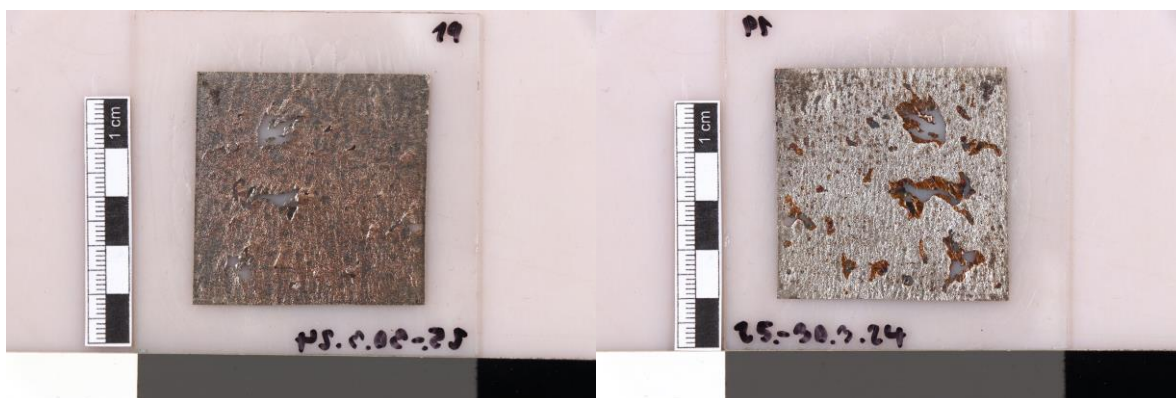
Obr. 65 Vzorky 17-24 zezadu před čištěním



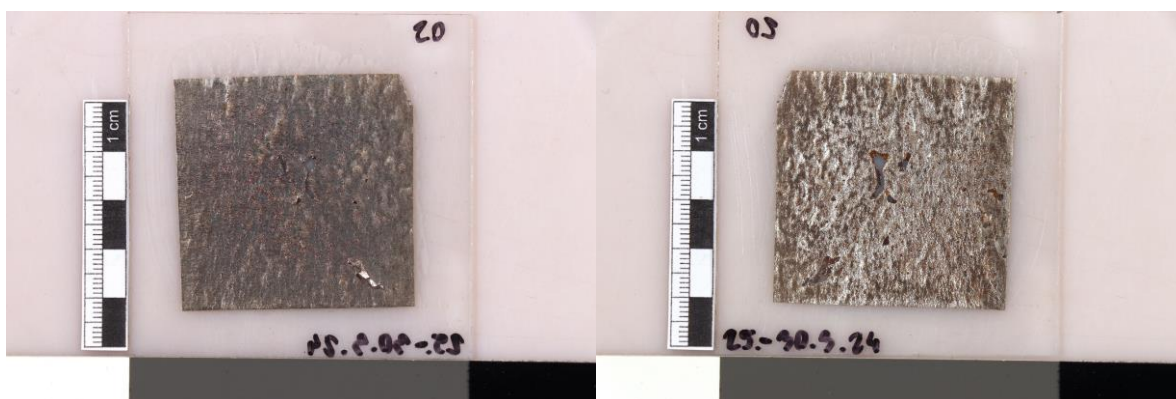
Obr. 66 Vzorek 17 zepředu i zezadu před čištěním



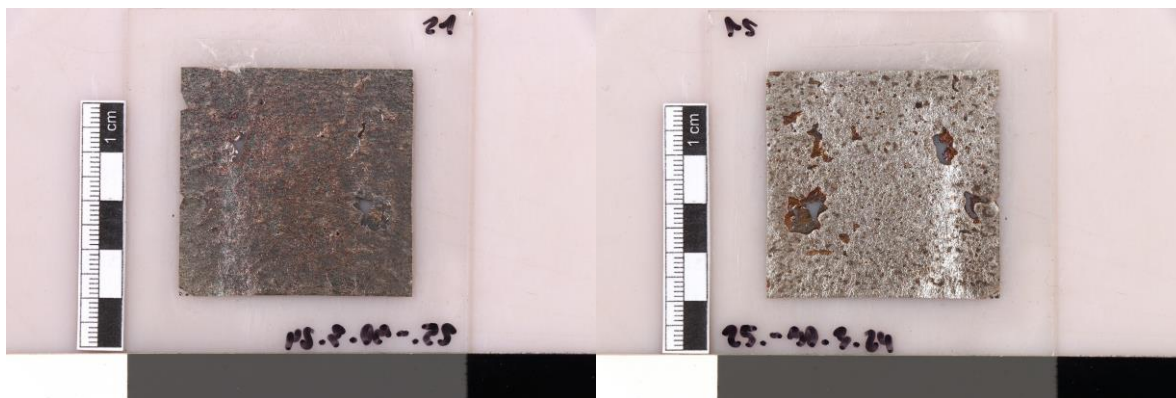
Obr. 67 Vzorek 18 zepředu i zezadu před čištěním



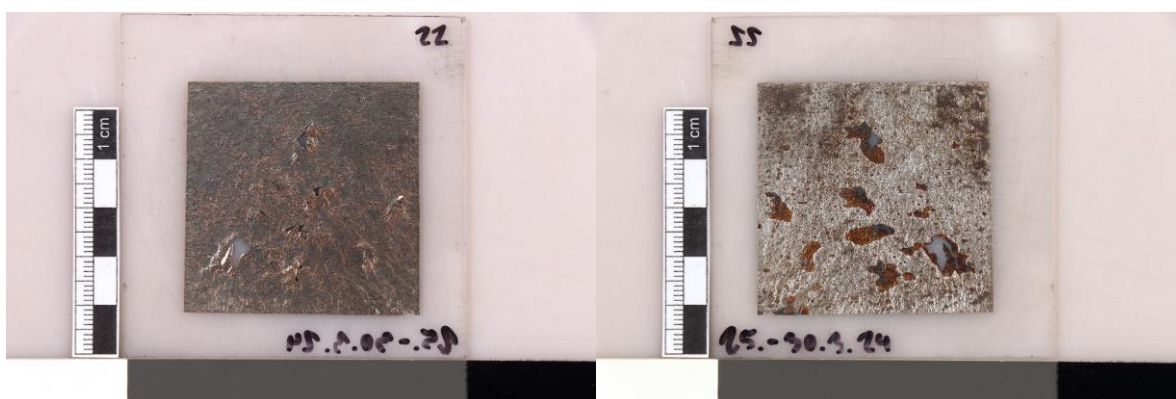
Obr. 68 Vzorek 19 zepředu i zezadu před čištěním



Obr. 69 Vzorek 20 zepředu i zezadu před čištěním



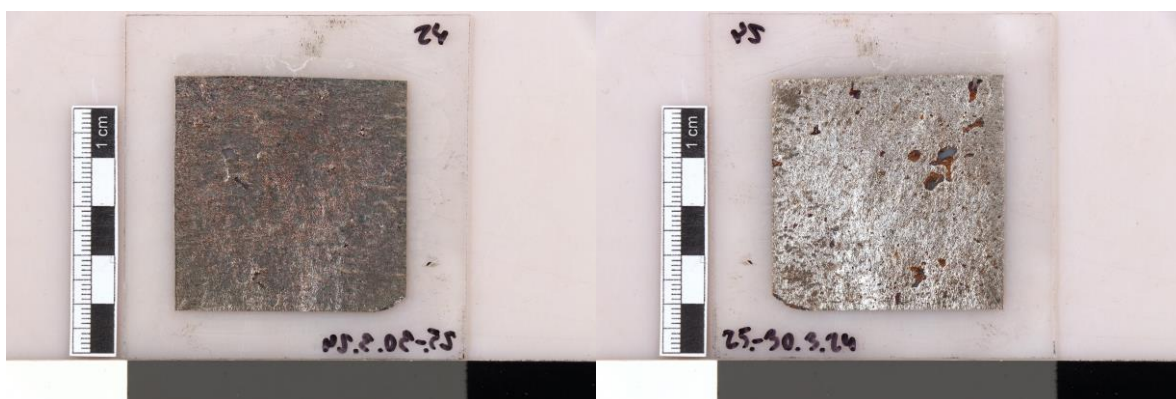
Obr. 70 Vzorek 21 zepředu i zezadu před čištěním



Obr. 71 Vzorek 22 zepředu i zezadu před čištěním

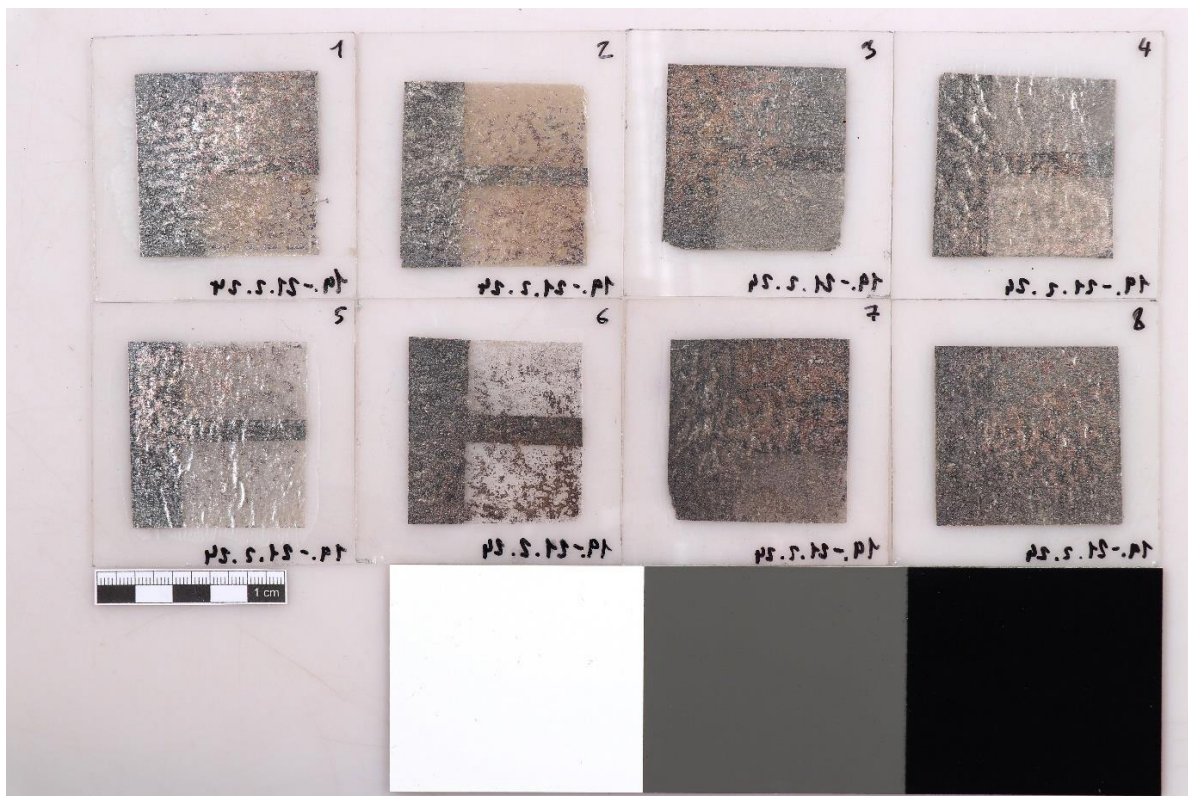


Obr. 72 Vzorek 23 zepředu i zezadu před čištěním

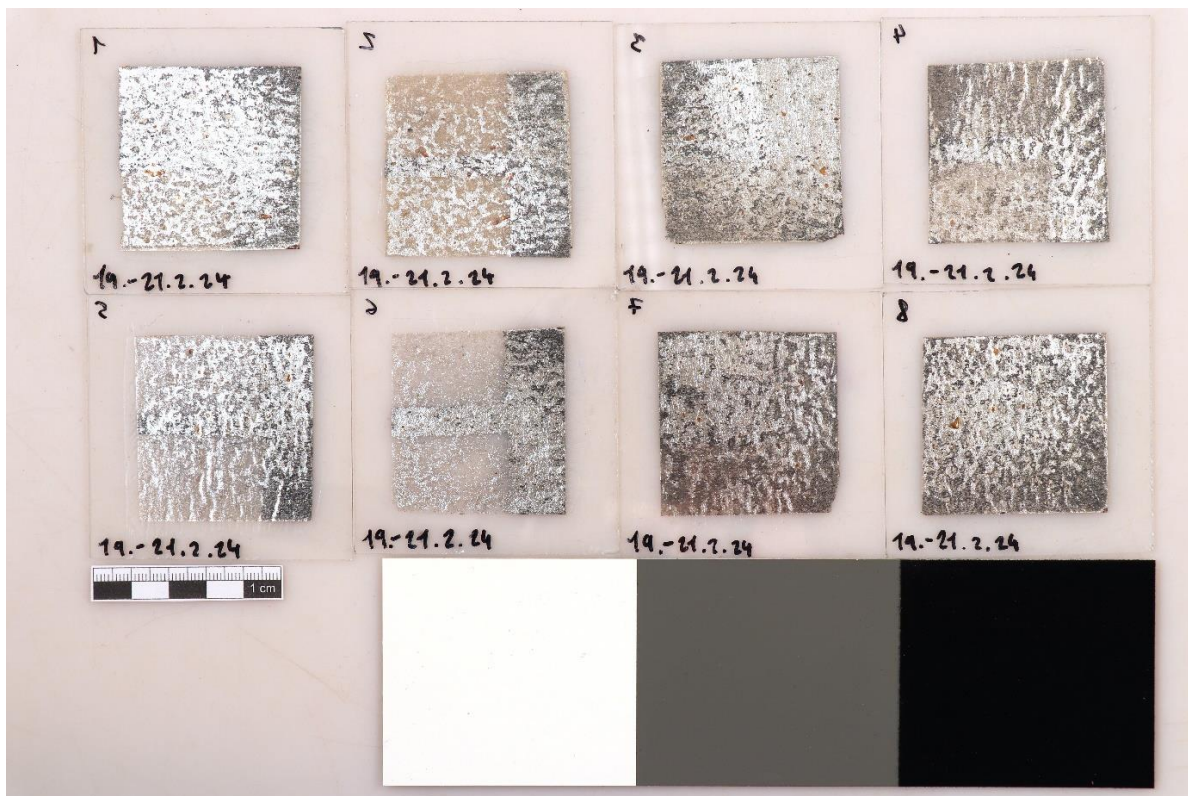


Obr. 73 Vzorek 24 zepředu i zezadu před čištěním

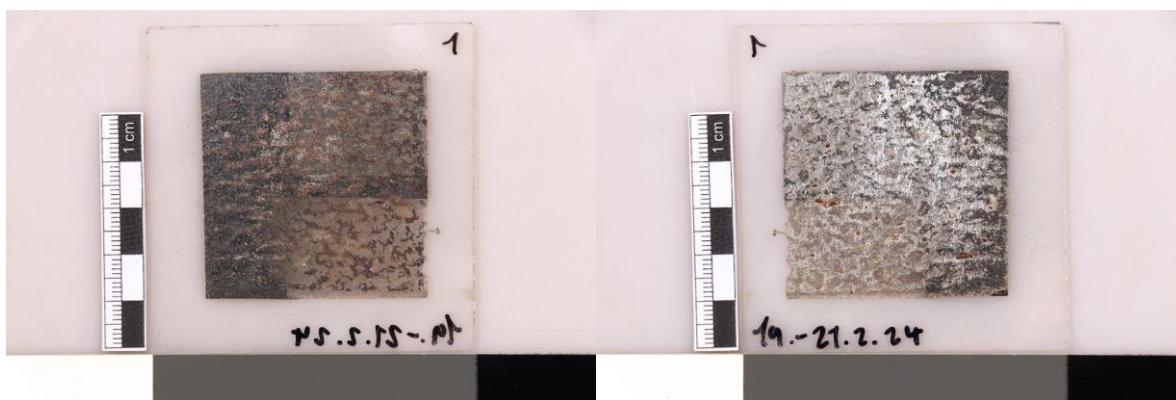
#### 6.4 Odražené světlo po čištění, 1. sada



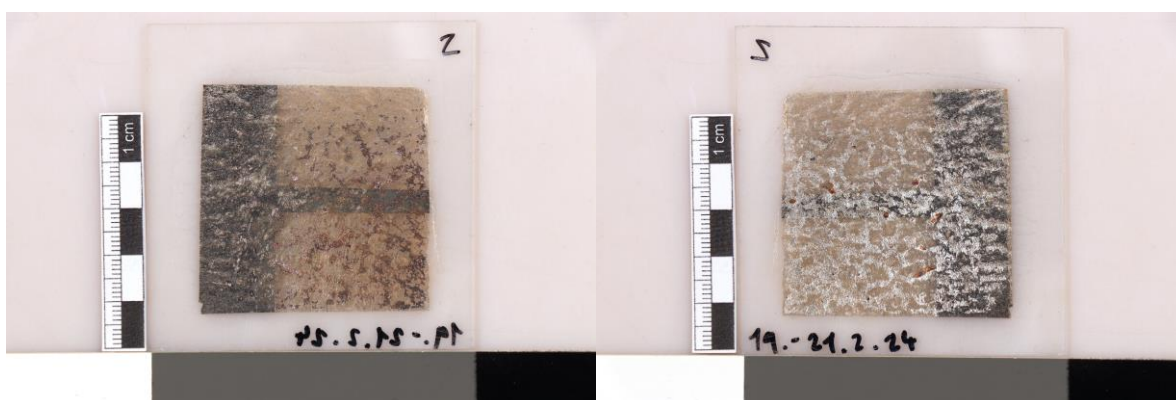
Obr. 74 Vzorky 1-8 zepředu po čištění



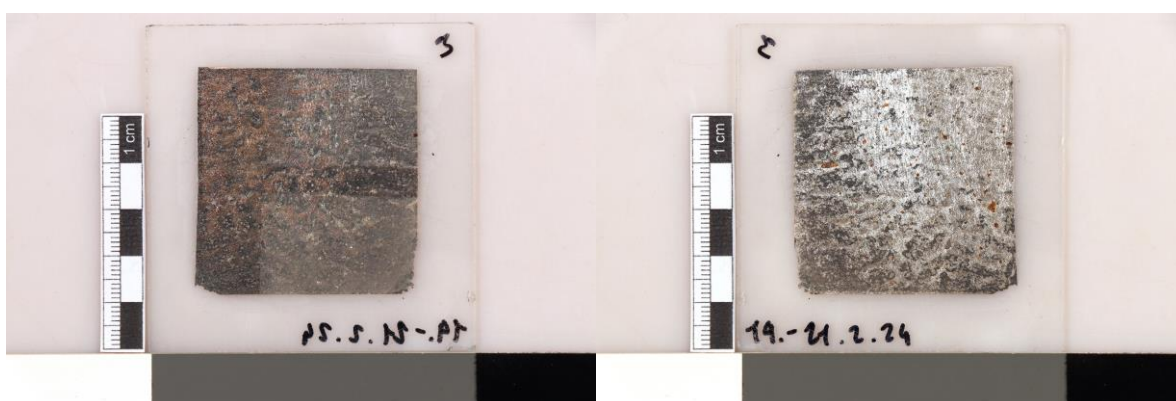
Obr. 75 Vzorky 1-8 zezadu po čištění



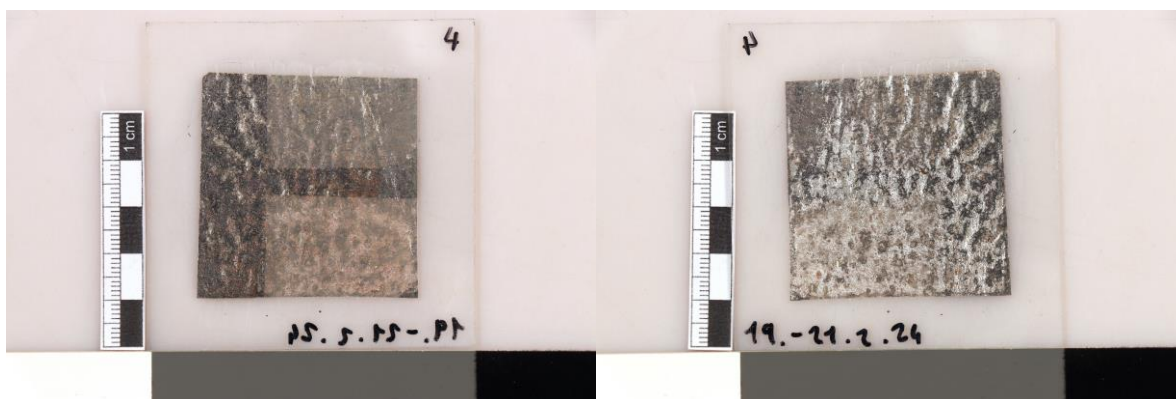
Obr. 76 Vzorek 1 zepředu i zezadu po čištění



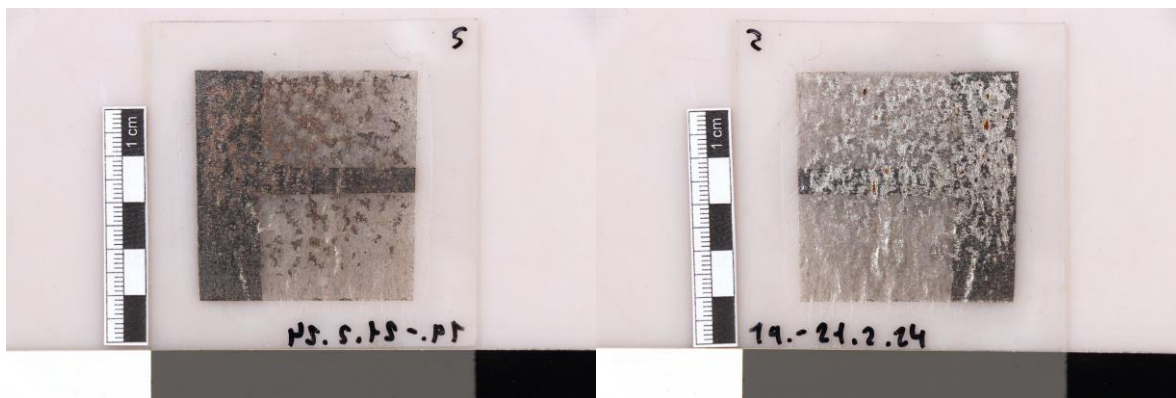
Obr. 77 Vzorek 2 zepředu i zezadu po čištění



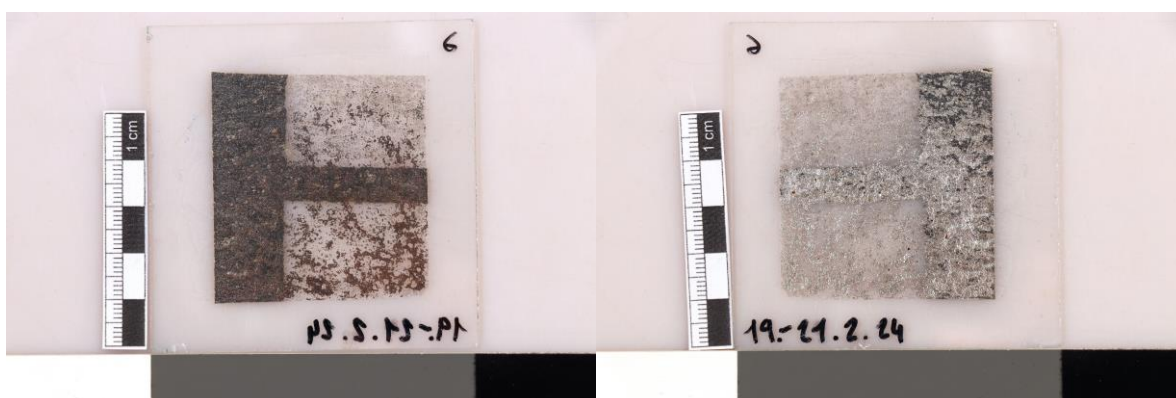
Obr. 78 Vzorek 3 zepředu i zezadu po čištění



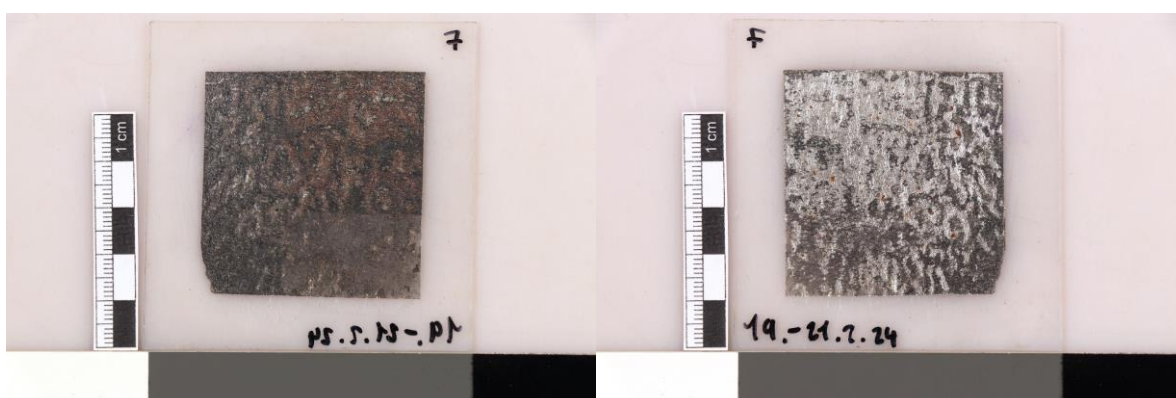
Obr. 79 Vzorek 4 zepředu i zezadu po čištění



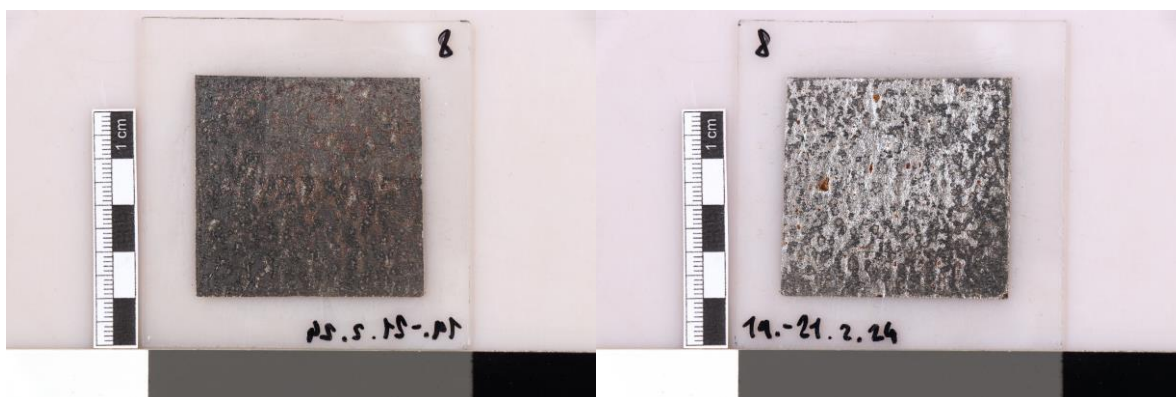
Obr. 80 Vzorek 5 zepředu i zezadu po čištění



Obr. 81 Vzorek 6 zepředu i zezadu po čištění

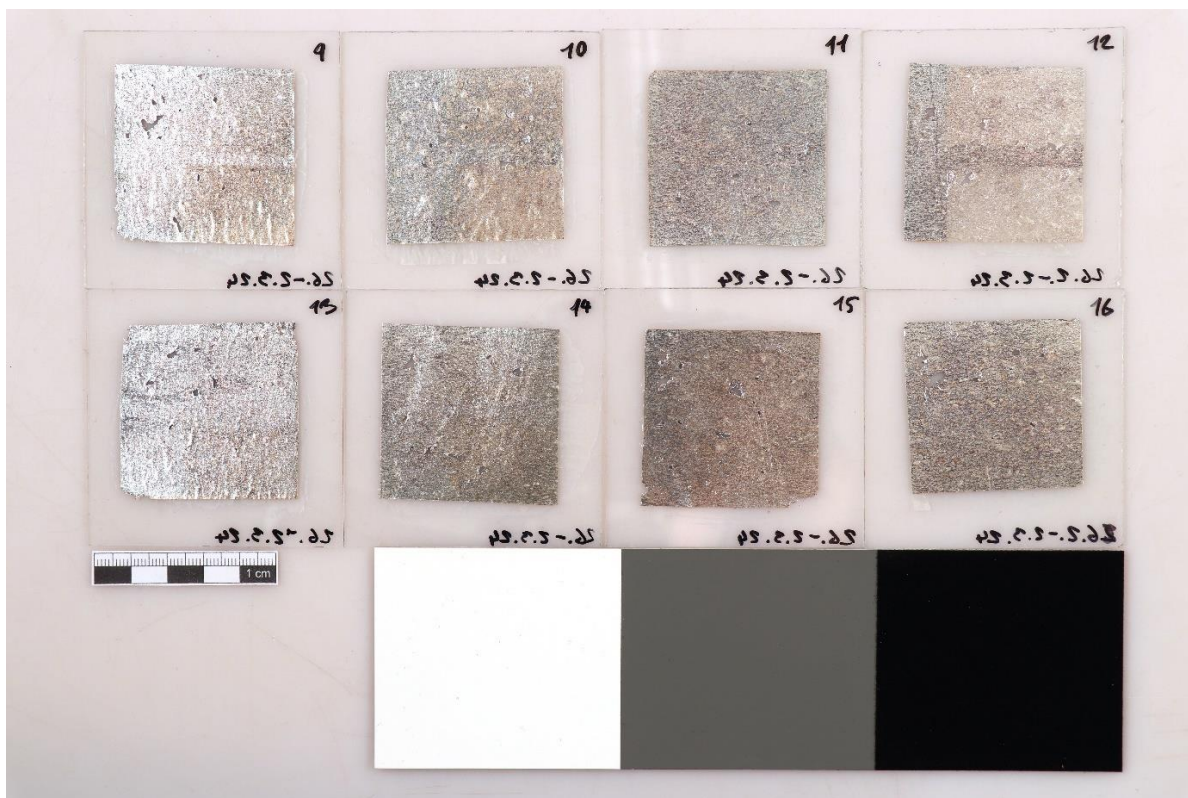


Obr. 82 Vzorek 7 zepředu i zezadu po čištění

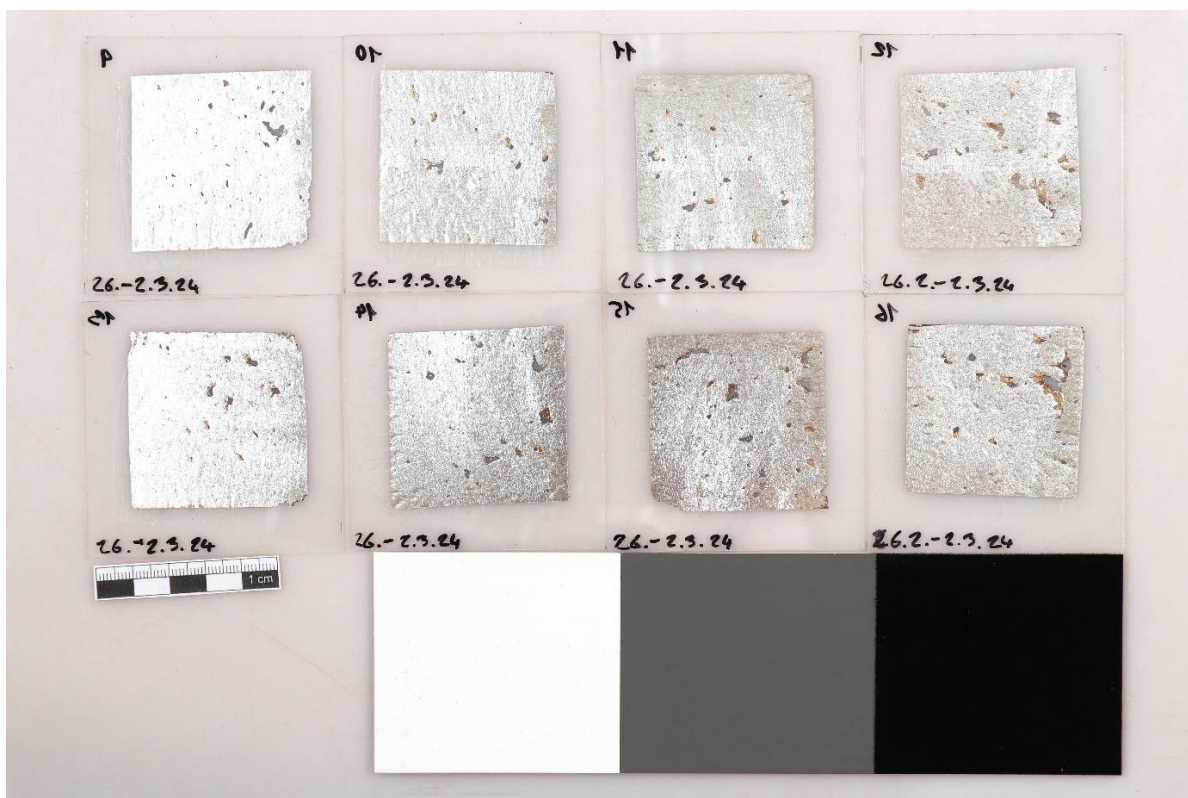


Obr. 83 Vzorek 8 zepředu i zezadu po čištění

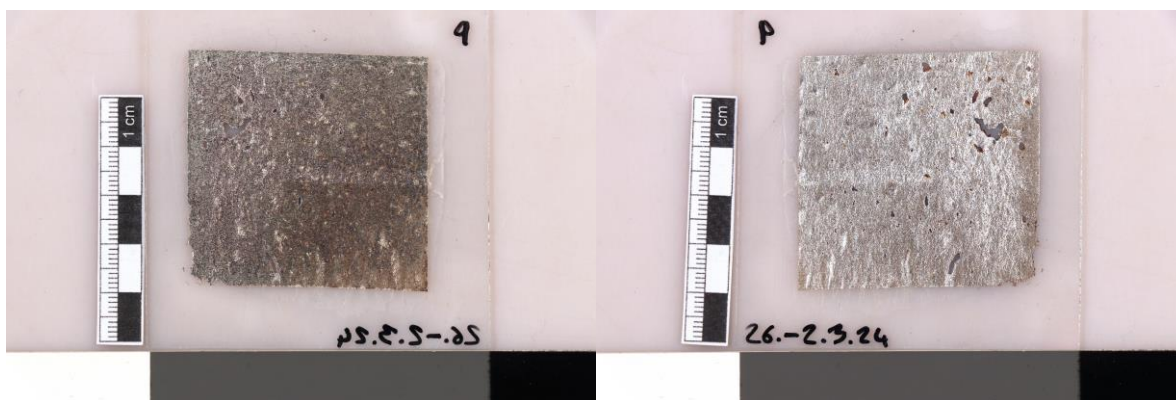
## 6.5 Odražené světlo po čištění, 2. sada



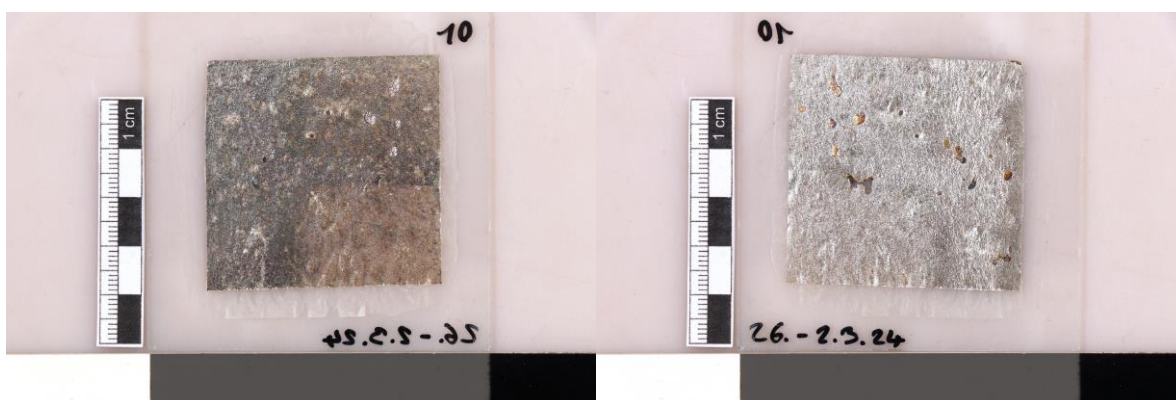
Obr. 84 Vzorky 9-16 zepředu po čištění



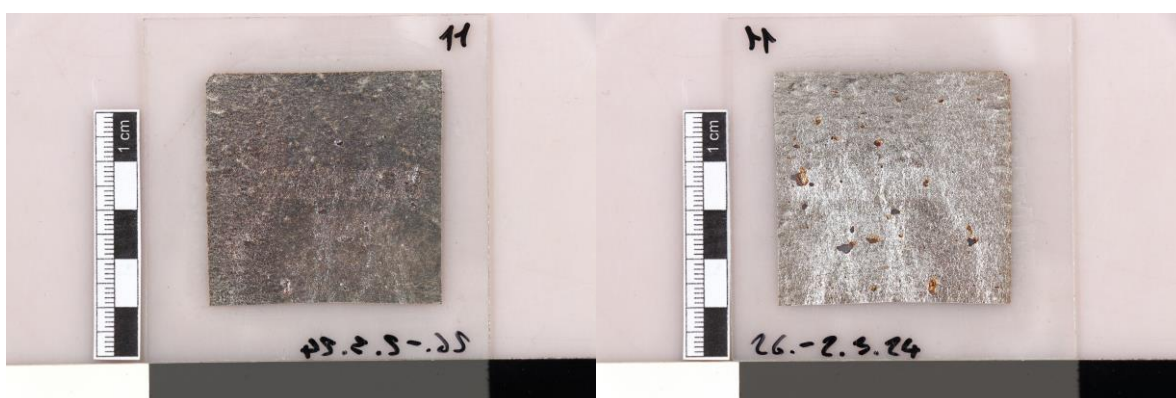
Obr. 85 Vzorky 9-16 zezadu po čištění



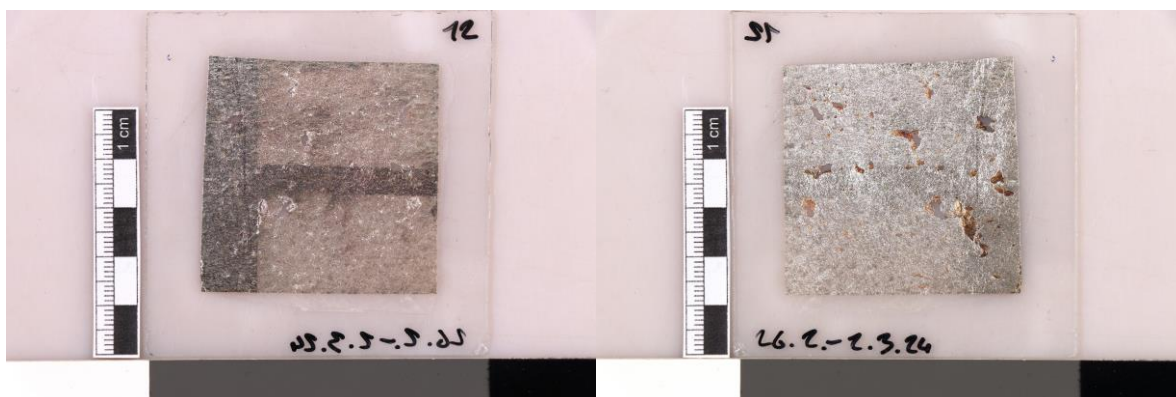
Obr. 86 Vzorek 9 zepředu i zezadu po čištění



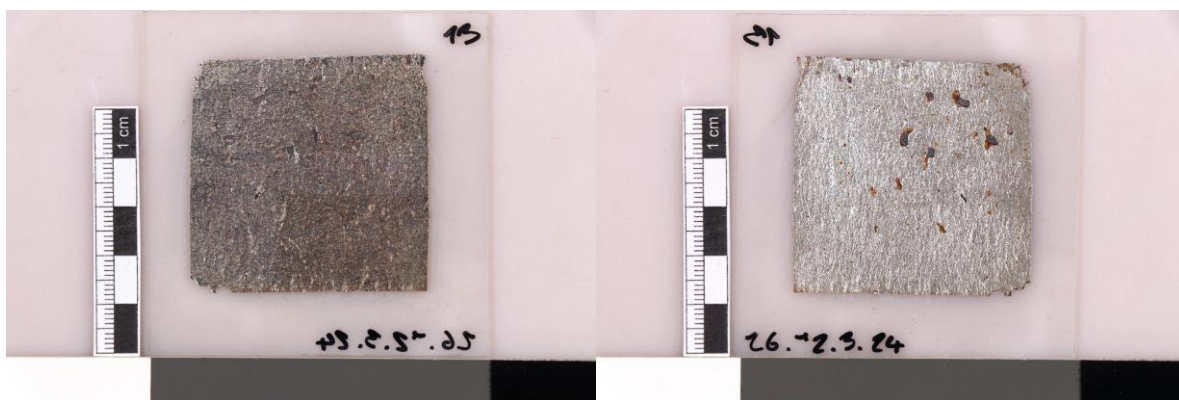
Obr. 87 Vzorek 10 zepředu i zezadu po čištění



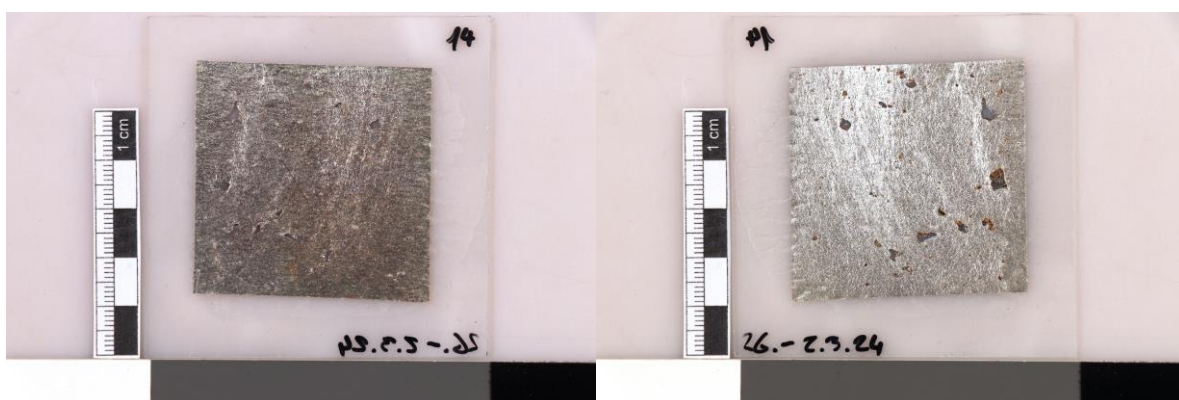
Obr. 88 Vzorek 11 zepředu i zezadu po čištění



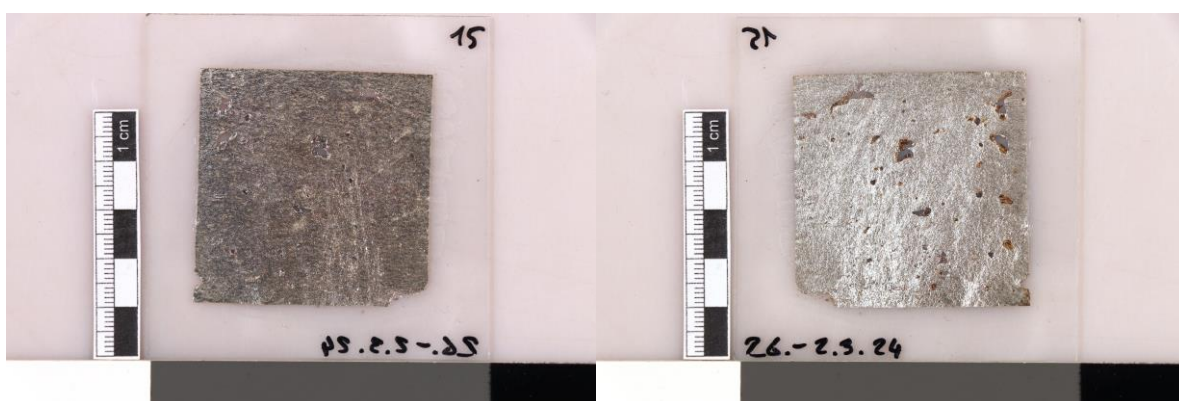
Obr. 89 Vzorek 12 zepředu i zezadu po čištění



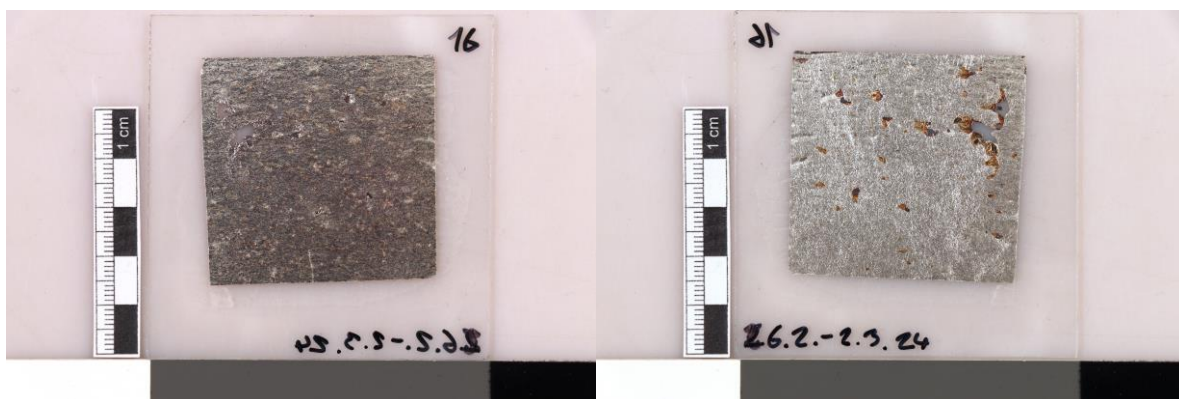
Obr. 90 Vzorek 13 zepředu i zezadu po čištění



Obr. 91 Vzorek 14 zepředu i zezadu po čištění

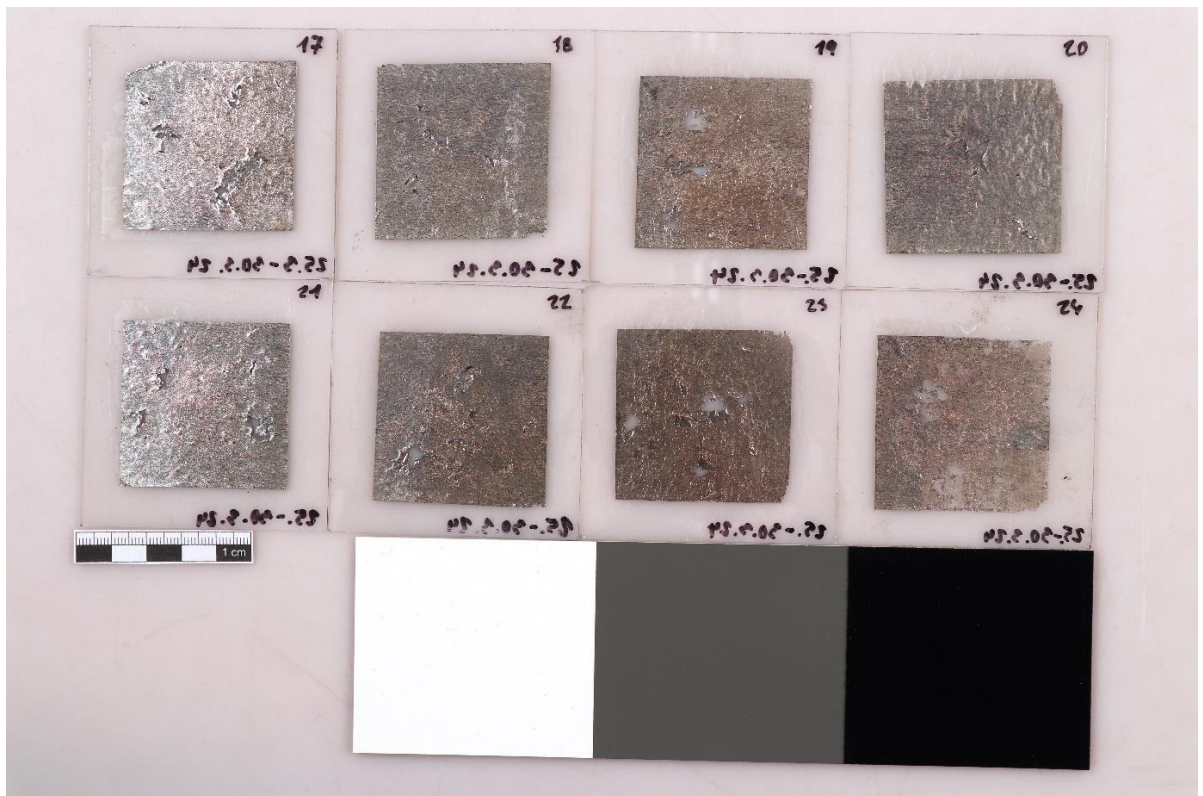


Obr. 92 Vzorek 15 zepředu i zezadu po čištění

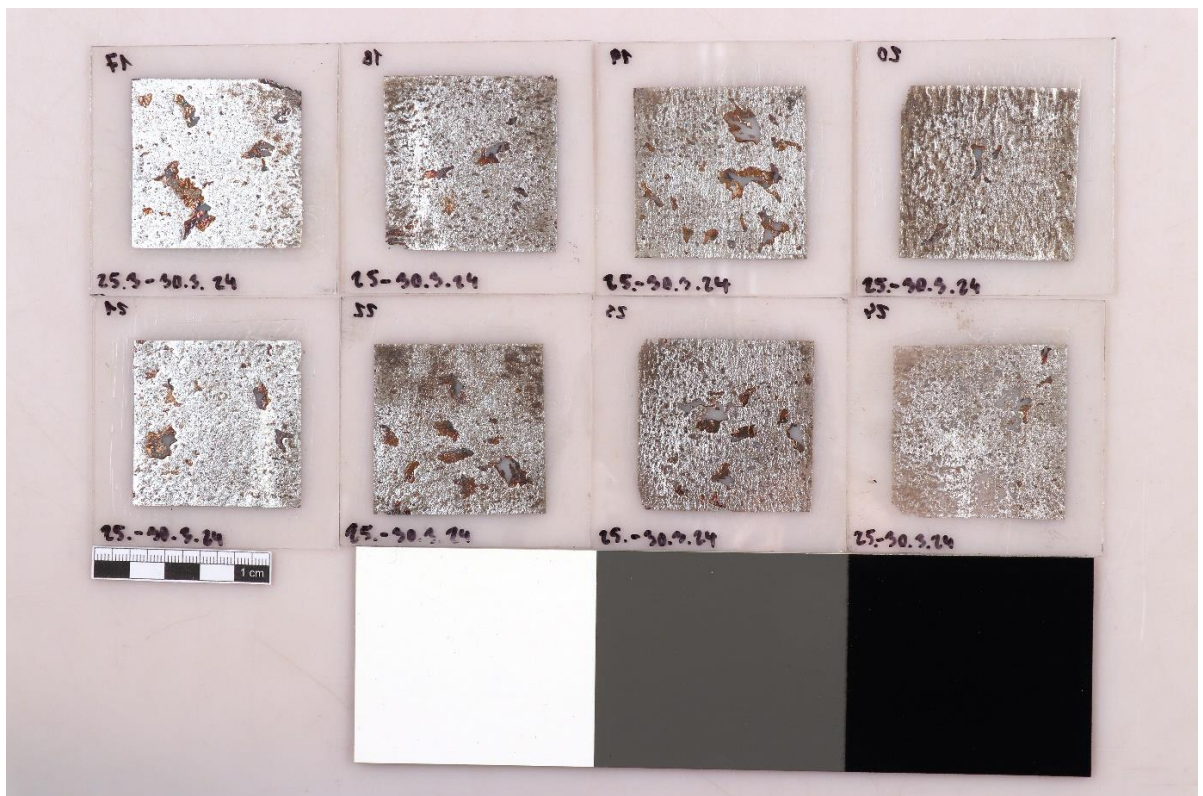


Obr. 93 Vzorek 16 zepředu i zezadu po čištění

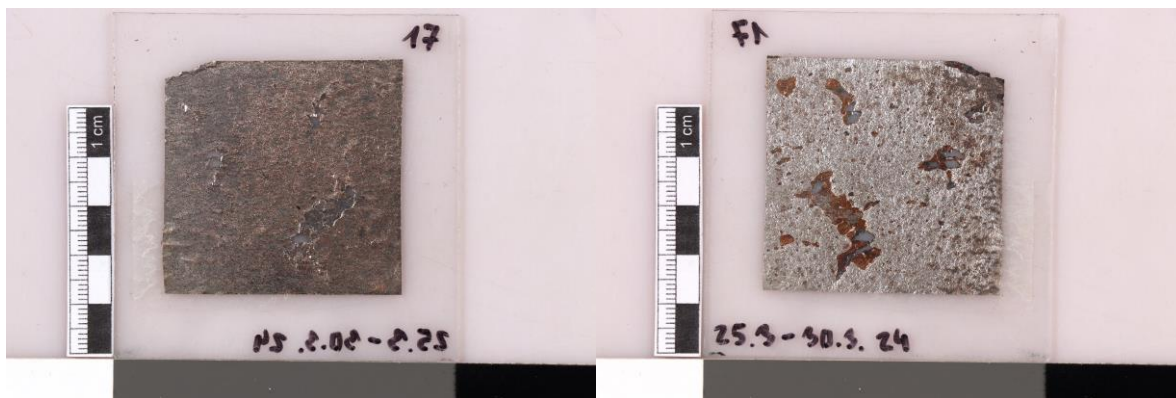
## 6.6 Odražené světlo po čištění, 3. sada



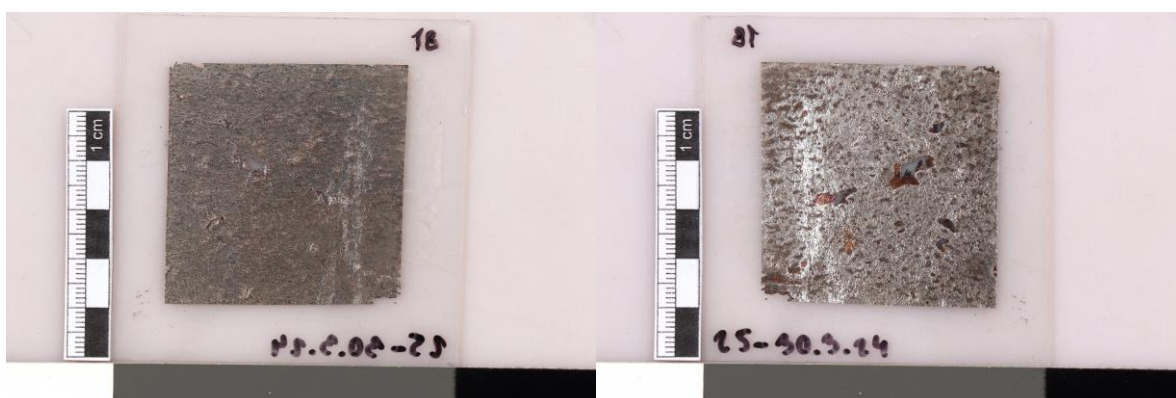
Obr. 94 Vzorky 17-24 zepředu po čištění



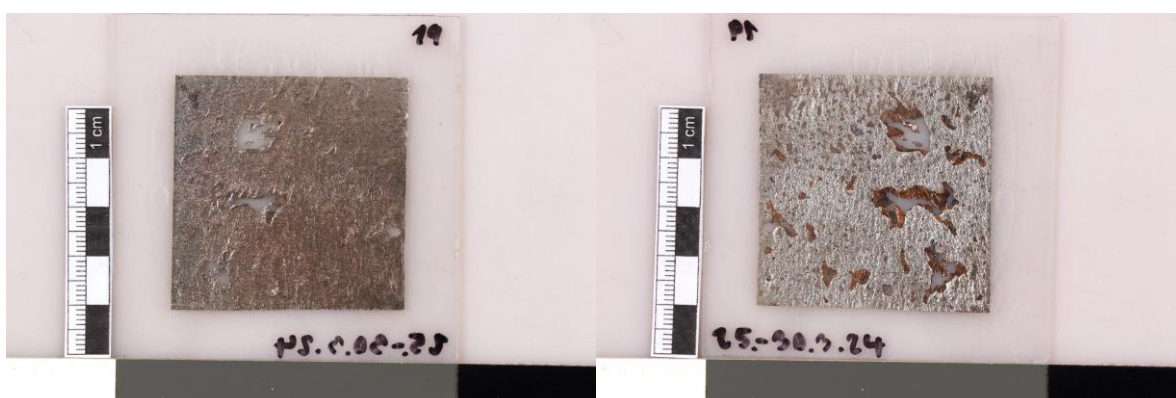
Obr. 95 Vzorky 17-24 zezadu po čištění



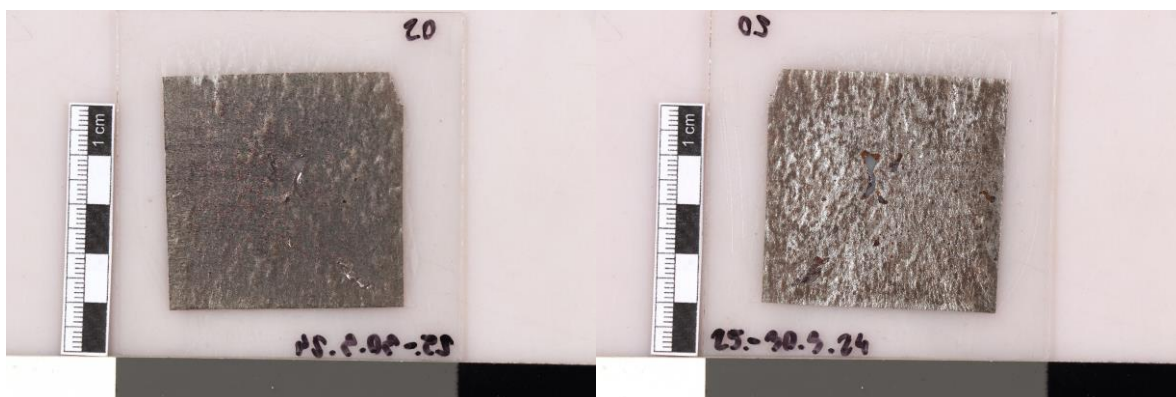
Obr. 96 Vzorek 17 zepředu i zezadu po čištění



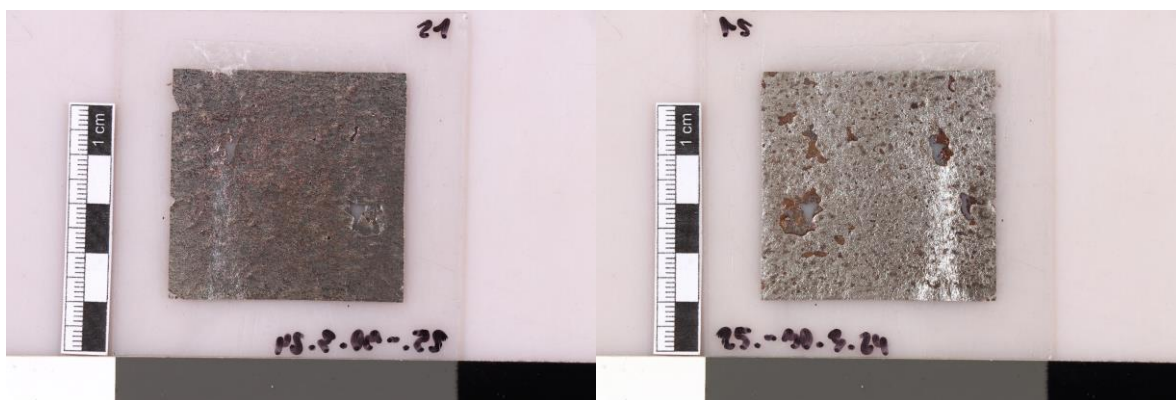
Obr. 97 Vzorek 18 zepředu i zezadu po čištění



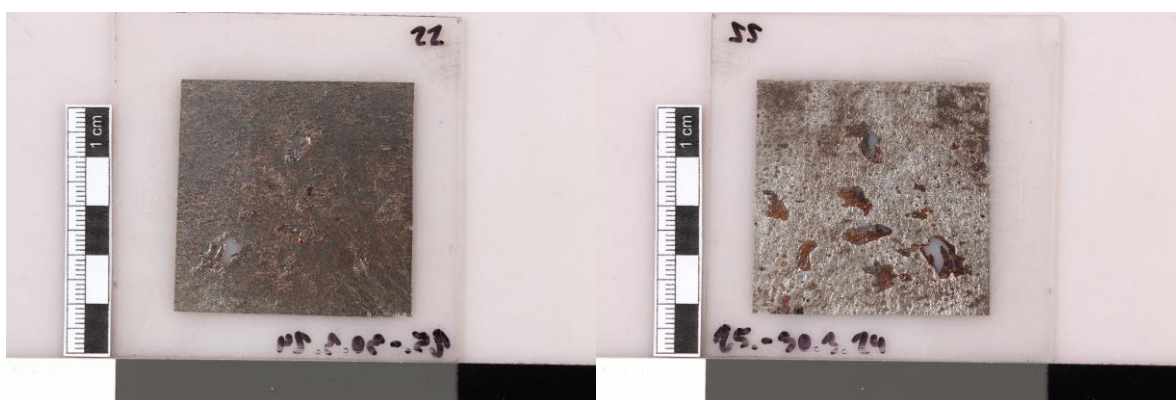
Obr. 98 Vzorek 19 zepředu i zezadu po čištění



Obr. 99 Vzorek 20 zepředu i zezadu po čištění



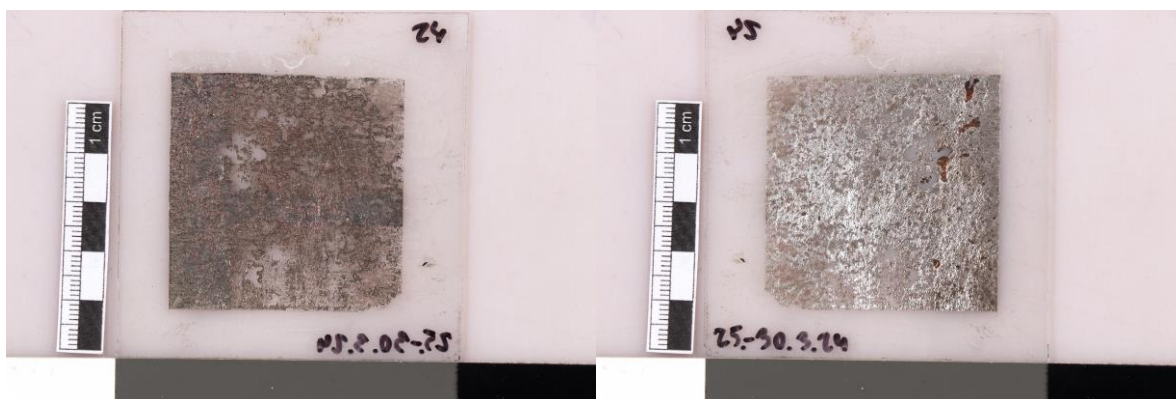
Obr. 100 Vzorek 21 zepředu i zezadu po čištění



Obr. 101 Vzorek 22 zepředu i zezadu po čištění

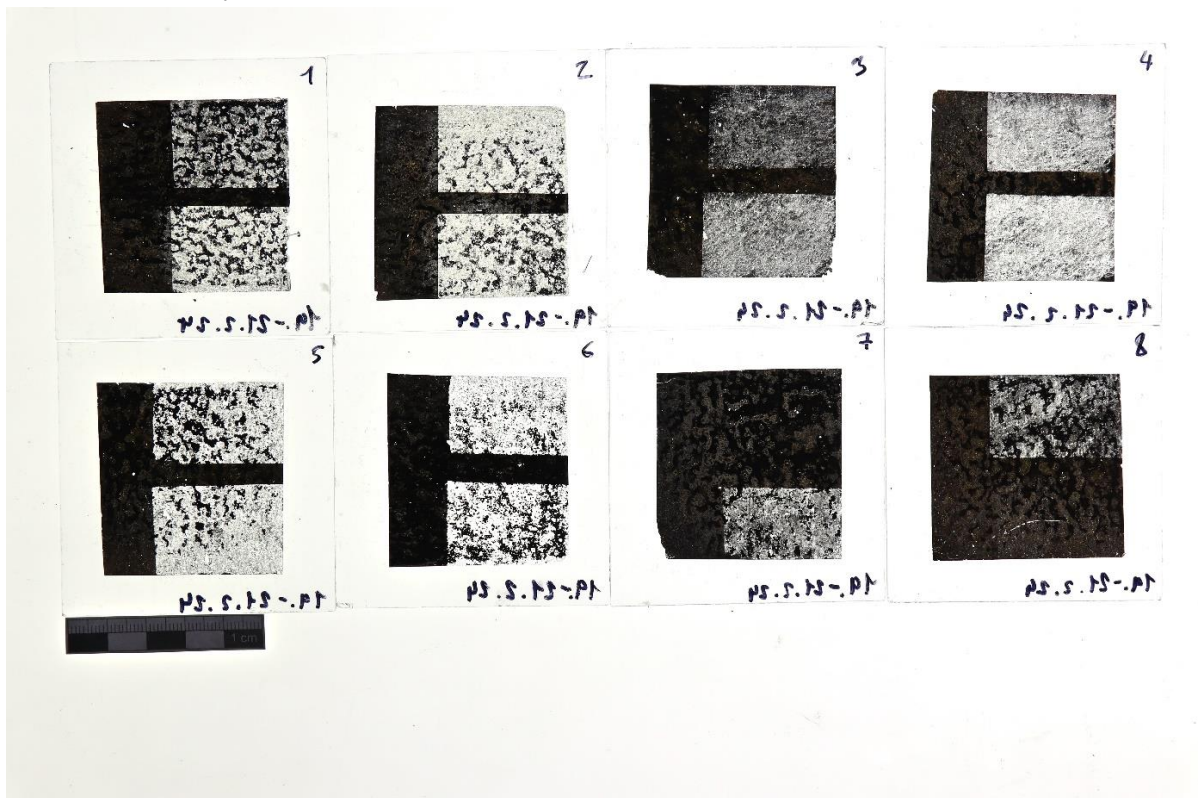


Obr. 102 Vzorek 23 zepředu i zezadu po čištění

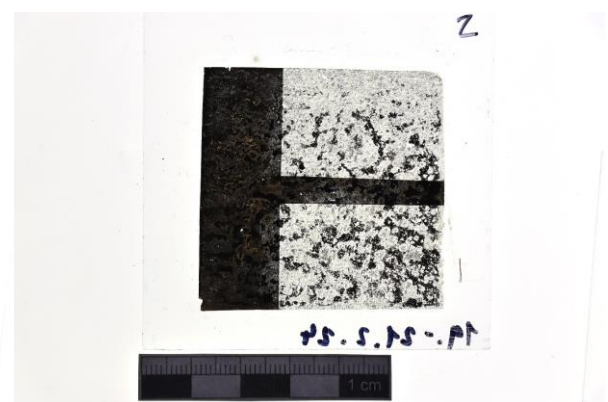
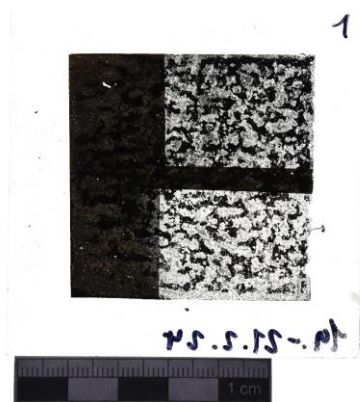


Obr. 103 Vzorek 24 zepředu i zezadu po čištění

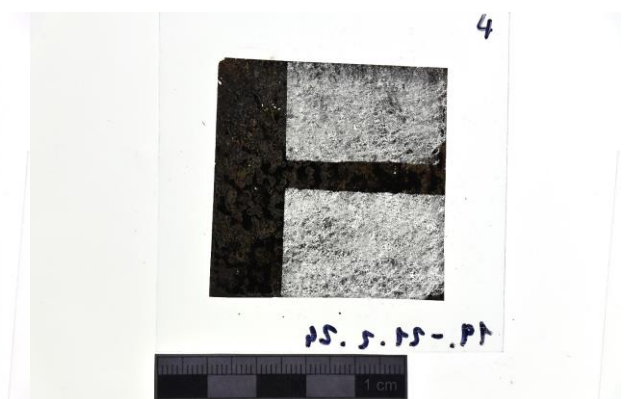
## 6.7 Průsvit, po čištění, 1. sada



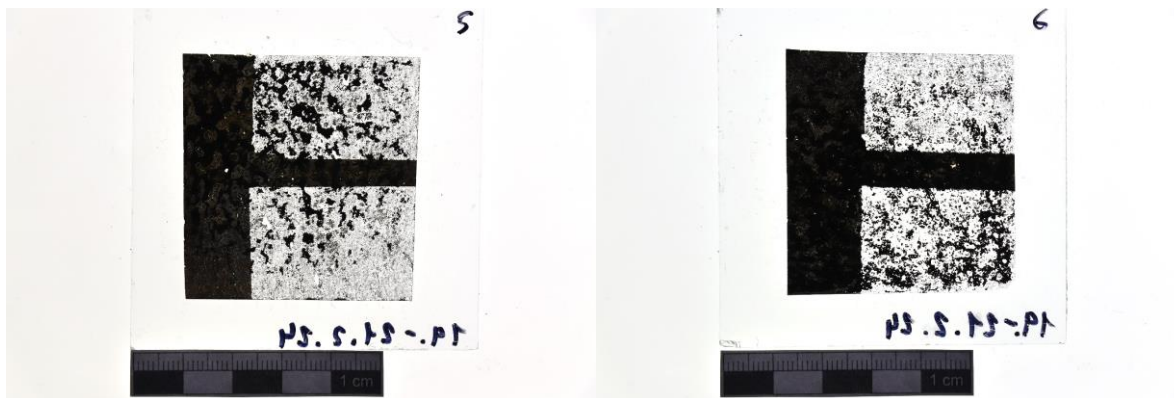
Obr. 104 Vzorky 1-8 v průsvitu



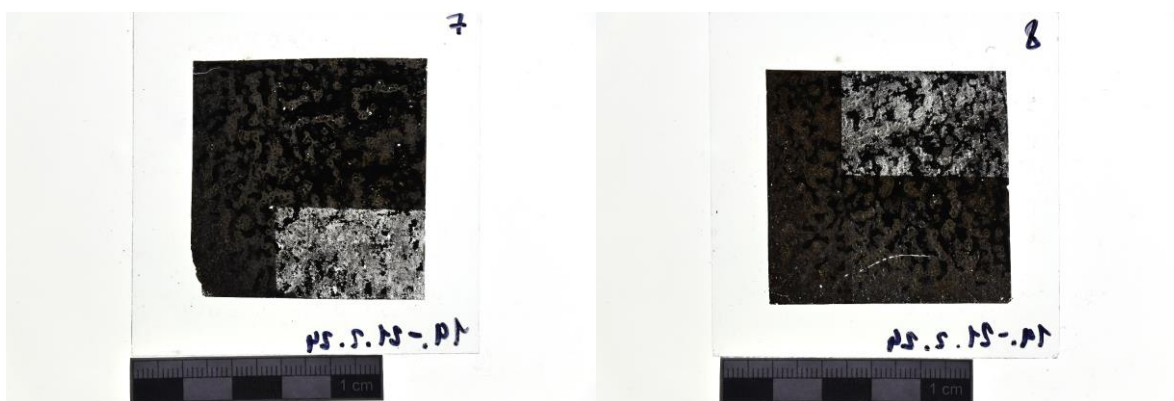
Obr. 105 Vzorek 1 a 2 v průsvitu



Obr. 106 Vzorek 3 a 4 v průsvitu

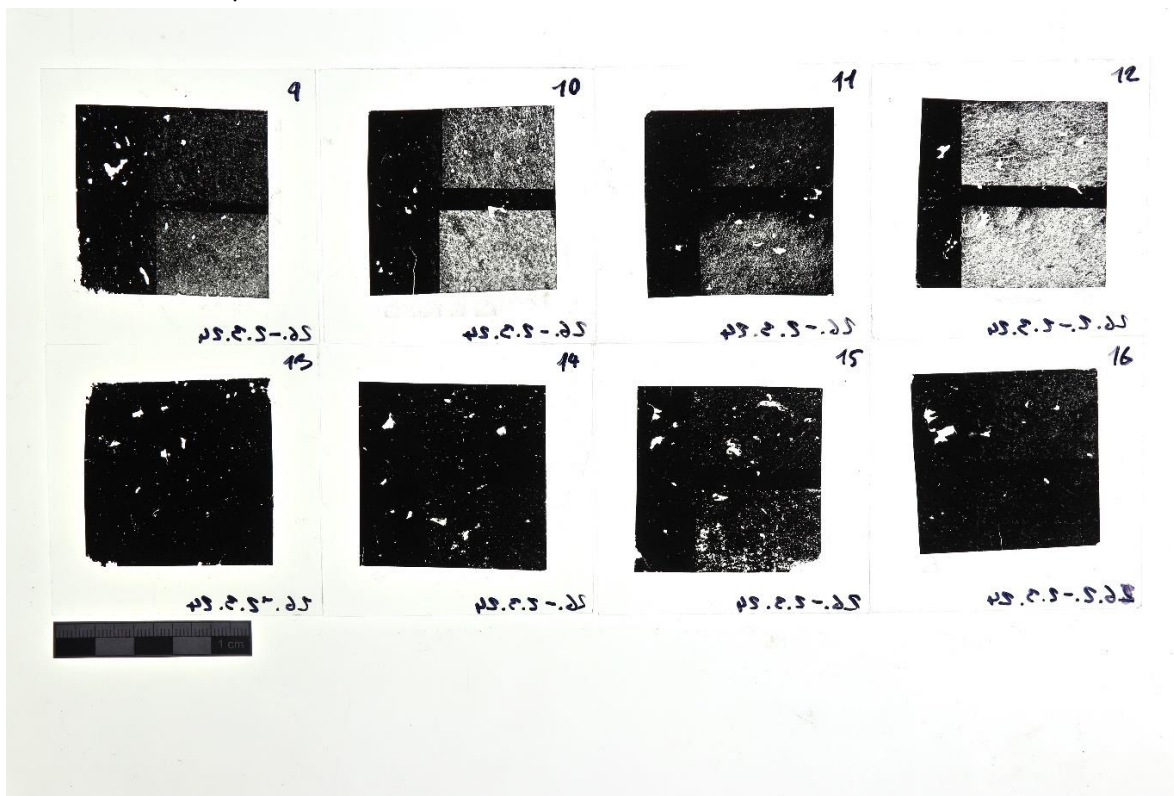


Obr. 107 Vzorek 5 a 6 v průsvitu

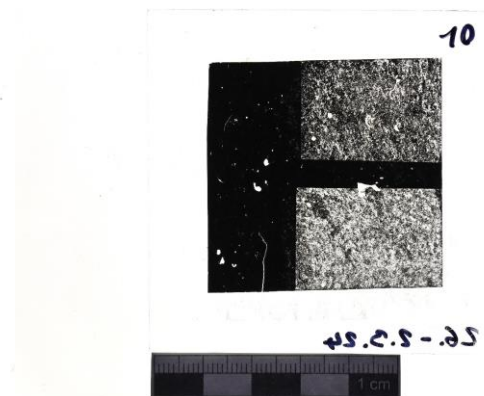
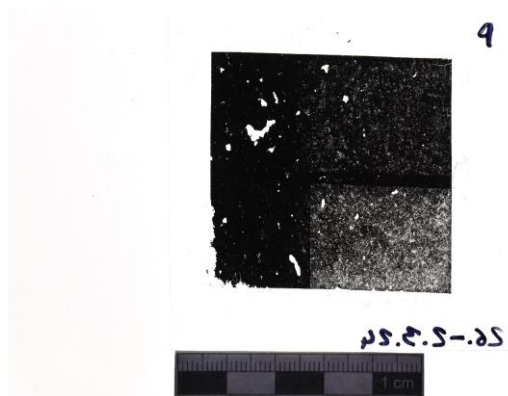


Obr. 108 Vzorek 7 a 8 v průsvitu

## 6.8 Průsvit, po čištění, 2. sada



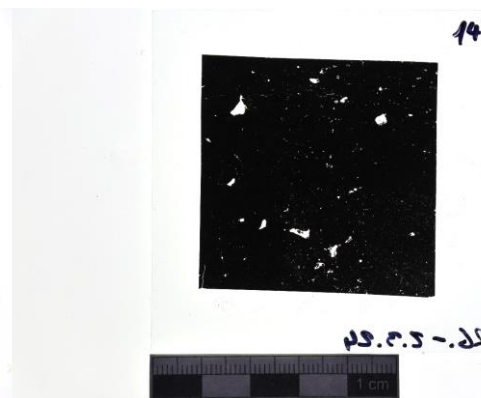
Obr. 109 Vzorky 9-16 v průsvitu



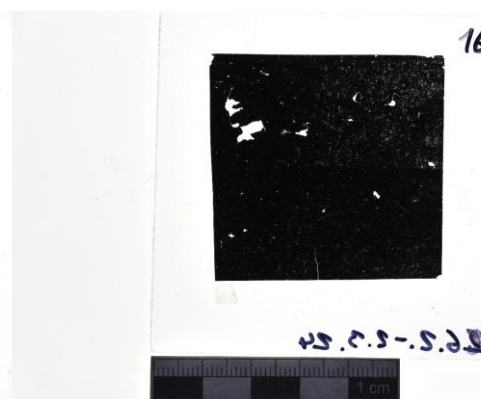
Obr. 110 Vzorek 9 a 10 v průsvitu



Obr. 111 Vzorek 11 a 12 v průsvitu

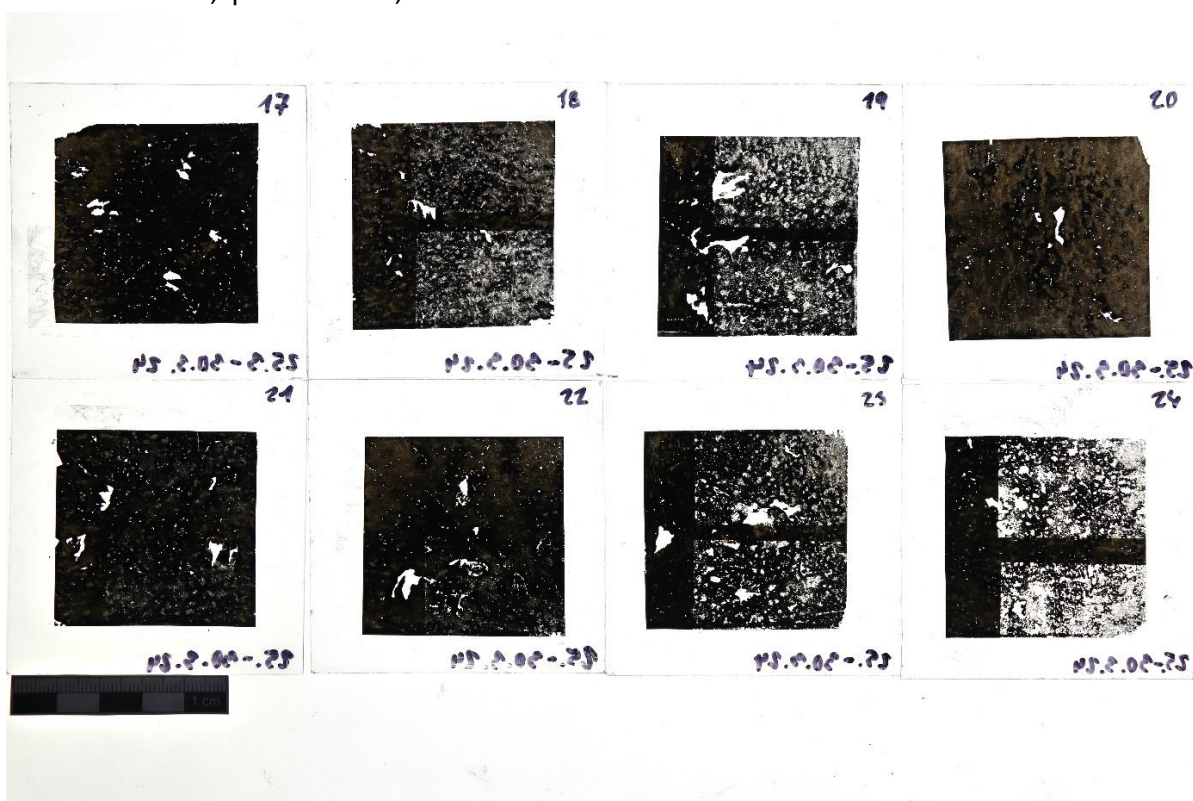


Obr. 112 Vzorek 13 a 14 v průsvitu

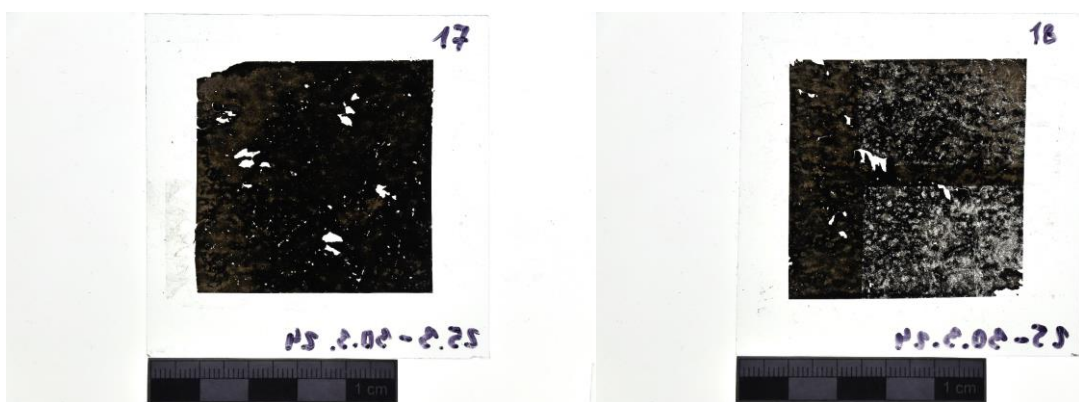


Obr. 113 Vzorek 15 a 16 v průsvitu

## 6.9 Průsvit, po čištění, 3. sada



Obr. 114 Vzorky 17-24 v průsvitu



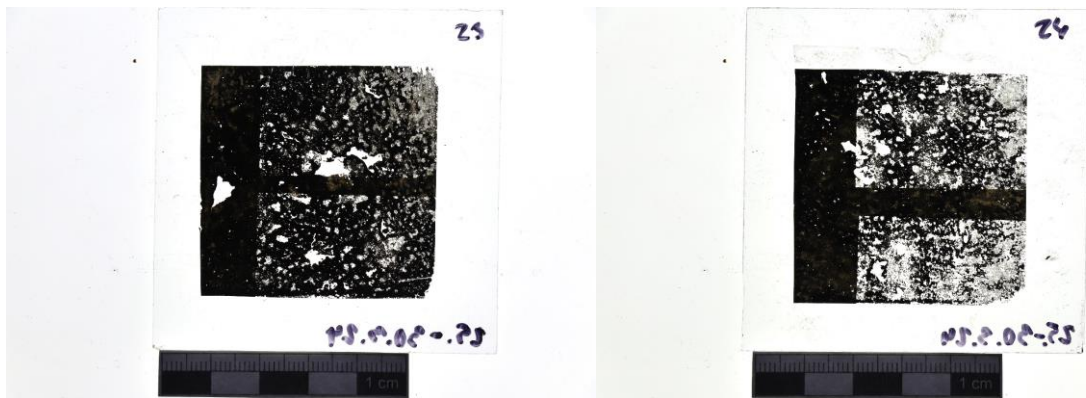
Obr. 115 Vzorek 17 a 18 v průsvitu



Obr. 116 Vzorek 19 a 20 v průsvitu



Obr. 117 Vzorek 21 a 22 v průsvitu



Obr. 118 Vzorek 23 a 24 v průsvitu

## IV. Závěr práce

Tato diplomová práce obsahuje dokumentaci restaurátorského zásahu na části štukové polychromované výzdoby v zámecké kapli v městysu Kácov a tématicky navazující experimentální část o možnostech čištění koroze na stříbrných plátkách.

V dokumentaci restaurátorského zásahu jsou popsány veškeré jednotlivé kroky a použité materiály, včetně tomu předcházejícímu průzkumu a restaurátorskému záměru. Restaurování proběhlo úspěšně a byly zajištěny jednotlivé hodnotné povrchy a vizuálně sjednoceny do jednotného celku. Do zmíněných hodnotných povrchů patří též pozlacené části stříbrnými plátky, korodované a zčernalé časem. Na problematiku čištění korozních produktů na takto tenkém materiálu navázala tematika druhé části této práce. Širší spektrum čistících metod bylo na základě rešerše zúženo na jednu metodu čištění pomocí laseru, jelikož byla vyhodnocena jako nejšetrnější a nejkontrolovatelnější metoda. Ta byla poté vyzkoušena na zhotovených vzorcích, uměle stárnutých stříbrných plátků.

Výsledky experimentální části byly pozitivní a čištění se osvědčilo především v oblasti zeleného světla. Při vyzkoušení na čistý polimentový podklad však zelená oblast světla vykazovala spíše negativní spalující efekt. Experiment byl vyzkoušen na uměle stárnutých vzorcích nikoli v terénu, tutíž zůstává otázkou, do jaké míry by byl efektivní i v případě čištění pozlacených korodovaných ploch stříbrem in-situ. V návaznosti na problematiku v Kácovské kapli, kde je velká část těchto ploch korodovaná skrze celý plátek, by se tato metoda, ani žádná jiná, už neosvědčila. Ale v místech, kde je stříbro částečně zachováno, by zřejmě redukce byla možná i když místy za cenu dalších ztrát fragmentů stříbra. Vzhledem k posunu v harmonogramu vyhodnocení zkoušek a logistickým problémům s transportem laseru na lešení se bohužel v rámci diplomové práce již nepodařilo odzkoušet vybranou metodu přímo na místě v Kácovské kapli. Praktická využitelnost laseru pro redukci koroze in-situ tedy zůstává otevřenou otázkou. Každopádně experiment víceméně potvrdil původní předpoklad, ze kterého vycházelo i samotné restaurování v Kácovské kapli, že plošná redukce ztmalého povrchu stříbra není reálná ani nejcitlivějšími metodami.

## Seznam vyobrazení

Obr. 1 Vymezení úseku. ....	17
Obr. 2 Nalevo fotografie ve viditelném světle, napravo fotografie v UV záření. ....	26
Obr. 3 Zkoušky čištění prachového depozitu na křídovém podkladu. Z leva: štětec, plastická guma, tvrdá obyčejná guma, wishab houba měkká, wishab houba střední. ....	28
Obr. 4 Zkoušky čištění prachového depozitu na polychromii. Z leva: štětec, plastická guma, tvrdá obyčejná guma, wishab houba měkká, wishab houba střední, voda, ethanol. ....	29
Obr. 5 Zkoušky fixace barevné vrstvy. Obrázek nahoře stav před, obrázek dole stav po fixaci. ....	30
Obr. 6 Graficky znázorněná poškození. ....	37
Obr. 7 Stav před restaurováním. ....	38
Obr. 8 Stav před restaurováním, putto. ....	39
Obr. 9 Stav před restaurováním, zrcadlo. ....	40
Obr. 10 stav před restaurováním, košík. ....	41
Obr. 11 Stav před restaurováním, spodní polovina figury. ....	41
Obr. 12 Detail krakeláže zlacení. ....	42
Obr. 13 Detail krakeláže stříbra. ....	42
Obr. 14 Detail krakeláže polychromie. ....	43
Obr. 15 Zlacení po zažehlení. ....	43
Obr. 16 Polychromie po zažehlení. ....	44
Obr. 17 Stříbro po zažehlení. ....	44
Obr. 18 Nanášení vnitřního hrubého tmelu špachtlí. ....	45
Obr. 19 Detail akantu po plastické retuši. ....	45
Obr. 20 Detail chodidla po vybroušení plastické retuše. ....	46
Obr. 21 Průběh barevné retuše. ....	46
Obr. 22 Průběh barevné retuše při práci. ....	47
Obr. 23 Průběh barevné retuše na akantu. ....	47
Obr. 24 Stav po restaurování celkový pohled. ....	48
Obr. 25 Detail putta po restaurování. ....	49
Obr. 26 Celkový pohled s oltářem po restaurování úseku. ....	50
Obr. 27 Zrcadlo po restaurování. ....	50
Obr. 28 Detail tečkové retuše na oblacích. ....	51
Obr. 29 Akant po restaurování. ....	51
Obr. 30 Detail modrých stínů po barevné retuši. ....	52
Obr. 31 Detail putta s tečkovou retuší. ....	52
Obr. 32 Celý pohled: 1. stav před restaurováním, 2. stav po očištění a zažehlení, 3. stav po plastické retuši, 4. stav po restaurování. ....	53
Obr. 33 Detail putta: 1. stav před restaurováním, 2. stav po očištění a zažehlení, 3. stav po plastické retuši, 4. stav po restaurování. ....	54
Obr. 34 Vysušené vzorky se skleněnou podložkou připravené k umělému stárnutí. ....	69
Obr. 35 Fotografie prvotních vzorků na dřevě. ....	70
Obr. 36 Prostředí připravené pro umělé stárnutí vzorků. ....	71
Obr. 37 Proces čištění plátek pomocí laseru, vzorek je zakryt dvěma papíry pro zajištění viditelného přechodu mezi neošetřenou částí vzorku. ....	72
Obr. 38 Kýžený efekt čištění, kdy černá koroze přechází do tlumenější šedé barevnosti v porovnání s nežádoucím efektem žloutnutí ošetřeného povrchu. ....	74
Obr. 39 Porovnání mezi nerovnoměrným a rovnoměrným úbytkem čištěného materiálu. ....	74

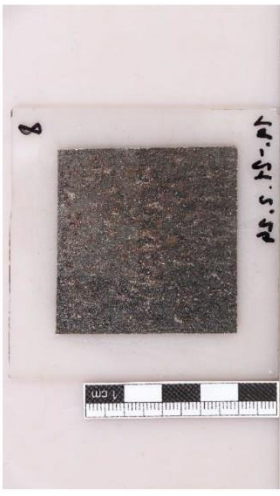

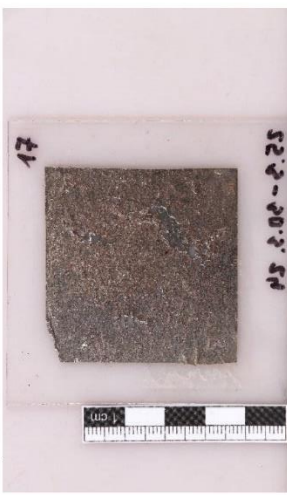
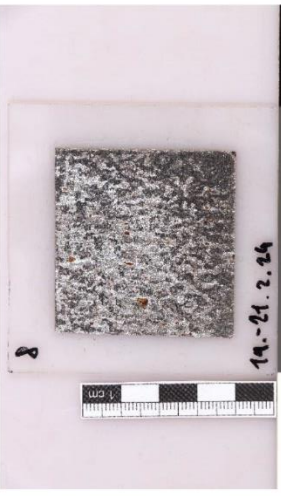

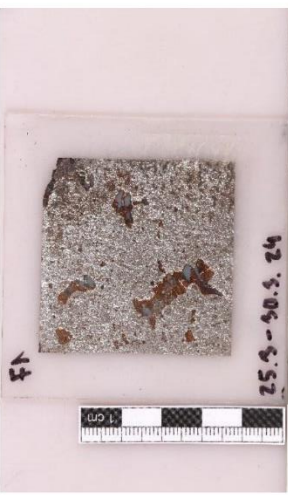
Obr. 40 Porovnání: Laser EOS: nejnižší použitá hodnota 0,5 J/cm <sup>2</sup> vlevo nahoře a nejnižší hodnota 1,8 J/cm <sup>2</sup> vpravo dole .....	74
Obr. 41 Porovnání: Laser TA - 1064 nm: nejnižší použitá hodnota 120 E(mJ) vlevo dole a nejvyšší hodnota 340 E(mJ) vpravo dole .....	75
Obr. 42 Porovnání: Laser TA - 532 nm: nejnižší použitá hodnota 150 E(mJ) vlevo nahoře a nejvyšší hodnota 260E(mJ) vpravo dole .....	75
Obr. 43 Zkouška čištění laserem přímo na červeném polimentu .....	76
Obr. 44 Vzorky 1-8 zepředu před čištěním .....	82
Obr. 45 Vzorky 1-8 zezadu před čištěním .....	82
Obr. 46 Vzorek 1 zepředu i zezadu před čištěním .....	83
Obr. 47 Vzorek 2 zepředu i zezadu před čištěním .....	83
Obr. 48 Vzorek 3 zepředu i zezadu před čištěním .....	83
Obr. 49 Vzorek 4 zepředu i zezadu před čištěním .....	83
Obr. 50 Vzorek 5 zepředu i zezadu před čištěním .....	84
Obr. 51 Vzorek 6 zepředu i zezadu před čištěním .....	84
Obr. 52 Vzorek 7 zepředu i zezadu před čištěním .....	84
Obr. 53 Vzorek 8 zepředu i zezadu před čištěním .....	84
Obr. 54 Vzorky 9-16 zepředu před čištěním .....	85
Obr. 55 Vzorky 9-16 zepředu před čištěním .....	85
Obr. 56 Vzorek 9 zepředu i zezadu před čištěním .....	86
Obr. 57 Vzorek 10 zepředu i zezadu před čištěním .....	86
Obr. 58 Vzorek 11 zepředu i zezadu před čištěním .....	86
Obr. 59 Vzorek 12 zepředu i zezadu před čištěním .....	86
Obr. 60 Vzorek 13 zepředu i zezadu před čištěním .....	87
Obr. 61 Vzorek 14 zepředu i zezadu před čištěním .....	87
Obr. 62 Vzorek 15 zepředu i zezadu před čištěním .....	87
Obr. 63 Vzorek 16 zepředu i zezadu před čištěním .....	87
Obr. 64 Vzorky 17-24 zepředu před čištěním .....	88
Obr. 65 Vzorky 17-24 zezadu před čištěním .....	88
Obr. 66 Vzorek 17 zepředu i zezadu před čištěním .....	89
Obr. 67 Vzorek 18 zepředu i zezadu před čištěním .....	89
Obr. 68 Vzorek 19 zepředu i zezadu před čištěním .....	89
Obr. 69 Vzorek 20 zepředu i zezadu před čištěním .....	89
Obr. 70 Vzorek 21 zepředu i zezadu před čištěním .....	90
Obr. 71 Vzorek 22 zepředu i zezadu před čištěním .....	90
Obr. 72 Vzorek 23 zepředu i zezadu před čištěním .....	90
Obr. 73 Vzorek 24 zepředu i zezadu před čištěním .....	90
Obr. 74 Vzorky 1-8 zepředu po čištění .....	91
Obr. 75 Vzorky 1-8 zezadu po čištění .....	91
Obr. 76 Vzorek 1 zepředu i zezadu po čištění .....	92
Obr. 77 Vzorek 2 zepředu i zezadu po čištění .....	92
Obr. 78 Vzorek 3 zepředu i zezadu po čištění .....	92
Obr. 79 Vzorek 4 zepředu i zezadu po čištění .....	92
Obr. 80 Vzorek 5 zepředu i zezadu po čištění .....	93
Obr. 81 Vzorek 6 zepředu i zezadu po čištění .....	93
Obr. 82 Vzorek 7 zepředu i zezadu po čištění .....	93
Obr. 83 Vzorek 8 zepředu i zezadu po čištění .....	93
Obr. 84 Vzorky 9-16 zepředu po čištění .....	94

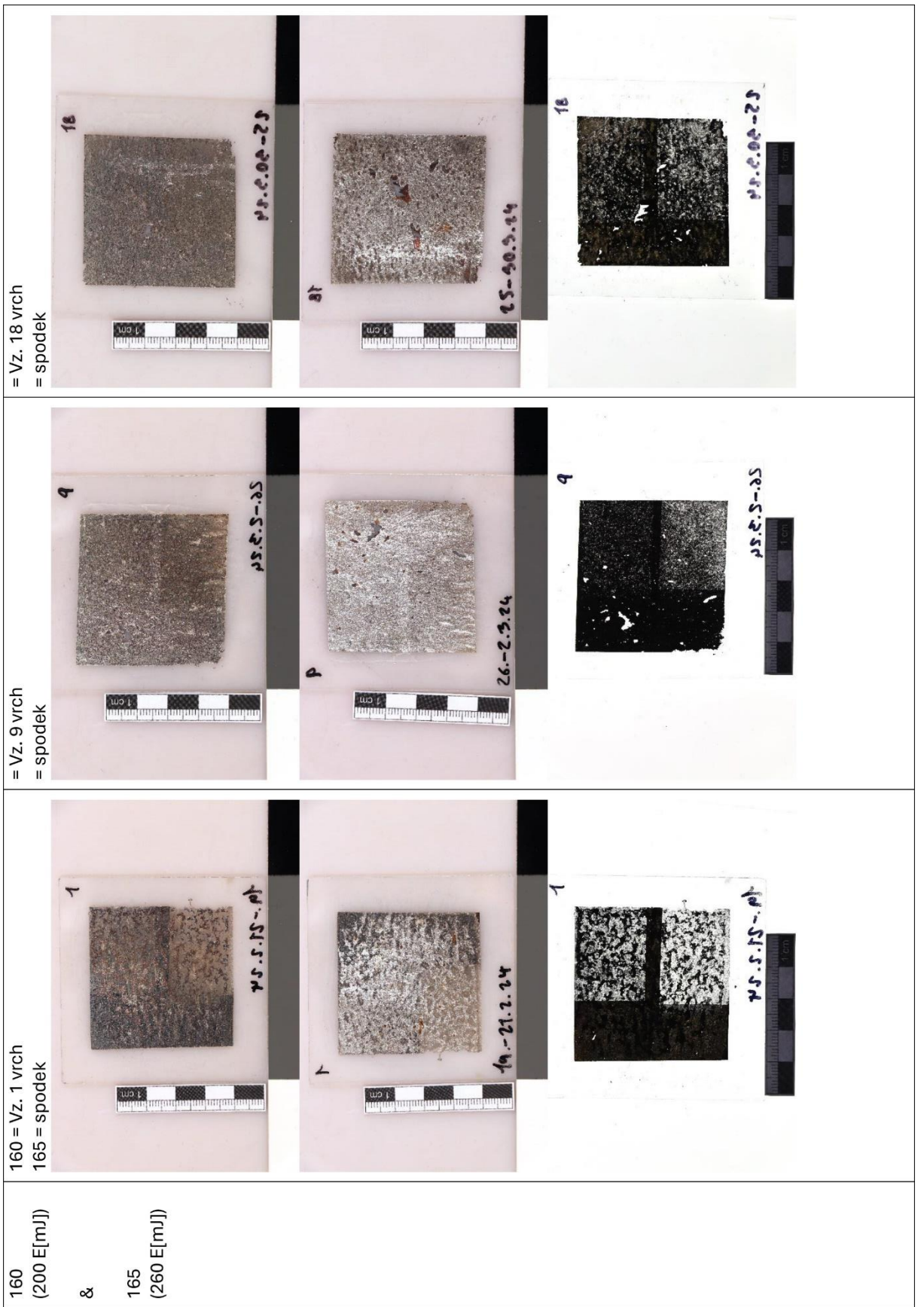
Obr. 85 Vzorky 9-16 zezadu po čištění.....	94
Obr. 86 Vzorek 9 zepředu i zezadu po čištění.....	95
Obr. 87 Vzorek 10 zepředu i zezadu po čištění.....	95
Obr. 88 Vzorek 11 zepředu i zezadu po čištění.....	95
Obr. 89 Vzorek 12 zepředu i zezadu po čištění.....	95
Obr. 90 Vzorek 13 zepředu i zezadu po čištění.....	96
Obr. 91 Vzorek 14 zepředu i zezadu po čištění.....	96
Obr. 92 Vzorek 15 zepředu i zezadu po čištění.....	96
Obr. 93 Vzorek 16 zepředu i zezadu po čištění.....	96
Obr. 94 Vzorky 17-24 zepředu po čištění.....	97
Obr. 95 Vzorky 17-24 zezadu po čištění.....	97
Obr. 96 Vzorek 17 zepředu i zezadu po čištění.....	98
Obr. 97 Vzorek 18 zepředu i zezadu po čištění.....	98
Obr. 98 Vzorek 19 zepředu i zezadu po čištění.....	98
Obr. 99 Vzorek 20 zepředu i zezadu po čištění.....	98
Obr. 100 Vzorek 21 zepředu i zezadu po čištění.....	99
Obr. 101 Vzorek 22 zepředu i zezadu po čištění.....	99
Obr. 102 Vzorek 23 zepředu i zezadu po čištění.....	99
Obr. 103 Vzorek 24 zepředu i zezadu po čištění.....	99
Obr. 104 Vzorky 1-8 v průsvitu.....	100
Obr. 105 Vzorek 1 a 2 v průsvitu.....	100
Obr. 106 Vzorek 3 a 4 v průsvitu.....	100
Obr. 107 Vzorek 5 a 6 v průsvitu.....	101
Obr. 108 Vzorek 7 a 8 v průsvitu.....	101
Obr. 109 Vzorky 9-16 v průsvitu.....	101
Obr. 110 Vzorek 9 a 10 v průsvitu.....	102
Obr. 111 Vzorek 11 a 12 v průsvitu.....	102
Obr. 112 Vzorek 13 a 14 v průsvitu.....	102
Obr. 113 Vzorek 15 a 16 v průsvitu.....	102
Obr. 114 Vzorky 17-24 v průsvitu.....	103
Obr. 115 Vzorek 17 a 18 v průsvitu.....	103
Obr. 116 Vzorek 19 a 20 v průsvitu.....	103
Obr. 117 Vzorek 21 a 22 v průsvitu.....	104
Obr. 118 Vzorek 23 a 24 v průsvitu.....	104

# Přílohy

## Tabulka čištěných vzorků

Laser TA o vln. délce 1064 nm (frekvence 10 Hz, průměr bodu 7 mm, vzdálenost 15-20 cm)

PWR/Energie (energet. h.)	I. řada	II. řada	III. řada
150 (120 E[mJ])	150 = Vz. 8 spodek 155 = vrch 	= Vz. 16 spodek = vrch 	= Vz. 17 vrch = spodek 
&			
155 (160 E[mJ])			

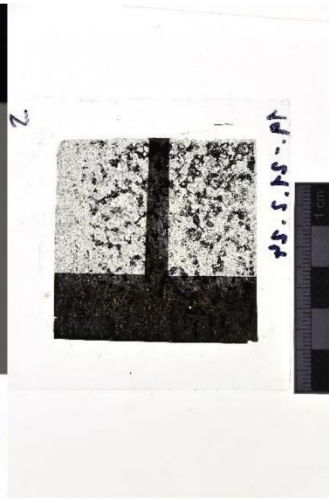


170  
(300 E[mJ])

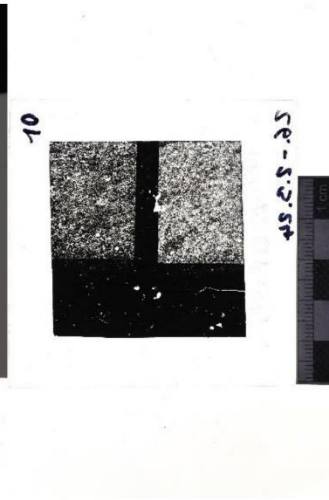
&

175  
(340 E[mJ])

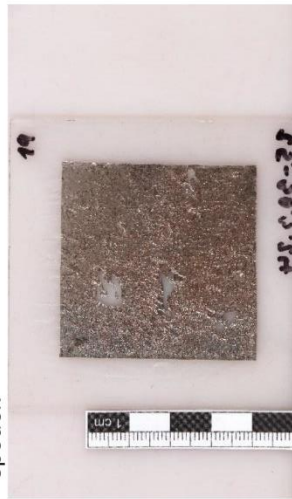
170 = Vz. 2 vrch  
175 = spodek



= Vz. 10 vrch  
= spodek



= Vz. 19 vrch  
= spodek



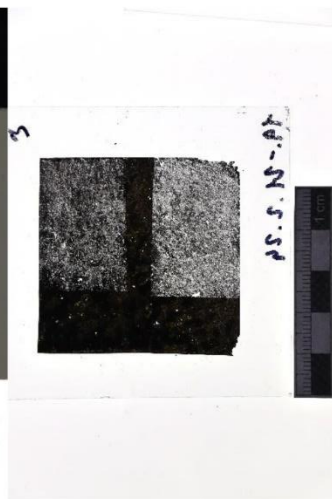
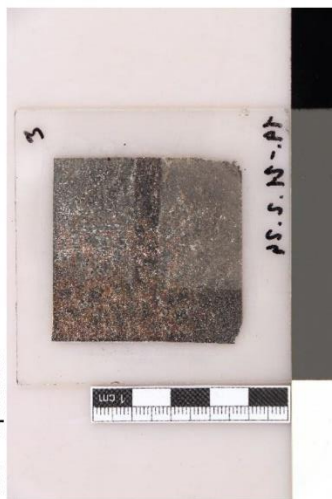
Laser TA o vln. délce 532 nm (frekvence 10 Hz, průměr bodu 7 mm, vzdálenost 15-20 cm)

190  
(150 E[mJ])

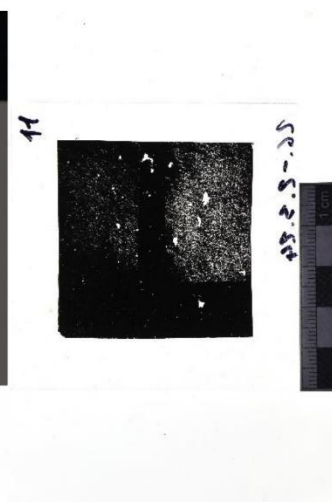
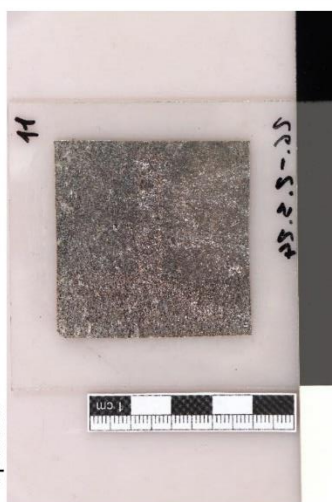
&

195  
(180 E[mJ])

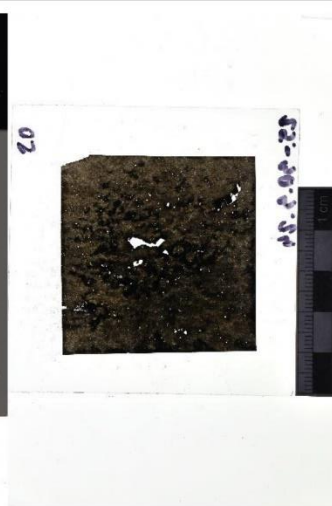
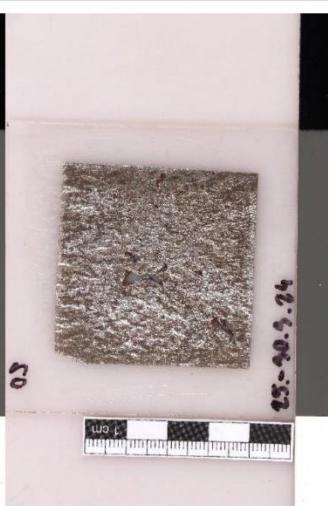
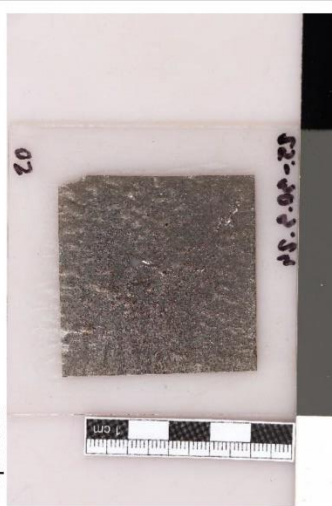
190 = Vz. 3 vrch  
195 = spodek

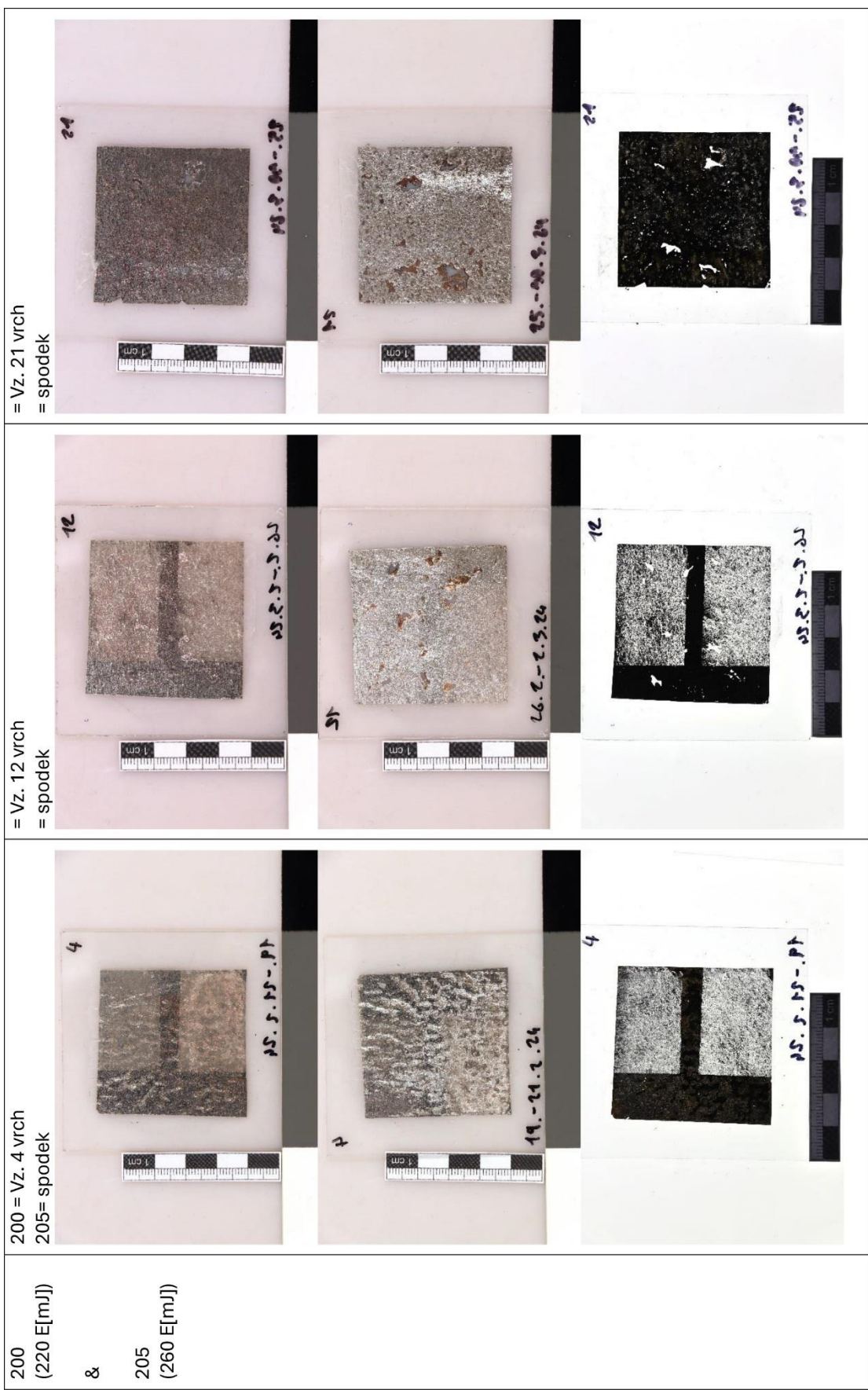


= Vz. 11 vrch  
= spodek



= Vz. 20 vrch  
= spodek





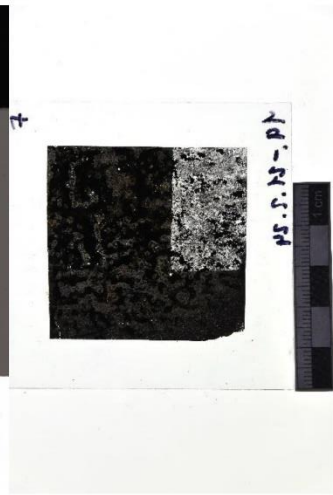
**Laser EOS** (frekvence 10 Hz, průměr bodu 5 mm, vzdálenost 35 cm)

100  
(0,5 J/cm<sup>2</sup>)

&

150  
(0,8 J/cm<sup>2</sup>)

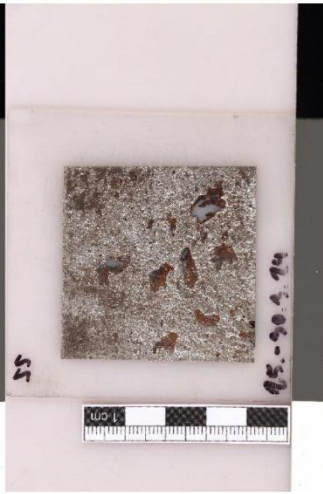
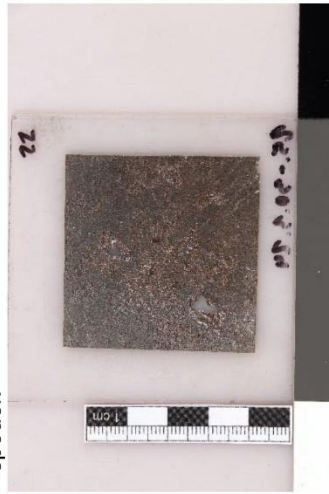
100 = Vz. 7 vrch  
150 = spodek

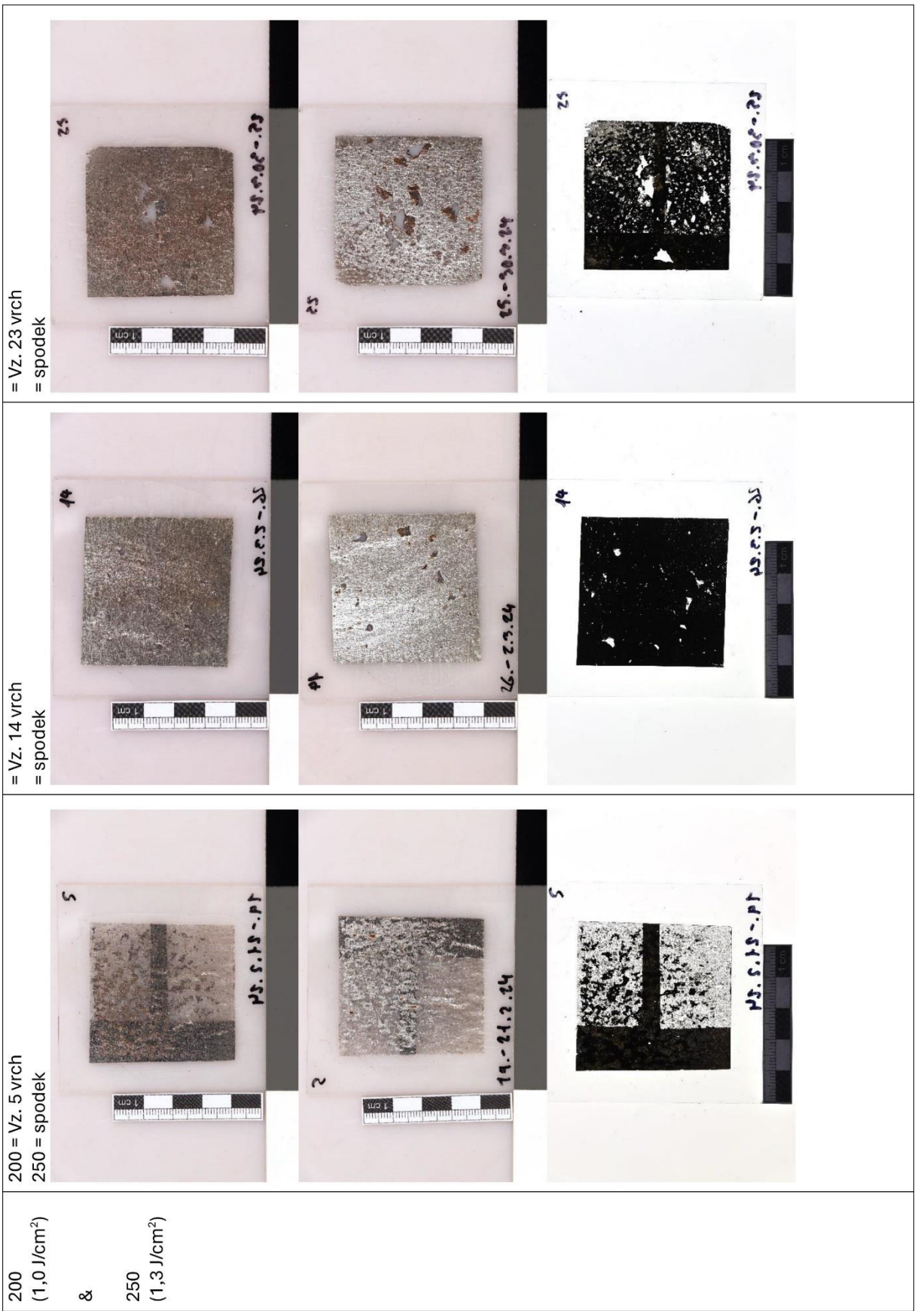


= Vz. 13 vrch  
= spodek



= Vz. 22 vrch  
= spodek



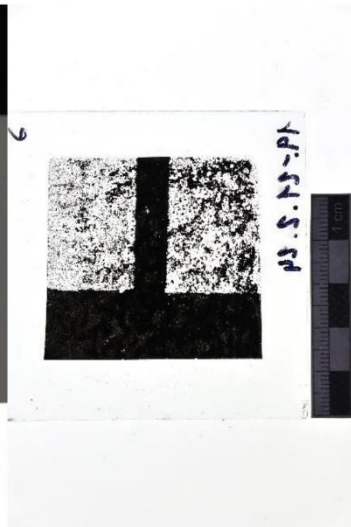
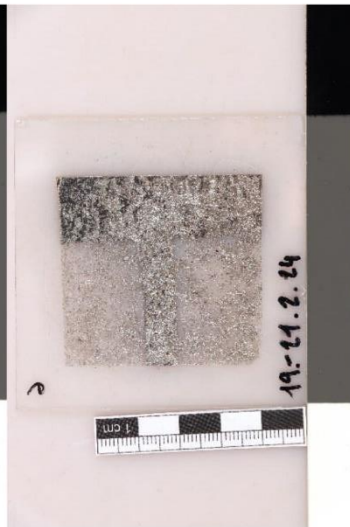
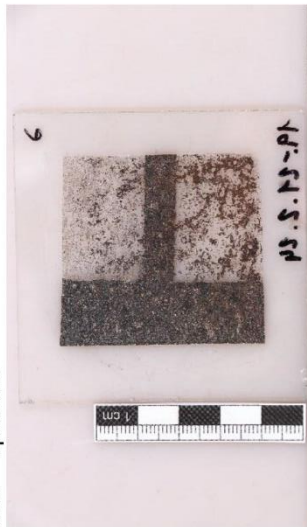


300  
(1,5 J/cm<sup>2</sup>)

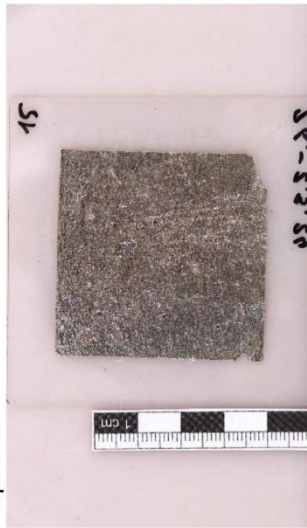
&

350  
(1,8 J/cm<sup>2</sup>)

300 = Vz. 6 vrch  
350 = spodek



= Vz. 15 vrch  
= spodek



= Vz. 24 vrch  
= spodek

