

**Univerzita Pardubice**

**Fakulta restaurování**

Ateliér restaurování nástěnné malby a sgrafita

Jiráskova 3, 570 01 Litomyšl

**Restaurování části nástropní malby s motivem *Principatus* na  
klenbě kaple sv. Isidora v Křenově**

Barbora Vařejková

Vedoucí práce: Mgr. art. Jan Vojtěchovský

Konzultant: MgA. Daniela Urbanová

Konzultant teoretické části: Ing. Petra Lesniaková, Ph.D.

Bakalářská práce

2014

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Barbora Vařejková**  
Osobní číslo: **R10008**  
Studijní program: **B8206 Výtvarná umění**  
Studijní obor: **Restaurování a konzervace nástěnné malby a sgrafita**  
Název tématu: **Restaurování části nástropní malby s motivem "Principatus"  
na klenbě kaple sv. Isidora v Křenově**  
Zadávací katedra: **Ateliér restaurování malby a sgrafita**

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

Bakalářská práce je prací, ve které diplomant dokládá, že je schopen samostatně provést komplexní restaurátorský zákrok. Barboře Vařejkové byl přidělen úsek nástěnné malby ve východní části klenby s motivem jednoho z devíti andělských kůrů, který je označen nápisem "Principatus" (cca 7 m<sup>2</sup>). Na tomto úseku má diplomantka nejdříve provést restaurátorský průzkum zacílený jak na originální techniku malby na omítce i štukách, tak i na rozbor poškození a určení případných sekundárních zákroků. V závěru restaurátorského průzkumu musí být diplomantka schopna vyhodnotit všechna zjištění provedená in situ, stejně jako laboratorní průzkumy. Následně vypracuje diplomantka detailní verzi návrhu na restaurování, která bude schválena vedoucím práce. Na základě schváleného návrhu provede diplomantka restaurátorský zákrok. Průběh prací bude konzultován jak s vedoucím práce, tak i s oponentem, zástupcem investora a se zástupci územního odborného pracoviště NPÚ. Nedílnou součástí bakalářské práce je vyhotovení restaurátorské dokumentace přiděleného úseku malby. Vedoucí práce určí, které součásti této dokumentace se stanou součástí celkové restaurátorské dokumentace, jež bude odevzdána investorovi a na příslušné pracoviště NPÚ.

Jako teoretickou část práce diplomantka vypracuje pojednání s názvem Možnosti redukce sekundárních fixází maleb na klenbě kaple sv. Isidora v Křenově. Nejprve shromáždí diplomantka obecné informace k tématu možností redukce syntetických polymerních filmů. Na základě těchto informací provede po dohodě s konzultantkou a vedoucím práce výběr několika redukčních technik a materiálů podle předpokládaného, či zjištěného výskytu v minulosti užitých fixativů maleb na klenbě kaple sv. Isidora. Diplomantka následně vytvoří zkušební modelové panely napodobující zpráškovatělou malbu (co nejvíce se blížíci charakteru restaurované malby), na panely aplikuje vybrané polymerní konsolidanty, které bude následně zkoušet odstraňovat metodami vybranými v první fázi práce. Metody hodnocení výsledků budou vybrány na základě dohody s konzultantkou práce. O použitých technikách a materiálech pro redukci polymerních filmů navíc shromáždí diplomantka i dostupné informace z literatury. Výsledkem práce by mělo být celkové vyhodnocení testovaných technik a materiálů a výběr nejvhodnější pro praktickou část práce.

Po formální stránce dodrží diplomantka pravidla psaní bakalářských prací, stanovená na FR UPa.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

1. Mora P., Mora L., Philippot P., Conservation of Wall Paintings. London 1984.
  2. Slánský, B., Technika malby I a II. Praha 2003
  3. Vaněček I., Nástěnné malby. VŠCHT Praha 1997.
  4. Zelinger J. a kolektiv, Chemie v práci konzervátora a restaurátora. Praha 1987.
  5. Hošek J., Muk J., Omítky historických staveb. Praha 1989.
  6. Zelinger, J., Přednášky k předmětu: Koroze a konzervace organických materiálů památek rozpouštědla v konzervaci a restaurování uměleckých děl. VŠCHT Praha 1994.
  7. Baglioni, M., Giorgi, R., Berti, D., Baglioni, P., Smart cleaning of culture heritage: a new challenge for soft nanoscience. Nanoscale 2012, 4, 42-53.
  8. Fialová, A. Použití nanodisperzí pro odstraňování polymerních povrchových vrstev. Bakalářská práce, VŠCHT Praha 2012.
  9. Baglioni, P., Berti, D., Boniny, M., Carretti, E., Dei, L., Fratini, E., Giorgi, R., Micelle, microemulsions and gels for the conservation of cultural heritage. Advanced in Colloid and Interface science 2014, 205, 361-371.
- Diplomantka dohledá a použije i další literaturu potřebnou ke zdárnému dokončení práce.

Vedoucí bakalářské práce:

**Mgr. art. Jan Vojtěchovský**  
Ateliér restaurování malby a sgrafita

Datum zadání bakalářské práce: **30. října 2013**

Termín odevzdání bakalářské práce: **12. srpna 2014**



Ing. Karol Bayer  
děkan

L.S.



Mgr. art. Jan Vojtěchovský  
vedoucí ateliéru

V Litomyšli dne 6. května 2014

## **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., autorský zákon, 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.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně Univerzity Pardubice (Dislokované pracoviště – Fakulta restaurování, Litomyšl).

V Litomyšli dne .....

.....  
Barbora Vařejková

## **Poděkování**

Děkuji především Ing. Petře Lesniakové, Ph.D., MgA. Daniele Urbanové a Mgr. art. Janu Vojtěchovskému za odborné vedení, rady a pomoc při realizaci a psaní této práce. Velké poděkování patří mé rodině a Ing. Vladimíru Vikovi za obětavost a všestrannou pomoc během studia.

## **Anotace**

Bakalářská práce prezentuje průběh restaurování části štukové výzdoby a nástěnné malby s motivem *Principatus* na klenbě kaple sv. Isidora v Křenově. Vymezený úsek je součástí nástropní malby *Devíti andělských kůrů*. Štuková a malovaná výzdoba pochází pravděpodobně z počátku 18. století. Bakalářská práce sestává ze dvou částí. První část zahrnuje restaurátorský průzkum a restaurátorskou dokumentaci. Druhá část práce pojednává o možnostech redukce syntetických polymerních filmů, a to jak v teoretické rovině, tak praktickým experimentálním výzkumem.

## **Klíčová slova**

Restaurování, nástěnná malba, čištění, syntetické polymerní filmy, rozpouštědla, mikroemulze.

## **Title**

Restoration of a part of the ceiling painting with the motif of *Principatus* on the vault of the Chapel of St. Isidor in Křenov.

## **Annotation**

The bachelor's thesis presents the process of the restoration of the stucco decorations and wall painting with the motif of *Principatus* on the vault of the Chapel of St. Isidor in Křenov. Selected area is a part of the ceiling painting with the theme of *The nine choirs of angels*. The painted and stucco decorations probably date back to the first third of the 18th century. The thesis consists of two parts. The first part concerns of restoration research and restoration documentation. The second part deals with the removal of synthetic polymer coatings, both in theoretical and the practical experimental research.

## **Keywords**

Restoration, wall painting, cleaning, synthetic polymer coatings, solvents, microemulsions.

## OBSAH

I. ÚVOD.....	10
II. RESTAUROVÁNÍ ČÁSTI NÁSTROPNÍ MALBY S MOTIVEM „PRINCIPATUS“ NA KLENBĚ KAPLE SV. ISIDORA V KŘENOVĚ ..	11
1. Základní údaje o památce .....	11
1.1 Lokace památky .....	11
1.2 Údaje o díle .....	11
1.3 Údaje o akci.....	12
1.4 Údaje o dokumentaci.....	12
2. Průzkumová zpráva.....	13
2.1 Úvod .....	13
2.2 Předchozí restaurátorský průzkum a cíle navazujícího rozšířeného průzkumu .....	13
2.3 Metody průzkumu .....	14
2.4 Uměleckohistorický průzkum .....	15
2.4.1 Obec Křenov .....	15
2.4.2 Johann Benedikt Schindler .....	15
2.4.3 Kaple sv. Isidora .....	15
2.4.4 Vnitřní výzdoba kaple.....	17
2.4.5 Nástěnné malby a štuková výzdoba v kupoli .....	18
2.4.6 Předchozí známé restaurátorské zásahy a úpravy.....	19
2.4.7 Vymezení a popis úseku určeného k provedení komplexního restaurátorského zásahu .....	20
2.5 Restaurátorský průzkum.....	21
2.5.1 Vizuelní průzkum v rozptýleném denním světle.....	21
2.5.2 Vizuelní průzkum v bočním osvětlení.....	25
2.5.3 Vizuelní průzkum v UVsvětle .....	25
2.5.4 Průzkum poklepem .....	25
2.6 Přírodovědný průzkum .....	26
2.6.1 Chemicko-technologický průzkum.....	26
2.6.2 Mikrobiologické zkoušky .....	26
2.7 Zkoušky materiálů a technologických postupů .....	26
2.7.1 Zkoušky fixáže barevné vrstvy.....	26
2.7.2 Zkoušky konsolidace omítek .....	30
2.7.3 Zkoušky čištění.....	31
2.8 Vyhodnocení průzkumu .....	34
2.9 Návrh postupu restaurátorských prací .....	37
3. Dokumentace restaurátorského zákroku .....	39
3.1 Postup restaurátorských prací.....	39
3.1.1 Konsolidace omítkových a barevných vrstev malby a štuků..	39
3.1.2 Čištění malby a štuku.....	40
3.1.3 Tmelení .....	41
3.1.4 Retuš .....	42
3.2 Doporučený režim památky .....	42
3.3 Použité materiály .....	43

III. MOŽNOSTI REDUKCE SEKUNDÁRNÍCH FIXÁŽÍ MALEB NA KLENBĚ KAPLE SV. ISODORA V KŘENOVĚ .....	45
1. Úvod.....	45
2. Teoretická část .....	46
2.1 Možnosti odstranění povlaků syntetických polymerů z povrchu nástěnné malby.....	46
2.1.1 Čištění nástěnných maleb .....	46
2.1.2 Syntetické polymerní filmy .....	47
2.2 Rozpouštědla .....	49
2.2.1 Rozpustnost polymerů v rozpouštědlech .....	49
2.2.2 Parametry rozpustnosti a trojúhelníkový diagram .....	51
2.2.3 Hildebrandův rozpustností parametr.....	52
2.2.4 Hansenovy parametry a prostorový diagram .....	52
2.2.5 Teasovy parametry a trojúhelníkový diagram .....	54
2.2.6 Dělení rozpouštědel .....	57
2.3 Mikroemulze a micelární roztoky .....	61
2.3.1 Povrchově aktivní látky (PAL).....	61
2.3.2 Rozdělení povrchově aktivních látek.....	62
2.3.3 Micely, micelární roztoky.....	64
2.3.4 Charakteristické vlastnosti PAL .....	65
2.3.5 Solubilizace.....	65
2.3.6 Emulgační schopnost .....	66
2.3.7 Mikroemulze.....	68
2.3.8 Využití mikroemulzí a micelárních roztoků při odstraňování polymerů z povrchu nástěnné malby .....	68
2.3.9 Mechanismus čištění.....	72
2.4 Možnosti aplikace rozpouštědel a nano-strukturních systémů.....	74
2.4.1 Aplikace pomocí vatových smotků .....	74
2.4.2 Obklady.....	74
2.4.3 Klasické fyzikální gely a pasty .....	75
2.4.4 Wolbersovy rozpouštědlové gely .....	77
2.4.5 Gely s kontrolovatelnou odstranitelností .....	81
3. Experimentální část.....	83
3.1 Výběr syntetických polymerů.....	83
3.2 Výběr rozpouštědel.....	83
3.2.1 Předběžný výběr rozpouštědel .....	83
3.2.2 Výběr rozpouštědel na základě experimentů .....	87
3.3 Příprava zkušební nástěnné malby s polymerními filmy .....	88
3.3.1 Příprava podkladu .....	88
3.3.2 Příprava barevné vrstvy .....	88
3.3.3 Aplikace polymerních disperzí .....	89
3.4 Zkoušky odstraňování polymerních filmů .....	91
3.5 Metody testování .....	94
3.6 Výsledky a diskuze.....	96
3.7 Závěr.....	106
3.8 Seznam použitých látek a materiálů .....	109

IV. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A PRAMENŮ .....	110
1. Seznam použité literatury .....	110
2. Seznam použitých pramenů .....	113
3. Databáze a internetové zdroje .....	114
V. SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....	115
VI. SEZNAM TABULEK .....	116
VII. SEZNAM OBRAZOVÝCH A GRAFICKÝCH PŘÍLOH .....	117
VIII. OBRAZOVÁ A GRAFICKÁ PŘÍLOHA .....	121
IX. SEZNAM TEXTOVÝCH PŘÍLOH .....	152

## I. ÚVOD

Bakalářská práce je rozdělena do dvou částí – praktické a teoretické. Praktická část obsahuje průzkum a dokumentaci komplexního restaurování přiděleného úseku nástěnné malby ve východní části klenby kaple sv. Isidora v Křenově. Nástěnná malba zobrazuje motiv jednoho z devíti andělských kůrů, označeného nápisem „*Principatus*“. Součástí přiděleného úseku je i část štukové výzdoby klenby a část pásu s iluzivní malbou oblak. Cílem restaurátorského průzkumu je zjistit stav dochování malby a štuků, zjistit míru a příčiny poškození a identifikovat pozdější zásahy. Na základě zjištěných skutečností v komparaci s výsledky chemicko-technologického průzkumu a výsledky zkoušek materiálů a technologických postupů byl vypracován podrobný návrh restaurování. V návaznosti na tento návrh byl proveden restaurátorský zákrok, jehož postup je uveden v restaurátorské dokumentaci.

Teoretická část bakalářské práce pojednává o možnostech redukce sekundárních fixází nástěnných maleb. Tato problematika je zvolena v souvislosti s reálnou situací na nástěnné malbě v klenbě kaple sv. Isidora v Křenově, kde došlo k závažným poškozením v důsledku silné fixáže malby provedené při posledním restaurátorském zásahu v roce 2005-2006. Teoretická práce je rozdělena na dvě části. V první části jsou nashromážděny dostupné informace k tématu možností redukce syntetických polymerních filmů se zaměřením na použití rozpouštědel a vodných nanodisperzních systémů a na možné způsoby jejich aplikace. Na teoretické podklady navazuje experimentální část. V rámci experimentu byly vybrány prostředky na bázi syntetických polymerů, které se v minulosti běžně používaly k fixáži degradované barevné vrstvy. Vybrané polymerní produkty byly naneseny na omítkový panel s modelově vytvořenou zpráškovatělou barevnou vrstvou a následně byly odstraňovány různými způsoby aplikace předem vybraných rozpouštědel. Hodnocení účinnosti jednotlivých zkoušek bylo provedeno na základě vizuálního pozorování a fotografické dokumentace v normálním světle a UV záření, dále měřením změn nasákavosti čištěných ploch.

## II. RESTAUROVÁNÍ ČÁSTI NÁSTROPNÍ MALBY S MOTIVEM „PRINCIPATUS“ NA KLENBĚ KAPLE SV. ISIDORA V KŘENOVĚ

### 1. Základní údaje o památce

#### 1.1 Lokace památky

**Okres:** Svitavy

**Obec:** Křenov

**Adresa:** Křenov 26, 569 22 Křenov

**Objekt, jehož je restaurované dílo součástí:** Hřbitovní kaple sv. Isidora

**Bližší lokalizace:** Kaple stojí na stavební parcele č. 37 v obci Křenov

**Klasifikace památky:** KP

**Rejstříkové číslo objektu v ÚSKP:** 28 0066/6-3094

**Název restaurovaného díla:** Část malby Devíti andělských kůrů (postava Principatus) a část štukové výzdoby v kupoli kaple sv. Isidora

#### 1.2 Údaje o díle

**Autor malby; autor štuků:** Neznámý; pravděpodobně okruh Baltazara Fontany.

**Sloh, datace:** Baroko, nedatováno. 1. polovina 18. století (pravděpodobně mezi léty 1707 – 1713).

**Technika, materiál:**

- Fresco-secco malba na vápenné omítce (ve fresce patrně jen štětcová rozkresba); secco malba pojena kaseináten vápenatým.
- Vápenný štuk s příměsí sádry; barevná vrstva byla provedena technikou secco malby.

**Plocha určená k samostatnému restaurování:** Postava andělského kůru Principatus vymezená akantovými rozvilinami a dvě hlavy andělů ze štuku: plocha cca 7 m<sup>2</sup>.

**Předchozí známé restaurátorské zásahy:**

- 2005-2006 zajištění malby a štuku – fixáž, hloubková injektáž, odsolení (restaurátorky Radana a Dagmar Hamsíkovy)
- 19 – 20. století dílčí úpravy nástropní malby – tmely, přemalby

### **1.3 Údaje o akci**

**Předmět restaurování:** Štuková a malířská výzdoba interiéru kaple sv. Isidora v Křenově.

**Vlastník a objednavatel:** Obec Křenov, Křenov 26, 569 22, Křenov

**Chemicko-technologický průzkum:** Ing. Petra Lesniaková, PhD, FR UPCE

**Pedagogický dozor:** Mgr. art. Jan Vojtěchovský, MgA. Daniela Urbanová

**Památkový dohled:** PhDr. Václav Paukert, NPÚ Pardubice

**Závazné stanovisko ze dne:** 28. 3. 2012 (Městský úřad Moravská Třebová, Odbor výstavby a územního plánování) – viz textová příloha č. 2

**Restaurátorský záměr:** Mgr. art. Jan Vojtěchovský, Mgr. art. Jakub Ďoubal

**Termín započetí a ukončení akce:** Březen – srpen 2014

### **1.4 Údaje o dokumentaci**

**Autor:** Barbora Vařejková

**Počet stran textu:** 34

**Počet vyobrazení:** 58

**Autor fotografií, použitá technika:** Barbora Vařejková, Canon EOS 50D

**Počet příloh:** 2

**Místo uložení:** Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, archiv fakulty, Jiráskova 3, 570 01 Litomyšl

## **2. Průzkumová zpráva**

### **2.1 Úvod**

Kaple sv. Isidora se nachází v Křenově – malé obci vzdálené 10 km jižním směrem od města Moravská Třebová. Tato unikátní architektonická památka byla vystavěna na počátku 18. století jako hřbitovní kaple. Nenápadná fasáda objektu skrývá bohatě řešený interiér, zdobený štukatérskými, řezbářskými a malířskými díly.

V centru klenby kaple se nachází medailon s výjevem Nanebevzetí Panny Marie obklopený pásem maleb s osmi andělskými postavami, představujícími vyobrazení jednotlivých andělských kůrů. Malba je doplněna štukovou výzdobou – rámem z vavřínových lístků lemujícím centrální výjev, akantovými rozvilinami mezi jednotlivými andělskými postavami a okřídlenými hlavami putti. Malby v klenbě kaple pocházejí pravděpodobně z období mezi léty 1707-1713 a jejich autorství nebylo doposud s jistotou určeno.

Kaple se nacházela řadu let v havarijním stavu. Do roku 2007, kdy byla provedena oprava střechy, byly nástěnné malby dlouhodobě vystaveny působení zatékající srážkové vody, které mělo za následek značné ztráty a poškození malby. Kvůli katastrofálnímu stavu výzdoby kaple provedly restaurátorky Radana a Dagmar Hamsíkovy v letech 2005–2006 v kapli zajišťovací restaurátorský zásah. Nevhodně zvolené technologie použité při tomto restaurátorském zásahu však vedly k ještě větší degradaci malby.

### **2.2 Předchozí restaurátorský průzkum a cíle navazujícího rozšířeného průzkumu**

V roce 2012 byl studenty Fakulty restaurování Univerzity Pardubice pod vedením Mgr. art. Jana Vojtěchovkého a Mgr. art. Jakuba Ďoubala proveden restaurátorský průzkum nástěnných maleb, štukové výzdoby a omítek v interiéru kaple sv. Isidora v Křenově.<sup>1</sup> V rámci průzkumu byla popsána štuková a malířská výzdoba klenby kaple a její poškození, fotodokumentace stávajícího stavu a poškození, byl proveden průzkum v UV světle a chemicko-technologická analýza

---

<sup>1</sup> UNIVERZITA PARDUBICE. Fakulta restaurování. *Restaurátorský průzkum: Nástěnné malby,*

zaměřená na určení výstavby povrchových úprav, omítkových a štukových vrstev a identifikaci použitých materiálů. Na základě průzkumu byla stanovena koncepce restaurátorského zásahu a navrhovaný postup prací.

V roce 2013 bylo v rámci diplomové práce Ivony Kociánové<sup>2</sup> provedeno rozšíření průzkumu, a to především o uměleckohistorický průzkum a další chemicko-technologické analýzy (stratigrafii povrchových úprav, analýzu pigmentů a pojiv, mikrobiální analýzu a stanovení obsahu vodorozpustných solí). Dále byl proveden dendrochronologický průzkum, jímž byla potvrzena datace vzniku kaple, a četné zkoušky čištění povrchu malby, zkoušky konsolidace a fixáže.

Cílem současného průzkumu je ověření a upřesnění výsledků získaných předchozím restaurátorským průzkumem. Na základě těchto výsledků jsou zvoleny vhodné technologie restaurátorských postupů.

### 2.3 Metody průzkumu

#### *Uměleckohistorický průzkum*

- ověření předchozího průzkumu a doplnění o nové poznatky

#### *Restaurátorský průzkum*

- vizuální průzkum v denním rozptýleném světle, v razantním bočním osvětlení a v UV světle, průzkum poklepem
- odběr vzorků pro chemicko-technologický průzkum (pro analýzu pigmentů, pojiv, mikrobiologického napadení a zjištění stratigrafie)
- fotodokumentace průzkumu
- grafická dokumentace

#### *Přírodovědný průzkum*

- průzkum omítek a barevných vrstev
- mikrobiologické zkoušky

#### *Zkoušky materiálů a technologických postupů*

- zkoušky konsolidace barevné vrstvy a omítkových vrstev
- zkoušky čištění povrchu malby (nečistot, staré fixáže, šedých zákalů, druhotných tmelů)

---

<sup>2</sup> KOCIÁNOVÁ, I. 2.3. Uměleckohistorický průzkum, s. 107–110. *Restaurování centrálního výjevu na klenbě kaple sv. Isidora v Křenově*. Litomyšl, 2013. Diplomová práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování. Vedoucí práce Mgr. art. Jan Vojtěchovský.

## 2.4 Uměleckohistorický průzkum<sup>3</sup>

### 2.4.1 Obec Křenov

První zmínka o obci Křenov pochází z roku 1365. Jde o zápis v moravských zemských deskách o prodeji moravskotřebovského panství. Obec Křenov je zde zmiňována jako „oppidum Crenowia“ (městečko Křenová). Jejím novým vlastníkem se stal moravský markrabě Jan Jindřich, bratr římského císaře a českého krále Karla IV. Název Křenov pochází pravděpodobně ze slovanského slova „Chřen“ (česky Křen). V Křenově působili významní umělci např. Jan Kryštof Handke na kostele sv. Jana Křtitele. Křenov je také rodištěm malíře Eduarda Kasparida (1858 – 1926), který prováděl i restaurátorské práce v křenovském kostele.<sup>4</sup>

### 2.4.2 Johann Benedikt Schindler

Farář Johann Benedikt Schindler představuje pro křenovskou farnost jednu z nejvýznamnějších a nejzáslužnějších osobností. Schindler přišel do Křenova v roce 1694 z dnešního Rýmařova. V Křenově inicioval stavbu významných barokních staveb (kostel sv. Jana Křtitele, kapli sv. Isidora, faru a starobinec), s nimiž se nechal zvěčnit na portrétní olejomalbě [Obr. 33].

### 2.4.3 Kaple sv. Isidora

Hřbitovní kaple se nachází na vyvýšeném místě na západním okraji obce. Kaple vystavěná v barokním slohu je zasvěcena sv. Isidorovi – patronovi a ochránci rolníků. Sv. Isidor, jakožto patron velmi početného obyvatelstva rolníků se stal v pobělohorské době vhodným nástrojem pro obnovení katolické církve na venkově. Isidorská úcta byla na venkově zaváděna jezuitským řádem.<sup>5</sup>

Revizí pramenů, ve kterých je zmiňována kaple sv. Isidora, se zabývá Vladislava Říhová v článku *Bratrstvo a kaple sv. Isidora v Křenově* vydaného v roce 2013 ve sborníku Regionálního muzea v Litomyšli.<sup>6</sup> Autorka se mimo jiné věnuje i dataci vzniku kaple. Literaturou uváděná léta 1705 a 1701 vylučuje a přiklání se k roku

---

<sup>3</sup> Uměleckohistorický průzkum kaple vede Mgr. Vladislava Říhová, PhD (FR UPCE).

<sup>4</sup> ŠMERAL, J., TURKO, P. J. a BOUCHAL, G. B. *Křenovská farnost v historii: Pfarrei Krönau in der Geschichte*. Jevíčko: Římskokatolická farnost Křenov, 2010.

<sup>5</sup> MIKULEC, J. Svatý Isidor: španělský sedlák na českém venkově. *Dějiny a současnost*. 1992, 92, 5, s. 26-30.

<sup>6</sup> ŘÍHOVÁ, V. *Bratrstvo a kaple sv. Isidora v Křenově*. Litomyšl: Regionální muzeum Litomyšl, 2013. *Sborník Pomezí Čech, Moravy a Slezska*. 2013, 14. ISBN 978-80-904064-9-0.

1707. Tato datace vychází z nálezů německého nápisu na zadní straně oltářní menzy, podle něhož byl základní kámen stavby položen v roce 1707.<sup>7</sup> Rok 1707 byl víceméně potvrzen i dendrochronologickým průzkumem větvenovitého schodiště. Použité jedlové dřevo pochází ze stromu pokáceného v období pozdního léta až podzimu roku 1706.<sup>8</sup>

Již za rok od vydání článku našla autorka nový pramenný materiál, díky kterému lze mluvit o dataci vzniku kaple s větší jistotou. Novým pramenem je zakládací listina kaple z roku 1706.

Kaple sv. Isidora je centrálně orientovaná stavba na oválném půdorysu, jejíž podélná osa (kůr – oltář) směřuje od západu na východ. Z východní strany je přistavěna čtvercová sakristie. Stěny kaple jsou postaveny ze smíšeného zdiva. Vnější plášť kaple je členěn sdruženými toskánskými pilastry, mezi nimiž se nacházejí oválná okénka. Pilastry jsou postavené na soklech a podpírají bohatě profilovanou korunní římsu.

Plášť kaple je v současné době bílý, architektonické prvky jsou pojednané ve světle žlutém tónu barvy. Původní barevnost však byla pravděpodobně tmavá (snad zelená) se světlými architektonickými články. Takto je kaple zachycena na portrétní olejomalbě faráře Schindlera. Na černobílých fotografiích a pohlednicích z počátku 20. století je fasáda světlá. Podle archivních fotografií přetrvává světlá barevnost až do 60. let, poté byla fasáda opravena a pilastry i sokly byly pojednány v bílé barvě, plášť byl tmavšího odstínu. V 90. letech byl plášť kaple sytě žlutý, architektonické články bílé, sokly pojednané v červenohnědé barevnosti. [Obr. 34]

Do objektu se vstupuje po pískovcových schodech jižním vchodem s kamenným portálem a frontonem. Z černobílých fotografií a pohlednic z počátku 20. století je zřejmý dnes již zazděný obdélný vchod s kamenným ostěním ze západní strany kaple ústící nalevo od větvenovitého schodiště. Na snímcích z 60. let 20. století se tento vchod již nenalézá. Podle archivních snímků byl dříve (do 70. let 20. století) vnější plášť kaple členěn i horizontální římsou, která probíhala po celém obvodu stavby cca v polovině hlavic pilastrů.

Břidlicovou střechu kaple tvoří zvonice bání s osmiúhelníkovou lucernou. Sakristie má valbovou střechu. Střešní krytina nebyla vždy břidlicová. Na snímcích

---

<sup>7</sup> Základní kámen (GRUNTSTEIN) s vyrytou datací 1707 nalezla v roce 2013 na zadní straně oltářní menzy restaurátorka BcA. Hana Čobanová.

<sup>8</sup> KOCIÁNOVÁ (viz pozn. 2), 2.4.7 Dendrochronologický průzkum, s. 132-133.

z 60. let minulého století je patrné, že vrchní břidlicová krytina překrývá starší šindelovou střechu. Střecha byla několikrát upravována, poslední úprava proběhla v roce 2007, kdy byl opraven krov a položena nová břidlicová krytina.

#### **2.4.4 Vnitřní výzdoba kaple**

Interiér kaple je výrazně členěný a bohatě vyzdobený štukatérskými, řezbářskými a malířskými díly. V horizontálním směru hladké plochy stěn střídají plastické prvky s polychromní či monochromní povrchovou úpravou – dvojice pilastrů s malovanou imitací mramoru. Mezi sdruženými pilastry se nacházejí niky s figurálními plastikami v mírně nadživotní velikosti. Ústřední plastikou v kapli je postava sv. Isidora za hlavním oltářem, v dalších nikách se nachází plastika Evy, Adama, neznámé pastýřské světice a neznámého mladického mučedníka. Za oltářem na východní straně kaple je vstup do sakristie, jejíž klenba je zdobena nízkým štukovým reliéfem s páskovým ornamentem. Kruchta v západní části kaple je podklenuta valenou klenbou a je přístupná díky dřevěnému vřetenovému schodišti ve zděném schodišťovém tubusu. Kruchta je zdobena dřevěnými sdruženými pilastry, po stranách malovaným ornamentálním dekorem a třemi (dnes demontovanými) olejomalbami.

Vertikálně je výzdoba kaple uspořádána následovně. Na sokly (podstavce) pilastrů navazují sdružené pilastry s bohatými akantovými hlavicemi nesoucími kladí. Mezi dvojicemi pilastrů se nacházejí výše zmíněné niky, jejichž vrcholky zdobí postavy putti. V úrovni hlavic pilastrů jsou hladké plochy stěn členěny oválnými neprofilovanými okenními otvory. Na kladí složené z architrávu navazuje reliéfní vlys a mohutná výrazně profilovaná korunní římsa, na níž jsou usazeny postavy putti s hudebními nástroji. Celou výzdobu kaple završuje na klenbě figurální nástropní malba doplněná jemnou štukatérskou prací (více kapitola 2.4.5 Nástěnné malby a štuková výzdoba v kupoli).

Pilastry, architráv a korunní římsa jsou pojednány jako malovaná imitace mramoru, štukové prvky (hlavice pilastrů, reliéfy vlysu, festonový věnec a okřídlené hlavy andílků) mají v současné době jednotnou monochromní povrchovou úpravu světle okrové barvy.

#### 2.4.5 Nástěnné malby a štuková výzdoba v kupoli

Vznik malířské a štukatérské výzdoby můžeme datovat mezi léty 1707-1713. Pramenný doklad, že tato výzdoba vznikla v uvedeném období, byl nalezen v Hausarchiv Lichtenstein ve Vídni<sup>9</sup>. Jde o vzájemnou korespondenci křenovského faráře Schindlera a knížete Antonína Floriána z Lichtenštejna v průběhu roku 1713. Farář Schindler v jednom z dopisů uvádí, že byl příliš zaměstnán výstavbou kaple sv. Isidora a zmiňuje se o štukaturách a malbě ve fresce.

Na podkladě uměleckohistorického, přírodovědného a restaurátorského průzkumu uskutečněného v rámci prací na restaurování interiéru kaple Fakultou restaurování UPCE, bylo zjištěno, že autorem výmalby nemůže být Juda Tadeáš Supper, ani Jan Kryštof Handke (jimž bylo možné autorství dříve připisováno). Autorem štukové výzdoby je osoba, která pravděpodobně znala dílo italského štukatéra a sochaře Baltazara Fontany, případně spolupracovala s okruhem jeho spolupracovníků. Autora nástěnných maleb se však vzhledem k chybějícím pramenným důkazům nepodařilo jednoznačně identifikovat.<sup>10</sup>

Nástěnné malby na klenbě kaple jsou tvořeny dvěma soustřednými ovály. Ve vnitřním oválném zrcadle se nachází výjev Nanebevzetí Panny Marie. Obklopuje jej vnější ovál s malbou osmi andělských kůrů. Jednotlivé kůry jsou vyjádřeny postavou anděla s vyobrazením příslušných atributů a latinským popisem. Nástropní malbu doplňují okřídlené tváře andílků a akantové rozviliny, oddělující od sebe jednotlivé andělské kůry [Obr. 35].

Podle Pseudodionýsova spisu (*De hierarchia celesti*) se dělí andělé do devíti kategorií neboli kůrů (sborů), jež jsou seskupeny do tří triád. V první triádě jsou zařazeni serafíni, cherubové, trůny; ve druhé panstva, síly, mocnosti; ve třetí knížectva, archandělé a andělé.<sup>11</sup> V pásu okolo středového výjevu je zobrazeno pouze osm andělských kůrů: Cherubim (Cherubové), Virtutes (Mocnosti), Principatus (Knižectva), Angeli (Andělé), Archangeli (Archandělé), Potestates (Síly), Dominationes (Panstva), Seraphim (Serafové). Poslední zástupci – andělské trůny se

---

<sup>9</sup> Pramenný doklad nalezla Vladislava Říhová.

<sup>10</sup> Určením autorství malířské a štukové výzdoby v klenbě kaple se zabývá ve své bakalářské práci Martina Poláková. POLÁKOVÁ, M. *Restaurování části nástropní malby s motivem „Angeli“ na klenbě kaple sv. Isidora v Křenově*. Litomyšl, 2014. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování. Vedoucí práce Mgr. art. Jan Vojtěchovský.

<sup>11</sup> HALL, J. *Slovník námětů a symbolů ve výtvarném umění*. Praha: Mladá fronta, 1991. ISBN 80-204-0205-5, s. 46-47.

s největší pravděpodobností nacházejí v centrálním výjevu, kde pomáhají vynášet Pannu Marii do nebe.<sup>12</sup>

Andělské kůry poskytují příhodný rámec ke znázornění nebe v námětu Nanebevzetí Panny Marie. Spojitost s mariánským motivem lze hledat i v Loretánských litaních, kde je Panna Marie vzývána jako Královna andělů.<sup>13</sup> Mariánský motiv na klenbě kaple zasvěcené sv. Isidorovi má svoje opodstatnění. Kult sv. Isidora byl v období baroka šířen pomocí zakládání svatoisidorských bratrstev. Tato bratrstva byla často spojována s mariánskými družinami, kde sv. Isidor fungoval jako spolupatron (confraternitates B. Virginis Mariae sub invocatione sancti Isidori). Obdobné bratrstvo fungovalo i v Křenově. Uspořádání kaple ve vertikálním směru lze interpretovat i v souvislosti s hlavní myšlenkou kultu sv. Isidora. Sv. Isidor se měl stát vzorem zbožnosti pro venkovské obyvatelstvo, a to především v pokorném přijímání i těch nejpodřadnějších prací a pozic v rámci venkovských sociálních struktur (patroni úrody a zemědělců v přízemí kaple). Odměnou jim měla být věčná spása v božím království (klenba kaple).

#### **2.4.6 Předchozí známé restaurátorské zásahy a úpravy**

V 19. a 20. století probíhaly v kapli částečné restaurátorské práce. Na štukové výzdobě kolem niky v přízemí kaple byl nalezen zelený pigment s příměsí arsenu. Pravděpodobně se jedná o svinibrodskou zeleň, která byla vyráběná a dostupná na trhu v letech 1814 – 1960. V minulosti došlo i k dílčím úpravám nástrovní malby, která byla lokálně opatřena tmely a přemalbami. Doposud však nejsou známé důkazy pro jejich dataci. Podle dochovaných fotografií a pohlednic je patrné, že v průběhu 20. století proběhlo několik úprav vnějšího pláště stavby.

Kvůli zanedbání údržby a dlouhodobému působení zatékající srážkové vody se kaple nacházela řadu let ve zcela havarijním stavu. Přestože bylo v roce 2007 přistoupeno k opravě střechy a zevního pláště budovy, k odvodnění budovy a k provedení statického zajištění kotvami, dřívější dlouhodobé působení zatékající srážkové vody kapli výrazně poznamenalo. Došlo ke značnému poškození nástěnných maleb i štukové výzdoby kaple. Již v roce 2004 byl stav kaple

---

<sup>12</sup> Více se tematikou zobrazení andělských kůrů zabývá ve své bakalářské práci Markéta Račková. RAČKOVÁ, M. *Restaurování části nástrovní malby s motivem „Seraphim“ na klenbě kaple sv. Isidora v Křenově*. Litomyšl, 2014. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování. Vedoucí práce Mgr. art. Jan Vojtěchovský.

<sup>13</sup> *Kancionál: společný zpěvník českých a moravských diecézí*. Praha: Zvon, 1990, s. 94-96.

v dokumentaci manželů Kovaříkových hodnocen jako havarijní.<sup>14</sup> Přesto podle fotografické dokumentace nebylo poškození zdaleka tak rozsáhlé, jako je dnes. K nárůstu poškození došlo zřejmě při opravě střechy v roce 2007, kdy do objektu pravděpodobně zatekla voda.

Kvůli katastrofálnímu stavu výzdoby kaple byl v letech 2005 – 2006 proveden zajišťovací restaurátorský zásah na malbě a štukové výzdobě v kupoli kaple. V roce 2005 provedl zákrok na štukách pravděpodobně pan Jiří Kašpar, zajištění maleb uskutečnily restaurátorky Radana a Dagmar Hamsíkovy, které podaly o zásahu stručnou restaurátorskou zprávu.<sup>15</sup> V první etapě byla fixována zpráškovatělá malba, upevněny svinuté části a zpevněna narušená omítka. Dále Hamsíkovy uvádí, že byla malba desinfikována a odsolena, a že byla provedena hloubková injektáž.

Druhá etapa zajištění nástěnných maleb proběhla v roce 2006 (Hamsíkovy).<sup>16</sup> Malby byly opět fixovány a štuky byly napuštěny hydrofobním prostředkem. Názvy, složení ani koncentrace použitých prostředků nejsou ve zprávě uvedeny.

V mnoha případech provedený zajišťovací zásah již neplní svou funkci. Navíc v případě výmalby klenby nevhodně zvolené materiály pro restaurování vyvolaly další procesy degradace a optické změny malby.

#### **2.4.7 Vymezení a popis úseku určeného k provedení komplexního restaurátorského zásahu**

Úsek určený k provedení komplexního restaurátorského zásahu včetně předcházejícího restaurátorského průzkumu zahrnuje postavu anděla představujícího andělský kůr Principatus (Knížectva) a dvě štukové okřídlené hlavy putti v pozadí malby. Úsek malby s postavou anděla se nachází v jihozápadní části klenby, po stranách je vymezen akantovými rozvilinami. Součástí restaurovaného úseku je část pásu s malovanými oblaky a štukovým rámem, který se nachází mezi nástropní malbou a korunní římsou. V horizontálním směru je část pásu s oblaky vymezena postavami putti, které sedí na korunní římsě a hrají na hudební nástroje. Jeden putto

---

<sup>14</sup> KOVAŘÍK, P., KOVAŘÍKOVÁ, J. *Hřbitovní kaple sv. Isidora – vyhodnocení současného stavu objektu*, březen 2004 (archiv OÚ v Křenově).

<sup>15</sup> HAMSÍKOVÁ, R. a KAŠPAR, J. *Křenov, hřbitovní kaple sv. Isidora: Restaurátorská zpráva - vyhodnocení stavu malířské a sochařské výzdoby kaple*, 2004 (archiv OÚ v Křenově).

<sup>16</sup> HAMSÍKOVÁ, D. a HAMSÍKOVÁ, R. *Restaurátorská zpráva*, II. etapa v roce 2006 fresky J. K. Handkeho v klenbě hřbitovní kaple sv. Isidora (archiv OÚ v Křenově).

se nachází přímo pod postavou přiděleného andělského kůru Principatus, druhý je západně pod postavou andělského kůru Virtutes [Obr. 36].

Knížectva vládou pozemským panovníkům, vůdcům, národům, městům a všem společenstvím. Podle spisu Hermania mají mít knížectva nádherný oděv a obuv, v ruce mají držet lilii.<sup>17</sup>

Na klenbě kaple sv. Isidora je andělský kůr Principatus zobrazen trůnící na oblacích žluto-růžovo-fialové barevnosti, pravou nohu má nakročenou směrem k divákovi. Autor malby užívá myšlenku panování, která je podpořena vladařskou korunou a žezlem, ležícími u nohou Knížectva. Postava drží v pravé ruce tenkou dlouhou hůlku,<sup>18</sup> která vyjadřuje jejich Bohu podobnou vlastnost „*kralovat a velet a vše dokonat.*“<sup>19</sup> Postava anděla je oděna do žlutého roucha a královského rudého roucha s hermelínem. Na nohou má obuté opánky s tenkými pásky [Obr. 37, Obr. 43, Obr. 44, Obr. 45].

Malba je provedena na růžovém pozadí. Ve své horní části je doplněna tmavě červeným latinským nápisem Principatus a dvěma okrovými okřídlenými hlavami putti, natočenými z tříčtvrtečního profilu směrem do stran [Obr. 47 a Obr. 48].

V patě klenby se nachází okrový profilovaný štukový rám, na který níže navazuje pás s malovanými oblaky provedenými v pastelové barevnosti [Obr. 46].

## 2.5 Restaurátorský průzkum

### 2.5.1 Vizuální průzkum v rozptýleném denním světle

Malba jednotlivých andělských kůrů a centrálního výjevu je provedena na vložených dílech hrubší omítky s vytaženým zrnem, zatímco v okolí štuků se vyskytuje hladká kletovaná omítka [Obr. 51]. Okraj hladké omítky je zaoblený, z čehož je patrné, že byl do patřičného tvaru upraven (pravděpodobně seříznutím) ještě za vlhka. Hrubá omítka byla pravděpodobně nahozena a upravena krátce před započítím malby. Do vlhké omítky byla provedena rytá kresba (pouze v centrálním zrcadle) a pravděpodobně i štětcová rozkresba, která se zdá být dobře propojena

---

<sup>17</sup> ROYT, J. *Slovník biblické ikonografie*. Praha: Karolinum, 2006. ISBN 80-246-0963-0, s. 22.

<sup>18</sup> Atributy kůru porovnány s textem: ROYT, J. *Poslové nebes: doprovodná kniha k výstavě o andělech ve výtvarném umění od středověku do 20. století*: Muzeum Šumavy v Kašperských Horách, květen – říjen 2001. Sušice: Muzeum Šumavy, 2001.

<sup>19</sup> AREOPAGITA, D., *O nebeské hierarchii*, Praha, Vyšehrad, 2009.

s podkladem. Malba byla provedena především technikou secca, protože zasahuje i do hladké omítky v okolí štuků.

Výmalba klenby a barevnost štuků vznikly současně, což je patrné z některých míst, kde okrová barva ze štuku překrývá plochu malby a naopak barva z plochy malby je tažena přes okrový štuk [Obr. 49 a Obr. 50].

Celkově je výzdoba v kupoli kaple vážně poškozena především vlivem dlouhodobého zatékání do kaple a nevhodně zvoleným restaurátorským zásahem, který byl proveden v letech 2005 a 2006. V rámci tohoto zásahu byla malba silně fixována koncentrovanou vodnou disperzí, což vedlo ke změně optických vlastností malby (lesky, změna barevnosti), ale také ke změně jejích fyzikálních vlastností (snížená propustnost pro plyny a kapaliny). Uzavření povrchu malby v kombinaci s vysokou vlhkostí a krystalizací solí způsobilo silné mechanické namáhání intonaco. Na některých částech nástropní malby intonaco ztratilo adhezi k jádrové omítce a je deformované – tvoří dutiny, odlupuje se, svitkovitě se stáčí nebo zcela chybí.

Jednotlivá poškození malby v rámci vymezeného úseku jsou vyznačena v grafickém zákresu [Obr. 39 a Obr. 41].

#### Malba anděla Principatus

Převážná část malby je podložena omítkou s poměrně hrubým povrchem a vytaženým zrnem písku. Okrajové části malby jsou provedeny na hladké kletované omítce, která tvoří pozadí štuků [Obr. 38 a Obr. 51]. Oběma typům omítky předchází hrubší jádrová omítka, která je místy silná cca 6 cm (což je patrné z defektů v jiných úsecích malby, které dosahují až na zdivo). Oba typy povrchových vrstev (intonaco) jsou nanášeny v tenčí vrstvě, v nejsilnějších místech dosahující tloušťky 0,7 cm. Jádrová omítka a omítka s hrubou strukturou mají narůžovělou barevnost, způsobenou pravděpodobně použitím místního červeného písku. Hladká kletovaná omítka v okolí štuků je světlejší.

Malba byla započata červenohnědou štetcovou rozkresbou. Rytá kresba, přítomná na centrálním výjevu, zde chybí. Objemy inkarnátu a draperie jsou modelovány převážně ploškami světla a stínů, šrafura se objevuje pouze na pravém křídle a koruně.

Malba je znečištěna prachovými depozity, pilinami a exkrementy hmyzu. Barevná vrstva je silně zpráškovatělá, především v partiích žluté, červené a zelené barevnosti. Na mnoha místech je nesoudržná s podkladem, odpadáva ve větších či

menších šupinkách [Obr. 52]. Lokálně došlo k úplné ztrátě barevné vrstvy - především ve žlutém rouchu. Díky ztrátě pigmentu se odhaluje přípravná štetcová rozkresba červené barevnosti [Obr. 53].

Problém s adhezí a kohezí se lokálně týká i vrchní omítkové vrstvy (intonaca). Zvláště v okolí trhlin je omítka značně nesoudržná [Obr. 54]. V místech, kde je intonaco velmi slabé, se nacházejí křehké puchýřky. Malbou procházejí dvě výrazné vertikální trhliny, protínající níže i pás s malovanými oblaky. Při předchozím restaurátorském zásahu byly zajištěny tmelem, který dnes již neplní svoji funkci, je uvolněn a odlupuje se s nesoudržnou omítkou. Lokálně jsou přítomny i menší praskliny.

Silná fixáž vytvořila lokálně lesklý povrch [Obr. 55], patrné jsou i stékance a kapky fixativ [Obr. 56]. V tmavších partiích malby (především ve stínech červené draperie) lze pozorovat šedý zákal [Obr. 59]. Je možné předpokládat biologické poškození pojiva malby, kontaminaci sírany, případně kombinace těchto vlivů. Především v růžovém pozadí malby jsou patrné světlé tečky. I zde může jít o mikrobiologické napadení, případně degradující fixáž.

Pod rámem z vavřínových lístků, který lemuje centrální výjev, jsou patrné zatekliny [Obr. 57]. V okolí štukové hlavičky andílka, který se nachází blíže andělskému kůru Angeli, je malba i povrchová úprava andílka výrazně tmavší [Obr. 58]. Ke ztmavnutí došlo pravděpodobně vlivem ztékání a přítomností solí. Lokálně jsou ve ztmavlé partii malby patrné i bílé výkvěty solí [Obr. 58].

V červené draperii se nachází výrazná černá pasáž, která neodpovídá logické výstavbě objemu draperie [Obr. 59]. Na základě předchozího průzkumu, který v jiné části nástropní malby prokázal přítomnost přeměněných olovnatých pigmentů, lze tento fenomén předpokládat i zde. V draperii se pravděpodobně jedná o přeměnu minia, případně jeho směsi s olovnatou bělobou. Nepřirozenou barevnost má i inkarnát anděla, i zde lze uvažovat o přeměně olovnatých pigmentů [Obr. 60].

### Štuk

Barevnost okřídlených andělských hlav a štukového rámu je světle okrová. Okraje křídel andílků jsou zvýrazněny zlacením. Hlavičky andílků byly pravděpodobně vytvářeny stejným způsobem jako ostatní štukové prvky v kapli - byly modelovány na místě, dle prasklin pravděpodobně na armatury (železné dráty), na které byla aplikována jemná štuková vrstva, následně hrubší růžově zbarvená

jádrová omítka a finální modelace v jemném štku. Do čerstvé omítky byla provedena rytá kresba. S určitým časovým odstupem (doposud neznámým) byl při výmalbě klenby povrch štku opatřen okrovým nátěrem. Štukový profil je vytvořen tažením přímo na zdi, skládá se ze dvou vrstev omítky (hrubější jádrové a horní jemnozrné).

Štukové hlavičky andílků jsou dobře zachované, nevykazují závažnější poškození, kromě drobných prasklin (z velké části však primárních), znečištění prachovými depozity a částečné degradace zlacení (lokálně je ztmavlé, částečně chybí). Okrová povrchová úprava je v dobrém stavu. Část okrového povrchu andílka, který je umístěn blíže andělskému kůru Angeli, prohloubila svoji barevnost. Ke změně barevného tónu došlo pravděpodobně v důsledku prosycení sírany. Spodní část pravého křídla druhého andílka je uvolněna od podkladu. Lokálně lze pozorovat drobné lesklé skvrny fixáže.

Štukový rám je poškozen několika trhlinami, které procházejí nástropní malbou i pásem s malovanými oblaky. Okrová barevná vrstva nanesená přímo na štku je silně zpráškovatělá, na nejvíce vystupujících částech profilu zcela chybí. Štukový rám je především na horní straně pokryt velmi silnou vrstvou prachových depozitů, které se propojily se zpráškovatělou barevnou vrstvou.

#### Malba pásu s oblaky

Malba oblak je provedena přímo na jemné omítce s dvěma rozdílnými strukturami povrchu. V některých místech se omítka zdá být uhlazena dřevěným hladítkem, v jiných částech má strukturu naznačující jako při použití kovového nástroje [Obr. 61]. V omítce se nachází velké množství mechanických defektů, které musely vzniknout v době, kdy byla omítka ještě vlhká. Do vlhké omítky byl proveden i rytý náčrt štukového putto, který sedí na korunní římse pod andělským kůrem Principatus. V celém obvodu pásu se nacházejí větší či menší vertikální trhliny, které způsobilo sesedání klenby [Obr. 62].

Oblaka jsou vytvářena červenou, šedozelenou a bílou barvou. Barevná vrstva je stejně jako u okrového štukového rámu silně zpráškovatělá, lokálně dochází k její úplné ztrátě a odhaluje se světlý omítkový podklad. V horní části je malba potřísněna četnými stékanci okrové barvy, kterou byl natřen štukový rám. Na malbě se v celé ploše nacházejí stopy po kapkách, jimiž byla smyta barevná vrstva. Jejich původ se nepodařilo určit. Ve středové části je vymezený úsek pásu znečištěn bílými

kapkami – pravděpodobně řídkým tmelem, kterým byly zajištěny trhliny v nástrovní malbě.

### **2.5.2 Vizuální průzkum v bočním osvětlení**

V razantním bočním nasvícení se zvýraznila odlišná struktura povrchu hladké kletované omítky v okolí štuků a struktura hrubé omítky se značně vytaženým zrnem písku podkládající malbu anděla [Obr. 51]. Je zřetelně znát předěl těchto omítek. Opticky výrazné jsou praskliny a nesoudržná omítka v jejich okolí. V bočním nasvícení jsou patrné i odlupující se šupinky barevné vrstvy [Obr. 52].

Na pásu s malovanými oblaky lze dobře pozorovat dva způsoby úpravy povrchu vrchní omítky (uhlazení dřevěným hladítkem a kovovým nástrojem), mechanické defekty a rytý náčrt štukového putto (viz výše).

### **2.5.3 Vizuální průzkum v UVsvětle**

*Použitá technika: UV světlo UVA SPOT 400T značky Hönle UV Technology.*

V UV světle luminují některé pigmenty, organické složky malby (pojiva, fixáže atd.) a některé druhy biologického napadení (určité druhy bakterií, plísně a řasy). Průzkum v UV světle také ukazuje poškození materiálu v důsledku zasolení.

V celé ploše malby lze pozorovat žlutozeleně luminující malé skvrny – pravděpodobně biologické napadení [Obr. 66]. Stékance a silné nánosy fixáže luminují světlem modře [Obr. 64].

Na štukových hlavičkách andílků výrazně fluoreskuje organický podklad zlacení (vysychavý olej?). Hloubky štuku, kde není okrový nátěr, se jeví světlejší než okolní partie. Lokálně se zde objevuje i výrazná světlem modrá luminiscence. Jde pravděpodobně o organické pojivo, jímž byl opatřen povrch štuku před barevnou úpravou [Obr. 64].

### **2.5.4 Průzkum poklepem**

Perkusní metodou byla zjištěna přítomnost dutin v omítkových vrstvách. Ve spodní části malby anděla se jedná především o slabé uvolněné puchýřky intonaca.

Hlubší dutiny byly identifikovány především v omítkových vrstvách v pásu s malovanými oblaky. Lokálně se nachází několik hlubokých dutin i v malbě anděla.

## 2.6 Přírodovědný průzkum

### 2.6.1 Chemicko-technologický průzkum

V roce 2012 byl proveden vstupní chemicko-technologický průzkum<sup>20</sup> pro určení výstavby povrchových úprav, určení výstavby omítkových a štukových vrstev a identifikaci použitých materiálů na nástrojní malbě a plastické štukové výzdobě.

Navazující průzkum z roku 2013<sup>21</sup>, který byl proveden v rámci restaurování centrálního zrcadla v klenbě kaple, upřesnil a rozšířil vstupní průzkum z roku 2012. Průzkum byl zaměřen na stratigrafii barevných vrstev, identifikaci pigmentů a pojiv. Cílem bylo i určení fázového složení zčernalých partií barevné vrstvy, vyhodnocení obsahu vodorozpustných solí, obsahu vlhkosti a monitoring klimatu.

Pro doplnění informací, týkajících se malby andělských kůrů a pásu mraků s malovanými oblaky, byl v roce 2014 proveden další chemicko-technologický průzkum, zpracovaný Ing. Petrou Lesniakovou. Jednotlivé vzorky, popis jejich odběru, metody zkoumání a výsledky analýz jsou uvedeny v textové příloze č. 1.

### 2.6.2 Mikrobiologické zkoušky

K posouzení rizika poškození vlivem biologického napadení byly provedeny stěry povrchu dvou vybraných míst malby. Mikrobiologické zkoušky provedla PhMr. Bronislava Bacílková. Výsledky zkoušek jsou zahrnuté v závěru textové přílohy č. 1.

## 2.7 Zkoušky materiálů a technologických postupů

### 2.7.1 Zkoušky fixáže barevné vrstvy

Pro fixáž barevné vrstvy nástěnné malby a štuku byly odzkoušeny organokřemičité prostředky a nanomateriály na bázi hydroxidu vápenatého (vápenné nanosuspenze). Tyto minerální konsolidační materiály byly zvoleny kvůli jejich kompatibilitě s originálním materiálem a vysoké paropropustnosti. Použití polymerních disperzí by v případě této malby mohlo představovat ještě větší riziko uzavření porézního systému malby. Zkoušky fixáže barevné vrstvy pomocí

---

<sup>20</sup> BAYER, K., KOLINKEOVÁ, B. Chemicko-technologický průzkum, s. 94-102. UNIVERZITA PARDUBICE. Fakulta restaurování. *Restaurátorský průzkum. Nástěnné malby, štuková výzdoba a omítky interiéru kaple sv. Isidora v Křenově*. Litomyšl, březen 2012.

<sup>21</sup> KOCIÁNOVÁ (viz pozn. 2), příloha č. 1 Chemicko-technologický průzkum (zpracovaný Renatou Tišlovou), s. 192-211.

minerálních konsolidantů prováděla v roce 2013 i MgA. Ivona Kociánová. Touto problematikou se zabývala i na zkušebních panelech v rámci teoretické části své diplomové práce.<sup>22</sup>

Zkoušky provedené v rámci této práce a jejich výsledky jsou uvedeny v následující tabulce.

Zkouška	Charakter barevné vrstvy	Způsob aplikace	Míra zpevnění	Vizuální vlastnosti
ZK1	zpráškovatělá	1) KSE 100 2) KSE 300 HV 3) CaLoSiL® E25 10 g/l (s absolutním ethanolem) - 3x - aplikace nástřikem, po každé aplikaci přitupováno	mírné zpevnění	mírné ztmavnutí
ZK2	zpráškovatělá	1) KSE 100 2) KSE 300 E 3) CaLoSiL® E25 10 g/l (s absolutním ethanolem) - 3x - aplikace nástřikem, po každé aplikaci přitupováno	mírné zpevnění	mírné ztmavnutí
ZK3	zpráškovatělá	CaLoSiL® E25 10 g/l (s absolutním ethanolem) - 3x - aplikace nástřikem, po každé aplikaci zastříknuto destilovanou vodou a přitupováno	nedostačující zpevnění	mírný bílý zákal
ZK4	zpráškovatělá	CaLoSiL® E25 5 g/l (s technickým lihem) - 4x - aplikace nástřikem, po každé aplikaci (kromě poslední) zastříknuto destilovanou vodou, přitupováno	mírné zpevnění	mírný bílý zákal
ZK5	zpráškovatělá	směs CaLoSiL® E25 10 g/l (s absolutním ethanolem) + KSE 300 HV - aplikace nástřikem, přitupováno	znatelné zpevnění, ale nedostatečné	nedochází ke změně barevnosti
ZK6	zpráškovatělá	směs CaLoSiL® E25 25 g/l (s absolutním ethanolem) + KSE 300 - aplikace nástřikem, přitupováno	znatelné zpevnění, ale nedostatečné	silný bílý zákal
ZK7	šupinující	1% disperze K9 - aplikace injektáží, přitupováno	dobré zpevnění	nedochází ke změně barevnosti

<sup>22</sup> KOCIÁNOVÁ (viz pozn. 2), s. 12-103.

ZK8	zpráškovatělá	1) směs <i>CaLoSiL® E25</i> 10 g/l (s absolutním ethanolem) + <i>KSE 300 HV</i> - aplikace nástřikem, přitupováno 2) <i>CaLoSiL® E25</i> 5 g/l (s technickým lihem)- 3x - aplikace měkkým štětcem, zastříknuto destilovanou vodou přitupováno	znatelné zpevnění, ale nedostatečné	po aplikaci směsi bez zákalu, po třetí aplikaci <i>CaLoSiLu® E25</i> 5 g/l vzniká bílý zákal
ZK9	šupinující + zpráškovatělá	1) směs <i>CaLoSiL® E25</i> 10 g/l (s absolutním ethanolem) + <i>KSE 300 HV</i> – 2x - aplikace nástřikem, přitupováno 2) <i>CaLoSiL® E25</i> 5 g/l (s technickým lihem)- 3x - aplikace měkkým štětcem, zastříknuto destilovanou vodou, přitupováno	znatelné zpevnění, ale nedostatečné	po aplikaci směsi bez zákalu, po třetí aplikaci <i>CaLoSiLu® E25</i> 5 g/l vzniká bílý zákal
ZK10	šupinující	1) <i>Sebosil S</i> - aplikace injektáží 2) vápenná voda - aplikace injektáží, přitupováno	částečně připevněno	silný bílý zákal
ZK11	šupinující	1) <i>Sebosil S</i> - aplikace injektáží 2) vápenná voda - aplikace injektáží, přitupováno	částečně připevněno	nelze posoudit
ZK12	šupinující + zpráškovatělá	1) směs 1 díl <i>KSE 100</i> + 1 díl <i>KSE 300HV</i> + 2 díly <i>ZFB 70 3i</i> 10 g/l (s absolutním ethanolem) - aplikace měkkým štětcem, přitupováno 2) <i>ZFB 70 3i</i> 5 g/l (s technickým lihem) - 2x aplikace měkkým štětcem, přitupováno	dostatečné zpevnění, šupinky zajištěny	silný bílý zákal
ZK13	šupinující + zpráškovatělá	1) směs 1 díl <i>KSE 100</i> + 1 díl <i>KSE 300HV</i> + 2 díly <i>ZFB 70 3i</i> 10 g/l (s absolutním ethanolem) - aplikace měkkým štětcem, přitupováno 2) <i>ZFB 70 3i</i> 5 g/l (s technickým lihem) - 2x aplikace měkkým štětcem, přitupováno	znatelné zpevnění, šupinky zajištěny	mírný bílý zákal
ZK14	zpráškovatělá	směs 1 díl <i>KSE 100</i> + 1 díl <i>KSE 300HV</i> + 2 díly <i>ZFB 70 3i</i> 10 g/l (s absolutním ethanolem) – 2x - aplikace měkkým štětcem, přitupováno	znatelné zpevnění	nedochází ke změně barevnosti

ZK15	šupinující + zpráškovatělá	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) <i>KSE 100</i> - aplikace nástřikem, přitupováno</li> <li>2) směs 1 díl <i>KSE 100</i> + 1 díl <i>KSE 300HV</i> + 2 díly <i>ZFB 70 3i 10 g/l</i> (s absolutním ethanolem) - aplikace měkkým štětcem, přitupováno</li> <li>3) <i>CaLoSiL® E25 5 g/l</i> (v technickém lihu) - 6x aplikace měkkým štětcem, po každé aplikaci zastříknuto destilovanou vodou a přitupováno</li> </ol>	znatelné zpevnění, šupinky zajištěny	po aplikaci směsi bez zákalu, po aplikacích <i>CaLoSiLu® E25 5 g/l</i> vzniká bílý zákal
ZK16	šupinující + zpráškovatělá	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) <i>KSE 100</i> - aplikace nástřikem, přitupováno</li> <li>2) směs 1 díl <i>KSE 300HV</i> + 2 díly <i>ZFB 70 3i 10 g/l</i> (s absolutním ethanolem) - aplikace měkkým štětcem, přitupováno</li> <li>3) <i>CaLoSiL® E25 5 g/l</i> (s technickým lihem) - 6x aplikace měkkým štětcem, po každé aplikaci zastříknuto destilovanou vodou a přitupováno</li> <li>4) směs 1 díl <i>CaLoSiL® E25 10 g/l</i> + 1 díl <i>KSE 300HV</i> - aplikace měkkým štětcem, přitupováno</li> </ol>	znatelné zpevnění, šupinky zajištěny	mírné ztmavnutí
ZK17	šupinující + zpráškovatělá	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) <i>KSE 100</i> - aplikace nástřikem, přitupováno</li> <li>2) směs 1 díl <i>KSE 300HV</i> + 2 díly <i>ZFB 70 3i 10 g/l</i> (s absolutním ethanolem) - aplikace měkkým štětcem, přitupováno</li> <li>3) <i>CaLoSiL® E25 5 g/l</i> (s technickým lihem) - 6x aplikace měkkým štětcem, po každé aplikaci zastříknuto destilovanou vodou a přitupováno</li> <li>4) směs 1 díl <i>CaLoSiL® E25 10 g/l</i> + 1 díl <i>KSE 300HV</i> - aplikace měkkým štětcem, přitupováno</li> </ol>	znatelné zpevnění, šupinky zajištěny	mírné ztmavnutí

Tab. 1: Zkoušky fixáže barevné vrstvy.

Pro fixaci barevné vrstvy byl zvolen postup vyznačený modrou barvou. Kvůli dosažení dostatečného zpevnění zpráškovatělé i šupinující barevné vrstvy byl nejdříve aplikován organokřemičitý prostředek *KSE 100*, který může díky malým částicím a relativně nízké koncentraci vyplnit nejmenší póry a dobře penetrovat do

porézního systému. V další vrstvě se osvědčilo aplikovat směs organokřemičitanu s vápennou nanosuspenzí (1 díl *KSE 300HV* + 2 díly *ZFB 70 3i 10 g/l*), na kterou byl v několika vrstvách aplikován *CaLoSiL® E25* o koncentraci 5 g/l. Aby se snížilo riziko vzniku bílých zákalů, po každé aplikaci byla fixovaná oblast zvlhčena vodou. Na závěr se ukázalo jako nutné dozpevnit barevnou vrstvu směsí organokřemičitanu s vápennou nanosuspenzí (1 díl *KSE 300HV* + 2 díly *ZFB 70 3i 10 g/l*).

### 2.7.2 Zkoušky konsolidace omítek

Cílem zkoušek bylo najít vhodný způsob konsolidace intonaca s oslabenou kohezí a adhezí. Jednotlivé zkoušky a jejich výsledky jsou uvedeny v následující tabulce.

Zkouška	Způsob aplikace	Míra zpevnění	Vizuální vlastnosti
ZKI1	<i>CaLoSiL® E25</i> 25 g/l - aplikace injektáží, zastříknuto destilovanou vodou	dostačující	mírný bílý zákal
ZKI2	1) <i>KSE 100</i> 2) <i>KSE 300 HV</i> 3) <i>CaLoSiL® E25</i> 10 g/l (s absolutním ethanolem) - aplikace injektáží pod přelepy z japonského papíru 4) <i>Ledan TA1</i> - aplikace injektáží po proběhlé strukturální konsolidaci <i>CaLoSiLem® E25</i> , přitlačeno vatovým tamponem	nezpevněno, uvolněná omítka křehne a nalepuje se na japan	tmavnutí
ZKI3	1) <i>CaLoSiL® E25</i> 10 g/l (s absolutním ethanolem) - aplikace injektáží pod přelepy z japonského papíru 2) <i>Ledan TA1</i> - okamžitá aplikace injektáží do zvlhčené omítky <i>CaLoSiLem® E25</i> , přitlačeno vatovým tamponem	dostačující	nedochází ke změně barevnosti
ZKI4	1) směs <i>CaLoSiL® E25</i> 10 g/l (s absolutním ethanolem) + <i>KSE 300HV</i> - aplikace injektáží pod přelepy z japonského papíru 2) <i>Ledan TA1</i> - aplikace injektáží po proběhlé strukturální konsolidaci <i>CaLoSiLem® E25</i> , přitlačeno vatovým tamponem	omítka křehne a nalepuje se na japan	nedochází ke změně barevnosti

ZKI5	1) <i>CaLoSiL® E25</i> 10 g/l (s technickým lihem) - aplikace injektáží pod přelepy z japonského papíru, zastříknuto destilovanou vodou 2) <i>Ledan TAI</i> - aplikace injektáží po proběhlé strukturální konsolidaci <i>CaLoSiLem® E25</i> , přitlačeno vatovým tamponem	omítka křehne a nalepuje se na japan	nedochází ke změně barevnosti
------	--	--------------------------------------	-------------------------------

Tab. 2: Zkoušky konsolidace degradovaných omítek.

Pro strukturální konsolidaci degradovaných omítek byla vybrána vápenná nanosuspenze *CaLoSiL® E25*. Pokud je *CaLoSiL® E25* aplikován pouze na odhalenou omítku a není v kontaktu s barevnou vrstvou, kterou by mohl případný bílý zákal znehodnotit, lze ho použít v koncentraci 25 g/l.

Pro zpevnění nesoudržného intonaca v okolí prasklin se nejvíce osvědčil postup, kdy byla omítka nejprve zajištěna přelepem z japonského papíru, následně byla strukturálně zpevněna *CaLoSiLem® E25* v koncentraci 10 g/l a ihned injektována *Ledanem TAI* a přitlačena vatovým tamponem zpět k podkladu.

### 2.7.3 Zkoušky čištění

#### *Redukce lesků fixáže*

Při restaurátorském zásahu v roce 2005 a 2006 byla malba plošně fixována. V místech, kde byl povrch více uzavřený a fixativ nemohl penetrovat do hloubky, došlo ke tvorbě lesklého povrchového filmu fixativu, který kromě vizuální změny výrazně snižuje paropropustnost malby a může tak být původcem dalšího poškození. Z uvedených důvodů bylo třeba nejvíce fixované lesklé partie malby očistit.

Kromě kompaktního lesklého filmu je na ploše malby pozorovatelný i nepravidelně aplikovaný film, který tvoří výrazné stékanice s odchlupujícími se kapkami. Odlupující se kapky fixativu jsou mléčně zbarvené.

FTIR analýzou byl fixativ tvořící stékanice identifikován jako polyvinylalkohol (PVA). PVA je vodorozpustný syntetický polymer, proto byly na malbě zkoušeny různé metody aplikace destilované vody.

Jednotlivé zkoušky a jejich výsledky jsou uvedeny v následující tabulce.

Zkouška	Typ povrchu/charakter fixáže	Popis aplikace	Výsledky
ZKL1	hladký povrch/stékance	- mechanické čištění teplou destilovanou vodou a štětínovým štětcem - odsátí buničinou	+ - fixáž z velké části odstraněna - residua (kapičky)
ZKL2	hladký povrch/stékance	- očištění parním čističem <i>VAPOR 3000</i> - odsátí buničinou	+ + - fixáž z velké části odstraněna - residua (kapičky) - méně než u zkoušky ZKL1
ZKL3	hrubý povrch/kompaktní lesklý film	- mechanické čištění teplou destilovanou vodou a štětínovým štětcem - odsátí buničinou	+ - fixáž z velké části odstraněna - residua (kapičky)
ZKL4	hrubý povrch/kompaktní lesklý film	- očištění parním čističem <i>VAPOR 3000</i> - odsátí buničinou - mechanické dočištění teplou destilovanou vodou a štětínovým štětcem	+ + - fixáž z velké části odstraněna
ZKL5	hrubý povrch/kompaktní lesklý film	- mechanické čištění teplou destilovanou vodou a štětínovým štětcem - odsátí buničinou	+ - fixáž z velké části odstraněna - residua (kapičky)
ZKL6	hrubý povrch/kompaktní lesklý film	- zábal z <i>Arbocelu® BC 200</i> a teplé destilované vody - doba aplikace 30 minut - aplikováno přes japonský papír	+ + - fixáž zcela odstraněna - zůstávají zbytky Arbocelu
ZKL7	hrubý povrch/kompaktní lesklý film	- zábal z <i>Arbocelu® BC 1000</i> a teplé destilované vody - doba aplikace 15 minut - aplikováno přes japonský papír	+ + + - fixáž zcela odstraněna

Tab. 3: Zkoušky redukce lesků fixáže.

Lesky byly redukovány či úplně odstraněny všemi zkoušenými metodami. Nejúčinnějším postupem se zdá být aplikace teplé destilované vody v zábalch z *Arbocelu* [Obr. 68]. Jak se ukázalo v průběhu čištění, nelze tuto metodu aplikovat na celé malbě (viz kapitola 3.1.2 Čištění malby a štuku). Proto byla zvolena druhá nejúčinnější metoda za použití parního čističe, v případě potřeby s mechanickým

dočištěním teplou vodou a štětinovým štětcem (především u porézního povrchu malby) [Obr. 67].

#### Čištění šedých zákalů

Šedé zákalý v tmavších partiích malby byly chemicko-technologickým průzkumem identifikovány jako výkvěty sádrovce. Protože nebylo možné je čistit bez velkých úbytků barevné vrstvy mechanickým čištěním (houbou Wishab, skalpelem, byly provedeny zkoušky čištění za pomoci iontoměníčů.

Jednotlivé zkoušky a jejich výsledky jsou uvedeny v následující tabulce.

Zkouška	Popis aplikace	Výsledky
ZKZ1	<i>Amberlite 4400 OH</i> -přes japonský papír - aplikován v <i>Tylose MH 300</i> - doba působení 5 minut	- - - šedý zákal neodstraněn - vytvořil se bílý zákal - ztráta barevné vrstvy
ZKZ2	<i>Amberlite IR 120 H</i> - přes japonský papír - aplikován v <i>Tylose MH 300</i> - doba působení 5 minut	- - - šedý zákal neodstraněn - vytvořil se bílý zákal - ztráta barevné vrstvy
ZKZ3	<i>Purolite C-100 H</i> - přes japonský papír - aplikován v <i>Tylose MH 300</i> - doba působení 5 minut	- - šedý zákal neodstraněn - bílý zákal se nevytváří - ztráta barevné vrstvy

Tab. 4: Zkoušky čištění šedých zákalů pomoci iontoměníčů.

Žádným z testovaných iontoměníčů nebylo dosaženo redukce šedých zákalů, v místech aplikace vznikaly oblasti s bílým zákalem a při odstraňování docházelo ke znatelným ztrátám barevné vrstvy [Obr. 70]. Z tohoto důvodu bylo rozhodnuto, že se barevná vrstva nebude namáhat a šedé zákalý budou potlačeny při závěrečné retuši.

## 2.8 Vyhodnocení průzkumu

Kaple sv. Isidora v Křenově je datována do roku 1707, kdy byl položen její základní kámen. Tato datace byla potvrzena i dendrochronologickým průzkumem vřetenovitého schodiště a nálezem zakládací listiny z roku 1706.<sup>23</sup> Vznik malířské a štukové výzdoby kupole je datován mezi léta 1707-1713. Autor štukové výzdoby kupole pochází pravděpodobně z okruhu Baltazara Fontany, autor nástěnných maleb je neznámý.

Jako podklad nástrovní malby byly používány maltoviny na bázi bílého vzdušného vápna. Plnivem je křemenný písek obsahující příměs živců a sloučenin železa, které způsobují narůžovělou barvu omítek. Jádrová omítka je narůžovělá, intonaco je dvojího charakteru – narůžovělé s hrubým povrchem, které podkládá malbu andělských kůrů, a světlé s hladkým kletovaným povrchem v okolí štuků a pod malbou pásu s malovanými oblaky. Štukové prvky jsou modelovány ve dvou vrstvách. Spodní narůžovělá hrubozrnější malta obsahuje bílé vzdušné vápno, malou příměs sádry a červený písek pravděpodobně použitý v omítkách pod nástěnnými malbami. Horní světlá omítka obsahuje jemnozrný křemenný písek bez příměsí sloučenin železa, bílé vzdušné vápno a příměs sádry.

Malba figury je z větší části provedena na nově aplikované vrstvě hrubého intonaca, v menší míře přesahuje do části hladkého podkladu. V pozadí figury se nachází světle růžový tónovaný nátěr na vápenné bázi. Pojivo nátěru obsahuje i bílkoviny, lze tedy předpokládat, že vrstva je pojena kaseinátem vápenatým. V místech ztráty finální malby se vyskytuje přípravná štětcová rozkresba v červenohnědé barvě.

Technikou malby je s největší pravděpodobností fresco-secco. Na ploše s hladkým povrchem jde o secco malbu, na ploše s hrubým povrchem byla malba pravděpodobně započata již do vlhké omítky. Ve fresce však byla provedena nejspíše jen štětcová rozkresba. Mikroskopicky bylo zjištěno, že někde je barevná vrstva rozkresby velmi dobře propojena s omítkovým podkladem,<sup>24</sup> jinde se vyskytuje patrné rozhraní mezi barevnou vrstvou a podkladem.<sup>25</sup>

---

<sup>23</sup> Použité jedlové dřevo pochází ze stromu pokáceného v roce 1706.

<sup>24</sup> Což by nasvědčovalo technice fresky.

<sup>25</sup> Což může značit techniku secco.

Mikrochemickými zkouškami, provedenými za účelem určení pojiva malby, byla při průzkumu v roce 2013 prokázána přítomnost uhličitanu vápenatého a bílkovin.<sup>26</sup> Na základě analogie k centrálnímu výjevu lze předpokládat, že je malba pojena vápenným pojivem modifikovaným příměsí proteinů (kaseinatem vápenatým).

Štukové andělské hlavičky jsou opatřeny vápenným nátěrem pigmentovaným žlutým okrem. Zlacení je provedeno zlatou fólií na olejovém podkladu s olovnatými pigmenty (olovnatá běloba, masikot, minium).

V jednotlivých barevných vrstvách analyzovaných vzorků byly identifikovány pigmenty běžně používané v nástěnné malbě v období baroka. Na malbě se nacházejí ztmavlé partie - vrstvy s degradovanými pigmenty na bázi sloučenin olova (olovnatá běloba, minium, případně masikot).

Malířská a štuková výzdoba klenby kaple je poškozena především v důsledku zanedbávání oprav kaple. Do kaple dlouhodobě zatékalo až do roku 2007, kdy byl opraven poškozený krov a položena nová břidlicová krytina. Povrch malby je kontaminován vyšším obsahem vodorozpustných solí (síranů). Možným zdrojem zasolení je zatékání srážkové vody a s ním spojená migrace solí ze zdiva, či štukových prvků, které ve spodních vrstvách obsahují příměs sádry<sup>27</sup>; dále pak kontaminace z okolního ovzduší, o kterém můžeme uvažovat v souvislosti s přítomností oxidů síry během topné sezóny.<sup>28</sup> V interiéru kaple bylo monitorováno klima (T a RH). Podle získaných dat je relativní vlhkost v kapli poměrně vysoká – neklesá pod 75 %. Na malbě se vyskytují převážně sírany, jejichž rovnovážná vlhkost je velmi vysoká (kolem 100 %). Sírany tak nepodléhají cyklickým přeměnám krystalizace a hydratace a není tedy nutné provádět odsolování s ohledem na vysokou citlivost povrchu nástěnné malby.

Povrch malby je sulfatizovaný. Se zasolením souvisejí i šedé zákaly v tmavších partiích malby (především ve stínech červené draperie) identifikované jako solné výkvěty síranu vápenatého. V celé ploše se nacházejí malé skvrny, zřetelné i v UV světle. S největší pravděpodobností se jedná o residua mikrobiologického napadení,

---

<sup>26</sup> KOCIÁNOVÁ (viz pozn. 2), příloha č. 1 Chemicko-technologický průzkum (zpracovaný Renatou Tišlovou), s. 192-211.

<sup>27</sup> BAYER, K., KOLINKEOVÁ, B. Chemicko-technologický průzkum, s. 94-102. UNIVERZITA PARDUBICE. Fakulta restaurování. *Restaurátorský průzkum. Nástěnné malby, štuková výzdoba a omítky interiéru kaple sv. Isidora v Křenově*. Litomyšl, březen 2012.

<sup>28</sup> Sírany se totiž nacházejí celoplošně na povrchu malby, nejen v blízkosti a na povrchu štuků.

které na základě mikrobiologických zkoušek bylo vyhodnoceno jako neaktivní. Malba byla desinfikována v roce 2005 v rámci restaurátorského zásahu, který provedly restaurátorky Radana a Dagmar Hamsíkovy.

V rámci restaurátorského zásahu v roce 2005 a 2006 (Radana a Dagmar Hamsíkovy), byla nástěnná malba během obou let fixována silně koncentrovanými fixativy. Přítomnost fixativ na povrchu malby výrazně snižuje paropropustnost malby a způsobuje i optické změny, proto bude třeba je redukovat. V rámci restaurování centrálního zrcadla v roce 2013 byly objeveny dva druhy povrchových fixází. Na vymezeném úseku určeném k samostatnému restaurování byl současným průzkumem identifikován pouze jeden typ fixativu. Jedná se o fixativ na bázi polyvinylalkoholu, rozpustný ve vodě.

Dalším poškozením, na které bude nutné soustředit pozornost při restaurování, je silně zpráškovatělá barevná vrstva. Podle výsledků provedených zkoušek ji bude možné zpevnit minerálními konsolidanty – organokřemičitany a vápennými nanosuspensemi.

## 2.9 Návrh postupu restaurátorských prací

Na základě výsledků uměleckohistorického, restaurátorského a přírodovědného průzkumu je navrhován následující postup restaurátorských prací:

1. **Šetrné očištění celé plochy malby.**
2. **Zajištění odtržených omítkových vrstev, kterým hrozí odpadnutí:** přeplepy z japonského papíru, jako pojivo bude použita *Tylosa MH 300*.
3. **Konsolidace ohrožených omítkových vrstev (zajištěných přeplepy):** strukturální konsolidace - vápennou nanosuspenzí *CaLoSil® E-25* (10 g/l), následně zajištění injektážní směsí na vápenné bázi *Ledan TAI*.
4. **Očištění malby a štku:** suchou cestou (měkkými a tvrdšími štětci, skalpelem, skelným vláknem, polyuretanovou houbou *Wishab*); mokrou cestou (houbou *Wishab* zvlhčenou ve vodě, vatovými tampony s destilovanou vodou).
5. **Redukce lesků na silně fixovaných místech:** teplou destilovanou vodou a parním čističem *VAPOR 3000*.
6. **Fixáž zpráškovatělé a šupinující barevné vrstvy:** minerálními konsolidanty – organokřemičitany a vápennými nanosuspenzemi. V prvním kroku bude barevná vrstva fixována zpevňovacím prostředkem na bázi esteru kyseliny křemičité *KSE 100*; dále směsí *KSE 300HV* s vápennou nanosuspenzí *ZFB 70 3i* (10 g/l) v poměru 2:1; poté opakovanou aplikací vápenné nanosuspenze *CaLoSiL® E-25* (5 g/l); případné dozpevnění bude provedeno směsí *CaLoSiLu® E-25* (10 g/l) s *KSE 300HV* v poměru 1:1.
7. **Dočištění residuí vápenného tmelu v okolí prasklin:** zábalem z *Arbocelu® BC 1000* a 2% kyseliny citronové ve vodě.
8. **Strukturální konsolidace rozdrolených omítkových vrstev a rubových stran puchýřků intonaca:** vápennou nanosuspenzí *CaLoSil® E-25* (10 g/l).

**9. Hloubková konsolidace dutin a prasklin:** injektážní směsí na vápenné bázi  
*Ledan TA1.*

**10. Tmelení:**

*Defekty na malbě anděla* budou vytmeleny hrubým a jemným vápenným tmelem (1:2 vápno písek).

*Defekty v pásu mraků a ve štukovém rámu* budou vytmeleny jemným vápenným tmelem (1:2 vápno písek) a tmelem z vápna, jemného písku a mramorové moučky v poměru 1:1:1.

*Defekty štukových hlaviček andílků* budou vytmeleny tmelem z vápna a mramorové moučky (1:1)

**4. Retuš**

*Retuš malby:*

Na nových tmelech a v místech ztráty barevné vrstvy bude provedena nápodobivá retuš s lokálními rekonstrukcemi pomocí práškových minerálních pigmentů pojených 2% arabskou gumou. Retuš bude dosahovat mírně snížené intenzity barevnosti oproti dochovanému originálu. Retuší budou potlačeny šedé zákaly.

*Retuš štukových hlaviček andílků:*

Na nových tmelech a v místech ztráty okrové barevnosti bude provedena nápodobivá retuš pomocí práškových minerálních pigmentů pojených 1-2% akrylátovou disperzí K9. Chybějící části zlacení budou doplněny práškovými slídami pojenými 2% arabskou gumou.

### 3. Dokumentace restaurátorského zákroku

#### 3.1 Postup restaurátorských prací

##### 3.1.1 Konsolidace omítkových a barevných vrstev malby a štuků

Na nejvíce ohrožené části malby, kterým hrozilo odpadnutí (tj. uvolněné intonaco v okolí prasklin), byly aplikovány zajišťovací přelepy z japonského papíru ( $11\text{g/m}^2$ ) pojeného karboxymethylcelulosou *Tylosou MH 300* ve vodě [Obr. 71].

Po zaschnutí přelepů byly ohrožené omítkové vrstvy zpevněny strukturálně vápennou nanosuspenzí *CaLoSilem® E-25* o koncentraci 10 g/l. *Calosil® E-25* byl aplikován injektáží. Bezprostředně do aplikaci *Calosilu® E-25* (ještě do vlhkého) byla do dutin pod uvolněným intonacem vpravována injektážní směs na vápenné bázi *Ledan TAI*. Podle potřeby byl *Ledan TAI* připravován pastóznější nebo řidší. Následně byl přelep z japonského papíru sejmuto a povrch malby byl očištěn od residuí *Ledanu TAI*. Dle provedených zkoušek (viz kapitola 2.7.2 Zkoušky konsolidace omítek) se tento postup zdál nejšetrnější a nejméně ztrátový s ohledem na nesoudržnou omítku [Obr. 72].

Po částečném očištění malby a štuků (viz kapitola 3.1.2 Čištění malby) byla provedena fixáž zpráškovatělé a šupinující barevné vrstvy minerálními konsolidanty. Na základě provedených zkoušek (viz kapitola 2.7.1 Zkoušky fixáže barevné vrstvy) byl vybrán následující postup o čtyřech krocích.

Nejprve byl na degradovanou (zpráškovatělou i šupinující) barevnou vrstvu aplikován nástřikem organokřemičitanu *KSE 100*. Cílem bylo zaplnit nejmenší póry ve struktuře malby. Ve druhém kroku byla aplikována nástřikem směs organokřemičitanu *KSE 300 HV* s vápennou nanosuspenzí *ZFB 70 3i* (10 g/l) v poměru 2:1, která měla zajistit vyplnění větších pórů. Prostředek *ZFB 70 3i* byl ředěn absolutním ethanolem. Vzhledem k přítomnosti organokřemičitanu ve směsi nelze pro ředění vápenné nanosuspenze použít technický líh, který by díky obsahu vody způsobil předčasné vytváření křemičitého gelu. Poté byla barevná vrstva fixována šesti nástřiky vápenné nanosuspenze *CaLoSiL® E-25* v koncentraci 5 g/l s následných rosením destilovanou vodou, aby se eliminovalo riziko tvorby bílých zákalů. Nedostatečně zpevněná barevná vrstva byla v posledním kroku dozpevněna směsí *CaLoSiLu® E-25* (10 g/l, s absolutním lihem) s organokřemičitanem

*KSE 300HV* v poměru 1:1. Směs byla aplikována lokálně metodou natírání pomocí jemného štětce.

Po každé aplikaci konsolidačního prostředku/směsi byl povrch zpráškovatělé malby tupován vatovým tamponem (vatou obalenou v jemné igelitové fólii). Stejným způsobem byly připevněny i nesoudržné šupinky barevné vrstvy.

Následně byla provedena konsolidace prasklin a dutin zjištěných poklepem. Rozdrolené omítky a rubové strany puchýřků intonaca byly strukturálně zpevněny vápennou nanosuspenzí *CaLoSil® E-25* v koncentraci 10 g/l metodou injektáže. Hloubková konsolidace byla provedena injektážní směsí na vápenné bázi *Ledan TAI*. *Ledan* byl podle potřeby připravován pastóznější nebo řidší.

### **3.1.2 Čištění malby a štuku**

#### *Malba (anděl, pás mraků)*

Malba byla mírně očištěna ještě před konsolidací. V místech, kde nebyla barevná vrstva příliš křehká a zpráškovatělá, byl povrch malby čištěn suchou cestou - jemnými vlasovými štětci a polyuretanovou houbou *Wishab*. Tmely z předchozího restaurátorského zásahu překrývající praskliny v malbě anděla a stékance tmelu v pásu mraků byly odstraněny mechanicky skalpelem. Výkvěty solí v okolí štukové hlavičky andílka, nacházejícího se blíže andělskému kůru Angeli, byly redukovány skelným vláknem.

Lesklé filmy vodorozpustného fixativu byly redukovány teplou destilovanou vodou za využití různých metod aplikace (viz 2.7.3 Zkoušky čištění) Nejvíce účinný způsob aplikace teplé destilované vody byl za použití zábalu z *Arbocelu®*. Podle zkoušek v oblasti hermelínu andělského pláště byl po aplikaci zábalu z teplé demineralizované vody z *Arbocelu®* (doba působení 15 minut) polymerní film zcela odstraněn. Tento způsob aplikace se však v jiných partiích malby ukázal jako problematický. Po vyschnutí takto ošetřených míst v růžovém pozadí anděla se změnila barevnost malby – objevily se světlé skvrny [Obr. 69]. Barevná vrstva v růžovém pozadí, kde nebyly aplikovány zábaly, má podobný nehomogenní charakter, pouze s tím rozdílem, že kontrast mezi světlejšími a tmavšími částmi není tolik výrazný. Na základě zkoušek odstranění světlých skvrn, průzkumu skvrn USB mikroskopem (DNT DigiMicro Profi USB, zvětšení 20-300 x) a na základě výsledků chemicko-technologické analýzy ze vzorků odebraných v oblasti se změněnou

barevností malby lze s jistotou konstatovat, že se nejedná o vrstvu, která by se vytvořila na povrchu malby (např. extrahované soli). Při aplikaci zábalů došlo naopak ke ztenčení povrchové vrstvy. Film fixáže byl rozpuštěn, ale pravděpodobně došlo i k rozpuštění sádrovce v sulfatizovaném povrchu malby.

Z tohoto důvodu byly lesky odstraňovány šetrnějším způsobem, který navíc i způsobuje menší zavlhčení objektu. Lesky byly odstraňovány rozpouštěním teplou destilovanou vodou za současného mechanického namáhání štětcem, velmi dobře se osvědčil i parní čistič (*VAPOR 3000*). Čištěné místo bylo následně sušeno pomocí buničiny. Tímto způsobem došlo k odsátí rozpuštěné fixáže z povrchu malby.

Po konsolidaci barevné vrstvy byla dočištěna residua vápenného tmelu (bílý zákal) v okolí prasklin zábalem z *Arbocelu® BC 1000* a 2% kyseliny citronové v destilované vodě. Zábal byl ponechán na čištěném místě 10 minut, poté byl sejmут a místo bylo dočištěno destilovanou vodou za současného odsávání buničinou.

#### *Štuky (hlavy putti, štukový rám)*

Okřídlené hlavičky putti bylo možné čistit od prachového depozitu suchou cestou (štětci a houbou *Wishab*) i mokrou cestou (zvlhčenou houbou *Wishab* či vatovými tamponky s destilovanou vodou).

Problematické bylo čištění profilovaného štukového rámu nad pásem s malbou mraků. Zpráškovatělou barevnou vrstvu, do které migrovala silná vrstva prachových depozitů, nebylo možné čistit beze ztrát suchými ani mokkými metodami čištění. Prekonsolidace v tomto případě nebyla vhodná, protože docházelo ještě k většímu spájení degradované barevné vrstvy a prachového depozitu. Nejšetrnějším způsobem čištění bylo částečné odstranění prachového depozitu jemným vlasovým štětcem.

### **3.1.3 Tmelení**

Praskliny procházející pásem mraků, štukovým rámem a malbou anděla byly vyplněny novými vápennými tmely v několika vrstvách. Finální vrstvy tmelů byly provedeny do úrovně svrchní originální omítky a jejich povrch byl připodobněn struktuře originální omítky.

Hlubší defekty byly nejprve tmeleny hrubším vápenným tmelem v poměru 2 díly křemičitého písku (1:1 - světlý střelečský písek : přesátý okrový písek) na 1 díl bílého vzdušného vápna. V *malbě anděla* byla svrchní vrstva tmelu vytvořena

jemnějším vápenným tmelem opět v poměru 2:1, ale s jemněji přesátým pískem [Obr. 74].

Praskliny a defekty v *pásu mraků* a ve *štukovém rámu* byly vytmeleny jemným vápenným tmelem (2:1 - vápno:písek) a tmelem z bílého vzdušného vápna, jemného střelečského písku a mramorové moučky v poměru 1:1:1 [Obr. 76].

Drobné praskliny ve *štukových hlavičkách andílků* byly vytmeleny vápenným tmelem z vápna a mramorové moučky v poměru 1:1 [Obr. 77 a Obr. 78].

### **3.1.4 Retuš**

Barevná retuš byla provedena na nových tmelech a v místech ztráty barvené vrstvy nápodobivým způsobem s respektováním míry dochovaného stavu originální malby. V partiích malby s odhalenou rozkresbou byly rekonstruovány chybějící plochy barevné vrstvy dle dostupných archivních fotografií z NPÚ [Obr. 87]. Retuši byly také potlačeny šedé zákaly, nejvíce patrné ve stínech červené draperie [Obr. 85].

K retušování byly použity práškové minerální pigmenty pojené 2% arabskou gumou. Arabská guma je dobře rozpustná ve vodě, tudíž jsou retuše lehce reverzibilní. Použita byla převážně plošná retuš. V místech, kde bylo potřeba použít pastóznější barvu, byla do barev přidávána jako plnivo mramorová moučka.

Na nových tmelech a v místech ztráty okrové barevnosti štukových hlaviček andílků byla provedena nápodobivá retuš pomocí práškových minerálních pigmentů pojených 1-2% akrylátovou disperzí K9. Chybějící části zlacení na křídlech andílků byly doplněny práškovými slídami za použití stejného pojiva. [Obr. 83 a Obr. 84]

## **3.2 Doporučený režim památky**

Jakékoliv opravy a úpravy týkající se kaple sv. Isidora je třeba konzultovat s restaurátory a příslušnými orgány památkové péče. Veškeré zásahy (tj. i čištění) by měl provádět odborný restaurátor. Měla by probíhat pravidelná údržba kaple, je nutné kontrolovat stav střechy, monitorovat klima a pokusit se omezit teplotní a vlhkostní výkyvy, které by mohly zapříčinit migraci vodorozpustných solí a následně poškodit malbu i omítkové vrstvy.

### 3.3 Použité materiály

#### Prekonsolidace

- *Tylose MH 300* (methylhydroxyethylcelulóza, dodavatel: Ceiba s.r.o.)
- japonský papír *Kashmir 11 g* (dodavatel: Ceiba s.r.o.)

#### Konsolidace

- *CaLoSil® E25* (vápenná ethanolová nanosuspenze; výrobce: IBZ Salzchemie GmbH & Co. KG)
- *KSE 100* (zpevňovač na bázi esteru kyseliny křemičité bez obsahu rozpouštědel; výrobce: Remmers)
- *KSE 300 HV* (bezrozpouštědlový zpevňovač na bázi esteru kyseliny křemičité s prostředky pro zlepšení přilnavosti; výrobce Remmers)
- *ZFB 70 3i* (vápenná nanosuspenze v isopropanolu; vyvíjená centrem ZFB - Zentrum für Bucherhaltung GmbH)
- ethanol (čisté rozpouštědlo; Penta Praha)
- technický líh (výrobce: Severochema)
- *Ledan TA 1* (směs na bázi hydraulického vápna; výrobce: Tecno Edile Toscana)

#### Čištění

- houba *Akapad* (dříve *Wishab*) *soft* (vulkanizovaný latex; distributor: Kremer Pigmente GmbH & Co. KG)
- houba *Akapad* (dříve *Wishab*) *hard* (vulkanizovaný latex; distributor: Kremer Pigmente GmbH & Co. KG)
- demineralizovaná voda
- *Arbocel® BC 1000* (celulózová vlákna 0,7 mm dlouhá; distributor: Kremer Pigmente GmbH & Co. KG)
- kyselina citronová
- japonský papír *Kashmir 11 g* (dodavatel: Ceiba s.r.o.)

#### Tmelení

- bílé vzdušné vápno  $\text{Ca(OH)}_2$

- křemičitý písek (Střeleč)
- mramorová moučka (distributor: Kremer Pigmente GmbH & Co. KG)

### **Retuš**

- arabská guma (distributor: Kremer Pigmente GmbH & Co. KG)
- *Dispersion K9* (akrylátová disperze; distributor: Kremer Pigmente GmbH & Co. KG)
- práškové minerální pigmenty a slídy (distributor: Kremer Pigmente GmbH & Co. KG)
- mramorová moučka (distributor: Kremer Pigmente GmbH & Co. KG)

### **III. MOŽNOSTI REDUKCE SEKUNDÁRNÍCH FIXÁŽÍ MALEB NA KLENBĚ KAPLE SV. ISODORA V KŘENOVĚ**

#### **1. Úvod**

Druhá část bakalářské práce je zaměřena na možnosti odstraňování vybraných syntetických polymerů, které byly v minulosti běžně používány k fixáži degradované barevné vrstvy. Tuto skupinu představují polymerní filmy vzniklé z disperzí na bázi akrylátových a vinylacetátových polymerů či kopolymerů.

K odstranění polymerního filmu je většinou zapotřebí vhodnou látkou narušit strukturu polymeru a následně jej odsátím nebo mechanickým působením odstranit z povrchu malby. V praxi jsou často k tomuto účelu používána organická rozpouštědla. Vzhledem k vysoké toxicitě většiny rozpouštědel a zátěži životního prostředí při jejich používání se pro účely čištění hledají nové alternativní metody, které budou umožňovat vyšší zdravotní nezávadnost a environmentální bezpečnost. Jedním z možných řešení tohoto problému může být v některých případech použití nanodisperzních systémů v podobě vodných mikroemulzí a micelárních roztoků.

V teoretické části jsou shrnuty základní informace k problematice odstraňování fixážních prostředků na bázi syntetických polymerů se zaměřením na použití rozpouštědel a vodných nanodisperzních systémů. Pozornost je věnována i možnostem jejich aplikace. Práce následně pokračuje experimentem, během kterého byly vybrané fixativy, nanesené na omítkové panely s modelově vytvořenou zpráškovatělou barevnou vrstvou, odstraňovány různými způsoby aplikace rozpouštědel. Tato problematika byla zvolena v souvislosti s reálnou situací na nástěnné malbě v klenbě kaple sv. Isidora v Křenově, kde došlo k závažným poškozením v důsledku silné fixáže malby provedené při posledním restaurátorském zásahu v roce 2005-2006.

Pozitivní výsledky zkoušek nebyly aplikovány na restaurovaném objektu, protože na přiděleném úseku malby byly v průběhu prací prokázány pouze lesklých filmy na bázi polyvinylalkoholu, které bylo možné odstranit destilovanou vodou.

## 2. Teoretická část

### 2.1 Možnosti odstranění povlaků syntetických polymerů z povrchu nástěnné malby

#### 2.1.1 Čištění nástěnných maleb<sup>29,30</sup>

*Čištění* je restaurátorský/konzervátorský úkon, při kterém dochází k částečnému či úplnému odstranění nežádoucího materiálu z uměleckého díla. Nežádoucí materiály mění nevhodným způsobem vzhled nebo způsobují fyzikální, chemické či biologické poškození původní nástěnné malby. Čištění tedy není pouze proces, který řeší nevyhovující estetické změny, jeho úkolem je často zlepšit či stabilizovat fyzikálně-chemický stav malby, a prodloužit tak její životnost.

Termínem „*nežádoucí materiál*“ se rozumí každá látka, která byla sekundárně nanesena nebo vytvořena na povrchu nebo uvnitř původního díla, a kterou je třeba z estetických důvodů<sup>31</sup> nebo z konzervátorských důvodů redukovat, případně zcela odstranit. Nežádoucími materiály, které mohou znečišťovat nástěnnou malbu, většinou bývají prachové depozity, sulfatizovaný povrch a krystaly solí, povlaky biologického původu či sekundární úpravy povrchu malby, mezi které se řadí i vrstvy laků a fixážních prostředků. V minulosti byly k fixáži nástěnné malby používány zejména přírodní organické látky, mezi které lze řadit bílkoviny, vosky, oleje, polysacharidy a pryskyřice. Zhruba v polovině 60. let 20. století začaly být pro tyto účely prosazovány syntetické polymerní látky, především polymery na bázi akrylátů, polyvinylalkoholové a polyvinylacetátové polymery a jejich kopolymery.<sup>32</sup>

Odstraňování nežádoucích materiálů z objektu kulturního dědictví je často spojeno s rizikem ztráty jeho hodnot. Z tohoto důvodu je nutné volit vhodnou metodu čištění v daných souvislostech na základě výsledků přírodovědných i společenských průzkumů a v souladu s celkovou koncepcí restaurování/konzervace. Metody čištění je možné rozdělit do tří základních skupin

---

<sup>29</sup> BOGIN, S., LEHMANN, M. *Kurz čištění nástěnných maleb* (zpráva z kurzu na FR UPCE, vypracoval Tomáš Titor). Litomyšl, 2010.

<sup>30</sup> BAYER, K. *Přírodovědné principy metod čištění kamene, omítek, povrchu architektury a nástěnných maleb*. Přednášky k výuce předmětu: Technologie restaurování a konzervace. Litomyšl, 2010–2014. Univerzita Pardubice. Fakulta restaurování.

<sup>31</sup> Estetické důvody jsou často ovlivněny kunsthistorickými, náboženskými či společenskými aspekty.

<sup>32</sup> Viz kapitola 2.1.2 Syntetické polymerní filmy.

na *fyzikální, chemické a biologické*. Do skupiny fyzikálních metod čištění se řadí *mechanické metody* čištění *prováděné za sucha* (mikromechanické metody, abrazivní přístrojové metody), čištění za pomoci *laseru* a *čištění mokřým procesem* (mechanické čištění prováděné za mokra, čištění pomocí vodní páry). Nejběžnější metody chemického čištění nástěnné malby většinou využívají *vodu*, vodné roztoky *uhličitanu* nebo *hydrogenuhličitanu amonného* a *tenzidů*, *iontoměniče*, *slabé organické kyseliny* nebo *rozpouštědla*. Biologickou metodou je čištění za použití *enzymů* či *bakterií*.

Čištění může být úplné, kdy je odstraněno vše nepůvodní, částečné při, kterém je redukována tloušťka nepůvodního materiálu, nebo selektivní. Při selektivním čištění jsou kromě vyčištěných nebo částečně vyčištěných partií ponechány partie v současném stavu. Obecně platí zásada, že je lepší volit spíše určitý stupeň znečištění respektive ponechání nečistot, než v důsledku čištění zvyšovat riziko poškození díla.

V obecné rovině by čištění nemělo narušit výraz originálu, používané materiály by měly splňovat požadavky kompatibility, stability a reverzibility. Na originální malbě by měly čisticí prostředky způsobovat minimální chemické a fyzikální změny, nesmějí zanechávat residua a nesmějí být iniciátorem degradačních procesů. Vzhledem k tomu, že některé látky používané pro čištění nástěnných maleb jsou toxické, je třeba manipulovat s nimi opatrně a brát ohled na zdraví restaurátora a bezpečnost práce. Restaurátor by měl mít možnost kontroly nad procesem čištění a v případě selektivního a částečného čištění by měl mít možnost opětovného zákroku.

### **2.1.2 Syntetické polymerní filmy**

Syntetické polymerní látky jsou při restaurování a konzervování nástěnné malby používány s cílem *konsolidace* nebo *fixace* malby.<sup>33</sup> V minulosti byly nanášeny na povrch nástěnné malby v podobě *ochranných povlaků* nebo při *retuši* jako pojiva barev. Na nástěnnou malbu mohou být syntetické polymery aplikovány buď ve formě *roztoků* s vodou či organickými rozpouštědly, nebo jako *vodné polymerní disperze*. Disperze polymerů jsou z hlediska ochrany zdraví a životního prostředí

---

<sup>33</sup> V oboru restaurování a konzervování nástěnných maleb jsou syntetické polymery používány i jako pojiva omítkovin, přísady ke klasickým omítkovinám.

výhodnější než roztoky polymerů v organických rozpouštědlech, protože při jejich aplikaci nedochází k odpařování toxických organických rozpouštědel.<sup>34,35</sup>

Při restaurování se většinou využívají *filmtvorné* syntetické polymerní prostředky. Při jejich aplikaci je třeba pečlivě sledovat míru impregnace ošetřovaného materiálu, tedy omítky a barevné vrstvy. Pokud se na povrchu nástěnné malby vytvoří souvislý film polymeru a není okamžitě odstraněn, může docházet k tvorbě nežádoucích lesklých míst, která se později často velmi obtížně odstraňují. Takto vzniklý film navíc bývá hydrofobní a neprodyšný, může výrazně snižovat propustnost pro plyny a kapaliny vedoucí k podpovrchovému rozrušování uzavřeného materiálu malby. V konečném důsledku hrozí závažná mechanická poškození omítkových vrstev, například jejich praskání a odtrhávání. Mechanické namáhání zvyšuje případná přítomnost solí, které krystalizují v pórech malby pod uzavřeným povrchem.<sup>36</sup>

Z hlediska restaurování a konzervace může docházet k problematickým změnám, které jsou příčinou nutnosti odstranění či redukce polymerů v důsledku jejich *stárnutí*. Jedná se o přirozený proces, ke kterému dochází v průběhu času. Rychlost a způsob stárnutí jsou závislé zejména na stabilitě polymeru, která je podmíněna jeho fyzikálně-chemickou podstatou a podmínkami expozice. Ke stárnutí polymerů dochází kombinovaným vlivem záření, teploty, vody, plynů<sup>37</sup>, solí a mikroorganismů. Důsledkem jsou změny chemické podstaty polymeru, při kterých se většinou štěpí nebo naopak síťují makromolekulární látky. To má za následek změny mechanických a optických vlastností polymeru. Stárnutí polymerních látek se často projevuje následujícími změnami.<sup>38,39</sup>

- vznik trojrozměrné síťované nerozpustné struktury
- vznik povrchových prasklin
- změna opacity
- změna barevnosti, často žloutnutí
- křehnutí

---

<sup>34</sup> ZELINGER, J. *Chemie v práci konzervátora a restaurátora*. 2. přepracované a doplněné vydání. Praha: Academia, 1987, s. 23-26.

<sup>35</sup> ZELINGER (viz pozn. 35), s. 50-52.

<sup>36</sup> ZELINGER (viz pozn. 35), s. 58-59.

<sup>37</sup> Kyslíku, oxidu siřičitého, oxidů dusíku, ozónu.

<sup>38</sup> ZELINGER (viz pozn. 35), s. 26-29.

<sup>39</sup> HORIE, Ch. V. *Materials for Conservation: Organic consolidants, adhesives and coatings*. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1987. ISBN 0-7506-0881-1, s. 32-39.

## 2.2 Rozpouštědla

V případě roztoků se *rozpouštědlem* nazývá prostředí (disperzní prostředí), ve kterém je rozpuštěna *rozpouštěná látka*. Rozpouštědla jsou kapaliny schopné rozpouštět různé látky, aniž by je chemicky měnily. Rozpouštědlo bývá v přebytku nad rozpouštěnou látkou. Rozpouštědlem může být voda a jiné anorganické kapaliny nebo organické látky, tedy organická rozpouštědla.

Úspěšnost chemického čištění za použití rozpouštědel závisí v první řadě na druhu polymeru a míře jeho stárnutí, dále na typu a na způsobu aplikace rozpouštědla, případně na kombinaci rozpouštědel. Cílem čištění nemusí být vždy úplné rozpuštění polymeru, často je žádoucí pouze botnací efekt následovaný mechanickým dočištěním.

Rozpustnost polymerů se stupněm síťování klesá, proto lze zestárlé silně síťované polymerní filmy pouze narušit vysoce účinnými rozpouštědly. Kromě toho, že vlivem vysoké účinnosti mohou tato rozpouštědla způsobit poškození jiných částí objektu, může být jejich použití poněkud rizikové i s ohledem na zdraví restaurátora. Organická rozpouštědla jsou toxické látky, při jejich použití a výběru je tedy nutné brát v potaz i tento aspekt.

### 2.2.1 Rozpustnost polymerů v rozpouštědlech<sup>40,41,42,43</sup>

Atomy v řetězcích makromolekulárních látek jsou vázány pevnými *primárními vazbami*, k jejichž přetržení je potřeba poměrně velká energie. Jednotlivé makromolekulární řetězce na sebe navzájem působí *sekundárními vazbami*, mezi které lze zařadit polarizační síly, vodíkové můstky a disperzní síly. Sekundární vazby jsou mnohonásobně slabší než primární vazby a je možné je působením vhodného rozpouštědla narušit. Sekundární vazby neboli mezimolekulární přitažlivé síly se uplatňují i mezi molekulami rozpouštědel v kapalné fázi.

---

<sup>40</sup> ZELINGER (viz pozn. 35), s. 23–26.

<sup>41</sup> ZELINGER, J. *Rozpouštědla v konzervaci a restaurování uměleckých děl*. Studijní text k přednáškám z předmětu: Koroze a konzervace organických materiálů památek. Praha: Ústav chemické technologie VŠCHT, 1994, s. 3–5.

<sup>42</sup> VOJTĚCHOVSKÝ, J. *Využití rozpouštědel v restaurování závěsného obrazu*. Bratislava, 2005. Diplomová práce. Vysoká škola výtvarných umění v Bratislavě, Katedra restaurovania. Vedoucí práce Ing. Jana Želinská, PhD., s. 7–19.

<sup>43</sup> BAYER, K. *Rozpouštědla, tenzidy a enzymy: použití v restaurátorské praxi*. Přednášky k výuce předmětu: Technologie restaurování a konzervace. Litomyšl, 2010–2014. Univerzita Pardubice. Fakulta restaurování.

*Polarita* látek je dána přítomností dipólů v molekulách. Dipóly vznikají, pokud si dva atomy tvořící kovalentní vazbu<sup>44</sup> neodpovídají svou elektronegativitou a sdílený elektronový pár je přisunut blíže k elektronegativnějšímu atomu. Elektronegativní atom získá negativní náboj, druhý atom se stane pozitivním. Taková vazba je polarizovaná a molekula vykazuje elektrické dipóly. Molekuly s polarizovanými vazbami mají charakter dipólů a nazývají se polární; molekuly, které dipóly neobsahují, se nazývají nepolární.

Výše zmíněné *mezimolekulární přitažlivé síly* jsou následující:

- *Vazby mezi dipóly*

Mezi molekulami, které mají povahu dipólů, existuje přitažlivá síla. Pozitivní část dipólu jedné molekuly přitahuje negativní část dipólu jiné molekuly.

- *Vodíkové můstky*

Vodíkové můstky lze pokládat za nejsilnější typ sekundární vazby. Vznikají mezi molekulami s vodíkem vázaným na vysoce elektronegativní atom (O, F, Cl, N nebo S), kde je vodík přitahován elektronegativním atomem. Vzniká velmi polární vazba. Pozitivní jádro atomu vodíku není stíněno, a tak může vytvářet silné přitažlivé síly k negativně polarizovaným atomům sousedních molekul. Takto vznikají vodíkové můstky. De facto všechny molekuly, které obsahují vodík vázaný na kyslík a dusík (např. -OH, -NH<sub>2</sub> skupiny), mohou mezi sebou, nebo i s ostatními molekulami obsahujícími tyto skupiny, vytvářet vodíkové můstky.

- *Disperzní (Van der Waalsovy) síly*

I u elektricky symetrických molekul bez stálého dipólu (nepolární molekuly) mohou být vyvolány slabé přitažlivé síly mezi molekulami. Malé a okamžité fluktuanční ve vzájemné poloze jader atomů a jejich elektronů vytvářejí dočasné dipóly, které se vzájemně přitahují jako permanentní dipóly. Ve srovnání s přitažlivými silami mezi permanentními dipóly jsou však tyto síly mnohem slabší.

---

<sup>44</sup> Kovalentní vazba je druh chemické vazby, kterou lze charakterizovat sdílením jednoho nebo více párů elektronů mezi dvěma prvky.

V obecné rovině platí pravidlo „*similia similibus solventur*“ – podobné se rozpouští v podobném. Znamená to, že rozpouštědla mají schopnost rozpouštět látky podobného chemického charakteru, tedy podobné polarity i druhu převládajících přitažlivých sil. Lze tedy předpokládat, že polymery obsahující polární skupiny budou rozpustné polárními rozpouštědly, nepolární polymery zase rozpouštědly nepolárními, přičemž čím podobnější jsou si mezimolekulární přitažlivé síly, tím je rozpustnost vyšší.

Při procesu rozpouštění, tzv. *solvatace*, se molekuly rozpouštědla včleňují mezi molekuly polymeru, obalují je a ruší tak vazby mezi nimi. Obecně je v ideálním případě pevná látka rozpuštěna v kapalině, pokud jsou všechny atomy nebo molekuly, které vytvářejí pevnou látku, rozděleny molekulami rozpouštědla. Velké molekuly polymerů je však dosti obtížné rozpustit tímto způsobem. Molekuly rozpouštědla potřebují mnohdy velmi dlouhou dobu, aby mohly proniknout mezi dlouhé řetězce makromolekul.

Rozpustnost polymeru dále závisí na jeho struktuře. Makromolekuly polymerních látek mohou být *lineární*, *větvené* nebo *síťované*. Síťování spočívá v propojení řetězců příčnými chemickými vazbami, tzv. můstky. Přítomnost můstků omezuje pohyb makromolekulárních řetězců. Při rozpouštění *lineárního polymeru* ve vhodném rozpouštědle dochází nejdříve k botnání polymeru. Při dostatečném oddálení segmentů, nastává rozpuštění polymeru. Pokud je *polymer zesíťovaný*, nelze tohoto stádia dosáhnout. Částečné proniknutí rozpouštědla do struktury polymeru způsobí pouze *botnání a změkčení* polymeru.

### **2.2.2 Parametry rozpustnosti a trojúhelníkový diagram**

Rozpouštědlům jsou přiřazeny tzv. parametry rozpustnosti, které jsou vyjádřením mezimolekulárních přitažlivých sil působících mezi molekulami rozpouštědla. Stejně tak jsou parametry rozpustnosti, pokud je lze vyčíslit, stanoveny i pro většinu syntetických polymerů. Existuje několik způsobů vyjádření rozpustnosti, o nichž bude v následujících podkapitolách stručně pojednáno.

### 2.2.3 Hildebrandův rozpustností parametr<sup>45,46,47</sup>

Za účelem kvantifikace přitažlivých sil působících mezi molekulami byla v roce 1936 Joelem H. Hildebrandem zavedena veličina známá jako *hustota kohezní energie* ( $c$ ). Veličina odpovídá energii, kterou je nutné vynaložit pro překonání přitažlivých sil mezi molekulami, aby došlo k oddělení molekuly od obklopujících molekul při jejich vypařování. Hustota kohezní energie je definována vzorcem:

$$c = \frac{\Delta H - RT}{V_m},$$

kde  $c$  je hustota kohezní energie;  $\Delta H$  je výparné teplo;  $R$  je plynová konstanta;  $T$  je teplota a  $V_m$  je molární objem.

Druhá odmocnina hustoty kohezní energie je nazývána *parametrem rozpustnosti* ( $\delta$ ). Jedná se o číselnou hodnotu, která charakterizuje všechny přitažlivé síly mezi molekulami a je závislá na teplotě. Parametr rozpustnosti se uvádí v jednotkách  $(\text{J}/\text{cm}^3)^{1/2}$ ,  $\text{MPa}^{1/2}$  (podle mezinárodní soustavy jednotek SI) nebo v  $(\text{cal}/\text{cm}^3)^{1/2}$ . Pro výpočet parametru rozpustnosti platí vztah:

$$\delta = \sqrt{c} = \left[ \frac{\Delta H - RT}{V_m} \right]^{1/2}$$

Hildebrandův parametr rozpustnosti je tabelován nejen pro jednotlivá rozpouštědla, ale také pro syntetické polymery. Polymerní látky jsou rozpustné, případně botnatelné v rozpouštědlech, pokud jsou jejich parametry rozpustnosti srovnatelné.

### 2.2.4 Hansenovy parametry a prostorový diagram<sup>48,49,50</sup>

Při definici parametru rozpustnosti však byla přijata různá zjednodušení, a proto v některých případech předpokladu vzájemné rozpustnosti souhrnný parametr

---

<sup>45</sup> BURKE, J. Solubility Parameters: Theory and Application. *The Book and the Paper ANNUAL* [online]. 1984, 3 [cit. 2014-07-13]. Dostupné z: <http://cool.conservation-us.org/coolaic/sg/bpg/annual/v03/bp03-04.html>.

<sup>46</sup> ZELINGER (viz pozn. 42), s. 5-8.

<sup>47</sup> HORIE (viz pozn. 40), s. 54-55.

<sup>48</sup> BURKE (viz pozn. 46).

<sup>49</sup> ZELINGER (viz pozn. 42), s. 8-9.

<sup>50</sup> HORIE (viz pozn. 40), s. 55-57.

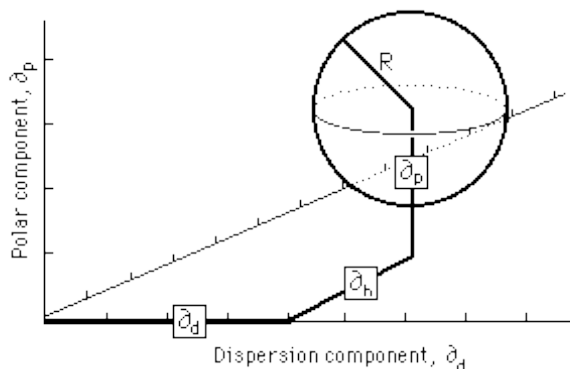
rozpuštěnosti  $\delta$  selhává.<sup>51</sup> Chování rozpouštědla a rozpouštěné látky může být určeno mnohem přesněji v případě, že parametr rozpustnosti zohledňuje všechny tři mezimolekulární síly – polarizační síly, vodíkové můstky a disperzní síly.

V návaznosti na potřebu popisovat rozpustnost za pomoci tří mezimolekulárních sil bylo vyvinuto mnoho systémů. Nejvíce používaný systém tří komponent vytvořil v roce 1966 Charles M. Hansen. Celkový Hildebrandův parametr rozpustnosti rozdělil do tří částí na složku disperzních sil, polarizačních sil a vodíkových můstků. Je dán vztahem:

$$\delta^2 = \delta d^2 + \delta p^2 + \delta h^2,$$

kde  $d$  jsou disperzní síly,  $p$  jsou polarizační síly a  $h$  jsou vodíkové můstky.

Tímto způsobem je možné velmi přesně stanovit vazby mezi malými molekulami rozpouštědel. Avšak molekuly polymerů jsou mnohem větší a jejich rozpustnostní parametry nejsou pro jejich chování zcela výstižné. Proto pro popis rozpustnosti polymerů používá Hansen čtyři složky – poloměr koule ( $R$ ) a tři hodnoty příspěvků jednotlivých mezimolekulárních sil, které definují střed ( $\delta_d$ ,  $\delta_p$ ,  $\delta_h$ ).



Obr. 1: Hansenův 3-D model rozpustnosti hypotetického polymeru.<sup>1</sup>

Polymer je rozpustný v rozpouštědle v případě, že Hansenovy parametry pro rozpouštědla leží uvnitř oblasti rozpustnosti polymeru. Vzhledem k tomu, že trojrozměrný model byl nepřehledný a interpretace dat byla pro mnohé velmi obtížná, byl pro zjednodušení navržen dvojrozměrný diagram ve tvaru trojúhelníku.

<sup>51</sup> Zvláště pokud jsou přítomny silné polární nebo vodíkové vazby.

## 2.2.5 Teasovy parametry a trojúhelníkový diagram<sup>52,53,54</sup>

V rámci usnadnění grafického vyjádření zavedl v roce 1968 Jean P. Teas tři nové parametry  $f_d$ ,  $f_p$ ,  $f_h$ , které lze přehledně zaznamenat do trojúhelníkového diagramu. Parametry vyjadřují procentuální podíl jednotlivých mezimolekulárních přitažlivých sil v látce, lze je tedy vyjádřit následujícími rovnicemi:

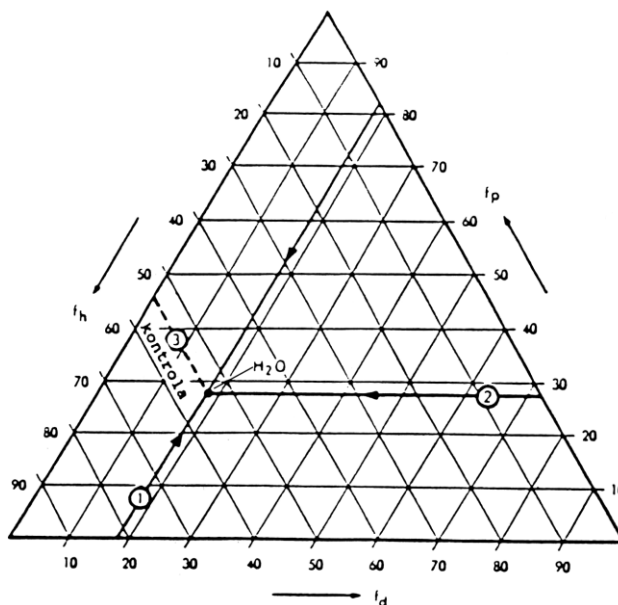
$$f_d = 100 \frac{\delta_d}{\delta_d + \delta_p + \delta_h}$$

$$f_p = 100 \frac{\delta_p}{\delta_d + \delta_p + \delta_h}$$

$$f_h = 100 \frac{\delta_h}{\delta_d + \delta_p + \delta_h}$$

V trojúhelníkovém diagramu je každá strana trojúhelníku určena pro jeden typ přitažlivé síly: spodní strana pro síly disperzní ( $f_d$ ), pravá strana pro síly dipólové ( $f_p$ ) a levá strana pro vodíkové můstky ( $f_h$ ).

Pomocí těchto třech parametrů je možné umístit každé rozpouštědlo v trojúhelníkovém diagramu na přesně definované místo. Na následujícím obrázku je uveden příklad stanovení polohy vody v trojúhelníkovém diagramu.



Obr. 2: Stanovení polohy vody v trojúhelníkovém diagramu.<sup>55</sup>

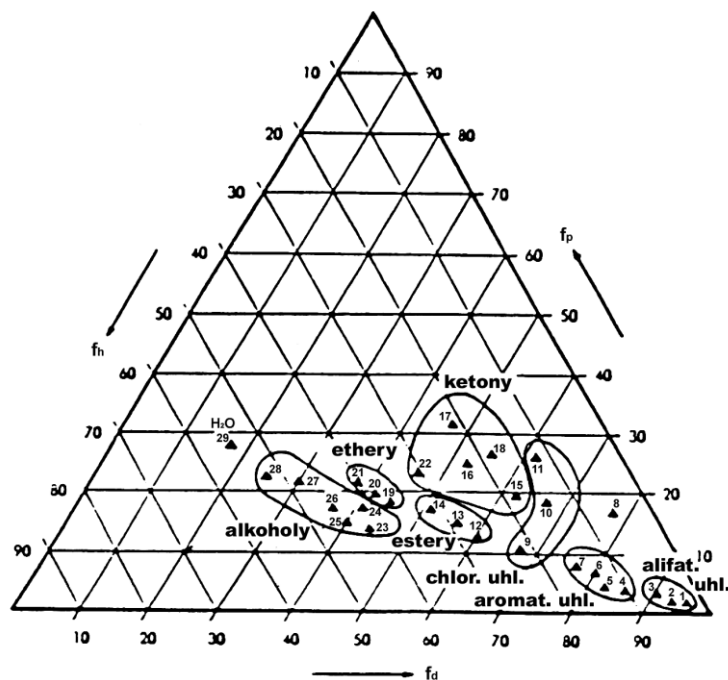
<sup>52</sup> BURKE (viz pozn. 46).

<sup>53</sup> ZELINGER (viz pozn. 412), s. 9-15.

<sup>54</sup> HORIE (viz pozn. 40), s. 57.

<sup>55</sup> Převzato z: ZELINGER (viz pozn. 42), s. 12.

Různé skupiny rozpouštědel (viz následující kapitola) se v trojúhelníkovém diagramu nacházejí v určitých oblastech. Alifatické uhlovodíky je možné nalézt v pravém dolním rohu, polárnější rozpouštědla (estery, ethery, ketony a alkoholy) se nalézají ve středové oblasti, zatímco voda se nachází na levé straně diagramu, což je dáno výrazným podílem vodíkových můstků, které způsobují její vysokou polaritu.



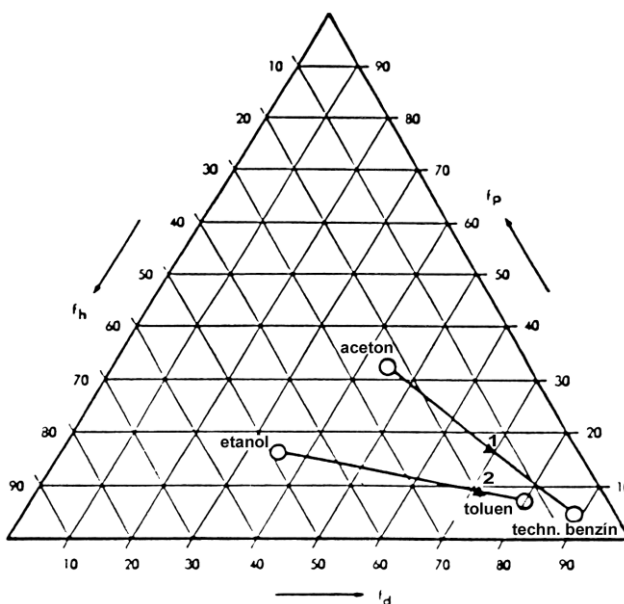
Obr. 3: Poloha jednotlivých skupin rozpouštědel v trojúhelníkovém diagramu.<sup>56</sup>

V restaurátorské praxi nejsou používána pouze čistá rozpouštědla, ale i rozpouštědlové směsi. Pro mísitelnost kapalin platí stejná pravidla jako pro rozpouštění. Kapaliny stejné povahy se mísí, protože navzájem projevují přitažlivé síly stejného druhu. Jsou-li jejich polarity ekvivalentní či zásadně podobné, kapaliny jsou mísitelné a vzniká roztok. Pokud jsou kapaliny odlišné povahy, nemohou projevit vzájemnou přitažlivost stejného typu a roztok nevzniká.

Obecně bývá doporučováno pracovat s dvousložkovými či třísložkovými směsmi, stanovenými buď výpočtem, nebo graficky. Vícesložkové směsi rozpouštědel bývají účinnější než samotné rozpouštědlo srovnatelných parametrů rozpustnosti, směsi rozpouštědel navíc mohou vykazovat nižší toxicitu. Při volbě a zjišťování poměru rozpouštědel pomocí grafického vyjádření nebo naopak se

<sup>56</sup> Převzato z: ZELINGER (viz pozn. 412), s. 12.

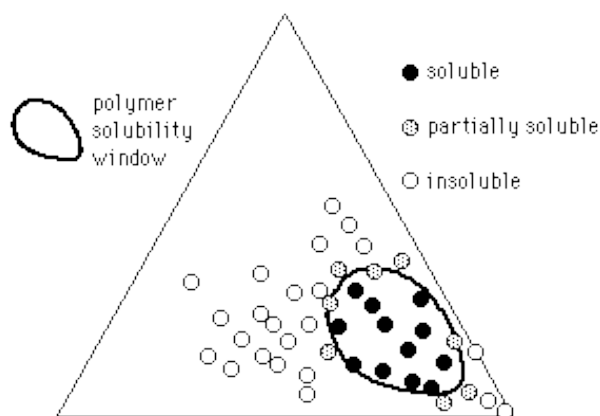
postupuje tak, že se zanesou obě rozpouštědla jako body do trojúhelníkového diagramu, spojí se přímkou a podle procentuálního poměru obou složek se stanoví poloha výsledného bodu. Pokud se jedná o směs tří rozpouštědel, postupuje se stejně, ale navíc se do diagramu zanesou bod třetího rozpouštědla a spojí se s bodem vzniklým na spojnici prvních dvou komponentů. Výsledná oblast rozpustnosti bude ležet na spojnici bodu třetího rozpouštědla a bodu ležícího na úsečce mezi prvními dvěma rozpouštědly ve vzdálenosti určené podle procentuálního poměru.



Obr. 4: Stanovení dvousložkové směsi v trojúhelníkovém diagramu.<sup>57</sup>

Pro syntetické polymery lze v trojúhelníkovém diagramu stanovit určité oblasti rozpustnosti. Rozpustnost polymerů je testována experimentálně s různými rozpouštědly. Podle míry botnění nebo rozpouštění jsou v trojúhelníkovém diagramu na pozici každého testovaného rozpouštědla zakresleny body, které znázorňují, zda se polymer v příslušném rozpouštědle rozpouští, částečně rozpouští nebo nerozpouští vůbec. Vzniká oblast, ve které se nacházejí rozpouštědla se schopností rozpouštět polymer, ohraničené rozpouštědly s částečnou rozpouštěcí schopností.

<sup>57</sup> Převzato z: ZELINGER (viz pozn. 412), s. 14.



Obr. 5: Okno rozpustnosti hypotetického polymeru.<sup>58</sup>

Oblast rozpustnosti polymeru má určitou velikost, tvar a umístění v diagramu v závislosti na polaritě, molekulové hmotnosti polymeru, koncentraci a teplotě, při níž jsou měření provedena. Obecně platí, že:

- polymery s nižší *molekulovou hmotností* mají větší oblast rozpustnosti než polymery s vyšší molekulovou hmotností,
- *teplota* má vliv na zvýšení velikosti oblasti rozpustnosti,
- nižší *koncentrace* polymeru má vliv na zmenšení oblasti rozpustnosti,
- *viskozita* rozpuštěného polymeru je vyšší při účincích rozpouštědla blíže středu oblasti rozpustnosti než mimo střed.

Během přirozeného stárnutí polymerních filmů se výrazně mění vlastnosti polymeru a mění se tak i jejich rozpustná oblast v trojúhelníkovém diagramu. Z toho důvodu má oblast rozpustnosti u zestárých polymerních filmů pouze informační charakter a měla by být pouze výchozím bodem při testech rozpustnosti.

### 2.2.6 Dělení rozpouštědel

Jako rozpouštědla se používá celá řada kapalin, které se navzájem liší svými vlastnostmi (bod varu, viskozita, polarita), ale i riziky spjatými s jejich použitím (toxicita, hořlavost, výbušnost).

Na základě charakteristických vlastností je možné rozpouštědla dělit do mnoha skupin. Nejrozšířenější klasifikace rozpouštědel, která se v oboru restaurování/konzervace využívají nebo která by měla být zohledněna při výběru vhodného rozpouštědla či směsi rozpouštědel, jsou následující:

<sup>58</sup> Převzato z: BURKE (viz pozn. 46).

A) Rozdělení a příklady organických rozpouštědel podle chemického složení<sup>59,60,61</sup>

- *Nasyčené alifatické uhlovodíky* – hexan, heptan
- *Aromatické uhlovodíky* – benzen, toluen, xylen
- *Cyklické uhlovodíky* – cyklohexan
- *Chlorované uhlovodíky* – methylenchlorid (dichlormethan), chloroform (trichlormethan), tetrachlormethan, tetrachlorethan
- *Alkoholy* – methylalkohol (methanol), ethylalkohol (ethanol), propylalkohol (propanol), isopropylalkohol (isopropanol), butylalkohol (butanol), cyklohexanol, ethylenglykol, glycerol
- *Ketony* – dimethylketon (aceton), methylethylketon, cyklohexanon
- *Estery* – methylacetát, ethylacetát, isopropylacetát, butylacetát, glykolacetát
- *Ehtery* – diethyleter, dioxan, tetrahydrofuran (THF)
- *Dusíkaté sloučeniny* – nitromethan, nitroethan, formamid, dimethylformamid (DMF), pyridin
- *Sloučeniny síry* – dimethylsulfoxid

B) Rozdělení rozpouštědel podle polaritý a acidobazických vlastností<sup>62</sup>

- *Nepolární* – zpravidla neobsahují polarizované vazby mezi atomy, patří sem zejména uhlovodíky, např. pentan, hexan, cyklohexan, benzen, toluen, chloroform, diehtylether
- *Polární* – obsahují polarizované vazby mezi atomy
  - *Protická* – obsahují vazby -OH nebo -NH, které mohou odštěpit vodíkový proton nebo se účastnit vodíkové vazby s rozpouštěnými látkami  
Příklady jsou voda, ethanol, propanol, butanol a jiné
  - *Aprotická* – mohou obsahovat vodík, ale nevázaný na elektronegativní atom, jako je kyslík nebo dusík, takže nemohou vytvořit vodíkové můstky ani poskytovat proton  
Příklady jsou aceton, dimethylformamid, dimethylsulfoxid

---

<sup>59</sup> VOJTĚCHOVSKÝ (viz pozn. 43), s. 20–25.

<sup>60</sup> SLÁNSKÝ, B. *Technika malby díl I.: malířský a konzervační materiál*. Vydání 2. Praha a Litomyšl: Paseka, 2003. ISBN 80-7185-610-X, s. 94-101.

<sup>61</sup> BAYER (viz pozn. 44)

<sup>62</sup> *Science for Conservators, Vol. 2: Cleaning*. New York: Conservation Unit of the Museums, 1992. ISBN 04-150-7165-8, s. 63-71.

### C) Rozdělení rozpouštědel podle schopnosti penetrace a retence<sup>63</sup>

Dále je možné dělit rozpouštědla podle schopnosti *penetrace a retence*. Tyto schopnosti jsou velmi důležité při hodnocení účinnosti rozpouštědla. Schopnost penetrace, tedy pronikání rozpouštědla do porézního systému malby závisí na vlastnostech odstraňovaného materiálu i nástěnné malby souvisejícími se strukturou, stářím a stavem a na vlastnostech rozpouštědla, jeho povrchovém napětí, viskozitě nebo bodu varu. Čas potřebný na vytěkání rozpouštědla z porézního systému závisí zejména na bodu varu rozpouštědla, ale také na charakteru odstraňovaného materiálu a podložky.<sup>64,65</sup>

- *Kategorie I. „odstraňovací“ rozpouštědla* – hluboko penetrující, dlouhá a silná retence  
terpentýn, tetrahydrofuran, glykoly, diacetonalkohol, formamid, dimethylsulfoxid, terc-butylamin, n-butylamin, dimethylformamid, kyselina mravenčí, kyselina octová
- *Kategorie II. „střední“ rozpouštědla* – středně penetrující, střední retence  
ketony, alkoholy, estery, voda
- *Kategorie III. „mobilní“ rozpouštědla* – hluboko penetrující, krátká a slabá retence  
chlorované uhlovodíky, aromatická rozpouštědla
- *Kategorie IV. „těkavá“ rozpouštědla* – málo penetrující, krátká a slabá retence  
nasycené uhlovodíky, nízkomolekulární étery

Nejnebezpečnější jsou pro originální barevnou vrstvu rozpouštědla I. kategorie, která dobře penetrují a mají silnou a dlouhou retenci. V případě nutnosti použití těchto rozpouštědel je třeba myslet na to, že s dobou působení vzrůstá jejich nebezpečnost. Každý přebytek rozpouštědla by měl být odstraněn odsátím suchou vatou. Většinou je proto dávana přednost rozpouštědlům se střední retencí

---

<sup>63</sup> ZELINGER (viz pozn. 42), s. 16–17.

<sup>64</sup> Bod varu podává přibližnou představu o těkavosti rozpouštědla. Dle bodu varu lze rozdělit rozpouštědla na nízkovroucí (bod varu je nižší než 100 °C), středně vroucí (100–150 °C), vysokovroucí (150–250 °C). Rozpouštědla s bodem varu nad 180 °C se za obvyčejné teploty úplně neodpařují a zanechávají residua. SLÁNSKÝ, B. *Technika malby díl I.: malířský a konzervační materiál*. Vydání 2. Praha a Litomyšl: Paseka, 2003. ISBN 80-7185-610-X, s. 88.

<sup>65</sup> VOJTĚCHOVSKÝ (viz pozn. 43), s. 34.

a rozpouštědlovým směsím<sup>66</sup>, které mohou mít díky kombinování vlastností odlišných kategorií různorodé rozpouštěcí schopnosti. Ve směsích by mělo být „aktivní“ rozpouštědlo kategorie I. a II. zředito „mobilním“ nebo „těkavým“ rozpouštědlem. Na základě zkoušek je poté možné upravovat poměry jednotlivých složek.<sup>67</sup>

Při výběru rozpouštědel je nezbytné hodnotit i jejich *toxicitu*. Pronikání výparů rozpouštědel do našeho těla vdechováním může způsobit lehčí zdravotní komplikace (bolest hlavy, nevolnost, malátnost, deprese, podráždění očí) až trvalá poškození kostní dřevě, ledvin a jater, alergií či rakovinu. Do lidského organismu mohou být rozpouštědla absorbována i kůží, což může vyvolat otravu, či kožní nemoci.<sup>68,69</sup>

Používání škodlivých látek z hlediska ochrany lidského zdraví je v ČR, stejně jako ve všech civilizovaných státech, omezeno právními předpisy. Podle nařízení vlády č. 361/2007 Sb. jsou stanoveny dva druhy expozičních limitů – tzv. *přípustné expoziční limity (PEL)*<sup>70</sup> a *nejvyšší přípustná koncentrace (NPK-P)*.<sup>71</sup> Při práci s rozpouštědly je třeba sledovat tyto hodnoty a používat účinná ochranná opatření<sup>72</sup> a prostředky<sup>73</sup>.

---

<sup>66</sup> Vzhledem k tomu, že u komplikovaných směsí je těžké odhadnout jejich působení, doporučuje se používat směsi o 2-3 složkách.

<sup>67</sup> ZELINGER (viz pozn. 42), s. 16–20.

<sup>68</sup> ZELINGER (viz pozn. 35), s. 246–247.

<sup>69</sup> HORIE (viz pozn. 40), s. 61.

<sup>70</sup> „Přípustný expoziční limit chemické látky nebo prachu je celosměnový časově vážený průměr koncentrací plynů, par nebo aerosolů v pracovním ovzduší, jimž může být podle současného stavu znalostí vystaven zaměstnanec v osmihodinové nebo kratší směně týdenní pracovní doby, aniž by u něho došlo i při celoživotní pracovní expozici k poškození zdraví, k ohrožení jeho pracovní schopnosti a výkonnosti. Přípustný expoziční limit je stanoven pro práci, při které průměrná plicní ventilace zaměstnance nepřekračuje 20 litrů za minutu za osmihodinovou směnu. Koncentrace chemické látky nebo prachu v pracovním ovzduší, jejímž zdrojem není technologický proces, nesmí překročit 1/3 jejich přípustných expozičních limitů.“ Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. ze dne 12. 12. 2007, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, § 9 odst. 2. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2007, částka 111, str. 5086-5236. Dostupný také z: <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=5202>. ISSN 1211-1244.

<sup>71</sup> „Nejvyšší přípustná koncentrace je taková koncentrace chemické látky, které nesmí být zaměstnanec v žádném úseku směny vystaven.“ Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. ze dne 12. 12. 2007, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, § 9 odst. 4 věta první. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2007, částka 111, str. 5086-5236. Dostupný také z: <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=5202>. ISSN 1211-1244.

<sup>72</sup> Správné skladování, označení a kontrola koncentrace používaných rozpouštědel, odsávání výparů rozpouštědel a likvidace zbytků a odpadů z rozpouštědel. VOJTĚCHOVSKÝ (viz pozn. 43), s. 65-67.

<sup>73</sup> Ochranné masky a respirátory, pracovní pláště, rukavice, omezení přímého kontaktu kůže s rozpouštědlem. VOJTĚCHOVSKÝ (viz pozn. 43), s. 65-68.

## 2.3 Mikroemulze a micelární roztoky

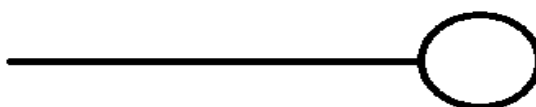
### 2.3.1 Povrchově aktivní látky (PAL)<sup>74,75,76,77</sup>

Povrchově aktivní látky (PAL, jinak tenzid)<sup>78</sup> snižují mezifázovou, příp. povrchovou energii a samovolně se koncentrují ve fázovém rozhraní. Pojem fázové rozhraní vyjadřuje oblast mezi nemísitelnými fázemi, tedy kombinacemi fází pevná látka/kapalina, pevná látka/plyn, pevná látka/pevná látka, kapalina/plyn a kapalina/kapalina. Následující text je zaměřen zejména na systémy obsahující alespoň jednu kapalnou fázi, většinou ale ne vždy vodu.

Specifické schopnosti povrchově aktivních látek jsou podmíněny dipolární asymetrickou strukturou molekul, určující jejich amfifilní (amfipatický) charakter. Molekula povrchově aktivní látky je složena z tzv. lyofilní části, která je nositelem rozpustnosti v disperzním prostředí, a lyofobní části, která je v disperzním prostředí nerozpustná a je příčinou následné asociace molekul. Zjednodušeně je možné konstatovat, že je amfifilní charakter tenzidu většinou zajištěn hydrofilní - polární (např.  $-\text{COO}^-$ ,  $-\text{SO}_3^-$ ) částí a hydrofobní - nepolární částí molekul, kterou často bývá nasycená nebo nenasycená uhlovodíková skupina s 10 až 18 uhlíkovými atomy v řetězci.

nepolární hydrofobní část

polární hydrofilní část



Obr. 6: Schéma molekuly povrchově aktivní látky.

<sup>74</sup> NAVRÁTILOVÁ, M. *Tenzidy a jejich využití pro odstraňování nečistot z objektů s barevnými povrchovými úpravami*. Litomyšl, 2010. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování. Vedoucí práce Ing. Karol Bayer, s. 11.

<sup>75</sup> BAYER (viz pozn. 44).

<sup>76</sup> ŠMIDRKAL, J. *Tenzidy a detergenty dnes*. Chemické listy. 1999, 93, s. 421-427.

<sup>77</sup> POUCHLÝ, J. *Fyzikální chemie makromolekulárních a koloidních soustav* [online]. Praha: Vydavatelství VŠCHT Praha, 2008 [cit. 2014-07-29]. Molekulární struktura vodorozpustných micelárních koloidů, s. 169. Dostupné z: [http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid\\_isbn-978-80-7080-674-6/pages-img/169.html](http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_isbn-978-80-7080-674-6/pages-img/169.html).

<sup>78</sup> Standardně se používá zkratky PAL, synonymy jsou *tenzidy* (z němčiny), *surfactanty* (z angličtiny).

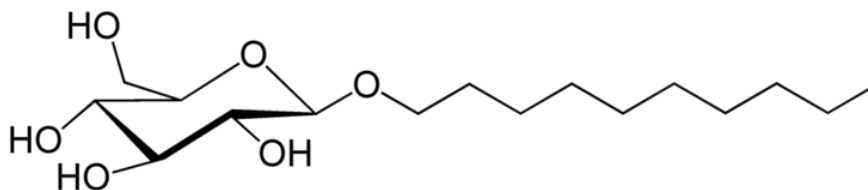
### 2.3.2 Rozdělení povrchově aktivních látek

Povrchově aktivní látky je možné klasifikovat na základě typu hydrofobní složky, iontového charakteru, použití, systematiky organických sloučenin či biologické rozložitelnosti atd. Nejčastěji se povrchově aktivní látky klasifikují podle ionicity, tedy iontového charakteru hydrofilní skupiny. Neionické PAL obsahují funkční hydrofilní skupiny, které ve vodném prostředí nedisociují, hydrofilní skupiny ionických PAL jsou schopné ve vodném prostředí disociovat.<sup>79</sup>

*Neionické (neionogenní)*<sup>80</sup>

Nositelem hydrofilních vlastností jsou polární nedisociující skupiny. Tyto skupiny jsou vázány buď přímo, nebo přes další funkční skupiny na hydrofilní část molekuly. Hydrofobní část molekuly tvoří alkylový řetězec nebo alkylem substituovaný aromatický uhlovodík. Jejich detergenční vlastnosti a pěnivost jsou obecně nižší než u ionických tenzidů. Podle druhu můstku, který spojuje hydrofilní a hydrofobní část molekuly, se neionické tenzidy dělí na látky s etherovým můstkem, s aminovým či amidickým můstkem, dále s esterovým můstkem a povrchově aktivní látky na bázi oxidů.

Mezi velmi perspektivní skupinu povrchově aktivních látek s esterovým můstkem se řadí i *alkylpolyglykosidy (APG)*. Jejich výhodou je, že suroviny potřebné pro jejich výrobu pocházejí z přírodních surovin, jsou rychle dokonale biologicky rozložitelné, zdravotně nezávadné a mají vynikající aplikační vlastnosti.



Obr. 7: Schéma molekuly polyalkylglykosidu.<sup>81</sup>

<sup>79</sup> Podrobně se dělením tenzidů zabývá Michaela Navrátilová ve své bakalářské práci. NAVRÁTILOVÁ (viz pozn. 75), s. 12-17.

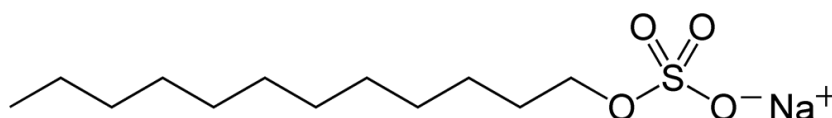
<sup>80</sup> NAVRÁTILOVÁ (viz pozn. 75), s. 15-17.

<sup>81</sup> Zdroj: <http://swiftcraftymonkey.blogspot.cz/2010/04/surfactants-alkyl-polyglucosides-or.html>.

## *Ionické (ionogenní)*

- *Anionické (anionaktivní)*

Nositelem hydrofilních vlastností je anion, který je většinou tvořen karboxyláty ( $-\text{COO}^-$ ), sulfonáty ( $-\text{SO}_3^-$ ), sulfáty ( $-\text{OSO}_3^-$ ) nebo fosfáty ( $\text{PO}_3^{2-}$ ), protonem bývá sodík, případně draslík, vápník aj. Mají nejširší praktické využití, které je podmíněno také jejich nízkou cenou. Mezi anionické povrchově aktivní látky náležící do skupiny sulfátů patří často využívaný *dodecylsulfát sodný (SDS)*.



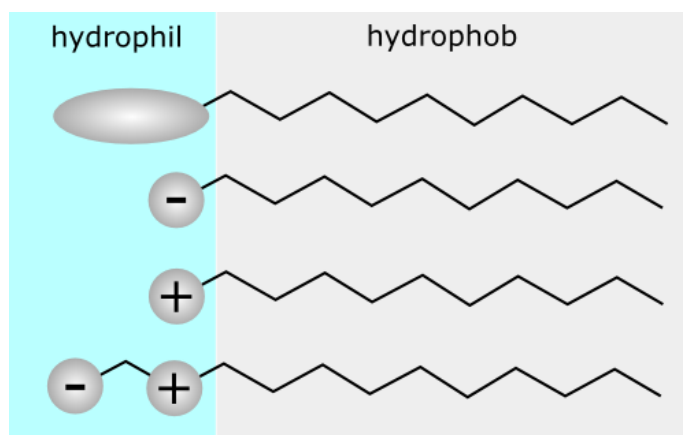
Obr. 8: Schéma molekuly SDS.<sup>82</sup>

- *Kationické (kationaktivní)*

Nositelem hydrofilních vlastností je kation. Kationické a dále zmíněné amfoterní povrchově aktivní látky nejsou detailněji v textu vzhledem k jeho zaměření popsány.

- *Amfoterní (amfolitické)*

V závislosti na pH prostředí se chovají jako anionické nebo kationické.



Obr. 9: Klasifikace povrchově aktivních látek podle ionicity: sestupně neionogenní, anionaktivní, kationaktivní, amfolitické.<sup>83</sup>

<sup>82</sup> Zdroj: <http://jes.ecsdl.org/content/160/1/D1/F4.large.jpg>

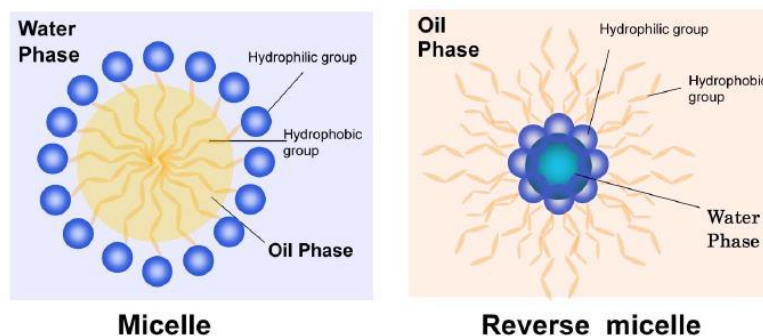
<sup>83</sup> Zdroj: <http://en.wikipedia.org/wiki/Surfactant>

### 2.3.3 Micely, micelární roztoky<sup>84,85,86</sup>

Při překročení jisté koncentrace povrchově aktivní látky v disperzním prostředí, tzv. *kritické micelární koncentrace (KMK)*<sup>87</sup>, se začnou molekuly PAL asociovat do *micel*, útvarů koloidní velikosti. Vzniká tak soustava, která se nazývá micelární koloidní roztok (micelární roztok).

V polárních rozpouštědlech, mezi něž se řadí voda, vznikají tzv. *normální micely*. Jádrem těchto micel je většinou tvořeno navzájem propletenými uhlovodíkovými řetězci, tedy nepolárními částmi molekul PAL, vnější povrch polárními, tedy hydrofilními skupinami. Tím je dosaženo minimálního styku mezi molekulami vody a hydrofobními částmi molekul PAL.

V nepolárních rozpouštědlech se vyskytují tzv. *obrácené (reverzní, invertní) micely* s opačnou orientací částic – jádro micely je tvořeno polárními, příp. hydrofilními skupinami a povrch nepolárními, příp. hydrofobními skupinami.



Obr. 10: Schéma normální a invertní micely.<sup>88</sup>

Velikost micel je ovlivňována např. délkou hydrofobního řetězce (s rostoucí délkou řetězců jsou micely větší), koncentrací PAL (s rostoucí koncentrací jsou micely větší) či teplotou (větší micely vznikají při nižší teplotě). V závislosti na koncentraci povrchově aktivní látky vznikají různé tvary micel. V roztocích těsně nad hodnotou KMK vznikají malé *kulovité micely*, jejichž poloměr je přibližně roven

<sup>84</sup> NAVRÁTILOVÁ (viz pozn. 75), s. 18-20.

<sup>85</sup> BARTOVSKÁ, L., ŠIŠKOVÁ, M. *Co je co v povrchové a koloidní chemii: Výkladový slovník* [online]. Praha: Vydavatelství VŠCHT Praha, 2005 [cit. 2014-07-16]. Micela (asociativní). Dostupné z: [http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid\\_es-001/ebook.help.htm](http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_es-001/ebook.help.htm).

<sup>86</sup> BARTOVSKÁ (viz pozn. 86), Kritická molární koncentrace. Dostupné z: [http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid\\_es-001/ebook.help.htm](http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_es-001/ebook.help.htm).

<sup>87</sup> Anglicky Critical Micellar Concentration (CMC).

<sup>88</sup> Zdroj: [http://science.kwansei.ac.jp/~ozaki/NIRMisci\\_e.html](http://science.kwansei.ac.jp/~ozaki/NIRMisci_e.html).

délce molekuly PAL. Při vyšších koncentracích mohou vznikat *válcovité micely*, které při vyšších koncentracích vytváří *hexagonální kapalně krystalové*, nebo *laminární micely*, díky kterým dostatečně koncentrované roztoky přechází v gel.

Micelární roztoky mohou obsahovat více povrchově aktivních látek za vzniku tzv. *směsných micel*. V těchto systémech může docházet k různým stupňům vzájemné interakce molekul PAL. V některých případech jsou směsné micely komponovány z povrchově aktivní látky tvořící samovolně micely a z povrchově aktivní látky, která není schopná micely samovolně tvořit (většinou alkoholu se střední délkou uhlovodíkového řetězce).<sup>89</sup>

### 2.3.4 Charakteristické vlastnosti PAL<sup>90,91</sup>

Díky svému amfifilnímu charakteru vykazují povrchově aktivní látky charakteristické vlastnosti, mezi něž lze zařadit zejména smáčecí, pěnicí, emulgační, detergenční a solubilizační schopnosti. V souvislosti s možností využití PAL při odstraňování nežádoucích látek (čištění) jsou důležité zejména solubilizační a emulgační vlastnosti tenzidů.

### 2.3.5 Solubilizace<sup>92,93,94</sup>

Schopnost včleňovat, neboli solubilizovat, molekuly další látky do micel je velmi důležitou vlastností micelárních roztoků povrchově aktivních látek. *Micelární solubilizace* je jev, kterým se označuje tzv. rozpouštění látek nerozpustných, nebo nepatrně rozpustných v disperzním prostředí. Praktický význam solubilizačních schopností micel tedy spočívá zejména v možnosti rozpouštět organické látky, jež jsou ve vodě prakticky nerozpustné.

---

<sup>89</sup> HOLMBERG, K., JÖNSSON, B., KRONBERG, B., LINDMAN, B. *Surfactants and Polymers in Aqueous Solution*. John Wiley & Sons, Ltd, 2002. ISBN 0-471-49883-1. Surfactant micellization, s. 39-66.

<sup>90</sup> NAVRÁTILOVÁ (viz pozn. 75), s. 52-56.

<sup>91</sup> BARTOVSKÁ (viz pozn. 86), Emulze.

Dostupné z: [http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid\\_es-001/ebook.help.htm](http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_es-001/ebook.help.htm).

<sup>92</sup> VYMĚTALÍKOVÁ, M. 2.1.3.3 Solubilizace, s. 8. *Studium povrchově aktivních látek elektrochemickými metodami*. Olomouc, 2010. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci. Přírodovědecká fakulta. Katedra analytické chemie. Vedoucí práce Mgr. Jitka Součková.

<sup>93</sup> BARTOVSKÁ (viz pozn. 86), Solubilizace.

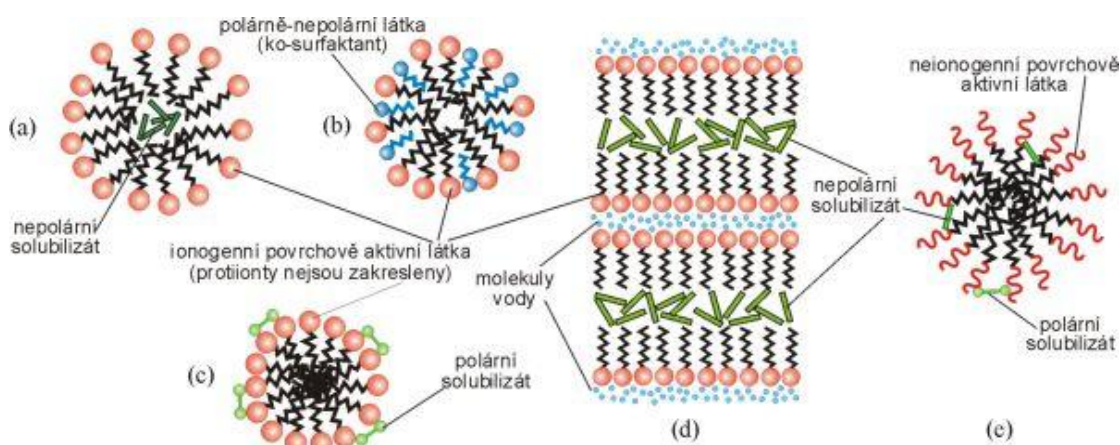
Dostupné z: [http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid\\_es-001/ebook.help.htm](http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_es-001/ebook.help.htm).

<sup>94</sup> POUCHLÝ (viz pozn. 78), kapitola 14.3.5 Solubilizace, s. 179-180.

Dostupné z: [http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid\\_isbn-978-80-7080-674-6/pages-img/179.html](http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_isbn-978-80-7080-674-6/pages-img/179.html)

Aby mohlo dojít k solubilizaci, musí být překročena KMK povrchově aktivní látky v disperzním prostředí, tzn., že molekuly PAL mohou asociovat do micely. Solubilizovaná látka (tzv. *solubilizát*) se včleňuje do micel. Umístění solubilizátu v micelle závisí na jeho molekulární struktuře. Při solubilizaci roste hmotnost micel povrchově aktivní látky nejen v důsledku zabudování molekul solubilizátu do micely, ale také proto, že solubilizací se zvětší objem hydrofobního jádra a musí se tedy zvětšit i počet molekul surfaktantu tvořících micelu.

Nepolární látky jsou solubilizovány tak, že jsou zcela pohlceny v jádře micely. Naproti tomu některé amfipatické látky, jež nejsou schopné samy o sobě asociovat v micely, tzv. ko-surfaktanty (často alkoholy o střední délce řetězce), se v přítomnosti micelárního koloidu solubilizují tím způsobem, že s ním vytvářejí smíšené micely neboli komicely. Rozmísťují se v micelách tak, že jejich uhlovodíkové řetězce směřují dovnitř micel a polární skupiny do vodné fáze. Přímá solubilizace nastává v roztoku normálních micel, obrácená solubilizace nastává v systémech s nepolárním prostředím, kde vznikají obrácené micely s hydrofilním jádrem a hydrofobním povrchem.



Obr. 11: Přímá solubilizace (a) nepolárních látek, (b) polárně-nepolárních látek, (c) polárních látek v malých ionogenních micelách, (d) nepolárních látek v McBainových micelách, (e) nepolárních a polárních látek v neionogenních micelách.<sup>95</sup>

### 2.3.6 Emulgační schopnost

*Emulze* je definována jako heterogenní směs dvou nemísitelných nebo omezeně mísitelných kapalin, které mají obvykle různou hustotu a polaritu. Částice jedné

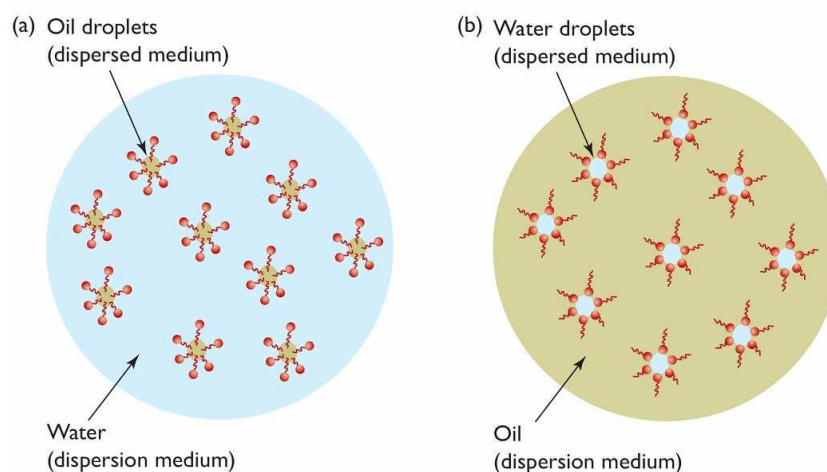
<sup>95</sup> Zdroj: BARTOVSKÁ (viz pozn. 86). Solubilizace. Dostupné z: [http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid\\_es-001/ebook.help.htm](http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_es-001/ebook.help.htm)

kapaliny jsou rozptýleny (dispergovány) ve druhé kapalině. Vzniká soustava obsahující dva druhy složek neboli fází, rozptýlenou (dispergovanou/vnitřní) fází ve formě jemných částic a spojitou (vnější) fází, která vytváří disperzní prostředí.

*Emulgace* je pochod, při němž vzniká ze dvou nemísitelných či omezeně mísitelných fází emulze. Emulze se za přítomnosti emulgátoru (PAL) nejčastěji připravuje intenzivním mechanickým dispergováním (třepání, míchání, ultrazvukem), které vede k vzájemnému pronikání obou kapalin. Emulgátor umožňuje vznik emulze a emulzi stabilizuje, při jeho absenci by došlo k separaci fází. Při procesu emulgace se povrchově aktivní látka adsorbuje na povrch částiček dispergované fáze a na fázovém rozhraní vytvoří souvislý film s určitým nábojem. Vzájemným odpuzováním jednotlivých částiček se stejným nábojem nemůže dojít k jejich spojování. Barva a vzhled emulzí závisí na koncentraci a velikosti částic disperzního podílu a na indexu lomu obou kapalných fází. Emulze bývají kalné, koncentrovanější emulze jsou neprůhledné.

Podle polárnosti disperzního podílu a prostředí se emulze dělí na dva základní typy:

- *Přímé emulze* – označované jako O/V<sup>96</sup> (olej/voda), ve kterých je disperzním prostředím polárnější kapalina, obvykle voda nebo vodný roztok.
- *Obrácené emulze* – označované jako V/O, ve kterých je disperzním prostředím méně polární kapalina.



Obr. 12: Schéma základních typů emulzí: O/V emulze (a) a V/O emulze (b).<sup>97</sup>

<sup>96</sup> V odborné literatuře je písmenem „O“ v této souvislosti běžně značena nepolární fázi bez ohledu na to, zda je v olejovité fázi či nikoliv, a „V“ značí polárnější kapalinu.

### 2.3.7 Mikroemulze<sup>98,99,100,101</sup>

Mikroemulze jsou kapalné, stabilní a homogenní, opticky transparentní, izotropní systémy. Vznikají samovolně ze dvou vzájemně nemísitelných kapalin, přičemž jedna kapalina je dispergována ve druhé ve formě mikro-částic stabilizovaných alespoň monovrstvou povrchově aktivní látky. Mikroemulze jsou charakteristické malou velikostí částic, de facto je možné je považovat za přechod mezi micelárním roztokem a klasickou emulzí. Od normálních emulzí (makroemulzí) se kromě rozdílné velikosti částic liší svou průhledností a termodynamickou stabilitou. Tyto rozdíly jsou natolik zásadní, že nelze klasické emulze zaměňovat za mikroemulzní systémy.

Systémy skládající se ze dvou vzájemně nemísitelných rozpouštědel a tenzidu mohou tvořit stabilní mikroemulzní systém. V mnoha případech je však nutné do směsi přidat ko-surfaktant, aby vznikl termodynamicky stabilní systém s požadovanými vlastnostmi. Jak je uvedeno v předchozím textu, ko-surfaktanty bývají povrchově aktivní látky, jejichž uhlovodíkový řetězec není dost dlouhý na to, aby mohly jednotlivé molekuly samostatně asociovat v micely. Ko-surfaktanty však mohou vstupovat do struktury micel a tím dále snižovat povrchové napětí systému.

### 2.3.8 Využití mikroemulzí a micelárních roztoků při odstraňování polymerů z povrchu nástěnné malby

V odborné literatuře jsou uvedeny příklady využití vodných mikroemulzí a micelárních roztoků (dále také nanodisperzních systémů) v souvislosti s odstraňováním nežádoucích látek, zejména polymerů, z povrchů materiálů. Tyto polymerní látky byly používány při konsolidaci, fixaci a vytvoření ochranných povrchových vrstev různých typů objektů kulturního dědictví. V podstatně menší

---

<sup>97</sup> Zdroj: <http://nsb.wikidot.com/c-9-5-5-4>.

<sup>98</sup> HOLMBERG (viz pozn. 90), *Microemulsions*, s. 139-154.

<sup>99</sup> BARTOVSKÁ (viz pozn. 86). Mikroemulze. Dostupné z: [http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid\\_es-001/ebook.help.htm](http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_es-001/ebook.help.htm)

<sup>100</sup> BAGLIONI, M., GIORGI, R., BERTI, D. a BAGLIONI, P. Smart cleaning of cultural heritage: a new challenge for soft nanoscience. *Nanoscale*. 2011, 4, 9, s. 42-53.

<sup>101</sup> BAGLIONI, P., BERTI, D., BONINI, M., CARRETTI, E., DEI, L., FRATINI, E., GIORGI, R. Micelle, microemulsions, and gels for the conservation of cultural heritage. *Advances in Colloid and Interface Science*. 2014, s. s. 361-371.

míře jsou publikovány zmínky o využití uvedených nanodisperzních systémů k odstraňování anorganických látek, například síranových krust.<sup>102</sup>

První aplikace mikroemulzí byla pravděpodobně provedena v 80. letech minulého století při restaurování nástěnných maleb od Masaccia, Masoliniho a Lippiho v kapli Brancacciů ve Florencii (1984 – 1990). Pomocí mikroemulze složené z dodecysulfátu sodného (tenzid), dodekanu (rozpouštědlo), n-butanolu (ko-surfaktant) a vody byl z povrchu malby úspěšně odstraněn vosk, aniž by penetroval do porézního systému malby.<sup>103</sup>

V souvislosti s restaurováním-konzervací byly formulovány a použity různé nanodisperzní systémy zejména za účelem odstranění syntetických polymerů. V odborné literatuře jsou odstraňované syntetické polymerní látky podle jejich chemické podstaty často řazeny do následujících skupin:<sup>104,105,106</sup>

- A) tzv. polymery a kopolymery na bázi akrylátů – do této skupiny jsou řazeny zejména styrenakrylátové kopolymery, polymery a kopolymery na bázi akrylátů
- B) tzv. vinylové polymery a kopolymery – do této skupiny jsou řazeny zejména polyvinylacetátové, případně polyvinylalkoholové polymery
- C) kopolymery na bázi vinylacetátových a akrylátových polymerů

Vhodný typ nanodisperzního systému je v podstatě určen vlastnostmi, zejména polaritou, použitého rozpouštědla nebo směsi rozpouštědel, přičemž výběr rozpouštědel závisí na chemické podstatě odstraňovaného polymeru. Zjednodušeně lze říci, že k odstraňování polymerů skupiny A, tedy zejména akrylátových polymerů, jsou určeny mikroemulzní systémy, k odstraňování polymerů druhého typu spíše micelární roztoky. Toto členění však není možné striktně dodržovat kvůli složitosti vyvíjených systémů, které mnohdy nelze definovat jako jeden či druhý typ nanodisperzního systému, jelikož se svým složením a vlastnostmi pohybují mezi mikroemulzemi a micelárními roztoky. V odborné anglické literatuře jsou v tomto

---

<sup>102</sup> CARRETTI, E, GIORGI, R, BERTI, D, BAGLIONI, P. *Langmuir*. 2007, 23, 6396-6403.

<sup>103</sup> BAGLIONI (viz pozn. 102).

<sup>104</sup> BAGLIONI (viz pozn. 102).

<sup>105</sup> BAGLIONI (viz pozn. 101).

<sup>106</sup> RODORICO, G., BAGLIONI, M., BERTI, D., BAGLIONI, P. New Methodologies for the Conservation of the Cultural Heritage: Micellar Solutions, Microemulsions, and Hydroxide Nanoparticles. *Accounts of chemical research*. 2010, 43, 6, s. 695 – 704.

nevyhraněném případě, kterým lze popsat jako micelární roztok obsahující alespoň jeden kosurfaktant a minimálně jedno rozpouštědlo, které není zcela solubilizováno v centru micely, využíván název „swollen micelles“ (tedy zbotnalé micely). V následujícím textu je tento typ nanodisperzního systému nazýván jako micelární roztok se „zvětšenými micelami“ nebo systém se „zvětšenými micelami“. Tento systém je primárně určen zejména pro odstraňování kopolymerů vinylacetát-akrylát, nicméně se ukázal být jako vysoce účinný i při odstraňování akrylátových polymerů a kopolymerů.

Popsané nanodisperzní systémy obsahují jedno i více rozpouštědel, jejichž celkové množství v systému se většinou pohybuje okolo 10 % hm. Jako povrchově aktivní látka je ve většině publikovaných případů využíván anionický dodecylsulfát sodný (SDS). Kvůli některým příznivějším vlastnostem oproti SDS, mezi které lze řadit nižší pěnovost a kritickou micelární koncentraci nebo vysokou biologickou odbouratelnost, jsou používány neionické surfaktanty většinou na bázi alkylnepolyglykosidů (APG). Obsah povrchově aktivní látky bývá přibližně 5 % hm. Ko-surfaktantem bývá nejčastěji 1-pentanol, tedy alkohol se středně dlouhým uhlovodíkovým řetězcem.

V následující tabulce jsou uvedeny základní typy nano-strukturních systémů a příklady jejich využití v praxi.<sup>107,108,109</sup>

Chemická podstata odstraňovaných polymerních látek	Název nano-strukturního systému	Složení nano-strukturního systému	Odstraňovaný polymer
Akryláty (A)	<i>Mikroemulze XYL</i>	voda – vnější fáze SDS – povrchově aktivní látka 1-pentanol (PeOH) – ko-surfaktant p-xylen – rozpouštědlo (vnitřní fáze)	<i>Paraloidu B72</i> (kopolymer etyl metakrylátu a metyl akrylátu, 70 : 30) <sup>110</sup>
	<i>Mikroemulze XYL-ND („Klasický systém“)</i>	voda – vnější fáze SDS – povrchově aktivní látka 1-pentanol (PeOH) – ko-surfaktant směs p-xylenu a nitro ředidla (65% tylacetát + 15% etylacetát + 6% n-butylalkohol + 2% celosolv acetát) – rozpouštědlová směs (vnitřní fáze)	lesklý zežloutlý kompaktní film <i>Paraloidu B72</i> <sup>111</sup>
Vinylacetáty (B)	<i>Micelární roztok PC22 („Conegliano systém“)</i>	voda – vnější fáze SDS – povrchově aktivní látka 1-pentanol (PeOH) – ko-surfaktant propylenkarbonát (PC) <sup>112</sup> – 22 %, rozpouštědlo a ko-surfaktant	<i>polyvinylacetát</i> <sup>113</sup>
Kopolymery vinylacetátu a akrylátu (C)	<i>Systém EAPC („Mayapan systém“)</i>	voda – vnější fáze SDS – povrchově aktivní látka 1-pentanol (PeOH) – ko-surfaktant propylenkarbonát (PC) – rozpouštědlo a ko-surfaktant ethylacetát (EA) – rozpouštědlo (vnitřní fáze) <sup>114</sup>	<i>Mowilith DM5</i> (kopolymer vinylacetátu a n-butylakrylátu, 65 : 35) <sup>115</sup>

Tab. 5: Příklady odstraňování polymerních reziduí na akrylátové bázi, na bázi vinylacetátů a kopolymerů vinylacetátů a akrylátů pomocí nanodisperzních systémů.

<sup>107</sup> BAGLIONI (viz pozn. 102).

<sup>108</sup> BAGLIONI (viz pozn. 101).

<sup>109</sup> RODORICO (viz pozn. 107).

<sup>110</sup> Poprvé testována na nástěnných malbách Spinella Aretina v kapli Guasconi (kostel sv. Františka, Arezzo, Itálie).

<sup>111</sup> Na nástěnných malbách v kostele sv. Salvadora v Benátkách, kde se nacházel lesklý zestárlý zežloutlý a kompaktní film Paraloidu B72.

<sup>112</sup> Předchozí výzkumy prokázaly, že PC působí částečně jako ko-surfaktant, podílející se na tvorbě micel. V důsledku jejich přítomnosti v prostoru, kde se nacházejí hlavy tenzidu, se snižuje velikost micel a počet molekul přítomných v SDS micelách (tzv. agregační číslo). Mimo to, že je PC obsažený v micelách, je také z velké části rozpuštěný ve vodné fázi.

<sup>113</sup> Systém PC22 byl úspěšně použit v roce 2003 při restaurování fasády katedrály v Coneglianu (Itálie) ošetřené polyvinylacetátem.

<sup>114</sup> Tento systém se liší od klasické mikroemulze v důsledku přítomnosti dvou komponent (propylenkarbonát a etylacetát), které jsou částečně rozpuštěné jak v rozptýlené fázi, tak v disperzním prostředí. EA je v micelách navázán v jádru, PC na povrchu micel.

<sup>115</sup> EAPC systém byl poprvé testován v roce 2008 na nástěnných malbách v archeologické oblasti Mayapan v Mexiku.

### 2.3.9 Mechanismus čištění<sup>116,117,118</sup>

Čisticí schopnost mikroemulzí a micelárních roztoků vzniká kombinací několika faktorů:

- detergenční schopností micel
- rozpouštěcí silou organického rozpouštědla
- nízkým mezifázovým napětím

Micely přítomné ve všech těchto systémech zajišťují separaci fází, uplatňují se jako nosiče rozpouštědel a rychle zprostředkovávají jejich interakci s polymerem. Vodné disperzní prostředí spolu s micelami navíc zabraňuje opětovnému ukládání polymeru.

U micelárního roztoku se zvětšenými micelami lze mechanismus čištění rozdělit do následujících tří kroků:

- 1) Do polymerního filmu nejprve difundují rozpouštědla rozpuštěná ve vodném disperzním prostředí. Rozptýlené nanočástice fungují jako rezervoár rozpouštědel.
- 2) Dochází k sérii výměn, kdy rozpouštědla migrují z vodné fáze do polymeru, z nanočástic (označovaných jako „nanokonteinery“, protože fungují jako rezervoár rozpouštědel) do vodné fáze a z nanočástic do polymeru.
- 3) Polymerní film extrahuje optimální množství rozpouštědla, potřebného z rozpletení jeho řetězců. Polymer botná a odděluje se od substrátu ve formě malých kapiček, zatímco nanočástice reorganizují jejich strukturu, zmenšují se a snižuje se objem agregátů v důsledku vyčerpání organického rozpouštědla.

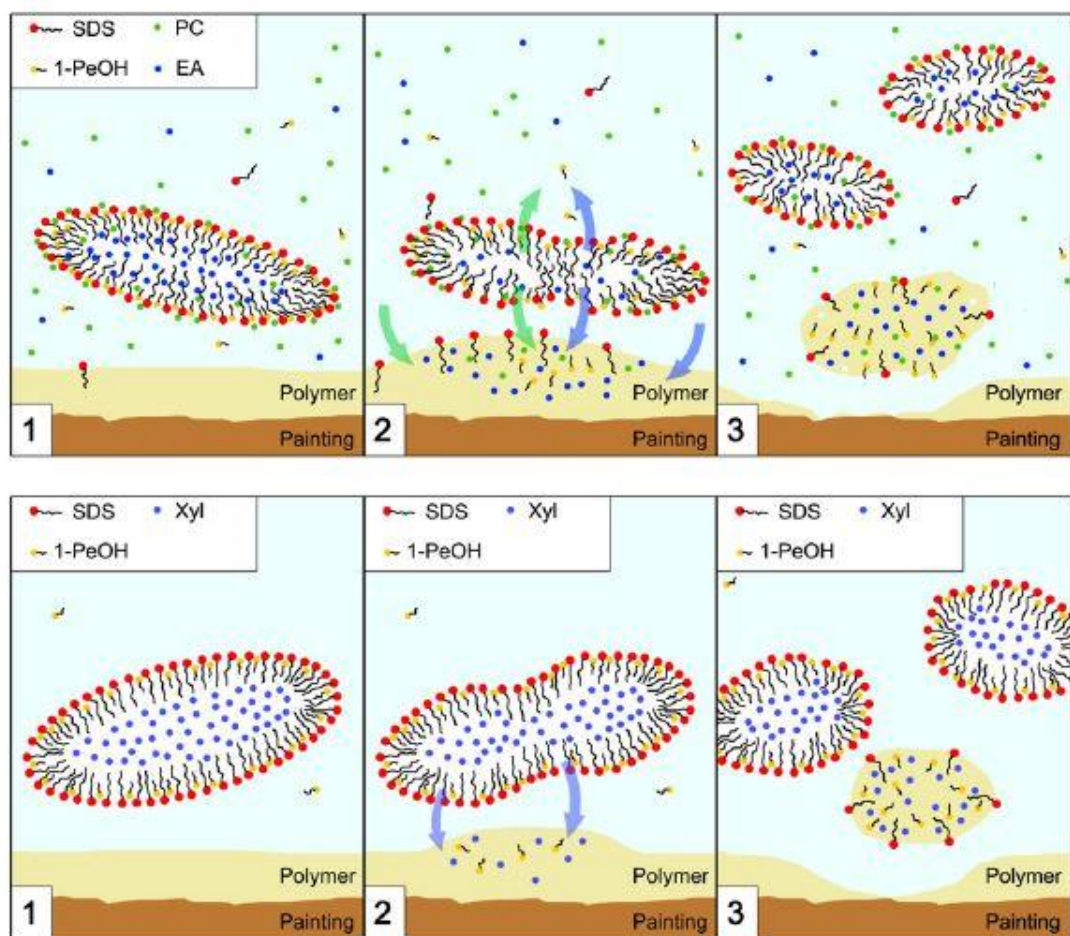
Zjednodušeně je možné konstatovat, že u mikroemulzního systému dochází k podobnému mechanismu odstraňování polymeru s tím rozdílem, že první krok chybí. Zejména z tohoto důvodu mohou být systémy se zvětšenými micelami účinnější při odstraňování polymerních reziduí v porovnání s klasickými mikroemulzemi.

---

<sup>116</sup> BAGLIONI (viz pozn. 102).

<sup>117</sup> BAGLIONI (viz pozn. 101).

<sup>118</sup> RODORICO (viz pozn. 107).



Obr. 13: Schéma mechanismu čištění polymerního filmu systémem EAPC a XYL.<sup>119</sup>

<sup>119</sup> BAGLIONI (viz pozn. 102), s. 365.

## 2.4 Možnosti aplikace rozpouštědel a nano-strukturních systémů

### 2.4.1 Aplikace pomocí vatových smotků<sup>120</sup>

Jedná se o běžný způsob aplikace kapalných čisticích prostředků. Kapalina je aplikována pomocí vatových smotků za současného provádění krouživého pohybu nebo rolování, při kterém je v ideálním případě polymerní film rozpouštěn. Rozpouštěný polymerní film je následně odsáván pomocí suchých vatových smotků mechanicky a s přispěním kapilární činnosti bavlněné vaty. U chemicky síťovaných polymerů, ať už původně síťovaných či síťovaných následkem stárnutí, nelze předpokládat, že se budou rozpouštět. Takovýto polymer účinkem kapalin zpravidla pouze botná. Pokud nabotná dostatečně, je možné jej odstranit mechanicky.

U mikroemulzí lze v mnoha případech předpokládat nutnost delší doby působení v porovnání s rozpouštědly, což může být výhodou z hlediska vyšší kontrolovatelnosti čištění, ale také nevýhodou kvůli možné nedostatečné či pomalé účinnosti. Nevýhodou organických rozpouštědel je, že při aplikaci vatových smotků mnohem rychleji vytěkávají.

### 2.4.2 Obklady<sup>121</sup>

Jako nosné substráty jsou používány savé materiály, například savý papír, buničina, celulózová vlákna (komerčně vyráběná pod názvem Arbocel), vata atd. Při práci se používají ochranné mezivrstvy – např. japonský papír, netkaná textilie. Obklad lze většinou po čištění sejmout, aniž by byla barevná vrstva mechanicky namáhána či porušena. Další výhody či nevýhody obkladů jsou do značné míry srovnatelné s vatovými smotky včetně skutečnosti, že v určitých případech nemusí vyhovovat z hlediska nízké retence kapaliny, zejména organického rozpouštědla. Oproti aplikaci vatovými smotky je v případě obkladů proces rozpouštění hůře kontrolovatelný.<sup>122</sup>

---

<sup>120</sup> VOJTĚCHOVSKÝ (viz pozn. 43), s. 44-45.

<sup>121</sup> VOJTĚCHOVSKÝ (viz pozn. 43), s. 54.

<sup>122</sup> Pod obklad není vidět, tudíž může být výsledek nerovnoměrný. Také může dojít k migraci rozpouštědla i rozpouštěného polymeru do okolí obkladu.

### 2.4.3 Klasické fyzikální gely a pasty<sup>123</sup>

Fyzikální gely a pasty se skládají z čisticí látky a zahušťovadla. Jako zahušťovadla se používají především étery celulózy a kyselina polyakrylová, jimiž lze v kombinaci s kapalinou, zpravidla vodou, docílit gelové konzistence. Fyzikální gely vznikají síťováním úseků polymerních řetězců fyzikálními mezimolekulárními vazbami, většinou vodíkovými můstky. Pokud jsou kombinovány s jíly (např. bentonit, attapulgit) a celulóзовými vlákny, používá se spíše označení „pasty“.

Zahušťovadla na bázi *fyzikálního gelu* jsou většinou polymerní látky přírodního nebo syntetického původu, schopné vázat velké množství kapaliny a zvětšovat svůj objem (botnat). Vzniká tzv. *lyogel*, v němž pohlcovaná kapalina tvoří disperzní prostředí. Podle charakteru disperzního prostředí se rozlišují *hydrogely* s vodným disperzním prostředím a *organogely*, jejichž disperzní prostředí tvoří organická kapalina.<sup>124</sup>

Výhodou gelů a past je snížená míra vypařování aktivních látek, čímž se prodlužuje doba působení na vrstvu filmu a snižuje se expozice restaurátora zdraví škodlivým výparům. Dále je snížena penetrace a difúzní účinky aktivních látek, které se uvolňují v omezeném množství, a tím se výrazně snižuje penetrace kapalin i redistribuce odstraňovaných látek do struktury materiálu. Pasty a gely mohou být aplikovány přesně na určitou oblast malby, nedochází k migraci rozpouštědla do okolí. Oproti výše zmíněným obkladům se však obtížně odstraňují, většinou mechanickým způsobem v kombinaci se smáčením kapalinou, což vede k většímu namáhání barevné vrstvy, může tedy docházet k jejímu poškození. Stejně jako u obkladů se používají ochranné mezivrstvy nejčastěji z japonského papíru.

V restaurátorské praxi se nejčastěji využívají dva typy fyzikálních gelů, které lze podle chemické podstaty rozdělit následujícím způsobem:

- *Gely vytvořené z etherů celulózy:*<sup>125,126</sup>
  - *Methylcelulóza* (MC) – Methylan (Henkel), Tylose MB (SE Tylose GmbH & Co. KG)

---

<sup>123</sup> NAVRÁTILOVÁ (viz pozn. 75), s. 49-52.

<sup>124</sup> BARTOVSKÁ, L., ŠÍŠKOVÁ, M.. *Fyzikální chemie povrchů a koloidních soustav* [online]. Praha: Vydavatelství VŠCHT Praha, 2005 [cit. 2014-07-19]. ISBN 80-7080-579-X. Gely, s. 199-205. Dostupné z: [http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid\\_isbn-80-7080-579-X/pages-pdf/199.html](http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_isbn-80-7080-579-X/pages-pdf/199.html).

<sup>125</sup> Vzniklé nahrazením hydroxylové skupiny (-OH) v molekule celulózy za -O-R skupiny, kde R může být -methyl, -ethyl, -karboxymethyl, -hydroxyethyl, -hydroxypropyl atd.

<sup>126</sup> NAVRÁTILOVÁ (viz pozn. 75), s. 50-51.

- *Hydroxyethylcelulóza* (HEC) - Tylose H (SE Tylose GmbH & Co. KG)
- *Hydroxypropylcelulóza* (HPC) – Klucel E, Klucel G (Aqualon)
- *Methylhydroxyethylcelulóza* (MHEC) - Tylose MH (SE Tylose GmbH & Co. KG)
- *Karboxymethylcelulóza* (CMC) - Lovosa (Lovochemie)

Všechny uvedené ethery celulózy se využívají jako hydrogely. V některých případech je možné připravit rozpouštědlové gely, kvůli vysoké pravděpodobnosti nestability systému je však nutné možnost přípravy takového gelu ověřit z technických listů poskytovaných výrobcem/dodavatelem.

- *Gely na bázi kyseliny polyakrylové:*<sup>127</sup>

Kyselina polyakrylová je rozpustná v řadě polárních rozpouštědel od etanolu po vodu, v nepolárním rozpouštědle může být rozpuštěna například v neutrálním komplexu s alifatickými aminy, majících úlohu povrchově aktivní látky. Aby vznikl viskózní gel, musí být v systému vždy přítomna voda. Gely na bázi kyseliny akrylové jsou dostupné ve formě prášku, nejznámější je komerční řada přípravků s názvem *Carbopol*® (Lubrizol) – viz následující kapitola. K dosažení vhodné, většinou maximální viskozity se upravuje pH připravované směsi.

*Příprava vodného Carbopolového gelu:*

- Do deionizované vody<sup>128</sup> se vmíchá prášek *Carbopol*®.  
Podle typu připravovaného gelu se přidají další přísady. Směs se nechá několik hodin odstát.
- Kyselé pH směsi s *Carbopolem*® se upravuje přidáním zásaditého tenzidu. Často se pro tento účel využívá *Ethomeen C-25 a C-12* (pH 11). *Carbopol*® dosahuje maximální viskozity při neutrálním pH. Viskózní gel vzniká v rozmezí 5,0-9,0.<sup>129</sup>

<sup>127</sup> NAVRÁTILOVÁ (viz pozn. 75), s. 51.

<sup>128</sup> V normální vodě se může Carbopol srazit díky přítomnosti vápenatých a hořečnatých iontů).

<sup>129</sup> Při pH 9 dochází k poklesu viskozity.

#### 2.4.4 Wolbersovy rozpouštědlové gely<sup>130,131,132,133,134</sup>

Rozpouštědlové gely na bázi kyseliny akrylové byly navrženy americkým vědcem Richardem Wolbersem v roce 1988 jako alternativa k použití samotných rozpouštědel.

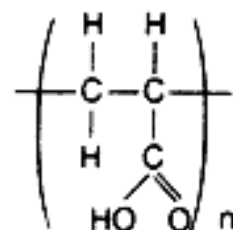
V zásadě se jedná o zahuštěné emulze, jejichž základními složkami jsou:

- rozpouštědlo nebo směs rozpouštědel
- povrchově aktivní látka
- gelační složka – makromolekulární látka
- voda

Emulgovanou fází je rozpouštědlo nebo směs rozpouštědel, gelační makromolekulární látka vázaná s vodou je spojitou fází (disperzním prostředím) a povrchově aktivní látka slouží jako emulgátor. Organická rozpouštědla by mohla být za daných podmínek používána jen povrchově aktivní látkou, přídavek vody k systému rozpouštědlo a PAL je však v mnoha ohledech výhodný. V první řadě je voda potřebná pro vytvoření viskózního gelu z gelační makromolekulární látky, také však působí pozitivně na odstranění složek nečistoty rozpustných ve vodě a do určité míry zabraňuje redepozici nečistot.

Rozpouštědlové gely se využívaly především k čištění závěsných obrazů, jejich použití se však rozšiřuje i do oblasti čištění nástěnné malby. Jsou doporučovány i pro odstraňování syntetických polymerů. Jejich výhody a nevýhody jsou obdobné jako u výše zmiňovaných fyzikálních gelů.

Wolbers doporučuje gely používající jako gelující činidlo polymer kyseliny akrylové, konkrétně prostředek nazývaný *Carbopol*® (výrobce Lubrizol), používaný i ve farmaceutickém a kosmetickém průmyslu. V rozpouštědlových gelech jsou doporučovány následující typy *Carbopolu*®: *Carbopol*® 934,



943, 954, 980, *Carbopol*® EZ 2 (náhrada za 954, 980) a *Carbopo*® *Ultrez* 10

<sup>130</sup> VOJTĚCHOVSKÝ (viz pozn. 43), s. 48-53.

<sup>131</sup> NAVRÁTILOVÁ (viz pozn. 75), 57-59.

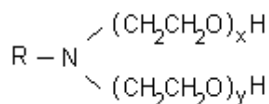
<sup>132</sup> BAYER (viz pozn. 44).

<sup>133</sup> STAVROUDIS, Ch., BLANK, S. Solvent and Sensibility. *Waac Newsletter* [online]. 1989, 11, 2, s. 2-10 [cit. 2014-07-16]. Dostupné z: <http://cool.conservation-us.org/waac/wn/wn11/wn11-2/wn11-202.html>.

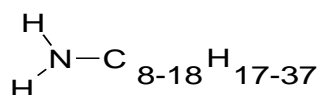
<sup>134</sup> STULIK, D., et al.; DORGE, V. (ed). *Solvent Gels for the Cleaning of Works of Art: The residue Question*. Los Angeles: Getty Conservation Institute, 2004.

(sesítovaný polymer, který tvoří nejprůhlednější gel a disperguje rychleji, než ostatní běžné typy *Carbopolu*®). *Carbopol*® má schopnost vytvářet s vodou nebo organickým rozpouštědlem fyzikální gel o vysoké viskozitě, daleko větší než jsou schopné vytvořit například étery celulózy. Neutralizací této kyselé látky zásadou viskozita gelu ještě více narůstá.

Povrchově aktivní látky umožňují navázání rozpouštědla na řetězec *Carbopolu*®, ale také upravují jeho kyselé pH. Nejčastěji používanými a doporučenými povrchově aktivními látkami je dvojice prostředků s komerčním názvem *Ethomeen*® C/25 a C/12 (výrobce AkzoNobel). *Ethomeen*® C/25 je ethoxylovaný kokoalkylamin<sup>135</sup> kationová PAL, používaná pro více polární rozpouštědlové směsi. *Ethomeen*® C/12 je bis (2-hydroxyethyl) kokoalkylamin, PAL vhodná pro více nepolární rozpouštědlové směsi.

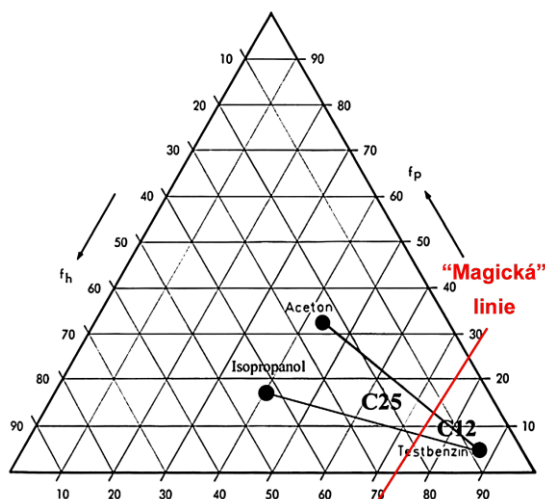


Obr. 14: Vzorec *Ethomeenu*® C/25 (X+Y=15, R – kokoalkyly).



Obr. 15: Vzorec *Ethomeenu*® C/12.

Podle charakteru použitého rozpouštědla je třeba volit i druh povrchově aktivní látky. K určení správné PAL napomáhá tzv. „magická linie“, graficky vyznačená v trojúhelníkovém diagramu, která rozděluje pole použití obou povrchově aktivních látek.



Obr. 16: Vyznačení grafické linie v trojúhelníkovém diagramu.<sup>136</sup>

<sup>135</sup> Kokoalkylamin je amin odvozený od kyseliny kokosové.

<sup>136</sup> Převzato z: VOJTĚCHOVSKÝ (viz pozn. 43), s. 51.

Podle druhu rozpouštědla a volby povrchově aktivní látky, která je v daných rozpouštědlech rozpustná se rozdělují dvě základní receptury přípravy gelu:

<b>Rozpouštědlový gel, obecná receptura I:</b>	
<i>aromatické a alifatické uhlovodíky</i>	
100 ml	rozpouštědlo / směs rozpouštědel
20 ml	Ethomeen® C/12
2 g	Carbopol® 934 (943, 954, 980, Ultrez 10)
1,5 ml	deionizovaná (destilovaná) voda
<b>Rozpouštědlový gel, obecná receptura II:</b>	
<i>polární rozpouštědla</i>	
100 ml	rozpouštědlo / směs rozpouštědel
20 ml	Ethomeen® C/25
2 g	Carbopol® 934 (943, 954, 980, Ultrez 10)
10-15 ml	deionizovaná (destilovaná) voda

Tab. 6: Základní receptury přípravy gelu.

#### *Příprava gelu:*<sup>137</sup>

Rozpouštědlový gel může být vytvořen dvěma způsoby. Pro okamžité použití je možné vytvořit gel pomocí jednostupňové přípravy. Více konzistentní gel, který umožňuje lepší kontrolovatelnost pH gelu se vytváří časově náročnějším dvoustupňovým procesem.

Jednostupňová příprava:

- Nejprve se vytvoří hladká pasta z *Carbopolu*® a povrchově aktivní látky.
- Pasta *Carbopolu*® a povrchově aktivní látky se disperguje v rozpouštědle.
- Přidáním malého množství vody se vytvoří jasný viskózní gel o neutrálním pH.

<sup>137</sup> WILLIAMS, V. S., DOYLE, A. M. Cleaning fossil tooth surfaces for microwear analysis: Use of solvent gels to remove resistant consolidant. *Palaeontologia Electronica*. 2010, 13, 3. Dostupné z: [http://palaeo-electronica.org/2010\\_3/247/index.html](http://palaeo-electronica.org/2010_3/247/index.html).

Dvoustupňová příprava:

A) Příprava tzv. „zásobního“ Carbopolového gelu (angl. stock Carbopol gel)

- Suchý *Carbopol*® se nasype na hladinu destilované vody a rychlým mícháním se propojí obě složky. Aby nabyl gel homogenního charakteru, nechá se odstát (nejlépe přes noc v uzavřené lahvi).
- Poté se přidá povrchově aktivní látka a za stálého mícháním se docílí hladkého transparentního gelu. Zavedení *Ethomeenu*® do systému by mělo neutralizovat kyselost *Carbopolu*®. Při testování pH by mělo být dosaženo hodnoty mezi 7 a 8. Pokud je pH vyšší, je možné jej upravit zvýšením přidáním gelu skládajícího se pouze z destilované vody a *Carbopolu*®. Příliš nízké pH lze zvýšit přidáním povrchově aktivní látky.

B) Přidání rozpouštědla/rozpouštědlové směsi

- K takto připravenému gelu se přidá rozpouštědlo/směs rozpouštědel.

Kompatibilitu gelu s rozpouštědlovým systémem je možné ověřit přidáním malého kousku gelu do rozpouštědla. Pokud dojde k zakalení povrchu gelu, není ho možné použít pro rozpouštědlový systém.

Gely připravené pro polární rozpouštědla by se neměly míchat s gely připravenými pro nepolární rozpouštědla. Gely vytvořené s přídavkem stejného druhu *Ethomeenu*® je možné vzájemně mísit, a to ve všech poměrech.

Po aplikaci se gel vymývá nejlépe rozpouštědly, která byla pro práci použita. Je možné použít i jiná rozpouštědla nebo rozpouštědlové kombinace, musí však být ze stejné strany „magické linie“. K odmytí gelu by neměla být použita voda - díky přítomnosti kyseliny akrylové by došlo k vytvoření kyselého prostředí. Vymývání z nerovného povrchu nástěnné malby může být někdy značně problematické a je při něm dosti namáhána barevná vrstva. Odstranění všech netěkavých složek systému je však nezbytné, protože případná rezidua, zejména gelující složky, by mohla mít za následek zvýšení rozpustnosti malby a chemickou přeměnu barevné vrstvy.

Rozpuštědlové gely mohou být formulovány i na bázi modifikovaných etherů celulózy, jako je *Klucel GF* nebo ethyl-hydroxyethyl celulóza.<sup>138</sup> Stejně tak mohou být použity i jiné povrchově aktivní látky než je *Ethomeen® C/25* a *C/12*, například *Armeen 12D*, *Triton X-100*, *Triton XL-80N*, *Brij 700* atd.

#### 2.4.5 Gely s kontrolovatelnou odstranitelností

S cílem odstranit nevýhody tzv. klasických fyzikálních gelů a past byly více či méně úspěšně vyvíjeny další typy gelů, případně vysoce viskózních systémů podobných gelům. Inovativní systémy se vyznačují zejména snadnou a úplnou odstranitelností s minimálním negativním dopadem na čištěný artefakt.

Jedním z mechanismů snadné odstranitelnosti gelu může být přeměna na látku s nízkou viskozitou přímo na čištěném objektu, která se posléze snadno odstraní v porovnání s původním gelem.<sup>139</sup> Tento typ tzv. *reologicky reverzibilního gelu*, vytvářejí polyaminy, konkrétně polyallylamin (PAA) a polyetylenimin (PEI), při probublávání oxidem uhličitým. Pro odstranění gelu z povrchu stačí použít malé množství slabě kyselého roztoku. Gelová forma se změní na kapalnou, které může být snadno setřena suchým bavlněným tamponem. Kvůli snížení pH při odstraňování nejsou tyto gely vhodné pro fresku a vápenné secco.<sup>140</sup> I přes své výhody nenalezly uvedené reologicky reversibilní gely kvůli nesnadné manipulaci a kontrolovatelnosti širší uplatnění v praxi.<sup>141</sup>

Tzv. „*magnetické houby*“ jsou chemické gely založené na polyakrylamidové síti dopované feromagnetickými nanočásticemi vázanými na polymer. Systém lze zcela odstranit jednoduše pomocí permanentního magnetu.<sup>142</sup> V chemických gelech je strukturální síť mezi makromolekulárními řetězci založena na kovalentních vazbách, které jsou mnohonásobně silnější než mezimolekulární přitažlivé síly.

Do další skupiny lze zařadit gely a vysoce viskózní systémy, které se vyznačují vysokou elasticitou, umožňující jejich snadné, úplné a bezpečné odstranění (sloupnutí) bez zanechání residuů na ošetřovaném povrchu. Pro téměř nulová rizika poškození uměleckého díla při jejich použití představují tyto systémy pravděpodobně

---

<sup>138</sup> STAVROUDIS (viz pozn. 134).

<sup>139</sup> CARETTI a spol. New frontiers in materials science for art conservation: responsible gels and beyond. *Accounts of chemical research*. 2010, 43, s. 751-760.

<sup>140</sup> BAGLIONI (viz pozn. 102), s. 366.

<sup>141</sup> BAGLIONI (viz pozn. 102).

<sup>142</sup> CARETTI (viz pozn. 140).

nejšetnější metodu aplikace rozpouštědel i mikroemulzní a micelárních roztoků.<sup>143,144,145</sup>

V odborné literatuře jsou popsány zejména následující dva způsoby, jak vytvořit tento typ systému. V prvním případě je polyvinylalkohol síťován boraxem (systém PVA/borax). Roztok z polyvinylalkoholu ve vodě vytváří v přítomnosti boraxu vodnou disperzi s vysokou viskozitou, kde příčné vazby boraxu vedou k silné interakci mezi polyvinylacetátovými řetězci.<sup>146</sup>

Ve druhém případě dochází ke tvorbě gelu prostupováním polymerní sítě poly-2-hydroxyethylmethakrylátu (pHEMA) lineárním polyvinylpyrrolidonem (PVP), který tvoří s pHEMA kovalentní vazby za vzniku tzv. chemického gelu.<sup>147,148</sup>

---

<sup>143</sup> RODORICO (viz pozn. 107), s. 695 – 704.

<sup>144</sup> BAGLIONI (viz pozn. 101).

<sup>145</sup> CARRETTI, E., et al. A new family of high viscosity polymeric dispersions for cleaning easel paintings. *Journal of Cultural Heritage*. 2010, 11, 4, s. 373-380.

<sup>146</sup> CARRETTI, E., et al. Poly(vinyl alcohol) – borate hydro/cosolvent gels: viscoelastic properties, solubilizing power and application to art conservation. *Langmuir*. 2009, 25, s. 8656-8662.

<sup>147</sup> DOMINIQUE, J., BONELLI, N., GIORGIO, R., FRATINI, E., BAGLIONI, P. Innovative method for the cleaning of water-sensitive artifacts: synthesis and application of highly retentive chemical hydrogels. *International Journal of Conservation Science*. 2013, 4, s. 715-722.

<sup>148</sup> JOANA, A., et al. Innovative hydrogels based on semi-interpenetrating p(HEMA)/PVP networks for cleaning of water-sensitive cultural heritage. *Langmuir*. 2013, 29, s. 2746-2755.

### 3. Experimentální část

#### 3.1 Výběr syntetických polymerů

Pro účely experimentů byly vybrány čtyři vodné polymerní disperze. Disperze obsahují zejména homopolymery nebo kopolymery na bázi akrylátů a vinylacetátu. Vybrané produkty svým složením reprezentují fixační prostředky, které byly v průběhu posledních přibližně padesáti let používány v oblasti restaurování a konzervace nástěnné malby [Tab. 7].

Název Výrobce/dodavatel	Složení disperze	Obsah netěkavého podílu <sup>149</sup>	pH	Minimální filmotvorná teplota (°C)
<b>Axilat 2802A</b> Momentive, USA	kopolymer styren/akrylát	50,1	7-8,5	4
<b>Duvilax BD20</b> Duslo, a. s., SK	polyvinylacetát, obsahuje externí změkčovadlo a ochranný koloid polyvinylalkohol	54,7	3-5	2
<b>Dispersion K9</b> Kremer Pigmente GmbH & Co. KG, DE	akryláty, bližší složení nebylo zjištěno	51,0	8,5 - 9,35	1
<b>Mowilith DM510E1</b> Celanese Emulsion GmbH, DE	kopolymer vinylacetát/butyl-akrylát	50,6	4-5	-

Tab. 7: Vybrané vodné polymerní disperze a jejich specifické vlastnosti.

#### 3.2 Výběr rozpouštědel

##### 3.2.1 Předběžný výběr rozpouštědel

Předběžný výběr rozpouštědel teoreticky vhodných k odstranění vybraných disperzí byl stanoven na základě následujících kritérií:

- podobnost celkového parametru rozpustnosti ( $\delta$ ) polymerních látek a rozpouštědel
- podobnost Teasových parametrů rozpustnosti
- toxicita rozpouštědel
- schopnost penetrace a retence
- dostupnost

<sup>149</sup> Obsah netěkavého podílu výše uvedených polymerních disperzí byl stanoven gravimetricky a výpočtem na po vysušení vzorků disperzí v sušárně při 100°C do konstantní hmotnosti.

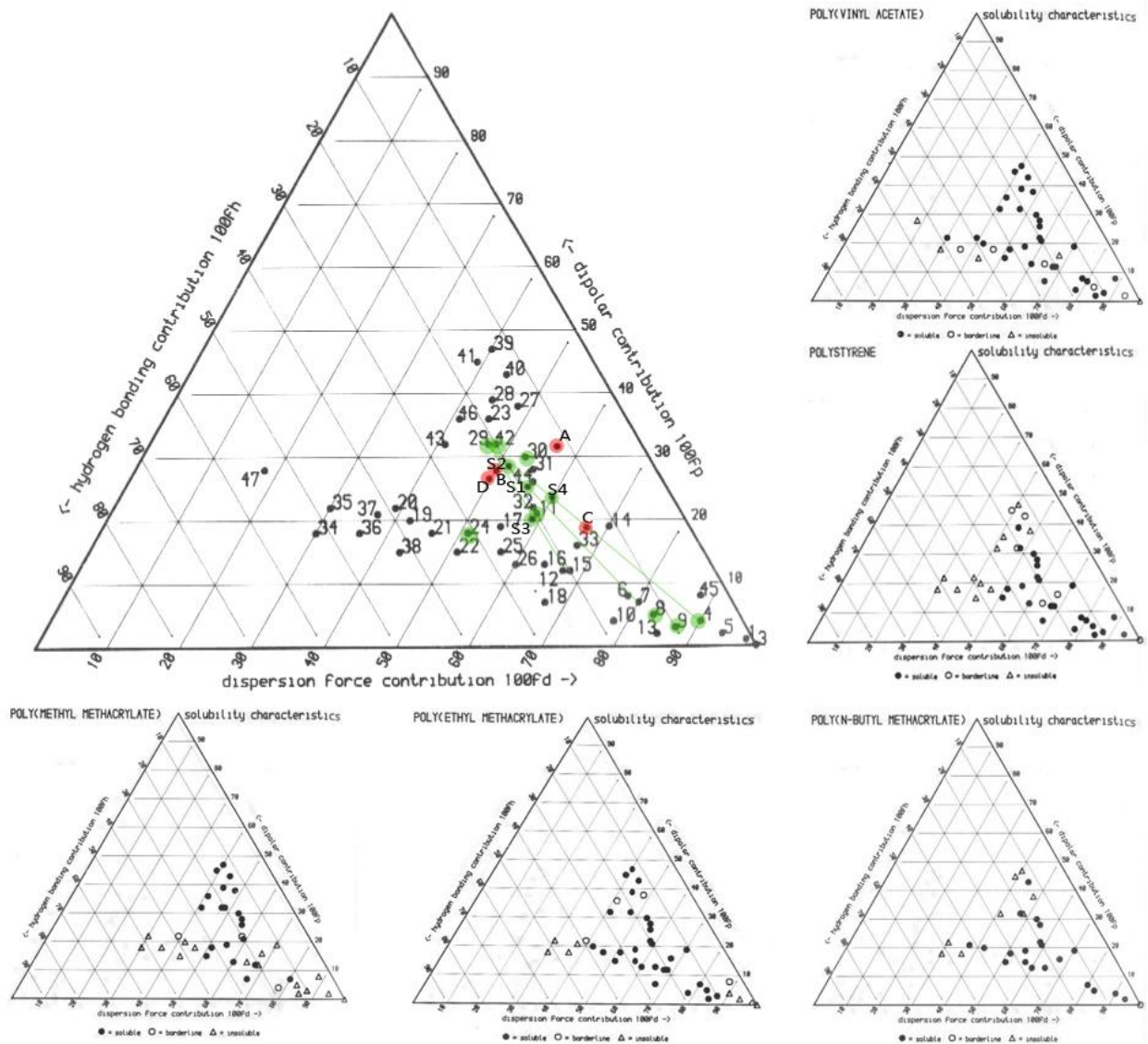
Parametry rozpustnosti všech vybraných polymerních disperzí nebyly v dostupné literatuře nalezeny. Teoreticky vhodná rozpouštědla pro vybrané polymerní disperze byla vytipována na základě analogie zjištěných celkových parametrů rozpustnosti i Hansenových (Teasových) parametrů polymerních látek s chemickou podstatou podobnou vybraným polymerním disperzím. Z tabulky 3 vyplývá, že se přibližné předpokládané rozmezí celkového parametru rozpustnosti vhodných rozpouštědel pohybuje mezi hodnotami 18,0 až 20,7 (J/cm<sup>3</sup>)<sup>1/2</sup> [Tab. 8].

<b>Polymer</b>	<b>Parametr rozpustnosti <math>\delta</math> (J/cm<sup>3</sup>)<sup>1/2</sup></b>
polybutyl-methakrylát	18
polybutylakrylát	18,7
polystyren	18,78
polyethylakrylát	19,3
PVAC	19,3
polymethyl-methakrylát	19,5
polymethylakrylát	20,7

Tab. 8: Celkové parametry rozpustnosti vybraných polymerů, které uvádí Zelinger.<sup>150</sup>

Dále byly vyhledány Teasovy parametry [Obr. 17] chemicky podobných látek a jejich rozpustnosti ve vybraných rozpouštědlech. Ze zjištěných údajů za použití trojúhelníkového diagramu a na základě dalších výše uvedených kritérií byla vytipována skupina rozpouštědel a jejich směsí teoreticky vhodných pro rozpouštění, tedy odstraňování, vybraných polymerních disperzí [Tab. 9]. Rozpouštědlové směsi [Tab. 10] byly navrženy s předpokladem možné vyšší účinnosti a ve snaze vyhnout se příliš toxickým rozpouštědlům, případně upravit nevyhovující vlastnosti čistého rozpouštědla, například těkavosti. Do předběžného výběru byl kvůli ověření teoretických předpokladů zařazen lakový benzín, jako běžně dostupné rozpouštědlo s relativně nízkou toxicitou, který svými parametry rozpustnosti neodpovídá požadovanému rozmezí.

<sup>150</sup> ZELINGER (viz pozn. 35), s. 22.



Obr. 17: Teasův trojúhelníkový diagram s lokací běžných rozpouštědel (č. 1-47).<sup>151</sup> Na menších diagramech je vyznačena rozpustnost polymerních látek v těchto rozpouštědlech<sup>152</sup> - plné kolečko značí rozpustnost, prázdné kolečko částečnou rozpustnost a prázdný trojúhelník nerozpustnost. Červeně jsou ve velkém diagramu zakresleny přepočtené hodnoty Hansenových parametrů pro polyethylmetakrylát (A), polymethylmetakrylát (B), polystyren (C) a PVAC (D). Rozpouštědla a rozpouštědlové směsi zvažované při výběru jsou zvýrazněny zelenou barvou.

<sup>151</sup> HORIE (viz pozn. 40), s. 194.

<sup>152</sup> HORIE (viz pozn. 40), s. 198; 200, 201; 202; 208.

Rozpouštědlo	Celkový parametr rozpustnosti $\delta$ (J/cm <sup>3</sup> ) <sup>1/2</sup>	Teasovy rozpustnostní parametry 100f <sub>d</sub> 100f <sub>p</sub> 100f <sub>h</sub>			Bod varu (°C)	Viskozita při 20 °C (mPa.s)	PEL (mg/m <sup>3</sup> )	NPK-P (mg/m <sup>3</sup> )	Poznámky*
Lakový benzín	15,2	90	4	6	-	-	400	1000	
Xylen	18	83	5	12	138	0,63	200	400	D,I
Toluen	18,3	80	7	13	110	0,58	200	500	D,I
Ethylacetát	18,7	41	18	31	77	0,45	700	900	I
Methylethylketon	19,1	53	30	17	80	0,42	600	900	I
Dichlormethan	19,9	59	21	20	40	0,43	200	500	D
Aceton	20,5	47	32	21	80	0,42	800	1500	I

Tab. 9: Vybraná rozpouštědla. Celkové parametry rozpustnosti vybraných rozpouštědel<sup>153</sup>; Teasovy parametry rozpustnosti a specifické vlastnosti rozpouštědel (bod varu, viskozita)<sup>154</sup>; hodnocení toxicity<sup>155</sup>. Bod varu podává přibližnou představu o těkavosti rozpouštědla – čím je nižší, tím dříve rozpouštědlo vytěká. Viskozita vypovídá o penetraci rozpouštědla - méně viskóznější rozpouštědla, penetrují více.

\*D – při expozici se významně uplatňuje pronikání látky kůží, P – u látky nelze vyloučit závažné pozdní účinky, I – dráždí sliznice (oči, dýchací cesty), resp. kůži.

Rozpouštědla	Poměr	Teasovy rozpustnostní parametry 100f <sub>d</sub> 100f <sub>p</sub> 100f <sub>h</sub>		
Aceton:toluen	3:7	70,1	14,5	15,5
Aceton:toluen	1:1	63,5	19,5	17

Tab. 10: Vybrané rozpouštědlové směsi.

<sup>153</sup> ZELINGER (viz pozn. 35), s. 25.

<sup>154</sup> HORIE (viz pozn. 40), s. 186-190.

<sup>155</sup> ČESKO. Nařízení vlády č. 9/2013 Sb. ze dne 20. 12. 2013, kterým se mění nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, ve znění pozdějších předpisů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2013, částka 5, str. 34-50. Dostupný také z: <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=z&id=25438>.

### 3.2.2 Výběr rozpouštědel na základě experimentů

Rozpouštědla vybraná na základě teoretických podkladů [Tab. 9 a Tab. 10] byla orientačně prakticky vyzkoušena a porovnána při odstranění filmů připravených z vybraných polymerních disperzí vatovým smotkem. Příprava filmů spočívala v nanesení polymerních disperzí o koncentraci 35 % (hm.) na podložní skla s hrubým povrchem, přičemž tloušťka mokrého filmu při nanášení byla přibližně 150  $\mu\text{m}$ , plocha 7x7 cm. Připravené vzorky filmů na sklech byly ponechány několik týdnů volně v laboratoři. Čištění bylo provedeno namáháním filmů pomocí vatového tamponu navlhčeného do čisticí kapaliny krouživým pohybem. V průběhu čištění byla zaznamenávána doba, za kterou došlo k odstranění polymerních filmů, na jejímž základě byla použita rozpouštědla rozdělena do následujících skupin:

Legenda:

- Stupeň 1** Polymer snadno a rychle odstranitelný do 25 s
- Stupeň 2** Polymer snadno odstranitelný v časovém rozmezí 25-45 s
- Stupeň 3** Polymer lze odstranit po delší době působení, která je přibližně 1 min
- Stupeň 4** Polymer lze odstranit po delší době působení, která je o něco delší než 1 min, v čase okolo minuty měkne a začíná se uvolňovat od podkladu
- Stupeň 5** Polymer nelze odstranit, dochází k naměkčení – zjištěno rýpnutím jehly

	Axilate 2802A	Disperzion K9	Mowilith DM510E1	Duvilax BD20
Toluen	1	1	2	2
Xylen	1	1	2	2
Aceton	1-2	1	1-2	1
Benzín	4-5	5	5	5
Dichlormethan	1	1-2	1	1
Ethylmehtylketon	1	1-2	1	2
Ethylacetát	1	2	1	1
Toluen+aceton 7:3	1	2	1	1
Toluen+aceton 1:1	1	1-2	1-2	1

Tab. 11: Výsledky experimentu č. 1.

Pro zkoušky na zkušebním panelu se slabě pojenou nástěnnou malbou byl na základě experimentů a teoretických kritérií vybrán aceton a směs rozpouštědel toluen aceton 1:1 (obj.).

### 3.3 Příprava zkušební nástěnné malby s polymerními filmy

#### 3.3.1 Příprava podkladu

Zkušební panel o rozměrech 100 x 50 cm byl vytvořen ze dvou vrstev vápenné omítky. Spodní hrubá omítka o síle cca 1 cm se skládá z vápna a křemenného písku v poměru 1:3 (obj.).

Vrchní vrstva jemnější omítky o tloušťce cca 0,5 cm imituje degradovanou omítku se sníženou kohezí. Výsledný poměr pojiva ku plnivu byl z tohoto důvodu zvolen 1:5 (obj.), přičemž byl zachován poměr vápna a písku 1:2 (obj.) nahrazením části vápenného pojiva mramorovou moučkou (plnivo). Ve výsledku byla jemná omítka vytvořena ze 2 dílů přesátého křemenného písku, 0,5 dílu mramorové moučky a 0,5 dílu vápna. Povrch omítky byl upraven tak, aby imitoval porézní strukturu barokní malby s vytaženým zrnem.

#### 3.3.2 Příprava barevné vrstvy

Barvená vrstva nanesená na jemné vápenné omítce měla imitovat zpráškovatělou secco malbu pojenou vápnem. Z tohoto důvodu byl razantně snížen obsah pojiva (vápna) a nahrazen mramorovou moučkou, simulující karbonatované vápno bez pojící schopnosti.

##### *Zkoušky složení barevné vrstvy*

Pro přípravu barevné vrstvy bylo odzkoušeno několik receptur s různými poměry složek – pigmentu, mramorové moučky a pojiva:

1. 2 g pigmentu + 2 g mramorové moučky + 8 g vápenné vody (1:2)<sup>156</sup>
2. 1 g pigmentu + 3 g mramorové moučky + 8 g vápenné vody (1:2)
3. 3 g pigmentu + 1 g mramorové moučky + 8 g vápenné vody (1:2)
- 4. 3 g pigmentu + 1 g mramorové moučky + 8 g vápenného mléka (1:2)**
5. 3 g pigmentu + 9 g vápenného mléka (1:3)
6. 2 g pigmentu + 8 g vápenného mléka (1:4)
7. 1,5 g pigmentu + 0,5 g mramorové moučky + 8 g vápenného mléka (1:4)
8. 1 g pigmentu + 1 g mramorové moučky + 8 g vápenného mléka (1:4)

---

<sup>156</sup> Poměr plnivo:pojivo.

Použitým pigmentem byla umbra červenavá pálená (Kremer Pigmente GmbH & Co. KG). Jako pojivo byla vyzkoušena vápenná voda a vápenné mléko. *Vápenná voda* (nasycený roztok 1,6 g/l  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ve vodě) byla připravena filtrací vápenného mléka odebraného z nádoby s výše uvedenou směsí vápen přes filtrační papír Whatman Grade 6 125 mm Ø. *Vápenné mléko* (vodná suspenze hydroxidu vápenatého) bylo připraveno z 6 g vápna a 54 g demineralizované vody. Obsah  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ve vápenném mléce byl měřením stanoven na 3,2 % (hm.).

Nejvhodnější složení barevné vrstvy bylo vybráno na základě zkoušek na modelovém panelu, kdy byly jednotlivé receptury aplikovány na suchou a předvlhčenou omítku [Obr. 18]. Hodnocena byla barevnost, konzistence (hustota) barvy vhodná pro nanášení na nerovný povrch a otěr suchým a mokrým vatovým smotkem. Na základě těchto faktorů byla vybrána receptura č. 4.



Obr. 18: Zkoušky přípravy barevné vrstvy (č. 1-8). A - aplikace na suchou omítku, B - aplikace na předvlhčenou omítku. Červeně je vyznačena vybraná receptura.

#### *Aplikace barevné vrstvy na modelové panely*

Vybraná receptura č. 4 byla aplikována na zvlhčený povrch omítky štětcem. Obsah hydroxidu vápenatého v použitém vápenném mléce byl mírně vyšší než při zkouškách složení barevné vrstvy. Obsah hydroxidu vápenatého byl 4,1 % (hm.).

### **3.3.3 Aplikace polymerních disperzí**

#### *Zkoušky koncentrace disperzí*

Na povrchu malby byly po důkladném vyschnutí barevné vrstvy provedeny zkoušky aplikace polymerních disperzí o různé koncentraci. Cílem bylo vytvořit na povrchu barevné vrstvy souvislý lesklý film fixativu. Pro účely zkoušek byla vybrána disperze K9, testovaná v různých koncentracích. Dostatečného a rovnoměrného lesku bylo dosaženo aplikací 3% (hm.) disperze ve dvou vrstvách.

### *Aplikace disperzí na modelový panel*

Vybrané polymerní disperze o koncentraci 3 % (hm.) byly aplikovány na barevnou vrstvu nástřikem. Po úplném zaschnutí byla stejným způsobem nanášena druhá vrstva disperzí.








Obr. 19: Modelový panel před aplikací rozpouštědel.

### 3.4 Zkoušky odstraňování polymerních filmů

Axilat 2802A	A:T 6min30s vatové smotky	A:T 1h20min zábal buničina	A:T 1h20min Carbopol gel	
Axilat 2802A	A 10min15s vatové smotky	A 1h20min zábal buničina	A 1h20min Carbopol gel	A 1h20min Tylose gel
Duvilax BD20	A:T 1min50s vatové smotky	A:T 1min zábal buničina	A:T 1min Carbopol gel	
Duvilax BD20	A 1min vatové smotky	A 1min zábal buničina	A 1min Carbopol gel	A 1min Tylose gel
Dispersion K9	A:T 5min30s vatové smotky	A:T 1h20min zábal buničina	A:T 1h20min Carbopol gel	
Dispersion K9	A 12min30s vatové smotky	A 1h20min zábal buničina	A 1h20min Carbopol gel	A 1h20min Tylose gel
Mowilith DM510E1	A:T 2min20s vatové smotky	A:T 1min zábal buničina	A:T 1min Carbopol gel	
Mowilith DM510E1	A 1min50s vatové smotky	A 1min zábal buničina	A 1min Carbopol gel	A 1min Tylose gel

	Aceton		Aplikace v zábalu z buničiny
	Aceton:toluen 1:1		Aplikace v rozpouštědlovém gelu z Carbopolu EZ-2
			Aplikace ve vodném gelu z Tylosy MH 300

Obr. 20: Grafické vyznačení jednotlivých zkoušek na modelovém panelu.

Na zkušební panel byl aplikován aceton a směs acetonu s toluenem v poměru 1:1 (obj.) způsoby uvedenými v následující tabulce. Zkoušky čištění byly prováděny v digestoři za použití ochranných pomůcek.<sup>157</sup>

**Aplikace pomocí vatových smotků**

Barvená vrstva s filmy syntetických polymerů byla namáhána vatovými smotky smočenými v rozpouštědlech. Doba aplikace byla přizpůsobena rychlosti rozpouštění polymeru – dobře a rychle rozpustné polymery (*Duvilax BD20* a *Mowilith DM510E1*) vyžadovaly k očištění 1-2 minuty, *Dispersion K9* a *Axilat 2802A* musely být namáhány delší dobu (přes 10 minut), aby bylo dosaženo alespoň částečného očištění.



**Zábal z buničiny**

Rozpouštědla byla aplikována v zábalu z buničiny. U dobře a rychle rozpustných polymerů byly na čištěném místě zábaly ponechány 1 minutu; na filmech *Dispersion K9* a *Axilat 2802A* byla doba působení postupně zvyšována až na 1 hodinu 20 minut. Aby se zamezilo rychlému odpařování rozpouštědel, zábaly byly překryty polyethylenovou fólií a okraje zajištěny lepicí páskou.



**Carbopolový gel**

Carbopolový gel s acetonem byl připraven z: 2 g *Carbopolu*® EZ-2, 20 ml *Ethomeenu*® C/25, 100 ml acetonu a 15 ml demineralizované vody. Carbopolový gel se směsí rozpouštědel byl připraven následovně: 2 g *Carbopolu*® EZ-2, 20 ml *Ethomeenu*® C/12, 100 ml acetonu s toluenem 1:1(obj.) a 1,5 ml demineralizované vody. Rozpouštědlové gely byly aplikovány na barevnou vrstvu s polymerními filmy přímo (bez mezivrstvy z japonského papíru), byly překryty polyethylenovou fólií a okraje zajištěny lepicí páskou. Doba působení byla stanovena stejně jako u zábalů z buničiny – tzn. na *Duvilaxu BD20* a *Mowilithu DM510E1* byl gel ponechán 1 minutu, na *Axilat 2802A* a *Dispersion K9* 1 hodinu a 20 minut. Při odstraňování byl gel s acetonem setřen



<sup>157</sup> V praxi se při práci s rozpouštědly používá ochranná maska.

## Tylosový gel

a odmyt demineralizovanou vodou,<sup>158</sup> v případě gelu se směsí rozpouštědel bylo odstranění problematické.<sup>159</sup>

Tylosový gel s acetonem byl připraven z: 54 g *Tylosy MH 300*, 6 ml demineralizované vody, 41 g acetonu.<sup>160</sup> Způsob i doba aplikace byla stejná jako při zkouškách s Carbopolovým gelem. Gel byl odstraněn setřením a odmytím demineralizovanou vodou.

Tylosový gel se směsí rozpouštědel se nepodařilo připravit takový, aby byl obsahem rozpouštědla srovnatelný s předchozími gely aplikovanými na modelový panel. Pokud se podařilo vytvořit zdánlivě homogenní gel, obsah rozpouštědla v gelu byl velmi malý. Z toho důvodu nebyla provedena zkouška aplikace směsí rozpouštědel v Tylosovém gelu na modelovém panelu.

Experimentální příprava Tylosového gelu se směsí rozpouštědel:

1) 10 g 5% (hm.) *Tylosa MH 300* ve vodě, 1 g *Ethomeenu® C/12* a 1 g směs aceton s toluenem 1:1 (obj.)

2) 10 g 7% (hm.) *Tylosa MH 300* ve vodě, 1 g *Ethomeenu® C/12* a 1 g směs aceton s toluenem 1:1 (obj.)

3) 10 g 10% (hm.) *Tylosa MH 300* ve vodě, 1 g *Ethomeenu® C/12* a 5 g směs aceton s toluenem 1:1 (obj.)

4) 10 g 10% (hm.) *Tylosa MH 300* ve vodě, 1 g *Ethomeenu® C/25* a 2,5 g směs aceton s toluenem 1:1 (obj.)



Tab. 12: Způsoby aplikace rozpouštědel na modelový panel.

<sup>158</sup> V praxi není vhodné gel odmyvat z nástěnné malby vodou, protože díky přítomnosti kyseliny akrylové dochází k vytvoření kyselého prostředí. Běžně by bylo pro dočištění použito rozpouštědlo aplikované v gelu. Pro zkoušky však byla použita voda, aby mohla být při vyhodnocování zkoušek posouzena jak účinnost samotného rozpouštědla aplikovaného pomocí vatových smotků, tak účinnost rozpouštědlového gelu.

<sup>159</sup> Po aplikaci gelu na 1 min bylo možné gel setřít a odstranit demineralizovanou vodou. Po delší době aplikace (1 hod 20 min) se nedařilo gel odmyt ani demineralizovanou vodou, ani nepolárním rozpouštědlem (benzínem). Část pole byla dočištěna až při použití směsi acetonu s toluenem (1:1 (obj.)).

<sup>160</sup> Obsah rozpouštědla odpovídá procentuálnímu obsahu rozpouštědla v Carbopolovém gelu (tj. 67,69 % (hm.)).

### 3.5 Metody testování

Čisticí efekt rozpouštědel aplikovaných na modelový panel byl hodnocen na základě zkoušek, snadno využitelných na nástěnnou malbu in-situ. Zkušební pole byla hodnocena *vizuálním pozorování* v přímém a bočním světle, v UV záření<sup>161</sup> a současně fotograficky dokumentována.<sup>162</sup> Hodnoceny byly barevné změny, lesk, úbytky barevné vrstvy, rovnoměrnost čištění a vzhled okrajů čištěné oblasti. Při vyhodnocování jednotlivých zkoušek byly dále zohledňovány problémy při aplikaci čisticích systémů.

Stav povrchu neošetřené malby a míst před a po aplikaci rozpouštědel byl hodnocen invazivní zkouškou spočívající v *otěru mokrou vatovou tyčinkou*.<sup>163</sup> Vatová tyčinka zvlhčená v demineralizované vodě byla krouživým pohybem otírána po povrchu malby, zhodnoceno bylo množství barevné vrstvy ulpělé na tyčince.

Míra odstranění polymerních filmů byla dále vyhodnocena na základě *měření nasákavosti (W)* a výpočtu *koeficientu nasákavosti (w)* vodou. Nasákavost  $W$  ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ) udává množství vody, které materiál během určitého času absorbuje. Časová závislost nasákavosti  $W$  je popsána následujícím vztahem:<sup>164</sup>

$$W = w \cdot \sqrt{t}$$

kde  $w$  je koeficient nasákavosti ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1/2}$ ) a  $t$  (h) je doba, po kterou je materiál v kontaktu s kapalnou vodou.

Koeficient nasákavosti naměřený v místech jednotlivých zkoušek byl srovnáván s koeficientem nasákavosti referenčních ploch nefixované a fixované barevné vrstvy. V ideálním případě by měly hodnoty nasákavosti očištěných ploch odpovídat hodnotám naměřeným na nefixované barevné vrstvě. Měření koeficientu nasákavosti bylo zjištěno pomocí vysoce nasákové mikroporézní houby BlitzFix® s měrnou plochou o rozměrech  $3 \times 3 \text{ cm}^2$ . Vodou zcela nasátá mikroporézní houba byla přiložena na povrch malby a v minutových časových intervalech se odečítala její hmotnost, která s množstvím odsáté demineralizované vody substrátem klesá. Hmotnost houby byla zjišťována na vahách s přesností 0,001 g. Finální koeficient

---

<sup>161</sup> Použitá technika: UV světlo UVA SPOT 400T systém (Hönle UV Technology).

<sup>162</sup> Použitá technika: Canon EOS 50D.

<sup>163</sup> Bavlněné vatové tyčinky Ebelin (prodejce DM drogerie).

<sup>164</sup> KOTLÍK, P. *Stavební materiály historických objektů*. Praha: Vysoká škola chemickotechnologická v Praze, 1999. ISBN 80-7080-347-9. s. 44.

nasákavosti byl získán z pěti naměřených hodnot z každého testovaného vzorku. Na základě hodnot získaných pomocí tří měření (na třech různých místech) byla vypočítána směrodatná odchylka měření  $\sigma$  o velikosti  $1,415 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1/2}$ . Rozdíly naměřených koeficientů nasákavosti, které menší než hodnota odchylka měření, jsou nevyhodnotitelné.

Kvůli hrubému, nerovnoměrnému a barevně ne zcela homogennímu povrchu nebylo možné provést jiné pravděpodobně objektivnější typy vyhodnocení, například tužkový test tvrdosti, peeling test lepicí páskou nebo měření změn barevnosti či lesku spektrofotometricky. Vyhodnocení na základě realizovaných zkoušek bylo provedeno pomocí určených stupňů barevných změn, lesku a otěru [Tab. 13 a Tab. 14].

Barva	Lesk	Úbytky barevné vrstvy při čištění
0 – původní barva neošetřené plochy	0 – původní plocha – zcela bez lesku	0 – žádné úbytky
1 – mírně tmavší barva než neošetřená plocha	1 – mírný lesk	1 – mírné úbytky
2 – tmavší barva než neošetřená plocha	2 – střední lesk	2 – střední úbytky
3 – výrazně tmavší barva než neošetřená plocha, barva po aplikaci disperzí	3 – výrazný lesk	3 – výrazné úbytky
4 – tmavší barva než nečištěná plocha s disperzí	-	.-
5 – výrazně tmavší barva než nečištěná plocha s disperzí	-	-

Tab. 13: Hodnocení čistícího efektu rozpouštědel a nanodisperzních systémů pomocí subjektivního optického pozorování.

0 – barevná vrstva se nestírá/ minimálně se stírá
1 – barevná vrstva se mírně stírá
2 – barevná vrstva se středně stírá
3 – barevná vrstva se výrazně stírá

Tab. 14: Hodnocení zkoušek mokrého otěru vatovou tyčinkou na očištěných plochách.

### 3.6 Výsledky a diskuze

S ohledem ke skutečnosti, že nedošlo k úplné karbonataci pojivové složky omítky, tedy hydroxidu vápenatého, lze výsledky provedených zkoušek považovat za orientační. Z důvodu časové tísně však byly zkoušky uskutečněny s vědomím, že některé pozorované jevy a uvedené výsledky mohou být alkalitou podkladu do jisté míry ovlivněny. Hodnoty pH byly zjišťovány orientačně, měřením pH výluhů odebraných vzorků v demineralizované vodě indikátorovými pH papírky.<sup>165</sup> Ve výluhu vzorku barevné vrstvy<sup>166</sup> bylo naměřeno pH 7,5-8. V případě vzorku intonaca<sup>167</sup> bylo pH 10-12. Při vyhodnocování zkoušek a formulování závěru bylo k této skutečnosti přihlédnuto.

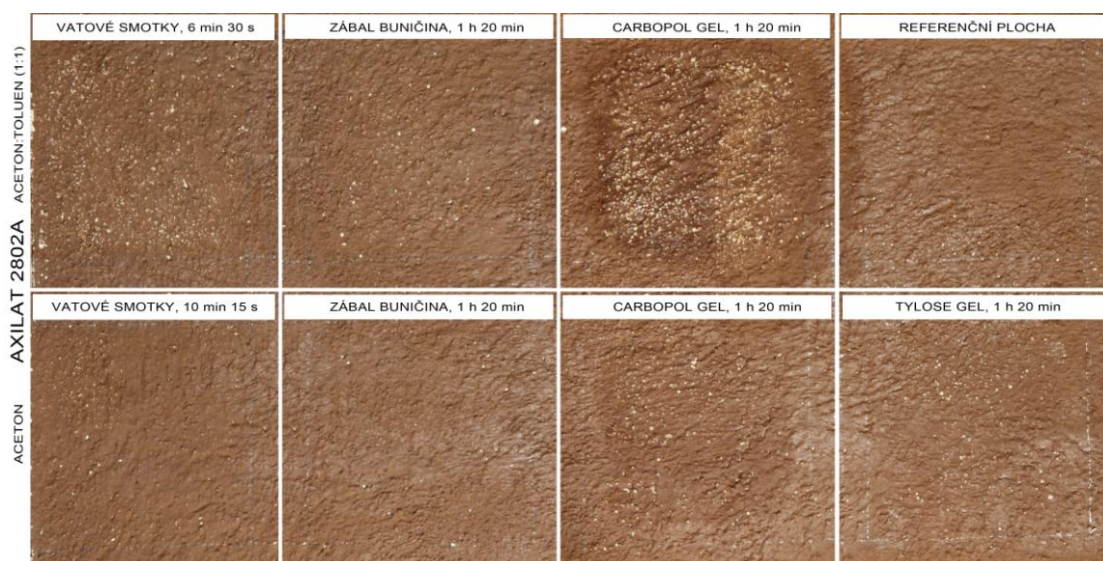
---

<sup>165</sup> Univerzální indikátorové pH papírky *Fisher Scientific*, pH 1-14 (výrobce: Fisherbrand®).

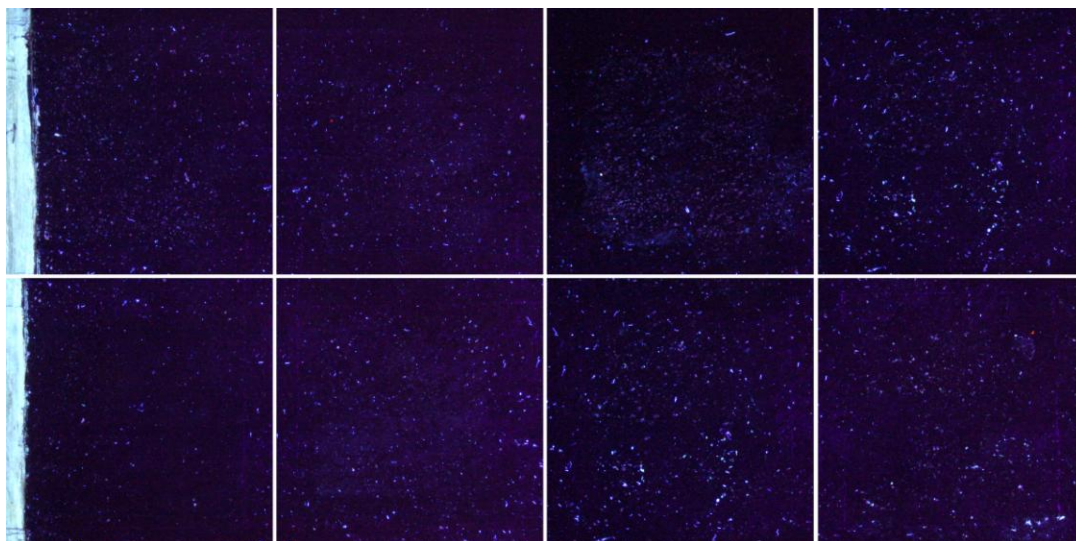
<sup>166</sup> Přibližně 0,1 g odebrané barevné vrstvy v 1 ml demineralizované vody.

<sup>167</sup> Přibližně 0,6 g odebraného intonaca v 6 ml demineralizované vody.

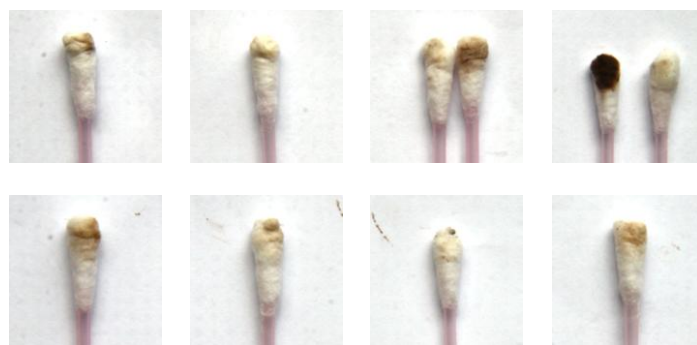
## *Axilat 2802A*



Obr. 21: Barevná vrstva s disperzí *Axilat 2802A* po aplikaci rozpouštědel.



Obr. 22: Barevná vrstva s disperzí *Axilat 2802A* po aplikaci rozpouštědel v UV záření.



Obr. 23: Test ořeru barevné vrstvy s disperzí *Axilat 2802A* mokrou vatou. V pravém horním rohu zkouška ořeru barevné vrstvy neošetřené disperzí a referenční plochy.

	Barva	Lesk	Úbytky barevné vrstvy	Koeficient nasákavosti (kg.m <sup>-2</sup> .h <sup>-1/2</sup> )	Test otěru barevné vrstvy vatičkou	
Neošetřená barevná vrstva	0	0	0	9,579 9,881 7,254	3	
<b>Axilat 2802A</b>	Ref.	3	3	0	1,575	0
	Aceton Vata	2	2	0	1,684	1
	Aceton Buničina	3	3	0	1,102	1
	Ac. Carbopol	4	3	1	2,575	0
	Aceton Tylosa	3	3	1	1,727	1
	Aceton s toluenem 1:1 (obj.) Vatička	1	1	2	0,901	1
	Aceton s toluenem 1:1 (obj.) Buničina	2	2	1	0,879	1
	Aceton s toluenem 1:1 (obj.) Carbopol (nečištěná / dočištěná plocha)	5/4	3/1	3/3	2,540/4,180	1/2

Tab. 15: Vybraná hodnotící kritéria čištění disperze *Axilat 2802*. Barva, lesk a úbytky barevné vrstvy jsou hodnoceny na základě stupňů stanovených v tabulce 14.

Z provedeného experimentu vyplývá podobná a zároveň poměrně nízká schopnost odstranění polymerního filmu *Axilatu 2802A* acetonem a směsí acetonu s toluenem. Směs acetonu a toluenu pravděpodobně vykazuje o něco vyšší rozpouštěcí aktivitu než samotný aceton.

Nejúčinnější aplikace směsí rozpouštědel i čistého acetonu je pomocí vatových smotků, kdy je efektivita čištění zvyšována mechanickým namáháním. Dochází však k výraznému úbytku barevné vrstvy. O něco méně účinná je aplikace v zábalu z buničiny, která je ale k barevné vrstvě šetrnější. Destruktivní je zkouška čištění za použití Carbopolovém gelu. Gel se po dlouhé době působení velmi obtížně odstraňuje a na čištěném povrchu zůstávají nežádoucí residua. Nedočištěná část barevné vrstvy po zkoušce se směsí rozpouštědel v Carbopolovém gelu má výrazně tmavší barevnost a zateklé okraje v porovnání s ostatními provedenými zkouškami. Část dočištěná směsí acetonu a toluenu je světlejší, což je způsobeno nejen

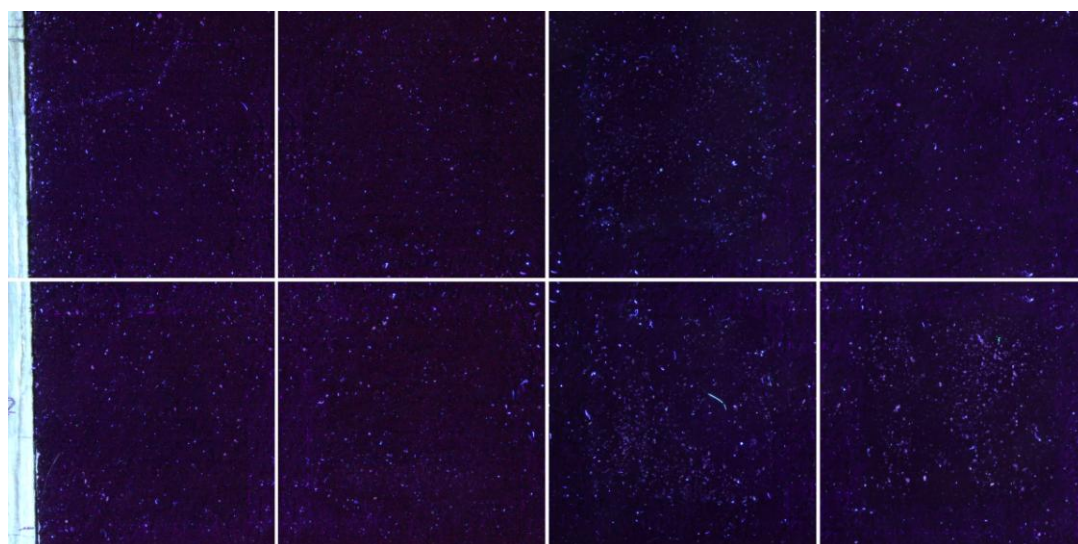
odstraněním polymeru, ale bohužel také díky závažným ztrátám barevné vrstvy. Nebyla zaznamenána zásadní účinnost gelu připraveného z Tylosy a acetonu.

Míru nasákavosti vodou nelze objektivně posoudit, protože při mechanickém odstraňování gelů dochází k narušení barevné vrstvy a otevření povrchu malby.

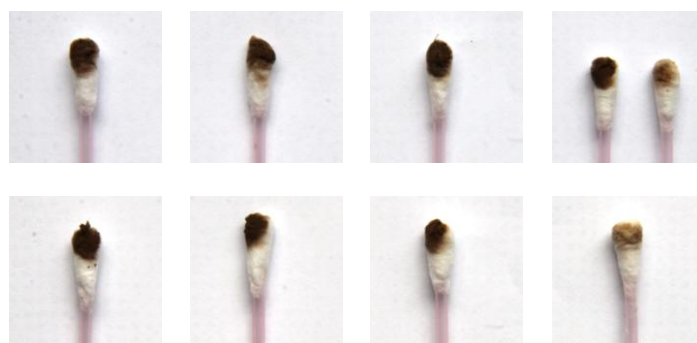
## Duvilax BD20



Obr. 24: Barevná vrstva s disperzí *Duvilax BD20* po aplikaci rozpouštědel.



Obr. 25: Barevná vrstva s disperzí *Duvilax BD20* po aplikaci rozpouštědel v UV záření



Obr. 26: Test ořezu barevné vrstvy s disperzí *Duvilax BD20* mokrou vatou. V pravém horním rohu zkouška ořezu barevné vrstvy neošetřené disperzí a referenční plochy.

	Barva	Lesk	Úbytky barevné vrstvy	Koeficient nasákavosti (kg.m <sup>-2</sup> .h <sup>-1/2</sup> )	Test otěru barevné vrstvy vatičkou	
Neošetřená barevná vrstva	0	0	0	9,579 9,881 7,254	3	
<b>Duvilax BD20</b>	Ref.	3	3	0	2,524	2
	Aceton Vata	0	0	0	8,015	3
	Aceton Buničina	0	0	0	6,299	3
	Aceton Carbopol	1	1	2	4,920	3
	Aceton Tylosa	3	0	2	4,182	2
	Aceton s toluenem 1:1 (obj.) Vatička	0	0	0	9,881	3
	Aceton s toluenem 1:1 (obj.) Buničina	0	0	0	7,438	3
	Aceton s toluenem 1:1 (obj.) Carbopol	2	0	2	6,833	3

Tab. 16: Vybraná hodnotící kritéria čištění disperze *Duvilax BD20*. Barva, lesk a úbytky barevné vrstvy jsou hodnoceny na základě stupňů stanovených v tabulce 14.

Film vytvořený z *Duvilaxu BD20* lze kompletně odstranit vybranými rozpouštědly, v případech použití obkladů bez porušení barevné vrstvy. Aceton pravděpodobně rozpouští disperzi o něco pomaleji, protože v hloubkách nerovného povrchu omítky zůstávají residua disperze. Na hranici čištěných ploch vznikají ztmavlé okraje pravděpodobně v důsledku kumulace rozpuštěného polymeru.

Aplikace směsi rozpouštědel a acetonu v Carbopolovém a Tylosovém gelu mají srovnatelné účinky. Problematické je jejich následné odstranění, při kterém dochází ke ztrátám barevné vrstvy. Nedočištěný gel v prohlubních nerovné struktury omítky po vyschnutí bělá.

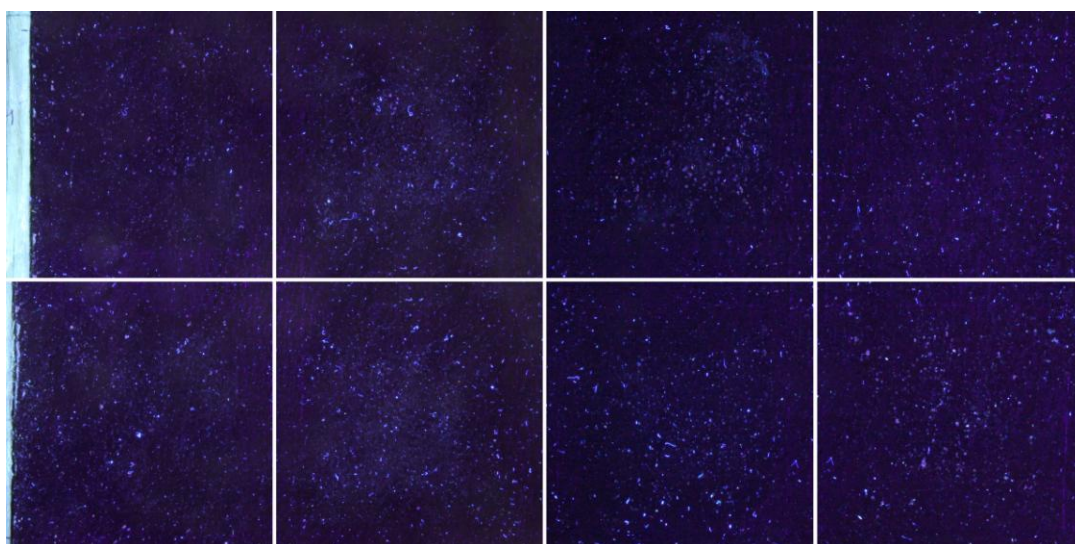
U všech zkoušek došlo k eliminaci lesku a zesvětlení povrchu malby, značící odstranění polymerního filmu. Výjimkou je místo aplikace acetonu v Carbopolovém gelu, kde byl lesk pouze mírně redukován.

Výsledky měření nasákavosti korespondují s vizuálním pozorováním. U všech zkoušek došlo alespoň k částečnému odstranění disperze, protože koeficienty nasákavosti jednotlivých zkoušek jsou vyšší než koeficient nasákavosti nečištěné plochy.

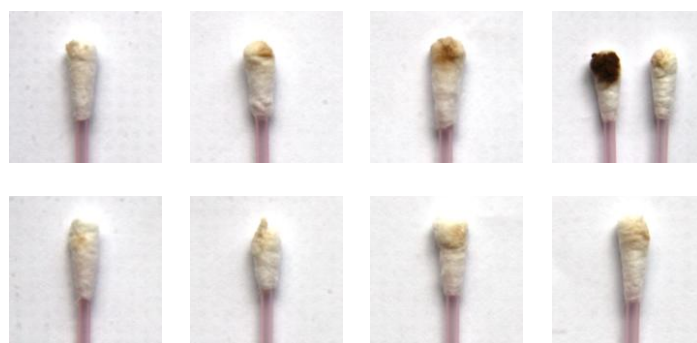
## Dispersion K9



Obr. 27: Barevná vrstva s disperzí *Dispersion K9* po aplikaci rozpouštědel.



Obr. 28: Barevná vrstva s disperzí *Dispersion K9* po aplikaci rozpouštědel v UV záření.



Obr. 29: Test otěru barevné vrstvy s disperzí *Dispersion K9* mokrou vatou. V pravém horním rohu zkouška otěru barevné vrstvy neošetřené disperzí a referenční plochy.

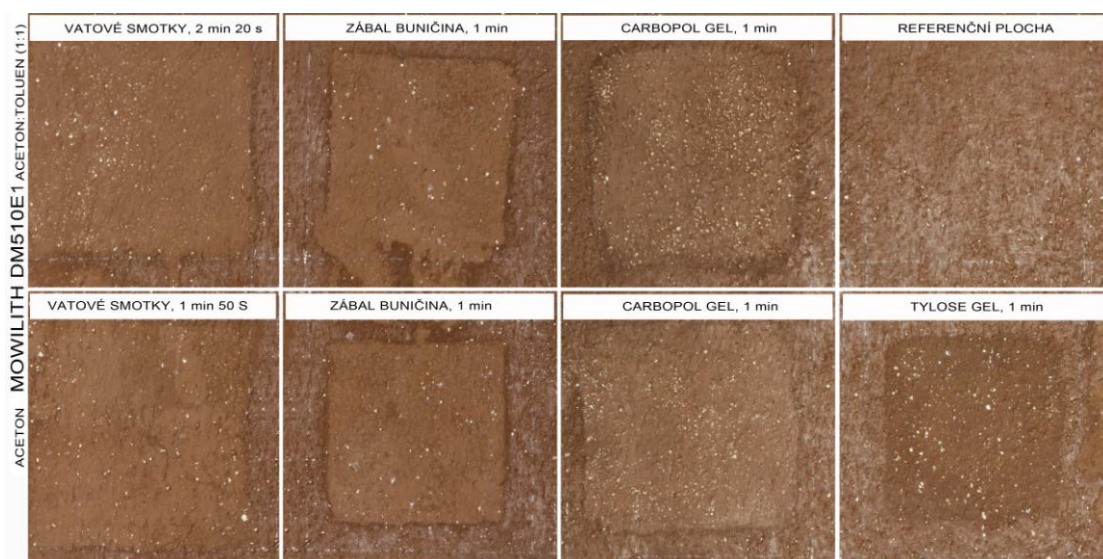
		Barva	Lesk	Úbytky barevné vrstvy	Koeficient nasákavosti (kg.m <sup>-2</sup> .h <sup>-1/2</sup> )	Test otěru barevné vrstvy vatičkou
Neošetřená barevná vrstva		0	0	0	9,579 9,881 7,254	3
<b>Dispersion K9</b>	Ref.	3	3	0	1,545	1
	Aceton Vata	3	1	1	1,272	0
	Aceton Buničina	3	2	0	1,256	0
	Aceton Carbopol	4	2	1	2,662	1
	Aceton Tylosa	3	3	2	2,981	1
	Aceton s toluenem 1:1 (obj.) Vatička	1	1	1	1,210	0
	Aceton s toluenem 1:1 (obj.) Buničina	3	1	1	1,242	1
	Aceton s toluenem 1:1 (obj.) Carbopol	5	3	3	3,209	2

Tab. 17: Vybraná hodnotící kritéria čištění disperze *Dispersion K9*. Barva, lesk a úbytky barevné vrstvy jsou hodnoceny na základě stupňů stanovených v tabulce 14.

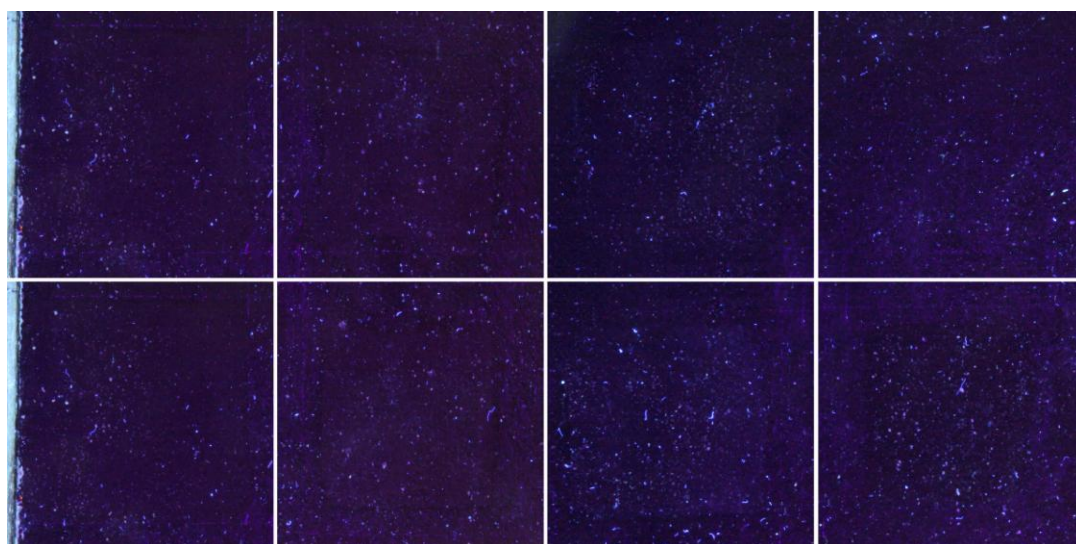
Na základě vizuálního pozorování byla zjištěna relativně nízká odstraňovací schopnost směsi acetonu s toluenem i čistého acetonu. Za nejúčinnější metodu čištění lze označit aplikaci rozpouštědlové směsi vatovými smotky, v zábalu z buničiny a aplikaci acetonu pomocí vatových smotků. Uvedenými způsoby však dochází k nerovnoměrnému očištění ploch, vzniku tmavých skvrn při okrajích, přičemž v prohlubních zůstávají lesky. Při aplikaci v buničině dochází ke stékání rozpouštědel.

Dále je srovnatelná zkouška čištění acetonem v zábalu z buničiny a v Tylosovém gelu, ovšem s tím rozdílem, že při odstraňování gelu dochází k výrazným ztrátám barevné vrstvy v důsledku silného mechanického namáhání povrchu. Úbytky barevné vrstvy jsou patrné i po aplikaci rozpouštědlové směsi i acetonu v Carbopolového gelu. Plocha čištěná rozpouštědly v Carbopolovém gelu je také výrazně tmavší.

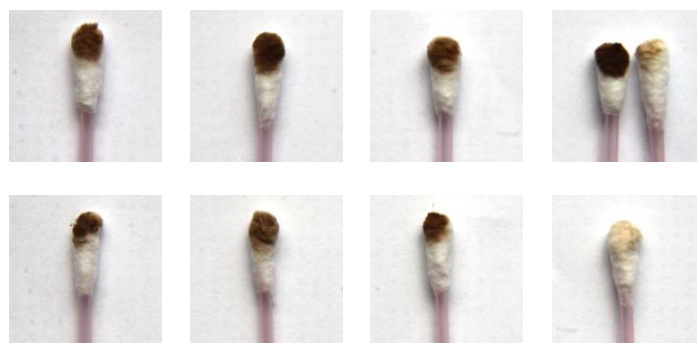
## *Mowilith DM510E1*



Obr. 30: Barevná vrstva s disperzí *Mowilith DM510E1* po aplikaci rozpouštědel.



Obr. 31: Barevná vrstva s disperzí *Mowilith DM510E1* po aplikaci rozpouštědel v UV záření.



Obr. 32: Test ořeru barevné vrstvy s disperzí *Mowilith DM510E1* mokrou vatou. V pravém horním rohu zkouška ořeru barevné vrstvy neošetřené disperzí a referenční plochy.

	Barva	Lesk	Úbytky barevné vrstvy	Koeficient nasákavosti (kg.m <sup>-2</sup> .h <sup>-1/2</sup> )	Test otěru barevné vrstvy vatičkou	
Neošetřená barevná vrstva	0	0	0	9,579 9,881 7,254	3	
<b>Mowilith DM510E1</b>	Ref.	3	3	0	1,833	1
	Aceton Vata	0	0	0	10,349	3
	Aceton Buničina	0	0	0	7,555	3
	Aceton Carbopol	0-	2	2	4,529	3
	Aceton Tylosa	5	0	1	1,634	1
	Aceton s toluenem 1:1 (obj.) Vatička	0	0	1	8,002	3
	Aceton s toluenem 1:1 (obj.) Buničina	0	0	0	7,229	3
	Aceton s toluenem 1:1 (obj.) Carbopol	0*	2	2	4,958	3

Tab. 18: Vybraná hodnotící kritéria čištění disperze *Mowilith DM510E1*. Barva, lesk a úbytky barevné vrstvy jsou hodnoceny na základě stupňů stanovených v tabulce 14.

\*Bílý zákal

Film vytvořený z *Mowilithu DM510E1* lze snadno odstranit acetonem i zvolenou rozpouštědlovou směsí. Rizikem aplikace rozpouštědel v buničinovém zábalu je stékání kapaliny a tvorba tmavých okrajů.

Při aplikaci rozpouštědel v gelu je problematické odstranění gelu, při kterém dochází k úbytkům barevné vrstvy. Výrazně nejhorším výsledkem zkoušek je plocha očištěná acetonem v Tylosovém gelu, která je znatelně tmavší než před aplikací gelu. Stejně tak je jeho koeficient nasákavosti výrazně nižší než na referenční nečištěné ploše, lze tedy předpokládat, že došlo k zásadnímu odstranění polymeru.

Výsledky měření nasákavosti vodou odpovídají vizuálnímu pozorování. Nasákavost ploch čištěných vatovými smotky a buničinovými zábalu je velmi vysoká. Na plochách po aplikaci gelů je koeficient nasákavosti mnohem nižší než u ostatních zkoušek, nicméně pravděpodobně vypovídá o částečném odstranění gelu.

### 3.7 Závěr

Za vyústění teoretické části bakalářské práce lze považovat experimentální výzkum, v rámci kterého byly zkoušeny různé způsoby odstraňování syntetických polymerů organickými rozpouštědly z povrchu nástěnné malby. Pro účely zkoušek byly vybrány polymerní produkty reprezentující fixativa, která se v rámci restaurování/konzervace běžně využívala k ošetření degradované barevné vrstvy v minulosti, některá jsou využívána dodnes. Vybranými přípravky jsou polymerní disperze na bázi akrylátových a vinylacetátových polymerů s názvy *Axilat 2802A* (akrylátová disperze), *Duvilax BD20* (polyvinylacetátová disperze), *Dispersion K9* (akrylátová disperze) a *Mowilith DM510E1* (disperze kopolymeru vinylacetát-butylakrylát). Polymerní disperze byly nanесeny nástřikem na omítkový panel s modelově vytvořenou zpraškovatělou barevnou vrstvou a následně byly odstraňovány různými způsoby aplikace rozpouštědel, která byla zvolena na základě teoretických předpokladů.

Výsledky provedených zkoušek lze bohužel považovat pouze za orientační a ne zcela vypovídající, protože ani po pětíměsíčním procesu přirozeném stárnutí omítkového panelu neproběhla úplná karbonatace vápenného pojiva intonacové vrstvy. Z časových důvodů však byly zkoušky uskutečněny i na takto připravený podklad, s vědomím, že některé výsledky mohou být do jisté míry zkresleny jeho vysokou alkalitou. Lze předpokládat, že zásaditost podkladu může ovlivňovat především výsledky zkoušek, při kterých byla rozpouštědla aplikována po delší dobu v systémech obsahujících vodu, tedy gelech. Pravděpodobná je také změna vlastností polymerních disperzí vlivem vysoké alkality podkladu, zahrnující změnu rozpustnosti zejména u polyvinylacetátových disperzí, případně změnu barevnosti.<sup>168</sup> Nelze tedy vyloučit ani vliv vysoké hodnoty pH podkladu na zkoušky odstraňování polymerních filmů pomocí zábalů.

Při zkouškách odstraňování vybraných fixativ z modelové malby obkladem z buničiny bylo zjištěno, že u povlaků připravených z *Duvilaxu BD20* a *Mowilithu DM510E1* dochází k jejich rychlému a pravděpodobně téměř úplnému odstranění během jedné minuty. Na druhou stranu byla u zbývajících fixativ pozorována jejich poměrně nízká odstranitelnost zejména zábalem z buničiny. Lze pouze polemizovat,

---

<sup>168</sup> MLEZIVA, J., ŠŇUPÁREK, J. *Polymery: výroba, struktura, vlastnosti a použití*. Praha: Sobotáles, 2000. ISBN 80-85920-72-7.

zda jejich míra odstranění a chování odpovídají teoretickým předpokladům a orientačním zkouškám rozpustnosti či nikoliv, a do jaké míry mohou být ovlivněny zmíněnou alkalitou podkladu. Hůře rozpustné filmy se nepodařilo z malby odstranit ani po přibližně devadesáti minutách, přičemž v rámci orientační zkoušky na skle byly pomocí vatového smotku odstranitelné do několika minut<sup>169</sup>.

Výsledky získané při uvedených podmínkách experimentu lze redukovat pouze na poznatky uvedené v následujících bodech.

- Dobře a rychle rozpustné polymerní filmy lze nejučinněji a nejšetrněji odstranit zábalem, v tomto případě zábalem z buničiny. K uspokojivému odstranění polymeru dochází již po aplikaci zábalu po dobu jedné minuty. Na základě měření nasákavosti vodou lze předpokládat, že nedochází k redepozici polymeru do porézního systému malby. Nevýhodou obkladů je možné stékání rozpouštědla z nosiče a tvorba tmavých okrajů čištěných ploch v důsledku kumulace rozpuštěné disperze.
- Podobných výsledků lze při odstraňování snadno rozpustných polymerních filmů dosáhnout aplikací rozpouštědel pomocí vatových smotků. Hrozí však poměrně vysoké riziko ztráty barevné vrstvy. Při čištění dochází k nadměrnému mechanickému namáhání a ztrátě povrchu malby i přes vyvíjení minimálního tlaku na vatový smotek. Stejný jev nastává také v případě hůře rozpustných polymerních povlaků, které lze ve velké míře redukovat aplikací rozpouštědel pomocí vatových smotků, kdy je efektivita čištění zvyšována mechanickým namáháním filmu. Dochází však k výraznému úbytku barevné vrstvy, výsledek čištění není akceptovatelný.
- K mírné redukci hůře rozpustného filmu pravděpodobně dochází i při aplikaci rozpouštědel v zábalu z buničiny. Problémem této aplikace je nedostatečný kontakt čištěné plochy se zábalem a těkavost rozpouštědla, která neumožňuje, aby byl zábal aplikován po delší dobu.
- Díky zvýšené alkalitě podkladu nelze jednoznačně určit, co způsobuje tmavnutí disperzních filmů po aplikaci gelů z *Tylosy* a *Carbopolu*. Možným důvodem je přítomnost residuí gelu, která ulpívají na nabotnalém filmu; samotná zněna struktury filmu, případně její propojení s naměkčenou barevnou vrstvou; či zásaditý charakter omítky, který může mít vyšší vliv při

---

<sup>169</sup> Viz tabulka 11.

použití vodných systémů atd. Lze předpokládat, že dochází ke kombinaci výše uvedených faktorů.

### 3.8 Seznam použitých látek a materiálů

#### Příprava panelu

- křemičitý písek
- bílé vzdušné vápno  $\text{Ca}(\text{OH})_2$
- mramorová moučka (distributor: Kremer Pigmente GmbH & Co. KG)
- pigment umbra červenavá pálená (Kremer Pigmente GmbH & Co. KG)
- demineralizovaná voda
- *Axilat 2802A* (akrylátová disperze; Momentive)
- *Duvilax BD20* (polyvinylacetátová disperze; Duslo, a.s.)
- *Dispersion K9* (akrylátová disperze; Kremer Pigmente GmbH & Co. KG)
- *Mowilith DM510E1* (disperze kopolymeru vinylacetát-butylakrylát; Celanese Emulsion GmbH)

#### Rozpouštědla

- aceton (čistý; výrobce: Penta s.r.o.)
- dichlormethan (čistý; výrobce: Lachema s.r.o.)
- ethylacetát (čistý; výrobce: Lachema s.r.o.)
- ethylmethylketon (čistý; výrobce: Lach-Ner s.r.o.)
- chloroform (p.a.; Chemapol a.s.)
- technický benzín (výrobce: Severochema Liberec)
- toluen (čistý; výrobce: Penta s.r.o.)
- xylen (čistý; výrobce: Lach-Ner s.r.o.)

#### Aplikace rozpouštědel

- buničina šíře 10 cm, pro lékařské účely (výrobce: Hartmann-Rico a.s.)
- *Tylose MH 300* (methylhydroxyethylcelulóza, dodavatel: Ceiba s.r.o.)
- *Carbopolu® EZ-2* (kyselina polyakrylová; distributor: Kremer Pigmente GmbH & Co. KG)
- *Ethomeen® C/25* a *C/12* (povrchově aktivní látky; distributor: Kremer Pigmente GmbH & Co. KG)
- demineralizovaná voda

## IV. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A PRAMENŮ

### 1. Seznam použité literatury

AREOPAGITA, D., *O nebeské hierarchii*, Praha, Vyšehrad, 2009.

BAGLIONI, P., BERTI, D., BONINI, M., CARRETTI, E., DEI, L., FRATINI, E., GIORGI, R. Micelle, microemulsions, and gels for the conservation of cultural heritage. *Advances in Colloid and Interface Science*. 2014, s. 361-371.

BAGLIONI, M., GIORGI, R., BERTI, D. a BAGLIONI, P. Smart cleaning of cultural heritage: a new challenge for soft nanoscience. *Nanoscale*. 2011, 4, 9, s. 42-53.

BARTOVSKÁ, L., ŠIŠKOVÁ, M. *Co je co v povrchové a koloidní chemii: Výkladový slovník* [online]. Praha: Vydavatelství VŠCHT Praha, 2005 [cit. 2014-07-16]. Dostupné z: [http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid\\_es-001/](http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_es-001/).

BARTOVSKÁ, L., ŠIŠKOVÁ, M.. *Fyzikální chemie povrchů a koloidních soustav* [online]. Praha: Vydavatelství VŠCHT Praha, 2005 [cit. 2014-07-19]. ISBN 80-7080-579-X. Dostupné z: [http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid\\_isbn-80-7080-579-X/pages-pdf/199.html](http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_isbn-80-7080-579-X/pages-pdf/199.html)

BURKE, J. Solubility Parameters: Theory and Application. *The Book and the Paper ANNUAL* [online]. 1984, 3 [cit. 2014-07-13]. Dostupné z: <http://cool.conservation-us.org/coolaic/sg/bpg/annual/v03/bp03-04.html>.

CARRETTI, E., et al. A new family of high viscosity polymeric dispersions for cleaning easel paintings. *Journal of Cultural Heritage*. 2010, 11, 4, s. 373-380.

CARRETTI, E., et al. Poly(vinyl alcohol) – borate hydro/cosolvent gels: viscoelastic properties, solubilizing power and application to art conservation. *Langmuir*. 2009, 25, s. 8656-8662.

CARETTI, E., et al. New frontiers in materials science for art conservation: responsible gels and beyond. *Accounts of chemical research*. 2010, 43, s. 751-760.

CARRETTI, E, GIORGI, R, BERTI, D, BAGLIONI, P. *Langmuir*. 2007, 23, 6396-6403.

DANIELOVÁ, I. *Malířská a sochařská výzdoba kaple sv. Isidora v Křenově*. Brno, 2011. Bakalářská práce. Masarykova univerzita v Brně. Filozofická fakulta.

DOMINIQUE, J., BONELLI, N., GIORGIO, R., FRATINI, E., BAGLIONI, P. Innovative method for the cleaning of water-sensitive artifacts: synthesis and application of highly retentive chemical hydrogels. *International Journal of Conservation Science*. 2013, 4, s. 715-722.

HALL, J. *Slovník námětů a symbolů ve výtvarném umění*. Praha: Mladá fronta, 1991. ISBN 80-204-0205-5, s. 46-47.

HOLMBERG, K., JÖNSSON, B., KRONBERG, B., LINDMAN, B. *Surfactants and Polymers in Aqueous Solution*. John Wiley & Sons, Ltd, 2002. ISBN 0-471-49883-1.

HORIE, Ch. V. *Materials for Conservation: Organic consolidants, adhesives and coatings*. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1987. ISBN 0-7506-0881-1.

JOANA, A., et al. Innovative hydrogels based on semi-interpenetrating p(HEMA)/PVP networks for cleaning of water-sensitive cultural heritage. *Langmuir*. 2013, 29, s. 2746-2755.

KOCIÁNOVÁ, IVONA. *Restaurování centrálního výjevu na klenbě kaple sv. Isidora v Křenově*. Litomyšl, 2013. Diplomová práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování. Vedoucí práce Mgr. art. Jan Vojtěchovský.

*Kancionál: společný zpěvník českých a moravských diecézí*. Praha: Zvon, 1990, s. 94-96.

KOTLÍK, P. *Stavební materiály historických objektů*. Praha: Vysoká škola chemickotechnologická v Praze, 1999. ISBN 80-7080-347-9.

MIKULEC, J. Svatý Isidor: španelský sedlák na českém venkově. *Dějiny a současnost*. 1992, 92, 5, s. 26-30.

MLEZIVA, J., ŠŇUPÁREK, J. *Polymery: výroba, struktura, vlastnosti a použití*. Praha: Sobotáles, 2000. ISBN 80-85920-72-7.

NAVRÁTILOVÁ, Michaela. *Tenzidy a jejich využití pro odstraňování nečistot z objektů s barevnými povrchovými úpravami*. Litomyšl, 2010. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování. Vedoucí práce Ing. Karol Bayer.

POCHE, E., HOŘEJŠÍ, J., KOŘÁN, I., KRČÁLOVÁ, J. *Umělecké památky Čech 2: K-O*. Praha: Academia, 1978.

POUHLÝ, Julius. *Fyzikální chemie makromolekulárních a koloidních soustav* [online]. Praha: Vydavatelství VŠCHT Praha, 2008 [cit. 2014-07-29]. Dostupné z: [http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid\\_isbn-978-80-7080-674-6/pages-img/009.html](http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_isbn-978-80-7080-674-6/pages-img/009.html).

POLÁKOVÁ, M. *Restaurování části nástropní malby s motivem „Angeli“ na klenbě kaple sv. Isidora v Křenově*. Litomyšl, 2014. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování. Vedoucí práce Mgr. art. Jan Vojtěchovský.

RODORICO, G., BAGLIONI, M., BERTI, D., BAGLIONI, P. New Methodologies for the Conservation of the Cultural Heritage: Micellar Solutions, Microemulsions, and Hydroxide Nanoparticles. *Accounts of chemici research*. 2010, 43, 6, s. 695 – 704.

RAČKOVÁ, M. *Restaurování části nástropní malby s motivem „Seraphim“ na klenbě kaple sv. Isidora v Křenově*. Litomyšl, 2014. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování. Vedoucí práce Mgr. art. Jan Vojtěchovský.

*Science for Conservators, Vol. 2: Cleaning*. New York: Conservation Unit of the Museums, 1992. ISBN 04-150-7165-8.

STAVROUDIS, Ch., BLANK, S. Solvent and Sensibility. *Waac Newsletter* [online]. 1989, 11, 2, s. 2-10 [cit. 2014-07-16]. Dostupné z: <http://cool.conservation-us.org/waac/wn/wn11/wn11-2/wn11-202.html>.

STULIK, D., et al.; DORGE, V. (ed). *Solvent Gels for the Cleaning of Works of Art: The residue Question*. Los Angeles: Getty Conservation Institute, 2004.

ŠMERAL, J., TURKO, P. J. a BOUCHAL, G. B.. *Křenovská farnost v historii: Pfarrei Krönau in der Geschichte*. Jevíčko: Římskokatolická farnost Křenov, 2010.

ŠMIDRKAL, J. *Tenzidy a detergenty dnes*. Chemické listy. 1999, 93, s. 421-427.

ROYT, J. *Poslové nebes: doprovodná kniha k výstavě o andělech ve výtvarném umění od středověku do 20. století*: Muzeum Šumavy v Kašperských Horách, květen – říjen 2001. Sušice: Muzeum Šumavy, 2001.

ROYT, J. *Slovník biblické ikonografie*. Praha: Karolinum, 2006. ISBN 80-246-0963-0.

ŘÍHOVÁ, V. *Bratrstvo a kaple sv. Isidora v Křenově*. Litomyšl: Regionální muzeum Litomyšl, 2013. *Sborník Pomezí Čech, Moravy a Slezska*. 2013, 14. ISBN 978-80-904064-9-0.

VOJTĚCHOVSKÝ, J. *Využití rozpouštědel v restaurování závěsného obrazu*. Bratislava, 2005. Diplomová práce. Vysoká škola výtvarných umění v Bratislavě, Katedra reštaurovania. Vedoucí práce Ing. Jana Želinská, PhD.

VYMĚTALÍKOVÁ, M. *Studium povrchově aktivních látek elektrochemickými metodami*. Olomouc, 2010. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci. Přírodovědecká fakulta. Katedra analytické chemie. Vedoucí práce Mgr. Jitka Součková.

WILLIAMS, V. S., DOYLE, A. M. Cleaning fossil tooth surfaces for microwear analysis: Use of solvent gels to remove resistant consolidant. *Palaeontologia Electronica*. 2010, 13, 3. Dostupné z: [http://palaeo-electronica.org/2010\\_3/247/index.html](http://palaeo-electronica.org/2010_3/247/index.html).

ZELINGER, J. *Chemie v práci konzervátora a restaurátora*. 2. přepracované a doplněné vydání. Praha: Academia, 1987.

ZELINGER, J. *Rozpouštědla v konzervaci a restaurování uměleckých děl*. Studijní text k přednáškám z předmětu: Koroze a konzervace organických materiálů památek. Praha: Ústav chemické technologie VŠCHT, 1994.

## 2. Seznam použitých pramenů

BAYER, K. *Přírodovědné principy metod čištění kamene, omítek, povrchu architektury a nástěnných maleb*. Přednášky k výuce předmětu: Technologie restaurování a konzervace. Litomyšl, 2010–2014. Univerzita Pardubice. Fakulta restaurování.

BAYER, K. *Rozpuštědla, tenzidy a enzymy: použití v restaurátorské praxi*. Přednášky k výuce předmětu: Technologie restaurování a konzervace. Litomyšl, 2010–2014. Univerzita Pardubice. Fakulta restaurování.

BOGIN, S., LEHMANN, M. *Kurz čištění nástěnných maleb* (zpráva z kurzu na FR UPCE, vypracoval Tomáš Titor). Litomyšl, 2010.

ČESKO. Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. ze dne 12. 12. 2007, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2007, částka 111, str. 5086-5236. Dostupný také z: <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=5202>. ISSN 1211-1244.

ČESKO. Nařízení vlády č. 9/2013 Sb. ze dne 20. 12. 2013, kterým se mění nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, ve znění pozdějších předpisů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2013, částka 5, str. 34-50. Dostupný také z: <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=z&id=25438>.

DELIVERABLE 3.2: Assessment of nanomaterials for wall-painting cleaning. NANOFORART. Project no. ENV-NMP.2011.2.2-5; ENV-NMP.2011.3.2.1-1-282816.

HAMSÍKOVÁ, D. a HAMSÍKOVÁ, R. *Restaurátorská zpráva, II. etapa v roce 2006 fresky J. K. Handkeho v klenbě hřbitovní kaple sv. Isidora* (archiv OÚ v Křenově).

HAMSÍKOVÁ, R. a KAŠPAR, J. *Křenov, hřbitovní kaple sv. Isidora: Restaurátorská zpráva - vyhodnocení stavu malířské a sochařské výzdoby kaple*, 2004 (archiv OÚ v Křenově).

KOVAŘÍK, P., KOVAŘÍKOVÁ, J. *Hřbitovní kaple sv. Isidora – vyhodnocení současného stavu objektu*, březen 2004 (archiv OÚ v Křenově).

SLÁNSKÝ, B. *Technika malby díl I.: malířský a konzervační materiál*. Vydání 2. Praha a Litomyšl: Paseka, 2003. ISBN 80-7185-610-X, s. 94-101.

UNIVERZITA PARDUBICE. Fakulta restaurování. *Restaurátorský průzkum: Nástěnné malby, štuková výzdoba a omítky interiéru kaple sv. Isidora v Křenově*. Litomyšl, březen 2012.

### **3. Databáze a internetové zdroje**

*Akzonobel.com*

*Ceiba.cz*

*Cool.conservaion-us.org*

*Lubrizol.com*

*Ibz-freiberg.de*

*Ijcs.uaic.ro*

*Mvcr.cz*

*Nanoforart.eu*

*Palaeo-electronica.org*

*Pubs.acs.org/acr*

*Remmers.cz*

*Rsc.org/nanoscale*

*Sciencedirect.com*

*Vydavatelstvi.vscht.cz*

*Wikipedie.ogr*

## V. SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

$\delta$ – parametr rozpustnosti	<b>NPÚ</b> – Národní památkový ústav
§ - paragraf	<b>obr.</b> – obrázek
% - procent	<b>odst.</b> - odstavec
% ( <b>hm.</b> ) – hmotnostní procenta	<b>PAL</b> – povrchově aktivní látka
% ( <b>obj.</b> ) – objemová procenta	<b>PC</b> - propylenkarbonát
Ø – průměr	<b>PeOH</b> – 1-pentanol
<b>angl.</b> – anglicky	<b>PEL</b> – přípustné expoziční limity
<b>APG</b> - alkylpolyglykosidy	<b>pHEMA</b> – 2-hydroxyethylmethakrylát
č. – číslo	<b>PVA</b> – polyvinylalkohol
<b>ČR</b> – Česká republika	<b>PVAC</b> – polyvinylacetát
<b>DMF</b> – dimethylformamid	<b>RH</b> – relativní vlhkost
<b>EA</b> - ethylacetát	<b>s.</b> – strana
<b>FR</b> – Fakulta restaurování	<b>Sb.</b> – sbírky
<b>FTIR</b> – infračervená spektroskopie s Fourierovou transformací	<b>SDS</b> – dodecysulfát sodný
<b>KMK</b> – kritická molární koncentrace	<b>T</b> - teplota
<b>např.</b> – například	<b>tab.</b> – tabulka
<b>NPK-P</b> – nejvyšší přípustná koncentrace chemické látky	<b>tzv.</b> - takzvaně
	<b>UPCE</b> – Univerzita Pardubice
	<b>UV</b> – ultrafialové záření

## VI. SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Zkoušky fixáže barevné vrstvy.....	29
Tab. 2: Zkoušky konsolidace degradovaných omítek .....	31
Tab. 3: Zkoušky redukce lesků fixáže. ....	32
Tab. 4: Zkoušky čištění šedých zákalů pomocí iontoměníčů. ....	33
Tab. 5: Příklady odstranění polymerních reziduí na akrylátové bázi, na bázi vinylacetátů a kopolymerů vinylacetátů a akrylátů. ....	71
Tab. 6: Základní receptury přípravy gelu. ....	79
Tab. 7: Vybrané vodné polymerní disperze a jejich specifické vlastnosti. ....	83
Tab. 8: Celkové parametry rozpustnosti vybraných polymerů, které uvádí Zelinger. ....	84
Tab. 9: Vybraná rozpouštědla. ....	86
Tab. 10: Vybrané rozpouštědlové směsi. ....	86
Tab. 11: Výsledky experimentu č. 1. ....	87
Tab. 12: Způsoby aplikace rozpouštědel na modelový panel. ....	93
Tab. 13: Hodnocení čistícího efektu rozpouštědel a nanodisperzních systémů pomocí subjektivního optického pozorování. ....	95
Tab. 14: Hodnocení zkoušek mokrého otěru vatovou tyčinkou na očištěných plochách. ....	95
Tab. 15: Vybraná hodnotící kritéria čištění disperze <i>Axilat 2802A</i> . ....	98
Tab. 16: Vybraná hodnotící kritéria čištění disperze <i>Duvilax BD20</i> . ....	101
Tab. 17: Vybraná hodnotící kritéria čištění disperze <i>Dispersion K9</i> . ....	103
Tab. 18: Vybraná hodnotící kritéria čištění disperze <i>Mowilith DM510E1</i> . ....	105

## VII. SEZNAM OBRAZOVÝCH A GRAFICKÝCH PŘÍLOH

Obr. 1: Hansenův 3-D model rozpustnosti hypotetického polymeru. ....	53
Obr. 2: Stanovení polohy vody v trojúhelníkovém diagramu. ....	54
Obr. 3: Poloha jednotlivých skupin rozpouštědel v trojúhelníkovém diagramu. ....	55
Obr. 4: Stanovení dvousložkové směsi v trojúhelníkovém diagramu. ....	56
Obr. 5: Okno rozpustnosti hypotetického polymeru. ....	57
Obr. 6: Schéma molekuly povrchově aktivní látky. ....	61
Obr. 7: Schéma molekuly polyalkylglykosidu. ....	62
Obr. 8: Schéma molekuly SDS. ....	63
Obr. 9: Klasifikace povrchově aktivních látek podle ionicity: sestupně neionogenní, anionaktivní, kationaktivní, amfolytické. ....	63
Obr. 10: Schéma normální a invertní micely. ....	64
Obr. 11: Přímá solubilizace (a) nepolárních látek, (b) polárně-nepolárních látek, (c) polárních látek v malých ionogenních micelách, (d) nepolárních látek v McBainových micelách, (e) nepolárních a polárních látek v neionogenních micelách. ....	66
Obr. 12: Schéma základních typů emulzí: O/V emulze (a) a V/O emulze (b). ....	67
Obr. 13: Schéma mechanismu čištění polymerního filmu systémem EAPC a XYL. ....	73
Obr. 14: Vzorec Ethomeenu® C/25 (X+Y=15, R – kokoalkyly). ....	78
Obr. 15: Vzorec Ethomeenu® C/12. ....	78
Obr. 16: Vyznačení grafické linie v trojúhelníkovém diagramu. ....	78
Obr. 17: Teasův trojúhelníkový diagram s lokací běžných rozpouštědel (č. 1-47). Na menších diagramech je vyznačena rozpustnost polymerních látek v těchto rozpouštědlech - plné kolečko značí rozpustnost, prázdné kolečko částečnou rozpustnost a prázdný trojúhelník nerozpustnost. Červeně jsou ve velkém diagramu zakresleny přepočtené hodnoty Hansenových parametrů pro polyetylnetakrylát (A), polymetylnetakrylát (B), polystyren (C) a PVAC (D). Rozpouštědla a rozpouštědlové směsi zvažované při výběru jsou zvýrazněny zelenou barvou. ....	85
Obr. 18: Zkoušky přípravy barevné vrstvy (č. 1-8). A - aplikace na suchou omítku, B - aplikace na předvlhčenou omítku. Červeně je vyznačena vybraná receptura. ....	89
Obr. 19: Modelový panel před aplikací rozpouštědel. ....	90
Obr. 20: Grafické vyznačení jednotlivých zkoušek na modelovém panelu. ....	91
Obr. 21: Barevná vrstva s disperzí Axilat 2802A po aplikaci rozpouštědel. ....	97
Obr. 22: Barevná vrstva s disperzí Axilat 2802A po aplikaci rozpouštědel v UV záření. ....	97
Obr. 23: Test otěru barevné vrstvy s disperzí Axilat 2802A mokrou vatou. V pravém horním rohu zkouška otěru barevné vrstvy neošetřené disperzí a referenční plochy. ....	97
Obr. 24: Barevná vrstva s disperzí Duvilax BD20 po aplikaci rozpouštědel. ....	100
Obr. 25: Barevná vrstva s disperzí Duvilax BD20 po aplikaci rozpouštědel v UV záření. ....	100
Obr. 26: Test otěru barevné vrstvy s disperzí Duvilax BD20 mokrou vatou. V pravém horním rohu zkouška otěru barevné vrstvy neošetřené disperzí a referenční plochy. ....	100
Obr. 27: Barevná vrstva s disperzí Dispersion K9 po aplikaci rozpouštědel. ....	102
Obr. 28: Barevná vrstva s disperzí Dispersion K9 po aplikaci rozpouštědel v UV záření. ....	102
Obr. 29: Test otěru barevné vrstvy s disperzí Dispersion K9 mokrou vatou. V pravém horním rohu zkouška otěru barevné vrstvy neošetřené disperzí a referenční plochy. ....	102

Obr. 30: Barevná vrstva s disperzí <i>Mowilith DM510E1</i> po aplikaci rozpouštědel. ....	104
Obr. 31: Barevná vrstva s disperzí <i>Mowilith DM510E1</i> po aplikaci rozpouštědel v UV záření. ....	104
Obr. 32: Test otěru barevné vrstvy s disperzí <i>Mowilith DM510E1</i> mokrou vatou. V pravém horním rohu zkouška otěru barevné vrstvy neošetřené disperzí a referenční plochy. ....	104
Obr. 33: Portrétní olejomalba faráře Schindlera. Na malbě jsou vyobrazeny barokní stavby, které byly v Křenově vystavěny z iniciativy faráře Schindlera. Foto: Martin Mádl. ....	122
Obr. 34: Proměny vnějšího pláště kaple od počátku dvacátého století po současnost. Horní řada zleva: počátek 20. století (pohlednice), 50. nebo 60. léta (foto z archivu NPÚ, autorka Plecháčková), rok 1964 (foto z archivu NPÚ, autor Sacher); spodní řada zleva: rok 1973 (foto z archivu NPÚ autor Černík), rok 1996 (foto z archivu NPÚ, autorka Neumeisterová), rok 2014. ....	122
Obr. 35: Celkový pohled na nástrojnou malbu. Foto z archivu NPÚ (Jakub Švadlenka, 2003). ..	123
Obr. 36: Modře vyznačený úsek určený k samostatnému restaurování. Foto z archivu NPÚ (Neumeisterová, 1996 nebo 1997) - upraveno. ....	123
Obr. 37: Andělský kůr Principatus (obrázek složený z několika snímků). Stav před restaurováním. ....	124
Obr. 38: Grafická dokumentace úseku vymezeného k samostatnému restaurování. Vyznačení rozměrů a předělů omítek. ....	124
Obr. 39: Grafická dokumentace neinvazivního průzkumu malby anděla. ....	125
Obr. 40: Grafická dokumentace malby anděla – vyznačení vlastních restaurátorských zásahů. ....	126
Obr. 41: Grafická dokumentace vymezeného úseku pásu mraků – neinvazivní průzkum. ....	127
Obr. 42: Grafická dokumentace vymezeného úseku pásu mraků – vyznačení vlastních restaurátorských zásahů. ....	127
Obr. 43: Andělský kůr Principatus – středová část vymezeného úseku. Stav před restaurováním. Kvůli přítomnosti lešení nelze v současné době pořídit celkovou fotografii anděla. ....	128
Obr. 44: Andělský kůr Principatus – horní část vymezeného úseku s latinským nápisem „Principatus“ (Knížectva). Stav před restaurováním. ....	128
Obr. 45: Andělský kůr Principatus - spodní část vymezeného úseku. Stav před restaurováním. ....	129
Obr. 46: Pás s malovanými oblaky, v horní části lemovaný profilovaným štukovým rámem. Stav před restaurováním. Vymezený úsek se nachází mezi andělským kůrem Principatus a andělským kůrem Virtutes. ....	129
Obr. 47: Štuková okřídlená hlavička andílka, blíže k andělskému kůru Virtutes. Stav před restaurováním. ....	130
Obr. 48: Štuková okřídlená hlavička andílka, blíže k andělskému kůru Angeli. Stav před restaurováním. ....	130
Obr. 49: Detail štukové hlavičky andílka blíže andělskému kůru Virtutes. Stav před restaurováním. Snímek společně s následující fotografií dokládají současný vznik výmalby klenby a barevné povrchové úpravy štuku – zde je zelená barva z plochy malby tažena přes okrový štuk. ....	131
Obr. 50: Detail štukové hlavičky andílka blíže andělskému kůru Virtutes. Stav před restaurováním. Okrová barva ze štuku překrývá plochu malby. ....	131
Obr. 51: Detail malby andělského kůru Principatus, oblast pod štukovou hlavičkou andílka blíže andělskému kůru Virtutes. Stav před restaurováním. Předěl omítky s hrubým povrchem a vytaženým zrnem (podklad malby anděla) a hladké kletované omítky (v okolí štuků). ....	132
Obr. 52: Detail malby v pravém křídle anděla. Stav před restaurováním. Detail poškození – šupinující barevná vrstva. ....	132

Obr. 53: Detail malby anděla v oblasti kolena. Stav před restaurováním. Detail poškození - barevná vrstva se sraňuje až na červenohnědou štětcovou rozkresbu. ....	133
Obr. 54: Detail malby anděla v oblasti dolního okraje červeného pláště. Stav před restaurováním. Detail poškození – trhlinka zajištěná tmelem, nesoudržné intonaco a tmavá skvrna od konsolidantu.....	133
Obr. 55: Hlava anděla v přímém (horní snímek) a bočním (dolní snímek) nasvícení, fotografováno pod úhlem. Stav před restaurováním. V bočním nasvícení je patrný kompaktní lesklý film fixáže. ....	134
Obr. 56: Detail pozadí malby anděla. Stav před restaurováním. Snímek zachycuje stérence fixážního prostředku. ....	134
Obr. 57: Detail malby pod rámem z vavřínových lístků. Stav před restaurováním. Detail poškození – zatekliny. ....	135
Obr. 58: Detail malby a štukové hlavičky andílka blíže andělskému kůru Angeli. Stav před restaurováním. Detail poškození – ztmavnutí barevné vrstvy v důsledku silného zatékání a přítomnosti síranů. Ve ztmavlé oblasti jsou patrné i bílé výkvěty solí.....	135
Obr. 59: Detail malby v oblasti pravé ruky anděla. Stav před restaurováním. Detail poškození – trhlinka, šedý zákal síranu vápenatého a ztmavlé partie v důsledku degradace olovnatých pigmentů. ....	136
Obr. 60: Detail tváře anděla. Stav před restaurováním. V tváři anděla došlo pravděpodobně také ke korozi olovnatých pigmentů. ....	136
Obr. 61: Detail pásu s malbou mraků. Stav před restaurováním, razantní boční nasvícení. Zviditelnila se dvojitá struktura omítky, patrné jsou i mechanické vrypy do vlhké omítky. ....	137
Obr. 62: Detail pásu s malbou mraků. Stav před restaurováním. Detail poškození – vertikální trhlinka; potřísnění stékající okrové barvy; stopy po kapkách neznámého původu, jimiž byla smyta zpráškovatělá barevná vrstva. ....	137
Obr. 63: Štuková okřídlená hlavička andílka, blíže k andělskému kůru Virtutes. Stav před restaurováním, umělé bílé světlo. ....	138
Obr. 64: Průzkum v UV světle. Štuková okřídlená hlavička andílka blíže k andělskému kůru Virtutes v UV světle. Žlutě fluoreskuje organický podklad zlacení (vysychavý olej?), výrazná světle modrá luminiscence v hloubkách štku náleží patrně organickému pojivu, kterým byl opatřen povrch štku před barevnou úpravou. V pozadí luminují stérence fixáže (světle modře) a residua mikrobiologického napadení (žlutozeleně)- .....	138
Obr. 65: Detail pozadí anděla. Stav před restaurováním, umělé bílé světlo. ....	139
Obr. 66: Průzkum v UV světle. Detail pozadí anděla. Stav před restaurováním, umělé bílé světlo. V celé ploše malby lze pozorovat žlutozeleně luminující malé skvrny – pravděpodobně biologické napadení. ....	139
Obr. 67: Zkoušky redukce lesků fixáže. ZKL2 – čištění párou, ZKL4 – čištění párou a štětcem s teplou destilovanou vodou. ....	140
Obr. 68: Zkoušky redukce lesků fixáže. ZKL6 – zábal z <i>Abrocelu</i> a teplé destilované vody. ..	140
Obr. 69: Světlé skvrny, které vznikly při odstraňování lesků po aplikaci zábalu z <i>Arbocelu</i> a teplé destilované vody. ....	141
Obr. 70: Neúspěšné zkoušky odstraňování šedých zákalů za pomoci iontoměníčů. ....	141
Obr. 71: Největší trhlinka v malbě anděla. Zajištění uvolněného intonaca přelepou z japonského papíru pojené <i>Tylosou MH 300</i> . ....	142
Obr. 72: Největší trhlinka v malbě anděla. Stav po konsolidaci uvolněného intonaca. ....	142
Obr. 73: Andělský kůr Principatus - spodní část vymezeného úseku. Stav po zpevnění a očištění. ....	143
Obr. 74: Andělský kůr Principatus - spodní část vymezeného úseku. Stav po očištění a vytmelení. ....	143

Obr. 75: Andělský kůr Principatus – horní část vymezeného úseku. Stav po očištění a vytmelení. ....	144
Obr. 76: Pás s malovanými oblaky. Stav po očištění a vytmelení. ....	144
Obr. 77: Štuková okřídlená hlavička andílka, blíže k andělskému kůru Virtutes. Stav po očištění a vytmelení. ....	145
Obr. 78: Štuková okřídlená hlavička andílka, blíže k andělskému kůru Angeli. Stav po očištění a vytmelení. ....	145
Obr. 79: Andělský kůr Principatus – středová část vymezeného úseku. Stav po restaurování. .	146
Obr. 80: Andělský kůr Principatus – horní část vymezeného úseku. Stav po restaurování. ....	146
Obr. 81: Andělský kůr Principatus – středová část vymezeného úseku. Stav po restaurování. .	147
Obr. 82: Pás s malovanými oblaky. Stav po restaurování. ....	147
Obr. 83: Štuková okřídlená hlavička andílka, blíže k andělskému kůru Virtutes. Stav po restaurování. ....	148
Obr. 84: Štuková okřídlená hlavička andílka, blíže k andělskému kůru Angeli. Stav po restaurování. ....	148
Obr. 85: Andělský kůr Principatus. Stav po restaurování. ....	149
Obr. 86: Detail malby - koruna a žezlo. Stav před restaurováním (horní snímek), stav po restaurování (spodní snímek). ....	149
Obr. 87: Detail malby anděla v oblasti kolena. Vlevo – stav před restaurováním, vpravo – stav po restaurování. ....	150
Obr. 88: Detail nohy anděla. Vlevo – stav před restaurováním, vpravo – stav po restaurování. ....	150
Obr. 89: Detail praskliny v malbě anděla. Stav před restaurováním. ....	151
Obr. 90: Detail praskliny v malbě anděla. Stav po restaurování. ....	151

## **VIII. OBRAZOVÁ A GRAFICKÁ PŘÍLOHA**



Obr. 33: Portrétní olejomalba faráře Schindlera. Na malbě jsou vyobrazeny barokní stavby, které byly v Křenově vystavěny z iniciativy faráře Schindlera. Foto: Martin Mádl.



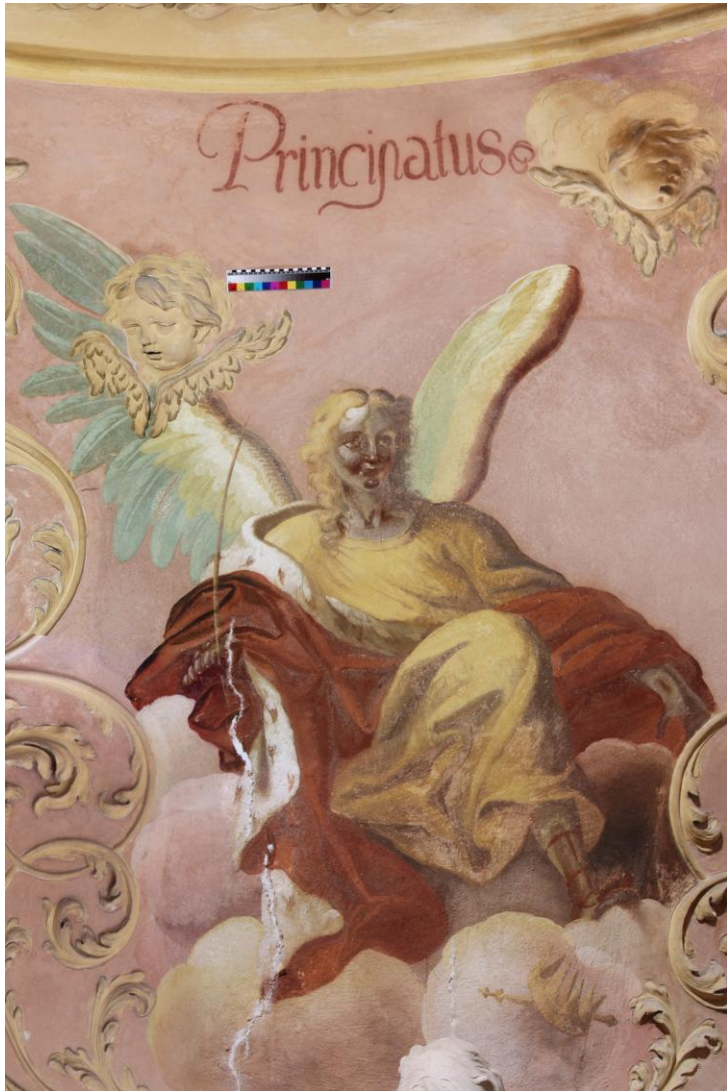
Obr. 34: Proměny vnějšího pláště kaple od počátku dvacátého století po současnost. Horní řada zleva: počátek 20. století (pohlednice), 50. nebo 60. léta (foto z archivu NPÚ, autorka Plecháčková), rok 1964 (foto z archivu NPÚ, autor Sacher); spodní řada zleva: rok 1973 (foto z archivu NPÚ autor Černík), rok 1996 (foto z archivu NPÚ, autorka Neumeisterová), rok 2014.



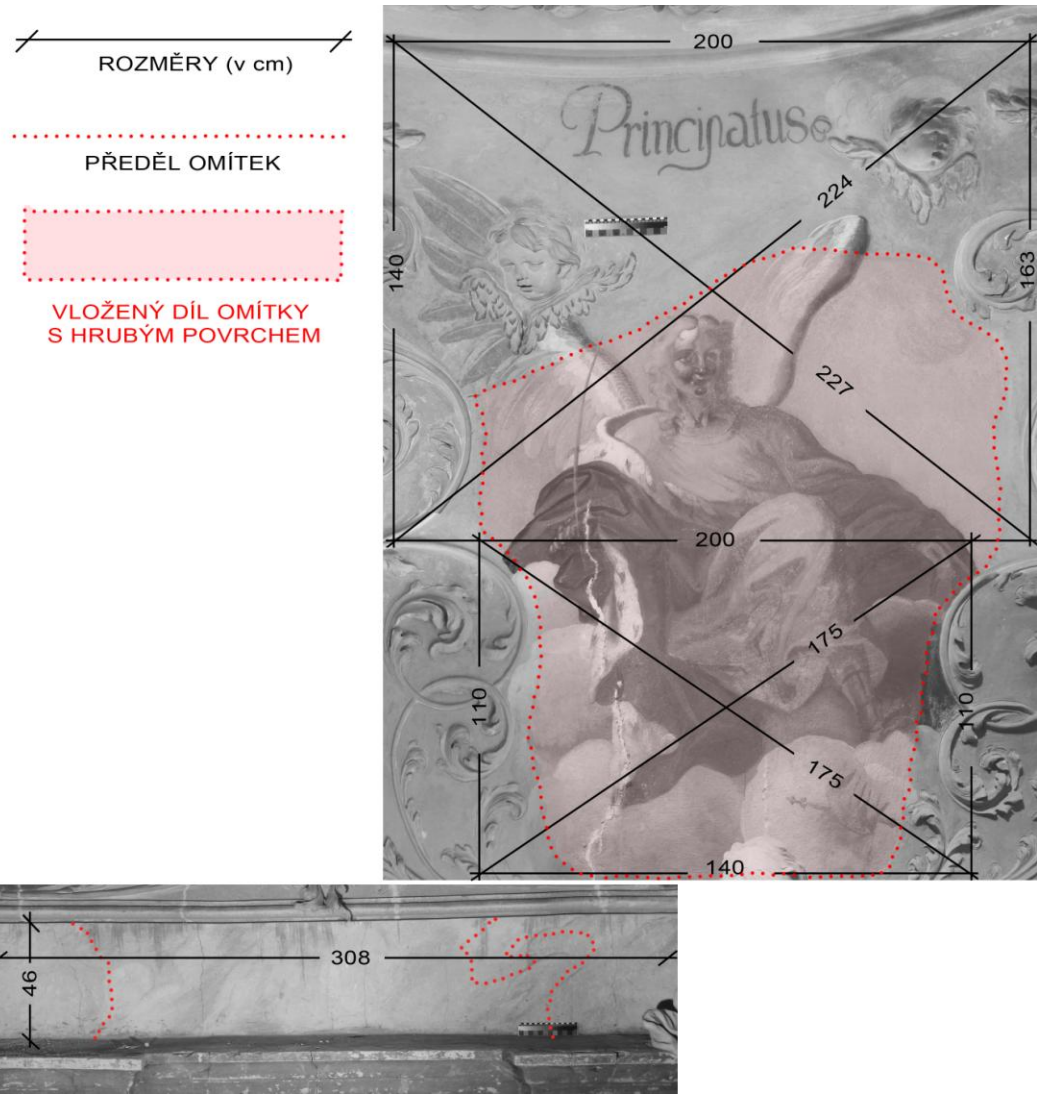
Obr. 35:  
Celkový pohled  
na nástropní  
malbu. Foto  
z archivu NPÚ  
(Jakub  
Švadlenka,  
2003).



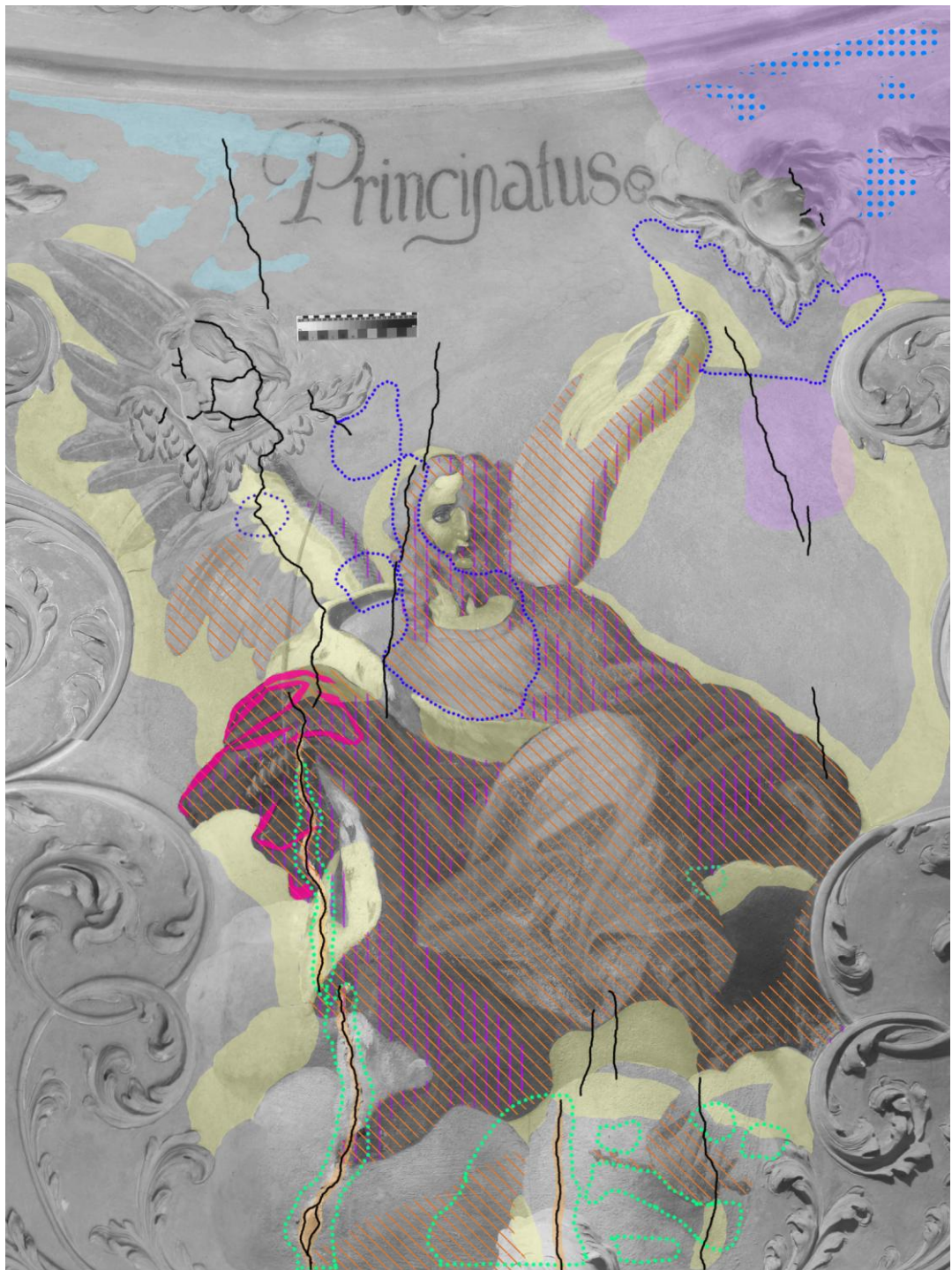
Obr. 36: Modře  
vyznačený úsek  
určený  
k samostatnému  
restaurování.  
Foto z archivu  
NPÚ  
(Neumeisterová  
, 1996 nebo  
1997) -  
upraveno.



Obr. 37: Andělský kůr Principatus (obrázek složený z několika snímků). Stav před restaurováním.

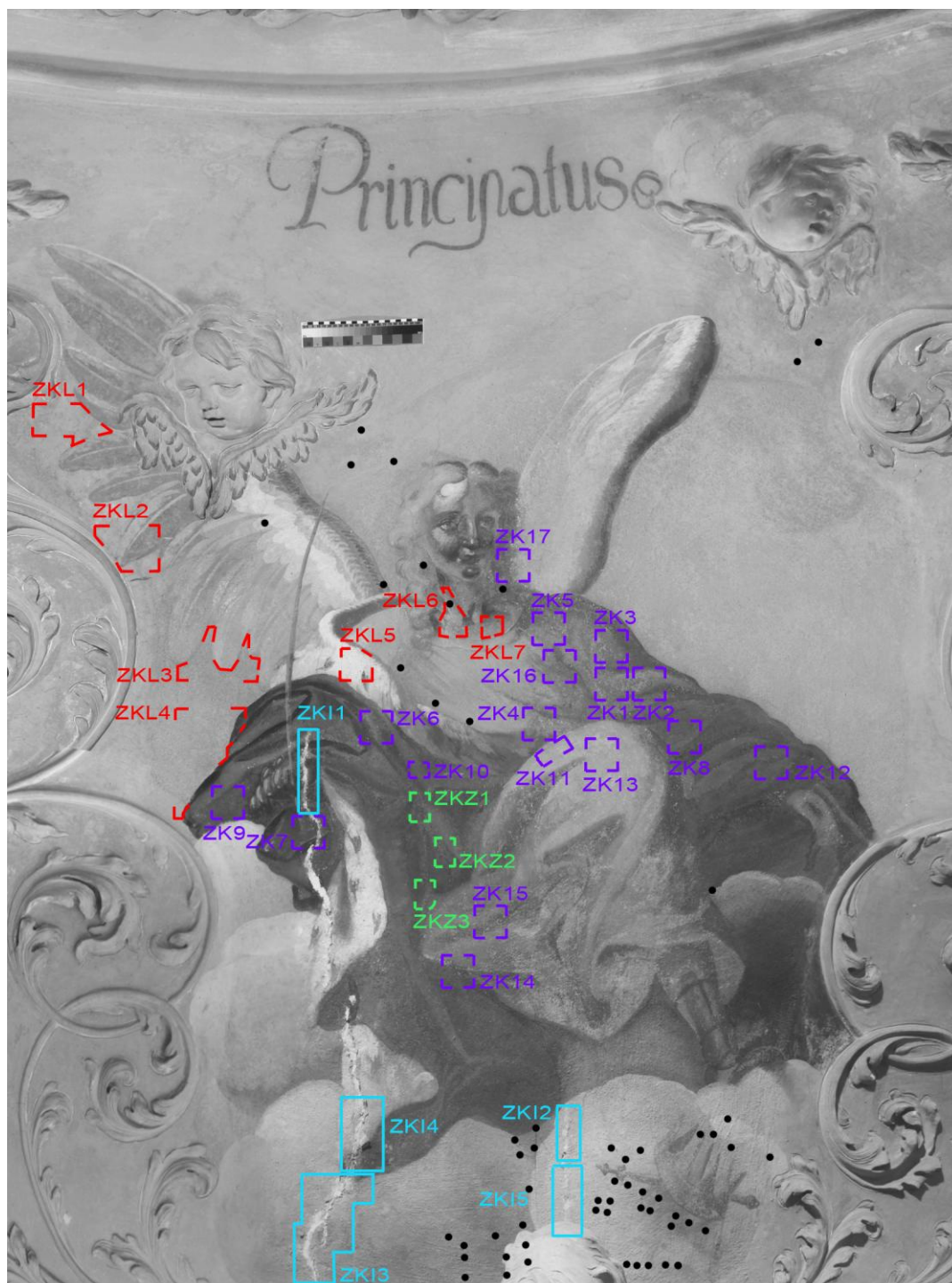


Obr. 38: Grafická dokumentace úseku vymezeného k samostatnému restaurování. Vyznačení rozměrů a předělů omítek.



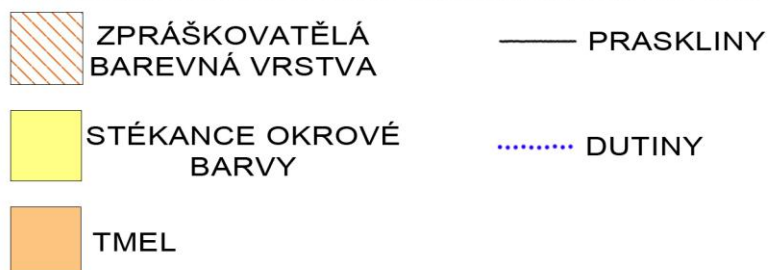
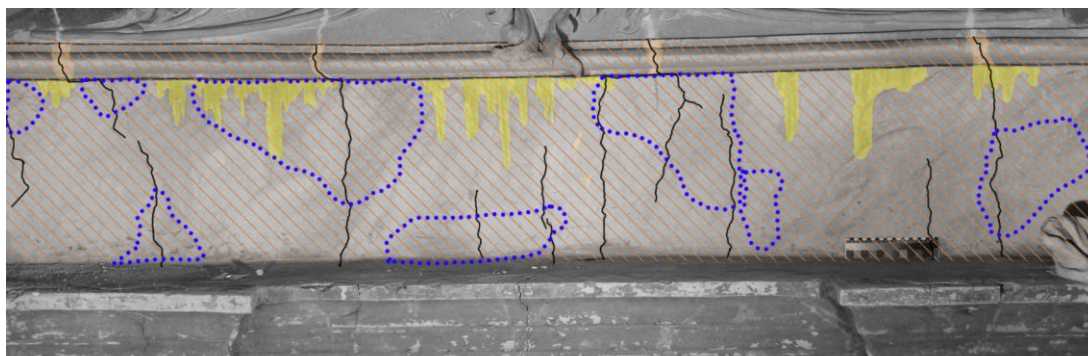
	LESKY FIXÁŽE		ZTMAVNUTÍ SÍRANY		DUTINY
	ZPRÁŠKOVATĚLÁ A ŠUPINUJÍCÍ BAREVNÁ VRSTA		VÝKVĚTY SOLÍ		PRASKLINY
	ŠEDÝ ZÁKAL		ZTMAVLÝ OLOVNATÝ PIGMENT		TMEL
	ZATEKLINY		NESOUDRŽNÉ INTONACO		

Obr. 39: Grafická dokumentace neinvazivního průzkumu malby anděla.

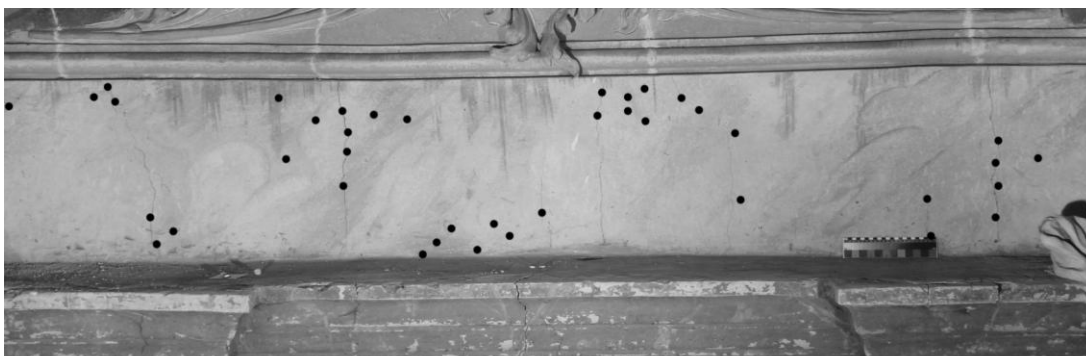


- |     |                                  |     |                                     |
|-----|----------------------------------|-----|-------------------------------------|
| •   | INJEKTÁŽ                         | ┌ ┐ | ZKOUŠKY<br>ODSTRAŇOVÁNÍ<br>LESKŮ    |
| ┌ ┐ | ZKOUŠKY<br>FIXÁŽE                | ┌ ┐ | ZKOUŠKY<br>ČIŠTĚNÍ<br>ŠEDÝCH ZÁKALŮ |
| ┌ ┐ | BAREVNÉ VRSTVY                   | ┌ ┐ |                                     |
| □   | ZKOUŠKY<br>KONSOLIDACE<br>OMÍTEK |     |                                     |

Obr. 40: Grafická dokumentace malby anděla – vyznačení vlastních restaurátorských zásahů.

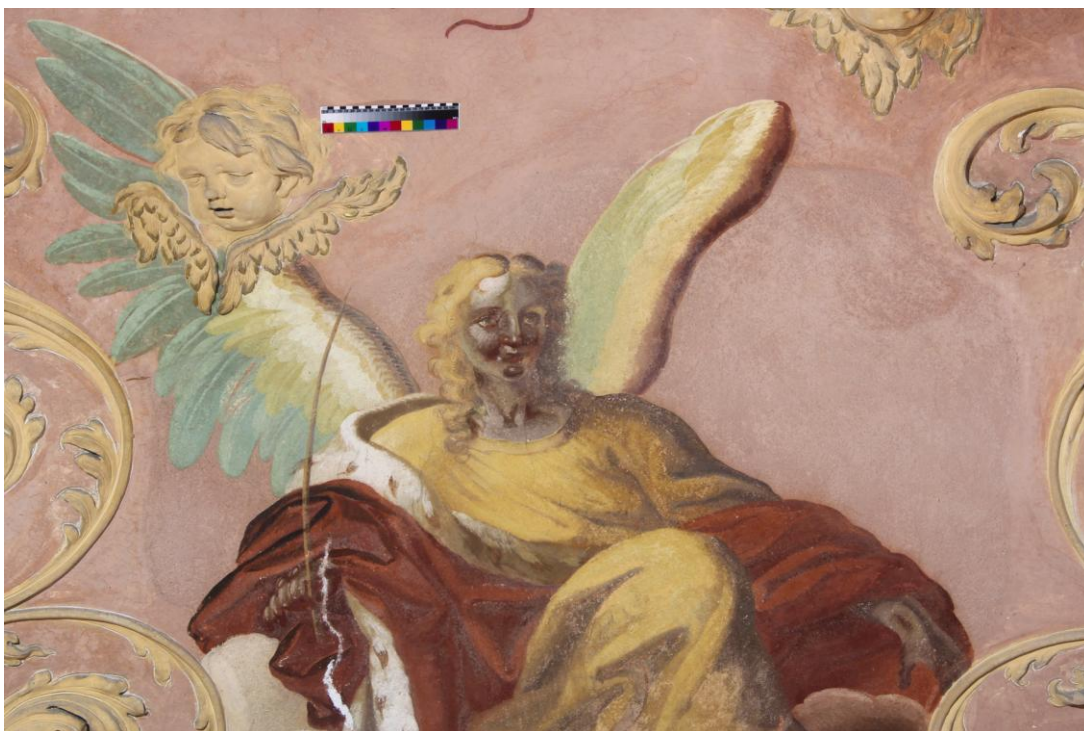


Obr. 41: Grafická dokumentace vymezeného úseku pásu mraků – neinvazivní průzkum.

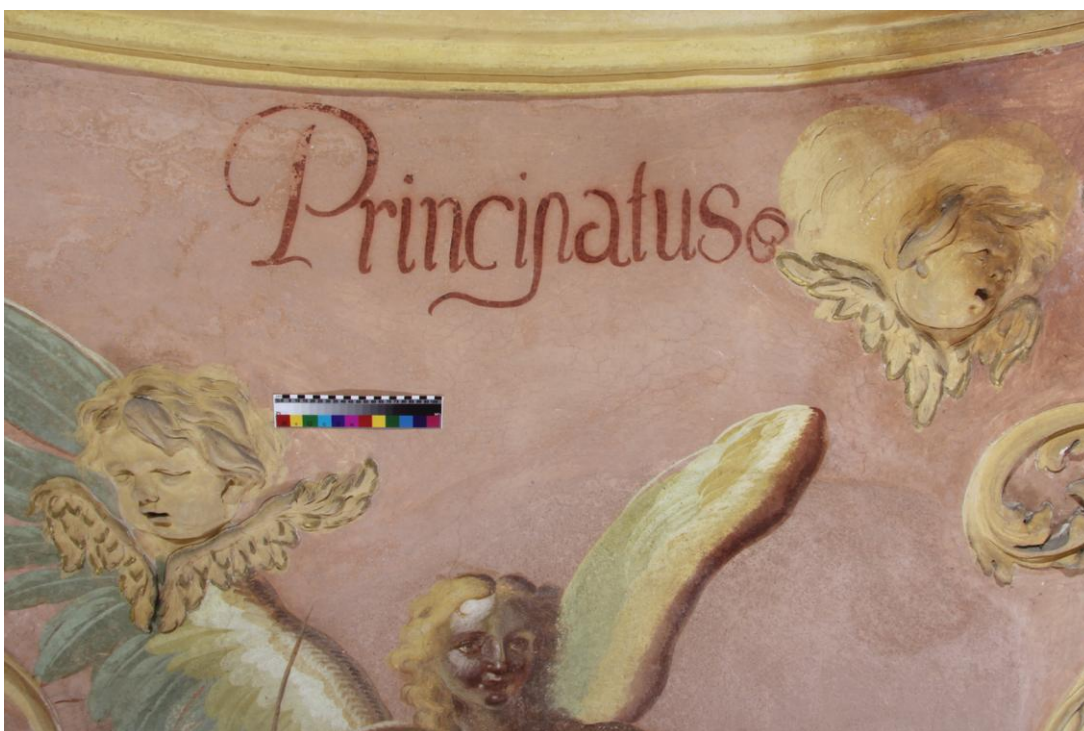


• INJEKTÁŽ

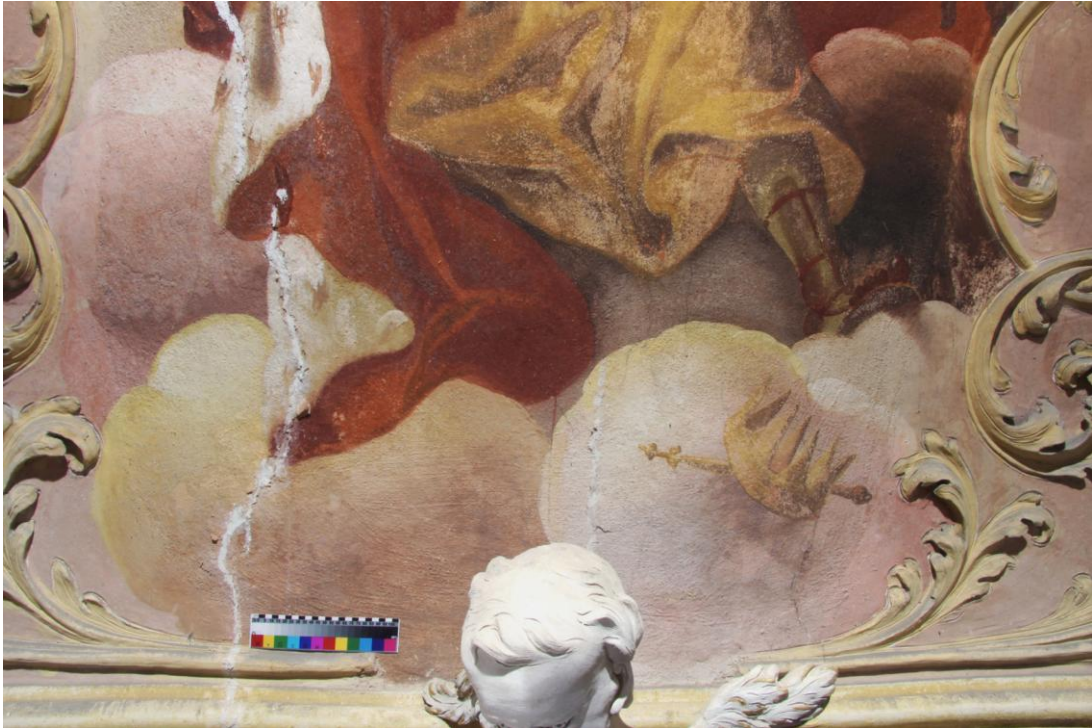
Obr. 42: Grafická dokumentace vymezeného úseku pásu mraků – vyznačení vlastních restaurátorských zásahů.



Obr. 43: Andělský kůr Principatus – středová část vymezeného úseku. Stav před restaurováním. Kvůli přítomnosti lešení nelze v současné době pořídit celkovou fotografii anděla.



Obr. 44: Andělský kůr Principatus – horní část vymezeného úseku s latinským nápisem „Principatus“ (Knížectva). Stav před restaurováním.



Obr. 45: Andělský kůr Principatus - spodní část vymezeného úseku. Stav před restaurováním.



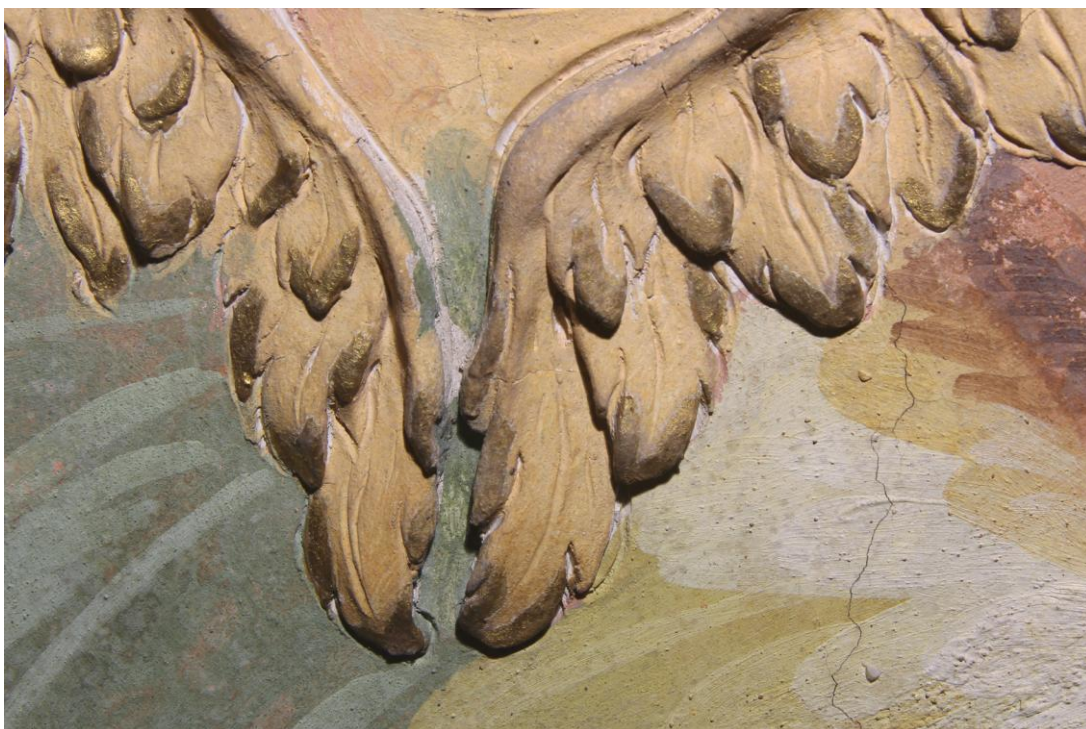
Obr. 46: Pás s malovanými oblaky, v horní části lemovaný profilovaným štukovým rámem. Stav před restaurováním. Vymezený úsek se nachází mezi andělským kůrem Principatus a andělským kůrem Virtutes



Obr. 47: Štuková okřídlená hlavička andílka, blíže k andělskému kůru Virtutes. Stav před restaurováním.



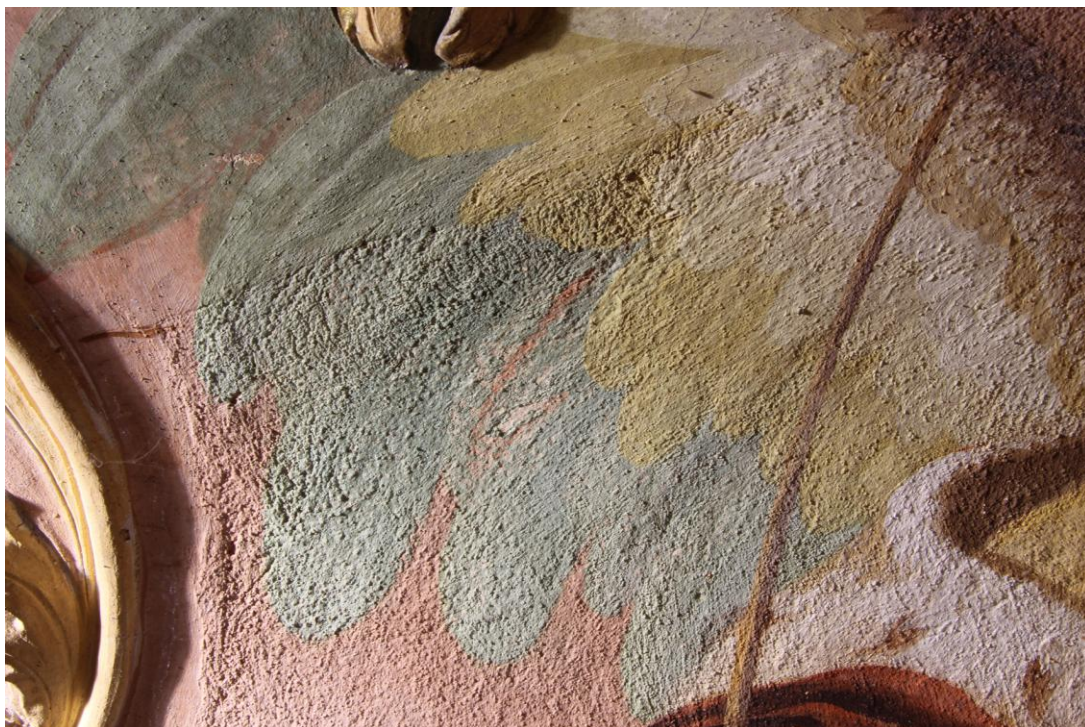
Obr. 48: Štuková okřídlená hlavička andílka, blíže k andělskému kůru Angeli. Stav před restaurováním.



Obr. 49: Detail štukové hlavičky andílka blíže andělskému kůru Virtutes. Stav před restaurováním. Snímek společně s následující fotografií dokládají současný vznik výmalby klenby a barevné povrchové úpravy štuku – zde je zelená barva z plochy malby tažena přes okrový štuk.



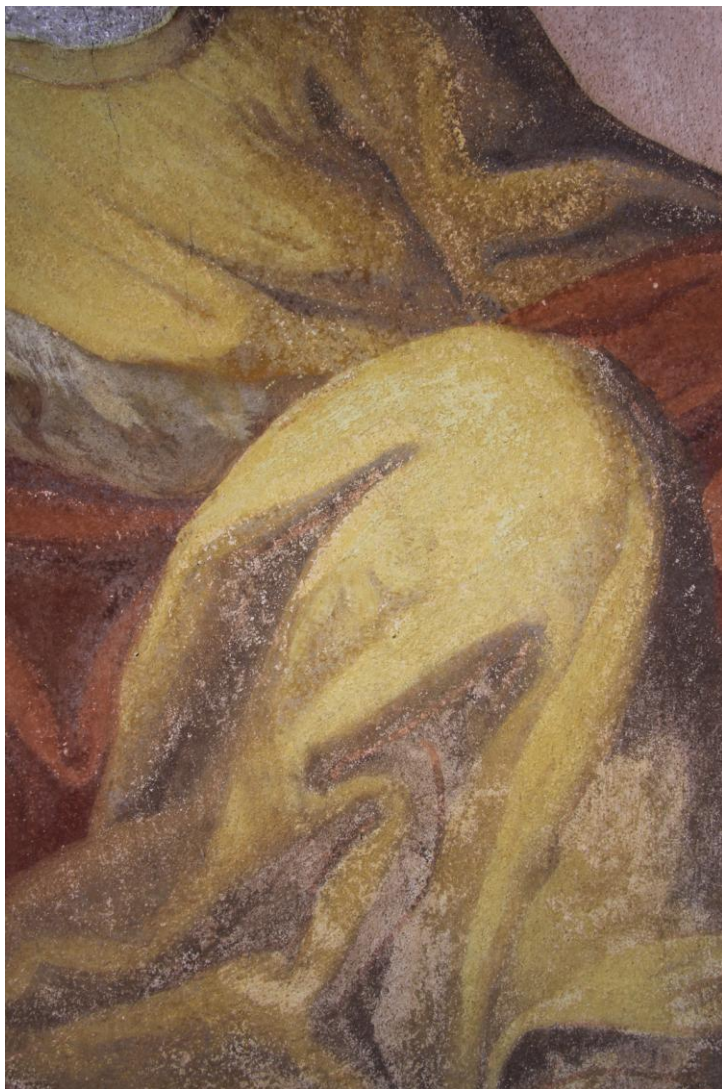
Obr. 50: Detail štukové hlavičky andílka blíže andělskému kůru Virtutes. Stav před restaurováním. Okrová barva ze štuky překrývá plochu malby.



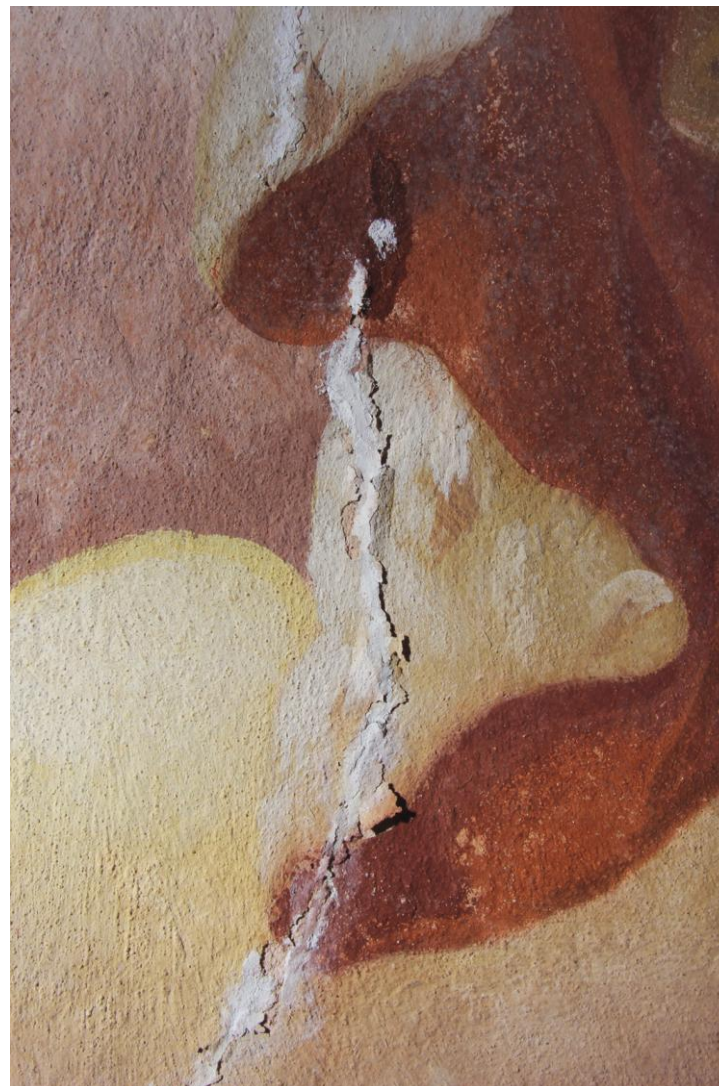
Obr. 51: Detail malby andělského kůru Principatus, oblast pod štukovou hlavičkou andílka blíže andělskému kůru Virtutes. Stav před restaurováním. Předěl omítky s hrubým povrchem a vytaženým zrnem (podklad malby anděla) a hladké kletované omítky (v okolí štuků).



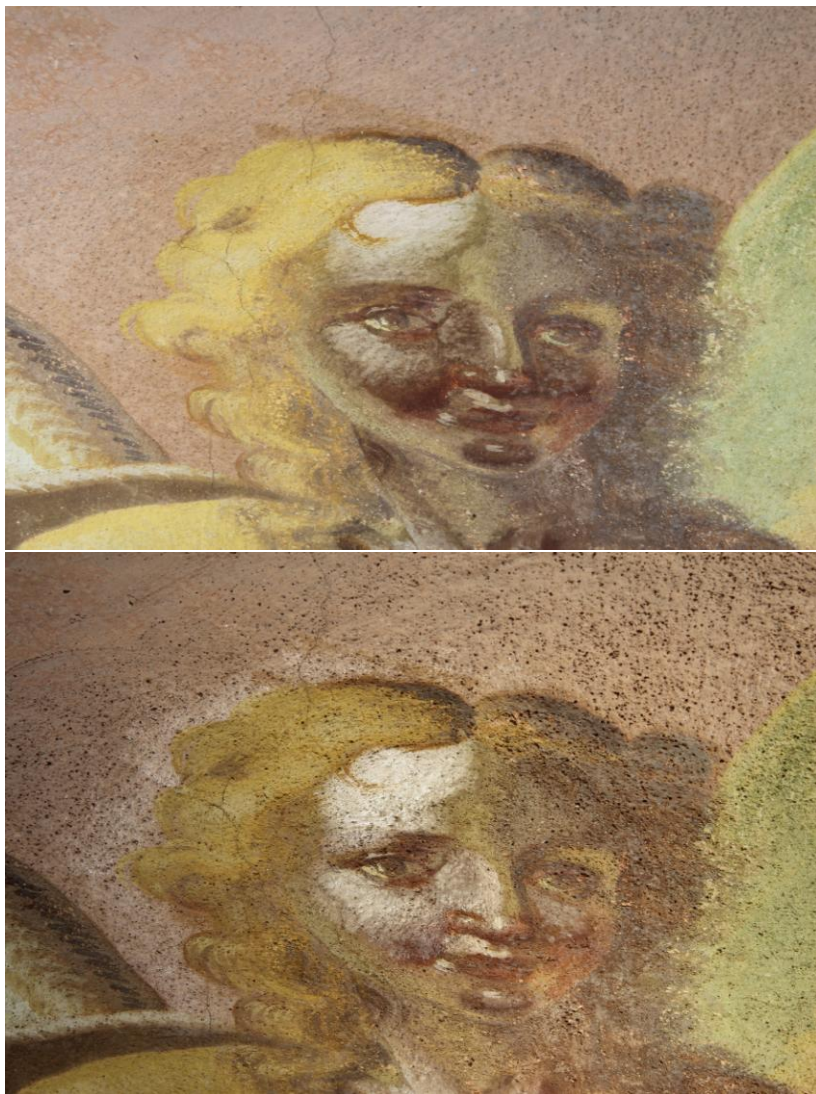
Obr. 52: Detail malby v pravém křídle anděla. Stav před restaurováním. Detail poškození – šupinující barevná vrstva.



Obr. 53: Detail malby anděla v oblasti kolena. Stav před restaurováním. Detail poškození - barevná vrstva se sraňuje až na červenohnědou štětcovou rozkresbu.



Obr. 54: Detail malby anděla v oblasti dolního okraje červeného pláště. Stav před restaurováním. Detail poškození – trhlina zajištěná tmelem, nesoudržné intonaco a tmavá skvrna od konsolidantu.



Obr. 55: Hlava anděla v přímém (horní snímek) a bočním (dolní snímek) nasvícení, fotografováno pod úhlem. Stav před restaurováním. V bočním nasvícení je patrný kompaktní lesklý film fixáže.



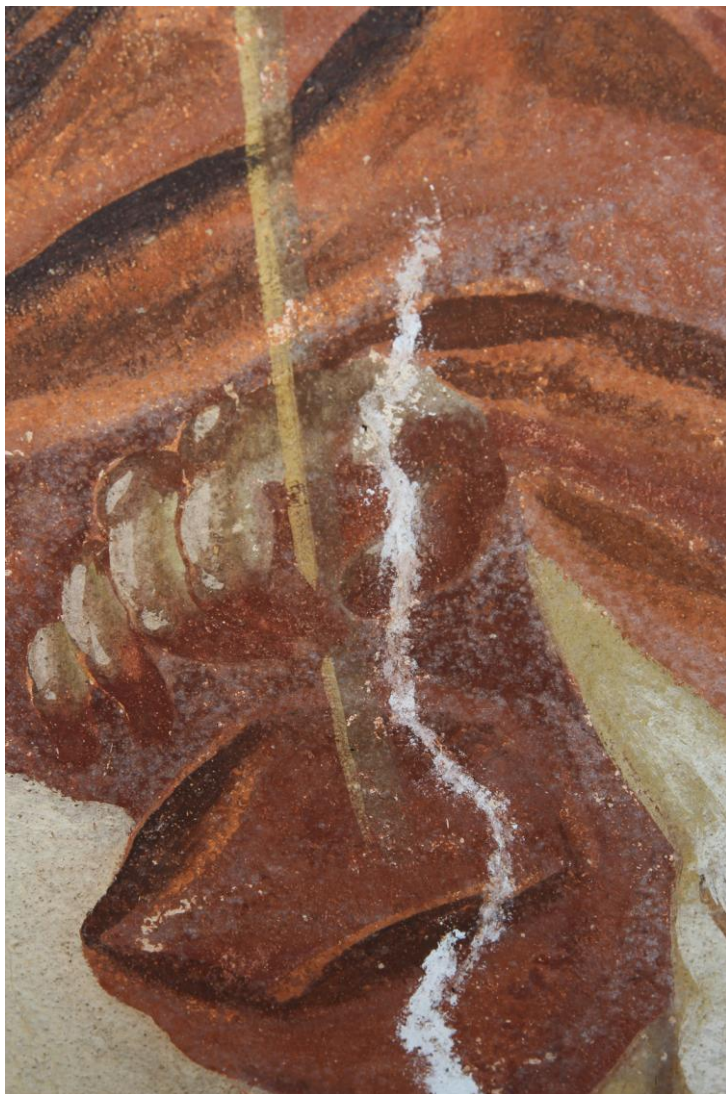
Obr. 56: Detail pozadí malby anděla. Stav před restaurováním. Snímek zachycuje sténce fixážního prostředku.



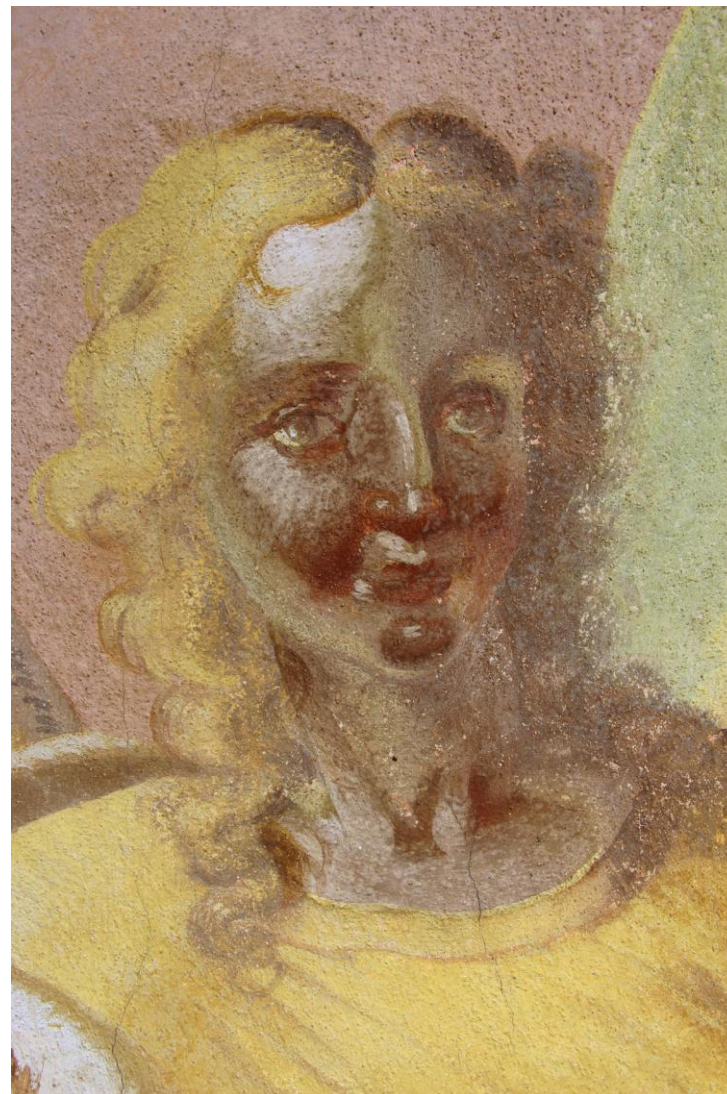
Obr. 57: Detail malby pod rámem z vavřínových lístků. Stav před restaurováním. Detail poškození – zatekliny.



Obr. 58: Detail malby a štukové hlavičky andílka blíže andělskému kůru Angeli. Stav před restaurováním. Detail poškození – ztmavnutí barevné vrstvy v důsledku silného zatékání a přítomnosti síranů. Ve ztmavlé oblasti jsou patrné i bílé výkvěty solí.



Obr. 59: Detail malby v oblasti pravé ruky anděla. Stav před restaurováním. Detail poškození – trhlina, šedý zákal síranu vápenatého a ztmavlé partie v důsledku degradace olovnatých pigmentů.



Obr. 60: Detail tváře anděla. Stav před restaurováním. V tváři anděla došlo pravděpodobně také ke korozi olovnatých pigmentů.



Obr. 61: Detail pásu s malbou mraků. Stav před restaurováním, razantní boční nasvícení. Zviditelnila se dvojitá struktura omítky, patrné jsou i mechanické vrypy do vlhké omítky.



Obr. 62: Detail pásu s malbou mraků. Stav před restaurováním. Detail poškození – vertikální trhlina; potřísnění stékanci okrové barvy; stopy po kapkách neznámého původu, jimiž byla smyta zpráškovatělá barevná vrstva.



Obr. 63: Štuková okřídlená hlavička andílka, blíže k andělskému kůru Virtutes. Stav před restaurováním, umělé bílé světlo.



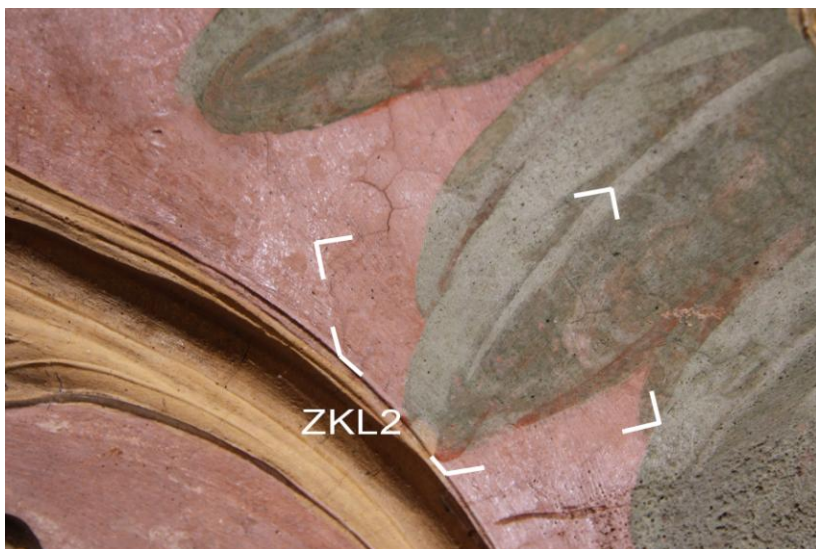
Obr. 64: Průzkum v UV světle. Štuková okřídlená hlavička andílka blíže k andělskému kůru Virtutes v UV světle. Žlutě fluoreskuje organický podklad zlacení (vysychavý olej?), výrazná světle modrá luminiscence v hloubkách štku náleží patrně organickému pojivu, kterým byl opatřen povrch štku před barevnou úpravou. V pozadí luminují stékance fixáže (světle modře) a residua mikrobiologického napadení (žlutozeleně)-.



Obr. 65: Detail pozadí anděla. Stav před restaurováním, umělé bílé světlo.



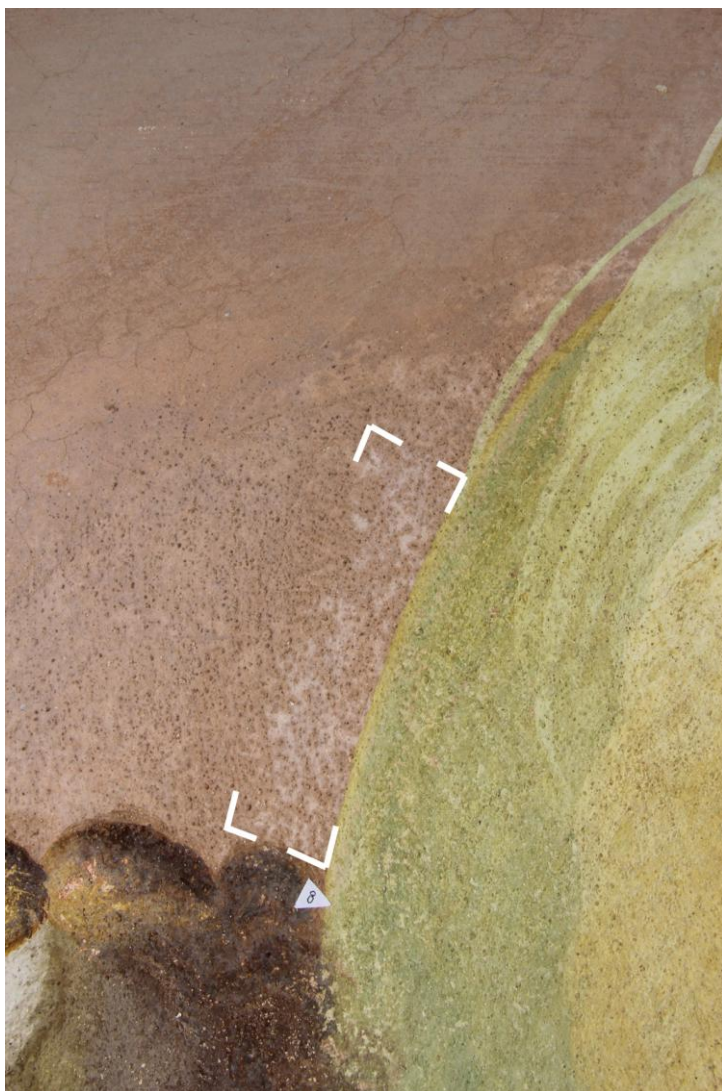
Obr. 66: Průzkum v UV světle. Detail pozadí anděla. Stav před restaurováním, umělé bílé světlo. V celé ploše malby lze pozorovat žlutozeleně luminující malé skvrny – pravděpodobně biologické napadení.



Obr. 67: Zkoušky redukce lesků fixáže. ZKL2 – čištění párou, ZKL4 – čištění párou a štětcem s teplou destilovanou vodou.



Obr. 68: Zkoušky redukce lesků fixáže. ZKL6 – zábal z *Abrocelu* a teplé destilované vody.



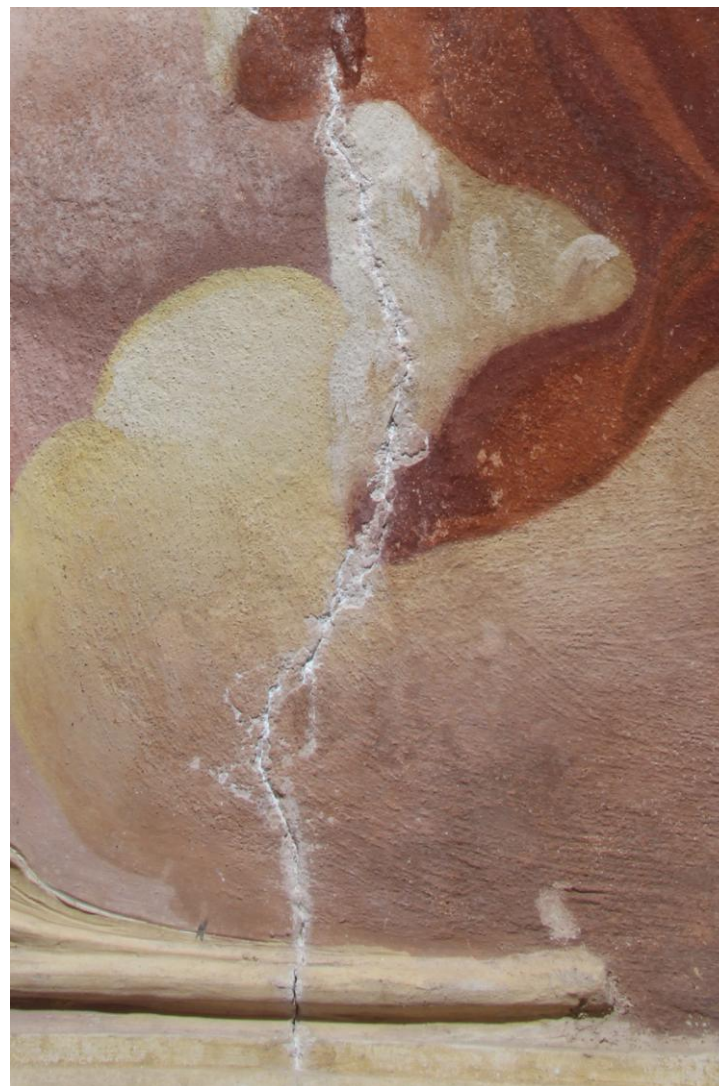
Obr. 69: Světlé skvrny, které vznikly při odstraňování lesků po aplikaci zábalu z *Arbocelu* a teplé destilované vody.



Obr. 70: Neúspěšné zkoušky odstraňování šedých zákalů za pomoci iontoměničů.



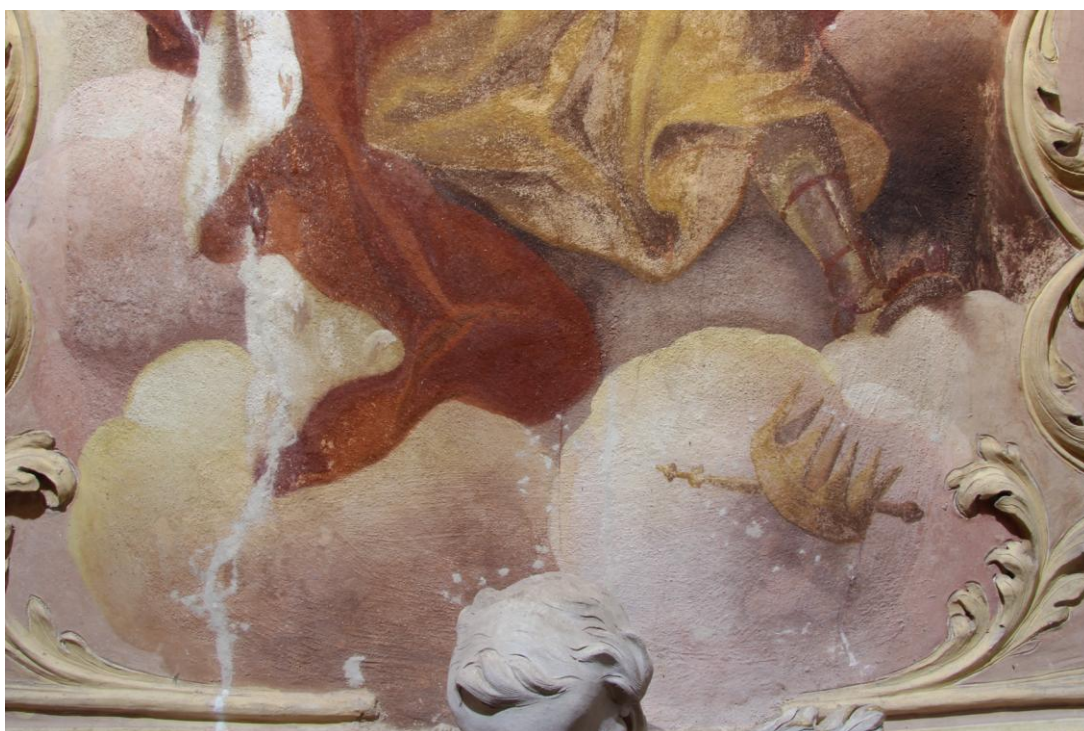
Obr. 71: Největší trhlina v malbě anděla. Zajištění uvolněného intonaca přepley z japonského papíru pojené *Tylosou MH 300*.



Obr. 72: Největší trhlina v malbě anděla. Stav po konsolidaci uvolněného intonaca.



Obr. 73: Andělský kůr Principatus - spodní část vymezeného úseku. Stav po zpevnění a očištění.



Obr. 74: Andělský kůr Principatus - spodní část vymezeného úseku. Stav po očištění a vytmelení.



Obr. 75: Andělský kůr Principatus – horní část vymezeného úseku. Stav po očištění a vytmelení.



Obr. 76: Pás s malovanými oblaky. Stav po očištění a vytmelení.



Obr. 77: Štuková okřídlená hlavička andílka, blíže k andělskému kůru Virtutes. Stav po očištění a vytmelení.



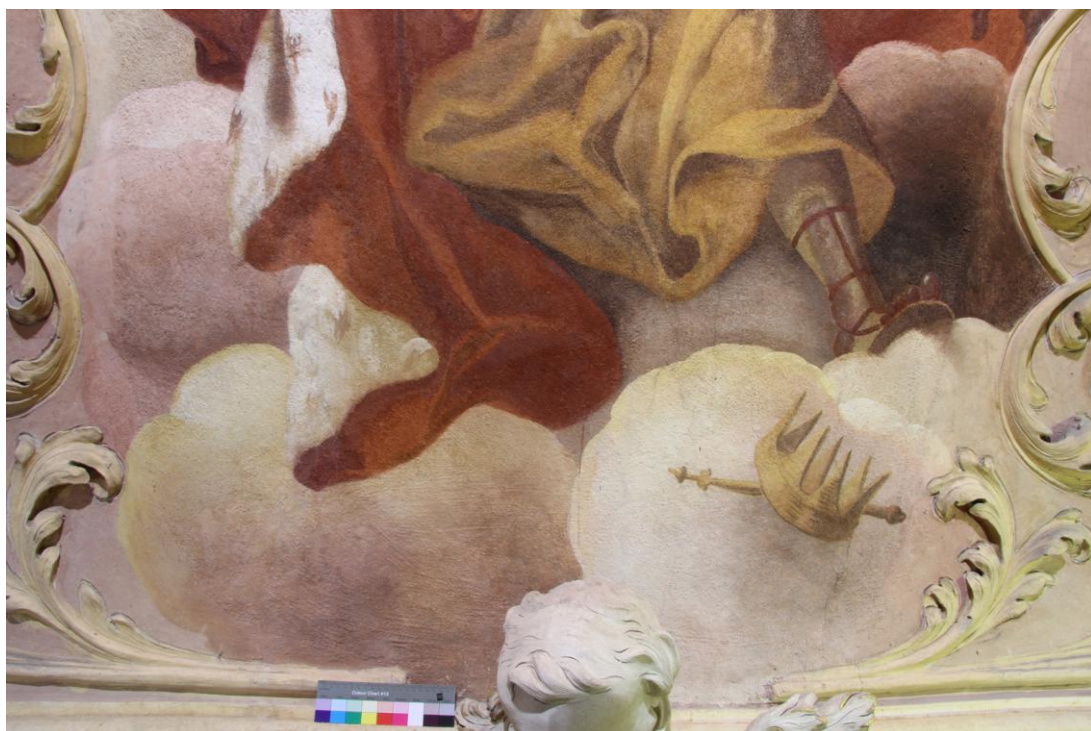
Obr. 78: Štuková okřídlená hlavička andílka, blíže k andělskému kůru Angeli. Stav po očištění a vytmelení.



Obr. 79: Andělský kůr Principatus – středová část vymezeného úseku. Stav po restaurování.



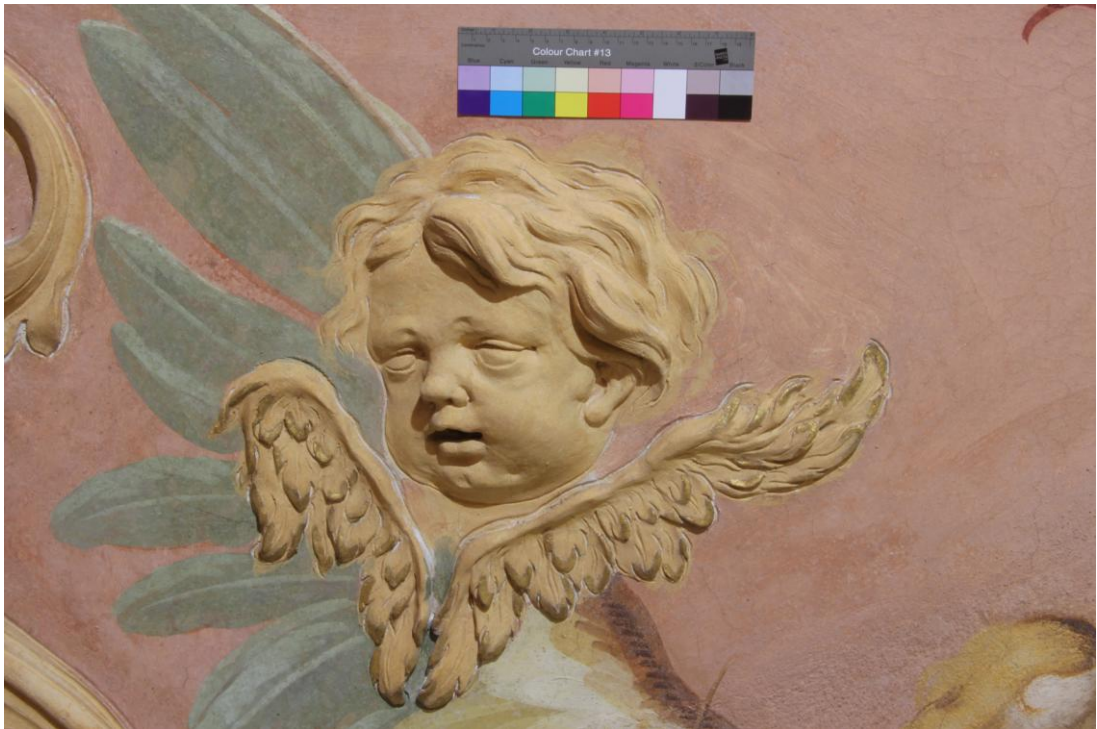
Obr. 80: Andělský kůr Principatus – horní část vymezeného úseku. Stav po restaurování.



Obr. 81: Andělský kůr Principatus – středová část vymezeného úseku. Stav po restaurování.



Obr. 82: Pás s malovanými oblaky. Stav po restaurování.



Obr. 83: Štuková okřídlená hlavička andílka, blíže k andělskému kůru Virtutes. Stav po restaurování.

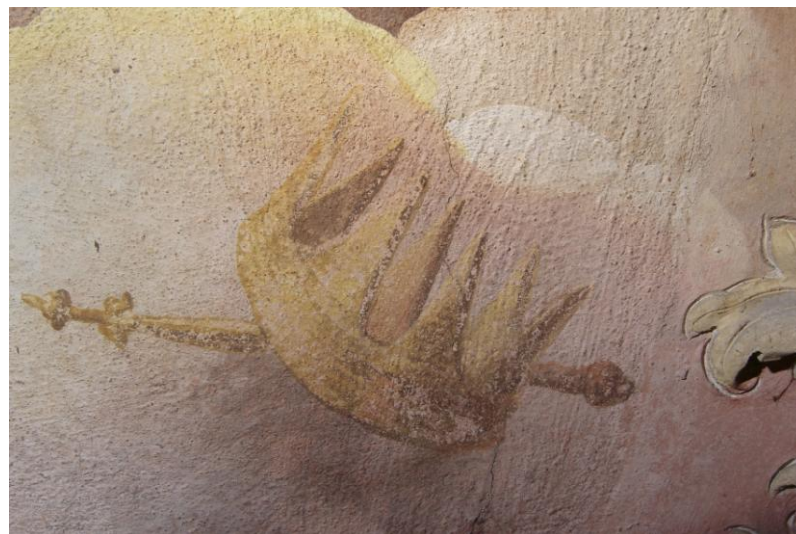


Obr. 84: Štuková okřídlená hlavička andílka, blíže k andělskému kůru Angeli. Stav po restaurování.

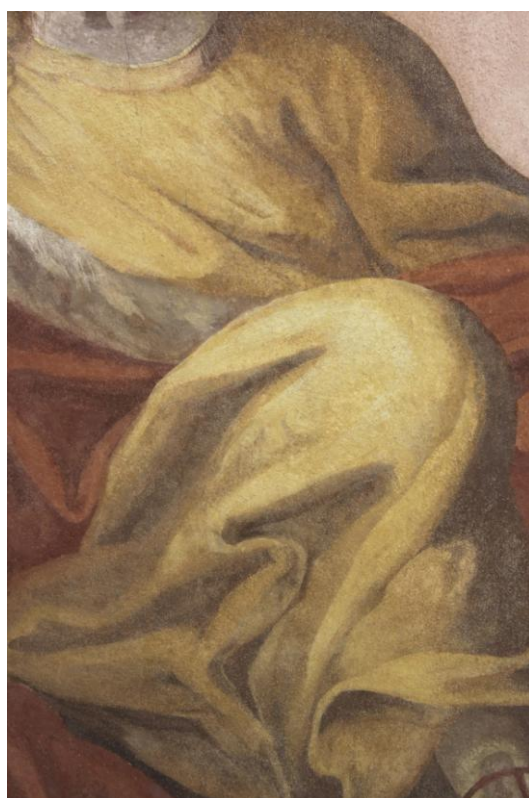
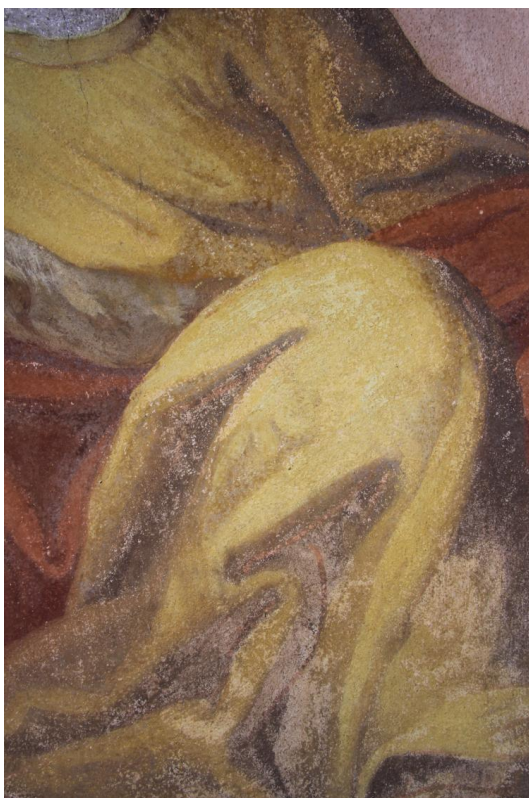
v



Obr. 85: Andělský kůr Principatus. Stav po restaurování.



Obr. 86: Detail malby - koruna a žezlo. Stav před restaurováním (horní snímek), stav po restaurování (spodní snímek).



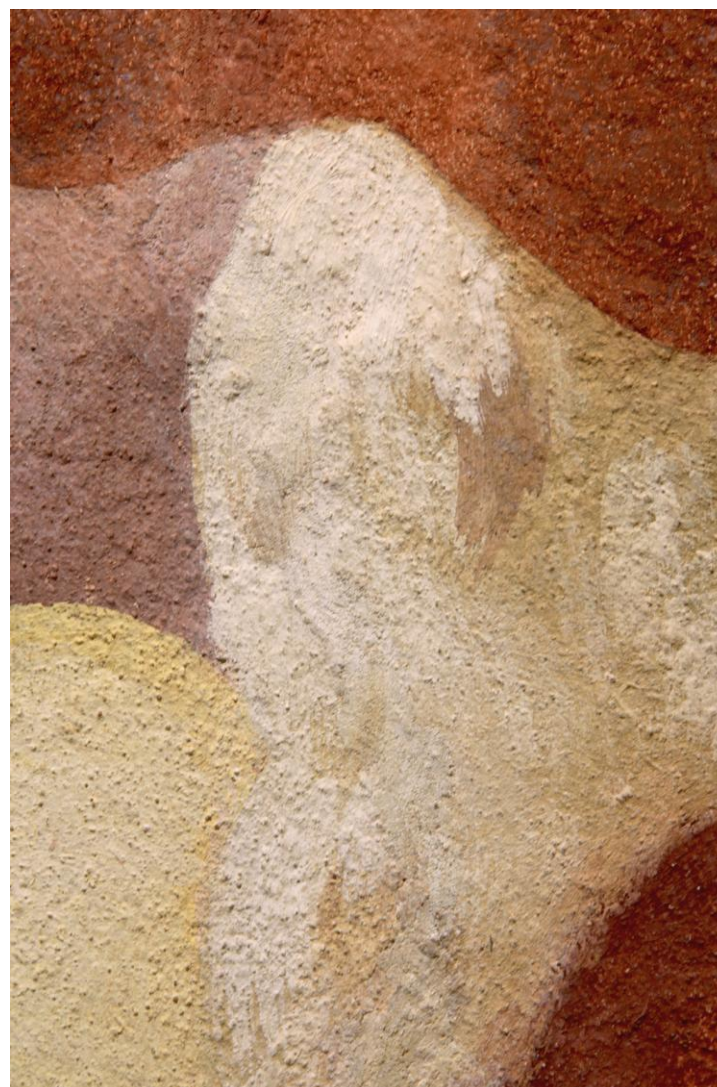
Obr. 87: Detail malby anděla v oblasti kolena. Vlevo – stav před restaurováním, vpravo – stav po restaurování.



Obr. 88: Detail nohy anděla. Vlevo – stav před restaurováním, vpravo – stav po restaurování.



Obr. 89: Detail praskliny v malbě anděla. Stav před restaurováním.



Obr. 90: Detail praskliny v malbě anděla. Stav po restaurování.

## **IX. SEZNAM TEXTOVÝCH PŘÍLOH**

**Textová příloha č. 1:** Chemicko-technologický průzkum

**Textová příloha č. 2:** Kopie závazného stanoviska

## Chemicko-technologický průzkum nástropní malby Devíti kůrů andělských Klenba hřbitovní kaple sv. Isidora v Křenově

### Zadavatel průzkumu:

Ateliér restaurování nástěnné malby a sgrafita, Fakulta restaurování, Univerzita Pardubice

### Specifikace objektu, lokalizace objektu:

Křenov, hřbitovní kaple sv. Isidora, nástropní malba Devíti kůrů andělských

### Zadání průzkumu, odběr vzorků:

Počet dodaných vzorků: 28

Vzorky nástěnné malby byly odebrány za účelem provedení průzkumu stratigrafie a složení povrchových úprav; omítek (vzorky O) a barevných vrstev (vzorky P, M, V), dále k určení techniky malby a případných změn původní barevnosti či odstínu vybraných vrstev (Tab. 1).

Vzorky s označením PO byly dodány s cílem identifikace konzervačních látek, použitých k fixaci malby v rámci předešlých restaurátorských zásahů. K posouzení rizika poškození vlivem biologického napadení byly provedeny stěry povrchu vybraných míst malby s označením VM.

Vzorky s označením Z byly odebrány z míst s podezřením na přítomnost zákalů kvůli průzkumu a vyhodnocení příčin změny barevnosti povrchu malby.

Dokumentace míst odběrů vzorků je uvedena v Příloze.



**Obr. 1** Nástropní malba Devíti kůrů andělských hřbitovní kaple sv. Isidora.

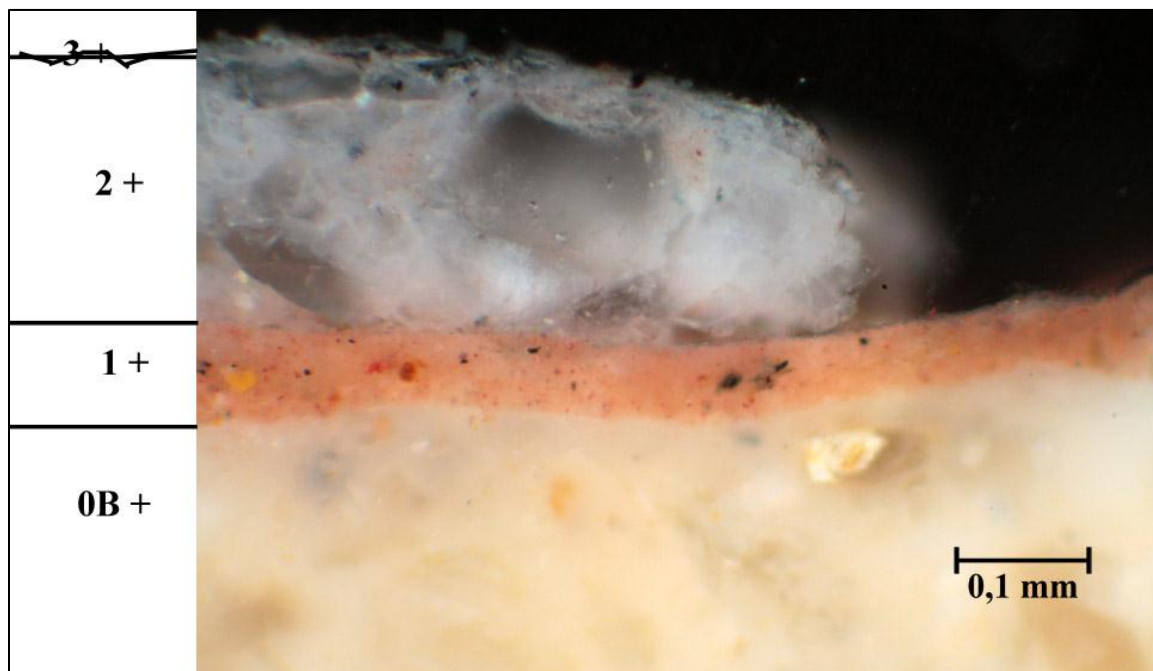
**Tab. 1:** Přehled vzorků určených k průzkumu, lokalizace, zadání.

Evidenční Číslo	Lokalizace, popis, označení	Požadované stanovení
7340	O1 Příklad hladké omítky, defekt vedle štukové rozviliny v levém dolním rohu výjevu (Seraphim)	stratigrafie, složení
7341	O2 Příklad hrubé omítky, defekt v mraku u postavy anděla – spodní část vlevo dole (Cherubim)	stratigrafie, složení
7342	P1 Tmavá (načernalá) část ve výjevu baziliška (Potestates)	stratigrafie, složení
7343	P2 Žlutá partie ve výjevu baziliška (Potestates)	stratigrafie složení
7344	P3 Zelená partie draperie (Virtutes)	stratigrafie, složení
7345	P4 Tmavá (ztmavlá?) část inkarnátu (Seraphim)	stratigrafie, složení
7346	P5 Zčernalá část v křídlech andílka, hlavička andílka s křídly vlevo dole (Dominaciones)	stratigrafie, složení
7347	M1 Vzorek z defektu v pásu mraků mezi Cherubim a Seraphim	stratigrafie, složení
7555	V1 Vzorek barevné vrstvy z draperie figury anděla Cherubim, okrová vrstva přes pravděpodobně druhotně ztmavlou červenou vrstvu	stratigrafie, složení
7556	V2	stratigrafie, složení
7558	Z1 růžové pozadí anděla Principatus (nalevo od pravého křídla), „zákal“ po aplikaci zábalu s vodou na odstranění lesků fixáže	stratigrafie, složení
7559	Z2 levá tvář putto (vlevo) ve výjevu Cherubim, „zákal“ po aplikaci zábalu 3% uhličitanu amonného a zábalu s destilovanou vodou	stratigrafie, složení
7560	PO7 Tmavá skvrna, okolí praskliny v plášti anděla Principatus	stratigrafie, složení
7563	Z1b růžové pozadí anděla Principatus (nalevo od pravého křídla), referenční vzorek	stratigrafie, složení
7564	Z2b růžové pozadí anděla Principatus (nalevo od pravého křídla), referenční vzorek	stratigrafie, složení
7565	PO7b, viz PO7	stratigrafie, složení
7568	Z1C viz Z1	složení
7569	P1, červená draperie Principatus, světlý povlak	složení
7575	O3 v místě druhotného tmelu, Archangeli hmota tmelu má červené zbarvení, oproti původní barokní omítce je znatelně tmavší s šedavým tónem, povrch s červeným nátěrem	stratigrafie, složení
PO1	PO1 Kapka (šupina) rezidua fixativu, světle žlutá partie levého křídla (Principatus)	identifikace pojiva
PO2	PO2 Část s bílou luminiscencí (fixáž?) silná lesklá vrstva na povrchu v místě inkarnátu (krku) (Principatus)	identifikace pojiva
PO3	PO3 Část inkarnátu se specifickou žluto-oranžovou UV luminiscencí (Angeli)	identifikace pojiva
7349	PO4 Část se specifickou UV luminiscencí – oranžová a žlutozelená, růžové pozadí anděla v místě přechodu hrubé a hladké omítky (Angeli)	identifikace pojiva
PO5	PO5	identifikace pojiva
VM1	Angeli, křídlo, bělavý zákal, zelenavá luminiscence v UV	biologické napadení
VM2	Principatus, růžové pozadí nahoře u štukové rozviliny, málo viditelné bílé tečky, zřetelná luminiscence v UV světle	biologické napadení
VM3	Potestates, ruka anděla, šedý zákal ve stínech (původně patrně tmavých plochách) inkarnátu, zřetelná luminiscence v UV světle	biologické napadení
VM4	Dominaciones, růžové pozadí, napravo od anděla, referenční vzorek, bez viditelného poškození, bez luminiscence v UV	biologické napadení

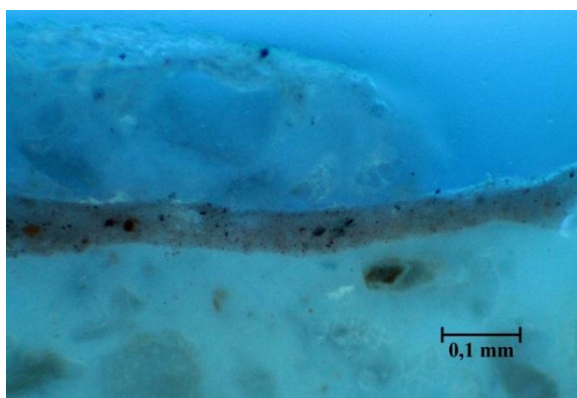
- **Stratigrafie povrchových úprav – optická mikroskopie**  
Studium povrchových úprav bylo provedeno pomocí *optického mikroskopu* Eclipse LV100D-U (Nikon) v dopadajícím viditelném, UV a modrém světle a *stereomikroskopického mikroskopu* SMZ800 (Nikon) na připravených nábrusech. Pro mikroskopické pozorování byly vybrané části vzorků zality do polyesterové pryskyřice PolyLite 32032-00. Po vytvrzení pryskyřice byly vybroušeny příčné řezy vzorků. Jako imerzní kapalina byla při pozorování použita demineralizovaná voda. Nábrusy byly fotograficky zdokumentovány digitálním fotoaparátem Canon 1000D.
- **Složení vrstev – elektronová mikroskopie REM/EDS**  
Materiálový průzkum byl proveden na základě určení prvkového složení míst analyzovaných metodou *rastrovací elektronové mikroskopie s energiově disperzní analýzou* (REM-EDS), zároveň byla pozorována výstavba povrchových úprav. K tomuto účelu byl využit elektronový mikroskop Mira 3 LMU firmy Tescan s analytickým systémem Bruker Quantax 200. Pro měření byly použity nábrusy připravené pro optickou mikroskopii. Před měřením byly vzorky opatřeny vrstvou uhlíku.
- **Identifikace polymerních látek metodou FTIR**  
K určení organických látek byla použita metoda *infračervené spektrometrie* s Fourierovou transformací (FTIR), měření bylo provedeno technikou ATR. K analýze byl použit spektrofotometr Nicolet 380, měřeny byly přímo separované fragmenty nebo výluhy vzorků v organických rozpouštědlech po odpaření rozpouštědla. Výsledky měření a grafy jsou uvedeny v Příloze.
- **Identifikace a posouzení biologického napadení**  
Vzorky byly odebrány pomocí sterilní vatové tyčinky z plochy cca 2×2 cm<sup>2</sup> (3. 12. 2013). Stěry povrchu vybraných míst malby byly provedeny pomocí sterilních vatových tamponů. Posouzení vzorků bylo provedeno PhMr. Bronislavou Bacílkovou z Národního archivu v Praze. Získané částice byly z tampónů nanесeny na povrch Czapek-Doxova sladidového agaru. Inkubace probíhala při 24±4 °C 7 a 14 dní. Protokol o zkoušce je uveden v Příloze.
- **Fázové složení ztmavých pigmentů/vrstev metodou rentgenové mikrodifrakce (XRF)**  
Analýza byla provedena na přístroji PANalytical X'Pert PRO v uspořádání v reflexním módu, který umožnil měření *rentgenové mikrodifrakce* přímo na nábrusu vzorku. Kvalitativní fázová analýza byla provedena pomocí programu PANalytical X'Pert HighScore (verze 1.0d) a databáze PDF2 (vydání 2004). Analýzu provedl RNDr. Petr Bezdička, PhD., z Ústavu anorganické chemie AV ČR, v.v.i. v Praze. Protokol a vyhodnocení měření jsou uvedeny v Příloze.

Výsledky materiálového průzkumu, stratigrafie povrchových úprav:

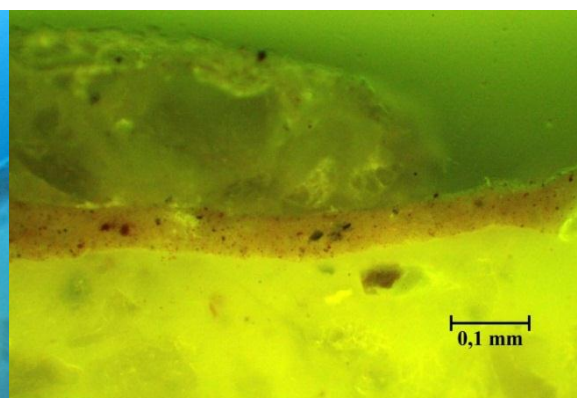
Vzorek 7340 (O1): hladká omítka, defekt u štukové rozviliny, levý spodní roh výjevu (Seraphim)



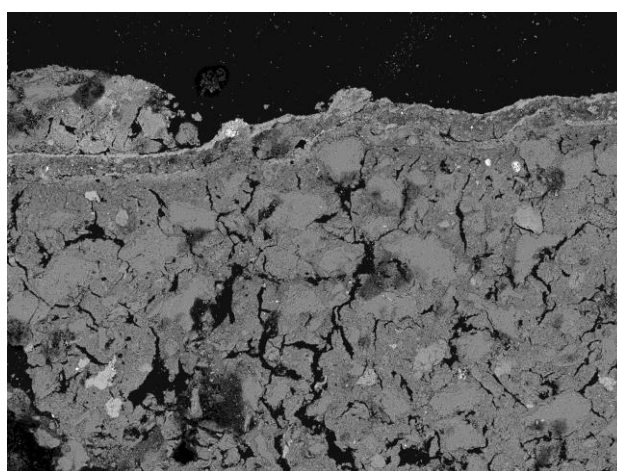
Obr. 2 Optická mikroskopie, bílé světlo, povrch.



Obr. 3 Optická mikroskopie, UV světlo, povrch.

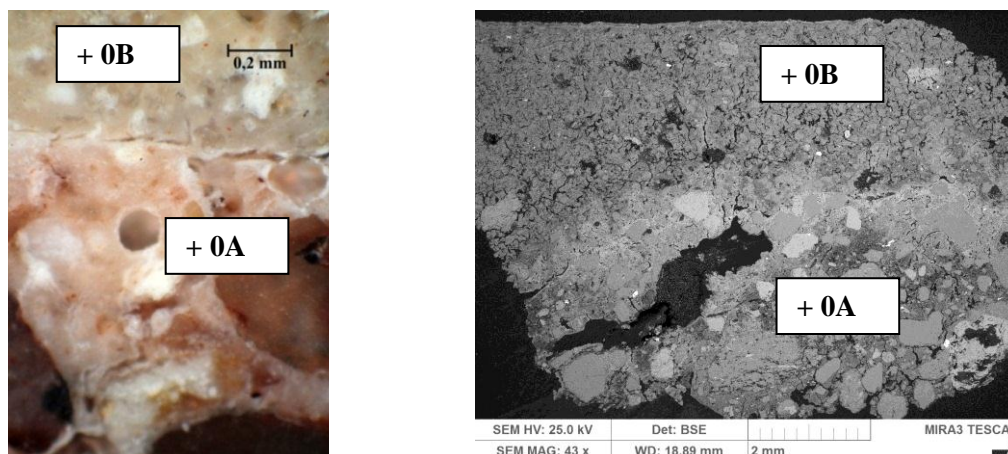


Obr. 4 Optická mikroskopie, modré světlo, povrch.



SEM HV: 25.0 kV Det: BSE MIRA3 TESCAN  
SEM MAG: 340 x WD: 14.74 mm 500 μm

Obr. 5 Elektronová mikroskopie, BSE, povrch.



Obr. 6 Rozhraní mezi spodní načervenalou 0A a světlou 0B omítkou, optická a elektronová mikroskopie.

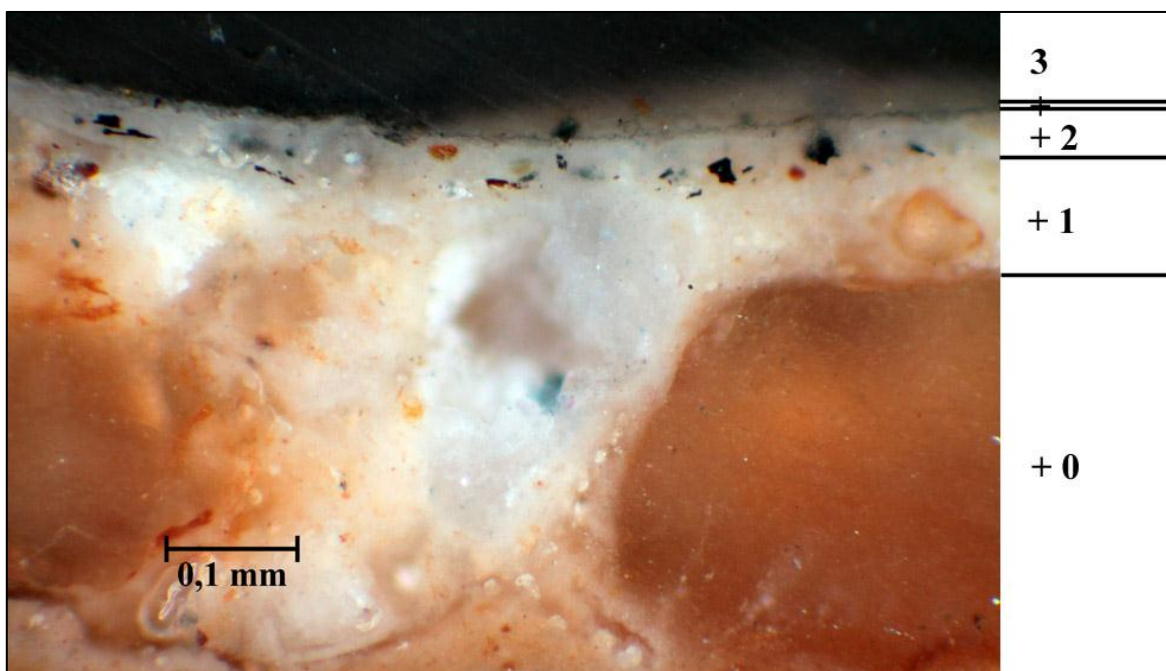


Obr. 7 Stereomikroskopie, vzorek z pohledové a spodní strany.

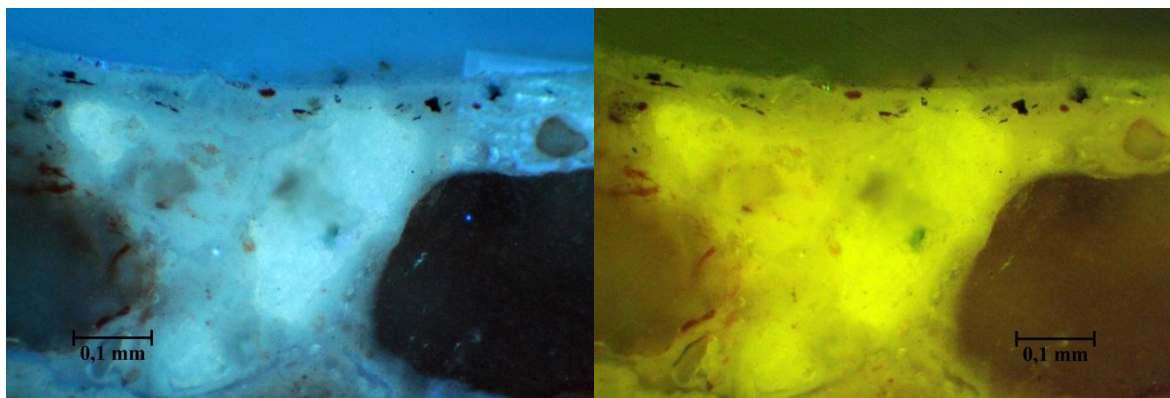
Číslo vrstvy	Popis vrstvy, optická mikroskopie	Složení vrstvy – REM/EDS
3.	tenká nesouvislá světle růžová vrstva, pravděpodobně zateklá do vrstvy 2	<u>Ca</u> , S (Fe, Si): síran vápenatý, patrně železitá červeň
2.	místa fragmenty silné světlé vrstvy s kamenivem, pravděpodobně další fáze zpracování povrchu nebo depozity	<u>Ca</u> , <u>Si</u> : křemenná ( <u>Si</u> ) a vápencová ( <u>Ca</u> ) zrna, uhličitán vápenatý
1.	světlejší červená vrstva s červeným, žlutým a černým pigmentů různé velikosti zrn, na povrchu pravděpodobně sulfatizace nebo podobná světlejší vrstva dobře propojená se spodní vrstvou	<u>Ca</u> (S, Si, Fe): uhličitán vápenatý, železitá červeň, na povrchu vrstva síranu vápenatého (pravděpodobně sulfatizace povrchu nebo kontaminace sírany), uhličitá čern
0B.	světlá omítka, vizuálně homogenní, tloušťka cca 4 mm, menší velikost kameniva v porovnání s 0a	pojivo: bílé vzdušné vápno ( <u>Ca</u> (Si, Al)), na povrchu vrstva vyloučeného uhličitánu vápenatého kamenivo podobné velikosti: převážně křemenná zrna ( <u>Si</u> ), ojediněle silikátová zrna
0A.	načervenalá omítka	pojivo: patrně bílé vzdušné vápno ( <u>Ca</u> (Si, Al, Mg) kamenivo: křemenná zrna ( <u>Si</u> ), silikáty např. živce ( <u>Si</u> , <u>Al</u> , K), ojediněle horninové úlomky

Vzorek je složen ze dvou odlišných omítek s pojivem na bázi vzdušného vápna a povrchových úprav. Spodní omítka načervenalého odstínu 0A obsahuje písek s křemennými a různými silikátovými zrny. Svrchní světlá omítková vrstva homogenního vzhledu 0B obsahuje převážně křemenný písek. Na jejím povrchu se vyskytuje tenká vrstva vyloučeného uhličitánu vápenatého. Další vrstvy byly pravděpodobně nanášeny na zkarbonatovaný podklad, malba byla zhotovena v technice secco. Na světle červené vrstvě 1 s červenými a žlutými pigmenty na bázi oxidů železa jsou přítomny fragmenty bílé kamenivem plněné vrstvy 2. Vzhledem k sulfatizaci či kontaminaci sírany povrchu červené vrstvy 1 lze vrstvu 2 řadit do jiné fáze zpracování povrchu, pravděpodobně se jedná o přesah tmelu. Povrch vzorku je překryt tenkou nesouvislou světle růžovou vrstvou 3 nebo depozity.

**Vzorek 7341 (O2):** hrubá omítka, defekt u postavy anděla (Cherubim)

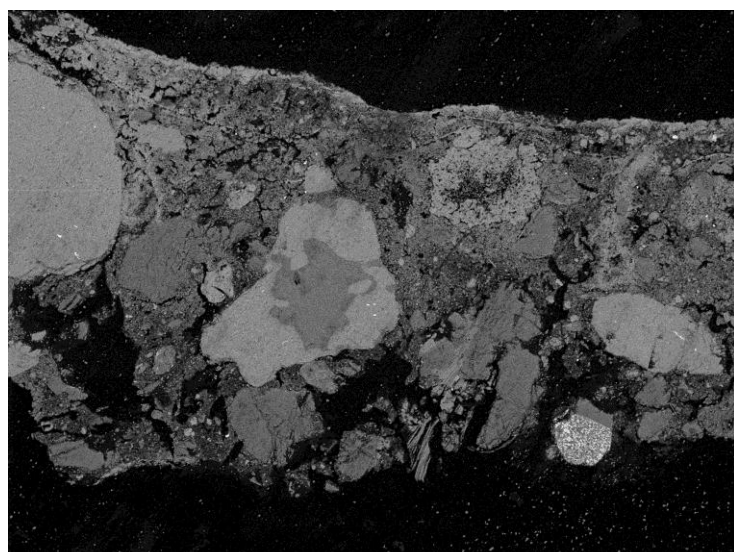


**Obr. 8** Optická mikroskopie, bílé světlo.



**Obr. 9** Optická mikroskopie, UV světlo.

**Obr. 10** Optická mikroskopie, modré světlo.



SEM HV: 25.0 kV Det: BSE MIRA3 TESCAN  
SEM MAG: 378 x WD: 15.10 mm 500 μm

**Obr. 11** Elektronová mikroskopie, BSE.

Číslo vrstvy	Popis vrstvy, optická mikroskopie	Složení vrstvy – REM/EDS
3.	nesouvislá bílá nebo průhledná vrstva	<u>Ca</u> , <u>S</u> : síran vápenatý, uhličitan vápenatý
2.	bílá vrstva ojediněle s červenými a černými částicemi, nanesená ve dvou krocích nebo dvě vrstvy	<u>Ca</u> (S, Si): uhličitan vápenatý, uhlikatá čern, červená hlinka, křemenná zrna, při povrchu vrstva obohacena o síran vápenatý
1.	vrstva s kamenivem?	pojivo: bílé vzdušné vápno ( <u>Ca</u> ), na povrchu vrstva vyloučeného uhličitanu vápenatého kamenivo: křemenná zrna ( <u>Si</u> ), silikáty např. živce ( <u>Si</u> , <u>Al</u> , K), zaznamenána dvě zrna síranu vápenatého ( <u>Ca</u> , <u>S</u> )
0.	načervenalá omítka, bílé hrudky	pojivo: pravděpodobně bílé vzdušné vápno ( <u>Ca</u> (Si, Al)) kamenivo: křemenná zrna ( <u>Si</u> ), silikáty např. živce ( <u>Si</u> , <u>Al</u> , K)

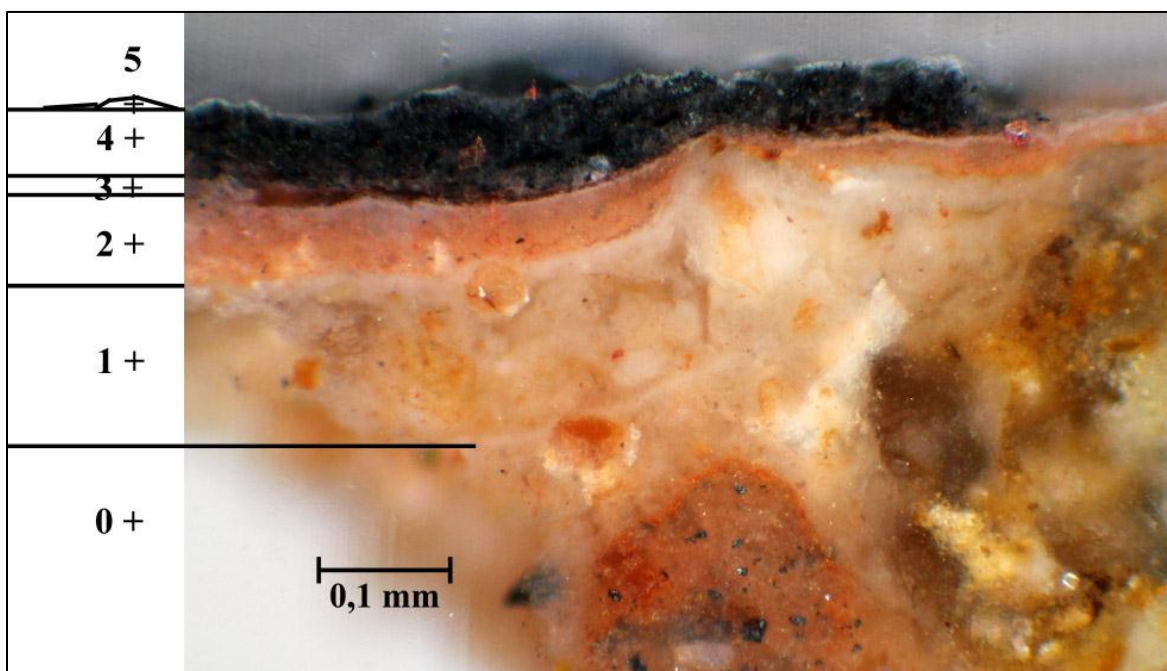


**Obr. 12** Stereomikroskopie, vzorek z pohledové a spodní strany.

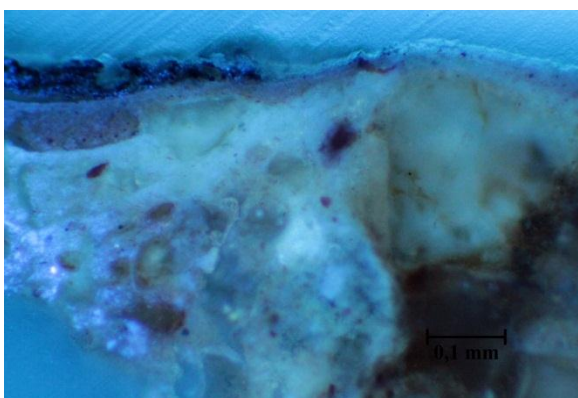
Vzorek obsahuje načervenalou (růžovo-oranžovou) vápennou omítku (vrstva 0) s křemennými a různými silikátovými zrny písku, v omítce se vyskytují hrudky vápna. Na omítce je pravděpodobně přítomna vápenná vrstva s kamenivem 1 (hrubozrnný nátěr?) a vyloučenou vrstvičkou uhličitanu vápenatého na povrchu.

Následuje souvrství dvou bílých vrstev 2 s uhličitanem vápenatým při povrchu obohacené o síran vápenatý (sulfatizace nebo kumulace solí). Malba je vytvořena technikou secco. Na vrstvě 2 se dále nachází poloprůhledná nesouvislá vrstva 3 obsahující síran a uhličitan vápenatý.

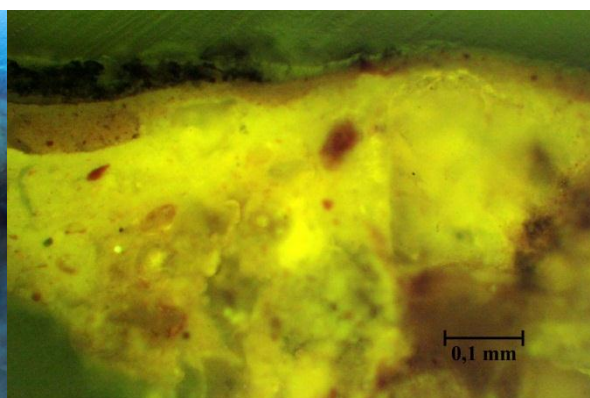
**Vzorek 7342 (P1): tmavá (načernalá) část ve výjevu baziliška (Potestates)**



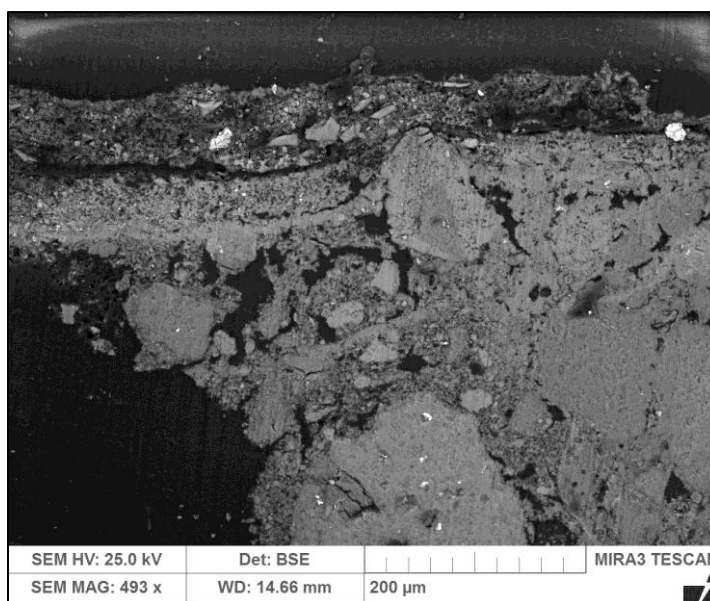
**Obr. 13** Optická mikroskopie, bílé světlo.



**Obr. 14** Optická mikroskopie, UV světlo.

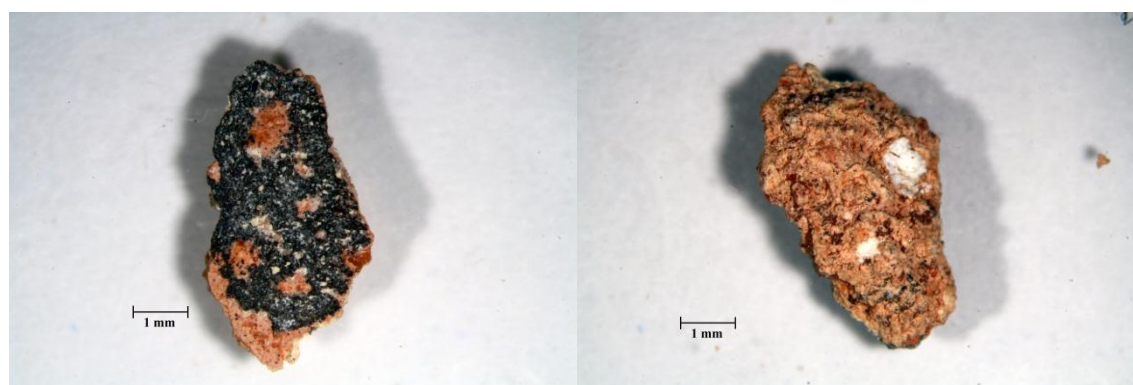


**Obr. 15** Optická mikroskopie, modré světlo.



**Obr. 16** Elektronová mikroskopie, BSE.

Číslo vrstvy	Popis vrstvy, optická mikroskopie	Složení vrstvy – REM/EDS
5.	fragmenty samostatné vrstvy nebo depozity, žluté částice	<u>Ca</u> (Si, S, Fe): uhličitan vápenatý, patrně okr
4.	tmavá heterogenní vrstva, ojediněle červené a žluté částice, průhledná ostrohranná zrna	<u>Ca</u> (S, Si, Al, Mg, Na): smalt ( <u>Si</u> (K, Co, As)), zrna jsou patrně odbarvená, uhličitan a síran vápenatý, patrně uhlikatá čerň, ojediněle zrna červené hlinky
3.	fragment vrstvy s průhlednými ostrohrannými zrny	<u>Si</u> (K, Co, As, Ca): odbarvená zrna smaltu
2.	červená vrstva světlý odstín, zrna červeného a žlutého pigmentu různé velikosti, ve spodní části vrstvy kumulace žlutého pigmentu	<u>Ca</u> (Fe, Si, Al): uhličitan vápenatý, červená hlinka ( <u>Fe</u> (Ca)), okr
1.	fragmenty světlé tenké vrstvy s kamenivem	pojivo: patrně bílé vzdušné vápno ( <u>Ca</u> ), na povrchu tenká vrstva vyloučeného uhličitanu vápenatého kamenivo: křemenná zrna ( <u>Si</u> ), silikáty ( <u>Si</u> , <u>Al</u> , <u>K</u> )
0.	načervenalá omítka, bílé hrudky	pojivo: patrně bílé vzdušné vápno ( <u>Ca</u> ), na povrchu tenká vrstva vyloučeného uhličitanu vápenatého kamenivo: křemenná zrna ( <u>Si</u> ), silikáty ( <u>Si</u> , <u>Al</u> , <u>K</u> )



Obr. 17 Stereomikroskopie, vzorek z pohledové a spodní strany.

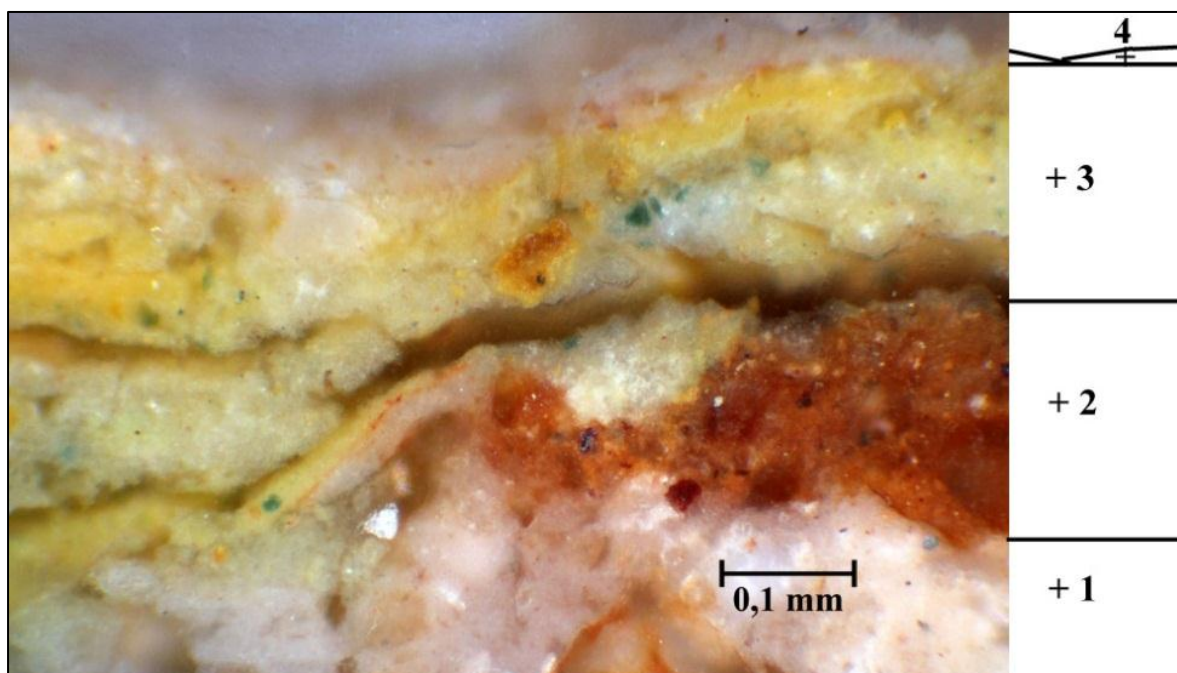
Vzorek obsahuje vápennou omítku načervenalého odstínu (vrstva 0) s převážně křemenným pískem (křemenná zrna, různé silikátové částice), v omítce se dále nacházejí hrudky vápna (Obr. 13). Na omítce se vyskytuje fragment patrně vápenného hrubozrnného nátěru (vrstva 1). Na povrchu obou uvedených vrstev 0, 1 byla zaznamenána tenká vrstvička uhličitanu vápenatého značící, že byl povrch před nanesením dalších úprav zkarbonatovaný.

Malba byla vytvořena technikou secco. Růžová vrstva 2 je probarvena červenou hlinkou, okrem, dále obsahuje uhličitan a síran vápenatý. Následuje fragment původně modré vrstvy 3 s odbarvenými zrny smaltu. Pohledová tmavá vrstva 4 obsahuje smalt, uhlikatou čerň, ojediněle zrna železité hlinky, síran a uhličitan vápenatý. Původní barevnost vrstvy nelze přesně určit, vzhledem k přítomným pigmentům lze předpokládat původní tmavě modrý odstín. Na této vrstvě se místy vyskytují fragmenty bílé vrstvy 5 s uhličitanem vápenatým. Nelze rozhodnout, zda se jedná o fragmenty další úpravy povrchu (fixáž?), depozity či část vrstvy 3.

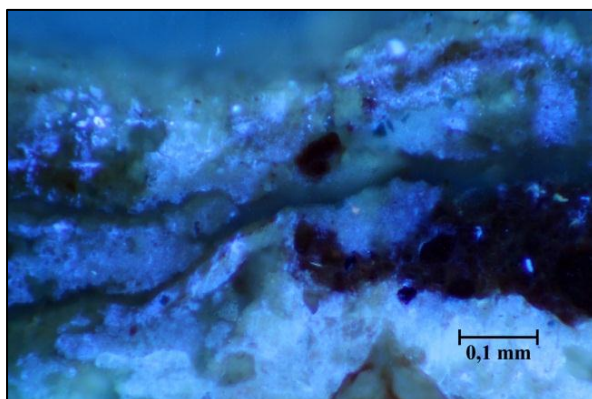


Obr. 18 Optická mikroskopie, detail fragmentu vrstvy 3.

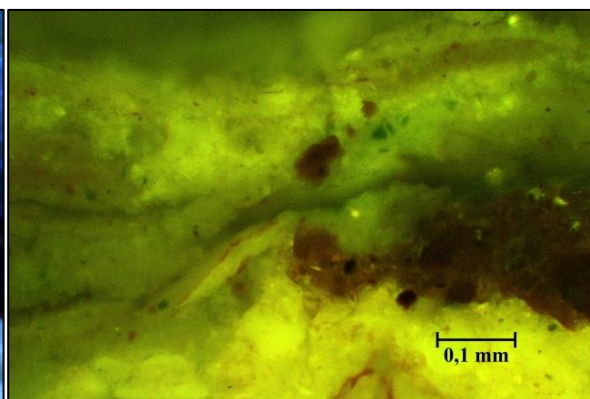
Vzorek 7343 (P2): žlutá partie ve výjevu baziliška (Potestates)



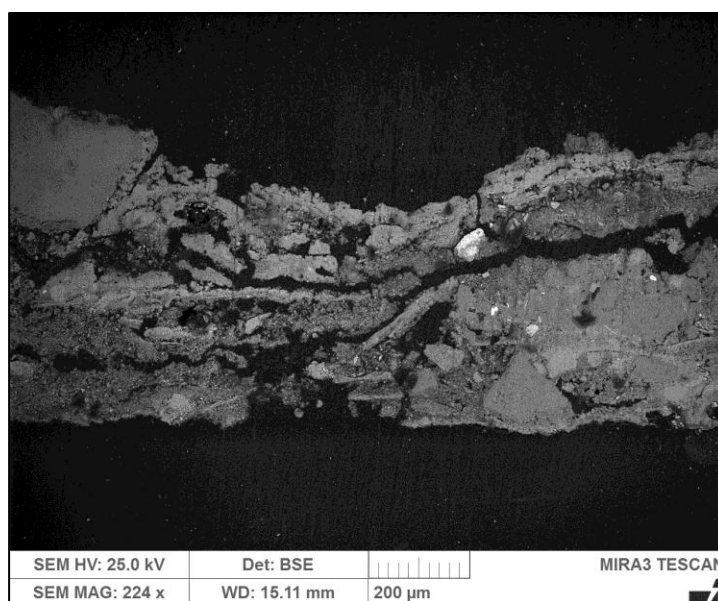
Obr. 19 Optická mikroskopie, bílé světlo.



Obr. 20 Optická mikroskopie, UV světlo.

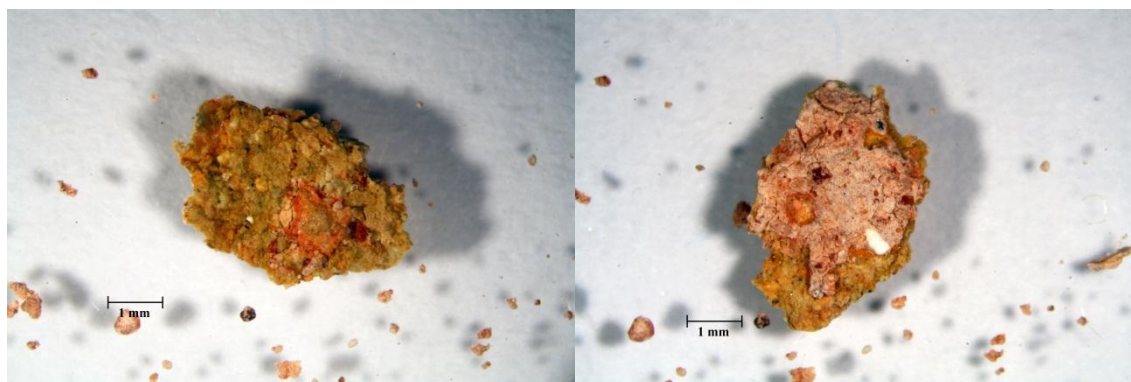


Obr. 21 Optická mikroskopie, modré světlo.



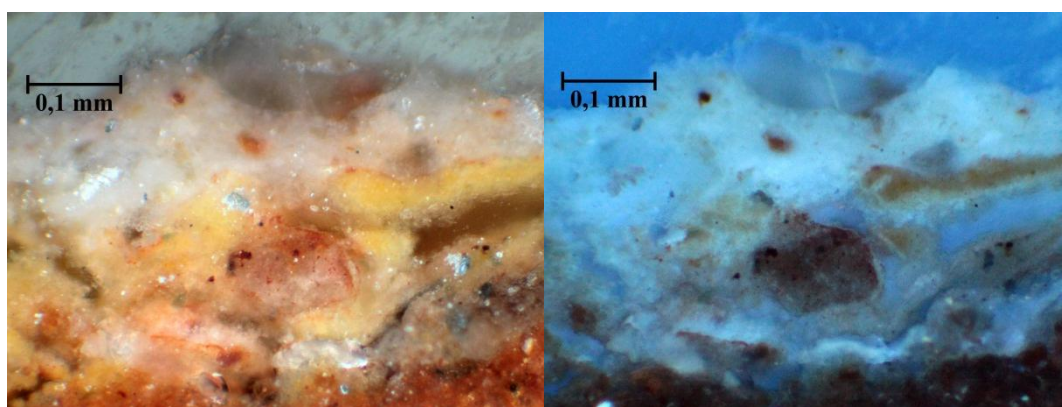
Obr. 22 Elektronová mikroskopie, BSE.

Číslo vrstvy	Popis vrstvy, optická mikroskopie	Složení vrstvy – REM/EDS
4.	nesouvislá bílo-růžová vrstva, ojediněle větší průhledná zrna	Ca (Si, Al, Fe): uhličitan vápenatý, křemenná zrna
3.	jedna nebo dvě žluté heterogenní vrstvy, obsahuje zrna zeleného pigmentu, pravděpodobně složená ze světlejší a tmavší žluté vrstvy	Ca (Si, Fe, Al, S): uhličitan vápenatý, okr, červená hlínka, zem zelená (zrna Si, Fe, K (Al, Mg)), síran vápenatý v části vrstvy
2.	fragmenty červeno-oranžové vrstvy s kamenivem, ojediněle zrna zeleného pigmentu	Ca: uhličitan vápenatý, patrně zem zelená kamenivo: křemenná zrna (Si), silikáty např. živce (Si, Al, K)
1.	světlá růžovo-oranžová vrstva s kamenivem	pojivo: pravděpodobně bílé vzdušné vápno (Ca) kamenivo: křemenná zrna (Si), silikáty např. živce (Si, Al, K)



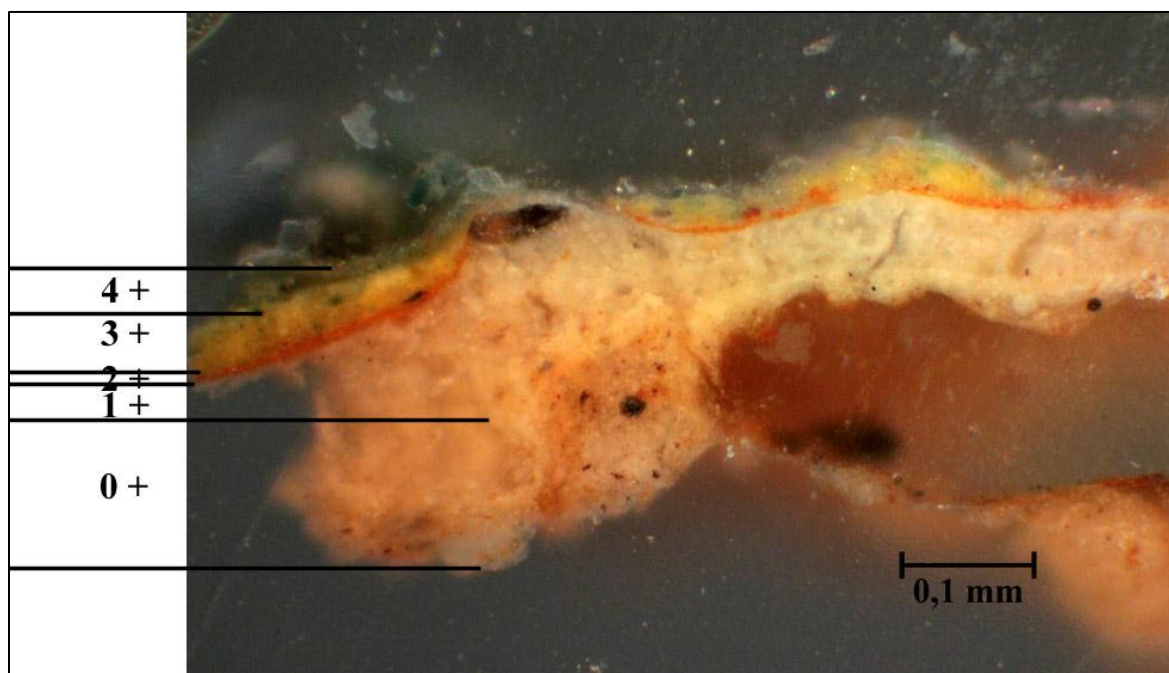
Obr. 23 Stereomikroskopie, vzorek z pohledové a spodní strany.

Sled vrstev není ze vzorku jednoznačně zřejmý. Nejprve byla na mikrofotografii zaznamenána vápenná kamenivem plněná růžová vrstva 1, pravděpodobně s tenkou vrstvičkou uhličitanu vápenatého na povrchu. Následují fragmenty růžovo-oranžové heterogenní vrstvy s kamenivem 3 a souvrství žlutých vrstev probarvených okrem a viditelnými zrny země zelené. Na povrchu se vyskytují fragmenty světlé (narůžovělé) vrstvy 4 s uhličitanem vápenatým, vrstva obsahuje křemenná zrna.

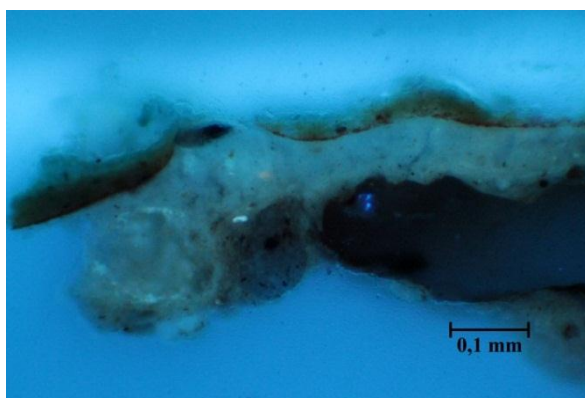


Obr. 24 Optická mikroskopie, detail vrstvy 4 v jiném místě, bílé a UV světlo.

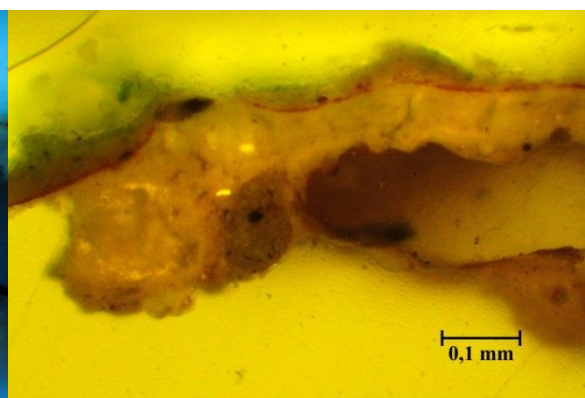
Vzorek 7344 (P3): zelená partie draperie (Virtutes)



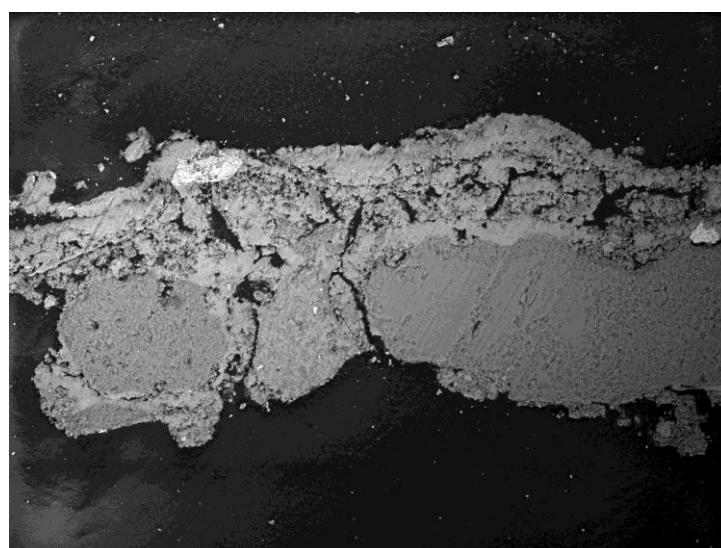
Obr. 25 Optická mikroskopie, bílé světlo.



Obr. 26 Optická mikroskopie, UV světlo.



Obr. 27 Optická mikroskopie, modré světlo.



SEM HV: 25.0 kV Det: BSE MIRA3 TESCAN  
SEM MAG: 894 x WD: 11.00 mm 200 μm

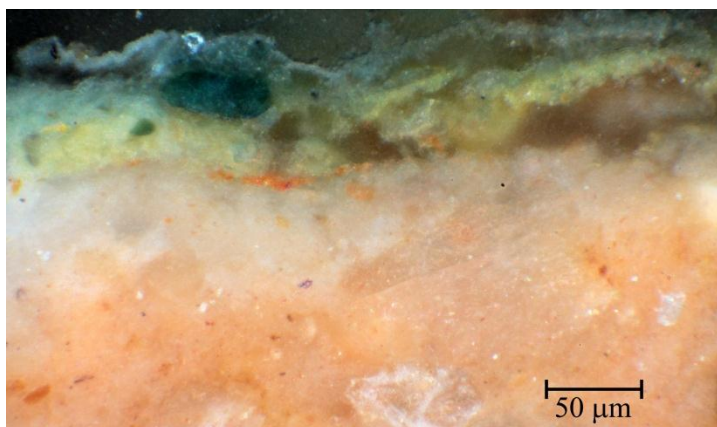
Obr. 28 Elektronová mikroskopie, BSE.

Číslo vrstvy	Popis vrstvy, optická mikroskopie	Složení vrstvy – REM/EDS
4.	tenká světlá vrstva s často oválnými zrny zeleného pigmentu	<u>Ca</u> , <u>S</u> , Si (Fe): síran vápenatý a uhličitan vápenatý, zem zelená
3.	tenká žlutá vrstva, ojediněle zelená zrna	<u>Ca</u> , Si (Fe, Al, K, Cl, Na): uhličitan vápenatý, pravděpodobně okr, země zelená
2.	tenká červeno-oranžová	<u>Ca</u> (Fe, Si, Al): směs červeného a žlutého železitého pigmentu, pravděpodobně červené hlinky a okru
1.	světlá vrstva, menší množství kameniva	<u>Ca</u> (K, Si, Na): uhličitan vápenatý – pojivo patrně bílé vzdušné vápno, ojediněle křemenná zrna ( <u>Si</u> ), silikátová zrna ( <u>Si</u> , Al, Fe, K)
0.	načervenalá omítka	pojivo: pravděpodobně bílé vzdušné vápno ( <u>Ca</u> (Si)), na povrchu pravděpodobně vrstva vyloučeného uhličitanu vápenatého kamenivo: křemenná zrna ( <u>Si</u> ), silikáty např. živce ( <u>Si</u> , <u>Al</u> , K), zrna obsahující sloučeniny železa



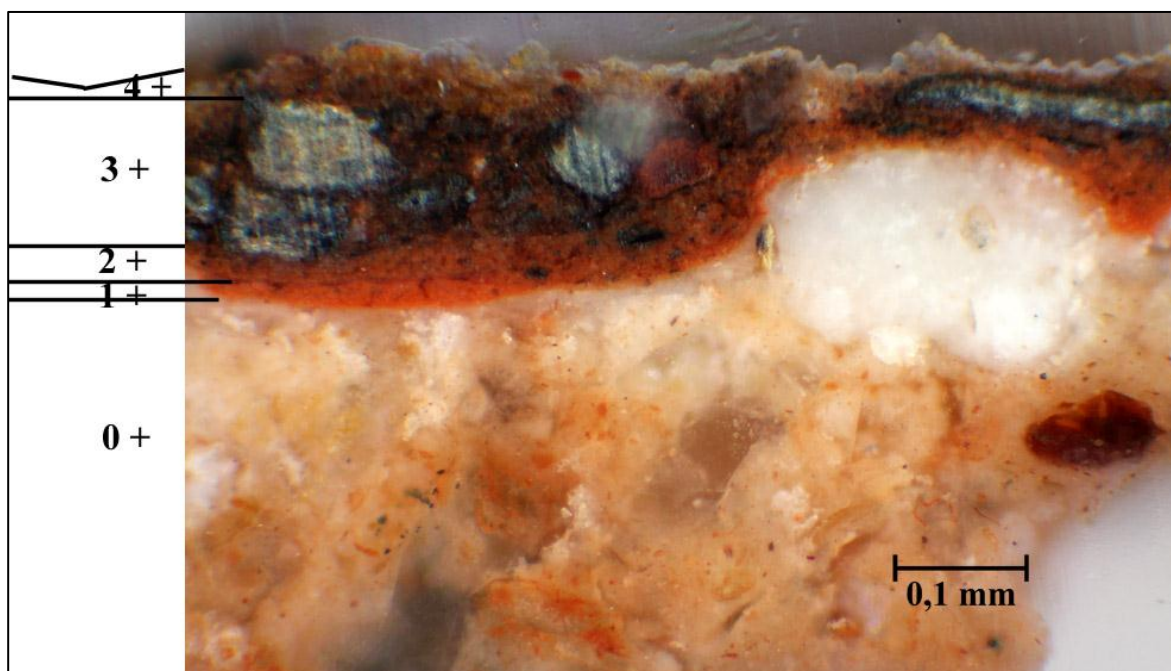
Obr. 29 Stereomikroskopie, vzorek z pohledové strany.

Na vápenné omítce růžového odstínu (vrstva 0) se pravděpodobně nachází vrstva vyloučeného uhličitanu vápenatého, lze tedy předpokládat, že další úpravy mohly být naneseny na zkarbonatovaný povrch. Následuje nátěr (vrstva 1) se zrny kameniva a tenká oranžovo-červená nesouvislá vrstva podmalby 2 s pigmenty na bázi oxidů železa. Vrstva malby 3 je probarvena žlutým okrem, ojediněle zrny země zelené. V případě další nesouvislé vrstvy 4 s většími oválnými zrny země zelené a zrny síranu vápenatého nelze rozhodnout, zda patří k původní výmalbě nebo je sekundární povrchovou úpravou. Na povrchu vzorku se pravděpodobně nalézají fragmenty bílé vrstvy (Obr. 27, fixáž?).

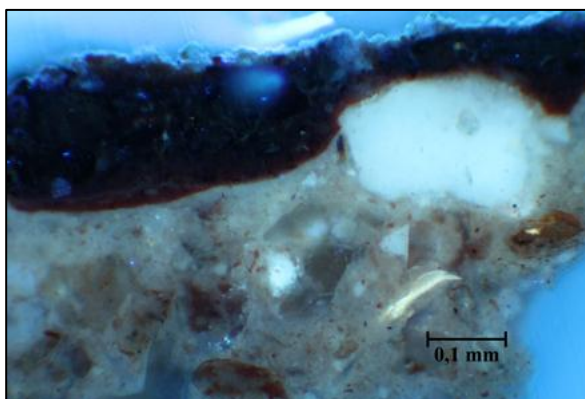


Obr. 30 Optická mikroskopie, jiný úlomek vzorku, detail barevných vrstev.

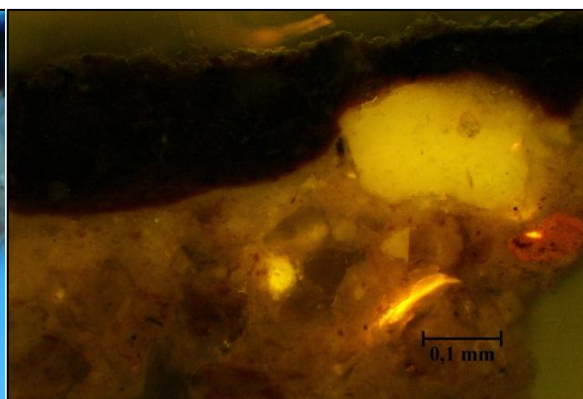
Vzorek 7345 (P4): tmavá (ztmavlá?) část inkarnátu (Seraphim)



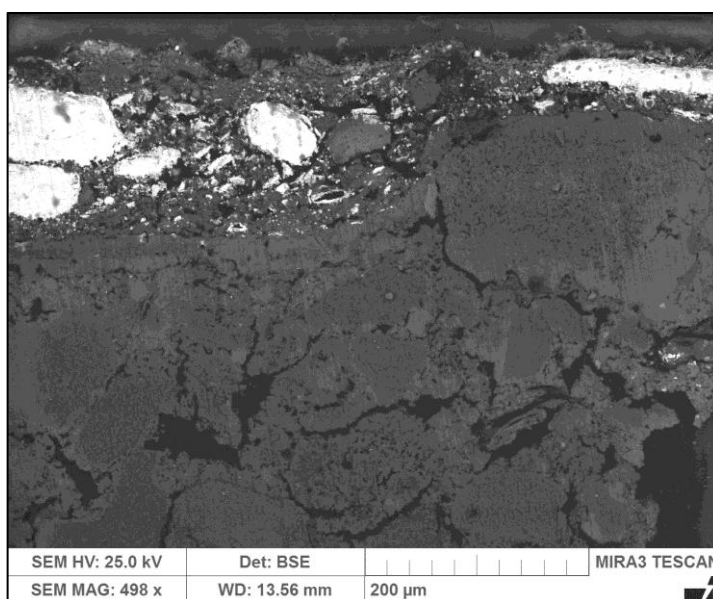
Obr. 31 Optická mikroskopie, bílé světlo.



Obr. 32 Optická mikroskopie, UV světlo.

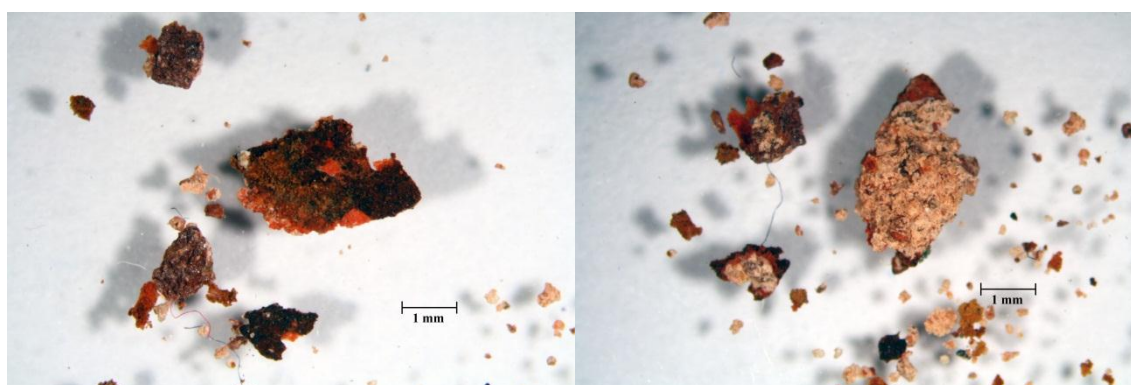


Obr. 33 Optická mikroskopie, modré světlo.



Obr. 34 Elektronová mikroskopie, BSE.

<b>Číslo vrstvy</b>	<b>Popis vrstvy, optická mikroskopie</b>	<b>Složení vrstvy - REM/EDS</b>
4.	patrně fragmenty tenké hnědo-okrové vrstvy s červeným a žlutým pigmentem, v jednom místě zelené zrno	<u>Ca, S</u> (Fe, Cl, Pb): síran vápenatý, případně uhličitán vápenatý, přírodní červené a žluté pigmenty na bázi oxidů železa, na povrchu zrno země zelené (Si (Fe, K, Mg))
3.	silná heterogenní hnědo-červená vrstva, obsahuje větší šedé částice, červené částice, patrně tvoří souvrství s vrstvou 3	<u>Pb, Ca</u> (Si, Al, Fe, S): přírodní červené pigmenty na bázi oxidů železa, větší šedé až černé útvary degradovaného pigmentu na bázi sloučenin olova, nyní patrně plattnerit, síran, případně uhličitán vápenatý, křemenná zrnka
2.	nesouvislá hnědo-červená vrstva, obsahuje černé útvary	<u>Ca</u> (Pb, Si, Al, Fe): uhličitán vápenatý, červený pigment na bázi oxidů železa - patrně červená hlínka, menší černé části s pigmentem na bázi sloučenin olova - lze předpokládat degradaci pigmentu, křemenná zrnka
1.	tenká nesouvislá červená vrstva	<u>Ca</u> (Si, Al, S): uhličitán vápenatý, červená hlínka, vrstva často dobře propojená s povrchem omítky
0.	načervenalá omítka, při povrchu světlejší odstín	pojivo: pravděpodobně bílé vzdušné vápno ( <u>Ca</u> ), při povrchu malé množství síry (S), na povrchu vrstva vyloučeného uhličitánu vápenatého kamenivo: křemenná zrna ( <u>Si</u> ), silikáty např. živce ( <u>Si, Al, K</u> )

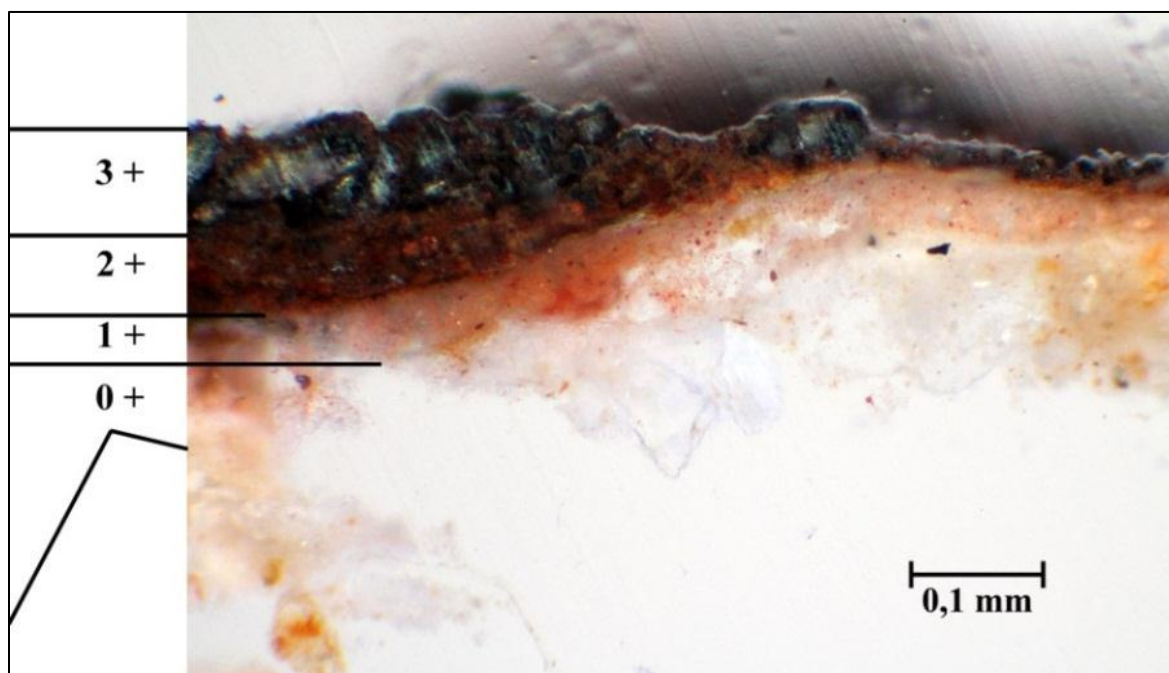


**Obr. 35** Stereomikroskopie, vzorek z pohledové a spodní strany.

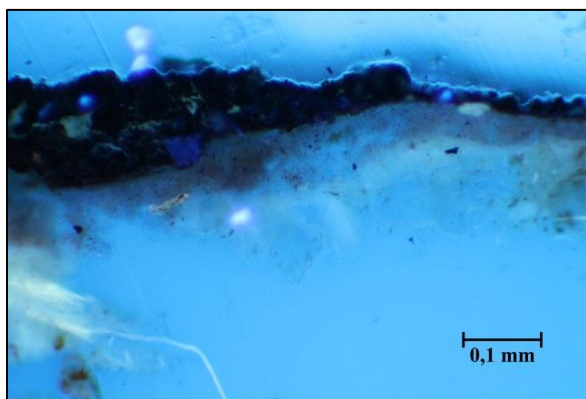
Vzorek obsahuje vápennou omítku (0), na jejímž povrchu se vyskytuje vrstva vyloučeného uhličitánu vápenatého. Na vápenné omítce 0 se nachází tenká červená vrstva 1 probarvená hlínkou, často dobře propojená s povrchem omítky (podmalba, pravděpodobně technika fresco?). Následuje tenká hnědo-červená vrstva 2 s červenou hlínkou a příměsí v současnosti degradovaných pigmentů na bázi oxidů olova. Další hnědá vrstva 3 obsahuje větší oválné šedé útvary degradovaných olovnatých pigmentů, síran vápenatý, červenou hlínku. Olovnaté pigmenty jsou pravděpodobně přeměněny zejména na plattnerit<sup>1</sup> (PbO<sub>2</sub>), nelze však zcela vyloučit přítomnost jiných produktů degradace. Následuje hnědo-okrová vrstva 4 se žlutými a červenými pigmenty na bázi oxidů železa, ve vrstvě bylo identifikováno zrno země zelené.

<sup>1</sup> Kotulánová E. a kol. Degradation of lead-based pigments by salt solutions. Journal of Cultural Heritage 10 (2009) p. 367–378.

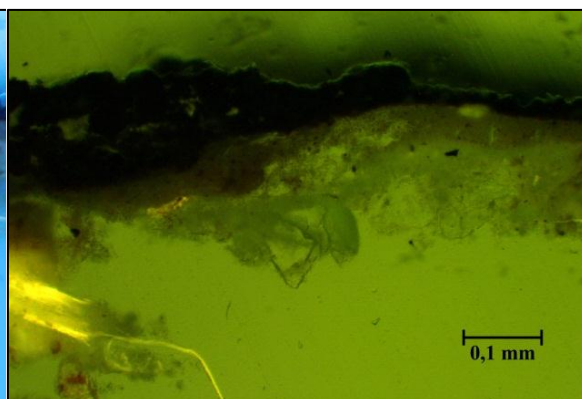
**Vzorek 7346 (P5): zčernalá část v křídlech andílka (Dominationes)**



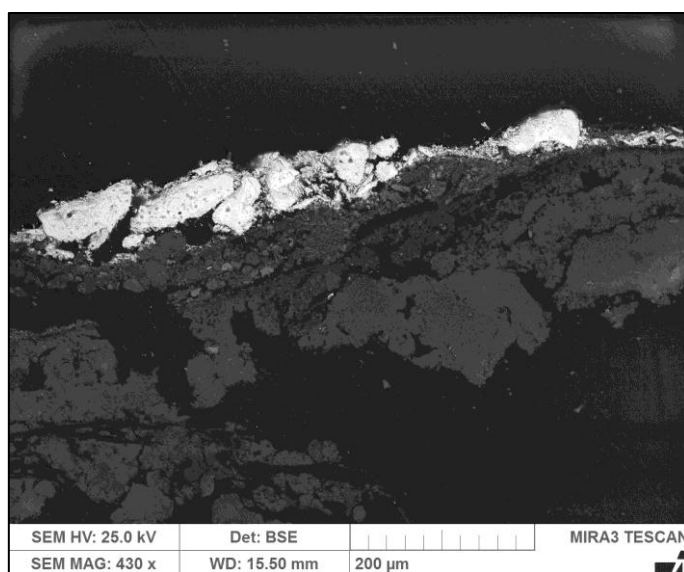
**Obr. 36** Optická mikroskopie, bílé světlo.



**Obr. 37** Optická mikroskopie, UV světlo.

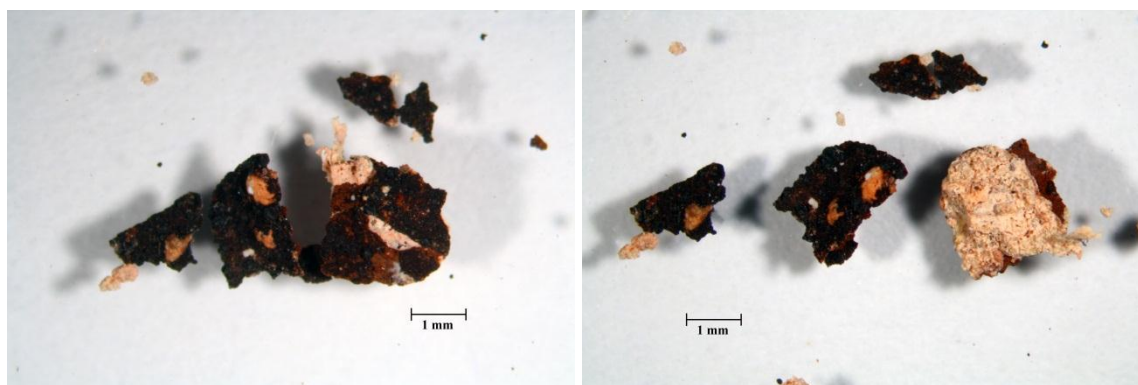


**Obr. 38** Optická mikroskopie, modré světlo.



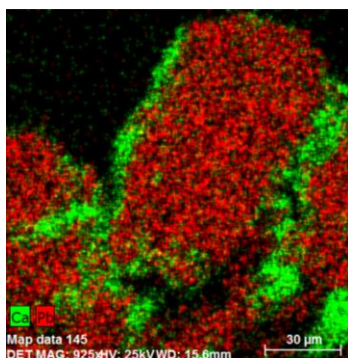
**Obr. 39** Elektronová mikroskopie, BSE.

Číslo vrstvy	Popis vrstvy, optická mikroskopie	Složení vrstvy - REM/EDS
3.	silná heterogenní tmavá vrstva, velké útvary obsahující šedé, hnědé a černé části, srovnatelná s vrstvou 3 vzorku 7345	<u>Pb</u> (Fe, Ca, S): větší šedé až černé útvary degradovaných pigmentů na bázi sloučenin olova, nyní zejména plattnerit, příměs červené hlínky, síran vápenatý srovnatelná s vrstvou 2 vzorku 7346
2.	hnědá vrstva, obsahuje hnědá, červená a černá zrna	<u>Fe, Ca, Si, S</u> (Al, Mn): zrna kalcitu, uhličitan vápenatý, umbra, červená hlínka, křemenná zrna, větší průhledné zrno síranu vápenatého, místy síran vápenatý
1.	červená vrstva světlý odstín, zrna červeného a žlutého pigmentu různé velikosti	<u>Ca</u> (Si, Al, Fe): uhličitan vápenatý, červená hlínka, místy žlutý pigment patrně na bázi oxidů železa, ojediněle křemenná zrnka
0.	oranžovo-růžová omítka nebo hrubozrnný nátěr	pojivo: pravděpodobně bílé vzdušné vápno ( <u>Ca</u> ), při povrchu místy malé množství síry (S) kamenivo: křemenná zrna ( <u>Si</u> ), silikáty např. živce ( <u>Si, Al, K</u> )



**Obr. 40** Stereomikroskopie, vzorek z pohledové a spodní strany.

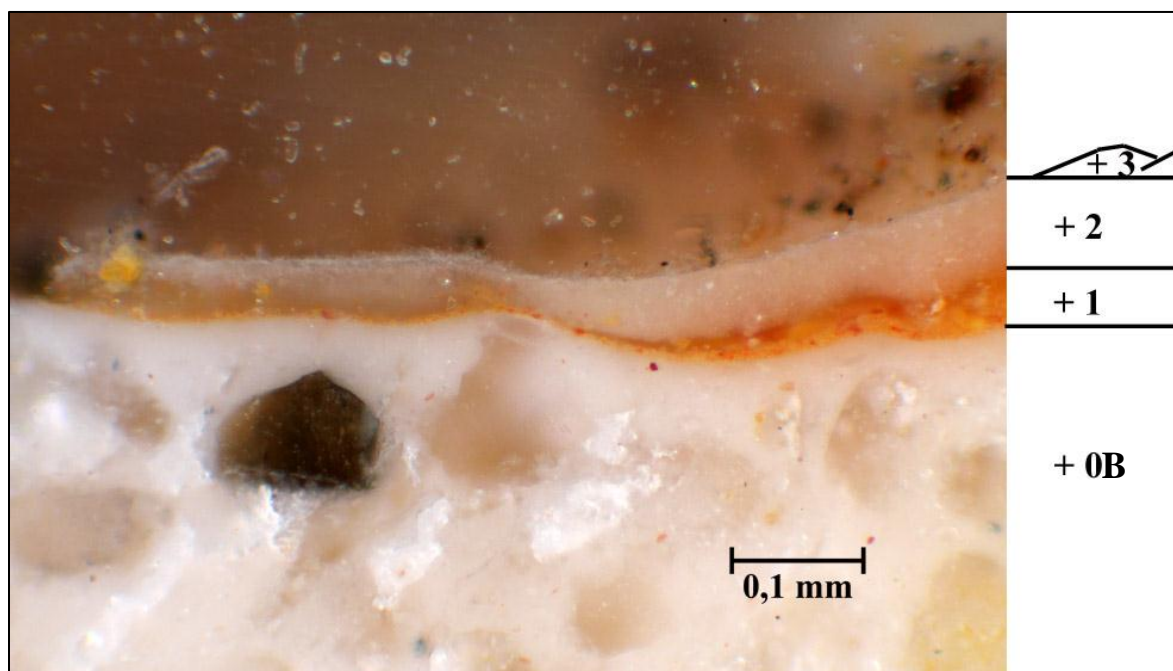
Na vápenné vrstvě s kamenivem se nachází růžová vrstva 1 s pigmenty na bázi oxidů železa. Následuje hnědá vrstva 2 obsahující zejména umbra a přírodní železitou červeň. Ve vrstvě nebyly zaznamenány pigmenty se sklonem ke korozi, lze tedy předpokládat původní barevnost vrstvy. Následuje tmavě hnědá vrstva 3, jejíž odstín byl pravděpodobně změněn díky degradaci olovnatých pigmentů zejména na šedo-černý až hnědý plattnerit<sup>2</sup>. Metodou rentgenové mikrodifrakce byl ve vrstvě dále identifikován masikot, nelze však stanovit, zda je také produktem přeměny jiného olovnatého pigmentu nebo je původní součástí vrstvy. Ze získaných poznatků nelze zcela odhadnout původní barevný odstín vrstvy.



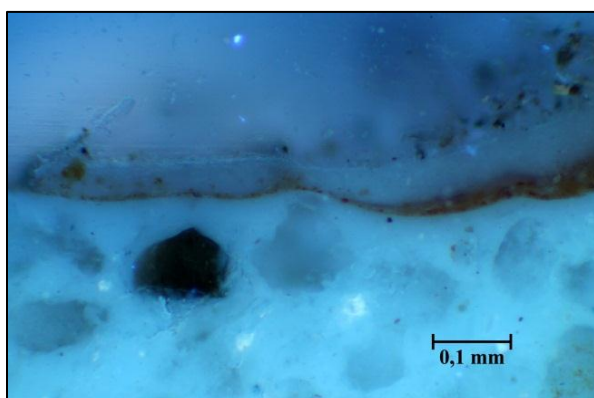
**Obr. 41** REM/EDS, BSE, prvková mapa olova (Pb) a vápníku (Ca), předpoklad složení oválných částic vrstvy 3 – oxidy olova – patrně plattnerit dle zbarvení částice, na povrchu síran vápenatý.

<sup>2</sup> Pomocí metody rentgenové difrakce byla provedena kvalitativní a kvantitativní fázová analýza vrstvy 3 (Příloha – Výsledky rentgenové mikrodifrakce). Z výsledků vyplývá, že vrstva obsahuje ze sloučenin olova plattnerit (cca 60 % hm.) a masikot (cca 9 % hm.). Dále se ve vrstvě vyskytuje sádrovec (cca 25 % hm.) a malé množství křemene (cca 5 % hm.).

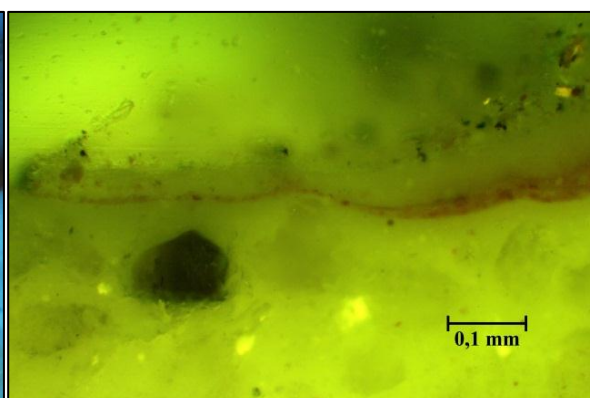
**Vzorek 7347 (M1):** defekt v pásu mraků mezi Cherubim a Seraphim



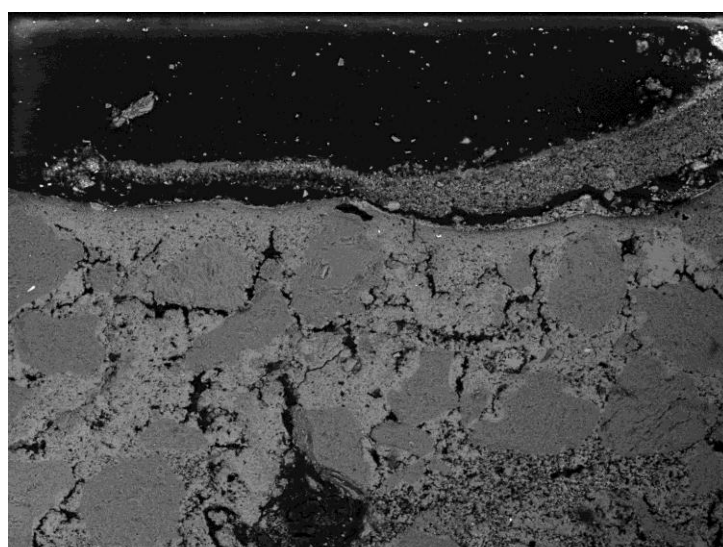
**Obr. 42** Optická mikroskopie, bílé světlo.



**Obr. 43** Optická mikroskopie, UV světlo.

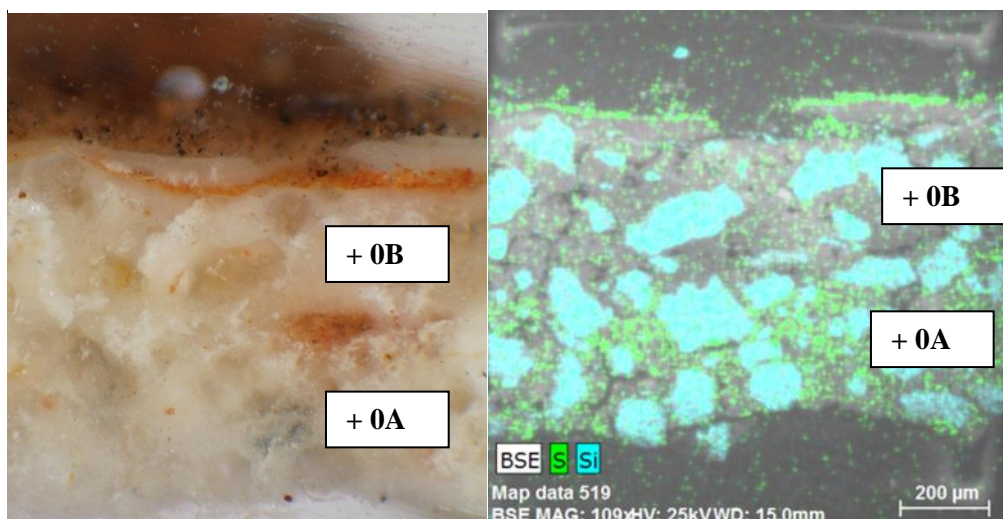


**Obr. 44** Optická mikroskopie, modré světlo.



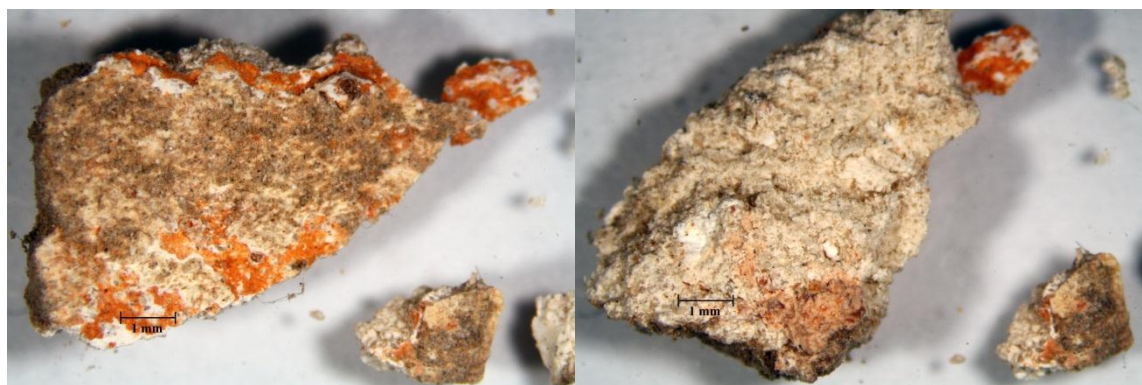
SEM HV: 25.0 kV Det: BSE MIRA3 TESCAN  
SEM MAG: 455 x WD: 14.94 mm 200 μm

**Obr. 45** Elektronová mikroskopie, BSE.



Obr. 46 Optická mikroskopie, SEM-EDS, BSE, mapa distribuce síry (S) a křemíku (Si).

Číslo vrstvy	Popis vrstvy, optická mikroskopie	Složení vrstvy - REM/EDS
3.	nesouvislá oranžovo-běžová vrstva s černými částicemi	<u>Si</u> , Al, Ca (S): uhličitan vápenatý, křemenná zrna?, síran vápenatý
2.	bílá vrstva	<u>Ca</u> : uhličitan vápenatý, na povrchu vrstva síranu vápenatého (sulfatizace nebo kontaminace solemi)
1.	nesouvislá oranžovo-červená vrstva, obsahuje červený a žlutý pigment	<u>Ca</u> , Si, Fe, Al: uhličitan vápenatý, červená hlínka, okr, fragment obsahující <u>Ni</u> , <u>Fe</u> blíže nespecifikován
0B.	světlá vrstva s kamenivem - součást omítky 0A nebo jemnozrný nátěr, vizuálně podobná vrstvě 0a	pojivo: bílé vzdušné vápno ( <u>Ca</u> ) kamenivo: převážně křemenná zrna ( <u>Si</u> ), ojediněle silikátová zrna
0A.	světlá omítka, homogenní vzhled	pojivo: pravděpodobně bílé vzdušné vápno ( <u>Ca</u> ), v menším množství sádra ( <u>Ca</u> , <u>S</u> ) kamenivo: převážně křemenná zrna ( <u>Si</u> ), méně silikátová zrna

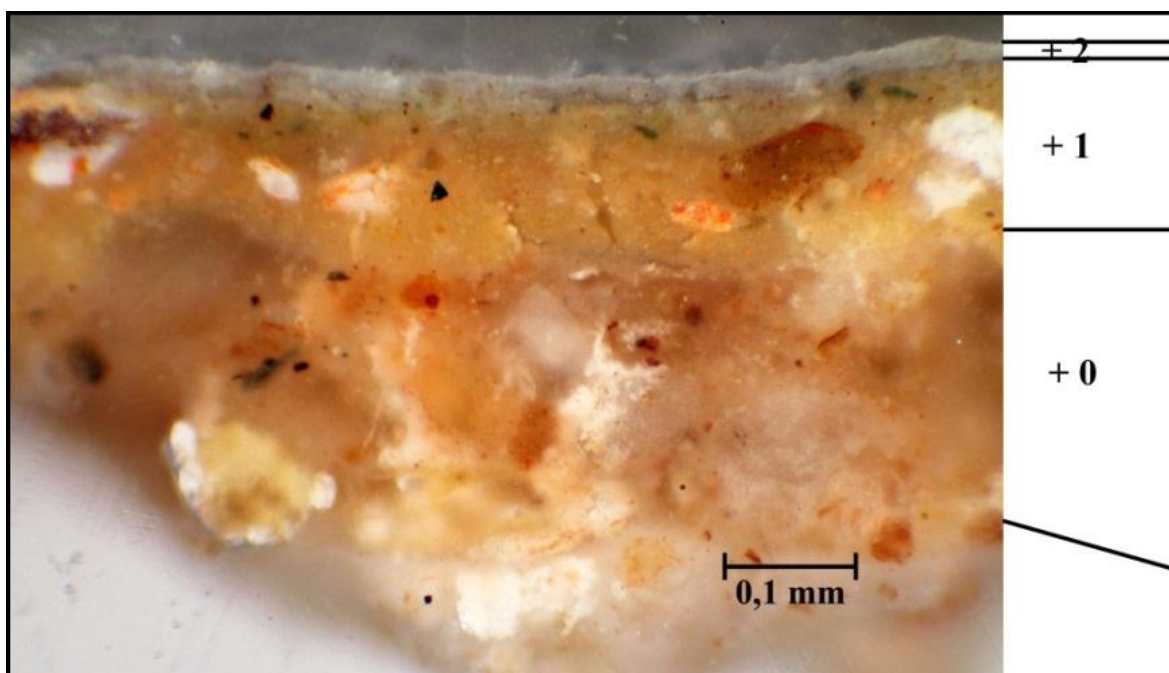


Obr. 47 Stereomikroskopie, vzorek z pohledové a spodní strany.

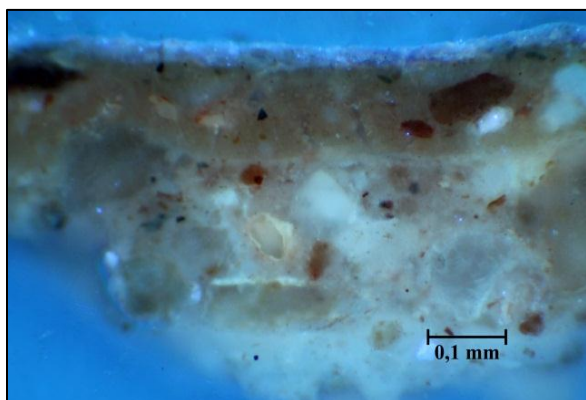
Vzorek obsahuje světlou omítku (0A) s křemenným kamenivem a hrudkami vápna, pojivem je vzdušné vápno s příměsí sádry. Pravděpodobně následuje vápenná tenká omítka nebo jemnozrný nátěr s křemenným kamenivem (0B), vizuálně srovnatelná se spodní omítkovou vrstvou, v pojivu není přítomna sádra.

Oranžová vrstva 1 je probarvena červenou hlínkou a žlutým okrem. Na vrstvě 1 se nachází bílá vrstva 2. U následující nesouvislé oranžovo-běžové vrstvy 3 lze předpokládat, že je druhotnou povrchovou úpravou nebo vrstvou depositů.

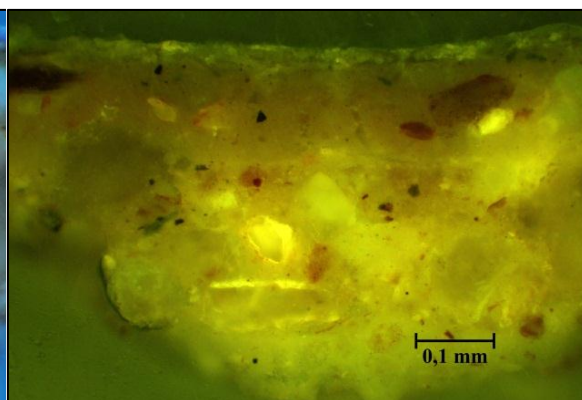
**Vzorek 7349 (PO4):** část se specifickou UV fluorescencí, přechod hrubé a hladké omítky (Angeli)



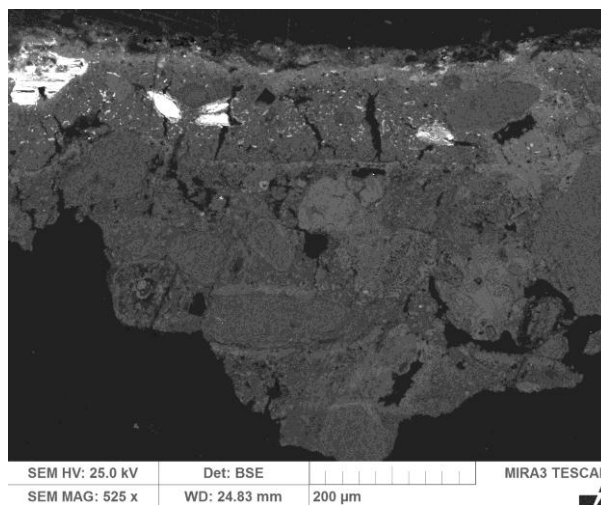
**Obr. 48** Optická mikroskopie, bílé světlo.



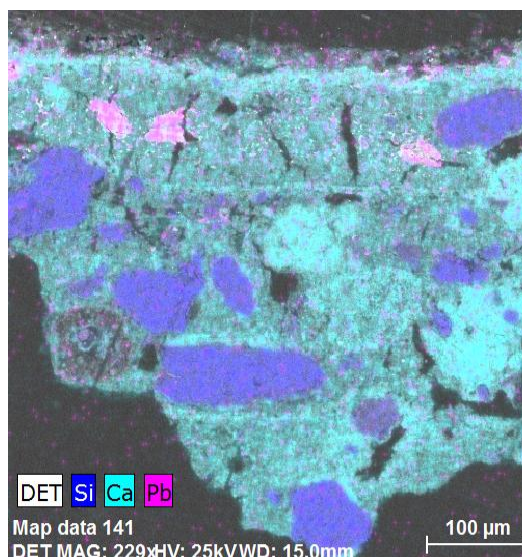
**Obr. 49** Optická mikroskopie, UV světlo.



**Obr. 50** Optická mikroskopie, modré světlo.



**Obr. 51** Elektronová mikroskopie, BSE.



**Obr. 52** Elektronová mikroskopie REM EDX, BSE, prvková mapa křemíku, vápníku a olova.

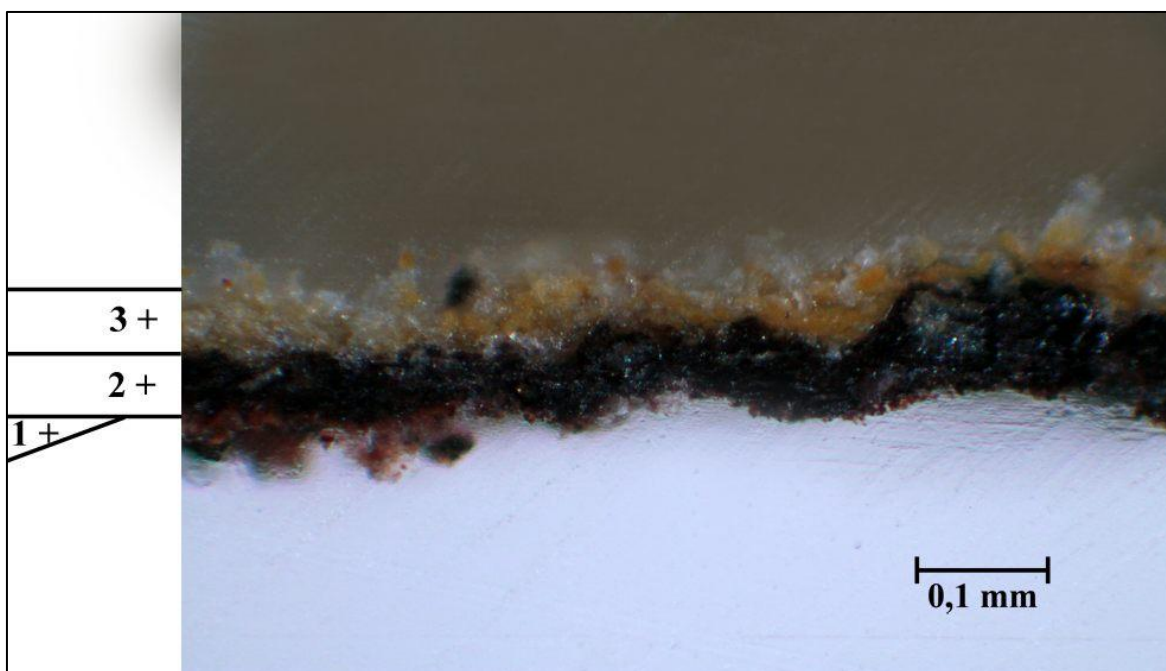
Číslo vrstvy	Popis vrstvy, optická mikroskopie	Složení vrstvy - REM/EDS
2.	tenká bílá vrstva - světlý nesouvislý povlak	<u>Ca</u> , Pb (Si, S, Cl, Al): uhličitan vápenatý, olovnatá běloba, patrně sírany a chloridy
1.	heterogenní béžová vrstva oranžové a bílé oválné útvary, při povrchu ojediněle zrna zeleného pigmentu - patrně nanesená v několika krocích	<u>Ca</u> (Pb, Fe, Al, Si, S): uhličitan vápenatý, pigmenty na bázi sloučenin olova ( <u>Pb</u> , zrno <u>Pb</u> , Cl), zrna země zelené ( <u>Si</u> , Fe, K, Al), různé silikáty, okr, zrna vápence, na pomezí vrstev 1 a 2 zrno pigmentu obsahující kobalt
0.	růžovo-oranžová omítka, případně hrubozrný nátěr	pojivo <u>Ca</u> (Si, Al, Fe): pravděpodobně vzdušné vápno, hruška <u>Ca</u> (Si, Al), na povrchu vrstva vyloučeného uhličitanu vápenatého kamenivo: zejména křemenná zrna ( <u>Si</u> ), silikáty (Si, Al, K, Mg)



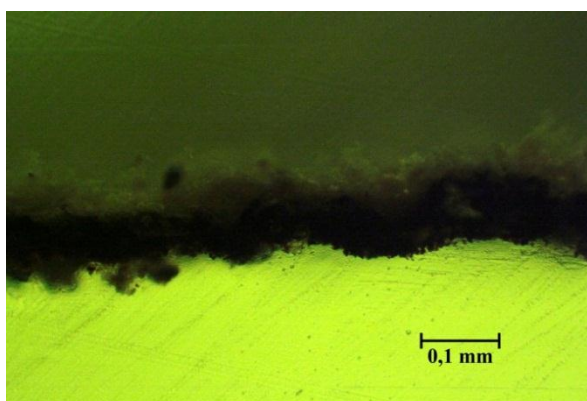
**Obr. 53** Stereomikroskopie, úlomky vzoru z pohledové a spodní strany.

Povrch fragmentu vápenné načervenalé vrstvy (0) s kamenivem obsahuje tenkou vrstvu vyloučeného uhličitanu vápenatého, značící, že byly následující povrchové úpravy nanášeny na karbonatovaný povrch. Malba byla pravděpodobně zhotovena v technice secco. Silná žlutá vrstva 1 je probarvena okry, pigmenty na bázi sloučenin olova, ojediněle obsahuje při povrchu zrna země zelené. Na povrchu vzorku se vyskytuje nesouvislá bílá vrstva 2, pravděpodobně druhotná povrchová úprava (fixáž?).

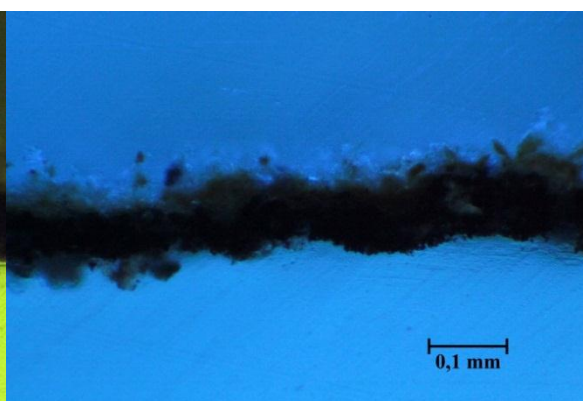
Vzorek 7555 (V1): draperie figury anděla Cherubim



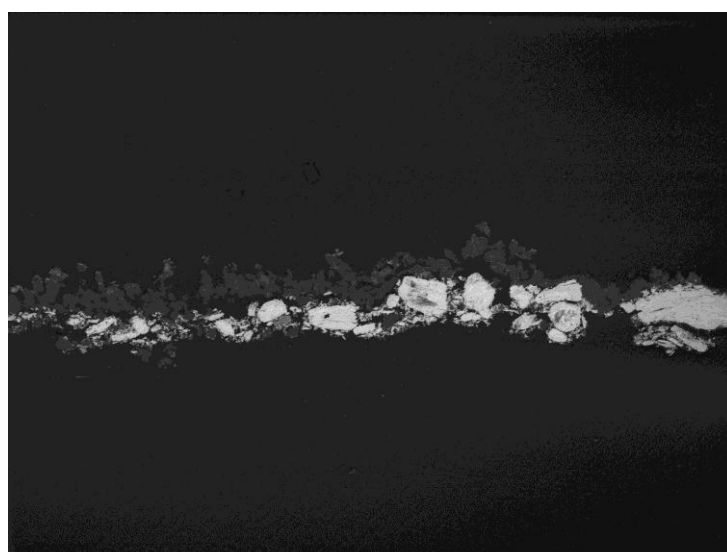
Obr. 54 Optická mikroskopie, bílé světlo.



Obr. 55 Optická mikroskopie, UV světlo.



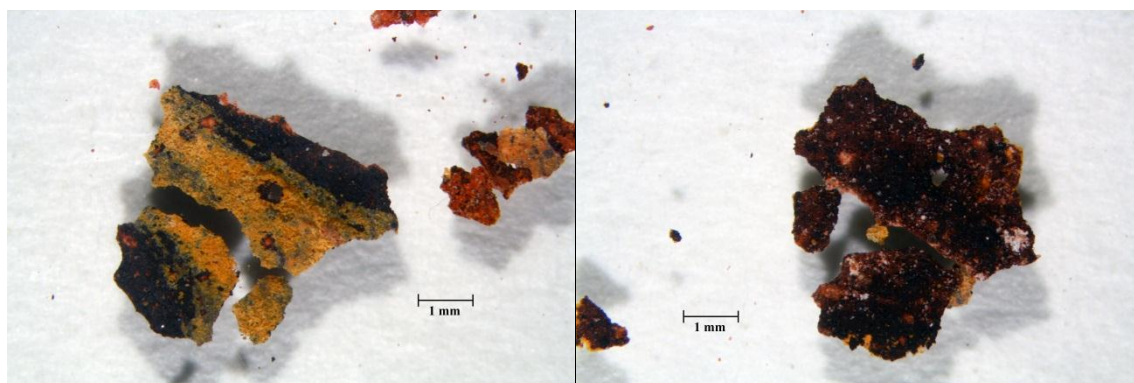
Obr. 56 Optická mikroskopie, modré světlo.



SEM HV: 25.0 kV Det: BSE  
SEM MAG: 634 x WD: 16.94 mm 200 μm MIRA3 TESCAN

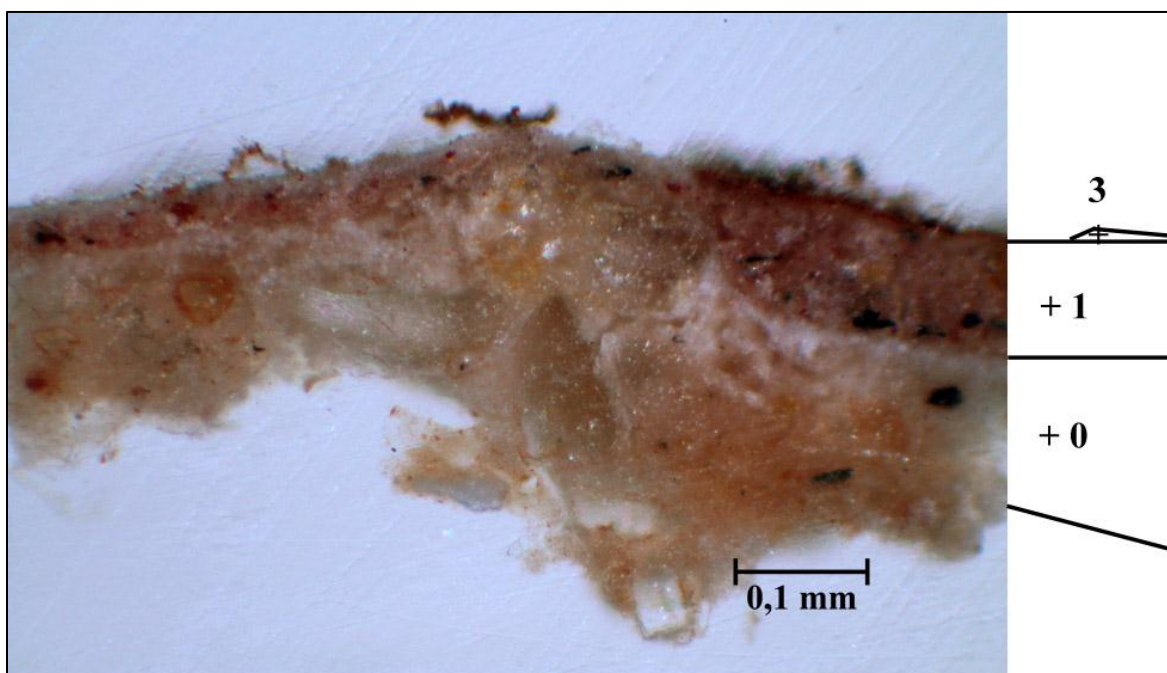
Obr. 57 Elektronová mikroskopie, BSE.

<b>Číslo vrstvy</b>	<b>Popis vrstvy, optická mikroskopie</b>	<b>Složení vrstvy - REM/EDS</b>
3.	žlutá vrstva	<u>Ca, S</u> (Fe, Cl, Pb): síran vápenatý – patrně sulfatizace, případně uhličitan vápenatý, okr, křemenná zrna, vrstva je ve spodní části obohacena o Si, Al
2.	heterogenní hnědo-černá vrstva, obsahuje větší černé částice	<u>Pb, Ca</u> (Si, Al, Fe, S): přírodní červené pigmenty na bázi oxidů železa, umbra, větší šedé až černé útvary degradovaného pigmentu na bázi sloučenin olova, nyní patrně plattnerit, síran, případně uhličitan vápenatý, křemenná zrnka, zrno dolomitu
1.	fragment tenké nesouvislé červené vrstvy	<u>Ca, S</u> (Si, Al): uhličitan vápenatý, křemenná zrna, silikáty, patrně červená hlínka

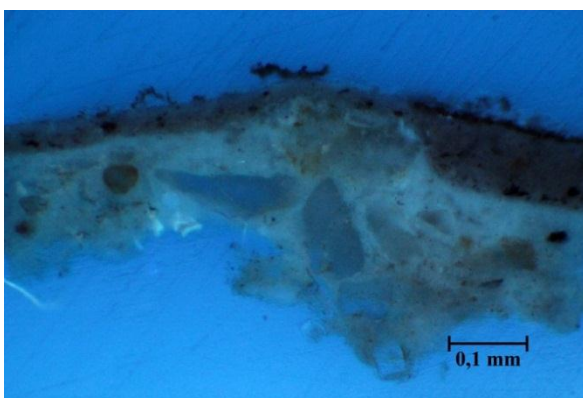


**Obr. 58** Stereomikroskopie, vzorek z pohledové a spodní strany.

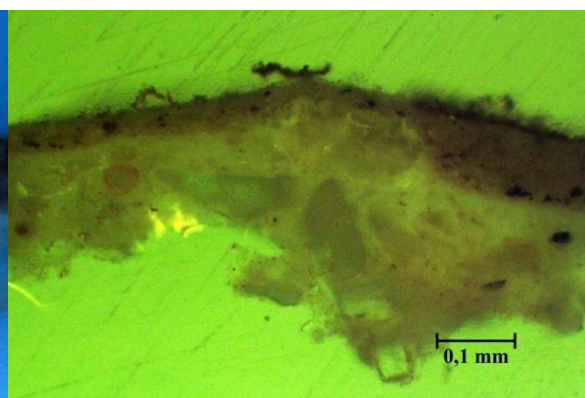
Vzorek obsahuje fragment červené vrstvy 1, následuje vrstva 2 se ztmavým olovnatým pigmentem a žlutá vrstva 3 probarvená zejména okrem.



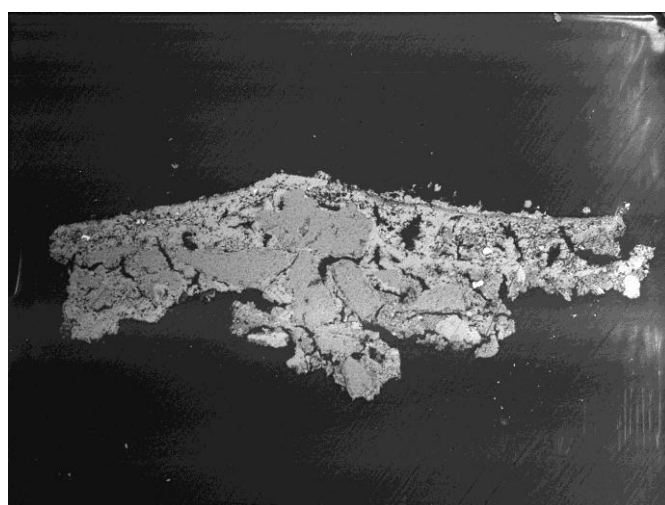
Obr. 59 Optická mikroskopie, bílé světlo.



Obr. 60 Optická mikroskopie, UV světlo.

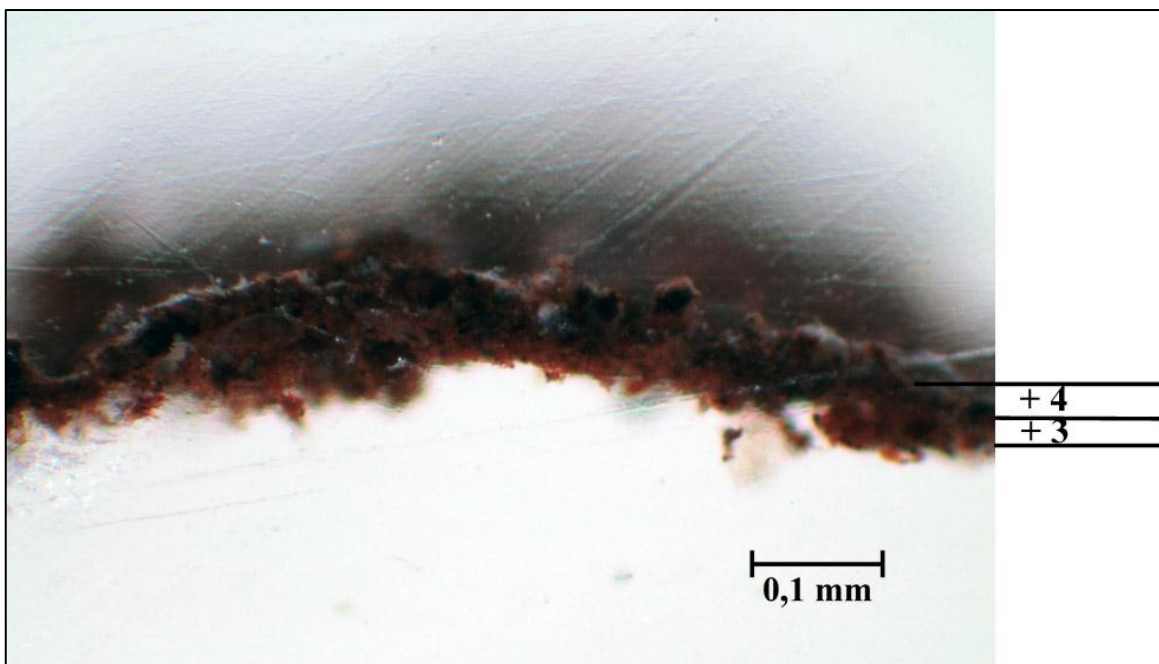


Obr. 61 Optická mikroskopie, modré světlo.

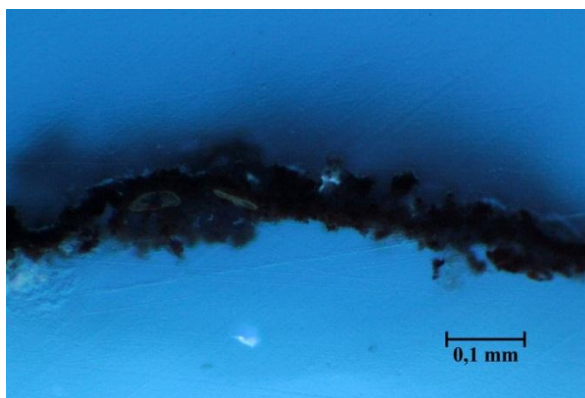


SEM HV: 25.0 kV	Det: BSE	MIRA3 TESCAN
SEM MAG: 650 x	WD: 15.11 mm	200 μm

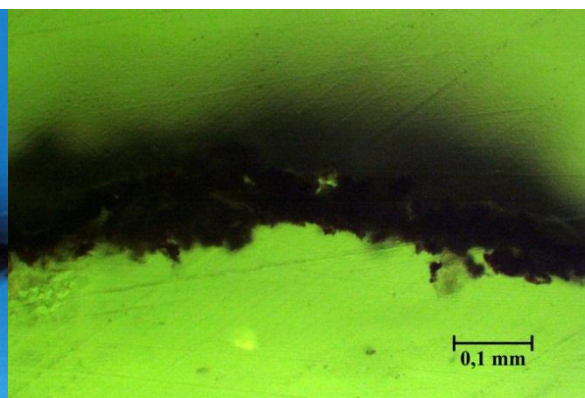
Obr. 62 Elektronová mikroskopie, BSE.



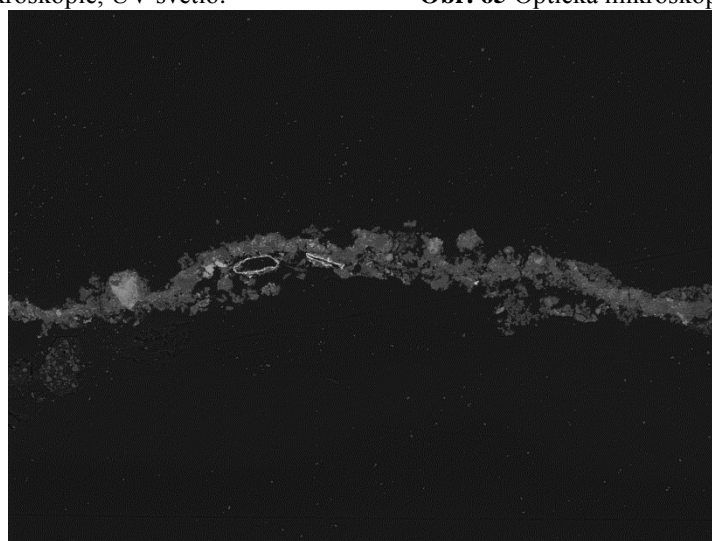
**Obr. 63** Optická mikroskopie, bílé světlo.



**Obr. 64** Optická mikroskopie, UV světlo.

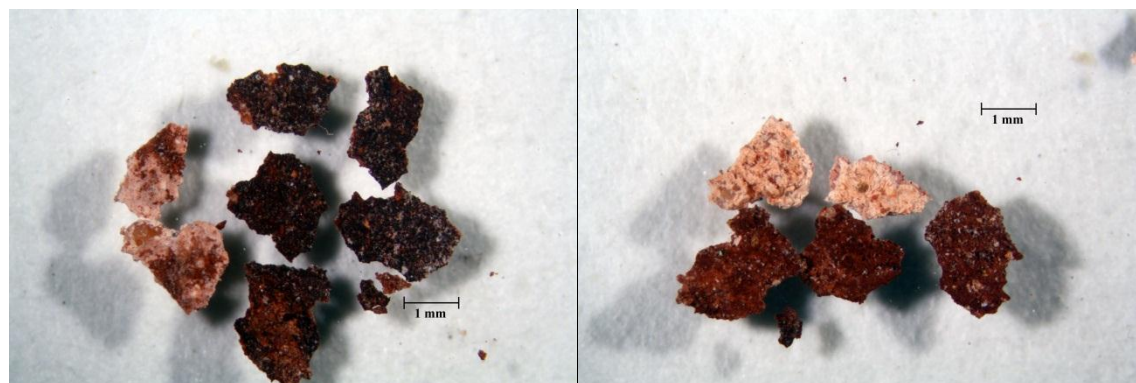


**Obr. 65** Optická mikroskopie, modré světlo.



**Obr. 66** Elektronová mikroskopie, BSE.

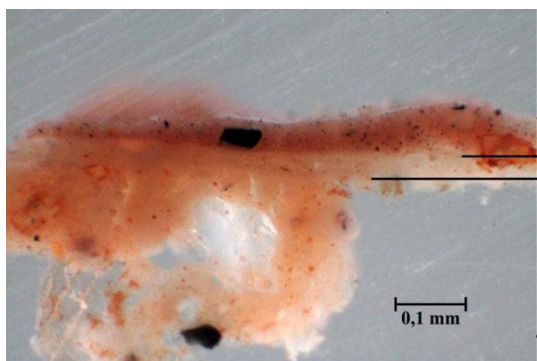
Číslo vrstvy	Popis vrstvy, optická mikroskopie	Složení vrstvy - REM/EDS
4.	heterogenní hnědo-červená vrstva, obsahuje velmi tmavé částice, červené částice, patrně tvoří souvrství s vrstvou 3	Ca, S, Si, Al, Fe (Na, Mn): síran vápenatý, případně uhličitan vápenatý, přírodní červené, hnědé pigmenty na bázi oxidů železa, křemenná zrnka, ojediněle tmavé útvary <u>Mn</u> , Fe (Pb, P, Si, Ca), zrno dolomitu
3.	heterogenní hnědo-červená vrstva, obsahuje velmi tmavé částice, červené částice, patrně tvoří souvrství s vrstvou 3	<u>Ca</u> , <u>S</u> (Fe, Si, Al, Pb, Mg): přírodní červené pigmenty na bázi oxidů železa, síran, případně uhličitan vápenatý, křemenná zrnka, ojediněle světlé útvary Pb, Ca (P, Cl)
2.	nesouvislá hnědo-červená vrstva, obsahuje černé útvary	<u>Ca</u> (S, Si, Al, Fe, Mn): síran a uhličitan vápenatý, červený pigment na bázi oxidů železa - patrně červená hlínka, umbra, menší černé části s pigmentem na bázi sloučenin olova - lze předpokládat degradaci pigmentu, křemenná zrnka
1.	světlejší červená vrstva (růžová) s červenými, žlutými a černými zrny různé velikosti, na povrchu zčásti světlejší	<u>Ca</u> (S, Si, Fe): uhličitan vápenatý, červené a žluté železité pigmenty, uhlikatá čern, ojediněle černá zrna <u>Fe</u>
0.	načervenalá omítka nebo nátěr	pojivo: pravděpodobně bílé vzdušné vápno ( <u>Ca</u> ) kamenivo: křemenná zrna ( <u>Si</u> ), ojediněle zrna silikátů (Si, Al)



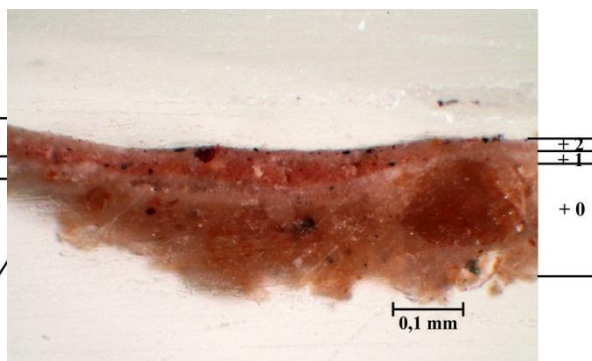
**Obr. 67** Stereomikroskopie, části vzorku ze svrchní a spodní strany.

Vzorek obsahuje úlomky náležící ke dvěma na sebe navazujícím částem. Na vápenné omítce s kamenivem (vrstva 0) byla pozorována tenká vrstva vyloučeného uhličitanu vápenatého. Následuje silná světle červená vrstva 1 a dvě hnědo-červené vrstvy 2, 3, přičemž svrchní vrstva je tmavší než vrstva 2. Barevné vrstvy jsou probarveny zejména železitými pigmenty.

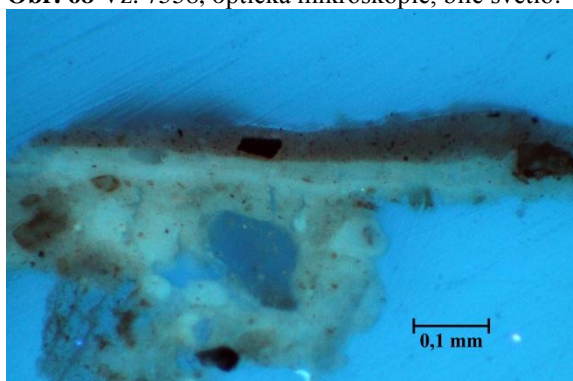
Vzorky 7558 (Z1), 7568 (Z1C), 7563 (Z1B, referenční vzorek): pozadí anděla Principatus



Obr. 68 Vz. 7558, optická mikroskopie, bílé světlo.



Obr. 69 Vz. 7563, optická mikroskopie, bílé světlo.



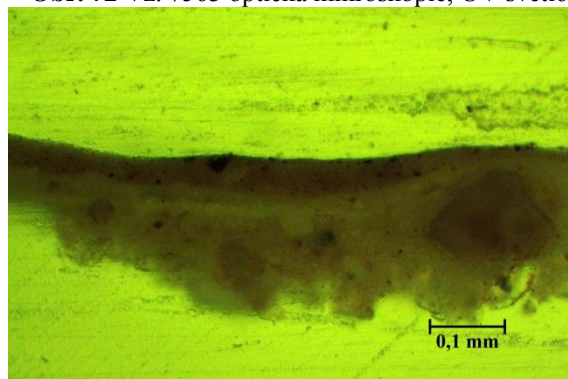
Obr. 70 Vz. 7558 optická mikroskopie, UV světlo.



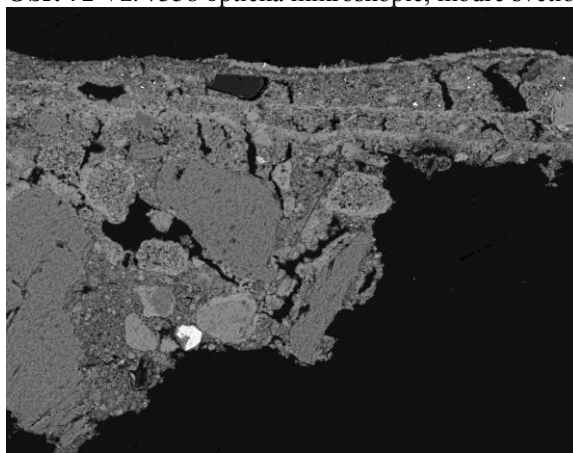
Obr. 72 Vz. 7563 optická mikroskopie, UV světlo.



Obr. 71 Vz. 7558 optická mikroskopie, modré světlo

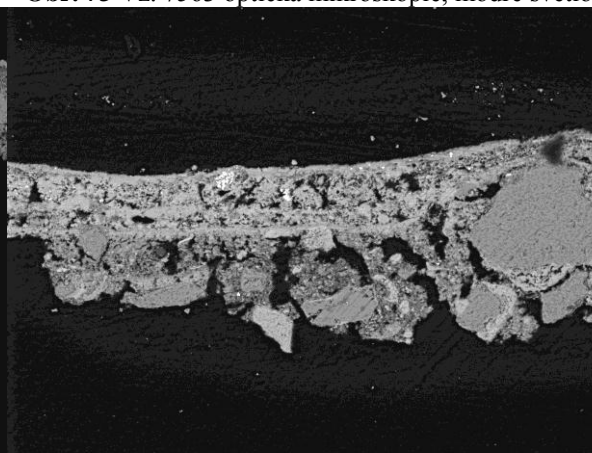


Obr. 73 Vz. 7563 optická mikroskopie, modré světlo.



SEM HV: 25.0 kV Det: BSE MIRA3 TESCAI  
SEM MAG: 1.13 kx WD: 14.81 mm 200 μm

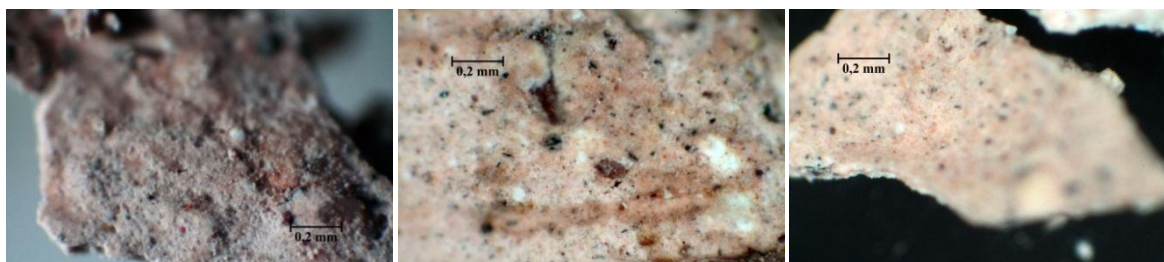
Obr. 74 Vz 7558. Elektronová mikroskopie, BSE.



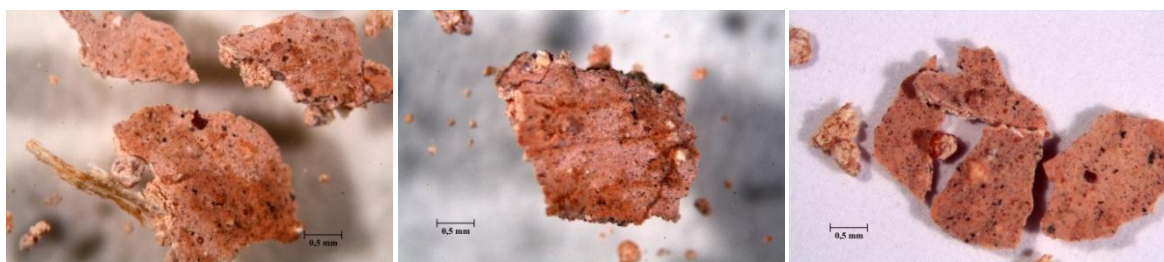
SEM HV: 25.0 kV Det: BSE MIRA3 TESCAI  
SEM MAG: 1.07 kx WD: 15.11 mm 200 μm

Obr. 75 Vz. 7563. Elektronová mikroskopie, BSE.

<b>Číslo vrstvy</b>	<b>Popis vrstvy, optická mikroskopie</b>	<b>Složení vrstvy - REM/EDS</b>
2.	světlejší červená vrstva, obsahuje červené, žluté a černé částice, může se jednat o souvrství dvou vrstev	<u>Ca</u> (Si, Al, Fe, S): přírodní červené a žluté pigmenty na bázi oxidů železa, umbra, uhličitan vápenatý, křemenná zrnka na povrchu tenká vrstva převážně síranu vápenatého - patrně sulfatizace povrchu, u vzorku 7558 nesouvislá
1.	světlá vrstva	<u>Ca</u> (Si, Al): uhličitan vápenatý, křemenná zrna, silikáty, patrně červená hlinka, ojediněle zrna vápence, na povrchu patrně vrstva vyloučeného uhličitanu vápenatého – vápenný nátěr?
0	načervenalá omítka	pojivo: bílé vzdušné vápno ( <u>Ca</u> (Si)), na povrchu vrstva vyloučeného uhličitanu vápenatého kamenivo: křemenná zrna ( <u>Si</u> ), méně silikáty ( <u>Si</u> , <u>Al</u> , <u>K</u> ), zrna obsahující sloučeniny železa



**Obr. 76** Optická mikroskopie, bílé světlo, povrch vzorků 7558, 7568, 7563.

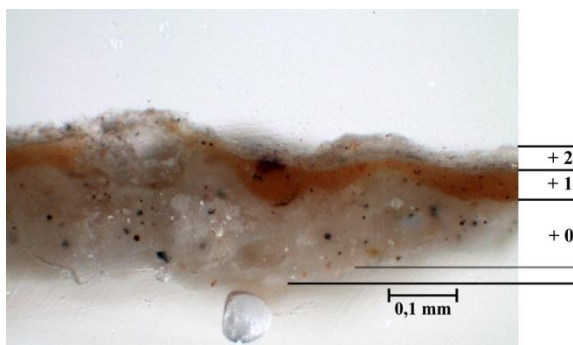


**Obr. 77** Stereomikroskopie, bílé světlo, povrch vzorků 7558, 7568, 7563 (referenční vzorek).

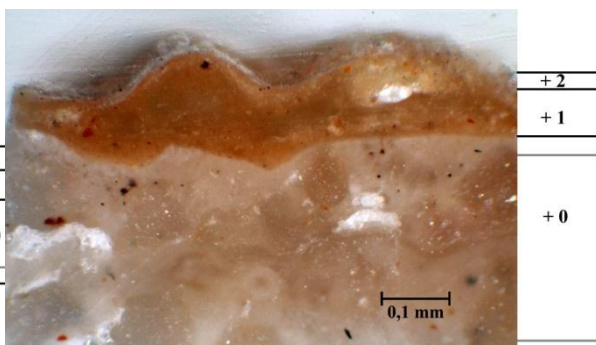
<b>Popis vrstvy, vz. 7558</b>	<b>Složení vrstvy - REM/EDS</b>
růžový povrch, heterogenní, světlejší a tmavší části	tmavší část <u>Ca</u> , <u>S</u> (Al, Ca, Fe, Si): pravděpodobně zejména síran vápenatý (sádrovec), méně uhličitan vápenatý světlejší část <u>Ca</u> , <u>S</u> (Al, Ca, Fe, Si): zejména uhličitan vápenatý
<b>Popis vrstvy, vz. 7568</b>	<b>Složení vrstvy - REM/EDS</b>
růžový povrch, heterogenní – tahy po štětcí, tmavé části	tmavší část <u>Ca</u> , <u>S</u> (Al, Ca, Fe, Si): síran vápenatý (sádrovec), méně uhličitan vápenatý světlejší část <u>Ca</u> (S, Al, Ca, Fe, Si): uhličitan vápenatý
<b>Popis vrstvy, vz. 7563</b>	<b>Složení vrstvy - REM/EDS</b>
růžový souvislý, kompaktnější povrch	<u>Ca</u> , <u>S</u> (Al, Ca, Fe, Si): síran vápenatý (sádrovec), méně uhličitan vápenatý, železitý pigment

Vzorky 7558 a 7563 (referenční vzorek) vykazují srovnatelnou stratigrafii i složení barevných vrstev. Na omítce (vrstva 0) se vyskytuje světle růžový nátěr na bázi vápna (vrstva 1). Na povrchu omítky i vrstvy 1 se nalézají tenké vrstvy obohacené o uhličitan vápenatý svědčící o migraci a následné karbonataci hydroxidu vápenatého před nanesením dalších úprav. Následuje světlejší červená vrstva se sulfatizovaným povrchem. Na základě průzkumu povrchu kusových vzorků lze předpokládat, že jsou světlá místa vzorků 7558, 7568 částečně odhalenou vrstvou 2, ze které byla zábalom s vodou odstraněna sulfatizovaná část a polymerní fixativ, pravděpodobně polyvinylalkohol.

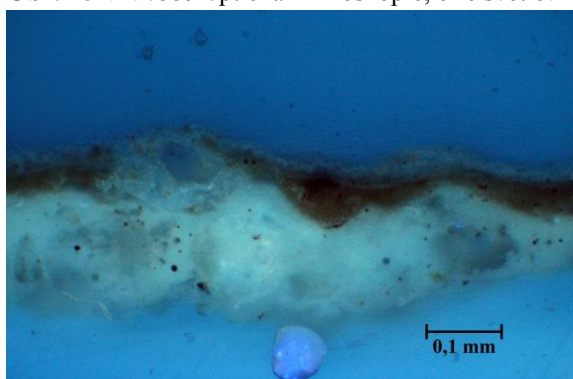
**Vzorek 7559 (Z2) a 7564 (Z2B, referenční vzorek): levá tvář putto (vlevo) ve výjevu Cherubim**



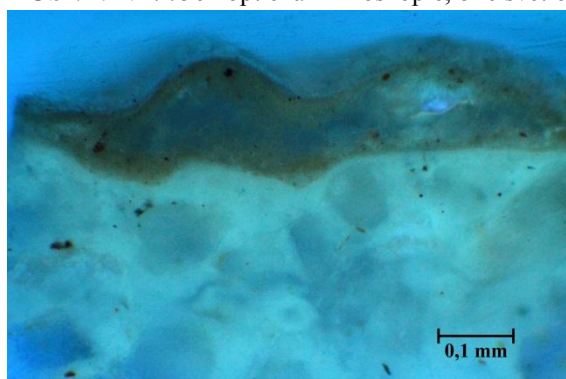
**Obr. 78** Vz. 7559 optická mikroskopie, bílé světlo.



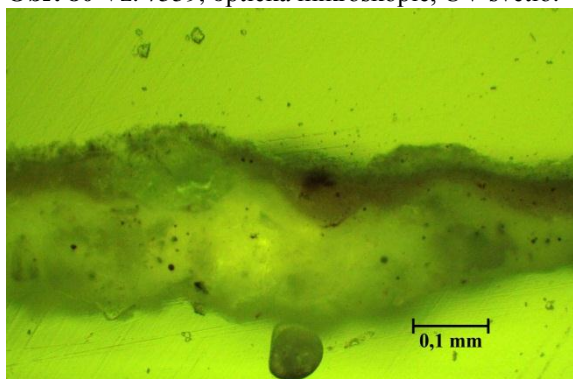
**Obr. 79** Vz. 7564 optická mikroskopie, bílé světlo.



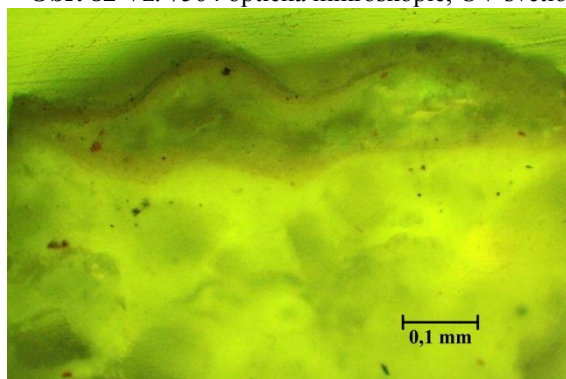
**Obr. 80** Vz. 7559, optická mikroskopie, UV světlo.



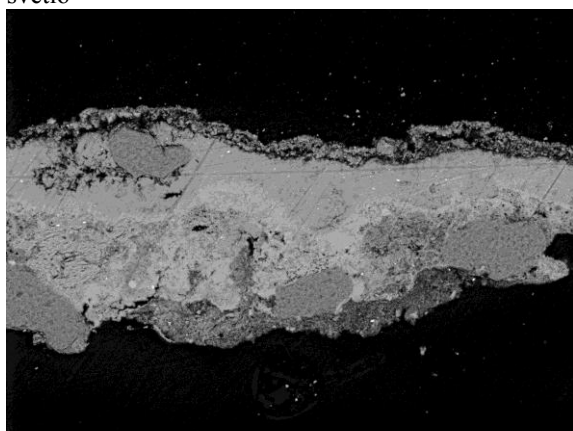
**Obr. 82** Vz. 7564 optická mikroskopie, UV světlo.



**Obr. 81** Vz. 7559, optická mikroskopie, modré světlo

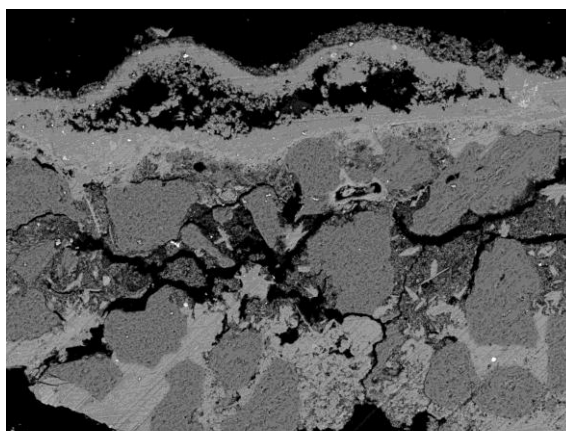


**Obr. 83** Vz. 7564 optická mikroskopie, modré světlo.



SEM HV: 25.0 kV Det: BSE MIRA3 TESCAN  
SEM MAG: 1.21 kx WD: 15.28 mm 200 μm

**Obr. 84** Vz. 7559, elektronová mikroskopie, BSE.



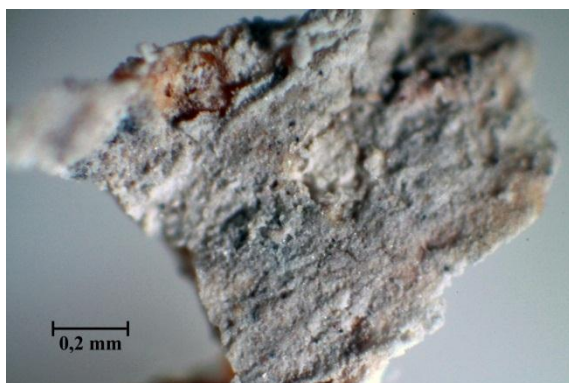
SEM HV: 25.0 kV Det: BSE MIRA3 TESCAN  
SEM MAG: 931 x WD: 15.27 mm 200 μm

**Obr. 85** Vz. 7564, elektronová mikroskopie, BSE.

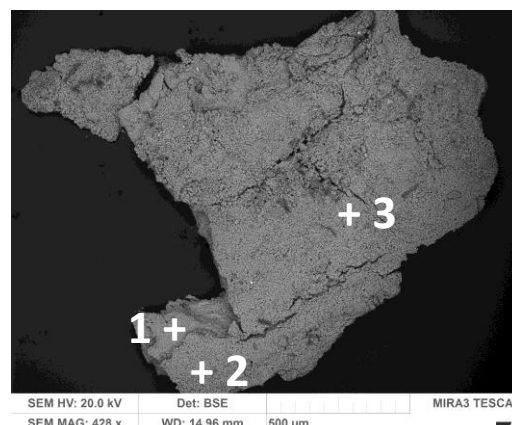
Číslo	Popis vrstvy, optická mikroskopie	Složení vrstvy - REM/EDS
2.	bílá vrstva	vzorku 7559: <u>Ca</u> (S, Si, Al) uhličitán vápenatý vzorek 7564: <u>Ca</u> , <u>S</u> (S v různém obsahu) síran vápenatý, v jedné části vrstvy zvýšené množství <u>Si</u>
1.	nesouvislá oranžovo-červená vrstva, obsahuje červený a žlutý pigment, ve vrstvě přítomna prasklina	<u>Ca</u> , S (Si, Fe, Al): zejména síran vápenatý, uhličitán vápenatý, červený a žlutý železitý pigment
0	světlá vrstva s kamenivem - součást omítky nebo jemnozrnný nátěr	pojivo: bílé vzdušné vápno ( <u>Ca</u> ), u vzorku 7559 vrstva při povrchu obohacená o síran vápenatý, vzorek 7564 obsahuje síran vápenatý různě ve vrstvě kamenivo: převážně křemenná zrna ( <u>Si</u> )



Obr. 86 Vz. 7559 a 7564 (referenční vzorek), stereomikroskopie.



Obr. 87 Vz. 7559, optická mikroskopie, bílé světlo.

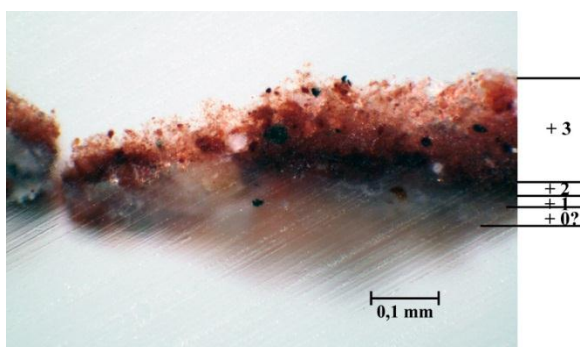


Obr. 88 Vz. 7564, elektronová mikroskopie, BSE. Místa prvkových analýz 1, 2, 3.

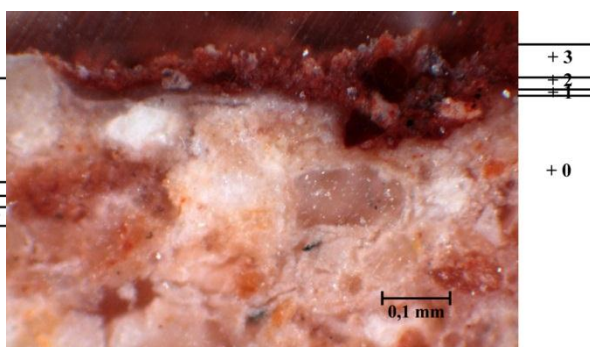
Popis vrstvy, optická mikroskopie	Složení vrstvy - REM/EDS
Fragmenty žluté vrstvy 1	místo 1: <u>Ca</u> , S (Fe, Si, Al): síran vápenatý
světlá vrstva 2, povrch	místo 2: <u>Ca</u> (Si, Al, S): uhličitán vápenatý místo 3: Ca (Si, S, Al): uhličitán vápenatý

Vzorky vykazují srovnatelnou stratigrafii vrstev. Lze předpokládat, že jsou barevné vrstvy nanášeny na vápenou omítku nebo hrubozrnný nátěr (vrstva 0). V této vrstvě (0) se nepravidelně vyskytují části se zvýšeným obsahem síranu vápenatého. Následuje oranžovo-červená vrstva 1 obsahující síran, v menší míře uhličitán vápenatý probarvená železitémi pigmenty. Na povrchu referenčního vzorku 7564 se nalézá nesouvislá vrstva 2 síranu, v menší míře uhličitánu vápenatého. Na vzorku 7559 odebraném z místa s předpokládaným bílým povlakem je na povrchu přítomna vrstva 2 složená téměř výlučně z uhličitánu vápenatého. Uvedené poznatky pravděpodobně svědčí o migraci síranu vápenatého a jeho předpokládané přeměně na uhličitán vápenatý.

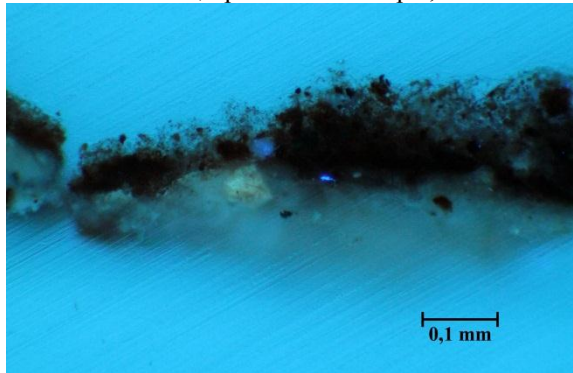
**Vzorky 7560 (PO7), 7565 (PO7B), referenční vzorek): okolí praskliny v plášti anděla Principatus**



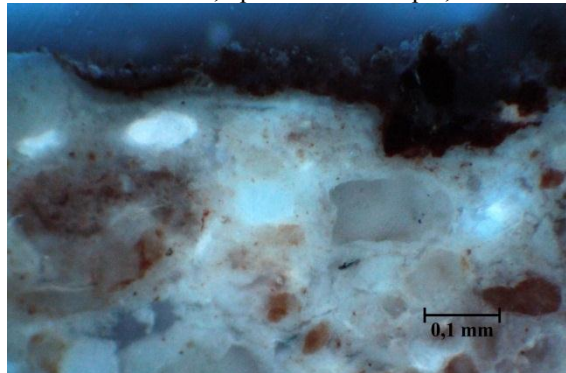
**Obr. 89** Vz. 7560, optická mikroskopie, bílé světlo.



**Obr. 90** Vz. 7565, optická mikroskopie, bílé světlo.



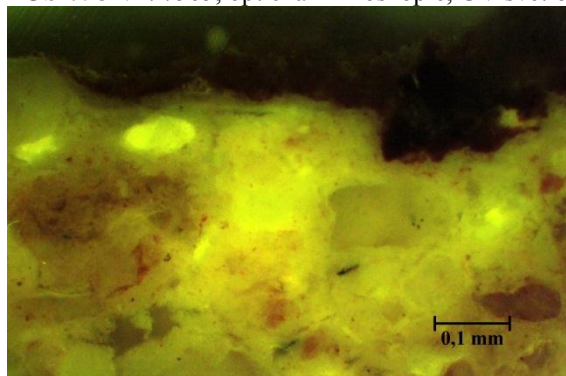
**Obr. 91** Vz. 7560, optická mikroskopie, UV světlo.



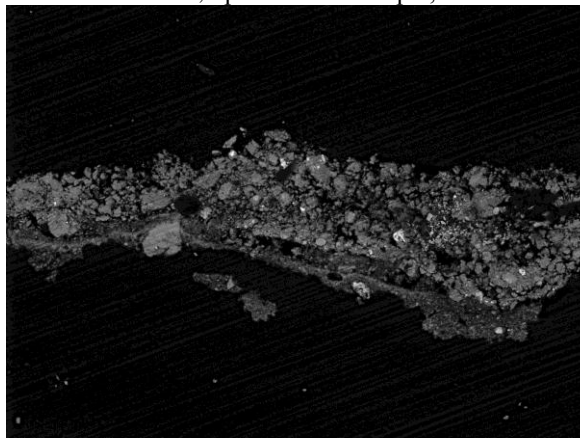
**Obr. 93** Vz. 7565, optická mikroskopie, UV světlo.



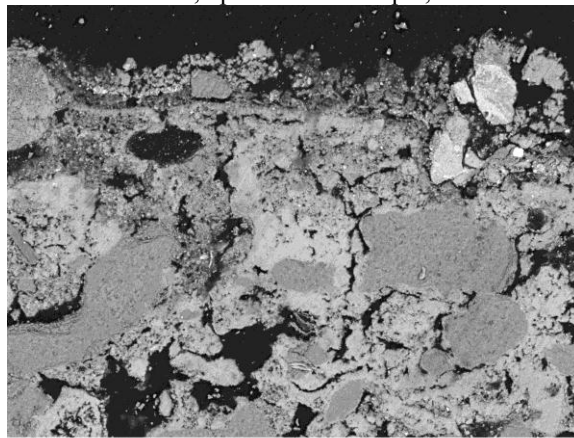
**Obr. 92** Vz. 7560, optická mikroskopie, modré světlo



**Obr. 94** Vz. 7565, optická mikroskopie, modré světlo.

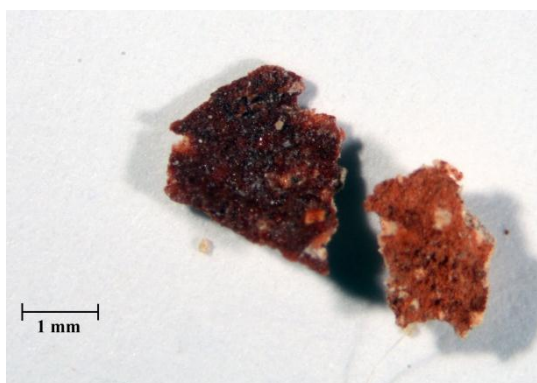


**Obr. 95** Vz. 7560, elektronová mikroskopie, BSE.



**Obr. 96** Vz. 7565, elektronová mikroskopie, BSE.

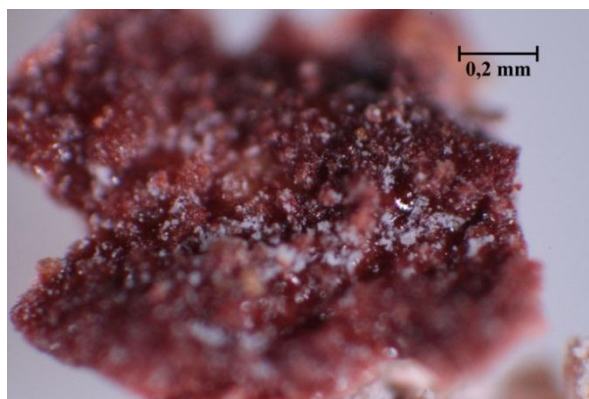
<b>Číslo vrstvy</b>	<b>Popis vrstvy, optická mikroskopie</b>	<b>Složení vrstvy - REM/EDS</b>
3.	červená vrstva	<u>Ca, S</u> (Si, Al, Fe, Mn): síran vápenatý – patrně sulfatizace, případně uhličitan vápenatý, červený železitý pigment, křemenná zrna, vrstva je ve spodní části obohacena o Si, Al
2.	tenká tmavě červená vrstva	<u>Fe, Ca</u> (Si, Al, K, Mn, S, As): přírodní červené pigmenty na bázi oxidů železa, umbra, síran a uhličitan vápenatý, křemenná zrnka, zrno dolomitu
1.	fragment tenké nesouvislé světlé vrstvy	<u>Ca</u> (Fe, Si, Al): uhličitan vápenatý, křemenná zrna, silikáty, patrně červená hlínka
0	vrstva s kamenivem, patrně omítka, přítomna na vzorku 7565	<u>Ca</u> (Si, Al, Fe): uhličitan vápenatý, zrno vápence



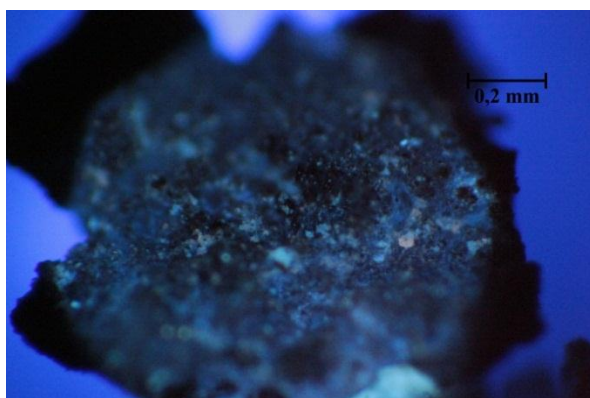
**Obr. 97** Vz. 7560 a 7565 (referenční vzorek), stereomikroskopie.

Ze stratigrafie a složení povrchových vrstev nevyplývá rozdíl mezi studovanými vzorky. Na nábrusu vzorku 7565 je zachycena podkladní omítka (vrstva 0). Nejstarší dochovanou úpravou povrchu je světlá vrstva 1, následuje patrně souvrství dvou červených vrstev 2, 3, které jsou probarveny železitémi pigmenty.

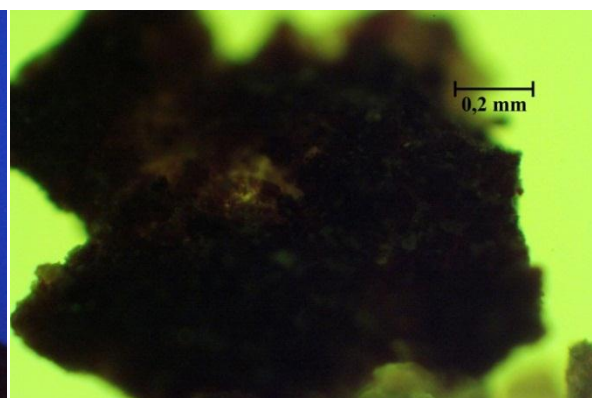
**Vzorek 7560 (PO7):** okolí praskliny v plášti anděla Principatus



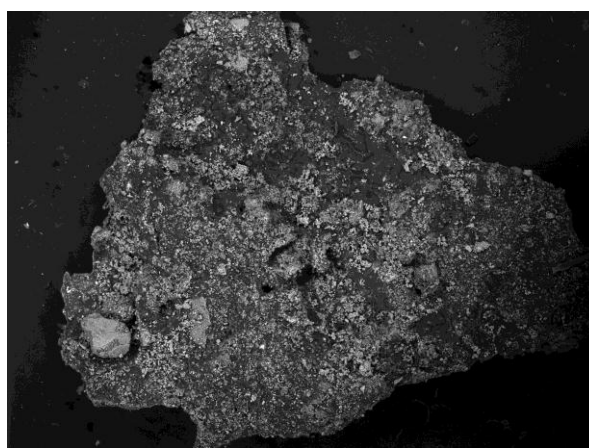
**Obr. 98** Optická mikroskopie, bílé světlo.



**Obr. 99** Optická mikroskopie, UV světlo.



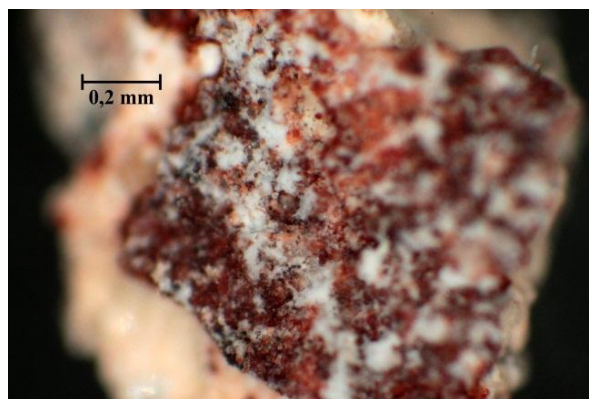
**Obr. 100** Optická mikroskopie, modré světlo.



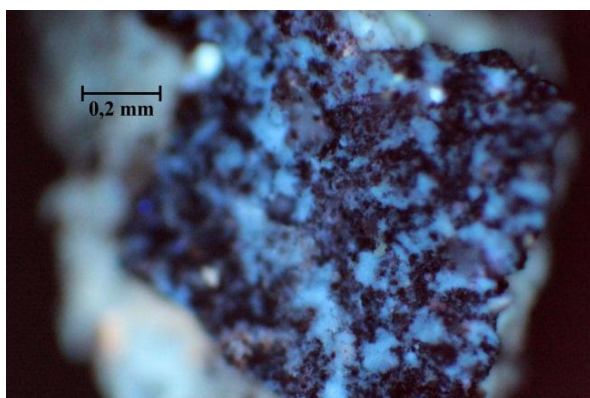
**Obr. 101** Elektronová mikroskopie, BSE.

<i>Popis vrstvy, optická mikroskopie</i>	<i>Složení vrstvy - REM/EDS</i>
hnědo-červený povrch vzorku, ojediněle bílé útvary, pravděpodobně krystaly	hnědočervená část: C (Al, Ca, S, Fe, Si) pravděpodobně obsahuje vysoký podíl organické látky bílé útvary: <u>Ca</u> vápenec, <u>Fe</u> patrně červená hlinka nebo červený železitý pigment

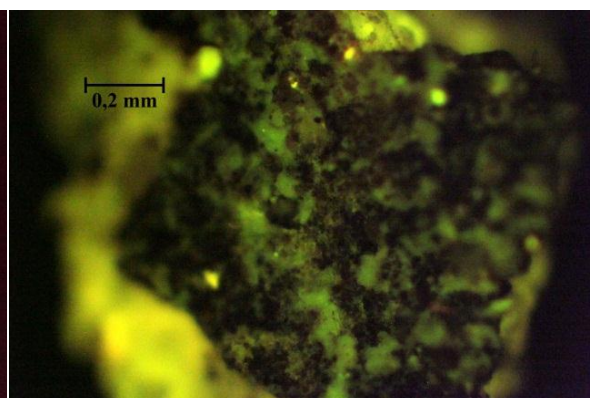
Na povrchu vzorku se nachází převážně polymerní vrstva, ojediněle bílé krystaly vápence.



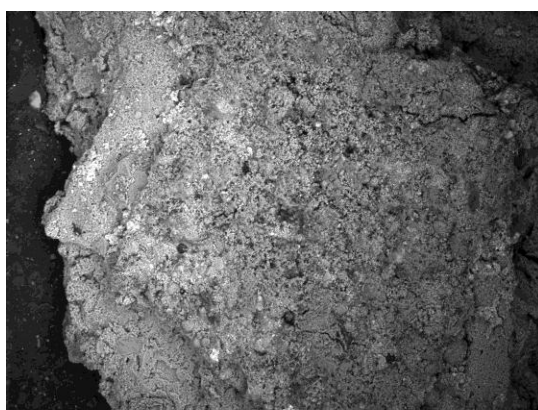
Obr. 102 Optická mikroskopie, bílé světlo.



Obr. 103 Optická mikroskopie, UV světlo.



Obr. 104 Optická mikroskopie, modré světlo.



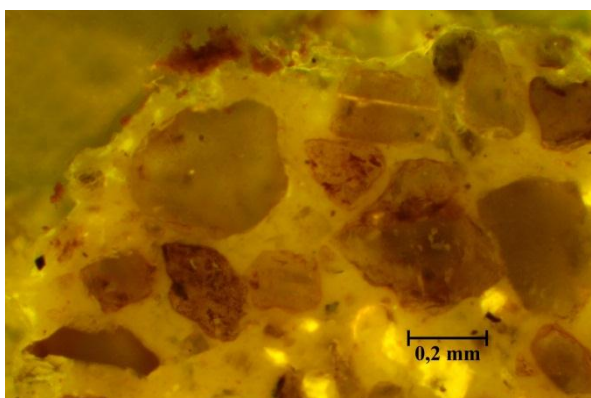
Obr. 105 Elektronová mikroskopie, BSE.

<i>Popis vrstvy, optická mikroskopie</i>	<i>Složení vrstvy - REM/EDS</i>
hnědo-červený povrch vzorku, ojediněle bílé útvary, pravděpodobně krystaly	bílé části <u>Ca</u> , <u>S</u> (Fe, Si, Al): sádrovec hnědočervená část: <u>Ca</u> , <u>Fe</u> (S, Si) vrstva probarvená železitým pigmentem

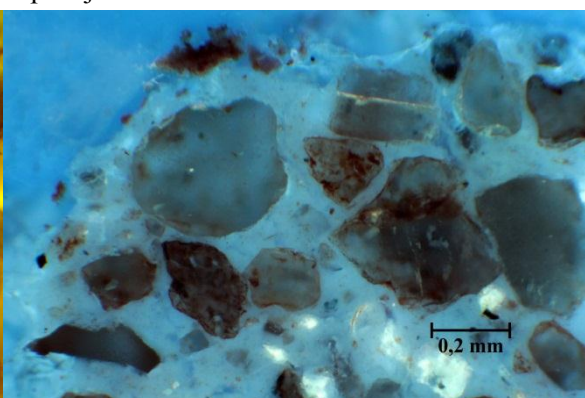
Na povrchu svrchní červené vrstvy lze pozorovat bílé útvary. Na základě prvkového složení lze předpokládat, že se jedná o krystaly síranu vápenatého (sádrovce).



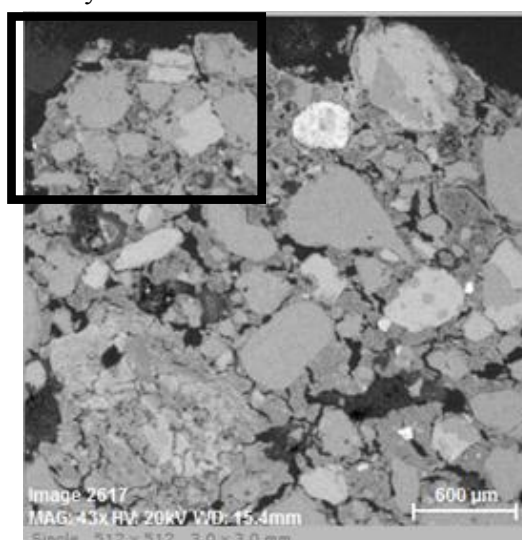
Obr. č. 106: Bílé dopadající světlo.



Obr. č. 107: Po excitaci modrým světlem.



Obr. č. 108: Po excitaci UV světlem.



Obr. č. 109: Elektronová mikroskopie, BSE, vyznačená je část zaznamenaná z optického mikroskopu.

**Tab. 2:** Popis vrstev, výsledky prvkové analýzy (EDS).

Číslo vrstvy	Popis vrstvy	Výsledky REM/EDS
1.	fragmenty červené vrstvy	<u>Ca</u> , S (Si, Al, Fe): síran vápenatý, uhličitan vápenatý, červená hlinka
0.	tmel	pojivo: uhličitan vápenatý ( <u>Ca</u> ), pojivo na vápenné bázi kamenivo: křemenná zrna ( <u>Si</u> ), silikáty ( <u>Si</u> , Al, K (Na))

Hmota tmelu je pravděpodobně pojena bílým vzdušným vápnem, neobsahuje cement, kamenivo je tvořeno křemennými zrny a různými silikáty. Mnohá zrna kameniva mají červený odstín, lze se tedy domnívat, že je načervenalý odstín tmelu způsoben barevností kameniva. Na povrchu tmelu se nachází červená vrstva probarvená hlinkou. Červená vrstva obsahuje síran vápenatý, který mohl vzniknout buď přeměnou uhličitanových složek, nebo kumulací solí ve vrstvě.

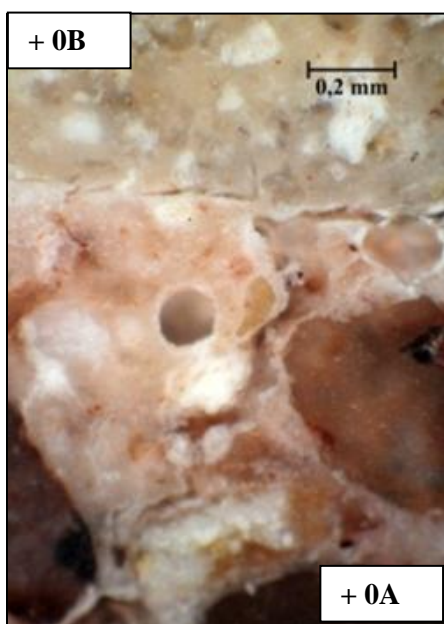
**Omítkové vrstvy**

Na základě restaurátorského průzkumu lze předpokládat přítomnost dvou typů intonakových vrstev na jádrové omítce. Světle béžová intonaková vrstva s hladším povrchem se vyskytuje v okolí štukových dekorací (hlavy andělů), vrstva intonaka načervenalého odstínu s hrubším povrchem je podkladem pro výjevy nástěnné malby a jejich okolí.

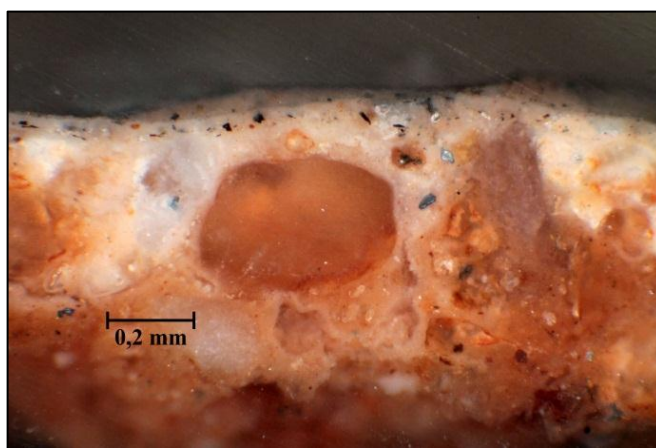
**Jádrová omítka** (7340, 0A) byla pravděpodobně připravena z pojiva na bázi vzdušného bílého vápna a písku s poměrně heterogenní velikostí i tvarem zrn. Růžový odstín omítky je podmíněn vyšším podílem zrn načervenalých živců a patrně také přítomností sloučenin železa.

**Světle béžové intonako** s hladším povrchem (7340, 0B) vykazuje tloušťku vrstvy okolo 4 mm. Omítka hladšího intonaka je vizuálně homogenní, jejím pojivem je pravděpodobně vzdušné vápno. Obsahuje křemenný písek s podobnou velikostí většinového podílu největších zrn kameniva o velikosti přibližně 0,2 mm. Velikost zrn kameniva je menší v porovnání s jádrovou omítkou a omítkou intonaka s hrubým povrchem.

Ve vrstvě **intonaka načervenalého odstínu** (7341), které je podkladem výjevů malby a jejich okolí, se vyskytují viditelné vápenné hrudky. Při přípravě omítky bylo použito pojivo na bázi bílého vzdušného vápna. Kamenivo obsahuje zejména křemenná a různá silikátová zrna (živce), v menší míře také horninové úlomky. Načervenalý odstín omítky je podmíněn barevností použitého plniva (písku) a pravděpodobně také přítomností sloučenin železa. Na karbonatovanou vrstvu intonaka byla nanášena další vrstva pojená bílým vzdušným vápnem s různým obsahem a velikostí zrn (7342, 7344, 6614<sup>3</sup> vrstva 1), někdy podobná intonakové vrstvě. Vzhledem k tloušťce této vrstvy (cca 0,2 mm) lze předpokládat, že se jedná **vápenný nátěr**, případně velmi tenkou jemnozrnnou omítkou. Vrstva nebyla zaznamenána na všech odebraných vzorcích, není tedy jednoznačné, zda se na povrchu hrubšího intonaka vyskytuje celoplošně.



**Obr. 110** Mikrosnímek jádrové omítky (0A) s béžovým intonakem (0B), vzorek 7340.

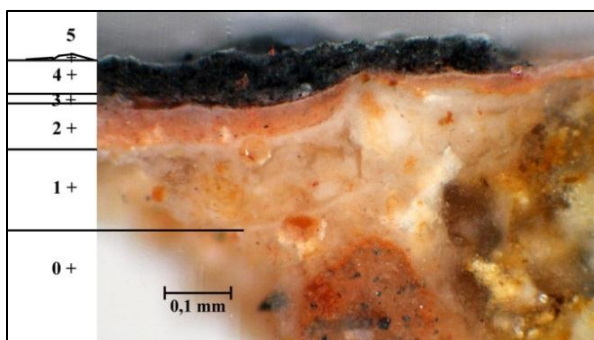


**Obr. 111** Mikrosnímek načervenalého intonaka s hrubším povrchem a barevnou vrstvou, vzorek 7341.

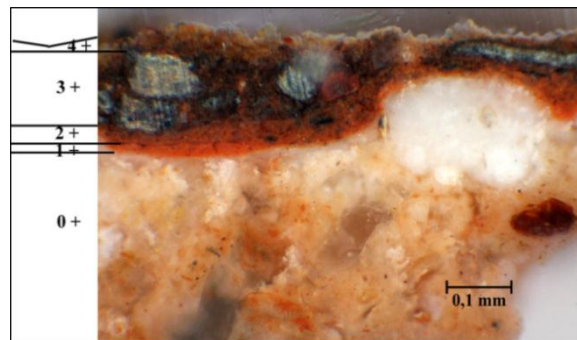
<sup>3</sup> Chemicko technologický průzkum Restaurátorského průzkumu – nástěnné malby, štuková výzdoba a omítky interiéru kaple sv. Isidora v Křenově, březen 2012, Fakulta restaurování, Univerzita Pardubice.

### Technika malby

Malba pozadí i malba výjevů, byly v místech odebraných vzorků provedeny v technice *secco*. Pro malbu pozadí je typický v celé vrstvě světle růžový tónovaný nátěr na vápenné bázi (pravděpodobně kaseinát vápenatý<sup>4</sup>) probarvený oxidy železa (7558 Principatus, 7340 Seraphin). Nátěr se na některých místech objevuje také pod vrstvami malby jednotlivých výjevů (7342 Potestates, 7346 Dominaciones, 7556 Angeli). V jiných místech je malba výjevů provedena buď bez podkladních barevných vrstev nebo na předpokládané červené či hnědé podmalbě, případně podkresbě (7344 Potestates, 7345 Seraphim). Charakter barevné vrstvy malby pozadí vzorku 7349 z výjevu Angeli se od ostatních vzorků s růžovou vrstvou pozadí liší - barevná vrstva pozadí má ve hmotě žlutý odstín, obsahuje pigmenty na bázi sloučenin olova.



**Obr. 112** Výjevu baziliška, Potestates. Vzorek 7558 s omítkou, vrstvou 1 hrubozrnného nátěru, vrstvami tónovaného pozadí 2 a malby 3.



**Obr. 113** Ztmavlá část inkarnátu, Seraphim. Vzorek 7345 obsahuje ztmavlou malbu nanesenou na předpokládanou podkresbu 1 a podmalbu 2.

Na základě průzkumů nelze přesně identifikovat techniku provedení předpokládané podkresby nebo podmalby<sup>5</sup>. Na nábrusech vzorků 7345 Seraphim a 7344 Potestates se zdá být tenká červená vrstva 1 místy dobře propojená s vápenným podkladem, což by naznačovalo, že byly pigmenty s vodou nebo vápenným pojivem nanесeny na čerstvou omítku nebo vápenný nátěr. Vrstvy však nejsou zcela propojeny v celé ploše.

### Použité pigmenty

Ve studovaných barevných vrstvách malby se vyskytují následující **pigmenty**, případně plniva<sup>6</sup>:

**Bílá, transparentní:** křemen, uhličitán vápenatý/vápenec, olovnatá běloba

**Červená, oranžová, žlutá:** pravděpodobně pigmenty na bázi sloučenin olova (suřík) a oxidů železa

**Modrá:** smalt

**Hnědá:** oxidy železa (umbra)

**Zelená:** zem zelená

**Černá:** uhlíkatá čern

<sup>4</sup> Kociánová I. Restaurování centrálního výjevu na klenbě kaple sv. Isidora v Křenově. Diplomová práce, 2013, Fakulta restaurování, Univerzita Pardubice.

<sup>5</sup> Techniku kontur se nepodařilo vyjasnit ani u tenké červené vrstvy vzorku 6888, uvedeně v chemicko-technologickém průzkumu v rámci diplomové práce I. Kociánové Restaurování centrálního výjevu na klenbě kaple sv. Isidora v Křenově., 2013, Fakulta restaurování, Univerzita Pardubice.

<sup>6</sup> Výčet přítomných pigmentů je sestaven také na základě předchozích chemicko-technologických průzkumů stropní malby kaple sv. Isidora v Křenově, které jsou součástí následujících dokumentů: Restaurátorský průzkum – nástěnné malby, štuková výzdoba a omítky interiéru kaple sv. Isidora v Křenově, březen 2012 Fakulta restaurování, Univerzita Pardubice. Kociánová I. Restaurování centrálního výjevu na klenbě kaple sv. Isidora v Křenově. Diplomová práce, 2013, Fakulta restaurování, Univerzita Pardubice.

## Změna odstínů barevných vrstev vlivem konverze pigmentů

---

Mnohé části malby se vyznačují změněnou barevností. Ke změně barevnosti vrstev došlo ve většině případů v důsledku koroze pigmentů na bázi sloučenin olova. Ztmavlé části, jejichž barevnost byla změněna v důsledku *korozí pigmentů na bázi sloučenin olova*, se vyskytují v celém rozsahu nástrojných malby. V obecné rovině lze předpokládat, že původními pigmenty mohly být především suřík, olovnatá běloba nebo masikot. V některých případech však není možné jednoznačně přesně určit původní barevnost či odstín vrstev, respektive barevnost původního pigmentu, jelikož shodné korozní produkty, zejména hnědý až šedý plattnerit -  $\text{PbO}_2$ , mohou vznikat konverzí všech uvedených olovnatých pigmentů. Součástí korozních produktů olovnatých pigmentů není černý galenit ( $\text{PbS}$ ), lze tedy předpokládat, že koroze nenastala vlivem sulfidů.

Ve výjevu baziliška v části Potestates se vyskytuje vrstva s předpokládanými *odbarvenými zrny smaltu* (7342). V rámci plochy nástrojných malby je smaltem dále probarvena například modrá vrstva nohy anděla Cherubim (6617), zde však nebyla zaznamenána barevná změna pigmentu. Na tomto místě je důležité zmínit, že ke změně barevnosti v důsledku koroze smaltu došlo v barevných vrstvách korunní římsy<sup>7</sup> (7253, 7255).

*Důvody degradace pigmentů* není možné jednoznačně a přesně identifikovat. Nicméně lze předpokládat, že koroze pigmentů byla způsobena často synergickým účinkem několika vlivů, mezi které lze zařadit zvýšenou vlhkost (zatékání, kondenzace), působení světla a jeho UV složky, změnou pH na nevhodné hodnoty, jejíž příčinou může být například vápenné pojivo, roztoky vodorozpustných solí nebo přítomnost či degradace polymerních pojiv, případně použitím nevhodných konzervačních materiálů v rámci předchozích zásahů.

## Fixativa, zákaly

---

Na povrchu nástěnné malby se v některých místech vyskytují plochy s vyšším leskem nebo posunutým barevným odstínem, jejichž příčinou je přítomnost polymerních fixativ. Fixativa, která jsou rozpustná ve vodě a z některých částí malby je lze sloupnout, jsou tvořena polyvinylalkoholem (PO1, PO5)<sup>8</sup>. Ostatní předpokládané druhotné polymerní vrstvy se nepodařilo identifikovat.

Dále byly studovány vzorky odebrané v místě zákalů malby nebo jejich změn po procesu čištění. Z mikroskopického průzkumu vyplývá, že jsou zákaly malby v oblasti červené draperie Principatus (7569) způsobeny přítomností krystalů síranu vápenatého. Bílá vrstva v obličejové části štukové dekorace anděla ve výjevu Cherubim (7559) je tvořena uhličitanem vápenatým, který pravděpodobně vznikl v důsledku aplikace hydrogenuhličitanu amonného. Na povrchu malby v pozadí výjevu Principatus (7558) byla mikroskopicky pozorována světlá a tmavší místa. Lze předpokládat, že světlé plochy vznikly odstraněním vodorozpustného fixativa, pravděpodobně polyvinylalkoholu, a současným odstraněním tenké povrchové vrstvy obohacené o síran vápenatý.

## Biologické napadení

---

Z výsledků posouzení biologického napadení (vzorky VM1-VM4)<sup>9</sup> vyplývá zcela negativní až mírně zvýšený nález živých zárodků plísní, není tedy třeba provádět dezinfekční opatření. Na základě výsledků nelze jednoznačně stanovit, zda přítomnost zákalů nebo charakteristické fluorescence v UV záření souvisí s biologickým napadením, které mohlo vykazovat zvýšenou aktivitu v minulosti.

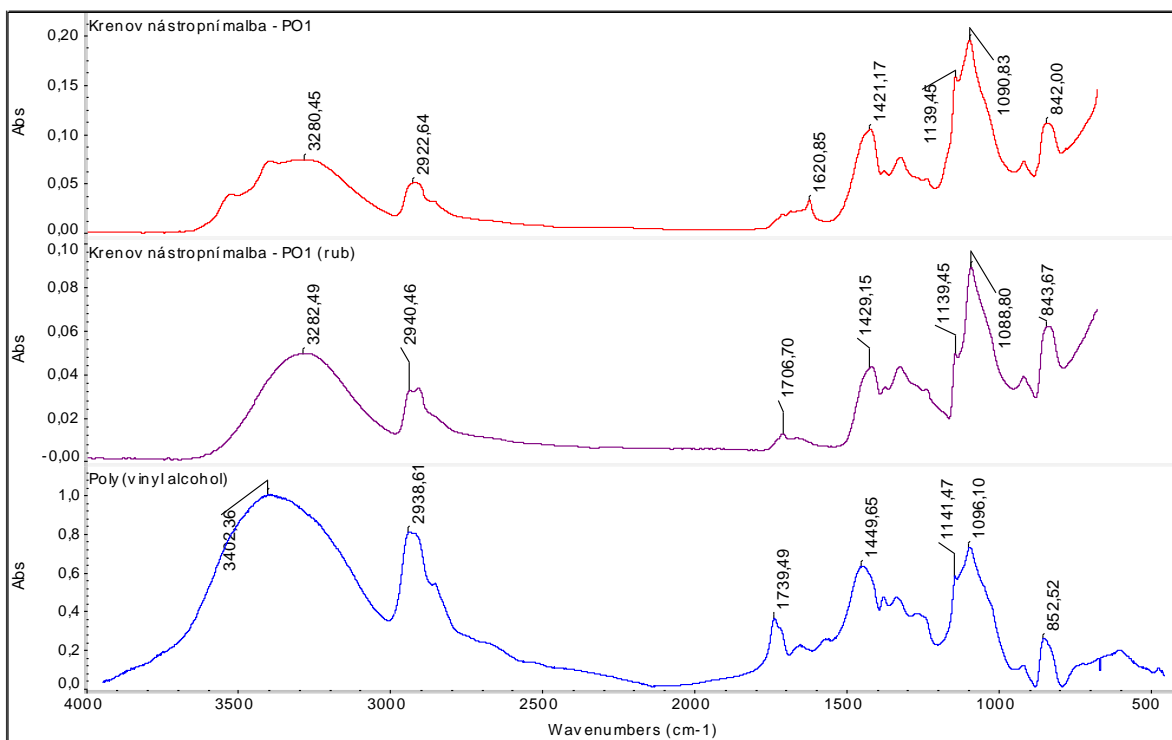
---

<sup>7</sup> Lesniaková P. Průzkum povrchových úprav – hřbitovní kaple sv. Isidora v Křenově – korunní římsa. Fakulta restaurování, Univerzita Pardubice. 2014.

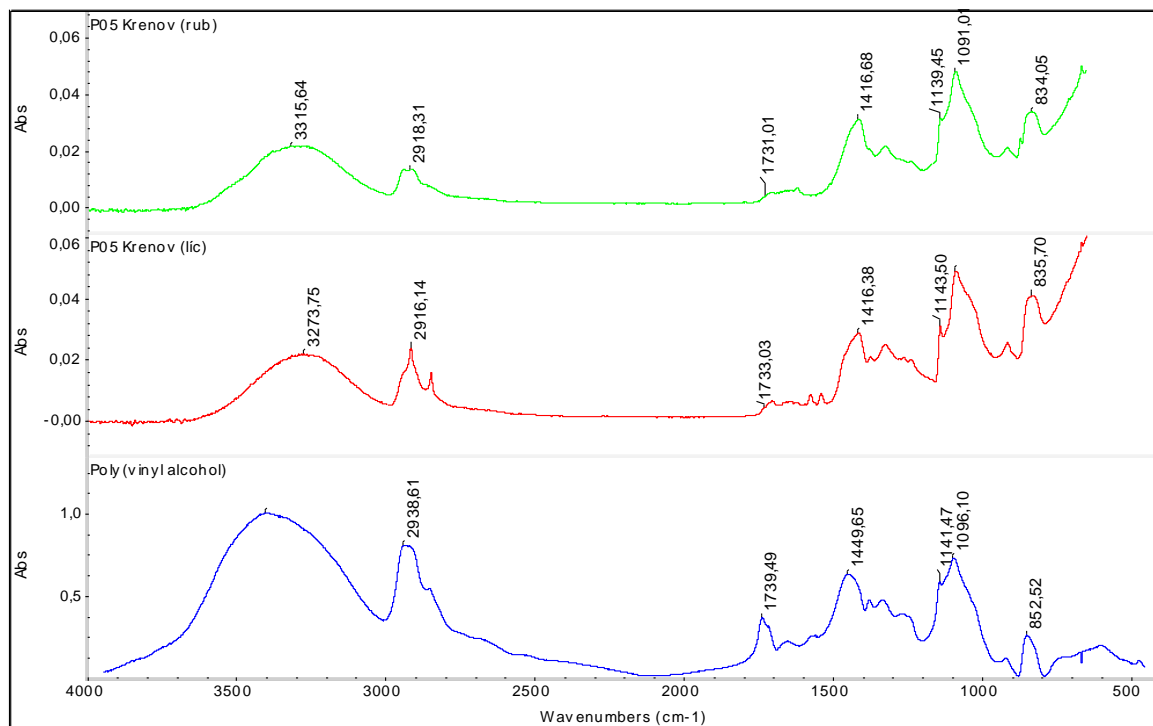
<sup>8</sup> Příloha – Výsledky FTIR spektroskopie, FTIR spektra.

<sup>9</sup> Příloha – protokol určení biologického napadení a jeho aktivity

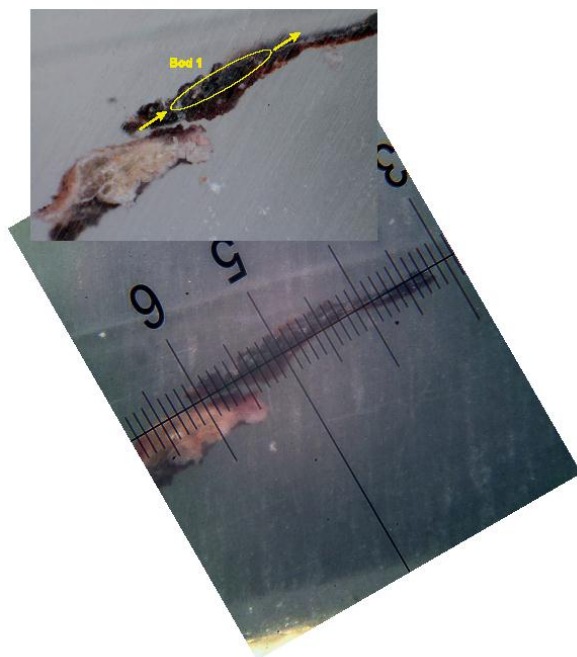
**Příloha – výsledky FTIR spektroskopie, spektra:**



**Obr. 114** FTIR spektra vzorku PO1 z pohledové a spodní (rub) strany, referenční spektrum polyvinylalkoholu (HR Nicolet Sample Library).

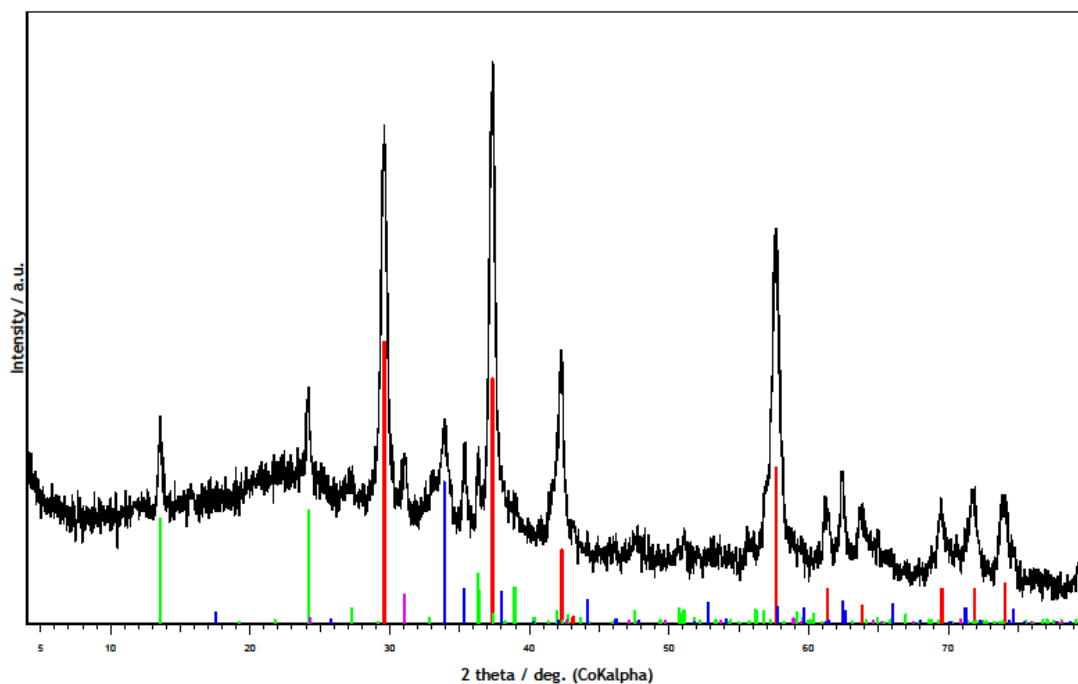


**Obr. 115** FTIR spektra vzorku PO5 z pohledové a spodní (rub) strany, referenční spektrum polyvinylalkoholu (HR Nicolet Sample Library).

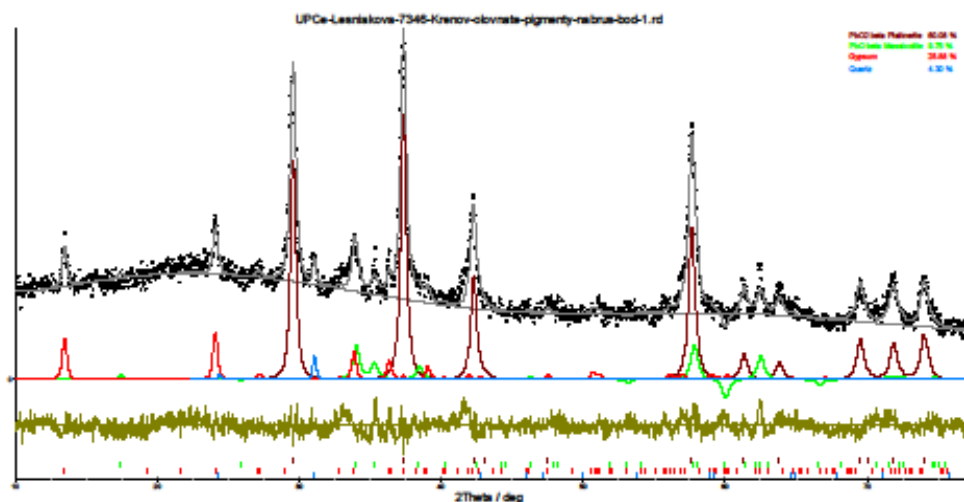


Obr. 116 Vyznačení měřené plochy na nábrusu.

File: UPCE-Lesniakova-7346-Krenov-olovnate-pigmenty-nabrus-bod-1.raw - Type: 46-1045 (\*) - Quartz, syn - SiO<sub>2</sub> - Y: 5.00 % - d x by: 1. - WL: 1.78901 - Hexagonal  
89-2805 (C) - Plattnerite - synthetic - PbO<sub>2</sub> - Y: 50.00 % - d x by: 1. - WL: 1.78901  
88-1589 (A) - Massicot, syn - PbO - Y: 25.00 % - d x by: 1. - WL: 1.78901 - Orthorh  
74-1433 (C) - Gypsum - Ca(SO<sub>4</sub>)(H<sub>2</sub>O)<sub>2</sub> - Y: 20.00 % - d x by: 1. - WL: 1.78901 - Mo



Obr. 117 XRF spektrum, kvalitativní fázová analýza. Vzorek 7346, tmavá vrstva 3 se sloučeninami olova.



### Analysis Report

#### Data Files

Data file 1 : D:\Pracovni\UPCe-Petra-Lesniakova\UPCe-Lesniakova-7346-Krenov-olovnate-pigmenty-nabrus-bod-1.rd

#### Global R-Values

Rexp : 5.53    Rwp : 7.61    Rp : 5.94    GOF : 1.37  
 Rexp` : 22.49    Rwp` : 30.92    Rp` : 36.34    DW : 1.21

File 1 : D:\Pracovni\UPCe-Petra-Lesniakova\UPCe-Lesniakova-7346-Krenov-olovnate-pigmenty-nabrus-bod-1.rd

Range Number : 1

#### R-Values

Rexp : 5.53    Rwp : 7.61    Rp : 5.94    GOF : 1.37  
 Rexp` : 22.49    Rwp` : 30.92    Rp` : 36.34    DW : 1.21

#### Quantitative Analysis - Rietveld

Phase 1	: "PbO2 beta Plattnerite"	60.075 %
Phase 2	: "PbO beta Massicotite"	9.747 %
Phase 3	: Gypsum	25.879 %
Phase 4	: Quartz	4.299 %

#### Background

Chebyshev polynomial, Coefficient	0	265.7673
	1	-92.85512
	2	-18.96161
	3	18.52943

**Obr. 118** Vyhodnocení měření metodou XRF difrakce, kvantitativní fázová analýza, vzorek 7346, tmavá vrstva 3 se sloučeninami olova.

**NÁRODNÍ ARCHIV**  
ODDĚLENÍ PÉČE O FYZICKÝ STAV ARCHIVÁLIÍ  
BIOLOGICKÁ LABORATOŘ  
ARCHIVNÍ 4/2257, 149 01 PRAHA 4

## MIKROBIOLOGICKÉ ZKOUŠKY

**MÍSTO ODBĚRU:**  
Fakulta restaurování

**MATERIÁL:**  
Křenov, kaple sv. Isidora  
stěry

**DATUM PROVEDENÍ:** 9. 12. 2013

**PROVEDENÉ ZKOUŠKY:**

Pomocí sterilních vatových tampónů byly provedeny stěry. Takto získané pevné částice byly přeneseny na povrch sladidového a Czapek-Doxova živného agaru. Inkubace probíhala při  $24 \pm 4$  °C po dobu 7 a 14 dní.

**VÝSLEDKY:**

číslo vzorku	popis vzorku	počet živých zárodků plisní	identifikované druhy plisní
1	VM1 (kūr ang.)	4	<i>Penicillium sp.</i> , <i>Aspergillus versicolor</i>
2	VM2 (kūr princ.)	6	<i>Penicillium sp.</i> , bílé sterilní mycelium

**ZÁVĚR:**

Nález živých zárodků plisní byl pouze mírně zvýšený, není třeba provádět žádná zvláštní dezinfekční opatření, v případě potřeby postačí mechanická očista.

**DATUM:** 24. 2. 2014

**PODPIS:** PhMr. Bronislava Bacilková



NÁRODNÍ ARCHIV  
149 01 Praha 4, Archivní 4/2257  
IČO: 70979821

NÁRODNÍ ARCHIV  
ODDĚLENÍ PÉČE O FYZICKÝ STAV ARCHIVÁLIÍ  
BIOLOGICKÁ LABORATOŘ  
ARCHIVNÍ 4/2257, 149 01 PRAHA 4

## MIKROBIOLOGICKÉ ZKOUŠKY

MÍSTO ODBĚRU:  
Fakulta restaurování

MATERIÁL:  
Křenov, kaple sv. Isidora  
stěry

DATUM PROVEDENÍ: 3. 2. 2014

### PROVEDENÉ ZKOUŠKY:

Pomocí sterilních vatových tampónů byly provedeny stěry. Takto získané pevné částice byly přeneseny na povrch sladidového a Czapek-Doxova živného agaru. Inkubace probíhala při  $24 \pm 4$  °C po dobu 7 a 14 dní.

### VÝSLEDKY:

číslo vzorku	popis vzorku	počet živých zárodků plísní	identifikované druhy plísní
1	VM3	0	
2	VM4	1	<i>Penicillium sp.</i>

### ZÁVĚR:

Nález živých zárodků plísní byl zcela negativní nebo zanedbatelný, není třeba provádět žádná zvláštní dezinfekční opatření, v případě potřeby postačí mechanická očista.

DATUM: 24. 2. 2014

PODPIS: PhMr. Bronislava Bacílková

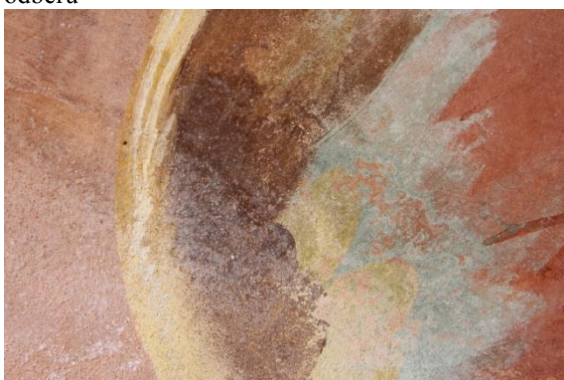
NÁRODNÍ ARCHIV  
149 01 Praha 4, Archivní 4/2257  
IČO: 70979821



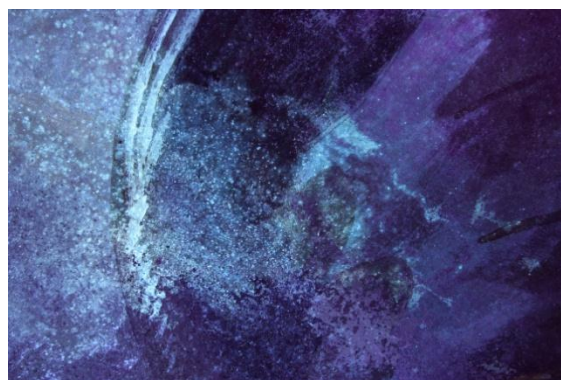
Výjev Angeli, celkový pohled s vyznačením místa odběru



Odběr



Detail poškození (bělavý zákal)



Detail luminiscence v UV světle

**Obr. 119** Místa odběrů vzorků pro identifikaci a určení aktivity biologického napadení, vzorek VM1.



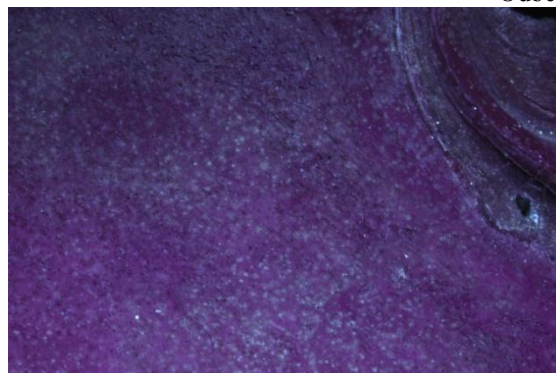
Výjev Principatus, vyznačení místa odběru



Odběr

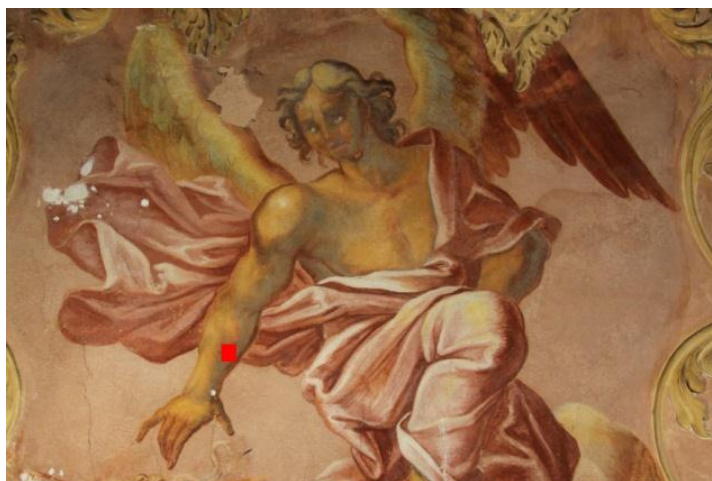


Detail v denním světle



Detail bílé luminiscence v UV světle

**Obr. 120** Místa odběrů vzorků pro identifikaci a určení aktivity biologického napadení, vzorek VM2.



Výjev Potestates, vyznačení místa odběru



Detail místa odběru

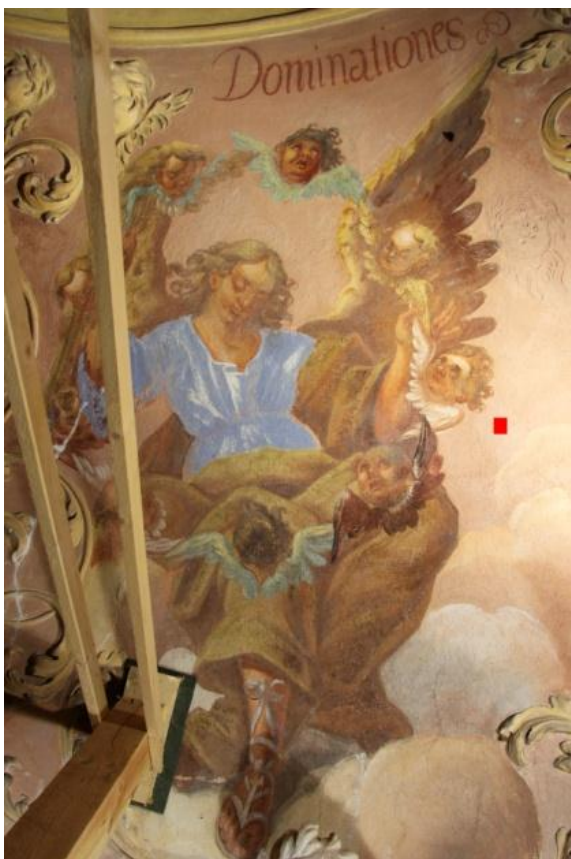


Šedý zákal ve stínech inkarnátu, denní světlo



Bílá luminiscence šedého zákalu, UV světlo

**Obr. 121** Místa odběrů vzorků pro identifikaci a určení aktivity biologického napadení, vzorek VM3.



Výjev Dominationes, vyznačení místa odběru



Odběr



Detail v denním světle



Detail v UV světle, téměř žádná luminiscence

**Obr. 122** Místa odběrů vzorků pro identifikaci a určení aktivity biologického napadení, vzorek VM4.



**Obr. 123** Defekt v levé dolní části výjevu Seraphim, vzorek O1 (7340).



**Obr. 124** Defekt v levé dolní části výjevu Seraphim, detail, vzorek O1 (7340).



**Obr. 125** Defekt v levé dolní části výjevu Cherubim, vzorek O2 (7341).



**Obr. 126** Defekt v levé dolní části výjevu Cherubim, vzorek O2 (7341), detail.



**Obr. 127** Tmavá partie baziliška, Potestates, vzorek P1 (7342).



**Obr. 128** Tmavá partie baziliška, Potestates, vzorek P1 (7342), detail.



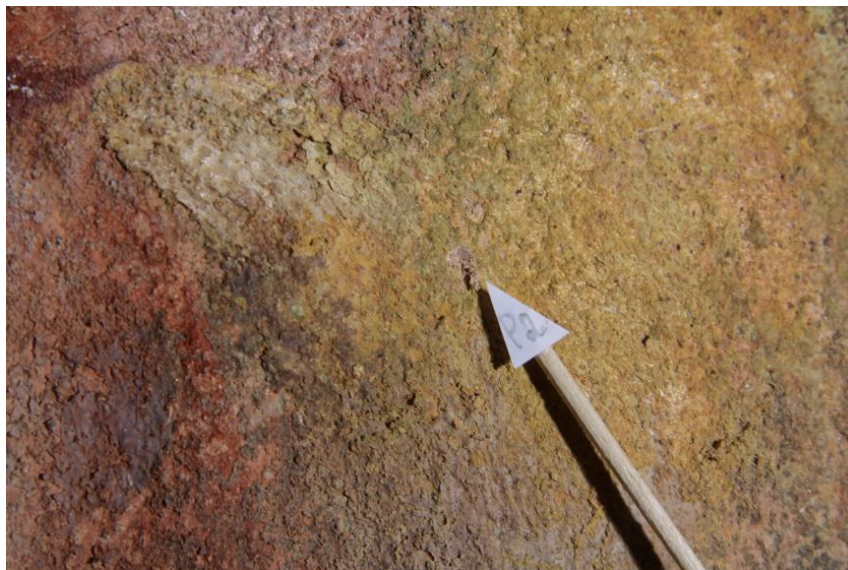
**Obr. 129** Tmavá partie baziliška, Potestates, vzorek P1 (7342), detail.



**Obr. 130** Žlutá partie baziliška, Potestates, vzorek P2 (7343).



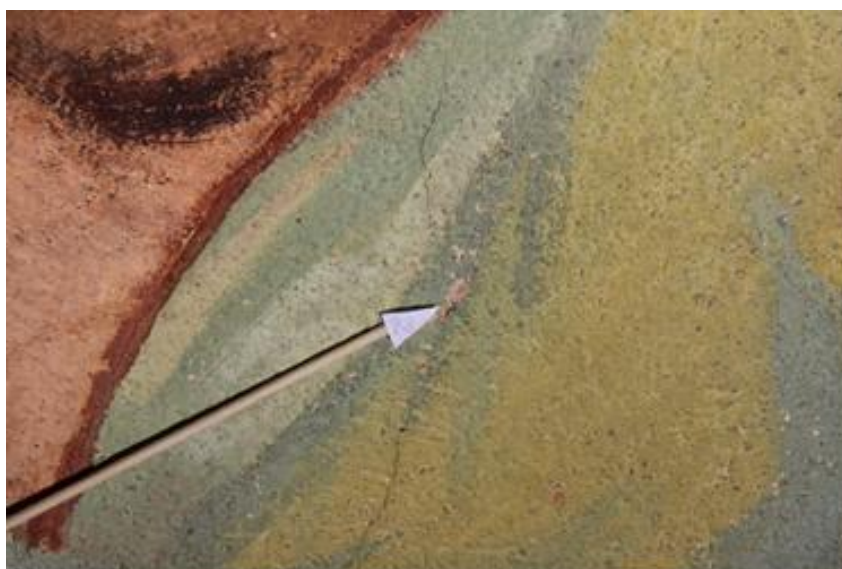
**Obr. 131** Žlutá partie baziliška, Potestates, vzorek P2 (7343).



**Obr. 132** Žlutá partie baziliška, Potestates, vzorek P2 (7343), detail.



**Obr. 133** zelená partie draperie, Virtutes, vzorek P3 (7344).



**Obr. 134** zelená partie draperie, Virtutes, vzorek P3, setail (7344).



**Obr. 135** Ztmavlá část inkarnátu, Seraphim, vzorek P4 (7345).



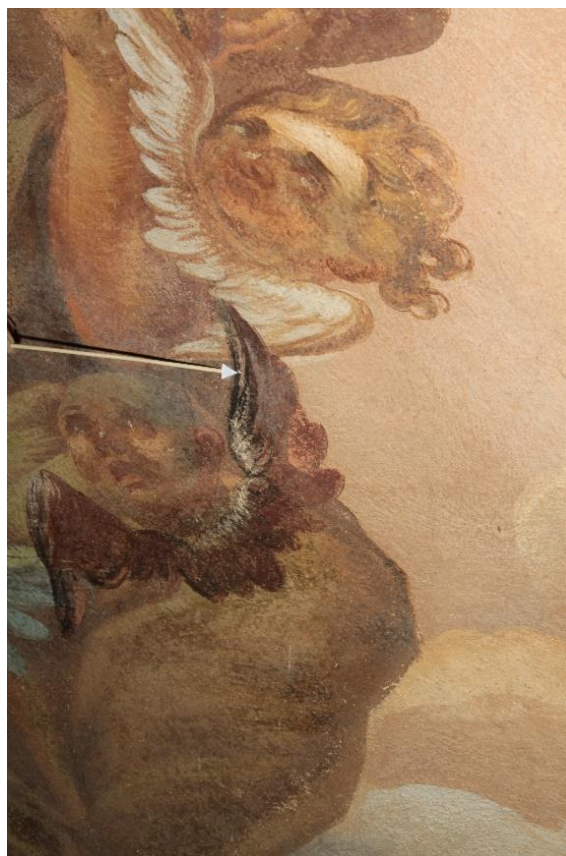
**Obr. 136** Ztmavlá část inkarnátu, Seraphim, vzorek P4 (7345).



**Obr. 137** Ztmavlá část inkarnátu, Seraphim, vzorek P4 (7345), detail.



**Obr. 138** Ztmavlá část křídla andílka, Dominationes, vzorek P5 (7346).



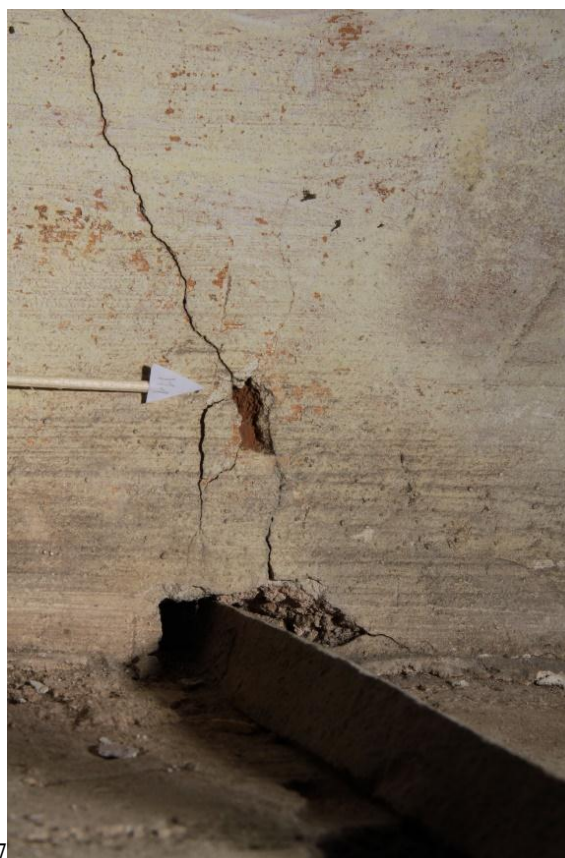
**Obr. 139** Ztmavlá část křídla andílka, Dominationes, vzorek P5 (7346).



**Obr. 140** Ztmavlá část křídla andílka, Dominationes, vzorek P5 (7346), detail.



**Obr. 141** Část iluzivního pásu mraků mezi výjevy Cherubim a Seraphim, defekt, vzorek M1 (7347).



**Obr. 142** Část iluzivního pásu mraků mezi výjevy Cherubim a Seraphim, defekt, vzorek M1 (7347).



**Obr. 143** kapka fixativu ve světle žluté partii křídla, Principatus, vzorek PO1, PO2.



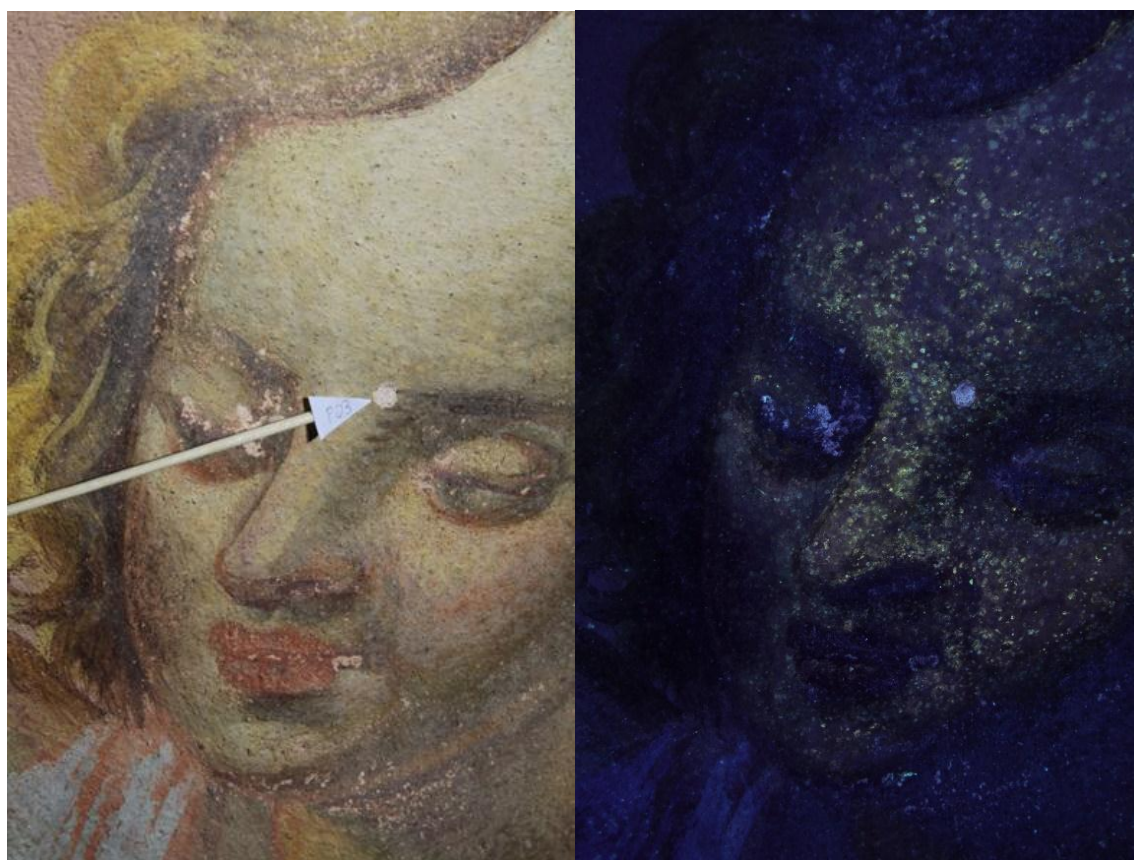
**Obr. 144** kapka fixativu ve světle žluté partii křídla, Principatus, vzorek PO1, detail.



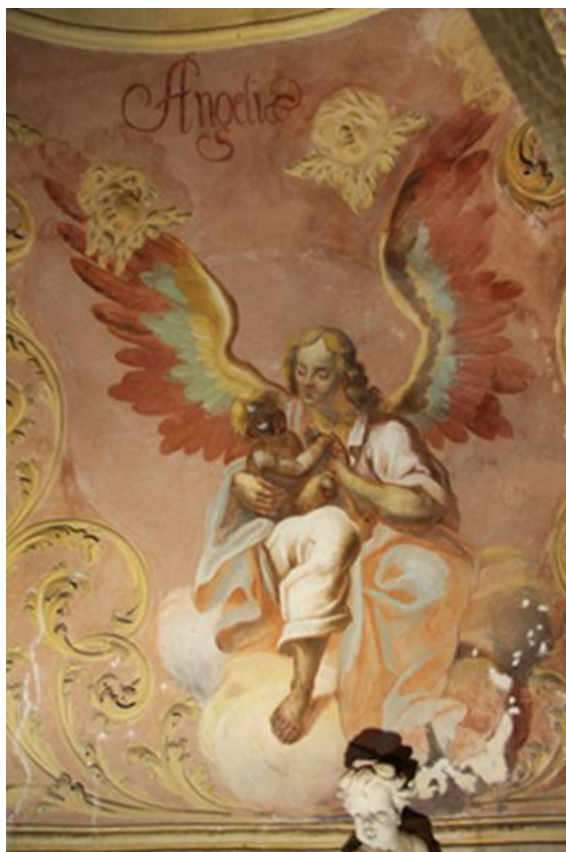
**Obr. 145** kapka fixativu bílá fixáž v partii krku, Principatus, vzorek PO2, detail.



Obr. 146 Specificky luminující partie inkarnátu, Angeli, vzorek PO3.



Obr. 147 Specificky luminující partie inkarnátu, Angeli, vzorek PO3, detail.



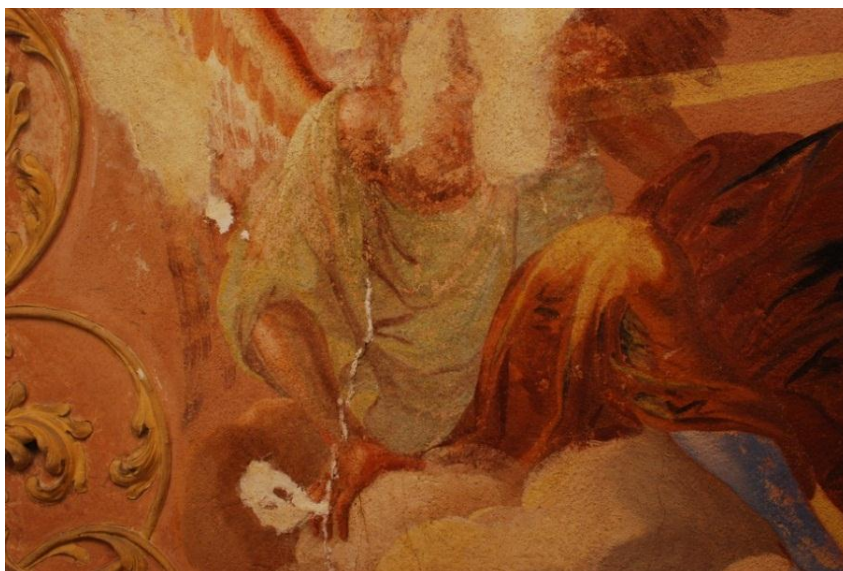
**Obr. 148** Specificky luminující partie, přechod hrubé jemné omítky vpravo od křídla, Angeli, PO4 (7349).



**Obr. 149** Specificky luminující partie, přechod hrubé jemné omítky napravo od křídla, Angeli, vzorek PO4 (7349), detail.



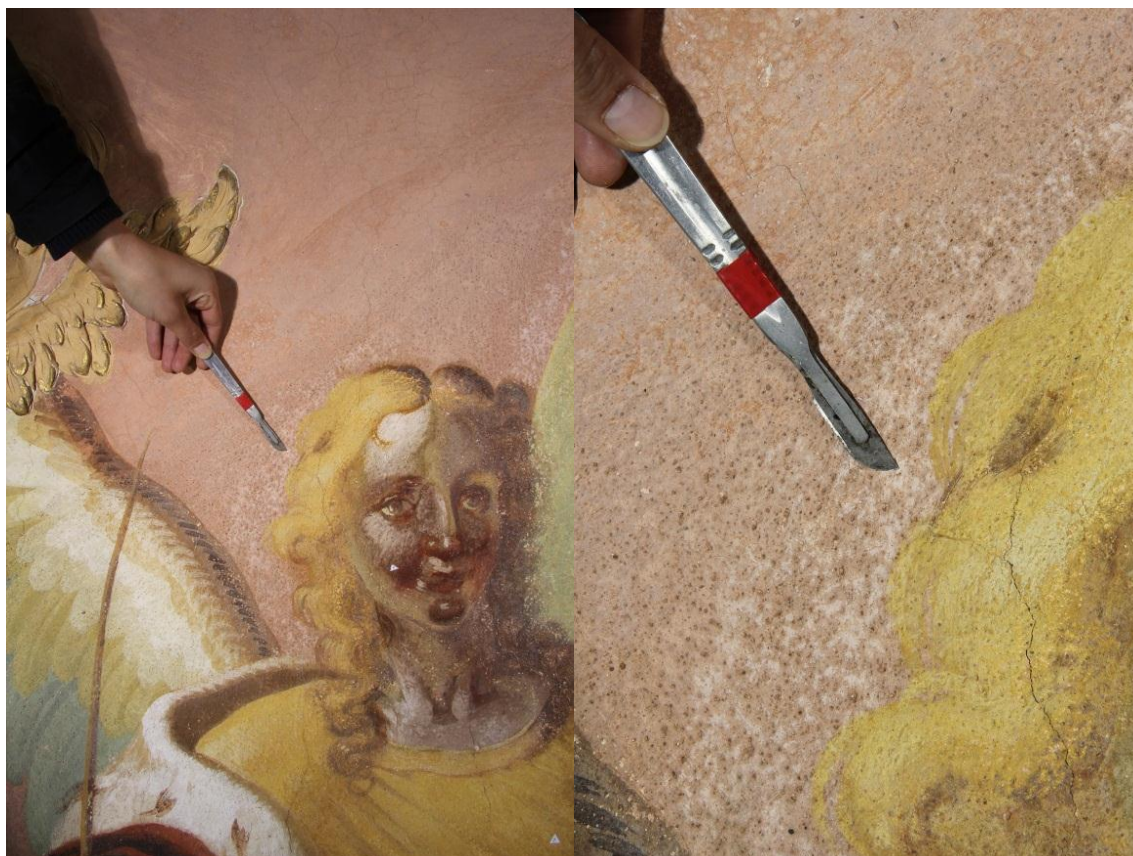
**Obr. 150** Vzorek PO5.



**Obr. 151** Místo odběru vzorku V1, V2 (7555, 7556)/Cherubim, střední část anděla.



**Obr. 152** Místo odběru vzorku V1 (7555), detail.



**Obr. 153** VZ Z/1 (7558), pozadí anděla Principatus s detailem místa odběru.



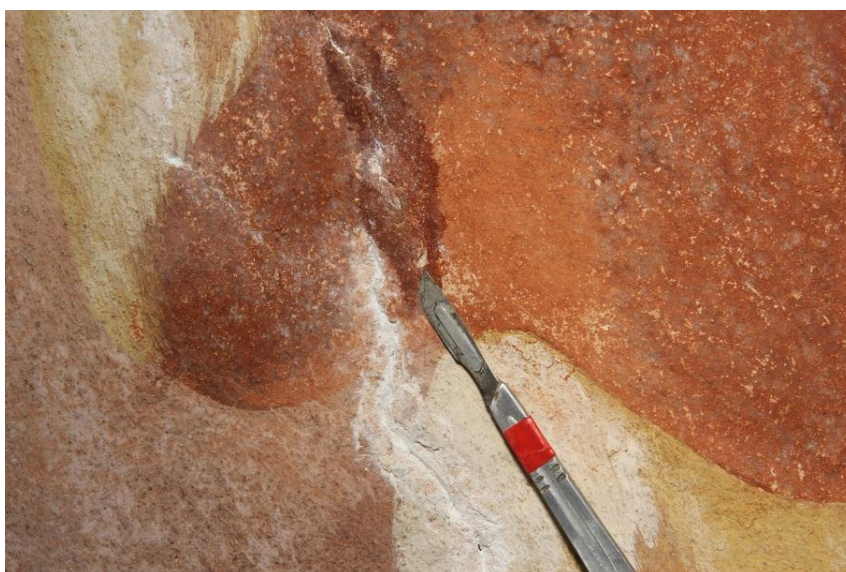
**Obr. 154** VZ Z/2 (7559), putto ve výjevu Cherubim, levá tvář.



**Obr. 155** VZ Z/2 (7559), putto ve výjevu Cherubim, levá tvář, detail.



**Obr. 156** Tmavá skvrna, draperie ve výjevu Principatus, PO7 (7560).



**Obr. 157** Tmavá skvrna, draperie ve výjevu Principatus, detail, PO7 (7560).



**Obr. 158** Červená draperie Principatus, světlý povlak, P1 (7569).



**Obr. 159** Červená draperie Principatus, světlý povlak, P1 (7569), detail.



**Obr. 160** Místo odběru vzorku 7575 (O3). Současný stav po odstranění tmelu z roku 2004, který překrýval druhotný tmel i okraje původní barevné vrstvy.



**Obr. 161** Místo odběru vzorku 7575 (O3), detail.

V Litomyšli 2. 8. 2014

Petra Lesniaková  
Katedra chemické technologie Fakulty restaurování, Litomyšl  
Univerzita Pardubice

# MĚSTSKÝ ÚŘAD MORAVSKÁ TŘEBOVÁ

## odbor výstavby a územního plánování

nám. T. G. Masaryka č.o. 29

571 01 Moravská Třebová

Váš dopis zn.:

Ze dne:

Naše značka: MUMT 8703/2012/OVUP6-411.1

Spisová značka : S MUMT 8107/2012

Vyřizuje: Blanka Žouželková

Tel.: 461 353 020

Fax: 461 353 074

E-mail: bzouzelkova@mtrebova.cz

Účastník řízení :

Obec Křenov, IČ 00276871

Křenov 26

569 22 Křenov

Datum vyhotovení : 28.3.2012

## ROZHODNUTÍ

Městský úřad v Moravské Třebové, odbor výstavby a územního plánování jako příslušný orgán státní památkové péče podle ustanovení § 14 zákona č. 20/1987 Sb., o státní památkové péči, ve znění pozdějších předpisů, k žádosti o vydání závazného stanoviska Obce Křenov, podané dne 22.3.2012, vydává podle § 14 odst. 1 zákona č. 20/1987 Sb., o státní památkové péči, ve znění pozdějších předpisů a zákona č. 500/2004 Sb., o správním řízení, v platném znění toto:

### **závazné stanovisko.**

V souladu s ustanovením § 14 odst. 3 zákona č. 20/1987 Sb., o státní památkové péči v platném znění ( dále jen památkový zákon), je provedení navržených prací spočívajících v :

- **restaurování nástěnných maleb, štukových reliéfů na klenbě kupole**, v rozsahu podle provedeného restaurátorského průzkumu zpracovaného Univerzitou Pardubice, Fakultou restaurování, Jiráskova 3, Litomyšl, datum březen 2012 zahrnující :
  - › fotodokumentaci a grafickou dokumentaci
  - › rozšíření restaurátorského průzkumu
  - › biocidní ošetření
  - › zpevnění nesoudržných omítek a štuků
  - › zpevnění barevné vrstvy
  - › čištění od hrubých nečistot, prachových depozitů, vápenných povlaků
  - › redukci konsolidantů z předchozích barevných zásahů
  - › revizi tmelů
  - › hloubkovou injektáž statických trhlin
  - › tmelení defektů omítkových vrstev
  - › lokální plasticou retuš chybějící modelace štuků
  - › barevnou retuš poškozených částí a tmelů
  - › obnovu poškozeného zlacení
  - › restaurátorskou dokumentaci

Úřední dny a hodiny:

Pondělí , středa  
8:00 – 11:30, 12:30 – 17:00

Bankovní spojení:

Komerční banka Svitavy  
1929-591/0100

IČO:

00277037

Telefonní ústředna:

461 353 111

- **restaurování štukových figurálních plastik a dekorativních reliéfů (plastiky spojené s nikami, andělé na římsě, vlys kladí, hlavice pilastrů),** v rozsahu podle provedeného restaurátorského průzkumu zpracovaného Univerzitou Pardubice, Fakultou restaurování, Jiráskova 3, Litomyšl, datum březen 2012 zahrnující :
  - fotodokumentaci a grafickou dokumentaci
  - rozšíření restaurátorského průzkumu
  - zpevnění nesoudržných částí omítek a štuků
  - zpevnění povrchových vrstev
  - čištění depozitů a nečistot
  - odstranění sekundárních povrchových úprav zaslepujících modelaci
  - konzervaci železných výztuží a kotvicích zádoových trnů
  - lepení odlomených částí štuků
  - injektáž prasklin
  - lokální rekonstrukci štuků
  - lokální plastickou retuš
  - lokální barevnou retuš
  - obnovu ztraceného a poškozeného zlacení
  - restaurátorskou dokumentaci

**v kapli sv. Isidora, stojící na pozemku parcelní číslo 37 v obci Křenov, nemovitě kulturní památky zapsané v ÚSKP pod rejstříkovým číslem 280066/6-3094 z hlediska zájmů státní památkové péče p ř í p u s t n é za dodržení následujících podmínek:**

1. Účastník řízení zajistí, aby v doplňujícím průzkumu byla detailně graficky zachycena poškozená místa maleb i štuků, z barevných vrstev byly odebírány další vzorky a provedeny jejich nábrusy, na štukové výzdobě byla ve větší míře zachycena stratigrafie jednotlivých barevných vrstev až na podklad, místa odběrů byla graficky zachycena na pohledech na výzdobu, ve spodních partiích stěn byla zjištěna salinita omítek.
2. Účastník řízení zajistí, aby uvolněné tmely maleb z předchozích zásahů byly sejmuty a nahrazeny vápenným štukem stejné barevnosti a struktury jako je originál, barevné retuše byly reverzibilní, nahrazení železných výztuží a kotvicích zádoových trnů nerezem v případě špatného stavu, nové štuky budou stejné barevnosti a struktury jako je originál.
3. Účastník řízení zajistí, aby doplňující průzkum a vlastní restaurování prováděl restaurátor s povolením Ministerstva kultury ČR k restaurování malířských uměleckých děl a k restaurování sochařských uměleckých děl ze štuku .
4. Průběh prací bude účastník řízení prostřednictvím restaurátora konzultovat s Městským úřadem Moravská Třebová, odborem výstavby a územního plánování za účasti odborného pracovníka Národního památkového ústavu, územní odborné pracoviště v Pardubicích, na pravidelných kontrolních dnech.
5. Účastník řízení zajistí, v termínu do 60 dní od dokončení prací, prostřednictvím Městského úřadu Moravská Třebová, odboru výstavby a územního plánování, předání restaurátorské zprávy Národnímu památkovému ústavu ÚOP Pardubice.
6. Zahájení a dokončení restaurátorských prací bude písemně oznámeno Městskému úřadu Moravská Třebová, odboru výstavby a územního plánování.

## Odůvodnění:

Městský úřad Moravská Třebová, odbor výstavby a územního plánování, jako příslušný orgán státní památkové péče (dále orgán SPP), obdržel dne 22.3. 2012 žádost o vydání závazného stanoviska Obce Křenov ve věci „Restaurování nástěnných maleb, štukových reliéfů na klenbě kupole; restaurování štukových figurálních plastik a dekorativních reliéfů (plastiky spojené s nikami, andělé na římse, vlys kladí, hlavice pilastrů); v kapli sv. Isidora, stojící na pozemku parcelní číslo 37 v obci Křenov, nemovité kulturní památky zapsané v ÚSKP pod rejstříkovým číslem 280066/6-3094“. Tímto dnem bylo podle § 44 zákona č. 500/2004 Sb. o správním řízení v platném znění, zahájeno správní řízení.

Podle § 14 odst. 6 zákona č. 20/1987 Sb., o státní památkové péči, ve znění pozdějších předpisů, obdržel orgán SPP v této věci písemné vyjádření Národního památkového ústavu, územní odborné pracoviště v Pardubicích č.j. NPÚ-361/25725/2012/Prk.

V této věci není příslušný rozhodovat stavební úřad podle zvláštního právního předpisu, proto orgán státní památkové péče vydává samostatné rozhodnutí ve správním řízení podle § 44a zákona o státní památkové péči č. 20/1987 Sb.

Odborný dohled zabezpečuje dle ustanovení § 32 odst. 2 písm. g) zákona o státní památkové péči Národní památkový ústav, územní odborné pracoviště v Pardubicích.

Orgán SPP seznámil účastníka řízení s podklady pro vydání rozhodnutí a podle § 36 odst. 3 zákona č. 500/2004 Sb., o správním řízení, v platném znění, mu dal možnost vyjádřit se před vydáním rozhodnutí.

S ohledem na současný stupeň poznání historického vývoje se jedná o centrální kapli na elipsovitém půdorysu se zaklenutou kupolí, u paty kupole je kladí se štukovými rozvilinami a festony, které nesou pilastry. Na vrchní hraně kladí jsou sedící andělé s hudebními nástroji (celkem osm). Mezi pilastry niky se štukovými postavami Adama, Evy, sv. Isidora a sv. Notburgy. Na klenbě je malba Osm kůřů andělských. Jedná se o dílo výtvarného umění z období baroka, štuk (patně z roku 1701), malby – secco, z roku 1727, autor maleb Jan Kryštof Handke (1694-1774).

Příslušný orgán v průběhu správního řízení posuzoval žádost z hlediska jejího souladu s platnými právními předpisy. Při vyhotovení závazného stanoviska vycházel z písemného vyjádření Národního památkového ústavu ÚOP Pardubice a předložené žádosti a došel k závěru, že požadované práce jsou přípustné za předpokladu, že budou plně respektovány podmínky tohoto rozhodnutí. Podmínky uvedené ve výroku tohoto rozhodnutí stanovil orgán SPP podle § 14 odst. 3 zákona č. 20/1987 Sb., o státní památkové péči, ve znění pozdějších předpisů:

Podmínky 1, 2 – podmínky 1 (provedení doplňujícího průzkumu) byla stanovena na základě § 10 odst. 3 písm. b) vyhlášky č. 66/1988 Sb., v platném znění, a vzhledem k charakteru věci, jelikož při současném stavu poznání (bez provedených průzkumů) této kulturní památky nelze jednoznačně stanovit způsob provedení restaurátorských prací, podmínka 2 - zásady provedení restaurátorských prací byly stanoveny na základě hlediska zachování autentického materiálu a vzhledu, včetně patiny (pouze lokální retuše bez celkového barevného překrytí originálu, z důvodu zachování samotné fyzické podstaty neboť stav je velmi vážný, místy havarijní. Barevná vrstva je zašpiněná, uvolněná od podkladu, zpráškovatělá, v podkladní omítce i v malbě jsou praskliny, došlo i k odpadnutí barevné vrstvy s omítkou, jsou zde četná zateklá místa na malbě včetně biologického napadení řasami. Štuk – velmi vážný stav. Na zašpiněných andělcích jsou mechanická poškození, chybí části rukou, nohou i hudební nástroje, římse kladí je na mnoha místech odpadlá až na cihly. Na stěnách i v nikách jsou vertikální praskliny, špína, v dolních partiích stěn jsou výkvěty solí. Sochy v nikách jsou zašpiněny, povrchová úprava (bílá) je místy uvolněná, stírá se.

Podmínka 3 - byla stanovena na základě ustanovení § 14 odst. 8 zákona č. 20/1987 Sb., o státní památkové péči, ve znění pozdějších předpisů.

Podmínka 4. – jednotlivé fáze průzkumu a zjištěné skutečnosti je nutné průběžně konzultovat s pracovníkem Národního památkového ústavu, jak z hlediska metodického přístupu, tak pro dokumentaci maximálního množství informací, aby nedošlo k nevratným ztrátám vypovídacích schopností této kulturní památky. Každý jednotlivý postup restaurování a konzervování je třeba řešit individuálně – příprava musí být řešena v těsné spolupráci s památkářem, popř. s technologem (viz. metodická publikace: Štule J. – Suchomel M. – Maxová I.: Péče o kamenné sochařské a stavební památky, in: Odborné a metodické publikace, svazek 16, Praha 1998).

Podmínka č. 5 – byla stanovena podle § 10 odst. 3 písm. c) a odst. 4 písm. a) až h) vyhlášky č. 66/1988 Sb., v platném znění. Restaurátorská zpráva musí obsahovat :

- a) komplexní vyhodnocení průzkumných a výzkumných prací,
- b) dokumentaci provedeného restaurování,
- c) popis použitých technických a technologických postupů,
- d) popis použitých materiálů,
- e) nová zjištění o kulturní památce a pokyny pro další ochranný režim,
- f) fotodokumentaci jednotlivých fází restaurování a výsledného stavu,
- g) další dokumentaci podle povahy věci,
- h) předávací protokol a vyčíslení nákladů restaurování.

Podmínka 6 – byla ustanovena podle § 9 odst.5 vyhl. č.66/1988 Sb. v platném znění.

S provedením navržených prací orgán SPP souhlasí, neboť předmětnými restaurátorskými pracemi bude zjištěn stav věci a teprve poté bude stanoven definitivní postup restaurátorských prací. Tak bude v maximální možné míře zachována autenticita této kulturní památky, její charakter a vzhled. Realizace prací povede ke zlepšení stavu kulturní památky a k uchování její fyzické podstaty. Vzhledem k výše uvedeným skutečnostem rozhodl orgán SPP tak, jak je uvedeno ve výroku tohoto rozhodnutí.

#### **Poučení o odvolání:**

Proti tomuto rozhodnutí je možné podat odvolání do 15 dnů od jeho doručení, ke Krajskému úřadu Pardubického kraje, podáním učiněným u Městského úřadu v Moravské Třebové, odboru výstavby a územního plánování.

**Blanka Žouželková - oprávněná úřední osoba**

*(dle §15, odst. 2, zák. č. 500/2004 Sb. v platném znění)*

odbor výstavby a územního plánování

Městského úřadu Moravská Třebová

#### **Na vědomí :**

Národní památkový ústav, územní odborné pracoviště Pardubice

*Úřední dny a hodiny:*  
Pondělí, středa  
8:00 – 11:30, 12:30 – 17:00

*Bankovní spojení:*  
Komerční banka Svítavy  
1929-591/0100

*IČO:*  
00277037

*Telefonní ústředna:*  
461 353 111