

UNIVERZITA PARDUBICE

FAKULTA RESTAUROVÁNÍ

RESTAUROVÁNÍ VÝJEVU

S OZNAČENÍM „*ARCHANGELI*“

NA KLENBĚ KAPLE SV. ISIDORA V KŘENOVĚ

BcA. Lenka Slouková

Diplomová práce

2015

UNIVERZITA PARDUBICE  
FAKULTA RESTAUROVÁNÍ

Ateliér restaurování a konzervace děl nástěnné malby,  
sochařských děl a povrchů architektury

RESTAUROVÁNÍ VÝJEVU  
S OZNAČENÍM „*ARCHANGELI*“  
NA KLENBĚ KAPLE SV. ISIDORA V KŘENOVĚ

BcA. Lenka Slouková

Vedoucí práce: Mgr. art. Jan Vojtěchovský

Konzultant teoretické části: Ing. Renata Tišlová, Ph.D.

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

Diplomová práce

2015



Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury: **viz příloha**

Vedoucí diplomové práce:

**Mgr. art. Jan Vojtěchovský**

Ateliér restaurování malby a sgrafita

Datum zadání diplomové práce: **31. října 2013**

Termín odevzdání diplomové práce: **19. srpna 2015**



Ing. Karol Bayer  
děkan

L.S.



Mgr. art. Jan Vojtěchovský  
vedoucí ateliéru

V Litomyšli dne 29. dubna 2015



## Příloha zadání diplomové práce

### Seznam odborné literatury:

1. Mora P., Mora L., Philippot P., Conservation of Wall Paintings. London 1984.
  2. Vaněček I., Nástěnné malby. VŠCHT Praha 1997.
  3. Zelinger J. a kolektiv, Chemie v práci konzervátora a restaurátora. Praha 1987.
  4. Hošek J., Muk J., Omítky historických staveb. Praha 1989.
  5. Hloušková, D., Problém fixace barevné vrstvy. Státní restaurátorské ateliéry. Praha 1991.
  6. Giorgi R., Dei L., Baglioni P., A new method for consolidating wall paintings based on dispersions of lime in alcohol. in Studies in Conservation, Volume 45, London 2000, str. 154 161
  7. Dei L., Giorgi R., Ambrosi M., Neto Ch., Baglioni P., Colloidal Particles of Ca(OH)<sub>2</sub>: Properties and Applications to Restoration of Frescoes, in Langmuir, Volume 17 (14), str. 42514255, New Mexico 2001
  8. Daehne A., Herm Ch., Calcium hydroxide nanosols for the consolidation of porous building materials - results from EU-STONECORE, Heritage Science Journal 2013, 1:11
  9. Ziegenbalg G., Piaszczyński E., The combined application of calciumhydroxide nano-sols and silicic acid ester a promising way to consolidate stone and mortar, sborník -12th International Congress on the Deterioration and Conservation of Stone, New York 2012
  10. Kuneš, P., Vliv hydroxidu vápenatého na zpevnění vápenné malty organokřemičitým esterem. Praha, 2012. Disertační práce. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze.
  11. Dunajská J., Zhodnocení současných možností konsolidace vápenných omítek konsolidanty na bázi hydroxidu vápenatého. Teoretická bakalářská práce. Litomyšl 2009.
- Diplomantka dohledá a použije i další literaturu potřebnou ke zdárnému dokončení práce.



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

Diplomovou prací student prokazuje, že je schopen tvůrčím způsobem zpracovat zadané téma s využitím teoretických poznatků a praktických dovedností získaných během studia.

Diplomantce byl k provedení práce přidělen výjev "Archangeli" na klenbě kaple sv. Isidora v Křenově. Jedná se o jednoznačně nejpoškozenější část klenby, u malby zaznamenáváme výraznou ztrátu barevné vrstvy i vrstev omítkových. Diplomantka má nejdříve provést restaurátorský průzkum zacílený jak na originální techniku malby, tak i na rozbor a určení fenoménů jejího poškození, stejně jako sekundárních zákroků. Také provede všechny nezbytné zkoušky restaurátorských postupů, které prověří možnosti nápravy, či omezení zhoršeného stavu díla. V závěru restaurátorského průzkumu musí být diplomantka schopna vyhodnotit všechna zjištění získaná in situ, v laboratorních podmínkách i z textových a obrazových pramenů. Poté vypracuje 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 příslušného odborného pracoviště NPÚ. Nedílnou součástí diplomové práce je vyhotovení restaurátorské dokumentace přiděleného úseku malby, jež bude odevzdána investorovi a na příslušné pracoviště NPÚ.

Jako teoretickou část své práce zpracuje diplomantka studii, jež se bude zabývat možnostmi zpevnění barevné vrstvy pomocí vápenných nanosuspenzí a jejich kombinace s prostředky na bázi esterů kyseliny křemičité. Tato studie bude zacílena především na konkrétní případ nástěnné malby, jejíž restaurování je předmětem této diplomové práce. Nejprve shromáždí diplomantka dostupné informace k tématu konsolidace barevné vrstvy pomocí vápenných nanosuspenzí. Na základě těchto informací provede, po dohodě s konzultantem a vedoucím práce, výběr a odzkoušení prostředků na omítkových panelech s modelově vytvořenou simulací degradované barevné vrstvy. Ve zkouškách by mělo být zahrnuto subjektivní vizuální hodnocení míry zpevnění a estetických vlivů, provedeny by měly být i zkoušky odolnosti vůči mechanickému namáhání (např. scotch tape test). Další testy mohou být navrženy jak vedoucím práce, tak i konzultantem, či diplomantkou. Navíc shromáždí diplomantka i dostupné informace o těchto konsolidačních prostředcích a jejich aplikaci z literatury. Výsledkem práce by mělo být celkové vyhodnocení porovnávaných materiálů a výběr nejvhodnějšího z nich pro konsolidaci malby restaurované v rámci diplomové práce.

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



## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **BcA. Lenka Slouková**  
Osobní číslo: **R13017**  
Studijní program: **N8206 Výtvarná umění**  
Studijní obor: **Restaurování a konzervace děl nástěnné malby, sochařských děl  
a povrchů architektury**  
Název tématu: **Restaurování výjevu s označením "Archangeli" na klenbě kaple  
sv. Isidora v Křenově**  
Zadávací katedra: **Ateliér restaurování malby a sgrafita**

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).

Práce je podle § 5 odst. 2 autorského zákona dílem souborným a vztahují se na něj ustanovení vyplývající z tohoto odstavce.

Dále prohlašuji, že při restaurování jsem použila pouze materiálů a postupů uvedených v této rozšířené restaurátorské zprávě a nejsem si vědoma nových zjištění a skutečností na restaurované památce, které by nebyly uvedeny v této zprávě.

Také prohlašuji, že restaurátorský zásah byl proveden v mezích určených zadáním.

Restaurátorská dokumentace je chráněna ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů s tím, že právo k užití ve smyslu zákona číslo 20/1987 sb. v plném znění (o památkové péči) má objednavatel a příslušný orgán památkové péče.

V Litomyšli dne .....

.....

Lenka Slouková

#### ANOTACE:

Diplomová práce se v teoretické části zabývá možnostmi zpevnování barevné vrstvy vápennými nanosuspenzemi a jejich kombinováním s estery kyseliny křemičité. Testování konsolidantů probíhá jak na zkušebních panelech, tak na reálné nástěnné malbě. Malířská a štuková výzdoba kaple sv. Isidora v Křenově pochází z 1. pol. 18. století. Malba s výjevem „Archangeli“, jímž se tato diplomová práce zabývá, patří k nejpoškozenějším částem kaple. Restaurátorský průzkum a dokumentace restaurování jsou obsaženy v praktické části. Součástí dokumentace jsou návrhy a realizace rekonstrukcí malby podle dohledaných fotografií.

#### KLÍČOVÁ SLOVA:

Vápenná nanosuspenze, estery kyseliny křemičité, konsolidace barevné vrstvy, Archanděl, barokní nástěnná malba, rekonstrukce

#### TITLE:

Restoration of the Scene with "Archangeli" on the Vault of the Chapel of St. Isidoro in Křenov

#### ANNOTATION:

In theoretical part the diploma thesis deals with possibilities of consolidation of the color layer by lime nanosuspensions and combining them with silicic acid esters. The consolidants testing takes place both on test panels and on a real mural. The painting and stucco decoration of the chapel of saint Isidoro in Křenov comes from the 1st half of 18th century. The painting depicting the "Archangeli", which is the main theme of the diploma, is one of the most damaged parts of the chapel. The restoration research and the documentation of the restoration are included in the practical part. Documentation should also include proposals for reconstruction of the wall painting identified by photographs.

#### KEYWORDS:

Nanolime suspensions, Silicate acid esters, Consolidation of paint layers, Archangel, Baroque mural, Reconstruction

## OBSAH

I.	<b>OBSAH</b> .....	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
I.	<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
II.	<b>TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>12</b>
1.	HISTORIE A SOUČASNÝ STAV BĀDÁNÍ V OBORU VÁPENNÝCH NANOSUSPENZÍ .....	12
2.	KONSOLIDACE BAREVNÉ VRSTVY ANORGANICKÝMI PROSTŘEDKY .....	14
2.1.	<i>Výběr konsolidačního prostředku</i> .....	14
2.2.	<i>Vápenné nanosuspenze</i> .....	15
2.3.	<i>Estery kyseliny křemičité</i> .....	17
2.4.	<i>Kombinace vápenných nanosuspenzí a esterů kyseliny křemičité</i> .....	18
2.5.	<i>Problematika barevné vrstvy na klenbě kaple sv. Isidora v Křenově</i> .....	21
2.6.	<i>Typy a vlivy v minulosti zkoušených konsolidantů na barevné vrstvě v Křenově</i> .....	23
3.	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST .....	24
3.1.	<i>Vybrané typy vápenných nanosuspenzí</i> .....	25
	<i>IBZ – SALZCHEMIE GMBH &amp; CO. KG (Německo)</i> .....	25
	<i>CSGI (Itálie, Florencie)</i> .....	26
	<i>ZFB GMB (Německo)</i> .....	26
3.2.	<i>Vybrané prostředky na bázi esterů kyseliny křemičité</i> .....	27
	<i>REMMERS s.r.o. (Německo)</i> .....	27
3.3.	<i>Sedimentace vybraných prostředků</i> .....	29
3.4.	<i>Vyhodnocení sedimentace</i> .....	35
3.5.	<i>Příprava zkušebních panelů</i> .....	35
3.6.	<i>Zkoušky konsolidačních prostředků na panelech</i> .....	36
4.	VYHODNOCENÍ EXPERIMENTÁLNÍ ČÁSTI .....	43
4.1.	<i>Metody posouzení vizuálních změn a míry zpevnění</i> .....	43
	<i>Škála intenzity nežádoucích efektů</i> .....	44
	<i>Bílý zákal</i> .....	45
	<i>Tmavnutí</i> .....	45
	<i>Sprašování</i> .....	46
	<i>Mikrotrhliny</i> .....	46
	<i>Měření míry bílého zákalu</i> .....	47
	<i>Měření míry tmavnutí</i> .....	48
	<i>Odtrhový test I</i> .....	52
	<i>Odtrhový test II</i> .....	53
4.2.	<i>Výsledky posouzení vizuálních změn a míry zpevnění</i> .....	54
4.3.	<i>Závěrečné zhodnocení testování na zkušebních panelech</i> .....	58

5.	ZKOUŠKY KONSOLIDAČNÍCH PROSTŘEDKŮ NA REÁLNÉ NÁSTĚNNÉ MALBĚ	59
5.1.	<i>Vyhodnocení testování zpevňovacích prostředků na reálné malbě</i>	63
6.	VYHODNOCENÍ TEORETICKÉ PRÁCE	65
<b>III.</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST</b>	<b>66</b>
1.	RESTAURÁTORSKÝ PRŮZKUM	66
1.1.	<i>Základní údaje</i>	66
1.2.	<i>Uměleckohistorický průzkum</i>	67
1.2.1.	<i>Popis kaple</i>	68
1.3.	<i>Restaurátorský průzkum</i>	74
	<i>Vizuální průzkum</i>	74
	<i>Boční nasvícení</i>	75
	<i>Průzkum v UV světle</i>	75
1.4.	<i>Shrnutí poznatků z předchozích restaurátorských a chemickotechnologických průzkumů v kapli sv. Isidora</i>	77
1.5.	<i>Vyhodnocení průzkumu</i>	78
1.6.	<i>Koncepce restaurátorského zásahu</i>	80
2.	DOKUMENTACE RESTAUROVÁNÍ	82
2.1.	<i>Konsolidace omítek a barevné vrstvy</i>	82
2.2.	<i>Odstranění nevyhovujících tmelů</i>	82
2.3.	<i>Čištění barevné vrstvy</i>	82
2.4.	<i>Zpevnění barevné vrstvy</i>	83
2.5.	<i>Tmelení</i>	83
2.6.	<i>Retuš</i>	83
2.7.	<i>Rekonstrukce</i>	84
2.8.	<i>Použité materiály</i>	85
2.9.	<i>Doporučený režim památky</i>	86
<b>IV.</b>	<b>POUŽITÁ LITERATURA A PRAMENY</b>	<b>87</b>
<b>V.</b>	<b>SEZNAM VYOBRAZENÍ</b>	
1.	SEZNAM OBRAZOVÉ PŘÍLOHY	
1.1.	<i>Obrazová příloha teoretické části</i>	
1.2.	<i>Obrazová příloha praktické části</i>	
2.	SEZNAM GRAFICKÉ PŘÍLOHY	
3.	SEZNAM TABULEK	
3.1.	<i>Tabulky použité v textu</i>	
3.2.	<i>Tabulky se snímky z vyhodnocovacích metod experimentální části</i>	
3.3.	<i>Tabulky s výpočty naměřených hodnot při posouzení vizuálních změn a míry zpevnění</i>	
<b>VI.</b>	<b>TEXTOVÁ PŘÍLOHA</b>	



# I. ÚVOD

V průběhu restaurování nástěnných maleb a štukové výzdoby v kapli sv. Isidora v Křenově vyvstala potřeba nalézt vhodný konsolidační prostředek na anorganické bázi. Doposud byly testovány vápenné nanosuspense a estery kyseliny křemičité především na zpevňování vápenných omítek, zatímco barevná vrstva byla poněkud opomíjená. Hledání a zkoušení vhodných konsolidantů na barevnou vrstvu se věnujeme v této diplomové práci.

Kaple sv. Isidora v Křenově, o níž bude podrobněji psáno v *Praktické části* v kapitole *Popis památky*, je uvnitř zdobena syntézou barokního štukatérského a malířského umění, které sleduje zajímavý ikonografický program. Přes své nesporné hodnoty se tato památka v předchozích letech nacházela v kritickém stavu. Poškozenou střechou sem zatékala voda a následovaly ztráty barevné vrstvy, omítek a štukové výzdoby. Přibližně od roku 2005 se věnuje obec jejímu zajištění a byly zde podniknuty první konzervační zásahy.<sup>1</sup> Od roku 2012 do současnosti (r. 2015) zde provádí restaurátorský průzkum a restaurování malířské a štukové výzdoby Fakulta restaurování Univerzity Pardubice.

Klima kaple nedovoluje plošné užití konsolidantů na organické bázi (např. disperzní pojiva). Od začátku zde proto byla snaha najít prostředek na vápenné bázi, což je původní hlavní pojivo nástěnných maleb a štukové výzdoby. Jako problém vápenných konsolidantů se jeví způsob aplikace (je nutné větší množství cyklů aplikace), delší doba tvrdnutí a nebezpečí vizuálních změn po aplikaci (např. tvorba bílého zákalu) a hlavně nedostatečné zpevnění při již poměrně vysokém počtu cyklů. Naším cílem je co nejméně eliminovat tyto a jiné nežádoucí efekty a najít vhodné řešení.

V roce 2013 vypracovala na podobné téma diplomovou práci studentka Ivona Kociánová<sup>2</sup>. Ta zde restaurovala část centrálního výjevu na klenbě. Na její poznatky a práci tato práce navazuje, protože vzhledem k rozsáhlosti a problematice řešeného úkolu, se doposud nezdařilo nalézt vhodný konsolidační prostředek a způsob aplikace.

Na začátku roku 2014 se v rámci mezinárodního projektu *Nano for Art*<sup>3</sup> byly

---

<sup>1</sup> Konzervační zásah provedly restaurátorky Radana a Dagmar Hamsíkové, viz. *Restaurátorská zpráva – II. etapa*, 2006, textová příloha

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

<sup>3</sup> VOJTĚCHOVSKÝ J., SLOUKOVÁ L. *Porovnání vápenných nanosuspensí pro konsolidaci nástěnné malby*: projekt realizovaný v rámci Studentské grantové soutěže Univerzity Pardubice. Litomyšl, 2014. Report, Digitální knihovna Univerzity Pardubice.

testovány vápenné nanosuspenze a jejich směsi s estery kyseliny křemičité na zkušebních panelech i přímo na malbě. Tento projekt skončil v roce 2014, ale práce na výzkumu pokračovaly a pokračují v rámci dvou projektů Interní grantové agentury Univerzity Pardubice.. Významná zjištění z předchozích výzkumů budou shrnuta a vyhodnocena v rámci této diplomové práce.

Teoretická část se zabývá hledáním a porovnáváním vhodných prostředků na anorganické bázi, které by mohly být využity ke zpevnování barevné vrstvy. K tomuto byly vytvořeny omítkové panely s uměle simulovanou zpráškovatělou barevnou vrstvou a omítkou. Prostředky, které na testovacích panelech dosahovaly nejlepších výsledků, byly pak zkoušeny na reálné nástěnné malbě v kapli sv. Isidora v Křenově.

Praktická část diplomové práce obsahuje restaurátorský průzkum a dokumentaci restaurování výjevu *Archangeli* na severozápadní straně kaple v Křenově. Malba se štukovou výzdobou se nachází v nejpoškozenější části klenby, kde v minulosti zatékala dešťová voda. V kapitole III.1. *Restaurátorský průzkum* jsou mimo jiné zdokumentovány velké ztráty intonaca a další poškození způsobená nepříznivými klimatickými podmínkami.

## II. TEORETICKÁ ČÁST

Možnosti zpevnění barevné vrstvy pomocí vápenných nanosuspenzí a jejich kombinace s prostředky na bázi esterů kyseliny křemičité nejsou dosud dostatečně probádané. Vápenné nanosuspenze jsou jedním z nejmladších materiálů používaných ke zpevnování vápenných omítek a vápence či mramoru. Tyto prostředky nejsou zatím oblasti restaurování tolik rozšířené. Podstatná část produktů, které budou zkoumány v této diplomové práci, vznikla v rámci projektu *Nano for Art*, a tudíž nejsou komerčně dostupné. Bude učiněn pokus o shrnutí dosavadních zkušeností s touto technologií a práce se zaměří se především na využití vápenných nanosuspenzí pro zpevnování barevné vrstvy.

V současnosti se některé projekty zabývají kombinováním vápenných nanosuspenzí s estery kyseliny křemičité. V této práci bude těmto směsím věnována pozornost v rámci testování na zkušebních panelech i na reálné nástěnné malbě. Nejdříve bude testováno zpevnování barevné vrstvy samotnou vápennou nanosuspenzí a samotným prostředkem na bázi esterů kyseliny křemičité. Rozšířený výzkum užití těchto skupin zpevňovacích prostředků může přinést zajímavá zjištění, která, jak autorka této práce doufá, budou mít dopad i pro jejich využití v praxi.

Je zde snaha nalézt způsob aplikace, který by byl v praxi co nejjednodušší. Oproti běžně používaným prostředkům ke zpevnování barevné vrstvy (např. akrylátové disperze) je použití vápenné nanosuspenze podstatně časově náročnější. Proto jsou v rámci testování zkoušeny různé způsoby aplikace, aby bylo možno např. snížit počet cyklů. Dále jsou porovnávány rozdíly mezi ředěním suspenze absolutním (98%) lihem a lihem technickým. Technický líh je finančně i komerčně dostupnější, ale nejsou doposud dostatečně ověřeny jeho účinky na vlastnosti vápenných suspenzí.

### 1. HISTORIE A SOUČASNÝ STAV BĚDÁNÍ V OBORU VÁPENNÝCH NANOSUSPENZÍ

Rozsáhlý zájem o nanomateriály, které by se daly použít v památkové péči, vyústil v několik výzkumů či projektů podporovaných Evropskou unií. Díky těmto projektům je možné vyvíjet, poskytovat a testovat nové materiály a rozvíjet poznatky v oblasti restaurování památek. Zatím byly uskutečněno několik projektů, které se zabývaly využitím nanotechnologií pro potřeby památkové péče. Evropských projektů *Stonecor*, *Nano for Art* a *Nanolith* se účastnila i Fakulta restaurování Univerzity Pardubice.

Projekt *Stonecore* probíhal v letech 2008-2011. Byl zacílen na nanomateriály, které by mohly být využity při rekonstrukci a restaurování památek. Nanomateriály jsou obvykle vyvíjeny tak, aby poskytovaly lepší

vlastnosti chemicky totožných materiálů, avšak s jinou velikostí částic, či struktury. Jedná se například o změny pevnosti, vodivosti, optické vlastnosti, ale u nanosuspenzí jde především o velikost částic. Díky tomu, že nanostruktury obsahují velmi malé částice, vyznačují se velkou povrchovou plochou.<sup>4</sup>

V rámci projektu *Stonecore* byly především zkoumány produkty firmy IBZ Freiberg, které jsou komerčně dostupné pod názvem *CaLoSiL@*.<sup>5</sup> Jedná se o nanočástice hydroxidu vápenatého dispergovaného v různých typech alkoholů a koncentracích. Tyto prostředky byly testovány na reálných historických památkách a jejich využití se týká především restaurování vápenných omítek, nástěnných maleb, sádry, štuků apod.

Pokusy o dispergování hydroxidu vápenatého začaly již v 1997 ve Francii. V roce 2000 skupina vědců z Itálie studovala a porovnávala disperze hydroxidu vápenatého jak ve vodě, tak v etanolu. Ukázalo se, že alkoholové suspenze jsou poměrně stabilní a zároveň mají dobré konsolidační účinky.<sup>6</sup> Tehdy se ale ještě nejednalo o nanosuspenze. O rok později ve Florencii se začalo s pokusy o vytvoření nanočástic z hydroxidu sodného NaOH a chloridu vápenatého CaCl<sub>2</sub>. Ukázalo se, že suspenze nanočástic jsou stabilnější než komerčně vyráběné mikročástice. Propanolové suspenze byly poprvé použity s dobrými výsledky při restaurování nástěnných maleb v katedrále Santa Maria del Fiore ve Florencii. Komerčně se začaly vápenné nanosuspenze vyrábět v roce 2006, výrobcem se stala německá chemická firma IBZ Salzchemie GmbH & Co. KG.

Mladší projekt *Nano for Art* probíhal od 1.12.2011 do 30.11.2014.<sup>7</sup> Tento projekt přinesl nové poznatky v oboru restaurování. Například využití nanomateriálů pro odkyselení a kontroly pH při zpracování celulosových a kolagenových vláken, testování nanočástic hydroxidu vápenatého v alkoholu i ve vodě, sledování distribuce, velikosti a krystalizace částic hydroxidu vápenatého atd. Projekt přinesl i nové metody čištění nástěnných maleb, závěsných obrazů, pergamenu, papíru, aj. od organických nečistot, laků a jiných škodlivých povlaků.

Projekt *Nanolith* byl realizován v rámci programu „Evropská územní spolupráce Rakousko-Česká republika 2007–2013“. Výzkumný projekt byl zaměřen na testování vápenných nanosuspenzí pro konzervaci kamenných

---

<sup>4</sup> DUNAJSKÁ, J., Tests on sustainability of consolidation treatments with CaLoSil@ nanosuspensions on plaster reference samples. Litomyšl, 2012. Diplomová práce Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, Katedra chemické technologie, s. 11

<sup>5</sup> <http://www.ibz-freiberg.de>

DAEHNE A., HERM C., *Calcium hydroxide nanosols for the consolidation of porous building materials - results from EU-STONECORE*, Heritage Science 2013,

Dostupné na: <http://www.heritagesciencejournal.com/content/1/1/11>

<sup>6</sup> BAGLIONI P., GIORGI R., *Soft and hard nanomaterials for restoration and conservation of cultural heritage*, REVIEW Soft Matter, 293–303, The Royal Society of Chemistry, 2006, [www.rsc.org/softmatter](http://www.rsc.org/softmatter), page 293

<sup>7</sup> <http://www.2020-horizon.com/NANOFORART-Nano-materials-for-the-conservation-and-preservation-of-movable-and-immovable-artworks%28NANOFORART%29-s2749.html>

památek zhotovených z regionálních Litavských vápenců.<sup>8</sup>

## 2. KONSOLIDACE BAREVNÉ VRSTVY ANORGANICKÝMI PROSTŘEDKY

### 2.1. Výběr konsolidačního prostředku

Smyslem zpevňování barevné vrstvy je snaha o zachování nebo navrácení pevnosti a jiných fyzikálních vlastností původního materiálu. Vlivem nejrůznějších příčin dochází k ztrátě koheze omítkovin i barevné vrstvy. Často je to způsobeno vlivem vztlínající vlhkosti a zasolení, kdy je původní vápenné pojivo přeměněno na ve vodě snadno rozpustné soli a je postupně vyplavováno ze substrátu. Jiné příčiny mohou být v nestabilitě pojiva a působením nepříznivých klimatických podmínek.

Je někdy obtížné stanovit přesnou hranici mezi sprašováním barevné vrstvy a strukturálním rozpadem omítky a mezi restaurátorskými zásahy – povrchová konsolidace (fixáž) a strukturální konsolidace (napouštění). Rozdíl je především v zamýšlené hloubce průniku zpevňujícího prostředku. Pro usnadnění průniku konsolidačního prostředku na vodní bázi se povrch smáčí etanolem. I když je zmíněno, že „ze strany chemiků-technologů restaurování je tato praktika spíše zavrhována jako neúčinná. Jednoznačný experimentální důkaz ať pro či proti ní ale dosud podán nebyl.“<sup>9</sup> Přesto se podle praxe ukazuje, že etanol zmenšuje smáčecí úhel v pórech omítky a tím umožňuje hlubší penetraci a tudíž i účinnější strukturální konsolidaci.

Tato práce je zaměřena na zpevňování malby původně pojené vápnem, a je zde proto snaha nalézt prostředek na anorganické bázi, který by vyhovoval prostředí s vyšší relativní vlhkostí. U všech případů konsolidace je do materiálu zanášeno nové pojivo. Tím že proniká do pórů barevné vrstvy a omítky, je jeho reverzibilita značně omezená, pokud se nejedná o tzv. dočasné konsolidanty. Na vlastnosti konsolidačních prostředků jsou kladeny mimořádně přísné požadavky. Je potřeba, aby byly dlouhodobě stabilní chemicky, biologicky, opticky, atd. Nesmí na malbě vytvářet neprodyšný nebo lesklý film, nesmí ji ztmavovat nebo způsobovat alteraci pigmentů.

Barevná vrstva se může sprašovat, odlupovat od podkladu v puchýřích či v šupinách atp. Fixační prostředek se většinou aplikuje lokálně dotyky štětce, injekční stříkačkou nebo plošně pomocí rozprašovače. Při strukturálním zpevnění je důležité, aby zpevňující prostředek pronikl celou poškozenou vrstvou a obnovil její vazbu se zdravým jádrem omítky.<sup>10</sup> Hodnotí se jeho

---

<sup>8</sup> [www.nanolithproject.eu](http://www.nanolithproject.eu)

<sup>9</sup> VANĚČEK I., *Nástěnné malby*. VŠCHT Praha 1997, s. 45

<sup>10</sup> Ibidem

zpevňující účinky, hloubka penetrace, snadnost aplikace a dostupnost prostředku na trhu.

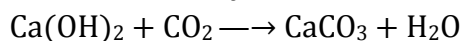
Estery kyseliny křemičité, které jsou pro zpevňování omítek rozšířené, jsou stabilní a paropropustné. Svým složením i vlastnostmi se liší od vápenného pojiva omítek a barevné vrstvy. Podle názorů některých odborníků zde zřejmě nedochází k tak účinnému zpevnění jako u materiálů obsahujících křemičité vazby.<sup>11</sup> Je to ale ještě nedořešená otázka. Je totiž možné, že ani u křemičitých materiálů nedochází k navázání chemickému, ale pouze fyzikálnímu, což se děje u materiálů na bázi vápna, či vápence. Zdá se, že daleko důležitějším faktorem jsou vlastnosti porézní struktury zpevňovaného materiálu.

Ideální zpevňující prostředek je kompatibilní s původním pojivem omítky. Měl by mít podobné mechanické vlastnosti a neměl by se lišit v průběhu stárnutí od originálu. U vápenných omítek a maleb pojených uhličitanem vápenatým se doposud z tohoto důvodu užívala vápenná voda. Aplikace vápenné vody vyžaduje vzhledem k malému množství účinné látky (jen 0,16%) velké množství cyklů, při kterých je památka vystavena extrémnímu zavlhčení. S přísunem většího množství vody vzrůstá nebezpečí pohybu a růstu vodorozpustných solí a zatížení zpevňovaného substrátu.<sup>12</sup> Navíc je hydroxid vápenatý velmi málo rozpustný ve vodě a při teplotě 20 °C tvoří suspenze o koncentraci max. 1,6g/l. Použití vápenných nanosuspenzí v alkoholu je oproti vápenné vodě mnohem bezpečnější, penetrace a účinek zpevnění je mnohonásobně vyšší a nedochází tolik k tvorbě bílého zákalu a zavlhčení substrátu. Koncentrace běžně užívaných vápenných nanosuspenzí se pohybují od 5 do 50g/l.<sup>13</sup>

## **2.2. Vápenné nanosuspenze**

Vápenné nanosuspenze jsou nanočástice hydroxidu vápenatého a hořečnatého, které jsou rozptýlené v krátkém řetězci alifatických alkoholů. Liší se od sebe koncentrací a typem alkoholu. Podle potřeby je možné suspenzi po důkladném promíchání ředit v rozsahu od 5 až do 50 g/l.<sup>14</sup> Alkoholy se po ošetření odpaří beze zbytku.

Při vytvrzování dochází k tzv. karbonataci, kdy hydroxid vápenatý reaguje s atmosferickým oxidem uhličitým a vzniká tak uhličitan vápenatý.



Nanosuspenze jsou čisté bez jakýchkoliv přísad nebo sloučenin, nejsou k dispozici žádná stabilizační činidla nebo tenzidy, takže stabilita takových

---

<sup>11</sup> Piaszczyński E., Musiela M., Ziegenbalg G., *The consolidation of Stone, Mortar and Plaster by Using Calcium Hydroxide Nano-Sols*. Venice 2012.

<sup>12</sup> KOCIÁNOVÁ, I. (viz. pozn. 2)

<sup>13</sup> DUNAJSKÁ, J. (viz. pozn. 4)

MICHOINOVÁ, D., *Zpevňování omítek vápennou vodou II*, Zprávy památkové péče, roč. 72, č. 5, 2012, s. 356.

<sup>14</sup> <http://www.nanoforart.eu/>

zpevňovačů je nižší ve srovnání s obvyklými disperzemi. Obsah vody může ovlivnit stabilitu produktů a velikost částic rozptýlených nanočástic.<sup>15</sup>

Nanosloučeniny jsou syntetizovány pomocí homogenní a heterogenní fáze. Podle procesu syntézy získávají charakteristickou velikost částic a morfologii krystalů. Hlavní cíle výroby zahrnují syntézu spíše krystalických než amorfních produktů. Reakce může probíhat ve vodě, ale také v nevodných rozpouštědlech. Až dosud bylo možné získat nanočástice buď hydrolyzou hydridu vápenatého za specifických experimentálních podmínek nebo reakcí oxidu vápenatého CaO, nebo hydridu vápenatého CaH<sub>2</sub> s vodou v organickém prostředí za přítomnosti povrchově aktivních látek.<sup>16</sup>

Další možnost, jak syntetizovat krystalické částice nanovápna, může být z roztoku hydroxidu sodného NaOH a chloridu vápenatého CaCl<sub>2</sub>. Hydroxid vápenatý Ca(OH)<sub>2</sub> je po kapkách přidáván do vodného roztoku při teplotě 90°C. Reakcí vzniká hydroxid vápenatý Ca(OH)<sub>2</sub> a chlorid sodný NaCl, který je ze suspenze následně odstraněn. V poslední fázi výroby jsou částice vápna rozbity v kulovém mlýně na částice o velikosti několika μm až nm. Shluky částic jsou odděleny pomocí ultrazvuku.<sup>17</sup>

Jiný známý výrobní proces zahrnuje reakci vápníku Ca s vodou v alkoholovém mediu.<sup>18</sup> Reakce probíhá dle rovnice:  $\text{Ca} + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Ca(OH)}_2 + \text{H}_2$

Je poměrně obtížné přesně vytvořit požadovanou koncentraci suspenze. Rozdílů v koncentraci se dosahuje odpařením rozpouštědla při výrobě.

Stabilita suspenze je přímo úměrně závislá na velikosti částic. Čím menší částice, tím nižší stabilita. Kineticky stabilní disperze mohou být získány s krátkým řetězcem s alifatickými alkoholy. Alkoholy jsou šetrné k životnímu prostředí, těkavé, a ve srovnání s jinými rozpouštědly, mají nízkou toxicitu. Povrchové napětí je dostatečně nízké, aby se zajistilo optimální smáčení, které je zodpovědné za hlubokou penetraci disperzí v porézní struktuře omítek.<sup>19</sup>

Velikost nanočástic se pohybuje u vápenných nanosuspenzí většinou v rozmezí 50-300 nm. V suspenzi jsou zastoupeny i větší částice, které však nejčastěji vznikají shlukem primárních částic při výrobě nebo následným skladováním. Pro porovnání, velikost iontů vápníku ve vápenné vodě je

---

<sup>15</sup> DAEHNE A., HERM CH., *Calcium hydroxide nanosols for the consolidation of porous building materials - results from EU-STONECORE*, Heritage Science Journal 2013, 1:11

<sup>16</sup> KOCIÁNOVÁ, I. *Restaurování centrálního výjevu na klenbě kaple sv. Isidora v Křenově*. Litomyšl, 2013. Diplomová práce. s. 22.

<sup>17</sup> MBNnanomaterialia. Nanoforart, First Annual Meeting, London 13 and 14 December 2012.

KOCIÁNOVÁ I. (viz. pozn. 2), s. 21-23

<sup>18</sup> DUNAJSKÁ J. (viz. pozn. 4), s. 14-15.

<sup>19</sup> DUNAJSKÁ J. (viz. pozn. 4), s. 14-17

podstatně menší, cca 0,1 nm.<sup>20</sup> Viskozita a barva suspenze se liší podle koncentrace. Koncentrovanější směs je více viskózní a většinou bělejší (v případě produktů ZFB má naopak nažloutlou barvu).

Nanosuspenze jsou citlivé na vodu. Předpokládá se, že již velmi malé množství vody v systému množství vody může vést ke zvýšenému usazování aglomerátů  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , a tím může snížit penetrační schopnosti konsolidantu. Podobné problémy se vyskytují u nanosuspenzí, u kterých bylo překročeno doporučené datum spotřeby. U produktu *CaLoSiL®* je uvedena trvanlivost na dobu tří měsíců.<sup>21</sup>

U prostředků na bázi hydroxidu vápenatého vzniká riziko tvorby bílých zákalů. Výrobce *IBZ – SALZCHEMIE GMBH & CO. KG* doporučuje v této záležitosti aplikovat nejdříve nižší koncentrace suspenze a tu postupně v dalších kolech navyšovat<sup>22</sup>, což se v praxi ukazuje jako ne příliš vhodný postup.

Tvorba zákalu u vápenných nanosuspenzí je pravděpodobně způsobena rychlým vypařováním rozpouštědla, které odnáší částice vápna zpět k povrchu. K omezení zpětné migrace se přidávají nepolární rozpouštědla s delší retencí. Velmi účinné je místo po aplikaci suspenze jemně navlhčit vodou v rozprašovači. Tento poznatek vychází z četných zkušeností z praxe a testování na zkušebních panelech.

### **2.3. Estery kyseliny křemičité**

Estery kyseliny křemičité se využívají nejčastěji k strukturálnímu zpevnování kamene a omítek. Nejčastěji používaný je etylester kyseliny křemičité (tetraethoxysilan, tetraethylortosilikát, zkráceně TEOS). Ten je velmi prchavý a proto se k němu přidávají oligomerní prostředky, které jsou částečně kondenzované, tj. váží k sobě několik molekul monomeru dohromady. Vlivem vlhkosti se z něj stává křemičitý gel, který je pevný, sklovitý a křehký. Existuje teorie, podle které se hydroxylové skupiny organokřemičitanu vážou na hydroxylové skupiny křemenných zrn v porézním systému horniny nebo omítek, čímž dochází k vytvoření pevnějších vazeb.<sup>23</sup> Katalyzátory reakce mohou být neutrální, zásadité i kyselé. Podle pH katalyzátoru vzniká různě síťovaný gel. Pro citlivé materiály se doporučuje neutrální činidlo. Druh katalyzátoru může ovlivňovat další chemicko-fyzikální pochody v reakční směsi. Vlivy pH, druhů a koncentrací katalyzátorů na estery kyseliny křemičité se ve své disertační práci podrobně zabývá Petr Kuneš. Uvádí, že s rostoucí

---

<sup>20</sup> DRDÁČKÝ M., SLÍŽKOVÁ Z. *Nanomateriály v péči o památky*, 2012, dostupné na: <http://abicko.avcr.cz/2012/10/06/>

<sup>21</sup> DUNAJSKÁ J., (viz. pozn. 4)

Technical Leaflet, CaLoSiL®, k dispozici na:

[http://www.ibz-freiberg.de/download/pdf/nanomaterialien/CaLoSiL\\_EN.pdf](http://www.ibz-freiberg.de/download/pdf/nanomaterialien/CaLoSiL_EN.pdf)

<sup>22</sup> Technical Leaflet, CaLoSiL®, k dispozici na:

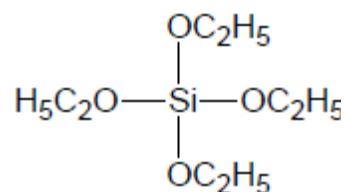
[http://www.ibz-freiberg.de/download/pdf/nanomaterialien/CaLoSiL\\_EN.pdf](http://www.ibz-freiberg.de/download/pdf/nanomaterialien/CaLoSiL_EN.pdf)

<sup>23</sup> HUCKOVÁ M., KOTLÍK P. *Možnosti konzervace umělého kamene pojeného epoxidy*, sborník konference Arte-fakt 2006



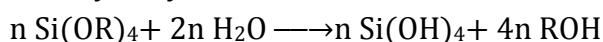
koncentrací katalyzátoru vznikají větší částice a klesá průměr a celkový objem pórů.<sup>24</sup>

Strukturální vzorec etylesteru kyseliny křemičité:



Reakce ethylesteru kyseliny křemičité s vodou za vzniku křemičitého gelu:

1. Hydrolýza:



2. Kondenzace:



Estery kyseliny křemičité vynikají chemickou stálostí a paropropustností. Po ošetření organokřemičitany je možné památku odsolovat. Soli ale mohou mít negativní účinky při tvorbě křemičitého gelu. Tyto konsolidanty nezanášejí do substrátu žádné nežádoucí látky. U vápenných materiálů je ale problémem odlišnost pojivové složky. Původně vápenné pojivo se mění na křemičité a je možné, že se nevytváří tak pevné vazby jako u materiálů obsahujících křemičité vazby.

Díky své nízké viskozitě pronikají estery kyseliny křemičité hlouběji do porézního podkladu. Na trhu je široká škála komerčních produktů na bázi esterů kyseliny křemičité. Některé mají trvalé hydrofobní účinky (např. methyltriethoxysilan – MTES), které jsou využívány především v exteriéru jako hydrofobizační přípravky.<sup>25</sup>

#### **2.4. Kombinace vápenných nanosuspenzí a esterů kyseliny křemičité**

Hledání účinného zpevňovacího prostředku pro vápenné materiály vedlo k pokusům o kombinování vápenných alkoholových suspenzí a esterů kyseliny křemičité. Vápenné nanosuspenze v alkoholu mají dobré účinky jen v některých případech, převážně u méně degradovaných materiálů. U více degradovaných materiálů, je i vzhledem k poměrně nízké koncentraci zpevňující látky, nutné

---

<sup>24</sup> KUNEŠ P. *Vliv hydroxidu vápenatého na zpevnění vápenné malty organokřemičitým esterem*. Praha, 2012. Disertační práce. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze.

<sup>25</sup> VANĚČEK I., *Nástěnné malby*. VŠCHT Praha 1997.

aplikovat prostředek ve více kolech, čímž vzniká riziko bílého zákalu na povrchu, pokud mezi aplikacemi není místo vlhčeno vodou. Estery kyseliny křemičité obsahují vyšší procento pojivové složky. V této práci budou testovány kombinace obou typů prostředků a budou sledovány jejich vzájemná působení a změny vlastností zpevňované barevné vrstvy.

Firma Remmers u svého produktu *KSE* nedoporučuje přidávání aditiv pro urychlení reakční doby. Rovněž nedoporučují tzv. rychlou hydrolyzu, „...protože představuje nekontrolovatelný vliv na reakci, při které dochází ke tvorbě gelu.“<sup>26</sup> Tím může nepříznivě ovlivnit výslednou strukturu gelu. Podle provedených experimentů studentky Ivony Kociánové vyplývá, že hydroxid vápenatý má negativní dopad na kvalitu vzniklého polykondenzátu i na dosažené zpevnění. V přítomnosti uhličitanů (vápenatého, hořečnatého a sodného) bývá křemičitý gel popraskán a jeho dobré mechanické vlastnosti jsou oslabené. Podobný názor zaujímá ve své disertační práci z roku 2012 i Petr Kuneš, který se obává vlivu hydroxidu vápenatého na tvorbu spojitého trojrozměrného gelu s pojivým účinkem. Domnívá se, že dochází k reakci křemičitých koloidních částic s hydroxidem vápenatým. Reakce by v širokém rozmezí podmínek mohla vést k přeměně křemičité sítě na hydratované křemičitany vápenaté. Svou strukturou se hydratované křemičitany vápenaté podobají tzv. *CSH fázím*, které vznikají hydratací trikalciem silikátu a jsou hlavní složkou odpovědnou za pevnost portlandského cementu.<sup>27</sup>

V rámci projektu *Stonecore* byly laboratorně zkoumány a zkoušeny kombinace vápenné suspenze s esterem kyseliny křemičité. Byla aplikována jak směs esteru kyseliny křemičité s vápennou nanosuspenzí *CaLoSiL®*, tak i oba prostředky jednotlivě jdoucí po sobě. Nejdříve bylo nanášeno nanovápno a po něm následovala aplikace organokřemičitanu. Hydroxid vápenatý se ve směsi projevuje jako katalyzátor urychlující hydrolyzu esterů kyseliny křemičité a jako spojovací prostředek pro povrch kamene a omítek. Prof. Dr. G. Ziegenbalg a Dr. E. Piaszczyński v závěru svého projektu na zpevňování kamene, zdiva a omítek vápennými nanosuspenzemi uvádí, že: „kombinace vápenné nanosuspenze a esterů kyseliny křemičité zlepšují konsolidační schopnosti a kombinují příznivé vlastnosti obou složek.“<sup>28</sup> Tento názor je vyjádřen na základě laboratorního zkoumání a testování na zkušebních modelech i reálných historických památkách. V mikroskopické analýze lze sledovat a porovnat schopnost průniku a konsolidace kamene i povrchové vrstvy jak vápennou nanosuspenzí, estery kyseliny křemičité, tak i jejich kombinacemi. Zpevnění pouze estery kyseliny

---

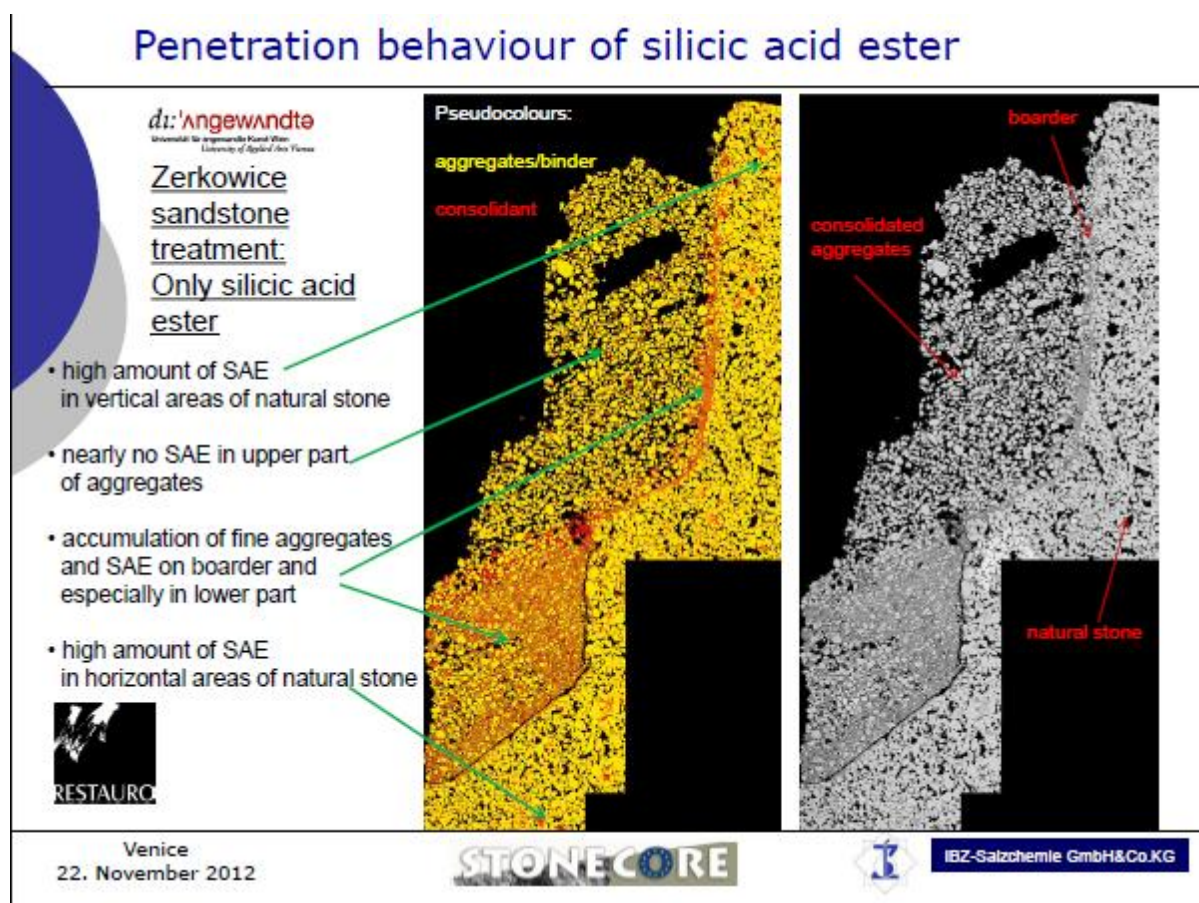
<sup>26</sup> REMMERS. *Technický návod KSE - Modul – Systém, modulový systém esteru kyseliny křemičité.*

<sup>27</sup> KUNEŠ, P., *Vliv hydroxidu vápenatého na zpevnění vápenné malty organokřemičitým esterem.* Praha, 2012. Disertační práce. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze.

<sup>28</sup> PIASZCZYŃSKI E., MUSIELA M., ZIEGENBALG G., *The consolidation of Stone, Mortar and Plaster by Using Calcium Hydroxide Nano-Sols.* Venice 2012.

křemičité je zajištěno ve větších hloubkách a u povrchu je jejich dosah minimální. Naopak částice nanovápna se rozprostírají rovnoměrně a ve směsi s estery kyseliny křemičité je jejich distribuce rovněž velmi dobrá. <sup>Obr.1</sup>

Pravděpodobně na základě pozitivních výsledků projektu *Stonecore* doporučuje výrobce komerčního produktu *CaLoSil®* (IBZ Salzchemie GmbH & Co.KG) kombinovat ošetření vápennou nanosuspenzí s následnou aplikací organokřemičitanu. Hydroxid vápenatý podporuje adhezi a urychluje hydrolyzu křemičitého gelu. „Výsledná pevnost je v mnoha případech mnohem vyšší než při konsolidaci pouze estery kyseliny křemičité“<sup>29</sup> Výrobce dále uvádí, že tímto způsobem může být *CaLoSil®* kombinován se všemi komerčně dostupnými prostředky na bázi esterů kyseliny křemičité. <sup>30</sup>

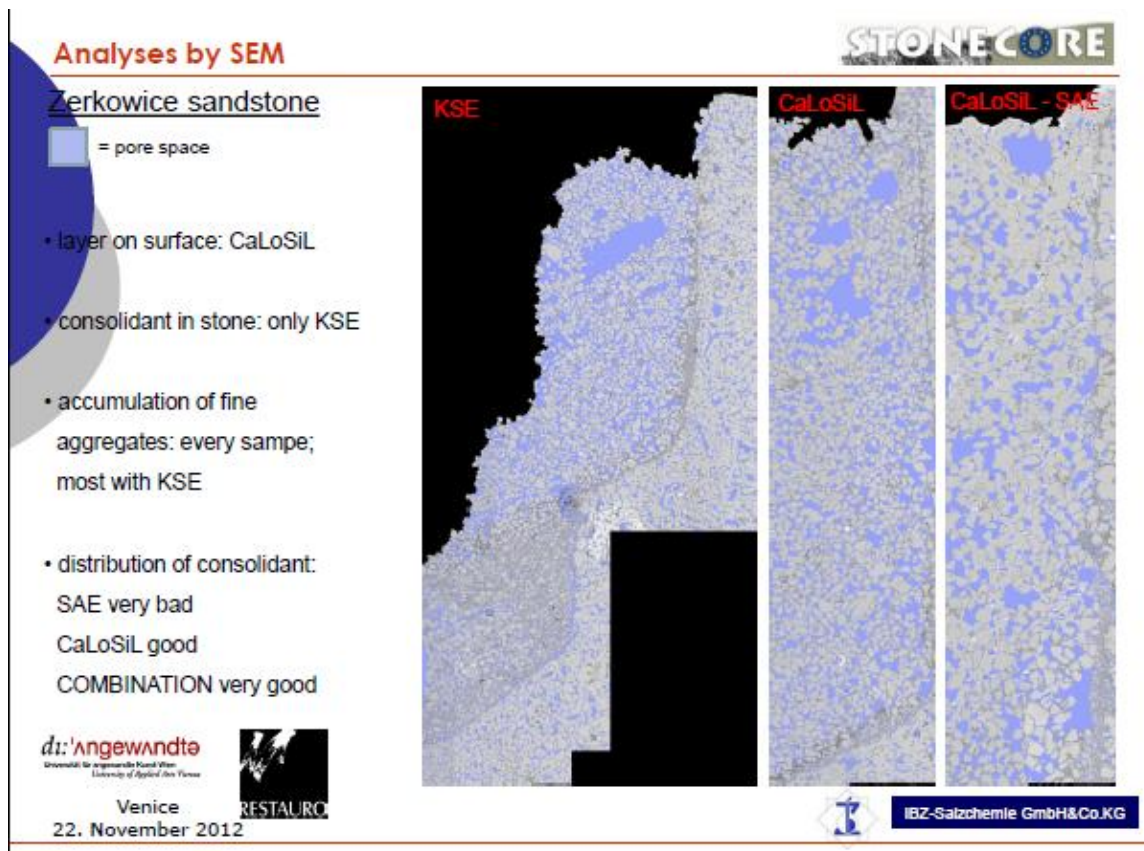


Obr. 1 Aplikace esterů kyseliny křemičité v pískovci – nepravidelné rozložení konsolidantu především v okrajových a nižších partiích. Téměř žádné množství *KSE* se nezachytilo v povrchové vrstvě. Snímek z prezentace projektu *Stonecore*, Benátky 2012.<sup>31</sup>

<sup>29</sup>IBZ Salzchemie GmbH & Co.KG, Technical Leaflet, [http://www.ibz-freiberg.de/download/pdf/nanomaterialien/CaLoSiL\\_EN.pdf](http://www.ibz-freiberg.de/download/pdf/nanomaterialien/CaLoSiL_EN.pdf)

<sup>30</sup> Ibidem

<sup>31</sup> PIASZCZYNSKI E., MUSIELA M., ZIEGENBALG G., *The consolidation of Stone, Mortar and*



Obr. 2 Zpevňování povrchu pískovce nanovápnm *CaLoSiL®* a jeho směsí s *KSE*. Oba mají velmi dobré výsledky. Snímek z prezentace projektu *Stonecore*, Benátky 2012.<sup>32</sup>

## 2.5. Problematika barevné vrstvy na klenbě kaple sv. Isidora v Křenově

Jak již bylo v úvodu zmíněno, tento výzkum se zaměřil na hledání vhodného zpevňovacího prostředku nástěnných maleb na klenbě kaple sv. Isidora v Křenově. Před zvolením vhodného konsolidačního prostředku je důležité obeznámit se se stavem omítek a barevné vrstvy, znát jejich složení a pokusit se zjistit příčinu jejich poškození. Proto zde následuje popis stavu omítek a barevné vrstvy, i když se popisu nástěnných maleb věnuje restaurátorský průzkum v praktické části této práce.

Cihlové zdivo kupole bylo omítnuto cca 2-4 cm silnou vrstvou načervenalé jádrové omítky, jejíž povrch byl zpracován do hladšího, utaženějšího povrchu. Arriccio je poměrně dobře soudržné se zdivem. Jeho barevnost je způsobena vyšším podílem zrn načervenalých živců a patrně také přítomností sloučenin

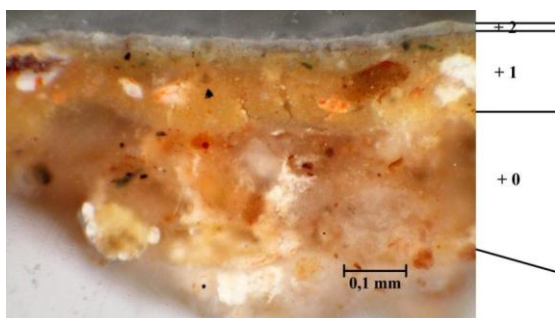
*Plaster by Using Calcium Hydroxide Nano-Sols*. Venice 2012.

<sup>32</sup> Piaszczyński E., Musiela M., Ziegenbalg G., *The consolidation of Stone, Mortar and Plaster by Using Calcium Hydroxide Nano-Sols*. Venice 2012.

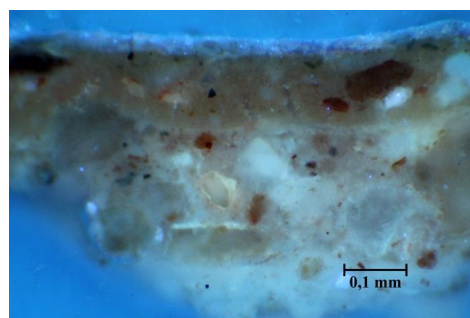


železa. Heterogenní částice písku jsou pravděpodobně pojeny vzdušným vápnem. Dále jsou zde dva druhy intonaca – jemnozrnné, světle béžové s hladším povrchem a načervenalé, které obsahuje křemenná zrna, živec a horninové úlomky.<sup>33</sup>

U vrstvy intonaca dochází ke ztrátě přídržnosti s podkladem. Ta se projevuje na rozsáhlých plochách klenby odpouknutím intonaca od jádrové omítky a vytvářením dutin. V nejkritičtějších místech dochází k tvorbě puchýřů a odpadávání omítky od podkladu v celé vrstvě.



Obr.3 Optická mikroskopie v bílém světle. Vzorek jemného béžového intonaca s arriccem.  
Autor: Petra Lesniaková<sup>34</sup>



Obr.4 Optická mikroskopie v UV světle. Vzorek jemného béžového intonaca s arriccem.  
Autor: Petra Lesniaková<sup>35</sup>

K drolení omítek dochází v místech největšího zasolení a zatékání dešťové vody. Ta zatékala do stavby intenzivně zejména v poslední čtvrtině 20. století. Voda a vlhkost v objektu způsobily migraci vodorozpustných solí. V prostoru kaple byla zjištěna přítomnost dusičnanů a síranů.<sup>36</sup> Na klenbě se vyskytují tmavé mapy, které jsou oproti okolí výrazně vlhčí. Lokálně jsou v jejich sousedství plochy naopak suché s bělavým zákalem, které jsou rovněž způsobené zasolením. V pokročilém stádiu zasolení dochází k šupinatění barevné vrstvy a nejtěžší případy se zde projevují tvorbou tmavé síranové krusty a postupným rozpadem materiálu.<sup>37</sup>

V letech 2005-2006 byly malby konsolidovány a fixovány restaurátorkami Radanou a Dagmar Hamsíkovými. Ve své dokumentaci se nezmiňují o použitých konsolidačních prostředcích ani o jejich koncentracích.<sup>38</sup> Později se ale Radana

<sup>33</sup> Lesniaková P., *Chemicko-technologický průzkum nástrovní malby Devíti kůrů andělských, klenba hřbitovní kaple sv. Isidora v Křenově*, 2014 (viz. Textová příloha)

<sup>34</sup> Lesniaková P. (cit. pozn. 33)

<sup>35</sup> Ibidem

<sup>36</sup> Studenti FRUPa, *Restaurátorský průzkum nástěnné malby, štuková výzdoba a omítky interiéru kaple sv. Isidora v Křenově*, březen 2012

<sup>37</sup> VANĚČEK, I. *Nástěnné malby*. VŠCHT Praha 1997, s. 42

<sup>38</sup> HAMSÍKOVÁ R., KAŠPAR J. *Restaurátorská zpráva. Vyhodnocení stavu malířské a sochařské výzdoby kaple*. 2015, kopie je součástí textové přílohy této diplomové práce  
HAMSÍKOVÁ R., HAMSÍKOVÁ D., *Restaurátorská zpráva, II. etapa v roce 2006, fresky J.K.*

Hamsíková zmínila o hloubkové injektáži prostředkem *Hydrogrund* a o fixaci barevné vrstvy. Na fixaci barevné vrstvy zde byl zřejmě aplikován prostředek *Mowiol*, který je na bázi ve vodě rozpustného polyvinylalkoholu. Na přelepy údajně použily organitýn pojený *Lovosou*, která je tvořena vodorozpustnou methylhydroxycelulosou.<sup>39</sup> Fixační prostředek byl lokálně nanesen ve větším množství, takže tvoří lesklé stékanice a místy působí pnutí a šupinatění barevné vrstvy. Z chemicko-technologického průzkumu provedeného Fakultou restaurování UPa se dozvídáme složení fixačního prostředku. „*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). Ostatní předpokládané druhotné polymerní vrstvy se nepodařilo identifikovat.*“<sup>40</sup>

## **2.6. Typy a vlivy v minulosti zkoušených konsolidantů na barevné vrstvě v Křenově**

Ivona Kociánová v rámci diplomové práce i projektu *NANOFORART* testovala různé metody a podmínky aplikace vápených nanosuspenzí. K tomu byly vytvořeny zkušební panely s degradovanou barevnou vrstvou. Pomocí přidané mramorové moučky k pigmentu byla imitována technika nástěnné malby, tzv. kalkmalerei.

Na zkušebních panelech byly testovány vápenné suspenze vyvinuté institucemi *CSGI*, *ZFB* a *MBN* v rámci projektu *NANOFORART*. Zkoušely a porovnávaly se spolu s komerční nanosuspenzí *CaLoSiL®* a vápennou vodou. Vybrané typy nanosuspenzí, esterů a solí kyseliny křemičité byly zkoušeny samostatně. Pro testování konsolidantů na reálné nástěnné malbě nakonec byly vybrány prostředky s nejlepšími výsledky. Laboratorním zkoumáním se prokázaly jako vhodné vápenné nanosuspenze *CaLoSiL E25*, *CSGI 1P35* a *ZFB 695p*. Estery kyseliny křemičité byly vyloučeny z časových důvodů. Jak studentka ve své dokumentaci uvádí: „*Plošným použitím křemičitých prostředků, zejména Sytonu X30 a Sebosilu S, by mohlo dojít k výraznějšímu uzavření povrchu a snížení nasákavosti malby. V případě organokřemičitanu KSE 300 HV by se stal povrch minimálně na tři týdny hydrofobní, což pro*

---

*Handkeho v klenbě hřbitovní kaple sv. isidora v Křenově. 2006, kopie je součástí textové přílohy této diplomové práce*

<sup>39</sup> KOCIÁNOVÁ I. (cit. v pozn. 2), s. 126-131

P. Hamsíková uvedla, že na hloubkovou injektáž snad použily *Hydrogrund* a na plošnou fixáž vodnou disperzi *Mowilith* ve formě polyvinylalkoholu. Protože se *Mowilith* vyskytuje pouze ve formě polyvinylacetátu, jedná se spíše o prostředek *Mowiol*, který svým složením odpovídá polyvinylalkoholu.

<sup>40</sup> LESNIAKOVÁ P., *Chemicko-technologický průzkum nástropní malby Devíti kůrů andělských - Klenba hřbitovní kaple sv. Isidora v Křenově*, Katedra chemické technologie Fakulty restaurování, Litomyšl, 2014, s. 39

*potřeby našeho restaurování (mokrého čištění aj.) bylo nežádoucí“<sup>41</sup>*

O způsobu a podmínkách aplikace je zaznamenáno: „Vápenné nanosuspenze byly aplikovány při průměrné 75% relativní vzdušné vlhkosti a za teploty, která neklesla pod 7°C. Testovány byly základní způsoby aplikace (sprejování jemně rosící stříčkou, natírání štětcem přes japonský papír a polévání pomocí stříkačky). Vlastnosti konsolidantů byly sledovány při různých koncentracích. Do experimentu jsme zahrnuli různé metody aplikace např. následné rosení vodou nebo zakrývání konsolidovaného místa vodným zábalem. Prostředky, které byly aplikovány v několika kolech, byly znovu nanесeny přibližně po pěti minutách, měřítkem technologické pauzy byl odpar rozpouštědla.“<sup>42</sup>

Nejlépe se při testování projevila aplikace konsolidantu rozprašovačem, který umožnil rovnoměrné nanесení v rámci papírové šablony. U aplikace štětcem přes japonský papír nebo injekční stříkačkou byl citlivý povrch mechanicky namáhán. Dále studentka porovnávala vlhkostní podmínky. Na základě pozorování se pokusila vyjádřit vliv vlhkosti na tvorbu bílého zákalu. Vyšší relativní vlhkost zpomaluje odpar rozpouštědla, a tudíž omezuje či brání tvorbě bílého zákalu. Na tvorbu bílého zákalu má vliv schopnost penetrace. Když se konsolidant zdržuje delší dobu na povrchu malby, téměř vždy dochází k tvorbě zákalu.<sup>43</sup> Dalším zajímavým zjištěním je vliv vlhčení po aplikaci. Rosení po aplikaci konsolidantu a po odparu jeho rozpouštědla zamezuje vzniku bílého zákalu a rovněž zlepšuje (podle provedených zkoušek několikanásobně více než bez vlhčení) penetraci prostředku do hloubky materiálu. Naopak předvlhčení vodou nebo isopropanolem mělo jednoznačně negativní účinek. „*Předvlhčením pravděpodobně dochází k uzavření porézního systému, protože zákal na povrchu se vytvořil ve všech případech ve větší míře než bez předvlhčení. Vysvětlením také může být nízká stabilita těchto systémů v přítomnosti vody, která způsobuje vznik shluků a sedimentaci částic při kontaktu s vodou (v tomto případě ihned na povrchu).*“<sup>44</sup>

### **3. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST**

V rámci pokračujícího projektu *NANOFORART* bylo v roce 2014 testováno vybraných šest typů vápenných suspenzí a jejich směsi se třemi typy prostředků na bázi esterů kyseliny křemičité. Některé z prostředků byly testovány dříve<sup>45</sup>, tento výzkum se pokouší některé poznatky prohloubit a dále rozšířit o nové

---

<sup>41</sup> KOCIÁNOVÁ (viz pozn. 2), s. 91

<sup>42</sup> Ibidem, s. 92

<sup>43</sup> Ibidem, s. 57-58

<sup>44</sup> KOCIÁNOVÁ (viz pozn. 2), s. 9

<sup>45</sup> BAYER, K., MACOUNOVÁ, D., MACHAČKO, L. *Nanosuspenze hydroxidu vápenatého jako konsolidanty porézních vápenců a vápenných omítek*, In: Acta Artis Academica. Praha, 2012. *Znalost a praxe ve výtvarném umění*. Sborník 4. mezioborové konference ALMA. Akademie výtvarných umění v Praze, s. 325-335.

způsoby aplikace a kombinace.

V následujícím výčtu testovaných prostředků jsou uvedeni výrobci a jejich produkty, které byly v této práci zkoumány. U jednotlivých vápenných suspenzí jsou uvedeny přesné hodnoty koncentrací  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , které u nich byly naměřeny a druhy či koncentrace rozpouštědel. Ostatní údaje o složení nebo velikosti částic pochází z technických listů produktů nebo z předchozích výzkumů.

U testovaných prostředků se nejdříve porovnávala jejich stabilita – míra a rychlost sedimentace pevné složky ve směsi, a zda u kombinovaných směsí s organokřemičitany nedochází k hydrolyze, tudíž ke zgelovatění.

Vápenné nanosuspenze, estery kyseliny křemičité a jejich vzájemné kombinace byly zkoušeny na omítkových panelech s modelově vytvořenou simulací degradované barevné vrstvy, která přibližně odpovídala složení barevné vrstvy na nástěnné malbě v kapli sv. Isidora v Křenově. Zkoušky zpevňování na panelech byly porovnávány a ty, které dosáhly nejlepších výsledků, byly dále testovány na reálné nástěnné malbě.

### 3.1. Vybrané typy vápenných nanosuspenzí

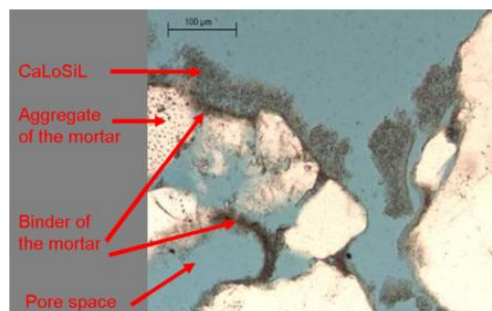
#### IBZ – SALZCHEMIE GMBH & CO. KG (Německo)

Jejich komerčně dostupné vápenné nanosuspenze *CaLoSiL®* se vyrábí v etanolovém (*E*), izopropanolovém (*IP*) a n-propanolovém systému (*NP*) v koncentracích 5, 25 a 50 g/l. V tomto projektu byla použita suspenze etanolová - *CaLoSiL® E-25*, která byla podle potřeby ředěna na jiné koncentrace.

- *CaLoSiL® E-25*
- $\text{Ca}(\text{OH})_2$  aktuálně v koncentraci 30 g/l - etanol
- Velikost částic a distribuce: 50-250 nm (DLS, TEM)<sup>46</sup>
- Morfologie krystalů (TEM, XRD): krystalické, dobře vyvinuté
- Poznámky: lokálně tvorba shluků – částic s větší velikostí (TEM)
- $\text{pH} \geq 10$

Obr. 5 Mikroskopický snímek vzorku omítky s obsahující dolomitické vápno po ošetření vápennou suspenzí *CaLoSiL®*

autor: Thomas Köberle<sup>47</sup>



<sup>46</sup> IBZ – SALZCHEMIE GMBH & CO. KG, *Technický list CaLoSiL®*

<sup>47</sup> DAEHNE, HERM (cit. v pozn.15)



## **CSGI (CONSORZIO INTERUNIVERSITARIO PER LO SVILUPPO DEI SISTEMI A GRANDE INTERFASE; Itálie, Florencie)**

Pro tento projekt byly poskytnuty jejich produkty *CSGI E* – vápenná nanosuspenze v etanolu a *CSGI 1P* – vápenná nanosuspenze v propanolu.

- CSGI E
- Etanol
- Velikost částic a distribuce: přibl. 200 nm (DLS, TEM)
- Morfologie krystalů (TEM, XRD): krystalické, dobře vyvinuté
- Poznámky: lokálně tvorba shluků – částic s větší velikostí (TEM)
- pH 8,5
- CSGI 1P
- 1-Propanol
- Velikost částic a distribuce: přibl. 290-390 nm (DLS, TEM)
- Morfologie krystalů (TEM, XRD): krystalické, dobře vyvinuté
- Poznámky: lokálně tvorba shluků – částic s větší velikostí (TEM)
- pH 8,5

## **ZFB (ZENTRUM FÜR BUCHERHALTUNG) GMBH (Německo)**

V rámci tohoto projektu budou testovány a porovnávány vápenné nanosuspenze v izopropanolu - *ZFB 703i* a etanolu - *ZFB 734e*.

- ZFB 703i
- Ca(OH)<sub>2</sub> v isopropylalkoholu
- Velikost částic a distribuce: d<sub>50</sub> = 106 nm, d<sub>95</sub> = 192 nm<sup>49</sup>
- Obsah Ca(OH)<sub>2</sub> v suspenzi: 78 g/l
- pH ≥ 10
- ZFB 734e
- Ca(OH)<sub>2</sub> v isopropylalkoholu
- Velikost částic a distribuce: d<sub>50</sub> = 560 nm, d<sub>95</sub> = 3,34 μm<sup>50</sup>
- Obsah Ca(OH)<sub>2</sub> v suspenzi: 153 g/l
- pH ≥ 10

## **MBN NANOMATERIALIA SPA (Itálie)<sup>51</sup>**

---

<sup>48</sup> <http://www.zfb.com>

[http://www.nanoforart.eu/index.php?option=com\\_content&view=article&id=29:zfb&catid=8&Itemid=141](http://www.nanoforart.eu/index.php?option=com_content&view=article&id=29:zfb&catid=8&Itemid=141)

<sup>49</sup> Technický list ZFB GMB

<sup>50</sup> Technický list ZFB GMB

<sup>51</sup> <http://www.mbn.it>

- MBN Nf070<sup>52</sup>
- Ca(OH)<sub>2</sub> v 2-Propanolu (95% hm.) a Isobutanolu (4% hm.)
- Obsah Ca(OH)<sub>2</sub> v suspenzi: 19 g/l



Obr. 6, 7 Neředěná vápenná nanosuspenze MBN Nf070, která svou nestabilitu projevovala již od data doručení. Vlevo: po promíchání, vpravo: průběh sedimentace Ca(OH)<sub>2</sub> po 1 týdnu odstátí

### 3.2. Vybrané prostředky na bázi esterů kyseliny křemičité REMMERS s.r.o. (Německo)

Pro konsolidaci a hydrofobizaci kamene a omítek dodává firma Remmers s.r.o. řadu produktů na bázi esterů kyseliny křemičité. V našem projektu byly využity tyto prostředky:

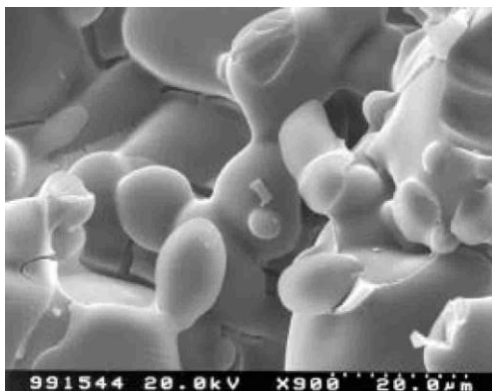
- **KSE 100**
  - Mírný zpevňovač na bázi etylesteru kyseliny křemičité (KSE)
  - Bez obsahu rozpouštědel.
  - Množství vyloučeného gelu, který je čistě minerální a amorfní, činí cca 10%.
  - Schopnost penetrovat do hloubky až k nenarušenému jádru.<sup>53</sup>
  - Množství vyloučeného křemičitého gelu: cca 100g/l
- **KSE 300**
  - Zpevňovač na bázi etylesteru kyseliny křemičité (KSE).
  - Bez obsahu rozpouštědel.
  - Množství vyloučeného gelu, cca 30% (300g/l) - vylučuje čistě minerální, amorfní křemičitý gel.<sup>54</sup>

<sup>52</sup>Technický list MBN NANOMATERIALIA

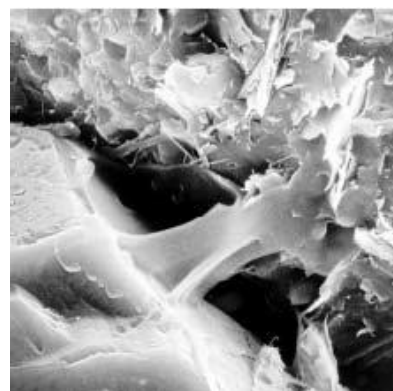
<sup>53</sup> REMMERS s.r.o., *Technický list - Číslo výrobku 0719 - KSE 100*

<sup>54</sup> REMMERS s.r.o., *Technický list - Číslo výrobku 0720 - KSE 300*

- Obsah etylesteru kyseliny křemičité cca 99% hm.
- **KSE 300HV**
  - Bez obsahu rozpouštědel.
  - Na bázi esteru kyseliny křemičité.
  - S prostředky pro zlepšení přilnavosti.
  - Podíl vyloučeného amorfního gelu je 30 % (300g/l)
  - Speciálně vyvinutý pro zpevňování vápence.<sup>55</sup>
  - Obsah účinné látky více jak 95% hm.
- **KSE 300E**
  - Elastifikovaný zpevňovač kamene
  - Na bázi ethylesteru kyseliny křemičité (KSE)
  - Množství vyloučeného gelu, cca 30%. (cca 300g/l)
  - Od obvyklých zpevňovačů kamene se odlišuje mírným růstem e-modulu (modul pružnosti), což příznivě ovlivňuje chování při pnutí /napětí a protažení.
  - Dále umožňuje přemostění trhlin větší šíře, zlepšuje i lepší navázání poškozených součástí struktury do křemičité sítě, tvořené gelem.
  - Možnost využití jako pojivo pro výplňové hmoty (s přidáním plniva)
  - Gel oxidu křemičitého, vázaný přes elastické segmenty.<sup>56</sup>
  - Obsah etylesteru kyseliny křemičité 50 % hm.
  - Speciální aditiva –tzv. Změkčovací segmenty



Obr. 8 Skleněná fritá impregnovaná prostředkem KSE 300 E; zřetelně přemostující gelové struktury v prostoru pórů.<sup>57</sup> Elektronová mikroskopie.



Obr. 9 Most z křemičitého gelu mezi dvěma strukturami.<sup>58</sup> Elektronová mikroskopie.

<sup>55</sup> REMMERS s.r.o., *Technický list - Číslo výrobku 0654 - KSE 300 HV*

<sup>56</sup> REMMERS s.r.o., *Technický list - Číslo výrobku 0714 - KSE 300 E*

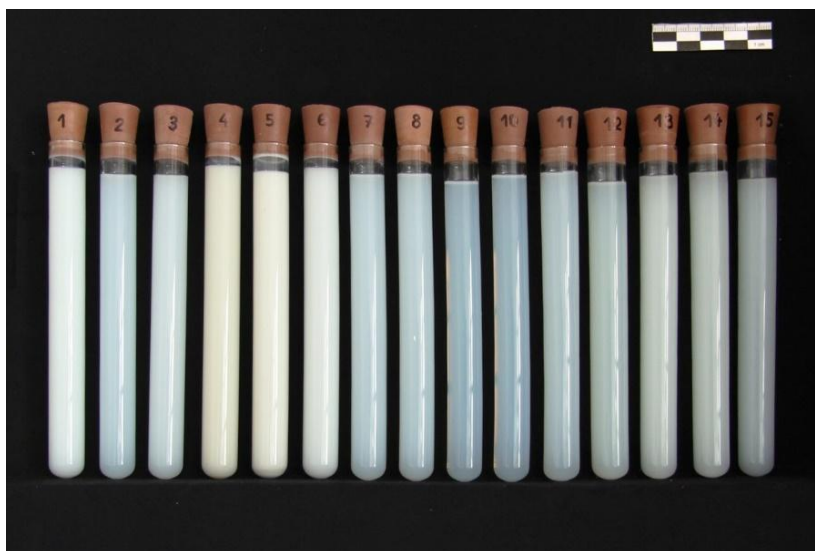
[http://www.remmers.cz/editor/image/stranky3\\_produkty2](http://www.remmers.cz/editor/image/stranky3_produkty2)

<sup>57</sup> <http://www.remmers-servis.cz/Ochrana-a-obnova-pamatek/Konzervace-stavebn-ch-material/>

<sup>58</sup> Remmers, *Technický návod KSE-Modul-System*

### 3.3. Sedimentace vybraných prostředků

U výše zmíněných prostředků se nedříve sledovala míra a rychlost usazování pevné složky ve směsi. Jak je vidět na obrázcích č. 6 a 7 u produktu MBN Nf070, docházelo u některých prostředků k sedimentaci hydroxidu vápenatého poměrně rychle, ještě než došlo k jejich ředění v alkoholových rozpouštědlech. Firma IBZ – SALZCHEMIE GMBH & CO. KG nabízí své produkty CaLoSiL® již naředěné na koncentrace 5, 25 a 50g/l. Tento výzkum se pokusí porovnat stabilitu vápenných suspenzí v neředěném, tak i ředěném stavu. **Neředěné stavu** suspenze byly dány do zkumavek označených čísly 1–6. Ve zkumavkách ozn. 7–27 byly všechny vápenné suspenze ředěny na koncentraci 5g/l alkoholu a zároveň byly porovnávány rozdíly mezi různými typy rozpouštědel – *Absolutní líh (98%)*, *Technický líh* a *Izopropanol*. Kombinace vápenných alkoholových suspenzí a esterů kyseliny křemičité byly testovány ve zkumavkách ozn. 28–33.<sup>59</sup> Průběh sedimentace je fotograficky dokumentován a zaznamenán v Tab. 26 a 27 v obrazové příloze této diplomové práce. Grafický záznam rychlosti usazování pevné složky ve směsi je přiložen na s. 34 Graf 1



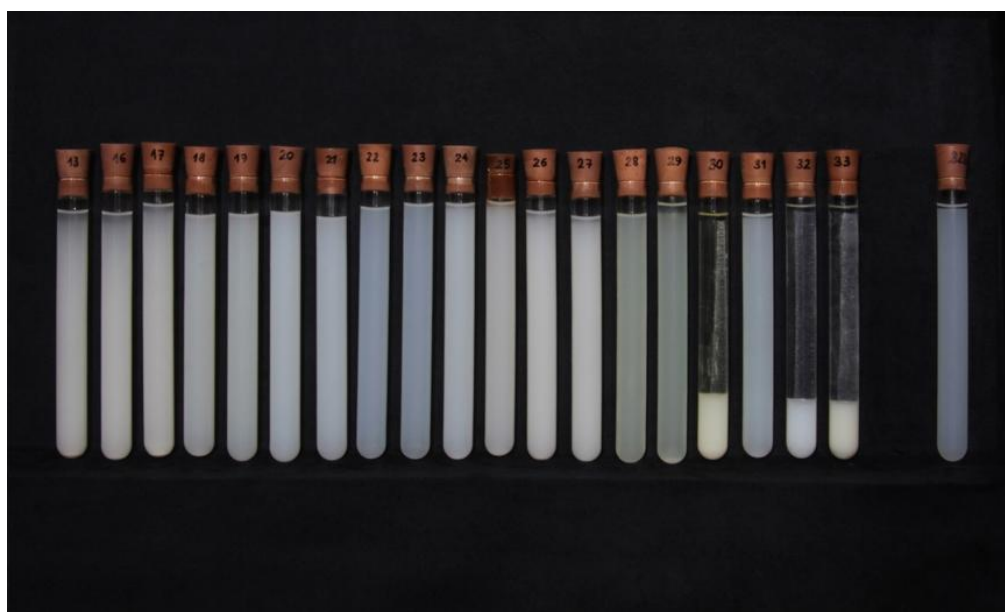
Obr. 10 Zkumavky 1-6 obsahují neředěné vápenné suspenze, v dalších jsou naředěné na 5g/l původního typu alkoholu.

---

<sup>59</sup> Některé reakce se zdály být relativně překvapivé, a proto byly znovu opakovány. To se týká zkumavek č. 13 a 32.

	Název suspenze	Množství Ca(OH) <sub>2</sub> v suspenzi	Ředidlo suspenze		Název suspenze	Množství Ca(OH) <sub>2</sub> [g/l]	Ředidlo suspenze
1	CaLoSiL® E25	30,28 g/l	-	9	CSGI E	5 g/l	98% etanol
2	CSGI E	11,35 g/l	-	10	CSGI E	5 g/l	Technický etanol
3	CSGI 1P	10,75 g/l	-	11	CSGI 1P	5 g/l	Propanol
4	ZFB 703i	77,64 g/l	-	12	ZFB 703i	5 g/l	Izopropanol
5	ZFB 734e	153,2 g/l	-	13	ZFB 734e	5 g/l	98% etanol
6	MBN Nf070	19,32 g/l	-	14	ZFB 734e	5 g/l	Technický etanol
7	CaLoSiL® E25	5 g/l	98% etanol	15	MBN Nf070	5 g/l	Izopropanol
8	CaLoSiL® E25	5 g/l	Technický etanol				

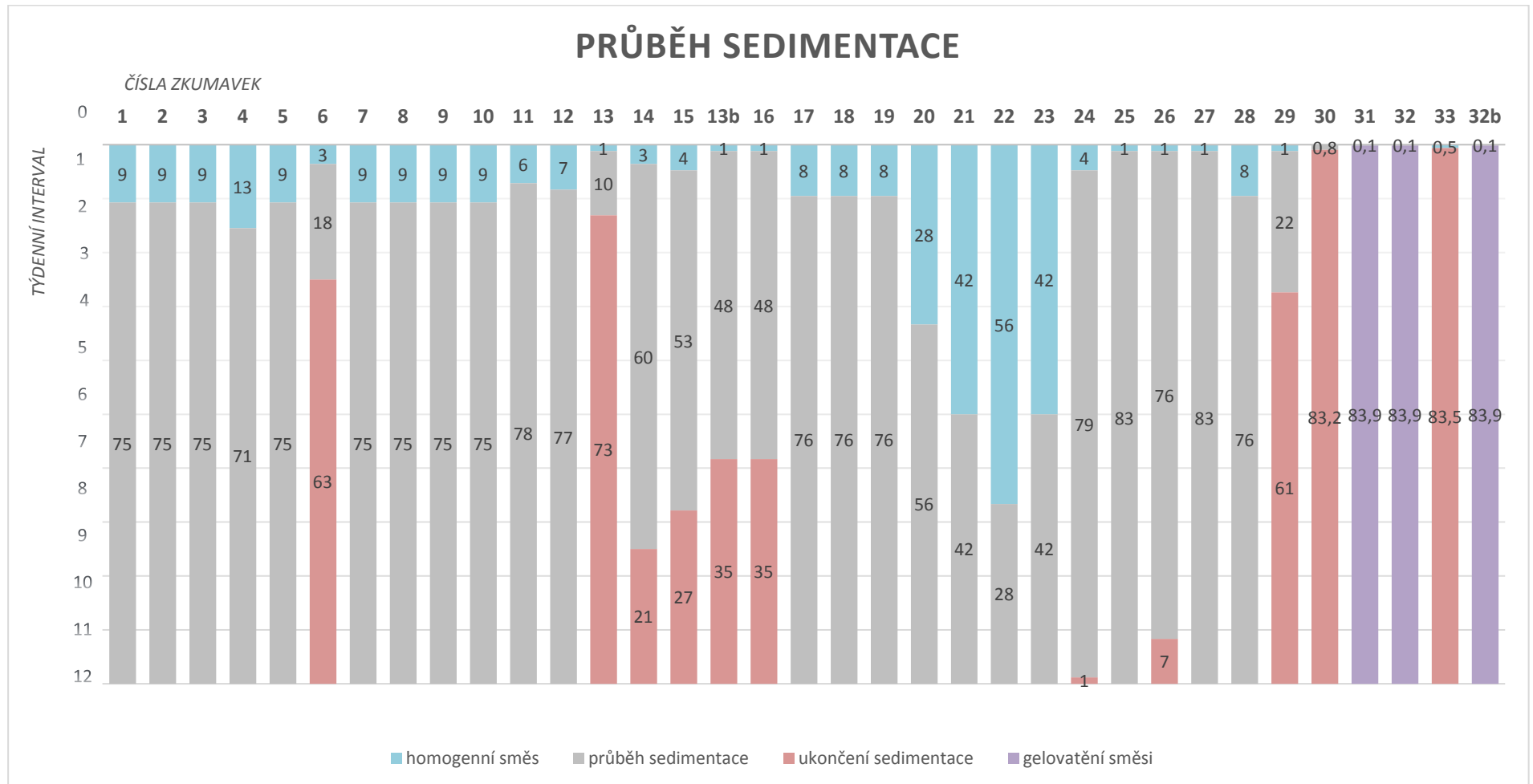
Tab. 1 Označení a koncentrace suspenzí ve zkumavkách (Obr. 10)



Obr. 11 Zkumavky označené čísly 13, 16–27 vápenné suspenze ředěné na 5g/l, v dalších (28–33) jsou směsi vápenných suspenzí s estery kyseliny křemičité

	Název suspenze	Množství Ca(OH) <sub>2</sub> v suspenzi	Ředidlo suspenze		Název suspenze	Množství Ca(OH) <sub>2</sub> v suspenzi	Ředidlo suspenze
13	ZFB 734e	5 g/l	Absolutní líh Penta	28	<i>Směs 1:1</i> CaLoSiL® E25 + KSE 300 HV	10 g/l	Absolutní líh Penta
16	ZFB 734e	5 g/l	Technický líh				
17	ZFB 734e	5 g/l	Isopropanol	29	<i>Směs 1:1</i> CSGI E + KSE 300 HV	10 g/l	Absolutní líh Penta
18	ZFB 703i	5 g/l	Absolutní líh Penta				
19	ZFB 703i	5 g/l	Technický líh Penta	30	<i>Směs 1:1</i> ZFB 703i + KSE 300 HV	10 g/l	Absolutní líh Penta
20	CaLoSiL® E25	5 g/l	Technický líh				
21	CaLoSiL® E25	5 g/l	Isopropanol	31	<i>Směs 1:1</i> CaLoSiL® E25 + KSE 300 E	10 g/l	Absolutní líh Penta
22	CSGI E	5 g/l	Technický líh				
23	CSGI E	5 g/l	Isopropanol	32	<i>Směs 1:1</i> CSGI E + KSE 300 E	10 g/l	Absolutní líh Penta
24	CSGI 1P	5 g/l	Absolutní líh Penta				
25	CSGI 1P	5 g/l	Technický líh	32b	<i>Směs 1:1</i> CSGI E + KSE 300 E	10 g/l	Absolutní líh Penta
26	MBN Nf070	5 g/l	Absolutní líh Penta				
27	MBN Nf070	5 g/l	Technický líh	33	<i>Směs 1:1</i> ZFB 703i + KSE 300 E	10 g/l	Absolutní líh Penta

Tab. 2 Označení a koncentrace suspenzí ve zkumavkách (Obr. 11)



Graf 1: Grafické znázornění rychlosti usazování pevné složky ve směsi. Sedimentace byla pozorována ve zkumavkách v průběhu 12 týdnů

### **3.4. Vyhodnocení sedimentace**

U jednotlivých vápenných suspenzí a jejich směsí s estery kyseliny křemičité byla sledována sedimentace, a zaznamenávána rychlost a průběh usazování pevné složky ve směsi. (viz. Tab. 26 a 27 v obrazové příloze a Graf 1 Průběh sedimentace) Ve zkumavkách č. 1 - 6 se nachází neředěné suspenze. Konstantní homogenní rozložení částic  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  si na nejdelší dobu zachovaly vápenná suspenze *CaLoSiL® E25*, produkt od firmy IBZ – SALZCHEMIE, a vápenná suspenze *CSGI E* z institutu CSGI. Naopak nejméně stabilní byla suspenze *MBN Nf070* z italského institutu MBN NANOMATERIALIA SPA, která se začala usazovat již po několika dnech.

Ostatní suspenze byly připraveny v koncentraci 5g/l v různých rozpouštědlech. Zajímavé pro praktické využití může být porovnání stability suspenzí v 98% a v technickém etanolu. Pozorováním bylo možné vysledovat velmi příznivé účinky ředění vápenných suspenzí v technickém lihu. Byla to právě suspenze *CSGI E* ředěná v technickém etanolu, která se projevila jako nejstabilnější ze všech zkoumaných produktů (ve zkumavce č. 22). I u jiných suspenzí lze doložit lepší nebo přinejmenším srovnatelnou stabilitu v lihu technickém než v lihu absolutním. Velmi dobré účinky byly projeveny při ředění v isopropanolu u etanolových suspenzí *CSGI E* a *CaLoSiL®*, označených čísly 21 a 23.

V posledních zkumavkách, označených čísly 28 - 33 byly připraveny směsi vápenných suspenzí s konsolidanty na bázi esterů kyseliny křemičité. Téměř u všech použitých suspenzí se jevílo jako nevhodné kombinování s produktem *KSE 300E* od firmy Remmers. Již v prvních dnech zde docházelo k reakci a zgelovatění směsi. Podstatně lepší výsledky umožňuje kombinace vápenných suspenzí s *KSE 300 HV*. Podle provedených zkoušek v kombinaci s *KSE 300 HV* nejlépe obstála suspenze *CaLoSiL® E25* v koncentraci 10g/l absolutního etanolu (směs v poměru 1:1).

### **3.5. Příprava zkušebních panelů**

Aby mohly být porovnávány a zdokumentovány účinky vybraných typů konsolidačních prostředků, byly připraveny dva omítkové panely s modelově vytvořenou simulací degradované barevné vrstvy.

Zkušební panely jsou opatřeny dvouvrstvou vápennou omítkou s nízkým obsahem pojivové složky. Povrch intonaka byl utažen a vyfilcován. Na jemnozrný povrch intonaka byla štětcem ve dvou vrstvách nanášena barevná vrstva **bez obsahu pojiva**. Abychom se co nejvíce přiblížili simulované degradované malbě ve fresce či vápenném seku, byla k pigmentu přidána mramorová moučka, tedy uhličitán vápenatý, který je v barevné vrstvě běžně pojivem, někdy i plnivem.





Obr. 12 Průběh přípravy zkušebních panelů, nanesení jádrové omítky



Obr. 13 Průběh přípravy zkušebních panelů, nanesení intonaca s nižším obsahem pojiva

### Použité materiály:

#### Arriccio:

- 1 díl vzdušného vápna
- 4 díly písku

#### Intonaco:

- 1 díl vzdušného vápna
- 2 díly mramorové moučky
- 5 dílů písku

#### Barevná vrstva:

- 3 díly pigmentu - Umbra pálená
- 1 díl mramorové moučky -  $\text{Ca}(\text{CO})_3$
- 10 dílů destilované vody



zkušebních panelů, nanesení barevné vrstvy

### **3.6. Zkoušky konsolidačních prostředků na panelech**

Dva zkušební omítkové panely o velikosti 100x50cm byly rozděleny čtvercovou sítí na celkem 100 polí o velikosti 9x9cm. Konsolidant byl nanesen postříkem pomocí jemného rozprašovače až do stavu nasycení substrátu, tedy do chvíle, kdy suspenze začínala po dobu delší než několik sekund zůstat na povrchu. Byly zkoušeny kombinace vápenných suspenzí s různými rozpouštědly o koncentracích 5g  $\text{Ca}(\text{OH})_2/\text{l}$  a 10g  $\text{Ca}(\text{OH})_2/\text{l}$ . Dále byly testovány směsi vápenných suspenzí s estery kyseliny křemičité.

Jednotlivé zkoušky jsou zaznamenány v tabulkách 3 a 4. Každé okno tabulky obsahuje údaje o aplikacích prostředků v daném poli na zkušebním panelu. Názvy konsolidantů a počty kol aplikace. U vápenných suspenzí byly uvedeny koncentrace, typy rozpouštědel, a zda po aplikacích následovala vlhčení vodou. Všechny zkoušky z řady A se nezdařily a proto byly znovu aplikovány v řadě B. Relativní vzdušná vlhkost a množství oxidu uhličitého ve vzduchu byly průběžně monitorovány. Při aplikaci konsolidantů se relativní vzdušná vlhkost

pohybovala v rozmezí 35 – 40% RH. Po skončení cyklu zkoušek byl panel vždy umístěn pod vzduchotěsnou folii s udržovanou relativní vlhkostí kolem 55-65%. Teplota vzduchu byla zaznamenána v rozmezí 20-22°C.

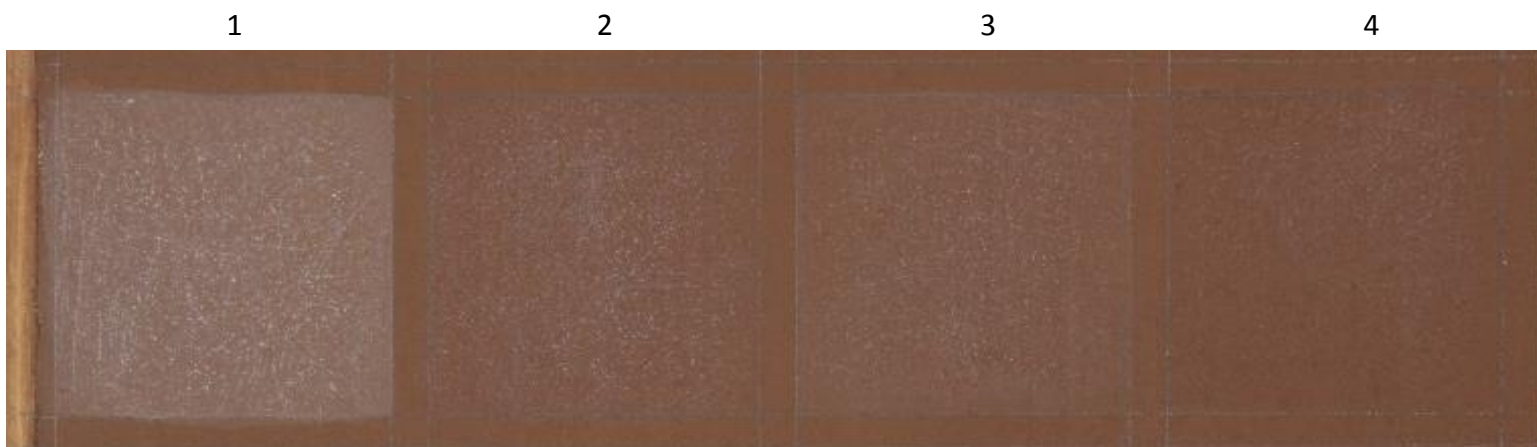
Ve zkouškách by mělo být zahrnuto subjektivní hodnocení míry zpevnění a estetických změn. Míra zpevnění po nanesení konsolidačních prostředků byla měřena a hodnocena i objektivně, tedy odtrhovým testem (*Scotch Tape Test*) a pomocí stěrů vatovými tyčinkami. Vizuelní změny byly posuzovány subjektivně podle *Škály intenzity nežádoucích efektů* v Tab. 5 (s. 44) a porovnávány s výsledky měření spektrofotometrem. Tmavnutí barevné vrstvy nebo tvorba bílého zákalu může být způsobena jednak typem směsi ale také množstvím vody při vlhčení.



Obr. 15 Testování na zkušebním panelu I, stav po aplikaci všech zpevňujících prostředků

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>A</b>	Nezpevněno H <sub>2</sub> O	MBN Nf070 5g/l Isopropanol aplikováno 6x + H <sub>2</sub> O (6x)	ZFB 734e 5g/l technický líh PENTA aplikováno 6x + H <sub>2</sub> O (6x)	ZFB 734e 5g/l absolutní líh PENTA aplikováno 6x + H <sub>2</sub> O (6x)	ZFB 703i 5g/l Isopropanol aplikováno 6x + H <sub>2</sub> O (6x)	CSGI 1P 5g/l Propanol aplikováno 6x + H <sub>2</sub> O (6x)	CSGI E 5g/l technický líh PENTA aplikováno 6x + H <sub>2</sub> O (6x)	CSGI E 5g/l absolutní líh PENTA aplikováno 6x + H <sub>2</sub> O (6x)	CaLoSiL® E25 5g/l technický líh PENTA aplikováno 6x + H <sub>2</sub> O (6x)	CaLoSiL® E25 5g/l absolutní líh PENTA aplikováno 6x + H <sub>2</sub> O (6x)
<b>B</b>	ZFB 703i 5g/l technický líh aplikováno 6x + H <sub>2</sub> O (6x)	MBN Nf070 5g/l Isopropanol aplikováno 6x + H <sub>2</sub> O (6x)	ZFB 734e 5g/l technický líh PENTA aplikováno 6x + H <sub>2</sub> O (6x)	ZFB 734e 5g/l absolutní líh PENTA aplikováno 6x + H <sub>2</sub> O (6x)	ZFB 703i 5g/l Isopropanol aplikováno 6x + H <sub>2</sub> O (6x)	CSGI 1P 5g/l Propanol aplikováno 6x + H <sub>2</sub> O (6x)	CSGI E 5g/l technický líh PENTA aplikováno 6x + H <sub>2</sub> O (6x)	CSGI E 5g/l absolutní líh PENTA aplikováno 6x + H <sub>2</sub> O (6x)	CaLoSiL® E25 5g/l technický líh PENTA aplikováno 6x + H <sub>2</sub> O (6x)	CaLoSiL® E25 5g/l absolutní líh PENTA aplikováno 6x + H <sub>2</sub> O (6x)
<b>C</b>	ZFB 703i 10g/l technický líh aplikováno 3x + 3x H <sub>2</sub> O	MBN Nf070 10g/l Isopropanol aplikováno 3x + 3x H <sub>2</sub> O	ZFB 734e 10g/l technický líh PENTA aplikováno 3x + 3x H <sub>2</sub> O	ZFB 734e 10g/l absolutní líh PENTA aplikováno 3x + 3x H <sub>2</sub> O	ZFB 703i 10g/l Isopropanol aplikováno 3x + 3x H <sub>2</sub> O	CSGI 1P 10g/l Propanol aplikováno 3x + 3x H <sub>2</sub> O	CSGI E 10g/l technický líh PENTA aplikováno 3x + 3x H <sub>2</sub> O	CSGI E 10g/l absolutní líh PENTA aplikováno 3x + 3x H <sub>2</sub> O	CaLoSiL® E25 10g/l technický líh PENTA aplikováno 3x + 3x H <sub>2</sub> O	CaLoSiL® E25 10g/l absolutní líh PENTA aplikováno 3x + 3x H <sub>2</sub> O
<b>D</b>	ZFB 734e 5g/l absolutní líh PENTA aplikováno 6x 2x H <sub>2</sub> O (po 6. aplikaci)	CSGI E 5g/l technický líh aplikováno 6x 2x H <sub>2</sub> O (po 6. aplikaci)	CaLoSiL® E25 5g/l techn. líh 3xapl./ bez H <sub>2</sub> O ZFB 734e 5g/l abs. líh 3x apl., 2x H <sub>2</sub> O (po 3.aplikaci)	CaLoSiL® E25 5g/l technický líh aplikováno 6x 2x H <sub>2</sub> O (po 6. aplikaci)	CSGI E 10g/l absolut. líh + KSE 300 HV poměr 1:1 (aplikováno 1x)	CaLoSiL® E25 10g/l absolut. líh + KSE 300 HV poměr 1:1 (aplikováno 1x)	CaLoSiL® E25 10g/l absolut. líh + KSE 300 E poměr 1:1 (aplikováno 1x)	KSE 100 (aplikováno 1x) KSE 300 HV (aplikováno 1x)	KSE 100 (aplikováno 1x) KSE 300 E (aplikováno 1x)	KSE 100 (aplikováno 1x) KSE 300 E (aplikováno 1x) KSE 500E (aplikováno 1x)
<b>E</b>	KSE 100 (aplikováno 1x) KSE 300 HV (aplikováno 1x) CaLoSiL® E25 10g/l absolut. líh (aplikováno 1x)	KSE 100 (aplikováno 1x) KSE 300 E (aplikováno 1x) CaLoSiL® E25 10g/l absolut. líh (aplikováno 1x)	KSE 100 (aplikováno 1x) KSE 300 HV (aplikováno 1x) CSGI E 10g/l absolut. líh (aplikováno 1x)	KSE 100 (aplikováno 1x) KSE 300 E (aplikováno 1x) CSGI E 10g/l absolut. líh (aplikováno 1x)	ZFB 703i 10g/l absolut. líh + KSE 300 E poměr 1:1 (aplikováno 1x)	ZFB 703i 10g/l absolut. líh + KSE 300 HV poměr 1:1 (aplikováno 1x)	ZFB 703i 10g/l absolut. líh + KSE 300 HV poměr 1:1 (aplikováno 2x)	KSE 100 (aplikováno 1x) KSE 300 HV (aplikováno 1x) CaLoSiL® E25 10g/l absolut. líh (aplikováno 2x)	KSE 100 (aplikováno 1x) KSE 300 HV (aplikováno 1x) CSGI E 10g/l absolut. líh (aplikováno 2x)	STANDARD (nezpevněno)

Tab. 3: Zkoušky na panelu I; modře jsou označeny vápenné suspenze aplikované samostatně, zeleně jsou zaznačeny vrstvené, po sobě jdoucí prostředky na bázi esterů kyseliny křemičité. Červenou barvou jsou vybarveny směsi vápenných suspenzí s estery kyseliny křemičité



Obr. 16 Pole v řadě D, na kterých byly zkoušeny vápenné suspenze bez následného vlhčení. Mezistav po 6. kole aplikace vápenných suspenzí.



Obr. 17 Pole v řadě D, na kterých byly zkoušeny vápenné suspenze bez následného vlhčení. Konečný stav po navlhčení vodou (celkem 2x navlhčeno).





Obr. 18 Testování na zkušebním panelu II, stav po aplikaci všech zpevňujících prostředků

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>A</b>	ZFB 734e 5g/l technický líh PENTA aplikováno 8x + H <sub>2</sub> O (8x)	CSGI 1P 5g/l Propanol aplikováno 8x + H <sub>2</sub> O (8x)	ZFB 703i 10g/l technický líh PENTA aplikováno 4x + H <sub>2</sub> O (4x)	CaLoSiL® E25 10g/l technický líh PENTA aplikováno 4x + H <sub>2</sub> O (4x)	CaLoSiL® E25 10g/l absolutní líh PENTA aplikováno 4x + H <sub>2</sub> O (4x)	CSGI E 10g/l absolutní líh + KSE 300HV směs 1:1 aplikováno 2x	CaLoSiL® E25 10g/l absolutní líh + KSE 300HV směs 1:1 aplikováno 2x	MBN Nf070 10g/l absolutní líh + KSE 300HV směs 1:1 aplikováno 1x	MBN Nf070 10g/l absolutní líh + KSE 300HV směs 1:1 aplikováno 2x	CaLoSiL® E25 10g/l absolutní líh + KSE 300HV směs 1:1 aplikováno 1x
<b>B</b>	KSE 100 + KSE 300 HV + CaLoSiL® E25 10g/l abs.líh 1:1:1	KSE 100 + KSE 300 HV + CSGI E 10g/l abs.líh 1:1:1	KSE 100 + KSE 300 HV + ZFB 703i 10g/l abs.líh 1:1:1	KSE 100 + KSE 300 HV + MBN Nf070 10g/l abs.líh 1:1:1	KSE 100 + KSE 300 HV + CaLoSiL® E25 10g/l abs.líh 1:1:2	KSE 100 + KSE 300 HV + CSGI E 10g/l abs.líh 1:1:2	KSE 100 + KSE 300 HV + ZFB 703i 10g/l abs.líh 1:1:2	KSE 100 + KSE 300 HV + MBN Nf070 10g/l abs.líh 1:1:2	ZFB 703i 10g/l absolutní líh + KSE 300HV směs 1:1 aplikováno 1x	ZFB 703i 10g/l absolutní líh + KSE 300HV směs 1:1 aplikováno 2x
<b>C</b>	KSE 100 + KSE 300 + CaLoSiL® E25 10g/l abs.líh 1:1:1	KSE 100 + KSE 300 + CSGI E 10g/l abs.líh 1:1:1	KSE 100 + KSE 300 + ZFB 703i 10g/l abs.líh 1:1:1	KSE 100 + KSE 300 + MBN Nf070 10g/l abs.líh 1:1:1	KSE 100 + KSE 300 + CaLoSiL® E25 10g/l abs.líh 1:1:2	KSE 100 + KSE 300 + CSGI E 10g/l abs.líh 1:1:2	KSE 100 + KSE 300 + ZFB 703i 10g/l abs.líh 1:1:2	KSE 100 + KSE 300 + MBN Nf070 10g/l abs.líh 1:1:2	CaLoSiL® E25 10g/l absolutní líh + KSE 300 směs 1:1 aplikováno 1x	CaLoSiL® E25 10g/l absolutní líh + KSE 300 směs 1:1 aplikováno 2x
<b>D</b>	MBN Nf070 10g/l absolut. líh + KSE 300 poměr 1:1 (aplikováno 1x)	MBN Nf070 10g/l absolut. líh + KSE 300 poměr 1:1 (aplikováno 2x)	CSGI E 10g/l absolut. líh + KSE 300 poměr 1:1 (aplikováno 1x)	CSGI E 10g/l absolut. líh + KSE 300 poměr 1:1 (aplikováno 2x)	KSE 100 + KSE 300 + ZFB 703i 10g/l abs.líh směs 1:1:2 CaLoSiL® E25 5g/l apl.4x	KSE 100 + KSE 300 + ZFB 703i 10g/l abs.líh směs 1:1:2 CSGI E 5g/l apl.4x	KSE 100 + KSE 300 + ZFB 703i 10g/l abs.líh směs 1:1:2 ZFB 703i 5g/l apl.4x	KSE 100 (apl.1x) KSE 300 HV + ZFB 703i 10g/l abs.líh CaLoSiL® E25 5g/l apl.4x	KSE 100 + KSE 300 HV + ZFB 703i 10g/l abs.líh 1:1:2 apl. 2x	
<b>E</b>	CSGI E 10g/l absolut. líh + KSE 300 HV poměr 1:1 (aplikováno 2x)	CaLoSiL® E25 10g/l absolutní líh + KSE 300 HV směs 1:1 aplikováno 2x	ZFB 703i 10g/l absolut. líh + KSE 300 HV směs 1:1 apl1x ZFB 703i 10g/l absolut. líh + KSE 100 směs 1:1 apl1x	CSGI E 10g/l absolut. líh + KSE 300 HV směs 1:1 apl1x CSGI E 10g/l absolut. líh + KSE 100 směs 1:1 apl1x	CaLoSiL® E25 10g/l absolut. líh + KSE 300 HV směs 1:1 apl1x CaLoSiL® E25 10g/l absolut. líh + KSE 100 směs 1:1 apl1x	ZFB 703i 10g/l absolut. líh + KSE 300 HV směs 1:1 apl1x ZFB 703i 5g/l absolut. líh aplikováno 2x + H <sub>2</sub> O (2x)	CSGI E 10g/l absolut. líh + KSE 300 HV směs 1:1 apl1x CSGI E 5g/l absolut. líh aplikováno 2x + H <sub>2</sub> O (2x)	CaLoSiL® E25 10g/l absolut. líh + KSE 300 HV směs 1:1 apl1x CaLoSiL® E25 5g/l absolut. líh aplikováno 2x + H <sub>2</sub> O (2x)		STANDARD (nezpevněno)

Tab. 4: Zkoušky na panelu I; modře jsou označeny vápenné suspenze aplikované samostatně, zeleně jsou zaznačeny vrstvené, po sobě jdoucí prostředky na bázi esterů kyseliny křemičité. Červenou barvou jsou vybarveny směsi vápenných suspenzí s estery kyseliny křemičité

## 4. VYHODNOCENÍ EXPERIMENTÁLNÍ ČÁSTI

### 4.1. Metody posouzení vizuálních změn a míry zpevnění

Po aplikaci zpevňovacích prostředků na zkušebních panelech se sledovaly změny vlastností barevné vrstvy. Aby bylo možné změny popsat a porovnat tak co nejjednodušeji jednotlivé zkoušky, byly vizuální změny hodnoceny číselnou stupnicí 0 – 3. Hodnota „0“ odpovídá nezřetelným změnám, což značí **nejlepší výsledek**, tedy že nedošlo k žádným závažným optickým změnám po aplikaci prostředku. Čím se číselná hodnota zvyšuje, znamená to větší odchylky a tedy nežádoucí účinky po aplikaci prostředku. Pro hodnocení míry zpevnění se číselná stupnice uplatňuje stejně, jen s rozdílem, že „0“ zde odpovídá **nejlepší míře zpevnění** v rámci testování. Z toho důvodu zde není zmiňována „míra zpevnění“, místo tohoto termínu je zde použit pojem „**sprašování**“ a **odtrhový test – množství odtrženého materiálu**“.





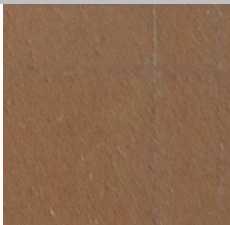
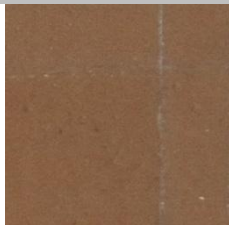






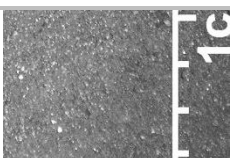
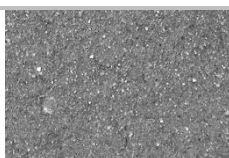
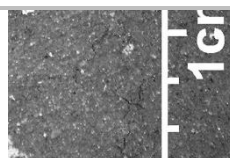
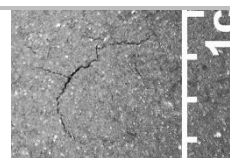
Pro hodnocení změn byla vytvořena tabulka č. 5 *Škála intenzity nežádoucích efektů*. Pro co nejobektivnější vizuální porovnání jsou do tabulky vloženy příklady jednotlivých stupňů poškození. Číselné intervaly by mohly pomoci objektivně vymezit a rozdělit získané výsledky z laboratorního měření.

Mezi laboratorní metody zkoumání by se mohlo řadit měření odchylek v barevnosti pomocí spektrofotometru. Z naměřených číselných hodnot, jež jsou uvedeny v příloze této práce, je možné zjistit míru/odchylku tmavnutí a bílého zákalu. Body měření byly graficky zaznačeny na obrázcích 26 a 27. Tyto výsledky mohou být porovnány s hodnocením subjektivním při vizuálním pozorování na základě porovnání se *škálou intenzity nežádoucích efektů* Tab. 5 V rámci subjektivního pozorování byly zaznamenány i mikrotrhliny, šupinky a jiné defekty barevné vrstvy, které byly rovněž hodnoceny podle výše zmíněné škály.

Míra zpevnění, sprašování či tvorba šupin barevné vrstvy byla posuzována subjektivně pomocí testu s vatovým tamponem a odtrhových testů s lepicí páskou (*Scotch Tape Test*). Fotografie odtrhových testů a testů sprašování jsou přiloženy k této diplomové práci v obrazové příloze v tabulkách 30 – 34.



## Škála intenzity nežádoucích efektů

	0 neznatelný	1 slabý	2 střední	3 silný
bílý zákal vizuální pozorování				
bílý zákal měření spektrofotometrem	$-\infty$ až $0,17 \Delta L^*$	$0,17$ až $0,7 \Delta L^*$	$0,7$ až $1,4 \Delta L^*$	$1,4$ až $\infty \Delta L^*$
tmavnutí vizuální pozorování				
tmavnutí měření spektrofotometrem	$\infty$ až $-0,6 \Delta L^*$	$-0,6$ až $-1,3 \Delta L^*$	$-1,3$ až $-1,9 \Delta L^*$	$-1,9$ až $-\infty \Delta L^*$
sprašování vizuální pozorování				
odtrhový test I množství odtrženého materiálu na $4 \text{ cm}^2$	0 až 2,8mg	2,8 až 5,5mg	5,5 až 8,3mg	8,3 až 11mg
odtrhový test II množství odtrženého materiálu na $9 \text{ cm}^2$	0 až 9,3mg	9,3 až 18,5mg	18,5 až 27,8mg	27,8 až 37mg
mikrotrhliny vizuální pozorování				

Tab. 5 Tabulka s metodami vyhodnocení změn a se stupni nežádoucích efektů, objevených po aplikacích konsolidačních prostředků.

### 4.1.1. Vizuelní pozorování

#### Bílý zákal

Bílý zákal byl hodnocen subjektivně na základě porovnání snímků pořízených pomocí PC USB mikroskopu podle stupňů zákalů definovaných v tab. 5 se *Škálou intenzity nežádoucích efektů*. Všechny mikroskopické snímky jsou součástí obrazové přílohy v tabulkách 28, 29. Takto byly hodnoceny stupně intenzity bílého zákalu:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
B	1	1	1	1	0	0	0	1	0	2
C	0	2	2	2	2	1	2	2	1	2
D	3	3	3	2	0	0	0	0	0	0
E	2	1	3	1	1	1	0	2	2	0

Tab. 6 Hodnocení intenzity bílého zákalu na panelu I

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	2	2	0	2	2	3	1	0	0	1
B	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	2	2	0	2	1	1	2	1	1	x
E	0	0	0	0	1	1	1	1	x	0

Tab. 7 Hodnocení intenzity bílého zákalu na panelu II

#### Tmavnutí

Intenzita míry tmavnutí byla posuzována subjektivně podle vizuelního porovnání a stupnice ztmavnutí v tab. 5.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
B	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2
C	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
D	1	1	1	1	0	0	0	1	2	3
E	1	3	0	3	1	0	0	0	0	0

Tab. 8 Hodnocení intenzity tmavnutí na panelu I

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	3	3	2	3	2	3	1	1	2	0
B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	0	1	0	0	2	2	2	2	1	x
E	2	2	1	1	1	0	0	0	x	0

Tab. 9 Hodnocení intenzity tmavnutí na panelu II

## Sprašování

Míra sprášování byla posuzována podle stěru provedeného vatovým tamponem (viz. fotografie v tabulkách 31, 32 obrazové příloze). Jedná se o jednu z metod, díky níž lze posoudit intenzitu zpevnění barevné vrstvy po aplikaci prostředku. Posuzovalo se množství ulpěného materiálu na vatě a porovnávalo se se stupnicí v tabulce 5.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
B	2	2	1	1	1	0	0	0	1	1
C	0	1	2	2	2	1	1	1	1	1
D	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2

Tab. 10 Hodnocení intenzity sprášování barevné vrstvy na panelu I

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	1	0	2	0	0	0	1	1	0	0
B	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0
C	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0
D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	1	0	0	x	2

Tab. 11 Hodnocení intenzity sprášování barevné vrstvy na panelu II

## Mikrotrhliny

Výskyt mikrotrhlin by mohlo poukázat na nežádoucí účinky zpevňovacího prostředku, který by mohl způsobovat prnutí a následnou degradaci barevné vrstvy. Velikost a množství případných trhlin bylo hodnoceno podle stupnice tohoto typu poškození v tabulce 5.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
B	0	0	1	2	2	2	0	0	2	3
C	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tab. 12 Hodnocení výskytu mikrotrhlin v barevné vrstvě na panelu I

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0
B	1	1	2	1	0	1	0	0	0	0
C	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0
D	0	0	0	1	1	0	0	0	0	x
E	0	0	0	0	1	0	0	0	x	0

Tab. 13 Hodnocení výskytu mikrotrhlin v barevné vrstvě na panelu II

### 4.1.2. Měření spektrofotometrem

Hodnota barevné difference ( $\Delta E$ ) zpevněné a nezpevněné barevné vrstvy na zkušebních panelech byla stanovena objektivní metodou. K měření byl použit

přenosný spektrofotometr *CM-2600d Konica Minolta*, jenž umožňuje zaznamenávání hodnot barevného prostoru v systému *CIELAB*.<sup>60</sup>

Barevná diference  $\Delta E$  umožňuje číselně popsat „vzdálenost“ nebo „rozdíl“ dvou barev. Hodnota  $\Delta L$  je jasová odchylka (přechod černá – bílá), hodnoty  $\Delta a$  a  $\Delta b$  představují rozdíly pozic v kolorimetrickém diagramu *CIEL\*a\*b\** ( $a^*$ : zelená – červená,  $b^*$ : modrá – žlutá).

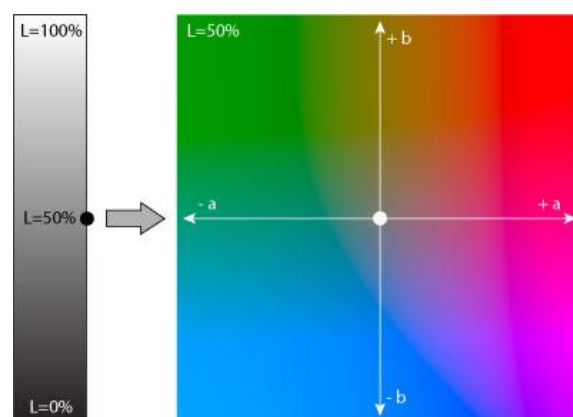
Celková barevná diference  $\Delta E^*$  je mj. vyjádřena matematickým vzorcem:<sup>61</sup>

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

$$\text{kde } \Delta L^* = L^*_{\text{bod 1-4}} - L^*_{\text{standard}}$$

$$\Delta a^* = a^*_{\text{bod 1-4}} - a^*_{\text{standard}}$$

$$\Delta b^* = b^*_{\text{bod 1-4}} - b^*_{\text{standard}}$$



Obr. 19 Kolorimetrický diagram *CIEL\*a\*b\**<sup>62</sup>

Porovnáním hodnocení míry optických změn podle celkové barevné diference a jasové odchylky vůči výsledkům vizuálního pozorování se ukázalo, že jsou pro tento výzkum podstatné hodnoty **jasové odchylky  $\Delta L^*$** . Číselné hodnoty jasové odchylky menší než 0, tedy záporné, odpovídají míře ztmavnutí, naopak plusové hodnoty se zvyšují úměrně s hustotou bílého zákalu. V některých případech, kdy došlo k výraznějšímu ztmavnutí i k tvorbě bílého zákalu, se hodnota jasové odchylky vyrovnala, což může vyznívat jako zavádějící informace. Proto je třeba každý výsledek měření spektrofotometrem porovnat s výsledky vizuálního pozorování.

## Měření míry bílého zákalu

Hodnota souřadnic prostoru *CIELAB* pro každé měření byla získána automatickým zprůměrováním tří po sobě jdoucích měření (v prostoru šablony o velikosti 20x15mm). Průměr měřené plochy (štěrbiny) byl 10mm.

<sup>60</sup> ZMEŠKAL O., ČEPPAN M., DZIK P. *Barevné prostory a správa barev*. 2002, dostupné na: [http://www.fch.vutbr.cz/lectures/imagesci/download/stud06\\_rozn02.pdf](http://www.fch.vutbr.cz/lectures/imagesci/download/stud06_rozn02.pdf)

*CIE-L\*A\*B\*-System*, [http://www.colorsystem.com/?page\\_id=991&lang=en](http://www.colorsystem.com/?page_id=991&lang=en)

<sup>61</sup> KAISER J., *Věrnost barevné tiskové reprodukce*, dostupné na: [http://dsp.vscht.cz/konference\\_matlab/MATLAB08/prispevky/052\\_kaiser.pdf](http://dsp.vscht.cz/konference_matlab/MATLAB08/prispevky/052_kaiser.pdf)

<sup>62</sup> Dostupné na: [http://www.fotoroman.cz/glossary2/3\\_lab.htm](http://www.fotoroman.cz/glossary2/3_lab.htm)

Měření probíhalo při vestavěném osvětlení - denním světle D65, s teplotou chromatičnosti 6504K s blízkou částí UV spektra (nastaveno 100%) dle *CIE* standardu v barevném prostoru *CIE 1976* (CIELAB). Zdrojem osvětlení byla xenonová výbojka. Zapisovaly se hodnoty *SCI* (Specular component included), což znamená měření včetně zrcadlové složky odrazu. Hodnoty *SCE* vyjadřují měření bez lesku, tyto údaje nebyl v dokumentaci zaznamenávány.

Pro dosažení objektivnějšího způsobu měření bílého zákalu se měřila hodnota souřadnic v rámci zkušebního pole celkem na 4 různých místech. Všechny body měření byly zaznamenány graficky na fotografii panelu.<sup>Obr. 23,24</sup> Měření v **bodě 1** bylo zpravidla na místě nejsilnějšího zákalu, měření v **bodě 2** by mělo odpovídat nejmenšímu zákalu a **body 3 a 4** podle převažujícího stavu.



Obr. 20 Ukázka označení míst měření bílého zákalu (body 1-4) spektrofotometrem na zkušebním panelu

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tab. 14 Hodnocení intenzity bílého zákalu na panelu I

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
B	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
C	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	2	2	2	3	3	2	3	1	1	1

Tab. 15 Hodnocení intenzity bílého zákalu na panelu II

## Měření míry tmavnutí

U měření míry tmavnutí se v některých případech byly využity hodnoty naměřené a zprůměrované při měření míry bílého zákalu (viz Grafické zaznačení míst měření). V místech utvořeného bílého zákalu byla použita k měření štěrbinová o průměru 5mm, kterou bylo možné omezit či obejít bílý zákal a porovnat tak naměřené hodnoty ztmavnutí barevné vrstvy.

Výsledky měření byly zaznamenány v tabulkách 39 - 47 v textové příloze. Počítal se vždy průměr naměřených odchylek souřadnice  $\Delta L^*$  u bodů 1 - 4. Výsledné hodnocení probíhalo na základě číselného intervalu uvedeného v tabulce 5.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>A</b>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<b>B</b>	1	0	1	3	2	1	1	1	1	1
<b>C</b>	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0
<b>D</b>	0	0	0	0	2	1	3	0	1	1
<b>E</b>	1	3	1	3	0	1	1	1	2	0

Tab. 16 Hodnocení intenzity tmavnutí na panelu I

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>A</b>	0	1	1	0	3	1	0	0	2	0
<b>B</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>C</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>D</b>	0	0	0	1	1	1	2	2	0	0
<b>E</b>	1	1	1	3	2	0	1	0	0	0

Tab. 17 Hodnocení intenzity tmavnutí na panelu II

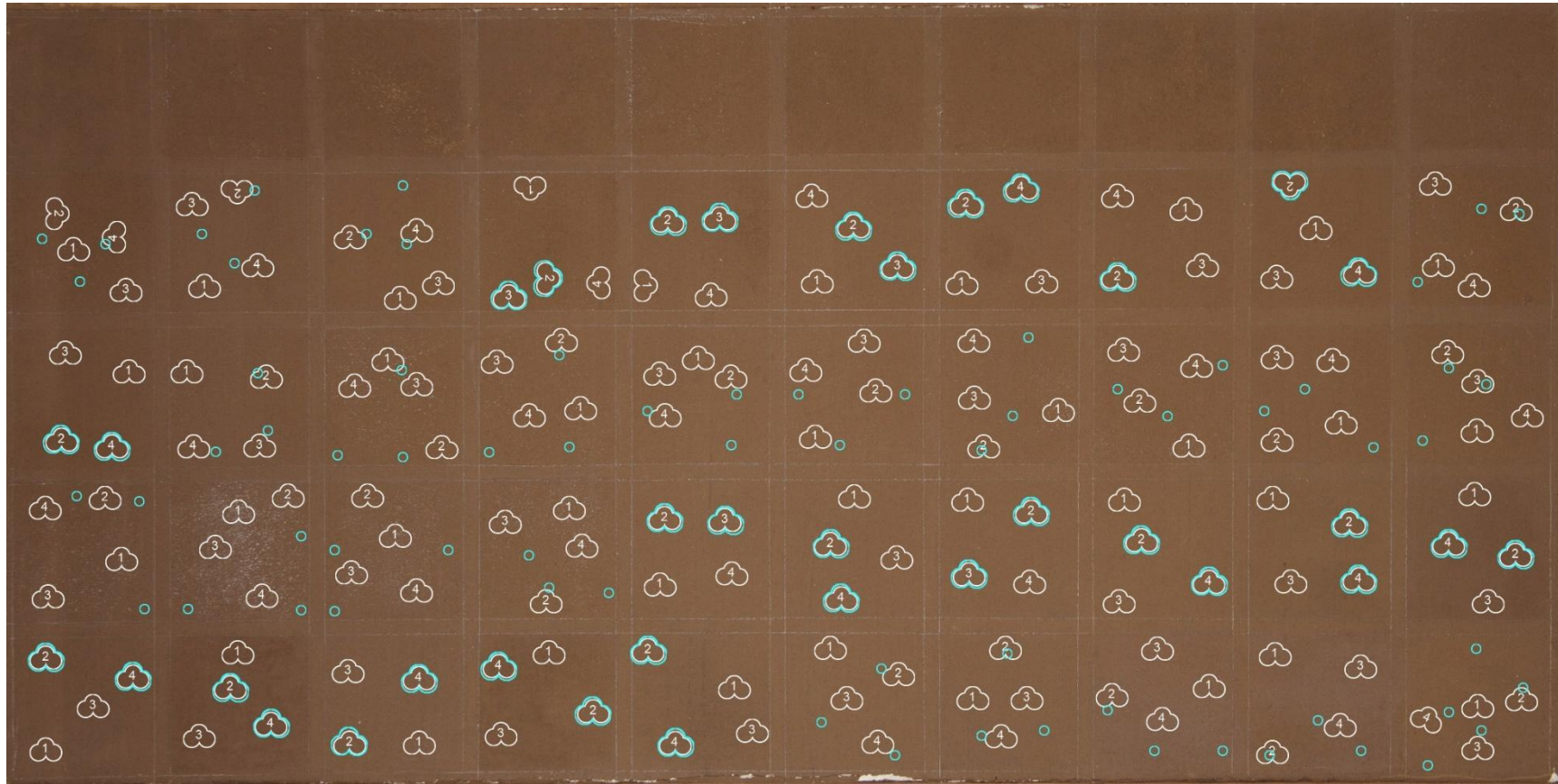


Obr. 21 Detail displeje spektrofotometru CM-2600d v průběhu měření



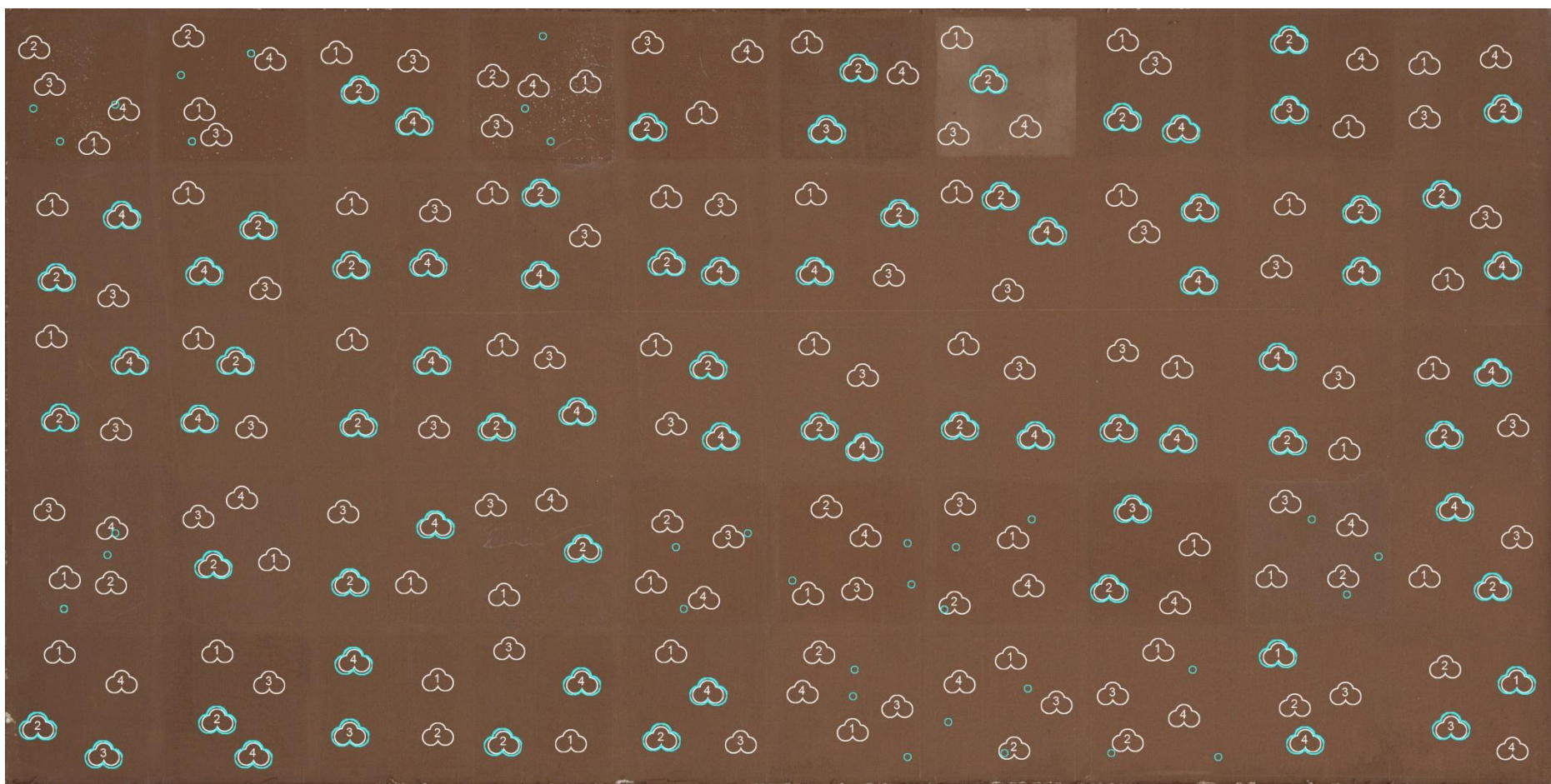
Obr. 22 Spektrofotometr CM-2600d





Obr. 23 Zákres bodů měření spektrofotometrem na zkušebním panelu I.

- **Bílé** značky s čísly značí plochu šablony, v níž byly hodnoty  $L^*$ ,  $a^*$   $b^*$  získány automatickým zprůměrováním tří po sobě jdoucích měření. Tyto údaje sloužily k stanovení míry bílého zákalu.
- **Modře** zaznačené či obtažené body odpovídají místům, v nichž byly naměřeny hodnoty pro stanovení míry tmavnutí.



Obr. 24 Zákres bodů měření spektrofotometrem na zkušebním panelu II.



### 4.1.3. Odtrhový test (Scotch Tape Test)

Odtrhový test patří k objektivním metodám posuzování míry zpevnění. Měřeno je množství odtrženého materiálu pomocí lepicí pásky. Podle množství a způsobu odtržení barevné vrstvy lze posoudit, do jaké hloubky a intenzity došlo ke zpevnění. Výsledky nicméně ukázaly, že test může být značně zavádějící, protože u nezpevněného vzorku bylo při testu odebráno srovnatelné množství materiálu jako u velmi dobře zpevněných vzorků. Stejně tak může zlepšení koheze doprovázet špatná adheze, tedy oddělování šupin barevné vrstvy od podkladu.

Zaznamenávána je váha pásky před a po aplikaci. Rozdíly hodnot v mg jsou přiloženy společně s fotodokumentací u každého vzorku. K měření byla použita elektronická digitální laboratorní váha *KERN PLJ* od firmy *Kern a Sohn GmbH* s citlivostí  $d=0,001\text{g}$ .

Celkem 7 vybraných typů lepicích pásek bylo testováno v totožném poli (A10) na panelu I. Mezi požadovanými vlastnostmi pásek byla transparentnost, snadná manipulace a nižší lepidivost. K výslednému prvnímu testování byla zvolena páska *Pritt* od firmy *Henkel* pro svou nižší lepidivost a průhlednost (lepší kontrolovatelnost). Při dalším testování byla použita oboustranná lepicí páska *Tesa*®.



Obr. 25 Testované lepicí pásky s různou lepidivostí a velikostí. K odtrhovému testu I byla zvolena třetí páska zleva.

#### Odtrhový test I

K testu I byla použita méně lepidivá páska *Pritt* (*Henkel*). Vymezená lepicí plocha pásky byla ve všech zkouškách  $20 \times 20\text{mm}$  ( $\pm 1\text{mm}$ ). Páska byla nalepena na testovanou barevnou vrstvu a rovnoměrně prsty přitlačena. Po 25 minutách byla odtržena v úhlu cca  $45\text{-}60^\circ$ .

Páska byla označena číslem pole, na kterém byla testována a byla zvážena před a po aplikaci testu. Rozdíl obou vah odpovídá množství odtrženého

materiálu. Podle vymezeného intervalu v tabulce č. 5 se zkoušce přiřadila hodnota 0-3.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
B	1	1	2	2	0	1	1	1	3	1
C	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0
D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0

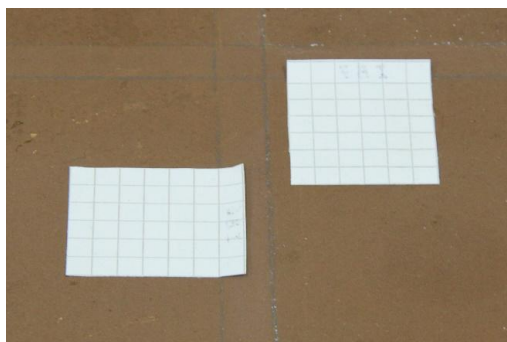
Tab. 18 Hodnocení výsledků z odtrhového testu I na panelu I

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0
B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
C	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	1	0	0	0	0	x
E	0	0	0	0	0	0	0	0	x	0

Tab. 19 Hodnocení výsledků z odtrhového testu I na panelu II

## Odtrhový test II

K testu I byla použita více lepicí páska *Tesa®*, která byla přilepena na normovaný čtverečkový papír a po té rozstřihána na stejné díly. V horní části byl ponechán nepolepený pruh papíru pro označení. Vymezená lepicí plocha pásky byla ve všech zkouškách 30x30mm (+/-1mm). K barevné vrstvě byla páska přitlačena rovnoměrně prsty a ponechána působit po dobu 3 minut. Po té byla odtržena rychlým plynulým tahem v úhlu cca 45-60°. Páska byla zvážena před i po testování včetně ochranné žluté folie a uzavíratelného PVC sáčku. Tato metoda byla doporučena v odborném článku o standardizaci odtrhových testů při zpevňování kamenných povrchů.<sup>63</sup>



Obr. 26 Aplikace oboustrané lepicí pásky



Obr. 27 Lepicí páska po aplikaci připravená k zvážení

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
B	1	2	2	3	2	3	2	3	3	3
C	1	1	2	2	2	1	2	2	2	2
D	1	1	1	1	1	3	1	1	1	2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	1	3	3	2	2	0	0	3	2	1
B	0	0	0	0	1	2	2	2	0	2
C	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1
D	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1

<sup>63</sup> DRDÁČKÝ M., JAROSLAV LESÁK J., RESCIC S., ZUZANA SLÍŽKOVÁ Z., TIANO P., VALACH J. *Standardization of peeling tests for assessing the cohesion and consolidation characteristics of historic stone surfaces*. *Materials and Structures* (2012) 45, s. 505–520

E	0	0	0	0	3	3	3	0	2	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Tab. 20 Hodnocení výsledků z odtrhového testu II. na panelu I

E	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Tab. 21 Hodnocení výsledků z odtrhového testu II. na panelu II

#### 4.2. Výsledky posouzení vizuálních změn a míry zpevnění

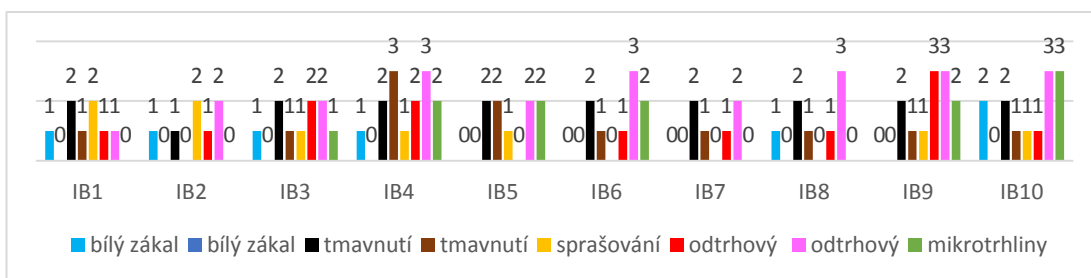
Hodnoty jednotlivých měření a subjektivních posuzování byly zaznamenány do tabulek č. 6 – 21, z nichž každá odpovídala jiné metodě posuzování změn. Z pro možnost porovnání všech testů současně, byly vytvořeny barevné grafy s hodnotami pro každou řadu zvlášť. Hodnota „0“ znamená **neznatelné** nežádoucí efekty

„1“ znamená **slabé** nežádoucí efekty

„2“ znamená **střední** nežádoucí efekty

„3“ znamená **silné** nežádoucí efekty

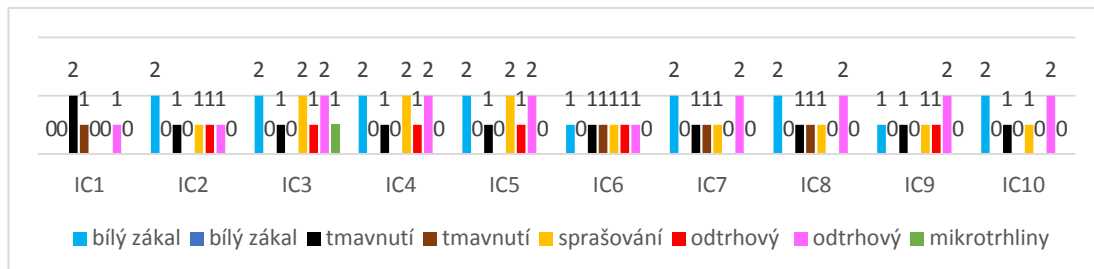
V první řadě (ozn. A) na panelu I byly testovány vápenné suspenze v koncentraci 5 g/l, které byly aplikovány pomocí jemného rozprašovače Dahlila sprayer. U alkoholových suspenzí docházelo k rychlé absorpci i vysychání rozpouštědla. Problém nastal při následném vlhčení mezi koly konsolidace. Rovnoměrně nanesená barevná vrstva bez obsahu jakéhokoli pojiva se začala shlukovat kolem kapiček vody a lokálně se začaly utvářet puchýře a šupiny barevné vrstvy oddělené od podkladu. Pravděpodobně postupným přeskupením zrn pigmentu došlo k ztmavení barevné vrstvy. Proto byly vyzkoušeny i jiné rozprašovače, ale nejlepší účinky byly zaznamenány při použití jemného plynového rozprašovače Preval Sprayer. Ten umožnil co nejšetrnější aplikaci prostředku i během vlhčení.



Graf 2 Hodnocení nežádoucích efektů na panelu I, v polích 1 -10 řady B

V řadě B panelu I byly všechny zkoušky z řady A opakovány, tentokrát pomocí plynového rozprašovače. Dobré zpevňující účinky se projeví u řady produktů od CSGI. Ve všech případech použití tohoto konsolidantu nedocházelo k tvorbě výraznějšího bílého zákalu. Barevná vrstva se zdá být na základě otěru poměrně dobře zpevněná i u produktů CaLoSiL E25, ZFB 703i a MBN Nf070, i když výsledky odtrhového testu nejsou příznivé. Zřejmě došlo pouze ke

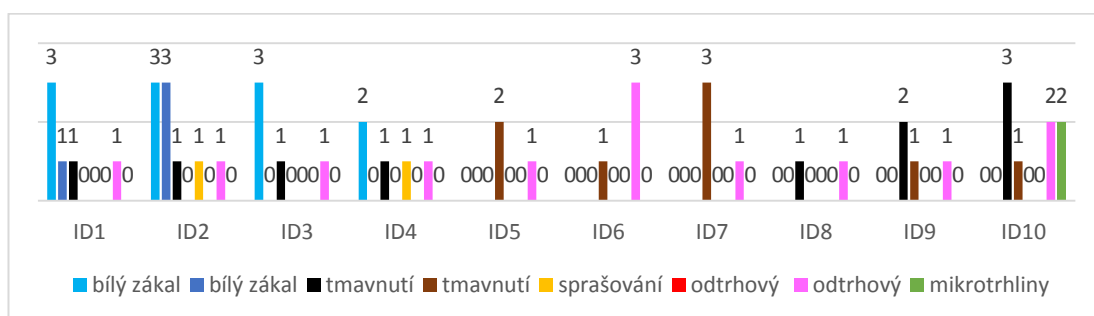
zlepšení koheze barevné vrstvy, ne však ke zlepšení její adheze k podkladu. Obecně lze konstatovat, že v celé této řadě nedošlo díky vlhčení k tvorbě silného bílého zákalu. Nevýhodou vlhčení se však zdá být jeho vliv na mírné tmavnutí a pnutí barevné vrstvy, které lokálně vyústilo v tvorbu mikroprasklin a šupin.



Graf 3 Hodnocení nežádoucích efektů na panelu I, v polích 1 -10 řady C

V řadě C na panelu I byly nanесeny tytéž typy vápenných suspenzí, avšak v koncentracích 10 g/l. Nejlepších konsolidačních výsledků v této řadě dosáhl produkt ZFB 703i, aplikovaný v technickém etanolu. Jedinou jeho nevýhodou je poměrně silné ztmavnutí barevné vrstvy. Důvod tohoto tmavnutí u vápenné suspenze je těžko vysvětlitelný, ale tmavnutí může být podle předchozích zkušeností spíše působeno následným vlhčením. Otázkou však je, proč nebylo stejně výrazné tmavnutí zaznamenáno i u ostatních zkoušek v této řadě. Obecně lze konstatovat, že odtrhový test zaznamenal výrazně lepší výsledky než u řady B. Otázkou je, zda byla důvodem aplikace vyšší koncentrace v menším počtu cyklů, či méně cyklů vlhčení vodou.

Vzhledem k menšímu namáhání barevné vrstvy v průběhu vlhčení nedocházelo k tvorbě šupin a mikrotrhlin či tmavnutí. Naopak ve vyšší koncentraci suspenze dochází výrazně k tvorbě bílého zákalu, zvláště u produktů ZFB 734e a CSGI E.



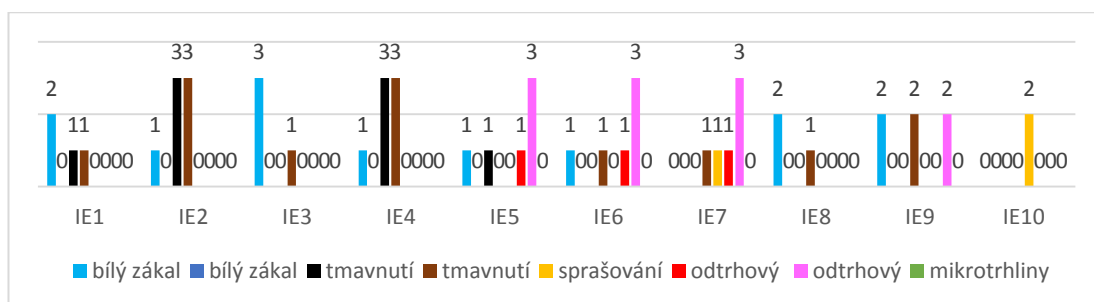
Graf 4 Hodnocení nežádoucích efektů na panelu I, v polích 1 -10 řady D

Protože se v předchozí řadě ukázalo jako účinné omezení vlhčení vodou, byly v řadě D v polích 1 – 4 nanесeny vápenné suspenze bez průběžného vlhčení. Na obrázku 16 lze vidět silný zákal utvořený po 6 kolech aplikací. Na obrázku č. 17 je stav po navlhčení, kdy došlo k znatelnému snížení bílého zákalu. Konsolidační účinky jsou velmi dobré.

Směsi vápenných suspenzí s organokřemičitany (pole 5-7) se již po prvním

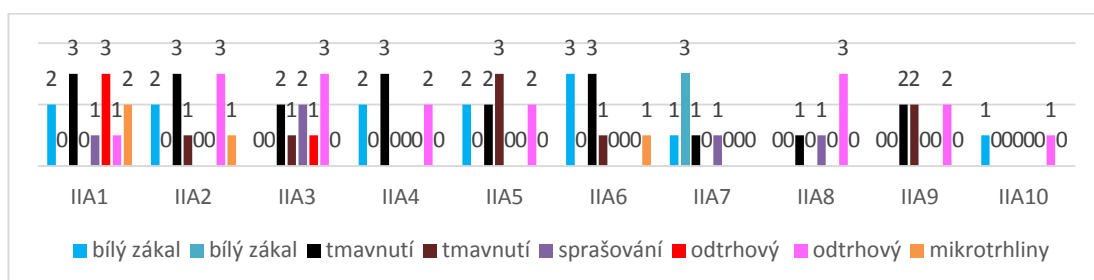
kole aplikace jeví ve všech aspektech mnohem uspokojivější než opakované nanášení čistých vápenných suspenzí. Při jejich testování nedošlo k žádným vizuálním změnám barevné vrstvy a barevná vrstva je velmi dobře zpevněná.

V polích 8 až 10 byly aplikovány estery kyseliny křemičité v původním neředěném stavu postupně od nejnižší koncentrace k nejvyšší. Účinky zpevnění jsou velmi dobré, ale u vyšších koncentrací došlo k výraznému tmavnutí a pnutí barevné vrstvy.



Graf 4 Hodnocení nežádoucích efektů na panelu I, v polích 1 -10 řady D

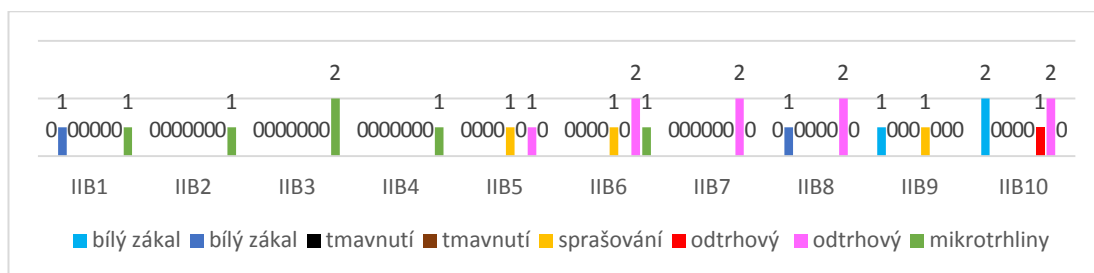
V řadě E se pokračovalo v kombinování vápenných suspenzí a organokřemičitanů. Dále zde byly testovány směsi a víceřadové aplikace, kde se nejdříve aplikoval prostředek KSE100, následoval KSE 300 HV nebo KSE 300E a v závěru byla barevná vrstva dozpevněna vápennými suspenzemi. Ve všech případech byla barevná vrstva velmi dobře zpevněná. V polích 2 a 4 došlo k silnému ztmavnutí, jež bylo s největší pravděpodobností způsobené použitím elastifikovaného organokřemičitanu KSE 300 E. Při víceřadové aplikaci esterů kyseliny křemičité a vápenné suspenze o koncentraci 10g/l dochází k tvorbě výrazného bílého zákalu.



Graf 6 Hodnocení nežádoucích efektů na panelu II, v polích 1 -10 řady A

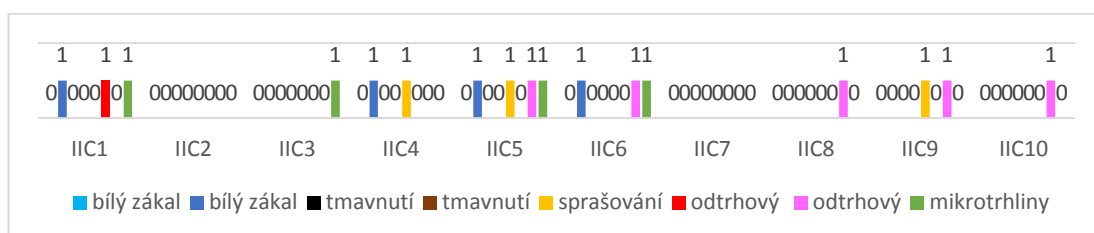
Na panelu II se pokračovalo v obdobných zkouškách. V řadě A se v prvním pěti polích testovaly suspenze ředěné na 5 a 10g/l ale tentokrát ve větším počtu aplikací. Zde se tyto kombinace projeví nepříznivě ve vizuálních změnách (bílý zákal) a kupodivu i v nižších účincích zpevnění. Je možné, že zde opět nepříznivě působí voda, která byla nanášena po každé aplikaci prostředku. Pouze CSGI P (5 g/l) vykazuje větší míru zpevnění a přibližně stejnou intenzitu bílého zákalu jako u zkoušek na panelu I. Velice dobrých výsledků je dosaženo mísením vápenných suspenzí s produktem KSE 300HV, zejména u CaLoSiLu E25 (10g/l) a produktu výrobce MBN. Zkouška A7 je kvůli kompaktnímu bělavému zákalu

opakována v řadě E.



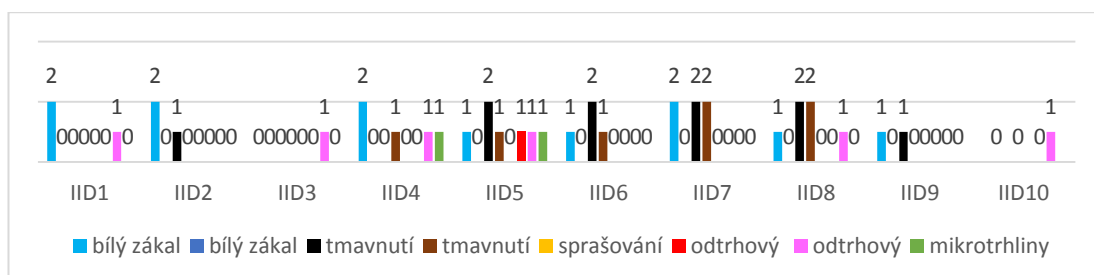
Graf 7 Hodnocení nežádoucích efektů na panelu II, v polích 1 -10 řady B

Konsolidační účinky tříložkových směsí v řadě B (vápenná suspenze, KSE 100 a KSE 300HV) jsou ve všech zkouškách velmi dobré. Pouze u směsí s produktem ZFB 703i dochází bílému zákalu a mikrotrhlinám v barevné vrstvě.



Graf 8 Hodnocení nežádoucích efektů na panelu II, v polích 1 -10 řady C

V polích 1 až 8 v řadě C byly porovnávány výsledky zpevňování tříložkových směsí, avšak namísto KSE 300HV byl použit produkt KSE 300. Prokazatelně se tyto prostředky v tomto užití od sebe neliší, stabilita i míra zpevnění se přinejmenším jeví stejná.



Graf 9 Hodnocení nežádoucích efektů na panelu II, v polích 1 -10 řady D

V polích 1 až 4 řady D bylo pokračováno v porovnávání použití KSE 300 ve dvousložkových směsích s vápennými suspenzemi. Ani zde se neprojevují výraznější rozdíly mezi produktem KSE 300HV a KSE 300. Pole 5 až 7 byly vymezeny dalšímu testování směsí esterů kyseliny křemičité s vápennými suspenzemi. Tříložková směs s větším poměrem vápenné suspenze a následným opakovaným dozpevňováním čistou vápennou suspenzí (5g/l) vykazuje velmi dobrou míru zpevnění. Nevýhodou jsou však vizuální změny – tvorba slabého bílého zákalu a tmavnutí. Bílému zákalu nebylo možno se vyvarovat ani pravidelným vlhčením po každém kole aplikace.

Výborné zpevňující účinky, ale značné ztmavnutí lze zaznamenat u zkoušek 1 a 2 v řadě E, jež byly opakovaním nezdařilých zkoušek A6 a A7 . Zkouška A7,

na které byl vytvořen kompaktní bělavý zákal, byla provedena 4 dny starou směsí. U nové zkoušky v poli E2 byla směs namíchána bezprostředně před použitím a ke tvorbě zákalu již zde nedošlo. Ačkoli se směs jeví i po několika dnech dobře mísitelná, není vhodné ji skladovat a používat už po několika hodinách od namíchání. V polích 3 až 8 v řadě E bylo pokračováno v aplikování dvousložkových směsí organokřemičitanu s vápennou suspenzí a jejich kombinováním s čistou vápennou suspenzí či další dvousložkovou směsí. Kromě mírného až středního tmavnutí dosahují velmi dobrých výsledků. Odrhový test na nezpevněném vzorku (standard) ukázal, že jeho výsledky mohou být značně zavádějící, protože nedošlo k téměř žádnému odběru materiálu.

### **4.3. Závěrečné zhodnocení testování na zkušebních panelech**

Vizuálním pozorováním lze nalézt rozdílné projevy jednotlivých prostředků. Již v počátku testování se na zpráškovatělou barevnou vrstvu osvědčilo použití nejjemnějšího rozprašovače. Nanesení nerovnoměrného nebo většího množství kapaliny, které se nestačilo vsakovat či odpařovat, vedlo v mnoha případech k degradaci barevné vrstvy. Zpravidla se jednalo o tmavnutí a ztráty adheze barevné vrstvy k podkladu.

Zaznamenaná byla široká škála intenzity a tónů bílého zákalu, který je pravděpodobně způsoben množstvím a velikostmi částic  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  v suspenzi. Podle výsledků provedených zkoušek lze konstatovat, že je možné bílý zákal výrazně redukovat následným vlhčením vodou. Bílý zákal je dobře znatelný na zvětšených snímcích pořízených pomocí USB mikroskopu (v našem případě se jednalo o *MicroCapture Pro* od výrobce *Celestron*).

Dále bylo pozorováno tmavnutí způsobené konsolidanty na bázi esterů kyseliny křemičité. To se projevovalo především u vícekrokových aplikací, kdy byl povrch přezpevněn a lokálně docházelo k pnutí barevné vrstvy a vzniku mikrotrhlin.



## 5. ZKOUŠKY KONSOLIDAČNÍCH PROSTŘEDKŮ NA REÁLNÉ NÁSTĚNNÉ MALBĚ

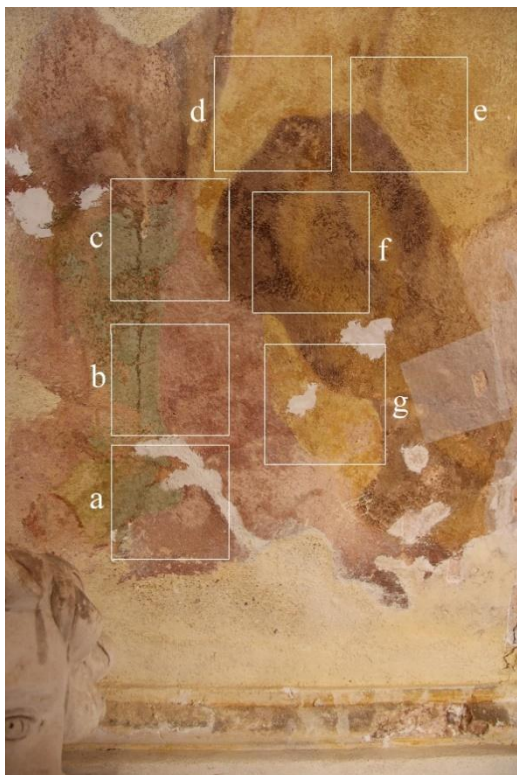
Konsolidační prostředky, které při zpevňování barevné vrstvy na zkušebních panelech vycházely nejlépe, byly dále testovány na skutečné nástěnné malbě. Vhodné prostředky byly vybírány na základě subjektivního posouzení vizuálních změn a míry zpevnění.

Oproti zkušebnímu panelu, na kterém byla barevná vrstva rovnoměrně rozetřena, se na reálné nástěnné malbě střídají zpevněná místa s lokálně zpráškovatělou barevnou vrstvou. Některé nezpevněné plochy tvoří malé, několikacentimetrové ostrůvky. Proto bylo nutné při aplikaci prostředku kontrolovat savost materiálu a přebytečné množství konsolidantu odsávat vatovým tamponem. V opačném případě by mohlo docházet k tvorbě zákalu. Konsolidant byl nanesen postřikem pomocí jemného rozprašovače až do stavu nasycení substrátu.

	Stav barevné vrstvy	Složení a poměr složek směsi		Počet kol aplikace + vlhčení vodou	Míra zpevnění	Vizuální vlastnosti
a	zpráškovatělá, puchýře	CaLoSiL E-25 5g/l - technický líh		aplikace:6x + H <sub>2</sub> O:6x	znatelné zpevnění	nedochází ke změně barevnosti
b	zpráškovatělá, puchýře	CaLoSiL E-25 10g/l - technický líh		aplikace:3x + H <sub>2</sub> O: 3x	nezpevněno	nedochází ke změně barevnosti
c	zpráškovatělá, puchýře	CSGI E 5g/l - technický líh		aplikace:6x + H <sub>2</sub> O: 6x	nezpevněno	nedochází ke změně barevnosti
d	zpráškovatělá	ZFB 703i 5g/l - technický líh		aplikace:6x + H <sub>2</sub> O: 6x	slabě zpevněno	nedochází ke změně barevnosti
e	zpráškovatělá	ZFB 734e 5g/l - technický líh		aplikace:6x + H <sub>2</sub> O: 6x	nezpevněno	slabý bílý zákal
f	zpráškovatělá	CSGI E 10g/l - absolutní líh + KSE 300HV	směs 1:1	aplikace: 1x	nezpevněno	nedochází ke změně barevnosti
g	zpráškovatělá	CaLoSiL E-25 10g/l - absolutní líh + KSE 300HV	směs 1:1	aplikace: 1x	nezpevněno	nedochází ke změně barevnosti

Tab. 22 Zkoušky zpevňování na nástěnné malbě

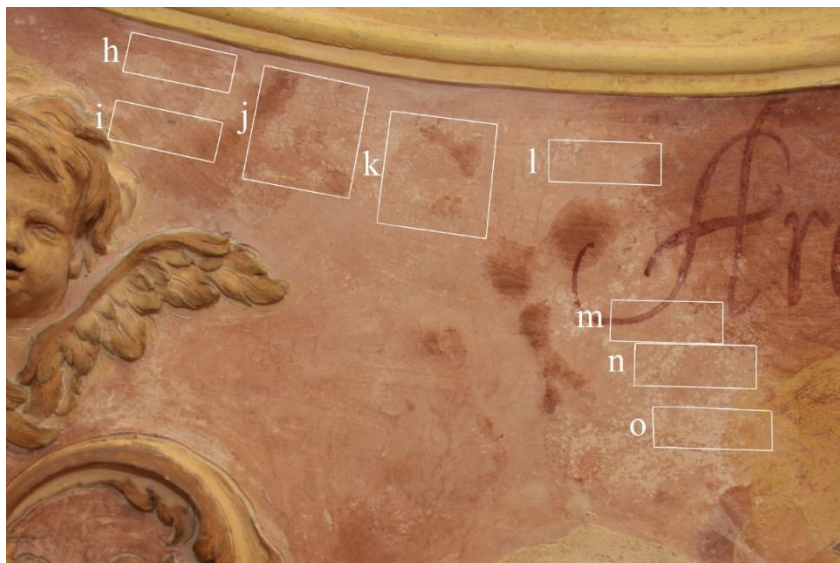




Obr. 28 Zkoušky zpevňování vápennými suspenzemi (a – e) a jejich směsí s KSE 300HV (f, g)

Ozn.	Stav barevné vrstvy	Složení a poměr složek směsi		Počet kol aplikace + vlhčení vodou	Míra zpevnění	Vizuální vlastnosti
h	šupinující, zpráškovatělá	CaLoSiL E-25 10g/l - absolutní líh + KSE 300HV	směs 1:1	aplikace: 1x	znatelné zpevnění	silný bílý zákal
		CaLoSiL E-25 10g/l - absolutní líh + KSE 100	směs 1:1	aplikace: 1x		
i	šupinující, zpráškovatělá	CaLoSiL E-25 10g/l - absolutní líh + KSE 300HV	směs 1:1	aplikace: 1x	znatelné zpevnění	nedochází ke změně barevnosti
		CaLoSiL E-25 5g/l - absolutní líh		aplikace: 2x		
j	šupinující, zpráškovatělá	CaLoSiL E-25 10g/l - absolutní líh + KSE 300HV	směs 1:1	aplikace: 2x	nezpevněno	slabý bílý zákal
k	šupinující, zpráškovatělá	CaLoSiL E-25 10g/l - absolutní líh + KSE 300HV + KSE 100	směs 1:1:1	aplikace: 1x	nezpevněno	nedochází ke změně barevnosti

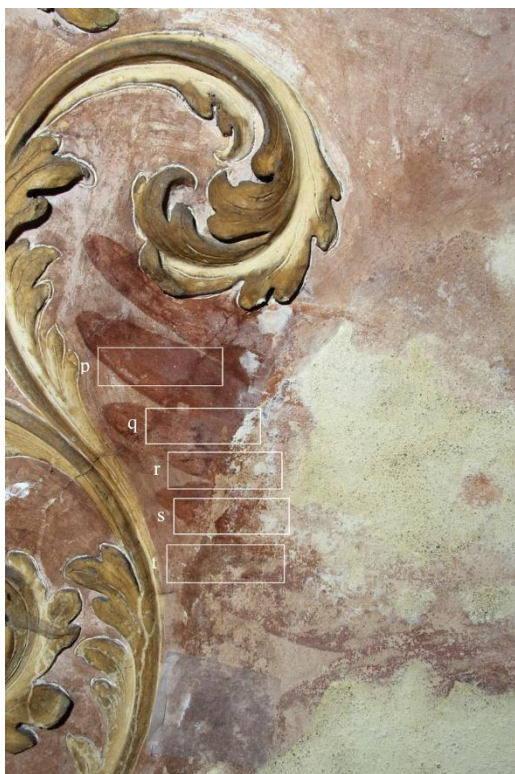
Tab. 23 Zkoušky zpevňování na nástěnné malbě v Křenově



Obr. 29 Označení míst ve výjevu *Archangeli*, na kterých jsou testované konsolidační prostředky

	Stav barevné vrstvy	Složení a poměr složek směsi		Počet kol aplikace vlhčení vodou	Míra zpevnění	Vizuální vlastnosti
l	zpráškovatělá	ZFB 703i 10g/l - absolutní líh	směs 1:1	aplikace 1x	nezpevněno	slabý bílý zákal
		ZFB 703i 5g/l - absolutní líh		aplikace:2x + H <sub>2</sub> O		
m	zpráškovatělá	ZFB 703i 10g/l - absolutní líh	směs 1:1	aplikace: 1x	nezpevněno	slabý bílý zákal
		ZFB 703i 1 10g/l - absolutní líh	směs 1:1	aplikace: 1x		
n	šupinující, zpráškovatělá	CSGI E 10g/l – absolutní líh	směs 1:1	aplikace 1x	nezpevněno	nedochází ke změně barevnosti
		CSGI E 5g/l - absolutní líh		aplikace:2x + H <sub>2</sub> O		
o	šupinující, zpráškovatělá	CSGI E 10g/l - absolutní líh + KSE 300HV	směs 1:1	aplikace: 1x	nezpevněno	slabý bílý zákal
		CSGI E 10g/l - absolutní líh + KSE 100	směs 1:1	aplikace: 1x		

Tab. 24 Zkoušky zpevňování na nástěnné malbě v Křenově



Obr. 30 Zkoušky směsí vápenných susupenzí a jejich směsí s *KSE 300HV* ve vícekových aplikacích na nástěnné malbě v Křenově

	Stav barevné vrstvy	Složení a poměr složek směsi		Počet kol aplikace + vlhčení	Míra zpevnění	Vizuální vlastnosti
p	šupinující, zpráškovatělá	ZFB 703i, 10g/l - absolutní líh + KSE 300HV + KSE 100	směs 2:1:1	aplikace: 2x	znatelné zpevnění	slabý zákal
q	šupinující, zpráškovatělá	KSE 100		aplikace: 1x	znatelné zpevnění	nedochází ke změně barevnosti
		ZFB 703i, 10g/l - absolutní líh + KSE 300HV	směs 1:1	aplikace: 1x		
		CaLoSiL E-25 5g/l - technický líh		aplikace: 3x + H <sub>2</sub> O		
r	šupinující, zpráškovatělá	ZFB 703i 10g/l - absolutní líh + KSE 300HV+ KSE 100	směs 2:1:1	aplikace: 1x	znatelné zpevnění	slabý zákal
		ZFB 703i 5g/l - technický líh		aplikace: 3x + H <sub>2</sub> O		
s	šupinující, zpráškovatělá	ZFB 703i 10g/l - absolutní líh + KSE 300HV + KSE 100	směs 2:1:1	aplikace: 1x	znatelné zpevnění	nedochází ke změně barevnosti
		CSGI E 5g/l - technický líh		aplikace: 3x + H <sub>2</sub> O		

t	šupinující, zpráškovatělá	ZFB 703i 10g/l - absolutní líh + KSE 300HV + KSE 100	směs 2:1:1	aplikace: 1x	mírné zpevnění	slabý zákal
		CaLoSiL E-25, 5g/l - technický líh		aplikace: 3x + H <sub>2</sub> O		

Tab. 25 Zkoušky zpevňování na nástěnné malbě v Křenově

### 5.1. Vyhodnocení testování zpevňovacích prostředků na reálné malbě

Testy na nástěnné malbě v Křenově byly vybrány ze zkoušek, které se na panelech nejlépe osvědčily. Malířsky provedená a různě degradovaná barevná vrstva byla, na rozdíl od homogenního zkušebního materiálu, hůře měřitelná. Savost materiálu, typologie defektů a barevnost se proměňovala v rozmezí centimetrů, a proto její porovnání se zkušebním panelem bylo třeba brát s větší tolerancí. Místo od místa bylo třeba nanést větší množství konsolidantu a naopak jinde okamžitě odsávat, aby nedošlo k tvorbě bílého zákalu.

Již v předcházejících testech bylo zjištěno, že nejvhodnější způsob aplikace je nanášení pomocí rozprašovače. Ve zkouškách na reálné malbě se ale ukázalo jako účinnější aplikování pomocí injekční stříkačky. Ta umožňuje, v případě silně degradovaného povrchu, nanesení dostatečného množství konsolidačního prostředku až do stavu nasycení substrátu. Zároveň je snadněji a přesněji regulovatelná na rozhraní s uzavřenějším povrchem, který vsakuje látku pomaleji.

Nejvyšší přípustná koncentrace vápenné suspenze pro zpevňování barevné vrstvy se ve zkouškách ukázala na 10g Ca(OH)<sub>2</sub>/l alkoholu. U méně porézních a degradovaných materiálů je vhodnější užití nižší koncentrace (5 g/l). Nástěnná malba v Křenově je však místy značně degradovaná a ukázalo se, že i větší množství vápenných suspenzí nestačilo barevnou vrstvu zpevnit. Zkoušky s čistými vápennými suspenzemi (a až e) se ukázaly být úspěšné pouze v případě *CaLoSiLu E25* (5g/l). Vzhledem k nepravidelnosti povrchu často docházelo k přezpevnění místa, které sousedilo s místem více poškozeným, a hrozil zde vznik bílého zákalu. I z tohoto důvodu se testování postupně rozšířilo na kombinace vápenných suspenzí s estery kyseliny křemičité. Ukázalo se, že směsi těchto dvou typů prostředků mají lepší pojivové schopnosti, a zároveň lépe vyplňují větší póry v degradované omítce a barevné vrstvě.

Zpráškovatělá barevná vrstva na většině míst vyžadovala účinnější

zpevňující prostředek. Proto bylo přikročeno k testování směsí a kombinací ze zkušebních panelů přímo na reálné malbě. Po četných zkouškách na odlišných částech klenby byly shledány jako nejvíce uspokojivé zkoušky **i**, **q** a **r**. Zkouška **i** je směs *KSE 300HV* a *CaLoSiLu E25*, po které následovalo několik kol aplikace čisté vápenné suspenze. U zkoušky **q** byl nejprve aplikován prostředek *KSE 100*, po té následuje dvousložková směs *KSE 300HV* a *ZFB703i*. Nakonec je barevná vrstva dozpevňována čistou vápennou suspenzí *CaLoSiL E25*. Zkouška **r** je na bázi tříložkové směsi organokřemičitanů se *ZFB 703i*. Následuje aplikovaná čistá vápenná suspenze v několika kolech.

## 6. VYHODNOCENÍ TEORETICKÉ PRÁCE

Cílem této práce bylo seznámení se s účinky zpevňování vápenných suspenzí a organokřemičtanů na barevnou vrstvu. V rámci experimentální části byly porovnávány jednotlivé vybrané suspenze v původním neřaděném stavu a byly zkoušeny různé typy alkoholů na jejich ředění. Zásadním poznáním bylo porovnání technického a absolutního (98%) etanolu. Technický líh projevil velmi dobré účinky ve stabilitě směsi (sedimentace) a rovněž při zpevňování se zdál být přinejmenším dostačující náhradou absolutního lihu.

Na zkušebních panelech se simulovanou zpráškovatělou barevnou vrstvou byly testovány vápenné nanosuspenze a estery kyseliny křemičité. Protože si tato práce kladla za cíl najít vhodný prostředek pro zpevňování extrémně degradované nástěnné malby na klenbě kaple sv. Isidora v Křenově, ukázalo se použití samotných vápenných suspenzí jako málo účinné. Proto bylo navázáno na předchozí zkušenosti kolegů z mezinárodního projektu *Stonecore*, kteří úspěšně aplikovali kombinace vápenných suspenzí a esterů kyseliny křemičité mimo jiné i na historické omítky. Po provedení testů jak na zkušebních omítkových panelech, tak i na reálné nástěnné malbě v kapli sv. Isidora se zdá, že je tato metoda efektivní ve většině zkoumaných případů.

Z provedených zkoušek v tuto chvíli vyplývá, že u aplikace směsí na rozdíl od vícekrokových aplikací, nedochází téměř k tmavnutí, či naopak k tvorbě bělavých zákalů. U vícekrokových aplikací, obzvláště pokud je vícekrát aplikován prostředek na bázi esterů kyseliny křemičité, může docházet k trvalému tmavnutí a přezpevnění povrchu, které ve zkouškách na panelu vedlo k vzniku mikrotrhlin.

Čistě z teoretického hlediska je samozřejmě použití výhradně vápenného zpevňovače na barevnou vrstvu na vápenné bázi pochopitelně vhodnější. Dalším důvodem pro opatrnost při užití organokřemičitých prostředků je i fakt, že se barevná vrstva stává po zpevnění nejen tvrdší, ale i daleko křehčí, což samozřejmě zvyšuje rizika jejího budoucího poškození. Proto je vhodné aplikovat organokřemičité prostředky jen v nejmenší nutné míře a finalizaci konsolidace provést pomocí vápenných nanosuspenzí.



### III. PRAKTICKÁ ČÁST

#### 1. RESTAURÁTORSKÝ PRŮZKUM

##### 1.1. Základní údaje

###### Lokace památky

Okres: Svitavy

Obec: Křenov

Název objektu, jehož je restaurované dílo součástí: Hřbitovní kaple sv. Isidora

Část objektu určena k restaurování: Část nástěnné malby s výjevem *Archangeli* se štukovým reliéfem hlavy, dva pásy nad korunní římsou s fragmenty malovaných mraků

Přesné vymezení restaurovaného úseku: Severozápadní část klenby, část nástěnné malby označená *Archangeli* a dva pásy s oblaky pod tímto výjevem

Klasifikace: Objekt je chráněn jako kulturní památka

Rejstříkové číslo objektu v ÚSKP: 8066/6-3094

###### Údaje o díle

Autor: neznámý, autora maleb nelze jednoznačně určit; autor štukové výzdoby pochází zřejmě z okruhu Baldassara Fontany

Datace: 1707-1713

Materiál, technika: kombinace freskové malby a vápenného seka na vápenné omítce

Rozměry restaurovaného úseku: celkem cca 8 m<sup>2</sup>

Výjev *Archangeli*: 282 x 184 cm

Štuková hlava anděla: 54 x 40 cm

Pás s oblaky: 635 x 46cm

Předchozí známé restaurátorské zásahy:

19. – 20. století – dílčí opravy nástěnných maleb – tmelení a rekonstrukce levého rukávu a části křídla anděla ve výjevu *Archangeli*

2005–2006 – restaurátorské zajištění nástěnné malby a štuku – restaurátorky Radana a Dagmar Hamsíkové, Jiří Kašpar (štuky) – provedli pravděpodobné chemické ošetření biologického napadení, tmelení malby a doplňování štuků<sup>64</sup>

2013 – restaurování a rekonstrukce štuku západní a severozápadní části korunní římsy včetně hrubého omítnutí chybějící části pásu s oblaky – provedeno Fakultou restaurování UPa

---

<sup>64</sup> Hamsíková R., Kašpar J. *Křenov – hřbitovní kaple sv. Isidora, Restaurátorská zpráva – vyhodnocení stavu malířské a sochařské výzdoby kaple, 2005*

## Údaje o akci

Vlastník, zadavatel: Obec Křenov, Křenov 26, 569 22

Zhotovitel: Fakulta restaurování Univerzity Pardubice, Jiráskova 3,  
Litomyšl, 56001

Závazné stanovisko ze dne: 28. 3. 2012 (Městský úřad Moravská Třebová,  
Odbor

výstavby a územního plánování) – viz textová příloha č. 2

Termín započetí restaurátorských prací: duben 2014

Vedoucí práce: Mgr. art. Jan Vojtěchovský

Restaurátorský záměr: Mgr. art. Jan Vojtěchovský, Mgr. Art. Jakub Ďoubal,  
Ph.D.

Konzultace: Ing. Petra Lesniaková, PhD.

Ing. Renata Tišlová, Ph.D.

Chemicko-technologický průzkum: Ing. Petra Lesniaková, PhD.

Mikrobiologický průzkum: PhMr. Bronislava Bacílková

Památkový dohled: PhDr. Václav Paukert, NPÚ Pardubice

## Údaje o dokumentaci

Dokumentaci vypracovala: BcA. Lenka Slouková

Použitá snímací technika: digitální fotoaparát Canon D50 a Canon 60D,  
objektiv Canon ESF 17-85 mm

Editace snímků: Všechny fotografie byly pořizovány ve formátu JPEG fine.

Použité snímky ve formátu JPEG fine byly zmenšeny na velikost 10 x 15  
cm s rozlišením 300 dpi v programu Adobe Photoshop CS6.  
Panoramatické snímky byly složeny z dílčích snímků v programu Adobe  
Photoshop CC.

Počet vyhotovení dokumentace: 2

Místa uložení dokumentace: Archiv školy

Soukromý archiv autora

## 1.2. Uměleckohistorický průzkum

Kaple sv. Isidora je situována na kraji obce Křenova u hřbitova, do kterého zasahuje svou severní až jihovýchodní částí. Od kostela Narození sv. Jana Křtitele je vzdálená přibližně 200 m západním směrem a s barokní farou tvoří kaple významné dominanty obce i okolí. Křenov, původním názvem údajně Křenová Třebová<sup>65</sup> (něm. Krönau), se nachází 10 km jižně od Moravské Třebové.

---

<sup>65</sup> <http://www.obeckrenov.cz/index.php/predstaveni-obce.html>

Stavbu kaple, kostela a fary spolu s dnes již zbořeným špitálem inicioval farář Johann Benedikt Rustic Schindler. Jeho jméno jako stavebníka a knížete Lichtenšteina je zaznamenáno na dvou pamětních deskách nad vstupy do kostela. Farář J. B. Schindler přichází do Křenova v roce 1694. Ve starší literatuře se traduje vznik kaple k roku 1705.<sup>66</sup> Vladislava Říhová se ve své studii „*Bratrstvo a kaple sv. Isidora v Křenově*“ zabývá podrobněji datem založení kaple a uvádí zde nové poznatky vyplývající z uměleckohistorického a dendrochronologického průzkumu v kapli. Na zadní stěně zděné oltářní menzy je v omítce vyryto datum „1707“ a nápis „GRUNTSTEIN“. Následně byla provedena dendrochronologická analýza vzorků z dřevěných stupňů točitého schodiště v kapli. Ta určila termín pokácení jedle na podzim roku 1706.<sup>67</sup> Je tedy pravděpodobné, že stavba kaple mohla být postavena roku 1707 a mezi léty 1707–1713 byl interiér vyzdoben štukovou a malířskou výzdobou.

S kaplí bylo provázáno bratrstvo sv. Isidora, které zde bylo založeno roku 1715. Je možné, že jeho založení souvisí s pustošivými důsledky morové epidemie, která se sem toho roku začala šířit od Moravské Třebové.<sup>68</sup> V porovnání s okolím byly ztráty na životech poměrně nízké, což farníci přičítali pastorační činnosti faráře Johanna Schindlera a procesím, která se zde konala. Kult sv. Isidora byl v Čechách šířen jezuiti, „kteří při svých kolejích zakládali mariánské družiny pro sedláky, v jejichž zasvěcení sv. Isidor figuroval jako *spolupatron*.“<sup>69</sup> Křenovský farář Schindler se jimi mohl nechat inspirovat, a nebo zde mohl přinést podnět olomoucký biskup kardinál František z Dietrichsteina, který byl vychován ve Španělsku a tudíž mohl madridského světce rovněž uctívat.<sup>70</sup>

### 1.2.1. Popis kaple

Kaple má oválný půdorys s obdélným přístavkem na východní straně, který sloužil jako sakristie. Vnější plášť kaple je zdoben sduženými toskánskými pilastry vysokého řádu. Pilastry jsou osazeny na sokl stavby a podpírají profilovanou korunní římsu. Ještě na začátku 20. století je patrné na archivních fotografiích, že pilastry nesly kladí, které se zalamovalo nad představenými pilastry. Dnes se z kladí dochovala pouze jeho spodní profilace, která utváří

---

<sup>66</sup> WOLNY G., Die Markgrafschaft Mähren topographisch, statistisch und historisch geschildert, Olmützer Kreis, V. Band, Brno 1839, s. 804

<sup>67</sup> Díky přítomnosti podkorního letokruhu v odebraných vzorcích je možné určit termín pokácení 170 let staré jedle s půlroční přesností, tedy na podzim roku 1706.

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, s. 81

<sup>68</sup> ŠMERAL J., TURKO J. BOUCHAL G.B., *Křenovská farnost v historii*, s. 18, 36

ŘÍHOVÁ V. (cit. v pozn. 3) s. 86-87

<sup>69</sup> MIKULEC J., *Barokní náboženská bratrstva v Čechách*, s. 38, 48

ŘÍHOVÁ V. (cit. v pozn. 3) s. 86-87

<sup>70</sup> MIKULEC J., *Barokní náboženská bratrstva v Čechách*, s. 38, 48

ŘÍHOVÁ V. (cit. v pozn. 3) s. 86-87

dojem níže posazené toskánské hlavice. Portál s kamenným ostěním a rozeklaným šítem se nachází na severní straně směřující k silnici. Severní portál je v současnosti zazděn. V horní třetině zdi jsou mezi pilastry prolomena oválná okna. Architektonické prvky jsou dnes pojednány tmavší – okrovou barvou, zatímco pole mezi nimi jsou bílé. Na fotografii z roku 1973<sup>71</sup> lze vysledovat obrácenou barevnost, kde jsou aktivní prvky světlejší a žlutá pole jsou mezi nimi. Patky pilastrů a sokl stavby byly zřejmě v 90. letech 20. století natřeny tmavě červenou barvou. Na portrétu faráře J. B. Schindlera vidíme nejstarší vyobrazení kaple spolu s kostelem, farou a špitálem. Stavby jsou namalovány na obraze, který farář drží spolu s krucifixem a pod nimi probíhá nápisová páska. Podle vyobrazení vyplývá, že kaple měla tlumenou hnědo-zelenou barevnost s akcenty bílé barvy na aktivních prvcích. Kapli zastřešuje zvoncová bání s osmibokou lucernou a zlatou makovicí.

Sakristie byla přistavena v pozdějším období, ještě za života J. B. Schindlera.<sup>72</sup> Její křížová klenba s výsečemi je zdobena štukovou ornamentální výzdobou, která se stylem a mělkostí reliéfu výrazně liší od starších štukových ornamentů v kapli. Sakristie je přístupná jak z kaple (za oltářem), tak ze hřbitova na její jižní straně.

Na západní straně kaple se nachází kamenný portál s šambránou a kapkami, kterým se vstupuje na původní dřevěné vřetenové schodiště na kruchtu. Kručta je podklenutá valenou klenbou s výsečemi. Prostor pod kručtou je otevřen do prostoru kaple širokým obloukem. Přední stěna kručty je obložena dřevěnou konstrukcí. Čtyři sdružené vyřezávané pilastry nadnášejí dřevěnou profilovanou římsu s barevnou polychromií imitující mramor. Zbylé plochy mezi pilastry jsou zdobeny malbami na plátně s výjevy ze života sv. Isidora. Výzdobu kaple dotváří dřevěný mobiliář s polychromní úpravou. Na korunní římsě na její východní straně byla zavěšena dřevěná socha Boha Otce.

Interiér kaple je členěn sdruženými pilastry, postavenými na soklech a podnoží. Akantové hlavice s ovocnými a květinovými festony jsou monochromní žluté, stejně jako štuková výzdoba vlysu mezi nadokenní a korunní římsou, které pilastry podpírají. Ostatní části pilastrů a římsy jsou pojednané mramorováním v technice olejomalby na vápenném podkladu. Nad výrazně profilovanou korunní římsou se zvedá malovaná klenba, která je lemovaná pásem s oblaky. Kladí je zalamované představenými pilastry. Jednotlivá pole oblaků vždy končí ve středech dvojic pilastrů v místech, kde jsou na korunní římsě posazeni andělé s hudebními nástroji.

Mezi pilastry jsou niky se sochami světců. Niky jsou zaklenuty konchami s plastickou mušlí a rámované šambránami s ušima a kapkami. Ve vrcholu každé niky jsou postavy dětských andělů vznášející se na oblacích. Po stranách konchy

---

<sup>71</sup> Autor fotografie p. Černík, říjen 1973

<sup>72</sup> Viz. portrétní obraz J. B. Schindlera

niky jsou spuštěny festony s lístky a ovocem.

Na východní straně za oltářem se v nice nachází socha titulárního patrona kaple, sv. Isidora. Socha je barevně bohatě pojednána, čímž výrazně kontrastuje s ostatními sochami světců a andělů, které jsou ponechány v monochromní bílé barvě. Pouze akcenty drapérií, atributů a festonů byly barvené nebo zdobené plátkovými kovy. Stěny všech výklenků jsou zdobeny iluzivním mramorováním, které pravděpodobně patří rovněž k originální výzdobě. Nad nikou s postavou sv. Isidora sousoší andělů chybělo. Podle archivních fotografií se původní podobu této výzdoby nepodařilo dohledat a tak bylo v roce 2015 přistoupeno k rekonstrukci a bylo zde vytvořeno sousoší dvou andělů.

Klenbu kaple zdobí malba *Devíti kůrů andělských*, kteří jsou zpodobněni v osmi postavách andělů. Andělé jakoby vystupují nad oblaky a kůry jsou označeny jmény nad jednotlivými figurami. Mezi anděli jsou reliéfy akantových rozvilin a výjevy jsou doplněny okřídlenými hlavičkami andělů. Tyto hlavy jsou vymodelovány ve štuku a místy tvoří velmi mělký reliéf měkce zapuštěný do malby, jinde naopak hluboký reliéf modelovaný nad okolní omítku.<sup>73</sup> Ústřední plochu klenby tvoří oválné zrcadlo s malovaným výjevem *Nanebevzetí Panny Marie*. Zrcadlo je rámované štukovými girlandami z vavřínových listů a malých bobulí.

Autory malířské a štukatérské výzdoby neznáme. Nástěnné malby byly mylně přisuzovány J. K. Handkemu, který vymaloval křenovský kostel. Formou komparace malířských a sochařských charakteristických prvků se Martina Poláková<sup>74</sup> snažila dohledat autory výzdoby. Podle provedených analýz lze konstatovat, že štukovou výzdobu vytvořil někdo z okruhu Baldassara Fontany. Štukatérská výzdoba kaple sv. Barbory na Svatém Kopečku se úrovní provedení shoduje s autorem výzdoby v Křenově. Jméno štukatéra není dosud známé. U srovnávání malířů jsou problémy s poškozením či ztrátou nástěnných maleb. Například díla Christiana Davida a Johanesse Strausse, kteří jsou křenovským malbám nejbližší, se v podstatě nedochovala nebo jsou přemalována tak, že není možné identifikovat malířský rukopis autora.

### 1.2.2. Ikonografický koncept kaple

Kaple je zasvěcena sv. Isidorovi, patronovi a ochránci rolníků, který se stal v období rekatolizace vhodným nástrojem pro upoutání venkovského obyvatelstva.<sup>75</sup> Jeho socha je umístěna v ústřední nice na východní straně kaple za oltářem. Některé zázraky ze života sv. Isidora jsou vyobrazené na plátnech na kruchtě kaple v Křenově. Další z postav umístěných v nikách kaple jsou Adam a

---

<sup>73</sup> U hlav andělků lze ze výsledků dohledat, že východním směrem se reliéfy vystupují více do prostoru, naopak západním směrem jsou mělké.

<sup>74</sup> POLÁKOVÁ M., *Restaurování nástropní malby s motivem „Angeli“ na klenbě sv. Isidora v Křenově*, Bakalářská práce 2014, FRUPa

<sup>75</sup> MIKULEC, J. Svatý Isidor: španělský sedlák na českém venkově. *Dějiny a současnost*. 1992, 92, 5, s. 26-30

Eva, pravděpodobně sv. Jenovéfa Pařížská (pastýřka a ochránkyně stád) a snad postava sv. Víta s kotlem u nohou.

Na klenbě se jsou zobrazeny výjevy *Nanebevzetí Panny Marie* a *Devíti kůrů andělských*. Ikonografickým konceptem se v rámci své bakalářské práce zabývala studentka Markéta Račková. Zjistila, že zásadním pramenem by mohl být *Foedus angelicum* - ustanovení k bratrstvu sv. Andělů - dílo, které vzniklo roku 1697 v Olomouci. Vyobrazení jednotlivých kůrů v Křenově odpovídá popisu ve *Foedus angelicum*. Jsou zde vysvětleny významy atributů. *Například Cherubové jsou zde chápáni jako nejčistší boží zrcadla, přes jejichž působení se dostává lidstvu nezměněného osvětlení.* Je zde jmenováno všech devět kůrů andělských, které zdraví Pannu Marii, královnu andělů. Panna Maria je zde zobrazena s korunkou ve vlasech a je vynášena čtyřmi anděli, kteří by mohli představovat Trůny.<sup>76</sup>

### 1.2.3. Výjev Archangeli

Výjev *Archangeli* je prezentován postavou anděla s rozkvetlou lilí v pravé ruce a dvěma svinutými svitky v podpaží levé ruky. Pravou nohou jakoby vystupuje nad oblaka a jeho usmívající se tvář je pootočena k centrálnímu výjevu s Pannou Marií. Archanděl s červenobílými perutěmi je oblečen do červené košile se žlutým lemem a přes nohy má měkce našasenou žlutou draperii. Na odkryté pravé noze je vidět zelená římská obuv sahající do půli lýtek a zdobená řasením se sponou ve předu.

Z archandělů je tradičně zobrazován s atributem lilie Gabriel, posel boží a zvěstovatel narození. Ve scéně Zvěstování Panně Marii má v ruce lilii nebo žezlo zakončené stylizovaným květem lilie. Žezlo je někdy ovinuto svitkem s nápisem „*Ave Maria*“ nebo „*Ave gratia plena Dominus tecum*“ – „Bud' zdráva, milostí zahrnutá, Pán s tebou“ (L 1,28)<sup>77</sup>

Podle Pseudo-Dionýsa Areopagity zprostředkovávají Archandělé boží osvětlení Andělům a poslouchají Panstvo.<sup>78</sup> Zvěstují poselství Andělům a jejich prostřednictvím se osvětlení dostává k lidem tak, aby bylo pro ně srozumitelné, aby pochopili jeho pravý význam. V Hennochově apokryfu nalezneme kromě nejčastěji zobrazovaných archandělů Gabriela, Michaela a Rafaela ještě

---

<sup>76</sup> RAČKOVÁ M., *Restaurování části nástropní malby s motivem Seraphim na klenbě kaple sv. Isidora v Křenově. Ikonografické aspekty výmalby na klenbě kaple sv. Isidora v Křenově*. Bakalářská práce FRUPa, 2014, s. 42

ROSENBURG I., *FOEDUS ANGELICUM, TYPIS IGNATIJ ROSENBURG, 1704*, Národní knihovna České republiky, duben 2014. Dostupné z:  
[HTTP://BOOKS.GOOGLE.CZ/BOOKS/ABOUT/FOEDUS\\_ANGELICUM.HTML](http://books.google.cz/books/about/Foedus_Angelicum.html)

<sup>77</sup> HALL J., *Slovník námětů a symbolů ve výtvarném umění*, Mladá fronta, Praha 1991, s.144

<sup>78</sup> AREOPAGITA D., *O nebeské hierarchii*, Praha, Vyšehrad, 2009



archanděly Raguela, Remiela, Raziela, Metatrona.<sup>79</sup>

Podle vypracované studie Markéty Račkové by svitky mohly odkazovat na Sváté písmo, jehož prostřednictvím promlouvá Bůh k věřícím. Symbolika lilie vede ke scéně zvěstování Panně Marii. Dalším významem lilie je nebeská čistota, s jakou archandělé přináší řád božství.

#### 1.2.4. Předchozí zásahy

Na klenbě se nacházely dva velké defekty zatmelené vápennými tmely, na nichž byla barevná rekonstrukce chybějící části malby. Umístěny byly v oblasti levé ruky postavy *Archangeli* a na pravé noze a mracích anděla *Virtutes*. Je možné, že na těchto doplňcích došlo k druhotnému nahrazení poškozených částí omítky s barevnou vrstvou, protože se barevně ani stylově neshodují s okolní dochovanou malbou. Tyto opravy by mohly časově souviset s opravami soklů pilastrů a listových festonů s ovocem zavěšených nad nikami v přízemí kaple. Vzorek odebraný z listového festonu pomohl určit dataci přemalby. Zelený pigment obsahuje arsen, což by mohlo odpovídat svinibrodské zeleni, která byla vyráběná a dostupná na trhu v letech 1814-1960. V tomto období mohly být realizovány i ostatní výše zmíněné opravy.

Z archivních fotek je zřejmé, že stavba podléhala degradaci již v 50. - 60. letech 20. století.<sup>80</sup> Na fotografii z října roku 1973 vidíme, že břidlicová krytina byla porovnána a že byla stavba nově omítnuta. Údržba kaple nebyla dostatečně důsledná a pravidelná. Zejména střecha byla vystavena nadměrné zátěži a její krytina byla postupně rozvolněna, takže zde opakovaně docházelo k dlouhodobému zatékání. Stav památky v březnu roku 2004 byl hodnocen jako havarijní. Mgr. Petr Kovařík a Mgr. Jarmila Kovaříková toto uvedli ve svém průzkumu o stavu památky. Dřevěná i zděná konstrukce střechy byla napadena dřevomorkou slzící.<sup>81</sup> Postupně byla poškozena lucerna a dřevokazné houby, plísně a řasy prorůstaly dovnitř interiéru.

Vyluhování vodorozpustných solí, jejich krystalizace v omítkách a barevné vrstvě bylo doprovodným faktorem zatékání dešťové vody, které uvedlo památku do dnešního havarijního stavu. Nejvíce poškozená je severozápadní a jihovýchodní část kaple. Poškození se projevilo na nástěnných malbách na klenbě, kde došlo k výrazným ztrátám intonace a barevné vrstvy. V severozápadní části byla korunní římsa vydrolena až na zdivo.

---

<sup>79</sup> 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>80</sup> Fotografie od Miroslavy Plecháčkové, neg. NPÚ 374; Fotografie od p. Sachera (1964). Na fotografiích lze vidět poškození střechy – uvolněné břidlicové desky a omítky na vnějším plášti odpadávaly

<sup>81</sup> KOVAŘÍK, P., KOVAŘÍKOVÁ, J., *Hřbitovní kaple sv. Isidora – vyhodnocení současného stavu*

V minulosti zde pravděpodobně docházelo i k vandalským projevům, což mělo za následek poškození zejména sochařské výzdoby. Postavy andělů a svatých mají ulomené ruce, prsty, křídla, atd. Statické závady stavby, doprovázené vznikem statických trhlin ve zdivu, byly zhoršovány otřesy, které způsobuje silniční doprava.

Mgr. Petr Kovařík doporučil rozebrání střechy, „*aby byla umožněna důsledná sanace všech konstrukcí – zděných i dřevěných, popřípadě rekonstrukce či nové vyvázání krovu jako kopie, včetně zhotovení nového střešního pláště.*“

Před zahájením opravy střechy bylo provedeno provizorní zastřešení celého objektu a střecha byla opravena až v roce 2007. Kolem zdiva kaple byly vykopány obvodové drenáže na odvlhčení stavby. Zároveň zde v této etapě byla řešena statika, zejména v nejpoškozenější západní části kaple byly stěny zajištěny kotevními závlačemi.

V letech 2005-2006 provedly Radana a Dagmar Hamsíkovy restaurátorské zajištění nástěnných maleb na klenbě.<sup>82</sup> Byla provedena fixace zpráškovatělé barevné vrstvy, odpouklé a svinuté okraje intonaca a barevné vrstvy byly injektovány a připevněny k podkladu.<sup>83</sup> Fixační prostředek byl lokálně nanesen ve větším množství, takže tvoří lesklé stékance a místy působí pnutí a šupinatění barevné vrstvy.

Při restaurování centrálního výjevu na klenbě se diplomantka BcA. Ivona Kociánová pokoušela ztenčit vrstvu lesklých filmů fixačního prostředku. Lokálně se jí dařilo redukovat fixáž teplou destilovanou vodou v zábalu z *Arbocelu* a *Tylosy MH 300*. Ze zkoušek vyplývá, že zde byly použity minimálně dva zcela odlišné fixační prostředky. Kromě vodorozpustného zde byl aplikován prostředek podstatně hůře reverzibilní, na který studentka testovala další různá rozpouštědla a způsoby aplikace. Lesky a žluté skvrny fixáže se daly zmírnit aplikací *5% hydrogenuhličitanu amonného* nebo *10% uhličitanu amonného v gelu*. Jen lokálně působil na redukci lesků prostředek *Aceton v Arbocelu* nebo *Tylose*.<sup>84</sup>

---

<sup>82</sup> HAMSÍKOVÁ R., KAŠPAR J. *Restaurátorská zpráva. Vyhodnocení stavu malířské a sochařské výzdoby kaple*. 2015, kopie je součástí textové přílohy této diplomové práce

<sup>83</sup> Tyto informace následně získala studentka Ivona Kociánová po telefonické komunikaci s restaurátorkou Radanou Hamsíkovou. Uvedla, že na hloubkovou injektáž snad použily *Hydrogrund* a na plošnou fixáž vodnou disperzi *Mowilith* ve formě polyvinylalkoholu. Protože se *Mowilith* vyskytuje pouze ve formě polyvinylacetátu, jedná se spíše o prostředek *Mowiol*, který svým složením odpovídá polyvinylalkoholu. KOCIÁNOVÁ I. (cit. v pozn. 2), s. 126-131

<sup>84</sup> KOCIÁNOVÁ I. (cit. v pozn. 2)

### 1.3. Restaurátorský průzkum

#### 1.3.1. Popis stavu výjevu „*Archangeli*“

##### Vizuální průzkum

Vizuálním průzkumem je možné základně konstatovat patrná poškození i definovat podstatné informace o technice a výstavbě malby. Výjev „*Archangeli*“ se nachází v nejvíce poškozené části klenby. Rozsah výjevu činí přibližně 5 m<sup>2</sup>, přičemž v důsledku rozsáhlých ztrát intonaca se zachovala pouze přibližně polovina výjevu. Největší defekty byly zajištěny při restaurátorském zásahu v letech 2005/6. Okraje ohrožených částí byly injektovány (pravděpodobně se jedná o injektážní maltovinu na vápenné bázi) a obtmeleny vápenným tmelem. Následně se restaurátoři rozhodli všechny defekty včetně prasklin vytmelit do úrovně nástěnné malby. Provizorní zajištění ale nezabránilo dalšímu odpouknutí intonaca od podkladu na jiných místech. Pravděpodobně to bylo způsobeno dalším zatékáním vody, a působením vodorozpustných solí a zřejmě i použitým konsolidačním prostředkem, který zcela uzavřel povrch maleb vůči vodě a jejím parám, což vedlo k tvorbě otevřených puchýřů. Při poklepu bylo zjištěno, že je intonaco oddělené od podkladu ve velkém rozsahu. To mohlo být zapříčiněno technologií přípravy omítek, kdy zřejmě nedošlo k dostatečnému propojení intonaca s jádrovou omítkou. V oblasti postavy Archanděla – zejména obličejové partie, horní části draperie, a při okrajích defektů jsou omítky i barevná vrstva značně degradované. Omítky se do hloubky vydrolují a lokálně došlo ke ztrátám barevné vrstvy.

Barevná vrstva je na většině plochy zpráškovatělá, nejvíce v místech pojatých žlutou, hnědou a zelenou barvou. V horních partiích výjevu (na růžovém pozadí) se barevná vrstva odděluje od podkladu v drobných puchýřcích, které jsou velmi křehké a poměrně tvrdé. Intonaco se v těchto místech pod barevnou vrstvou naopak drolí. Nevhodné a nesprávné aplikování zpevňujícího prostředku na barevnou vrstvu zapříčinilo její smršťování a pnutí, které místy vede k jejímu odpadávání.

Malba je znečištěna prachovými depozity a pavučinami, některé nečistoty byly při předchozím zpevňování zafixovány. V okolí nápisu *Archangeli* se vyskytují drobné šedé tečky, pravděpodobně projevy plísní. Štuková hlava andílka je pokryta zašedlou, tmavou krustou vodorozpustných solí. Barevná vrstva je zpráškovatělá a lokálně došlo k jejímu ztmavnutí nebo naopak k nabobtnání a zesvětlení. Obojí je zřejmě způsobeno zatékáním vody a obsahem vodorozpustných solí. Podobně degradovala barevnost v téměř celé ploše výjevu.

V západním a severozápadním pásu s oblaky se barevná vrstva zachovala pouze fragmentárně. Na této straně klenby masivně zatékala dešťová voda a omítky těchto dvou pásů byly spolu s částí korunní římsy vydrolené až na zdivo. V roce 2013 byly nejohroženější části omítek zpevněny a korunní římsa byla

znovu domodelována ve vápenném štuk. V oblasti pásů s oblaky byla natažena nová jádrová omítka. Okolní fragmenty barokních omítek byly znečištěné (zřejmě stopy biologického napadení) a v západním pásu se nachází silný a lesklý stékanec rezistentního konsolidačního prostředku, který zde byl aplikován v letech 2005/6. Perkusní metodou byly zjištěny pohyblivé dutiny v téměř celém rozsahu původních omítek.

### **Boční nasvícení**

Při bočním nasvícení byly vidět puchýře intonaca a krusty degradované barevné vrstvy způsobené krystalizací solí. U trhlin se místy oddělují a svitkovitě stáčí okraje intonac. Novodobé tmely mají značně hrubý povrch, a jejich napojení na původní omítky je buď nedotažené k okraji, nebo naopak převyšují nad původní barevnou vrstvu. I když je barevná vrstva značně degradovaná a lokálně se utvořily síranové krusty, je povrch tmelů příliš hrubý a neuměle zpracovaný. Výrazně se odlišuje od okolního dochovaného originálního povrchu.

Při pozorování v bočním světle je zajímavé rozhraní jemného a hrubšího intonaca. Jemné intonaco bylo nanášeno jako první a ještě za čerstva se do něj ryly a modelovaly kresby andělských hlav i další štukové motivy. Doprostřed výjevu bylo nanášeno hrubší intonaco, které zabírá větší plochu určenou ústřední figuře výjevu. Tato technologie byla použita i u všech ostatních výjevů na klenbě. Je zřejmé, že šlo o tzv. vložený denní díl, do něhož bylo možné malovat freskovou technikou. Centrální výjev na klenbě je celý namalován na hrubším intonacu. Při bočním nasvícení jsou patrné denní díly a rytá podkresba. Zřejmě šlo o požadavek malíře, kterému hrubší zrnitá struktura povrchu umožňovala měkčí modelaci.

V páse s oblaky se v místech sedících andělků s hudebními nástroji objevuje rytá skica andělů z doby před jejich osazením.

### **Průzkum v UV světle**

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

Průzkum v UV světle napomáhá k odhalení sekundárních zásahů, zejména k identifikaci některých pigmentů nebo pojiva. Dále v UV světle mohou výrazně luminovat biologická napadení plísněmi nebo zasolení.

Při UV nasvícení luminovaly světle modře místa, kde byl aplikován fixační prostředek. V oblasti tváře ve výjevu *Archangeli* se zvýraznila část malby sytě žlutou barvou. Podobně luminovaly obličej ve výjevu *Angeli*. To může být způsobeno pojivem nebo konsolidačním prostředkem na organické bázi. Slabě žlutozeleně luminovala rezidua mikrobiologického napadení, vyskytující se po celé ploše malby.

### 1.3.2. Určení původní techniky malby

Na jádrovou omítku byla nanesena jemná béžová omítko, v níž byla vyryta obrysová kresba štukové výzdoby. Modelace štukových akantových rozvilin a hlaviček andělů byly pravděpodobně tvořeny souběžně s omítáním. Ještě za čerstva byly jejich obrysy vyryty do omítky a okolní plochy kolem štuků byly opatřeny růžovým nátěrem. Lokálně se ještě stačil nátěr propojit s vápennou omítkou *a fresco*. Pro nástěnnou malbu byla ponechána připravená, cca 0,5 cm hluboká plocha pro nahození hrubšího intonaku. Jedná se o denní díl, tzv. *giornato*, do kterého stačil malíř rozvrhnout štětcovou podkresbu a podložit si základní barevnost. Malba byla dokončena v technice vápenného secca, do kterého bylo přidáno malé množství kaseinu.<sup>85</sup>

### 1.3.3. Sondážní průzkum

Vápenné tmely z předchozího restaurátorského zásahu jsou esteticky nevyhovující. Proto bylo provedeno několik hloubkových sond s cílem zjistit jejich pevnost, odstranitelnost a stav starších omítek pod nimi. V sondážním průzkumu bylo zjištěno, že se pod většinou tmelů nachází jádrová omítka v poměrně dobrém stavu. Pouze lokálně se vydroluje a u tmelu na levém rukávu archanděla se pod novým tmelem objevil starší tmel s červenou barevnou vrstvou. Z tohoto tmelu byl odebrán vzorek k laboratornímu rozboru. Na některých místech se ukázalo, že mladší tmely přesahují přes originál i několik cm.

### 1.3.4. Zkoušky zpevnování

Testování vhodných konsolidačních prostředků je podrobně popsáno v teoretické části této diplomové práce. V kapitole 7. „*Zkoušky konsolidačních prostředků na reálné nástěnné malbě*“ jsou jmenovány a shrnuty účinky všech vybraných konsolidačních prostředků.

### 1.3.5. Zkoušky čištění

V rámci průzkumu byly provedeny zkoušky na odstranění bílého zákalu po tmelech z předchozí restaurátorské úpravy. Pokusy o mechanické čištění se nezdařily, a proto byly na zákal aplikovány mokré zábaly, které by mohly rezistentní vrstvu naměkčit. Nejlépe se osvědčil obklad *Arbocelu* s 2%ní kyselinou citrónovou, která vrstvu naměkčila a po té ji bylo snadnější dočistit

---

<sup>85</sup> LESNIAKOVÁ P. *Chemicko-technologický průzkum nástropní malby Devíti kůrů andělských - Klenba hřbitovní kaple sv. Isidora v Křenově*, Katedra chemické technologie Fakulty restaurování, Litomyšl, 2014

skalpelem, skelným vláknem nebo čistícím štětcem.

Tmavou krustu na štku nelze vyčistit mechanicky dostupnými restaurátorskými nástroji. Byly provedeny zkoušky *destilovanou vodou*, ale účinek nebyl dostatečný, ačkoli většinu prachových depositů bylo možné čistit navlhčenou mikroporézní čistící houbou *Blitz Fix*. Zábaly z *Arbocelu s destilovanou vodou* nebo s *uhličitanem amonným* způsobily bílý zákal. Po konzultaci s Mgr. Art. Jakubem Ďoubalem, Ph.D. jsme se pokusili vyzkoušet čištění síranové krusty mikropískovačkou *Sandmaster FG 1-93 Restauro*. Jedná se o zařízení, které umožňuje citlivým způsobem čistit povrch restaurovaného díla (zejména kamene). Pomocí mikrotryskání jemného abraziva je možné zeslabovat tmavé krusty na povrchu restaurovaného objektu. Tento postup se ukázal jako velice účinný. Jeho hlavní nevýhodou je ale značná prašnost, přestože bylo abrazivo odsáváno vysavačem bezprostředně při čištění.

#### **1.4. Shrnutí poznatků z předchozích restaurátorských a chemickotechnologických průzkumů v kapli sv. Isidora**

##### **Technologie malby**

Jak vyplývá z vizuálního průzkumu, probíhala původní výmalba kupole na dvou typech intonaca. Hladší, béžové, vykazuje tloušťku okolo 4 mm. Velikost zrn kameniva se pohybuje o velikosti 0,2 mm. Hrubší omítka intonaca obsahuje větší a rozmanitější zrna kameniva, která jí mimo jiné dávají charakteristickou narůžovělou barevnost. Je možné, že na tuto omítku byl pouze lokálně nanesen bílý vápenný nátěr.

Světle růžový tónovaný nátěr na vápenné bázi (pravděpodobně jde o kaseinát vápenatý) byl natřen plošně do pozadí a místy se objevuje i pod barevnými vrstvami jednotlivých výjevů. Předpokládá se červená či hnědá podmalba, případně podkresba. Místy je tato podmalba dobře propojená s vápenným podkladem.

Použité pigmenty: uhličitan vápenatý/vápenec, olovnatá běloba, železité červeně, suřík, smalt, umbra, zem zelená, uhlíkatá čern

Některé výjevy se vyznačují změnou barevností v důsledku degradace pigmentů na bázi sloučenin olova. Předpokládá se, že se jedná o pigmenty *suřík, olovnatá běloba a masikot*. Produkty přeměny těchto pigmentů není možné od sebe odlišit a jednoznačně určit původní barevnost. Korozním produktem je hnědý až šedý plattnerit – PbO<sub>2</sub>.

Další alterace pigmentu (odbarvení ) nastala u smaltu, ale ne v celém prostoru kaple. Ke korozi pigmentu došlo pravděpodobně vlivem zatékání, změnou pH, degradací pojiva nebo nevhodnými předchozími zásahy.



## Fixativa, zákalý

Fixativa, která jsou ve vodě rozpustná, jsou tvořena polyvinylalkoholem. Ostatní předpokládané druhotné polymerní vrstvy se nepodařilo identifikovat.

## Biologické napadení

Z výsledků vyplývá jen mírně zvýšený nález (pouze na klenbě, jinde je více zvýšený) živých zárodků plísní, který ani nevyžaduje dezinfekční ošetření.

### 1.5. Vyhodnocení průzkumu

Předmětem restaurátorského průzkumu je část nástěnné malby označená *Archangeli* na klenbě kaple sv. Isidora v Křenově. Základní kámen kaple byl položen v roce 1707 a souvisí s působením faráře J. B. Schindlera. Barokní stavba je bohatě zdobena architektonickou, štukovou i malířskou výzdobou. Centrální oválný výjev s *Nanebevzetím Panny Marie* je vložen do soustředného oválu s postavami symbolizujícími *Devět kůřů andělských*. Koncept ikonografie malířské výzdoby patrně souvisí s dílem *Foedus angelicum* - ustanovení k bratrstvu sv. Andělů - které vzniklo roku 1697 v Olomouci.<sup>86</sup> Bratrstvo sv. Isidora, které při zdejší kapli vzniklo v roce 1715, ctilo mimo jiné i kult Panny Marie, již je věnována malířská výzdoba v kupoli.

Pravděpodobně už v 50. - 60. letech 20. století a později opět v 90. letech až do roku 2007 docházelo k masivnímu zatékání vody poškozenou střešní krytinou. Stav památky v březnu roku 2004 byl hodnocen jako havarijný. Zatékáním vody a působením vodorozpustných solí byla spuštěna rychlá destrukce omítek a štukové výzdoby, biologické napadení krovu, stěn a postupně i dřevěného barokního mobiliáře.

Nejpoškozenější je severozápadní a jihovýchodní část interiéru. Z výjevu *Archangeli* se dochovaly pouze fragmenty nástěnné malby a barevná vrstva i intonaco jsou značně degradované. V letech 2005/6 zde proběhlo restaurátorské zajištění maleb. Odpouklé části intonaca byly připevněny k podkladu a zpráškovatělá barevná vrstva byla fixována různými konsolidačními prostředky. Vodorozpustný polymerní prostředek je možné redukovat pomocí horké vody, druhý typ konsolidantu ale není možné odstranit ani zmírnit. Tato fixáž byla místy nanesena ve velkém množství, což zanechalo na povrchu maleb stékance a lesklé plochy. Barevná vrstva je v jejich důsledku vystavena pnutí a šupinatění a pravděpodobně i tvorbě rozsáhlých otevřených puchýřů intonaca.

---

<sup>86</sup> RAČKOVÁ M., *Restaurování části nástropní malby s motivem Seraphim na klenbě kaple sv. Isidora v Křenově. Ikonografické aspekty výmalby na klenbě kaple sv. Isidora v Křenově*. Bakalářská práce FRUPa, 2014, s. 42

Okraje ohrožených částí byly v letech 2005-2006 injektovány (pravděpodobně se jedná o injektážní maltovinu na vápenné bázi) a obtmeleny vápenným tmelem. Následně se restaurátoři rozhodli všechny defekty včetně prasklin vytmelit do úrovně nástěnné malby. Povrch tmelů z výše uvedených let je esteticky nevyhovující a při sondážním průzkumu bylo zjištěno, že místy překrývá dochovanou originální barevnou vrstvu.

Provizorní zajištění nezabránilo dalšímu odpouknutí intonaca od podkladu na jiných místech. Pravděpodobně to bylo způsobeno dalším zatékáním vody, vyluhováním a krystalizací vodorozpustných solí. Při poklepu bylo zjištěno, že je intonaco oddělené od podkladu ve velkém rozsahu. V oblasti postavy Archanděla – zejména v obličejové partii, horní části draperie a při okrajích defektů jsou omítky i barevná vrstva značně degradované. Omítky se do hloubky vydroloují a lokálně došlo ke ztrátám barevné vrstvy.

Barevná vrstva je na většině plochy zpráškovatělá, nejvíce v místech pojatých žlutou, hnědou a zelenou barvou. V horních partiích výjevu (na růžovém pozadí) se barevná vrstva odděluje od podkladu v drobných puchýřcích, které jsou velmi křehké a poměrně tvrdé. Intonaco se v těchto místech pod barevnou vrstvou naopak drolí.

Štuková hlava andílka je pokryta zašedlou, tmavou krustou vodorozpustných solí. Lokálně je okrový nátěr na štuku zpráškovatělý a barevně změněna, patrně v důsledku působení vodorozpustných solí. Podobně degradovala barevnost v téměř celé ploše výjevu.

Jak vyplývá z vizuálního průzkumu, originální malba byla malovalována na dva druhy intonaca. Hladší, béžové, a hrubší narůžovělé, na které byl pouze lokálně nanesen bílý vápenný nátěr. Světle růžový tónovaný nátěr na vápenné bázi (pravděpodobně jde o kaseinát vápenatý) byl natřen plošně do pozadí a místy se objevuje i pod barevnými vrstvami jednotlivých výjevů. Na základě laboratorního průzkumu odebraných vzorků barevné vrstvy se předpokládá, že červená či hnědá podkresba mohla být na většině míst provedena do čerstvé omítky (a fresco). Při malbě byly použity pigmenty typické pro barokní období: uhličitan vápenatý, olovnatá běloba, červené železité pigmenty a suřík, smalt, umbra, zem zelená a uhlíkatá čern.

Některé výjevy se vyznačují změněnou barevností v důsledku degradace pigmentů na bázi sloučenin olova. Korozním produktem je hnědý až šedý plattnerit –  $PbO_2$ . Předpokládá se, že se jednalo o pigmenty *suřík*, *olovnatá běloba* a *masikot*. Produkty přeměny těchto pigmentů není možné od sebe odlišit a jednoznačně určit původní barevnost. Další alterace (odbarvení) pigmentu nastala u smaltu, ale ne v celém prostoru kapse. Ke korozi pigmentů došlo pravděpodobně vlivem několika nepříznivých podmínek současně.

## **1.6. Koncepce restaurátorského zásahu**

Extrémně poškozenou nástěnnou malbu je třeba nejdříve zajistit, aby nedošlo k dalším vážnějším ztrátám barevné vrstvy. Stav omítkových vrstev je značně komplikovaný již tím, že pod poměrně tvrdým povrchem intonaca (pravděpodobně důsledek povrchové konsolidace v letech 2005-2006) jsou hlubší vrstvy odděleného intonaca degradované. Vzhledem k vlhkostním podmínkám je ale plošně třeba brát zřetel na potřebu paropropustnost omítek. Anorganické zpevňovací prostředky, které byly v experimentální části této práce testovány, se vykazují stálostí a paropropustností.

Nástěnná malba s výjevem Archangeli se dochovala fragmentárně, ale naštěstí byla klenba v průběhu 2. poloviny 20. století fotograficky zdokumentována. Pokud to bude umožněno po dohodě se zástupcem památkového ústavu, mohla by se malba rekonstruovat podle dochovaných fotografií tak, aby jinak poměrně dobře dochovaný barokní interiér působil sjednoceně a zajímavý ikonografický koncept mohl být lépe čitelný odborné i laické veřejnosti.

Níže je rozepsán návrh na restaurování:

### **1) Zajištění pomocí přelepů**

Bezprostředně ohrožené části intonaca, u kterých hrozí odpadnutí, je třeba zajistit přeplepy se snadno reverzibilním pojivem, např. *Tylosa*, *Klucel E*.

### **2) Hloubková konsolidace**

Narušenou jádrovou omítku a zdivo, které pozbylo koheze (soudržnosti) je třeba strukturálně zpevnit prostředkem na minerální bázi, např. KSE 300E, KSE 300HV, CaLoSiL E-25.

Oddělené vrstvy intonaca a silnější barevné vrstvy, pohyblivé dutiny a okraje defektů je nutné připevnit k podkladu pomocí injektážní směsi na vápenné bázi, např. Ledan TA1 či Vapo Injekt.

### **3) Odstranění nevyhovujících tmelů**

Vzhledem k následujícím krokům zákroku je vhodné odstranit vápenné tmely, které nevyhovují esteticky ani technologicky. Na mnoha místech brání hloubkovému zpevnění barevné vrstvy a strukturální konsolidaci omítek. Lokálně tmely překrývají originální barevnou vrstvu.

### **4) Čištění barevné vrstvy**

Bílé/žluté zákaly vzniklé po tmelení lze vyčistit kombinací chemického a mechanického čištění. Na základě zkoušek se osvědčilo naměkčení rezistentního zákalu zábalen s 1-2% kyselinou citrónovou a po té mechanické dočištění.

Šedé zákaly na tváři štukového andílka lze vyčistit mikropískovačkou s jemným abrazivem. Lesklé filmy vytvořené vodorozpustnými polymery je možné redukovat pomocí horké vodní páry.

### **5) Zpevnění barevné vrstvy**

Barevná vrstva by měla být zpevněna prostředkem na minerální bázi. Na základě zkoušek se jako nejvhodnější jeví kombinaci vápenné nanosuspenze CaLoSiL E25 v koncentraci 10g/l a KSE 300HV a dozpevnění pomocí čisté vápenné suspenze v koncentraci 5 g/l v několika opakovaných cyklech aplikace, dokud se povrch nezpevní nebo se neobjeví počínající příznaky bílého zákalu. Pokud by nebyla barevná vrstva stále dostatečně zpevněna, lze celou kombinaci znovu opakovat.

### **6) Tmelení**

Defekty barevné vrstvy a omítek by měly být tmeleny vápennou maltou, která může být tónována pigmenty do tónu světlejšího, než je podklad na originální malbě.

### **7) Technika retuší a rekonstrukce**

Přestože je objekt vystaven klimatickým výkyvům teplot a vlhkosti, měla by se brát v úvahu snadná reverzibilita retuší a rekonstrukcí. Některá vodorozpustná pojiva vykazují dobrou stabilitu i v objektech se zvýšenou relativní vlhkostí. Nespornou výhodou pojiv jako je *Arabská guma* nebo *Kluceľ E* je snadná reverzibilita, jelikož estetická prezentace retuší a rekonstrukcí se může v průběhu času měnit.

Drobnější defekty se doporučuje zapojit technikou nápodobivé retuše. Vzhledem k dobrému stavu zachování okolních maleb a k dohledatelnosti archivních snímků malby před jejím poškozením, by mohl být výjev „*Archangeli*“ rekonstruován.

## **2. DOKUMENTACE RESTAUROVÁNÍ**

### **2.1. Konsolidace omítek a barevné vrstvy**

Puchýře, ve kterých se intonaco odchylovalo od podkladu, bylo zajištěno přelepy z japonského papíru a 5% *Tylosy MH 300* ve vodě. Podobně byly zabezpečeny okraje původních omítek a barevné vrstvy u defektů. Po zaschnutí přelepů bylo intonaco i podklad (jádrová omítka) zpevňovány strukturálně pomocí vápenné suspenze *CaLoSiL® E-25* v koncentraci 10g/l. Vydrolené omítky často vyplnily puchýře a dutiny pískem, který bylo potřeba odstranit, aby se mohly nadzvedlé části vrátit zpět k podkladu. Nejlépe se osvědčilo naříznutí či provrtání puchýře ve spodní části, aby se mohly sedimenty z dutin snadněji vyčistit. Ne všude se bylo možné tuto metodu aplikovat a v těchto případech se intonaco nepodařilo vyrovnat.

Lokálně byla vpravována injektážní směs na vápenné bázi *Vapo Injekt*, který má v dutinách dobré zpevňující účinky, ale jeho manipulace je náročnější z důvodů rychlého sedimentování větších shluků částic ve směsi. Proto se pokračovalo v injektování dutin a puchýřů jemnější injektážní směsí na vápenné bázi - *Ledan TA1* - který byl mísen s mramorovou moučkou v poměru 1:1

### **2.2. Odstranění nevyhovujících tmelů**

Vápenné tmely byly odstraňovány mechanicky skalpelem nebo restaurátorským kladívkem. Tvrdé tmely bylo nutné postupně po vrstvách odsekávat ostrou špachtlí. V průběhu odstraňování tmelů byly injektovány obnažené okraje omítkových a barevných vrstev. Odkrytý povrch jádrové omítky byl zpevňován prostředkem KSE 300HV. Pokud to stav omítky ještě vyžadoval, lokálně bylo aplikováno ještě 3 – 5 cyklů vápenné suspenze *CaLoSiL® E-25* v koncentraci 10-25g/l.

### **2.3. Čištění barevné vrstvy**

Bílé nebo žluté zákaly vzniklé po tmelení při okrajích defektů bylo možné naměkčit zábalem s 2% kyselinou citrónovou (ponechané 10 – 20 minut působit) a po té bylo možné zákal dočistit mechanicky.

Šedé zákaly na tváři štukového andílka byly redukovány mikropískovačkou *Sandmaster FG 1-93 Restauro*. Jemným tlakem a abrazivem bylo možné citlivě očistit ztmavlé krusty na křehkých vápenných nátěrech. Tento postup bylo možné aplikovat i v případě dočišťování zákalů, které bylo z hrubšího povrchu jinak obtížné odstranit. Abrazivo použité při tomto čištění bylo odsáváno do širokého nástavce přidělaného k trubce vysavače, aby se tak co nejvíce zamezilo zvýšené prašnosti v prostoru kapse.

Některé nečistoty a zákaly bylo možné čistit mechanicky pomocí skelného

vlákna či latexovou čistící houbou *Akapad*.

#### **2.4. Zpevnění barevné vrstvy**

Barevná vrstva byla celoplošně fixovaná směsí organokřemičitanu *KSE 300HV* a vápenné suspenze *CaLoSiL E25* v koncentraci 10g/l v poměru 1:1. Suspenze byla aplikována pomocí jemného plynového rozprašovače *Preval*. V průběhu aplikace byl zpráškovatělý nebo šupinující povrch barevné vrstvy přitlačen k podkladu pomocí vatového tamponu. Prostředek byl vpravován do nasycení substrátu, tedy do doby, dokud se kapalina vsakovala a neulpívala déle než několik sekund na povrchu barevné vrstvy. Přebytečné množství prostředku bylo třeba odsát vatovým tamponem, aby nedošlo k tvorbě zákalu.

V průběhu aplikace se ukázalo, že na této malbě není zcela možné a ani účinné nanášení konsolidantu plošně postřikem. Barevná vrstva a její nasákavost se liší centimetr od centimetru. Na silnější vrstvy zpráškovatělé a šupinující barevné vrstvy bylo potřeba více kol aplikace. Proto byla odzkoušena aplikace prostředku štětcem, ale při vyšší relativní vlhkosti může hrozit urychlená hydrolýza křemičitého gelu a vznik zákalu na povrchu barevné vrstvy. Nejlépe se osvědčila aplikace prostředku injekční stříkačkou, která umožňuje přesnou regulaci množství vpravovaného prostředku a zároveň je u ní možné dostatečně prosytit místa se zpráškovatělou barevnou vrstvou.

Barevná vrstva na štukové hlavě anděla s křídly byla zpevněna, stejně jako nástěnná malba, směsí vápenné suspenze *CaLoSiL E-25* v koncentraci 10g/l etanolu a *KSE 300HV* v poměru 1:1. Zlacené akcenty na křídlech anděla se oddělovaly v krakelech od podkladu. Proto byly krakely podstříknuty 4% vodnou disperzí K9 a poté byly přitlačeny a vyrovnány pomocí tepelné špachtle.

#### **2.5. Tmelení**

Hlubší defekty byly vyplněny vápennou maltou o poměru 1:3 (vápno : písek). Okraje fragmentů původní barevné vrstvy byly natřeny dočasným konsolidantem *Cyklododekan* (koncentrace 60%) s dočasnými hydrofobními účinky, který během týdne zcela sublimoval a ochránil okraje malby před znečištěním v průběhu filcování tmelů. Defekty intonaca byly tmeleny jemnější vápennou maltou v poměru 1:2. Do malty byl přidán pigment na zatónování tmelů a větší zrna kameniva, aby bylo při vytažení zrn filcováním dosaženo co nejpodobnější struktury barokní omítky. Defekty barevné vrstvy byly tmeleny maltou z mramorové moučky, jemně přesátého písku a vápna (v poměru 2:1:1)

#### **2.6. Retuš**

Drobné defekty barevné vrstvy byly retušovány nápodobivým způsobem v o něco tlumenějším a světlejším odstínu než okolní malby. Velké plochy tmelů



byly podloženy teplým neutrálnějším odstínem, na který bylo možné pokračovat s nápodobivými retušemi a rekonstrukcemi malby. Retuše byly provedeny minerálními pigmenty pojenými 2%ní arabskou gumou. Stejná technologie byla použita při malbě rekonstrukce.

Štuková hlava anděla byla retušována pouze v defektech barevné vrstvy výše zmíněným způsobem. Zlacení při okrajích křídel bylo retušováno pigmenty a práškovými slídami pojenými rovněž 2% arabskou gumou.

## **2.7. Rekonstrukce**

Rekonstrukci výjevu *Archangeli* předcházely četné kresebné a malířské studie podle fotografie od M. Kolegara z roku 1977. Tím, že se jedná o výřez z černobílé fotografie zabírající celou plochu klenby, obsahuje obraz poměrně málo detailů. Přesto má klíčovou vypovídající hodnotu a pomocí něj se postupně podařilo připravit barevnou studii rekonstrukce v akvarelu na papíře. Z archivních barevných fotografií, z fragmentů původní barevnosti na nástěnné malbě a pozorováním jiných úseků malby na klenbě kaple byl proveden pokus o co nejvěrnější doplnění a rekonstrukci původní barevnosti s respektem k dochovaným fragmentům maleb, u nichž došlo k alteraci pigmentů. Nejstarší nalezená fotografie této malby pocházející pravděpodobně z 30. let 20. století (autor je neznámý) zachycuje pouze část tváře archanděla. Přesto je tato fotografie velice cenná, na všech ostatních snímcích dochází k poškození malby, tmavnutí olovnatých pigmentů a sprašování barevné vrstvy.

Nejtěžším úkolem rekonstrukce bylo pojednání tmelu levé paže archanděla, kde bylo nutné doplnit tvar levého ramene, měkce skládané draperie rukávu a část křídla. Dalším místem, které není zachycené na archivních fotografiích, je pravá noha anděla. Nejdříve byly připraveny kresebné studie, kde bylo možné pomocí stínování určit přesné linie tvarů, anatomie, způsobu modelace a práce se světlem, jaké autor na této nástěnné malbě užíval. Ukázalo se přitom, že je potřeba důsledněji sledovat modelaci obličejů, vlasů a rukou, která jsou na výřezu fotografie z roku 1977 poměrně nejasná. Po vypracování několika kresebných a barevných návrhů bylo možné pokročit k rekonstrukci malby.

Při rekonstrukci byl učiněn pokus o potlačení rušivých tmavých či zakalených ploch barevné vrstvy, způsobené vodorozpustnými solemi. V růžovém pozadí tyto skvrny poutaly pozornost a znečitěňovaly výjev. V okrové draperii přehozené přes nohy anděla, se ztrácel objem a náznaky anatomie. Rovněž šedavé zákaly ve vlasech, na křídlech a nápisu působily bledě a vytrhávaly výjev z kontextu ostatních výjevů na klenbě. Ze stejného důvodu byla provedena rekonstrukce některých detailů, typických pro rukopis původního autora malby. Přestože došlo k zásahům do sice degradovaných, leč původních barevných vrstev, měly by být tyto zákroky snadno reverzibilní a neměly by ohrožovat životnost nástěnné malby.

## 2.8. Použité materiály

### Konsolidace

- *Tylose MH 300* (methylhydroxyethylcelulóza, dodavatel: Ceiba s.r.o.)
- japonský papír *Kashmir 11 g* (dodavatel: Ceiba s.r.o.)
- *CaLoSil® E25* (vápenná etanolová nanosuspenze; výrobce: IBZ Salzchemie GmbH & Co. KG)
- *CSGI E* (vápenná etanolová nanosuspenze; výrobce: CSGI)
- *ZFB 703i* (vápenná nanosuspenze v isopropanolu; vyvíjená centrem ZFB-Zentrum für Bucherhaltung GmbH)
- *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)
- 98% ethanol (čisté rozpouštědlo; Penta Chemicals)
- technický líh (výrobce: Severochema)
- *Ledan TA 1* (injektažní směs na bázi hydraulického vápna; výrobce: Tecno Edile Toscana)
- *Vapo Injekt* (injektažní směs na bázi hydraulického vápna; výrobce: Aqua Bárta)

### Čištění

- houba *Akapad* (dříve *Wishab*) *soft* (vulkanizovaný latex; distributor: Kremer Pigmente GmbH & Co. KG)
- mikroporézní čistící houba *Blitz Fix*
- destilovaná voda
- kyselina citronová
- *Tylose MH 300* (methylhydroxyethylcelulóza, dodavatel: Ceiba s.r.o.)
- *Arbocel® BC 1000* (celulózová vlákna 0,7 mm dlouhá; distributor: Kremer Pigmente GmbH & Co. KG)
- japonský papír *Kashmir 11 g* (dodavatel: Ceiba s.r.o.)

### Tmelení

- bílé vzdušné vápno Ca(OH)<sub>2</sub>
- sklářský křemičitý písek (Střeleč)
- kopaný křemičitý písek žluté barevnosti (Svitavy)
- mramorová moučka (distributor: Kremer Pigmente GmbH & Co. KG)
- *Cyklododekan*
- lakový benzín (Severochema)

## **Retuš**

- arabská guma (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)

## **2.9. 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, při které je nutné kontrolovat stav střechy a monitorovat klima v kapli. V jarních měsících by bylo vhodné se pokusit omezit teplotní a vlhkostní výkyvy, které by mohly zapříčinit migraci vodorozpustných solí a následně poškodit malbu i omítkové vrstvy. Retuše a rekonstrukce nástěnných maleb jsou spojeny vodorozpustným pojivem, je proto třeba je chránit před zavlhčením.

#### IV. POUŽITÁ LITERATURA A PRAMENY

- AREOPAGITA D., *O nebeské hierarchii*, Praha, Vyšehrad, 2009
- BAGLIONI P., GIORGI R., *Soft and hard nanomaterials for restoration and conservation of cultural heritage*, REVIEW Soft Matter, 293–303, The Royal Society of Chemistry, 2006, [www.rsc.org/softmatter](http://www.rsc.org/softmatter)
- BAYER, K., MACOUNOVÁ, D., MACHAČKO, L. *Nanosuspence hydroxidu vápenatého jako konsolidanty porézních vápenců a vápenných omítek*, In: Acta Artis Academica. Praha, 2012. *Znalost a praxe ve výtvarném umění*. Sborník 4. mezioborové konference ALMA. Akademie výtvarných umění v Praze
- DAEHNE A., HERM C., Calcium hydroxide nanosols for the consolidation of porous building materials - results from EU-STONECORE, Heritage Science 2013
- Dostupné na: <http://www.heritagesciencejournal.com/content/1/1/11>
- DRDÁČKÝ M., LESÁK J., RESCIC S., SLÍŽKOVÁ Z., TIANO P., VALACH J. Standardization of peeling tests for assessing the cohesion and consolidation characteristics of historic stone surfaces. *Materials and Structures* (2012) 45
- DUNAJSKÁ, J., Tests on sustainability of consolidation treatments with CaLoSil® nanosuspensions on plaster reference samples. Litomyšl, 2012. Diplomová práce Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, Katedra chemické technologie
- HALL J., Slovník námětů a symbolů ve výtvarném umění, Mladá fronta, Praha 1991
- 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, Radana a Jiří KAŠPAR. Křenov, hřbitovní kaple sv. Isidora: Restaurátorská
- HEROUT J., *Slabikář návštěvníků památek*. Středisko památkové péče a ochrany přírody Středočeského kraje, Praha, 1980
- HUCKOVÁ M., KOTLÍK P. Možnosti konzervace umělého kamene pojeného epoxidy, sborník konference Arte-fakt 2006
- KOCIÁNOVÁ, I. *Restaurování centrálního výjevu na klenbě kaple sv. Isidora v Křenově*. Litomyšl, 2013. Diplomová práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování. Vedoucí práce Mgr. art. Jan Vojtěchovský.
- KOSTELNÍČKOVÁ, H., *zpráva - vyhodnocení stavu malířské a sochařské výzdoby kaple*. 2004. (archiv OÚ v KOSTELNÍČKOVÁ, H., *Barokní*

*památky v Křenově*, seminární práce C 101, školní rok 1996–1997 (archiv FR v Litomyšli).Křenově

- KOVAŘÍK, P., KOVAŘÍKOVÁ, J., Hřbitovní kaple sv. Isidora – vyhodnocení současného stavu
- *objektu*, březen 2004 (archiv OÚ v Křenově) - Půdorysné plány – ing. Josef Kusák, ing.
- Rostislav Lorenc (archiv OÚ v Křenově)
- KUNEŠ, P., Vliv hydroxidu vápenatého na zpevnění vápenné malty organokřemičitým esterem. Praha, 2012. Disertační práce. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze.
- LESNIAKOVÁ P., Chemicko-technologický průzkum nástropní malby Devíti kůrů andělských - Klenba hřbitovní kaple sv. Isidora v Křenově, Katedra chemické technologie Fakulty restaurování, Litomyšl, 2014
- *MBNnanomaterialia*. Nanoforart, First Annual Meeting, London 13 and 14 December 2012.
- MICHONOVÁ, D., *Zpevňování omítek vápennou vodou II*, Zprávy památkové péče, roč. 72, č. 5, 2012
- MIKULEC J., Barokní náboženská bratrstva v Čechách
- MIKULEC, J. Svatý Isidor: španělský sedlák na českém venkově. *Dějiny a současnost*. 1992, 92, 5,
- MORA, P., MORA, L., PHIPIPPOT, P. *Conservation of Wall Paintings*. ICCROM, London
- 1984 – překlad do českého jazyka; příčiny poruch maleb; část II.
- Nano for Art, Nano.Materials for the Conservation and Preservation of Movable and Immovable Artworks, Results and Outcomes – A Compendium, 2015, dostupné na:
- [http://www.nanoforart.eu/images/nanoforart\\_booklet.pdf](http://www.nanoforart.eu/images/nanoforart_booklet.pdf)
- PIASZCZYNSKI E., MUSIELA M., ZIEGENBALG G., The consolidation of Stone, Mortar and Plaster by Using Calcium Hydroxide Nano-Sols. Venice 2012.
- POLÁKOVÁ M., Restaurování nástropní malby s motivem „Angeli“ na klenbě sv. Isidora v Křenově, Bakalářská práce 2014, FRUPa
- RAČKOVÁ M., Restaurování části nástropní malby s motivem Seraphim na klenbě kaple sv. Isidora v Křenově. Ikonografické aspekty výmalby na klenbě kaple sv. Isidora v Křenově.
- ROSENBERG I., *Foedus Angelicum*, Typis Ignatij Rosenburg, 1704, Národní knihovna České republiky, duben 2014. Dostupné z [http://books.google.cz/books/about/Foedus\\_Angelicum.html](http://books.google.cz/books/about/Foedus_Angelicum.html)
- 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.

- 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
- ŠMERAL J., TURKO J. BOUCHAL G.B., Křenovská farnost v historiiVANĚČEK, I. *Nástěnné malby*. VŠCHT Praha 1997
- UNIVERZITA PARDUBICE, Fakulta restaurování. Restaurátorský průzkum: Nástěnné malby, štuková výzdoba a omítky interiéru kaple sv. Isidora v Křenově. Litomyšl, březen 2012.
- VOJTĚCHOVSKÝ J., SLOUKOVÁ L. *Porovnání vápenných nanosuspenzí pro konsolidaci nástěnné malby*: projekt realizovaný v rámci Studentské grantové soutěže Univerzity Pardubice. Litomyšl, 2014. Report, Digitální knihovna Univerzity Pardubice.
- WOLNY G., Die Markgrafschaft Mähren topographisch, statistisch und historisch geschildert, Olmützer Kreis, V. Band, Brno 1839
- ZMEŠKAL O., ČEPPAN M., DZIK P. *Barevné prostory a správa barev*. 2002, dostupné na: [http://www.fch.vutbr.cz/lectures/imagesci/download/stud06\\_rozn02.pdf](http://www.fch.vutbr.cz/lectures/imagesci/download/stud06_rozn02.pdf)

### Databáze a internetové zdroje:

- [www.aata.getty.edu](http://www.aata.getty.edu) (Analytical and archeological abstracts; AATA)
- [www.alma-lab.cz](http://www.alma-lab.cz) (Akademická laboratoř materiálového průzkumu malířských děl; ALMA)
- [www.bcin.ca](http://www.bcin.ca) (bibliografická databáze)
- [www.ceiba.cz](http://www.ceiba.cz) (materiály pro restaurování)
- [www.colorsystm.com/?page\\_id=991&lang=en](http://www.colorsystm.com/?page_id=991&lang=en) (*CIE-L\*A\*B\*-System*)
- [www.ctseurope.com](http://www.ctseurope.com) (produkty, vybavení a systémy pro restaurování; C. T. S.)
- [www.fotoroman.cz/glossary2/3\\_lab.htm](http://www.fotoroman.cz/glossary2/3_lab.htm)
- [www.getty.edu](http://www.getty.edu) (Getty)
- [www.ibz-freiberg.de](http://www.ibz-freiberg.de) (CaLoSiL®; IBZ Salzchemie, Freiberg/Germany)
- [www.ibz-freiberg.de/download/pdf/nanomaterialien/CaLoSiL\\_EN.pdf](http://www.ibz-freiberg.de/download/pdf/nanomaterialien/CaLoSiL_EN.pdf) (Technical Leaflet, CaLoSiL®)
- [www.lascaux.ch](http://www.lascaux.ch) (materiály pro restaurování)
- [www.mbn.it](http://www.mbn.it)
- [www.nanoforart.eu](http://www.nanoforart.eu) (mezinárodní projekt NANOforART)
- [www.purolite.com](http://www.purolite.com) (Česke stránky Purolite: [www.purolite.cz](http://www.purolite.cz))
- [www.remmers.cz](http://www.remmers.cz) (materiály pro restaurování)
- [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) (bibliografická databáze)
- [www.stonecore-europe.eu](http://www.stonecore-europe.eu) (mezinárodní projekt STONECORE)



- [www.zfb.com](http://www.zfb.com)
- [www.2020-horizon.com/NANOFORART-Nano-materials-for-the-conservation-and-preservation-of-movable-and-immovable-artworks%28NANOFORART%29-s2749.html](http://www.2020-horizon.com/NANOFORART-Nano-materials-for-the-conservation-and-preservation-of-movable-and-immovable-artworks%28NANOFORART%29-s2749.html)

## V. SEZNAM VYOBRAZENÍ

### 1. SEZNAM OBRAZOVÉ PŘÍLOHY

#### 1.1. Obrazová příloha teoretické části

- Obr. 1 Aplikace esterů kyseliny křemičité v pískovci – nepravidelné rozložení konsolidantu především v okrajových a nižších partiích. Téměř žádné množství KSE se nezachytilo v povrchové vrstvě. Snímek z prezentace projektu Stonecore, Benátky 2012.
- Obr. 2 Zpevňování povrchu pískovce nanovápnm CaLoSiL® a jeho směsí s KSE. Oba mají velmi dobré výsledky. Snímek z prezentace projektu Stonecore, Benátky 2012.
- Obr.3 Optická mikroskopie v bílém světle. Vzorek jemného béžového inonaca s arricciem. Autor: Petra Lesniaková
- Obr.4 Optická mikroskopie v UV světle. Vzorek jemného béžového inonaca s arricciem. Autor: Petra Lesniaková
- Obr. 5 Mikroskopický snímek vzorku omítky s obsahující dolomitické vápno po ošetření vápennou suspenzí CaLoSiL®, autor: Thomas Köberle
- Obr. 6, 7 Neřaděná vápenná nanosuspenze MBN Nf070, která svou nestabilitu projevovala již od data doručení. Vlevo: po promíchání, vpravo: průběh sedimentace Ca(OH)<sub>2</sub> po 1 týdnu odstátí
- Obr. 8 Skleněná frita impregnovaná prostředkem KSE 300 E; zřetelně přemost'ující gelové struktury v prostoru pórů. Elektronová mikroskopie.
- Obr. 9 Most z křemičitého gelu mezi dvěma strukturami. Elektronová mikroskopie.
- Obr. 10 Zkumavky 1-6 obsahují neřaděné vápenné suspenze, v dalších jsou nařaděné na 5g/l původního typu alkoholu.
- Obr. 11 Zkumavky označené čísla 13, 16–27 vápenné suspenze řaděné na 5g/l, v dalších (28–33) jsou směsi vápenných suspenzí s estery kyseliny křemičité
- Obr. 12 Průběh přípravy zkušebních panelů, nanosení jádrové omítky
- Obr. 13 Průběh přípravy zkušebních panelů, nanosení inonaca s nižším obsahem pojiva
- Obr. 14 Průběh přípravy zkušebních panelů, nanosení barevné vrstvy
- Obr. 15 Testování na zkušebním panelu I, stav po aplikaci všech zpevňujících prostředků
- Obr. 16 Pole v řadě D, na kterých byly zkoušeny vápenné suspenze bez následného vlhčení. Mezistav po 6. kole aplikace vápenných suspenzí.
- Obr. 17 Pole v řadě D, na kterých byly zkoušeny vápenné suspenze bez následného vlhčení. Konečný stav po navlhčení vodou (celkem 2x navlhčeno).
- Obr. 18 Testování na zkušebním panelu II, stav po aplikaci všech zpevňujících prostředků

- Obr. 19 Kolorimetrický diagram CIEL\*a\*b\*
- Obr. 20 Ukázka označení míst měření bílého zákalu (body 1-4) spektrofotometrem na zkušebním panelu
- Obr. 21 Detail displeje spektrofotometru CM-2600d v průběhu měření
- Obr. 22 Spektrofotometr CM-2600d
- Obr. 23 Zákres bodů měření spektrofotometrem na zkušebním panelu I.
- Obr. 24 Zákres bodů měření spektrofotometrem na zkušebním panelu II.
- Obr. 25 Testované lepící pásky s různou lepivostí a velikostí. K odtrhovému testu I byla zvolena třetí páska zleva.
- Obr. 26 Aplikace oboustrané lepící pásky
- Obr. 27 Lepící páska po aplikaci připravená k zvážení
- Obr. 28 Zkoušky zpevňování vápennými susupenzemi (a – e) a jejich směsí s KSE 300HV (f, g)
- Obr. 29 Označení míst ve výjevu Archangeli, na kterých jsou testované konsolidační prostředky
- Obr. 30 Zkoušky směsí vápenných susupenzí a jejich směsí s KSE 300HV ve víceukových aplikacích na nástěnné malbě v Křenově

## **1.2. Obrazová příloha praktické části**

- Obr. 31, 32 V pravo nahoře portrét faráře J. B. Schindlera, který se nechal zpodobnit spolu se stavbami v Křenově, které nechal zbudovat v 1. pol. 18. století. Na detailu vlevo je přiblíženo nejstarší vyobrazení kaple (v pozadí za kostelem a farou)
- Obr. 31, 32 V pravo nahoře portrét faráře J. B. Schindlera, který se nechal zpodobnit spolu se stavbami v Křenově, které nechal zbudovat v 1. pol. 18. století. Na detailu vlevo je přiblíženo nejstarší vyobrazení kaple (v pozadí za kostelem a farou)
- Obr. 33 Archivní fotografie z 1. poloviny 20. století. Kaple sv. Isidora, v pozadí kostel Narození sv. Jana Křtitele. Na vnějším plášti kaple lze vidět původní kladí podpírané představenými pilastry
- Obr. 34 Pohled na kapli sv. Isidora z roku 2003. Na severozápadní straně, odkud byla focena, byla kaple nejvíce poškozena. Autor: J. Švadlenka
- Obr. 35 (Dole) Pohled ze severozápadní strany na kapli sv. Isidora v současnosti. Obrácená barevnost fasády oproti předchozí (patrně ze 70. let 20. století) je podobná barevnosti, kterou lze vidět na fotografiích z 1. pol. 20. století
- Obr. 36 Stav střechy v roce 2003, kdy byla střešní krytina uvolněná a otevřenými místy zatékala do kaple dešťová voda. Autor: J. Švadlenka.
- Obr. 37 Zatékání dešťové vody a další doprovodné faktory způsobily velké poškození a ztráty omítek v severozápadní části kaple. Na snímku je vidět stav korunní římsy a pásu s oblaky nad ní, kde zůstaly jen fragmenty výzdoby. Autor fotografie: J. Švadlenka, 2003
- Obr. 38 Pohled na západní část kaple a kruchtu. Autor: J. Švadlenka, 2003

- Obr. 39 Klenba kaple s nástěnnou malbou osmi andělských kůrů kolem centrálního výjevu „*Nanebevzetí Panny Marie*“ na klenbě kaple v Křenově.  
Autor: J. Švadlenka, 2003
- Obr. 40, 41 Grafické zakreslení restaurované části na příčném řezu a půdoryse kaple modrou barvou, tmavě modře je zvýrazněn pás s oblaky.
- Obr. 42 Zakreslení rozměrů restaurované malby
- Obr. 43 Zakreslení defektů na malbě
- Obr. 44 Zakreslení defektů ve výjevu „*Archangeli*“
- Obr. 45 Stav výjevu „*Archangeli*“ v roce 1977, kdy ještě nedocházelo k zatékání do stavby. Autor: M. Kolegar
- Obr. 46 Stav malby v roce 1996, kdy byly zaznamenány ztráty intonaca levé horní části postavy Archanděla. Autor: Neumeistrová
- Obr. 47 Stav výjevu „*Archangeli*“ v roce 2003, kdy již chybělo intonaco i v levé spodní části a starší defekty byly zvětšeny. Autor: J. Švadlenka
- Obr. 48 Stav malby v roce 1996, kdy byly zaznamenány ztráty intonaca levé horní části postavy Archanděla. Autor: Neumeistrová
- Obr. 49 Stav výjevu před restaurováním. Tmel v oblasti levé paže anděla pochází z restaurátorského zajištění v letech 2015-2016. V bočním světle je patrný hrubý povrch tmelu a bílý tmel z téhož období byl nanesen v oblasti prasklin, menších defektů a štuků.
- Obr. 50 Detail Archanděla, který byl vyříznutý ze snímku zabírajícího větší plochu klenby. Stav v roce 1992. V pravé části (levá ruka anděla) byl větší defekt zatmelený v průběhu 19. – 20. století a malba byla doplněna. Autor fotografie: M. Krištof
- Obr. 51 Detail poškození barevné vrstvy a 2 typů tmelení, jimiž se malba zajišťovala v letech 2005–2006. Okraje intonaca se u trhlin dále oddělovaly od podkladu a vznikaly puchýře nebo se svitkovitě stáčely. Stav před restaurováním
- Obr. 52 (dole) Detail poškození barevné vrstvy, která byla v letech 2005–2006 zpevněna povrchově prostředkem, který následně způsobil její pnutí a tvorbu šupin.
- Obr. 53 Detail části většího tmelu z let 2005-2006, který zasahoval do obličejové partie Archanděla. Při okrajích byl tmel roztírán a vznikl tak rezistentní bílý zákal.
- Barevná vrstva byla celoplošně degradovaná působením vodorozpustných solí.
- Obr. 54 (dole) Detail zpráškovatělé barevné vrstvy na štuku hlavy andělka. Napravo od štuku se nachází lesklé skvrny po fixážním prostředku použitém v letech 2005-2006
- Obr. 55 Štuková hlava andělka v bočním nasvícení. Žlutá barevná vrstva byla zpráškovatělá a nabobtnaná pravděpodobně v důsledku krystalizace solí. V růžovém pozadí jsou dobře patrná tmavlá pole (větší část snímku vpravo). V místě, kde je barevná vrstva naopak zesvětlená je barevná vrstva sprášená. V pravé horní části se barevná vrstva zvedala od podkladu v křehkých a poměrně pevných puchýřcích.
- Obr. 56 Tmavé skvrny jsou pozůstatkem zatékání a tyto plochy se střídají s

- plochami, kde naopak došlo k zesvětlení barevnosti malby
- Obr. 57 Detail degradované barevné vrstvy s drobnými šedými skvrnami, zřejmě stopy biologického napadení
- Obr. 58 Štuková hlava andílka je pokryta zašedlou tmavou krustou vodorozpustných solí.
- Obr. 59 Fragment intonaca v západní oblasti pásu s oblaky (nad korunní římsou) Zde došlo k plošným ztrátám omítek až na odhalené zdivo. Na snímku nahoře je vidět silný a lesklý stékanec rezistentního konsolidačního prostředku z let 2005-2006 s ulpěnými nečistotami. Napravo již začíná nová jádrová omítka .
- Obr. 60 Fragment intonaca a odhaleného barokního arriccia s typickou narůžovělou barevností v severní části pásu s oblaky.
- Obr. 61 Celkový pohled na horní polovinu postavy Archanděla, která se dochovala ve fragmentech. Všechny defekty v omítkách tohoto výjevu byly v letech 2005-2006 vytmeleny. Stav v průběhu sondážního průzkumu, v němž se zjišťoval stav omítek pod druhotnými tmely.
- Obr. 62 Fotografie v UV světle, celkový pohled na horní polovinu postavy Archanděla. Zejména v horní části se projevují výrazně luminující místa pravděpodobného výskytu solí (ta září modrozeleně). V místě inkarnátu se objevuje specifická žlutooranžová luminiscence.
- Obr. 63 Horní část výjevu, na němž byly velké defekty vytmeleny hrubým tmelem při zajišťovacím zásahu v letech 2005-2006
- Obr. 64 Část výjevu v oblasti pravé nohy a ruky Archanděla, na němž byly rozsáhlé defekty vytmeleny hrubým tmelem při zajišťovacím zásahu v letech 2005-2006. Při sondážním průzkumu bylo zjištěno, že jsou tmely na většině míst silné cca 5 mm a pod nimi je dochované barokní narůžovělé arriccio.
- Obr. 65 Horní část výjevu, na němž byly velké puchýře intonaca zajištěny přelepy z *japonského papíru* pojenými *Tylosou*. Stav v průběhu restaurování.
- Obr. 66 Severní část pásu s oblaky, v průběhu zpevňování pohyblivých dutin a tmelení jemnou vápennou omítkou.
- Obr. 67 Tmel v oblasti levé paže anděla. Stav v průběhu zpevňování a odstraňování tmelů z předchozího restaurátorského zásahu. Pod tmelem byl objeven fragment staršího tmelu z 18. nebo 19. století.
- Obr. 68 (dole) Horní část výjevu, stav po odstranění mladších tmelů a v průběhu strukturální a hloubkové konsolidace vápenných omítek.
- Obr. 69 Celkový pohled na výjev „*Archangeli*“, který byl složen z dílčích fotografií.
- Stav po odstranění tmelů a vyčištění barevné vrstvy.
- Obr. 70 Hlava andílka po zpevnění a odstranění nežádoucích tmelů v okolí. Barevná vrstva byla předzpevněna kombinací vápenné suspenze *CaLoSiL E-25* a organokřemičitanu *KSE 300 HV*.
- Obr. 71 Hlava andílka po dočištění rezistentní šedavé krusty na štuku a odstranění hlubších reziduí vápenné krusty při okrajích tmelů pomocí

regulovatelného mikrotrýskání jemného abraziva mikropískovačkou. Stav po vytmelení defektů.

Obr. 72 (nahore) Část postavy Archanděla s nově vytmelenými defekty v oblasti jeho levé paže. K tmelení defektů vrstvy intonaca byla použita jemná zatónovaná vápenná malta v poměru 1:2.

Obr. 73 Část postavy Archanděla s nově vytmelenými defekty v oblasti jeho pravého křídla. K tmelení defektů vrstvy intonaca byla použita jemná zatónovaná vápenná malta v poměru 1:2.

Obr. 74 Část postavy Archanděla s nově vytmelenými defekty v levém dolním rohu výjevu. K tmelení defektů vrstvy intonaca byla použita jemná zatónovaná vápenná malta v poměru 1:2. Stav po vytmelení

Obr. 75 (dole) Severní část pásu s oblaky, stav po vytmelení a opatření nové omítky vápenným nátěrem. K tmelení defektů vrstvy intonaca

Obr. 76 Část postavy Archanděla v levém dolním rohu výjevu. Tmely a defekty barevné vrstvy byly zapojeny s okolní dochovanou barevnou vrstvou nápodobivou retuší. Stav po restaurování.

Obr. 77 (dole) Hlava andělka, stav po nápodobivé retuši defektů a tmelů.

Obr. 78 Výřez fotografie z roku 1977 (autor M. Kolegar), která původně zabírala větší část plochy klenby. V této době byly ještě omítkové vrstvy v oblasti pásu s oblaky zachovány, a proto se část mraků rekonstruovala podle této předlohy.

Obr. 79 Rekonstrukce pásu s oblaky na západní straně kaple. Tvar mraků se řídil podle fotografické předlohy (Obr. 78), technika a barevnost vycházely z dochovaných fragmentů barevné vrstvy a okolních maleb v kapli. Malba minerálními pigmenty pojenými arabskou gumou.

Obr. 80 Výřez fotografie z roku 1977 (autor M. Kolegar), která původně zabírala větší část plochy klenby. V této době byly ještě omítkové vrstvy v oblasti pásu s oblaky zachovány, a proto se část mraků rekonstruovala podle této předlohy.

Obr. 81 Rekonstrukce pásu s oblaky na severozápadní straně kaple. Tvar mraků se řídil podle fotografické předlohy (Obr. 79), technika a barevnost vycházely z dochovaných fragmentů barevné vrstvy a okolních maleb v kapli. Malba minerálními pigmenty pojenými arabskou gumou.

Obr. 81 Původní dochovaný pás mraků na východní straně. Foto: M. Račková

Obr. 82 Původní dochovaný pás mraků na jižní straně. Foto: B. Vařejková

Obr. 83 Původní dochovaný pás mraků na jihozápadní straně. Foto: M. Račková

Obr. 84 Kresebná příprava na rekonstrukci postavy ve výjevu „*Archangeli*“. Jeden z návrhů na plastické řešení rukávu pravé ruky anděla, která byla poškozena a není zachycena na žádné z archivních fotografií.

Obr. 85 Stav po retuši defektů a rekonstrukci chybějících částí v oblasti pravého i levého rukávu, obou křídel, lilie, vlasů a tváře anděla. Retušovalo se pigmenty pojenými arabskou gumou.

Obr. 86 (vlevo) Detail Archanděla na nejstarší dochované fotografii (jedná se o výřez, fotografie původně zabírala celou plochu klenby).



Obr. 87 (vpravo) Stav po restaurování. Detail tváře Archanděla.

Obr. 88, 89, 90 Vlevo detail fotografie z roku 1992 (autor: M. Křištof) pořízené z kruchty. Průběh rekonstrukce spodní části postavy a návrh na doplnění nohy. Vlevo stav po restaurování. Technika a barevnost vycházely z dochovaných fragmentů barevné vrstvy a okolních maleb v kapli. Malba minerálními pigmenty pojenými arabskou gumou.

Obr. 91 Výřez fotografie z roku 1977 (autor: M. Kolegar) Obr. 92 Přípravná akvarelová malba na papíře, která především sloužila k pochopení a ujasnění modelace a návaznosti fragmentů, a k definování tvaru, který byl na archivních fotografiích rozostřený

Obr. 93 Celkový pohled na výjev „*Archangeli*“, stav malby před restaurováním.

Obr. 94 Celkový pohled na výjev „*Archangeli*“, který byl složen z dílčích fotografií. Stav po restaurování.



Obr. 31, 32 V pravo nahoře  
 portrét faráře J. B. Schindlera,  
 který se nechal zpodobnit spolu  
 se stavbami v Křenově, které  
 nechal zbudovat v 1. pol. 18.  
 století. Na detailu vlevo je  
 přiblíženo nejstarší vyobrazení  
 kaple (v pozadí za kostelem a  
 farou)



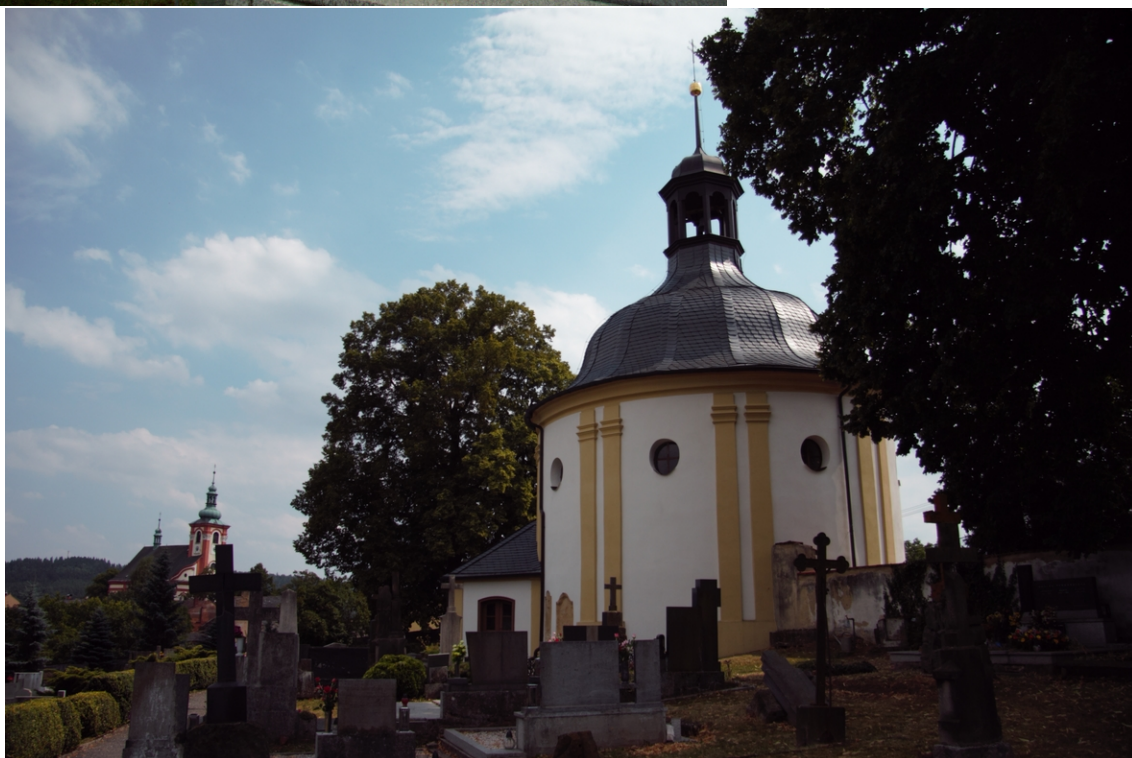
Obr. 33 Archivní fotografie z 1.  
 poloviny 20. století. Kaple sv.  
 Isidora, v pozadí kostel  
 Narození sv. Jana Křtitele. Na  
 vnějším plášti kaple lze vidět  
 původní kladí podpírané  
 představenými pilastry





Obr. 34 Pohled na kapli sv. Isidora z roku 2003. Na severozápadní straně, odkud byla focena, byla kaple nejvíce poškozena. Autor: J. Švadlenka

Obr. 35 (Dole) Pohled ze severozápadní strany na kapli sv. Isidora v současnosti. Obrácená barevnost fasády oproti předchozí (patrně ze 70. let 20. století) je podobná barevnosti, kterou lze vidět na fotografiích z 1. pol. 20. století







Obr. 36 Stav střechy v roce 2003, kdy byla střešní krytina uvolněná a otevřenými místy zatékala do kaple dešťová voda. Autor: J. Švadlenka.



Obr. 37 Zatékání dešťové vody a další doprovodné faktory způsobily velké poškození a ztráty omítek v severozápadní části kaple. Na snímku je vidět stav korunní římsy a pásu s oblaky nad ní, kde zůstaly jen fragmenty výzdoby. Autor fotografie: J. Švadlenka, 2003



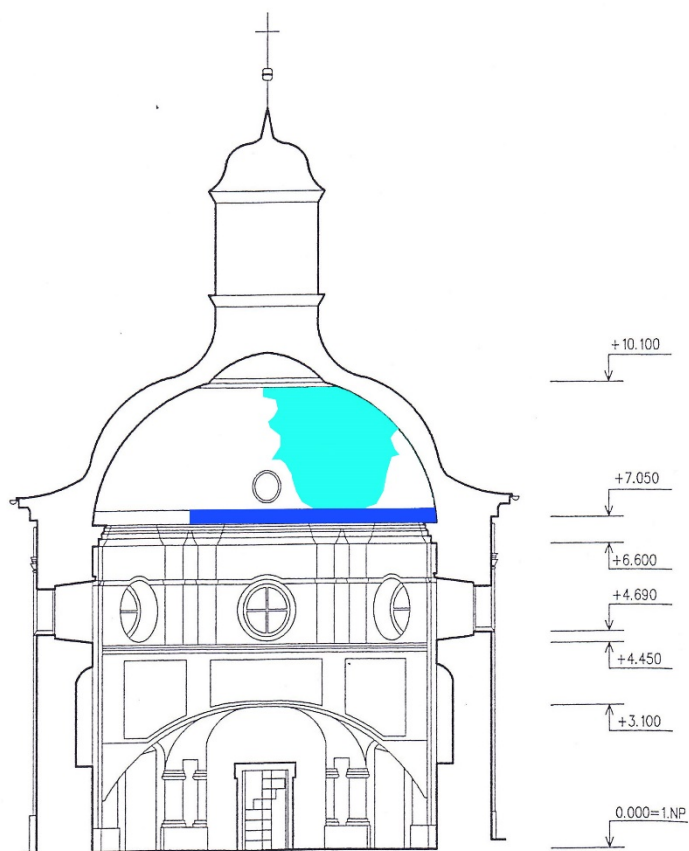


Obr. 38 Pohled na západní část kaple a kruchtu. Autor: J. Švadlenka, 2003

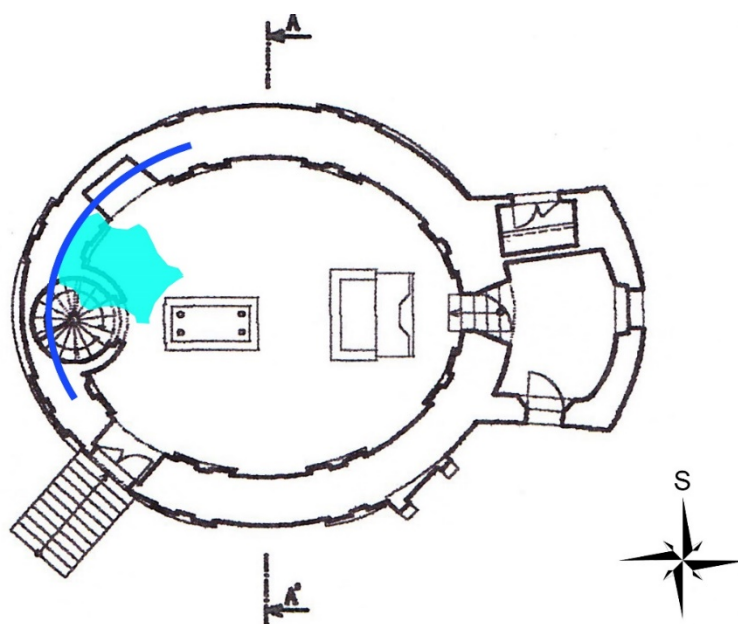


Obr. 39 Klenba kaple s nástěnnou malbou osmi andělských kůrů kolem centrálního výjevu „Nanebevzetí Panny Marie“ na klenbě kaple v Křenově. Autor: J. Švadlenka, 2003

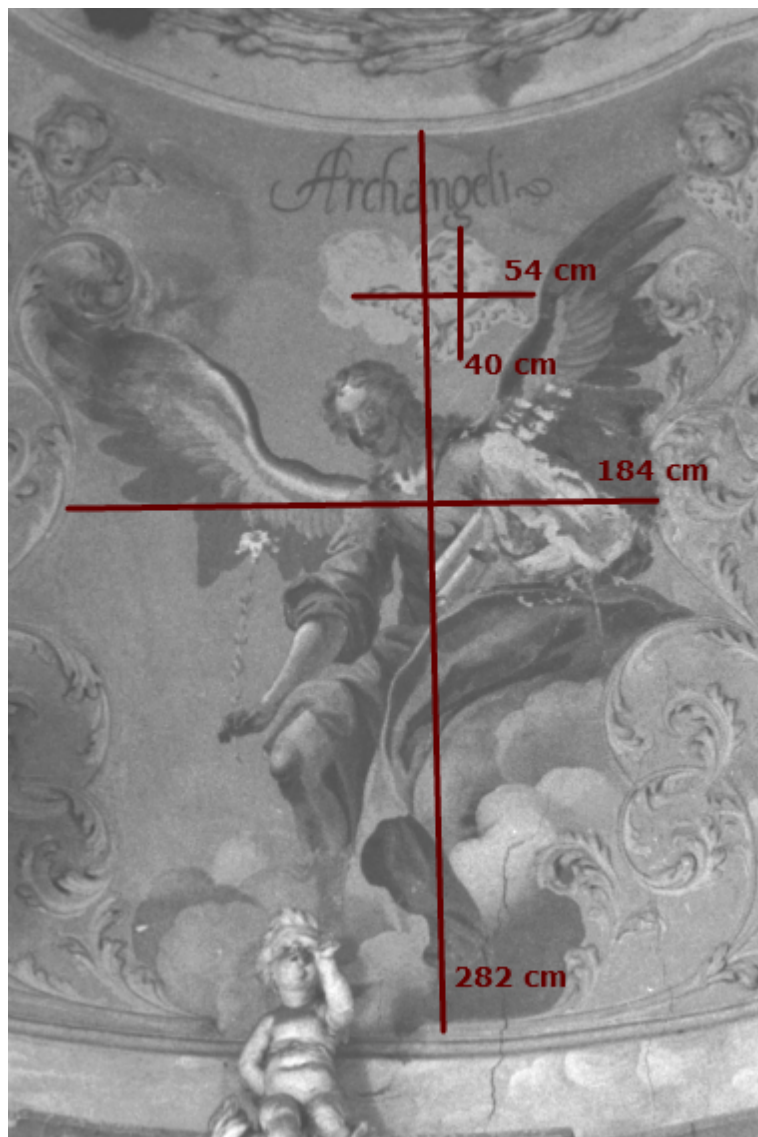
# ŘEZ A-A'



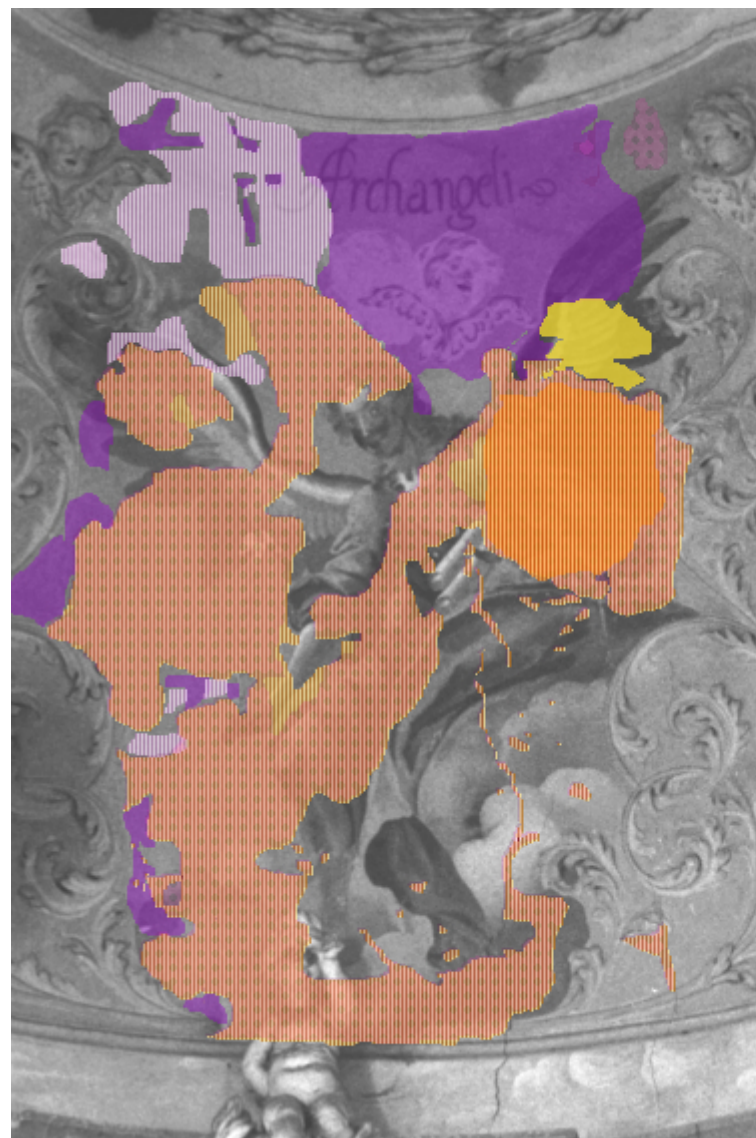
Obr. 40, 41 Grafické zakreslení restaurované části na příčném řezu a půdoryse kaple modrou barvou, tmavě modře je zvýrazněn pás s oblaky.







Obr. 42 Zakreslení rozměrů restaurované malby



-  tmel (19.-20.st)
-  tmely (2005/6)
-  šupinující bar. vrstva  
v důsledku fixáže  
(2005/6)
-  ztráta intonaka
-  ztmavnutí sírany
-  světlý zákal

Obr. 43 Zakreslení defektů na malbě





šupinující bar. vrstva

puchýře intonaca/  
barevné vrstvy

pohyblivé dutiny

statické trhliny

Obr. 44 Zakreslení defektů ve výjevu „Archangeli“



Obr. 45 Stav výjevu „Archangeli“ v roce 1977, kdy ještě nedocházelo k zatékání do stavby. Autor: M. Kolegar



Obr. 46 Stav malby v roce 1996, kdy byly zaznamenány ztráty intonaca levé horní části postavy Archanděla. Autor: Neumeistrová





Obr. 47 Stav výjevu „Archangeli“ v roce 2003, kdy již chybělo intonaco i v levé spodní části a starší defekty byly zvětšeny.  
Autor: J. Švadlenka



Obr. 48 Stav malby v roce 1996, kdy byly zaznamenány ztráty intonaca levé horní části postavy Archanděla. Autor: Neumeistrová





Obr. 49 Stav výjevu před restaurováním. Tmel v oblasti levé paže anděla pochází z restaurátorského zajištění v letech 2015-2016. V bočním světle je patrný hrubý povrch tmelu a bílý tmel z téhož období byl nanesen v oblasti prasklin, menších defektů a štuků.



Obr. 50 Detail Archanděla, který byl vyříznutý ze snímku zabírajícího větší plochu klenby. Stav v roce 1992. V pravé části (levá ruka anděla) byl větší defekt ztmelený v průběhu 19. – 20. století a malba byla doplněna.

Autor fotografie: M. Křištof





Obr. 51 Detail poškození barevné vrstvy a 2 typů tmelení, jimiž se malba zajišťovala v letech 2005–2006. Okraje intonaca se u trhlin dále oddělovaly od podkladu a vznikaly puchýře nebo se svitkovitě stáčely. Stav před restaurováním

Obr. 52 (dole) Detail poškození barevné vrstvy, která byla v letech 2005–2006 zpevněna povrchově prostředkem, který následně způsoboval její pnutí a tvorbu šupin.







Obr. 53 Detail části většího tmelu z let 2005-2006, který zasahoval do obličejové partie Archanděla. Při okrajích byl tmel roztírán a vznikl tak rezistentní bílý zákal. Barevná vrstva byla celoplošně degradovaná působením vodorozpustných solí.

Obr. 54 (dole) Detail zpráškovatělé barevné vrstvy na štuku hlavy andílka. Napravo od štuku se nachází lesklé skvrny po fixážním prostředku použitém v letech 2005-2006





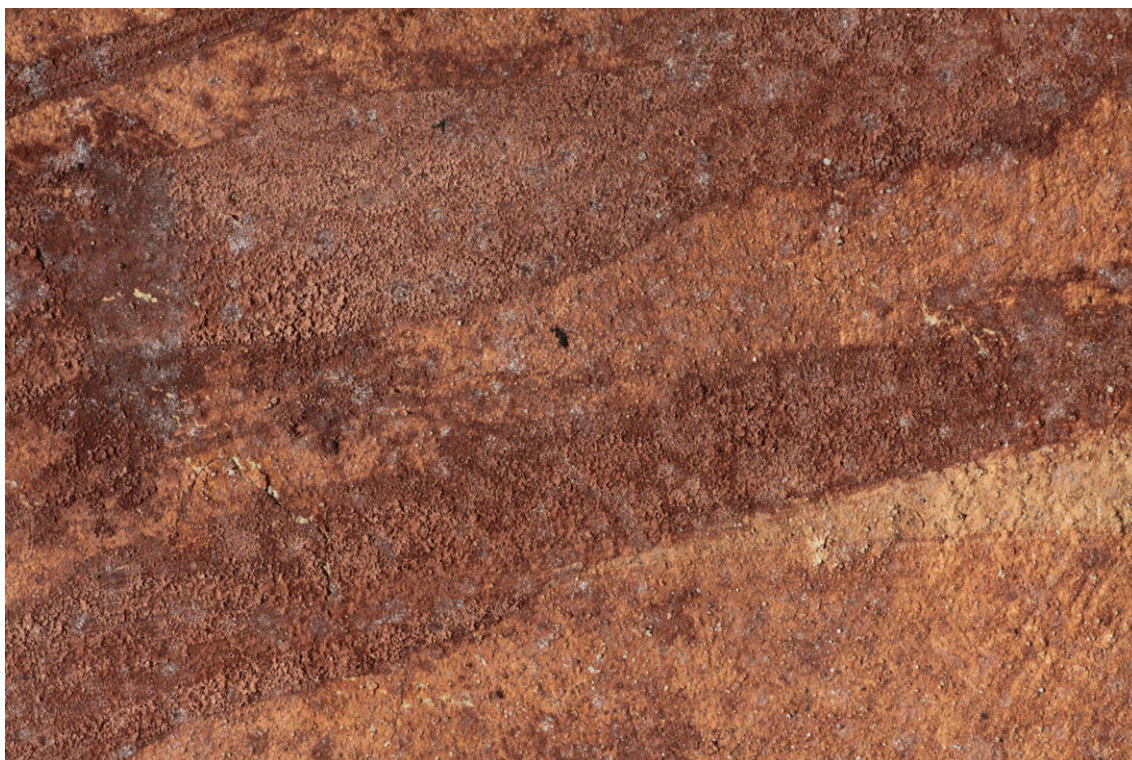


Obr. 55 Štuková hlava andílka v bočním nasvícení. Žlutá barevná vrstva byla zpráškovatělá a nabobtnaná pravděpodobně v důsledku krystalizace solí. V růžovém pozadí jsou dobře patrná tmavlá pole (větší část snímku vpravo). V místě, kde je barevná vrstva naopak zesvětlená je barevná vrstva sprášená. V pravé horní části se barevná vrstva zvedala od podkladu v křehkých a poměrně pevných puchýřcích.



Obr. 56 Tmavé skvrny jsou pozůstatkem zatékání a tyto plochy se střídají s plochami, kde naopak došlo k zesvětlení barevnosti malby





Obr. 57 Detail degradované barevné vrstvy s drobnými šedými skvrnami, zřejmě stopy biologického napadení



Obr. 58 Štuková hlava andílka je pokryta zašedlou tmavou krustou vodorozpustných solí.





Obr. 59 Fragment intonaca v západní oblasti pásu s oblaky (nad korunní římsou) Zde došlo k plošným ztrátám omítek až na odhalené zdivo. Na snímku nahoře je vidět silný a lesklý stékanec rezistentního konsolidačního prostředku z let 2005-2006 s ulpěnými nečistotami. Napravo již začíná nová jádrová omítka .



Obr. 60 Fragment intonaca a odhaleného barokního arriccia s typickou narůžovělou barevností v severní části pásu s oblaky.





Obr. 61 Celkový pohled na horní polovinu postavy Archanděla, která se dochovala ve fragmentech. Všechny defekty v omítkách tohoto výjevu byly v letech 2005-2006 vytmeleny. Stav v průběhu sondážního průzkumu, v němž se zjišťoval stav omítek pod druhotnými tmely.



Obr. 62 Fotografie v UV světle, celkový pohled na horní polovinu postavy Archanděla. Zejména v horní části se projevují výrazně luminující místa pravděpodobného výskytu solí (ta září modrozeleně). V místě inkarnátu se objevuje specifická žlutooranžová luminiscence.





Obr. 63 Horní část výjevu, na němž byly velké defekty vytmeleny hrubým tmelem při zajišťovacím zásahu v letech 2005-2006



Obr. 64 Část výjevu v oblasti pravé nohy a ruky Archanděla, na němž byly rozsáhlé defekty vytmeleny hrubým tmelem při zajišťovacím zásahu v letech 2005-2006. Při sondážním průzkumu bylo zjištěno, že jsou tmely na většině míst silné cca 5 mm a pod nimi je dochované barokní narůžovělé arriccio.





Obr. 65 Horní část výjevu, na němž byly velké puchýře intonaca zajištěny přelepy z japonského papíru pojenými Tylosou. Stav v průběhu restaurování.



Obr. 66 Severní část pásu s oblaky, v průběhu zpevňování pohyblivých dutin a tmelení jemnou vápennou omítkou.





Obr. 67 Tmel v oblasti levé paže anděla. Stav v průběhu zpevňování a odstraňování tmelů z předchozího restaurátorského zásahu. Pod tmelem byl objeven fragment staršího tmelu z 18. nebo 19. století.

Obr. 68 (dole) Horní část výjevu, stav po odstranění mladších tmelů a v průběhu strukturální a hloubkové konsolidace vápenných omítek.







Obr. 69 Celkový pohled na výjev „Archangeli“, který byl složen z dílčích fotografií.  
Stav po odstranění tmelů a vyčištění barevné vrstvy.



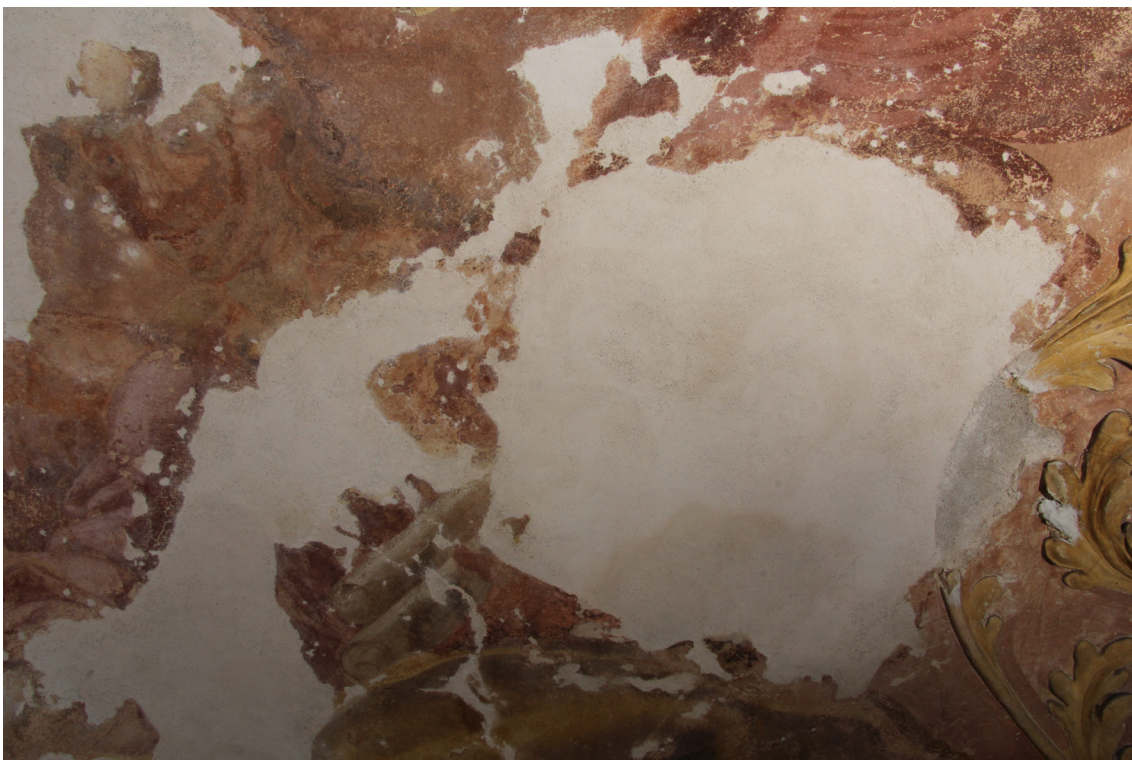


Obr. 70 Hlava andílka po zpevnění a odstranění nežádoucích tmelů v okolí. Barevná vrstva byla předzpevněna kombinacemi vápenné suspenze *CaLoSiL E-25* a organokřemičitanu *KSE 300 HV*.



Obr. 71 Hlava andílka po dočištění rezistentní šedavé krusty na štuku a odstranění hlubších reziduí vápenné krusty při okrajích tmelů pomocí regulovatelného mikrotrýskání jemného abraziva mikropískovačkou. Stav po vytmelení defektů.





Obr. 72 (nahore) Část postavy Archanděla s nově vytmelenými defekty v oblasti jeho levé paže. K tmelení defektů vrstvy intonaca byla použita jemná zatónovaná vápenná malta v poměru 1:2.



Obr. 73 Část postavy Archanděla s nově vytmelenými defekty v oblasti jeho pravého křídla. K tmelení defektů vrstvy intonaca byla použita jemná zatónovaná vápenná malta v poměru 1:2.





Obr. 74 Část postavy Archanděla s nově vytmelenými defekty v levém dolním rohu výjevu. K tmelení defektů vrstvy intonaca byla použita jemná zatónovaná vápenná malta v poměru 1:2. Stav po vytmelení

Obr. 75 (dole) Severní část pásu s oblaky, stav po vytmelení a opatření nové omítky vápenným nátěrem. K tmelení defektů vrstvy intonaca





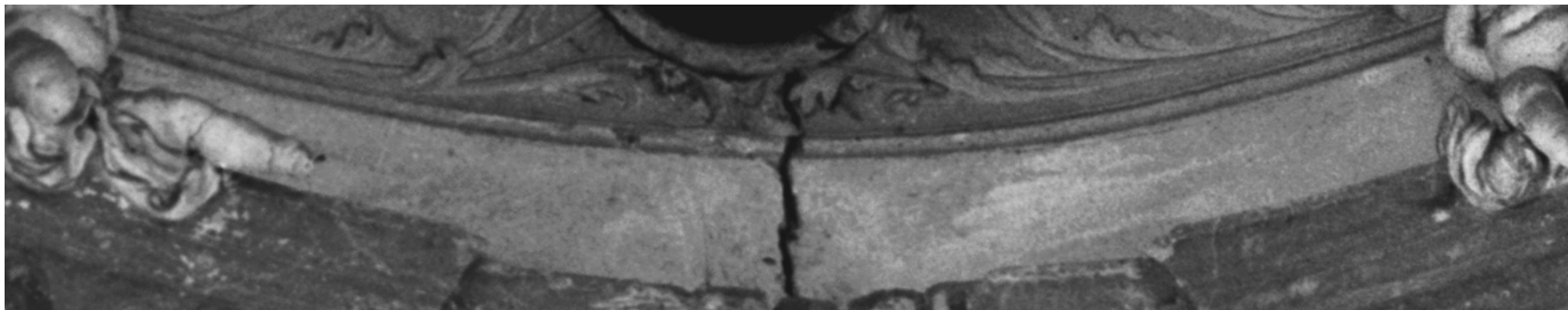


Obr. 76 Část postavy Archanděla v levém dolním rohu výjevu. Tmely a defekty barevné vrstvy byly zapojeny s okolní dochovanou barevnou vrstvou nápodobivou retuší. Stav po restaurování.

Obr 77 (dole) Hlava andílka, stav po nápodobivé retuši defektů a tmelů.







Obr. 78 Výřez fotografie z roku 1977 (autor M. Kolegar), která původně zabírala větší část plochy klenby. V této době byly ještě omítkové vrstvy v oblasti pásu s oblaky zachovány, a proto se část mraků rekonstruovala podle této předlohy.



Obr. 79 Rekonstrukce pásu s oblaky na západní straně kaple. Tvar mraků se řídil podle fotografické předlohy (Obr. 78), technika a barevnost vycházely z dochovaných fragmentů barevné vrstvy a okolních maleb v kapli. Malba minerálními pigmenty pojenými arabskou gumou.



Obr. 80 Výřez fotografie z roku 1977 (autor M. Kolegar), která původně zabírala větší část plochy klenby. V této době byly ještě omítkové vrstvy v oblasti pásu s oblaky zachovány, a proto se část mraků rekonstruovala podle této předlohy.



Obr. 81 Rekonstrukce pásu s oblaky na severozápadní straně kaple. Tvar mraků se řídil podle fotografické předlohy (Obr. 79), technika a barevnost vycházely z dochovaných fragmentů barevné vrstvy a okolních maleb v kapli. Malba minerálními pigmenty pojenými arabskou gumou.





Obr. 81 Původní dochovaný pás mraků na východní straně. Foto: M. Račková



Obr. 82 Původní dochovaný pás mraků na jižní straně. Foto: B. Vařejková



Obr. 83 Původní dochovaný pás mraků na jihozápadní straně. Foto: M. Račková



Obr. 84 Kresebná příprava na rekonstrukci postavy ve výjevu „Archangeli“. Jeden z návrhů na plastické řešení rukávu pravé ruky anděla, která byla poškozena a není zachycena na žádné z archivních fotografií.

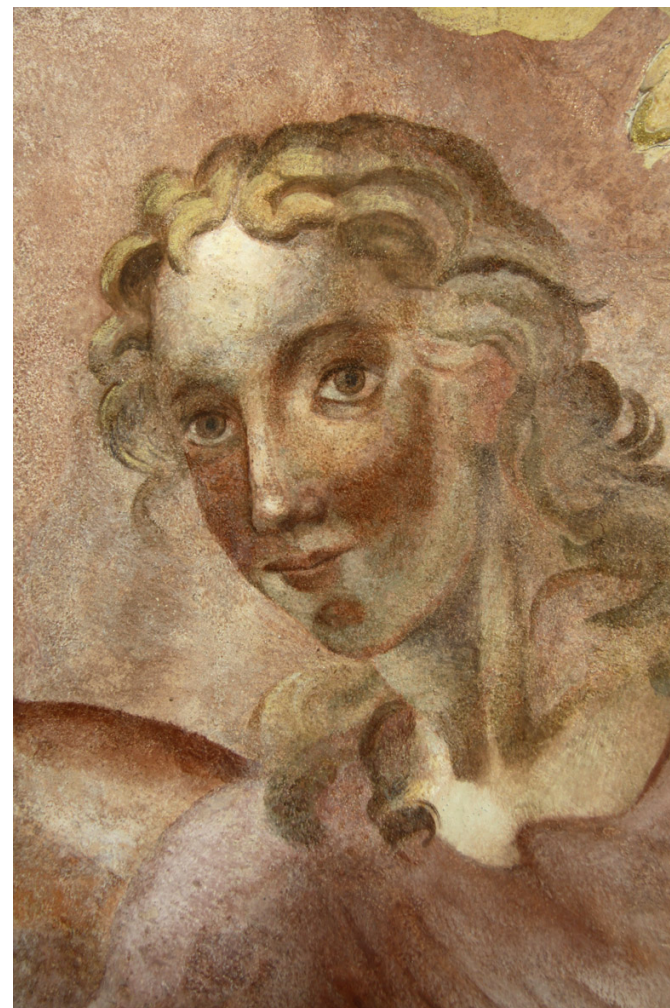


Obr. 85 Stav po retuši defektů a rekonstrukci chybějících částí v oblasti pravého i levého rukávu, obou křídel, lilie, vlasů a tváře anděla. Retušovalo se pigmenty pojenými arabskou gumou.



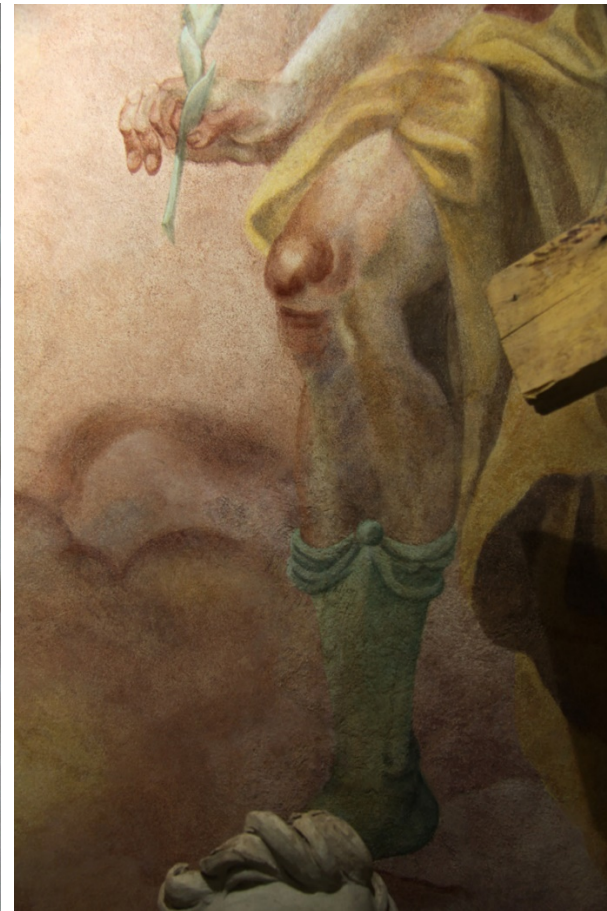


Obr. 86 (vlevo) Detail Archanděla na nejstarší dochované fotografii (jedná se o výřez, fotografie původně zabírala celou plochu klenby).



Obr. 87 (vpravo) Stav po restaurování. Detail tváře Archanděla.





Obr. 88, 89, 90 Vlevo detail fotografie z roku 1992 (autor: M. Křištof) pořízené z kruchty. Průběh rekonstrukce spodní části postavy a návrh na doplnění nohy. Vlevo stav po restaurování. Technika a barevnost vycházely z dochovaných fragmentů barevné vrstvy a okolních maleb v kapli. Malba minerálními pigmenty pojenými arabskou gumou.





Obr. 91 Výřez fotografie z roku 1977 (autor: M. Kolegar)



Obr. 92 Přípravná akvarelová malba na papíře, která především sloužila k pochopení a ujasnění modelace a návaznosti fragmentů, a k definování tvaru, který byl na archivních fotografiích rozostřený





Obr. 93 Celkový pohled na výjev „Archangeli“, stav malby před restaurováním.



Obr. 94 Celkový pohled na výjev „Archangeli“, který byl složen z dílčích fotografií. Stav po restaurování.

## 2. SEZNAM GRAFICKÉ PŘÍLOHY

Graf 1: Grafické znázornění rychlosti usazování pevné složky ve směsi.

Sedimentace byla pozorována ve zkumavkách v průběhu 12 týdnů

Graf 2 Hodnocení nežádoucích efektů na panelu I, v polích 1 -10 řady B

Graf 3 Hodnocení nežádoucích efektů na panelu I, v polích 1 -10 řady C

Graf 4 Hodnocení nežádoucích efektů na panelu I, v polích 1 -10 řady D

Graf 5 Hodnocení nežádoucích efektů na panelu I, v polích 1 -10 řady E

Graf 6 Hodnocení nežádoucích efektů na panelu II, v polích 1 -10 řady A

Graf 7 Hodnocení nežádoucích efektů na panelu II, v polích 1 -10 řady B

Graf 8 Hodnocení nežádoucích efektů na panelu II, v polích 1 -10 řady C

Graf 9 Hodnocení nežádoucích efektů na panelu II, v polích 1 -10 řady D

## 3. SEZNAM TABULEK

### 3.1. Tabulky použité v textu

Tab. 1 Označení a koncentrace suspenzí ve zkumavkách (Obr. 10)

Tab. 2 Označení a koncentrace suspenzí ve zkumavkách (Obr. 11)

Tab. 3: Zkoušky na panelu I; modře jsou označeny vápenné suspenze aplikované samostatně, zeleně jsou zaznačeny vrstvené, po sobě jdoucí prostředky na bázi esterů kyseliny křemičité. Červenou barvou jsou vybarveny směsi vápenných suspenzí s estery kyseliny křemičité

Tab. 4: Zkoušky na panelu I; modře jsou označeny vápenné suspenze aplikované samostatně, zeleně jsou zaznačeny vrstvené, po sobě jdoucí prostředky na bázi esterů kyseliny křemičité. Červenou barvou jsou vybarveny směsi vápenných suspenzí s estery kyseliny křemičité

Tab. 5 Tabulka s metodami vyhodnocení změn a se stupni nežádoucích efektů, objevených po aplikacích konsolidačních prostředků.

Tab. 6 Hodnocení intenzity bílého zákalu na panelu I

Tab. 7 Hodnocení intenzity bílého zákalu na panelu II

Tab. 8 Hodnocení intenzity tmavnutí na panelu I

Tab. 9 Hodnocení intenzity tmavnutí na panelu II

Tab. 10 Hodnocení intenzity sprašování barevné vrstvy na panelu I

Tab. 11 Hodnocení intenzity sprašování barevné vrstvy na panelu I

- Tab. 12 Hodnocení výskytu mikrotrhlin v barevné vrstvě na panelu I
- Tab. 13 Hodnocení výskytu mikrotrhlin v barevné vrstvě na panelu II
- Tab. 14 Hodnocení intenzity bílého zákalu na panelu I
- Tab. 15 Hodnocení intenzity bílého zákalu na panelu II
- Tab. 16 Hodnocení intenzity tmavnutí na panelu I
- Tab. 17 Hodnocení intenzity tmavnutí na panelu II
- Tab. 18 Hodnocení výsledků z odtrhového testu I na panelu I Tab. 19  
Hodnocení výsledků z odtrhového testu I na panelu II
- Tab. 20 Hodnocení výsledků z odtrhového testu II. na panelu I
- Tab. 21 Hodnocení výsledků z odtrhového testu II. na panelu II
- Tab. 22 Zkoušky zpevnování na nástěnné malbě
- Tab. 23 Zkoušky zpevnování na nástěnné malbě v Křenově
- Tab. 24 Zkoušky zpevnování na nástěnné malbě v Křenově
- Tab. 25 Zkoušky zpevnování na nástěnné malbě v Křenově

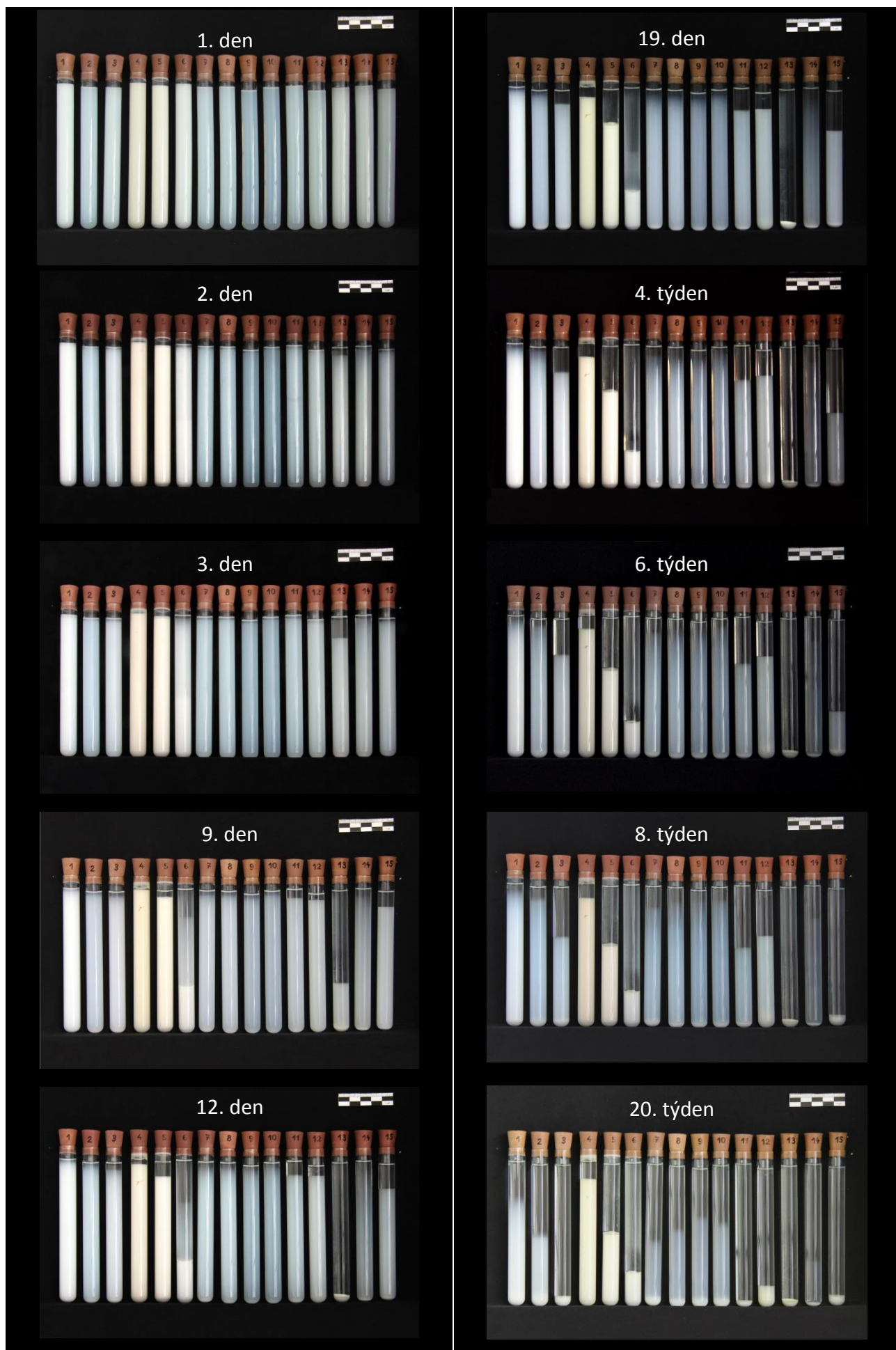
### **3.2. Tabulky se snímky z vyhodnocovacích metod experimentální části**

- Tab. 26 Průběh sedimentace vzorků označených čísly 1 - 15
- Tab. 27 Průběh sedimentace vzorků označených čísly 13, 16 - 33
- Tab. 28 Snímky barevné vrstvy, pořízené pomocí pomocí USB mikroskopu (MicroCapture Pro od výrobce Celestron). Panel I.
- Tab. 30 Snímky barevné vrstvy, pořízené pomocí pomocí USB mikroskopu (MicroCapture Pro od výrobce Celestron). Panel II
- Tab. 31 Dokumentace odtrhového testu I a testu sprašování. Panel I.
- Tab. 32 Dokumentace odtrhového testu I a testu sprašování. Panel II.
- Tab. 33 Dokumentace odtrhového testu II. Panel I.
- Tab. 34 Dokumentace odtrhového testu II. Panel II.

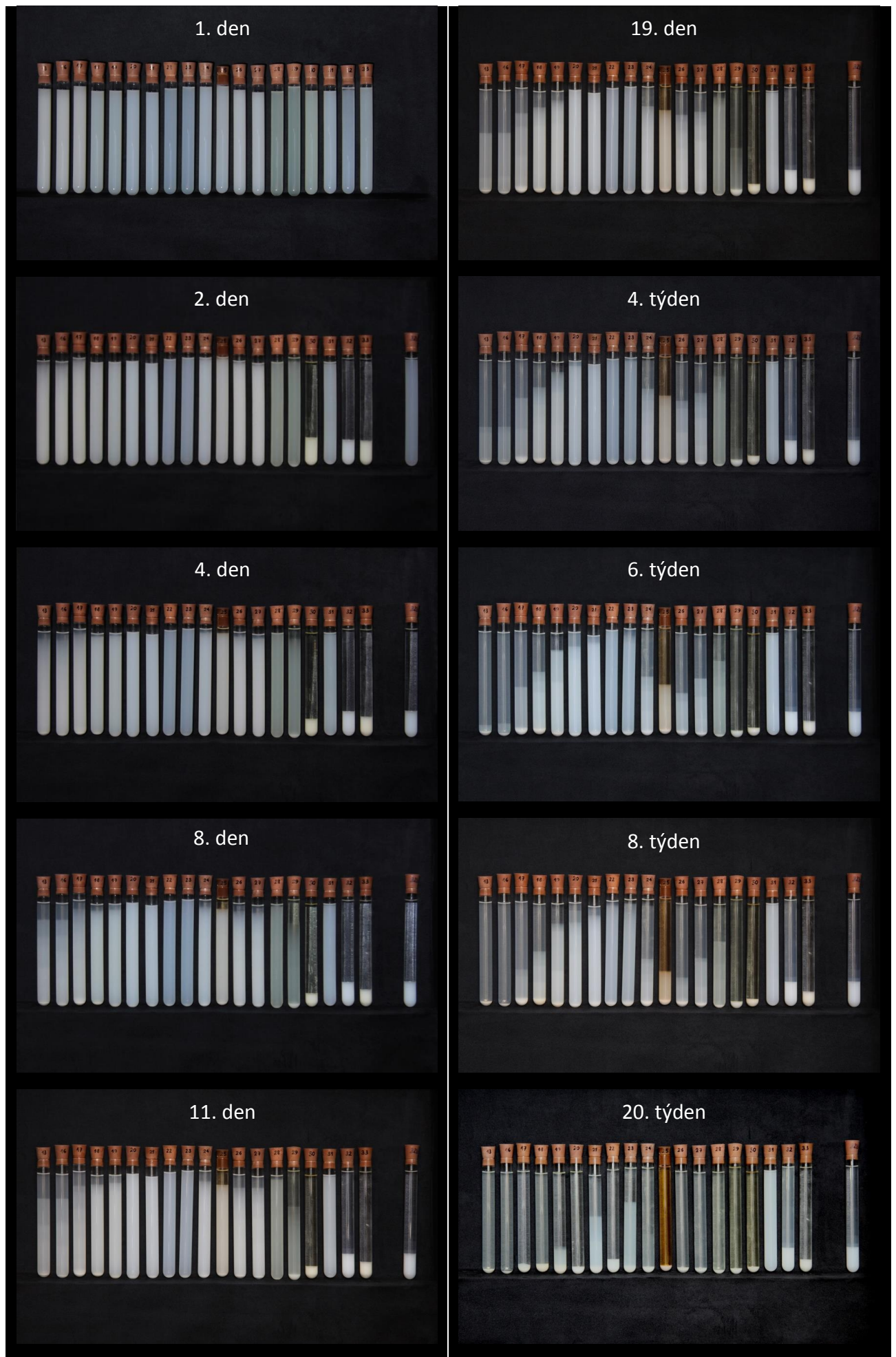
### **3.3. Tabulky s výpočty naměřených hodnot při posouzení vizuálních změn a míry zpevnění**

- Tab. 35-38 Zápis hodnot z průběhu odtrhového testu I a II
- Tab. 39-47 Zápis hodnot barevné diference a hodnocení míry tmavnutí a bílého zákalu









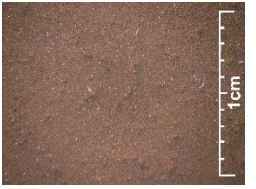

















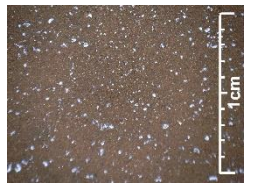
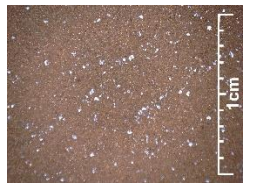
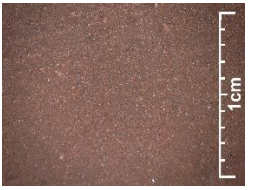







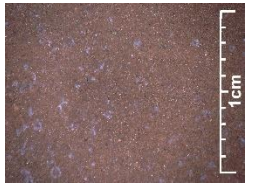







Tab. 26 Průběh sedimentace vzorků označených čísly 1 - 15



Tab. 27 Průběh sedimentace vzorků označených čísly 13, 16 - 33



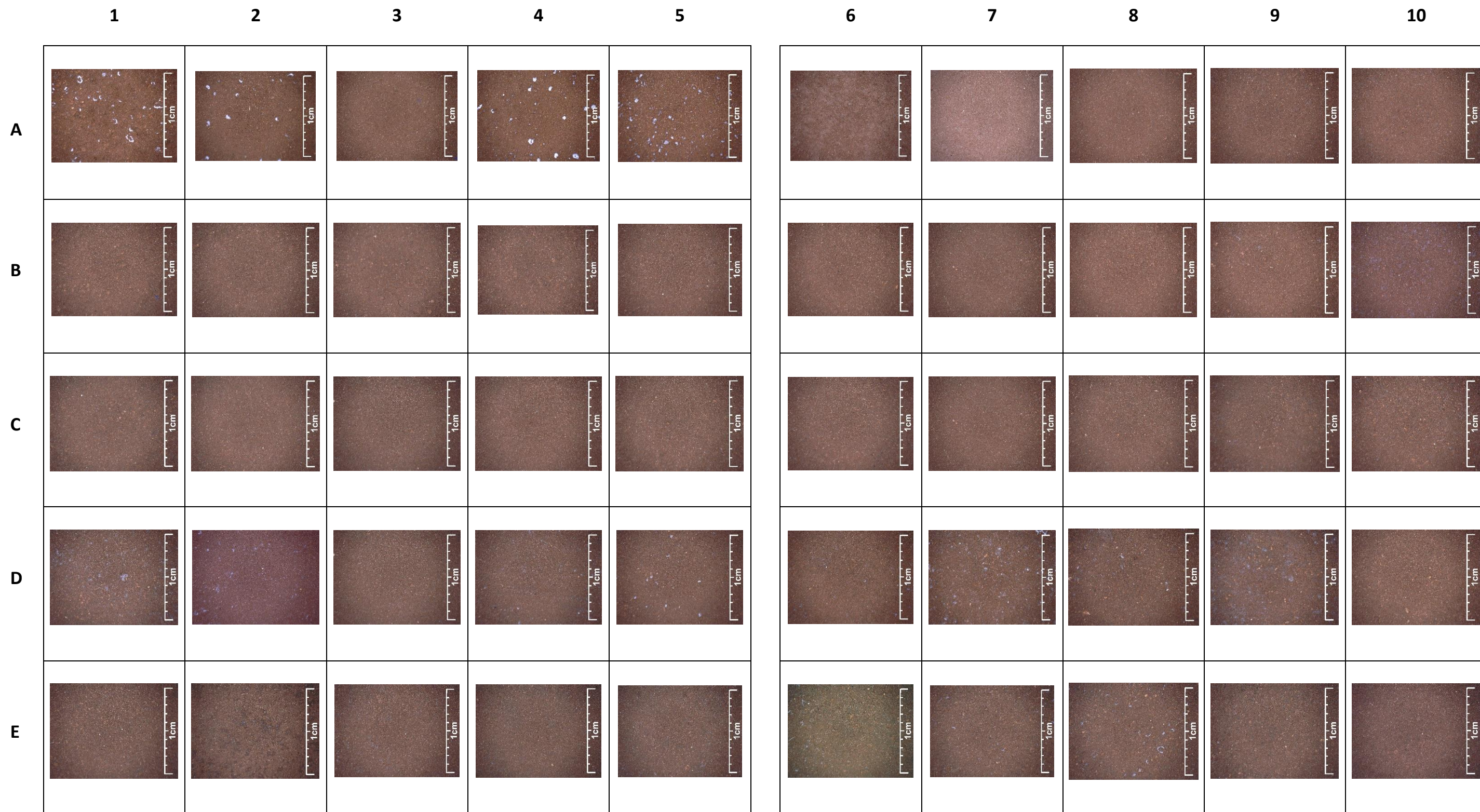
PANEL I

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
B										
C										
D										
E										

Tab. 28 Snímky barevné vrstvy, pořízené pomocí USB mikroskopu (*MicroCapture Pro* od výrobce *Celestron*). Panel I.




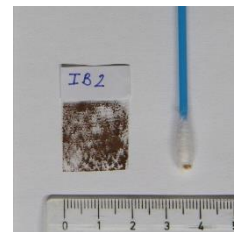
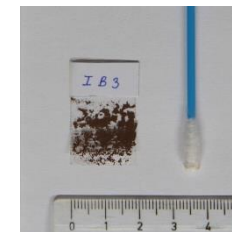

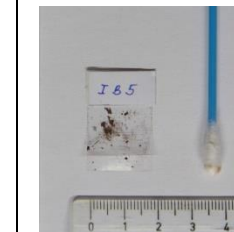
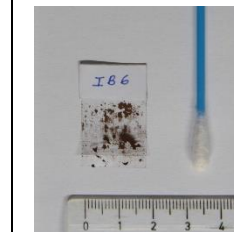
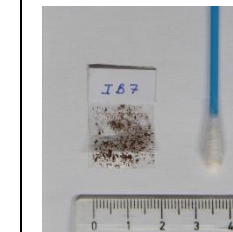
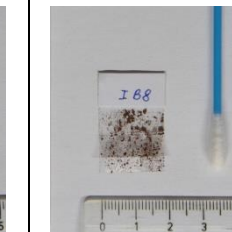
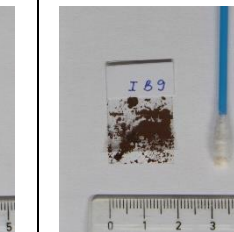
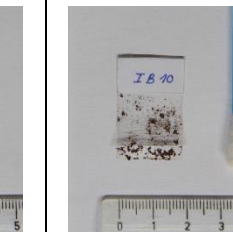
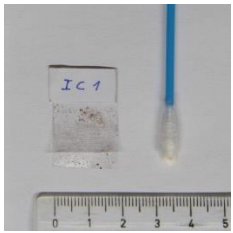
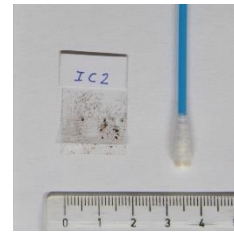
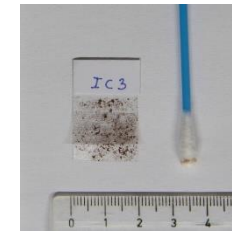
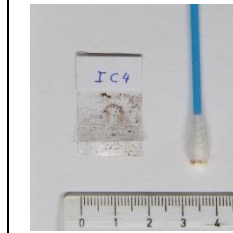
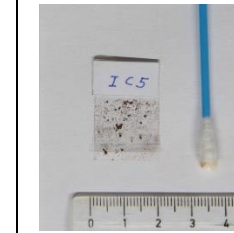
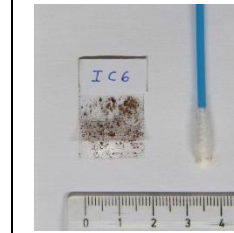
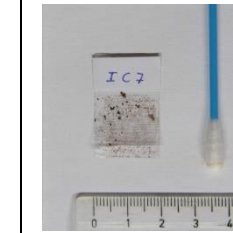
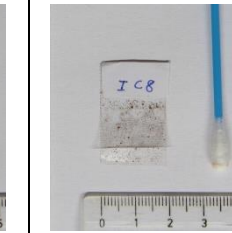
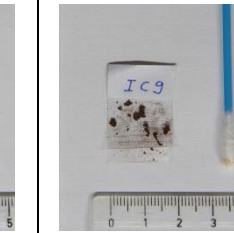
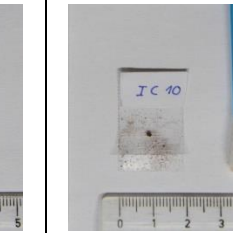
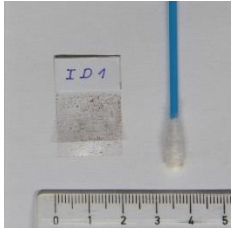
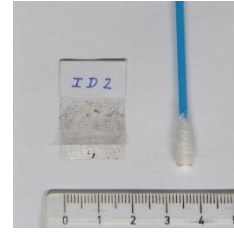
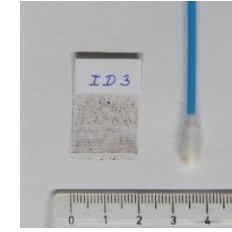
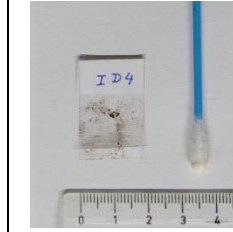
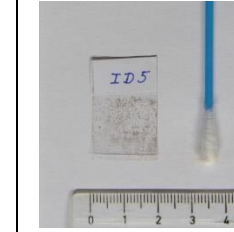
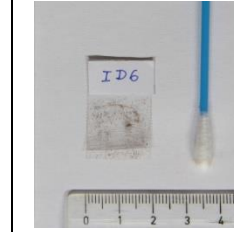
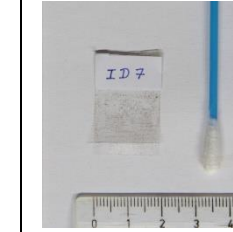
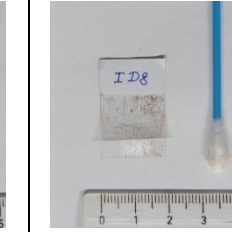
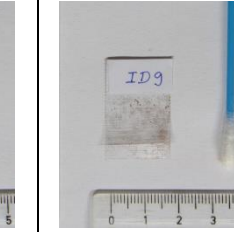
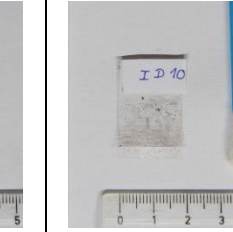
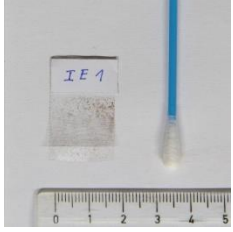
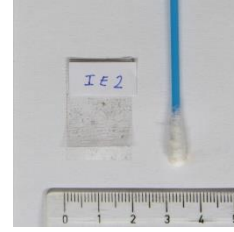
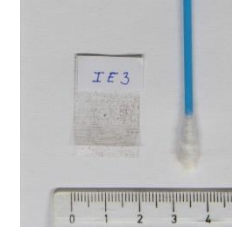
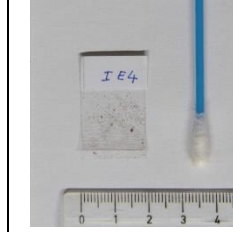
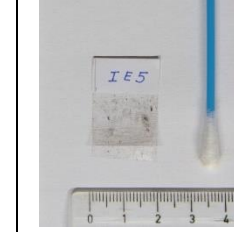
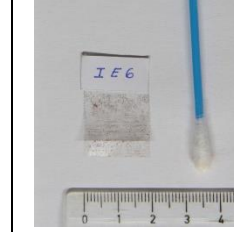
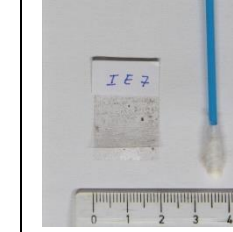
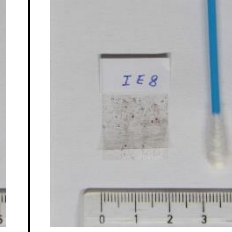
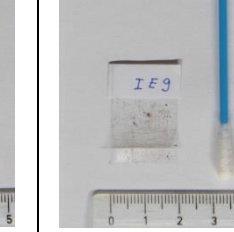
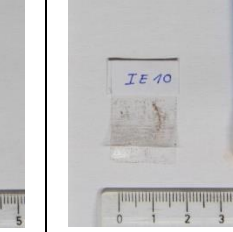
PANEL II



Tab. 30 Snímky barevné vrstvy, pořízené pomocí USB mikroskopu (*MicroCapture Pro* od výrobce *Celestron*). Panel II

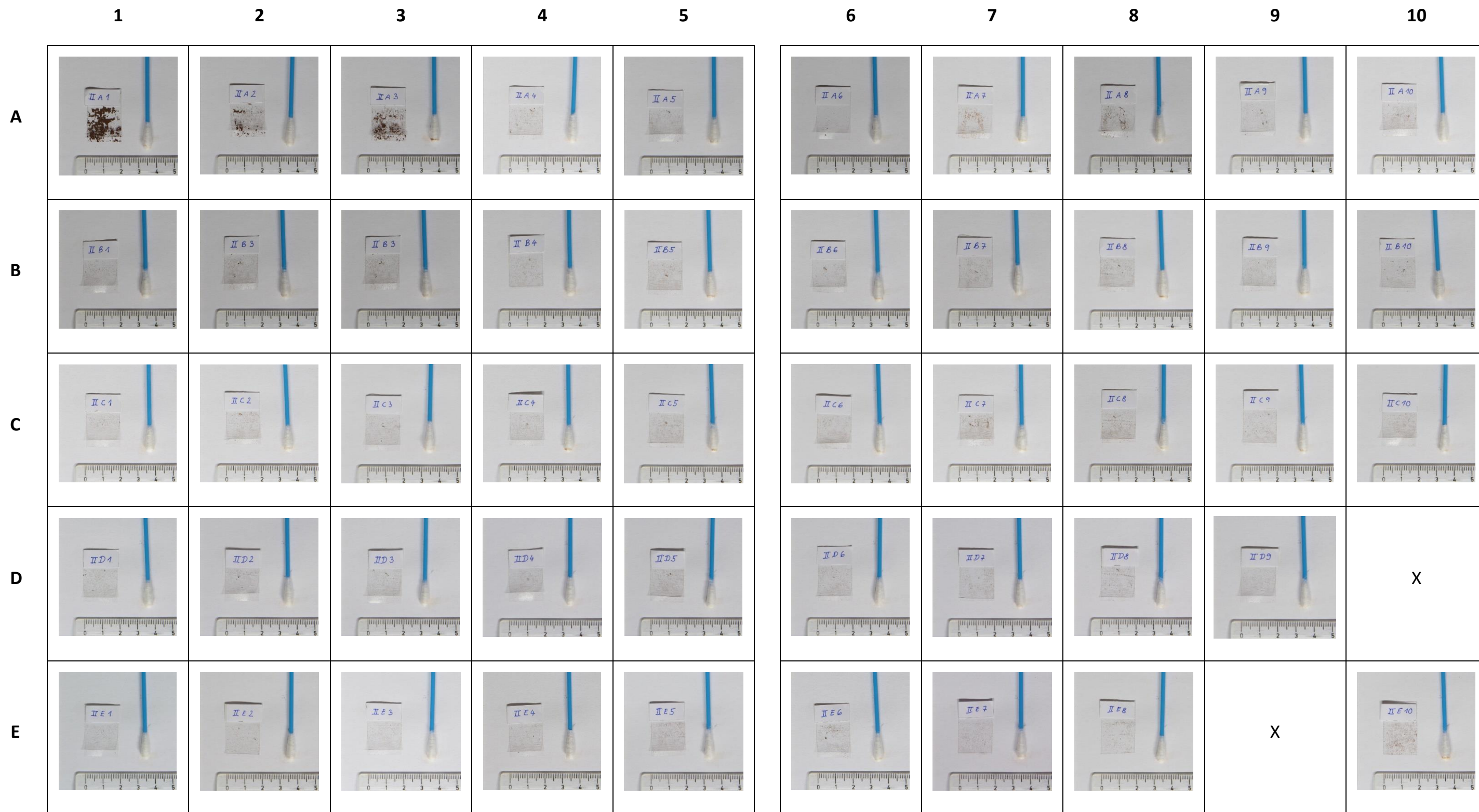


PANEL I

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
B										
C										
D										
E										

Tab. 31 Dokumentace odtrhového testu I a testu sprašování. Panel I.



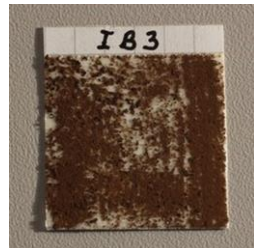




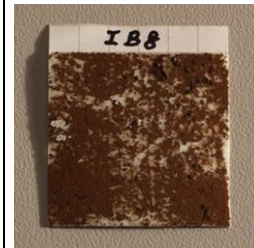
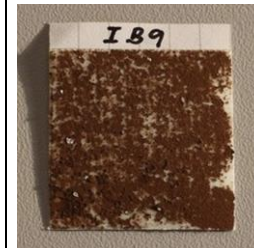
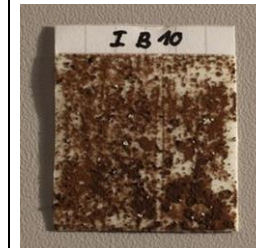




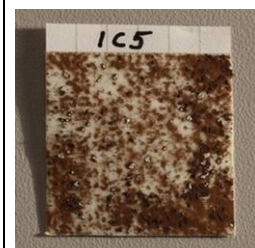


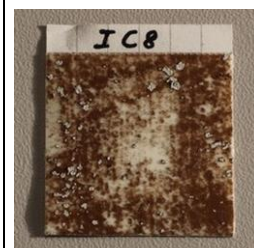

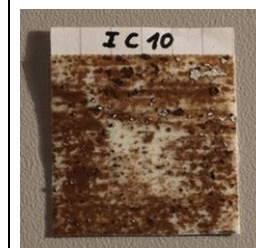









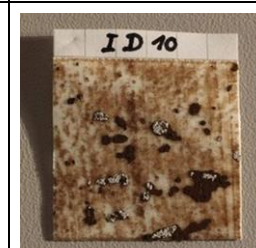








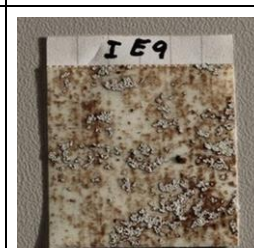

PANEL II



Tab. 32 Dokumentace odtrhového testu I a testu srašování. Panel II.



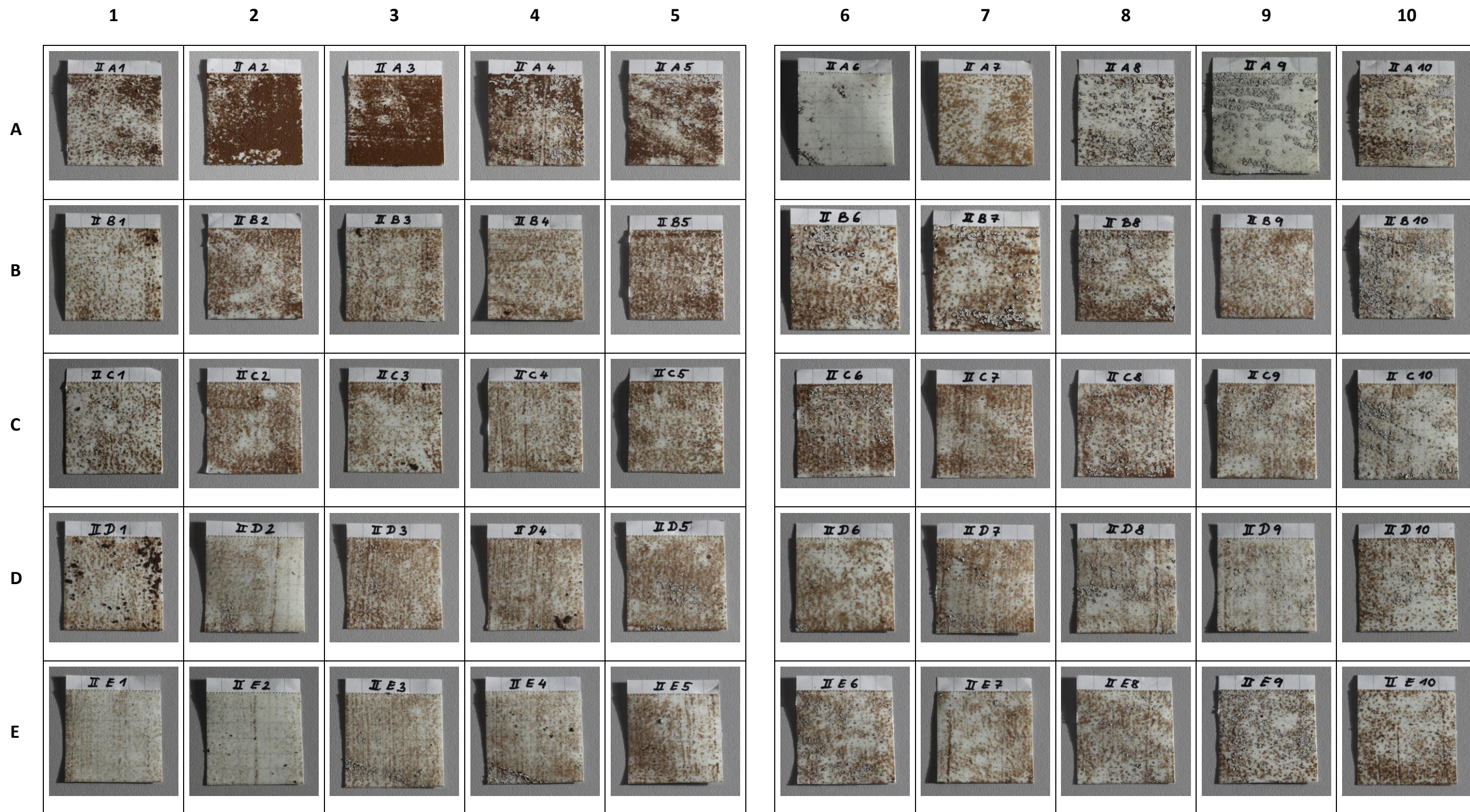
PANEL I

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
B										
C										
D										
E										

Tab. 33 Dokumentace odtrhového testu II. Panel I.



PANEL II



Tab. 34 Dokumentace odtrhového testu II. Panel II.



## Zápis hodnot z průběhu odtrhového testu I a II

Test I					Test II				
	Váha pásky před odtržením	Váha pásky po odtržení	Rozdíl	Hodnocení Test I		Váha pásky před odtržením	Váha pásky po odtržení	Rozdíl	Hodnocení Test II
IB1	0,064	0,068	0,004	1	IB1	0,064	0,068	0,004	1
IB2	0,066	0,071	0,005	1	IB2	0,066	0,071	0,005	1
IB3	0,064	0,072	0,008	2	IB3	0,064	0,072	0,008	2
IB4	0,062	0,069	0,007	2	IB4	0,062	0,069	0,007	2
IB5	0,063	0,065	0,002	0	IB5	0,063	0,065	0,002	0
IB6	0,064	0,068	0,004	1	IB6	0,064	0,068	0,004	1
IB7	0,061	0,066	0,005	1	IB7	0,061	0,066	0,005	1
IB8	0,061	0,066	0,005	1	IB8	0,061	0,066	0,005	1
IB9	0,063	0,074	0,011	3	IB9	0,063	0,074	0,011	3
IB10	0,062	0,067	0,005	1	IB10	0,062	0,067	0,005	1
IC1	0,063	0,064	0,001	0	IC1	0,063	0,064	0,001	0
IC2	0,06	0,063	0,003	1	IC2	0,06	0,063	0,003	1
IC3	0,063	0,067	0,004	1	IC3	0,063	0,067	0,004	1
IC4	0,062	0,065	0,003	1	IC4	0,062	0,065	0,003	1
IC5	0,062	0,065	0,003	1	IC5	0,062	0,065	0,003	1
IC6	0,066	0,07	0,004	1	IC6	0,066	0,07	0,004	1
IC7	0,066	0,067	0,001	0	IC7	0,066	0,067	0,001	0
IC8	0,065	0,066	0,001	0	IC8	0,065	0,066	0,001	0
IC9	0,063	0,068	0,005	1	IC9	0,063	0,068	0,005	1
IC10	0,063	0,065	0,002	0	IC10	0,063	0,065	0,002	0

Tab. 35 Zápis hodnot z průběhu odtrhového testu I a II

Test I					Test II				
	Váha pásky před odtržením	Váha pásky po odtržení	Rozdíl	Hodnocení Test I		Váha pásky před odtržením	Váha pásky po odtržení	Rozdíl	Hodnocení Test II
ID1	0,063	0,064	0,001	0	ID1	0,527	0,539	0,012	1
ID2	0,063	0,064	0,001	0	ID2	0,537	0,551	0,014	1
ID3	0,062	0,064	0,002	0	ID3	0,52	0,536	0,016	1
ID4	0,061	0,063	0,002	0	ID4	0,524	0,538	0,014	1
ID5	0,063	0,064	0,001	0	ID5	0,525	0,54	0,015	1
ID6	0,063	0,064	0,001	0	ID6	0,522	0,557	0,035	3
ID7	0,063	0,063	0	0	ID7	0,527	0,539	0,012	1
ID8	0,063	0,064	0,001	0	ID8	0,525	0,538	0,013	1
ID9	0,062	0,064	0,002	0	ID9	0,529	0,545	0,016	1
ID10	0,062	0,063	0,001	0	ID10	0,523	0,548	0,025	2
IE1	0,065	0,065	0	0	IE1	0,527	0,535	0,008	0
IE2	0,061	0,062	0,001	0	IE2	0,523	0,532	0,009	0
IE3	0,062	0,064	0,002	0	IE3	0,527	0,535	0,008	0
IE4	0,061	0,062	0,001	0	IE4	0,541	0,548	0,007	0
IE5	0,061	0,064	0,003	1	IE5	0,534	0,568	0,034	3
IE6	0,062	0,065	0,003	1	IE6	0,531	0,56	0,029	3
IE7	0,062	0,065	0,003	1	IE7	0,529	0,558	0,029	3
IE8	0,065	0,067	0,002	0	IE8	0,522	0,53	0,008	0
IE9	0,062	0,064	0,002	0	IE9	0,533	0,554	0,021	2
IE10	0,067	0,068	0,001	0	IE10	0,531	0,539	0,008	0

Tab. 36 Zázpis hodnot z průběhu odtrhového testu I a II



Test I					Test II				
	Váha pásky před odtržením	Váha pásky po odtržení	Rozdíl	Hodnocení Test I		Váha pásky před odtržením	Váha pásky po odtržení	Rozdíl	Hodnocení Test II
IIA1	0,051	0,062	0,011	<b>3</b>	IIA1	0,534	0,547	0,013	<b>1</b>
IIA2	0,064	0,066	0,002	<b>0</b>	IIA2	0,537	0,574	0,037	<b>3</b>
IIA3	0,063	0,068	0,005	<b>1</b>	IIA3	0,533	0,561	0,028	<b>3</b>
IIA4	0,064	0,064	0	<b>0</b>	IIA4	0,534	0,559	0,025	<b>2</b>
IIA5	0,062	0,063	0,001	<b>0</b>	IIA5	0,532	0,555	0,023	<b>2</b>
IIA6	0,065	0,065	0	<b>0</b>	IIA6	0,533	0,539	0,006	<b>0</b>
IIA7	0,062	0,063	0,001	<b>0</b>	IIA7	0,537	0,545	0,008	<b>0</b>
IIA8	0,064	0,065	0,001	<b>0</b>	IIA8	0,541	0,573	0,032	<b>3</b>
IIA9	0,062	0,062	0	<b>0</b>	IIA9	0,539	0,559	0,02	<b>2</b>
IIA10	0,062	0,064	0,002	<b>0</b>	IIA10	0,529	0,547	0,018	<b>1</b>
IIB1	0,06	0,06	0	<b>0</b>	IIB1	0,529	0,537	0,008	<b>0</b>
IIB2	0,061	0,062	0,001	<b>0</b>	IIB2	0,53	0,537	0,007	<b>0</b>
IIB3	0,059	0,061	0,002	<b>0</b>	IIB3	0,535	0,542	0,007	<b>0</b>
IIB4	0,06	0,06	0	<b>0</b>	IIB4	0,54	0,549	0,009	<b>0</b>
IIB5	0,058	0,06	0,002	<b>0</b>	IIB5	0,53	0,544	0,014	<b>1</b>
IIB6	0,06	0,061	0,001	<b>0</b>	IIB6	0,54	0,559	0,019	<b>2</b>
IIB7	0,064	0,065	0,001	<b>0</b>	IIB7	0,533	0,557	0,024	<b>2</b>
IIB8	0,063	0,064	0,001	<b>0</b>	IIB8	0,526	0,547	0,021	<b>2</b>
IIB9	0,063	0,063	0	<b>0</b>	IIB9	0,531	0,539	0,008	<b>0</b>
IIB10	0,06	0,063	0,003	<b>1</b>	IIB10	0,535	0,558	0,023	<b>2</b>

Tab. 37 Zápis hodnot z průběhu odtrhového testu I a II

## Zápis hodnot z průběhu odtrhového testu I a II

Test II					Test I				
	Váha pásky před odtržením	Váha pásky po odtržení	Rozdíl	Hodnocení Test I		Váha pásky před odtržením	Váha pásky po odtržení	Rozdíl	Hodnocení Test II
IIC1	0,063	0,066	0,003	1	IIC1	0,532	0,538	0,006	0
IIC2	0,061	0,062	0,001	0	IIC2	0,525	0,533	0,008	0
IIC3	0,062	0,064	0,002	0	IIC3	0,529	0,538	0,009	0
IIC4	0,063	0,063	0	0	IIC4	0,534	0,542	0,008	0
IIC5	0,065	0,065	0	0	IIC5	0,537	0,547	0,01	1
IIC6	0,062	0,063	0,001	0	IIC6	0,537	0,552	0,015	1
IIC7	0,063	0,065	0,002	0	IIC7	0,542	0,549	0,007	0
IIC8	0,065	0,067	0,002	0	IIC8	0,542	0,56	0,018	1
IIC9	0,068	0,069	0,001	0	IIC9	0,542	0,553	0,011	1
IIC10	0,063	0,063	0	0	IIC10	0,535	0,55	0,015	1
IID1	0,064	0,065	0,001	0	IID1	0,523	0,54	0,017	1
IID2	0,062	0,062	0	0	IID2	0,528	0,535	0,007	0
IID3	0,064	0,064	0	0	IID3	0,526	0,537	0,011	1
IID4	0,061	0,062	0,001	0	IID4	0,538	0,549	0,011	1
IID5	0,06	0,063	0,003	1	IID5	0,542	0,553	0,011	1
IID6	0,066	0,066	0	0	IID6	0,535	0,541	0,006	0
IID7	0,06	0,062	0,002	0	IID7	0,538	0,546	0,008	0
IID8	0,064	0,065	0,001	0	IID8	0,538	0,551	0,013	1
IID9	0,064	0,065	0,001	0	IID9	0,538	0,544	0,006	0
IID10	-			0	IID10	0,524	0,534	0,01	1
IIE1	0,062	0,064	0,002	0	IIE1	0,536	0,54	0,004	0
IIE2	0,062	0,063	0,001	0	IIE2	0,533	0,536	0,003	0
IIE3	0,059	0,061	0,002	0	IIE3	0,546	0,555	0,009	0

<b>IIE4</b>	0,062	0,063	0,001	<b>0</b>	<b>IIE4</b>	0,533	0,544	0,011	<b>1</b>
<b>IIE5</b>	0,063	0,064	0,001	<b>0</b>	<b>IIE5</b>	0,531	0,538	0,007	<b>0</b>
<b>IIE6</b>	0,063	0,064	0,001	<b>0</b>	<b>IIE6</b>	0,539	0,552	0,013	<b>1</b>
<b>IIE7</b>	0,059	0,06	0,001	<b>0</b>	<b>IIE7</b>	0,535	0,542	0,007	<b>0</b>
<b>IIE8</b>	0,063	0,064	0,001	<b>0</b>	<b>IIE8</b>	0,539	0,548	0,009	<b>0</b>
<b>IIE9</b>	0,063	0,064	0,001	<b>0</b>	<b>IIE9</b>	0,538	0,556	0,018	<b>1</b>
<b>IIE10</b>	-			<b>0</b>	<b>IIE10</b>	0,535	0,545	0,01	<b>1</b>

Tab. 38 Zápis hodnot z průběhu odtrhového testu I a II



### Zápis hodnot barevné difference a hodnocení míry tmavnutí a bílého zákalu

Pole	CIE LAB	Standard	Hodnoty souřadnic CIELAB a výpočet barevné difference (I. měření)												Míra bílého zákalu		Míra tmavnutí		
			1.bod	$\Delta L^*, \Delta a^*, \Delta b^*$	$\Delta E^*$	2.bod	$\Delta L^*, \Delta a^*, \Delta b^*$	$\Delta E^*$	3.bod	$\Delta L^*, \Delta a^*, \Delta b^*$	$\Delta E^*$	4.bod	$\Delta L^*, \Delta a^*, \Delta b^*$	$\Delta E^*$	Průměr $\Delta L^*$ (body 1-4)	Míra bílého zákalu	Průměr $L^*, a^*, b^*$ (II. měření)	$\Delta L^*, \Delta a^*, \Delta b^*$	Míra tmavnutí
IB1	L*	39.70	39.15	-0.55	0.90	38.54	-1.16	1.25	39.24	-0.46	0.99	37.83	-1.87	2.19	-1.01	0	39.03	-0.75	1
	a*	9.87	10.17	0.30		9.97	0.10		10.20	0.33		10.35	0.48				9.87	0.07	
	b*	14.03	14.67	0.64		14.48	0.45		14.84	0.81		15.07	1.04				14.37	0.38	
IB2	L*	39.70	39.39	-0.31	0.58	39.31	-0.39	1.07	38.67	-1.03	1.61	38.86	-0.84	1.30	-0.64	0	39.65	-0.13	0
	a*	9.87	10.13	0.26		10.24	0.37		10.46	0.59		10.32	0.45				9.97	0.17	
	b*	14.03	14.45	0.42		14.95	0.92		15.12	1.09		14.91	0.88				14.33	0.34	
IB3	L*	39.70	38.85	-0.85	1.35	38.54	-1.16	2.04	38.84	-0.86	1.56	38.57	-1.13	1.76	-1.00	0	38.74	-1.04	1
	a*	9.87	10.28	0.41		10.64	0.77		10.41	0.54		10.42	0.55				10.37	0.57	
	b*	14.03	14.99	0.96		15.52	1.49		15.22	1.19		15.26	1.23				15.11	1.12	
IB4	L*	39.70	38.24	-1.46	1.77	36.90	-2.80	3.21	38.42	-1.28	1.61	37.64	-2.06	2.72	-1.90	0	37.27	-2.51	3
	a*	9.87	10.32	0.45		10.49	0.62		10.30	0.43		10.62	0.75				10.56	0.76	
	b*	14.03	14.93	0.90		15.47	1.44		14.90	0.87		15.64	1.61				15.56	1.56	
IB5	L*	39.70	38.17	-1.53	2.00	38.16	-1.54	2.02	38.12	-1.58	2.12	38.46	-1.24	1.93	-1.47	0	38.14	-1.64	2
	a*	9.87	10.45	0.58		10.45	0.58		10.47	0.60		10.43	0.56				10.46	0.66	
	b*	14.03	15.18	1.15		15.20	1.17		15.31	1.28		15.40	1.37				15.26	1.26	
IB6	L*	39.70	38.80	-0.90	1.60	38.77	-0.93	1.36	38.53	-1.17	1.55	39.42	-0.28	0.94	-0.82	0	38.65	-1.13	1
	a*	9.87	10.45	0.58		10.29	0.42		10.29	0.42		10.23	0.36				10.29	0.49	
	b*	14.03	15.22	1.19		14.93	0.90		14.96	0.93		14.85	0.82				14.95	0.95	
IB7	L*	39.70	37.81	-1.89	2.44	37.84	-1.86	2.48	37.70	-2.00	2.93	37.97	-1.73	2.31	-1.87	0	38.64	-1.14	1
	a*	9.87	10.59	0.72		10.57	0.70		10.89	1.02		10.56	0.69				10.40	0.60	
	b*	14.03	15.40	1.37		15.51	1.48		15.91	1.88		15.40	1.37				15.18	1.18	
IB8	L*	39.70	39.19	-0.51	0.61	38.99	-0.71	1.30	38.44	-1.26	1.91	38.37	-1.33	1.62	-0.95	0	38.99	-0.79	1
	a*	9.87	10.03	0.16		10.29	0.42		10.47	0.60		10.25	0.38				10.29	0.49	
	b*	14.03	14.32	0.29		15.03	1.00		15.33	1.30		14.87	0.84				15.03	1.04	
IB9	L*	39.70	38.56	-1.14	1.78	38.73	-0.97	1.21	38.43	-1.27	1.93	38.51	-1.19	1.75	-1.14	0	38.62	-1.16	1
	a*	9.87	10.55	0.68		10.18	0.31		10.51	0.64		10.43	0.56				10.31	0.51	
	b*	14.03	15.22	1.19		14.69	0.66		15.33	1.30		15.19	1.16				14.94	0.95	
IB10	L*	39.70	38.77	-0.93	1.29	38.65	-1.05	1.19	38.51	-1.19	1.42	38.49	-1.21	1.41	-1.10	0	39.03	-0.75	1
	a*	9.87	10.26	0.39		10.06	0.19		10.22	0.35		10.10	0.23				9.89	0.09	
	b*	14.03	14.84	0.81		14.55	0.52		14.73	0.70		14.72	0.69				14.28	0.29	

Tab. 39 Zápis hodnot barevné difference a hodnocení míry tmavnutí a bílého zákalu

Pole	CIE LAB	Standard	Hodnoty souřadnic CIELAB a výpočet barevné difference (I. měření)												Míra bílého zákalu		Míra tmavnutí		
			1.bod	$\Delta L^*, \Delta a^*, \Delta b^*$	$\Delta E^*$	2.bod	$\Delta L^*, \Delta a^*, \Delta b^*$	$\Delta E^*$	3.bod	$\Delta L^*, \Delta a^*, \Delta b^*$	$\Delta E^*$	4.bod	$\Delta L^*, \Delta a^*, \Delta b^*$	$\Delta E^*$	Průměr $\Delta L^*$ (body 1-4)	Míra bílého zákalu	Průměr $L^*, a^*, b^*$ (II. měření)	$\Delta L^*, \Delta a^*, \Delta b^*$	Míra tmavnutí
IC1	L*	39.70	39.31	-0.39		38.83	-0.87		39.41	-0.29		38.88	-0.82		-0.59	0	38.86	-0.92	1
	a*	9.87	10.36	0.49	1.205	10.46	0.59	1.626	10.12	0.25	0.687	10.49	0.62	1.6731			10.48	0.68	
	b*	14.03	15.06	1.03		15.27	1.24		14.6	0.57		15.35	1.32				15.31	1.32	
IC2	L*	39.70	39.05	-0.65		38.12	-1.58		39.04	-0.66		39.45	-0.25		-0.79	0	39.38	-0.39	0
	a*	9.87	10.26	0.39	0.919	10.17	0.3	1.727	10.18	0.31	0.938	10.17	0.3	0.6111			9.91	0.11	
	b*	14.03	14.55	0.52		14.66	0.63		14.62	0.59		14.5	0.47				14.23	0.24	
IC3	L*	39.70	39.79	0.09		38.72	-0.98		39.04	-0.66		39.93	0.23		-0.33	0	39.55	-0.23	0
	a*	9.87	10.06	0.19	0.264	10.37	0.5	1.507	10.35	0.48	1.143	9.95	0.08	0.2715			9.90	0.10	
	b*	14.03	14.19	0.16		15.06	1.03		14.83	0.8		14.15	0.12				14.30	0.31	
IC4	L*	39.70	39.4	-0.3		38.97	-0.73		39.18	-0.52		39.49	-0.21		-0.44	0	39.39	-0.38	0
	a*	9.87	9.86	-0.01	0.302	10.3	0.43	1.186	10.18	0.31	0.748	9.98	0.11	0.3303			9.82	0.02	
	b*	14.03	14	-0.03		14.86	0.83		14.47	0.44		14.26	0.23				14.13	0.14	
IC5	L*	39.70	39.01	-0.69		39.02	-0.68		38.96	-0.74		38.76	-0.94		-0.76	0	39.44	-0.34	0
	a*	9.87	9.99	0.12	0.723	10.22	0.35	1.158	10.12	0.25	0.938	10.34	0.47	1.4034			9.90	0.10	
	b*	14.03	14.21	0.18		14.9	0.87		14.55	0.52		14.96	0.93				14.36	0.37	
IC6	L*	39.70	38.86	-0.84		37.47	-2.23		39.06	-0.64		39.31	-0.39		-1.03	0	39.10	-0.67	1
	a*	9.87	10.22	0.35	1.148	10.39	0.52	2.515	10.23	0.36	0.968	10.03	0.16	0.5233			10.00	0.20	
	b*	14.03	14.73	0.7		15.07	1.04		14.66	0.63		14.34	0.31				14.46	0.47	
IC7	L*	39.70	39.33	-0.37		37.98	-1.72		38.3	-1.4		38.48	-1.22		-1.18	0	38.77	-1.01	1
	a*	9.87	10.01	0.14	0.542	10.3	0.43	1.945	10.42	0.55	1.743	10.24	0.37	1.3275			10.12	0.32	
	b*	14.03	13.66	-0.37		14.83	0.8		14.91	0.88		14.4	0.37				14.60	0.61	
IC8	L*	39.70	39.71	0.01		38.25	-1.45		39.23	-0.47		38.62	-1.08		-0.75	0	38.88	-0.89	1
	a*	9.87	9.71	-0.16	0.865	10.54	0.67	2.041	10.05	0.18	0.522	10.4	0.53	1.4905			10.24	0.44	
	b*	14.03	13.18	-0.85		15.3	1.27		14.17	0.14		14.91	0.88				14.83	0.84	
IC9	L*	39.70	39.04	-0.66		38.8	-0.9		38.92	-0.78		38.79	-0.91		-0.81	0	39.20	-0.57	0
	a*	9.87	10.07	0.2	0.807	10.25	0.38	1.168	10.35	0.48	1.291	10.25	0.38	1.245			9.80	0.00	
	b*	14.03	14.45	0.42		14.67	0.64		14.94	0.91		14.79	0.76				14.08	0.09	
IC10	L*	39.70	39.11	-0.59		38.71	-0.99		38.91	-0.79		38.92	-0.78		-0.79	0	39.44	-0.34	0
	a*	9.87	10.3	0.43	1.005	9.99	0.12	1.107	10.23	0.36	1.181	9.87	0	0.781			9.63	-0.17	
	b*	14.03	14.72	0.69		14.51	0.48		14.83	0.8		14.07	0.04				13.95	-0.04	

Tab. 40 Zázpis hodnot barevné difference a hodnocení míry tmavnutí a bílého zákalu

Pole	CIE LAB	Standard	Hodnoty souřadnic CIELAB a výpočet barevné diference (I. měření)												Míra bílého zákalu		Míra tmavnutí		
			1.bod	$\Delta L^*, \Delta a^*, \Delta b^*$	$\Delta E^*$	2.bod	$\Delta L^*, \Delta a^*, \Delta b^*$	$\Delta E^*$	3.bod	$\Delta L^*, \Delta a^*, \Delta b^*$	$\Delta E^*$	4.bod	$\Delta L^*, \Delta a^*, \Delta b^*$	$\Delta E^*$	Průměr $\Delta L^*$ (body 1-4)	Míra bílého zákalu	Průměr $L^*, a^*, b^*$ (II. měření)	$\Delta L^*, \Delta a^*, \Delta b^*$	Míra tmavnutí
ID1	L*	39.70	40.69	0.99		39.59	-0.11		40.05	0.35		39.76	0.06	0.32	0	39.70	-0.07	0	
	a*	9.87	9.63	-0.24	1.485	9.99	0.12	0.173	9.68	-0.19	0.84	9.9	0.03			9.75	-0.05		
	b*	14.03	12.95	-1.08		14.09	0.06		13.29	-0.74		13.91	-0.12			13.78	-0.21		
ID2	L*	39.70	42.84	3.14		40.04	0.34		41.16	1.46		40.69	0.99	1.48	0	39.31	-0.46	0	
	a*	9.87	8.36	-1.51	4.924	9.46	-0.41	1.639	8.91	-0.96	2.945	9.06	-0.81			9.66	-0.14		
	b*	14.03	10.55	-3.48		12.48	-1.55		11.66	-2.37		11.63	-2.4			13.47	-0.52		
ID3	L*	39.70	39.87	0.17		39.84	0.14		39.98	0.28		39.37	-0.33	0.06	0	39.55	-0.23	0	
	a*	9.87	9.45	-0.42	1.264	9.79	-0.08	0.441	9.34	-0.53	1.551	9.74	-0.13			9.72	-0.08		
	b*	14.03	12.85	-1.18		13.62	-0.41		12.6	-1.43		13.21	-0.82			13.72	-0.27		
ID4	L*	39.70	39.45	-0.25		38.84	-0.86		39.13	-0.57		39.33	-0.37	-0.51	0	39.28	-0.49	0	
	a*	9.87	9.6	-0.27	0.972	9.99	0.12	0.87	9.76	-0.11	0.741	9.78	-0.09			9.62	-0.18		
	b*	14.03	13.13	-0.9		14.08	0.05		13.57	-0.46		13.55	-0.48			13.62	-0.37		
ID5	L*	39.70	38.94	-0.76		39.53	-0.17		38.57	-1.13		38.9	-0.8	-0.72	0	38.17	-1.61	2	
	a*	9.87	9.94	0.07	0.769	9.88	0.01	0.17	10.08	0.21	1.188	10.02	0.15			10.45	0.65		
	b*	14.03	14.12	0.09		14.03	0		14.33	0.3		14.27	0.24			15.18	1.19		
ID6	L*	39.70	38.93	-0.77		38.75	-0.95		39.05	-0.65		38.77	-0.93	-0.83	0	38.80	-0.98	1	
	a*	9.87	9.75	-0.12	0.839	9.8	-0.07	0.966	9.89	0.02	0.652	9.87	0			10.45	0.65		
	b*	14.03	13.72	-0.31		13.87	-0.16		13.98	-0.05		13.95	-0.08			15.22	1.23		
ID7	L*	39.70	38.57	-1.13		38.97	-0.73		38.76	-0.94		38.71	-0.99	-0.95	0	37.81	-1.97	3	
	a*	9.87	10.01	0.14	1.145	9.8	-0.07	0.747	9.89	0.02	0.94	9.71	-0.16			10.59	0.79		
	b*	14.03	14.15	0.12		13.89	-0.14		14.01	-0.02		13.67	-0.36			15.40	1.41		
ID8	L*	39.70	39.51	-0.19		39.25	-0.45		39.18	-0.52		39.3	-0.4	-0.39	0	39.19	-0.59	0	
	a*	9.87	10	0.13	0.312	10.14	0.27	0.704	10.04	0.17	0.639	9.89	0.02			10.03	0.23		
	b*	14.03	14.24	0.21		14.5	0.47		14.36	0.33		14.06	0.03			14.32	0.33		
ID9	L*	39.70	38.22	-1.48		39.61	-0.09		38.87	-0.83		39.52	-0.18	-0.65	0	38.56	-1.22	1	
	a*	9.87	9.75	-0.12	1.538	9.54	-0.33	0.699	9.76	-0.11	0.854	9.49	-0.38			10.55	0.75		
	b*	14.03	13.63	-0.4		13.42	-0.61		13.86	-0.17		13.38	-0.65			15.22	1.23		
ID10	L*	39.70	38.35	-1.35		38.98	-0.72		38.74	-0.96		38.17	-1.53	-1.14	0	38.77	-1.01	1	
	a*	9.87	9.34	-0.53	1.717	9.31	-0.56	1.406	9.35	-0.52	1.46	9.64	-0.23			10.26	0.46		
	b*	14.03	13.11	-0.92		12.96	-1.07		13.06	-0.97		13.61	-0.42			14.84	0.85		

Tab. 41 Zápis hodnot barevné diference a hodnocení míry tmavnutí a bílého zákalu



Pole	CIE LAB	Standard	Hodnoty souřadnic CIELAB a výpočet barevné diference (I. měření)												Míra bílého zákalu		Míra tmavnutí				
			1.bod	$\Delta L^*, \Delta a^*, \Delta b^*$	$\Delta E^*$	2.bod	$\Delta L^*, \Delta a^*, \Delta b^*$	$\Delta E^*$	3.bod	$\Delta L^*, \Delta a^*, \Delta b^*$	$\Delta E^*$	4.bod	$\Delta L^*, \Delta a^*, \Delta b^*$	$\Delta E^*$	Průměr $\Delta L^*$ (body 1-4)	Míra bílého zákalu	Průměr $L^*, a^*, b^*$ (II. měření)	$\Delta L^*, \Delta a^*, \Delta b^*$	Míra tmavnutí		
IE1	L*	39.70	38.2	-1.5		39.2	-0.5		38.94	-0.76		39.13	-0.57		-0.83	0	39.17	-0.61	1		
	a*	9.87	10.03	0.16	1.512	9.98	0.11	0.52	9.99	0.12	0.77	9.88	0.01	0.5757					9.93	0.13	
	b*	14.03	13.93	-0.1		14.12	0.09		13.99	-0.04		13.95	-0.08						14.04	0.04	
IE2	L*	39.70	37.33	-2.37		38.1	-1.6		37.72	-1.98		37.47	-2.23		-2.05	0	37.79	-1.99	3		
	a*	9.87	9.69	-0.18	2.402	10.02	0.15	1.625	10.11	0.24	2	10.11	0.24	2.2557					10.07	0.27	
	b*	14.03	13.68	-0.35		14.27	0.24		14.18	0.15		14.27	0.24						14.27	0.28	
IE3	L*	39.70	38.97	-0.73		38.56	-1.14		39.12	-0.58		38.46	-1.24		-0.92	0	38.51	-1.27	1		
	a*	9.87	9.58	-0.29	1.476	9.73	-0.14	1.198	9.95	0.08	0.653	10.14	0.27	1.2847					9.94	0.14	
	b*	14.03	12.78	-1.25		13.69	-0.34		13.74	-0.29		13.83	-0.2						13.76	-0.23	
IE4	L*	39.70	36.58	-3.12		38.11	-1.59		37.47	-2.23		36.92	-2.78		-2.43	0	37.52	-2.26	3		
	a*	9.87	10.09	0.22	3.129	10.29	0.42	1.734	10.09	0.22	2.252	10.11	0.24	2.7921					10.20	0.40	
	b*	14.03	14.12	0.09		14.58	0.55		14.25	0.22		14.13	0.1						14.36	0.36	
IE5	L*	39.70	37.59	-2.11		38.27	-1.43		37.24	-2.46		37.13	-2.57		-2.14	0	39.21	-0.56	0		
	a*	9.87	9.78	-0.09	2.129	9.98	0.11	1.439	10.19	0.32	2.518	10.16	0.29	2.6421					9.49	-0.31	
	b*	14.03	13.76	-0.27		14.15	0.12		14.46	0.43		14.57	0.54						13.31	-0.68	
IE6	L*	39.70	38.75	-0.95		38.22	-1.48		38.28	-1.42		37.53	-2.17		-1.51	0	38.80	-0.98	1		
	a*	9.87	10.1	0.23	1.004	10.23	0.36	1.597	10.16	0.29	1.512	10.05	0.18	2.1783					10.45	0.65	
	b*	14.03	14.26	0.23		14.51	0.48		14.46	0.43		14.09	0.06						15.22	1.23	
IE7	L*	39.70	38.25	-1.45		38.54	-1.16		38.45	-1.25		38.1	-1.6		-1.37	0	38.88	-0.89	1		
	a*	9.87	9.75	-0.12	1.48	9.86	-0.01	1.172	9.87	0	1.26	9.78	-0.09	1.6403					9.53	-0.27	
	b*	14.03	13.76	-0.27		13.86	-0.17		13.87	-0.16		13.68	-0.35						13.40	-0.59	
IE8	L*	39.70	39.58	-0.12		38.21	-1.49		38.81	-0.89		39	-0.7		-0.80	0	38.66	-1.12	1		
	a*	9.87	9.51	-0.36	1.422	9.89	0.02	1.655	10.08	0.21	1.037	9.61	-0.26	1.4304					9.46	-0.34	
	b*	14.03	12.66	-1.37		13.31	-0.72		13.54	-0.49		12.81	-1.22						12.69	-1.30	
IE9	L*	39.70	38.08	-1.62		37.91	-1.79		39.97	0.27		38.98	-0.72		-0.97	0	37.92	-1.86	2		
	a*	9.87	10.15	0.28	1.644	10.05	0.18	1.819	9.54	-0.33	2.251	9.8	-0.07	1.1625					9.84	0.04	
	b*	14.03	14	-0.03		14.3	0.27		11.82	-2.21		13.12	-0.91						13.66	-0.33	
IE10	L*	39.70	39.7	0		40.2	0.5		39.75	0.05		39.45	-0.25		0.07	0	39.83	0.05	0		
	a*	9.87	9.87	0	0	9.51	-0.36	0.74	9.62	-0.25	0.491	10.19	0.32	0.792					9.77	-0.03	
	b*	14.03	14.03	0		13.62	-0.41		13.61	-0.42		14.71	0.68						13.87	-0.12	

Tab. 42 Zázpis hodnot barevné diference a hodnocení míry tmavnutí a bílého zákalu

Pole	CIE LAB	Standard	Hodnoty souřadnic CIELAB a výpočet barevné difference (I. měření)												Míra bílého zákalu		Míra tmavnutí		
			1.bod	$\Delta L^*, \Delta a^*, \Delta b^*$	$\Delta E^*$	2.bod	$\Delta L^*, \Delta a^*, \Delta b^*$	$\Delta E^*$	3.bod	$\Delta L^*, \Delta a^*, \Delta b^*$	$\Delta E^*$	4.bod	$\Delta L^*, \Delta a^*, \Delta b^*$	$\Delta E^*$	Průměr $\Delta L^*$ (body 1-4)	Míra bílého zákalu	Průměr $L^*, a^*, b^*$ (II. měření)	$\Delta L^*, \Delta a^*, \Delta b^*$	Míra tmavnutí
IIA1	L*	39.26	39.10	-0.03		36.12	-3.01		38.28	-0.85		38.16	-0.97		-1.22	0	38.80	-0.46	0
	a*	9.99	9.89	0.02	0.43	9.75	-0.12	3.01	9.99	0.12	0.86	10.01	0.14	1.01			9.71	-0.27	
	b*	14.15	13.56	-0.43		13.91	-0.08		14.01	0.02		14.25	0.26				13.84	-0.31	
IIA2	L*	39.26	37.44	-1.69		37.59	-1.54		38.13	-1.00		38.36	-0.77		-1.25	0	38.49	-0.77	1
	a*	9.99	10.29	0.42	1.93	9.77	-0.10	1.55	10.05	0.18	1.05	9.93	0.06	0.81			9.67	-0.31	
	b*	14.15	14.83	0.84		13.88	-0.11		13.73	-0.26		14.25	0.26				13.89	-0.26	
IIA3	L*	39.26	38.64	-0.49		38.80	-0.33		37.89	-1.24		38.40	-0.73		-0.70	0	38.60	-0.66	1
	a*	9.99	10.10	0.23	0.68	10.05	0.18	0.57	10.17	0.30	1.45	10.09	0.22	0.93			10.07	0.09	
	b*	14.15	14.40	0.41		14.42	0.43		14.67	0.68		14.52	0.53				14.47	0.32	
IIA4	L*	39.26	39.96	0.83		37.87	-1.26		38.76	-0.37		38.11	-1.02		-0.46	0	39.68	0.42	0
	a*	9.99	9.23	-0.64	2.69	10.12	0.25	1.33	9.84	-0.03	0.71	9.91	0.04	1.04			9.38	-0.60	
	b*	14.15	11.51	-2.48		14.35	0.36		13.39	-0.60		13.79	-0.20				13.18	-0.97	
IIA5	L*	39.26	38.21	-0.92		37.32	-1.81		37.45	-1.68		37.23	-1.90		-1.58	0	37.32	-1.94	3
	a*	9.99	9.99	0.12	1.10	10.01	0.14	1.85	10.09	0.22	1.75	10.04	0.17	1.91			10.01	0.03	
	b*	14.15	13.40	-0.59		14.37	0.38		14.41	0.42		14.09	0.10				14.37	0.22	
IIA6	L*	39.26	38.12	-1.01		37.79	-1.34		38.24	-0.89		37.61	-1.52		-1.19	0	38.02	-1.24	1
	a*	9.99	9.30	-0.57	1.79	9.34	-0.53	2.02	9.68	-0.19	1.25	9.40	-0.47	2.09			9.51	-0.48	
	b*	14.15	12.62	-1.37		12.57	-1.42		13.14	-0.85		12.64	-1.35				12.86	-1.29	
IIA7	L*	39.26	44.39	5.26		41.91	2.78		43.65	4.52		42.86	3.73		4.07	1	41.91	2.65	0
	a*	9.99	8.51	-1.36	5.84	9.06	-0.81	3.11	9.17	-0.70	4.71	9.07	-0.80	3.98			9.06	-0.92	
	b*	14.15	11.86	-2.13		12.86	-1.13		12.88	-1.11		12.87	-1.12				12.86	-1.29	
IIA8	L*	39.26	38.46	-0.67		38.27	-0.86		38.57	-0.56		39.03	-0.10		-0.55	0	39.19	-0.07	0
	a*	9.99	9.37	-0.50	1.26	9.64	-0.23	1.07	9.50	-0.37	0.98	9.47	-0.40	0.86			10.03	0.04	
	b*	14.15	13.05	-0.94		13.40	-0.59		13.27	-0.72		13.23	-0.76				14.32	0.17	
IIA9	L*	39.26	37.22	-1.91		37.44	-1.69		37.61	-1.52		37.41	-1.72		-1.71	0	37.53	-1.73	2
	a*	9.99	9.60	-0.27	2.08	9.70	-0.17	1.80	9.71	-0.16	1.63	9.55	-0.32	1.91			9.71	-0.28	
	b*	14.15	13.21	-0.78		13.38	-0.61		13.41	-0.58		13.22	-0.77				13.40	-0.75	
IIA10	L*	39.26	38.87	-0.26		38.80	-0.33		39.25	0.12		38.55	-0.58		-0.26	0	38.80	-0.46	0
	a*	9.99	9.48	-0.39	1.50	9.60	-0.27	0.88	9.56	-0.31	1.50	9.31	-0.56	1.26			9.60	-0.39	
	b*	14.15	12.56	-1.43		13.22	-0.77		12.53	-1.46		13.02	-0.97				13.22	-0.93	

Tab. 43 Zázpis hodnot barevné difference a hodnocení míry tmavnutí a bílého zákalu

Pole	CIE LAB	Standard	Hodnoty souřadnic CIELAB a výpočet barevné diference (I. měření)												Míra bílého zákalu		Míra tmavnutí		
			1.bod	$\Delta L^*, \Delta a^*, \Delta b^*$	$\Delta E^*$	2.bod	$\Delta L^*, \Delta a^*, \Delta b^*$	$\Delta E^*$	3.bod	$\Delta L^*, \Delta a^*, \Delta b^*$	$\Delta E^*$	4.bod	$\Delta L^*, \Delta a^*, \Delta b^*$	$\Delta E^*$	Průměr $\Delta L^*$ (body 1-4)	Míra bílého zákalu	Průměr $L^*, a^*, b^*$ (II. měření)	$\Delta L^*, \Delta a^*, \Delta b^*$	Míra tmavnutí
IIB1	L*	39.26	39.54	0.41		39.58	0.45		39.79	0.66		39.46	0.33		0.46	0	39.52	0.27	0
	a*	9.99	9.77	-0.10	0.52	9.48	-0.39	0.93	9.63	-0.24	0.81	9.65	-0.22	0.53			9.57	-0.42	
	b*	14.15	13.69	-0.30		13.27	-0.72		13.58	-0.41		13.64	-0.35				13.46	-0.69	
IIB2	L*	39.26	38.90	-0.23		38.83	-0.30		39.11	-0.02		39.16	0.03		-0.13	0	39.00	-0.26	0
	a*	9.99	9.89	0.02	0.25	9.84	-0.03	0.33	9.84	-0.03	0.10	9.76	-0.11	0.28			9.80	-0.18	
	b*	14.15	13.89	-0.10		13.86	-0.13		13.90	-0.09		13.73	-0.26				13.80	-0.35	
IIB3	L*	39.26	38.98	-0.15		38.79	-0.34		38.73	-0.40		39.10	-0.03		-0.23	0	38.95	-0.31	0
	a*	9.99	9.84	-0.03	0.18	9.78	-0.09	0.40	9.92	0.05	0.41	9.89	0.02	0.13			9.84	-0.15	
	b*	14.15	13.90	-0.09		13.80	-0.19		13.92	-0.07		13.87	-0.12				13.84	-0.31	
IIB4	L*	39.26	39.42	0.29		39.32	0.19		38.65	-0.48		38.87	-0.26		-0.07	0	39.10	-0.16	0
	a*	9.99	9.78	-0.09	0.41	9.87	0.00	0.20	9.95	0.08	0.49	9.88	0.01	0.28			9.88	-0.11	
	b*	14.15	13.71	-0.28		13.92	-0.07		14.02	0.03		13.90	-0.09				13.91	-0.24	
IIB5	L*	39.26	38.99	-0.14		38.99	-0.14		38.85	-0.28		38.34	-0.79		-0.34	0	38.67	-0.59	0
	a*	9.99	9.69	-0.18	0.52	9.94	0.07	0.16	9.87	0.00	0.30	10.00	0.13	0.80			9.97	-0.01	
	b*	14.15	13.52	-0.47		13.94	-0.05		13.89	-0.10		14.03	0.04				13.99	-0.16	
IIB6	L*	39.26	39.02	-0.11		39.55	0.42		38.96	-0.17		39.26	0.13		0.07	0	39.41	0.15	0
	a*	9.99	9.81	-0.06	0.20	9.63	-0.24	0.62	9.97	0.10	0.20	9.82	-0.05	0.20			9.73	-0.26	
	b*	14.15	13.83	-0.16		13.60	-0.39		14.04	0.05		13.84	-0.15				13.72	-0.43	
IIB7	L*	39.26	38.65	-0.48		38.46	-0.67		38.73	-0.40		38.92	-0.21		-0.44	0	38.69	-0.57	0
	a*	9.99	9.96	0.09	0.49	9.94	0.07	0.68	9.98	0.11	0.41	9.90	0.03	0.21			9.92	-0.06	
	b*	14.15	14.02	0.03		13.90	-0.09		13.98	-0.01		13.97	-0.02				13.94	-0.21	
IIB8	L*	39.26	39.15	0.02		39.57	0.44		39.10	-0.03		39.46	0.33		0.19	0	39.52	0.26	0
	a*	9.99	9.67	-0.20	0.52	9.67	-0.20	0.62	9.94	0.07	0.09	9.81	-0.06	0.39			9.74	-0.24	
	b*	14.15	13.51	-0.48		13.60	-0.39		14.03	0.04		13.79	-0.20				13.70	-0.45	
IIB9	L*	39.26	38.77	-0.36		39.38	0.25		39.25	0.12		39.72	0.59		0.15	0	39.55	0.29	0
	a*	9.99	9.86	-0.01	0.40	9.43	-0.44	1.08	9.79	-0.08	0.36	9.41	-0.46	1.16			9.42	-0.57	
	b*	14.15	13.81	-0.18		13.04	-0.95		13.66	-0.33		13.10	-0.89				13.07	-1.08	
IIB10	L*	39.26	39.06	-0.07		38.92	-0.21		39.02	-0.11		38.89	-0.24		-0.16	0	38.91	-0.35	0
	a*	9.99	9.28	-0.59	1.64	9.35	-0.52	1.34	9.40	-0.47	1.28	9.56	-0.31	0.89			9.46	-0.53	
	b*	14.15	12.46	-1.53		12.77	-1.22		12.80	-1.19		13.19	-0.80				12.98	-1.17	

Tab. 44 Zázpis hodnot barevné diference a hodnocení míry tmavnutí a bílého zákalu



Pole	CIE LAB	Standard	Hodnoty souřadnic CIELAB a výpočet barevné difference (I. měření)												Míra bílého zákalu		Míra tmavnutí				
			1.bod	$\Delta L^*, \Delta a^*, \Delta b^*$	$\Delta E^*$	2.bod	$\Delta L^*, \Delta a^*, \Delta b^*$	$\Delta E^*$	3.bod	$\Delta L^*, \Delta a^*, \Delta b^*$	$\Delta E^*$	4.bod	$\Delta L^*, \Delta a^*, \Delta b^*$	$\Delta E^*$	Průměr $\Delta L^*$ (body 1-4)	Míra bílého zákalu	Průměr $L^*, a^*, b^*$ (II. měření)	$\Delta L^*, \Delta a^*, \Delta b^*$	Míra tmavnutí		
IIC1	L*	39.26	39.21	0.08		39.37	0.24		39.31	0.18		39.31	0.18		0.17	0	39.34	0.09	0		
	a*	9.99	9.76	-0.11	0.29	9.80	-0.07	0.32	9.89	0.02	0.22	9.89	0.02	0.22					9.85	-0.14	
	b*	14.15	13.73	-0.26		13.79	-0.20		13.87	-0.12		13.87	-0.12						13.83	-0.32	
IIC2	L*	39.26	39.31	0.18		39.12	-0.01		38.91	-0.22		39.18	0.05		0.00	0	39.15	-0.11	0		
	a*	9.99	9.78	-0.09	0.26	9.77	-0.10	0.21	9.98	0.11	0.25	9.68	-0.19	0.43					9.73	-0.26	
	b*	14.15	13.83	-0.16		13.80	-0.19		14.04	0.05		13.61	-0.38						13.71	-0.44	
IIC3	L*	39.26	38.68	-0.45		39.36	0.23		39.25	0.12		39.30	0.17		0.02	0	39.33	0.07	0		
	a*	9.99	9.77	-0.10	0.50	9.85	-0.02	0.25	9.98	0.11	0.16	9.87	0.00	0.23					9.86	-0.13	
	b*	14.15	13.79	-0.20		13.89	-0.10		14.00	0.01		13.83	-0.16						13.86	-0.29	
IIC4	L*	39.26	40.06	0.93		39.60	0.47		39.77	0.64		39.51	0.38		0.60	0	39.56	0.30	0		
	a*	9.99	9.52	-0.35	1.20	9.75	-0.12	0.55	9.61	-0.26	0.86	9.71	-0.16	0.52					9.73	-0.25	
	b*	14.15	13.32	-0.67		13.73	-0.26		13.47	-0.52		13.67	-0.32						13.70	-0.45	
IIC5	L*	39.26	39.44	0.31		39.26	0.13		39.26	0.13		39.35	0.22		0.20	0	39.31	0.05	0		
	a*	9.99	9.82	-0.05	0.41	9.89	0.02	0.17	9.92	0.05	0.14	9.84	-0.03	0.25					9.87	-0.12	
	b*	14.15	13.72	-0.27		13.88	-0.11		13.96	-0.03		13.87	-0.12						13.88	-0.27	
IIC6	L*	39.26	39.71	0.58		39.27	0.14		39.04	-0.09		39.38	0.25		0.22	0	39.33	0.07	0		
	a*	9.99	9.64	-0.23	0.78	9.89	0.02	0.14	9.99	0.12	0.17	9.77	-0.10	0.33					9.83	-0.15	
	b*	14.15	13.52	-0.47		13.99	0.00		14.06	0.07		13.80	-0.19						13.90	-0.25	
IIC7	L*	39.26	39.02	-0.11		39.22	0.09		39.17	0.04		38.72	-0.41		-0.10	0	38.97	-0.29	0		
	a*	9.99	9.79	-0.08	0.15	9.63	-0.24	0.40	9.84	-0.03	0.14	9.97	0.10	0.42					9.80	-0.18	
	b*	14.15	13.93	-0.06		13.68	-0.31		13.86	-0.13		14.02	0.03						13.85	-0.30	
IIC8	L*	39.26	39.49	0.36		39.10	-0.03		39.22	0.09		39.24	0.11		0.13	0	39.17	-0.09	0		
	a*	9.99	9.74	-0.13	0.59	10.07	0.20	0.21	9.87	0.00	0.17	9.91	0.04	0.12					9.99	0.01	
	b*	14.15	13.54	-0.45		14.03	0.04		13.85	-0.14		13.96	-0.03						14.00	-0.15	
IIC9	L*	39.26	38.52	-0.61		38.84	-0.29		39.27	0.14		39.29	0.16		-0.15	0	39.07	-0.19	0		
	a*	9.99	9.51	-0.36	0.98	9.80	-0.07	0.41	9.64	-0.23	0.59	9.77	-0.10	0.42					9.79	-0.20	
	b*	14.15	13.31	-0.68		13.71	-0.28		13.47	-0.52		13.61	-0.38						13.66	-0.49	
IIC10	L*	39.26	39.13	0.00		38.98	-0.15		38.92	-0.21		39.01	-0.12		-0.12	0	39.00	-0.26	0		
	a*	9.99	9.51	-0.36	0.87	9.56	-0.31	0.83	9.61	-0.26	0.65	9.65	-0.22	0.57					9.61	-0.38	
	b*	14.15	13.20	-0.79		13.23	-0.76		13.43	-0.56		13.48	-0.51						13.36	-0.79	

Tab. 45 Zázpis hodnot barevné difference a hodnocení míry tmavnutí a bílého zákalu

Pole	CIE LAB	Standard	Hodnoty souřadnic CIELAB a výpočet barevné diference (I. měření)												Míra bílého zákalu		Míra tmavnutí		
			1.bod	$\Delta L^*, \Delta a^*, \Delta b^*$	$\Delta E^*$	2.bod	$\Delta L^*, \Delta a^*, \Delta b^*$	$\Delta E^*$	3.bod	$\Delta L^*, \Delta a^*, \Delta b^*$	$\Delta E^*$	4.bod	$\Delta L^*, \Delta a^*, \Delta b^*$	$\Delta E^*$	Průměr $\Delta L^*$ (body 1-4)	Míra bílého zákalu	Průměr $L^*, a^*, b^*$ (II. měření)	$\Delta L^*, \Delta a^*, \Delta b^*$	Míra tmavnutí
IID1	L*	39.26	39.42	0.29		38.49	-0.64		38.61	-0.52		38.78	-0.35		-0.31	0	39.69	0.43	0
	a*	9.99	9.44	-0.43	1.22	9.96	0.09	0.65	9.85	-0.02	0.54	9.80	-0.07	0.45			9.37	-0.62	
	b*	14.15	12.89	-1.10		14.01	0.02		13.83	-0.16		13.71	-0.28				13.10	-1.05	
IID2	L*	39.26	39.24	0.11		38.90	-0.23		39.30	0.17		38.70	-0.43		-0.10	0	38.90	-0.36	0
	a*	9.99	9.54	-0.33	1.04	9.83	-0.04	0.40	9.52	-0.35	1.04	9.63	-0.24	0.77			9.83	-0.15	
	b*	14.15	13.01	-0.98		13.67	-0.32		13.03	-0.96		13.40	-0.59				13.67	-0.48	
IID3	L*	39.26	38.76	-0.37		38.94	-0.19		39.10	-0.03		38.73	-0.40		-0.25	0	38.84	-0.42	0
	a*	9.99	10.23	0.36	0.70	9.94	0.07	0.20	9.89	0.02	0.09	10.02	0.15	0.44			9.98	0.00	
	b*	14.15	14.46	0.47		14.01	0.02		13.91	-0.08		14.09	0.10				14.05	-0.10	
IID4	L*	39.26	38.20	-0.93		38.50	-0.63		38.86	-0.27		38.82	-0.31		-0.54	0	38.50	-0.76	1
	a*	9.99	9.86	-0.01	0.97	9.96	0.09	0.64	9.71	-0.16	0.50	9.73	-0.14	0.56			9.96	-0.02	
	b*	14.15	13.70	-0.29		13.91	-0.08		13.60	-0.39		13.54	-0.45				13.91	-0.24	
IID5	L*	39.26	37.65	-1.48		38.15	-0.98		37.67	-1.46		37.10	-2.03		-1.49	0	38.02	-1.24	1
	a*	9.99	10.27	0.40	1.62	10.15	0.28	1.08	10.26	0.39	1.60	10.43	0.56	2.31			9.73	-0.25	
	b*	14.15	14.51	0.52		14.35	0.36		14.53	0.54		14.94	0.95				13.77	-0.38	
IID6	L*	39.26	37.47	-1.66		37.59	-1.54		37.10	-2.03		37.82	-1.31		-1.64	0	38.10	-1.16	1
	a*	9.99	10.27	0.40	1.81	10.38	0.51	1.87	10.61	0.74	2.55	10.39	0.52	1.73			10.06	0.08	
	b*	14.15	14.60	0.61		14.93	0.94		15.34	1.35		14.99	1.00				14.47	0.32	
IID7	L*	39.26	38.92	-0.21		37.88	-1.25		38.75	-0.38		38.56	-0.57		-0.60	0	37.94	-1.32	2
	a*	9.99	10.05	0.18	0.40	10.59	0.72	1.89	9.79	-0.08	0.54	10.29	0.42	0.81			10.12	0.14	
	b*	14.15	13.70	-0.29		15.21	1.22		13.61	-0.38		14.39	0.40				14.38	0.23	
IID8	L*	39.26	37.93	-1.20		37.66	-1.47		38.05	-1.08		38.10	-1.03		-1.20	0	37.86	-1.40	2
	a*	9.99	10.03	0.16	1.24	10.00	0.13	1.48	10.02	0.15	1.10	9.83	-0.04	1.05			10.01	0.03	
	b*	14.15	13.70	-0.29		13.93	-0.06		14.10	0.11		13.80	-0.19				14.02	-0.13	
IID9	L*	39.26	39.01	-0.12		38.59	-0.54		38.29	-0.84		38.80	-0.33		-0.46	0	38.89	-0.37	0
	a*	9.99	9.57	-0.30	1.23	9.59	-0.28	1.10	9.87	0.00	1.07	9.53	-0.34	1.44			9.40	-0.58	
	b*	14.15	12.80	-1.19		13.07	-0.92		13.33	-0.66		12.63	-1.36				12.83	-1.32	
IID10	L*	39.26	39.47	0.34		39.33	0.20		39.35	0.22		39.03	-0.10		0.16	0	39.33	0.07	0
	a*	9.99	9.93	0.06	0.37	10.01	0.14	0.33	10.09	0.22	0.48	9.96	0.09	0.22			10.01	0.03	
	b*	14.15	14.12	0.13		14.21	0.22		14.36	0.37		14.17	0.18				14.21	0.06	

Tab. 46 Zázpis hodnot barevné diference a hodnocení míry tmavnutí a bílého zákalu

Pole	CIE LAB	Standard	Hodnoty souřadnic CIELAB a výpočet barevné diference (I. měření)												Míra bílého zákalu		Míra tmavnutí		
			1.bod	$\Delta L^*, \Delta a^*, \Delta b^*$	$\Delta E^*$	2.bod	$\Delta L^*, \Delta a^*, \Delta b^*$	$\Delta E^*$	3.bod	$\Delta L^*, \Delta a^*, \Delta b^*$	$\Delta E^*$	4.bod	$\Delta L^*, \Delta a^*, \Delta b^*$	$\Delta E^*$	Průměr $\Delta L^*$ (body 1-4)	Míra bílého zákalu	Průměr $L^*, a^*, b^*$ (II. měření)	$\Delta L^*, \Delta a^*, \Delta b^*$	Míra tmavnutí
IIE1	L*	39.26	38.51	-0.75	0.95	38.48	-0.78	1.04	37.90	-1.36	1.36	38.50	-0.76	0.85	0.8535	0	38.19	-1.07	1
	a*	9.99	9.68	-0.31		9.62	-0.37		9.98	0.00		9.83	-0.15				9.80	-0.18	
	b*	14.15	13.64	-0.51		13.55	-0.60		14.01	-0.14		13.78	-0.37				13.78	-0.37	
IIE2	L*	39.26	38.53	-0.73	1.49	38.60	-0.66	1.33	38.00	-1.26	1.49	38.28	-0.98	1.19	1.1912	0	38.44	-0.82	1
	a*	9.99	9.37	-0.62		9.50	-0.48		9.72	-0.26		9.71	-0.27				9.61	-0.38	
	b*	14.15	13.00	-1.15		13.10	-1.05		13.39	-0.76		13.52	-0.63				13.31	-0.84	
IIE3	L*	39.26	38.48	-0.78	0.94	38.59	-0.66	0.81	38.34	-0.91	0.97	38.29	-0.97	1.05	1.0511	0	38.32	-0.94	1
	a*	9.99	9.78	-0.21		9.82	-0.16		10.20	0.22		9.83	-0.15				10.02	0.03	
	b*	14.15	13.65	-0.50		13.71	-0.44		14.40	0.25		13.76	-0.39				14.08	-0.07	
IIE4	L*	39.26	37.47	-1.79	1.83	37.64	-1.62	1.63	37.50	-1.76	1.77	36.95	-2.31	2.34	2.3387	0	37.30	-1.96	3
	a*	9.99	10.30	0.32		10.15	0.17		10.15	0.17		10.25	0.27				10.20	0.22	
	b*	14.15	14.36	0.21		14.33	0.18		14.30	0.15		14.44	0.29				14.39	0.24	
IIE5	L*	39.26	37.55	-1.71	1.75	37.76	-1.50	1.56	38.32	-0.94	0.94	37.85	-1.41	1.53	1.5318	0	37.81	-1.45	2
	a*	9.99	10.19	0.21		10.30	0.32		9.95	-0.04		10.33	0.35				10.32	0.33	
	b*	14.15	14.47	0.32		14.48	0.33		14.14	-0.01		14.65	0.50				14.57	0.42	
IIE6	L*	39.26	38.35	-0.91	1.01	38.02	-1.24	1.55	38.17	-1.09	1.21	37.95	-1.31	1.39	1.3943	0	38.70	-0.56	0
	a*	9.99	10.25	0.27		10.51	0.53		10.27	0.29		10.25	0.27				9.96	-0.02	
	b*	14.15	14.51	0.36		14.92	0.77		14.59	0.44		14.56	0.41				14.40	0.25	
IIE7	L*	39.26	37.99	-1.27	1.36	38.27	-0.98	1.24	38.25	-1.01	1.31	37.99	-1.27	1.74	1.7384	0	38.06	-1.20	1
	a*	9.99	10.28	0.30		10.34	0.36		10.48	0.50		10.58	0.60				9.88	-0.10	
	b*	14.15	14.56	0.41		14.82	0.67		14.83	0.68		15.18	1.03				13.99	-0.16	
IIE8	L*	39.26	39.63	0.38	0.69	39.11	-0.15	0.17	38.73	-0.53	0.53	39.49	0.23	0.64	0.6433	0	39.75	0.49	0
	a*	9.99	9.78	-0.21		9.99	0.01		9.97	-0.01		9.70	-0.29				9.51	-0.48	
	b*	14.15	13.60	-0.55		14.06	-0.09		14.06	-0.09		13.62	-0.53				13.39	-0.76	
IIE9	L*	39.26	39.07	-0.19	0.21	38.67	-0.59	0.63	39.62	0.36	0.52	39.13	-0.13	0.23	0.2311	0	39.10	-0.16	0
	a*	9.99	10.04	0.05		9.84	-0.15		9.77	-0.22		9.87	-0.12				9.96	-0.03	
	b*	14.15	14.07	-0.08		13.95	-0.20		13.85	-0.30		13.99	-0.16				14.03	-0.12	
IIE10	L*	39.26	39.43	0.17	0.23	39.31	0.05	0.18	39.15	-0.11	0.19	39.50	0.24	0.27	0.2668	0	39.29	0.03	0
	a*	9.99	10.09	0.11		10.09	0.11		10.08	0.10		10.05	0.07				10.09	0.10	
	b*	14.15	14.26	0.11		14.28	0.13		14.27	0.12		14.23	0.08				14.27	0.12	

Tab. 47 Zázpis hodnot barevné diference a hodnocení míry tmavnutí a bílého zákalu



## VI. TEXTOVÁ PŘÍLOHA

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

## 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.

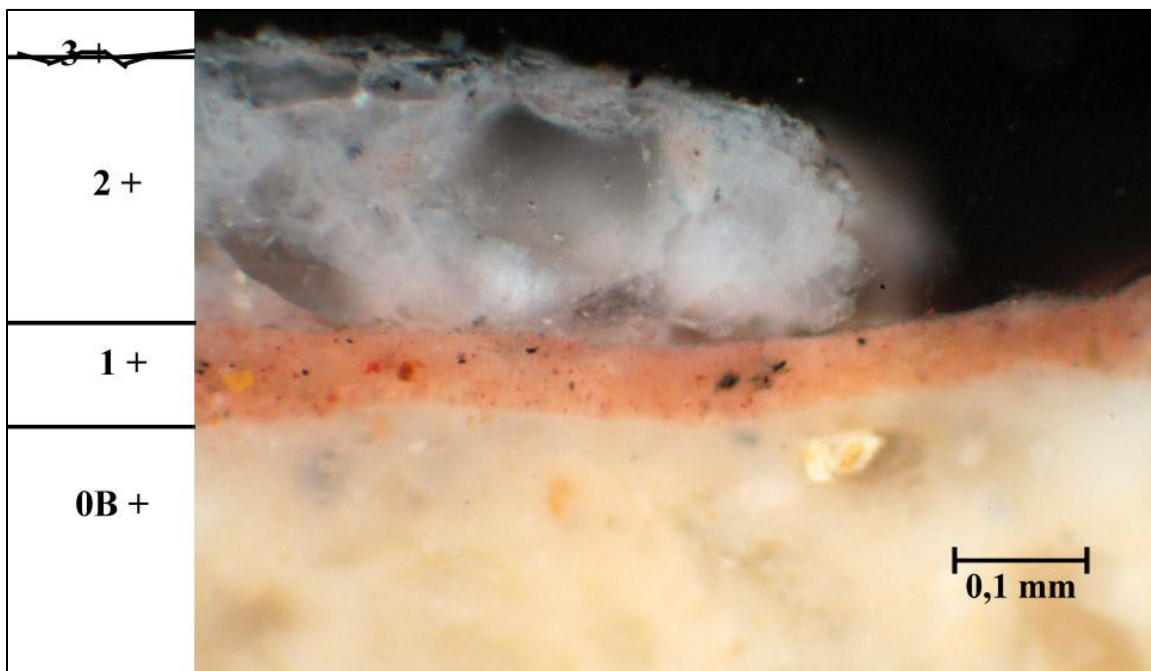
Evidenční Číslo	Lokalizace, popis, označení	Požadované stanovení
7340	O1 Příklad hladké omítky, defekt vedle štukové rozviliny v levém dolním rohu výjevu (Seraphim)	stratigrafie, složení
7341	O2 Příklad hrubé omítky, defekt v mraku u postavy anděla – spodní část vlevo dole (Cherubim)	stratigrafie, složení
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 (Dominationes)	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% uhlíčitánu 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	Dominationes, růžové pozadí, napravo od anděla, referenční vzorek, bez viditelného poškození, bez luminiscence v UV	biologické napadení



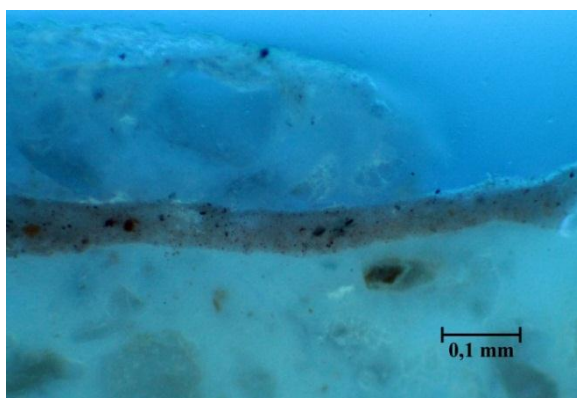
- ***Stratigrafie povrchových úprav – optická mikroskopie***  
Studium povrchových úprav bylo provedeno pomocí **optického mikroskopu** Eclipse LV100D-U (Nikon) v dopadajícím viditelném, UV a modrém světle a **stereomikroskopického mikroskopu** SMZ800 (Nikon) na připravených nábrusech. Pro mikroskopické 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:

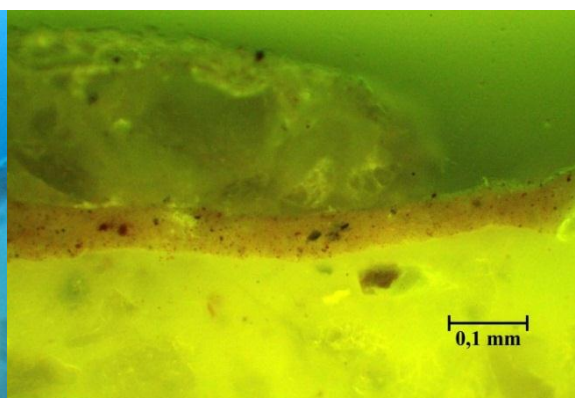
Vzorek 7340 (O1): hladká omítka, defekt u štukové rozviliny, levý spodní roh výjevu (Seraphim)



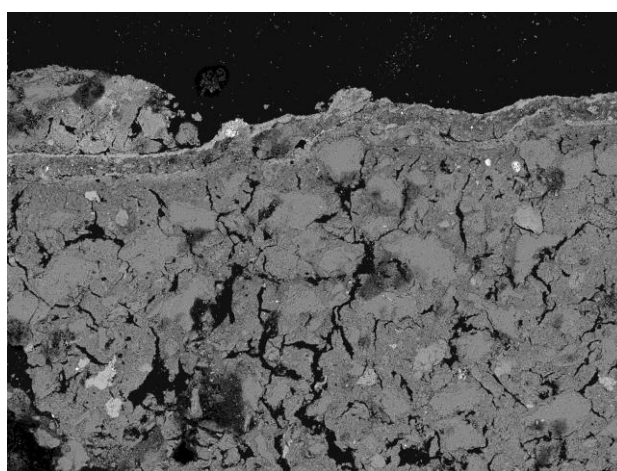
Obr. 2 Optická mikroskopie, bílé světlo, povrch.



Obr. 3 Optická mikroskopie, UV světlo, povrch.

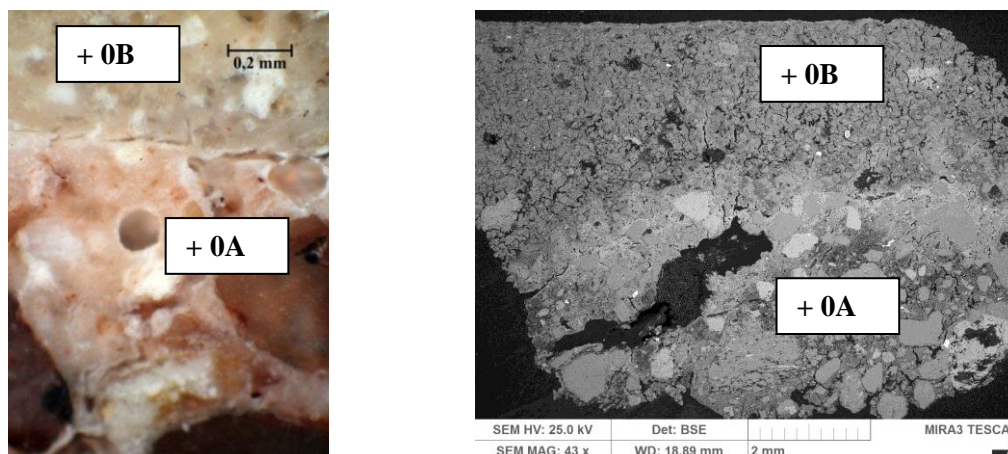


Obr. 4 Optická mikroskopie, modré světlo, povrch.



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.



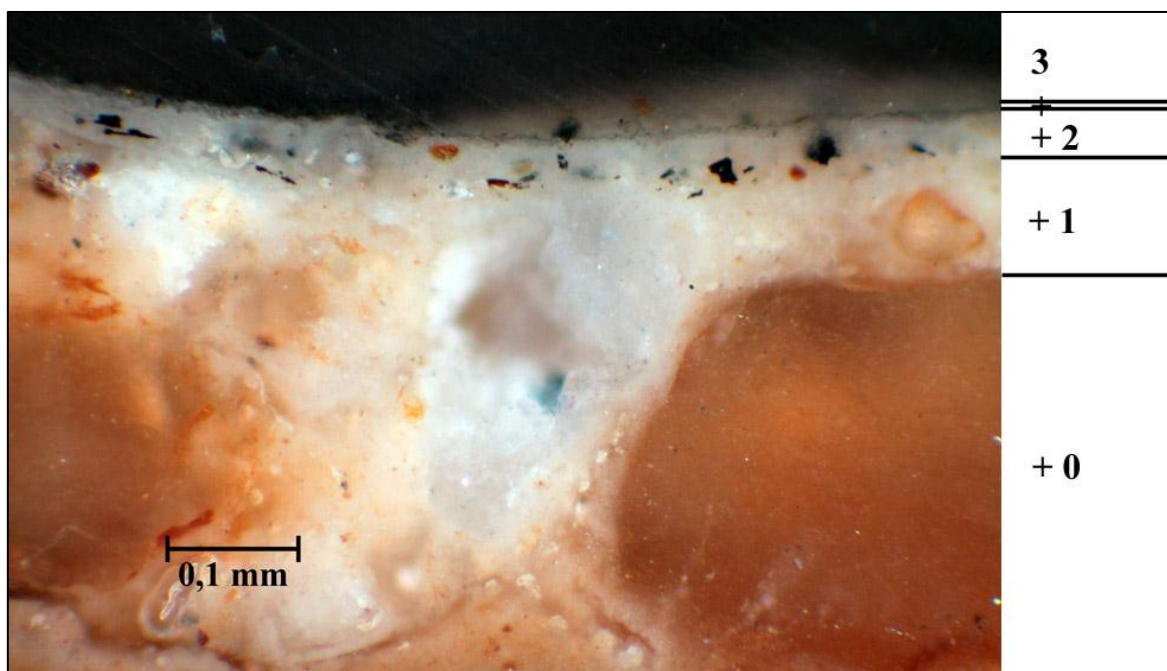
Obr. 7 Stereomikroskopie, vzorek z pohledové a spodní strany.

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.	místy 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

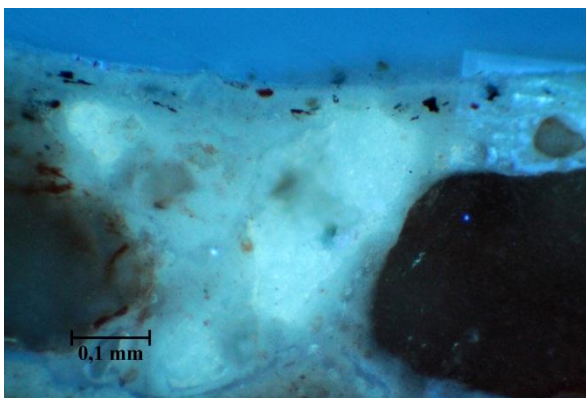
Vzorek je složen ze dvou odlišných omítek s pojivem na bázi vzdušného vápna a povrchových úprav. Spodní omítka načervenalého odstínu 0A obsahuje písek s křemennými a různými silikátovými zrny. Svrchní světlá omítková vrstva homogenního vzhledu 0B obsahuje převážně křemenný písek. Na jejím povrchu se 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.



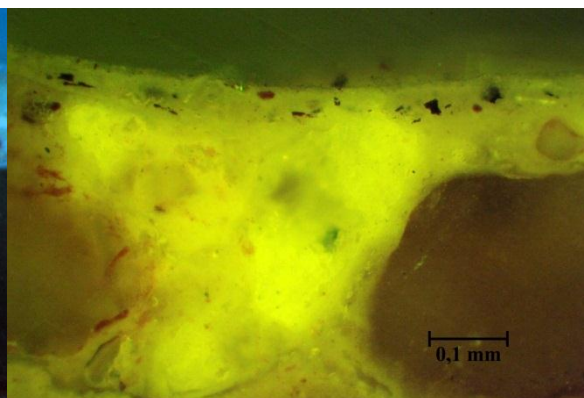
**Vzorek 7341 (O2):** hrubá omítka, defekt u postavy anděla (Cherubim)



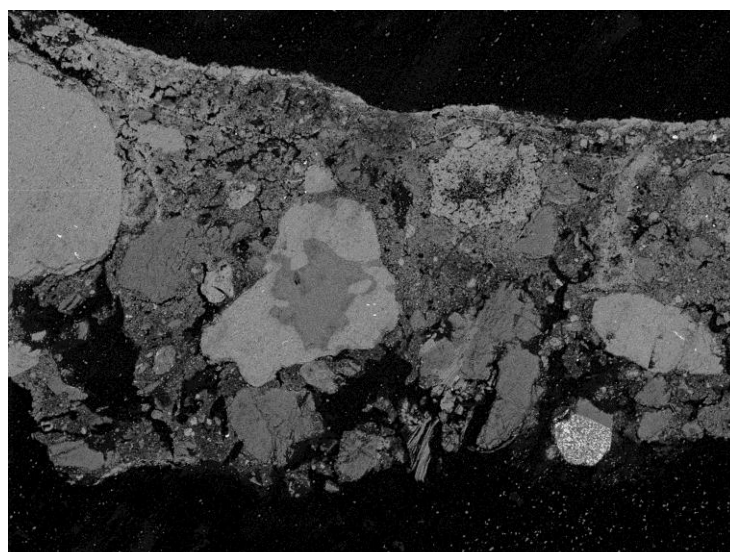
**Obr. 8** Optická mikroskopie, bílé světlo.



**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, nanosená ve dvou krocích nebo dvě vrstvy	<u>Ca</u> (S, Si): uhličitan vápenatý, uhlikatá čern, červená hlínka, 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)



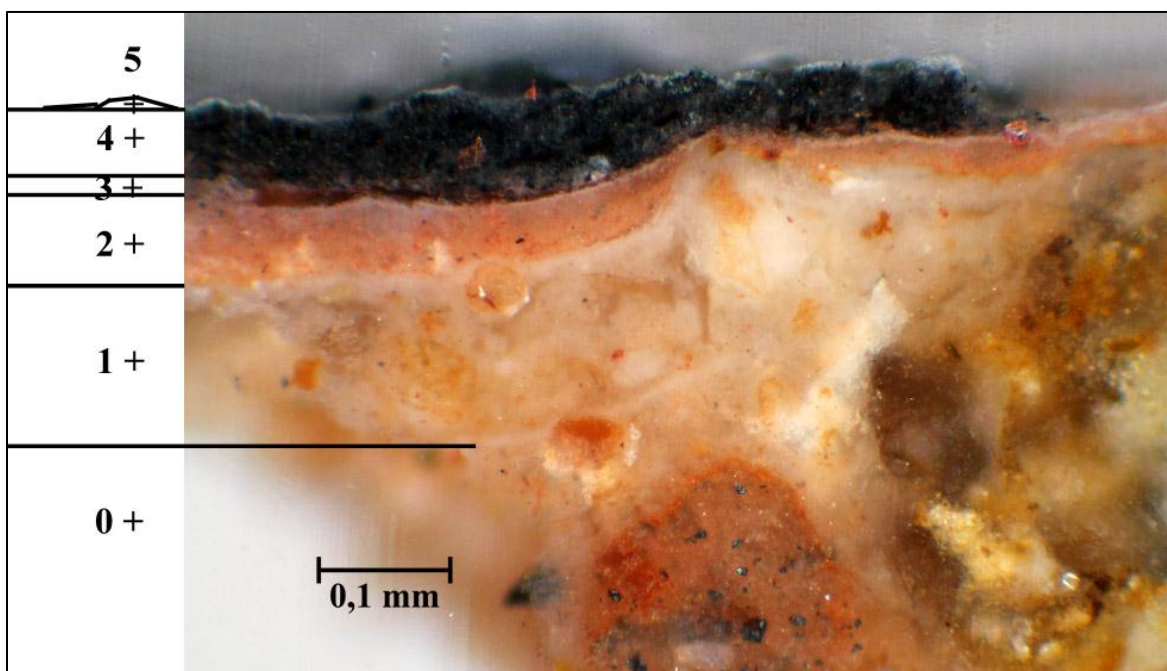
**Obr. 12** Stereomikroskopie, vzorek z pohledové a spodní strany.

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.

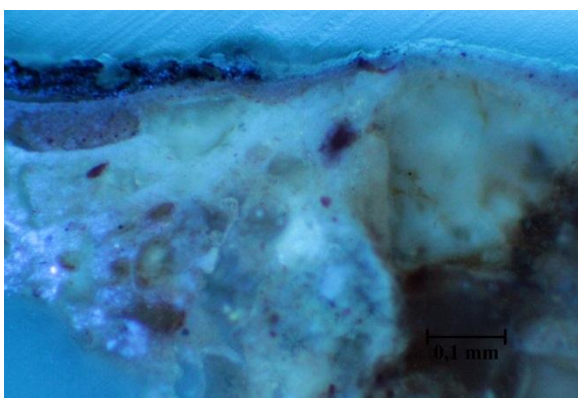
Následuje souvrství dvou bílých vrstev 2 s uhličitanem vápenatým při povrchu obohacené o síran vápenatý (sulfatizace nebo kumulace solí). Malba je vytvořena technikou secco. Na vrstvě 2 se dále nachází poloprůhledná nesouvislá vrstva 3 obsahující síran a uhličitan vápenatý.



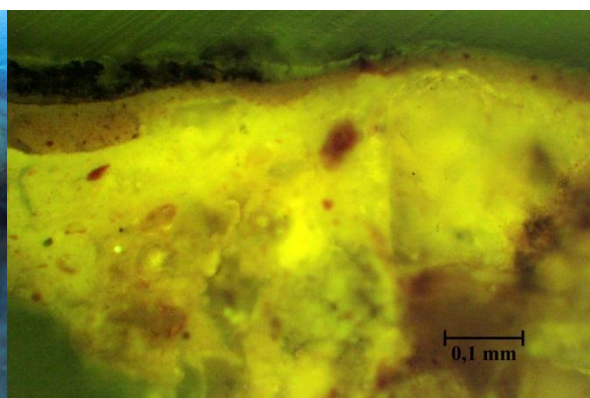
**Vzorek 7342 (P1): tmavá (načernalá) část ve výjevu baziliška (Potestates)**



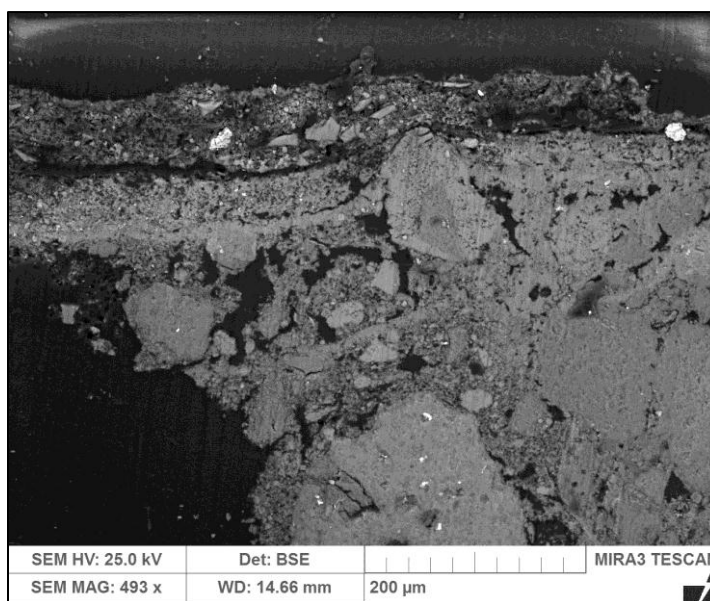
**Obr. 13** Optická mikroskopie, bílé světlo.



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



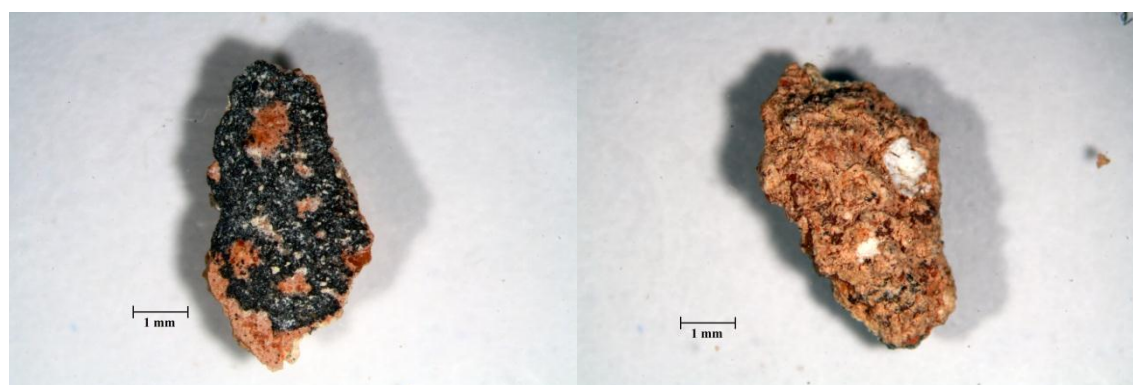
**Obr. 15** Optická mikroskopie, modré světlo.



**Obr. 16** Elektronová mikroskopie, BSE.



Číslo vrstvy	Popis vrstvy, optická mikroskopie	Složení vrstvy – REM/EDS
5.	fragmenty samostatné vrstvy nebo depozity, žluté částice	Ca (Si, S, Fe): uhličitan vápenatý, patrně okr
4.	tmavá heterogenní vrstva, ojediněle červené a žluté částice, průhledná ostrohranná zrna	Ca (S, Si, Al, Mg, Na): smalt (Si (K, Co, As)), zrna jsou patrně odbarvená, uhličitan a síran vápenatý, patrně uhlikatá čerň, ojediněle zrna červené hlínky
3.	fragment vrstvy s průhlednými ostrohrannými zrny	Si (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	Ca (Fe, Si, Al): uhličitan vápenatý, červená hlínka (Fe (Ca)), okr
1.	fragmenty světlé tenké vrstvy s kamenivem	pojivo: patrně bílé vzdušné vápno (Ca), na povrchu tenká vrstva vyloučeného uhličitanu vápenatého kamenivo: křemenná zrna (Si), silikáty (Si, Al, K)
0.	načervenalá omítka, bílé hrudky	pojivo: patrně bílé vzdušné vápno (Ca), na povrchu tenká vrstva vyloučeného uhličitanu vápenatého kamenivo: křemenná zrna (Si), silikáty (Si, Al, K)



Obr. 17 Stereomikroskopie, vzorek z pohledové a spodní strany.

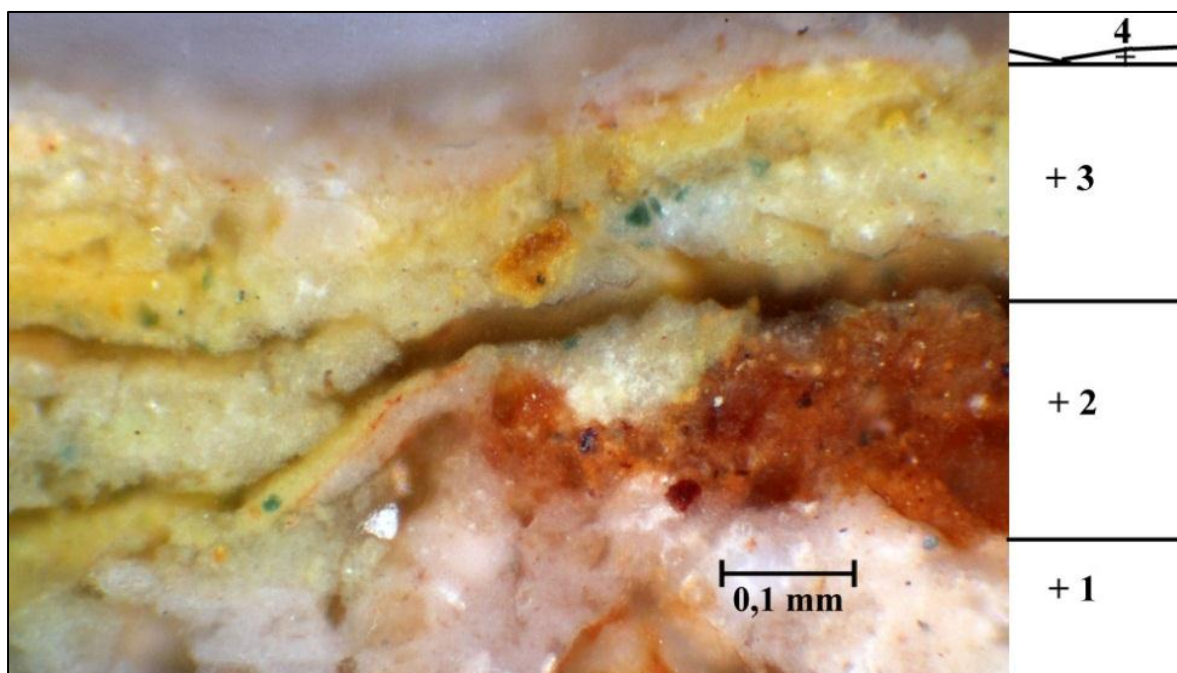
Vzorek obsahuje vápennou omítku načervenalého odstínu (vrstva 0) s převážně křemenným pískem (křemenná zrna, různé silikátové částice), v omítce se dále nacházejí hrudky vápna (Obr. 13). Na omítce se vyskytuje fragment patrně vápenného hrubozrnného nátěru (vrstva 1). Na povrchu obou uvedených vrstev 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 hlínkou, 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 hlínky, 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.

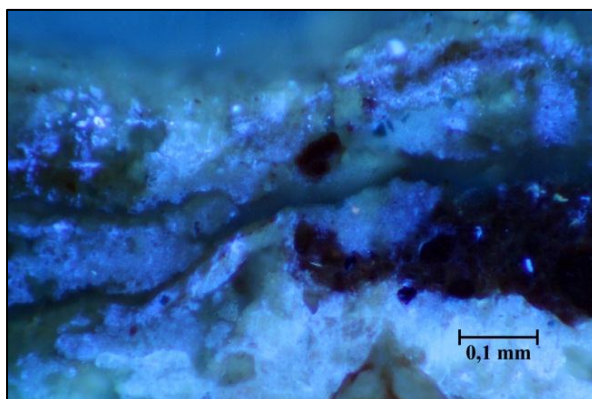


Obr. 18 Optická mikroskopie, detail fragmentu vrstvy 3.

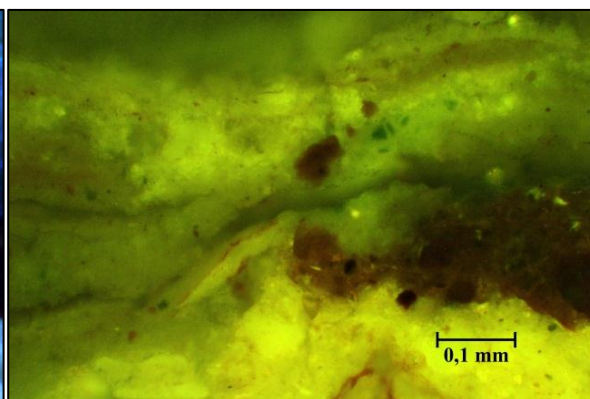
Vzorek 7343 (P2): žlutá partie ve výjevu baziliška (Potestates)



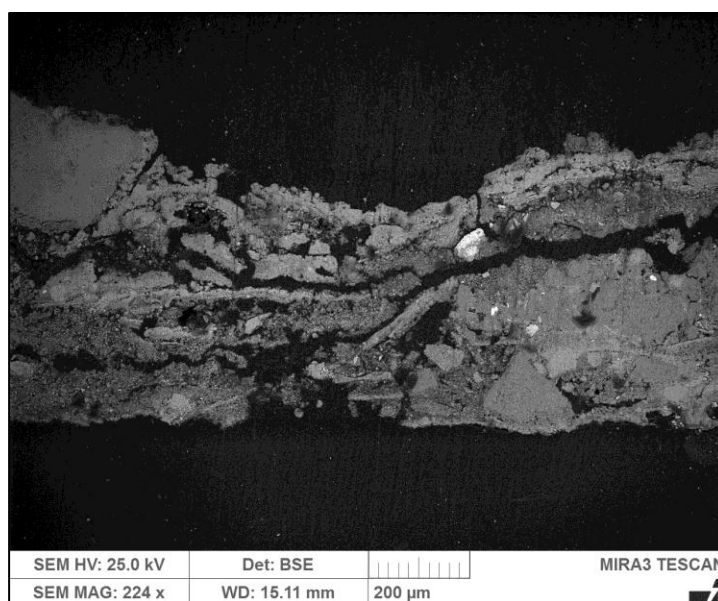
Obr. 19 Optická mikroskopie, bílé světlo.



Obr. 20 Optická mikroskopie, UV světlo.



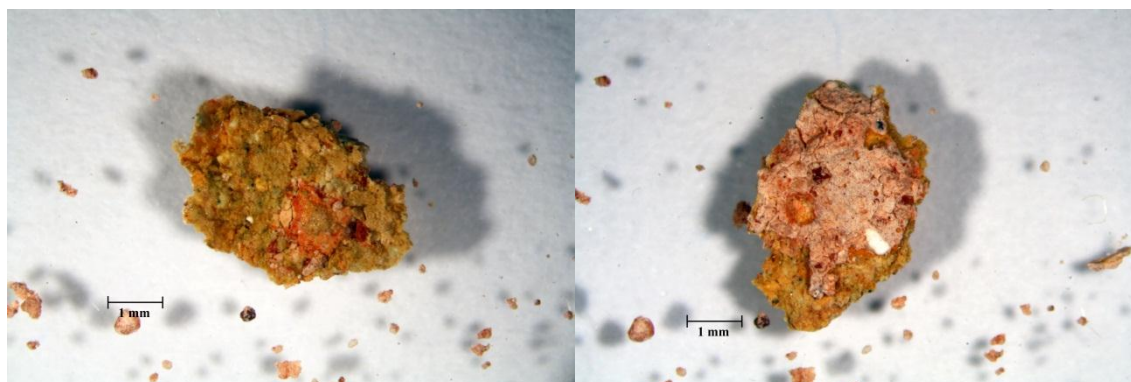
Obr. 21 Optická mikroskopie, modré světlo.



Obr. 22 Elektronová mikroskopie, BSE.

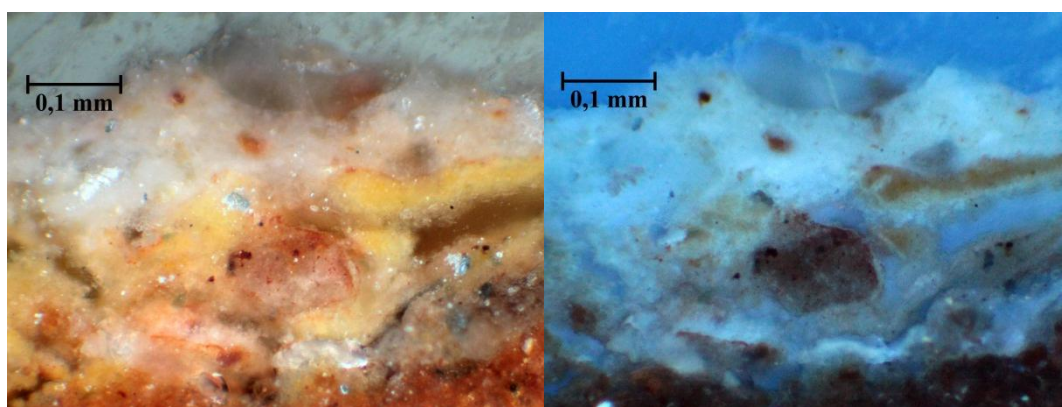


Číslo vrstvy	Popis vrstvy, optická mikroskopie	Složení vrstvy – REM/EDS
4.	nesouvislá bílo-růžová vrstva, ojediněle větší průhledná zrna	Ca (Si, Al, Fe): uhličitan vápenatý, křemenná zrna
3.	jedna nebo dvě žluté heterogenní vrstvy, obsahuje zrna zeleného pigmentu, pravděpodobně složená ze světlejší a 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.

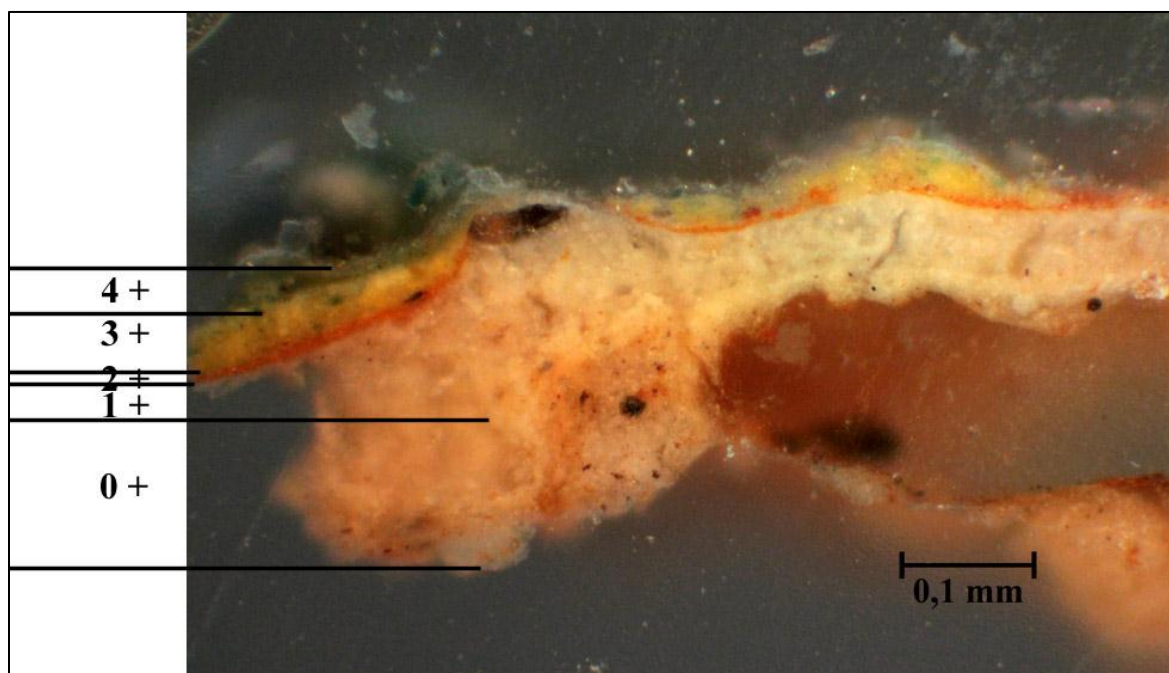
Sled vrstev není ze vzorku jednoznačně zřejmý. Nejprve byla na mikrofotografii zaznamenána vápenná kamenivem plněná růžová vrstva 1, pravděpodobně s tenkou vrstvičkou uhličitanu vápenatého na povrchu. Následují fragmenty růžovo-oranžové heterogenní vrstvy s kamenivem 3 a souvrství žlutých vrstev probarvených okrem a viditelnými zrny země zelené. Na povrchu se vyskytují fragmenty světlé (narůžovělé) vrstvy 4 s uhličitanem vápenatým, vrstva obsahuje křemenná zrna.



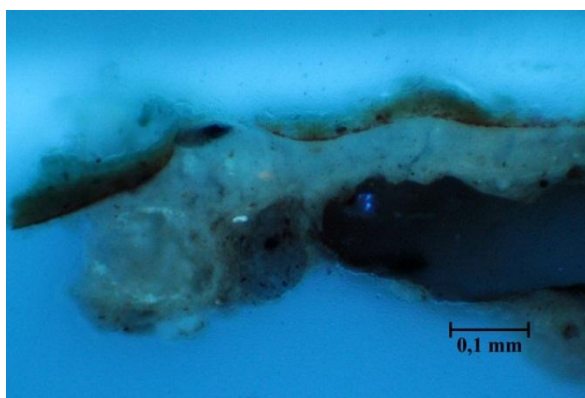
Obr. 24 Optická mikroskopie, detail vrstvy 4 v jiném místě, bílé a UV světlo.



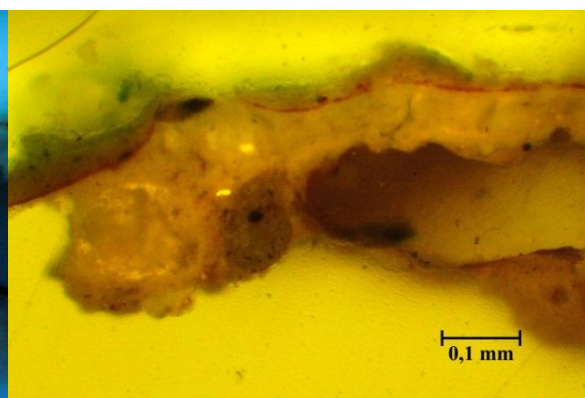
Vzorek 7344 (P3): zelená partie draperie (Virtutes)



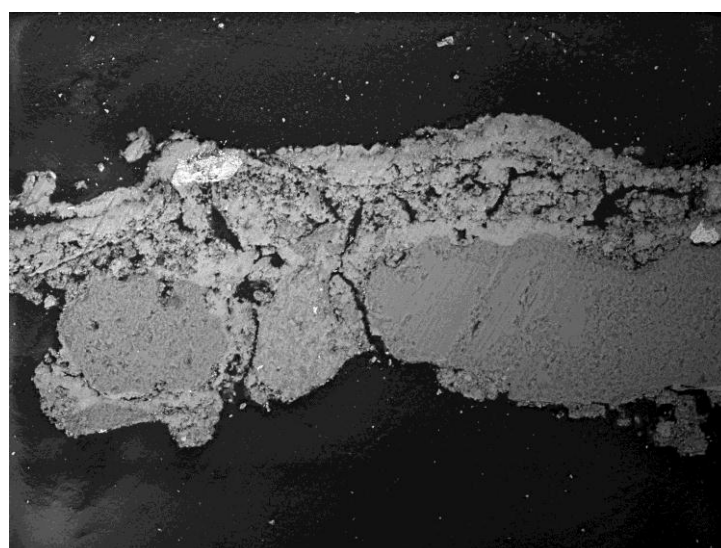
Obr. 25 Optická mikroskopie, bílé světlo.



Obr. 26 Optická mikroskopie, UV světlo.



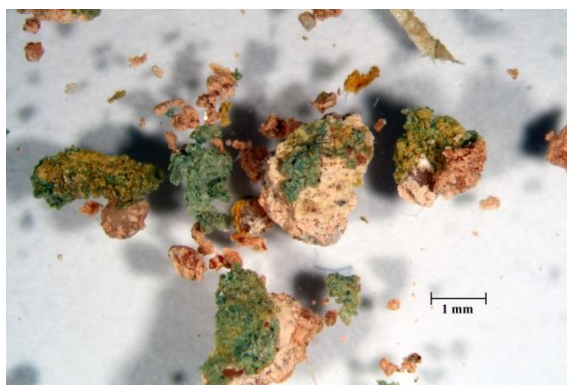
Obr. 27 Optická mikroskopie, modré světlo.



SEM HV: 25.0 kV Det: BSE MIRA3 TESCAN  
SEM MAG: 894 x WD: 11.00 mm 200 μm

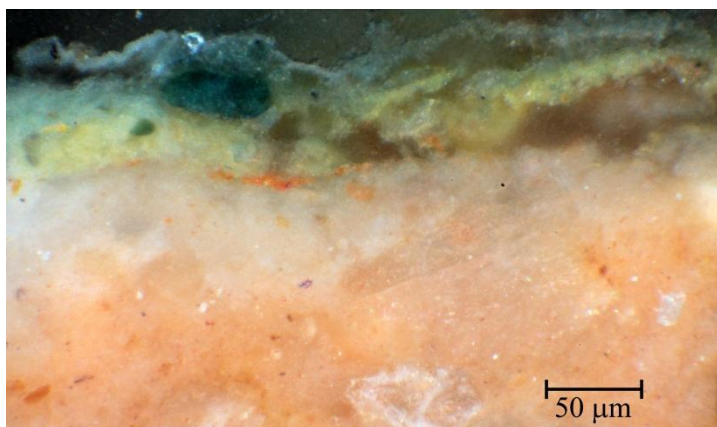
Obr. 28 Elektronová mikroskopie, BSE.

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.

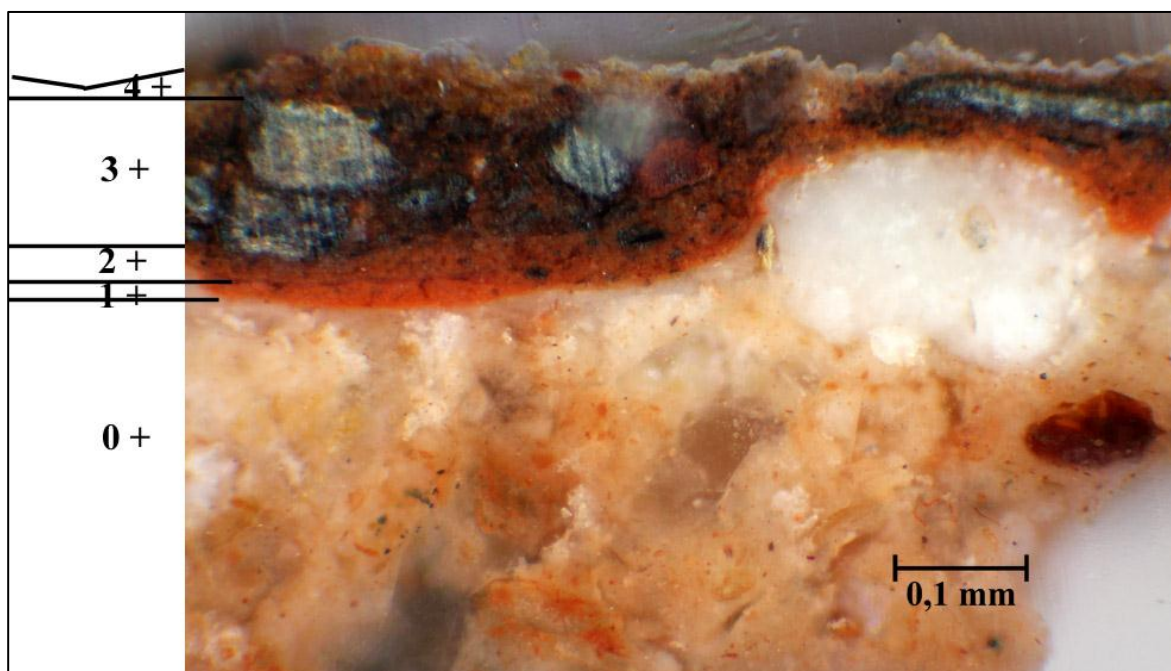
Na vápenné omítce růžového odstínu (vrstva 0) se pravděpodobně nachází vrstva vyloučeného uhličitanu vápenatého, lze tedy předpokládat, že další úpravy mohly být naneseny na zkarbonatovaný povrch. Následuje nátěr (vrstva 1) se zrny kameniva a tenká oranžovo-červená nesouvislá vrstva podmalby 2 s pigmenty 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?).



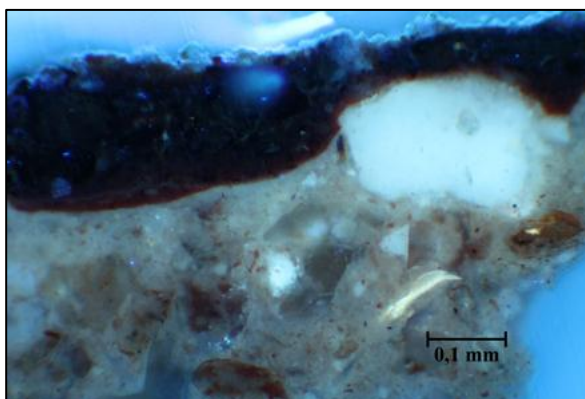
**Obr. 30** Optická mikroskopie, jiný úlomek vzorku, detail barevných vrstev.



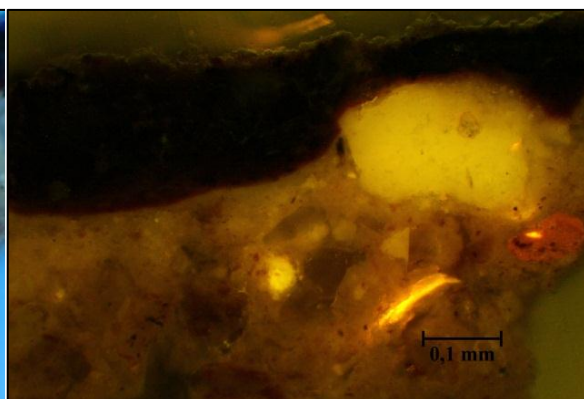
Vzorek 7345 (P4): tmavá (ztmavlá?) část inkarnátu (Seraphim)



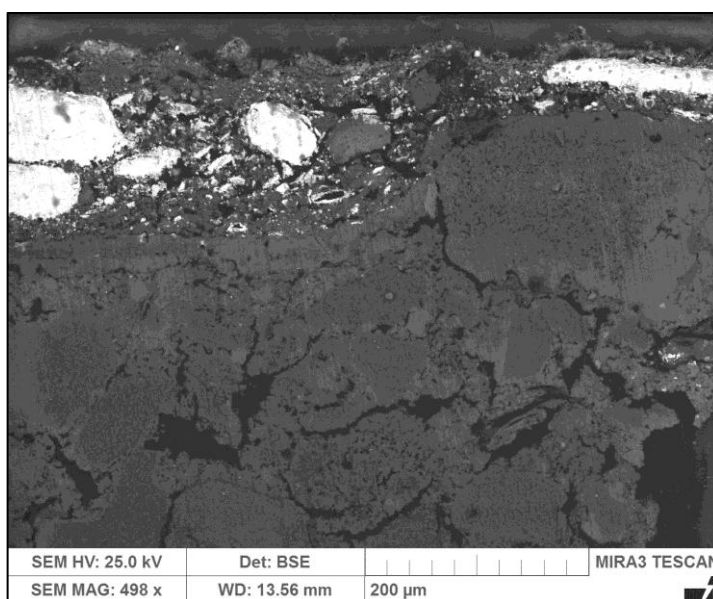
Obr. 31 Optická mikroskopie, bílé světlo.



Obr. 32 Optická mikroskopie, UV světlo.



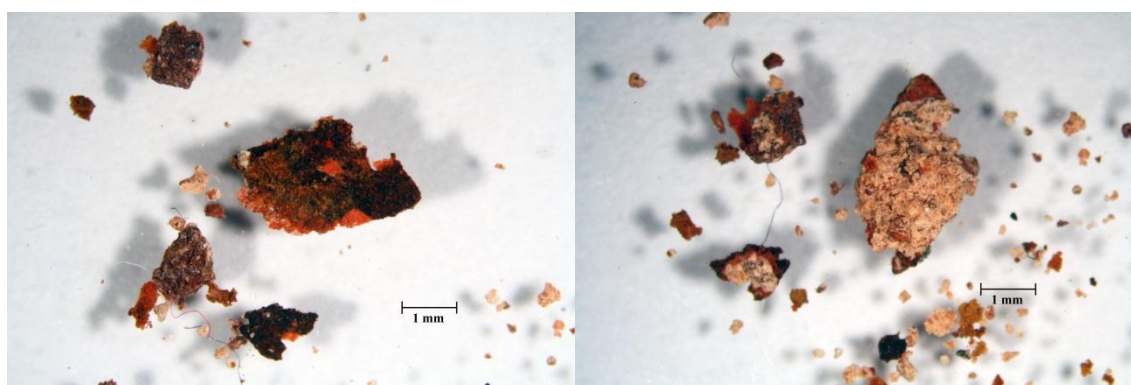
Obr. 33 Optická mikroskopie, modré světlo.



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> )

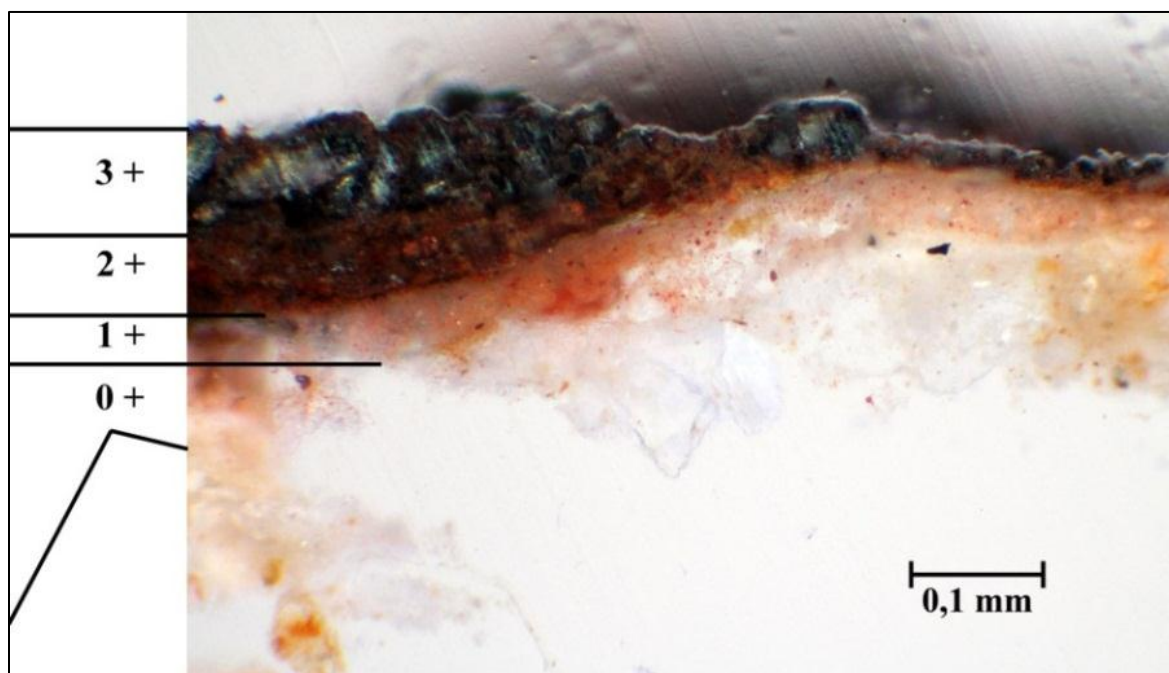


**Obr. 35** Stereomikroskopie, vzorek z pohledové a spodní strany.

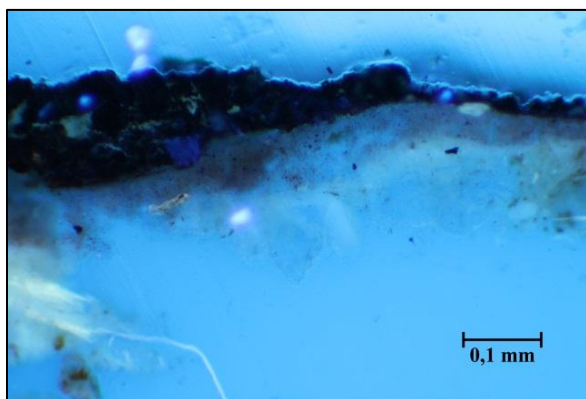
Vzorek obsahuje vápennou omítku (0), na jejímž povrchu se vyskytuje vrstva vyloučeného uhličitánu vápenatého. Na vápenné omítce 0 se nachází tenká červená vrstva 1 probarvená hlínkou, často dobře propojená s povrchem omítky (podmalba, pravděpodobně technika fresco?). Následuje tenká hnědo-červená vrstva 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.

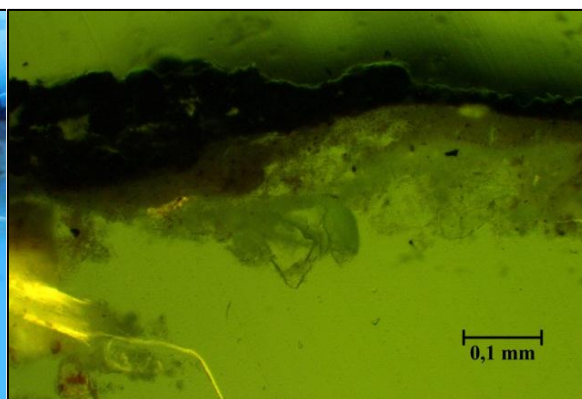
**Vzorek 7346 (P5): zčernalá část v křídlech andílka (Dominationes)**



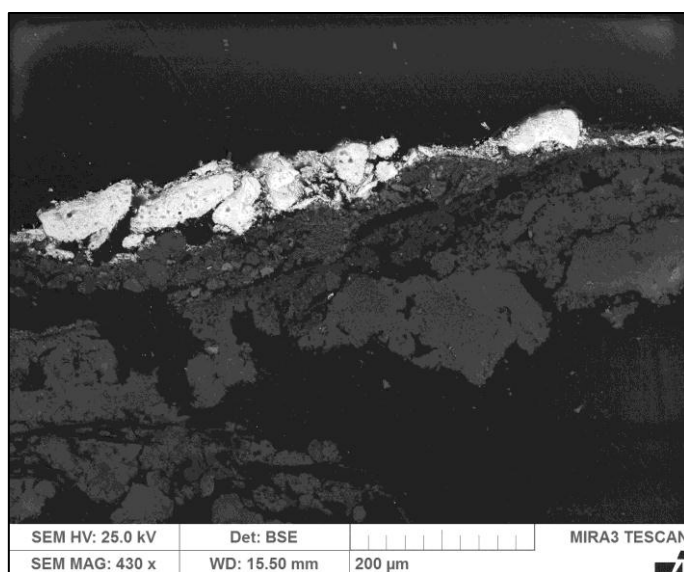
**Obr. 36** Optická mikroskopie, bílé světlo.



**Obr. 37** Optická mikroskopie, UV světlo.

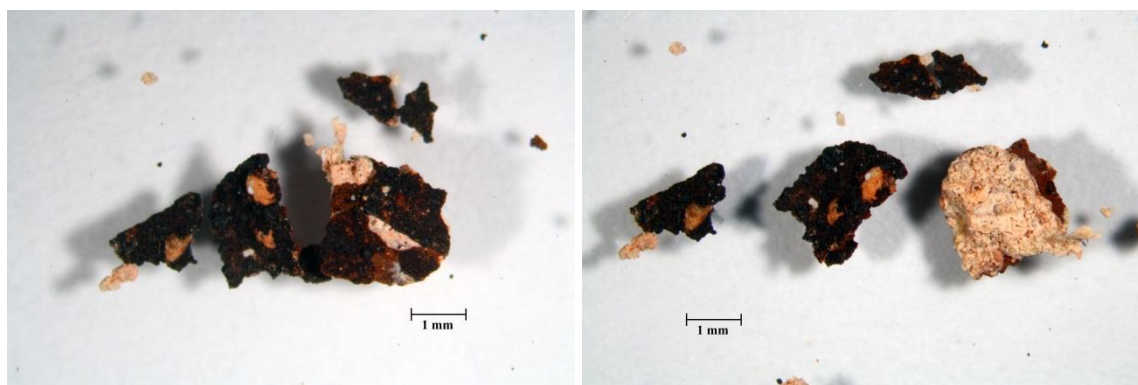


**Obr. 38** Optická mikroskopie, modré světlo.



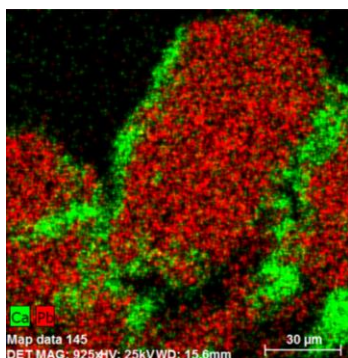
**Obr. 39** Elektronová mikroskopie, BSE.

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 hlinky, 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 hlinka, 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 hlinka, 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.

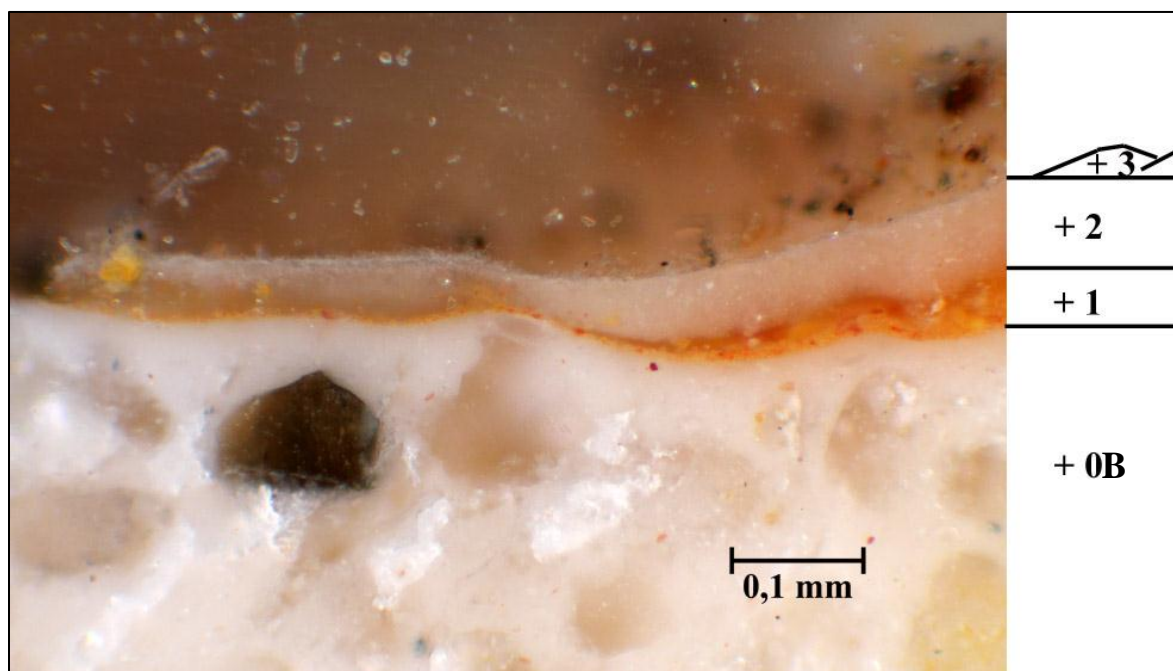


**Obr. 41** REM/EDS, BSE, prvková mapa olova (Pb) a vápníku (Ca), předpoklad složení oválných částic vrstvy 3 – oxidy olova – patrně plattnerit dle zbarvení částice, na povrchu síran vápenatý.

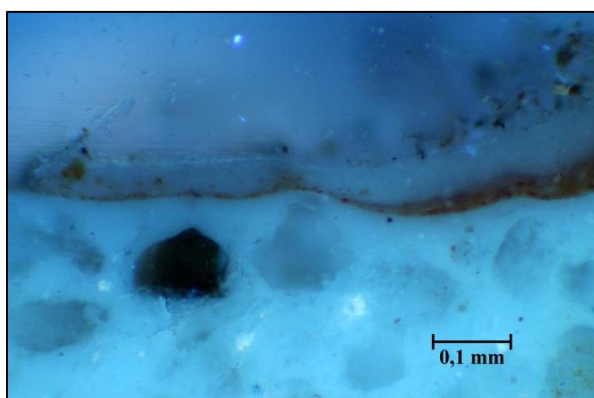
<sup>2</sup> Pomocí metody rentgenové difrakce byla provedena kvalitativní a kvantitativní fázová analýza vrstvy 3 (Příloha – Výsledky rentgenové mikrodifrakce). Z výsledků vyplývá, že vrstva obsahuje ze sloučenin olova plattnerit (cca 60 % hm.) a masikot (cca 9 % hm.). Dále se ve vrstvě vyskytuje sádrovec (cca 25 % hm.) a malé množství křemene (cca 5 % hm.).



**Vzorek 7347 (M1): defekt v pásu mraků mezi Cherubim a Seraphim**



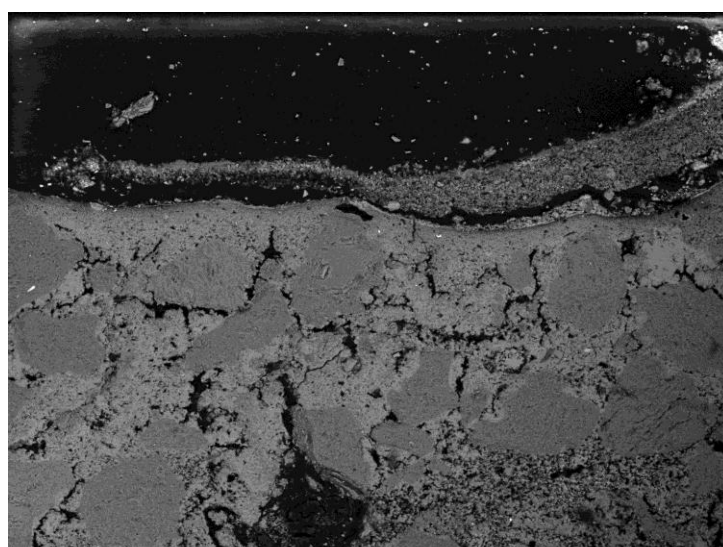
**Obr. 42** Optická mikroskopie, bílé světlo.



**Obr. 43** Optická mikroskopie, UV světlo.

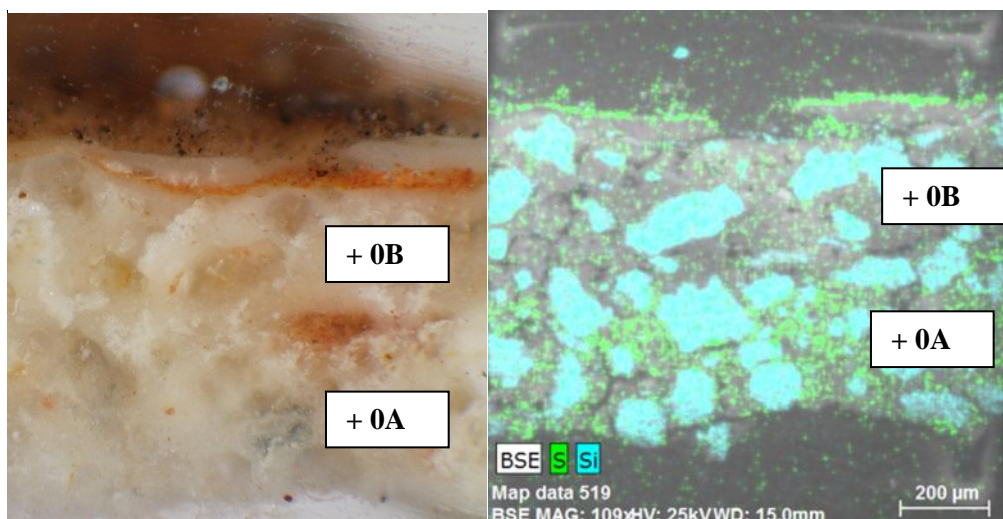


**Obr. 44** Optická mikroskopie, modré světlo.



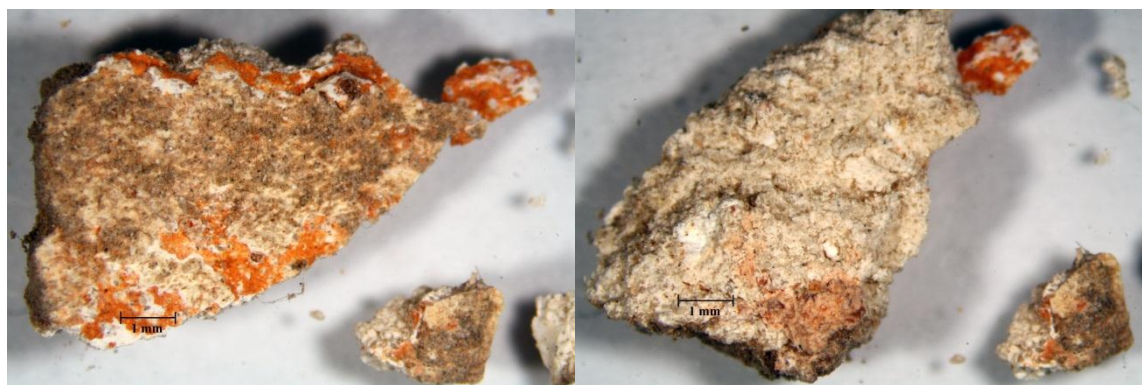
SEM HV: 25.0 kV Det: BSE MIRA3 TESCAN  
SEM MAG: 455 x WD: 14.94 mm 200 μm

**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-béžová 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



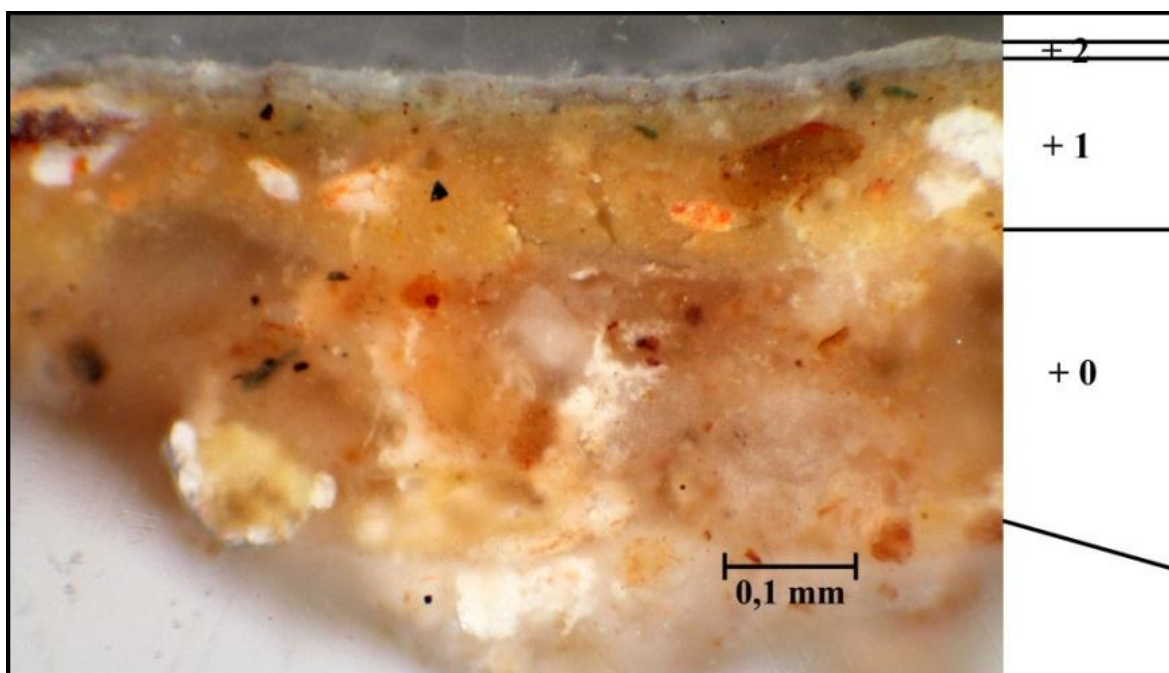
**Obr. 47** Stereomikroskopie, vzorek z pohledové a spodní strany.

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.

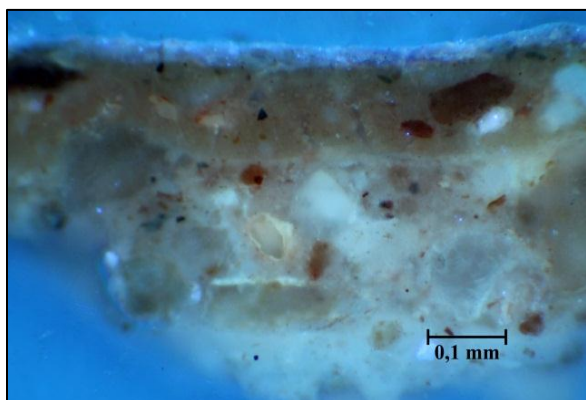
Oranžová vrstva 1 je probarvena červenou hlínkou a žlutým okrem. Na vrstvě 1 se nachází bílá vrstva 2. U následující nesouvislé oranžovo-béžové vrstvy 3 lze předpokládat, že je druhotnou povrchovou úpravou nebo vrstvou depositů.



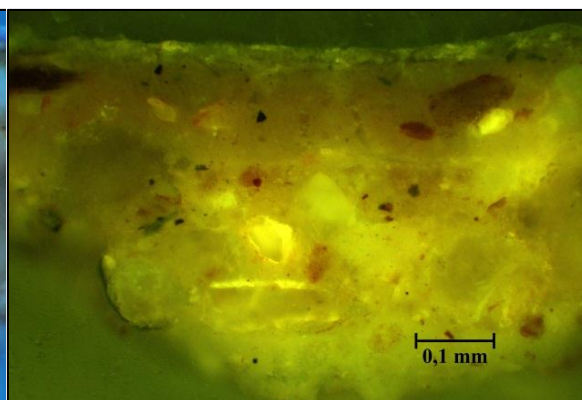
**Vzorek 7349 (PO4):** část se specifickou UV fluorescencí, přechod hrubé a hladké omítky (Angeli)



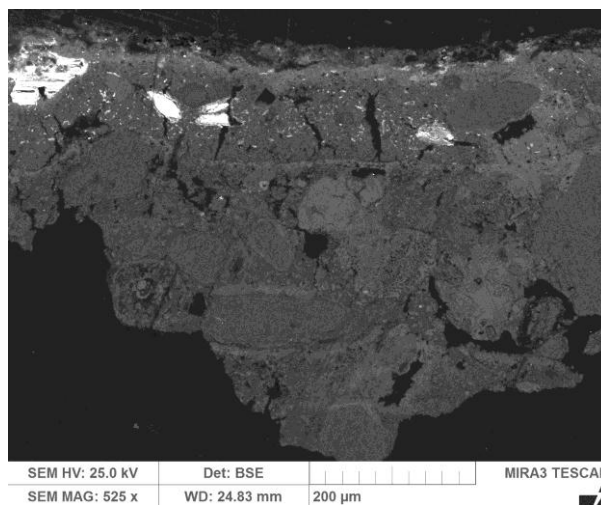
**Obr. 48** Optická mikroskopie, bílé světlo.



**Obr. 49** Optická mikroskopie, UV světlo.

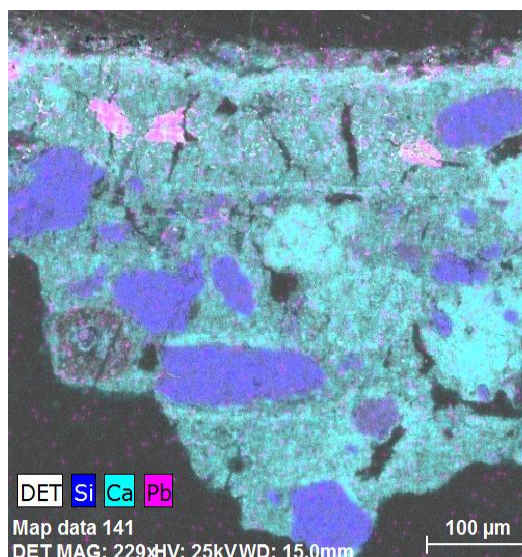


**Obr. 50** Optická mikroskopie, modré světlo.



**Obr. 51** Elektronová mikroskopie, BSE.





**Obr. 52** Elektronová mikroskopie REM EDX, BSE, prvková mapa křemíku, vápníku a olova.

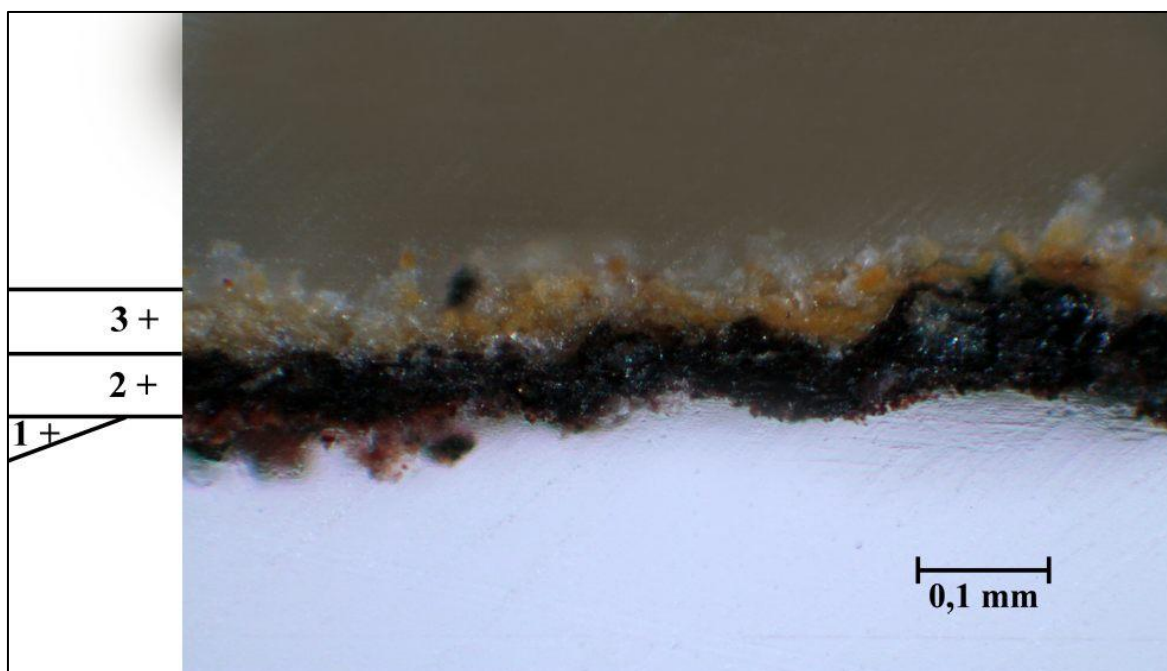
Číslo vrstvy	Popis vrstvy, optická mikroskopie	Složení vrstvy - REM/EDS
2.	tenká bílá vrstva - světlý nesouvislý povlak	<u>Ca</u> , Pb (Si, S, Cl, Al): uhličitan vápenatý, olovnatá běloba, patrně sírany a chloridy
1.	heterogenní béžová vrstva oranžové a bílé oválné útvary, při povrchu ojediněle zrna 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)



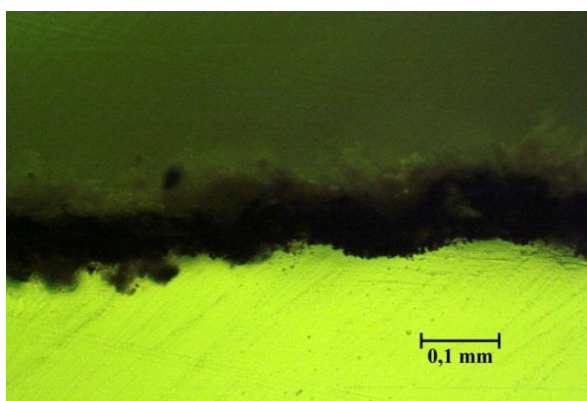
**Obr. 53** Stereomikroskopie, úlomky vzoru z pohledové a spodní strany.

Povrch fragmentu vápenné načervenalé vrstvy (0) s kamenivem obsahuje tenkou vrstvu vyloučeného uhličitanu vápenatého, značící, že byly následující povrchové úpravy nanesený 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?).

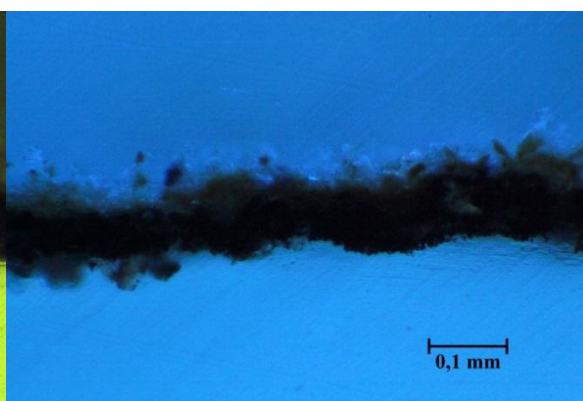
Vzorek 7555 (V1): draperie figury anděla Cherubim



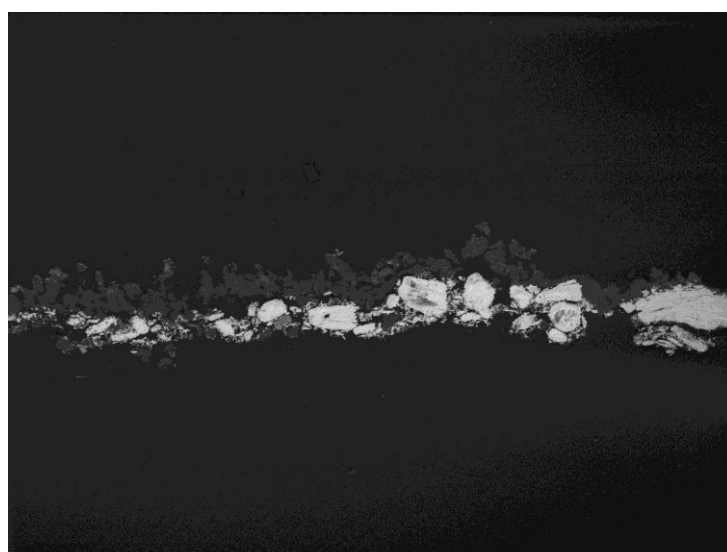
Obr. 54 Optická mikroskopie, bílé světlo.



Obr. 55 Optická mikroskopie, UV světlo.



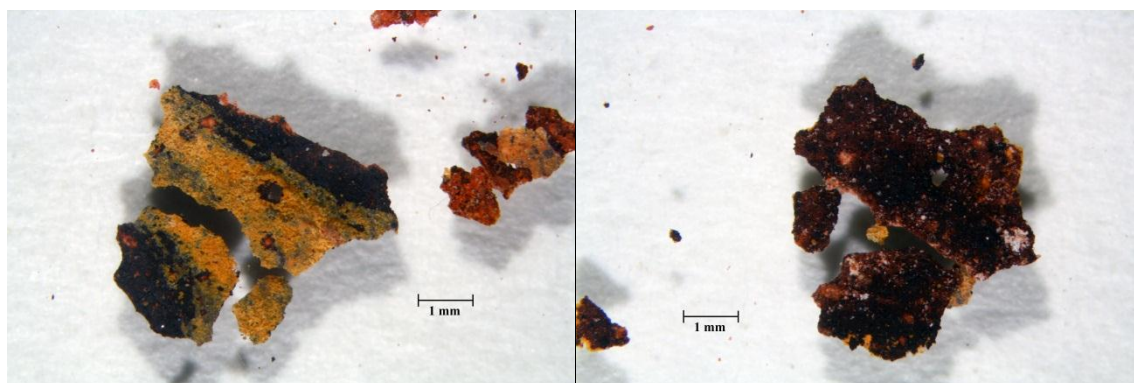
Obr. 56 Optická mikroskopie, modré světlo.



SEM HV: 25.0 kV Det: BSE  
SEM MAG: 634 x WD: 16.94 mm 200 μm MIRA3 TESCAN

Obr. 57 Elektronová mikroskopie, BSE.

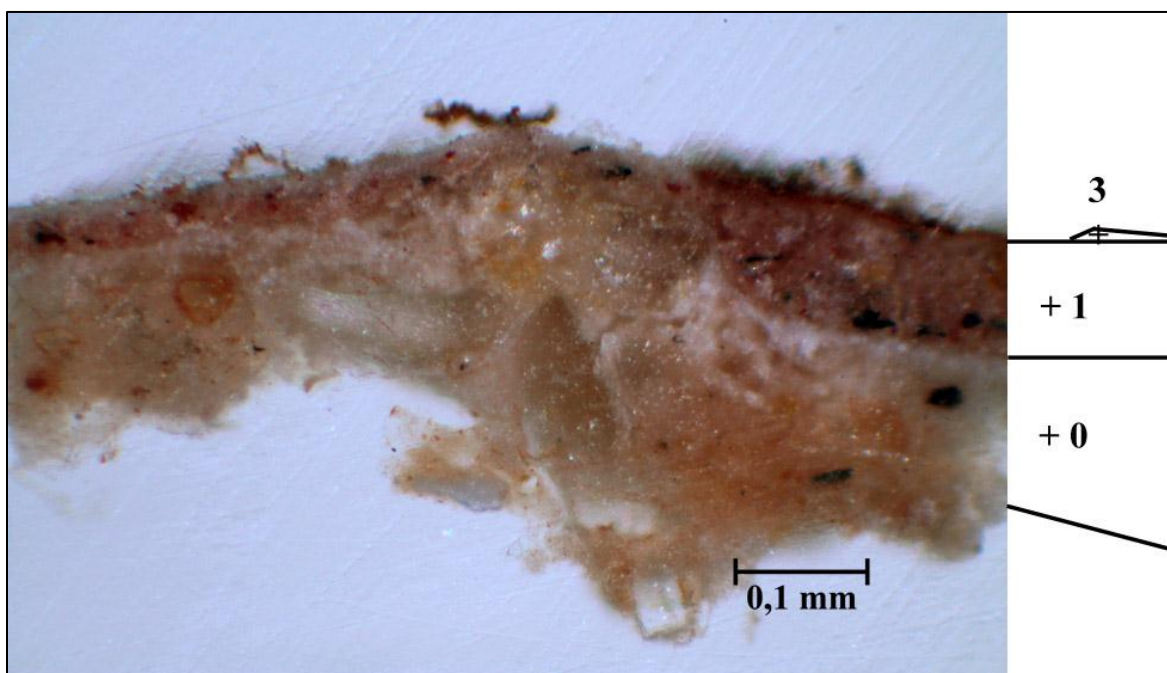
Číslo vrstvy	Popis vrstvy, optická mikroskopie	Složení vrstvy - REM/EDS
3.	žlutá vrstva	<u>Ca, S</u> (Fe, Cl, Pb): síran vápenatý – patrně sulfatizace, případně uhličitan vápenatý, okr, křemenná zrna, vrstva je ve spodní části obohacena o Si, Al
2.	heterogenní hnědo-černá vrstva, obsahuje větší černé 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



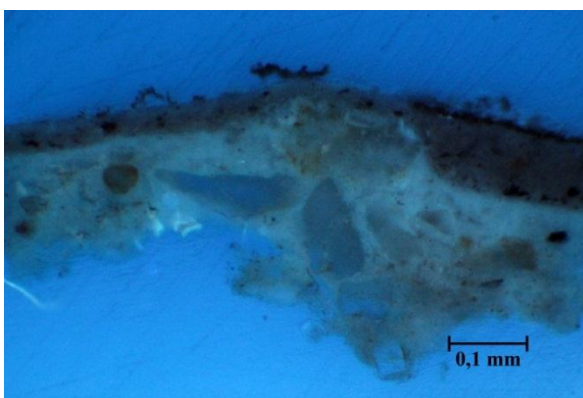
**Obr. 58** Stereomikroskopie, vzorek z pohledové a spodní strany.

Vzorek obsahuje fragment červené vrstvy 1, následuje vrstva 2 se ztmavým olovnatým pigmentem a žlutá vrstva 3 probarvená zejména okrem.

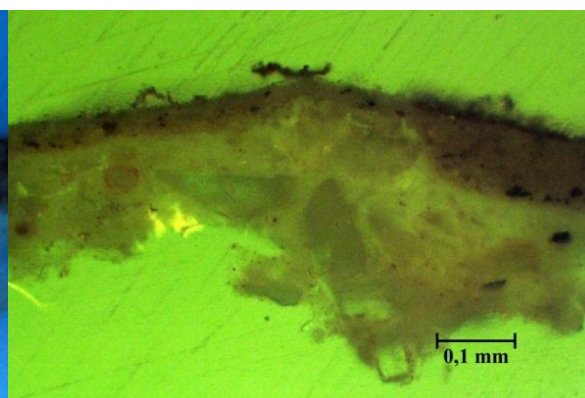




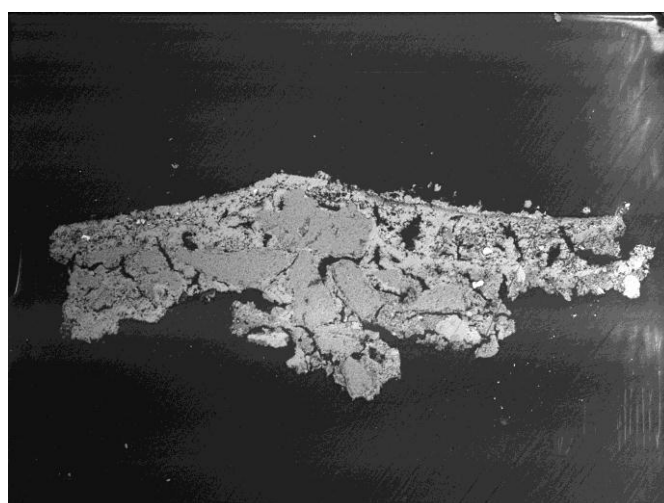
Obr. 59 Optická mikroskopie, bílé světlo.



Obr. 60 Optická mikroskopie, UV světlo.

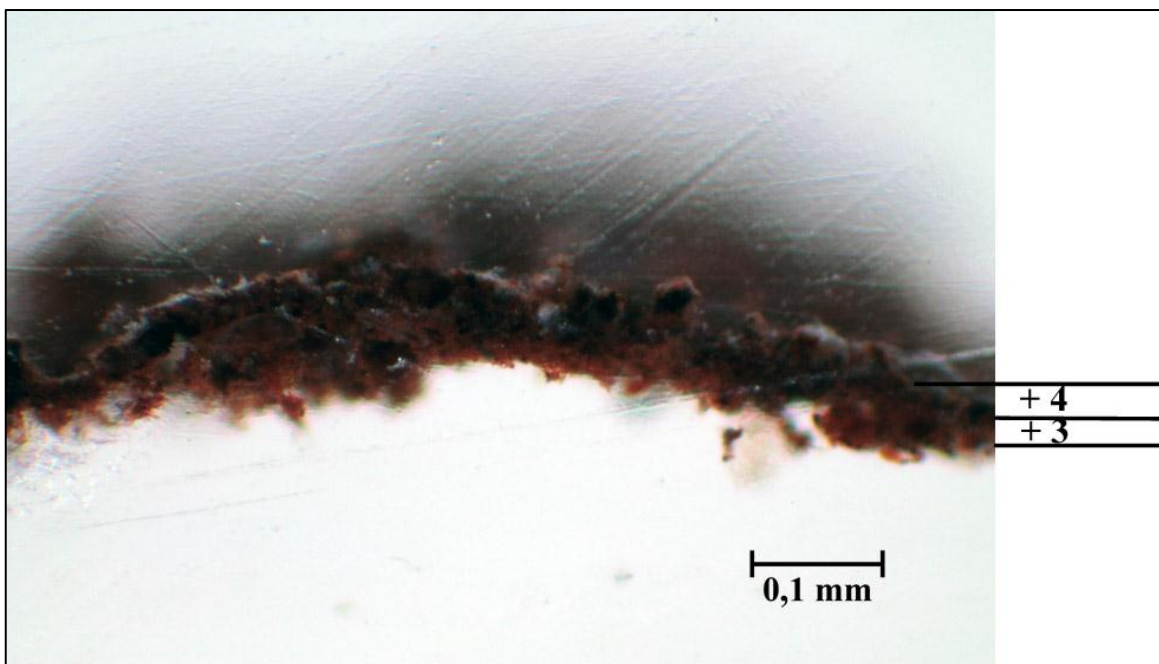


Obr. 61 Optická mikroskopie, modré světlo.

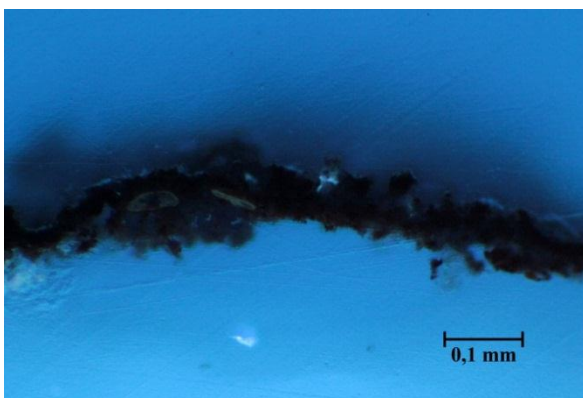


SEM HV: 25.0 kV	Det: BSE	MIRA3 TESCAN
SEM MAG: 650 x	WD: 15.11 mm	200 μm

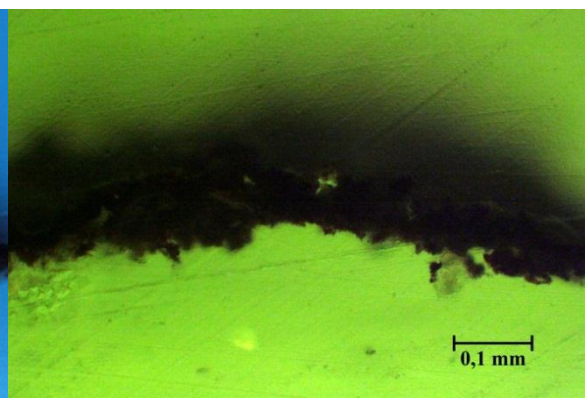
Obr. 62 Elektronová mikroskopie, BSE.



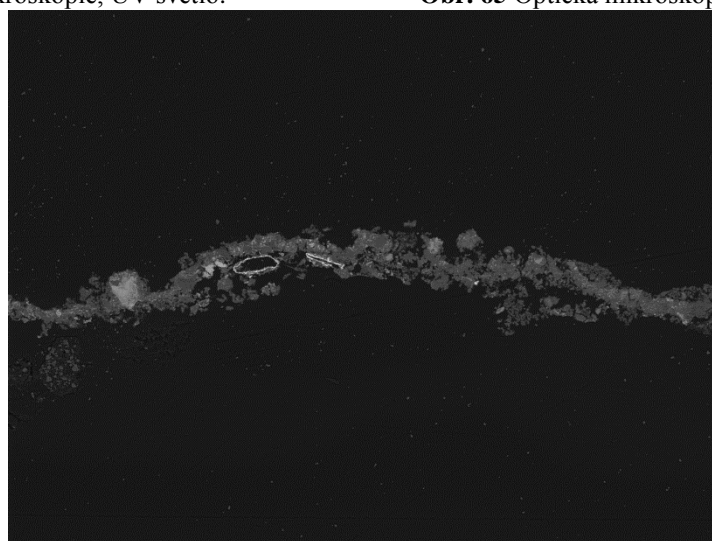
**Obr. 63** Optická mikroskopie, bílé světlo.



**Obr. 64** Optická mikroskopie, UV světlo.



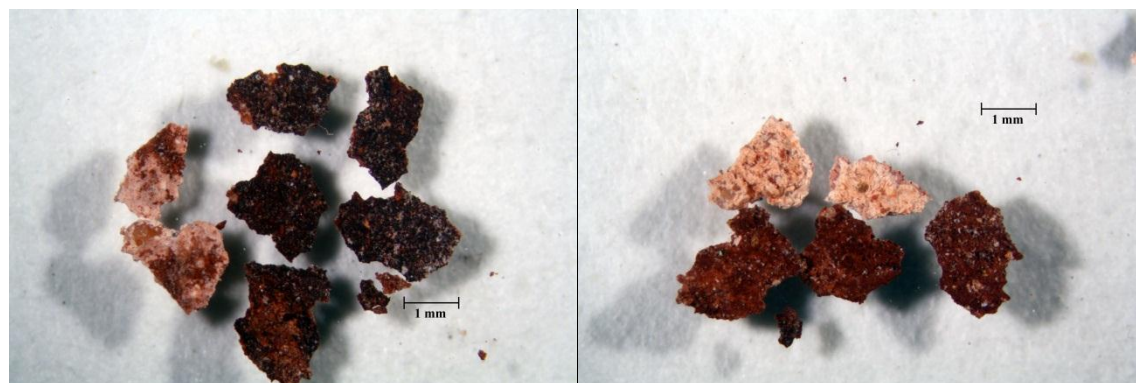
**Obr. 65** Optická mikroskopie, modré světlo.



SEM HV: 19.2 kV	Det: BSE	200 μm	MIRA3 TESCAN
SEM MAG: 695 x	WD: 14.19 mm		

**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)

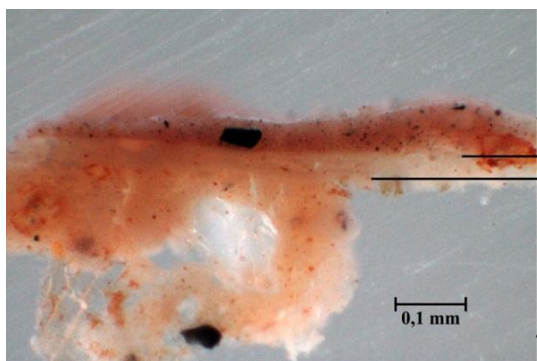


**Obr. 67** Stereomikroskopie, části vzorku ze svrchní a spodní strany.

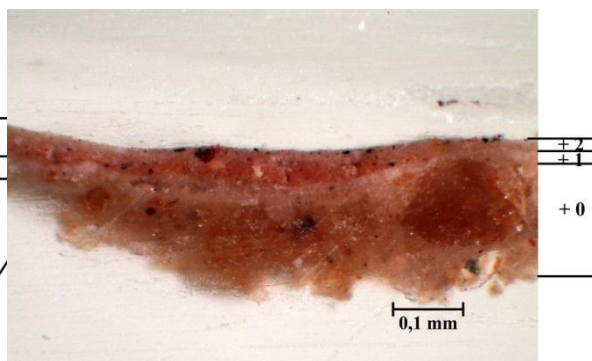
Vzorek obsahuje úlomky náležící ke dvěma na sebe navazujícím částem. Na vápenné omítce s kamenivem (vrstva 0) byla pozorována tenká vrstva vyloučeného uhličitanu vápenatého. Následuje silná světle červená vrstva 1 a dvě hnědo-červené vrstvy 2, 3, přičemž svrchní vrstva je tmavší než vrstva 2. Barevné vrstvy jsou probarveny zejména železitými pigmenty.



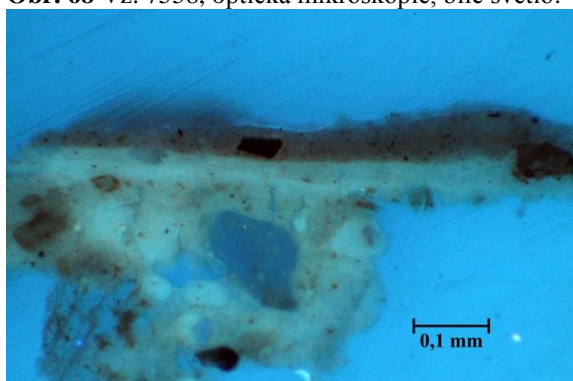
Vzorky 7558 (Z1), 7568 (Z1C), 7563 (Z1B, referenční vzorek): pozadí anděla Principatus



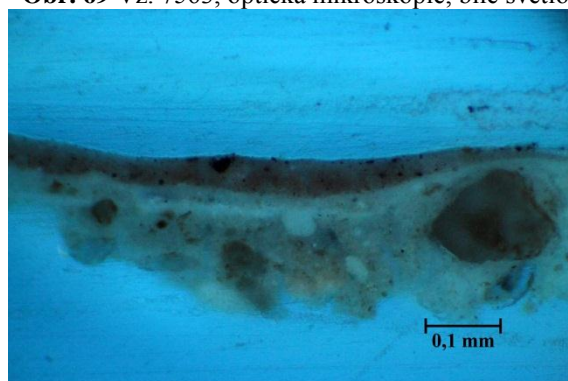
Obr. 68 Vz. 7558, optická mikroskopie, bílé světlo.



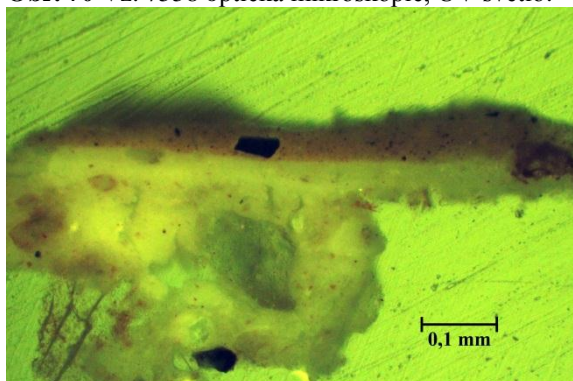
Obr. 69 Vz. 7563, optická mikroskopie, bílé světlo.



Obr. 70 Vz. 7558 optická mikroskopie, UV světlo.



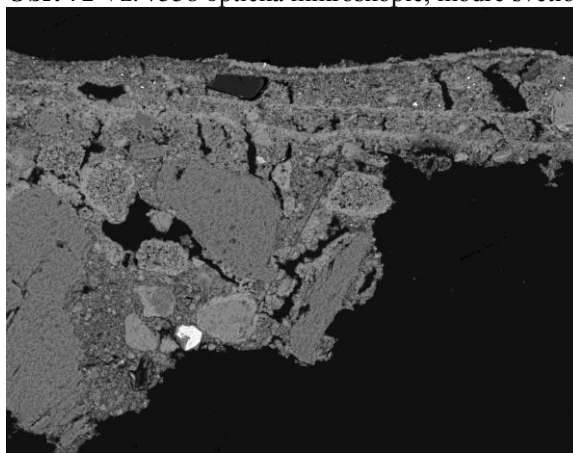
Obr. 72 Vz. 7563 optická mikroskopie, UV světlo.



Obr. 71 Vz. 7558 optická mikroskopie, modré světlo

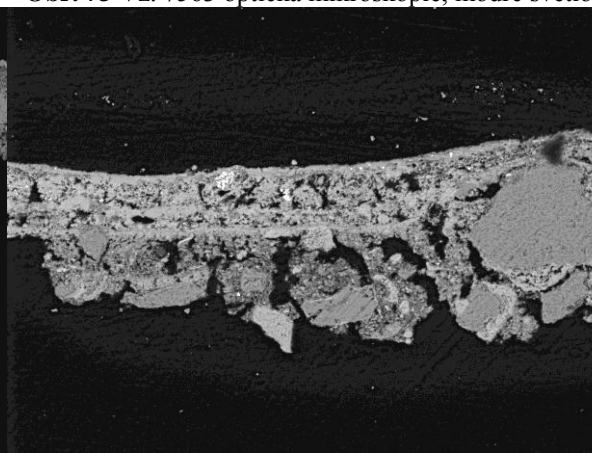


Obr. 73 Vz. 7563 optická mikroskopie, modré světlo.



SEM HV: 25.0 kV Det: BSE MIRA3 TESCA  
SEM MAG: 1.13 kx WD: 14.81 mm 200 μm

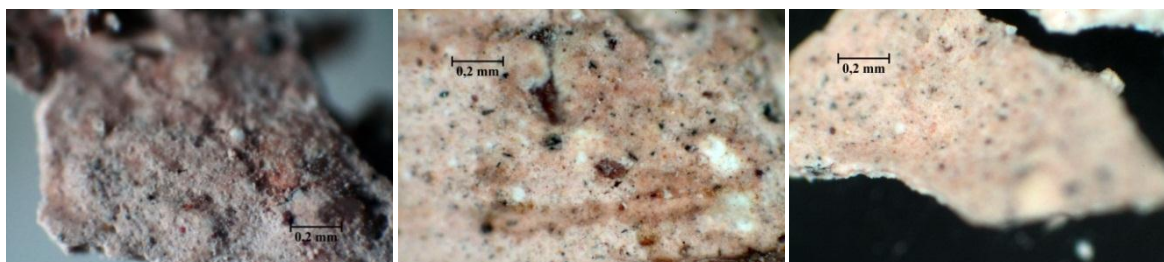
Obr. 74 Vz 7558. Elektronová mikroskopie, BSE.



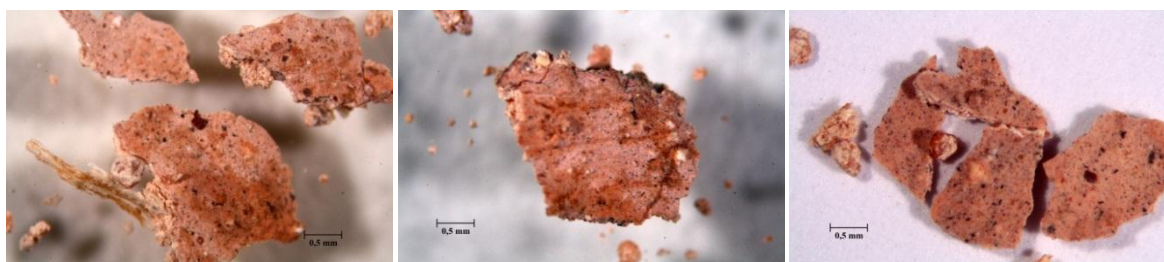
SEM HV: 25.0 kV Det: BSE MIRA3 TESCA  
SEM MAG: 1.07 kx WD: 15.11 mm 200 μm

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 zrnka, 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.



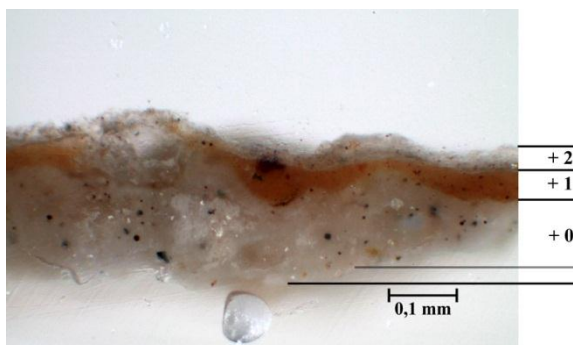
**Obr. 77** Stereomikroskopie, bílé světlo, povrch vzorků 7558, 7568, 7563 (referenční vzorek).

<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 štětci, 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.



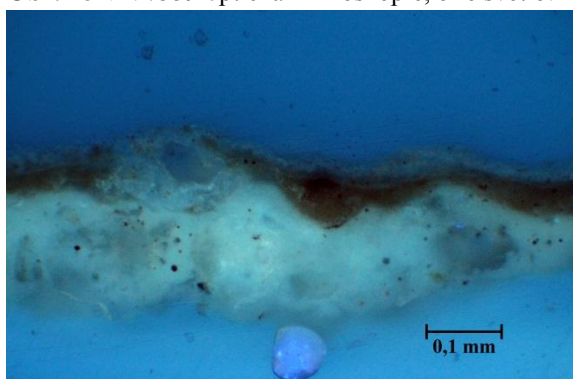
**Vzorek 7559 (Z2) a 7564 (Z2B, referenční vzorek): levá tvář putto (vlevo) ve výjevu Cherubim**



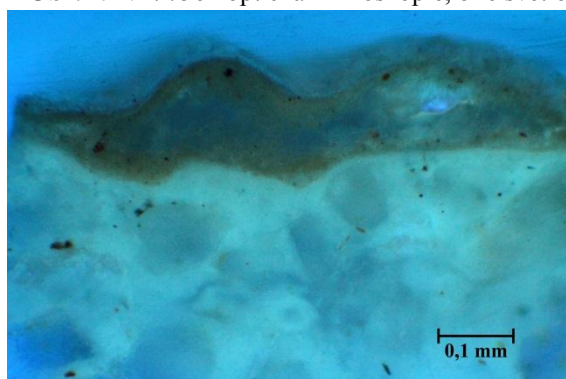
**Obr. 78** Vz. 7559 optická mikroskopie, bílé světlo.



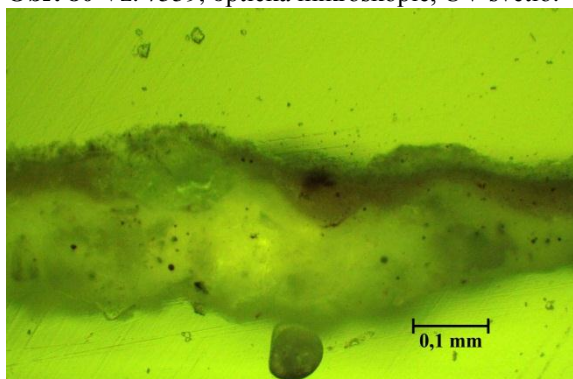
**Obr. 79** Vz. 7564 optická mikroskopie, bílé světlo.



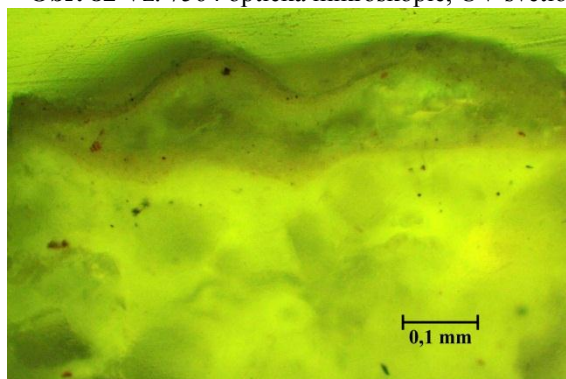
**Obr. 80** Vz. 7559, optická mikroskopie, UV světlo.



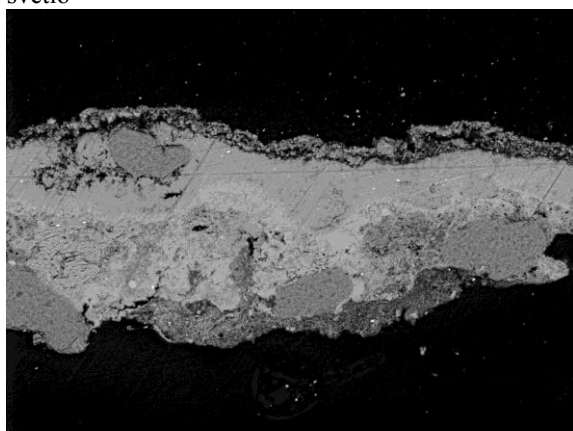
**Obr. 82** Vz. 7564 optická mikroskopie, UV světlo.



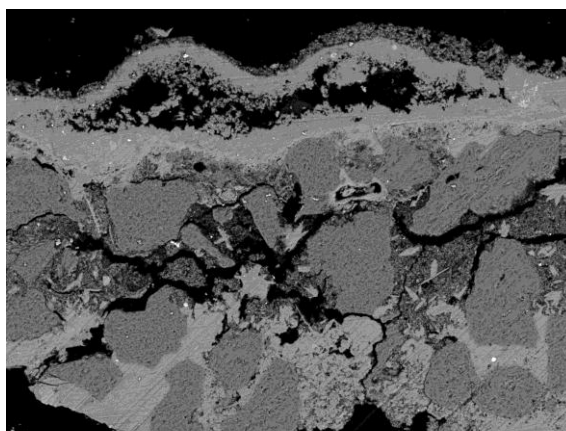
**Obr. 81** Vz. 7559, optická mikroskopie, modré světlo



**Obr. 83** Vz. 7564 optická mikroskopie, modré světlo.



**Obr. 84** Vz. 7559, elektronová mikroskopie, BSE.



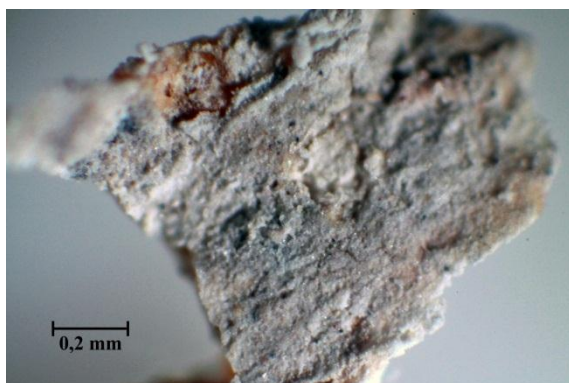
**Obr. 85** Vz. 7564, elektronová mikroskopie, BSE.



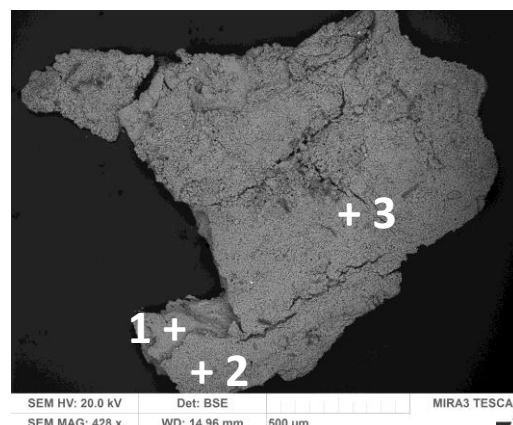
Číslo	Popis vrstvy, optická mikroskopie	Složení vrstvy - REM/EDS
2.	bílá vrstva	vzorku 7559: <u>Ca</u> (S, Si, Al) uhličitán vápenatý vzorek 7564: <u>Ca</u> , <u>S</u> (S v různém obsahu) síran vápenatý, v jedné části vrstvy zvýšené množství <u>Si</u>
1.	nesouvislá oranžovo-červená vrstva, obsahuje červený 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.

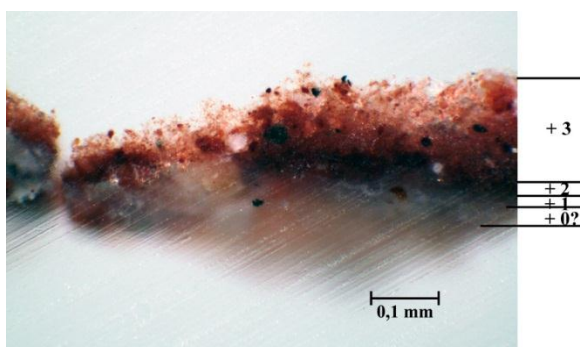


Obr. 88 Vz. 7564, elektronová mikroskopie, BSE. Místa prvkových analýz 1, 2, 3.

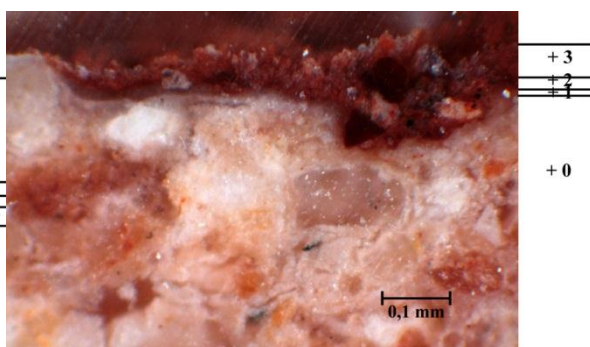
Popis vrstvy, optická mikroskopie	Složení vrstvy - REM/EDS
Fragmenty žluté vrstvy 1	místo 1: <u>Ca</u> , S (Fe, Si, Al): síran vápenatý
světlá vrstva 2, povrch	místo 2: <u>Ca</u> (Si, Al, S): uhličitán vápenatý místo 3: Ca (Si, S, Al): uhličitán vápenatý

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.

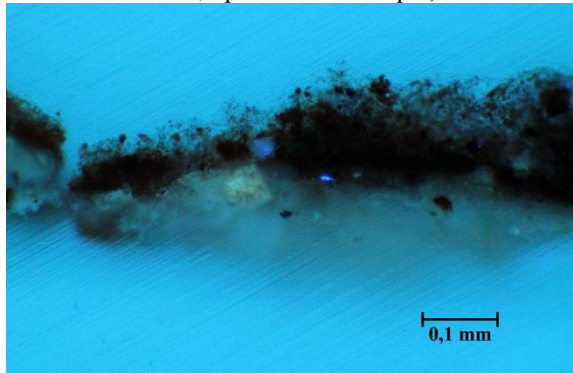
**Vzorky 7560 (PO7), 7565 (PO7B), referenční vzorek): okolí praskliny v plášti anděla Principatus**



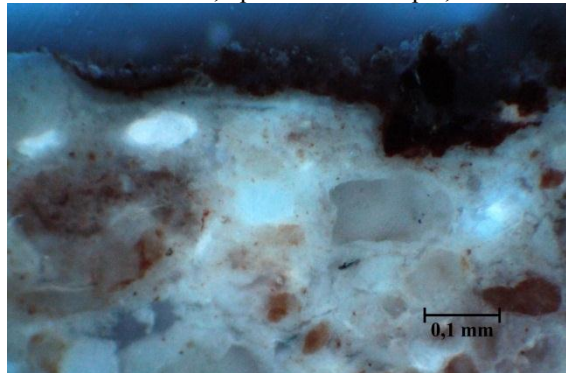
**Obr. 89** Vz. 7560, optická mikroskopie, bílé světlo.



**Obr. 90** Vz. 7565, optická mikroskopie, bílé světlo.



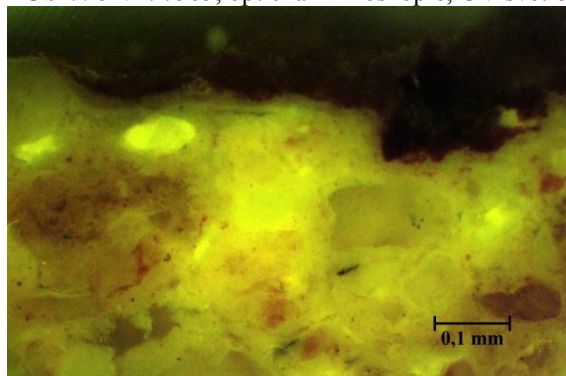
**Obr. 91** Vz. 7560, optická mikroskopie, UV světlo.



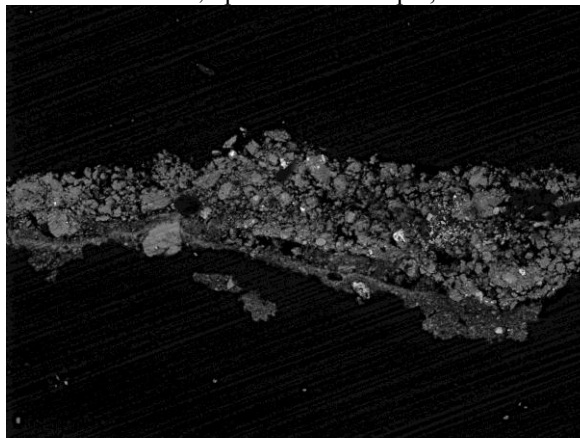
**Obr. 93** Vz. 7565, optická mikroskopie, UV světlo.



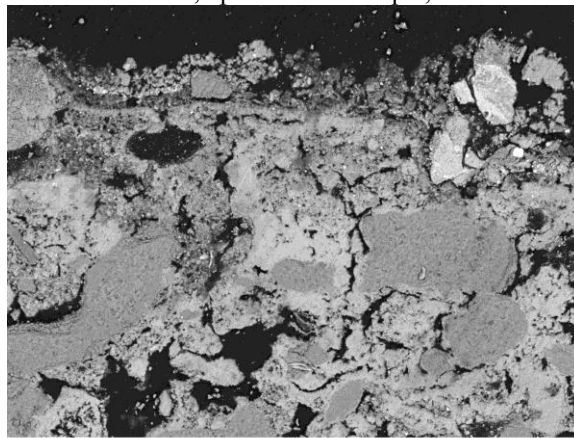
**Obr. 92** Vz. 7560, optická mikroskopie, modré světlo



**Obr. 94** Vz. 7565, optická mikroskopie, modré světlo.

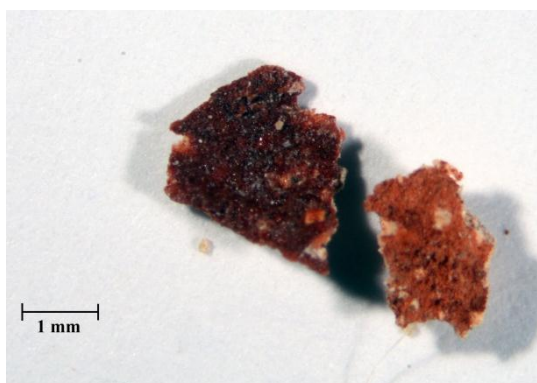


**Obr. 95** Vz. 7560, elektronová mikroskopie, BSE.



**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

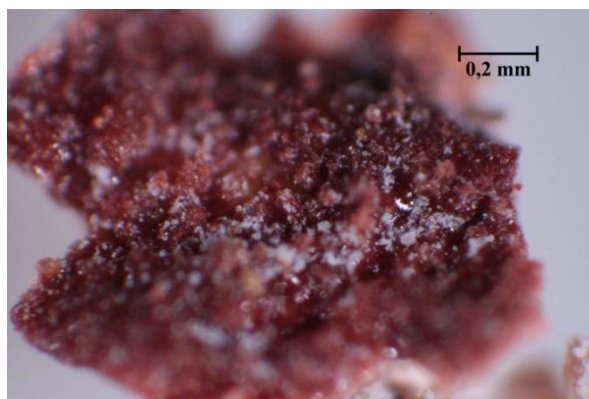


**Obr. 97** Vz. 7560 a 7565 (referenční vzorek), stereomikroskopie.

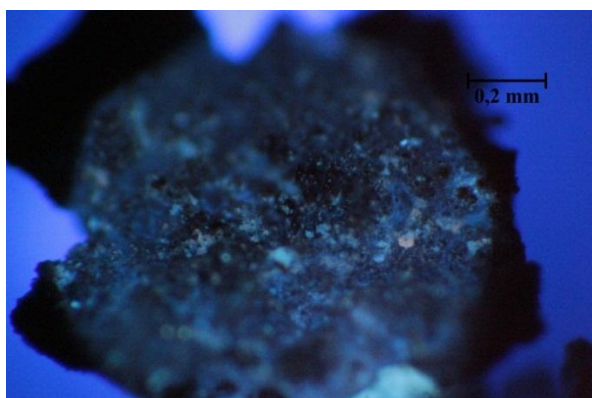
Ze stratigrafie a složení povrchových vrstev nevyplývá rozdíl mezi studovanými vzorky. Na nábrusu vzorku 7565 je zachycena podkladní omítka (vrstva 0). Nejstarší dochovanou úpravou povrchu je světlá vrstva 1, následuje patrně souvrství dvou červených vrstev 2, 3, které jsou probarveny železitémi pigmenty.



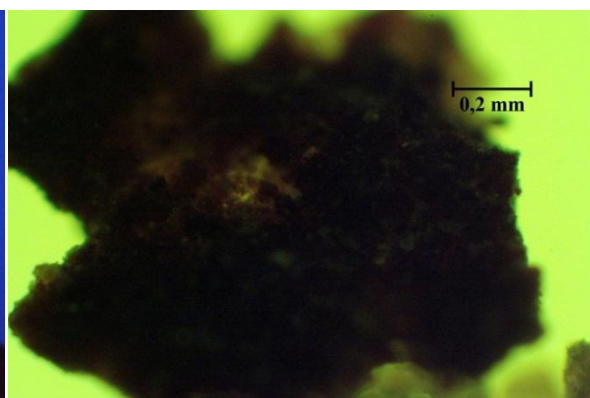
**Vzorek 7560 (PO7):** okolí praskliny v plášti anděla Principatus



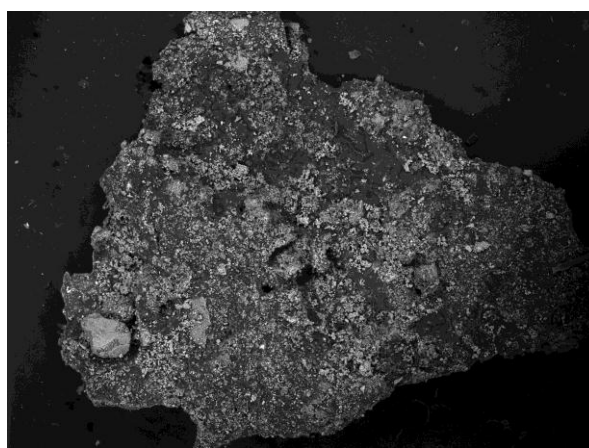
**Obr. 98** Optická mikroskopie, bílé světlo.



**Obr. 99** Optická mikroskopie, UV světlo.



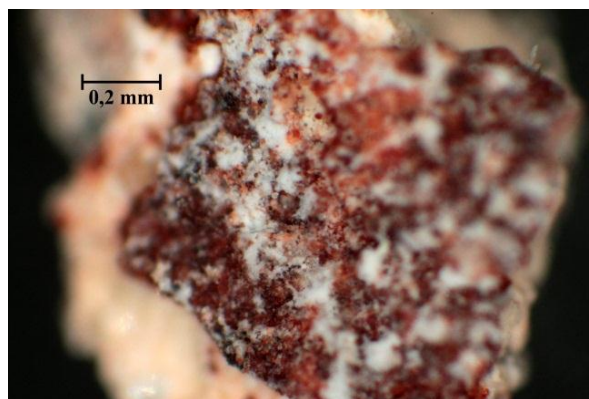
**Obr. 100** Optická mikroskopie, modré světlo.



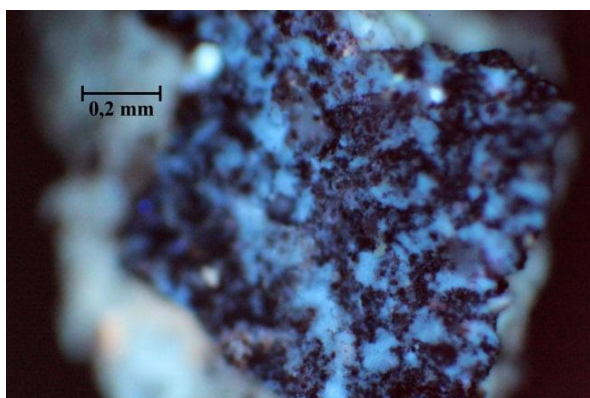
**Obr. 101** Elektronová mikroskopie, BSE.

<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

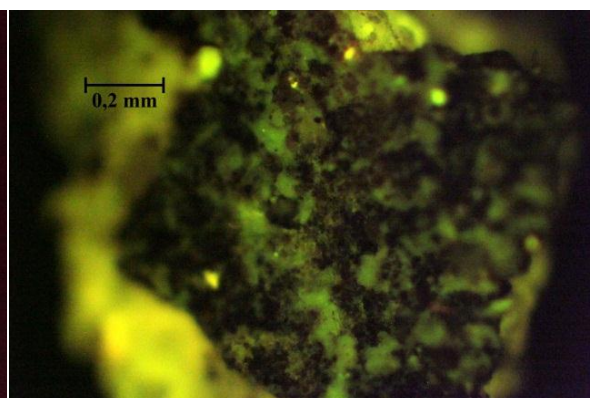
Na povrchu vzorku se nachází převážně polymerní vrstva, ojediněle bílé krystaly vápence.



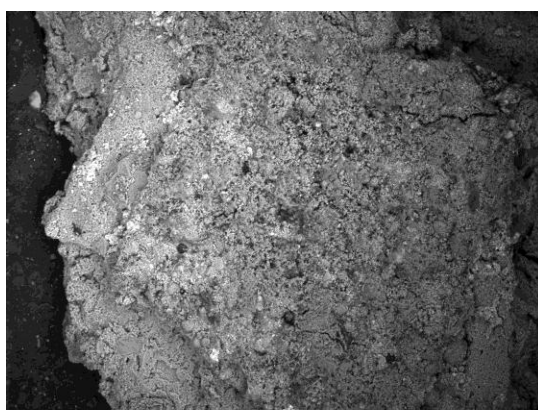
Obr. 102 Optická mikroskopie, bílé světlo.



Obr. 103 Optická mikroskopie, UV světlo.



Obr. 104 Optická mikroskopie, modré světlo.

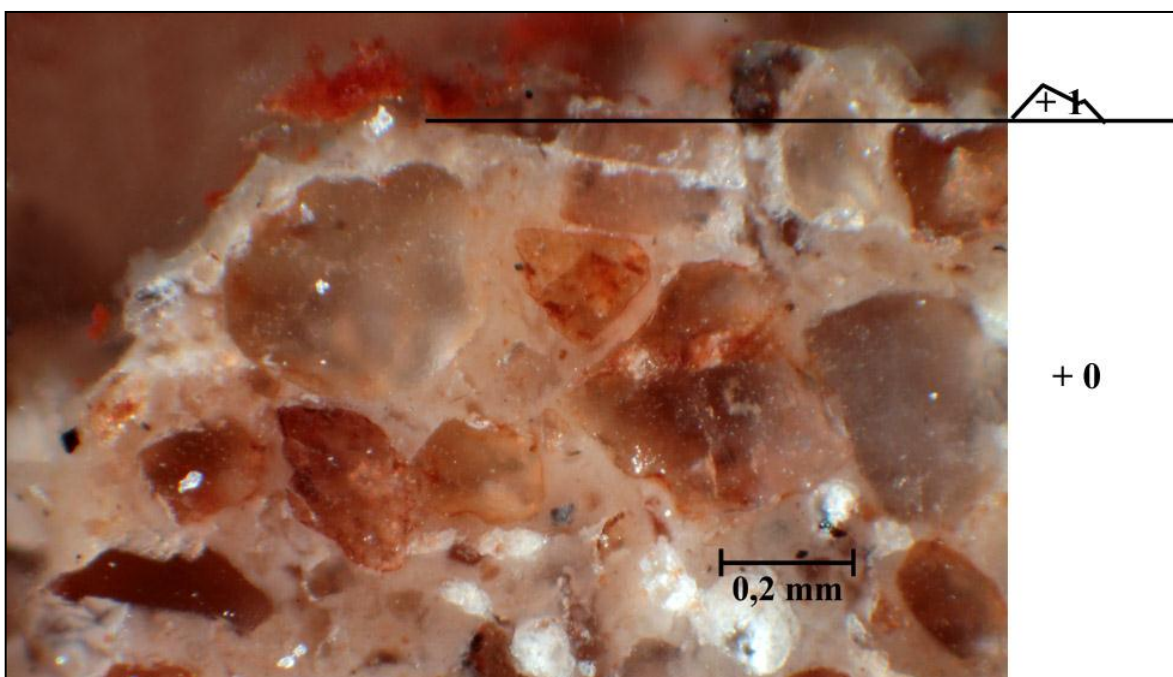


Obr. 105 Elektronová mikroskopie, BSE.

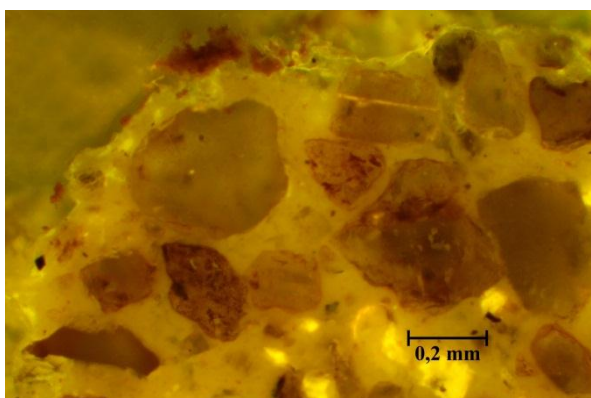
<i>Popis vrstvy, optická mikroskopie</i>	<i>Složení vrstvy - REM/EDS</i>
hnědo-červený povrch vzorku, ojediněle bílé útvary, pravděpodobně krystaly	bílé části <u>Ca</u> , <u>S</u> (Fe, Si, Al): sádrovec hnědočervená část: <u>Ca</u> , <u>Fe</u> (S, Si) vrstva probarvená železitým pigmentem

Na povrchu svrchní červené vrstvy lze pozorovat bílé útvary. Na základě prvkového složení lze předpokládat, že se jedná o krystaly síranu vápenatého (sádrovce).

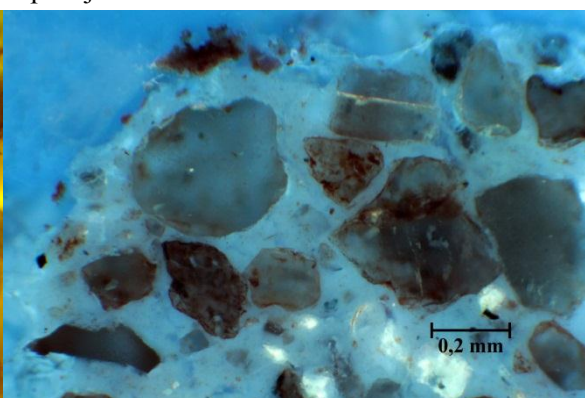




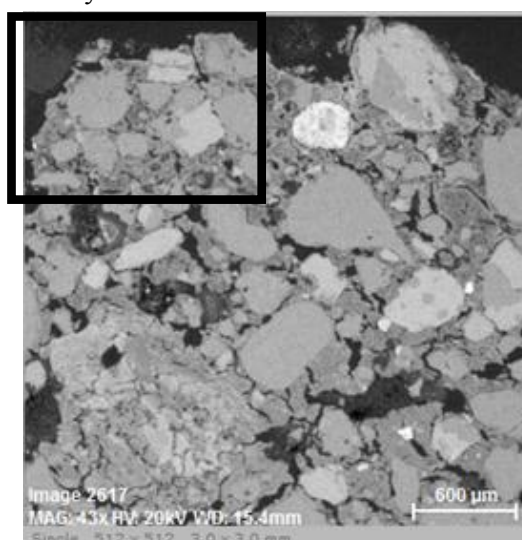
Obr. č. 106: Bílé dopadající světlo.



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.

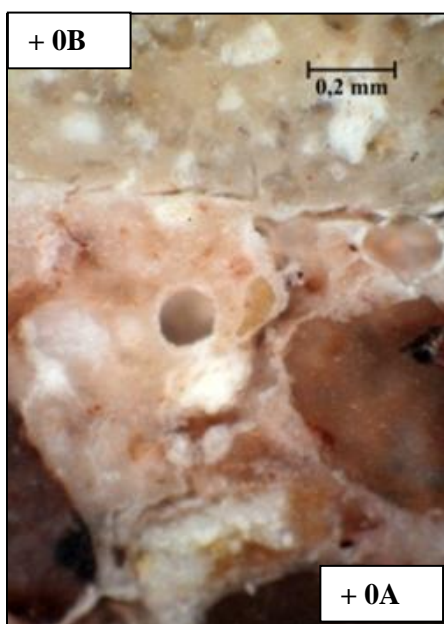
## Omítkové vrstvy

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.

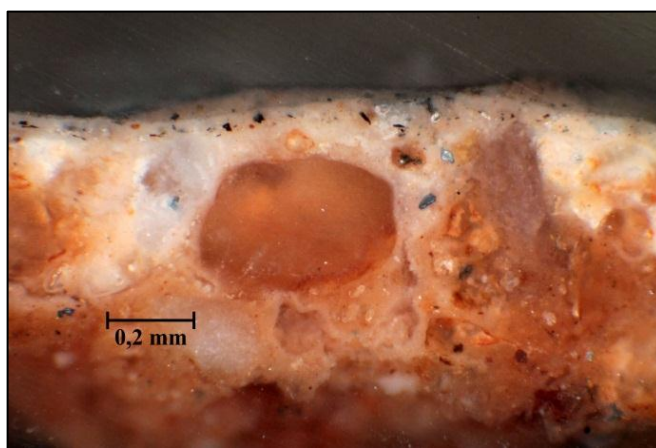
**Jádrová omítka** (7340, 0A) byla pravděpodobně připravena z pojiva na bázi vzdušného bílého vápna a písku s poměrně heterogenní velikostí i tvarem zrn. Růžový odstín omítky je podmíněn vyšším podílem zrn načervenalých živců a patrně také přítomností sloučenin železa.

**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.

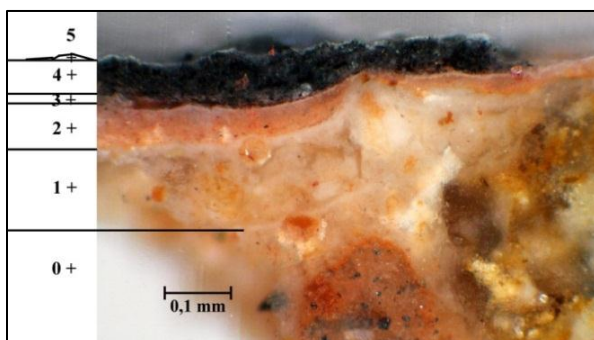


**Obr. 111** Mikrosnímek načervenalého intonaka s hrubším povrchem a barevnou vrstvou, vzorek 7341.

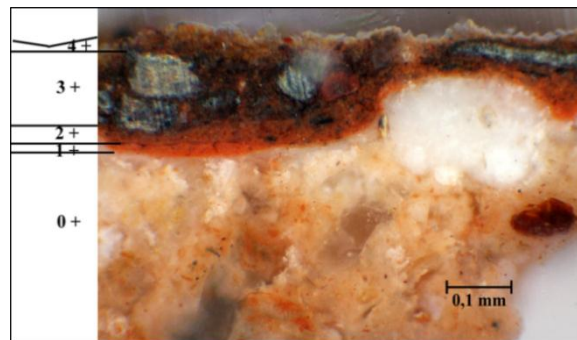
<sup>3</sup> Chemicko technologický průzkum Restaurátorského průzkumu – nástěnné malby, štuková výzdoba a omítky interiéru kaple sv. Isidora v Křenově, březen 2012, Fakulta restaurování, Univerzita Pardubice.

### 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 Seraphim). 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 -  $PbO_2$ , mohou vznikat konverzí všech uvedených olovnatých pigmentů. Součástí korozních produktů olovnatých pigmentů není černý galenit ( $PbS$ ), 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 uhličitánem 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.

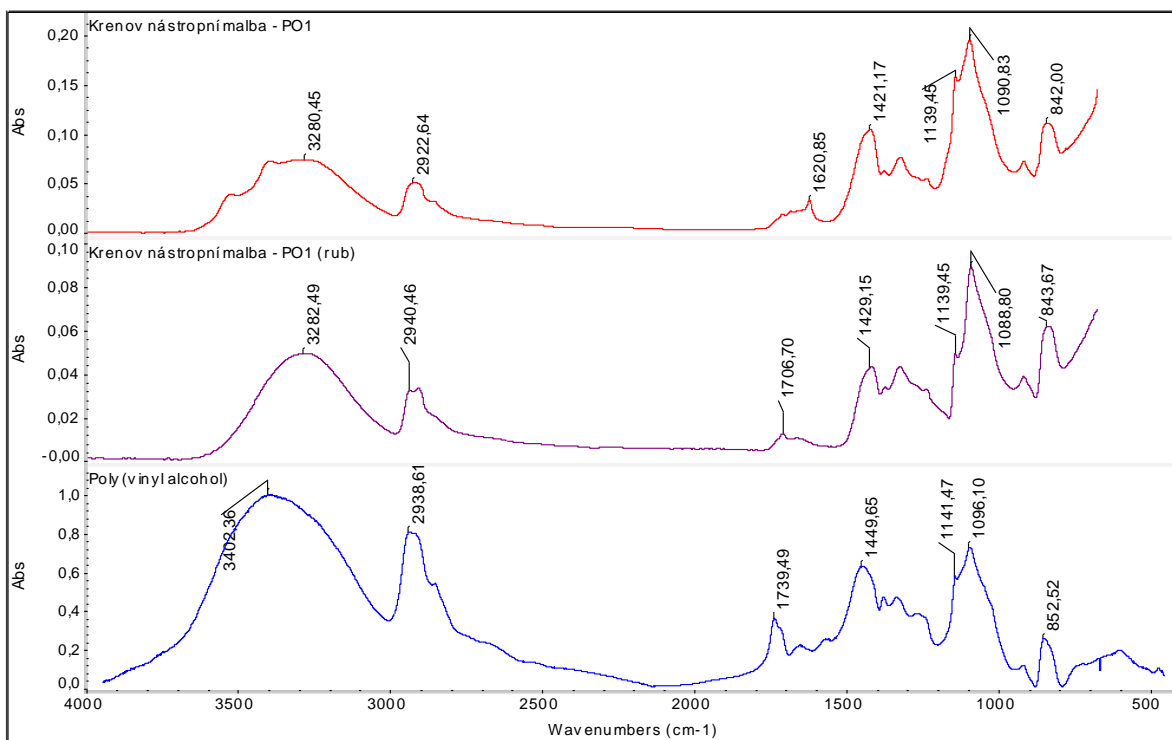
---

<sup>7</sup> Lesniaková P. Průzkum povrchových úprav – hřbitovní kaple sv. Isidora v Křenově – korunní římsa. Fakulta restaurování, Univerzita Pardubice. 2014.

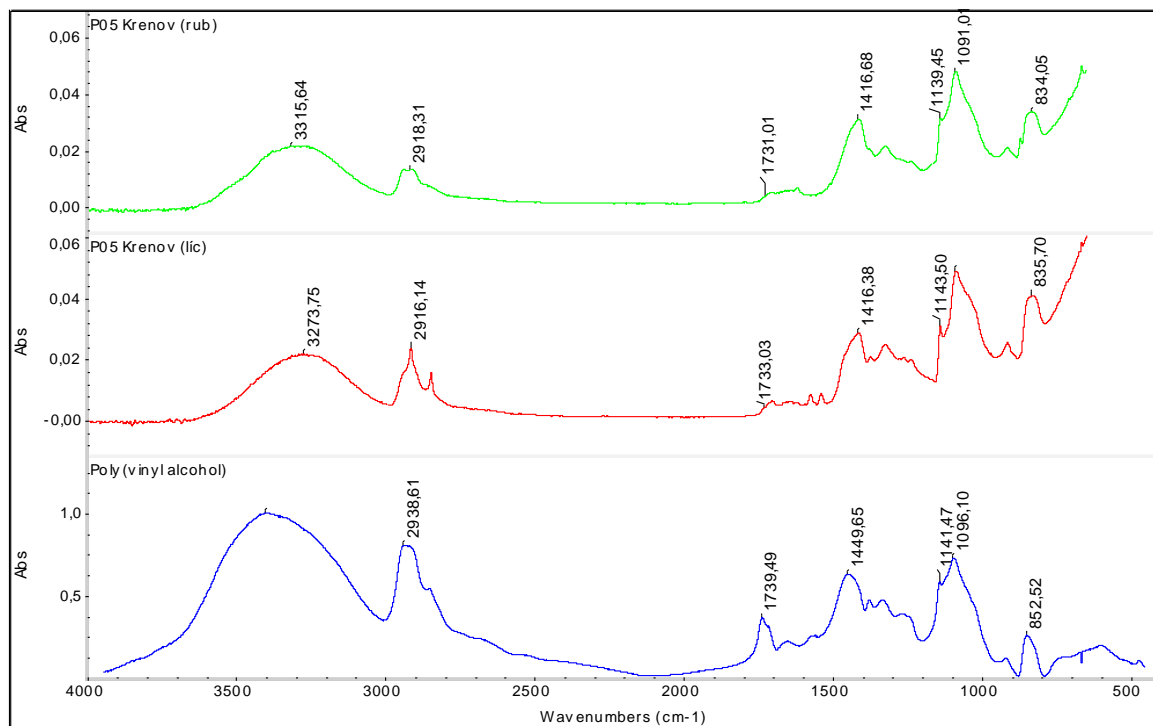
<sup>8</sup> Příloha – Výsledky FTIR spektroskopie, FTIR spektra.

<sup>9</sup> Příloha – protokol určení biologického napadení a jeho aktivity

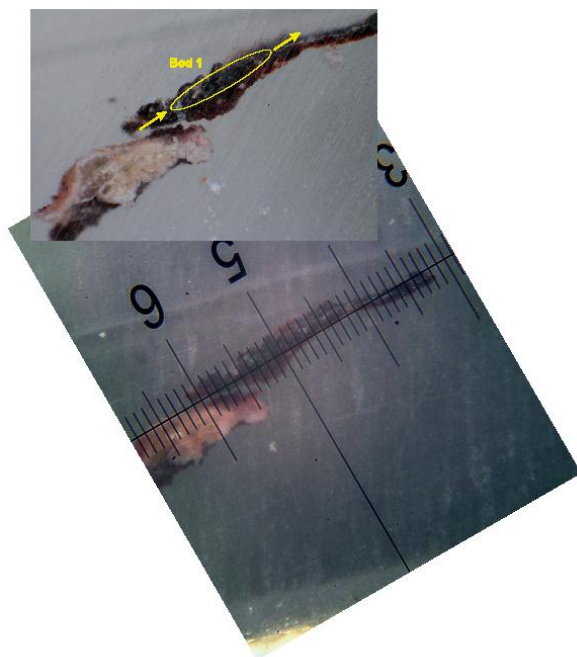
**Příloha – výsledky FTIR spektroskopie, spektra:**



**Obr. 114** FTIR spektra vzorku PO1 z pohledové a spodní (rub) strany, referenční spektrum polyvinylalkoholu (HR Nicolet Sample Library).

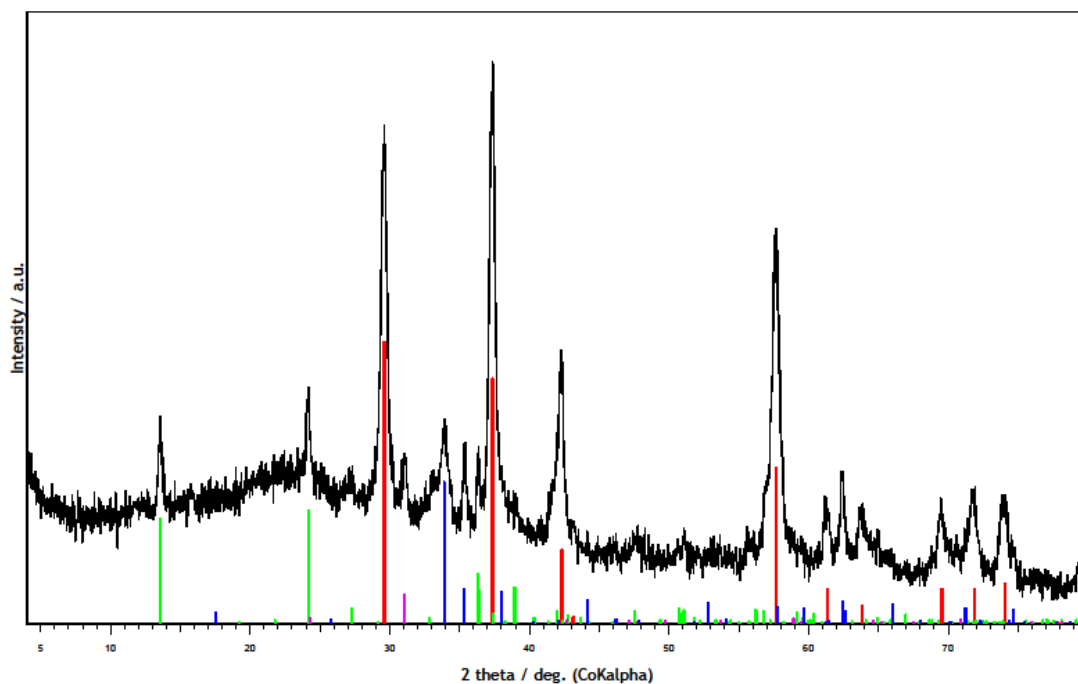


**Obr. 115** FTIR spektra vzorku PO5 z pohledové a spodní (rub) strany, referenční spektrum polyvinylalkoholu (HR Nicolet Sample Library).



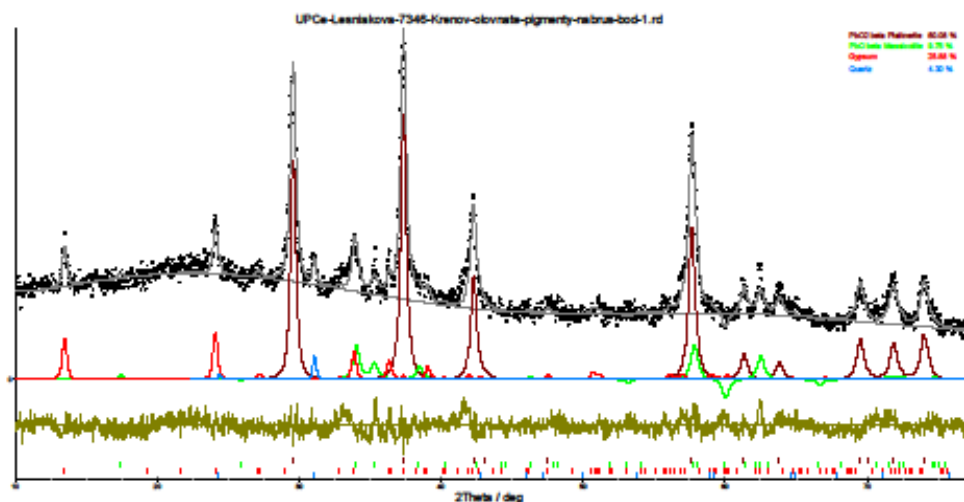
Obr. 116 Vyznačení měřené plochy na nábrusu.

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

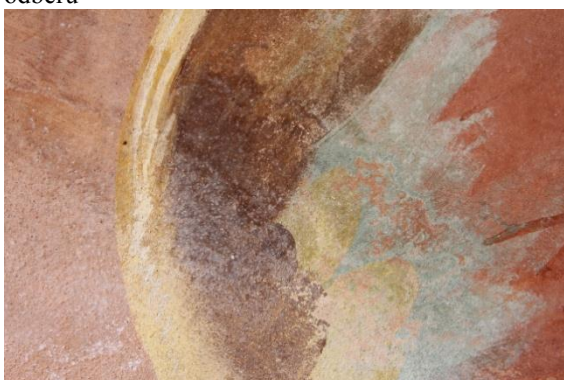




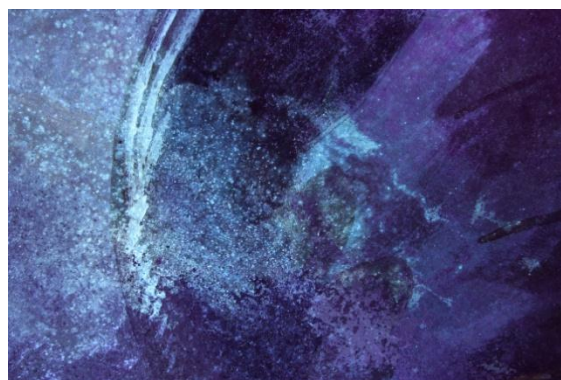
Výjev Angeli, celkový pohled s vyznačením místa odběru



Odběr



Detail poškození (bělavý zákal)



Detail luminiscence v UV světle

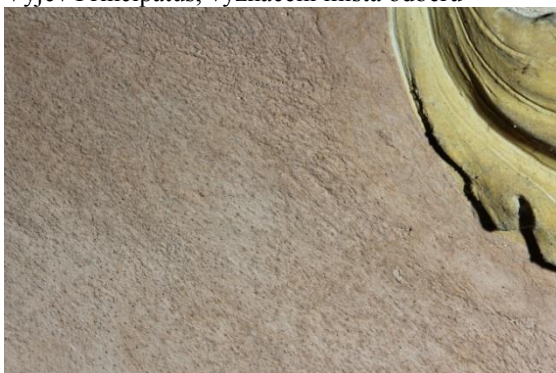
**Obr. 119** Místa odběrů vzorků pro identifikaci a určení aktivity biologického napadení, vzorek VM1.



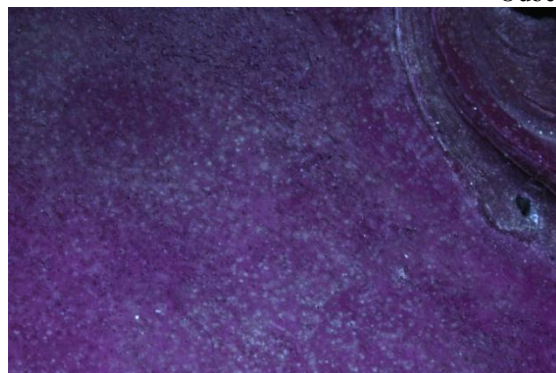
Výjev Principatus, vyznačení místa odběru



Odběr



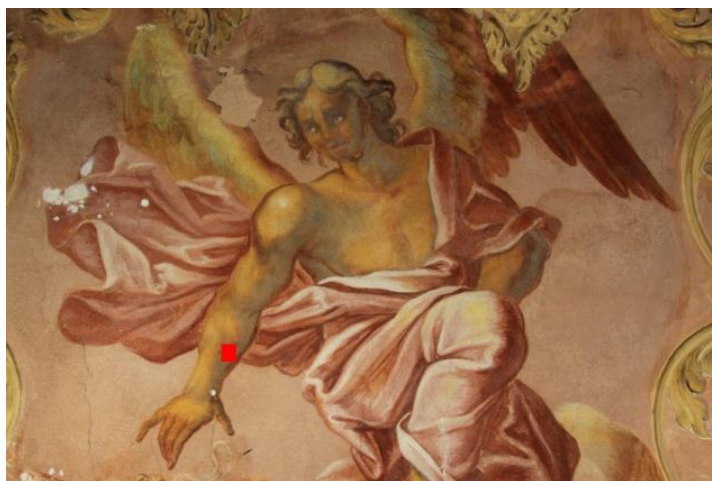
Detail v denním světle



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

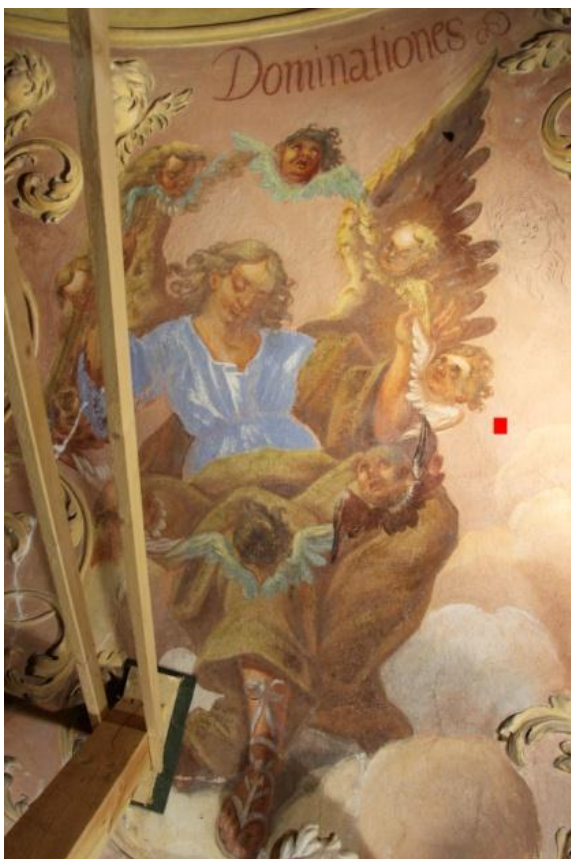


Šedý zákal ve stínech inkarnátu, denní světlo



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.

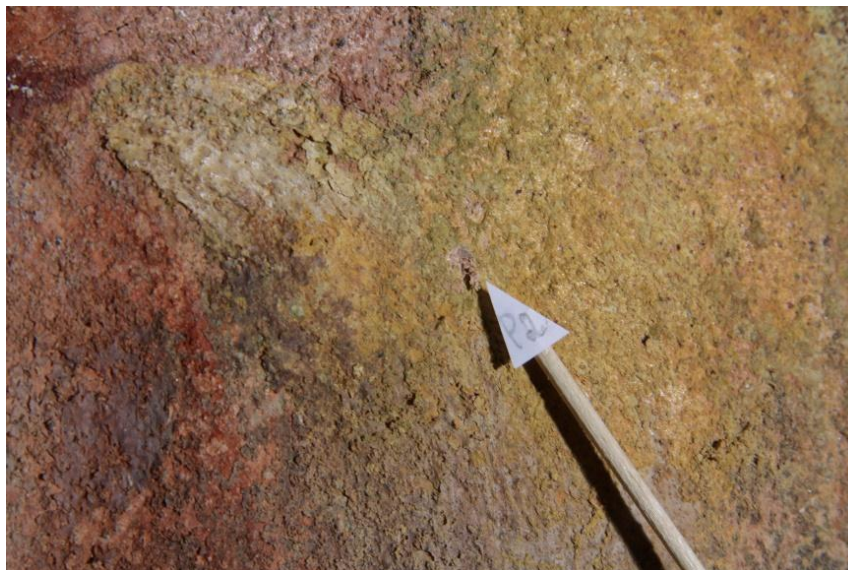




**Obr. 130** Žlutá partie baziliška, Potestates, vzorek P2 (7343).



**Obr. 131** Žlutá partie baziliška, Potestates, vzorek P2 (7343).

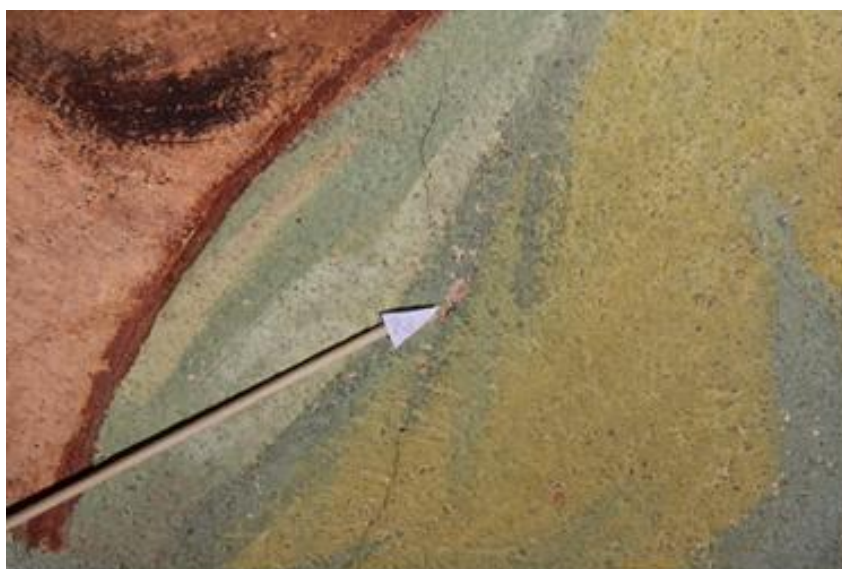


**Obr. 132** Žlutá partie baziliška, Potestates, vzorek P2 (7343), detail.





**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).

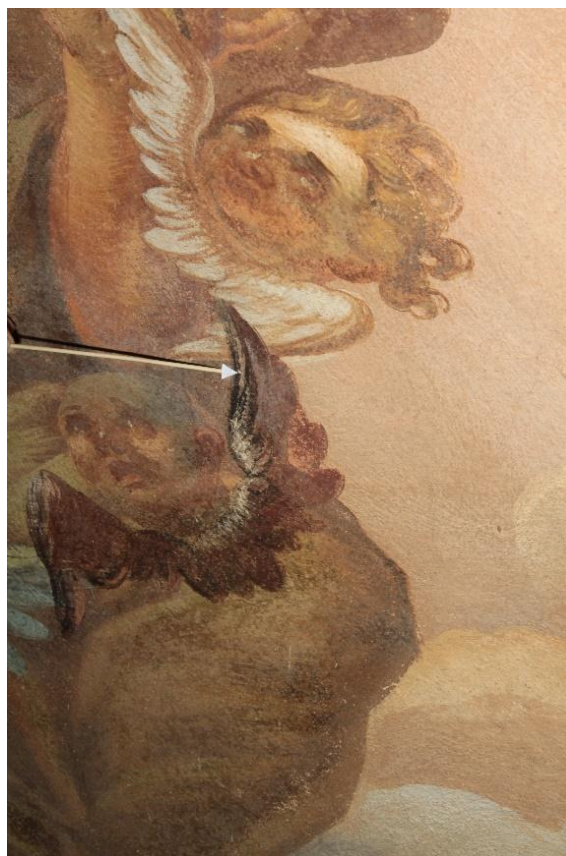


**Obr. 137** Ztmavlá část inkarnátu, Seraphim, vzorek P4 (7345), detail.

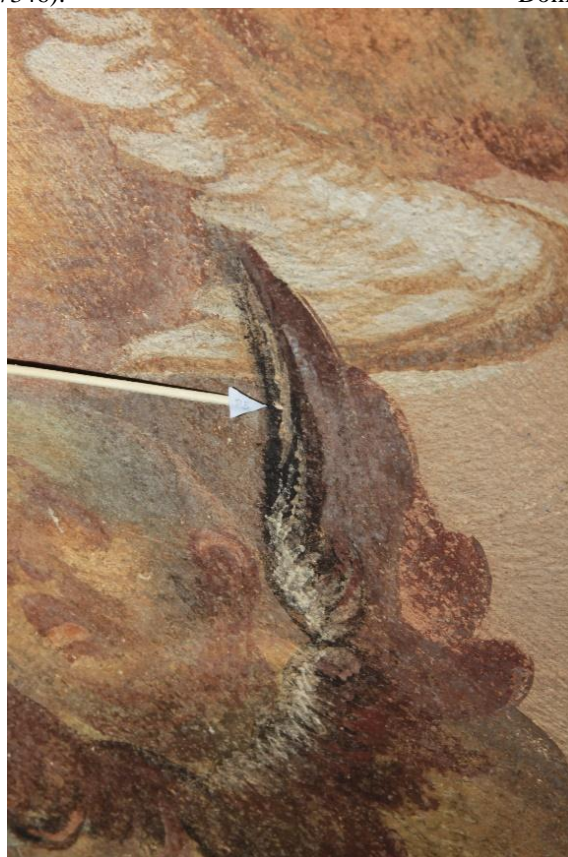




**Obr. 138** Ztmavlá část křídla andílka, Dominationes, vzorek P5 (7346).



**Obr. 139** Ztmavlá část křídla andílka, Dominationes, vzorek P5 (7346).

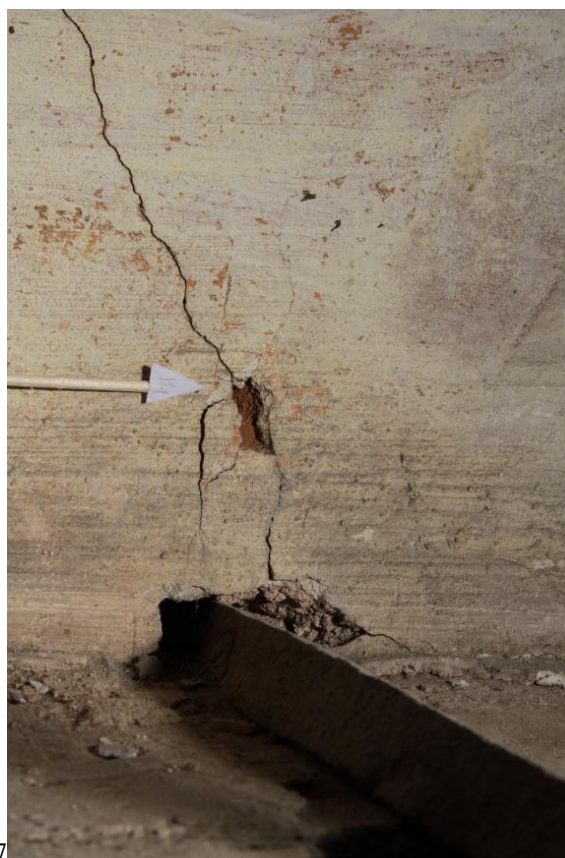


**Obr. 140** Ztmavlá část křídla andílka, Dominationes, vzorek P5 (7346), detail.





**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.

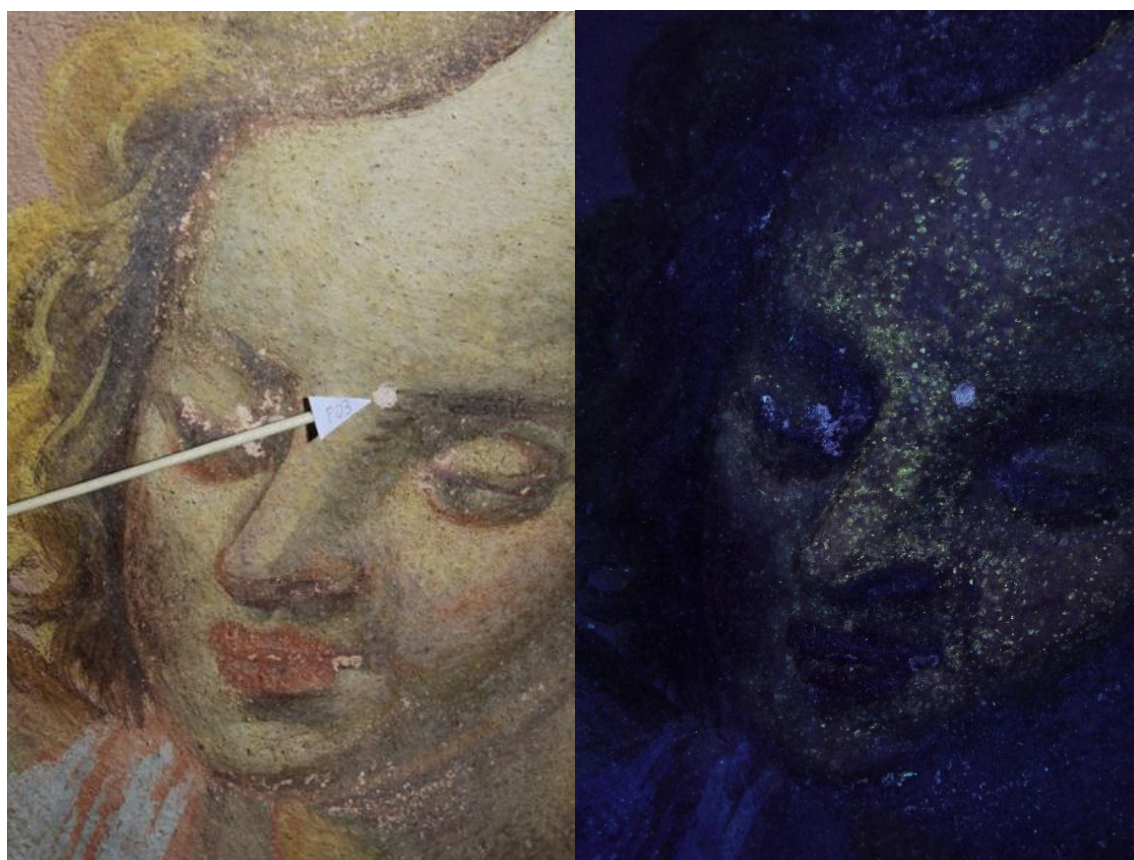


**Obr. 145** kapka fixativu bílá fixáž v partii krku, Principatus, vzorek PO2, detail.





**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).

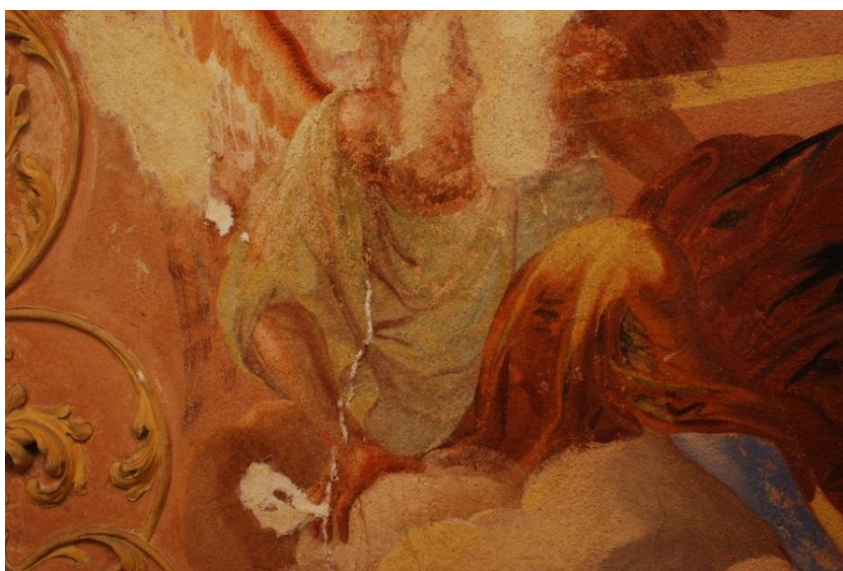


**Obr. 149** Specificky luminující partie, přechod hrubé jemné omítky napravo od křídla, Angeli, vzorek PO4 (7349), detail.





**Obr. 150** Vzorek PO5.

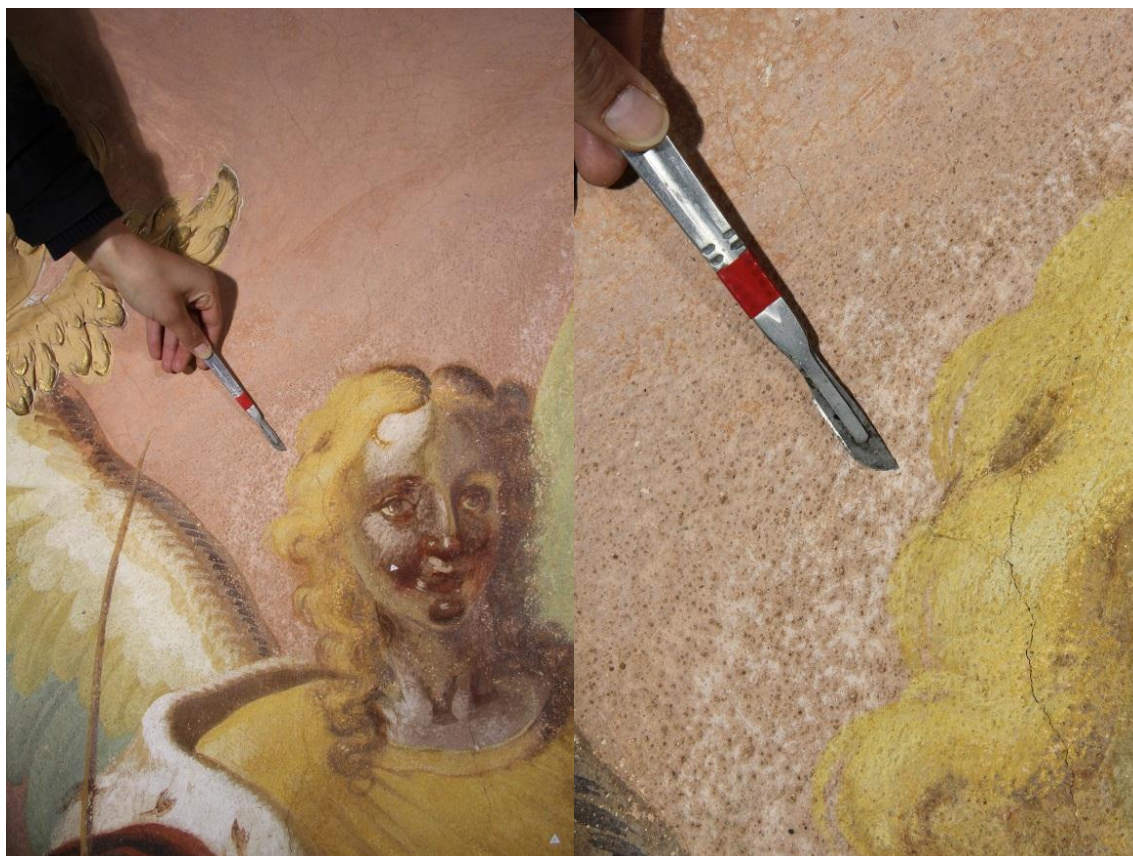


**Obr. 151** Místo odběru vzorku V1, V2 (7555, 7556)/Cherubim, střední část anděla.



**Obr. 152** Místo odběru vzorku V1 (7555), detail.





**Obr. 153** VZ Z/1 (7558), pozadí anděla Principatus s detailem místa odběru.

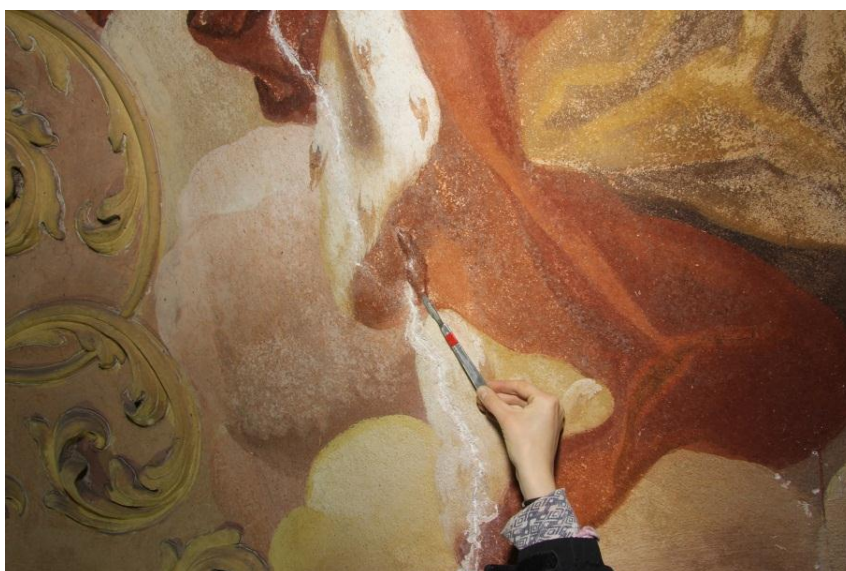


**Obr. 154** VZ Z/2 (7559), putto ve výjevu Cherubim, levá tvář.

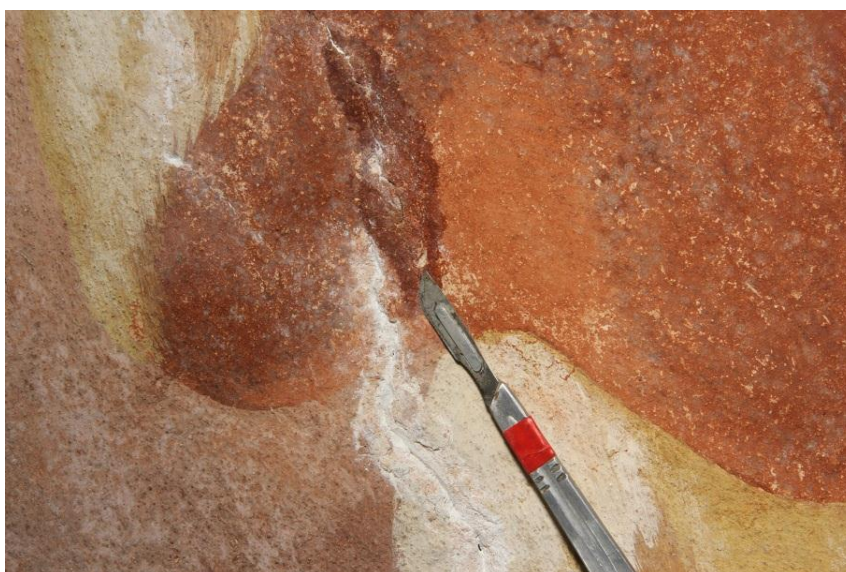




**Obr. 155** VZ Z/2 (7559), putto ve výjevu Cherubim, levá tvář, detail.



**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