

Univerzita Pardubice

Fakulta restaurování

Restaurování a konzervace děl nástěnné malby, sochařských děl
a povrchů architektury

Jiráskova 3, 57001 Litomyšl

**Restaurování nástěnné malby na čelní stěně vítězného oblouku
v kostele sv. Víta v Zahrádce. Průzkum nástěnných maleb
pomocí UV luminiscence**

BcA. Ivana Milionová, DiS.

Vedoucí práce: Mgr. art. Jan Vojtěchovský, Ph.D.

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

Diplomová práce

2017

Prohlašuji:

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

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

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

V Litomyšli dne 22. 8. 2017

Ivana Milionová

Poděkování

Mé poděkování patří zejména Ing. Petře Lesniakové, Ph.D. a Mgr. art. Janu Vojtěchovskému, Ph.D. za odborné vedení, podmětné připomínky a rady při realizaci této práce. Velký dík patří také mému snoubenci MgA. Bronislavu Studeníkovi za trpělivost, obětavost a všestrannou pomoc v závěru studia.

Anotace

Část této diplomové práce prezentuje komplexní restaurátorský zásah provedený na vymezených úsecích středověkých nástěnných maleb v kostele sv. Víta v obci Zahradka u Ledče. Práce je složena z restaurátorského průzkumu, realizace restaurování a jeho dokumentace, která přibližuje postup provedených prací.

Teoretická část diplomové práce se v rámci rešerše literatury i experimentálního výzkumu zabývá UV fluorescenční fotografií památkových objektů, zejména je cílena na UV fluorescenci vodorozpustných anorganických solí.

Klíčová slova

Restaurování, nástěnné malby, průzkumy, UV fluorescence, fotografie, vodorozpustné soli

Title

Restoration of Wall Painting on the Front Wall of the Triumphal Arch in Church of Saint Vitus in Zahrádka. Research of Wall Paintings by UV Luminescence

Annotation

The part of the diploma thesis presents complex restoration treatment carried out on selected parts of medieval wall paintings in St. Vitus Church in village Zahrádka by Ledeč nad Sázavou. This work comprises of restoration research, realisation and documentation which describes the process of realised works.

The theoretical part deals within the literature research and experimental research with UV fluorescence photography of cultural heritage, especially aimed at the UV fluorescence of water-soluble inorganic salts.

Keywords

Restoration, wall paintings, research, UV fluorescence, photography, water-soluble salts

Obsah

1 Úvod	8
.....	
2 Teoretická část	10
.....	
2.1 Rešerše dostupné literatury.....	10
2.1.1 Ultrafialové (UV) záření.....	10
2.1.2 Viditelná fluorescence indukovaná ultrafialovým zářením	13
2.1.3 UV fluorescence památkových objektů.....	14
2.1.3.2 UV fluorescence přírodních organických pojiv	19
2.1.3.3 UV fluorescence pigmentů	25
2.1.3.4 UV fluorescence biologického napadení.....	29
2.1.3.5 UV fluorescence vodorozpustných solí.....	31
2.1.3.6 UV fluorescence minerálů	34
2.1.4 Vodorozpustné soli kontaminující památkové objekty	39
2.1.5 Zobrazovací metody průzkumu využívající UV záření.....	47
2.1.5.1 UV fluorescenční fotografie	49
2.1.5.2 UV reflektografie	51
2.1.6. Vybrané aspekty fotografické dokumentace památkových objektů	52
2.1.7 Technické vybavení pro UV fluorescenční fotografii	57
2.1.7.1 Zdroje UV záření	57
2.1.7.2 Fotoaparáty pro UV fluorescenční fotografii.....	61
2.1.7.3 Filtry pro UV fluorescenční fotografii	63
2.1.7.4 Doporučované objektivy	67
2.1.8 Nastavení, kalibrace fotoaparátu.....	68
2.1.9 Bezpečnost při používání zdrojů UV záření.....	73
2.1.10 Digitální upravování UV fluorescenčních fotografií	74
2.2 Experimentální část.....	77
2.2.1 Cíle experimentu.....	77
2.2.2 Popis experimentu	77
2.2.2.1 Příprava zkušebních vápenných těles.....	77
2.2.2.2 Vodorozpustné soli vybrané pro experiment	80

2.2.2.3	Kontaminace vápenných těles vodorozpustnými anorganickými solemi	81
2.2.2.4	Metodika UV fluorescenční fotografie	83
2.2.3	Výsledky	87
2.2.3.1	Referenční test.....	88
2.2.3.2	Test č. 1 síran sodný.....	90
2.2.3.3	Test č. 2 dihydrát síranu vápenatého	92
2.2.3.4	Test č. 3 síran hořečnatý	94
2.2.3.5	Test č. 4 dusičnan sodný.....	96
2.2.3.6	Test č. 5 tetrahydrát dusičnanu vápenatého	98
2.2.3.7	Test č. 6 dusičnan draselný	100
2.2.3.8	Test č. 7 hexahdrát dusičnanu hořečnatého.....	102
2.2.3.9	Test č. 8 chlorid sodný.....	104
2.2.3.10	Test č. 9 chlorid vápenatý	106
2.2.3.11	Test č. 10 hexahdrát chloridu hořečnatého	108
2.2.3.12	Test č. 11 uhličitan sodný.....	110
2.2.4	Shrnutí výsledků	112

3 Praktická část **116**

3.1 Úvodní údaje o památce.....116

3.1.1	Lokalizace památky	116
3.1.2	Údaje o památce	116
3.1.3	Údaje o akci	117
3.1.4	Údaje o dokumentaci	118

3.2 Úvod restaurátorské dokumentace119

3.3 Průzkum.....120

3.3.1	Předchozí průzkumy a zásahy	120
3.3.2	Cíle navazujícího rozšířeného průzkumu	121
3.3.3	Metody průzkumu.....	122
3.3.4	Uměleckohistorický průzkum.....	123
3.3.4.1	Stručná historie kostela sv. Víta.....	123
3.3.4.2	Popis současné podoby kostela.....	125
3.3.4.3	Stavební vývoj kostela sv. Víta v Zahrádce.....	126

3.3.4.4 Vymezení restaurované části	127
3.3.4.5 Popis díla a jeho námětu	127
3.3.4.6 Ikonografické analogie.....	129
3.3.5 Restaurátorský průzkum	132
3.3.5.1 Průzkum v rozptýleném denním světle.....	132
3.3.5.2 Průzkum v razantním bočním nasvícení.....	134
3.3.5.3 Průzkum pomocí UV fluorescenční fotografie	135
3.3.5.4 Perkusní průzkum.....	139
3.3.6 Přírodovědný průzkum	139
3.3.6.1 Materiálový průzkum omítkových a barevných vrstev.....	140
3.3.6.2 Stanovení vlhkosti a obsahu vodorozpustných solí	140
3.3.7 Vyhodnocení průzkumu.....	141
3.3.7.1 Původní realizace	141
3.3.7.2 Druhotné zásahy.....	141
3.3.7.3 Poškození.....	142
3.4 Zkoušky materiálů a technologických postupů.....	144
3.4.1 Zkoušky konsolidace barevné vrstvy	144
3.4.2 Zkoušky strukturálního zpevnování omítek.....	144
3.4.3 Zkoušky čištění	144
3.5 Návrh restaurátorského zákroku.....	146
3.5.1 Koncepce restaurování	146
3.5.2 Návrh postupu restaurátorských prací.....	147
3.6 Postup restaurování.....	149
3.6.1 Strukturální konsolidace odhalených omítek a defektů.....	149
3.6.2 Čištění povrchových nečistot, bionapadení, odstraňování překryvných vrstev	149
3.6.3 Konsolidace barevné vrstvy.....	150
3.6.4 Injektáž hloubkových dutin	150
3.6.5 Konzervační tmely	151
3.6.6 Dočišťování barevných vrstev	151
3.6.7 Odsolovací zábaly	152
3.6.8 Tmelení	154

3.6.9 Retuš	155
3.7 Použité materiály	156
3.8 Doporučený režim památky	159
4 Závěr	160
.....	
5 Seznam použité literatury a pramenů	163
.....	
5.1 Seznam použité literatury.....	163
5.2 Seznam použitých pramenů	166
5.3 Databáze a internetové zdroje.....	173
6 Seznam použitých symbolů a zkratek	177
.....	
7 Seznam tabulek	178
.....	
8 Seznam obrazových a grafických příloh	179
.....	
8.1 Obrazová příloha experimentální části.....	186
8.2 Obrazová příloha praktické části	213
8.3 Grafická příloha praktické části	259
9 Seznam textových příloh	265
.....	

1 Úvod

Praktická část diplomové práce zahrnuje restaurování a dokumentaci restaurování na přiděleném úseku nástěnné malby v kostele sv. Víta v Zahrádce u Ledče nad Sázavou. Konkrétně byly restaurovány středověké nástěnné malby a omítky na čelní stěně vítězného oblouku. Součástí průzkumu maleb na vítězném oblouku, ale také na části severní stěny, jejíž restaurování probíhalo souběžně, byl průzkum UV fluorescence maleb. Při průzkumu UV fluorescence maleb byla na severní stěně lodi v oblasti malby sv. Markéty zjištěna výrazná UV fluorescence, která poukázala na přítomnost částí malby, které jsou v denním světle nečitelné. Jelikož se v průběhu prací podařilo nalézt v jiných kostelech nástěnné malby z podobného období s obdobnou UV fluorescencí totožných partií, byla provedena komparace jednotlivých maleb zahrnující podrobnější průzkumy jejich UV fluorescencí.

Teoretická část diplomové práce je zaměřena na problematiku UV fluorescence anorganických solí a dalších materiálů, která úzce souvisí s restaurováním nástěnných maleb. Při průzkumu nástěnných maleb se lze poměrně často setkat se specifickou UV fluorescencí, jejíž zdrojem mohou být vodorozpustné anorganické soli. V odborné literatuře není téma UV fluorescence vodorozpustných solí kontaminujících minerální stavební materiály, míněno především nástěnnou malbu nebo omítky, příliš publikováno. Dostupné nejsou ani přesné poznatky z restaurátorské praxe. Z uvedených důvodů je v teoretické části diplomové práce řešena právě tato problematika. V rámci poměrně rozsáhlé literární rešerše bylo proto nutné shromáždit informace související nejen s UV fluorescencí materiálů památkových objektů, ale také s UV fluorescenční fotografií v oboru restaurování–konzervace.

Poznatky získané rešerší literatury byly experimentálně doplněny výzkumem UV fluorescence vápenných těles kontaminovaných vodorozpustnými anorganickými solemi. Tímto způsobem se podařilo simulovat situaci z restaurátorské praxe, tedy solemi kontaminovanou vápennou omítkou, která bývá nejčastější podložkou nástěnných maleb, potažmo historickou omítkou bez malby. Za účelem dosažení efluorescence na povrchu vápenného substrátu byla

tělesa za kontrolované relativní vlhkosti vzduchu opakovaně vystavena působení vzlínání daného množství roztoků vybraných anorganických solí. Výběr solí byl podmíněn zejména jejich nejčastějším výskytem v historických objektech. Následně byla tělesa s eflorescencí solí na povrchu detailně dokumentována ve viditelném světle a pomocí UV fluorescenční fotografie.

Jak již bylo naznačeno výše, s průzkumem nástěnných maleb prostřednictvím UV fluorescence i s provedeným experimentem úzce souvisí problematika standardizace UV fluorescenční (UVF) fotografie v oboru restaurování–konzervace památek. Minimálně v našem prostředí neexistuje jednotná norma, návod či metodika pro pořizování UV fluorescenčních fotografií. Vznikají tak nestandardizované snímky, které nejsou vzájemně porovnatelné nebo nemají dostatečnou vypovídající hodnotu. Z těchto důvodů bylo dalším cílem teoretické části diplomové práce pokusit se zjistit a přesně definovat optimální postup a doporučit vhodné vybavení nezbytné k získání standardizovaných UV fluorescenčních fotografií památkových objektů.

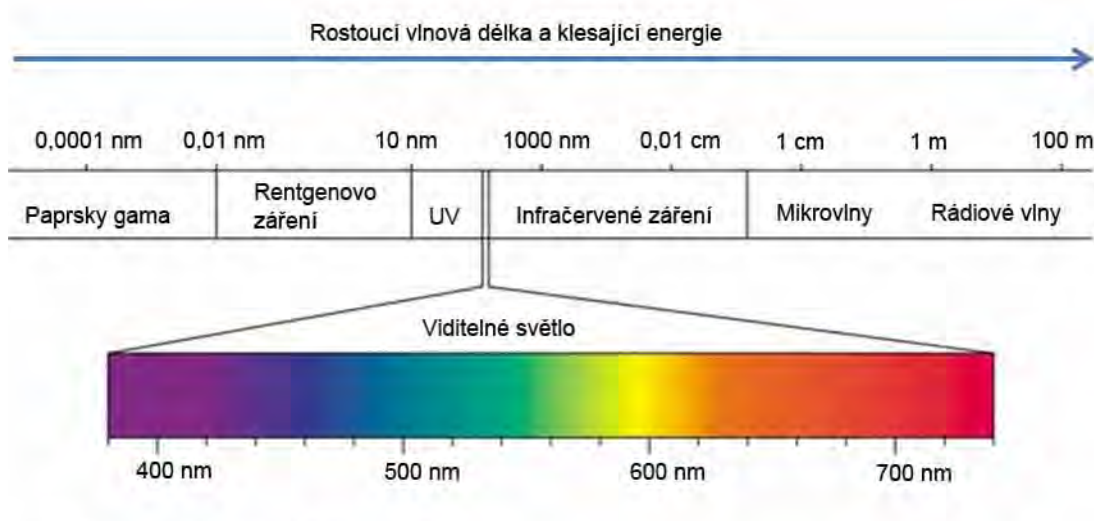
2 Teoretická část

Průzkum nástěnných maleb pomocí UV luminiscence

2.1 Rešerše dostupné literatury

2.1.1 Ultrafialové (UV) záření

Ultrafialové záření bylo objeveno německým fyzikem J. W. Ritterem v roce 1801.¹ Jedná se o elektromagnetické vlnění s vlnovými délkami kratšími než viditelné (VIS) světlo. Zaujímá spektrální oblast vlnových délek od 10 do 400 nm. V rámci elektromagnetického spektra tedy ultrafialové záření navazuje na fialovou část viditelného záření a jeho nejkratší vlnové délky zasahují do oblasti rentgenového (RTG) záření (Obr. č. 1).



Obr. č. 1 Elektromagnetické spektrum s vyznačenými oblastmi záření.²

¹ FRERCKS, J.; WEBER, J.; WIESENFELDT, G. Reception and discovery the nature of Johann Wilhelm Ritter's invisible rays. *Studies in History and Philosophy of Science*. 2009, 40, s. 143-156.

² *Fluorochromy*. Lab Guide. Průvodce laboratoří. [online]. 2014 [cit. 2.8.2017]. Dostupné z: <http://labguide.cz/fluorochromy/>

Podle rozmezí vlnových délek se UV záření dělí do několika oblastí (Tab. 1). V odborné literatuře nejsou vždy tato rozmezí uváděna jednotně nebo jsou mírně posunuta.^{3,4,5,6,7} Běžně se lze setkat s dělením, které vzniklo na základě biologických účinků, na oblasti dlouhovlnného UVA záření (400–315 nm), středněvlnného UVB záření (315–280 nm) a krátkovlnného UVC záření (280–100 nm).^{8,9,10,11} Méně často se objevuje dělení na oblast blízko (300–400 nm), střední (200–300 nm), vzdálenou (122–200 nm). Dalšími oblastmi UV záření jsou vzduchoprázdné UV záření (10–121 nm) a extrémní UV záření (10–200 nm).¹²

Přirozeným zdrojem ultrafialového záření je Slunce. Množství ultrafialového záření, dopadajícího na zemský povrch, závisí například na ročním období, denní době, geografické šířce nebo nadmořské výšce.¹³ Zemskou atmosférou, respektive zejména ozónovou vrstvou, je pohlcováno záření s vlnovou délkou kratší než 310 nm. UV záření, dopadající na zemský povrch, obsahuje přibližně 95% UVA složky a 5% UVB záření.¹⁴

³ ISO 21348. Definitions of Solar Irradiance Spectral categories. [online]. Dostupné z: http://www.spacewx.com/pdf/SET_21348_2004.pdf

⁴ SIMPSON, GRAND, M. The Use Of Ultraviolet Induced Visible-Fluorescence In The Examination Of Museum Objects, Part I. *National park service Conserve O Gram*. 1(9), 2000.

⁵ TUCHINDA, CH. Photoprotection by window glass, automobile glass, and sunglasses. *Journal of the American Academy Dermatololgy*. 2006, 54(5), s. 845–854.

⁶ DIFFEY, B, L. Sources and measurement of ultraviolet radiation. *Methods*. 2002, 28, s. 4–13.

⁷ WILKINS, A. Ultraviolet Light and Use with Fluorescent Minerals. *FMS*. 2008, 894, s. 1.

⁸ MAIRINGER, F. *Strahlenuntersuchung an Kunstwerken*. Leipzig: Seemann, 2003, s. 63 – 64.

⁹ MAIRINGER. 2003, s. 63 – 64.

¹⁰ ISO 21348.

¹¹ ROY, C.R. a kol. The measurement of solar ultraviolet radiation. *Mutation Research*. 1998. 422, s. 7–14.

¹² ISO 21348.

¹³ MÍČEK, P. *Nejnovější poznatky o specifických účincích různých druhů elektromagnetického záření na živé organismy*. Brno, 2007. Bakalářská práce. Masarykova univerzita.

¹⁴ SVOBODOVÁ, A, WALTEROVÁ, D, VOSTÁLOVÁ, J. *Ultraviolet light induced alteration to the skin*. Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub. 2006, 150(1), s. 25–38.

Tab. č. 1 Základní dělení UV záření dle vlnových délek.¹⁵

Český název	Anglický název	Zkratka	Vlnová délka [nm]
UVA, dlouhovlnné záření	Ultraviolet A	UVA	315-400
UVB, středněvlnné záření	Ultraviolet B	UVB	280-315
UVC, krátkovlnné záření	Ultraviolet V	UVC	100-280
Blízká oblast UV záření	Near Ultraviolet	NUV	300-400
Střední oblast UV záření	Middle Ultraviolet	MUV	200-300
Vzdálená oblast UV záření	Far Ultraviolet	FUV	122-200
Extrémní (hluboké) UV záření	Extreme Ultraviolet	EUV	10-200
Vzduchoprázdné UV záření	Vacuum Ultraviolet	VUV	10-121

Ultrafialové záření je různými materiály propouštěno v odlišné míře. Obecně platí, že běžná skla částečně redukuje intenzitu UVA záření a nepropouštějí podstatnou část UVB záření (asi 72%). V odborné literatuře je například uvedeno, že běžná okenní skla o tloušťce 3 mm propouštějí minimální množství UVB záření s vlnovou délkou kratší než cca 300 nm^{16,17,18} a jsou zcela nepropustná pro vlnové délky kratší než 200 nm.¹⁹ Množství prošlého UV záření zpravidla závisí na složení skla, přítomnosti aditiv včetně barvicích složek, na způsobu přípravy nebo tloušťce.²⁰ Uvádí se, že UVA záření je běžně propouštěno nejen skly, ale také polymery.²¹

Ultrafialové záření má negativní vliv na živé organismy, tedy také na lidské zdraví. Čím je vlnová délka záření kratší, tím je pro živé organismy nebezpečnější. Zjednodušeně lze konstatovat, že při časté a nadměrné expozici ultrafialovému záření dochází například k rychlejšímu stárnutí kůže, ke vzniku degenerativních kožních projevů a rakoviny kůže nebo k poškození zraku. Z uvedených důvodů je nutné se před UV zářením adekvátně chránit.²²

¹⁵ ISO 21348.

¹⁶ ALMUTAWA, F, VANDAL, R, WANG, S, Q, LIM, H, W. Current status of photoprotection by window glass, automobile glass, window films, and sunglasses. *Photodermatology, photoimmunology & Photomedicine*. 2013. 29(2), s. 65-72.

¹⁷ ČSN EN ISO 11341. *Nátěrové hmoty – Umělé stárnutí a expozice umělého stárnutí – Expozice filtrovanému záření xenonové obloukové výbojky*. 2005.

¹⁸ ČSN EN ISO 11341. 2005.

¹⁹ PILON, L, KIMAMURA, R, JONASZ, M. Optical constants of silica glass from extreme ultraviolet to far infrared at near room temperature. *APPLIED OPTICS*. 2007. 46 (33), s. 8118-8133.

²⁰ TUCHINDA. 2006, s. 845–854.

²¹ WILKINS, 2008, s. 2.

²² SVOBODOVÁ, WALTEROVÁ, VOSTÁLOVÁ. 2006, s. 25–38.

V obecné rovině lze dále konstatovat, že UV záření je jednou z nejčastějších příčin nežádoucího stárnutí zejména organických materiálů. V souvislosti s využitím UV fluorescenční fotografie v oboru restaurování-konzervace však neakceptovatelný škodlivý vliv UV záření na materiály památkových objektů nelze předpokládat, zejména je-li použita UVA složka záření.²³

2.1.2 Viditelná fluorescence indukovaná ultrafialovým zářením

K luminiscenci, tedy k emisi sekundárního záření, dochází při relaxaci molekul z vybuzeného neboli excitovaného stavu do stavu základního. Vybuzený stav není stabilní a je charakterizován přeskoky elektronů v atomech na energeticky vyšší hladiny v důsledku absorbování energie. Zjednodušeně lze luminiscenci popsat jako jev, při kterém atom nebo molekula absorbuje energii a následně jí vyzáří ve formě fotonů. Podle zdroje excitační energie se rozlišuje několik luminiscenčních jevů. Jev, při kterém je luminiscence vyvolána elektromagnetickým zářením se nazývá fotoluminiscence.²⁴ V důsledku částečné přeměny budícího záření v tepelnou energii má emitované záření delší vlnovou délku ve srovnání s budícím zářením. V případě viditelné luminiscence, indukované ultrafialovým zářením, je tedy emitováno viditelné světlo s delší vlnovou délkou než má budící ultrafialové záření.^{25,26}

Luminiscenční jevy se dále dělí na základě délky trvání luminiscence po odstranění zdroje energie na fluorescenci a fosforescenci. Prakticky je fluorescence typ luminiscence, který mizí současně s odstraněním zdroje ultrafialového záření. Fosforescence trvá i po odstranění zdroje záření.²⁷

²³ SIMPSON, GRAND, M. 2000.

²⁴ *Fluorochromy*. 2014.

²⁵ FÄHNRICH, J. Fluorimetrie. [online]. [cit. 2.5.2017]. Dostupné z <http://old.vscht.cz/anl/lach2/FLUORO.pdf>

²⁶ PELAGOTTI, A, PEZZATI, L, BEVILACQUA, N, a kol. A study of UV fluorescence emission of painting materials. *proceedings of 14th European Signal Processing EUSIPCO 2006*. Istituto Nazionale Ottica Applicata, Florence, Italy. [online]. [cit. 8.12.2016]. Dostupné z http://www.inoa.it/home/lella/pdf/Art2005_A%20study%20of%20UV%20fluorescence%20emission%20of%20painting%20ma%85.pdf.

²⁷ HODAK, J. Introduction to Fluorescence and Phosphorescence. *for 2302303 Spectroscopy for Chemistry BSAC program 2008* [online]. [cit. 12.8.2016], s. 1–13. Dostupné z: <http://einstein.sc.mahidol.ac.th/~jose/pdf/photoluminescence.pdf>.

Intenzita a spektrální rozložení luminiscence závisí zejména na intenzitě a spektrálním rozložení budícího záření, na chemické podstatě ozařovaného materiálu a koncentraci luminiscenčních center neboli fluoroforů. Látky, které jsou schopné luminovat, nebo lépe řečeno vykazují viditelnou a charakteristickou UV fluorescenci, jsou nejčastěji organické látky.²⁸

2.1.3 UV fluorescence památkových objektů

Počátky využití UV záření v oblasti restaurování-konzervace spadají do 20. let 20. století, kdy se stal komerčně dostupným zdroj schopný produkovat UV záření.^{29,30} Při metodě UV fluorescenční fotografie se většinou využívá UVA záření. Výjimečně, nebo v jiných oborech, se lze setkat s použitím UVB nebo UVC záření. UV fluorescence se kromě průzkumů a dokumentaci památkových objektů často využívá při kontrole některých úkonů v procesu restaurování-konzervace, zejména při selektivním snímání druhotných vrstev a čištění. Metodu UV fluorescenční fotografie je možné použít u téměř všech typů objektů, jako jsou nástěnné malby, závěsné obrazy, sochařská díla, papírové nebo textilní artefakty, hudební nástroje a další předměty.^{31,32}

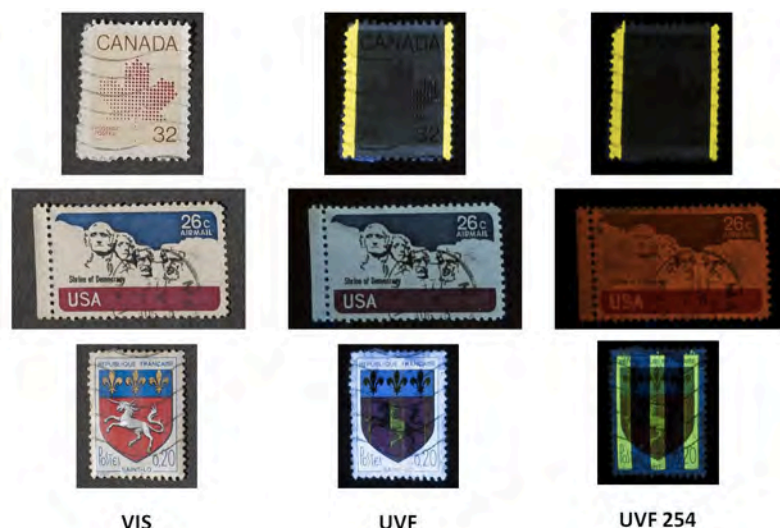
²⁸ DE LA RIE, E. R. Fluorescence of paint and varnish layers (Part I). *Studies in Conservation*, [online]. 27(1), 1982, [cit. 20.7.2016]. s. 1-7. Dostupné z <https://www.iiconservation.org/node/533>

²⁹ SLÁNSKÝ, B. *Technika malby II. Průzkum a restaurování obrazů*. Praha a Litomyšl: Paseka, 1956.

³⁰ DE LA RIE. Fluorescence of paint and varnish layers (Part I). 1982.

³¹ VERRI, G, CLEMENTI, C, COMELLI, D, CATHER, S, & PIQUÉ, F. Correction of ultraviolet-induced fluorescence spectra for the examination of polychromy, *Applied Spectroscopy*, 62(12), 2008, s. 1295–1302.

³² GRANT, M, S. The Use Of Ultraviolet Induced Visible-Fluorescence In The Examination Of Museum Objects, Part II. *National park service Conserve O Gram*. 1(10), 2000.



Obr. č. 2 Příklad využití UV fluorescence s různými vlnovými délkami a různě fluoreskujících látek na poštovních známkách z 50 let 20. stol.³³

V obecné rovině je při průzkumu památkových objektů a jejich částí zpravidla sledována UV fluorescence vlastní barevné vrstvy, druhotných úprav nebo fluorescence závěrečných lakových vrstev, která většinou značně ovlivňuje celkovou fluorescenci díla. Na základě rozdílné UV fluorescence lze například rozlišit a lokalizovat historické povrchové úpravy, retuše, přemalby a tmely, konsolidanty nebo adheziva.^{34,35,36} Dále je možné zkoumat a lokalizovat určité degradační fenomény, například stárnutí materiálů, biologické napadení nebo přítomnost vodorozpustných solí či prachových depozitů a jiné kontaminace.³⁷

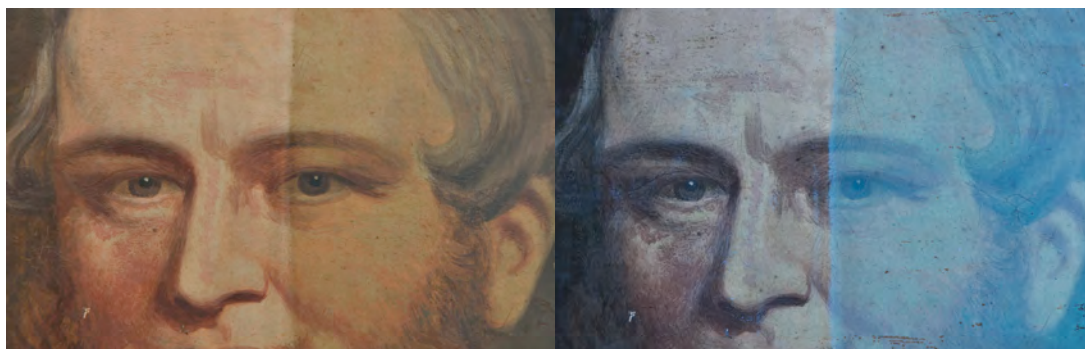
³³ NEVIN, A, ECHARDB, J-P, THOURYD, M, COMELLIA, D, VALENTINIA, G, CUBEDDUA, R. *Excitation emission and time-resolved fluorescence spectroscopy of selected varnishes used in historical musical instruments*. *Talanta* 80 (2009), s. 286–293.

³⁴ PELAGOTTI, PEZZATI, BEVILACQUA, a kol. 2006.

³⁵ MILIONOVÁ, *Restaurování části nástropní malby s motivem "Potestates" na klenbě kaple sv. Isidora v Křenově*. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, 2014, s. 49 – 51.

³⁶ COSENTINO, A. Practical notes on ultraviolet technical photography for art examination. *Conservar Património* 21 [online]. 2015 [cit. 25.5. 16]. Dostupné z <https://www.linkedin.com/pulse/practical-notes-ultraviolet-technical-photography-art-cosentino>, s. 58.

³⁷ PELAGOTTI, PEZZATI, PIVA, DEL MASTIO. 2006.



Obr. č. 3 Detail olejomalby na plátně v průběhu snímání laku.³⁸

UV fluorescenční (UVF) snímky se u závěsných obrazů tradičně používají k vyhodnocení integrity starých a přítomnosti závěrečných nebo/a druhotných lakových vrstev, které do značné míry často ovlivňují celkovou fluorescenci díla.^{39,40} UV fluorescence barevných i lakových vrstev je podmíněna zejména přítomnými pigmenty a pojivy, kterými jsou zpravidla polymerní filmotvorné látky. UV fluorescence jednotlivých složek barevných vrstev může být vzájemně významně podporována nebo potlačována. Většinou prakticky nefluoreskující komponenty ztlačují původně silnou fluorescenci ostatních složek, ale může tomu být i naopak v závislosti na intenzitě UV fluorescence.⁴¹ Zjednodušeně lze říci, že přírodní organické látky často představují v rámci širokého spektra materiálů památkových objektů vysoce fluoreskující složku, zatímco fluorescence anorganických látek bývá až na výjimky zanedbatelná.^{42,43} Dalšími vlivy či souvisejícími aspekty, které ovlivňují UV fluorescenci jsou, například jemnost mletí použitých anorganických látek (například pigmentů), vzdálenost zdroje záření od objektu, různé degradační procesy a stáří sledovaných materiálů, koncentrace jednotlivých komponent či teplota.

³⁸ fotografie ve viditelném světle a UV fluorescenční fotografie.

LIZUN, D. *Fine art Conservation*. Ultraviolet radiation. [online]. 2011 [cit. 18.4. 17]. Dostupné z: <http://fineartconservation.ie/ultraviolet-radiation-4-4-43.html>.

³⁹ COSENTINO, A. Effects of different binders on technical photography and infrared reflectography of 54 historical pigments. *International Journal of conservation science*. 2015, 6 (3), s. 287.

⁴⁰ COSENTINO. Practical notes on ultraviolet technical photography for art examination. 2015.

⁴¹ DYER, J, VERRI, G. *Multispectral imaging in Reflectance and Photo-induced Luminiscence modes: A user Manual*. The British Museum. October 2013, Version 1.0., s. 31.

⁴² DE LA RIE. Fluorescence of paint and varnish layers (Part I). 1982.

⁴³ VERRI, CLEMENTI, COMELLI. 2008.

Nejznámějšími příklady materiálů, které je možné rozpoznat pomocí UV fluorescence jsou zinková běloba s charakteristickou zelenožlutou UV fluorescencí, některá organická červená barviva (například mořena), která luminují růžově až oranžově nebo lososově a šelak s oranžovou UV fluorescencí.⁴⁴ Přesná identifikace materiálové podstaty objektů však může být učiněna až pomocí jiných metod.

Paradoxně může průzkum v UV záření přinést velmi cenné informace také díky přítomnosti (často sekundárních) vrstev nebo jiných součástí díla, které se viditelnou charakteristickou fluorescencí nevyznačují nebo je jejich fluorescence nižší v porovnání se spodní vrstvou, takže se jeví jako tmavší.⁴⁵ Lze tak například lokalizovat některé neluminující restaurátorské materiály a zásahy.

V obecné rovině jsou informace z UV fluorescenční fotografie nástěnných maleb obdobné jako u závěsných obrazů, případně povrchových úprav dalších uměleckých objektů. U nástěnných maleb lze spatřovat rozdíly v absenci lakových vrstev, které se značně uplatňují v rámci průzkumů závěsných obrazů. Ovšem je nutné podotknout, že například nástěnné olejomalby bývají také nezdědky opatřeny závěrečnou lakovou vrstvou.

Díky výrazné UV fluorescenci laků může být poměrně snadno provedeno jejich selektivní snímání. Partie, které byly zbaveny laku posléze často vykazují slabší nebo žádnou fluorescenci (Obr. č. 3). Tento poznatek však nemusí platit pro všechny typy lakových vrstev. Uvádí se, že pokud není zaznamenána charakteristická UV fluorescence, nemusí to nutně znamenat absenci laku nebo vrstvy, která běžně fluorescenci vykazuje. Tuto vrstvu totiž mohou překrývat nečistoty nebo filmy bez UV fluorescence.⁴⁶ Většinou prakticky neluminující komponenty ztlačně utlumují původně silnou fluorescenci ostatních složek, ale může tomu být i naopak v závislosti na intenzitě UV fluorescence.⁴⁷

Významnou oblastí využití UV fluorescence je lokalizace poškození, například biologického napadení. Tento typ poškození se může nezdědky vyskytovat u nástěnných maleb, ale i u závěsných obrazů a dalších uměleckých

⁴⁴ ŠIMŮNKOVÁ, E, BAYEROVÁ, T. *Pigmenty*. 3. upr. vyd. Praha: Společnost pro technologie ochrany památek - STOP, 2014.

⁴⁵ Což se většinou projevuje tmavšími fialovými odstíny.

⁴⁶ GRANT. 2000, s. 1.

⁴⁷ DYER, VERRI. 2013, s. 31.

objektů, pokud jsou umístěny v nevyhovujícím prostředí. UV fluorescenci by teoreticky bylo možné použít i pro lokalizaci poškození nástěnných maleb vlivem vodorozpustných solí. Prokazatelnost potvrzení přítomnosti anorganických solí na povrchu nástěnných maleb pomocí UV fluorescence nebyla do současné doby dostatečně probádána.

Castro potvrzuje, že i druhotné vápenné tmely je většinou možné snadno odlišit od originální materie nástěnné malby či sgrafita na základě UV fluorescence (Obr. č. 4). UV fluorescence mladších omítek na vápenné bázi se většinou odlišuje od starších omítek temnou, neluminující barevností (zpravidla ve valérech tmavé fialové), zatímco starší omítky a vápenné nátěry se jeví jako světlejší fialové (zpravidla se tóny přibližují modro-bílé barevnosti).⁴⁸ Viditelná UV fluorescence ale nemusí nutně souviset s vyzářností vápenných směsí (tedy chemickým složením), ale také s jejich krystalickou strukturou. Ta může být ovlivněna i způsobem pálení vápna, jeho hašením i uložením před spotřebováním. Roli mohou hrát pravděpodobně i další faktory, jako příměsi apod.



Obr. č. 4 UV fluorescenční fotografie sgrafita na domě č. 520 ve Slavonicích.⁴⁹

⁴⁸ CASTRO, F, FALCUCCI, C, PELOSI, C. The wall paintings of the crypt of the medieval Church of Saint Andrew in Viterbo (Italy): technical examination and state of preservation. In: Proceedings of the 4th International Congress on "Science and Technology for the Safeguard of Cultural Heritage in the Mediterranean Basin", 6-8 December 2009, Il Cairo (Egypt), A. Ferrari Vyd., Rome, 2010, Vol.II, s.105.

⁴⁹ Silná modrá fluorescence náleží partiím, které byly v minulosti napuštěny silně koncentrovanou akrylátovou disperzí. Krémová fluorescence je charakteristická pro starší druhotné rekonstrukce intonaca bianca, tmavé, nefluoreskující partie charakterizují nejmladší druhotné rekonstrukce. Použitá technika: UV lampa UVA SPOT 400T značky Hönle UV Technology, fotoaparát Canon EOS D60, bez použití filtru před objektivem.

MILIONOVÁ, I. *Restaurátorská dokumentace, Restaurování části sgrafitové fasády s motivem Ikarův pád na měšťanském domě č. p. 520 ve Slavonicích*. 2015. archiv autorky.

2.1.3.2 UV fluorescence přírodních organických pojiv

UV fluorescence organických pojiv může být poměrně komplikovaným jevem závislejícím na mnoha faktorech. UV fluorescence těchto pojiv mění svou intenzitu i barevnost v průběhu stárnutí. Do této skupiny lze zařadit zejména přírodní oleje a pryskyřice.⁵⁰

Přírodní oleje a pryskyřice se vyznačují velmi podobnými fluorescenčními vlastnostmi a tendencemi. V literatuře se nejčastěji uvádí, že je UV fluorescence filmů některých přírodních olejů a pryskyřic nejprve většinou intenzivní bílo-modrá.^{51,52} Podle Slánského mají vliv na změny UV fluorescence pryskyřic a olejů stáří polymerů, druh oleje či pryskyřice, případně přítomnost aditiv, například pigmentů nebo sikativ, také způsob lisování nebo čištění.⁵³ V průběhu stárnutí těchto filmů nabývá UV fluorescence na intenzitě a její odstín nebo barevnost se mění. Čím více oleje a přírodní pryskyřice žloutnou, tedy stárnou, tím intenzivnější UV fluorescencí se projevují, přičemž její počáteční většinou modravý (bílo-modrý) odstín se posunuje do žluté barevnosti.^{54,55} Například podle Pelagotti lněný olej, damara a mastix časem žloutnou a stejně tak se jejich UV fluorescence stává žlutější a nabývá na intenzitě. Stejný zdroj uvádí, že podobnou fluorescenci s vysokou intenzitou vykazují tepelně upravený lněný olej, makový olej a kopál.⁵⁶ Některé zdroje také uvádějí, že čerstvě připravené filmy ze lněného oleje a přírodních pryskyřic neluminují.^{57,58}

Předpokládá se, že barevná změna i změna intenzity UV fluorescence přírodních pryskyřic a některých olejů souvisí například s tvorbou určitých nízkomolekulárních produktů degradace nebo vznikem konjugovaných systémů

⁵⁰ MATTEINI, P. a kol. Discrimination of painting binders subjected to photo-ageing by using microspectrofluorometry coupled with deconvolution analysis. In: *Journal of Cultural Heritage* 10 (2009), s. 198–205.

⁵¹ DE LA RIE, R. E. Fluorescence of paint and varnish layers (Part II). 1982, s. 65-69.

⁵² CARDEN, M, L. Use of Ultraviolet Light as an Aid to Pigment Identification. *APT Bulletin*, 23(3) (1991), s. 26-37.

⁵³ SLÁNSKÝ. 1956, s. 50.

⁵⁴ DE LA RIE, R. E. Fluorescence of paint and varnish layers (Part II). 1982. 65-69.

⁵⁵ CARDEN. 1991.

⁵⁶ PELAGOTTI, A, PEZZATI, L, BEVILACQUA, N, a kol. 2006.

⁵⁷ WEBER, S, L. *Technical Imaging of Paintings*. Williamstown Art Conservation Center. *Technical Bulletin* [online]. 2008. [cit. 14.3. 2017] Dostupné z: <http://www.williamstownart.org/techbulletins/images/WACC%20Imaging%20of%20Paintings.pdf>.

⁵⁸ DE LA RIE, R. E. Fluorescence of paint and varnish layers (Part II). 1982, str. 65-69.

v materiálu vlivem stárnutí. Obecně může být tato změna pomalejší u přírodních pryskyřic v porovnání se lněným olejem. Jelikož je UV fluorescence přírodních olejů a pryskyřic, jak již bylo uvedeno, odvislá od způsobu a rychlosti stárnutí, ovlivňuje jí také způsob expozice okolním podmínkám. UV fluorescence těchto polymerů je rozdílná, například jsou-li polymerní filmy po jejich přípravě umístěny do tmy či nikoliv, což se vztahuje v případě pryskyřic také na podmínky, při kterých byly ze stromů získávány.⁵⁹ Umístění filmů po jejich přípravě do temna může podporovat žloutnutí a posun UV fluorescence k intenzivnějším žlutým odstínům. Pokud při expozici těchto přírodních polymerů slunečnímu záření dochází k redukci jejich žlutého odstínu, dochází také k posunu UV fluorescence ke kratším vlnovým délkám, tedy k modré barvě.⁶⁰

Na základě změny UV fluorescence v průběhu stárnutí přírodních pryskyřic a olejů lze v některých případech odlišit mladší, tedy méně stárnuté materiály od stejných starších materiálů s postoupenou degradací.⁶¹ Lze předpokládat, že také poměry olejů a pryskyřic v jejich směsích budou mít vliv na jejich výslednou fluorescenci. Popsané skutečnosti však nemusí být jednotné pro všechny druhy pryskyřic a olejů, lze je spíše vnímat jako obecné tendence.⁶²

V některých literárních zdrojích se informace o UV fluorescenci přírodních olejů více či méně liší od informací uvedených výše v textu. Některé zdroje uvádějí popis UV fluorescence bez specifikace stáří filmu. Problematický je v tomto ohledu zejména lněný olej. Například Cosentino uvádí pouze žlutou fluorescenci⁶³ a naopak Simpson uvádí namodralou fluorescenci.⁶⁴ Carden uvádí, že fluorescence olejů je zpočátku oranžová, až později přechází do intenzivní modro-bílé.⁶⁵ V případě přírodních pryskyřic některé zdroje uvádějí,

⁵⁹ DE LA RIE, R. E. Fluorescence of paint and varnish layers (Part II). 1982, str. 65-69.

⁶⁰ *Ibidem.*

⁶¹ *Ibidem.*

⁶² *Ibidem.*

⁶³ COSENTINO. *Effects of different binders on technical photography and infrared reflectography of 54 historical pigments.* 2015, s. 288 –298.

⁶⁴ GRANT. 2000, s. 1

⁶⁵ CARDEN. 1991.

že počáteční UV fluorescence bývá slabá a mívá oranžové odstíny,⁶⁶ někdy bývá popisována také jako žlutozelená.⁶⁷

Zásadní výjimkou mezi přírodními pryskyřicemi je šelak. Nebělený šelak se vyznačuje charakteristickou intenzivní oranžovo-červenou UV fluorescencí. Na základě oranžovo-červené UV fluorescence lze dokonce tuto pryskyřici, v některých specifických případech, s poměrně vysokou pravděpodobností identifikovat, a to jak mikroskopicky, tak i makroskopickým pozorováním.⁶⁸ Je známo, že odstín i barva UV fluorescence šelaku závisí na stupni bělení. Bělením se mění UV fluorescence šelaku z oranžovo-červeného odstínu do velmi světlých nažloutlých až bílých odstínů, v důsledku odstranění červeného barviva.^{69,70} Fluorescence běleného šelaku se také vyznačuje velmi vysokou intenzitou.

Co se týče ostatních přírodních polymerů, například podle Verri⁷¹ a Cosentina,⁷² má vaječný žloutek modrou a intenzivní modro-bílou UV fluorescenci. Podle Pelagotti mají menší intenzitu fluorescence suchá vaječná tempera a arabská guma v porovnání s přírodními oleji a pryskyřicemi.⁷³ Podle Cosentina mají vaječná tempera a lněný olej mnohem intenzivnější UV fluorescenci v porovnání s arabskou gumou a freskou, přičemž freska je téměř bez UV fluorescence a arabská guma vykazuje slabší modrou UV fluorescenci.⁷⁴ Obecně freska nefluoreskuje v UV záření, zatímco některé ostatní techniky nástěnné malby s polymerním pojivem (secco) vykazují od fresky rozpoznatelnou UV fluorescenci.⁷⁵

⁶⁶ CARDEN. 1991.

⁶⁷ WEBER, 2008.

⁶⁸ GRANT. 2000, s. 1.

⁶⁹ NEVIN, ECHARDB, THOURYD, a kol. 2009.

⁷⁰ CARDEN. 1991.

⁷¹ VERRI, G, KELLER, A,T, PIQUÉ, F, ALDROVANDI, A. *Ultraviolet-Induced Luminescence Imaging. Organic Materials in Wall Paintings*. Project Report. Los Angeles: Getty Conservation Institute, 2015 s. 76–82.

⁷² COSENTINO. *Effects of different binders on technical photography and infrared reflectography of 54 historical pigments*. 2015, s. 288 –298.

⁷³ PELAGOTTI, A, PEZZATI, L, BEVILACQUA, N, a kol. 2006.

⁷⁴ COSENTINO. *Effects of different binders on technical photography and infrared reflectography of 54 historical pigments*. 2015, s. 288 –298.

⁷⁵ COSENTINO. Practical notes on ultraviolet technical photography for art examination. 2015, s. 53-62.

Přítomnost pigmentů v barevné vrstvě může způsobit celkovou ztrátu fluorescence pojiva. Příkladem mohou být zelené lazury gotických deskových maleb, které se při průzkumu jejich UV fluorescence ukazují jako zcela tmavé. Zdá se, že je to projevem chemické reakce mezi měďnatými pigmenty, například měděnkou nebo měďnatým rezinátem, a pojivem, obvykle pryskyřicí. Podobný efekt vykazují i okr a siena.⁷⁶

V následující tabulce (Tab. č. 2) jsou shrnuty údaje o UV fluorescenci polymerů nalezené v literatuře.

Tab. č. 2 UV fluorescence přírodních polymerních pojiv.

Polymerní pojivo	UV fluorescence	Zdroj
lněný olej	žlutá	COSENTINO. <i>Effects of different binders on technical photography and infrared reflectography of 54 historical pigments.</i> 2015.
	žlutá (po uplynutí určité doby)	PELAGOTTI, A, PEZZATI, L, BEVILACQUA, N, a kol. 2006.
	nejprve oranžová, později intenzivní modro-bílá, poté žlutá	CARDEN. 1991.
	nejprve slabá, později silnější namodralá, stárnutím intenzivní žlutá -souvisí se žloutnutím polymeru	DE LA RIE. <i>Fluorescence of paint and varnish layers (Part I, II).</i> 1982.
	namodralá	GRANT. 2000, s. 1
	bělavá, mléčně modro-bílá (po ztuhnutí šedá, později žlutá)	SLÁNSKÝ. 1956, s. 50.
lněný olej (zahříváný po delší dobu na teplotu 150°C)	modro-zelená	
tepelně upravený lněný, makový olej a kopál	podobná jako u lněného oleje (časem žlutá, intenzivnější)	PELAGOTTI, A, PEZZATI, L, BEVILACQUA, N, a kol. 2006.
lněný olej se sikativem (kobaltový linoleát)	silná mléčně modro-bílá (po ztuhnutí šedá, později žlutá)	SLÁNSKÝ. 1956, s. 50.
lněný olej se sikativem (manganitý linolát)	středně silná mléčně modro-bílá (po ztuhnutí šedá, později žlutá)	
lněný olej se sikativem (olovnatý linoleát)	slabší mléčně modro-bílá (po ztuhnutí šedá, později žlutá)	
lněný olej polymerovaný	šedo-modro-zelená (po ztuhnutí)	

⁷⁶ MAIRINGER, 2003, s. 77.

Polymerní pojivo	UV fluorescence	Zdroj
makový olej	silně modrá	SLÁNSKÝ. 1956, s. 51.
ořechový olej	nažloutlá	
slunečnicový olej	bílo-žlutavá	
ricinový olej	modrá	
sojový olej	tmavá zelená	
olivový olej	pomerančová	
olivový olej (extrahovaný)	fialová až modro-fialová	
sezamový olej	lehce modravá	
mandlový olej	slabě žlutá	
oleje rybí	žlutá, zlatavá až hnědá (podle původu)	
minerální oleje	modrá	
vaječná tempera (emulze)	modravá	COSENTINO. <i>Effects of different binders on technical photography and infrared reflectography of 54 historical pigments.</i> 2015.
vaječný žloutek	intenzivní modro-bílá	VERRI, KELLER, PIQUÉ, ALDROVANDI. 2015.
tungový olej	slabá, bílo-béžová	CARDEN. 1991.
proteiny (zvířecí kliš) - zestárlé	slabá hnědo-žlutá	MAIRINGER 2003, s. 79.
šelak	křiklavá růžová	
	oranžová nebo šedo-hnědá	SLÁNSKÝ. 1956, s. 51.
	oranžová (nebělený šelak) bílá (bělený šelak)	CARDEN. 1991.
	oranžová (nebělený); bílá (bělený)	NEVIN, ECHARDB, THOURYD, a kol. 2009.
	oranžová	VERRI, KELLER, PIQUÉ, ALDROVANDI. 2015.
	oranžová	GRANT. 2000 s. 1.
	oranžová	WEBER, 2008.
	oranžovo-červená (nebělený); bílá až nažloutlá (bělený)	GRANT. 2000, s. 1
přírodní pryskyřice	žlutá	
	zpočátku většinou intenzivní bílo-modrá, po uplynutí určité doby žlutá	DE LA RIE. Fluorescence of paint and varnish layers (Part I, II). 1982.
	žlutá (po uplynutí určité doby)	PELAGOTTI, A, PEZZATI, L, BEVILACQUA, N, a kol. 2006.
zestárlé přírodní pryskyřice, jako mastix, damara	časem se stává žlutější a nabývá na intenzitě	
damara, mastix	žluto-zelená	WEBER, 2008.
damara (uschlý lakový film)	tmavá hnědá	

Polymerní pojivo	UV fluorescence	Zdroj
mastix (uschlý lakový film)	šedo-modro-zelená	SLÁNSKÝ. 1956, s. 51.
jantar	zelenavá až modro-bílá	
kalafuna (ruská)	modro-šedá	
kalafuna (americká)	tmavá hnědá	
želatina	bělavá, intenzivní	
klih kostní	šedo-modrá	
klih králičí (francouzský)	žlutavě šedá	
bílek čerstvý	nemá fluorescenci	
bílek suchý	žlutavá nebo modravá	
kasein obchodní (uschlý film)	modro-bílá, intenzivnější než u želatiny	
kasein z tvarohu (uschlý film)	hnědo-šedá	
arabská guma	slabě modravá nebo šedo-hnědá	
dextrin	okrová, intenzivní	
tragant	slabě bílá	
škrob	fialová	
včelí vosk	šedo-žlutá	SLÁNSKÝ. 1956, s. 52.
karnaubský vosk	šedo-fialová	
japonský vosk	šedo-hnědá až nafialovělá	
ceresin	bílo-modrá	

2.1.3.3 UV fluorescence pigmentů

Jak již bylo zmíněno výše, celková UV fluorescence barevné vrstvy je ovlivněna všemi jejími složkami, jejich množstvím a většinou se značně liší od UV fluorescence jednotlivých komponentů, tedy pigmentů, plniv, pojiv apod. UV fluorescenci složitých systémů, kterými barevné vrstvy jsou, je tedy velmi obtížné až nemožné přesně predikovat, případně identifikovat pigmenty na základě pozorování UV fluorescence. Organická pojiva, laky, či povrchové fixáže, obecně vykazují silnou fluorescenci, která může být silnější než fluorescence pigmentů.⁷⁷ UV fluorescence separovaných pigmentů bývá uváděna v rámci popisů jejich mikroskopických vlastností, na jejichž základě je možné mnohé pigmenty identifikovat.^{78, 79}

V odborné literatuře bývá často studována UV fluorescence barevných vrstev známého složení, sestávajících nejčastěji z jednoho typu pojiva a jednoho pigmentu, nebo samotného pigmentu či pojiva.^{80,81,82,83} Například Cosentino popisuje UV fluorescenci barevných vrstev s vybranými pigmenty aplikovanými čtyřmi technikami, kterými byly akvarel s arabskou gumou, vaječná tempera, lněný olej a freska (Tab. č. 3).⁸⁴ Autor shrnuje, že charakteristickou UV fluorescenci vykazuje zinková běloba (žlutá UV fluorescence) a mořena (červená až oranžová UV fluorescence) ve všech zkoušených pojivech.⁸⁵ Dále považuje za zajímavé, že kadmiová žluť má výraznou červenou UV fluorescenci s arabskou gumou a v technice fresky, zatímco v oleji a vaječné tempeře vykazuje žlutou UV fluorescenci. Informace o UV fluorescenci připravených barevných vrstev, případně pigmentů, jsou shrnuty v následujících tabulkách. Lze je však považovat spíše za orientační a množství použitých zdrojů za relativně omezené,

⁷⁷ COSENTINO. Practical notes on ultraviolet technical photography for art examination. 2015.

⁷⁸ ŠIMŮNKOVÁ, BAYEROVÁ. 2014.

⁷⁹ EASTAUGH, N, a kol. *Pigment Compendium A Dictionary and Optical Microscopy of Historical Pigments*. London: Butterworth-Heinemann, 2008.

⁸⁰ COSENTINO. *Effects of different binders on technical photography and infrared reflectography of 54 historical pigments*. 2015, s. 288 –298.

⁸¹ VERRI, CLEMENTI, COMELLI. 2008.

⁸² SLÁNSKÝ. 1956.

⁸³ CARDEN. 1991.

⁸⁴ COSENTINO. *Effects of different binders on technical photography and infrared reflectography of 54 historical pigments*. 2015, s. 288 –298.

⁸⁵ *Ibidem*.

jelikož zcela podrobná rešerše v odborné literatuře popsané UV fluorescence pigmentů přesahuje rámec předkládané práce.

Tab. č. 3 UV fluorescence vybraných pigmentů a malířských technik podle Cosentina.⁸⁶

Zkoušená pojiva/ techniky	Vaječná tempera a arabská guma vykazují modrou UV fluorescence, UV fluorescence vaječné tempere je mnohem intenzivnější než arabské gumy, technika fresky je téměř bez UV fluorescence, UV fluorescence lněného oleje je intenzivní žlutá.
Bílé pigmenty	Zinková běloba je od ostatních vybraných bílých pigmentů odlišitelná na základě své charakteristické žluté UV fluorescence pozorovatelné ve všech zkoušených pojivech. Vrstvy s olovnatou bělobou a lithoponem vykazují UV fluorescence generovanou UV fluorescencí pojiva, se kterým byly aplikovány. Titanová běloba se jako jediná vyznačuje nedostatkem UV fluorescence ve všech pojivech, a to díky její silné absorpci UV záření.
Černé pigmenty	Pigmenty kostní, lampová a révová čern nevykazují UV fluorescence ve všech pojivech.
Modré pigmenty	Kobaltová modř a violet, smalt, mayská modř, indigo, ultramarín a egyptská modř vykazují UV fluorescence danou fluorescencí pojiv, zejména tedy v tempeře a oleji. Pruská modř, ftalocyaninová modř, přírodní a umělý azurit nevykazují fluorescence ve všech zkoušených pojivech.
Zelené pigmenty	UV fluorescence zelených pigmentů (kadmiová, chromová, kobaltová, ftalocyaninová zeleň, zem zelená, malachit, měděnka, chromoxid) je mírně ovlivněna UV fluorescencí pojiv nebo tyto pigmenty nevykazují charakteristickou UV fluorescenci.
Žluté pigmenty a barviva	Kadmiová žlut má červenou UV fluorescenci v arabské gumě a ve fresce, žlutou UV fluorescenci vykazuje v tempeře a v oleji. Auripigment disponuje žlutou fluorescencí pouze v tempeře a v oleji. Šafrán a žlutý resedový lak vykazuje žlutou fluorescenci ve všech zkoušených pojivech. Olovnato-ciničitá žlut, kobaltová žlut, neapolská žlut, realgar, masikot, žlutý okr a gumiguta vykazují fluorescence pouze díky UV fluorescenci pojiv v tempeře a oleji.
Červené pigmenty a barviva	Karmín, alizarin, kadmiová červen a červený okr nevykazují zásadní UV fluorescenci. Rumělka a laka slabě fluoreskují ve vaječné tempeře díky UV fluorescenci pojiva. Suřík má poměrně silnou fluorescenci ve vaječné tempeře. Mořena vykazuje silnou červenou UV fluorescenci ve všech zkoušených pojivech, barevnost je různá od červené přes oranžovou po purpurovou.
Hnědé pigmenty	Všechny vybrané hnědé pigmenty (siena přírodní i pálená, kasselská hněd, přírodní i pálená umbra) zůstávají tmavé ve všech čtyřech pojivech.

⁸⁶ COSENTINO. *Effects of different binders on technical photography and infrared reflectography of 54 historical pigments*. 2015, s. 288–298.

Zkoušky byly provedeny s pigmenty aplikovanými v arabské gumě, vaječné tempeře, lněném oleji a ve fresce.

Tab. č. 4 UV fluorescence samotných pigmentů.

Pigment	UV fluorescence	zdroj
egyptská modř	výraznější purpurová	MAIRINGER. 2003, s. 77.
azurit přírodní	tmavá modrá	
azurit umělý	tmavá purpurová	
coelinova modř	levandulová	
ftalocyaninová modř (heliogenblau)	černá	
indigo	tmavá purpurová	
kobaltová modř	jasně červená	
pruská modř	modrá až černá (bez fluorescence)	
smalt	světlá purpurová	
chromoxid ohnivý	jasná červená	
chromoxid tupý	tmavý červeno-fialový	
zem zelená	světlá modrá	
měděnka	slabá tmavo-modrá	
ftalocyaninová zeleň	černá (bez fluorescence)	
chromová zeleň	tmavá červená	
mořenový lak (kraplak)	načervenalá až žlutavá červená	
alizarinový lak	zůstává temný (prakticky bez fluorescence)	MAIRINGER. 2003, s. 77.
rumělka přírodní	tmavá červená	
kadmiová červeň	výraznější červená	
chromová červeň	tmavá červená	
suřík	tmavá červená	
červený okr, červený bolus	černá (bez fluorescence)	
permanentní červeň (azopigment, Siegle)	karmínová	
zinková běloba	žluto-zelená	ŠIMŮNKOVÁ, BAYEROVÁ. 2014.
	žlutá	
	žlutá	COSENTINO. 2014.
	kanárkově žlutá nebo žluto-zelená, velmi intenzivní	SLÁNSKÝ. 1956, s. 49.
olovnatá běloba	hnědo-růžová	MAIRINGER. 2003, s. 77
olovnatá běloba (prášková)	hnědá	SLÁNSKÝ. 1956, s. 49, 50.
olovnatá běloba (třená s olejem)	modravá	
litopon	oranžová až žluto-oranžová	MAIRINGER. 2003, s. 77.
	šedo-hnědá, u jiných druhů sírově žlutá	SLÁNSKÝ. 1956, s. 50.
síran zinečnatý	sírově žlutá, intenzivní	MAIRINGER. 2003, s. 77.
oxid titaničitý čistý	tmavá černo-fialová	

Pigment	UV fluorescence	zdroj
titanová běloba	tmavá modro-fialová	
	purpurová	COSENTINO. 2014, s. 8.
	tmavá hnědo-fialová	SLÁNSKÝ. 1956, s. 50.
barytová běloba	umbrově hnědá	
křída přírodní	tmavá žlutá	MAIRINGER. 2003, s. 77.
křída (blíže nespecifikována)	okrově hnědá	SLÁNSKÝ. 1956, s. 50.
křída srážená	černá (bez fluorescence)	
kamenná křída	červená až hnědá	MAIRINGER. 2003, s. 77.
neuburgská křída	načervenalá fialová	
bílá hlinka (hydrát)	světlá modrá	
hlinka umělá	tmavě šedo-hnědá	
vápno (blíže nespecifikováno)	šedo-hnědá	SLÁNSKÝ. 1956, s. 50.
sádra	fialová	MAIRINGER. 2003, s. 77.
	šedo-hnědá, tmavší než u vápna	SLÁNSKÝ. 1956, s. 50.
kaolín	načervenalá fialová	
oxid hořečnatý	modro-zelená	
dolomit	fialová	
gofun	tmavá modrá	MAIRINGER. 2003, s. 77.
mastek	tmavá červeno-fialová	
auripigment	světlá žlutá	
chromová žluť	jasná červená	
kadmiová žluť	červená	COSENTINO. 2014., s. 9.
	světlejší červená	
neapolská žluť	jasně červená	MAIRINGER. 2003, s. 77.
zinková žluť	jasně karmínová	
reseda	žlutá	COSENTINO. 2014., s. 9.
bílý uhličitan vápenatý	bělavá a žlutá (žlutá barevnost může být způsobena přítomností biologického napadení)	CASTRO, FALCUCCI, PELOSI. 2010, s.105.
žlutý okr	žluto-hnědá	
červený okr	sytá červená	

2.1.3.4 UV fluorescence biologického napadení

Nejčastějšími zástupci organismů tvořících biologické napadení památkových objektů jsou bakterie, plísně, houby, řasy, lišejníky a mechy. UV fluorescence činitelů biologického napadení může být zanedbatelná nebo může mít různou intenzitu i barevnost. Závisí, mimo jiné, na druhu organismu nebo na jeho životním cyklu a tedy také aktivitě, zejména jedná-li se o organismus živý či odumřelý.

Jelikož se chlorofyl vyznačuje červenou UV fluorescencí, také rostliny a jejich části obsahující toto zelené barvivo, se vyznačují červenou UV fluorescencí nebo jsou jejich fluorescenční vlastnosti přítomností chlorofylu více či méně ovlivněny.⁸⁷ S odumíráním rostliny zaniká červená UV fluorescence, na jejím základě lze hodnotit fotosyntetickou aktivitu organismu.⁸⁸ Červená až fialová UV fluorescence byla pozorována u mechů⁸⁹ a řas, také těch, které jsou součástí lišejníků. UV fluorescence lišejníků může být červená až jasně oranžová, jasně modro-bílá, žlutá nebo hnědá. Tyto údaje vycházejí zejména z fotografií publikovaných na internetových stránkách a z vlastní zkušenosti.⁹⁰ V publikovaných zdrojích bylo například dohledáno, že se některé živé bakterie mohou vyznačovat zeleno-žlutou UV fluorescencí⁹¹ a plísně bílou až modrou nebo žlutou UV fluorescencí.^{92,93}

⁸⁷ CEROVIC, Z, G, SAMPSON, G, MORALES, F, TREMBLAY, N, MOYA, I. Ultraviolet-induced fluorescence for plant monitoring: present state and prospects. *Agronomie*. 19(7), 1999, s. 543–578.

⁸⁸ SCHEERER, S. *Microbial biodeterioration of outdoor stone monuments. Assessment methods and control strategies*. Dissertation thesis, Cardiff University, 2008.

⁸⁹ *Ultraviolet Photography*. Sphagnum Moss & some kind of Lichen [online]. 2014. [cit. 6.4. 2017]. Dostupné z: <http://www.ultravioletphotography.com/content/index.php/topic/1076-sphagnum-moss-some-kind-of-lichen/>.

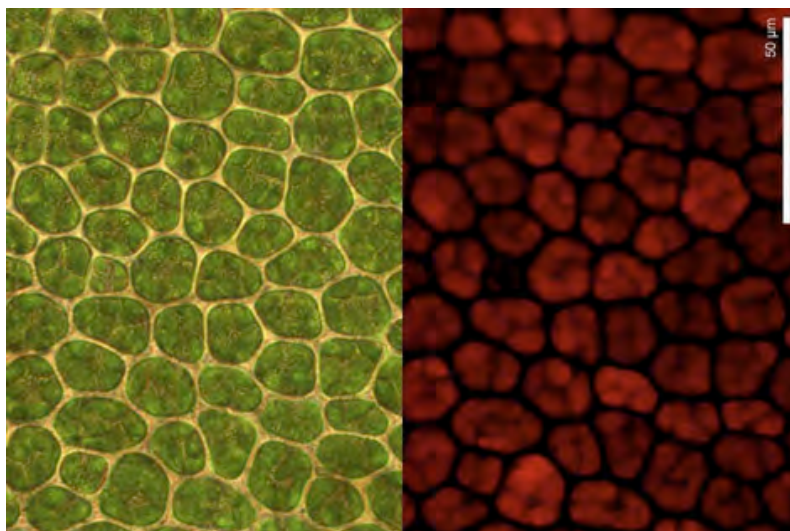
⁹⁰ *Fluoreszenz*. Fluoreszenzfarbstoffe in der Natur [online]. 2013. [cit. 6.4. 2017]. Dostupné z: <http://www.chemie.uni-jena.de/institute/oc/weiss/naturstoffe.htm>

DOUBT, J. Fluorescent Lichens: Dazzling Creatures of Light. *Canadian Museum of Nature*, [online]. 2014. [cit. 8.4. 2017]. Dostupné z: <https://canadianmuseumofnature.wordpress.com/2014/08/28/fluorescent-lichens-dazzling-creatures-of-light/>.

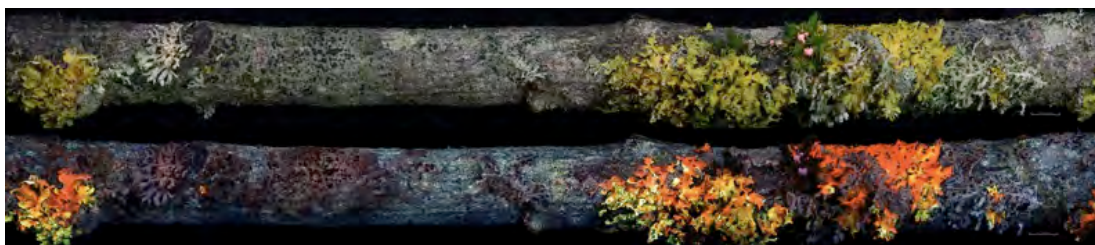
⁹¹ PELLETIER, E, BONNET, C, LEMARCHAND. *Biofouling Growth in Cold Estuarine Waters and Evaluation of Some Chitosan and Copper Anti-Fouling Paints*. *Int. J. Mol. Sci.* 2009.

⁹² GRANT. 2000, s. 2.

⁹³ Using UV-fluorescence to Detect Grey Mold (*Botrytis cinerea*) Infections: Possible Implications for Field Detection Technologies. *theacademicwino* [online]. 2012. [cit. 6.4. 2017]. Dostupné z: <http://www.academicwino.com/2012/05/using-uv-fluorescence-to-detect-grey.html/>.



Obr. č. 5 Mikroskopický snímek listu mechu (*Plagiomnium undulatum*).⁹⁴



Obr. č. 6 VIS a UVF fotografie mechů a lišejníků na větvi vrby.⁹⁵

UV záření, zejména pak UVC oblast, lze úspěšně využít i k hubení některých mikroorganismů, tedy i biologického napadení památkových objektů. Krátkovlnné UV záření způsobuje nevratné poškození nukleové kyseliny, má tedy schopnost hubit mikroorganismy. Předností této metody je to, že jejím působením nevznikají žádné škodlivé vedlejší produkty.⁹⁶

⁹⁴ v běžném osvětlení a v UV záření. Červená UV fluorescence je způsobena přítomností chlorofylu. Chlorophyll fluorescence. *Wikipedia the free encyclopedia* [online]. 2017 [cit. 6.4. 2017]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Chlorophyll_fluorescence#/media/File:Zz_Plagiomnium_undulatum_fluorescence.jpg.

⁹⁵ Lichens on willow. GigaPan [online]. 2013 [cit. 6.4. 2017]. Dostupné z: <http://www.gigapan.com/gigapans/141609>.

⁹⁶ MACHAČKO, L. *Využití ultrafialového záření v restaurování*. Diplomová práce. Vysoká škola výtvarných umění v Bratislavě, 2005, s. 39.

2.1.3.5 UV fluorescence vodorozpustných solí

Eflorescence vodorozpustných solí na povrchu porézních materiálů a degradace těchto materiálů způsobená vodorozpustnými solemi bývají často patrné již při vizuálním průzkumu ve viditelném světle. Přítomnost vodorozpustných solí by teoreticky mohlo být možné lokalizovat na základě charakteristické UV fluorescence, čili i tehdy, nejsou-li soli rozpoznatelné ve viditelném světle.⁹⁷ Tato oblast průzkumu nástěnných maleb v UV záření je do dnes nedostatečně probádána.

Odlišná UV fluorescence, v porovnání s okolím (například omítkou), může být dána nejen vlastní UV fluorescencí přítomných solí, ale také souvisejícími jevy. Tyto jevy mohou být způsobeny zejména degradační činností nejen vodorozpustných solí, ale například také vlhkostí. Příkladem může být odhalení jiných, starších částí nebo vrstev nástěnných maleb nebo omítek s odlišnou UV fluorescencí než jakou má povrch a okolní vrstvy, rozpraskání a sprašování povrchu, rozpouštění a migrace materiálů, například pojiv malby, případně zvýšená vlhkost (Obr. č. 7 a 8).



Obr. č. 7 VIS a UVF fotografie destruované omítky v kostele sv. Víta v Zahrádce.⁹⁸

⁹⁷ CASTRO, FALCUCCI, PELOSI. 2010, s. 106 a 110.

V článku je uvedeno, že při průzkumu nástěnné malby v kryptě kostela Saint Andrew v Itálii v UV záření byla zjištěna přítomnost povrchových solných výkvětů. Z provedených laboratorních analýz vyplynulo, že v omítkách byly přítomny sírany, chloridy, čpavek, draslík, dusičnany a dusitany.

⁹⁸ Použitá technika: UV lampa UVA SPOT 400T značky Hönle UV Technology, fotoaparát Canon EOS D60, bez použití filtru před objektivem, nastavení barevné teploty WB 6000K.

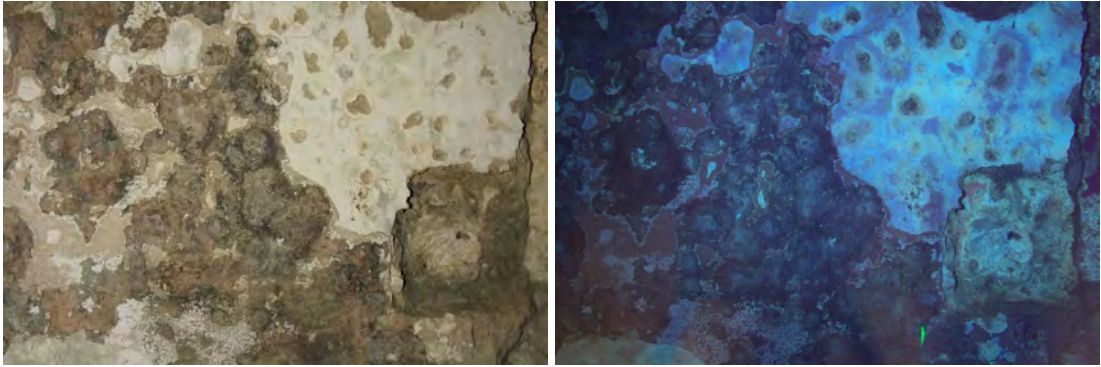


Obr. č. 8 VIS a UVF fotografie pilastru (vápenné secco) v kapli sv. Isidora v Křenově.⁹⁹

Nastíněná problematika UV fluorescence vodorozpustných solí je navíc komplikována obdobnými předpoklady, které byly uvedeny u biologického napadení. Uvedené dva fenomény, tedy přítomnost vodorozpustných solí a biologického napadení, mohou být na základě UV fluorescence v mnohých případech mezi sebou snadno zaměnitelné. Další překážkou správné interpretace dané UV fluorescence je fakt, že se zmiňované dva fenomény mohou vyskytovat současně (Obr. č. 9).

⁹⁹ Oblasti s nejjasnější modro-bílou fluorescencí byly poškozeny přítomností vodorozpustných solí, zejména síranů. V UV záření bylo možné pozorovat na povrchu pilastrů bledě-modře zářící UV fluorescenci. Intenzita fluorescence odpovídala míře povrchové krystalizace v konkrétních partiích. Použitá technika: UV lampa UVA SPOT 400T značky Hönle UV Technology, fotoaparát Canon EOS D60 bez použití filtru před objektivem.

MILIONOVÁ I., *Restaurátorská dokumentace, Restaurování malovaného mramoru na pilastrch kaple sv. Isidora v Křenově, Pilastry č. 1 až 4*. Fakulta restaurování UPa, Litomyšl. 2013.



Obr. č. 9 VIS a UVF fotografie destruované omítky v kostele sv. Víta v Zahrádce.¹⁰⁰

V odborné literatuře je četnost zmínek o UV fluorescenci vodorozpustných solí kontaminujících památkové objekty a jejich části, jakými jsou například nástěnné malby, omítky, případně kamenné objekty, velmi nízká.¹⁰¹ Na druhou stranu je v literatuře uvedeno poměrně velké množství detailních informací o UV fluorescenci mnoha minerálů,^{102,103,104,105} které lze z důvodu stejných chemických i fyzikálních vlastností využít jako podklad, případně předpoklad, ke studii UV fluorescence vodorozpustných solí atakujících porézní anorganické materiály památkových objektů. K tématu diplomové práce se proto tyto informace, zahrnující teorii vzniku UV fluorescence i detailní popisy vlastní UV fluorescence minerálů a jejího záznamu, bezprostředně vztahují.

¹⁰⁰ Na snímku je zachycena destruovaná omítka, na které se předpokládá výskyt biologického napadení i efluorescencí solí. Použitá technika: UV lampa UVA SPOT 400T značky Höppler UV Technology, fotoaparát Canon EOS D60, foceno na formát RAW, bez použití filtru před objektivem, nastavení barevné teploty WB 6000K.

¹⁰¹ CASTRO, FALCUCCI, PELOSI. 2010, s. 110.

¹⁰² GAFT, M, RIESFELD, R, PANCZER, G. Modern Luminescence Spectroscopy of Minerals and Materials. Springer, 2015.

¹⁰³ MAFURNIN, A, S. Spectroscopy, Luminescence and Radiation Centers in Minerals. 1979.

¹⁰⁴ Internetové databáze a stránky:

BARMARIN, G. Online Database of luminescent minerals, [online]. 2009–2010 [cit. 21.3. 2017]. Dostupné z: www.fluomin.org/uk/accueil.php.

KING, H. Fluorescent minerals. *Geology.com*. [online]. 2005–2017 [cit. 21.3. 2017]. Dostupné z: <http://geology.com/articles/fluorescent-minerals/>; http://midgagmsorg.ipage.com/?page_id=961; http://www.minsocam.org/MSA/collectors_corner/arc/fluor.htm.

MAYS, R. Fluorescent minerals. [online]. 2006 [cit. 21.3. 2017]. Dostupné z: <http://www.microscopy-uk.org.uk/mag/artnov06macro/rm-macro.html>.

¹⁰⁵ RAKOVAN, J, WAYCHUNAS, G. Luminescence in Minerals. *The Mineralogical Record*. 27, [online]. 1996. [cit. 21.3. 2017]. Dostupné z: <http://www.cas.miamioh.edu/~rakovajf/Luminescence%20in%20Minerals.pdf>.

2.1.3.6 UV fluorescence minerálů

Termín “fluorescence” pochází z názvu minerálu fluoritu, u něhož byla UV fluorescence poprvé popsána Georgem Stokesem v roce 1852.^{106, 107}

V současné době, například *The Fluorescent Mineral Society* uvádí, že z více než 3600 minerálů vykazuje viditelnou UV fluorescenci něco přes 500 minerálů.¹⁰⁸ Z literatury vyplývá, že některé minerály fluoreskují tak intenzivně, že je tento efekt patrný i v běžném slunečním záření. Například zelená barevnost některých willemitů, modrá barevnost některých fluoritů a červená barevnost některých rubínů v denním světle je značně ovlivněna jejich UV fluorescencí.¹⁰⁹



Obr. č. 10 VIS a UVF fotografie sbírky fluorescenčních minerálů.¹¹⁰

UV fluorescence minerálů je obvykle studována v krátkovlnné (100–280 nm) a dlouhovlnné (315–400 nm) oblasti UV záření.¹¹¹ Některé minerály fluoreskují pouze v určité, někdy úzké spektrální oblasti, UV záření. Jelikož se

¹⁰⁶ WAIN, H. C. The Story of Fluorescence. [online]. Middletown: Raytechultraviolet [online]. [cit. 23.2. 2017], s. 1–52. Dostupné z: <http://www.raytechultraviolet.com/support/pdfs/downloads/StoryofFluorescence.pdf>, s. 9.

¹⁰⁷ WILKINS, 2008, s. 1.

¹⁰⁸ Mezinárodní mineralogická asociace uvádí současný počet známých minerálů 5237. Commission on New Minerals, *Nomenclature and Classification*. *International Mineralogical Association*. [online]. [cit. 23.2. 2017]. Dostupné z: <http://nrmima.nrm.se/>.

FMS - The Fluorescent Mineral Society. Fluorescent minerals. [online]. [cit. 23.2. 2017]. Dostupné z: <http://uvminerals.org/fms/minerals>.

¹⁰⁹ WILKINS, 2008, s. 1.

¹¹⁰ (Harvard, Franklin, New Jersey).

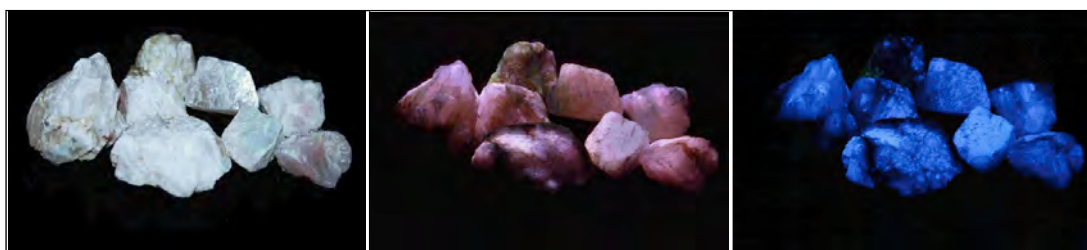
CONWAY, M. *American Mineral Heritage: The Harvard Collection at the Flandrau 2016*. [online]. [cit. 23.2. 2017], Dostupné z: <https://wryheat.wordpress.com/2016/02/17/american-mineral-heritage-the-harvard-collection-at-the-flandrau-2016/>.

¹¹¹ WILKINS, 2008, s. 2.

V článku dlohovlnné záření (LW UV) definováno se spektrálním rozložením 350-400 nm, středněvlnné (MW UV) mezi 300-350nm a krátkovlnné (SW UV) jako UV záření s vlnovými délkami kratšími než 300 nm.

většina fluorescenčních minerálů vyznačuje UV fluorescencí v krátkovlnné a zároveň dlouhovlnné oblasti UV záření, lze předpokládat, že tyto minerály mohou vykazovat fluorescenci v celém spektru UV záření. Zpravidla je UV fluorescence minerálů intenzivnější v krátkovlnném UV záření než v dlouhovlnném, barevnost fluorescence bývá většinou stejná. V některých případech mohou mít ale minerály při různém spektrálním složení UV záření odlišnou barevnost UV fluorescence. Příkladem může být kalcit ze rtuťových dolů Terlingua v Texasu (Obr. č. 11), který v krátkovlnném UV záření fluoreskuje modře, zatímco v dlouhovlnném růžově.¹¹²

Nově se začala využívat technika středních (UVB) vlnových délek (280–315 nm). Některé vápence fluoreskují jasněji při středněvlnném (UVB) záření, například minehillit (Franklin, New Jersey).¹¹³



Obr. č. 11 Kalcit, Terlingua, Texas. Fotografie ve viditelném světle, v dlouhovlnném a krátkovlnném UV záření.¹¹⁴

Viditelná fluorescence v UV záření nastává díky přítomnosti fluorescenčních center, tedy fluoroforů někdy nazývaných aktivátory fluorescence, jejichž podstata může být různorodá. Pokud čisté minerály fluoreskují, bývají označovány jako “auto-aktivované”. Až na výjimky čisté minerály nevykazují viditelnou UV fluorescenci.¹¹⁵ UV fluorescence minerálů bývá většinou zapříčiněna jinými zdroji fluorescence, než chemickým složením čistých minerálů.

¹¹² WILKINS, 2008, s. 2.

¹¹³ *Ibidem*.

¹¹⁴ *Electric Ladyland*. the first of fluorescent art. [online]. [cit. 24.2. 2017]. Dostupné z: <http://electric-lady-land.com/fluorescentminerals-pg.4.html>

¹¹⁵ K těmto výjimkám například patří minerály obsahující chemickou skupinu $(\text{UO}_2)^{2+}$, díky níž má například autunit charakteristickou žluto-zelenou UV fluorescenci; dále wolframany $(\text{WO}_4)^{2-}$ odpovídající za namodralou UV fluorescenci scheelitu; molybdenany $(\text{MoO}_4)^{2-}$ odpovídající za bledě žlutou UV fluorescenci powellit, dále olovnatý kation (Pb^{2+}) například zapříčiňuje žlutou UV fluorescenci cerussitu a anglesitu. WILKINS, 2008, s. 3.

Jejich podstatou bývají nejčastěji různé typy „nečistot“, případně „vad“. Příklady těchto fluorescenčních center dle Shopova jsou následující.¹¹⁶

- Elektronové defekty krystalové mřížky
- Příměsi iontů, substituujících strukturálních ionty krystalové mřížky nebo začleněné do dutin této mřížky
- Příměsi iontů substituujících strukturální ionty krystalové mřížky, které zesilují fluorescenci
- Molekuly, ionty nebo radikály adsorbované uvnitř krystalové mřížky
- Inkluze nebo jiné minerály
- Tekuté nebo plynné příměsi

Jak je uvedeno výše, typ a koncentrace fluorescenčních center určuje barvu a intenzitu UV fluorescence. Barva i intenzita UV fluorescence se může měnit také se změnami excitačního zdroje, což je způsobeno mimo jiné tím, že různé excitační zdroje mohou nabudit různá fluorescenční centra v minerálu. Se zvyšující se koncentrací fluorescenčních center bývá intenzita UV fluorescence zvýšena, avšak při překročení určité hranice většinou dochází k jejímu potlačení až odstranění.¹¹⁷ Hovoříme pak o koncentračním zhášení fluorescence.

Nepočítaje fluorescenční centra čistých minerálů, podle Wilkinse jsou nejčastějšími aktivátory fluorescence minerálů, míněno „nečistotami“, dvojmocný mangan s olovem, které iniciují červenou nebo oranžovou fluorescenci například apatitu, kalcitu, halitu, pectolitu, sfaleritu, tremolitu a wollastonitu a zelenou fluorescenci willemitu. Uran dodává zelenou fluorescenci adamitu, aragonitu, kalcitu, hyalitu a chalcedonu. Vzácné prvky, zejména europium, jsou zdrojem modré až fialové UV fluorescence apatitu, kalcitu a zejména fluoritu. Rtuť přináší oranžovou fluorescenci kalomelu. Měď a stříbro působí podobně jako další prvky jako tzv. ko-aktivátor, který negeneruje UV fluorescenci sám o sobě, ale pouze napomáhá jejímu vzniku. Ko-aktivátorem je také například dvojmocný mangan v přítomnosti olova.¹¹⁸

¹¹⁶ SHOPOV, Y. Y. *Activators of Luminiscence in Speleothems as Source of Major Mistakes in interpratation of Luminescent Paleoclimatic Records*. Int. J. Speleol., 2004, 1(4), s. 25–33.

¹¹⁷ Tato hranice se pohybuje v jednotkách procent. WILKINS, 2008, s. 2.

¹¹⁸ WILKINS, 2008, s. 4.

Kromě aktivátorů fluorescence se ve struktuře minerálů mohou vyskytovat látky potlačující UV fluorescenci, označované jako zhášedla. Tyto látky jsou v tomto smyslu aktivní i v nepatrném množství.¹¹⁹ Mezi nejvýznamnější zhášedla fluorescence patří dvojmocné železo, kobalt a nikl, v menší míře pak měď. Počet minerálů obsahujících nikl nebo kobalt ve svých chemických vzorcích je však minimální (4 druhy z 566 fluorescenčních minerálů).¹²⁰

UV fluorescence minerálů může být ovlivněna již zmíněnou teplotou, dále také stupněm drcení nebo smáčením vodou, případně jinými tekutinami. Tyto vlivy například popisuje McDougal na základě experimentu provedeného s 63 minerály za použití krátkovlnného UV záření.¹²¹ Z tohoto experimentu vyplynulo, že snížením teploty přibližně na -50 °C dochází u velkého množství studovaných minerálů k zintenzivnění UV fluorescence. Dále je v článku uvedeno, že po rozdrcení některých fluorescenčních minerálů došlo k utlumení nebo dokonce vymizení jejich UV fluorescence. Smočení práškových minerálů může změnit barevnost UV fluorescence nebo v případě nefluoreskujících minerálů může generovat namodralou UV fluorescenci různé intenzity.

UV fluorescence vybraných minerálů je uvedena v následující tabulce (Tab. č. 5).

¹¹⁹ WILKINS, 2008, s. 4.

¹²⁰ *Ibidem*.

¹²¹ McDOUGAL, D, J. Some Factors influencing Fluorescence in Minerals. *American mineralogist*, 37, 1952, s. 427.

Tab. č. 5 Fluorescence vybraných minerálů. (Výběr je podmíněn v souvislosti s výskytem vodorozpustných solí v porézním anorganickém systému, případně jiných materiálů.)^{122, 123}

Minerál	UVA fluorescence	UVC fluorescence
Kalcit CaCO ₃	červená, růžová až matně růžová, obecně téměř všechny barvy, stalaktity a stalagmity fluoreskují bíle, travertin a mramor fluoreskuje často bíle; WAIN. <i>The Story of Fluorescence</i> , s. 20–21; 34–35, 39.	velmi jasně růžová fluorescence, lososově růžová, světle růžová, bílá, modrá, oranžová, oranžovo-červená nebo zlatavá (podle lokality) McDOUGAL. 1952, s. 429–430.
	silná růžová, zřídka bílá modravá bílá, žlutavá bílá, růžovo-bílá, žlutá, oranžovo-žlutá, oranžová, oranžovo-červená, fialovo-červená, fialovo-růžová, lososová, zeleno-žlutá, modrá, fialová, zeleno-bílá, fialovo-modrá BARMARIN, 2009–2010.	silná modrá, zřídka silná růžová, zřídka bílá modravá bílá, žlutavá bílá, růžovo-bílá, bledá žlutá, oranžovo-žlutá, oranžová, oranžovo-červená, červená, fialovo-červená, fialovo-růžová, růžová, lososová, zelená, zelenavá, modravá, zeleno-bílá, žlutavá BARMARIN, 2009–2010.
Aragonit CaCO ₃	slabší zelená, oranžová, krémová, růžová, bílá nebo žádná WAIN. <i>The Story of Fluorescence</i> , s. 31, 34, 37–38.	bez fluorescence (po ochlazení světle oranžová) nebo zelená, bílá, růžová (podle lokality) McDOUGAL. 1952, s. 429–430.
	velmi často silná žluto-bílá, zřídka bílá, modro-bílá, žluto-bílá, růžovo-bílá, oranžová, oranžovo-červená, červená, růžová, lososová, modrá, zeleno-bílá; BARMARIN, 2009–2010.	velmi často slabší modro-bílá, zřídka bílá, žluto-bílá, růžovo-bílá, bledá žlutá, oranžová, oranžovo-červená, červená, růžová, lososová, zelená BARMARIN, 2009–2010.
Brucit Mg(OH) ₂	jasně modro-bílá WAIN. <i>The Story of Fluorescence</i> , s. 38.	jasně modro-bílá; WAIN. <i>The Story of Fluorescence</i> , s. 38.
		slabá modro-bílá; BARMARIN, 2009–2010.
Dolomit CaMg(CO ₃) ₂	žlutavá bílá BARMARIN, 2009–2010.	bez fluorescence (po ochlazení oranžové a žluté pruhy, rovnoběžné se štěpením); McDOUGAL. 1952, s. 429–430.
		žlutavá bílá, zřídka modro-bílá, růžovo-bílá, oranžovo-červená, červená, fialovo-růžová, růžová, zelenavá bílá; BARMARIN, 2009–2010.
Hydromagnezit Mg ₅ (CO ₃) ₄ (OH) ₂ · 4H ₂ O	zelená, zřídka žluto-bílá BARMARIN, 2009–2010.	zelená, zřídka modro-bílá BARMARIN, 2009–2010.

¹²² WAIN. *The Story of Fluorescence*.

¹²³ McDOUGAL, 1952, s. 427–437.

Minerál	UVA fluorescence	UVC fluorescence
Křemen, včetně achátu a chalcedonu SiO ₂	mírná zelená nebo žluto-zelená; WAIN. <i>The Story of Fluorescence</i> , s. 32–33.	zelená nebo žluto-zelená; WAIN. <i>The Story of Fluorescence</i> , s. 32–33.
	modro-bílá, zřídka oranžovo-žlutá; BARMARIN, 2009–2010.	žlutá, zřídka červená BARMARIN, 2009–2010.
Halit NaCl	v přítomnosti vhodných aktivátorů růžová až jasná oranžovo-červená; WAIN. <i>The Story of Fluorescence</i> , s. 36. BARMARIN, 2009–2010.	bez fluorescence (po ochlazení slabá modro-bílá) červená u prizmatických krystalů McDOUGAL. 1952, s. 429–430. BARMARIN, 2009–2010.
Sylvín KCl		rozpité růžové skvrny, růžová; McDOUGAL. 1952, s. 429–430. BARMARIN, 2009–2010.
Sádrovec CaSO ₄ .2H ₂ O	žlutavá bílá, zřídka teplá žlutá, teplá zelenavá; BARMARIN, 2009–2010.	světle zelená nebo bez fluorescence (podle lokality) (po ochlazení oranžovo-žluté pruhy rovnoběžné se štěpením); McDOUGAL. 1952, s. 429–430.
		modravá bílá, zřídka teplá zelenavá; BARMARIN, 2009–2010.
Thenardit Na ₂ SO ₄	silná žluto-bílá; BARMARIN, 2009–2010.	silná bílá; BARMARIN, 2009–2010.
Mirabilit Na ₂ SO ₄ .10H ₂ O		růžovo-bílá; BARMARIN, 2009–2010.
Epsomit MgSO ₄ .7H ₂ O	žlutavá bílá; BARMARIN, 2009–2010.	slabá modrá; BARMARIN, 2009–2010.
Nitronatrit NaNO ₃	žlutá; BARMARIN, 2009–2010.	žlutá; BARMARIN, 2009–2010.
Nitrokalit KNO ₃	bílá; BARMARIN, 2009–2010.	

2.1.4 Vodorozpuštěné soli kontaminující památkové objekty

Přítomnost vodorozpuštěných solí a vlhkosti lze považovat za nejčastější příčiny poškození zdiva, omítek a nástěnných maleb. Zvýšená vlhkost a přítomnost vodorozpuštěných solí se projevují v podobě zvlhlých tmavých ploch na povrchu, postupnou destrukcí povrchu, rozpadem a odpadáváním materiálů nebo výkvěty solí na povrchu i pod povrchem.

Porézní systém umožňuje migraci vlhkosti i solí, ve formě vodných roztoků, do porézních materiálů a konstrukcí, kterými jsou omítky a zdivo. Při transportu vody porézním systémem zdiva a omítek zároveň může docházet

k pohybu vodorozpustných solí.¹²⁴ Obecně mohou být jednotlivé póry v materiálu vzájemně propojené nebo uzavřené, tvar a objem pórů může být libovolný. Objemy pórů se v jednom materiálu mohou lišit, co do velikosti, až o několik řádů. Celkový objem pórů v materiálu udává veličina zvaná pórovitost. Póry vyskytující se v materiálech lze podle velikosti dělit do několika skupin:

Submikroskopické póry: podobné ultrakapilárám o poloměrech 10^{-10} až 10^{-12} m. V těchto pórech se voda nemůže pohybovat.

Mikropóry: chovají se jako kapiláry, jejichž poloměry mají rozměry 10^{-9} až 10^{-8} m. V mikropórech dochází ke kapilární kondenzaci.

Kapilární póry: voda se v těchto pórech chová jako v soustavě kapilár s poloměry 10^{-7} až 10^{-3} m. Pohyb vody je zde vyvolán kapilárními silami.

Makropóry: kapilární jevy v těchto pórech již nejsou zcela patrné a proto se materiál, obsahující tyto póry, do skupiny kapilárně porézních látek nepočítá.

Vodorozpustné soli se do památkových objektů dostávají většinou v závislosti na lidské činnosti, ze znečištěného ovzduší, půdy a povrchových i spodních vod. Dalším zdrojem vodorozpustných solí mohou být materiály použité při procesu restaurování-konzervace nebo dokonce samotný původní materiál. Soli mohou vznikat také korozními procesy materiálů. Rovněž silně mineralizovaná spodní voda může být zdrojem zasolení. Ze složení solí lze někdy usuzovat na jejich původ (Tab. č. 6). Z vodorozpustných anorganických solí se v porézních materiálech zpravidla vyskytují sírany, dusičnany a chloridy, případně dusitany, méně často soli jiných aniontů.¹²⁵

¹²⁴ FÁRA, P. *Sanace vlhkého zdiva*. Společnost pro technologie a ochrany památek: Praha, 2003, s. 5–13.

¹²⁵ STEIGER, M, ZEZZA, F.. Distribution of salt mixtures in a sandstone monument: Sources, transport and crystallization properties. In: *EC Research Workshop on Origin, Mechanisms and Effects of Salts on Degradation of Monuments in Marine and Continental Environments*. European Commission, Protection and Conservation of the European Cultural Heritage. Research Report 4. Bari, 1996, s. 241-46.

Tab. č. 6 Zdroje vodorozpustných solí ve zděných konstrukcích.^{126,127}

Druh soli	Obvyklý zdroj
Chloridy	<ul style="list-style-type: none"> • sůl pro ošetřování komunikací v zimních měsících (soklové partie staveb, klenby uličních traktů); • technologické procesy (potravinářské výroba, chladírenská zařízení, úpravy vody); • chlorové vápno užívané k desinfekci; • mineralizovaná spodní voda.
Dusičnany	<ul style="list-style-type: none"> • rozklad organických hmot (hřbitovy, kanalizace, stáje); • chemická hnojiva, holubí trus (povrch fasád); • technologické procesy (potravinářská výroba); • znečištěná atmosféra; • střelný prach (pevnostní stavby); • močovina pro zimní ošetřování komunikací.
Sírany	<ul style="list-style-type: none"> • znečištěná atmosféra (povrch fasád); • mineralizovaná spodní voda; • přítomností síranů již ve stavebních surovinách (ze sirnatého uhlí při výpalu nebo z přísad při výrobě cementu a cihel); • spalování uhlí (v okolí komínů); • chemická hnojiva.
Další	<ul style="list-style-type: none"> • soli organických kyselin z metabolismů živých organismů; • soli vzniklé při použití hydroxidů a kyselin či vodního skla při restaurování; • amonné soli při spalování dřeva a jiných fosilních paliv; • dusitany, uhličitany.

Přítomnost vodorozpustných solí, jejich migrace i mechanismus a závažnost působení bývají zpravidla podmíněny změnami vlhkosti¹²⁸, teploty, typem a vlastnostmi solí, zejména velikostí krystalizačních a hydratačních tlaků, rozpustností ve vodě, schopností migrovat nebo relativní vlhkostí nad nasycenými roztoky solí.¹²⁹ Soli s nízkou molekulovou hmotností a dobrou rozpustností mívají lepší migrační schopnost než méně rozpustné soli.

Vodorozpustné soli jsou škodlivé především díky vyvíjení hydratačních a krystalizačních tlaků, vznikajících při změně krystalické formy solí v pórech materiálů, tzv. subflorescencí. Podobně, jako u mrazového poškození vodou,

¹²⁶ FÁRA. 2003.

¹²⁷ PRICE, C, A, DOEHNE E. *Stone Conservation: An Overview of Current Research*. [online]. [cit. 24.11. 2016]. The Getty Conservation Institute. Los Angeles. 2010. Dostupné z: http://www.getty.edu/conservation/publications_resources/pdf_publications/pdf/stoneconservation.pdf.

¹²⁸ McALLISTER, D, McCABE, S, SRINIVASAN, S, SMITH, B, J, WARKE, P, A. *Moisture dynamics in building sandstone: implications for transport and accumulation of salts*. In Salt weathering on Buildings and Stone Sculptures. 19-22 October, Limassol, Cyprus. (2011), s. 39-46.

¹²⁹ COUSSY, O. Deformation and stress from in-pore drying-induced crystallization of salt. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*. 54 (2006), s. 1517-1547.

jsou v důsledku objemových expanzí vyvíjeny na stěny pórů tlaky, které postupně narušují vnitřní strukturu materiálu. Objemové změny nastávají při krystalizaci a hydrataci solí, dochází k nim při změnách vlhkosti, zpravidla při vysychání vodných roztoků. Na degradaci porézních materiálů se proto zpravidla podílejí vodorozpustné soli. V konečné fázi může dojít až k úplnému rozpadu materiálu.¹³⁰

Většinou bělavé, práškovité nebo vláknité krystaly solí kumulované na povrchu zdiva, omítky, nástěnné malby či kamene se nazývají výkvěty neboli eflorescence.¹³¹ Výkvěty jsou výsledkem vypařování roztoků solí z pórovitého systému materiálu, všeobecně jsou slabě soudržné a nebývají silně vázány k povrchu.¹³² Výkvěty solí jsou nežádoucí nejen z estetických důvodů, ale také kvůli možnému poškozování povrchu. Jejich výskyt je navíc indikátorem dalších problémů. Pokud dochází k výkvětům na povrchu, je jisté že materiál obsahuje soli i uvnitř a je tedy pouze otázkou času a soudržnosti materiálu, kdy dojde k jeho poškození i ve hmotě.¹³³

Určitou hrozbu dále představují některé špatně rozpustné soli, například sádrovec, jenž může vytvořit nepropustnou krustu, která se v budoucnu může odtrhnout i s částí podkladu.¹³⁴ Za nežádoucí jev lze opovažovat také tzv. sulfatizaci, což je chemická přeměna uhličitanu vápenatého na sádrovec zpravidla působením oxidu siřičitého z okolní atmosféry.¹³⁵ Na základě stejného principu mohou alterovat také jiné karbonátové materiály.

Dalším typickým znakem negativního vlivu solí je zavlhčení částí objektů zasažených vysokým obsahem solí s hygroskopickými vlastnostmi. Tyto soli jsou na sebe schopné vázat vzdušnou vlhkost. Porézní anorganický materiál, obsahující vodorozpustné soli, pak může přijímat mnohonásobně vyšší

¹³⁰ PRICE, DOEHNE. 2010.

¹³¹ BRITO, V, CONÇALVES, T, D. Drying kinetics of porous stones in the presence of NaCl and NaNO₃: Experimental Assessment of the Factors Affecting Liquid and Vapour Transport. *Transp Porous Med* (2013), s. 193–210.

¹³² *Illustrated Glossary on Stone Deterioration patterns – Ilustrovaný glosář projevů poškození kamene*. ICOMOS – ISCS, ITAM 2011.

¹³³ DRIMMER, A. *Masonry Deterioration Problems and Preservation Treatments*. United States National Park Service. Preservation Assistance Division. 1984, s. 11.

¹³⁴ FÁRA. 2003.

¹³⁵ CAMUFFO, D, MONTE, D, M, SABBIONI, C. Origin and growth mechanisms of the sulfated crusts on urban limestone. *Water, Air, and Soil Pollution* May 1983. 19(4), s. 351–359.

množství vody z okolní atmosféry, než by odpovídalo rovnovážné vlhkosti stejného materiálu bez obsahu solí. Zvýšený obsah hygroskopických solí se většinou projevuje ztmavými skvrnami na povrchu porézního anorganického materiálu. Jejich přítomností jsou podmíněny negativní jevy spjaté s výskytem zvýšené vlhkosti, tedy mrazovým poškozením, případně zvýšenou pravděpodobností biologického napadení.

Opakované vysychání a zavlhčování zdiva vede ke vzniku různě zasolených partií. Oblasti s vysokou salinitou mají tendenci více přijímat vodu. Následně dochází k rehydrataci a distribuci solí do nejbližších oblastí.¹³⁶ Vzhledem k tomu, že soli pocházejí z různých zdrojů, je obvyklé, že se jich ve stavební konstrukci nachází několik druhů. Jednotlivé druhy solí se při transportu vody rozdělují do různých výšek a hloubek zdiva.

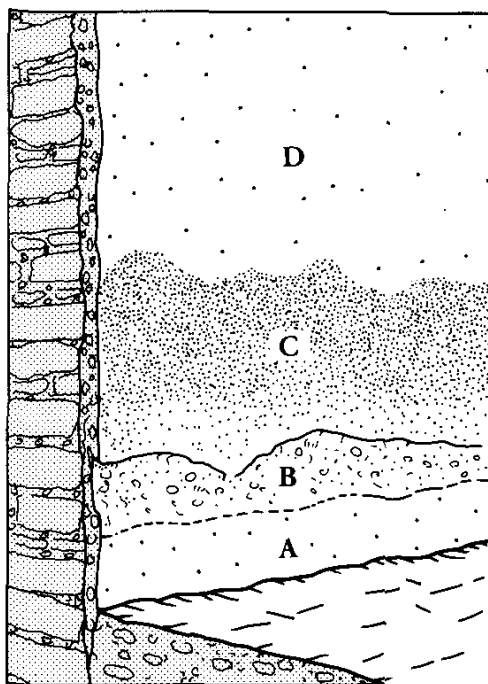
Kromě rozpustnosti je důležitou vlastností solí relativní vlhkost nad jejich nasycenými roztoky, která určuje, v jaké relativní vlhkosti okolního vzduchu mohou soli z nasyceného roztoku krystalizovat. Soli s relativní vlhkostí nad jejich nasycenými roztoky vyšší než cca 75 % krystalizují často, mohou ztrácet krystalovou vodu i při relativně nízké vzdušné vlhkosti. Za vhodných podmínek ji přijímají zpět, přičemž rekrystalizují. Při opakovaných změnách podmínek prostředí se může tento proces neustále opakovat. Soli s relativní vlhkostí nad jejich nasycenými roztoky 50-75 % krystalizují méně často, chovají se stejně jako soli v předchozím případě. Naopak vodorozpustné soli s relativní vlhkostí nad jejich nasycenými roztoky nižší než 50 % krystalizují výjimečně, často se v materiálech vyskytují v roztocích.

¹³⁶ FÁRA. 2003.

Tab. č. 7 Rozpustnost solí a relativní vlhkost nad nasycenými roztoky.¹³⁷

Vzorec	Název	Rozpustnost [g/l]	R.V [%]
CaSO ₄ · 2 H ₂ O	síran vápenatý	2,6	100
K ₂ SO ₄	síran draselný	111	98
KNO ₃	dusičnan draselný	316	95
Na ₂ CO ₃ · 10 H ₂ O	uhličitan sodný	910	92
MgSO ₄ · 7 H ₂ O	síran hořečnatý	1170	90
Na ₂ SO ₄ · 10 H ₂ O	síran sodný	580	87
KCL	chlorid draselný	340	76
NaCl	chlorid sodný	360	76
NaNO ₃	dusičnan sodný	880	75
NH ₄ NO ₃	dusičnan amonný	1920	62
Mg(NO ₃) ₂ · 6 H ₂ O	dusičnan hořečnatý	2850	54
Ca(NO ₃) ₂ · 4 H ₂ O	dusičnan vápenatý	4300	53
K ₂ CO ₃ · 2 H ₂ O	uhličitan sodný	1410	43
MgCl ₂ · 6 H ₂ O	chlorid hořečnatý	3050	33
CaCl ₂ · 6 H ₂ O	chlorid vápenatý	5360	30
Ca(OH) ₂	hydroxid vápenatý	1,6	-
Ca(HCO ₃) ₂	hydrogenuhličitan vápenatý	2,4	-
CaCO ₃	uhličitan vápenatý	0,014	-

¹³⁷ FÁRA. 2003.



Obr. č. 12 Oblasti poškození vlivem vodorozpustných solí v závislosti na výšce zdiva. V oblasti A se vyskytují uhličitany a sírany, v oblasti B se vyskytují uhličitany, sírany a dusičnany, v oblasti C se nejčastěji vyskytují chloridy a některé dusičnany, oblast D prezentuje úsek bez solí.¹³⁸

Na základě výskytu různých druhů solí, závisejících na jejich fyzikálně-chemických vlastnostech a projevu poškození, byly definovány oblasti (zóny) A, B, C, D v závislosti na výšce zdiva, kde D označuje oblast bez solí.¹³⁹ (Obr. č. 12) Obdobné dělení je zmíněno i v bakalářské práci Wichterlové, ovšem s tím rozdílem, že zóny jsou označeny číselně od 1 do 5. Do výšky přibližně 0,5 m (soklová oblast, zóna A) se ve zdivu vyskytují soli s nízkou rozpustností a mobilitou, tedy uhličitany a sírany. Zejména se jedná o CaCO_3 , MgCO_3 a $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Tato oblast bývá rozpoznatelná jako "vlhká mapa" u paty zdi.¹⁴⁰ Již na hranici zón A a B se často vyskytuje rozsáhlé poškození v podobě eflorescence, ale i destrukcí materiálu vlivem subflorescence. V zóně B, ve výšce přibližně 0,5–1 m nad terénem, se také často vyskytují sírany a uhličitany, případně dusičnany, konkrétně jimi jsou Na_2SO_4 , MgSO_4 , CaSO_4 , KNO_3 , Na_2CO_3 . Z těchto vodorozpustných solí pouze KNO_3 krystalizuje při běžné vlhkosti.

¹³⁸ ARNOLD, A, ZEHNDER, K. *Monitoring wall paintings affected by soluble salts*. In: *The Conservation of Wall Paintings*. London (1987), s. 110.

¹³⁹ ARNOLD, ZEHNDER. 1987, s. 110-112.

¹⁴⁰ WICHTERLOVÁ, 2011. s. 14.

V této zóně často dochází k úbytkům materiálu a k eflorescenci. Na rozhraní mezi zónami B a C zpravidla dochází k největšímu poškození. Množství vzlínající vody je zde v rovnováze s množstvím odpařené vody, proto se voda odpařuje pod povrchem a vznikají subflorescence.¹⁴¹ Zóna C odpovídá výšce 1–3 m a zpravidla se zde vyskytují NaCl, KCl, NaNO₃, CaNO₃ nebo MgNO₃. Chloridy a některé dusičnany, vzhledem k jejich nízké rovnovážné relativní vlhkosti, krystalizují málokdy a zůstávají často v roztoku.¹⁴² Na zdivu je tato oblast pozorovatelná jako ztmavlá oblast ohraničená výškou vzlínání.¹⁴³

Tab. č. 8 Vodorozpustné soli nejčastěji se vyskytující v anorganických porézních materiálech památkových objektů (stavební materiály, nástěnná malba).^{144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153}

Skupina solí	Jednotliví zástupci solí
Sírany	Na ₂ SO ₄ / Na ₂ SO ₄ .10H ₂ O, CaSO ₄ .2H ₂ O, MgSO ₄ / MgSO ₄ .7H ₂ O, K ₂ SO ₄
Dusičnany	NaNO ₃ , Ca(NO ₃) ₂ / Ca(NO ₃) ₂ .4H ₂ O, Mg(NO ₃) / Mg(NO ₃) ₂ .H ₂ O, KNO ₃
Chloridy	NaCl, CaCl ₂ / CaCl ₂ .6H ₂ O, MgCl ₂ / MgCl ₂ .6H ₂ O, KCl
Uhličitany	Na ₂ CO ₃ .10H ₂ O, CaCO ₃ , K ₂ CO ₃ , MgCO ₃ .4H ₂ O
Další	oxaláty, fosfáty

¹⁴¹ WICHTERLOVÁ, 2011, s. 14.

¹⁴² ARNOLD, ZEHNDER. 1987, s. 103-135.

¹⁴³ WICHTERLOVÁ, 2011, s. 14.

¹⁴⁴ ARNOLD, ZEHNDER. 1987, s. 103-135.

¹⁴⁵ KLEČKA, T, a kol. *Metody průzkumu vlhkých staveb*. Praha: Vědeckotechnická společnost pro sanaci staveb a péči o památky – WTA CZ, (2007), s 108.

¹⁴⁶ KOTLÍK, P, a kol. *Stavební materiály historických objektů*. VŠCHT Praha. (1999).

¹⁴⁷ KOTULÁNOVÁ, E, A KOL. Wall painting damage by salts: Causes and mechanisms. *Acta Research Reports*, 18, (2009), s. 27–31.

¹⁴⁸ ZEHNDER, K. Long-term monitoring of wall paintings affected by soluble salts. *Environ Geol* [online]. 52(2), (2007). [cit. 24.11. 2016]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00254-006-0463-2>.

¹⁴⁹ URLAND, A, BORRELLI, E, MUSCATELLO, B, a kol. Salts. *Conservation of architectural heritage historic structures and materials*. [online]. ARC Laboratory Handbook, 3(99), (1999). [cit. 24.11. 2016]. Dostupné z: http://www.iccrom.org/ifrcdn/pdf/ICCROM_14_ARCLabHandbook02_en.pdf

¹⁵⁰ STEIGER, ZEZZA. 1996.

¹⁵¹ CHAROLA, A, E. Salts in the deterioration of porous materials: An overview. *Journal of the American Institute for Conservation*, 39, (2000), s. 327-343.

¹⁵² PRICE, DOEHNE. 2010.

¹⁵³ FÁRA. 2003.

2.1.5 Zobrazovací metody průzkumu využívající UV záření

Fotografie památkových objektů, využívající UV záření, patří mezi zobrazovací metody. Zobrazovací metody při průzkumu uměleckých děl jsou dnes nepostradatelným nástrojem. Jedná se o metody neinvazivní, to znamená, že při využívání těchto metod není žádným způsobem zasahováno do materiálové podstaty díla. V případě nemovitých objektů je možné provést průzkum pomocí zobrazovacích metod *in situ*, a to bez významnějších omezení.

Mezi neinvazivní metody průzkumu řadíme také multispektrální zobrazování, které zahrnuje širokopásmové spektrální snímky, v rozsahu 360–1100 nm,¹⁵⁴ realizované za pomoci různých světelných zdrojů a filtrů nebo speciálně upraveného fotoaparátu.¹⁵⁵



Obr. č. 13 Sada snímků používaných pro multispektrální zobrazování.¹⁵⁶

S technikou zvanou multispektrální zobrazování se setkáváme stále častěji. Snímky jsou pořizovány při určitých vlnových délkách elektromagnetického záření. Z jednotlivých snímků lze o díle získat informace, které by jinak zůstaly skryté lidskému oku. Při multispektrálním zobrazování lze využít také techniku tzv. falešných barev (False color imaging). Princip metody spočívá v míchání barevných kanálů dvou shodných záběrů pořizovaných v různém spektru záření (obvykle UV – VIS nebo IR – VIS). Snímek v UV nebo IR je softwarově převeden (například v programu Adobe Photoshop) do jedné ze základních barev viditelného spektra a ostatní kanály se posunou. Barevný

¹⁵⁴ COSENTINO. *Effects of different binders on technical photography and infrared reflectography of 54 historical pigments*. 2015, s. 287.

¹⁵⁵ COSENTINO. *Effects of different binders on technical photography and infrared reflectography of 54 historical pigments*. 2015, s. 287.

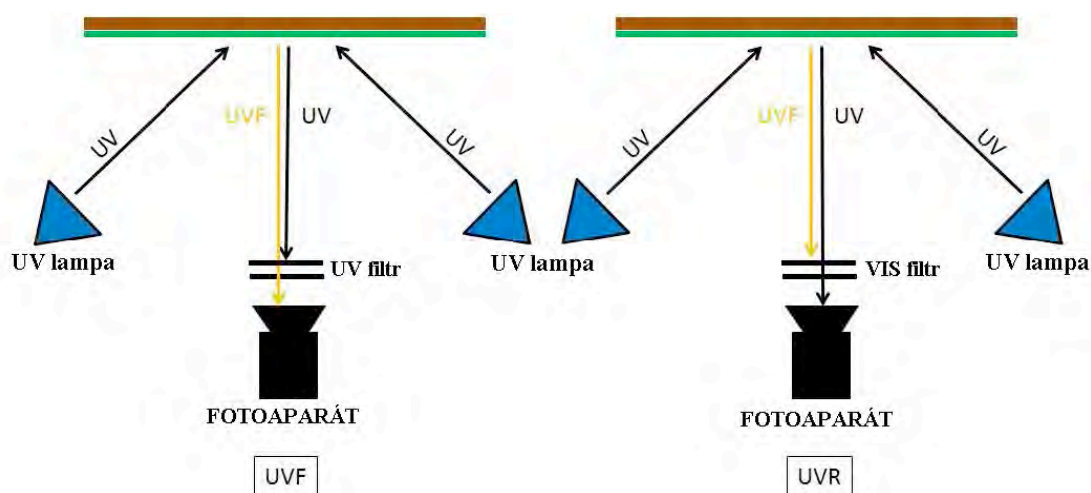
¹⁵⁶ zahrnující v tomto případě snímek ve viditelném světle, UV fluorescenční fotografii, UV reflektografii, infračervenou fluorescenci, snímek v infračervených falešných barvách a infračervenou reflektografii.

Training for a Conservation Studio in Vicenza, Italy. *Cultural heritage science open source*. [online]. (cit. 2. 8. 2017) dostupné z: <http://chsopensource.org/2015/03/09/training-for-a-conservation-studio-in-vicenza-italy/>.

prostor R-G-B se tímto převodem stane jiným prostorem například UV-R-G.¹⁵⁷ Výsledné snímky se dále označují jako UVFC (Ultraviolet False Color) nebo IRFC (Infrared False Color). Snímky v tzv. falešných barvách poskytují další, v běžném světle nezachytitelné informace, například se mohou lépe zviditelnit vrstvy s obdobným materiálovým složením, nejčastěji stejnými pigmenty.^{158, 159}

V rámci průzkumu památek se UV záření využívá ve dvou následujících zobrazovacích metodách:

1. UV fluorescenční (UVF) fotografie neboli fotografie viditelné fluorescence indukované ultrafialovým zářením;
2. UV reflektografie (UVR) neboli fotografie odraženého UV záření.¹⁶⁰



Obr. č. 14 Princip ultrafialové fluorescenční fotografie (UVF) a ultrafialové reflektografie (UVR).¹⁶¹

¹⁵⁷ HRADILOVÁ, J. HRADIL, D TRMALOVÁ, O. *Metodika pro vizualizaci vnitřní struktury malířského díla s využitím nových metod na bázi rentgenového záření*, Akademie výtvarných umění v Praze, Laboratoř ALMA, Ústav technické a experimentální fyziky ČVUT, 2015, s. 7.

¹⁵⁸ GLÁSER, P, MAREK, Z. *Exkurz 3: Moderní techniky restaurátorské dokumentace nástěnných maleb, Průzkumy památek II, NPÚ, (2015).*

¹⁵⁹ HRADILOVÁ, HRADIL, TRMALOVÁ. 2015, s. 7.

¹⁶⁰ COSENTINO. *Effects of different binders on technical photography and infrared reflectography of 54 historical pigments.* 2015, s. 287–298.

¹⁶¹ COSENTINO. *Practical notes on ultraviolet technical photography for art examination.* 2015.

2.1.5.1 UV fluorescenční fotografie

V oblasti restaurování-konzervace se viditelná fluorescence objektů indukovaná ultrafialovým zářením zaznamenává obrazově, většinou fotograficky, zpravidla ve tmě. Objekt je ozařován speciální lampou, nebo více lampami emitujícími UV záření, zároveň je pozorováno a zaznamenáváno viditelné světlo vyzařované objektem, tedy viditelná fluorescence. Zdroj záření (UV lampa) je opatřen filtrem, který odfiltruje nežádoucí viditelné světlo (VIS) ze zdroje. Na povrch objektu dopadá pouze UV záření. To se částečně odráží (UV), částečně je jeho část některými materiály na povrchu objektu pohlcována za vzniku fluorescenčního záření (UVF). Pokud má být zachycena fluorescence (UVF), je před objektivem fotoaparátu umístěn blokační UV filtr, který luminiscenční záření propouští, ale zabraňuje průniku odraženého UV záření. Při ultrafialové reflektografii má být zaznamenáno odražené UV záření, je proto použit filtr viditelného světla (VIS filtr), který propouští pouze UV záření.¹⁶²

Poměrně komplikovaný, ale přesný a zcela výstižný název metody je fotografie viditelné luminiscence indukované ultrafialovým zářením,¹⁶³ případně fotografie viditelné fluorescence indukované ultrafialovým zářením. Název se běžně zkracuje na UV luminiscenční fotografii nebo UV fluorescenční fotografii. Popsaný jev, tedy viditelná luminiscence, či fluorescence, generovaná ultrafialovým zářením se často zjednodušeně nazývá UV luminiscencí či UV fluorescencí. Pro účely textu a jeho zjednodušení jsou upřednostňovány zkrácené názvy UV fluorescence, případně pouze fluorescence a UV fluorescenční fotografie.¹⁶⁴

Informace získané pomocí UV fluorescenční fotografie bývají často považovány pouze za doplňkové, spíše než za nástroje k identifikaci látek. Je to způsobeno také tím, že fotografické metody neumožňují korektní koloristické reprodukce ani kvalitativně správné radiometrické nebo fotometrické vyhodnocení, proto nemohou být považovány za spolehlivé pro další zpracování dat a analýzy. To je způsobeno omezeným množstvím nastavitelných údajů¹⁶⁵

¹⁶² COSENTINO. Practical notes on ultraviolet technical photography for art examination. 2015.

¹⁶³ DYER, VERRI, 2013.

¹⁶⁴ V angličtině se často používají následující termíny: UV induced visible luminiscence, UV induced visible.

¹⁶⁵ PELAGOTTI, PEZZATI, PIVA, DEL MASTIO. 2006.

a také odlišnými přístupy jednotlivých uživatelů a institucí.¹⁶⁶ Další překážkou tradičně používaného systému je skutečnost, že některé lampy nejsou čistými zdroji UV záření. Tyto lampy mohou vykazovat zbytkovou emisi viditelného světla, která je prolnta s fluorescenční emisí a může tak ovlivňovat správné pořizování a reprodukování intenzit a barevnosti UV fluorescenčních snímků. Jediným druhem, v současnosti používané, spolehlivé dokumentace fluorescence je získávání fluorescenčních spekter na vybraných místech, nebo častěji vzorků, ve spektrofluorimetru.^{167,168} Nicméně poslední jmenovaná je invazivní metodou průzkumu. Kromě toho, tyto techniky mohou zaměřit pouze omezený počet bodů, které musí být pečlivě vybrány, tak aby přinesly relevantní informace. Naproti tomu zobrazovací techniky měří celý povrch, a tím se vyhýbají těmto problémům. Navíc jejich výsledky zachovávají vizuální aspekty zkoumaných objektů, a to je dělá snadněji přístupné a čitelné.¹⁶⁹

UV fluorescenční fotografie je využívána také při mikroskopickém průzkumu malých vzorků, ať už v podobě kusových vzorků nebo nábrusů či výbrusů. Mikroskop je v tomto případě, kromě zdroje viditelného světla, opatřen také zdrojem UV záření. I v tomto případě je fluorescence běžně zaznamenávána fotoaparátem, případně digitální kamerou.¹⁷⁰

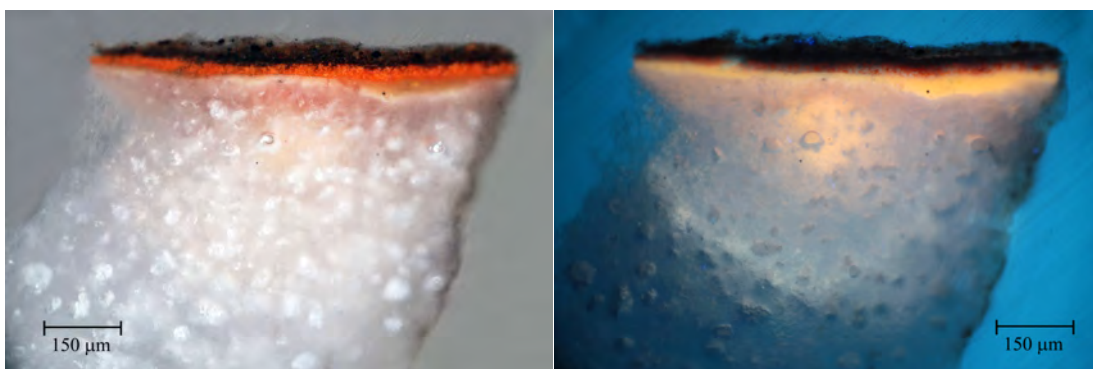
¹⁶⁶ DYER, VERRI, 2013, s. 1.

¹⁶⁷ COSENTINO. Practical notes on ultraviolet technical photography for art examination. 2015, s. 58.

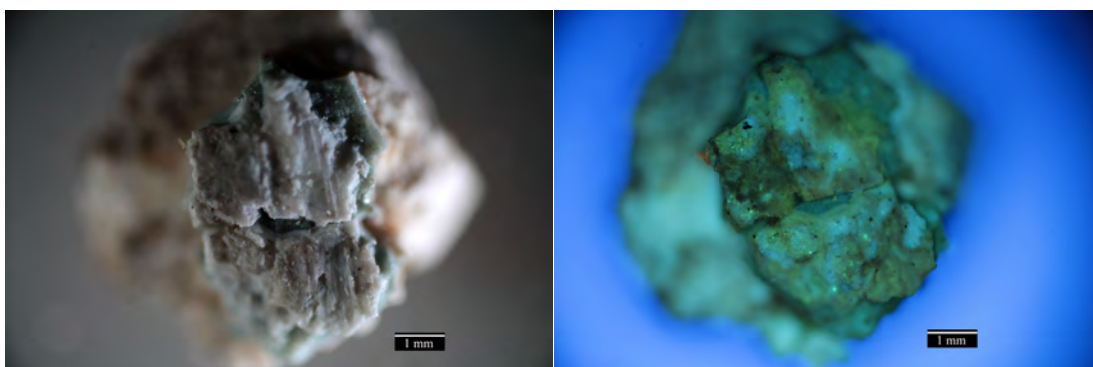
¹⁶⁸ PELAGOTTI, PEZZATI, PIVA, DEL MASTIO. 2006.

¹⁶⁹ *Ibidem*.

¹⁷⁰ MAGRINIA, D, BRACCIA, S, SANDU, I. C. A. Fluorescence of organic binders in painting cross-sections. *Procedia Chemistry* [online]. 2013, vol. 8 [cit. 12.8. 2016], s. 194–201. Dostupné z: http://www.academia.edu/15001636/Fluorescence_of_organic_binders_in_painting_cross-sections.



Obr. č. 15 Mikrosnímky nábrusu vzorku v bílém světle a v UV záření.¹⁷¹



Obr. č. 16 Snímky kusového vzorku v bílém světle a v UV záření.¹⁷²

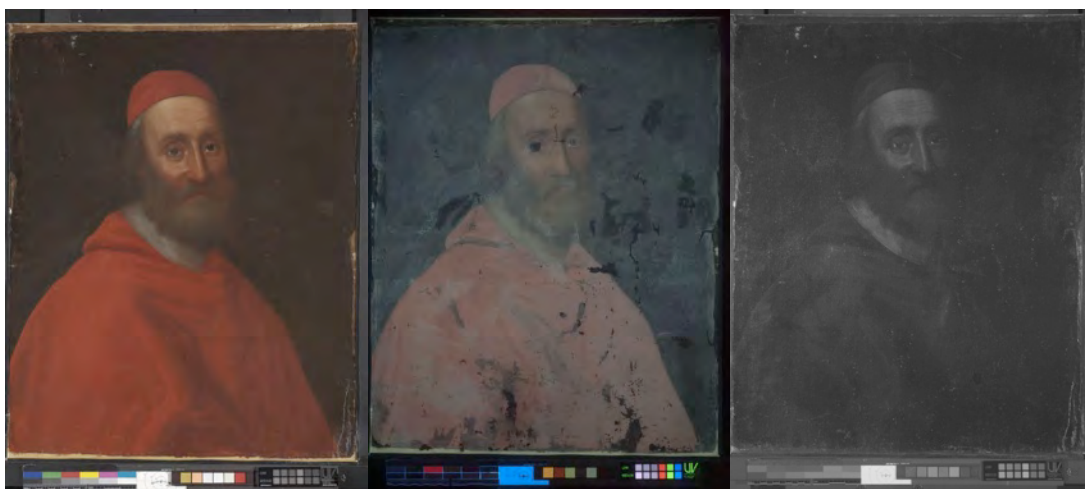
2.1.5.2 UV reflektografie

Kromě UV fluorescenční fotografie je při průzkumech uměleckých děl pomocí UV záření využívána již zmíněná zobrazovací technika, kterou je tzv. UV reflektografie, míněno fotografie odraženého UV záření (UVR). Při této metodě je objekt vystaven UV záření, podobně jako při UV fluorescenční fotografii (UVF), zaznamenává se však odražené UV záření a ne viditelná fluorescence. V případě UV fluorescenční fotografie je tedy fotoaparát zachycováno viditelné světlo, které objekt emituje po excitaci UV zářením, zatímco v případě UV reflektografie je zachycováno ultrafialové záření objektem odražené. Jelikož je snímáno UV záření, barevnost záznamu je v odstínech šedi.

¹⁷¹ s šelakovou vrstvou propenetrovanou do podložky ve viditelném světle a UV záření. Šelaková vrstva má v UV záření charakteristickou oranžovou fluorescenci. Sádrový odlitek návrhu na pomník Jana Husa od Stanislava Suchardy. (Polarizační mikroskop Eclipse LV100D-U (Nikon). Autor snímků: Ing. Petra Lesniaková, Ph.D.

¹⁷² souvrství povrchových úprav ve viditelném světle a v UV záření. Sv. Jan Evangelista, vápenec, Slavonice. Autor snímků: Ing. Petra Lesniaková, Ph.D.

Záznamová technika musí být opatřena optikou, která dovoluje průchod a záznam UV záření a současně také filtry odstraňujícími viditelné světlo.



Obr. č. 17 Série fotografií závěsného obrazu, zleva: fotografie ve viditelném světle, UV fluorescenční fotografie a UV reflektografická fotografie.¹⁷³

Odražené ultrafialové záření (snímky UVR), stejně jako UV fluorescenční fotografie, přináší informace jen o povrchové vrstvě. UVR představuje užitečný nástroj pro identifikaci bílých pigmentů, jako jsou titanová běloba a zinková běloba, které jsou zřetelně zobrazeny ve velmi tmavém UVR snímku, a to zejména ve srovnání s jinými bílými pigmenty, jmenovitě s olovnatou bělobou a lithoponem.¹⁷⁴

Z výše uvedených skutečností se zdá, že UVR má velmi omezené využití v porovnání s UVF fotografiemi.

2.1.6. Vybrané aspekty fotografické dokumentace památkových objektů

Digitální fotodokumentace a počítačové zpracování snímků v oboru restaurování–konzervování je dnes již rutinně používanou technikou. V praxi tato technika přinesla vyšší kvalitu a především kvantitu pořizovaných snímků. Digitální snímání, společně s počítačovým zpracováním, zásadně rozšiřuje pole

¹⁷³ GARMAN, P, H, GARMAN, R, E. Paintings. Art Conservation Department. [online]. [cit. 1.8. 2017] Dostupné z:<http://artconservation.buffalostate.edu/paintings> .

¹⁷⁴ COSENTINO. Practical notes on ultraviolet technical photography for art examination. 2015, s. 58–59.

využití fotografie pro dokumentaci uměleckých děl. Ovšem tyto možnosti bývají v praxi často bohužel opomíjeny.

V rámci Evropy vzniklo v posledních letech několik projektů zabývajících se dokumentací památek s využitím UV záření. Největší pozornost je již tradičně věnována průzkumu závěsných obrazů, ale v menší míře i průzkumu nástěnných maleb. V popředí zájmů stojí vývoj techniky multispektrálního snímání a její využití pro rozbor, poznání díla a pro jeho ochranu.

V našem prostředí je nejznámější publikací, zabývajícím se průzkumem památek nejen s využitím UV záření, kniha B. Slánského,¹⁷⁵ která je nicméně stará již více než půlstoletí a nereflektuje tedy ani zdaleka současné trendy. Další literaturou popisující využití ultrafialového záření v restaurování je diplomová práce Machačka¹⁷⁶ a článek Gläsera a Marka v periodiku *Průzkumy památek*.¹⁷⁷ V uvedených dvou zdrojích jsou mimo jiné uvedeny i příklady praktického využití moderních technik restaurátorské dokumentace nástěnných maleb. Uvedené informace ve článku se shodují i s některými články zahraničními, například od Consentina.¹⁷⁸

Pořizování kvalitní fotodokumentace nástěnných maleb (ve viditelném světle i v UV záření) může být často velice náročné. Jedná se zpravidla o rozměrná díla, mnohdy velice špatně přístupná. Některé z výše uvedených problémů fotodokumentace může vyřešit multisnímková fotografie. Multisnímkové obrazy jsou sestaveny z několika snímků pořízených za standardních podmínek a nastavení. Vzniká snímek, který není omezený záběrem objektivu a není nutné složitě nasvécovat celou plochu díla. Pro pořízení takové dokumentace je možné použít objektivy s delším ohniskem a tím se vyvarovat optickým vadám. Pro snímání je také výhodné použít automatickou panoramatickou hlavu. Tato pomůcka dokáže sama rozdělit zvolenou oblast záběru na potřebný počet fotografií a nasnímat je. U multisnímkové dokumentace je třeba nasvítit pouze právě pořizovaný snímek. Tento princip dále také velice usnadňuje použití umělých zdrojů záření mimo rozsah viditelného

¹⁷⁵ SLÁNSKÝ. 1956.

¹⁷⁶ MACHAČKO. 2005.

¹⁷⁷ GLÁSER, MAREK. 2015.

¹⁷⁸ COSENTINO. Practical notes on ultraviolet technical photography for art examination. 2015, s. 53–62.

světla.^{179,180} Motorizovaná panoramatická hlava, jako například *GiGaPan EPIC Pro*, může být naprogramována tak, aby automaticky otáčela fotoaparát, uvolnila závěrku a pořídila snímky bez chyby v paralaxe.^{181,182}

Pelagotti popisuje nový způsob pořizování digitálních multispektrálních fluorescenčních snímků. Pro tento způsob je zásadní odfiltrovaný zdroj UV záření, vysoce citlivý fotoaparát, sedm interferenčních filtrů¹⁸³ a softwarová analýza.¹⁸⁴ Tímto způsobem může být pořízeno sedm monochromatických obrazů, z nichž každý je vyfocen s jiným filtrem a tudíž, v jiném spektrálním pásmu. Pořízené snímky mohou být dále upraveny, kalibrovány a zpracovány s cílem shromáždění informací o díle.¹⁸⁵

Dyer a Verri se detailně zabývali problematikou pořizování multispektrálních a fluorescenčních snímků. Pokusili se vytvořit metodiku pořizování snímků, nezávislou na použitém zařízení, umožňující lepší reprodukovatelnost a meziregionální porovnání snímků.¹⁸⁶

Podobu UV fluorescenčních fotografií mohou ovlivňovat různé fenomény. V první řadě je to použitá technika, ale i nastavení fotoaparátu, a také závěrečné úpravy snímků pomocí počítačových programů. Zde narážíme na problematiku, hojně diskutovanou v oboru restaurování–konzervace. Na půdě České republiky a zdá se, že ani jinde ve světě, neexistuje norma ani žádné doporučení pro pořizování UV fluorescenčních snímků. Pelagotti ve svém článku také upozorňuje, že dnes nejsou stanoveny prakticky žádné použitelné standardy pro pořizování multispektrálních fluorescenčních snímků.¹⁸⁷

¹⁷⁹ GLÁSER, MAREK. 2015.

¹⁸⁰ COSENTINO. Practical notes on ultraviolet technical photography for art examination. 2015, s. 55.

¹⁸¹ Situace, kdy obraz v hledáčku přesně neodpovídá tomu, co se objeví na snímku, v důsledku odchylky polohy hledáčku a objektivu.

¹⁸² COSENTINO, A. A practical guide to panoramic multispectral imaging. *e-Conservation Magazine* 25 [online].(2012), [cit. 25.5. 16]. Dostupné z: <http://chsopensource.org/panoramic%20multispectral%20imaging.pdf>, s. 78.

¹⁸³ Filtry propouštějící pouze úzké pásmo vlnových délek.

¹⁸⁴ PELAGOTTI, PEZZATI, PIVA, DEL MASTIO. 2006.

¹⁸⁵ PELAGOTTI, PEZZATI, PIVA, DEL MASTIO. 2006.

¹⁸⁶ DYER, VERRI. 2013.

¹⁸⁷ PELAGOTTI, PEZZATI, PIVA, DEL MASTIO. 2006.

Požadavek na porovnání snímků jednoho konkrétního díla, získaných v jiných časových obdobích, popř. jinými osobami, či institucemi, pro získání informací o díle, je významný a naléhavý.



Obr. č. 18 UV fluorescenční snímky detailu fresky Agnolia Gaddiho pořízený v bazilice Santa Croce ve Forencii dvěma různými institucemi: Opificio delle Pietre Dure vlevo a Getty Conservation Institute vpravo. Rozdílnost snímků je zřejmá na první pohled.¹⁸⁸

Mezi faktory přímo ovlivňující reprodukovatelnost a porovnatelnost UV fluorescenčních fotografií patří:¹⁸⁹

1. Prostorová nehomogenita záření ze zdroje
2. Zbloudilé okolní záření
3. Vliv fotoaparátu (typ fotoaparátu, či objektivu, kalibrace)
4. Efekty směsí pojiv a pigmentů

Prostorová nehomogenita záření ze zdroje se projevuje nežádoucími tmavými partiemi snímku v porovnání s centrální částí. Proto je podstatné symetrické umístění zdrojů záření tak, aby se zabránilo zrcadlení a stínům a také zajištění kontroly intenzity dopadajícího záření v okolí objektu pomocí fotometru. V případě, že prostorové omezení v okolí objektu brání vhodnému umístění zdrojů záření a přesnému změření intenzity světla, může být

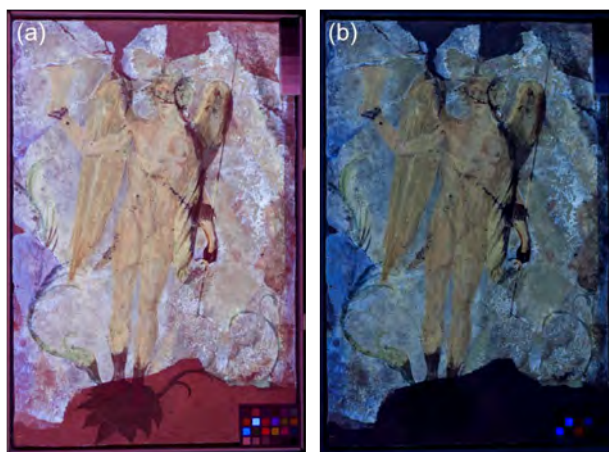
¹⁸⁸ DYER, VERRI. 2013.

¹⁸⁹ DYER, VERRI. 2013, s. 23.

nehomogenita osvětlení řešena prostřednictvím metod následného zpracování.^{190, 191}

V praxi není vždy možné zcela vyloučit okolní nebo parazitní záření. Parazitní záření je fialové a modré světlo a také infračervené záření, které je spojeno s neefektivní filtrací nežádoucího záření ze zdroje UV záření. Například LED zdroje záření obvykle emitují IR záření. Komerčně dostupné fluorescenční zdroje záření ve viditelné oblasti také emitují část IR záření.¹⁹² Pro omezení vlivu parazitního záření se využívají filtry.¹⁹³

Okolní nebo parazitní záření může být z UV fluorescenčních snímků odstraněno metodami následného zpracování. Pro odstranění nežádoucích vlivů musí být při snímání UV fluorescenčního snímku použita spektrální difúzní šedá škála nebo spektrální difúzní odrazivé standardy. Při následném zpracování umožní škály nebo standardy vyhodnocení a eliminaci nežádoucího parazitního záření nebo vyvážení bílé (při použití ve viditelném světle).¹⁹⁴



Obr. č. 19 UV fluorescenční fotografie detailu fragmentu nástěnné malby. Fotografie a) byla pořízena za přítomnosti červeného rozptýleného světla z okolí, b) představuje snímek pořízený za stejných podmínek, ovšem po odstranění parazitujícího červeného záření.¹⁹⁵

¹⁹⁰ DYER, VERRI. 2013, s. 10.

¹⁹¹ DYER, VERRI. 2013, s. 23.

¹⁹² COSENTINO. Practical notes on ultraviolet technical photography for art examination. 2015, s. 53–62.

¹⁹³ DYER, VERRI. 2013, s. 24.

¹⁹⁴ DYER, VERRI. 2013, s. 26.

¹⁹⁵ DYER, VERRI. 2013

2.1.7 Technické vybavení pro UV fluorescenční fotografii

Vybavení pro pořizování UV fluorescenční fotografie s předpokladem následného zpracování:¹⁹⁶

- Zdroje UV záření
- Fotoaparát
- UV ochranné brýle
- UV, popř. IR blokující filtr schopný odfiltrovat ultrafialové záření a parazitní záření od vlnové délky 418 nm a níže, popř. infračervené záření od vlnové délky 700 nm a výše (například *Schott KV418 + IDAS-UIBAR*)
- Barevná kalibrační tabulka, Dyer a Verri doporučují kalibrační tabulku *Macbeth*¹⁹⁷
- Spektrální difúzní odrazná šedá škála (Spectralon diffuse reflectance grey scale) nebo spektrální difúzní odrazivé standardy¹⁹⁸

2.1.7.1 Zdroje UV záření

Za účelem získání dostatečného množství dopadajícího záření v požadovaném rozsahu vlnových délek, spolu s účinnou filtrací tohoto zařízení, je volba vhodných zdrojů UV záření rozhodující pro pořizování UV fluorescenční fotografie.

V minulosti (od roku 1903) byl jako zdroj UV záření používán železný oblouk nebo železné jiskřiště. Následně došlo k četným inovacím v produkci UV trubic a filtrů a byly vyrobeny silnější a účinnější zařízení.¹⁹⁹

Na některých restaurátorských pracovištích se používají, vedle zdrojů emitujících dlouhovlnné UVA záření, lampy emitující krátkovlnné UVC záření nebo kombinace obou. Důvodem je to, že některé látky, zejména pak minerály,

¹⁹⁶ DYER, VERRI. 2013, s. 82.

¹⁹⁷ DYER, VERRI. 2013, s. 57.

¹⁹⁸ DYER, VERRI. 2013, s. 58.

¹⁹⁹ WILKINS, 2008, s. 3.

fluoreskují pouze v krátkovlnném UVC záření, které je ale nebezpečné pro živé organismy.²⁰⁰

Intenzita UV záření se běžně uvádí v mikrowattech na čtvereční centimetr ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$). Pro dokumentaci uměleckých děl se doporučuje výkon lampy okolo $50 \mu\text{W}/\text{cm}^2$. Pokud je expozice snímání omezena na několik sekund, nedojde k žádným škodám na uměleckých dílech. Toto záření je mnohem menší než přirozené UVA záření ze slunce, které se pohybuje v rozmezí hodnot 500–1500 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$.²⁰¹

V běžné praxi se využívají výlučně umělé zdroje UV záření. Existují tři druhy těchto zdrojů UV záření:

1. Fluorescenční zářivka
2. Rtuťová výbojka
3. LED lampa

Uvedené typy zdrojů UV záření se z hlediska praktického využití, při restaurátorských průzkumech, vyznačují určitými klady i zápory.

1. **Fluorescenční zářivky:** Pozitivní vlastností je snadná manipulovatelnost s některými malými zářivkovými zdroji, zvanými též black light blue, které lze využít při orientačních průzkumech detailů zkoumaného objektu. Tato metoda byla velice oblíbená především pro svou finanční nenáročnost. UV zářivky jsou samy o sobě levné a snadno dostupné, navíc mohou být namontovány na přístroje pro běžné zářivky. Zářivek (trubic) může být použito tolik, kolik je potřeba k poskytnutí UV záření nezbytného pro interiérové fotografie. Podstatnou nevýhodou je, že povrch zářivek je velmi velký, proto nemůže být odfiltrováno fialové světlo a infračervené záření, které je trubicemi také produkováno. Tato nevýhoda byla akceptovaná většinou konzervátorsko-restaurátorských ateliérů zejména proto, že zkoumání bylo omezeno na lokalizaci přemaleb. Na druhou stranu, fialové světlo neumožňuje dostatečně citlivou detekci UV fluorescenci originálních

²⁰⁰ SIMPSON, GRAND, M. 2000, s. 2.

²⁰¹ COSENTINO. Practical notes on ultraviolet technical photography for art examination. 2015 s. 53–62.

barevných vrstev a laků, které by měly být zcela zřejmé.^{202, 203} Pereira ve svém článku uvádí, že pro UVF fotografie používá dvě lampy společnosti *General Electric Wood* (GE F20112 BLB, 20W, 60 cm dlouhá zářivka s černým světlem).²⁰⁴

2. **Rtuťové výbojky:** Nejčastěji používané budící zdroje pro zobrazovací techniky, které vyžadují UV záření jsou UV-A skleněné rtuťové výbojky (vlnová délka 365 nm), známé také jako Woodovy lampy.^{205, 206} Výhodou lampy s rtuťovou výbojkou je především vysoká intenzita záření. Další výhodou představuje filtr obvykle montovaný přímo na lampu, který poskytuje výbornou filtraci. Lampy produkují určité množství tepla, proto by neměly být ponechány v těsné blízkosti povrchu artefaktu po delší dobu. Velkou nevýhodou v praxi je skutečnost, že touto lampou není osvětlena celá plocha malby. Uvedený problém bývá někdy řešen technikou "light painting". Technika spočívá v postupném osvětlení celé plochy UV lampou během dlouhé expozice fotoaparátu. Další metodou snímání celé plochy ozařované lampou se rtuťovou výbojkou je použití panoramatické metody. Pomocí panoramatické hlavy je postupně nasnímána celá plocha malby. Rtuťové výbojky jsou zpravidla dražší, používají se s transformátorem, což může do určité míry obnášet zhoršenou manipulovatelnost, v porovnání se zářivkami.²⁰⁷
3. **LED lampy:** Mají stejnou kvalitu UV záření jako lampy se rtuťovou výbojkou, ale s více výhodami. Zapnou se okamžitě, nezahřívají se a jsou velmi lehké a odolné. Tyto LED světelné zdroje musí být filtrovány. Pro odfiltrování fialového světla se využívají UV-propustná skla odpovídající filtru BW 403. Cosentino doporučuje pro UV fotografii (UVF a UVR) LED lampy *hight flux*

²⁰² MILIONOVÁ. 2014. s. 47 – 48.

²⁰³ COSENTINO. Practical notes on ultraviolet technical photography for art examination. 2015, s. 53–62.

²⁰⁴ PEREIRA, L, B. UV fluorescence photography of works of art: Replacing the traditional UV cut filters with interference filters. *International Journal of conservation science*, (2010), 1(3), s. 163.

²⁰⁵ jméno podle Roberta W. Wooda, který v roce 1920 vytvořil sklo s oxidy niklu, který má tu vlastnost, že dokáže blokovat většinu viditelného záření při transmisi UV a IR záření.

²⁰⁶ DYER, VERRI. 2013, s. 48.

²⁰⁷ COSENTINO. Practical notes on ultraviolet technical photography for art examination. 2015, s. 53–62.

Nichia 365 nm nebo *Xenopus Electronix UV high-Flux 365 nm LED* (filtrovány UV propustným sklem)²⁰⁸. K dispozici jsou i UV LED diody od jiných značek (například Roithner), jejichž výstup má velmi úzké pásmo UV záření a žádnou kontaminaci fialovým světlem.²⁰⁹

Dosud zmíněné UV lampy mají hlavní emisní vrchol při 365 nm. UV fluorescence může být také vyvolána lampami emitujícími při 254 nm, tato metoda se nazývá UVF 254. Takové lampy musí být používány s extrémní opatrností, protože UV záření v těchto vlnových délkách je extrémně nebezpečné pro oči a kůži. Jako konkrétní příklad tohoto typu UV lampy lze uvést lampu *Spectroline miniMAX UV-5F*.²¹⁰

V mineralogii se používají lampy s vestavěnými krátkovlnnými (UVC) i dlouhovlnnými (UVA) výbojkovými trubicemi.²¹¹

Na půdě Fakulty restaurování UPa jsou pro průzkum v UV záření dostupné UV lampy *UVA SPOT 400T* značky *Hönle UV Technology*.²¹² Tyto výbojkové UV lampy emitují UV záření v rozsahu vlnových délek 315–400 nm, uvedený rozsah vlnových délek odpovídá dlouhovlnnému UVA záření. Intenzita UVA záření při vzdálenosti 20 cm činí 30 mW / cm², při vzdálenosti 50 cm je intenzita snížena na 5 mW / cm².²¹³ Na UV lampu se zářivkou *400F/2 no 00338* je namontován filtr *BL. (UV 400T F BL)*.²¹⁴

²⁰⁸ COSENTINO. *Effects of different binders on technical photography and infrared reflectography of 54 historical pigments*. 2015, s. 288–298.

²⁰⁹ COSENTINO. *Practical notes on ultraviolet technical photography for art examination*. 2015, s. 53–62.

²¹⁰ COSENTINO. *Effects of different binders on technical photography and infrared reflectography of 54 historical pigments*. 2015, s. 288–298.

²¹¹ WILKINS, 2008, s. 3.

²¹² HÖNLE, K. *Hönle UV technology*. Head of Hönle Group [online]. 2017. [cit. 13.8. 2017]. Dostupné z <https://www.hoenle.de/>.

²¹³ UVA-Spot 400/T Blacklight Großflächenstrahler Dr. Hönle. *Deffner&Johann: Restaurierungsbedarf und Denkmalpflege – seit 1880*. [online]. 18.11. 2015. [cit. 13.8. 2017]. Dostupné z: <http://www.deffner-johann.de/uva-spot-400-t-blacklight-grossflaechenstrahler-dr-hoenle.html>.

²¹⁴ HÖNLE. *UVASPOT 400/T*. Betriebsanleitung. München, Germany: honle UV technology, 2008.

2.1.7.2 Fotoaparáty pro UV fluorescenční fotografii

Komerčně dostupné fotoaparáty jsou navrženy tak, aby produkovaly esteticky příjemné snímky, nikoli pro vědeckou analýzu uměleckých děl. Z toho důvodu může často docházet k nežádoucím změnám pořizovaných snímků. Tyto změny jsou nejčastěji způsobeny automatickou úpravou kontrastu, jasu, ostrosti, kontrolou intenzity a vyvážením bílé. Pomocí těchto nastavení dochází k modifikaci snímků tak, aby se co nejvíce přiblížily tomu, co vnímá lidské oko. Tyto změny však mohou způsobit chybnou interpretaci informací obsažených v multispektrálních snímcích. To platí zejména pro UV fluorescenční snímky. Tyto nekontrolované změny mohou mít významný dopad na spolehlivost a reprodukovatelnost fotografií. Efektivní a smysluplné srovnání snímků pořizovaných v různých časech a pomocí různých nástrojů může být velice náročné, ne-li nemožné.²¹⁵

Širokopásmové spektrální snímky využívané pro diagnostiku uměleckých děl jsou pořizovány širokospektrálním (multispektrálním) digitálním fotoaparátem, s použitím různých světelných zdrojů a filtrů. Fotoaparáty jsou vybaveny čipy CCD²¹⁶ nebo CMOS²¹⁷, z hlediska běžného uživatele je rozdíl mezi těmito čipy zanedbatelný. Na trhu jsou k dostání ještě i senzory typu Foveon, ale s těmi se lze setkat pouze u digitálních zrcadlovek (DSLR) Sigma.²¹⁸ Tyto čipy (senzory) CCD a CMOS reagují nejen ve viditelném, ale i v infračerveném a ultrafialovém rozsahu spektra, a to mezi asi 360/350²¹⁹ a 1100 nm.^{220,221}

²¹⁵ DYER, VERRI. 2013, s. 8.

²¹⁶ CCD je součástka používaná pro snímání obrazové informace. Uplatnění má například ve videokamerách, digitálních fotoaparátech, faxech, scannerech, čtečkách čárových kódů, ale i v řadě vědeckých přístrojů, jakými jsou například astronomické dalekohledy (včetně Hubbleova dalekohledu). [cit.: Charge-coupled device, Wikipedie otevřená encyklopedie, https://cs.wikipedia.org/wiki/Charge-coupled_device. (citováno 25. 5. 2016)]

²¹⁷ Technologie CMOS (Complementary Metal–Oxide–Semiconductor, doplňující se kov-oxid-polovodič) je používána na převážnou většinu integrovaných obvodů. Používá se na výrobu čipů včetně mikroprocesorů, jednočipových počítačů a elektronické paměti typu SRAM, ale také například na obrazové senzory. [cit.: CMOS, Wikipedie otevřená encyklopedie, <https://cs.wikipedia.org/wiki/CMOS>. (citováno 25. 5. 2016)]

²¹⁸ PIHAN, R. Senzor, velikost senzoru. Fotoroman. [online]. (2011). (cit. 13.8. 2017) Dostupné z: http://fotoroman.cz/glossary/1_senzor.htm.

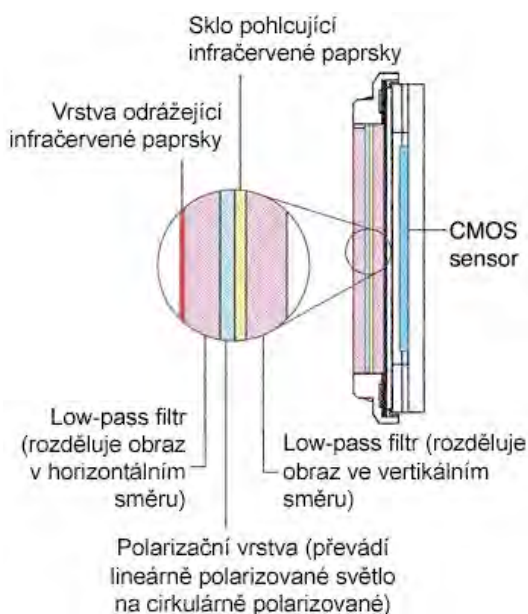
²¹⁹ DYER, VERRI. 2013, s. 44.

²²⁰ COSENTINO. Practical notes on ultraviolet technical photography for art examination. 2015, s. 53–62.

²²¹ COSENTINO. *Effects of different binders on technical photography and infrared reflectography of 54 historical pigments*. 2015, s. 288–298.

V DSLR zaznamenané hodnoty RGB na snímku závisí na spektrální citlivosti senzoru fotoaparátu a charakteristické odezvě vloženého R, G, B, IR filtru. To znamená, že různé senzory mohou vést k různým RGB výstupům pro stejný záběr. Ačkoliv jsou viditelné rozdíly mezi snímky nepatrné, je třeba jim věnovat pozornost.²²²

U fotoaparátů je před senzorem běžně pevně zabudován UV/IR filtr, který má za úkol zamezit dopadání infračerveného a ultrafialového záření s cílem zlepšit čitelnost snímku. Specializované firmy mohou tento filtr odebrat a poté je fotoaparát připraven pro širokospektrální snímání. Širokospektrální fotoaparát pak může být úspěšně použit k získání širokopásmových snímků v infračervené a ultrafialové oblasti, které mohou na malbách odhalit nové informace, jako podkresbu, pentimenti a retuše, zvýšit čitelnost degradovaných nástěnných maleb, nebo mohou být použity pro archeologickou dokumentaci.²²³



Obr. č. 20 Schéma řazení masek a filtrů před senzorem.²²⁴

Cosentino uvádí, že pro širokospektrální snímky používá digitální fotoaparát Nikon D800 DSLR s rozlišením 36,3 megapixelů a senzorem CMOS,

²²² DYER, VERRI. 2013, s. 18.

²²³ COSENTINO. Practical notes on ultraviolet technical photography for art examination. 2015, s. 54.

²²⁴ PIHAN, R. Tipy a Triky nejen pro začátečníky, díl 8. - Lze nahradit barevné a jiné filtry softwarově?: *Digimanie*. [online]. 24.4.2016. [cit. 13.8. 2017]. Dostupné z <https://www.digimanie.cz/tipy-a-triky-nejen-pro-zacatecniky-dil-8-lze-nahradit-barevne-a-jine-filtry-softwarove/1350>.

modifikovaný na “úplné spektrum” s citlivostí v rozmezí 360 až 1100nm.²²⁵ Dále uvádí, že je fotoaparát při snímání UV fluorescenčních snímků připojen k počítači, aby mohl být zaostřen i mimo viditelné režimy (VIS) za použití živého náhledu.²²⁶

Pereira uvádí, že pro UVF fotografování uměleckých děl používá fotoaparát Nikon D70 DSLR s rozlišením 6,1 megapixelů,²²⁷ v článku není uvedena žádná modifikace tohoto fotoaparátu.

Při snímání UV fluorescenčních snímků je zachycována viditelná UV fluorescence. V případě, že je daný fotoaparát určen pouze pro snímání snímků VIS a UVF by nemělo být nutné provádět na daném přístroji odstranění zabudovaného IR filtru.

Na ateliéru Restaurování a konzervace děl nástěnné malby Fakulty restaurování UPa se pro focení VIS a UVF snímků běžně používají fotoaparáty značky Canon. Pro experiment byl zvolen konkrétně typ Canon EOS 60 D. Jedná se o digitální zrcadlovku vybavenou snímačem CMOS s rozlišením 18 megapixelů.²²⁸ Na tomto přístroji nebyla provedena žádná modifikace

2.1.7.3 Filtry pro UV fluorescenční fotografii

Pokud zdroj zdroj UV záření není opatřen filtrem, měl být nainstalován bariérový filtr, pro eliminaci záření z nežádoucích částí elektromagnetického spektra například viditelného světla a infračerveného záření nebo části UV záření. Pereira ve svém článku uvádí, že se například se používá filtr Schott DUG11X, který uvádí ve svém článku i Dyer.^{229,230}

²²⁵ COSENTINO. *Effects of different binders on technical photography and infrared reflectography of 54 historical pigments*. 2015, s. 288 –298.

²²⁶ COSENTINO, A. Identification of pigments by multispectral imaging; a flowchart method. *Heritage Science*, 2014. s. 2-8.

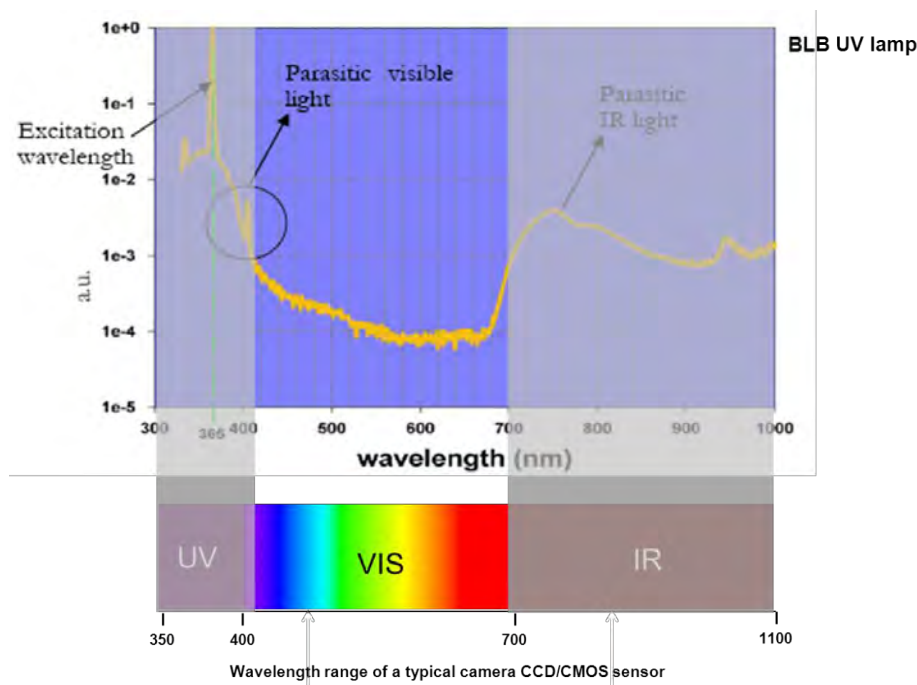
²²⁷ PEREIRA, 2010, s. 163.

²²⁸ *Canon EOS 60D, Návod k použití*. 2010. s. 2.

²²⁹ PEREIRA, 2010, s. 161.

²³⁰ DYER, VERRI. 2013, s. 48.

Fotografická technika by měla být, mimo jiné, vybavena vhodným filtrem pro odfiltrování odraženého UV záření, zbytkového modrého světla, případně jiného nežádoucího záření.²³¹



Obr. č. 21 Schématické znázornění spektrální výstupní distribuce UV záření z black-light-blue lampy ve srovnání rozsahu vlnových délek snímačů CCD/CMOS. Šedé zastínění ukazuje, které vlnové délky mají být od fotoaparátu odfiltrovány.²³²

Proto, aby se zamezilo zasažení snímače digitálního fotoaparátu silným UV zářením, se doporučuje použít před objektivem efektivnější filtr, než je běžný UV filtr²³³ nebo filtr typu Skylight²³⁴.²³⁵ Tradičně doporučovanými filtry

²³¹ PEREIRA, 2010, s. 162.

²³² DYER, VERRI. 2013, s. 49.

²³³ Úkolem UV filtru je omezit průnik ultrafialového záření do objektivu. Doporučuje se například také při focení na prudkém světle, u moře nebo na horách – tam by se totiž mohlo stát, že fotografie bude bez filtru neostrá, jakoby zahalená mlžným modrým oparem. Často se také doporučuje používat UV filtr vždy jako ochranu fotoaparátu. Našroubovaný filtr je pak totiž jediným místem, které se dostane do kontaktu s prachem, špínou. Zároveň poskytuje jistou ochranu snímači, který je na UV záření extrémně citlivý. Často je také používání nadbytečné, neboť řada digitálních přístrojů již má UV ochranu vestavěnou. (SVOBODA, P. Používáme filtry na digitálních fotoaparátech I: Digimanie. [online]. 9.12.2014. [cit. 13.8. 2017]. Dostupné z <https://www.digimanie.cz/pouzivame-filtry-na-digitalnich-fotoaparatech-i/790>.)

²³⁴ Skylight filtr má barevný nádech (obvykle do růžova) s cílem odstranit přebytek modrého světla vyskytujícího se ve větším množství ve vyšších nadmořských výškách. Jeho účinek je ale poměrně slabý a tak není velký problém ho nahradit správným vyvážením bílé či podobně jako barevné filtry ho realizovat až v PC. (PIHAN, 2016.)

²³⁵ PEREIRA, 2010, s. 162.

pro UV fluorescenční fotografii jsou filtry řady Kodak Wratten E nebo jím ekvivalentní filtry, například skleněný filtr B + V 415 (Schneider).²³⁶

Dnes již nejsou, po dlouho dobu doporučované filtry řady Wratten 2 (nebo ekvivalentní) nejlepší dostupnou možností.²³⁷ Podle Pereiry světle žlutý filtr Kodak Wratten 2 (zejména 2E) blokuje vlnové délky kratší než 430 nm. Přes to, že by měl eliminovat parazitní světlo, jeho použití není ideální, protože dává snímkům žlutý nádech, který je třeba vzít v úvahu při provádění kalibrace a obecně může snížit kvalitu pořizovaného snímku.²³⁸ Kromě toho některé studie naznačují, že tato třída filtrů slábne s expozicí UV záření a je třeba je poměrně často vyměňovat.²³⁹

Novým druhem filtrů, které mohou účinně odstraňovat UV záření, jsou filtry interferenční. Jejich velkou výhodou je, že nevykazují žádnou UV fluorescenci.²⁴⁰ Při použití by měly být uchyceny kolmo k ose čočky, aby byla dosažena maximální účinnost, vzhledem k této charakteristice nejsou vhodné pro použití v kombinaci se širokoúhlými objektivy, protože v opačném případě by rohy obrazu nebyly efektivně odfiltrovány. Další nevýhodou může být to, že jsou obvykle dražší než tradiční filtry.²⁴¹

Pereira provedl srovnání tří různých bariérových UV filtrů:²⁴²

- **Filtr B + W 415** (odstraňující UV záření) od firmy Schneider, jenž je ekvivalentem filtru Wratten 2E, vykazoval v UV záření silnou žlutou fluorescenci. Vlastní fluorescence filtru snižuje konečnou kvalitu výsledného snímku.
- **Filtr B + W 486** (odstraňující UV a IR záření), nově vyvinutý interferenční filtr, který propouští světlo nebo záření o určité vlnové délce a všechny ostatní vlnové délky odstraňuje destruktivní interferencí. Tento filtr, který je dnes jedním z nejvíce doporučovaných pro použití v kombinaci s modifikovanými

²³⁶ PEREIRA, 2010, s. 162.

²³⁷ *Ibidem.*

²³⁸ *Ibidem.*

²³⁹ DYER, VERRI. 2013, s. 50.

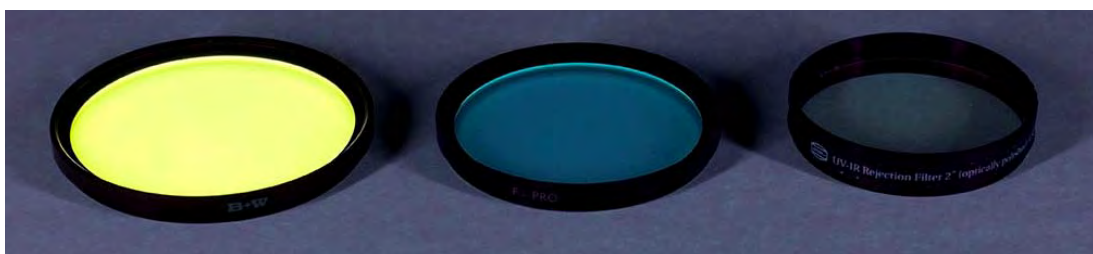
²⁴⁰ PEREIRA, 2010, s. 162.

²⁴¹ *Ibidem.*

²⁴² PEREIRA, 2010, s. 161–166.

fotoaparáty. Filtr nevykazuje žádnou vlastní fluorescenci. Při použití filtru bylo dosaženo lepšího celkového kontrastu a čitelnosti obrazu.

- **Baader UV/IR** (odstraňující UV a IR záření), interferenční filtr, který využívá komplexní interferenční systém dielektrických obalových vrstev. Filtr je výrobkem firmy vyrábějící produkty pro astronomy. Je vyvinut pro použití na teleskopu a je tedy v dispozici pouze při maximálním průměru 48 mm. Filtr nevykazuje žádnou vlastní fluorescenci. Při použití filtru bylo dosaženo lepšího celkového kontrastu a čitelnosti obrazu v porovnání s ostatními testovanými filtry.



Obr. č. 22 UV fluorescenční fotografie filtrů: B + W 415 (vykazujícího vlastní fluorescenci), interferenčního filtru B + W 486 a interferenčního filtru Baader UV/IR.²⁴³

Cosentino, který používá modifikovaný širokospektrální fotoaparát pro UVF fotografie doporučuje dva filtry, X-Nite CC1 a BW 420. X-Nite CC1 je nezbytný k odfiltrování infračerveného záření produkovaného lampou, ale obvykle propouští určitou dávku UV záření. Proto nemůže být samostatně použit pro UVF fotografování, v opačném případě snímky získávají purpurový nádech. BW 420 je UV filtr, který Cosentino používá k filtraci UV záření procházejícího přes X-Nite CC1. Nevýhodou filtru BW 420 je jeho fluorescence v UV záření, podobně jako u výše zmíněných filtrů Kodak Wratten 2; B + W 415; B + W 486. Cosentino uvádí, že je-li snímek pořízen z dálky a UV lampy jsou ponechány při malé vzdálenosti, odražené UV záření, které narazí na filtr BW 420 je pouze malým zlomkem celkové fluorescence a tím pádem fluorescence produkovaná filtrem nemá zásadní vliv na výsledný snímek. Na druhé straně připouští, že v případě pořizování makro UVF fotografie by množství

²⁴³ PEREIRA, 2010, s. 164.

UV fluorescence filtru mohlo mít závažné nežádoucí účinky na kvalitu obrazu. Absorbující filtry, jako je například BW 420 a želatinový Kodak Wratten, typicky vykazují fluorescenční emise vyvolané absorbovaným UV zářením. Problematiku UV fluorescence samotného filtru lze řešit například použitím filtrů s vícevrstevnými povlaky, které UV fluorescenci nevykazují. Nevýhodou těchto filtrů je cena.²⁴⁴

Dyer a Verri uvádějí, že pro pořizování UV fluorescenčních snímků je vhodný filtr s vlastnostmi podobnými filtru IDAS-UIBAR (380-700 nm). Ale zároveň uvádějí, že byl by vhodnější filtr poskytující užší spektrum, což by zároveň eliminovalo parazitní světlo. Vhodným filtrem je Schott KV418, který blokuje od 418 nm.²⁴⁵

Pereira na základě experimentu a vlastních empirických zkušeností jako nejlepší filtr hodnotí UV/IR Baader.²⁴⁶ Stejný filtr doporučuje také Cosentino.²⁴⁷

V ateliéru Restaurování a konzervace nástěnné malby na Fakultě restaurování je dostupným a používaným filtrem *Marumi UV cut 390*. Tento filtr je schopen odfiltrovat UV záření. Filtruje od vlnové délky 390 nm a níže.

2.1.7.4 Doporučované objektivy

UVF fotografování nemá zvláštní požadavek pro objektiv, protože tato technika zahrnuje zachycení viditelné oblasti spektra a normální fotografický objektiv může být použit bez jakýchkoliv problémů. Doporučuje se používat pevnou ohniskovou vzdálenost a vyhnout se složitým objektivům. Doporučuje se také vyhnout se teleobjektivu nad 200 mm, aby čočka mohla dostatečně rychle pracovat s nízkou intenzitou světla produkovaných při UV fluorescenčním zobrazování. Je nutné poznamenat, že po pořízení fotografie ve VIS,

²⁴⁴ COSENTINO. Practical notes on ultraviolet technical photography for art examination. 2015, s. 56–57.

²⁴⁵ DYER, VERRI. 2013, s. 50.

²⁴⁶ PEREIRA, 2010, s. 165.

²⁴⁷ COSENTINO. Practical notes on ultraviolet technical photography for art examination. 2015, s. 57.

je doporučeno přeastřit pro UV fotografování, protože UV záření je zaměřeno na jiné ohniskové úrovni, než viditelné světlo.^{248,249}

Cosentino pro focení ze vzdálenosti 2 m doporučuje teleobjektiv Nikon Nikkor 200 mm F/4 AI s manuálním ostřením.²⁵⁰ Pro menší záběry ze vzdálenosti 1m doporučuje teleobjektiv s kratší ohniskovou vzdáleností Nikon Nikkor 85 mm H F/1,8.²⁵¹

Pereira používá pro pořizování UVF snímků také objektiv s pevným ohniskem, konkrétně se jedná o objektiv Nikon Micro-Nikkor 55 mm F/2,8 AIS.²⁵²

2.1.8 Nastavení, kalibrace fotoaparátu

Fotoaparát by měl být umístěn kolmo ke středu snímaného objektu, respektive jeho části. Vzdálenost fotoaparátu od malby je závislá na jejím rozměru.²⁵³

Pereira ve svém článku uvádí, že pro UVF fotografie používá dvě lampy, umístěné souměrně, v úhlu asi 45° a ve vzdálenosti 1 metr od objektu.²⁵⁴

Pereira při focení UVF doporučuje formát RAW, barevný prostor RGB, vyvážení bílé na "denní světlo", prostřednictvím vlastního vyvážení bílé pomocí bílé nefluorescenční karty. Dále zdůrazňuje, že vyvážení bílé by mělo být přiměřené tomu, aby na výsledném snímku ukázalo vzhled podobný tomu co vidí lidské oko při přímém pozorování fluorescence, takže by měla být teplota barevného denního světla dostatečná.²⁵⁵ Pořízené soubory doporučuje následně převést do barevného prostoru sRGB a uložit jako JPEG.²⁵⁶

²⁴⁸ COSENTINO. Practical notes on ultraviolet technical photography for art examination. 2015, s. 53–62.

²⁴⁹ COSENTINO, 2012., s. 79.

²⁵⁰ *Ibidem.*

²⁵¹ *Ibidem.*

²⁵² PEREIRA, 2010. s. 163.

²⁵³ COSENTINO, 2012. s. 80.

²⁵⁴ PEREIRA, 2010, s. 163.

²⁵⁵ PEREIRA, 2010, s. 162.

²⁵⁶ PEREIRA, 2010, s. 163.

Cosentino podobně jako Dyer a Verri uvádějí, že pro VIS (ve viditelném světle) i UVF (UV fluorescenční) fotografii lze fotoaparát barevně kalibrovat počítačovým programem a kalibrační tabulkou. V obou případech je používána tabulka s názvem X-Rite Color-Checker Passport. Často bývá odkazováno na její původní název Macbeth Color Checker. Jedná se o barevnou kalibrační tabulku, která je tvořena kartou rozdělenou na 24 polí. Šest polí tvoří odstíny šedi, dalších šest polí jsou primární barvy, zahrnující červenou, zelenou, modrou, azurovou, purpurovou a žlutou, další barvy jsou přibližné odstíny lidské kůže, modré oblohy, listí a květu čekanky. Zbytek barevných polí reprezentuje škálu obecného zájmu a užitečnosti pro zkušební účely.²⁵⁷

Dyer a Verri doporučují využití tabulky X-Rite-Color-Checker, protože jimi doporučovaný počítačový program pro následné zpracování snímků Nip2²⁵⁸ je schopen pracovat s hodnotami na polích tabulky.²⁵⁹ Tyto barevné tabulky se prodávají v různých velikostech a formátech. Výrobce informuje o tom, že životnost kalibračních tabulek jsou dva roky. Je však nutné si uvědomit, že dlouhodobé vystavení těchto tabulek UV záření bude měnit barevné hodnoty jednotlivých polí.

²⁵⁷ DYER, VERRI. 2013, s. 56.

²⁵⁸ "NIP2 je profesionální software vytvořený Národní Galeríí v Londýně v rámci grantů EU, používá se pro digitalizaci map také například v galerii Louvre. Nip2 je grafická nadstavba balíčku VIPS. VIPS je systém zpracování obrázků, který je dobrý zejména při práci s velkými obrázky (obrázky většími než je množství paměti ve vašem počítači) a při práci s barvami. Umí provést libovolnou operaci s obrázkem mnohem rychleji než ImageMagick nebo GIMP a obsahuje některé speciální funkce, jako je vytváření jednotlivých "mozaikových" obrázků z více částí. Pomocí nip2 lze vytvořit vztahy mezi objekty ve stylu jakýchsi tabulek. Jakmile se někde provede změna, nip2 přepočítá objekt zasazený touto změnou. Je velmi rychlý a to i pro velmi, velmi velké obrázky." PRIDAL, P. Zpracování a zpřístupnění historických dokumentů. [online]. Diplomová práce. Brno 2007. (cit. 10.11. 2017) Dostupné z: https://books.google.cz/books?id=CMZzOeYXF8oC&pg=PA16&lpg=PA16&dq=nip2&source=bl&ots=gRvJ9g6iGM&sig=P1X8GVENYY4kzHbZxf1tn8g_ydE&hl=cs&sa=X&ved=0ahUKewiit5n86OzRAhVoDJoKHVG4AIEQ6AEIHJA B#v=onepage&q=nip2&f=false, <https://packages.debian.org/cs/wheezy/nip2>.

²⁵⁹ DYER, VERRI. 2013, s. 56.

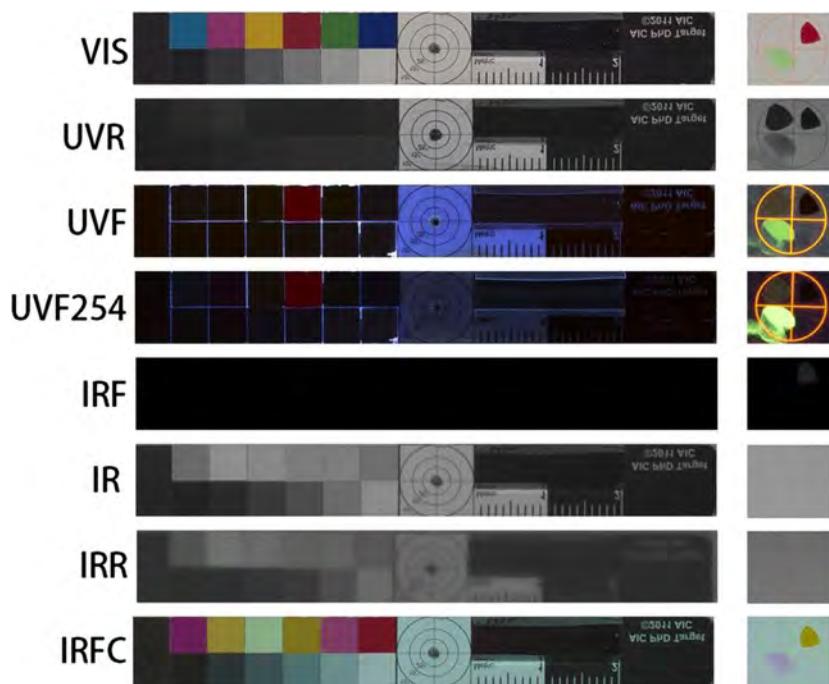


Obr. č. 23 Kalibrační tabulka X-Rite-Color-Checker Passport.²⁶⁰

Americký institut pro konzervační dokumentaci (AIC PhD) se rovněž zabývá profesionálním fotografováním uměleckých děl. Institutem byla vyvinuta pomůcka pro vyvážení barev, škála AIC PhD, která je opatřena třemi UV a IR fluorescenčními poli pro kalibraci zobrazovacích metod (Obr. č. 24). Tyto tři UV fluorescenční pole, společně s červenou fluorescenční emisí červeného pole AIC PhD škály, se používají pro kalibraci barev pořízených snímků. RAW soubory se upravují v Adobe Camera RAW a přiřazuje se jim vhodná teplota a odstín.²⁶¹

²⁶⁰ DYER, VERRI. 2013, s. 57.

²⁶¹ COSENTINO. *Effects of different binders on technical photography and infrared reflectography of 54 historical pigments*. 2015, s. 288 –298.



Obr. č. 24 Kalibrační tabulka AIC PhD se vzorníky UV a IR fluorescenčních barev, používané pro kontrolu správného snímání a následní zpracování všech 8 zobrazovacích metod, včetně ultrafialové fluorescenční (UVF) fotografie.²⁶²

Dyer a Verri dále doporučují použití spektrálních standardů difúzní odrazivosti (Spectralon diffuse reflectance standards). Tyto standardy vykonávají kromě jasové kalibrace UV reflektografie, také detekci přítomnosti okolního nežádoucího (parazitního) záření v UV fluorescenčních snímcích. Standardy od výrobce Labsphere jsou k dispozici samostatně nebo v sadách. Jedná se o poměrně nákladné předměty.²⁶³



Obr. č. 25 The 99% Spectralon diffuse reflectance standard.²⁶⁴

²⁶² *Researchgate*. [online]. 2008–2017 (cit. 20. 1 2017) https://www.researchgate.net/figure/261512982_fig5_Figure-3-The-AIC-PhD-target-left-was-accessorized-with-swatches-of-UV-and-IR.

²⁶³ DYER, VERRI. 2013, s. 58.

²⁶⁴ *Ibidem*.

Podle Dyer a Verri by měly být kalibrační tabulky a standardy difúzní odrazivosti (X-Rite-Color-Checker a Spectralon diffuse reflectance standard) umístěny co nejvíce centrálně a v rovině objektu. Mělo by být zajištěno homogenní osvětlení kalibračních tabulek. Pokud nelze tabulky umístit přímo k objektu je možné pořídit dva snímky za stejných podmínek, přičemž v jednom budou umístěny kalibrační tabulky. Pro práci v terénu je tato metoda velice prospěšná, za použití tyče a např. suchým zipem připevněných tabulek. Podle potřeby lze použít i měřítko.²⁶⁵

V ateliéru Restaurování a konzervace nástěnné malby je dostupná a používaná kalibrační tabulka Spyder CHECKER Pro. Tato tabulka je typově velice podobná zmiňované tabulce X-Rite-Color-Checker (její původní název Macbeth Color-Checker). Nevýhodou kalibrační tabulky Spyder je to, že na rozdíl od Macbeth, její hodnoty nejsou zaneseny ve volně dostupném počítačovém programu Nip2 pro následné zpracování UVF snímků.²⁶⁶ Vzhledem k absenci definovaných fluorescenčních polí nebo nefluorescenčních šedých polí ji nelze použít ani ke kalibraci způsobem jež popisuje americký institut AIC PhD.

Nastavení fotoaparátu podle Dyer a Verri:²⁶⁷

- Snímky by měly být pořizovány v RAW formátu digitálních fotoaparátů, např. CR2 (Canon), ERF (Epson), DCR, K25, KDC (Kodak), NEF (Nikon), ORF (Olympus), PEF (Pentax), RAF (Fuji), RW2 (Panasonic) a ARW, SRF, SR2 (Sony).
- Barevný prostor sRGB.
- Vyvážení bílé je při fotografování v RAW formátu řešeno v následném zpracování.
- Vypnout všechny výchozí vylepšení obrazu, jako je např. ostrost, kontrast, sytost, atd. Je-li k dispozici zvolit neutrální styl snímku.

²⁶⁵ DYER, VERRI. 2013, s. 59.

²⁶⁶ Rozdíl mezi těmito kalibračními kartami spočívá zejména ve vzájemném uspořádání jednotlivých polí. V programu Nip2 je zaměřována celá tabulka, nikoliv jednotlivá pole. Program následně aplikuje přednastavené hodnoty.

²⁶⁷ DYER, VERRI. 2013, s. 61–85.

- Nastavit samospoušť tak, aby se zabránilo chvění fotoaparátu při dlouhém snímání. Pokud je k dispozici, je vhodné použití dálkového ovládání.
- V režimu zobrazení vybrat možnost ukázat RGB s histogramem, pokud je dostupný. Histogram je užitečným vodítkem pro posouzení expozice snímku.²⁶⁸
- Používat manuální režim fotoaparátu. Rozhodujícím faktorem pro nastavení clony je citlivost snímače na vlnovou délku dopadajícího záření, např.: nízká citlivost snímače fotoaparátu na UV záření obvykle vyžaduje nižší clonové číslo nebo číslo zhruba poloviny rozsahu objektivu.²⁶⁹ Nastavení clony bude také záviset na intenzitě fluorescence, například pro materiály slabě emitující luminiscenci bude třeba nastavit nižší číslo clony. Expozice bude poměrně dlouhá, v řádu desítek sekund.
- Téměř vždy je žádoucí nižší citlivost ISO, protože vyšší citlivost ISO výrazně zvýší šum fotografie. Proto je nastavována minimální hodnota, pokud je to požadovanou clonou a expozičním časem dosažitelné. Doporučuje se tedy citlivost ISO 100 nebo nejnižší dostupné nastavení.²⁷⁰

2.1.9 Bezpečnost při používání zdrojů UV záření

Dlouhodobá expozice UV záření může vést k vážným a nevratným problémům se zrakem, může vést k podráždění, případně až ke vzniku šedého zákalu, glaukomu nebo makulární degenerace. Při práci s UV lampou se doporučuje po celou dobu používat ochranné brýle, případně jiné ochranné pomůcky (doporučuje se chránit také kůži). Zvláštní opatrnosti by se mělo dbát zejména v přítomnosti dětí, jejichž oči jsou velice citlivé. Ochrana zraku je nesmírně důležitá, zejména při práci s UV lampou emitující krátkovlnné UVC záření. Ochranné brýle z polykarbonátu a jiných plastů, vyrobené speciálně pro filtraci

²⁶⁸ DYER, VERRI. 2013, s. 61.

²⁶⁹ DYER, VERRI. 2013, s. 62.

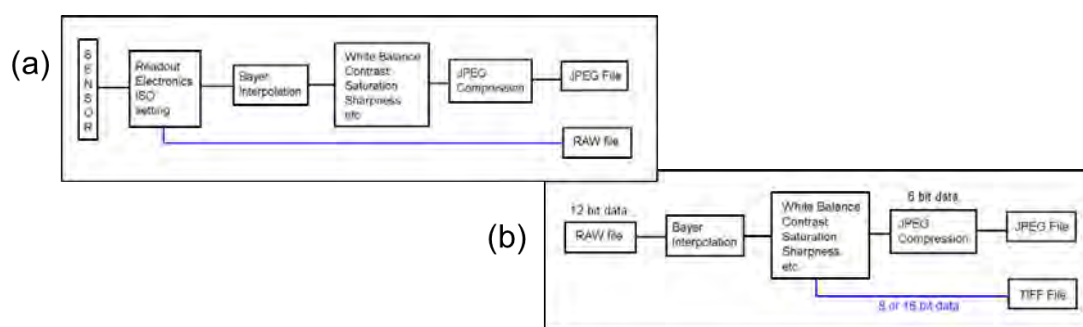
²⁷⁰ *Ibidem*.

UV záření, jsou běžně dostupné. Na trhu jsou k dispozici i ochranné brýle použitelné i v kombinaci s běžnými dioptrickými brýlemi.²⁷¹

Dlouhovlnné UVA záření by, za běžných podmínek nemělo způsobovat podráždění očí přesto není doporučeno směřovat svůj pohled přímo do UV lampy.²⁷²

2.1.10 Digitální upravování UV fluorescenčních fotografií

Na úvod je třeba poznamenat, že zachycený snímek je při převodu do standardního formátu JPEG nebo TIFF pomocí fotoaparátu podroben řadě procesů. Stejně tak dochází ke změně při převodu RAW formátu počítačových programů pro konverzi snímků do výše jmenovaných formátů JPEG a TIFF. Tato problematika je schématicky znázorněna schematicky (Obr. č. 26.).



Obr. č. 26 a) proces převádění snímku ve fotoaparátu do standardního formátu JPEG a/nebo do RAW; b) proces převádění RAW formátu pomocí software do formátu JPEG nebo TIFF.²⁷³

Doporučuje se fotografování ve formátu RAW a následná konverze do formátu JPEG nebo TIFF pomocí externího RAW programu. Důvodem je to, že uživatel má plnou kontrolu nad interpretací fotografie. Jediné aspekty, které mají vliv na výsledný snímek pak jsou citlivost ISO, rychlost závěrky a nastavení clony. Podmínkou však je, že na fotoaparátu musí být vypnuta všechna estetická vylepšení, jako kontrast, sytost, tónová křivka. Další podstatnou vlastností RAW formátu je, že při externí konverzi s využitím RAW software se automaticky

²⁷¹ SIMPSON, GRAND, M. 2000, 2.

²⁷² WAIN. The Story of Fluorescence, s. 5.

²⁷³ DYER, VERRI. 2013, s. 104.

vytváří jedinečný profil ICC, který zaznamenává všechna metadata, popisující tuto konverzi. Profil ICC je obsažen ve formátu TIFF a může být využit při následném zpracování.²⁷⁴

Pro konverzi RAW snímků do formátu TIFF se obvykle používá Adobe Photoshop nebo volně dostupné programy, jako je Raw Therapee. Další volně dostupný nástroj je Adobe DNG Converter, ve kterém se formují DNG soubory. DNG soubory pak mohou být převedeny pomocí externích programů na soubory ve formátu TIFF.²⁷⁵

Pro následné pracování jsou doporučovány většinou tři hlavní programy, patří mezi ně zmiňovaný Adobe Photoshop²⁷⁶, Adobe Lightroom²⁷⁷, v článku je doporučen méně známý bezplatný systém VIPS, který byl poprvé vyvinut v roce 1990. Nip2 je grafické uživatelské rozhraní VIPS, které je také volně dostupné.²⁷⁸

Po stažení a otevření programu Nip2 je třeba stáhnout ještě pracovní prostor. Jakmile je pracovní prostor načten do Nip2, otevře se přístupný vizuální rámec, ve kterém plní nástroj Nip2 své úkoly. Pracovní prostor byl navržen pro upravování jednotlivých obrazových souborů nebo kompletní sadu multispektrálních obrazů. Při práci s tímto programem je vyžadováno dokončení předchozích pracovních postupů před provedením daného pracovního postupu. Například musí být dokončen pracovní postup pro korekci fotografií ve viditelném odraženém denním světle, tak aby se získal kalibrovaný obraz potřebný k provedení pracovního postupu pro korekci obrazů odražených v IR/UV záření.^{279,280}

Samotná kalibrace barevnosti i světelnosti VIS a UVF fotografií je prováděna za pomoci kalibračních tabulek. V několika zdrojích je pro kalibraci

²⁷⁴ DYER, VERRI. 2013, s. 106.

²⁷⁵ *Ibidem*.

²⁷⁶ COSENTINO. Practical notes on ultraviolet technical photography for art examination. 2015, s. 54.

²⁷⁷ Adobe Lightroom (2014) Setup Workflow *UV innovations*. [online]. (2015). [cit 2.8. 2017]. Dostupné z: <http://www.uvinnovations.com/getting-started>.

²⁷⁸ Aktuální podporovanou verzi nip2 pro celou řadu operačních systémů lze stáhnout z <http://www.britishmuseum.org/charisma> nebo <http://www.vips.ecs.soton.ac.uk/supported/current/>

²⁷⁹ DYER, VERRI. 2013, s. 115.

²⁸⁰ Pracovní prostor je k dispozici ke stažení na <Http://www.britishmuseum.org/charisma>. Po stažení pracovního prostoru otevřít program Nip2 a přímo do prázdného okna přetáhnout stažený pracovní prostor (bm-workspace.ws).

UVF fotografií používána kalibrační tabulka AIC PhD. Kalibrace je nejčastěji prováděna v Adobe Camera RAW. Kalibrace barevnosti je považována za dokončenou jestliže se hodnoty červeného pole (RGB), při vzorkování, dostanu na hodnoty červená 70 ± 5 ; zelená 0; modrá 0.²⁸¹ Jiný zdroj uvádí v postupu využití šedých polí pro kalibraci white balace, že by se hodnoty RGB na nejsvětlejším šedém poli kalibrační tabulky (AIC PhD) měly pohybovat okolo 128 ± 3 .²⁸²

Kalibrace UV fluorescenčních snímků v programu Nip2 pomocí kalibrační tabulky Macbeth je podrobně popsána v článku *Multispectral imaging in Reflectance and Photo induced Luminiscence modes: User Manual*. Tento sofistikovaný nástroj však není možné použít bez kalibrační tabulky Macbeth. V programu je v přednastaveném režimu zaměřována celá kalibrační tabulka, tzn. jsou měřeny přesné hodnoty jednotlivých polí.²⁸³

Kalibrace monitorů a tiskáren je posledním krokem k cíli získání vzájemně porovnatelných multispektrálních (i UVF) snímků. Všechno úsilí vynaložené na pořizování a následné zpracování snímků by mohlo být ztraceno, pokud by vizualizace těchto snímků (monitory, nebo tiskárny) samy neprošly kalibrací.²⁸⁴

²⁸¹ COSENTINO. Practical notes on ultraviolet technical photography for art examination. 2015, s. 54.

²⁸² *Capture Workflow /photoshop CS5*, UV innovations. [online]. (2016)[cit 2-8-2017] Dostupné z: <http://www.uvinnovations.com/getting-started>.

²⁸³ DYER, VERRI. 2013.

²⁸⁴ DYER, VERRI. 2013, s. 180.

2.2 Experimentální část

2.2.1 Cíle experimentu

Cílem experimentu je studium UV fluorescence vybraných anorganických solí na povrchu vápenných omítek. Důvodem volby tématu byla především absence relevantních literárních podkladů, vztahujících se přímo k dané problematice a potřeba ověření, zda je možné, případně do jaké míry, UV fluorescenci solí na omítce vůbec zaznamenat.

Při výběru solí k realizaci experimentu byla zohledněna četnost jejich výskytu a také míra škodlivosti jejich vlivu, přičemž bylo zacíleno na nejvíce nebezpečné vodorozpustné soli.

2.2.2 Popis experimentu

V rámci experimentu měla být simulována vápenná omítka kontaminovaná solemi. Vápenná omítka v podobě vápenných těles ve tvaru hranolu o rozměrech 160 mm × 40 mm × 40 mm byla řízeně zasolována roztoky vodorozpustných solí. Tělesa byla řízeně zasolována vzlínáním tekutiny přibližně do poloviny jejich výšky, celkem ve třech cyklech. Po vyschnutí těles byly fotograficky a graficky dokumentovány změny na jejich povrchu ve viditelném světle, poté byla fotografována jejich UV fluorescence. Po celou dobu experimentu byla udržována kontrolovaná relativní vlhkost vzduchu.

2.2.2.1 Příprava zkušebních vápenných těles

Na základě provedených zkoušek byla vytvořena zkušební tělesa z vápenné malty. Výsledné složení vápenné malty bylo následující:

4 objemové díly prosátého, odsoleného písku

1 objemový díl vápenné kaše

0,25 objemového dílu destilované vody

Stavební písek²⁸⁵ byl nejprve ponořen do nadbytku vody a důkladně promíchán. Po uplynutí minimálně 1h a usazení písku byla voda slita

²⁸⁵ Písek pochází z písničky Kinský z lokality Kostelecké Horky.

a nahrazena čistou. Tento proces byl opakován celkem 4 ×. Na závěr byl postup proveden s použitím demineralizované vody. V průběhu praní písku ve vodě byla pomocí konduktometru kontrolována přítomnost vodorozpustných solí ve vodě. Proces praní písku ve vodě byl ukončen v momentu, kdy byla konduktivita vody nad pískem nižší než konduktivita vody z vodovodního řádu (Tab. č. 9). Poté byl písek ponechán vyschnout.

Tab. č. 9 Konduktivita písků.

Měřená voda	11. 3. 2016		15. 3. 2016	
	Teplota [°C]	Konduktivita [μS]	Teplota [°C]	Konduktivita [μS]
kohoutková	11,8	314	-	-
kohoutková	14,1	320	-	-
demineralizovaná	-	-	16,9	0,8
nad pískem v nádobě č. 1	16,8	326	16,9	97,1
nad pískem v nádobě č. 2	16,5	336	16,8	87,9
nad pískem v nádobě č. 3	16,3	337	16,8	86,8
nad pískem v nádobě č. 4	16,5	335	16,7	79,2

Po dokonalém vyschnutí byla provedena síťová analýza písku. Zjištěné hodnoty jsou uvedeny v Tab. č. 10.

Tab. č. 10 Granulometrie stavebního písku.

Síta	Hmotnost m [g]	Distribuce zrn (záchyt) [hm. %]	Kumulativní distribuce zrn (záchyt) [hm %]
0	1,39	0,3	0
0,063	6,83	1,5	0,3
0,125	86,48	19,3	1,8
0,25	191,98	42,9	21,2
0,5	74,12	16,6	64,0
1	28,54	6,4	80,6
2	30,00	6,7	87,0
4	17,53	3,9	93,7
8	10,80	2,41	97,6
16	0	0	100
celek	447,669	100,00	

Na základě výsledků ze zkušebních vzorků byl použit písek o velikosti zrn do 4 mm, který byl získán prosátím sítím. Jako pojivo malty byla zvolena 3 roky odleželá vápenná kaše připravená z vápenného hydrátu.

Dále byla řešena vhodná konzistence malty. Byla zkoušena také malta bez přídavku vody. Práce s touto maltou byla náročná. I po velice důkladném míchání v maltě stále zůstávaly hrudky vápna a taktéž práce s tělesy byla složitá. Z toho důvodu bylo rozhodnuto o malém přídavku vody. Přídavek vody musel být dost velký na to, aby se přestaly tvořit hrudky vápna a zároveň dostatečně malý na to, aby malta zůstala hustá a nenabyla kašovitého charakteru. Maltu této konzistence bylo možné dobře dusat do forem a zároveň se malým množstvím záměsové vody předcházelo vzniku trhlin.

V rámci zkoušek byly ověřovány různé poměry vápna a písku. Nejvíce osvědčil objemový poměr vápenné kaše, písku a vody 1 : 4 : ¼. Takto připravená omítka se vizuálně podobá omítkám historickým, se kterými se lze v restaurátorské praxi setkat.

Dále bylo odzkoušeno několik variant metody aplikace malty do forem. Jako nejlepší postup bylo vyhodnoceno dusání vápenné malty do rozebíratelné plastové formy.

Vybraný postup přípravy vápenných těles je uveden v následující tabulce (Tab. č. 11).

Tab. č. 11 Pracovní postup výroby vápenných těles.

Postup výroby vápenných těles	
1.	Příprava formy: Na základní desku (podložku) položit fólii, tak aby zakrývala celou jednu stěnu s přesahem po dlouhých stranách.
2.	Sestavit formu a navlhčit postříkem demineralizovanou vodou.
3.	Dusání malty: Na jedno těleso vystačí použít maltu o objemu cca ½ misky na sádro (500 ml). Maltu do formy dávat postupně, asi po třetinách, tak aby nevznikaly vzduchové kapsy. Po zaplnění formy nechat přebytek nad úroveň horního okraje, srovnat (zatlačit) špachtlí, případně dosypat. Na povrch malty položit destičku o stejných rozměrech jako otevřená strana formy a 2 × mírně poklepat zednickým kladívkem na střed, 2× na jeden okraj, 2× na druhý okraj. Sejmout destičku a upravit nedokonalosti špachtlí, příp. doplnit materiál, tam kde chybí.
4.	Dokončení: Formu opatrně rozložit. Pro manipulaci s tělesem mimo formu slouží fólie. Při manipulaci s tělesem je třeba dbát vysoké opatrnosti, aby nedošlo k jeho poškození.

Tělesa byla ponechána v otevřených plastových boxech a byla 3 × pokropena destilovanou vodou. Průběžně byl sledován stupeň vytvrnutí. Po uplynutí 3 dnů od vytvoření těles mohly být protilehlé strany těles opatřeny vápenným nátěrem, který měl lépe simulovat situaci z restaurátorské praxe. Po uplynutí 1,5 dne od aplikace vápenného nátěru byla tělesa ponořena do nasyceného roztoku uhličitanu amonného²⁸⁶. Lázeň v uhličitanu amonném byla provedena z důvodu urychlení karbonatace. Zaplavování těles bylo prováděno postupně. Tělesa byla v roztoku ponechána po dobu 24 hodin. Zhruba po uplynutí dvou týdnů od ponoření těles do roztoku uhličitanu amonného bylo na jednom z těles provedeno měření pH. Naměřená hodnota byla vysoká, i přes veškerá opatření nedošlo k úplné karbonataci vápna. Proto byla tělesa dále zvlhčována demineralizovanou vodou. Po úplném vyschnutí se zvlhčení opakovalo, a to nejméně 10 ×. I tento proces měl podpořit průběh karbonatace. V rámci experimentu bylo použito 24 těles, která byla ponořena do roztoku uhličitanu amonného za účelem urychlení karbonatace a 12 těles, která byla volně ponechána karbonatovat bez ponoření do roztoku uhličitanu amonného. Celková doba karbonatace obou typů těles, od jejich výroby po zahájení experimentu byla 13 měsíců.

2.2.2.2 Vodorozpustné soli vybrané pro experiment

Výběr vodorozpustných solí se řídil dle následujících kritérií:

- četnost výskytu na základě literární rešerše (Tab. č. 8)
- vyšší nebezpečnost solí
- koncepčnost testovaných solí (anionty × kationty)
- při výběru byly upřednostněny bezvodé soli

²⁸⁶ Výrobce Penta. V bezpečnostním listu se uvádí rozpustnost $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 320 g/l při 20 °C.

Seznam testovaných vodorozpustných solí:

- síran sodný Na_2SO_4
- dihydrát síranu vápenatého $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- síran hořečnatý MgSO_4
- dusičnan sodný NaNO_3
- tetrahydrát dusičnanu vápenatého $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
- dusičnan draselný KNO_3
- hexahydrát dusičnanu hořečnatého $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
- chlorid sodný NaCl
- chlorid vápenatý CaCl_2
- hexahydrát chloridu hořečnatého $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
- uhličitan sodný Na_2CO_3

2.2.2.3 Kontaminace vápenných těles vodorozpustnými anorganickými solemi

Každá vytipovaná sůl byla ve formě roztoku aplikována do tří těles A, B, C. Písmenem A byla označena tělesa, která nebyla předem ponořena do lázně z nasyceného roztoku uhličitanu amonného. Písmeny B, C byla označena tělesa, která byla předem ponořena do lázně z nasyceného roztoku uhličitanu amonného. Všechna tělesa byla postavena vertikálně do plastových vaniček s rozměry dna 8,5 cm × 8,5 cm. Na základě předběžných experimentů bylo stanoveno optimální množství zasolovacích roztoků použitých v jednom cyklu na 20 ml roztoku. Viditelná výška vzlínání takového množství kapalin nepřesahovala v prvním kole zasolování cca 1/2 výšky těles. Roztoky solí byly připraveny rozpuštěním vybraných solí v demineralizované vodě (Tab. č. 12). U hydratovaných solí bylo množství rozpuštěné soli vypočteno na bezvodou sůl, množství krystalické vody bylo odečteno od množství demineralizované vody použité k rozpouštění. V případě méně rozpustného dihydrátu síranu vápenatého byl připraven nasycený roztok rozpuštěním přebytku soli v demineralizované vodě. Předpokládaná koncentrace dihydrátu síranu vápenatého je 2,4 g/l při 20 °C. Zasolování bylo provedeno celkem ve třech cyklech s 20ml

roztoků. Cílem bylo kontaminovat každé těleso 10 g dané soli, vyjma síranu vápenatého, jehož velice nízká rozpustnost stejný postup neumožňuje.

Tab. č. 12 Roztoky solí připravené pro experiment.

Chemický vzorec soli	Dávka pro jedno těleso		Dávka pro tři tělesa + rezerva	
	hmotnost soli [g]	hmotnost demineralizované vody [g]	hmotnost soli [g]	hmotnost demineralizované vody [g]
Na ₂ SO ₄	10	60	35	210
CaSO ₄ ·2H ₂ O	nasyčený roztok		0,682	200
MgSO ₄	10	60	35	210
NaNO ₃	10	60	35	210
Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	14,3993	46,8021	50,3976	194,6024
KNO ₃	10	60	35	210
Mg(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O	17,2888	52,7112	60,5108	184,4892
NaCl	10	60	35	210
CaCl ₂	10	60	35	210
MgCl ₂ ·6H ₂ O	21,3529	48,6471	74,7351	170,2649
Na ₂ CO ₃	10	60	35	210

V prvních dvou cyklech zasolování se relativní vlhkost prostředí pohybovala mezi 36 a 52%, při třetím zasolovacím cyklu byla relativní vlhkost prostředí udržována pod 45 %. Tělesa byla ponechána po závěrečné aplikaci roztoků vyschnout, což se pohybovalo v časovém rozmezí 28–30 dnů. Postup a podmínky zasolování těles jsou uvedeny v následující tabulce (Tab. č. 13).

Tab. č. 13 Postup kontaminace vápenných těles vodorozpustnými anorganickými solemi.

Číslo aplikace	Doba uplynulá od předchozí aplikace [dny]	RH [%]
1	0	45,5–46,1
2	7–8	35,9–51,7
3	7–8	37,1–40,8
focení VIS/UVF	28–30	36,4–40,6

2.2.2.4 Metodika UV fluorescenční fotografie

Seznam přístrojů a pomůcek, které byly použity při fotografické dokumentaci UV fotografií vápenných solemi kontaminovaných těles je uveden v následující tabulce (Tab. č. 14).

Tab. č. 14 Použité přístroje, pomůcky, materiály.

Použité přístroje, pomůcky, materiály	
1.	zdroj UV záření, dvě UV lampy <i>UVA SPOT 400T</i> značky <i>Hönle UV Technology</i> pro focení snímků
2.	zdroj viditelného světla
3.	UV ochranné brýle, případně jiné ochranné pomůcky (rukavice)
4.	fotoaparát <i>Canon EOS D60</i>
5.	stativ
6.	objektiv <i>Tamron SP AF Di 90 mm 1 :28 macro Ø 55 mm</i>
7.	UV blokující filtr <i>Marumi UV cut 390</i>
8.	kalibrační tabulka <i>Spyder CHECKER Pro</i>
9.	pozadí - textilie s minimální UV fluorescencí, použit byl černý softshell

V následující tabulce jsou uvedeny přípravné úkony provedené před focením UV fluorescence (Tab. č. 15).

Tab. č. 15 Příprava před focením.

Příprava před focením:	
1.	zajistit dokonalé zatemnění místnosti (při pořizování UV fluorescenčních snímků v terénu je třeba přesně zaznamenat podmínky focení, například pouliční lampa jako zdroj parazitního světla)
2.	odstranit, popř. zakrýt předměty v místnosti se silnou UV fluorescencí, která by mohla negativně ovlivnit výsledné fotografie
3.	umístit zdroje UV záření osově souměrně v úhlu 45° k pomyslné středové kolmici kolmici ke středu díla (zde vápenných těles)
4.	umístit zdroje viditelného světla osově souměrně v úhlu 45° k pomyslné kolmici ke středu díla
5.	umístit stativ s fotoaparátem na osu středu díla
6.	zkontrolovat zda je na objektivu nasazen UV filtr

Po dokončení přípravy bylo možné přistoupit k samotnému focení kontaminovaných vápenných těles. Jednotlivé kroky snímání UV fluorescenčních fotografií jsou popsány v následující tabulce.

Tab. č. 16 Postup snímání UV fluorescenčních fotografií.

Postup snímání UV fluorescenčních fotografií	
1.	před focením UV fluorescenčních fotografií pořídít snímky ve viditelném světle s použitím kalibrační tabulky
2.	nasadit UV ochranné brýle
3.	zapnout zdroje UV záření a nechat je zahřívát po dobu 3 minut
4.	zhasnout veškeré ostatní světelné zdroje v místnosti
5.	zkontrolovat rovnoměrné ozáření objektu (díla) (může být použit expozimetr)
6.	nastavit formát RAW (pokud je k dispozici možnost exportu RAW + JPEG může být také použita), barevný prostor sRGB, Picture style neutrální, režim samospouště, pokud je k dispozici, použít dálkové ovládání, v režimu zobrazení snímků nastavit možnost ukázat RGB histogram, manuální režim focení
7.	nastavit co nejnižší ISO, tedy 100
8.	snímek bílé odrazné nefluorescenční desky může být použit pro vlastní vyvážení bílé nebo může být využito předvoleb fotoaparátu odpovídající použitému zdroji osvětlení, například 6500K (Dyer a Verri uvádějí, že nastavení vyvážení bílé zde není důležité, protože může být upraveno při následném softwarovém zpracování.) ²⁸⁴
9.	nastavení expozice: clona zhruba poloviny rozsahu objektivu (závisí na intenzitě fluorescence, například pro materiály slabě emitující fluorescenci bude třeba nastavit nižší číslo clony), expozice poměrně dlouhá, zpravidla 30 sekund, opět závisí na intenzitě emitované fluorescence, pro dosažení co nejlepší expozice je vhodné snímek mírně podexponovat
10.	zaostřit na objekt (pokud je k dispozici, použít režim živého náhledu a doostřit po přiblížení)
11.	vyfotografovat objekt
12.	zkontrolovat expozici, hodnoty RGB na histogramu jsou dobrým indikátorem, ale je třeba mít na vědomí, že tyto hodnoty se vztahují k JPEG náhledu generovaného fotoaparátem a nikoliv k datům RAW, hodnoty RGB nesmí překročit úroveň šedi 255. Pokud je některý z bodů přesycen, je nutné přesunout zdroje záření dále od objektu či nastavit vyšší clonové číslo. Poté pořídít nový snímek a znovu zkontrolovat
13.	zaznamenat následující informace: značka a model zdrojů záření, vzdálenost mezi objektem a zdrojem záření, úhel mezi kolmicí k objektu a směru dopadajícího záření, značka a model fotoaparátu a případné změny provedené na tomto zařízení, používané objektivy, označení a typ filtrů použitých ke zdroji UV záření i k fotoaparátu, citlivost ISO, hodnota clony, rychlost závěrky, nastavení vyvážení bílé, číslo snímku

Snímky ve formátu RAW nelze otevřít v běžném grafickém programu. Pro jejich převod do jiného formátu se nejčastěji používá zásuvný modul Adobe Camera Raw. Snímky z fotoaparátu Canon EOS 60D lze otevřít ve verzi Camera Raw 6.7 a mladších. Výhodou tohoto programu je, že disponuje funkcemi pro úpravu fotografií. Při převádění do jiného formátu tak lze současně provést

i úpravy UVF fotografií. Postup úpravy UVF fotografií je popsán v následující tabulce.

Tab. č. 17 Postup úpravy UVF fotografií v Adobe Camera Raw.^{287, 288}

Postup úpravy UVF fotografií v Adobe Camera Raw 6.7	
1.	otevřít (libovolnou) fotografii v Camera Raw
2.	vytvořit soubor přednastavených úprav RAW: kliknout na ikonu <i>Kalibrace fotoaparátu</i> , kliknout na <i>Proces</i> a z rozbalovací nabídky vybrat <i>2010</i> (pro zaručení kompatibility se staršími verzemi programu Adobe Photoshop) kliknout na ikonu <i>Korekce objektivu</i> a zaškrtnout volbu <i>Zapnout korekce objektivu</i> , zvolit značku a model objektivu, ve spodní části potvrdit funkci <i>Odstranit chromatickou aberaci</i> , vrátit se do základní záložky a nastavit <i>Obnovení</i> , <i>Vyplnit světla</i> , <i>Černé</i> , <i>Jas</i> , <i>Kontrast</i> , <i>Zřetelnost</i> , <i>Živost</i> , <i>Sytost</i> na nulu, <i>Teplotu</i> nastavit na 6500 a <i>Odstín</i> na nulu, přejít do záložky <i>Tonální křivka</i> a v záložce bodové nastavit z rozbalovacího menu <i>Křivka</i> možnost <i>Střední kontrast</i> , přejít do záložky <i>Parametrické</i> a nastavit následující hodnoty na posuvnících <i>Světla +20</i> , <i>Světlé +20</i> , <i>Tmavé +40</i> , <i>Stíny +20</i> , v <i>Základním menu</i> kliknout na malou rozbalovací ikonou vpravo a vybrat <i>Uložit nastavení</i> , otevře se tabulka s nastavením, vybrat <i>Vyvážení bílé</i> , <i>Obnovení</i> , <i>Vyplnit světla</i> , <i>Černé</i> , <i>Jas</i> , <i>Kontrast</i> , <i>Zřetelnost</i> , <i>Živost</i> , <i>Sytost</i> , <i>Parametrická křivka</i> , <i>Bodová křivka</i> , <i>Kalibrace fotoaparátu</i> , <i>Kalibrace objektivu</i> , <i>Verze procesu</i> , vše ostatní musí zůstat nezaškrtnuté, uložit a pojmenovat
3.	otevřít UVF fotografii nebo sérii UVF fotografií v Camera RAW, v záložce <i>Základní</i> vybrat volbu <i>Aplikovat přednastavení</i> a zvolit soubor vytvořený v předchozím bodě
4.	pro nastavení rozlišení a velikosti snímku kliknout na odkaz přímo pod obrázkem, otevře se menu <i>Volby pracovního postupu</i> , doporučuje se nastavit <i>ProPhoto RGB</i> v rozbalovacím menu <i>Prostor</i> , <i>Hloubka 16 bitů/kanál</i> , zvolit co největší velikost (s ohledem na výkon a velikost úložiště na daném počítači), <i>Rozlišení: 300 obr. bodů/palec</i> a uložit
5.	pomocí <i>Nástroje pro vzorkování barev</i> v horní liště zkontrolovat, zda se některá z hodnot RGB, zejména pak modrá, nedostala na maximální hodnotu 255. Pokud tomu tak je, lze tento problém řešit posunem <i>Expozice</i> , popř. posunem <i>Obnovení</i>
6.	vlevo nahoře kliknout na <i>Vybrat všechny</i> (v případě, že pracujeme se sérií fotek) a dole vlevo kliknou na <i>Uložit</i> . Vybrat místo uložení, název, jako formát je doporučován nekomprimovaný Tiff

V průběhu focení UVF snímků nebyla k dispozici žádná kalibrační tabulka, kterou by bylo možné použít pro následnou barevnou kalibraci UVF snímků (vyvážení barevné teploty). Proto bylo v návaznosti na informace uvedené v článku Dyer a Verri²⁸⁹ odzkoušeno nastavení vyvážení bílé, tedy barevné teploty na hodnotu 6500K. Na základě subjektivního posouzení fotografií upravených tímto způsobem byla tato varianta kalibrace barevnosti vyhodnocena

²⁸⁷ DYER, VERRI. 2013, s. 108.

²⁸⁸ *Setup Workflow (Adobe Photoshop)*. UV Innovations. [online]. (2015) [cit. 3.8. 2017] Dostupné z: http://docs.wixstatic.com/ugd/750e25_2a4df995d9c7438aa5e748cbbc6c5dbb.pdf.

²⁸⁹ DYER, VERRI. 2013, s. 108.

jako vhodná náhrada doporučovaného způsobu kalibrace, tedy kalibrace s využitím kalibrační tabulky.



Obr. č. 27 UVF fotografie transferu nástěnné olejomalby pořizená a upravená výše popsanou metodou.

2.2.3 Výsledky

Vzhledem k poměrně různorodým vlastnostem vybraných anorganických vodorozpustných solí byla také míra jejich eflorescence na povrchu zkušebních těles různorodá. Z výsledků provedených experimentů vyplynula jednoznačná závislost UV fluorescence některých solí na dosaženém stupni eflorescence na povrchu vápenných těles. Aby bylo možné tyto dva jevy vzájemně komparovat, byla vyhodnocena také míra a distribuce eflorescence na povrchu zkušebních vzorků. Hodnocení dosaženého stupně eflorescence bylo provedeno subjektivně vizuálním pozorováním a slovním popisem. Jako nástroj pro vyhodnocení eflorescence byla použita stupnice: silná–chomáče; slabší–povlak; nejslabší; ztmavlý povrch, poškození.

Vyhodnocení UV fluorescence anorganických solí, kterými byla vápenná tělesa kontaminována, bylo provedeno na základě vizuálního pozorování a z UVF fotografií. V této souvislosti byla již zmíněným subjektivním způsobem posouzena intenzita a barva UV fluorescence solemi kontaminovaných vápenných těles i zkušebních vápenných těles bez kontaminace. Hodnocení intenzity fluorescence bylo také provedeno subjektivně zejména pozorováním UVF fotografií a slovním popisem. Tyto hodnoty byly shrnuty pomocí stupnice: silná jasná; slabá; žádná; potlačující.

Stejný systém byl použit i pro vyhodnocení barevnosti fluorescence na UVF fotografiích. Vzhledem k omezenější škále barevnosti UV fluorescence vodorozpustných solí byly hodnoceny pouze vybrané barevné tóny: žlutá; bílá; modrá; fialová; temně fialová.

K jednotlivým stupňům u všech třech hodnocených fenoménů pak byly přiřazovány hodnoty: + + + (ano); + + - (spíše ano); + - - (spíše ne); - - - (ne). Tento typ vyhodnocení je uveden v kartách přiřazených k jednotlivým solím. Závěrem byl hodnocen vliv dosaženého stupně eflorescence na intenzitu a barvu UV fluorescence.

Všechny uvedené informace jsou popsány v následujících podkapitolách, které dále obsahují také karty pro vyhodnocení v nichž jsou do tabulek zařazeny veškeré informace včetně příslušných fotografií a grafických zákresů.

Grafické zákresy eflorescencí solí na povrchu těles, které byly použity pro vyhodnocení jsou, stejně jako VIS a UVF fotografie kontaminovaných těles uvedeny v příloze této práce na stranách 186–212.

2.2.3.1 Referenční test

Na žádném z referenčních, tedy solemi nekontaminovaných, těles se ve viditelném světle neprojevila jakákoliv viditelná změna.

UV záření byla na povrchu těles pozorována fluorescence v podobě horizontální linie namodralé barevnosti. Tento jev může souviset s migrací nekarbonatizovaného vápna.

Referenční test
Demineralizovaná voda
 H₂O

VIS snímek

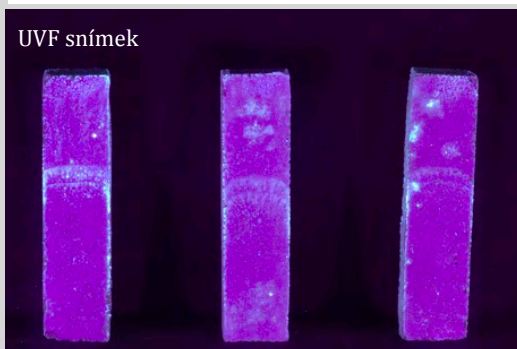


Míra eflorescence:

silná - chomáče	slabší - povlak	nejslabší	ztmavlý povrch	poškození
---	---	---	---	---

Fluorescence

UVF snímek



Intenzita fluorescence

silná jasná	slabá	žádná	potlačující
++	+-	+-	---

Barevnost fluorescence

žlutá	bílá	modrá	fialová	temně fialová
---	+-	+-	+-	+-

Shrnutí

Míra eflorescence a její vliv na intenzitu fluorescence

		eflorescence a další projevy kontaminace solemi					
		silná - chomáče	slabší - povlak	nejslabší	žádná	ztmavlý povrch	poškození
fluorescence	silná jasná	ne	ne	ne	lokálně ano	ne	ne
	slabá	ne	ne	ne	lokálně ano	ne	ne
	žádná	ne	ne	ne	spíše ano	ne	ne
	potlačující	ne	ne	ne	ne	ne	ne

Míra eflorescence a její vliv na barvu fluorescence

		eflorescence a další projevy kontaminace solemi					
		silná - chomáče	slabší - povlak	nejslabší	žádná	ztmavlý povrch	poškození
fluorescence	žlutá	ne	ne	ne	ne	ne	ne
	bílá	ne	ne	ne	lokálně ano	ne	ne
	modrá	ne	ne	ne	lokálně ano	ne	ne
	fialová	ne	ne	ne	spíše ne	ne	ne
	temně fialová	ne	ne	ne	ano	ne	ne

Poznámka: Výsledkem experimentu jsou jemné horizontální linie v podobě bílé až namodralé fluorescence, které mohou být důsledkem migrace nezkarbonatizovaného vápna.

2.2.3.2 Test č. 1 síran sodný

Na všech třech vápenných tělesech kontaminovaných vodným roztokem síranu sodného byla po vyschnutí pozorována silná eflorescence na povrchu. Na základě zvětšení objemu těles v jejich spodní polovině a lokálního rozpadávání hmoty těles ve spodních částech lze usuzovat, že došlo i k subflorescenci. Největší poškození v podobě destrukce těles bylo pozorováno na tělesech B a C. U těles B a C byl také pozorován mírně vyšší stupeň eflorescence, který se projevoval zvýšeným množstvím krystalů soli a větší plochou, na které se vyskytoval tento stupeň eflorescence, v porovnání s tělesem A. Zóna s největší eflorescencí byla lokalizována v polovině tělesa a níže. Směrem k patě těles eflorescence postupně slábla. U tělesa A nebyla pozorována žádná slabší eflorescence směrem nahoru od nejmíce kontaminované zóny a naopak u těles B a C byl směrem nahoru od nejmíce kontaminované zóny pozorován slábnoucí povlak krystalizace.

Na snímcích UVF je pod polovinou těles viditelná lokální silná bílá fluorescence, která postupně přechází do jasné modré fluorescence. Tyto oblasti jsou nepravidelně ohraničeny plochami s nerovnoměrnou slabší fluorescencí v barvě fialové. Všechny popsané oblasti mají tendence vytvářet na tělesech horizontální linie. Tělesa sama o sobě vykazují temnou fialovou fluorescenci s nepravidelnými modravými skvrnami.

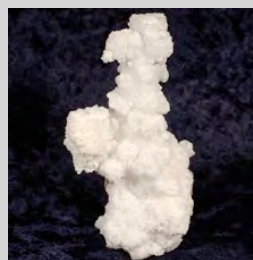
Nejsilnější jasná bílá až modravá fluorescence zpravidla odpovídá partiím vykazujícím nejvyšší stupeň eflorescence. Se slábnoucí eflorescencí slábne fluorescence a postupně přechází z modravé barevnosti do fialové.

V přiložené kartě jsou použity fotografie ve viditelném světle a UVF fotografie minerálu *thenardite*.²⁹⁰

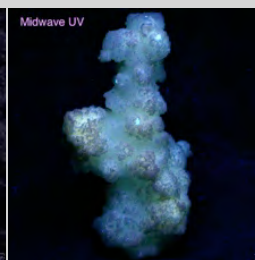
²⁹⁰ BARMARIN, 2009–2010.

Test č. 1
Síran sodný
 Na_2SO_4

V přírodě se vyskytuje jako minerál *thenardite*.

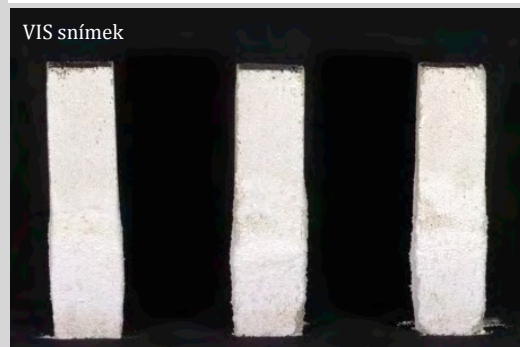


VIS snímek



UVF snímek (330 nm)

Eflorescence



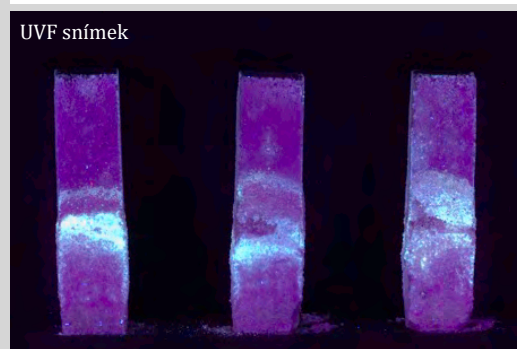
Míra eflorescence:

silná - chomáče	slabší - povlak	nejslabší	ztmavý povrch	poškození
+++	+++	++-	---	++-

Grafický záznam eflorescence a poškození



Fluorescence



Intenzita fluorescence

silná jasná	slabá	žádná	potlačující
+++	+++	++-	---

Barevnost fluorescence

žlutá	bílá	modrá	fialová	temně fialová
---	++-	+++	++-	++-

Shrnutí

Míra eflorescence a její vliv na intenzitu fluorescence

		eflorescence a další projevy kontaminace solemi					
		silná - chomáče	slabší - povlak	nejslabší	žádná	ztmavý povrch	poškození
fluorescence	silná jasná	převážně ano	lokálně ano	ne	ne	ne	ne
	slabá	lokálně ano	převážně ano	lokálně ano	lokálně ano	ne	ne
	žádná	ne	spíše ne	spíše ne	spíše ano	ne	spíše ano
	potlačující	ne	ne	ne	ne	ne	ne

Míra eflorescence a její vliv na barvu fluorescence

		eflorescence a další projevy kontaminace solemi					
		silná - chomáče	slabší - povlak	nejslabší	žádná	ztmavý povrch	poškození
fluorescence	žlutá	spíše ne	ne	ne	ne	ne	ne
	bílá	lokálně ano	ne	ne	ne	ne	ne
	modrá	ano	spíše ne	ne	lokálně ano	ne	ne
	fialová	lokálně ano	ano	ano	spíše ne	ne	ne
	temně fialová	spíše ne	lokálně ano	lokálně ano	ano	ne	ano

2.2.3.3 Test č. 2 dihydrát síranu vápenatého

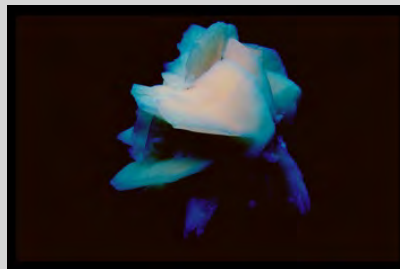
Na žádném z těles se neprojevila jakákoliv viditelná efluorescence ani jiný vizuálně pozorovatelný projev kontaminace solí. Vzhledem k nízké koncentraci nasyceného roztoku soli není tento výsledek překvapivý a byl očekáván.

Při srovnání UVF snímků před a po zasolování těles je možné spatřit rozdíl v přítomnosti velice slabé modravé fluorescence na zasolených tělesech, v podobě horizontálního nepravidelného pásu, vyskytující se od jejich poloviny. Nejlépe je tato fluorescence viditelná na boční straně těles, která nebyla opatřena vápenným nátěrem. Tělesa sama o sobě vykazují temnou fialovou fluorescenci s nepravidelnými modravými až bělavými skvrnami kumulovanými na svislých hranách.

Při popisu vlastností minerálu v příložené kartě byly použity informace a fotografie z internetové databáze fluorescenčních minerálů.²⁹¹

²⁹¹ BARMARIN, 2009–2010.

Test č. 2
**Dihydrát síranu
vápenatého**
 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$



UVF snímek (365 nm)

V přírodě se vyskytuje jako minerál *sádrovec*.

Eflorescence

VIS snímek

Grafický zakres eflorescence a poškození

Míra eflorescence:	silná - chomáče	slabší - povlak	nejslabší	ztmavlý povrch	poškození
	---	---	---	---	---

Fluorescence

UVF snímek

Intenzita fluorescence

silná jasná	slabá	žádná	potlačující
---	+ + -	+ - -	- - -

Barevnost fluorescence

žlutá	bílá	modrá	fialová	temně fialová
---	+ - -	+ + -	+ - -	+ + -

Shrnutí

Míra eflorescence a její vliv na intenzitu fluorescence

		eflorescence a další projevy kontaminace solemi					
		silná - chomáče	slabší - povlak	nejslabší	žádná	ztmavlý povrch	poškození
fluorescence	silná jasná	ne	ne	ne	lokálně ano	ne	ne
	slabá	ne	ne	ne	lokálně ano	ne	ne
	žádná	ne	ne	ne	spíše ano	ne	ne
	potlačující	ne	ne	ne	ne	ne	ne

Míra eflorescence a její vliv na barvu fluorescence

		eflorescence a další projevy kontaminace solemi					
		silná - chomáče	slabší - povlak	nejslabší	žádná	ztmavlý povrch	poškození
fluorescence	žlutá	ne	ne	ne	ne	ne	ne
	bílá	ne	ne	ne	lokálně ano	ne	ne
	modrá	ne	ne	ne	lokálně ano	ne	ne
	fialová	ne	ne	ne	spíše ne	ne	ne
	temně fialová	ne	ne	ne	ano	ne	ne

2.2.3.4 Test č. 3 síran hořečnatý

Na povrchu těles je lokální povlak a slabě viditelná jemná eflorescence. Tyto dva typy eflorescence jsou zpravidla lokalizovány v oblasti od paty těles směrem nahoru mírně nad jejich polovinu. Daleko výraznějším vizuálním projevem kontaminace vodorozpustnou solí je přítomnost ztmavlých partií. Ztmavlé partie do značné míry odpovídají partiím, na nichž byla pozorována zmiňovaná slabá eflorescence. V úrovni nad těmito partiemi bylo pozorováno několik vlasových prasklin, které jsou pravděpodobně důsledkem subflorescence.

Na UVF snímcích jsou viditelné drobné skvrnky s jasnou bílou fluorescencí, která postupně lokálně přechází do krémové a lokálně do modré barvy. Popsané skvrny vytvářejí nepravidelné shluky v okolí poloviny těles. Oblast se skvrnami směrem dolů k patě těles je pokryta, kromě popsanych skvrn, takřka celoplošnou fialovo-šedou slabou fluorescencí, která nad patou těles mizí. Tělesa sama o sobě vykazují temnou fialovou fluorescenci s nepravidelnými modravými až bělavými skvrnami.

Při popisu vlastností minerálu v příložené kartě byly použity informace a fotografie z internetové databáze fluorescenčních minerálů.²⁹²

²⁹² BARMARIN, 2009–2010.

Test č. 3
Síran hořečnatý
MgSO₄

V přírodě se vyskytuje jako minerál *epsomit*.
 V UV záření (365 nm) fluoreskuje žluto-bíle.



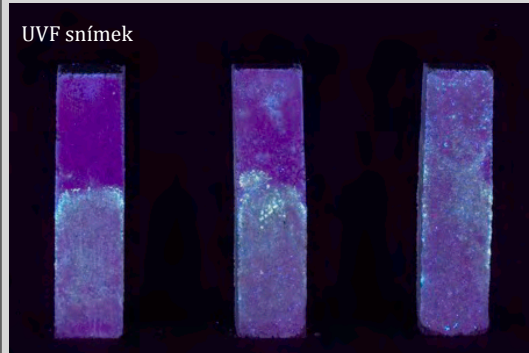
VIS snímek

Eflorescence



Míra eflorescence:	silná - chomáče	slabší - povlak	nejslabší	ztmavlý povrch	poškození
	---	++-	++-	+++	++-

Fluorescence



Intenzita fluorescence

silná jasná	slabá	žádná	potlačující
++-	+++	---	---

Barevnost fluorescence

žlutá	bílá	modrá	fialová	temně fialová
+-	++-	+++	++-	++-

Shrnutí

Míra eflorescence a její vliv na intenzitu fluorescence

		eflorescence a další projevy kontaminace solemi					
		silná - chomáče	slabší - povlak	nejslabší	žádná	ztmavlý povrch	poškození
fluorescence	silná jasná	ne	spíše ano	ne	ne	spíše ano	ne
	slabá	ne	ano	spíše ano	ne	ano	ne
	žádná	ne	spíše ne	spíše ano	spíše ano	spíše ne	ne
	potlačující	ne	ne	ne	ne	ne	ne

Míra eflorescence a její vliv na barvu fluorescence

		eflorescence a další projevy kontaminace solemi					
		silná - chomáče	slabší - povlak	nejslabší	žádná	ztmavlý povrch	poškození
fluorescence	žlutá	ne	spíše ne	spíše ne	ne	lokálně ano	ne
	bílá	ne	spíše ne	spíše ne	ne	lokálně ano	ne
	modrá	ne	lokálně ano	spíše ne	ne	lokálně ano	ne
	fialová	ne	spíše ne	ne	ne	spíše ano	ne
	temně fialová	ne	ne	ne	ne	lokálně ano	ne

2.2.3.5 Test č. 4 dusičnan sodný

Na povrchu těles je pozorována nepravidelná eflorescence, která pokrývá téměř celý povrch od paty až nad horní polovinu těles. Lze ji rozdělit na tři typy. Nejsilnější eflorescence má podobu vatovitých chomáčů a její největší výskyt je zhruba ve střední třetině výšky těles, přičemž lze vyzorovat vyšší kumulaci této eflorescence při svislých hranách. V okolních partiích se vyskytuje slabší eflorescence v podobě souvislého povlaku a zbývající oblasti zpravidla pokrývá nejslabší jemná eflorescence.

Na UV fluorescenční fotografii nevykazují partie s eflorescencí žádnou výraznou fluorescenci, tyto partie se jeví jako tmavo-fialové. Nejsilnější eflorescence na některých místech dokonce utlumují modravou fluorescenci skvrn na vápenných tělesech.

V přiložené kartě jsou stručně uvedeny veškeré výše popsané informace. V kartě jsou uvedeny fotografie²⁹³ minerálu *nitronatrit* ve viditelném světle.

²⁹³ *Nitratine*. [online]. mindat.org and the Hudson Institute of Mineralogy 1993-2017, 7.8. 2017 [cit. 11.8. 2017]. Dostupné z <https://www.mindat.org/min-2916.html>.

Test č. 4
Dusičnan sodný
 NaNO_3

V přírodě se vyskytuje jako minerál *nitronatrit*
 Jeho UV fluorescence je žlutá.



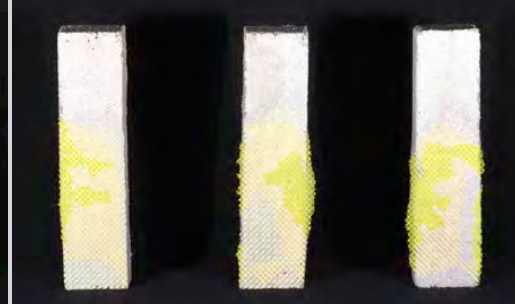
R050658
 VIS snímek

Eflorescence

VIS snímek



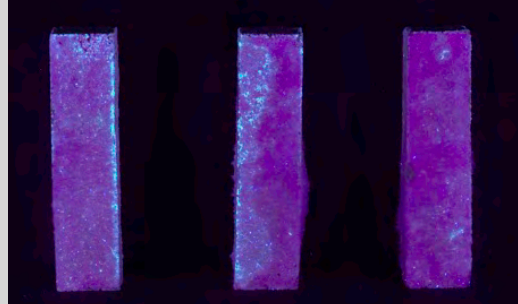
Grafický záznam eflorescence a poškození



Míra eflorescence:	silná - chomáče +++	slabší - povlak +++	nejslabší +-	ztmavý povrch ---	poškození ---
--------------------	------------------------	------------------------	-----------------	----------------------	------------------

Fluorescence

UVF snímek



Intenzita fluorescence

silná jasná +--	slabá ++-	žádná +--	potlačující +++
--------------------	--------------	--------------	--------------------

Barevnost fluorescence

žlutá ---	bílá +--	modrá +++	fialová +++	temně fialová +++
--------------	-------------	--------------	----------------	----------------------

Shrnutí

Míra eflorescence a její vliv na intenzitu fluorescence

		eflorescence a další projevy kontaminace solemi					
		silná - chomáče	slabší - povlak	nejslabší	žádná	ztmavý povrch	poškození
fluorescence	silná jasná	ne	ne	ne	lokálně ano	ne	ne
	slabá	ne	ne	ne	lokálně ano	ne	ne
	žádná	ne	spíše ano	ano	spíše ano	ne	ne
	potlačující	ano	lokálně ano	ne	ne	ne	ne

Míra eflorescence a její vliv na barvu fluorescence

		eflorescence a další projevy kontaminace solemi					
		silná - chomáče	slabší - povlak	nejslabší	žádná	ztmavý povrch	poškození
fluorescence	žlutá	ne	ne	ne	ne	ne	ne
	bílá	ne	ne	ne	lokálně ano	ne	ne
	modrá	ne	ne	ne	lokálně ano	ne	ne
	fialová	ne	lokálně ano	ano	spíše ne	ne	ne
	temně fialová	ano	ano	ne	ne	ne	ne

Poznámka: Udávaná žlutá fluorescence minerálu, která může být dána jeho specifickými vlastnostmi a také vlnovou délkou použitého UV záření, je výrazně rozdílná od fluorescence vykrystalizované soli.

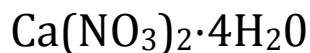
2.2.3.6 Test č. 5 tetrahydrát dusičnanu vápenatého

Na tělesech A a B je pozorovatelná převážně slabá eflorescence solí na povrchu. Vizuálně výraznějším jevem než eflorescence je ztmavnutí kontaminovaných partií těles, tedy spodních $\frac{3}{4}$ výšky. U tělesa C nebyla po provedení experimentu pozorována žádná vizuální změna.

Partie, na kterých byla pozorována eflorescence nevykazují žádnou fluorescenci. Změněná fluorescenci (oproti stavu před zasolováním) je zřetelná pouze u partií, které jsou ve viditelném světle charakterizovány tmavším odstínem vzhledem k okolí. Také UV fluorescenci popsaných oblastí se jeví mírně tmavší, než okolí, její barevnost je šedavá až modro-fialová. Místy se zdá, že mírně potlačuje původní fluorescenci vápenných těles.

Test č. 5

Tetrahydrát dusičnanu vápenatého



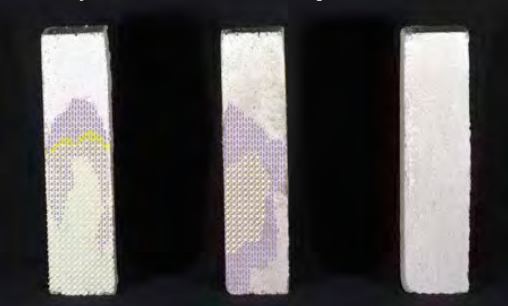
V přírodě se vyskytuje jako minerál
nitrokalcit.

Eflorescence

VIS snímek



Grafický záznam eflorescence a poškození

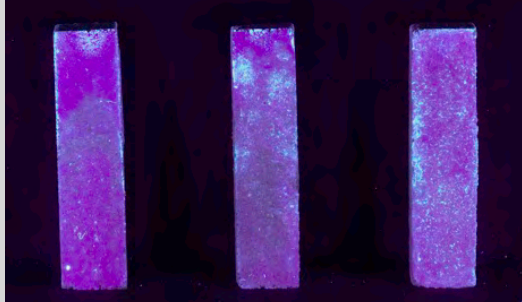


Míra eflorescence:

silná - chomáče	slabší - povlak	nejslabší	ztmavlý povrch	poškození
+ - -	- - -	+ + -	+ + -	- - -

Fluorescence

UVF snímek



Intenzita fluorescence

silná jasná	slabá	žádná	potlačující
- - -	+ + -	+ - -	+ - -

Barevnost fluorescence

žlutá	bílá	modrá	fialová	temně fialová
- - -	- - -	+ + -	+ - -	+ + -

Shrnutí

Míra eflorescence a její vliv na intenzitu fluorescence

		eflorescence a další projevy kontaminace solemi					
		silná - chomáče	slabší - povlak	nejslabší	žádná	ztmavlý povrch	poškození
fluorescence	silná jasná	ne	ne	ne	lokálně ano	ne	ne
	slabá	ne	ne	ne	lokálně ano	ano	ne
	žádná	ne	ne	ne	spíše ano	ne	ne
	potlačující	ne	ne	ne	ne	spíše ano	ne

Míra eflorescence a její vliv na barvu fluorescence

		eflorescence a další projevy kontaminace solemi					
		silná - chomáče	slabší - povlak	nejslabší	žádná	ztmavlý povrch	poškození
fluorescence	žlutá	ne	ne	ne	ne	ne	ne
	bílá	ne	ne	ne	lokálně ano	ne	ne
	modrá	ne	ne	ne	lokálně ano	lokálně ano	ne
	fialová	ne	ne	ne	spíše ne	spíše ano	ne
	temně fialová	ne	ne	ne	ano	ano	ne

2.2.3.7 Test č. 6 dusičnan draselný

Několik stěn těles bylo téměř zcela pokryto nejsilnější eflorescencí v podobě chomáčů (například čelní stěna tělesa B, viz přiložená karta). Výskyt této silné eflorescence nesouvisí s přítomností nebo absencí vápenného nátěru. U tělesa A byla nejsilnější eflorescence přítomna lokálně, plocha od paty tělesa až nad polovinu byla pokryta slabší eflorescencí v podobě povlaku. Stěny některých těles, například čelní stěna tělesa C, byly pokryty pouze nejslabší eflorescencí. U těles se v partiích od paty až mírně nad polovinu lokálně objevovaly ztmavlé partie, které souvisí s kontaminací solí.

Silné eflorescence solí v podobě chomáčů a slabší eflorescence (povlaky) se na UV fluorescenčním snímku ukazují v odstínech temné fialové. Silnější vrstvy chomáčů mají zpravidla lehce výraznější světlejší barevnost než povlaky. Temná fluorescence chomáčů lokálně potlačuje fluorescenci vápenného tělesa. Na boční (bez vápenného nátěru) a zadní (s vápenným nátěrem) straně tělesa A je pozorovatelná horizontální linie v podobě jasné modré fluorescence. Tato hranice zhruba odpovídá výšce vzlínání solného roztoku.

Při popisu vlastností minerálu v přiložené kartě byly použity informace z internetové databáze fluorescenčních minerálů.²⁹⁴

²⁹⁴ BARMARIN, 2009–2010.

Test č. 6
Dusičnan draselný
KNO₃

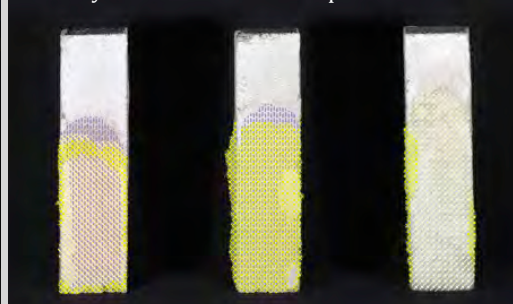
V přírodě se vyskytuje jako minerál *nitrokalit*.
 Jeho UV fluorescence (365 nm) je bílá.

Eflorescence

VIS snímek



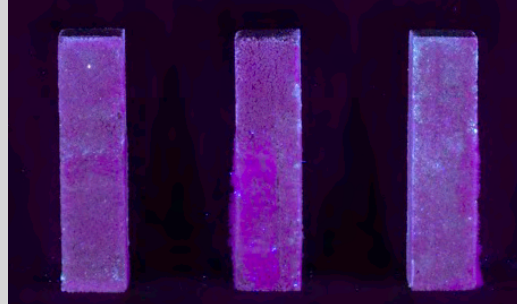
Grafický záznam eflorescence a poškození



Míra eflorescence:	silná - chomáče	slabší - povlak	nejslabší	ztmavlý povrch	poškození
	++-	++-	++-	++-	---

Fluorescence

UVF snímek



Intenzita fluorescence

silná jasná	slabá	žádná	potlačující
---	++-	++-	++-

Barevnost fluorescence

žlutá	bílá	modrá	fialová	temně fialová
---	---	++-	++-	+++

Shrnutí

Míra eflorescence a její vliv na intenzitu fluorescence

		eflorescence a další projevy kontaminace solemi					
		silná - chomáče	slabší - povlak	nejslabší	žádná	ztmavlý povrch	poškození
fluorescence	silná jasná	ne	ne	ne	lokálně ano	ne	ne
	slabá	spíše ano	lokálně ano	ne	lokálně ano	ne	ne
	žádná	lokálně ano	lokálně ano	spíše ano	spíše ne	ano	ne
	potlačující	ano	spíše ne	ne	ne	ne	ne

Míra eflorescence a její vliv na barvu fluorescence

		eflorescence a další projevy kontaminace solemi					
		silná - chomáče	slabší - povlak	nejslabší	žádná	ztmavlý povrch	poškození
fluorescence	žlutá	ne	ne	ne	ne	ne	ne
	bílá	ne	ne	ne	lokálně ano	ne	ne
	modrá	ne	spíše ne	ne	lokálně ano	ne	ne
	fialová	spíše ano	lokálně ano	ne	spíše ano	ne	ne
	temně fialová	ano	ano	ne	ano	ne	ne

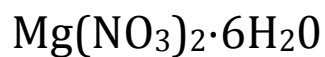
2.2.3.8 Test č. 7 hexahydrát dusičnanu hořečnatého

Na tělesech se zřídka vyskytují malé úseky nejsilnější eflorescence v podobě chomáčů. Tyto úseky bývají zpravidla doprovázeny i malou plochou se solným povlakem. Největší plochy zaujímá nejslabší, slabě viditelná eflorescence. Silnější eflorescence se zpravidla nacházejí mírně nad polovinou výšky těles. Slabá eflorescence je lokalizována na úsecích pod polovinou výšky těles.

Tělesa nevykazují žádnou silnou jasnou fluorescence. Na některých stranách a menších plochách těles je slabě rozpoznatelná fluorescence mírně odlišná od fluorescence vápenných těles. Zmiňovaná fluorescence se odlišuje na základě šedo-fialové barevnosti. Jiné změny UV fluorescence nebyly na vápenných tělesech pozorovány.

Test č. 7

Hexahydrát dusičnanu hořečnatého

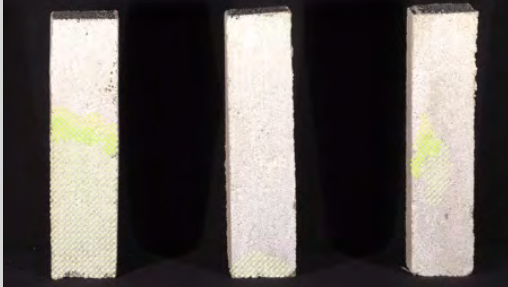


Eflorescence

VIS snímek



Grafický záznam eflorescence a poškození

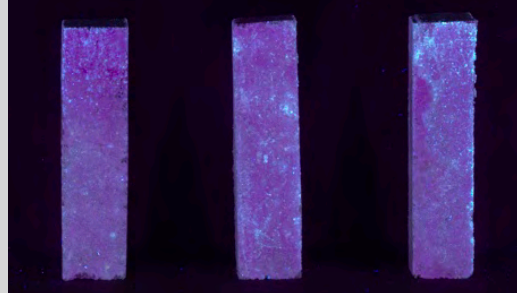


Míra eflorescence:

silná - chomáče	slabší - povlak	nejslabší	ztmavlý povrch	poškození
+ - -	+ - -	+ + -	- - -	- - -

Fluorescence

UVF snímek



Intenzita fluorescence

silná jasná	slabá	žádná	potlačující
- - -	+ + -	+ - -	- - -

Barevnost fluorescence

žlutá	bílá	modrá	fialová	temně fialová
- - -	+ - -	+ + -	+ + -	+ + -

Shrnutí

Míra eflorescence a její vliv na intenzitu fluorescence

		eflorescence a další projevy kontaminace solemi					
		silná - chomáče	slabší - povlak	nejslabší	žádná	ztmavlý povrch	poškození
fluorescence	silná jasná	ne	ne	ne	lokálně ano	ne	ne
	slabá	lokálně ano	lokálně ano	ano	lokálně ano	ne	ne
	žádná	ne	ne	ne	spíše ne	ne	ne
	potlačující	ne	ne	ne	ne	ne	ne

Míra eflorescence a její vliv na barvu fluorescence

		eflorescence a další projevy kontaminace solemi					
		silná - chomáče	slabší - povlak	nejslabší	žádná	ztmavlý povrch	poškození
fluorescence	žlutá	ne	ne	ne	ne	ne	ne
	bílá	ne	ne	ne	lokálně ano	ne	ne
	modrá	ne	ne	ne	lokálně ano	ne	ne
	fialová	spíše ne	spíše ne	ano	spíše ano	ne	ne
	temně fialová	lokálně ano	lokálně ano	spíše ne	ano	ne	ne

Poznámka: Modravá a temná fialová fluorescence byla na tělesech pozorována již před kontaminací solí.

2.2.3.9 Test č. 8 chlorid sodný

Na povrchu těles je několik málo výskytů drobných plošek které jsou pokryté nejsilnější eflorescencí v podobě chomáčů. Lokálně se vyskytují oblasti se středně silnou eflorescencí ve formě povlaků. Nejčastěji je zastoupen typ nejslabší, špatně viditelné eflorescence. Všechny jmenované typy eflorescence jsou lokalizovány na ploše od paty do zhruba horní linie $\frac{2}{3}$ výšky těles. V blízkosti této linie se lokálně nachází oblasti, které mohou být popsány jako lehce ztmavlé.

Eflorescence soli nevykazují žádnou viditelnou UV fluorescenci. Podoba těles po kontaminaci vodorozpustnými solemi je na UVF snímku stejná jako před kontaminací. Pouze na tělese A je takřka neznatelný rozdíl v podobě velice jemného ztmavení odstínu fialové fluorescence náležící vápennému tělesu.

Při popisu vlastností minerálu v příložené kartě byly použity informace a fotografie z internetové databáze fluorescenčních minerálů.²⁹⁵

²⁹⁵ BARMARIN, 2009–2010.

Test č. 8
Chlorid sodný
NaCl

V přírodě se vyskytuje jako minerál *halit*.



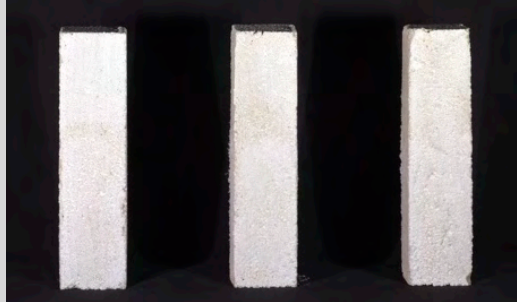
VIS snímek



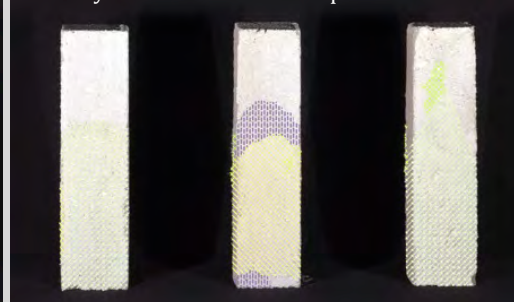
UVF snímek (365 nm)

Eflorescence

VIS snímek



Grafický zakres eflorescence a poškození



Míra eflorescence:	silná - chomáče	slabší - povlak	nejslabší	ztmavlý povrch	poškození
	+ - -	+ - -	+ + -	+ - -	- - -

Fluorescence

UVF snímek



Intenzita fluorescence

silná jasná	slabá	žádná	potlačující
- - -	+ + -	+ - -	- - -

Barevnost fluorescence

žlutá	bílá	modrá	fialová	temně fialová
- - -	+ - -	+ + -	+ - -	+ + -

Shrnutí

Míra eflorescence a její vliv na intenzitu fluorescence

		eflorescence a další projevy kontaminace solemi					
		silná - chomáče	slabší - povlak	nejslabší	žádná	ztmavlý povrch	poškození
fluorescence	silná jasná	ne	ne	ne	lokálně ano	ne	ne
	slabá	ne	ne	ne	lokálně ano	ne	ne
	žádná	ne	ne	spíše ne	spíše ano	ne	ne
	potlačující	ne	ne	ne	ne	ne	ne

Míra eflorescence a její vliv na barvu fluorescence

		eflorescence a další projevy kontaminace solemi					
		silná - chomáče	slabší - povlak	nejslabší	žádná	ztmavlý povrch	poškození
fluorescence	žlutá	ne	ne	ne	ne	ne	ne
	bílá	ne	ne	ne	lokálně ano	ne	ne
	modrá	ne	ne	ne	lokálně ano	ne	ne
	fialová	ne	ne	ne	spíše ne	ne	ne
	temně fialová	ne	ne	spíše ne	ano	ne	ne

Poznámka: Červená nebo oranžová fluorescence minerálu je podmíněna přítomností vhodných aktivátorů a je považována za vzácnou.

2.2.3.10 Test č. 9 chlorid vápenatý

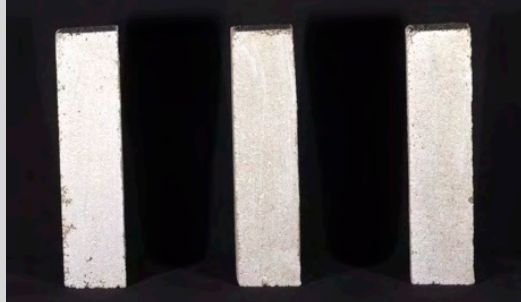
Na žádném z těles se neprojevila jakákoliv viditelná eflorescence ani jiný vizuálně pozorovatelný projev kontaminace solí. Tento výsledek podle očekávání souvisí zejména se vzdušnou vlhkostí, která byla vyšší než rovnovážná vlhkost nad nasyceným roztokem soli.

Na tělesech nebyla pozorována žádná charakteristická UV fluorescence. Podoba těles po kontaminaci vodorozpustnými solemi je na UVF snímku stejná jako před kontaminací.

Test č. 9
Chlorid vápenatý
CaCl₂

Eflorescence

VIS snímek



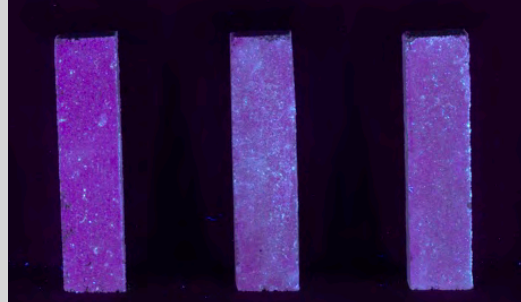
Grafický záznam eflorescence solí a poškození



Míra eflorescence:	silná - chomáče	slabší - povlak	nejslabší	ztmavlý povrch	poškození
	---	---	---	---	---

Fluorescence

UVF snímek



Intenzita fluorescence

silná jasná	slabá	žádná	potlačující
---	++-	+--	---

Barevnost fluorescence

žlutá	bílá	modrá	fialová	temně fialová
---	---	+-	++-	++-

Shrnutí

Míra eflorescence a její vliv na intenzitu fluorescence

		eflorescence a další projevy kontaminace solemi					
		silná - chomáče	slabší - povlak	nejslabší	žádná	ztmavlý povrch	poškození
fluorescence	silná jasná	ne	ne	ne	lokálně ano	ne	ne
	slabá	ne	ne	ne	lokálně ano	ne	ne
	žádná	ne	ne	ne	spíše ano	ne	ne
	potlačující	ne	ne	ne	ne	ne	ne

Míra eflorescence a její vliv na barvu fluorescence

		eflorescence a další projevy kontaminace solemi					
		silná - chomáče	slabší - povlak	nejslabší	žádná	ztmavlý povrch	poškození
fluorescence	žlutá	ne	ne	ne	ne	ne	ne
	bílá	ne	ne	ne	ne	ne	ne
	modrá	ne	ne	ne	lokálně ano	ne	ne
	fialová	ne	ne	ne	ano	ne	ne
	temně fialová	ne	ne	ne	ano	ne	ne

2.2.3.11 Test č. 10 hexahydrát chloridu hořečnatého

Na žádném z těles se neprojevila jakákoliv viditelná eflorescence ani jiný vizuálně pozorovatelný projev kontaminace solí. Tento výsledek podle očekávání souvisí zejména se vzdušnou vlhkostí, která byla vyšší než rovnovážná vlhkost nad nasyceným roztokem soli.

Podoba těles po kontaminaci vodorozpustnými solemi je na UVF snímku stejná jako před kontaminací.

Test č. 10
Hexahydrát chloridu
hořečnatého
 $MgCl_2 \cdot 6H_2O$

Eflorescence

VIS snímek



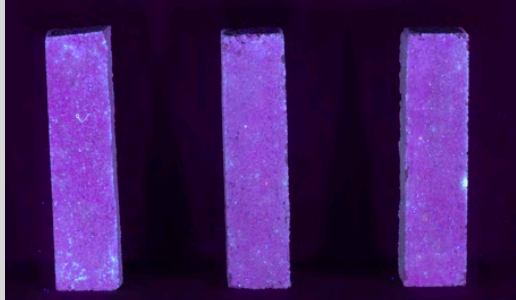
Grafický záznam eflorescence a poškození



Míra eflorescence:	silná - chomáče	slabší - povlak	nejslabší	ztmavlý povrch	poškození
	---	---	---	---	---

Fluorescence

UVF snímek



Intenzita fluorescence

silná jasná	slabá	žádná	potlačující
---	++-	+--	---

Barevnost fluorescence

žlutá	bílá	modrá	fialová	temně fialová
---	+--	+--	++-	++-

Shrnutí

Míra eflorescence a její vliv na intenzitu fluorescence

		eflorescence a další projevy kontaminace solemi					
		silná - chomáče	slabší - povlak	nejslabší	žádná	ztmavlý povrch	poškození
fluorescence	silná jasná	ne	ne	ne	spíše ne	ne	ne
	slabá	ne	ne	ne	lokálně ano	ne	ne
	žádná	ne	ne	ne	spíše ne	ne	ne
	potlačující	ne	ne	ne	ne	ne	ne

Míra eflorescence a její vliv na barvu fluorescence

		eflorescence a další projevy kontaminace solemi					
		silná - chomáče	slabší - povlak	nejslabší	žádná	ztmavlý povrch	poškození
fluorescence	žlutá	ne	ne	ne	ne	ne	ne
	bílá	ne	ne	ne	ne	ne	ne
	modrá	ne	ne	ne	lokálně ano	ne	ne
	fialová	ne	ne	ne	ano	ne	ne
	temně fialová	ne	ne	ne	spíše ano	ne	ne

2.2.3.12 Test č. 11 uhličitan sodný

Na tělesech se nacházejí všechny tři typy eflorescence. Nejsilnější eflorescenci je možné pozorovat v blízkosti poloviny výšky tělesa. Slabší eflorescenci v podobě povlaků je možné spatřit v oblastech od paty těles směrem nahoru k partiím s nejsilnější eflorescencí. Nad těmito místy bývá lokalizována nejslabší, obtížně pozorovatelná eflorescence. Ve spodní polovině těles došlo ke vzniku několika vlasových prasklin. Tyto praskliny jsou důsledkem působení soli na porézní anorganický materiál.

Nejsilnější eflorescence se na UVF snímku většinou projevují jako horizontální nepravidelné linie s bílou až namodralou jasnou fluorescencí. Oblasti se slabší fluorescencí, tedy povlaky, se na UVF snímku chovají velmi nejednotně. V některých partiích vykazují slabší bílo-modrou fluorescenci, jinde se tyto partie jeví jako temně fialové. Oblasti s nejslabší eflorescencí jsou zpravidla definovány slabší šedo-fialovou fluorescencí a vytvářejí horizontální pás v blízkosti poloviny výšky těles, jehož horní okraj je rozpoznatelný mírně zesílenou fluorescencí.

Test č. 11

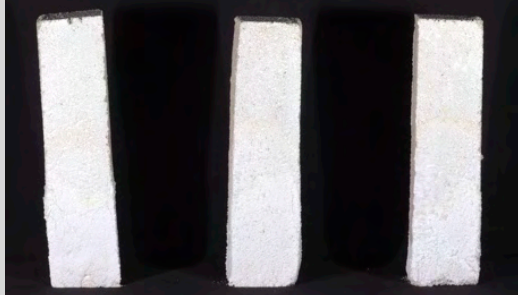
Uhličitan sodný



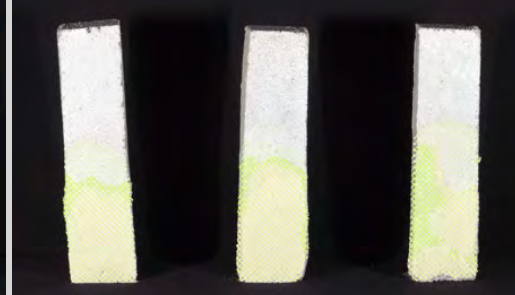
Obecně známý jako soda.

Eflorescence

VIS snímek



Grafický záznam eflorescence a poškození

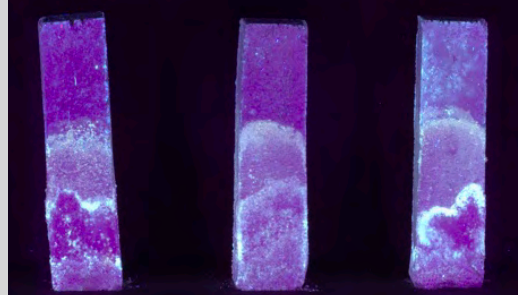


Míra eflorescence:

silná - chomáče	slabší - povlak	nejslabší	ztmavlý povrch	poškození
+++	+++	+++	---	+-

Fluorescence

UVF snímek



Intenzita fluorescence

silná jasná	slabá	žádná	potlačující
+++	+++	+-	---

Barevnost fluorescence

žlutá	bílá	modrá	fialová	temně fialová
+-	+++	+-	+-	+-

Shrnutí

Míra eflorescence a její vliv na intenzitu fluorescence

		eflorescence a další projevy kontaminace solemi					
		silná - chomáče	slabší - povlak	nejslabší	žádná	ztmavlý povrch	poškození
fluorescence	silná jasná	lokálně ano	lokálně ano	spíše ne	lokálně ano	ne	ne
	slabá	lokálně ano	spíše ano	ano	lokálně ano	ne	ne
	žádná	ne	spíše ne	lokálně ano	spíše ano	ne	ne
	potlačující	ne	ne	ne	ne	ne	ne

Míra eflorescence a její vliv na barvu fluorescence

		eflorescence a další projevy kontaminace solemi					
		silná - chomáče	slabší - povlak	nejslabší	žádná	ztmavlý povrch	poškození
fluorescence	žlutá	spíše ne	ne	ne	ne	ne	ne
	bílá	ano	lokálně ano	spíše ne	lokálně ano	ne	ne
	modrá	lokálně ano	lokálně ano	ne	lokálně ano	ne	ne
	fialová	spíše ne	spíše ne	ano	spíše ne	ne	ne
	temně fialová	ne	lokálně ano	lokálně ano	ano	ne	ne

2.2.4 Shrnutí výsledků

Experimentálně byla studována UV fluorescence jedenácti vybraných vodorozpustných anorganických solí na vápenném substrátu. Vápenný substrát byl zhotoven v podobě zkušebních těles tvaru hranolu z vápenné malty sestávající z bílého vzdušného vápna a písku. Dvě protilehlé strany těles byly opatřeny vápenným nátěrem. Tělesa byla řízeně kontaminována roztoky anorganických solí tak, aby došlo k uspokojivé eflorescenci solí na povrchu těles. Největší eflorescence solí se po řízeném zasolování většinou vyskytovala přibližně do poloviny, případně blízko nad polovinou výšky těles. Tímto způsobem se podařilo simulovat situaci z restaurátorské praxe, tedy solemi kontaminovanou vápennou omítku, která bývá nejčastější podložkou nástěnných maleb, potažmo historickou omítku bez malby. Výběr solí byl řízen zejména jejich nejčastějším výskytem v historických objektech. Pro experiment byly vybrány síran sodný, dihydrát síranu vápenatého, síran hořečnatý, dusičnan sodný, tetrahydrát dusičnanu vápenatého, dusičnan draselný, hexahdrát dusičnanu hořečnatého, chlorid sodný, chlorid vápenatý, hexahdrát chloridu hořečnatého a uhličitan sodný. Každou z uvedených solí byla kontaminována vždy 3 zkušební vápenná tělesa.

K přípravě těles velikosti 40 mm × 40 mm × 160 mm z vápenné malty bylo odzkoušeno několik postupů a poměrů pojiva a plniva. Nejlepší zpracovatelské a jiné vlastnosti byly docíleny s maltou, při jejíž přípravě byl objemový poměr vápenné kaše, písku a vody 1 : 4 : 0,25. Použit byl křemičitý písek s velikostí zrn do 4 mm. Vápenná tělesa byla solemi kontaminována vzlínáním roztoků solí menší plochou těles. Ukázalo se, že k docílení optimální eflorescence na povrchu vápenných těles je zapotřebí tělesa postavit vždy do 20ml 14,3 % hm. roztoku solí ve třech cyklech. Mezi jednotlivými cykly vzlínání byla tělesa ponechána přirozeně vyschnout v daných podmínkách. Celkem tedy mělo teoreticky do každého tělesa vyvzlínat 10 g soli rozpuštěné v 60ml demineralizované vody. Kvůli nízké rozpustnosti dihydrátu síranu vápenatého byl použit jeho nasycený roztok. Vysychání i focení těles probíhalo v prostředí s relativní vzdušnou vlhkostí přibližně 35–50 %. Tato vzdušná vlhkost byla zvolena z důvodu zvýšení pravděpodobnosti vzniku eflorescence většiny použitých solí, zároveň se měla do určité míry blížit reálným podmínkám. Předpokládalo se tedy, že soli

s nízkou relativní vlhkostí vzduchu nad jejich nasyceným roztokem budou vykazovat nízkou, případně žádnou eflorescenci a mohou se v tělesech a na jejich povrchu vyskytovat v podobě roztoků. Mezi tyto soli z daného výběru patří chlorid vápenatý a hexahydrát chloridu hořečnatého.

UV fluorescenční fotografie solemi kontaminovaných vápenných těles byly pořízeny postupy doporučenými v odborné literatuře tak, aby bylo docíleno stejných podmínek pořizování všech snímků. Tělesa byla ve tmě ozařována dvěma stejnými UVA zdroji, zdroje UV záření byly umístěny ve výšce těles tak, aby směr záření svíral úhel 45° s pomyslnou kolmicí na těleso (snímaný objekt). Tělesa byla fotografována také ve viditelném světle, zdroje viditelného světla byly umístěny obdobným způsobem jako zdroje UV záření.

UV fluorescence byla zkoumána a vyhodnocována pozorováním těles v UV záření a na UV fluorescenčních fotografiích. Vzhledem k tématu práce bylo nutné lokalizovat, zkoumat a popsat eflorescence solí, případně jiné vzniklé jevy, například vznik poškození. Výsledkem experimentu byl popis intenzity a barevnosti UV fluorescence v závislosti na eflorescenci jednotlivých solí. Zjištěné informace byly komparovány s publikovanými informacemi o UV fluorescenci minerálů stejné chemické podstaty. UV fluorescence zasolených těles byla srovnávána s UV fluorescencí referenčních vápenných těles, která byla ve třech cyklech ponořena do 20ml demineralizované vody. Tento postup měl být obdobou postupu zasolování ostatních těles.

UV fluorescence plochy referenčních těles měla tmavší fialovou barvu. V zóně odparu vody byla pozorována odlišná, slabá bílo-modrá UV fluorescence. Příčinou tohoto jevu byla zřejmě migrace nezkarbonatizovaného vápna vlivem opakovaného vzlínání vody. V porovnání se specifickými UV fluorescencemi eflorescencí solí byla intenzita UV fluorescence výše uvedené zóny na povrchu referenčních těles zanedbatelná a neměla by mít zásadní vliv na celkové výsledky experimentu. V literatuře je uvedena široká škála barevností UV fluorescence minerálů na bázi uhličitanu vápenatého zahrnující například bílé, žluté, růžové, červené, lososové, fialové a modré odstíny (viz Kap. 2. 1. 3. 6).

Z testovaných solí byla nejintenzivnější UV fluorescence zaznamenána v případě eflorescencí síranu sodného a uhličitanu sodného. Také eflorescence těchto solí na povrchu vápenných těles byly největší, dokonce docházelo

k poškození těles v důsledku působení solí. Nejintenzivnější UV fluorescence nebyla v obou případech zaznamenána pouze v partiích s nejsilnější eflorescencí. Podobná intenzita UV fluorescence partií s největší eflorescencí byla zaznamenána také v oblastech s menší mírou výskytu uvedených solí na povrchu těles. Barevnost nejintenzivnější UV fluorescence byla u obou jmenovaných solí převážně bílá. U síranu sodného se škála UV fluorescence pohybovala od bílé barvy do odstínů modré. Podle literatury může být UV fluorescence minerálu thenarditu (síran sodný) žluto-modrá (viz Kap. 2. 1. 3. 6). V případě uhličitanu sodného byly kromě nejintenzivnější bílé UV fluorescence lokálně pozorovány odstíny krémové UV fluorescence, které podobně jako u síranu sodného postupně přecházely do modrých odstínů. Oblasti s nejintenzivnější fluorescencí měly tendence vytvářet nepravidelné horizontální linie nebo pásy v blízkosti poloviny těles, vyskytovaly se tedy v odparové zóně.

Z hlediska intenzity UV fluorescence následují tělesa kontaminovaná síranem hořečnatým. Na těchto tělesech nebyla pozorována žádná silná eflorescence v podobě chomáčů nebo viditelných krystalů. V normálním světle byly přibližně do poloviny výšky vápenných těles pozorovány slabé povlaky solí, které vizuálně vytvářely ztmavlé partie na povrchu. Tyto partie vykazovaly šedo-fialovou UV fluorescenci. Horní okraj oblasti eflorescence měl zpravidla intenzivnější UV fluorescenci, jejíž barevnost byla posunuta do bílo-modrých odstínů. V této části se také vyskytovalo větší množství solí. V odborné literatuře je zmíněno, že UV fluorescence minerálu epsomitu (heptahydrát síranu hořečnatého) může být žluto-bílá (viz Kap. 2. 1. 3. 6).

Slabá UV fluorescence byla pozorována u těles kontaminovaných dihydrátem síranu vápenatého, tetrahydrátem dusičnanu vápenatého a hexahydrátem dusičnanu hořečnatého. V případě dihydrátu síranu vápenatého byla pozorována velice slabá modravá fluorescence v podobě horizontálního nepravidelného pásu, vyskytující se v zóně nad polovinou těles. Ve viditelném světle nebyla na těchto tělesech pozorována žádná eflorescence ani poškození. Vzhledem k nízké koncentraci roztoku použitého ke kontaminaci těles nelze výsledek vyhodnotit jako odlišný od referenčního tělesa. Nelze tedy vyloučit, že je příčinou slabé UV fluorescence migrace nezkarbonatizovaného vápna.

V odborné literatuře se uvádí, že sádrovec může mít žlutou, bílou až nazelenalou UV fluorescenci (viz kap. 2. 1. 3. 6). Na tělesech kontaminovaných tetrahydrátem dusičnanu vápenatého došlo k tvorbě velmi slabých eflorescencí přibližně do $\frac{3}{4}$ jejich výšky. Tyto partie se vizuálně vyznačovaly mírným ztmavnutím. UV fluorescence modrých odstínů se na těchto tělesech vyskytovala v oblastech odpovídajících ztmavlým partiím. Největší eflorescence hexahydrátu dusičnanu hořečnatého byly zaznamenány v pásích přibližně nad polovinou výšky těles, pod touto oblastí se vyskytovala souvislá velmi slabá eflorescence. V místech slabé eflorescence byla zaznamenána UV fluorescence šedo-fialové barvy.

U těles kontaminovaných chloridem vápenatým a hexahydrátem chloridu hořečnatého podle předpokladů nebyla pozorována prakticky žádná eflorescence ani UV fluorescence. Podobný jev nastal v případě chloridu sodného, kde se nepodařilo prokázat UV fluorescenci eflorescence, která byla spíše ojedinělá. V odborné literatuře je uvedena možná růžová až oranžovo-červená UV fluorescence minerálu halitu (chlorid sodný, viz kap. 2. 1. 3. 6).

V případě nejsilnějších eflorescencí dusičnanu sodného a dusičnanu draselného v podobě chomáčů byl pozorován jev potlačení UV fluorescence solemi nekontaminovaných vápenných těles. V literatuře se uvádí v případě minerálu nitronatritu (dusičnan sodný) možnost žluté UV fluorescence, minerál nitrokalit (dusičnan draselný) se může vyznačovat bílou UV fluorescencí (viz Kap. 2. 1. 3. 6).

Z uvedeného vyplývá, že pozorovaná barevnost UV fluorescence vybraných solí neodpovídá údajům z odborné literatury, kde jsou uvedeny UV fluorescence minerálů chemicky odpovídajících některým z vybraných solí. Tento fakt může být mimo jiné dán širokou škálou možných barevností UV fluorescence minerálů, přičemž všechny možnosti nemusí být v dohledané literatuře uvedeny.

3 Praktická část

Restaurování nástěnné malby na čelní stěně vítězného oblouku v kostele sv. Víta v Zahrádce

3.1 Úvodní údaje o památce

3.1.1 Lokalizace památky

Kraj: Vysočina

Okres: Havlíčkův Brod

Adresa: Horní Paseka, zaniklá obec Zahrádka u Ledče nad Sázavou

Objekt: kostel sv. Víta

Restaurované dílo: středověká figurální a dekorativní nástěnná malba s motivy Zvěstování Panně Marii, křížový dekor a středověké omítky

Bližší určení místa s popisem: fragmenty nástěnných maleb a omítek na východní stěně vítězného oblouku

Klasifikace památky: Kulturní památka

Registrační číslo objektu v ÚSKP: 14421/6 - 361

Památkou od: 3. 5. 1958

3.1.2 Údaje o památce

Autor: neznámý, nesignováno

Sloh a datování objektu: kostel byl založen před r. 1219, původně románská stavba, která byla několikrát přestavována

Sloh a datace maleb: gotické nástěnné malby patrně z 90. let 14. století²⁹⁶

²⁹⁶ HEJNA, A, BENEŠOVSKÁ, K, PLÁTKOVÁ, Z. Kostel sv. Víta v Zahrádce u Ledče, *Umění XXIX*, (1981).

Materiál, technika: patrně secco na vápenném nátěru a vápenné omítce

Plocha celé restaurované části: přibližně 13 m²

Výměra dochovaných gotických maleb a povrchů omítek: přibližně 9,5 m²

3.1.3 Údaje o akci

Vlastník: ČR, právo hospodaření vlastní Národní památkový ústav, územní památková správa v Českých Budějovicích

Správce objektu: Správa státního hradu Lipnice

Objednatel, investor: Spolek Přátelé Zahrádky, K Lipnici 18, 394 52 Kežlice

Památkový dozor: Mgr. Petr Severa, Soňa Wolfschützová DiS., ú.o.p. NPÚ Telč

Návrh na restaurování: Konzervační zákrok na nástěnných malbách na východní stěně lodi (a souvisejících fragmentech) kostela sv. Víta v Zahrádce, Jan Vojtěchovský, Fakulta restaurování UPa, 12. 12. 2013

Závazné stanovisko: Rozhodnutí městského úřadu Světlá nad Sázavou, č. j.: MSNS/4588/2015/OSÚ-4, ze dne 16.4. 2015

Zhotovitel: Fakulta restaurování, Univerzita Pardubice

Restaurovala: BcA. Ivana Millionová, na dalším úseku pracovala BcA. Markéta Renzová

Pedagogický dozor: Mgr. art. Jan Vojtěchovský, Ph.D.

Odborná spolupráce: Ing. Petra Lesniaková, Ph.D. (Katedra chemické technologie FR UPa),

Termín započetí a ukončení akce: duben 2015, červenec 2016

3.1.4 Údaje o dokumentaci

Dokumentaci vypracovala: BcA. Ivana Milionová

Fotografie pořídila: BcA. Ivana Milionová

Použitá technika: Canon EOS D 50, Canon EOS D 60

Počet stran textu: 42

Počet vyobrazení: 69

Počet příloh: 4

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

3.2 Úvod restaurátorské dokumentace

Kostel sv. Víta se v současnosti nachází na břehu vodní nádrže Švihov, známé pod nesprávným názvem Želivka. Jedná se o původně románský kostel, jehož interiér i exteriér prošel mnoha stavebními úpravami. Přesto se v interiéru kostela, pod vrstvami druhotných omítek, dochovaly středověké nástěnné malby.

Tato dokumentace se vztahuje k nástěnným malbám a omítkám na čelní stěně vítězného oblouku směrem do lodi.

Na levé straně vítězného oblouku (při pohledu z lodi) se v horní části dochovala figura. Tato figura byla v minulosti mylně, zřejmě kvůli špatné čitelnosti, označována za donátora²⁹⁷, či za neznámého světce. V průběhu restaurátorských prací se nám podařilo zjistit, že se patrně jedná o torzo výjevu *Zvěstování Panně Marii*. Z celé kompozice se dochovala pouze partie s postavou archanděla Gabriela (patrně kol. 1390).

Na dolní levé části vítězného oblouku se nachází jednoduchá malba křížového dekoru, provedená v červené lince na bílém podkladu.

Na pravé straně vítězného oblouku se v horní části (symetricky k malbě archanděla Gabriela) nachází několik fragmentů červené malby. Vzhledem ke stavu dochování není možné určit, o jaký motiv se jednalo. V dolní části je dochována středověká omítka, částečně i s povrchem a několik drobnějších fragmentů maleb z pozdějšího časového období, především z baroka.

²⁹⁷ HEJNA, BENEŠOVSKÁ, PLÁTKOVÁ. 1981.

3.3 Průzkum

3.3.1 Předchozí průzkumy a zásahy

Shrnutí předchozích známých průzkumů a zásahů v objektu:²⁹⁸

- srpen - listopad 1975:** stavebně-historický průzkum, Ing. arch. Pavel Mošťák SPPKOKP ²⁹⁹
- září 1975:** restaurátorský průzkum,³⁰⁰ prof. Jiří Toroň, AVU Praha - objev gotických maleb pod mladšími omítkami
- 1976:** odkryv středověkých nástěnných maleb, pod vedením prof. Jiřího Toroně³⁰¹
- 1976 - 1977:** archeologický průzkum, PhDr. Antonín Hejna, archeologický ústav ČSAV ³⁰²
- 1983 - 1984:** archeologický průzkum, J. Šulcová³⁰³
- 1984:** dodatečné zajištění okrajů odkrytých fragmentů vápenným tmelem, prof. Jiří Toroň³⁰⁴
- 2008 a 2011:** další archeologické průzkumy v exteriéru v blízkosti hlavních stěn kostela³⁰⁵

²⁹⁸ TITOR, T. *Restaurování spodní části nástěnné malby na východní stěně presbytáře kostela sv. Víta v Zahrádce u Ledče nad Sázavou*. Diplomová práce. [online]. Litomyšl, Univerzita Pardubice Fakulta restaurování, 2013. [cit. 7.8. 2016] Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10195/53931>.

²⁹⁹ MOŠŤÁK, P. *Kostel sv. Víta v Zahrádce; Stavebně historický a architektonický průzkum*, Praha, (1975), Interní tisk SPKOKP Praha.

³⁰⁰ TOROŇ, J. *Restaurátorská zpráva a dokumentace průzkumu v kostele sv. Víta v Zahrádce n./S.*, Praha (1975), NPÚ Telč.

³⁰¹ TOROŇ, J. *Restaurátorská zpráva, zákresy a fotodokumentace z odkrývání středověkých maleb v kostele sv. Víta v Zahrádce*, Praha (1976), NPÚ Telč.

³⁰² HEJNA, BENEŠOVSKÁ, PLÁTKOVÁ. 1981.

³⁰³ P. Macků ve svém článku uvádí, že nálezová zpráva nebyla nalezena. Informace čerpal z: Julie ŠULCOVÁ, *Výsledky archeologického výzkumu bývalého kostela sv. Víta v Zahrádce a návrh prezentace archeologických nálezů uvedeného objektu*, kopie rukopisu z 29. 12. 1988 v archivu NPÚ ÚOP v Telči ; dále pak Jan FROLÍK – Petr CHOTĚBOR, *Zpráva o záchranné akci v Zahrádce, okres Havlíčkův Brod*, 1983 a několika málo fotografií, které jsou však bez popisů a tudíž spíše informativního charakteru.

³⁰⁴ TOROŇ, J. *Zpráva o stavu odkrytých nástěnných maleb v kostele v Zahrádce /Želivská oblast/*, Praha (1984), Interní tisk SPKOKP Praha, NPÚ Telč.

³⁰⁵ MACKŮ, P. *Kostel sv. Víta v Zahrádce*, Malý příspěvek k dějinám pohřbívání na Vysočině. (2012), s. 105.

- 2009:** restaurátorský průzkum výmalby v presbytáře, BcA. Jana Dunajská, BcA. Lukáš Hrinda, vedoucí práce Mgr. art. Luboš Machačko, Fakulta restaurování, Univerzita Pardubice ³⁰⁶
- 2011 – 2012:** doplňující průzkum a restaurování referenční plochy malby na východní stěně presbytáře, BcA. Jana Dunajská, vedoucí práce Doc. Jaroslav J. Alt, Univerzita Pardubice ³⁰⁷
- 2012 – 2013:** restaurátorský průzkum restaurování nástěnných maleb a středověkých omítek v presbytáři, BcA. Lenka Slouková, BcA. Tomáš Titor, Barbora Vařejková, Martina Poláková, vedoucí práce Mgr. art. Jan Vojtěchovský, Univerzita Pardubice ³⁰⁸

3.3.2 Cíle navazujícího rozšířeného průzkumu

Cílem je pokračovat v průzkumu malířské výzdoby na čelní stěně vítězného oblouku a přilehlé části severní stěny až po hranu nejvýchodnějšího okna. Bude popsána malířská výzdoba příslušné části lodi kostela, stav poškození maleb, dále bude provedena fotodokumentace stávajícího stavu poškození.

Průzkum se také zaměří na případné rozlišení organických látek či druhotných vlivů pomocí UV fluorescence. Dále bude proveden chemicko-technologický průzkum, který se zaměří na stratigrafii povrchových úprav a identifikaci pojiv a pigmentů. V neposlední řadě bude nutné stanovit obsah vodorozpustných solí a vyřešit otázku eliminace biologického napadení.

Dalším krokem bude provedení zkoušek materiálů, které budou v průběhu restaurování použity.

³⁰⁶ MACHAČKO, L, DUNAJSKÁ, J, HRINDA, L. *Průzkumová dokumentace malířské výzdoby presbytáře sv. Víta v Zahrádce u Ledče nad Sázavou*, Univerzita Pardubice (2009).

³⁰⁷ DUNAJSKÁ, J. *Doplňující průzkum malířské výzdoby presbytáře kostela sv. Víta v Zahrádce u Ledče nad Sázavou a restaurování referenční plochy středověkých maleb v presbytáři*, Diplomová práce, Litomyšl (2012).

³⁰⁸ SLOUKOVÁ, L. VOJTĚCHOVSKÝ, J. TITOR, T. VAŘEJKOVÁ, B. POLÁKOVÁ, M. *Restaurátorský průzkum a dokumentace restaurování nástěnných maleb a středověkých omítek v presbytáři kostela sv. Víta v Zahrádce*, Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, Litomyšl (2013).

Na základě průzkumu bude navržen postup restaurátorských prací. Postup i koncepce restaurování maleb v lodi budou navrženy tak, aby byly v souladu s restaurátorskými zásahy z předchozích let.

3.3.3 Metody průzkumu

Uměleckohistorický průzkum

- Shromáždění informací z předchozích průzkumů a odborné literatury

Restaurátorský průzkum

- Vizuální průzkum v denním rozptýleném světle, v razantním bočním osvětlení, perkusní metoda průzkumu (poklepem) a UV fluorescenční fotografie
- Odběr vzorků pro chemicko-technologický průzkum (analýza pigmentů, pojiv a stratigrafie povrchových úprav, kvantitativní a kvalitativní stanovení obsahu vodorozpustných solí)
- Fotodokumentace
- Grafická dokumentace

Přírodovědný průzkum

- průzkum obsahu vlhkosti a vodorozpustných solí
- průzkum stratigrafie a složení malby s podkladem metodami světelné mikroskopie s prvkovou analýzou metodami světelné mikroskopie a skenovací elektronové mikroskopie s prvkovou analýzou (SEM/EDX)
- identifikace organických látek mikrochemickými reakcemi a kombinací metod plynové chromatografie a hmotnostní spektrometrií (GC/MS)

3.3.4 Uměleckohistorický průzkum

3.3.4.1 Stručná historie kostela sv. Víta

Kostel sv. Víta byl v zaniklé obci Zahrádka stavebně i historicky nejstarší a nejvýznamnější památkou. Dodnes zůstal na místě jako hlavní doklad existence obce.

O vzniku obce Zahrádka a ani o založení kostela nemáme žádné doklady. Nejstarší zpráva o obci Zahrádka je z 26. června 1219. Jde o text v darovací listině Přemysla Otakara I. (1197–1230), kde je uvedeno, že byla obec společně s kostelem a přilehlým újezdem darována Vyšehradské kapitule. („...*Zaradcham et circuitum eundem cum universis pertinenciis, silvis, pratis, aquis, villis, ecclesie...*”)³⁰⁹ Zahrádka zůstala majetkem kapituly do roku 1436, jak dokazuje řada dalších písemných pramenů.³¹⁰

5. září 1247 se Filip, biskup salcburský a probošt vyšehradský vzdal Zahrádky ve prospěch sekretáře kanovníka Hermana. V tomto období patrně proběhla druhá stavební fáze dnešního kostela, a to v podobě stavby gotické zvonice a zaklenutí kostela žebrovou klenbou. Další zmínka pochází z roku 1327. Zahrádka je zde poprvé uváděna jako městečko: *oppidum Sarathka*. Nedlouho poté je na protějším břehu Želivky vybudován hrad Klosterberg.³¹¹

Od roku 1348 sídlil na hradě Klosterberg probošt Jindřich z Lipé. Za Jindřicha je kostel poprvé uváděn jako farní a příslušící děkanátu v Červené Řečici. Pravděpodobně posledním držitelem z řad vyšehradské kapituly Zahrádky byl pán Álbík. Poté, v roce 1436, byla Zahrádka zastavena Mikuláši Trčkoví z Lípy. Za Trčků, v roce 1562, získalo město Zahrádka právo trhu a byla povýšena na město Trhová Zahrádka. Roku 1636 přechází Zahrádka do držení Volfa Adama z Pappenheimu a následně Burianem Ladislavem na Valdštejny. V této době došlo k první barokní přestavbě. Na počátku 18. století se Zahrádka krátce dostala do vlastnictví břevnovského opata Otmara Zinka. Dalším

³⁰⁹ *Codex diplomaticus et epistolarius regni Bohemiae II* (ed. Friedrich, G.), Pragae MCMXII, vklad č. 374, s. 409.

³¹⁰ HEJNA, BENEŠOVSKÁ, PLÁTKOVÁ. 1981.

³¹¹ Hrad Klosterberg, lidově řečený “Kokrbejk” je dnes zcela zaniklý, patrný jen v terénním reliéfu.

majitelem byl Jan Leopold Donát, kníže z Trautssonu a Falkenštenu. Za jeho působení byl kostel opět přestavován (1738). V roce 1783 zachvátil celou obec požár. K obnovení kostela došlo v roce 1787. V roce 1850 postihl Zahrádku další požár. Po něm následovaly nezbytné úpravy a opravy kostela. Patří mezi ně nový krov a později též novogotický mobiliář. Ve 20. století byla osazena vitrážová okna a dále byla také provedena kompletní výmalba kostela. V roce 1958 byl kostel zapsán do Státního seznamu nemovitých kulturních památek.

Usnesením vlády ze dne 27. 8. 1969 bylo rozhodnuto o likvidaci Zahrádky. Důvodem byla výstavba vodního díla Švihov. Sedm let nato obec Zahrádka zanikla. Na místě jsou dodnes její pozůstatky v podobě kostela sv. Víta, sochy Bolestné Panny Marie z roku 1738, kašny z roku 1886, křížku, hřbitova a dvou obytných domů, které jsou dnes ve vlastnictví Povodí Labe.

Objekt kostela měl být původně stržen stejně jako obec.³¹² V interiéru kostela byl před plánovanou demolicí proveden profesorem Jiřím Toroněm sondážní průzkum výmalby (v roce 1975), který přinesl informace o existenci nástěnných maleb.³¹³

Po odkryvu maleb v následujících letech vznikly domněnky, že je na jižní a východní stěně presbyteria zobrazen genealogický cyklus.³¹⁴ Zřejmě právě díky tomuto zjištění byl kostel zachován. Avšak tyto domněnky provázelo a stále provází množství nejasností.

V roce 1983 byl zpracován projekt *“Památník zátopové oblasti Zahrádka”*. Následovaly stavební úpravy, mezi něž patřila výměna střešní krytiny (původní pálené bobrovky byly vyměněny za plechovou krytinu), dále byla realizována terasa před západním průčelím kostela, injektáž základů, vnější fasáda. V interiéru byla instalována nová podlaha (do betonu). Tyto práce byly zastaveny po roce 1989.³¹⁵

Po poměrně dlouhé pauze, kdy památka pouze chátrala, byly z popudu NPÚ a občanského sdružení Přátelé Zahrádky zahájeny průzkumové práce,

³¹² MACKŮ. 2012.

³¹³ TOROŇ. 1975.

³¹⁴ HEJNA, BENEŠOVSKÁ, PLÁTKOVÁ. 1981.

³¹⁵ TITOR. 2013.

kteře měly vést k přípravě restaurátorských zásahů na cenných středověkých nástěnných malbách.

3.3.4.2 Popis současné podoby kostela

Kostel dnes stojí v těsné blízkosti vodní nádrže Švihov. Jedná se o jednolodní kostel orientovaný od východu na západ.

K severní stěně presbytáře je připojena čtyřpatrová hranolová věž, v jejímž přízemí je umístěna sakristie. Západní závěr kostela je prolomen barokním pravoúhlým portálem. Nad portálem se nachází půlkruhové okno, vedoucí na kruchtu. Průčelí vrcholí patrovým štítem s konkávními křídly po stranách, nad korunní římsou. Na nárožích je fasáda členěna sdruženými pilastry. Boční stěny lodi jsou prolomeny čtyřmi okny s půlkruhovými oblouky. Stejně jako na západní fasádě jsou nároží lodi členěny sdruženými pilastry. V jižní stěně kostela se nachází boční vchod s románským ústupkovým portálem. Věž je vyztužena opěrnými pilíři. Na fasádě věže jsou střílnovitá okénka, v horním patře jsou dále okna se segmentovým obloukem, se sedlovým prolomením. Střecha věže vybíhá ze čtvercového věnce a je ukončena osmihrannou bání.³¹⁶ Střešní krytina věže i lodi je novodobá plechová. Současná barevnost fasády je bílo - červená. Plochy pláště jsou pojednány bíle; pilastry, pilíře a okenní otvory jsou opatřeny sytě červeným nátěrem.

³¹⁶ TITOR. 2013.

3.3.4.3 Stavební vývoj kostela sv. Víta v Zahrádce

Z provedených průzkumů vyplývá následující stavební vývoj stávajícího kostela:^{317,318,319,320} Je ale nutné zmínit, že mnoho údajů jsou pouze teorie, zvláště pak je velmi nejasná datace nástěnných maleb.

Románská fáze (2. čtvrtina 13. stol.): presbytář, východní i střední část lodi s okny, kropenkou, portálem

Gotická fáze (mezi léty 1327 a 1348): přistavěna věž, sakristie s portálem, ostění sanktuáře, nástěnné malby v presbyteriu (po roce 1320)³²¹

Druhá gotická fáze: malby na severní stěně lodi (1380)³²² a malby na vítězném oblouku (1390)³²³

První barokní fáze: pekování starších omítek, přeštukování a výmalba interiéru, zazdění románských oken, prolomení nových oken

Druhá barokní fáze (po 1783): prodloužení lodi směrem na západ, zazdění oken z předchozí fáze a prolomení oken nových, zachovaných dodnes; patrně stavba varhanní kruchty s točitým schodištěm zvnějšku, zvýšení stěn kostela a zúžení vítězného oblouku cihlovou přízdívkou, zaklenutí presbytáře hřebínkovou klenbou, plentování, nové omítky a malířská výzdoba

19. století: zazděno barokní okno v presbytáři, obnova krovu a stropu, výmalba

³¹⁷ MOŠŤÁK. 1975.

³¹⁸ HEJNA, BENEŠOVSKÁ, PLÁTKOVÁ. 1981.

³¹⁹ TOROŇ. 1976.

³²⁰ TITOR. 2013.

³²¹ *Ibidem*

³²² HEJNA, BENEŠOVSKÁ, PLÁTKOVÁ. 1981.

³²³ *Ibidem*

20. století: nové zasklení oken vitrážemi, umělá grotta Panny Marie Lurdské, elektro-instalace, výmalba interiéru

3.3.4.4 Vymezení restaurované části

Jedná se nástěnné malby a omítky na východní stěně hlavní lodi, přiléhající k vítěznému oblouku.

Souběžně s restaurováním maleb a omítek na východní stěně lodi (na vítězném oblouku) bylo prováděno restaurování úseku severní stěny lodi, po hranici vymezenou hranou nejvýchodnějšího okna. Restaurování prováděla studentka Markéta Renzová.

3.3.4.5 Popis díla a jeho námětu

Malby na východní stěně lodi, čelní stěně vítězného oblouku, lze rozdělit podle umístění. Na pravé straně vítězného oblouku se ze středověkých barevných vrstev dochovaly pouze drobné fragmenty červené barevnosti. Intuitivně lze fragmenty rozdělit, podle sytosti červeného odstínu, na dvě zóny. Sytější zóna evokuje cca 15 cm široký pás. Na základě dochovaných fragmentů již není možné určit o jaký výjev se původně jednalo.

Ve spodní pravé části se dochovala středověká omítka bez malby avšak s původním povrchem. Na této omítce se vyskytuje pouze drobný fragment mladší barevné vrstvy. Dle charakteru lze soudit, že se patrně jednalo o vrstvu středověkou (podobné povrchové zpracování omítky). Fragment nese na bílém podkladě dva černé tvary. Jejich podoba napovídá, že by se mohlo jednat o fragment nápisu. Další podobné fragmenty nebyly na vítězném oblouku zaznamenány.

Na levé straně vítězného oblouku se v horní části nachází postava. Vzhledem k vysokému stupni znečištění povrchu a fragmentárnímu stavu dochování, nebylo zpočátku jasné, o jakou postavu se jedná. Po očištění se objevilo několik zásadních detailů, které napomohly její identifikaci.

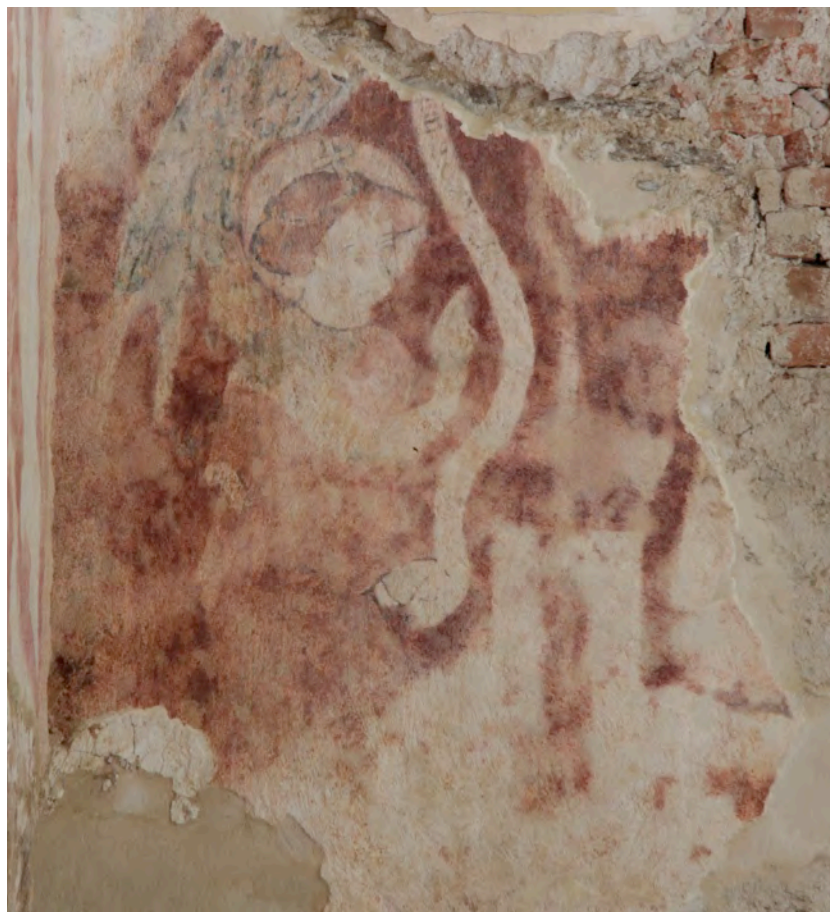
Figura je vsazena do sytého červeného pozadí. Malba od půli stehem dolů chybí, ale dle dochované obrysové linie lze odtušit, že je figura zobrazena

v pokleku. Postava je k divákovi natočena pravým ramenem. Hlava je zachycena ze tříčtvrtečního profilu s mírným pohledem. Pravá ruka je zobrazena s žehnajícím gestem v podobě zdviženého ukazováčku a prostředníčku. V levé ruce drží postava mluvící pásku s nečitelnými fragmenty písma. Z horní části zad vyrůstají zeleno-modrá křídla. Oděv postavy je v odstínu teplé červeně s nečitelnými detaily v okrové, zelené a šedavé barevnosti. Postava má zvláštní účes, který připomíná spíše čapku. Na hlavě má posazenou jemnou korunku (nebo čelenku) s křížem. Za hlavou postavy je kruhový nimbus, který je orámovaný červenou a souběžnou modrou linkou. Před postavou je umístěn obdélníkový útvar, evokující svým tvarem pulpitu. Z tohoto útvaru je vynesena vzhůru vertikální bílá linie, patrně by se mohlo jednat o stojan pro knihu. Na druhé straně "pulpitu" se dochovalo několik fragmentů šedo-modré barevnosti. Dle útvaru, který fragmenty společně tvoří se lze domnívat, že by se mohlo jednat o cíp šatů.

Pod figurou, ve spodní levé části vítězného oblouku, se nachází plocha pojednaná jednoduchým křížovým dekorem. Tvoří ho cca 1,2 cm široké linie, které se pravidelně kolmo přetínají. Vzniká tak mřížková síť, vytvářející čtverce o velikosti cca 10 cm × 10 cm. Strana každého takto vzniklého čtverce je ve svém středu kolmo protnuta krátkou silnou linií. Dlouhé linie jsou patrně malovány pomocí nějaké pomůcky, např. malštoky, kdežto krátké, silnější linie jsou zřejmě malovány od ruky. Lokálně jsou červené linie ještě podpořeny lemováním jemnou černou linkou. Zdá se, že v levé středové části je plocha dekoru zakončena diagonálně vedenou hranicí, stejný dojem budí i strana pravá, i když zde poškození nalezení hranice téměř neumožňuje. V současnosti se tak divákovi asociuje tvar hrotitě zakončeného oblouku. Mřížkový dekor by tedy například mohl zpodobňovat mříž okna. Stav dochování je však natolik fragmentární, že jde pouze o jednu z možných variant. Je zajímavé, že tento typ dekoru nebyl nikde jinde v interiéru kostela zaznamenán.

3.3.4.6 Ikonografické analogie

Postava na vítězném oblouku byla v dostupné literatuře označována jako neznámý světec nebo donátor. Jedním z cílů umělecko-historické rešerše bylo objasnění identity této figury. V průběhu čištění došlo k odkrytí a zčitelnění některých detailů malby. Především se jedná o křížek na hlavě a křídla. Tyto detaily nám napomohly při hledání analogických maleb.



Obr. č. 28 Malba postavy na vítězném oblouku, kostel sv. Víta v Zahrádce.

V rámci umělecko-historické rešerše se podařilo najít analogickou nástěnnou malbu. Jedná se o nástěnnou malbu v kostele sv. Jakuba většího v obci Dalečín. Výmalba kostela je datována do 80. let 14. století.³²⁴ Malba postavy na vítězném oblouku v Zahrádce byla dosud v literatuře datována do 90. let 14. století.³²⁵

³²⁴ *Kostel sv. Jakuba*. Obec Dalečín. [online]. 2009 [cit. 7.9. 2016] Dostupné z: <http://www.dalecin.cz/index.php?clanek=14>.

³²⁵ HEJNA, BENEŠOVSKÁ, PLÁTKOVÁ. 1981.



Obr. č. 29 Nástěnná malba výjevu Zvěstování Panně Marii v kostele sv. Jakuba většího v Dalečíně.³²⁶

Na Dalečínské malbě je zobrazena postava klečícího archanděla Gabriela před Pannou Marií. Jde o výjev Zvěstování Panně Marii. Pro nás je důležitá postava archanděla Gabriela. Anděl je zachycen v pokleku s pozdviženou pravou rukou s typickým žehnajícím gestem, v levé ruce drží mluvící pásku. Kolem hlavy má kruhovou svatozář. Archanděl je zahalen do červené draperie, jeho křídla jsou namodralá. Malba byla nedávno restaurována, stav dochování byl, patrně, také fragmentární, přesto je podobnost se Zahrádeckou malbou zřejmá, a to především v kompozici a barevnosti postavy archanděla Gabriela. Malířský styl i kvalita jsou naopak velmi odlišné.

Na základě této analogie, a také po očištění povrchových nečistot a následném "objevu" křídel, se nám podařilo navrátit postavě na vítězném oblouku její původní identitu. Jedná se o fragment výjevu zvěstování Panny Marie, který byl poškozen při stavební úpravě vítězného oblouku (zřejmě po roce 1783). Na vítězném oblouku se z celého výjevu dodnes zachovala pouze postava archanděla Gabriela.

U několika předních českých děl pocházejících ze stejného období byla použita podobná kompozice. Jedná se například o deskovou malbu Zvěstování

³²⁶ HOMOLKA, J. *Pozdně gotické umění v Čechách*. Praha (1985), s. 1471-1526.

Panně Marii (1345 – 1350) mistra Vyšebrodského cyklu. Jedná se o naprosto odlišnou malbu, jak z hlediska kvality tak i významu, přesto lze vysledovat detaily shodné se Zahrádeckou malbou. Oba andělé jsou zachyceni v pokleku. K divákovi jsou natočeni pravým ramenem. V levé ruce drží mluvící pásku, pravá ruka je zachycena s žehnajícím gestem, v podobě zdviženého ukazováčku a prostředníčku. Hlava anděla je mírně pozdvižená, malovaná ze tříčtvrtečního profilu. Oba andělé mají na hlavě jemnou korunu (čelenku) se zdobným křížkem.



Obr. č. 30 Desková malba výjevu Zvěstování Panně Marii, Vyšebrodský cyklus.³²⁷

³²⁷ Zvěstování Panně Marii. *Wikipedia* [online]. (2015). [cit 10.11. 2016] Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Vy%C5%A1ebrodsk%C3%BD_cyklus#/media/File:Vy%C5%A1ebrodsk%C3%BD_cyklus_-_Zv%C4%9Bstov%C3%A1n%C3%AD_P._Marii,_N%C3%A1rodn%C3%AD_galerie_v_Praze.jpg.

3.3.5 Restaurátorský průzkum

3.3.5.1 Průzkum v rozptýleném denním světle

Ve výšce cca 3 m od podlahy se ve stěnách vyskytuje několik poměrně rozsáhlých otvorů. Jejich velikosti jsou různorodé, ale nepřesahují rozměr zhruba 80 × cm 70 cm × 70 cm. Na vítězném oblouku jsou otvory na obou stranách umístěny symetricky, v blízkosti rohu navazujícím na severní a jižní stěnu. Na levé straně byl jeden z otvorů částečně zazděn několika kameny, které přesahovaly nad povrch středověké omítky.

Není zcela zřejmé, z jakého časového období popisované otvory pocházejí. Původně bylo nejvíce zvažováno vysvětlení, že vznikly již při stavbě kostela, kdy byly trámy (konzoly) jednotlivých pater lešení postupně zazděny do stěn a po skončení prací jednoduše odříznuty. Při pozorování *in situ* je zřejmé, že jsou otvory „propojeny“ ve vodorovné úrovni rozsáhlými mechanickými defekty ve středověkých omítkách. V defektech jsou místy ponechány zbytky staré elektroinstalace. Tím se dostáváme k další úvaze, a to zda řemeslník mohl využít staré otvory ve zdivu k instalaci elektrického vedení. Patrně tomu tak nebylo, protože tyto partie byly při instalaci elektrického vedení přikryty silnou vrstvou omítky –plentováním. Z toho důvodu lze pochybovat o tom, že se jedná o otvory dokládající způsob vzniku středověké stavby.

Na severní stěně je jeden z otvorů umístěn ve výšce cca 5 m od podlahy a cca 2,5 m od rohu přiléhajícímu k vítěznému oblouku. Tento otvor je „vyplněn“ dřevěným trámek, seříznutým několik cm nad povrch středověké omítky. V tomto případě, i vzhledem k přítomnosti trámu, by se zřejmě o pozůstatek původního lešení, či jiné konstrukce, jednat mohlo.

Jiří Toroň předkládá ve své dokumentaci domněnku, že se může jednat o zbytek po trámu s kalvárií.³²⁸ Avšak tato domněnka se zdá být méně pravděpodobná.

Celá plocha malby je rovnoměrně pokrytá peky, které byly provedeny do hloubky 2 - 3 cm pod úroveň povrchu gotické malby. Pekování bylo provedeno

³²⁸ TOROŇ. 1976, s. 2.

patrně v barokní fázi úprav objektu. V okolí peků zaznamenáváme oslabenou soudržnost omítek.

Lokálně se na nástěnné malbě vyskytují železné skoby, hřebíky a zbytky elektroinstalace.

Největší systém primárních a sekundárních trhlin se nachází v oblasti barokní stavební úpravy vítězného oblouku, kde dochází ke kontaktu středověkého kamenného zdiva a cihelné barokní dozdívky. Několik trhlin se táhne i v blízkosti rohu mezi stěnou vítězného oblouku a přiléhající severní stěnou. Další výraznější seskupení prasklin se nachází při okrajích maleb, které jsou zajištěny tmely.

Vliv vodorozpustných solí měl negativní dopad na strukturální soudržnost omítek ve spodních částech zdí, dochází zde k drobení a jejich oddělování od kamenného zdiva.

Dochovaná barevná vrstva byla lokálně spráškovatělá. Spráškovatění barevné vrstvy se projevovalo drobnými ztrátami při doteku.

Vizuální průzkum ve viditelném světle zaznamenal celoplošné znečištění povrchu prachovým depozitem. Sytější partie malby vykazovaly, při bližším pozorování, přítomnost bělavého zákalu na povrchu. Bílý zákal patrně vznikl působením vodorozpustných solí.

Na povrchu středověkých maleb a omítek se v několika partiích vyskytovaly oranžové skvrny a klikaté vertikální stékance o šířce cca 5–7 mm. Tento typ znečištění patrně vznikl vlivem zvýšené vlhkosti (zřejmě i zatékání) a přítomnosti železných skob v omítkách, pozůstatku barokního plentování. Předpokládáme, že se jedná o korozní produkty železa, tedy rez.

Na vítězném oblouku se ve výšce v rozmezí 120–200 cm vyskytovaly nepravidelné černé skvrny ohraničené hnědými “mapami”. Skvrny svým tvarem nekopírovaly tvary zobrazené v malbě. Umístění skvrn na vítězném oblouku bylo na obou stranách symetrické. Pravá strana (při pohledu z lodi) byla tímto poškozením zasažena v menší míře než strana levá. Vznikla domněnka, že tento typ poškození je uhlíkatým produktem při spalování (od svící, či olejových lamp). Domněnku potvrzuje umístění poškození ve spodních částech vítězného oblouku, při kterých v minulosti stávaly boční oltáře. Případné svíce či olejové

lampy položené na oltářní menze by mohly být původcem těchto tmavých skvrn.

Na povrchu gotické malby se nacházejí fragmenty barokní vrstvy (o rozměrech od 2 mm² do 5 cm²), které znejasňují čitelnost nástěnné malby. Ve spodních částech úseku vymezeného k restaurování se nachází zbytek barokního plentování. Tyto překryvné omítky dosahující síly až 15 cm byly ponechány (při odkryvu v roce 1976) do výšky cca 1 m od podlahy.

Na okrajích dochovaných fragmentů gotické malby se nacházejí zajišťovací tmely, které byly provedeny v rámci záchranného zásahu v rozmezí let 1975–1984. Tmely jsou již vyžilé oddělené od středověkých omítek, doprovázené drobnými trhlinami, často nerovnoměrně nanesené a svým provedením nevyhovují ani z estetického hlediska. Jejich povrch je hladký a kletovaný, v blízkosti zajišťovacích tmelů se často vyskytují dutiny. Tmely se lokálně nacházejí nad úrovní povrchu malby a neodpovídají svoji strukturou a barevností okolním omítkám.

Vlivem předchozího zavlhčení došlo ve spodních částech stěn k výskytu biologického napadení. Povrch omítek je lokálně napadený plísněmi zhruba do výšky 0,5 m od úrovně podlahy. V těchto partiích omítky jsou také lokálně viditelné výkvěty vodorozpustných solí.

3.3.5.2 Průzkum v razantním bočním nasvícení

Při použití tohoto typu osvětlení lze pozorovat nerovný povrch omítek. Středověké omítky částečně dorovnávají, ale současně i kopírují nerovný povrch kamenného zdiva. Z toho důvodu jsou na omítkách lokální vypoukliny nebo naopak prohlubně.

V razantním bočním nasvětlení je možné blíže pozorovat povrchovou strukturu omítek. Středověké omítky vykazují stopy hrubé štětky. V jednotlivých partiích jsou stopy po nástrojích mírně odlišné. V oblasti malby archanděla Gabriela a v jejím okolí je struktura převážně hrubší. Naopak v partii křížového dekoru je povrchová struktura tahů štětce jemnější. Lokálně působí jako “zalitá”.

U barevné vrstvy samotné byla také na několika málo partiích pozorována velice jemná struktura tahů štětce. Jde především o partie křídel, některé drobné fragmenty na obličejí a fragment domnělého cípu šatů³²⁹.

V razantním bočním nasvícení se dále zvýraznila mechanická poškození, především celoplošné pekování, praskliny, cizorodé předměty a nevyhovující povrchová struktura zajišťovacích tmelů z předchozích zásahů.

3.3.5.3 Průzkum pomocí UV fluorescenční fotografie

V oblasti malby sv. Markéty na severní stěně lodi se ukázala výrazná žlutá fluorescence. Tato fluorescence odhalila přítomnost tvarů, které jsou v denním světle takřka nečitelné. Jedná se především o fluorescenci koruny sv. Markéty, dále detail na rouchu a rty.



Obr. č. 31 VIS a UVF snímek malby sv. Markéty na severní stěně lodi v kostele sv. Víta v Zahrádce.³³⁰

³²⁹ drobný fragment z figury Panny Marie.

³³⁰ Použitá technika pro snímání UVF fotografie: UV lampa UVA SPOT 400T značky Hönle UV Technology, fotoaparát Canon EOS 60D, objektiv Canon EF-S17-85mm f/4-5,6 IS USM, bez filtru před objektivem, ISO 200, f/7,1, exp. 30, WB 6500. Foceno na formát RAW následně převedeno do TIFF. Snímek upraven dle metodiky popsané v experimentální části. Číslo snímku: 1648.

Lze předpokládat, že by mohlo jít o rezidua izolační vrstvy, která měla separovat barevnou povrchovou vrstvu s pigmenty citlivými na alkalické prostředí, popř. podkladu zlacení. Z literární rešerše oblasti UV fluorescence přírodních pojiv vyplývá, že žlutou fluorescenci obecně vykazují stárnuté oleje a pryskyřice, konkrétně stárnutý lněný olej, makový olej, kopál, rybí oleje. Dále je uváděno, že intenzivní okrovou fluorescenci vykazuje dextrin. Králičí kliš by měl fluoreskovat žlutavě–šedě, zatímco kliš kostní šedo–modře.

Z partie se žlutou fluorescencí byl odebrán vzorek za účelem přesnější identifikace fluoreskující látky. Odebraný vzorek byl analyzován kombinací metod plynové chromatografie s hmotnostní spektrometrií (GC/MS). Bohužel se nepodařilo vrstvu nebo látku se žlutou fluorescencí kvůli jejímu malému množství identifikovat. Byla však analyzována přítomnost organických látek v bílo-okrové vrstvě nacházející se pod žlutě fluoreskující vrstvou. V této vrstvě byl metodou skenovací elektronové mikroskopie s prvkovou analýzou identifikován uhličitán vápenatý. Z analýzy GC/MS vyplynulo, že tato vrstva dále obsahuje kliš a lipidy pocházející zřejmě z proteinů. Pryskyřice ani oleje nebyly ve vzorku přítomné.³³¹

Podobný typ a lokalizaci fluorescence na fragmentech středověkých nástěnných maleb pocházejících z období kolem roku 1350 (Obr. č. 32) zmiňuje ve své diplomové práci Lucie Bartůňková.³³² Uvedené malby se nacházejí v kostele Sankt Martin v Rakousku. V dokumentaci restaurování je uvedeno, že v oblastech fluorescence *“chybí patrie secco malby a je možné, že luminuje pojítka, které v daném místě zůstalo po ztrátě tenké secco vrstvy.”*³³³ Provedenými mikrochemickými zkouškami se však tato domněnka nepodařila potvrdit.

³³¹ LESNIAKOVÁ, P. *Chemicko-technologický průzkum kostel sv. Víta, Zahrádka u Ledče*. Univerzita Pardubice. Fakulta restaurování. Katedra chemické technologie. Litomyšl (2017).

³³² BARTŮŇKOVÁ, L. *Průzkum a restaurování fragmentů nástěnných maleb na východní stěně presbytáře kostela sv. Martina v obci St. Martin (Dolní Rakousko)*, Diplomová práce. Univerzita Pardubice. Fakulta restaurování. Litomyšl (2010).

³³³ BARTŮŇKOVÁ. 2010.

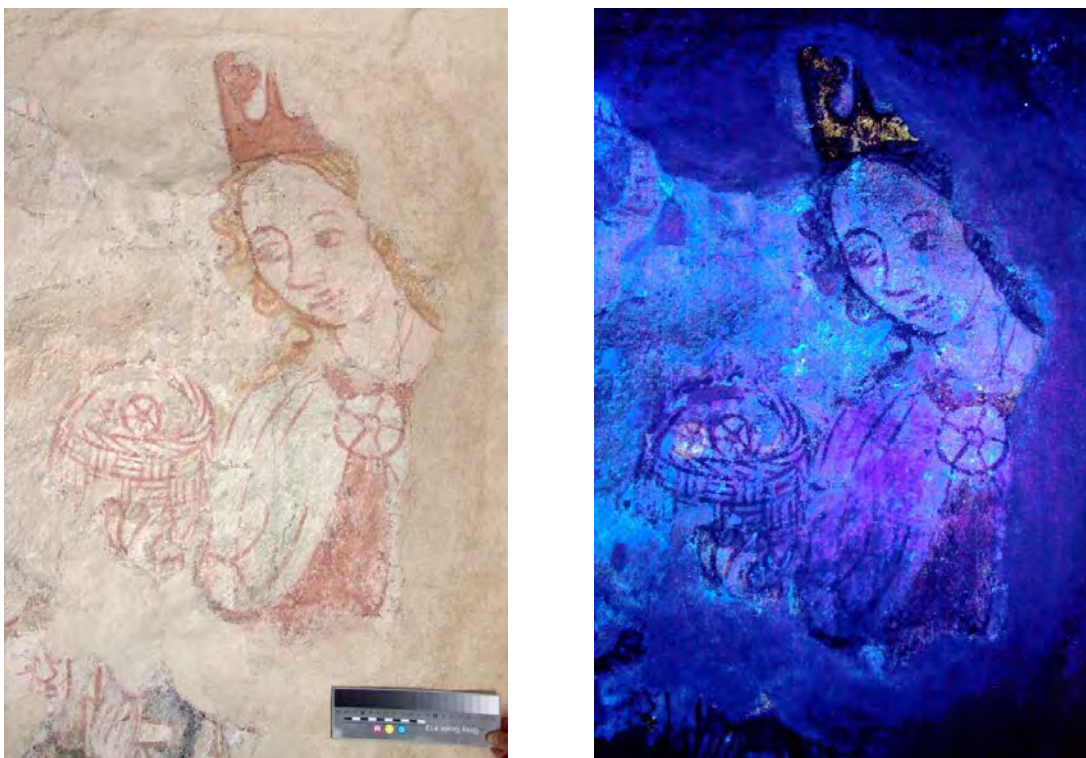


Obr. č. 32 VIS a UVF snímek středověkých nástěnných maleb v kostele Sankt Martin v Rakousku.³³⁴

Lokální fluorescence obdobných partií byla zaznamenána i u středověkých maleb z nedaleké Pošné pocházejících z 60–80. let 14. stol. restaurovaných v letech 2011–13 Michaelou Navrátilovou, taktéž v rámci diplomové práce na FR UPa (Obr. č. 33). V práci se taktéž objevuje domněnka o reziduích organických pojiv z nedochovaných vrstev. FTIR analýza pojiv vzorku však přítomnost organických pojiv neprokázala.³³⁵

³³⁴ BARTŮŇKOVÁ, 2010.

³³⁵ NAVRÁTILOVÁ, M. *Restaurátorský průzkum a referenční restaurování středověkých nástěnných maleb v kostele sv. Bartoloměje v Pošné*. Praktická část diplomové práce. Univerzita Pardubice. Fakulta restaurování. Litomyšl (2013).



Obr. č. 33 VIS a UVF snímek středověkých nástěnných maleb v kostele sv. Bartoloměje v Pošně.³³⁶

Na nástěnných malbách na vítězném oblouku byly také pozorovány oblasti nesoucí fluorescence. Na malbě archanděla Gabriela byla UV zářením aktivována jemná žlutá fluorescence drobných fragmentů ve svatozáří.

Další partie s viditelnou UV fluorescencí již souvisí spíše s druhotnými zásahy a poškozením. Jedná se konkrétně o okolí černých skvrn s hnědými okraji ve spodních částech obou stran vítězného oblouku. Okraje černých skvrn vykazovaly silnou UV fluorescenci, která postupně přecházela od oranžové po žlutou. Z těchto oblastí, vykazujících silnou fluorescenci, byly odebrány vzorky pro laboratorní analýzu.

Ve spodní části nástěnných maleb se objevila výrazná červená fluorescence odpovídající partiím, které v přirozeném světle vykazovaly známky biologického napadení.

Lokálně se vyskytující bílá UV fluorescence, která se nachází v místech mechanického poškození, náleží patrně za odkrytému vápennému nátěru nebo efluorescenci vodorozpustných solí.

³³⁶ NAVRÁTILOVÁ. 2013, s. 66.

3.3.5.4 Perkusní průzkum

Průzkum poklepem přinesl informace o přítomnosti pohyblivých dutin v omítkových vrstvách. Největší výskyt dutin byl zjištěn v okolí trhlin. Jedná se především o trhliny na vítězném oblouku v blízkosti barokní dozdívky.

Rozsáhlá plocha dutin byla zaznamenána také při styku severní stěny s vítězným obloukem. Poměrně velké procento pohyblivých dutin se nachází v blízkosti mechanických poškození, zejména se jedná o partie v oblasti pekování.

Konkrétní místa dutin jsou zaznamenána v grafické dokumentaci, Obr. č. 142 a 143.

3.3.6 Přírodovědný průzkum

S cílem stanovení stratigrafie a materiálového složení maleb, případně omítek a dalších povrchových úprav byly z díla odebrány 4 vzorky k mikroskopickému průzkumu metodami světelné a skenovací elektronové mikroskopie s prvkovou analýzou. Další 4 vzorky byly odebrány za účelem identifikace cizorodých materiálů, které se do maleb patrně dostaly druhotně, místa odběru těchto vzorků byla vytipována převážně díky poznatkům získaných pomocí UV fluorescence.

Na základě vizuálního průzkumu, a také ze zjištění z předchozích průzkumů a zásahů, vznikl předpoklad, že jsou ve stěnách přítomny vodorozpustné soli. Proto bylo provedeno 5 vrtů v různých výškách. Každý vrt zasahoval do 4 hloubek. Bylo tedy odebráno celkem 20 vzorků pro kvalitativní a kvantitativní analýzu vodorozpustných solí. Vrty byly provedeny na severní stěně lodi. Na stejných partiích byly později odebrány vzorky další, a to pro kontrolu po odsolování.

Kompletní chemicko-technologický průzkum je uveden v textové příloze této práce.

3.3.6.1 Materiálový průzkum omítkových a barevných vrstev

Z oblasti křídel malby archanděla Gabriela byl odebrán vzorek se zelenou vrstvou malby (vzorek č. 7928). Na vzorku byl zachycen fragment omítky s následujícími vrstvami malby a bílé přemalby.

Vápenná omítka tvořící podložku malby archanděla Gabriela i křížového dekoru je zřejmě pojena bílým vzdušným vápnem. Může mít určité hydraulické vlastnosti, ojediněle v ní byly zaznamenány předpokládané hydraulické částice. Plnivo obsahuje křemičitá zrna, charakteristická je přítomnost tmavě hnědých křemičitých zrn vláknitého tvaru. Barevnost omítky je okrová až nahnědlá.

Na omítce se lokálně vyskytuje subtilní sytá červená vrstva zřejmě podkresby probarvená hlinkou a silnější růžová vrstva zřejmě podmalby se suříkem, železitou červení a přírodní křídou. Na jednom úlomku vzorku bylo pod červenou vrstvou předpokládané podkresby zaznamenáno souvrství bílých, zřejmě vápenných vrstev. Následuje zelená vrstva malby, která je probarvená blíže nespecifikovaným měďnatým pigmentem, zřejmě umělým malachitem. Nelze vyloučit, že došlo k alteraci pigmentu a malba nebo její část mohla mít původně jiný odstín, dokonce se mohla vyznačovat modrou barevností.³³⁷

Na malbě byl zaznamenán fragment silné bílé zřejmě druhotné vrstvy s uhličitánem vápenatým.

3.3.6.2 Stanovení vlhkosti a obsahu vodorozpustných solí

Obsah vlhkosti, ve vzorcích vrtné moučky, odebraných z omítek a zdiva, byl laboratorní analýzou stanoven v rozmezí 1,90–5,76% hm. Obecně lze tyto hodnoty považovat za nízké.

Ve vzorcích však byly zjištěny, z hlediska rizika poškození stavebních materiálů, velmi vysoké obsahy dusičnanů ve vyšších výškách (150 a 250 cm) v omítkách i ve zdivu.³³⁸ Vyšší koncentrace síranů byly zjištěny ve dvou vzorcích, a to do hloubky 5 cm.

³³⁷ *“nespecifikovaný měďnatý pigment --- zřejmě umělý malachit, případně měděnka, sloučeniny na bázi Cu (Cl) - zřejmě atakamit nebo paraatakamit, případně jiné.”* cit.: LESNIAKOVÁ. 2017.

³³⁸ LESNIAKOVÁ. 2017.

3.3.7 Vyhodnocení průzkumu

Dataci vzniku kostela sv. Víta v Zahrádce u Ledče nad Sázavou lze stanovit přibližně do první čtvrtiny 13. století. Kostel byl v průběhu staletí několikrát přestavován a měnila se i jeho malířská výzdoba. Nástěnné malby na vítězném oblouku byly v předchozích umělecko-historických průzkumech datovány do 90. let 14. století.³³⁹

3.3.7.1 Původní realizace

Stěna kostela byla zhotovena převážně ze žulového lomového kmene, který byl kladen do maltového lože.

Na vítězném oblouku je použita slabě hydraulická, vápenná, světle okrová omítka plněná silikátovými zrny. Dle povrchové struktury lze odvodit, že povrch omítek byl zpracován patrně hrubou štětkou. Oblast s malbou archanděla Gabriela nevykazuje žádné další celoplošné podkladní vrstvy. Malba je provedena převážně přímo na povrchu světle okrové omítky. Partie s malbou křížového dekoru a fragment malby na pravé části jsou opatřeny jedním až dvěma plněnými vápennými nátěry, které mírně zaslepují výraznou povrchovou strukturu omítky. Samotné nátěry lokálně nesou na svém povrchu jemnější tahy štětce.

Na vápenný nátěr (nebo omítku v případě postavy archanděla Gabriela) se zřejmě malovalo technikou fresco-secco. Vzhledem k dobrému propojení některých částí malby s podkladem, lze uvažovat že se začínalo malbou do mokrého.

3.3.7.2 Druhotné zásahy

Zřejmě již při první barokní úpravě v 2. pol. 17. stol. byly středověké omítky napekovány a přeštukovány. Kostel byl nově vymalován. Na vítězném oblouku a na přiléhající severní stěně lodi byly lokálně dochovány fragmenty okrové dekorativní malby s drapérií, které patrně souvisí s uvedenou výmalbou.

³³⁹ HEJNA, BENEŠOVSKÁ, PLÁTKOVÁ. 1981.

Okolo roku 1783, tedy v rámci druhé barokní úpravy došlo ke stavební úpravě vítězného oblouku. Vítězný oblouk byl zúžen a architektonicky upraven do dnešní podoby. Ze stejné doby pochází i celoplošné plentování. Během tohoto zásahu byly patrně veškeré středověké vrstvy v kostele pekovány. Do omítek byly zatlučeny železné skoby jako armatura. Plenta byla kombinovaná za směsi omítky, úlomků (i celých) cihel a střešní krytiny.

V 19. a 20. století byl kostel znovu vymalován. Patrně z období do poloviny 20. století pocházejí zbytky elektrického vedení, zasekaného v horizontálním i vertikálním směru do severní stěny lodi. Zbytky kabelů s textilním opletením pokračují do otvoru na vítězném oblouku.

V roce 1976 byly středověké nástěnné malby prakticky celoplošně odkryty a bylo provedeno jejich zajištění. V roce 1984 byla provedena revize a doplnění zajišťovacích tmelů. V letech 2011–2013 bylo provedeno celkové odvlhčení stavby.

Na povrchu gotické malby se nacházejí fragmenty barokní vrstvy (o rozměrech od 2 mm² do 5 cm²), které, spolu se silnou vrstvou nečistot, znejasňují čitelnost nástěnné malby.

Ve spodních částech úseku, vymezeného k restaurování, se nachází zbytek barokního plentování. Tyto překryvné omítky dosahující síly až 15 cm byly ponechány (při odkryvu v roce 1976) do výšky cca 1 m od podlahy.

V omítkách se nachází několik cizorodých těles, jde především o železné skoby a zbytky nefunkční elektroinstalace.

Tmely z let 1976 a 1984 jsou v současnosti již nefunkční.

3.3.7.3 Poškození

Značný vliv na negativní stav maleb a omítek v interiéru kostela měl nevyhovující vodní režim v minulých letech, který byl způsoben nefunkčností střešní krytiny, svodů dešťové vody a vztlínáním spodních vod z nedalekého vodního díla Švihov. Výrazným faktorem zadržování vlhkosti a zdrojem vodorozpustných solí byla i výměna podlahy v 80. letech 20. stol., při které byla kamenná dlažba položena do masivní vrstvy cementové malty. Následkem těchto okolností docházelo ve spodní části maleb k rozsáhlé degradaci omítek.

Jako nejzrůsáhlejší poškození malby lze určit mechanická poškození. Na několika místech se v ploše malby nacházejí velké otvory ve zdivu ve výšce cca 3 a 5 m od podlahy. Není zcela zřejmé, z jakého časového období pocházejí. Nejspíš se jedná o zásah druhotný. Tomu nasvědčuje i výrazné narušení kompozice maleb, které určitě musely v době svého vzniku tvořit harmonický celek. Další četná mechanická poškození maleb souvisejí s výše zmíněnými stavebními úpravami interiéru kostela.

Mezi mechanická poškození maleb patří ztráty částí zdiva i s omítkovými a barevnými vrstvami, ztráty a poškození omítkových vrstev a ztráty a poškození barevné vrstvy. Dochované omítky utrpěly vlivem zvýšené vlhkosti v kostele a tím způsobené migrace vodorozpustných solí. Středověké omítky vykazují ztrátu adheze k podkladnímu kamennému zdivu a ztrátu koheze.

Barevná vrstva je lokálně spráškovatělá. Na mnoha místech zcela chybí. V minulosti došlo k rozsáhlým ztrátám povrchových, modelačních, vrstev.

Sytější partie malby vykazovaly, při bližším pozorování, přítomnost bělavého zákalu na povrchu. Bílý zákal patrně vznikl působením vodorozpustných solí. Ve výsledcích mikroskopického průzkumu je tato vrstva popisována jako tenká bílá vrstva, obsahující uhličitán vápenatý a síran vápenatý.

Na povrchu středověkých maleb a omítek se v několika partiích vyskytovaly oranžové skvrny a stékance o šířce cca 5–7 mm.

Na vítězném oblouku se ve výšce v rozmezí 120–200 cm objevovaly nepravidelné černé skvrny ohraničené hnědými “mapami”. Skvrny svým tvarem nekopírovaly tvary provedené v malbě a nesouvisely tedy zřejmě s původním pojivem. Umístění skvrn na vítězném oblouku bylo na obou jeho stranách symetrické. Nejpravděpodobnějším vysvětlením je usazení sazí ze svící, či lamp.

Vlivem vysoké vzdušné vlhkosti došlo ve spodních částech stěn k výskytu biologického napadení. Povrch omítek je lokálně atakován řasami a plísněmi, a to zhruba do výšky půl metru od úrovně podlahy. V těchto partiích omítky se také projevuje vysoká salinita, na povrchu jsou lokálně viditelné eflorescence vodorozpustných solí.

3.4 Zkoušky materiálů a technologických postupů

3.4.1 Zkoušky konsolidace barevné vrstvy

Pro účel konsolidace barevné vrstvy byly testovány prostředky na bázi hydroxidu vápenatého (vápenné nanosuspenze). Tyto materiály byly vybrány především z důvodu kompatibility s originálním materiálem a jejich schopnosti propouštět vodní páry. Hlavním důvodem pro jejich preferenci však bylo jejich úspěšné použití v předchozích etapách restaurování v presbytáři.

CaLoSiL® E25 ředěný ethanolem na 5g/l byl aplikován na stejné místo v několika cyklech, a to dokud nebylo zaznamenáno zpevnění omítkové vrstvy. Zpočátku byl aplikován jeden nástřik konsolidantem. Počet cyklů aplikace se zvyšoval s cílem dosažení prokazatelného zpevnění. Pro malby na vítězném oblouku bylo dostačující použití dvou kol aplikace konsolidantu.

3.4.2 Zkoušky strukturálního zpevnění omítek

Zkoušky konsolidace omítkových vrstev byly provedeny rovněž na základě zkušeností z předcházejících zásahů v presbytáři.

Zkoušky se prováděly aplikací konsolidantu štětcem nebo injekční stříkačkou. Neředěný *CaLoSiL® E25* v koncentraci 25 g/l. Na vítězném oblouku bylo strukturální zpevnění dostačující již po jedné aplikaci konsolidantu. Po aplikaci konsolidantu byl proveden nástřik destilovanou vodou k zamezení vzniku bílého zákalu.

3.4.3 Zkoušky čištění

Bílý zákal

K eliminaci bílého zákalu byl zvolen postup, při kterém byla vrstva zákalu, naměkčena, tak aby mohla být postupně, kontrolovatelně, mechanicky odstraněna. Za tímto účelem byla na vybrané partie aplikována série zkoušek, které byly provedeny přes japonský papír. Japonský papír byl na zkoumanou plochu upevněn 0,5% *Tylosou MH 300*. Přes tuto ochrannou vrstvu byl aplikován *Arbocel® BWW 40* s destilovanou vodou nebo zábal obsahující

Arbocel® BWW 40 s 10% roztokem uhličitanu amonného. Doba působení zábalů byla stanovena na dobu 15, 30 a 45 minut.

Jako nejvhodnější metoda čištění byl vyhodnocen obklad s 10% roztokem uhličitanu amonného. Doba působení zábalu byla stanovena na 30 minut. Po sejmutí tohoto zábalu byl na čištěnou partii aplikován ještě další zábal s destilovanou vodou, který se nechal působit taktéž po dobu 30 minut. Nakonec byla naměkčená vrstva bílého zákalu a fragmentů překryvných vápenných nátěrů odstraněna mechanickým čištěním (skalpely, čistící štětce a mikroabrazivní houba *Domol Magic Pad*).

Stékance rzi

Za účelem odstranění stékanců rzi byly provedena série zkoušek. Nečistoty byly odolné mechanickému čištění, proto byly provedeny zkoušky chemického čištění. Testovanými chemikáliemi byly nasycený roztok uhličitanu amonného, diamonium citrát, 2% Triton x100 a 5% EDTA (Komplexon III). Všechny uvedené materiály byly testovány povalováním namočené vatičky po zasažené partii.

Jako nejvhodnější metoda čištění bylo vyhodnoceno čištění pomocí 5% EDTA. Čištěná plocha byla následně zamývána demineralizovanou vodou.

Černé svrny

Na partiích s černými skvrnami bylo také provedeno několik zkoušek chemického čištění. Mezi testované chemikálie patří: benzin, aceton, toluen, xylen, isopropylalkohol, ethanol, nasycený roztok uhličitanu amonného, diamonium citrát, 2% triton x100, 5% EDTA. Tyto chemikálie byly testovány povalováním namočené vatičky po povrchu zčernalé malby. Pouze část z těchto testů vykazovala velice mírný účinek. Který by se spíše dal považovat za důsledek mechanického namáhání.

Chemikálie, které měly alespoň nějaký čistící efekt byly dále testovány, a to v zábalu z Arbocelu. Tento postup čištění neměl žádný čistící efekt.

Nakonec byl jako nejvhodnější postup mírné redukce černých skvrn zvolena kombinace mechanického a chemického čištění pomocí čistícího štětce a acetonu s následným zamýváním demineralizovanou vodou.

3.5 Návrh restaurátorského zákroku

3.5.1 Koncepce restaurování

Pro nástěnné malby na vítězném oblouku a na severní stěně lodi kostela sv. Víta bylo navrženo dodržet stejnou koncepci restaurování jako při restaurování maleb v presbyteriu.

V závazném stanovisku je doporučeno provést pouze konzervační zásah. Důvodem byla skutečnost, že zamýšlená celková koncepce výsledného vzhledu interiéru kostela zahrnuje prezentaci středověkých nástěnných maleb pouze v presbyteriu. Fragmenty středověkých nástěnných maleb v lodi kostela měly být konzervovány a přetřeny vápenným líčkem. Lod' kostela měla být prezentována v ucelené novodobější podobě.

Na základě konzultace se zástupcem odborné složky památkové péče bylo přistoupeno ke změně v koncepci restaurování maleb na vítězném oblouku a na severní stěně lodi. Místo zamýšleného konzervačního zásahu, který zahrnoval pouze konsolidaci, čištění a zajišťovací obtmelení fragmentů maleb, bude proveden zásah restaurátorský, tzn. provedené konzervační zásahy budou doplněny o tmelení a retuš. Estetická prezentace bude provedena obdobným způsobem jako v presbyteriu.

3.5.2 Návrh postupu restaurátorských prací

Na základě předchozích etap restaurování byl s přihlédnutím k nálezům z průzkumu navrhován následující postup:

1. Očištění povrchových nečistot: prachové depozity a pavučiny budou odstraněny za použití jemných štětců.
2. Redukce nebo odstranění zajišťovacích tmelů z 90. let 20. století, cizorodých druhotných materiálů (zkorodované železné hřeby, skoby a zbytky elektroinstalace), druhotných omítek (plenta) a zazdění otvoru ve zdi a dokončení odkryvu v horní části nástěnných maleb.
3. Strukturální konsolidace omítek neředěnou vápennou nanosuspenzí *CaLoSil® E-25* v jednom cyklu.
4. Povrchová konsolidace barevné vrstvy *CaLoSilem® E-25*, ředěným na 5g/l, aplikovaným podle potřeby v 1 -2 cyklech.
5. Injektáž pohyblivých dutin a částí omítek se sníženou adhezí k podkladu: injektážní směsí *Ledan TB1* ve směsi s mramorovou moučkou v objemovém poměru (1:1).
6. Aplikace biocidního prostředku: z důvodu likvidace biologického napadení (*Bochemit*, v poměru 1 :4 s vodou).
7. Snížení obsahu vodorozpustných solí: aplikací advekčního odsolovacího zábalu.
8. Čištění bílého zákalu na povrchu nástěnné malby: na čištěnou plochu bude 0,5% *Tylosou MH 300* upevněn japonský papír. Přes tuto ochrannou vrstvu bude aplikován *Arbocel® BWW 40* s 10% roztokem uhličitanu amonného (doba působení 30 minut).
9. Tmelení bude provedeno vápennými tmely, přičemž bude využito dvou základních typů tmelů. Hrubozrnější tmel bude použit pro vyplnění rozsáhlejších defektů v omítce a bude zapuštěn 5 mm pod povrch středověké omítky. Jemnější tmel poslouží k doplnění drobnějších defektů v ploše malby (např. pekování). Povrchová struktura tmelů bude zpracována tak, aby co nejlépe napodobila strukturu originální omítky. Kromě

povrchové struktury bude věnována vysoká pozornost i barevnosti použitých tmelů.

10. Retuš neutrální až lokální barevnosti, která snížené intenzity a bez rekonstrukce tvarů bude provedena na vápenných tmelech reverzibilní technikou akvarelu, za použití anorganických pigmentů a 1% arabské gummy.

3.6 Postup restaurování

3.6.1 Strukturální konsolidace odhalených omítek a defektů

Partie omítek vykazující ztrátu koheze byly strukturálně prekonsolidovány vápennou nanosuspenzí *CaLoSil E25* v koncentrované podobě (25g/l). Aplikace byla prováděna injekční jehlou. Lokálně byl tento postup aplikován ve dvou kolech, většinou však pouze v jednom.

3.6.2 Čištění povrchových nečistot, bionapadení, odstraňování překryvných vrstev

Silná vrstva povrchových usazenin prachu a jiných nečistot byla odstraněna štětinovým štětcem s jemnějším vlasem. Tento krok byl proveden ještě před strukturální prekonsolidací.

Čištění barevných vrstev bylo provedeno mokrou cestou. Na základě provedených zkoušek byl navržen a následně aplikován následující postup: Na zvlhčený povrch omítek s malbou byl přes japonský papír nanesen zábal z *Arbocelu BVW 40* a destilované vody. Tento zábal byl ponechán k působení po dobu 30 minut. Po sejmutí zábalu byly pomocí skalpelu, čistícího štětce a mikroabrazivní čistící houby *Domol Magic Pad* mechanicky dočišťovány naměkčené fragmenty překryvných vápenných nátěrů na povrchu maleb.

Ve spodních částech vymezeného úseku se do výšky cca 120 cm od podlahy nacházelo překryvné plentování. Po dohodě se zástupcem odborné složky památkové péče byly tyto překryvné vrstvy odstraněny, tak aby mohlo dojít ke sjednocení prezentace dochovaných středověkých omítek s malbami. Odstraňování bylo provedeno mechanicky pomocí dláta a kladívka. Na dočišťování těchto partií byly postupně používány jemnější nástroje a postupy (restaurátorské kladívko, skalpel, čistící štětce, suchá pára).

Na levé straně vítězného oblouku se ve výšce cca 220 cm vyskytovala nevyhovující druhotná zazdívka většího otvoru ve zdivu. Po dohodě s investorem a zástupcem odborné složky památkové péče byla tato zazdívka

odstraněna tak, aby mohla být provedena zazdívka nová, jež by nepřesahovala povrch středověkých omítek.

Zajišťující tmely ze 70. a 80. let byly postupně redukovány. Převážná většina těchto tmelů byla nakonec zcela odstraněna. Důvodem byla oslabená pevnost a především jejich nevhodné povrchové zpracování. V určitých partiích bylo nutné kombinovat odstraňování tmelů i s dalšími kroky, jako strukturální zpevňování, obtmelování a injektování.

Ve spodní partii levé části vítězného oblouku bylo pozorováno bionapadení. Zasažené partie byly ošetřeny postřikem biocidním prostředkem *Bochemit*, ředěného dle technického listu, v poměru 1 : 4 s vodou.

3.6.3 Konsolidace barevné vrstvy

Po odstranění povrchových nečistot a překryvných vrstev byly barevné vrstvy a dochované povrchy středověkých omítek konsolidovány postřikem vápennou nanosuspenzí *CaloSil E25*, ředěnou ethanolem na 5g/l. Po nástřiku nanosuspenze byla ošetřovaná plocha okamžitě zvlhčena postřikem destilovanou vodou. Tento postup byl proveden ve dvou kolech.

Po provedení čištění, bylo přistoupeno k posílení konsolidace na vítězném oblouku a lokálně i na severní stěně lodi. Po čištění maleb bylo provedeno dozpevnění barevné vrstvy pomocí jednoho kola aplikace vápenné suspenze *CaLoSil E25*, ředěné na 5g/l.

3.6.4 Injektáž hloubkových dutin

Dutiny a praskliny, u nichž bylo během průzkumu konstatováno, že mohou ohrožovat stabilitu původních omítek a souvisejících maleb, byly zajišťovány pomocí injektáže.

Pokud to situace dovoľovala, bylo nejprve provedeno vyčištění vzniklých dutin od rozvolněné omítky a prachových částic, které se v nich usadily.

Dutiny byly postupně napouštěny pomocí injekční stříkačky s jehlou neředěnou vápennou nanosuspenzí *CaLoSil E25*. Nanosuspenze zde sloužila pro zpevnění a současně jako smáčedlo před injektáží. Ihned po aplikaci

nanosuspenze byla dutina vyplňována injektážní směsí *Ledan TA1*, smíšenou v poměru 1 : 1 s mramorovou moučkou.

Na vítězném oblouku se nacházelo několik poměrně rozsáhlých prasklin. Při uzavírání těchto prasklin byla injektáž podpořena vložením anorganických vláken (*Basaltová vlákna*). Do rozsáhlejších prasklin byla následně aplikována směs injektážní směsí *Ledan TA1* a jemný štuk (2,5 dílu prosátého písku a 1 díl vápna).

3.6.5 Konzervační tmely

Fragmenty omítek se středověkou nástěnnou malbou byly postupně obtmeleny zajišťovacími tmely.

Zajišťovací tmel byl použit i pro hrubé podtmelení rozsáhlejších defektů v omítkách (široké praskliny, větší peky, apod.).

Složení zajišťovacích (konzervačních) tmelů na vítězném oblouku:

- 3 objemové díly prosátého křemičitého písku, těženého v lokalitě Kostelecké Horky
- 1 objemový díl bílého vzdušného vápna

3.6.6 Dočišťování barevných vrstev

Na povrchu nástěnných maleb na vítězném oblouku (na levé i pravé straně) se provedenými metodami čištění nepodařilo dostatečně redukovat bílé zákaly na povrchu. Z toho důvodu bylo přistoupeno k razantnější metodě čištění. Velice podobný postup byl aplikován i při čištění nástěnných maleb v presbytáři.

Na základě provedených zkoušek byl aplikován následující postup:

1. Na zvlhčený povrch omítek byl nanesen japonský papír. Pro lepší adhezi Japonského papíru byla na povrch omítky bodově nanesen 0,5% vodný roztok methyldoxyethyl celulózy *Tylose MH300*.
2. Na japonský papír byla nanesena směs *Arbocelu® BWW 40* a 10% vodného roztoku uhličitanu amonného. Tato směs byla ponechána působit na povrch omítek po dobu 30 minut.

3. Po uplynutí doby působení byl zábal sejmut a povrch dočištěn tupováním houbou Blitz Fix smočenou destilovanou vodou.

Na vítězném oblouku se lokálně vyskytovaly rušivé rezavé skvrny a vertikální stékance ve stejné barevnosti. Na základě konzultace s pracovníkem odborné složky památkové péče a zástupcem investora bylo přistoupeno k jejich redukci a odstranění. Dle výsledků provedených zkoušek čištění byly zasažené partie čištěny 5% vodným roztokem EDTA (KOMPLEXON III -kyselina ethylen-diamintetraoctová, disodná sůl, dihydrát) v kombinaci s mechanickým namáháním čistícím štětcem. Čištěná místa byla následně domývána destilovanou vodou.

Dalším problematickým poškozením vítězného oblouku byly zčernalé partie povrchu omítek, včetně maleb. Na základě provedených zkoušek se podařilo tento typ poškození pouze velice mírně redukovat. Jako nejúčinnější postup bylo vyhodnoceno čištění pomocí acetonu s následným domýváním destilovanou vodou.

3.6.7 Odsolovací zábal

Na základě laboratorní analýzy v omítkových vrstvách byl stanoven vysoký obsah dusičnanů (ve vyšších úrovních) a lokálně vyšší obsah síranů při povrchu. Z toho důvodu bylo přistoupeno k aplikaci odsolovacích zábalů.

Na vítězném oblouku byl proveden stejný postup odsolování jako při restaurování nástěnných maleb v presbytáři.³⁴⁰ Tento postup byl nejprve ověřen zkouškou na malé ploše omítky. Po provedení zkoušky bylo přistoupeno k aplikaci. Zábal by plošně aplikován na spodní partie levé části vítězného oblouku, a to pouze tam, kde nebyla přítomna žádná barevná vrstva (tzn. do úrovně cca 130 cm od podlahy).

³⁴⁰ TITOR. 2013, s. 82.

Postup aplikace advekčního odsolovacího zábalu na vítězném oblouku:

1. Na předvlhčenou omítku nanese (nahozena) směs odsolovacího zábalu, složení: 5 dílů křemičitého písku (Střelečský písek, ST 52) + 1 díl kaolínu + 1,3 dílu destilované vody + malý přídavek *Ajatin plus*. Zábal byl na povrchu ponechán po dobu 24 hodin.
2. Krátce před uplynutím doby působení odsolovacího zábalu (cca 30 minut) byl na omítku, těsně nad horní okraj zábalu aplikován další zábal. Důvodem byla prevence vzniku eflorescence solí na hranici vzlínání. Na zvlhčenou omítku byl nejprve přilepen japonský papír, jako adhezivum byl použit 0,5% roztok methyl-hydroxyethyl celulózy *Tylosa MH 300*. Na japonský papír byl nanesen zábal. Zábal se skládal ze 3 dílu *Arbocelu* a 2,5 dílu destilované vody. Tento arbocelový zábal byl ještě ve své horní části překryt plastovou folií. Folie zajistila pomalejší odsychání vody.
3. Sejmutí odsolovacího zábalu bylo provedeno po uplynutí 24 hodin. Snímání bylo prováděno mechanicky za pomoci špachtle a kartáče.
4. Na závěr byl sejmut i zábal ze směsi *Arbocelu* a destilované vody.
5. Celý postup byl následně ještě jednou zopakován.

Z obou kol (advekčního) odsolovacího zábalu byly odebrány vzorky pro účely ověření úspěšnosti odsolování. Po sejmutí zábalu druhého kola bylo nutné důsledně dočistit povrch omítky. Tento krok byl proveden pomocí suché páry a kartáče. Po vyschnutí byla tato místa ještě znovu dočištěna pomocí čistícího štětce.

3.6.8 Tmelení

Samotnému tmelení předcházelo zazdění otvorů ve zdivu.³⁴¹ K zazdění bylo použito pálených cihel, ložených do vápenné malty.³⁴²

Při tmelení byl kladen důraz na dodržení koncepce estetické prezentace, která byla aplikována při restaurování nástěnných maleb a omítek v presbytáři. Cílem bylo podpořit celistvost dochovaných větších ploch maleb a současně odlišit partie s rozsáhlejšími ztrátami. Tohoto účinku je dosaženo použitím dvou tmelů o různé hrubosti a jejich povrchovým zpracováním. Hrubším tmelem jsou vyplněny rozsáhlejší defekty v omítce. Povrch hrubých tmelů jemně napodobuje okolní strukturu dochovaných omítek, zároveň je zapuštěn 5–2 mm pod povrch originálu. Jemný tmel byl použit pro vyplnění drobnějších defektů, především peků v oblastech maleb a jemnějších prasklin (do šířky cca 10mm). Povrchové zpracování jemných tmelů svou strukturou a barevností napodobuje povrch středověkých omítek ne kterých je provedena malba.

Na vítězném oblouku jsou velice podobné omítky jako v presbyteriu, proto byly použity v podstatě stejné receptury pro míchání tmelů.

Složení hrubšího tmelu v objemových dílech:

- 6 dílů střelečského písku (st 52)
- 2 díly jemnozrnného tmavého hnědého písku
- 1 díl prosátého stavebního písku, těžného v lokalitě Kostelecké Horky
- 3 díly bílého vzdušného vápna

Složení jemnějšího tmelu v objemových dílech:

- 6 dílů mramorové moučky
- 2 díly jemnozrnného tmavého hnědého písku
- 1 díl prosátého jemnozrnného žlutého písku
- 3 díly bílého vzdušného vápna

Na několika málo partiích na vítězném oblouku došlo ke ztrátě původní tenké vrstvy jemné omítky (plněného vápenného nátěru), a tím k odhalení tmavých kamenů zdiva. Hrubá omítka originálu je nanесena nepravidelně

³⁴¹ Tomuto kroku předcházela konzultace se zástupcem oboru památkové péče a s investorem.

³⁴² Zazdění odborně provedl zaměstnanec státního hradu Lipnice.

a vyrovnává nerovnosti zdiva, na vítězném oblouku se vyskytují místa, kde je kamenné zdivo bez hrubé omítky, pouze s vápenným nátěrem.

Odhalené kameny zdiva působily velice rušivě. Tloušťka originální omítky se pohybovala v rozmezí 0,5–3 mm. Silnější vrstva originálu byla po okrajích obtmelena jemným tmelem. Povrch kamene byl opatřen vrstvou vápenného líčka, tónovaného minerálními pigmenty a mírně plněného mramorovou moučkou.

3.6.9 Retuš

Stejně jako při tmelení, tak i při retuších byla dodržována koncepce estetické prezentace maleb, která byla stanovena při restaurování maleb v presbyteriu.

Stav dochování fragmentů barevných vrstev byl nicméně mírně odlišný od situace v presbytáři. Převážně monochromní červené fragmenty maleb se dochovaly v poměrně syté barevnosti. Z toho důvodu bylo možné zapojit při retuši i lokální barevnost dochovaných maleb. Intenzita retuše je nižší než intenzita barevnosti originální malby, zároveň opticky zceluje dochované monochromní plochy. Při styku dvou kontrastních ploch (červená a bílá) se intenzita sytějšího tónu měnila technikou pozvolného přechodu do tónu světlejšího.

Povrch jemných tmelů na vítězném oblouku byl opatřen sjednocující tónovanou vápennou lazurou.

Retuš byla provedena minerálními pigmenty pojenými 1% arabskou gumou ve vodě. Retušován byl povrch tmelů v ploše maleb a místa chybějící barevné vrstvy na originálním podkladu.

Z důvodu fragmentárního dochování maleb nebyla provedena žádná tvarová rekonstrukce.

3.7 Použité materiály

Dočasné zajištění maleb (přelepy)

Tylose MH 300 (methylhydroxyethyl celulóza, dodavatel Ceiba s.r.o.), 0,5%

japonský papír *Kashmir* 11g/m², dodavatel Ceiba s. r. o

Konsolidace

CaLoSil® E25, vápenná nanosuspenze v ethanolu; výrobce: IBZ Salzchemie GmbH & Co. KG), koncentrace 25g/l (strukturální koncentrace) a 5g/l (konsolidace barevné vrstvy)

KSE 100, zpevňovač na bázi esteru kyseliny křemičité bez obsahu rozpouštědel; výrobce: Remmers, obsah vyloučeného křemičitého gelu cca 10%

KSE 300 HV, bez rozpouštědlový zpevňovač na bázi esteru kyseliny křemičité, výrobce: Remmers , obsah vyloučeného křemičitého gelu cca 30%

Technický líh, výrobce: Severochema

Ledan TA1, injektážní směs na základě směsného hydraulického pojiva, výrobce: Tecno Edile Toscana

mramorová moučka (vápencová moučka), distributor: Aqua Bárta, Praha

Basaltová vlákna, anorganická minerální vlákna

Čištění

Arbocel BWW 40, buničina, výrobce: J. RETTENMAIER & SÖHNE GMBH + CO KG
demineralizovaná voda

Mikroabrazivní houba *Domol Magic Pad*, výrobce: Domol, distributor: ROSSMANN, spol. s.r.o

mikroporézní čistící houba *Blitz Fix*, dodavatel: Deffner & Johann GmbH

Tylose MH 300 (methylhydroxyethyl celulóza, dodavatel Ceiba s.r.o.)

japonský papír *Kashmir* 11g/m², dodavatel Ceiba s. r. o

Uhličitan amonný, dodavatel: Ing. Petr Švec – PENTA s.r.o. Praha

Bochemit Q Profi (účinné látky: alkylbenzyl dimethylamonium chlorid 18 % a kyselina boritá 18 %), výrobce: Bochemie, s.r.o, ředění dle technického listu 1 : 4 s vodou

KOMPLEXON III, (EDTA) kyselina ethylendiamintetraoctová, disodná sůl, dihydrát, dodavatel: Ing. Petr Švec – PENTA s.r.o. Praha

Aceton, výrobce: Severochema

Odsolování

Arbocel BC 200, buničina, výrobce: J. RETTENMAIER & SÖHNE GMBH + CO KG

Kaolín, výrobce: Sedlecký kaolin a. s.

Křemenný písek ST 52, upravená přírodní surovina, zrnitost 0,10 – 0,63, výrobce: Sklopísek Střeleč

Ajatin Plus, desinfekční prostředek, výrobce: Profarma-Produkt, s.r.o, 10% roztok

Tylose MH 300 (methylhydroxyethyl celulóza, dodavatel Ceiba s.r.o.)

japonský papír *Kashmir* 11g/m², dodavatel Ceiba s. r. o

Receptura přípravy směsi v objemových dílech:

- 5 dílů křemičitého písku (Střelečský písek, ST 52)
- 1 díl kaolínu
- 1,3 dílu destilované vody
- malý přídavek *Ajatin plus*.

Tmelení

bílé vzdušné vápno Ca(OH)₂

stavební písek, prosátý, dodavatel Stavebniny Prima, Litomyšl, lokalita těžby Písník Kinský u obce Kostelecké horky

Křemenný písek ST 52, upravená přírodní surovina, zrnitost 0,10–0,63, výrobce: Sklopísek Střeleč

jemnozrnný žlutý písek, prosátý

jemnozrnný hnědý písek, prosátý

mramorová moučka (vápencová moučka), distributor: Aqua Bárta, Praha

Složení zajišťovacích (konzervačních) tmelů v objemových dílech:

- 3 díly prosátého křemičitého písku, těžného v lokalitě Kostelecké Horky
- 1 díl bílého vzdušného vápna

Složení hrubšího tmelu v objemových dílech:

- 6 dílů střelečského písku (st 52)
- 2 díly jemnozrnného tmavého hnědého písku
- 1 díl prosátého stavebního písku, těžného v lokalitě Kostelecké Horky
- 3 díly bílého vzdušného vápna

Složení jemnějšího tmelu v objemových dílech:

- 6 dílů mramorové moučky
- 2 díly jemnozrnného tmavého hnědého písku
- 1 díl prosátého jemnozrnného žlutého písku
- 3 díly bílého vzdušného vápna

Retuš

1% *arabská guma*, distributor: Kremer Pigmente GmgH & Co. KG

minerální pigmenty, výrobce: Kremer Pigmente GmgH & Co. KG

3.8 Doporučený režim památky

V letech 2011–2013 bylo provedeno odvodnění objektu. Na základě pozorování in situ je možné konstatovat, že tento zásah byl úspěšný, což potvrzuje i gravimetrické stanovení vlhkosti u odebraných vzorků. Vlhkost omítek i zdiva odebraných vzorků byla poměrně nízká. Přesto je třeba pravidelně kontrolovat klima v kostele. Výrazné výkyvy režimu vzdušné vlhkosti a teploty v interiéru kostela by mohly způsobit migraci vodorozpustných solí přítomných v omítkách i ve zdivu, což by mohlo vést k poškození omítkových a barevných vrstev. Zvýšená vlhkost v koutech a ve spodních částech stěn může vytvořit ideální prostředí pro růst biologického napadení (plísně, řasy, mechy, apod.). Při přímém kontaktu s vodou by mohlo dojít i k poškození retuší, které jsou vodorozpustné. Ze stejných důvodů je nutné pravidelně kontrolovat stav střešní krytiny, stav drenážního systému a věnovat péči celkové údržbě kostela. Citlivost retuší na vodu je třeba brát v úvahu při úklidu i dalších činnostech v kostele. Dalším doporučením pro co nejdelší zachování stávajícího stavu malby je omezení prašnosti a udržování proudění vzduchu v kostele.

V souvislosti s dalšími plánovanými stavebními pracemi v interiéru kostela je vhodné zajistit ochranu proti vlivům prašnosti, tak aby nedošlo k poškození maleb.

4 Závěr

Diplomová práce je složena z teoretické a praktické části. Teoretická část se v obecné rovině zabývá průzkumem nástěnných maleb pomocí UV fluorescenčních (UVF) fotografií, podrobně řeší problematiku UV fluorescence vodorozpustných anorganických solí. Praktická část primárně zahrnuje restaurování, restaurátorský průzkum a dokumentaci restaurátorského zásahu provedeného na nástěnných malbách čelní stěny vítězného oblouku v kostele sv. Víta v Zahrádce u Ledče nad Sázavou.

V rámci restaurátorského průzkumu bylo na povrchu restaurovaných maleb a omítek zjištěno několik typů specifických UV fluorescencí, jejichž interpretace a příčiny nebyly zcela jednoznačné. Cílem rešeršní práce a experimentálního výzkumu bylo proto prohloubit, případně ozřejmit možnosti interpretace UV fluorescence materiálů, které jsou součástí památkových objektů, zvláště potom nástěnných maleb a omítek. Experimentálně byla v této souvislosti dále studována UV fluorescence anorganických solí s nejčastějším výskytem v historických objektech.

Součástí praktické části diplomové práce bylo podrobnější porovnání podobných specifických UV fluorescencí, kterými se vyznačovaly ekvivalentní partie středověkých nástěnných maleb kostelů v Zahrádce, Pošné a Sankt Martin v Rakousku. Zejména se jednalo o intenzivní žlutou UV fluorescenci korun světic pocházející zřejmě z organických pojiv. Tyto části maleb byly často v normálním světle nečitelné. Ani v jednom případě se analytickými metodami bohužel nepodařilo přesně identifikovat zdroje charakteristických UV fluorescencí. Komparaci UV fluorescenčních snímků získaných z jednotlivých restaurátorských průzkumů do jisté míry komplikovala jejich nejednotnost. Tímto se potvrdilo, že s průzkumem UV fluorescence památkových objektů úzce souvisí problematika standardizace UV fluorescenční fotografie v oboru restaurování–konzervace. Minimálně v našem prostředí neexistuje jednotná norma, návod či metodika pro pořizování UV fluorescenčních fotografií. Vznikají tak nestandardizované snímky, které nemusí být vzájemně porovnatelné, případně nemají dostatečnou vypovídající hodnotu. V rámci teoretické části diplomové práce

byly zjištěny a definovány optimální postupy i vhodné vybavení nezbytné k získání standardizovaných a kvalitních UV fluorescenčních fotografií památkových objektů.

Na základě literární rešerše byla pro účely experimentu vytvořena metodika pořizování UV fluorescenčních snímků. Použitý postup focení se však do jisté míry odchyloval od postupů uváděných v literatuře. Zde se většinou doporučuje použití kalibračních tabulek určených pro UV fluorescenční fotografii. V rámci experimentu byla zvolena metoda subjektivního vyhodnocení UV fluorescenčních snímků s nastavením barevné teploty vyvážení bílé na 6500 K, tedy postup bez využití kalibrační tabulky. Do budoucna lze doporučit rozšířit praktické zkušenosti s UV fluorescenční fotografií právě o kalibraci snímků pomocí UV fluorescenční kalibrační tabulky, umožňující jejich lepší zpracování. Dále by bylo vhodné pokusit se sjednotit metody a postupy pořizování UV fluorescenčních snímků a vytvořit obecnou metodiku.

V rámci poměrně rozsáhlé literární rešerše byly shromážděny a přehledně prezentovány podrobné informace o UV fluorescenci materiálů i degradačních činitelů památkových objektů zahrnujících pigmenty, pojiva, biologické napadení, minerály a anorganické soli. Dále byly popsány mechanismy vzniku UV fluorescence nejen v obecné rovině, ale také v jednotlivých specifických případech. Kromě UV fluorescenční fotografie byla stručně představena další související metoda průzkumu, UV reflektografie.

Poznatky získané rešerší literatury byly experimentálně doplněny výzkumem UV fluorescence vápenných těles kontaminovaných anorganickými solemi. Tímto způsobem se podařilo simulovat situaci z restaurátorské praxe, tedy solemi kontaminovanou vápennou omítku, která bývá nejčastější podložkou nástěnných maleb, potažmo historickou omítku bez malby. Pro účely experimentu byly vybrány síran sodný, dihydrát síranu vápenatého, síran hořečnatý, dusičnan sodný, tetrahydrát dusičnanu vápenatého, dusičnan draselný, hexahydrát dusičnanu hořečnatého, chlorid sodný, chlorid vápenatý, hexahydrát chloridu hořečnatého a uhličitan sodný.

Zjednodušeně lze shrnout, že byla prokázána intenzivní UV fluorescence některých z výše uvedených anorganických solí na vápenném substrátu. Nejintenzivnější UV fluorescence ale také efluorescence byla pozorována u těles

kontaminovaných síranem sodným a uhličitanem sodným. Fluorescence obou zmiňovaných solí se na UV fluorescenčních fotografiích byla jasně bílá, postupně přecházející do modré barevnosti. Tělesa kontaminovaná síranem hořečnatým vykazovala méně intenzivní UV fluorescenci partií s výkvěty, které se v denním světle jevily jako ztmavlé. U ostatních solí byla fluorescence výkvětů, případně jiných důsledků zasolení slabá nebo téměř žádná. V případě dusičnanu sodného a draselného zřejmě způsobila UV fluorescence silných eflorescencí potlačení, tedy snížení intenzity, fluorescence vápenných těles.

Pozorovaná barevnost UV fluorescence solí neodpovídala údajům z odborné literatury, kde jsou uvedeny UV fluorescence minerálů stejného chemického složení jako některé vybrané soli. Toto zjištění může být mimo jiné dáno širokou škálou možných barevností UV fluorescence minerálů, přičemž všechny možnosti nemusí být v dohledané literatuře uvedeny. Ke komplexnějšímu vyhodnocení UV fluorescence vodorozpustných solí je možné doporučit další rozšíření experimentu, které bylo nad rámec možností zpracování diplomové práce, například o zařazení dalších vodorozpustných solí nebo o průzkum složení a struktury eflorescencí a jejich vliv na UV fluorescenci.

Informace získané z výsledných UV fluorescenčních snímků jsou často zkresleny širokou škálou doprovodných jevů. Pomineme-li problematiku spojenou s fotografováním UV fluorescence, vyvstávají i další omezení správné interpretace UV fluorescence, kterými jsou například směsné materiály. Vzhledem ke skutečnosti, že barevné vrstvy nástěnných maleb jsou vždy tvořeny směsí různých pigmentů a pojiv, bývá interpretace jejich UV fluorescence složitá. Proto je důležité doplňovat UV fluorescenční fotografii dalšími metodami průzkumu.

5 Seznam použité literatury a pramenů

5.1 Seznam použité literatury

CARDEN. 1991.

CARDEN, M, L. Use of Ultraviolet Light as an Aid to Pigment Identification. *APT Bulletin*, 23(3) (1991), s. 26-37.

CEROVIC, SAMPSON, MORALES, a kol. 1999.

CEROVIC, Z, G, SAMPSON, G, MORALES, F, TREMBLAY, N, MOYA, I. Ultraviolet-induced fluorescence for plant monitoring: present state and prospects. *Agronomie*. 19(7), 1999, s. 543-578.

DE LA RIE. Fluorescence of paint and varnish layers (Part I). 1982.

DE LA RIE, E. R. Fluorescence of paint and varnish layers (Part I). *Studies in Conservation*, [online]. 27(1), 1982, [cit. 20.7.2016]. s. 1-7. Dostupné z <https://www.iiconservation.org/node/533>

DE LA RIE, R. E. Fluorescence of paint and varnish layers (Part II). 1982.

DE LA RIE, R. E. Fluorescence of paint and varnish layers (Part II). *Studies in Conservation* 27, 1982. str. 65-69.

DIFFEY. 2002.

DIFFEY, B, L. Sources and measurement of ultraviolet radiation. *Methods*. (2002), 28, 4-13.

DRIMMER, A. *Masonry Deterioration Problems and Preservation Treatments*. United states National Park Service. Preservation Assistance Division. 1984, s. 11.

EASTAUGH. 2008.

EASTAUGH, N, a kol. *Pigment Compendum A Dictionary and Optical Microscopy of Historical Pigments*. London: Butterworth-Heinemann, 2008.

FÄHNRIICH. *Fluorimetrie*.

FÄHNRIICH, J. *Fluorimetrie*. [online]. [cit. 2.5.2017]. Dostupné z <http://old.vscht.cz/anl/lach2/FLUORO.pdf>

FÁRA. 2003.

FÁRA, P. *Sanace vlhkého zdiva*. Společnost pro technologie a ochrany památek: Praha (2003), s. 5–13.

FRERCKS, WEBER, WIESENFELDT, 2009.

FRERCKS, J, WEBER, J, WIESENFELDT, G. Reception and discovery the nature of Johann Wilhelm Ritter's invisible rays. *Studies in History and Philosophy of Science*. (2009), 40, s. 143-156.

GAFT, M, RIESFELD, R, PANCZER, G. *Modern Luminescence Spectroscopy of Minerals and Materials*. Springer, 2015.

GLÁSER, MAREK. 2015.

GLÁSER, P, MAREK, Z. Exkurz 3: Moderní techniky restaurátorské dokumentace nástěnných maleb, *Průzkumy památek II*, NPÚ, (2015).

GRANT. 2000.

GRANT, M, S. The Use Of Ultraviolet Induced Visible-Fluorescence In The Examination Of Museum Objects, Part II. *National park service Conserve O Gram*. 1/10. 2000.

HODAK, 2008

HODAK, J. Introduction to Fluorescence and Phosphorescence. *for 2302303 Spectroscopy for Chemistry BSAC program 2008* [online]. [cit. 2016-08-12], s. 1–13. Dostupné z: <http://einstein.sc.mahidol.ac.th/~jose/pdf/photoluminescence.pdf>.

HOMOLKA, J. *Pozdně gotické umění v Čechách*. Praha (1985), s. 1471-1526.

HRADLOVÁ, HRADIL, TRMALOVÁ. 2015.

HRADLOVÁ, J. HRADIL, D TRMALOVÁ, O. *Metodika pro vizualizaci vnitřní struktury malířského díla s využitím nových metod na bázi rentgenového záření*, Akademie výtvarných umění v Praze, Laboratoř ALMA, Ústav technické a experimentální fyziky ČVUT, 2015.

Illustrated Glossary on Stone Deterioration patterns – Ilustrovaný glosář projevů poškození kamene. ICOMOS – ISCS, ITAM 2011.

KLEČKA, a kol., 2007.

KLEČKA, T. a kol. *Metody průzkumu vlhkých staveb*. Praha: Vědeckotechnická společnost pro sanace staveb a péči o památky – WTA CZ, (2007).

KOTLÍK, P, a kol. *Stavební materiály historických objektů*. VŠCHT Praha. (1999).

LAGORIO-CORDON-IRIEL, 2015.

LAGORIO, M. G., CORDON, G. B., IRIEL, A. Reviewing the relevance of fluorescence in biological systems. *Photochemical & Photobiological Sciences* [online]. 2015, č. 14 [cit. 2017-04-03], Dostupné z: <http://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2015/pp/c5pp00122f#!divAbstract>, s. 1538 - 1559.

McDOUGAL. 1952.

McDOUGAL, D, J. Some Factors influencing Fluorescence in Minerals. *American mineralogist*, 37, 1952.

MAGRINIA, BRACCIA, SANDU, 2013:

MAGRINIA, D, BRACCIA, S, SANDU, I. C. A. Fluorescence of organic binders in painting cross-sections. *Procedia Chemistry* [online]. 2013, vol. 8 [cit. 12.8. 2016], s. 194–201. Dostupné z: http://www.academia.edu/15001636/Fluorescence_of_organic_binders_in_painting_cross-sections.

MACHAČKO. 2005.

MACHAČKO, L. Využití ultrafialového záření v restaurování: Diplomová práce. Vysoká škola výtvarných umění v Bratislavě (2005).

MAIRINGER, 2003.

MAIRINGER, F. *Strahlenuntersuchung an Kunstwerken*. Leipzig: Seemann (2003).

SIMPSON, GRAND, M. 2000.

SIMPSON, GRAND, M. The Use Of Ultraviolet Induced Visible-Fluorescence In The Examination Of Museum Objects, Part I. *National park service Conserve O Gram*. 1 (9), (2000).

SHOPOV, Y. Y. *Activators of Luminiscence in Speleothems as Source of Major Mistakes in interpratation of Luminescent Paleoclimatic Records*. *Int. J. Speleol.*, 2004, 1(4), s. 25–33.

SLÁNSKÝ. 1956.

SLÁNSKÝ, B. *Technika malby II. Průzkum a restaurování obrazů*. Praha a Litomyšl, 1956.

STEIGER, ZEZZA. 1996.

STEIGER, M, ZEZZA, F.. Distribution of salt mixtures in a sandstone monument: Sources, transport and crystallization properties. In: *EC Research Workshop on Origin*,

Mechanisms and Effects of Salts on Degradation of Monuments in Marine and Continental Environments. European Commission, Protection and Conservation of the European Cultural Heritage. Research Report 4. Bari, 1996, s. 241-46.

ŠIMŮNKOVÁ, BAYEROVÁ. 2014.

ŠIMŮNKOVÁ, E, BAYEROVÁ, T. *Pigmenty*. 3. upr. vyd. Praha: Společnost pro technologie ochrany památek - STOP (201).

VERRI, CLEMENTI, COMELLI. 2008.

VERRI, G, CLEMENTI, C, COMELLI, D, CATHER, S, & PIQUÉ, F. Correction of ultraviolet-induced fluorescence spectra for the examination of polychromy, *Applied Spectroscopy*, 62(12), 2008, s. 1295–1302.

5.2 Seznam použitých pramenů

Adobe Lightroom (2014) Setup Workflow *UV innovations*. [online]. (2015). [cit 2.8. 2017]. Dostupné z: <http://www.uvinnovations.com/getting-started>.

ALMUTAWA, VANDAL, WANG, LIM. 2013.

ALMUTAWA, F, VANDAL, R, WANG, S, Q, LIM, H, W. Current status of photoprotection by window glass, automobile glass, window films, and sunglasses. *Photodermatology, photoimmunology & Photomedicine*. 2013. 29(2), s. 65-72.

ARNOLD, ZEHNDER. 1987.

ARNOLD, A, ZEHNDER, K. Monitoring wall paintings affected by soluble salts. In: *The Conservation of Wall Paintings*. London (1987).

BARTŮŇKOVÁ. 2010.

BARTŮŇKOVÁ, L. *Průzkum a restaurování fragmentů nástěnných maleb na východní stěně presbytáře kostela sv. Martina v obci St. Martin (Dolní Rakousko)*, Diplomová práce. Univerzita Pardubice. Fakulta restaurování. Litomyšl (2010).

BRITO, V, CONÇALVES, T, D. Drying kinetics of porous stones in the presence of NaCl and NaNO₃: Experimental Assessment of the Factors Affecting Liquid and Vapour Transport. *Transp Porous Med* (2013), s. 193–210.

CAMUFFO, D, MONTE, D, M, SABBIONI, C. Origin and growth mechanisms of the sulfated crusts on urban limestone. *Water, Air, and Soil Pollution*. May 1983. 19(4), s. 351–359.

CASTRO, FALCUCCI, PELOSI. 2010.

CASTRO, F, FALCUCCI, C, PELOSI, C. The wall paintings of the crypt of the medieval Church of Saint Andrew in Viterbo (Italy): technical examination and state of preservation. In: *Proceedings of the 4th International Congress on "Science and Technology for the Safeguard of Cultural Heritage in the Mediterranean Basin"*, 6-8 December 2009, Il Cairo (Egypt), A. Ferrari Vyd., Rome, 2010, Vol.II

CEROVIC, SAMPSON, MORALES, a kol. 1999.

CEROVIC, Z, G, SAMPSON, G, MORALES, F, TREMBLAY, N, MOYA, I. Ultraviolet-induced fluorescence for plant monitoring: present state and prospects. *Agronomie*. 19(7), (1999), s. 543–578.

Codex diplomaticus et epistolarius regni Bohemiae II (ed. Friedrich, G.), Pragae MCMXII, vklad č. 374, s. 409.

COSENTINO. *Effects of different binders on technical photography and infrared reflectography of 54 historical pigments*. (2015).

COSENTINO, A. Effects of different binders on technical photography and infrared reflectography of 54 historical pigments. *International Journal of conservation science*. 6 (3) 2015.

COSENTINO. 2014.

COSENTINO, A. Identification of pigments by multispectral imaging; a flowchart method. *Heritage Science*, (2014).

COSENTINO. Practical notes on ultraviolet technical photography for art examination. 2015.

COSENTINO, A. Practical notes on ultraviolet technical photography for art examination. *Conservar Património 21* [online]. (2015) [cit. 25.5. 16]. Dostupné z <https://www.linkedin.com/pulse/practical-notes-ultraviolet-technical-photography-art-cosentino>.

COSENTINO, 2012.

COSENTINO, A. A practical guide to panoramic multispectral imaging. *e-Conservation Magazine 25* [online].(2012), [cit. 25.5. 16]. Dostupné z: <http://chsopensource.org/panoramic%20multispectral%20imaging.pdf>.

COUSSY, O. Deformation and stress from in-pore drying-induced crystallization of salt. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*. 54 (2006), s. 1517–1547.

ČSN EN ISO 11341. 2005.

ČSN EN ISO 11341. *Nátěrové hmoty – Umělé stárnutí a expozice umělého stárnutí – Expozice filtrovanému záření xenonové obloukové výbojky.* (2005).

DYER, VERRI. 2013.

DYER, J,VERRI, G. *Multispectral imaging in Reflectance and Photo-induced Luminiscence modes: A user Manual.* The British Museum. October 2013, Version 1.0.

DUNAJSKÁ, 2012.

DUNAJSKÁ, J. *Doplňující průzkum malířské výzdoby presbytáře kostela sv. Víta v Zahrádce u Ledče nad Sázavou a restaurování referenční plochy středověkých maleb v presbytáři,* Diplomová práce, Litomyšl (2012).

HEJNA, BENEŠOVSKÁ, PLÁTKOVÁ. 1981.

HEJNA, A, BENEŠOVSKÁ, K, PLÁTKOVÁ, Z. *Kostel sv. Víta v Zahrádce u Ledče, Umění XXIX,* (1981).

HÖNLE. *UVASPOT 400/T.* Betriebsanleitung. München, Germany: honle UV technology, 2008.

CHAROLA, A, E. *Salts in the deterioration of porous materials: An overview. Journal of the American Institute for Conservation,* 39, (2000), s. 327-343.

ISO 21348.

ISO 21348. *Definitions of Solar Irradiance Spectral categories.* [online]. Dostupné z: http://www.spacewx.com/pdf/SET_21348_2004.pdf

KOTULÁNOVÁ, E, A KOL. *Wall painting damage by salts: Causes and mechanisms. Acta Research Reports.* 18, (2009), s. 27–31.

LESNIAKOVÁ. 2017.

LESNIAKOVÁ, P. *Chemicko-technologický průzkum kostel sv. Víta, Zahrádka u Ledče.* Univerzita Pardubice. Fakulta restaurování. Katedra chemické technologie. Litomyšl (2017).

MACKŮ. 2012.

MACKŮ, P. *Kostel sv. Víta v Zahrádce.* Malý příspěvek k dějinám pohřbívání na Vysočině. (2012), s. 105.

MACHAČKO, DUNAJSKÁ, HRINDA. 2009.

MACHAČKO, L, DUNAJSKÁ, J, HRINDA, L. *Průzkumová dokumentace malířské výzdoby presbytáře sv. Víta v Zahrádce u Ledče nad Sázavou*, Univerzita Pardubice (2009).

MATTEINI. 2009.

MATTEINI, P. a kol.. Discrimination of painting binders subjected to photo-ageing by using microspectrofluorometry coupled with deconvolution analysis *Journal of Cultural Heritage* 10 (2009) 198–205.

McALLISTER, McCABE, SRINIVASAN, a kol. 2011.

McALLISTER, D, McCABE, S, SRINIVASAN, S, SMITH, B, J, WARKE, P, A. *Moisture dynamics in building sandstone: implications for transport and accumulation of salts*. In: *Salt weathering on Buildings and Stone Sculptures*. 19-22 October, Limassol, Cyprus. 2011, s. 39-46.

MÍČEK, 2007.

MÍČEK, P. Nejnovější poznatky o specifických účincích různých druhů elektromagnetického záření na živé organismy. Brno, 2007. Bakalářská práce. Masarykova univerzita.

MILIONOVÁ. 2014.

MILIONOVÁ, I. *Restaurování části nástropní malby s motivem "Potestates" na klenbě kaple sv. Isidora v Křenově*. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, 2014.

MILIONOVÁ. 2013.

MILIONOVÁ I., *Restaurátorská dokumentace, Restaurování malovaného mramoru na pilastrech kaple sv. Isidora v Křenově, Pilastry č. 1 až 4*. Fakulta restaurování UPa, Litomyšl. 2013.

MILIONOVÁ. 2015.

MILIONOVÁ, I. *Restaurátorská dokumentace, Restaurování části sgrafitové fasády s motivem Ikarův pád na měšťanském domě č. p. 520 ve Slavonicích*. 2015. archiv autorky.

MOŠŤÁK. 1975.

MOŠŤÁK, P. *Kostel sv. Víta v Zahrádce; Stavebně historický a architektonický průzkum*, Praha, (1975), Interní tisk SPKOKP Praha.

NAVRÁTILOVÁ. 2013.

NAVRÁTILOVÁ, M. *Restaurátorský průzkum a referenční restaurování středověkých nástěnných maleb v kostele sv. Bartoloměje v Pošné*. Praktická část diplomové práce. Univerzita Pardubice. Fakulta restaurování. Litomyšl (2013).

NEVIN, ECHARDB, THOURYD, a kol. 2009.

NEVIN, A, ECHARDB, J-P, THOURYD, M, COMELLIA, D, VALENTINIA, G, CUBEDDUA, R. *Excitation emission and time-resolved fluorescence spectroscopy of selected varnishes used in historical musical instruments*. *Talanta* 80 (2009), s. 286–293.

PELAGOTTI, A, PEZZATI, L, BEVILACQUA, N, a kol. 2006.

PELAGOTTI, A, PEZZATI, L, BEVILACQUA, N, a kol. A study of UV fluorescence emission of painting materials. proceedings of 14th European Signal Processing EUSIPCO 2006. Istituto Nazionale Ottica Applicata, Florence, Italy. [online]. [cit. 8.12.2016]. Dostupné z http://www.inoa.it/home/lella/pdf/Art2005_A%20study%20of%20UV%20fluorescence%20emission%20of%20painting%20ma%85.pdf.

PELAGOTTI, PEZZATI, PIVA, DEL MASTIO. 2006.

PELAGOTTI, A, PEZZATI, L, PIVA, A, DEL MASTIO, A. Multispectral UV fluorescence analysis of painted surfaces. *14th European Signal Processing Conference (EUSIPCO 2006)*, Florence, Italy, September 4–8, (2006).

PELLETIER, E, BONNET, C, LEMARCHAND. Biofouling Growth in Cold Estuarine Waters and Evaluation of Some Chitosan and Copper Anti-Fouling Paints. *Int. J. Mol. Sci.* (2009).

PEREIRA, 2010.

PEREIRA, L, B. UV fluorescence photography of works of art: Replacing the traditional UV cut filters with interference filters. *International Journal of conservation science*, (2010), 1(3).

PILON, KIMAMURA, JONASZ. 2007.

PILON, L, KIMAMURA, R, JONASZ, M. Optical constants of silica glass from extreme ultraviolet to far infrared at near room temperature. *APPLIED OPTICS*. (2007). 46 (33), s. 8118-8133.

PITTHARD V. *Report on the GC/MS analyses of composition of organic material*. Conservation Science Department. Vienna (2016).

PRICE, DOEHNE. 2010.

PRICE, C, A, DOEHNE, E. *Stone Conservation: An Overview of Current Research*. [online]. [cit. 24.11. 2016]. The Getty Conservation Institute. Los Angeles. (2010). Dostupné z: http://www.getty.edu/conservation/publications_resources/pdf_publications/pdf/stoneconservation.pdf.

RAKOVAN, J, WAYCHUNAS, G. Luminescence in Minerals. *The Mineralogical Record*. 27, [online]. 1996. [cit. 21.3. 2017]. Dostupné z: <http://www.cas.miamioh.edu/~rakovajf/Luminescence%20in%20Minerals.pdf>.

SCHEERER. 2008.

SCHEERER, S. *Microbial biodeterioration of outdoor stone monuments. Assessment methods and control strategies*. Dissertation thesis, Cardiff University, 2008.

SLOUKOVÁ, VOJTĚCHOVSKÝ, TITOR, a kol. 2013.

SLOUKOVÁ, L. VOJTĚCHOVSKÝ, J. TITOR, T. VAŘEJKOVÁ, B. POLÁKOVÁ, M. *Restaurátorský průzkum a dokumentace restaurování nástěnných maleb a středověkých omítek v presbytáři kostela sv. Víta v Zahrádce*, Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, Litomyšl (2013).

SVOBODOVÁ, WALTEROVÁ, VOSTÁLOVÁ. 2006.

SVOBODOVÁ, A, WALTEROVÁ, D, VOSTÁLOVÁ, J. *Ultraviolet light induced alteration to the skin*. Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub. 2006, 150(1).

TITOR, 2013.

TITOR, T. *Restaurování spodní části nástěnné malby na východní stěně presbytáře kostela sv. Víta v Zahrádce u Ledče nad Sázavou*. Diplomová práce. [online]. Litomyšl, Univerzita Pardubice Fakulta restaurování, 2013. [cit. 7.8. 2016] Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10195/53931>.

TOROŇ. 1975.

TOROŇ, J. *Restaurátorská zpráva a dokumentace průzkumu v kostele sv. Víta v Zahrádce n./S., Praha (1975)*, NPÚ Telč.

TOROŇ. 1976.

TOROŇ, J. *Restaurátorská zpráva, zákresy a fotodokumentace z odkrývání středověkých maleb v kostele sv. Víta v Zahrádce*. Praha (1976), NPÚ Telč.

TOROŇ, J, *Zpráva o stavu odkrytých nástěnných maleb v kostele v Zahrádce /Želivská oblast/*, Praha (1984), Interní tisk SPKOKP Praha, NPÚ Telč.

TUCHINDA, 2006

TUCHINDA, CH. Photoprotection by window glass, automobile glass, and sunglasses. *Journal of the American Academy Dermatology*. 2006, 54(5), 845–854.

Ultraviolet Photography. 2014.

Ultraviolet Photography. Sphagnum Moss & some kind of Lichen [online]. 2014. [cit. 6.4. 2017]. Dostupné z: <http://www.ultravioletphotography.com/content/index.php/topic/1076-sphagnum-moss-some-kind-of-lichen/>.

URLAND, A, BORRELLI, E, MUSCATELLO, B, a kol. Salts. *Conservation of architectural heritage historic structures and materials*. [online]. ARC Laboratory Handbook, 3(99), (1999). [cit. 24.11. 2016]. Dostupné z: http://www.iccrom.org/ifrcdn/pdf/ICCROM_14_ARCLabHandbook02_en.pdf

VERRI, KELLER, PIQUÉ, ALDROVANDI. 2015.

VERRI, G, KELLER, A,T, PIQUÉ, F, ALDROVANDI,, A. *Ultraviolet-Induced Luminescence Imaging*. Organic Materials in Wall Paintings. Project Report. Los Angeles: Getty Conservation Institute, 2015 s. 76–82.

WAIN. *The Story of Fluorescence*.

WAIN, H. C. *The Story of Fluorescence*. [online]. Middletown: Raytechultraviolet [online]. [cit. 23.2. 2017], s. 1–52. Dostupné z: <http://www.raytechultraviolet.com/support/pdfs/downloads/StoryofFluorescence.pdf>

WEBER, 2008.

WEBER, S, L. *Technical Imaging of Paintings*. Williamstown Art Conservation Center. Technical Bulletin, [online]. 2008. [cit. 14.3. 2017] Dostupné z: <http://www.williamstownart.org/techbulletins/images/WACC%20Imaging%20of%20Paintings.pdf>.

WICHTERLOVÁ, 2011.

WICHTERLOVÁ, Z. *Hodnocení redukce obsahu vodorozpustných solí z interiérových omítek pomocí obkladů*. Bakalářská práce, Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, Hostím (2011).

WILKINS, 2008.

WILKINS, A. Ultraviolet Light and Use with Fluorescent Minerals. *FMS*. 2008, 894, 1–9.

ZEHNDER, K. Long-term monitoring of wall paintings affected by soluble salts. *Environ Geol* [online]. 52(2), (2007). [cit. 24.11. 2016]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00254-006-0463-2>.

5.3 Databáze a internetové zdroje

BARMARIN, 2009–2010.

BARMARIN, G. Online Database of luminescent minerals, [online]. 2009–2010 [cit. 21-3-2017]. Dostupné z: www.fluomin.org/uk/accueil.php.

Capture Workflow /photoshop CS5, (2016). UV innovations. [cit 2-8-2017] Dostupné z: <http://www.uvinnovations.com/getting-started>.

Commission on New Minerals, Nomenclature and Classification. *International Mineralogical Association*. [online]. [cit. 23.2. 2017]. Dostupné z: <http://nrmima.nrm.se/>.

CONWAY, M. *American Mineral Heritage: The Harvard Collection at the Flandrau 2016*. [online]. [cit. 23.2. 2017], Dostupné z: <https://wryheat.wordpress.com/2016/02/17/american-mineral-heritage-the-harvard-collection-at-the-flandrau-2016/>.

DOUBT, J. Fluorescent Lichens: Dazzling Creatures of Light. *Canadian Museum of Nature*, [online]. 2014. [cit. 8.4. 2017]. Dostupné z: <https://canadianmuseumofnature.wordpress.com/2014/08/28/fluorescent-lichens-dazzling-creatures-of-light/>.

Electric Ladyland. the first of fluorescent art. [online]. [cit. 24.2. 2017]. Dostupné z: <http://electric-lady-land.com/fluorescentminerals-pg.4.html>

Fluorochromy. 2014.

Fluorochromy. Lab Guide. Průvodce laboratoří. [online]. 2014 [cit. 2.8.2017]. Dostupné z: <http://labguide.cz/fluorochromy/>

Fluoreszenz. Fluoreszenzfarbstoffe in der Natur [online]. 2013. [cit. 6.4. 2017]. Dostupné z: <http://www.chemie.uni-jena.de/institute/oc/weiss/naturstoffe.htm>

FMS - *The Fluorescent Mineral Society*. Fluorescent minerals. [online]. [cit. 23.2. 2017]. Dostupné z: <http://uvminerals.org/fms/minerals>.

GARMAN, P, H, GARMAN, R, E. Paintings. *Art Conservation Department*. [online]. [cit. 1.8. 2017] Dostupné z: <http://artconservation.buffalostate.edu/paintings>.

HÖNLE, K. *Hönle UV technology*. Head of Hönle Group [online]. 2017. [cit. 13.8. 2017]. Dostupné z <https://www.hoenle.de/>.

Chlorophyll fluorescence. *Wikipedia the free encyclopedia* [online]. 2017 [cit. 6.4. 2017]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Chlorophyll_fluorescence#/media/File:Zz_Plagiomnium_undulatum_fluorescence.jpg.

KING, H. Fluorescent minerals. *Geology.com*. [online]. 2005–2017 [cit. 21.3. 2017]. Dostupné z: <http://geology.com/articles/fluorescent-minerals/>; http://midgagmsorg.ipage.com/?page_id=961; http://www.minsocam.org/MSA/collectors_corner/arc/fluor.htm.

Kostel sv. Jakuba, 2009. Obec Dalečín. [online]. 2015 [cit. 7.9. 2016] Dostupné z: <http://www.dalecin.cz/index.php?clanek=14>.

Lichens on willow. GigaPan [online]. 2013 [cit. 6.4. 2017]. Dostupné z: <http://www.gigapan.com/gigapans/141609>.

LIZUN. 2011.

LIZUN, D. *Fine art Conservation*. Ultraviolet radiation. [online]. 2011 [cit. 18.4. 17]. Dostupné z: <http://fineartconservation.ie/ultraviolet-radiation-4-4-43.html>.

MAYS, R. *Fluorescent minerals*. [online]. 2006 [cit. 21.3. 2017]. Dostupné z: <http://www.microscopy-uk.org.uk/mag/artnov06macro/rm-macro.html>

Nitratine. 2017.

Nitratine. [online]. mindat.org and the Hudson Institute of Mineralogy 1993-2017, 7.8. 2017 [cit. 11.8. 2017]. Dostupné z <https://www.mindat.org/min-2916.html>.

PIHAN, R. Senzor, velikost senzoru. *Fotoroman*. [online]. (2011). (cit. 13.8. 2017) Dostupné z: http://fotoroman.cz/glossary/1_senzor.htm.

PIHAN, 2016.

PIHAN, R. Typy a Triky nejen pro začátečníky, díl 8. - Lze nahradit barevné a jiné filtry softwarově?: *Digimanie*. [online]. 24.4.2016. [cit. 13.8. 2017]. Dostupné z <https://www.digimanie.cz/tipy-a-triky-nejen-pro-zacatecniky-dil-8-lze-nahradit-barevne-a-jine-filtry-softwarove/1350>.

PŘIDAL, P. Zpracování a zpřístupnění historických dokumentů. [online]. Diplomová práce. Brno 2007. (cit. 10.11. 2017) Dostupné z: https://books.google.cz/books?id=CMZzOeYXF8oC&pg=PA16&lpg=PA16&dq=nip2&source=bl&ots=gRvJ9g6iGM&sig=P1X8GVENYY4kzHbZxfltn8g_ydE&hl=cs&sa=X&ved=0ahUKEwiit5n86OzRAhVoDJoKHVG4AIEQ6AEIHjAB#v=onepage&q=nip2&f=false, <https://packages.debian.org/cs/wheezy/nip2>.

Researchgate. [online]. 2008–2017 (cit. 20. 1 2017) https://www.researchgate.net/figure/261512982_fig5_Figure-3-The-AIC-PhD-target-left-was-accessorized-with-swatches-of-UV-and-IR.

Setup Workflow (Adobe Photoshop). UV Innovations. [online]. (2015) [cit. 3.8. 2017] Dostupné z: http://docs.wixstatic.com/ugd/750e25_2a4df995d9c7438aa5e748cbbc6c5dbb.pdf.

SVOBODA, P. Používáme filtry na digitálních fotoaparátech I: *Digimanie*. [online]. 9.12.2014. [cit. 13.8. 2017]. Dostupné z <https://www.digimanie.cz/pouzivame-filtry-na-digitalnich-fotoaparatech-i/790>.

Training for a Conservation Studio in Vicenza, Italy. *Cultural heritage science open source*. [online]. (cit. 2. 8. 2017) dostupné z:<http://chsopensource.org/2015/03/09/training-for-a-conservation-studio-in-vicenza-italy/>

Ultraviolet Photography. Sphagnum Moss & some kind of Lichen. 2014.

Ultraviolet Photography. Sphagnum Moss & some kind of Lichen [online]. 2014. [cit. 6.4. 2017]. Dostupné z: <http://www.ultravioletphotography.com/content/index.php/topic/1076-sphagnum-moss-some-kind-of-lichen/>.

Using UV-fluorescence to Detect Grey Mold (*Botrytis cinerea*) Infections: Possible Implications for Field Detection Technologies. *theacadecwino* [online]. 2012. [cit. 6.4. 2017]. Dostupné z: <http://www.academicwino.com/2012/05/using-uv-fluorescence-to-detect-grey.html/>.

UVA-Spot 400/T Blacklight Großflächenstrahler Dr. Hönle. *Deffner&Johann*. 2015.

UVA-Spot 400/T Blacklight Großflächenstrahler Dr. Hönle. *Deffner&Johann*: Restaurierungsbedarf und Denkmalpflege – seit 1880. [online]. 18.11. 2015. [cit. 13.8. 2017]. Dostupné z <http://www.deffner-johann.de/uva-spot-400-t-blacklight-grossflaechenstrahler-dr-hoenle.html>.

Zvěstování Panně Marii. *Wikipedia* [online]. (2015). [cit 10.11. 2016] Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Vy%C5%A1ebrods%C3%BD_cyklus#/media/File:Vy%C5%A1ebrods%C3%BD_cyklus_-_Zv%C4%9Bstov%C3%A1n%C3%AD_P._Marii,_N%C3%A1rodn%C3%AD_galerie_v_Praze.jpg.

6 Seznam použitých symbolů a zkratek

§ - paragraf	Fr - fakulta restaurování
% - procent	UPa - univerzita Pardubice
hm % - hmotnostní procenta	JPEG - formát souboru
& - and (a)	RAW - formát souboru
a kol. - a kolektiv	TIFF - formát souboru
cca - přibližně	CCD - typ senzoru
č. - číslo	CMOS - typ senzoru
Ibidem. - tamtéž	DSLR - digitální zrcadlovka
např. - například	sRGB - standardní RGB
obr. - obrázek	ISO - citlivost
odst. - odstavec	UV - ultrafialový
s. - strana	UVF - ultrafialová fluorescenční (fotografie)
Sb. - sbírka	UVR - ultrafialová reflektografie
sv. - svatý	VIS - viditelné světlo
tab. - tabulka	IR - infračervený
tzv. takzvaně	UVA - ultrafialové záření (315–400 nm)
°C - stupeň celsia	UVB - ultrafialové záření (280–315 nm)
nm - nanometr	UVC - ultrafialové záření (280–100 nm)
m - metr	LED - dioda emitující světlo
ml - mililitr	
μW - mikrowatt	
mW - miliwatt	
μS - mikrosiemens	
g - gram	
RH - relativní vlhkost	
K - kelvín	

7 Seznam tabulek

- Tab. č. 1** Základní dělení UV záření dle vlnových délek.
- Tab. č. 2** UV fluorescence přírodních polymerních pojiv.
- Tab. č. 3** UV fluorescence vybraných pigmentů a malířských technik podle Cosentina.
- Tab. č. 4** UV fluorescence samotných pigmentů.
- Tab. č. 5** Fluorescence vybraných minerálů.
- Tab. č. 6** Zdroje vodorozpustných solí ve zděných konstrukcích.
- Tab. č. 7** Rozpusťnost solí a relativní vlhkost nad nasycenými roztoky.
- Tab. č. 8** Vodorozpustné soli nejčastěji se vyskytující v anorganických porézních materiálech památkových objektů (stavební materiály, nástěnná malba).
- Tab. č. 9** Konduktivita písků.
- Tab. č. 10** Granulometrie stavebního písku.
- Tab. č. 11** Pracovní postup výroby vápenných těles.
- Tab. č. 12** Roztoky solí připravené pro experiment.
- Tab. č. 13** Postup kontaminace vápenných těles rozpustnými solemi.
- Tab. č. 14** Použité přístroje, pomůcky, materiály.
- Tab. č. 15** Příprava před focením.
- Tab. č. 16** Postup snímání UV fluorescenčních fotografií.
- Tab. č. 17** Postup úpravy UVF fotografií v Adobe Camera Raw.

8 Seznam obrazových a grafických příloh

Seznam vyobrazení v textu teoretické části

- Obr. 1** Elektromagnetické spektrum s vyznačenými oblastmi záření.
- Obr. 2** Příklad využití UV fluorescence s různými vlnovými délkami a různě fluoreskujících látek na poštovních známkách z 50 let 20. stol.
- Obr. č. 3** Detail olejomalby na plátně v průběhu snímání laku.
- Obr. č. 4** UV fluorescenční fotografie sgrafita ve Slavonicích.
- Obr. č. 5** Mikroskopický snímek listu mechu (*Plagiomnium undulatum*).
- Obr. č. 6** VIS a UVF fotografie mechů a lišejníků na větvi vrby.
- Obr. č. 7** VIS a UVF fotografie destruované omítky v kostele sv. Víta v Zahrádce.
- Obr. č. 8** VIS a UVF fotografie pilastru (vápenné secco) v kapli sv. Isidora v Křenově.
- Obr. č. 9** VIS a UVF fotografie destruované omítky v kostele sv. Víta v Zahrádce.
- Obr. č. 10** VIS a UVF fotografie sbírky fluorescenčních minerálů.
- Obr. č. 11** Kalcit, Terlingua, Texas. Fotografie ve viditelném světle, v dlouhovlnném a krátkovlnném UV záření
- Obr. č. 12** Oblasti poškození vlivem vodorozpustných solí v závislosti na výšce zdiva. V oblasti A se vyskytují uhličitany a sírany, v oblasti B se vyskytují uhličitany, sírany a dusičnany, v oblasti C se nejčastěji vyskytují chloridy a některé dusičnany, oblast D prezentuje úsek bez solí.
- Obr. č. 13** Sada snímků používaných pro multispektrální zobrazování.
- Obr. č. 14** Princip ultrafialové fluorescenční fotografie (UVF) a ultrafialové reflektografie (UVR).
- Obr. č. 15** Mikrosnímky nábrusu vzorku.
- Obr. č. 16** Snímky kusového vzorku.
- Obr. č. 17** Série fotografií závěsného obrazu, zleva: fotografie ve viditelném světle, UV fluorescenční fotografie a UV reflektografická fotografie.
- Obr. č. 18** UV fluorescenční snímky detailu fresky Agnolia Gaddiho pořízený v bazilice Santa Croce ve Forencii dvěma různými institucemi: Opificio delle Pietre Dure (© Annete Keller at the OPD) vlevo a Getty Conservation Institute (© Organic Material in Wall Painting Project, Getty Conservation Institute) vpravo. Rozdílnost snímků je zřejmá na první pohled.
- Obr. č. 19** UV fluorescenční fotografie detailu fragmentu nástěnné malby (British Museum). Fotografie a) byla pořízena za přítomnosti

červeného rozptýleného světla z okolí, b) představuje snímek pořízený za stejných podmínek, ovšem po odstranění parazitujícího červeného záření.

- Obr. č. 20** Schéma řazení masek a filtrů před senzorem.
- Obr. č. 21** Schématické znázornění spektrální výstupní distribuce UV záření z black-light-blue lampy (BLB) ve srovnání rozsahu vlnových délek snímačů CCD/CMOS. Šedé zastínění ukazuje, které vlnové délky mají být od fotoaparátu odfiltrovány.
- Obr. č. 22** UV fluorescenční fotografie filtrů: B + W 415 (vykazujícího vlastní fluorescenci), interferenčního filtru B + W 486 a interferenčního filtru Baader UV/IR.
- Obr. č. 23** Kalibrační tabulka X-Rite-Color-Checker Passport.
- Obr. č. 24** Kalibrační tabulka AIC PhD se vzorníky UV a IR fluorescenčních barev, používané pro kontrolu správného snímání a následní zpracování všech 8 zobrazovacích metod, včetně ultrafialové fluorescenční (UVF) fotografie.
- Obr. č. 25** The 99% Spectralon diffuse reflectance standard.
- Obr. č. 26** a) proces převádění snímku ve fotoaparátu do standardního formátu JPEG a/nebo do RAW; b) proces převádění RAW formátu pomocí software do formátu JPEG nebo TIFF.
- Obr. č. 27** UVF fotografie transferu nástěnné olejomalby pořízená a upravená výše popsanou metodou.

Seznam vyobrazení v textu praktické části

- Obr. č. 28** Malba postavy na vítězném oblouku, kostel sv. Víta v Zahrádce.
- Obr. č. 29** Nástěnná malba výjevu Zvěstování Panně Marii v kostele sv. Jakuba většího v Dalečíně.
- Obr. č. 30** Desková malba výjevu Zvěstování Panny Marie, Vyšebrodský cyklus.
- Obr. č. 31** VIS a UVF snímek malby sv. Markéty na severní stěně lodi v kostele sv. Víta v Zahrádce.
- Obr. č. 32** VIS a UVF snímek středověkých nástěnných maleb v kostele Sankt Martin v Rakousku.
- Obr. č. 33** VIS a UVF snímek středověkých nástěnných maleb v kostele sv. Bartoloměje v Pošné.

Seznam vyobrazení v obrazové příloze experimentální části

- Obr. č. 34** Referenční test.
- Obr. č. 35** UVF fotografie referenčního testu.

- Obr. č. 36** Test č. 1 síran sodný
- Obr. č. 37** Test č. 1 síran sodný, grafický zakres eflorescence a poškození (eflorescence žlutá, poškození purpurová).
- Obr. č. 38** Test č. 1 síran sodný, UVF fotografie (čelní pohled).
- Obr. č. 39** Test č. 1 síran sodný, UVF fotografie (tříčtvrteční pohled).
- Obr. č. 40** Test č. 2 dihydrát síranu vápenatého, na povrchu těles nebyly zaznamenány žádné eflorescence solí.
- Obr. č. 41** Test č. 2 dihydrát síranu vápenatého, UVF fotografie (čelní pohled).
- Obr. č. 42** Test č. 2 dihydrát síranu vápenatého, UVF fotografie (tříčtvrteční pohled).
- Obr. č. 43** Test č. 2 dihydrát síranu vápenatého, UVF fotografie (boční pohled).
- Obr. č. 44** Test č. 3 síran hořečnatý.
- Obr. č. 45** Test č. 3 síran hořečnatý, grafický zakres eflorescence a poškození (eflorescence žlutá, mechanické poškození purpurová, ztmavnutí fialová).
- Obr. č. 46** Test č. 3 síran hořečnatý, UVF fotografie (čelní pohled).
- Obr. č. 47** Test č. 3 síran hořečnatý, UVF fotografie (boční pohled).
- Obr. č. 48** Test č. 4 dusičnan sodný.
- Obr. č. 49** Test č. 4 dusičnan sodný, grafický zakres eflorescence a poškození (eflorescence žlutá).
- Obr. č. 50** Test č. 4 dusičnan sodný, UVF fotografie (čelní pohled).
- Obr. č. 51** Test č. 4 dusičnan sodný, UVF fotografie (tříčtvrteční pohled).
- Obr. č. 52** Test č. 5 tetrahydrát dusičnanu vápenatého.
- Obr. č. 53** Test č. 5 tetrahydrát dusičnanu vápenatého, grafický zakres eflorescence a poškození (eflorescence žlutá, ztmavnutí fialová).
- Obr. č. 54** Test č. 5 tetrahydrát dusičnanu vápenatého, UVF fotografie (čelní pohled).
- Obr. č. 55** Test č. 5 tetrahydrát dusičnanu vápenatého, UVF fotografie (boční pohled).
- Obr. č. 56** Test č. 6 dusičnan draselný.
- Obr. č. 57** Test č. 6 dusičnan draselný, grafický zakres eflorescence a poškození (eflorescence žlutá, ztmavnutí fialová).
- Obr. č. 58** Test č. 6 dusičnan draselný, UVF fotografie (čelní pohled).
- Obr. č. 59** Test č. 6 dusičnan draselný, UVF fotografie (čelní pohled).
- Obr. č. 60** Test č. 7 hexahydrát dusičnanu hořečnatého.
- Obr. č. 61** Test č. 7 hexahydrát dusičnanu hořečnatého, grafický zakres eflorescence a poškození (eflorescence žlutá).
- Obr. č. 62** Test č. 7 hexahydrát dusičnanu hořečnatého, UVF fotografie (čelní pohled).

- Obr. č. 63** Test č. 7 hexahydrát dusičnanu hořečnatého, UVF fotografie (b o č n í pohled).
- Obr. č. 64** Test č. 8 chlorid sodný.
- Obr. č. 65** Test č. 8 chlorid sodný, grafický zákres eflorescence a poškození (eflorescence žlutá, ztmavnutí fialová).
- Obr. č. 66** Test č. 8 chlorid sodný, UVF fotografie (čelní pohled).
- Obr. č. 67** Test č. 8 chlorid sodný, UVF fotografie (tříčtvrteční pohled).
- Obr. č. 68** Test č. 9 chlorid vápenatý, na povrchu těles nebyly zaznamenány žádné eflorescence solí.
- Obr. č. 69** Test č. 9 chlorid vápenatý, UVF fotografie.
- Obr. č. 70** Test č. 10 hexahydrát chloridu hořečnatého, na povrchu těles nebyla zaznamenána žádná eflorescence.
- Obr. č. 71** Test č. 10 hexahydrát chloridu hořečnatého, UVF fotografie.
- Obr. č. 72** Test č. 11 uhličitan sodný.
- Obr. č. 73** Test č. 11 uhličitan sodný, grafický zákres eflorescence a poškození (eflorescence žlutá, mechanické poškození purpurová).
- Obr. č. 74** Test č. 11 uhličitan sodný, UVF fotografie (čelní pohled).
- Obr. č. 75** Test č. 11 uhličitan sodný, UVF fotografie (tříčtvrteční pohled).
- Obr. č. 76** Testy A grafický zákres eflorescence a poškození.
- Obr. č. 77** VIS a UVF fotografie testů A.
- Obr. č. 78** Testy B grafický zákres eflorescence a poškození.
- Obr. č. 79** VIS a UVF fotografie testů B.
- Obr. č. 80** Testy C grafický zákres eflorescence a poškození.
- Obr. č. 81** VIS a UVF fotografie testů C.

Seznam vyobrazení v obrazové příloze praktické části

- Obr. č. 82** Exteriér kostela sv. Víta v Zahrádce.
- Obr. č. 83** Celkový pohled na vítězný oblouk, stav před restaurováním.
- Obr. č. 84** Pravá strana vítězného oblouku, stav před restaurováním.
- Obr. č. 85** Levá strana vítězného oblouku, stav před restaurováním.
- Obr. č. 86** Fragment malby na levém straně vítězného oblouku, stav před restaurováním.
- Obr. č. 87** Středověké omítky na levé straně vítězného oblouku, stav před restaurováním.
- Obr. č. 88** Archanděl Gabriel, stav před restaurováním.
- Obr. č. 89** Křížový ornament, stav před restaurováním.
- Obr. č. 90** Detailní snímek postavy archanděla Gabriela, stav před restaurováním. Omezená čitelnost malby je způsobená přítomností povrchových nečistot, bílého zákalu a mechanických poškození.

- Obr. č. 91** Jeden z otvorů ve zdivu na levé straně vítězného oblouku, nacházející se pod postavou Archanděla Gabriela.
- Obr. č. 92** Praskliny v blízkosti rohu mezi levou stranou vítězného oblouku a severní stěnou.
- Obr. č. 93** Tvář archanděla Gabriela, stav před restaurováním. V malbě jsou zatlučeny železné skoby, na povrchu jsou pozorovatelné různé nečistoty, bílý zákal a mechanická poškození.
- Obr. č. 94** Pravá ruka archanděla Gabriela a část mluvicí pásky, stav před restaurováním.
- Obr. č. 95** Detailní snímek křížového dekoru, stav před restaurováním.
- Obr. č. 96** Detailní snímek fragmentu na pravé straně vítězného oblouku. Na snímku je zachycen jeden z otvorů, dále zajišťovací tmely z let 1976 a 1984 a nečistoty na povrchu malby.
- Obr. č. 97** Detailní snímek fragmentu na pravé straně vítězného oblouku. Snímek dokumentuje vzhled zajišťovacích tmelů z let 1976 a 1984.
- Obr. č. 98** Tělo a ruce archanděla Gabriela, stav před restaurováním.
- Obr. č. 99** Tělo a ruce archanděla Gabriela, stav před restaurováním, razantní boční osvětlení. Na snímku jsou zřetelně pozorovatelné nerovnosti na povrchu omítky, která kopíruje nerovnosti kamenného zdiva. Povrchová struktura omítky nese stopy nástroje - hrubé štětky.
- Obr. č. 100** Mluvicí páska, stav před restaurováním.
- Obr. č. 101** Mluvicí páska, stav před restaurováním, razantní boční osvětlení. Povrchová struktura omítky nese stopy po nanášení hrubou štětkou. Došlo ke zvýraznění mechanického poškození - pekování.
- Obr. č. 102** Detail archanděla Gabriela, stav před restaurováním.
- Obr. č. 103** Detail archanděla Gabriela, stav před restaurováním, UVF fotografie. Na snímku je patrná oranžová fluorescence drobných fragmentů ve svatozáři a modrá fluorescence fragmentů překryvných vápenných nátěrů. Použitá technika: UV lampa UVA SPOT 400T značky Hönle UV Technology, fotoaparát Canon EOS 60D, objektiv Canon EF-S17-85mm f/4-5,6 IS USM, bez filtru před objektivem, ISO 100, f/4, exp. 6, WB auto, formát Jpeg. Snímek nebyl upravován.
- Obr. č. 104** Detail křížového dekoru, stav před restaurováním.
- Obr. č. 105** Detail křížového dekoru, stav před restaurováním, UV fluorescenční snímek. Na snímku je dobře viditelná silná oranžová fluorescence na okrajích černých skvrn. Použitá technika: UV lampa UVA SPOT 400T značky Hönle UV Technology, fotoaparát Canon EOS 60D, objektiv Canon EF-S17-85mm f/4-5,6 IS USM, bez

filtru před objektivem, ISO 100, f/4, exp. 6, WB auto, formát JPEG. Snímek nebyl upravován.

- Obr. č. 106** Odstraňování plenty na pravé straně vítězného oblouku.
- Obr. č. 107** Detail archanděla Gabriela, stav v průběhu čištění, po odstranění povrchových nečistot
- Obr. č. 108** Levá strana vítězného oblouku po mechanické a chemickém čištění destilovanou vodou; stav po vyjmutí druhotně osazené, nevyhovující, zezdívky v dolním otvoru; zkoušky tmelení.
- Obr. č. 109** Mechanické odstraňování tmelů z let 1976 a 1984.
- Obr. č. 110** Mechanické odstraňování tmelů z let 1976 a 1984 kombinované s hloubkovou injektáží.
- Obr. č. 111** Hloubková injektáž trhlin ve zdivu.
- Obr. č. 112** Konzervační tmely na okrajích středověké omítky.
- Obr. č. 113** Průběh čištění uhličitanem amonným.
- Obr. č. 114** Odsolovací zábal.
- Obr. č. 115** Archanděl Gabriel v průběhu tmelení, po očištění uhličitanem amonným.
- Obr. č. 116** Průběh tmelení, tvář archanděla Gabriela.
- Obr. č. 117** Po vytmelení, tvář archanděla Gabriela.
- Obr. č. 118** Průběh tmelení, ruka archanděla Gabriela.
- Obr. č. 119** Po vytmelení, ruka archanděla Gabriela.
- Obr. č. 120** Archanděl Gabriel po zazdění otvorů a vytmelení.
- Obr. č. 121** Pravá strana vítězného oblouku, stav po vytmelení.
- Obr. č. 122** Detail křížového dekoru, stav po vytmelení.
- Obr. č. 123** Detail křížového dekoru, stav po retuši.
- Obr. č. 124** Detail pulpitu, stav po vytmelení.
- Obr. č. 125** Detail pulpitu, stav po retuši.
- Obr. č. 126** Levá ruka po vytmelení.
- Obr. č. 127** Levá ruka po retuši.
- Obr. č. 128** Detailní snímek archanděla Gabriela po vytmelení.
- Obr. č. 129** Detailní snímek archanděla Gabriela po retuši.
- Obr. č. 130** Detail křížového dekoru po retuši.
- Obr. č. 131** Detail fragmentu na pravé straně vítězného oblouku po restaurování.
- Obr. č. 132** Archanděl Gabriel, stav po restaurování.
- Obr. č. 133** Horní část levé strany vítězného oblouku, stav po restaurování.
- Obr. č. 134** Dolní část levé strany vítězného oblouku, stav po restaurování.
- Obr. č. 135** Horní část pravé strany vítězného oblouku, stav po restaurování.
- Obr. č. 136** Dolní část pravé strany vítězného oblouku, stav po restaurování.
- Obr. č. 137** Levá strana vítězného oblouku, stav po restaurování.

Obr. č. 138 Prává strana vítězného oblouku, stav po restaurování.

Obr. č. 139 Celkový pohled na vítězný oblouk po restaurování.

Seznam vyobrazení v grafické příloze praktické části

Obr. č. 140 Grafický zákres historických vrstev na levé straně.

Obr. č. 141 Grafický zákres historických vrstev na pravé straně.

Obr. č. 142 Grafický zákres poškození na levé straně.

Obr. č. 143 Grafický zákres poškození na pravé straně.

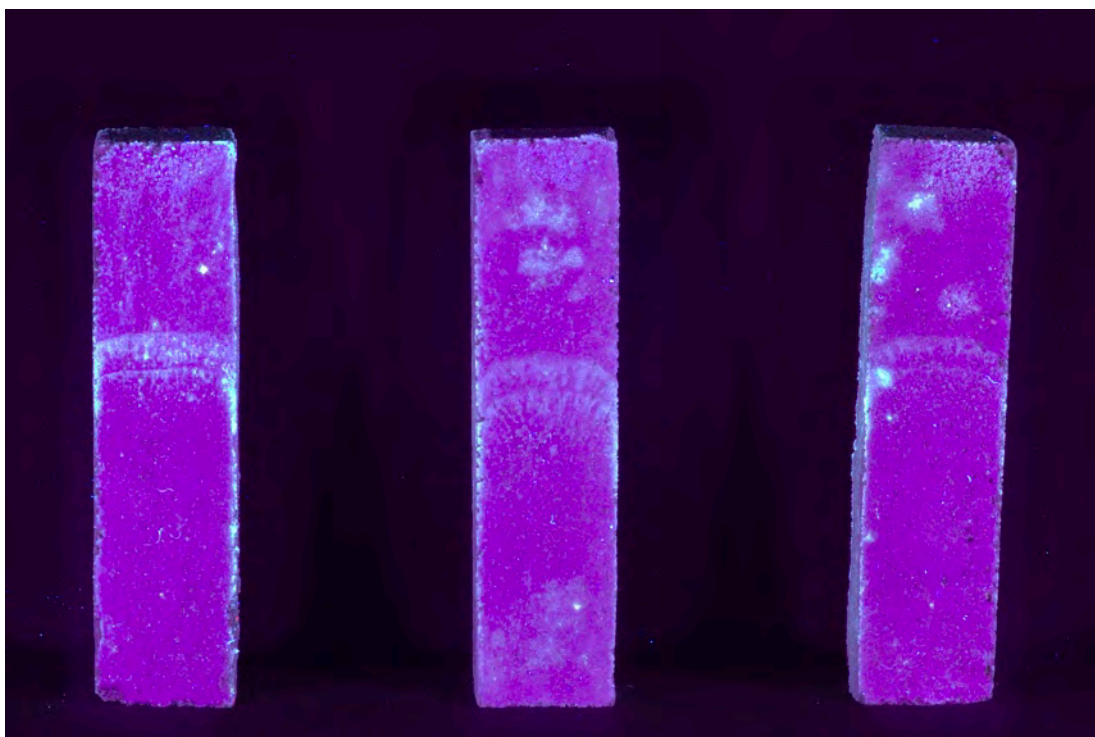
Obr. č. 144 Grafický zákres restaurátorských zásahů na levé straně.

Obr. č. 145 Grafický zákres restaurátorských zásahů na pravé straně.

8.1 Obrazová příloha experimentální části



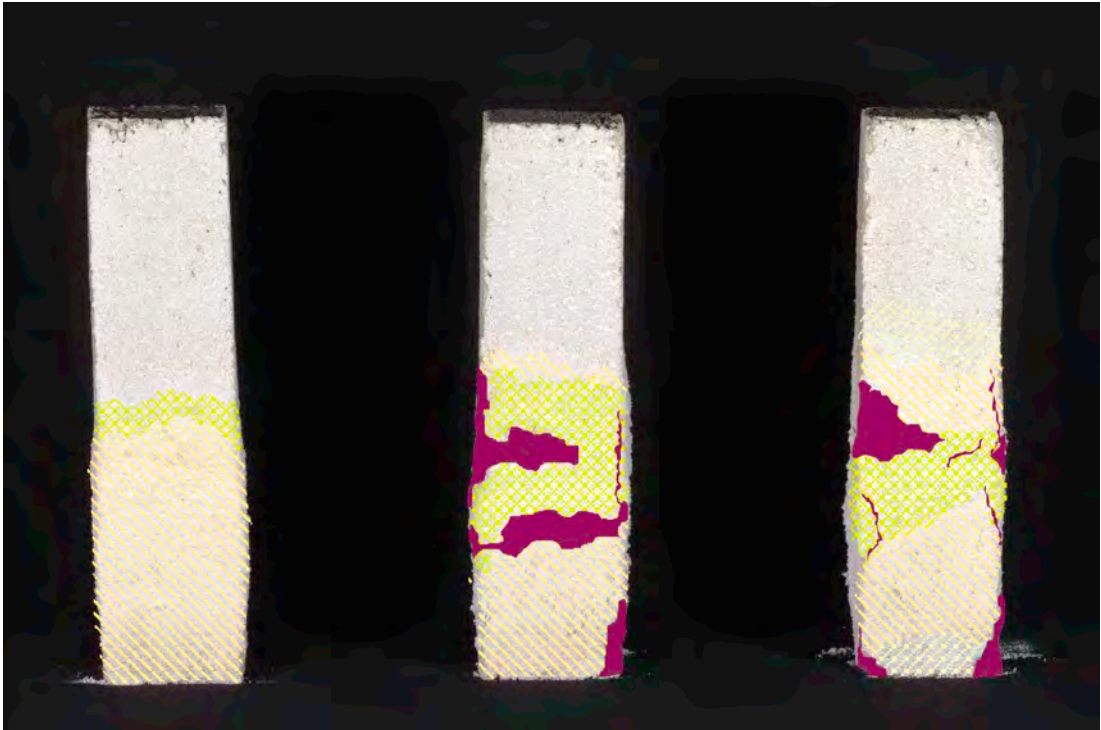
Obr. č. 34 Referenční test.



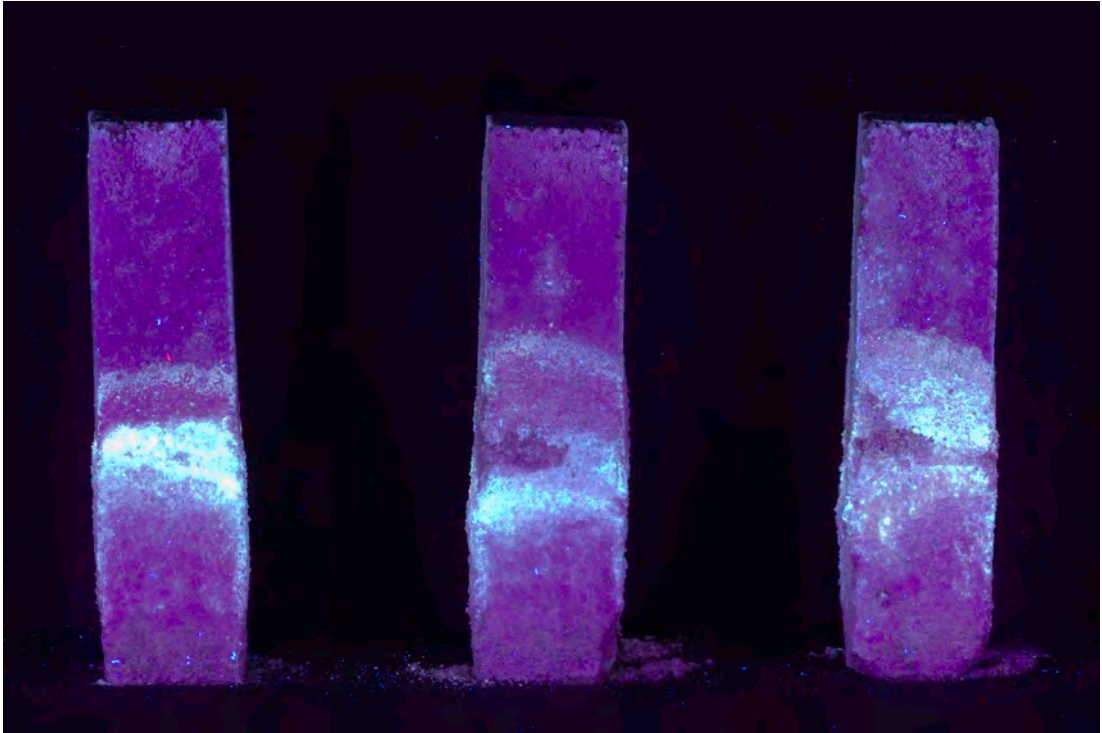
Obr. č. 35 UVF fotografie referenčního testu.



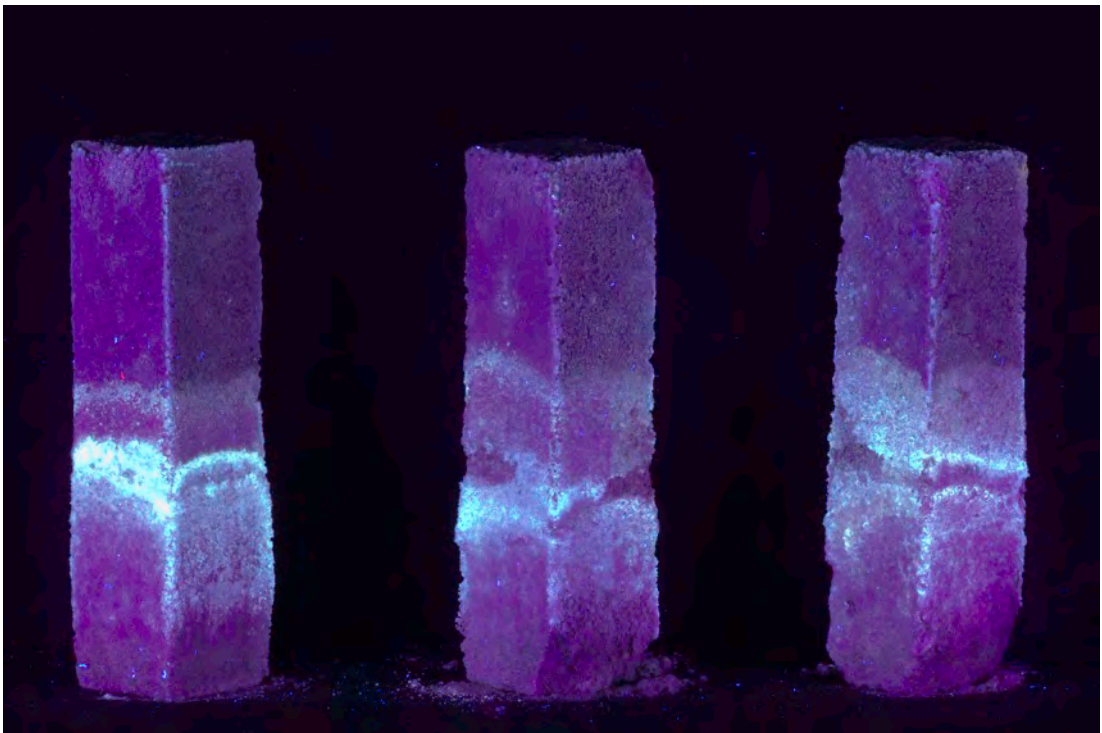
Obr. č. 36 Test č. 1 síran sodný.



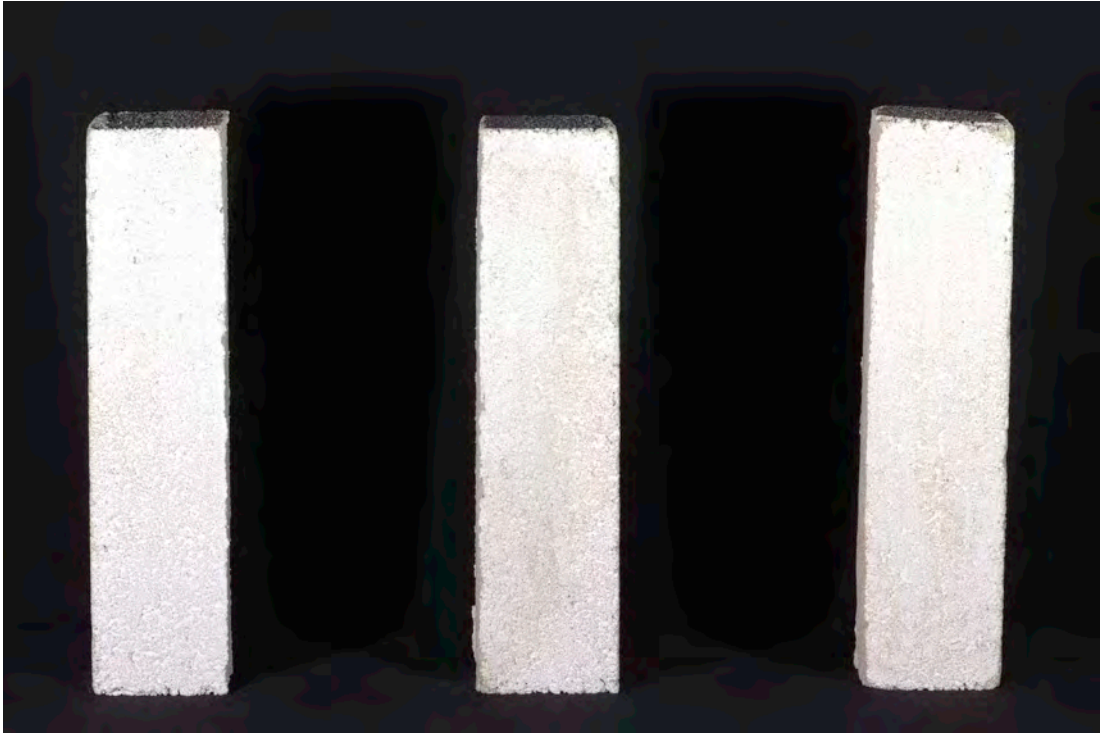
Obr. č. 37 Test č. 1 síran sodný, grafický zakres eflorescence a poškození (eflorescence žlutá, poškození purpurová).



Obr. č. 38 Test č. 1 síran sodný, UVF fotografie (čelní pohled).



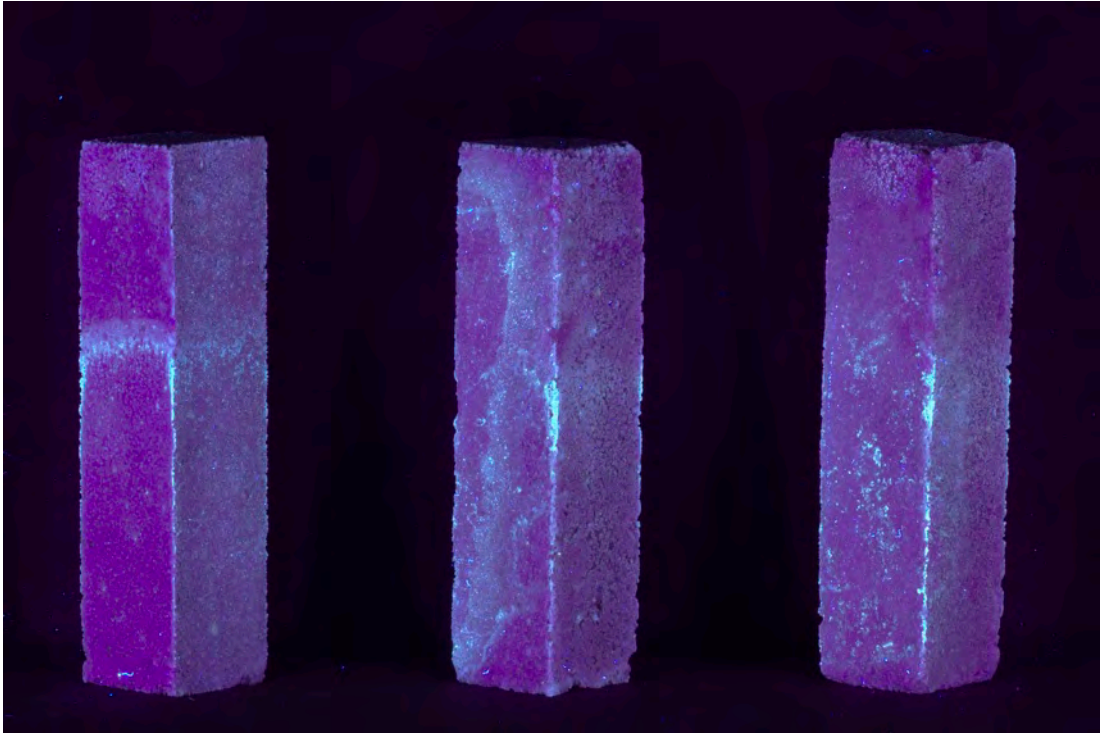
Obr. č. 39 Test č. 1 síran sodný, UVF fotografie (tříčtvrteční pohled).



Obr. č. 40 Test č. 2 dihydrát síranu vápenatého, na povrchu těles nebyly zaznamenány žádné eflorescence solí.



Obr. č. 41 Test č. 2 dihydrát síranu vápenatého, UVF fotografie (čelní pohled).



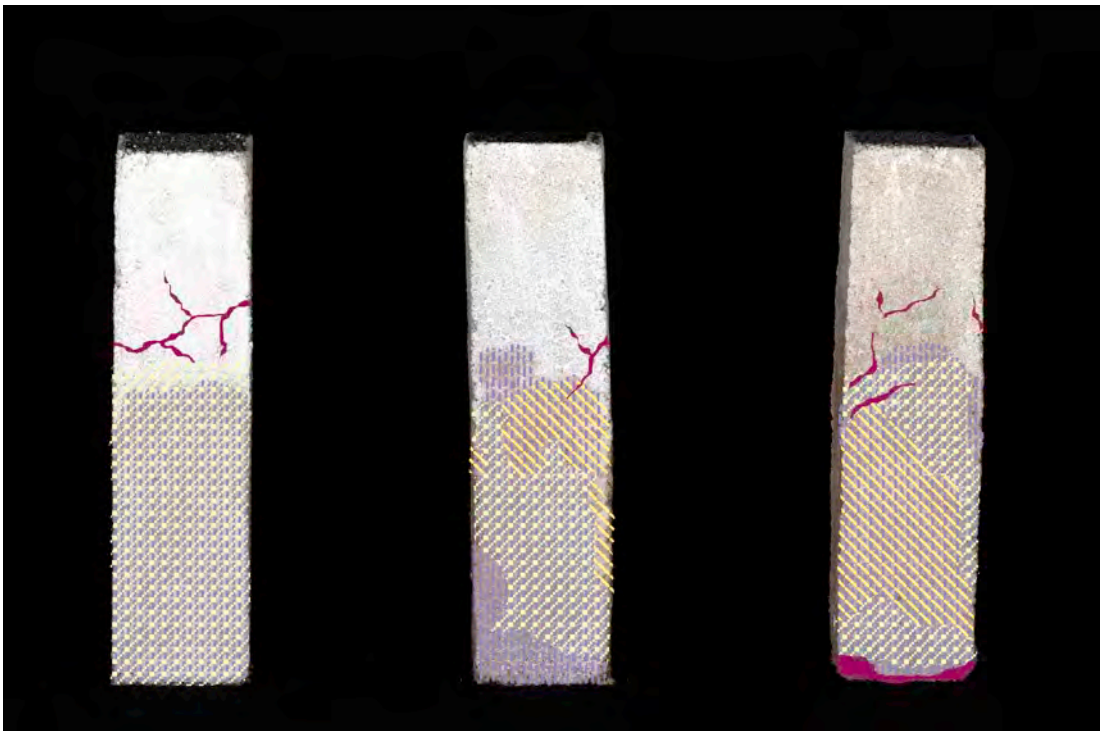
Obr. č. 42 Test č. 2 dihydrát síranu vápenatého, UVF fotografie (tříčtvrteční pohled).



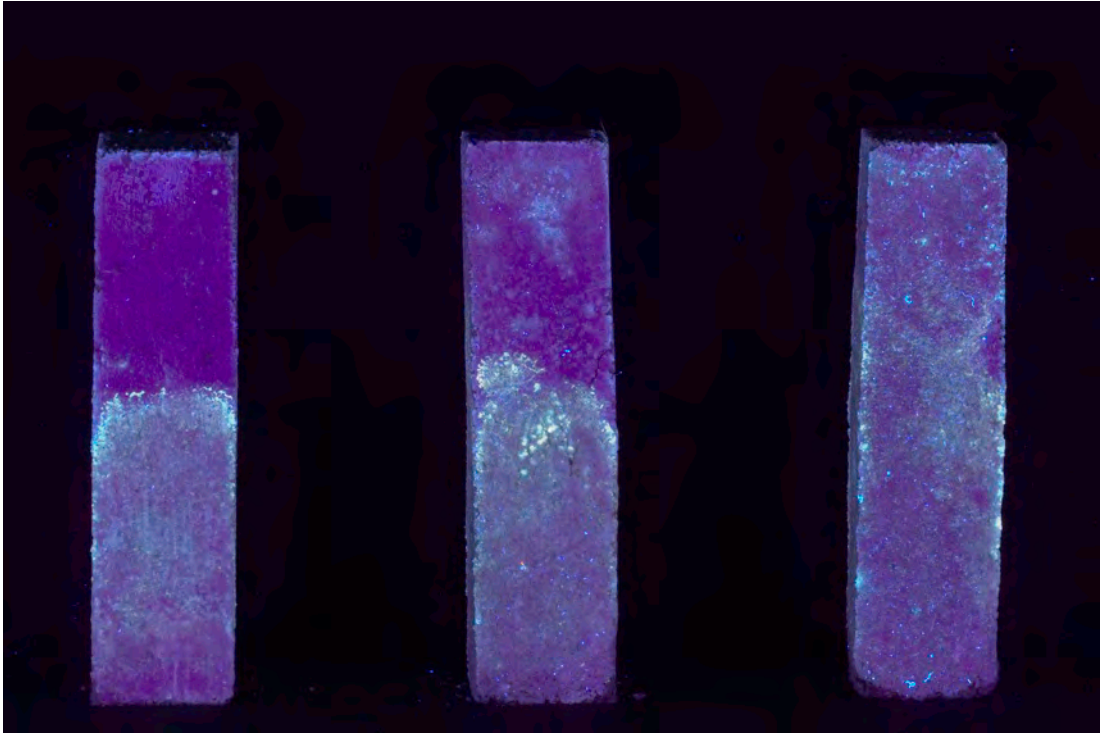
Obr. č. 43 Test č. 2 dihydrát síranu vápenatého, UVF fotografie (boční pohled).



Obr. č. 44 Test č. 3 síran hořečnatý.



Obr. č. 45 Test č. 3 síran hořečnatý, grafický zakres eflorescence a poškození (eflorescence žlutá, mechanické poškození purpurová, ztmavnutí fialová).



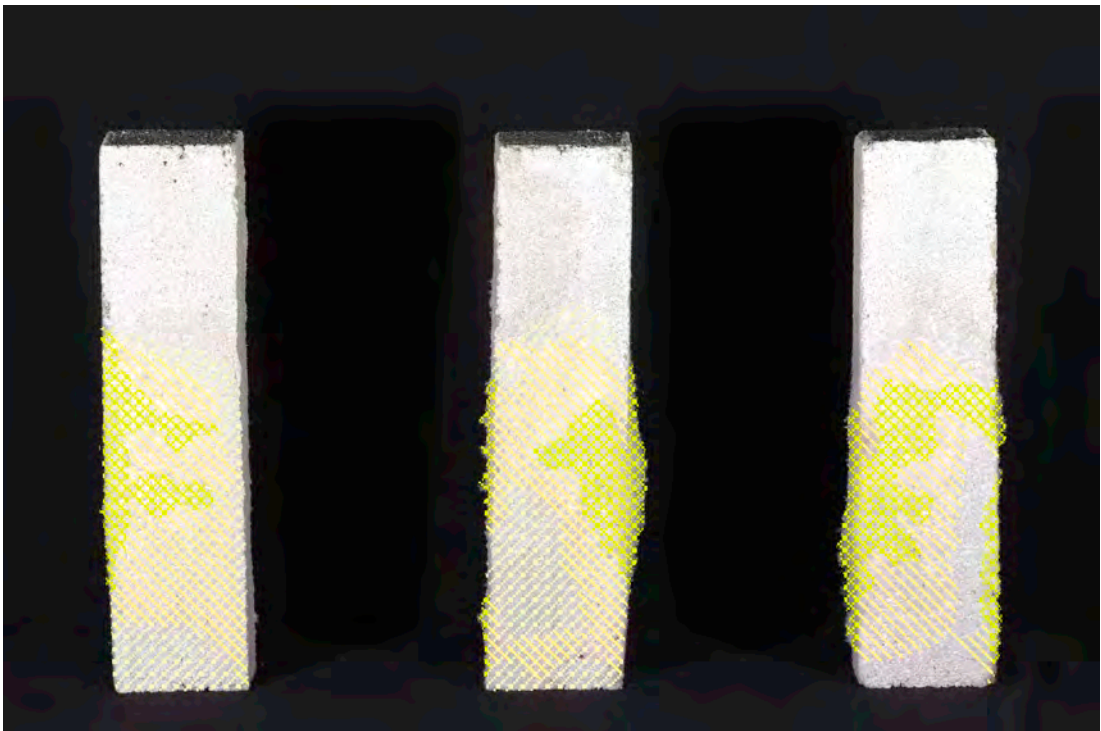
Obr. č. 46 Test č. 3 síran hořečnatý, UVF fotografie (čelní pohled).



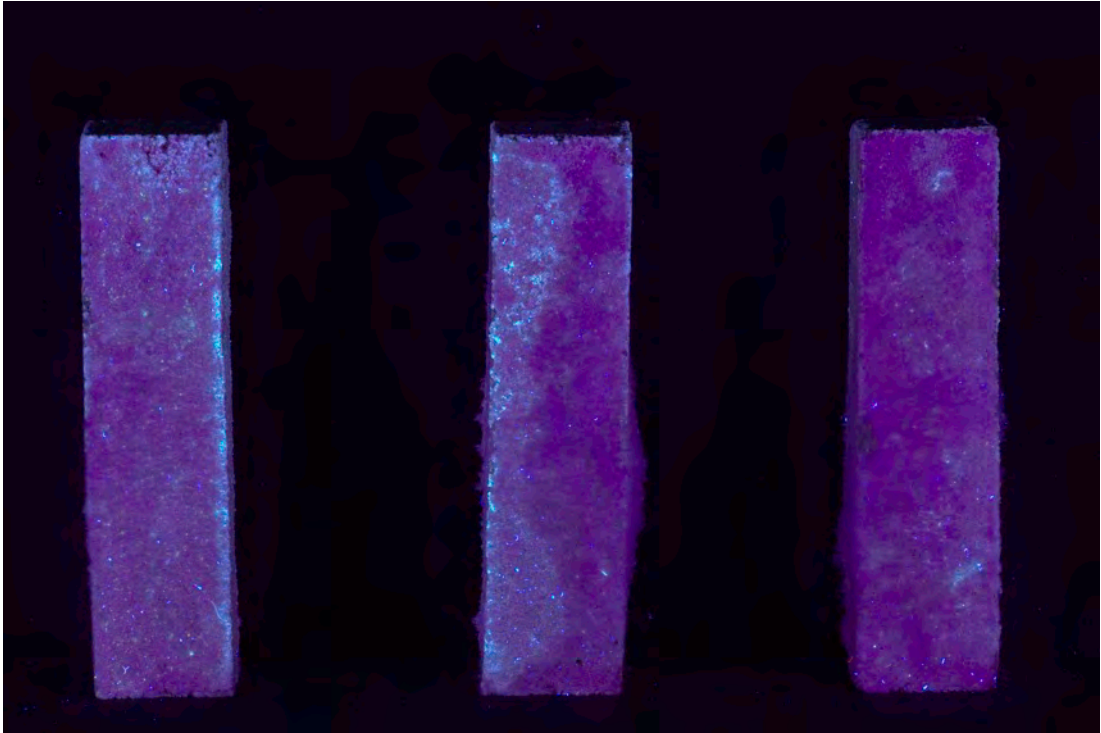
Obr. č. 47 Test č. 3 síran hořečnatý, UVF fotografie (boční pohled).



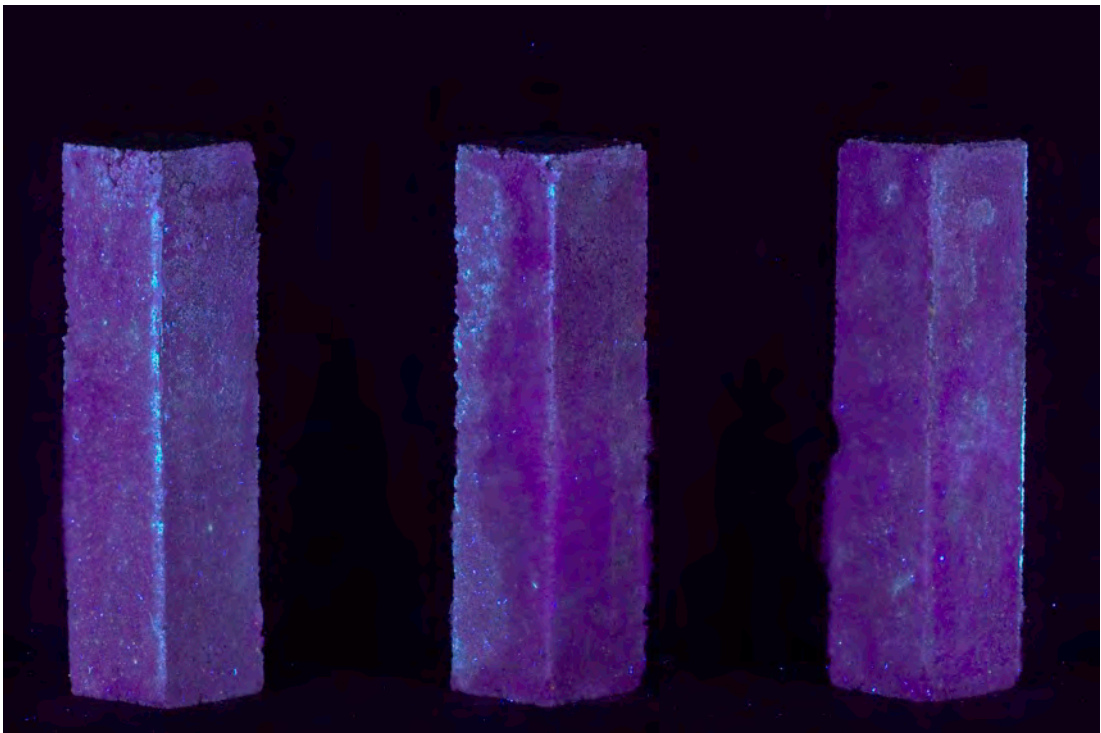
Obr. č. 48 Test č. 4 dusičnan sodný.



Obr. č. 49 Test č. 4 dusičnan sodný, grafický zakres eflorescence a poškození (eflorescence žlutá).



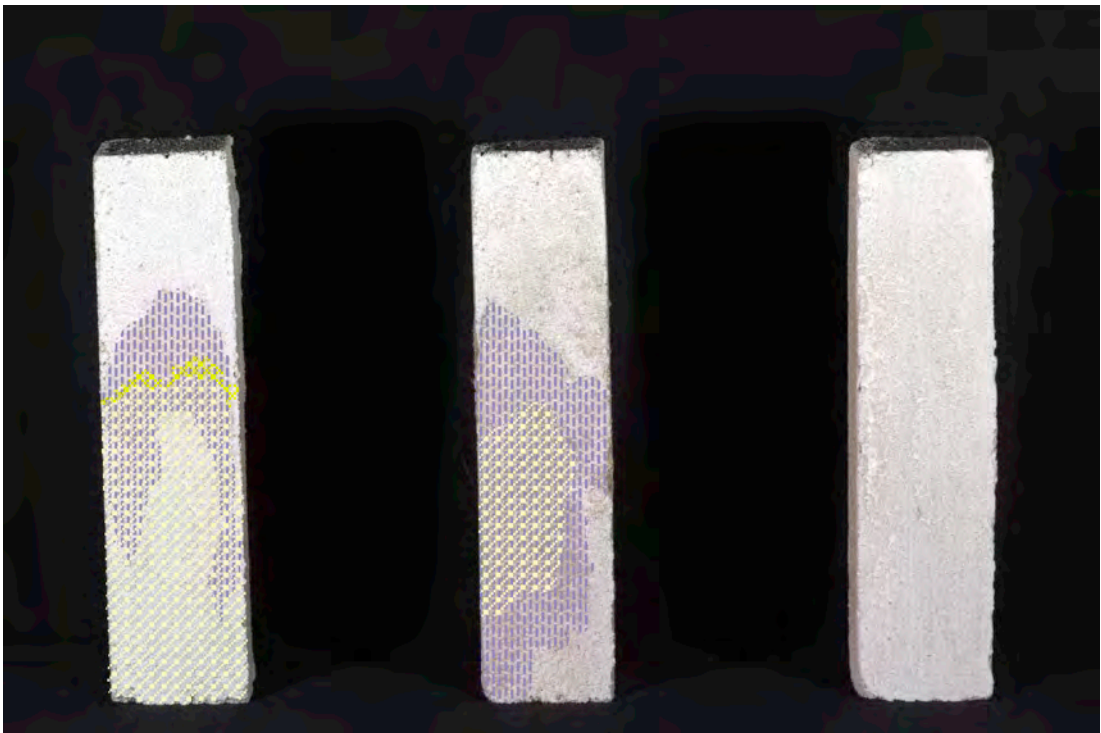
Obr. č. 50 Test č. 4 dusičnan sodný, UVF fotografie (čelní pohled).



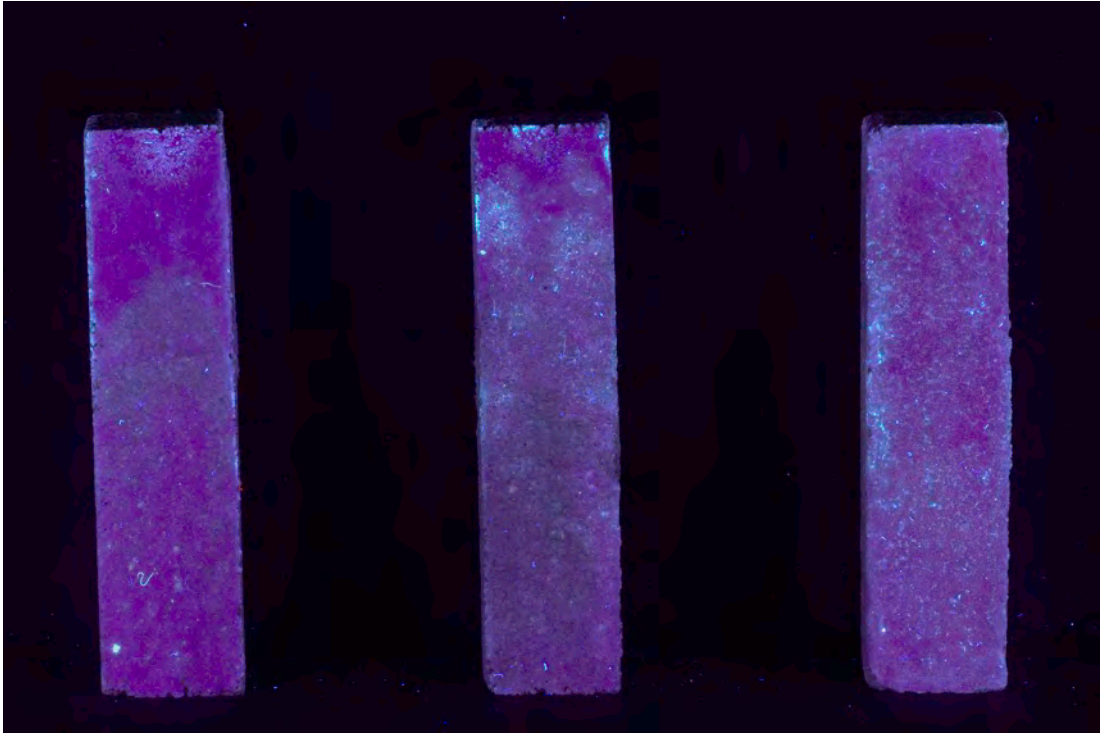
Obr. č. 51 Test č. 4 dusičnan sodný, UVF fotografie (tříčtvrteční pohled).



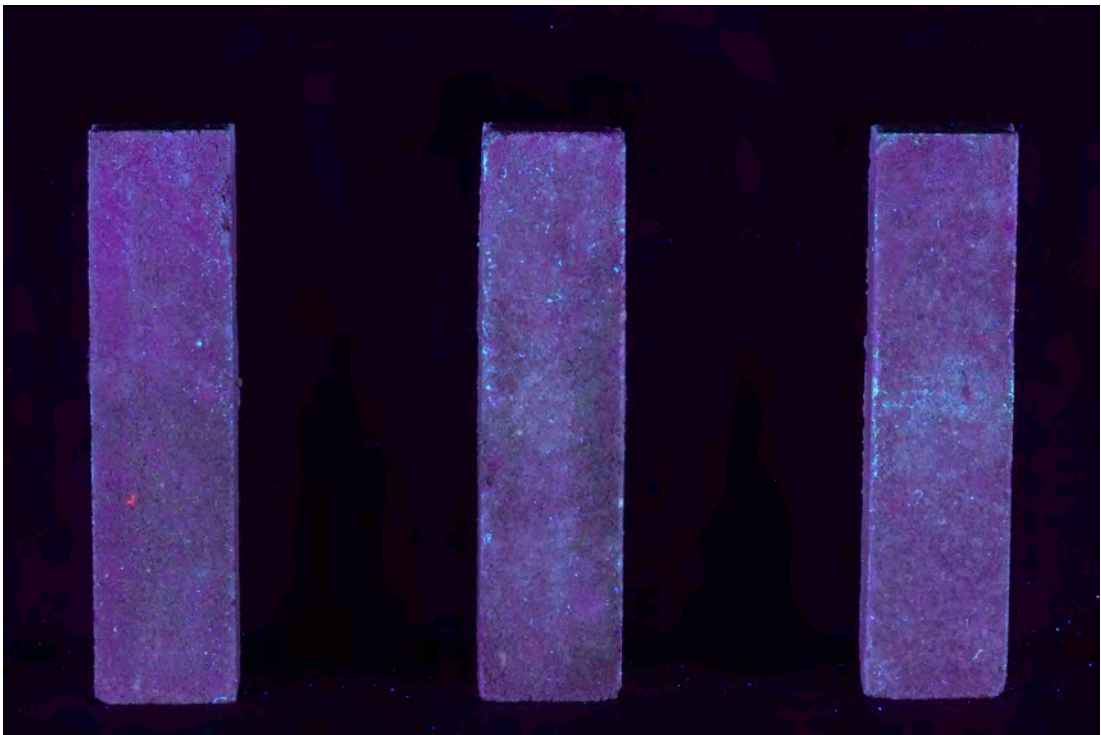
Obr. č. 52 Test č. 5 tetrahydrát dusičnanu vápenatého.



Obr. č. 53 Test č. 5 tetrahydrát dusičnanu vápenatého, grafický zakres efluorescence a poškození (efluorescence žlutá, ztmavnutí fialová).



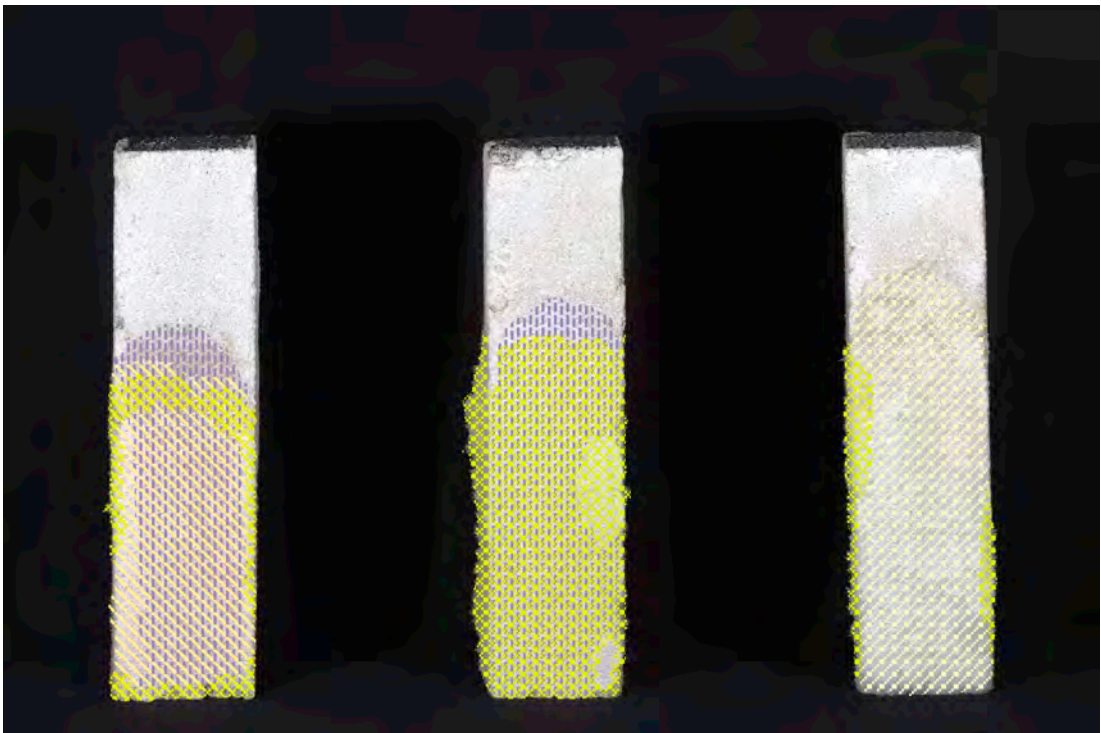
Obr. č. 54 Test č. 5 tetrahydrát dusičnanu vápenatého, UVF fotografie (čelní pohled).



Obr. č. 55 Test č. 5 tetrahydrát dusičnanu vápenatého, UVF fotografie (boční pohled).



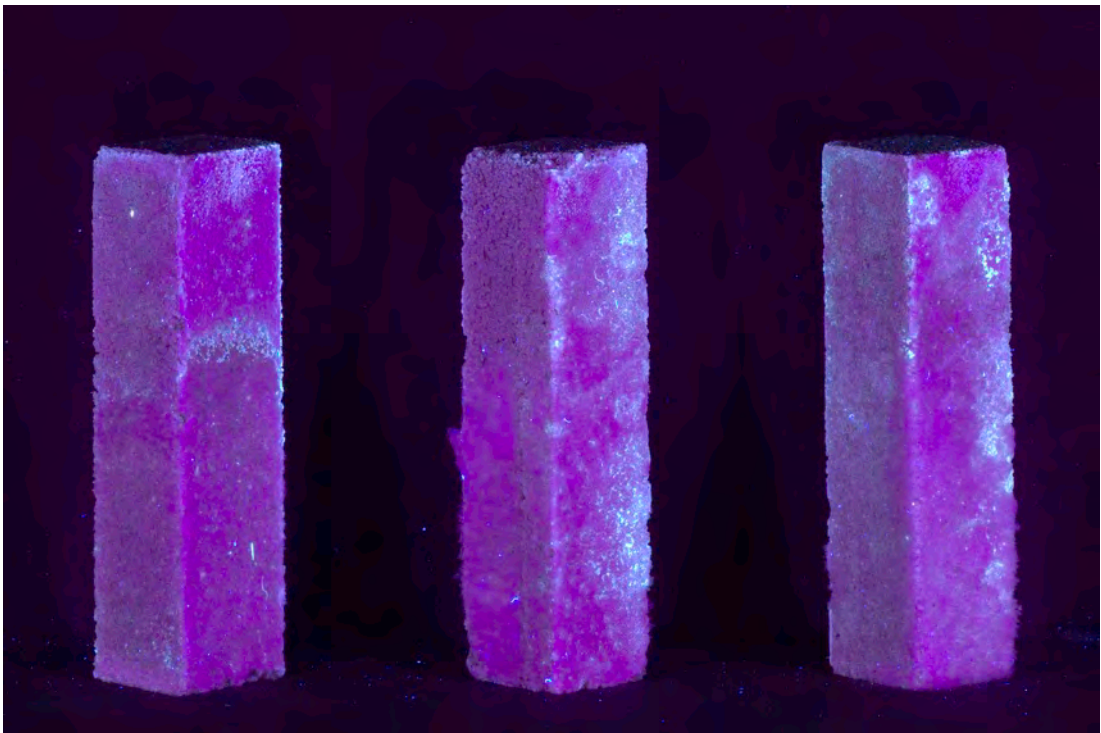
Obr. č. 56 Test č. 6 dusičnan draselný.



Obr. č. 57 Test č. 6 dusičnan draselný, grafický zakres efluorescence a poškození (efluorescence žlutá, ztmavnutí fialová).



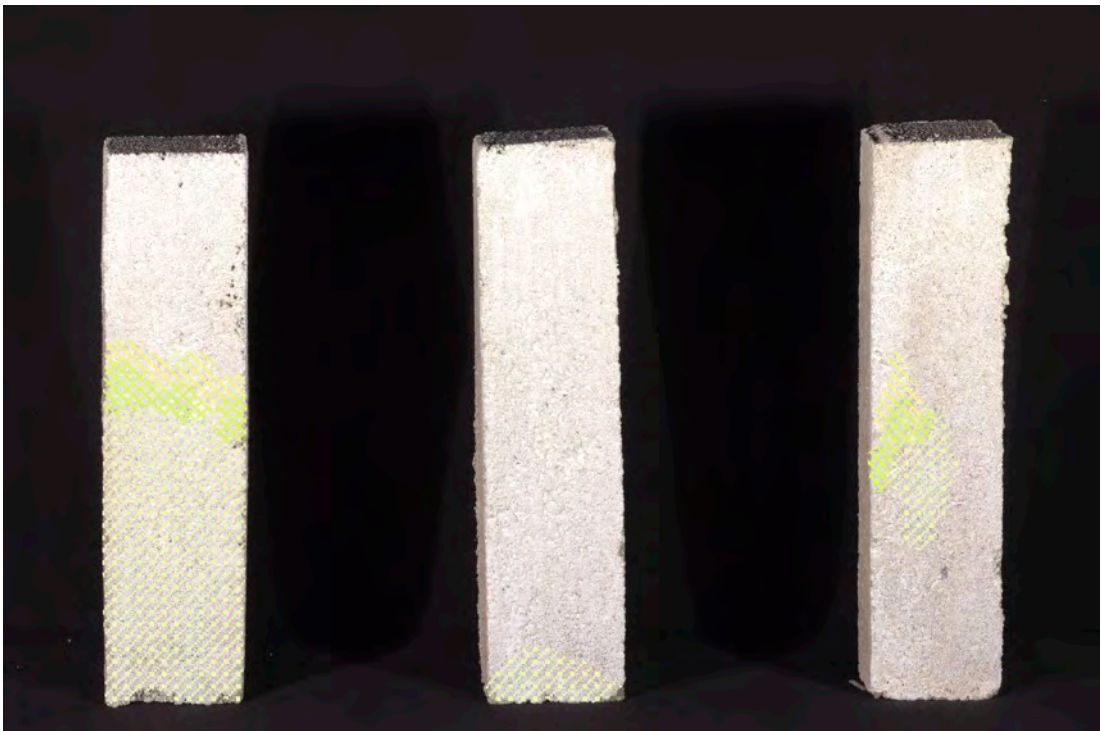
Obr. č. 58 Test č. 6 dusičnan draselný, UVF fotografie (čelní pohled).



Obr. č. 59 Test č. 6 dusičnan draselný, UVF fotografie (čelní pohled).



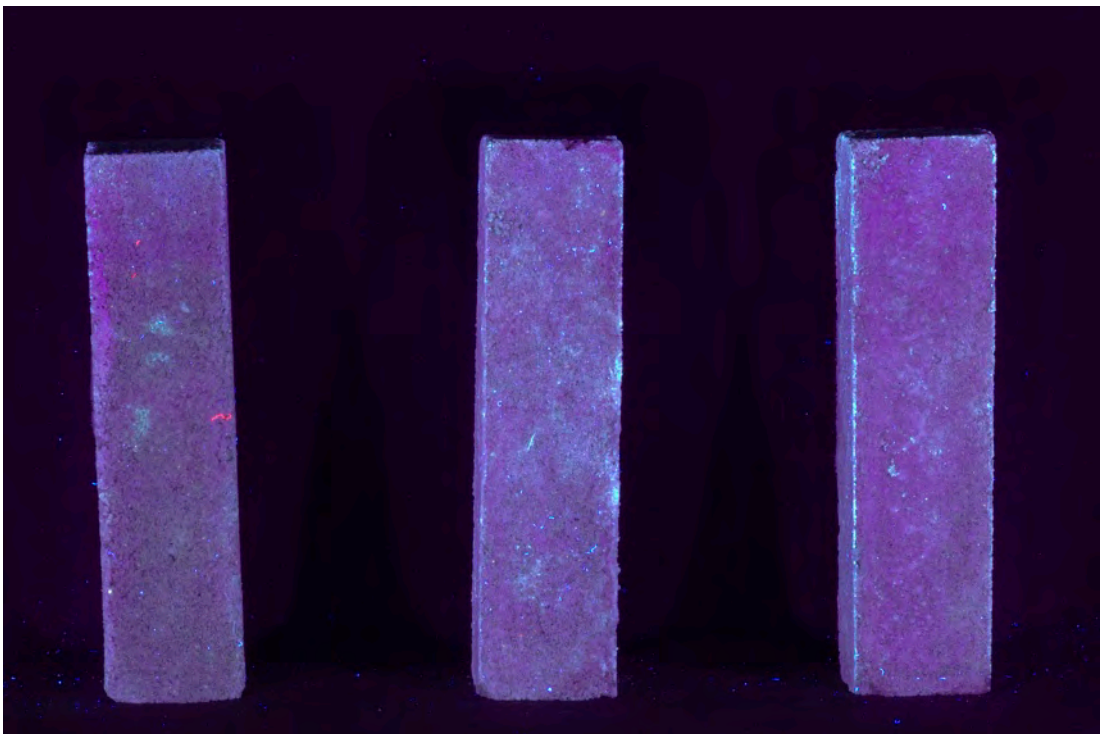
Obr. č. 60 Test č. 7 hexahdrát dusičnanu hořečnatého.



Obr. č. 61 Test č. 7 hexahdrát dusičnanu hořečnatého, grafický zakres eflorescence a poškození (eflorescence žlutá).



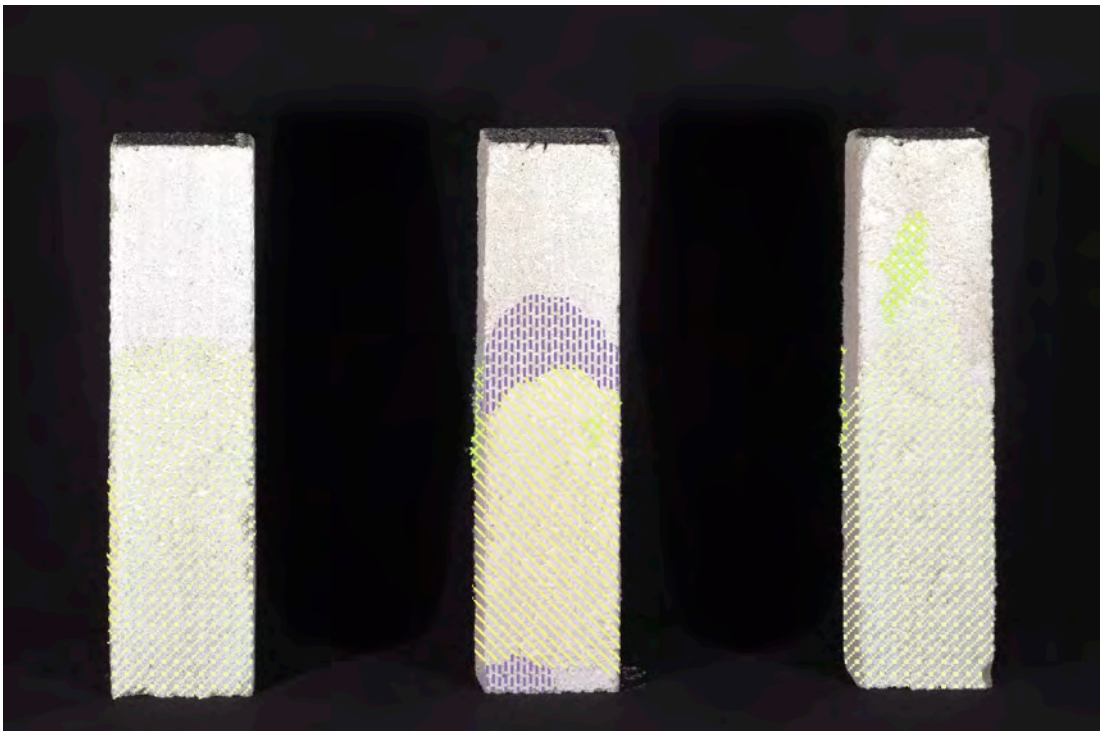
Obr. č. 62 Test č. 7 hexahydrát dusičnanu hořečnatého, UVF fotografie (čelní pohled).



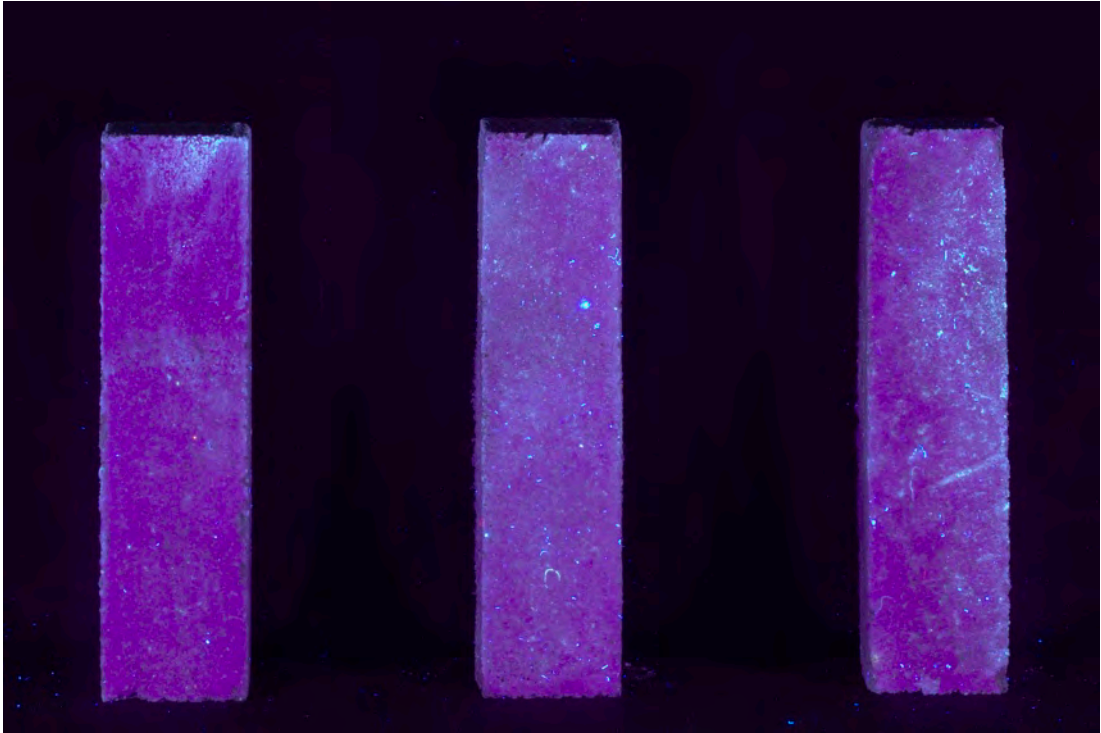
Obr. č. 63 Test č. 7 hexahydrát dusičnanu hořečnatého, UVF fotografie (boční pohled).



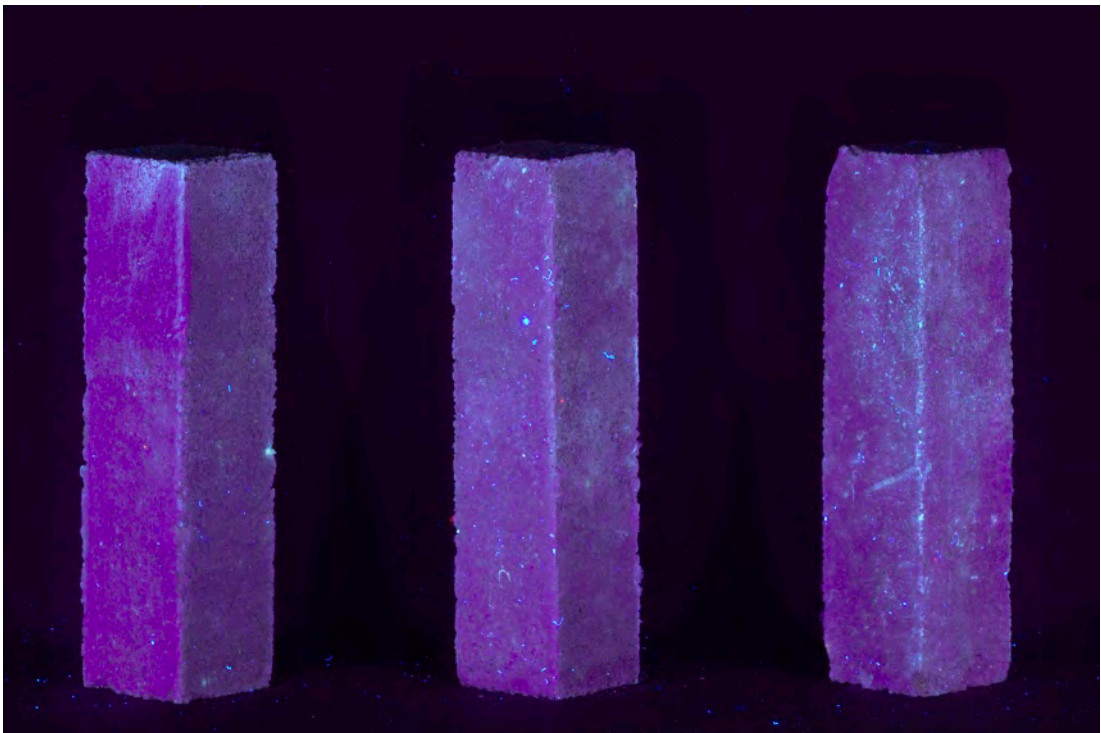
Obr. č. 64 Test č. 8 chlorid sodný.



Obr. č. 65 Test č. 8 chlorid sodný, grafický zakres eflorescence a poškození (eflorescence žlutá, ztmavnutí fialová).



Obr. č. 66 Test č. 8 chlorid sodný, UVF fotografie (čelní pohled).



Obr. č. 67 Test č. 8 chlorid sodný, UVF fotografie (tříčtvrteční pohled).



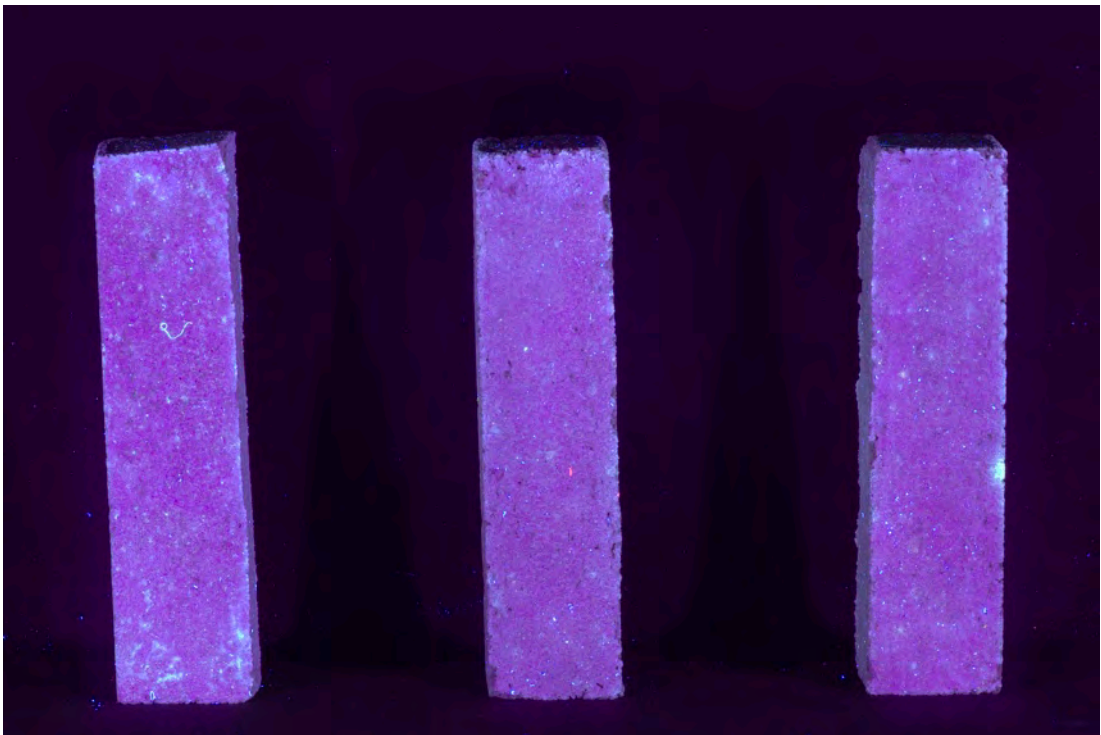
Obr. č. 68 Test č. 9 chlorid vápenatý, na povrchu těles nebyly zaznamenány žádné eflorescence solí.



Obr. č. 69 Test č. 9 chlorid vápenatý, UVF fotografie.



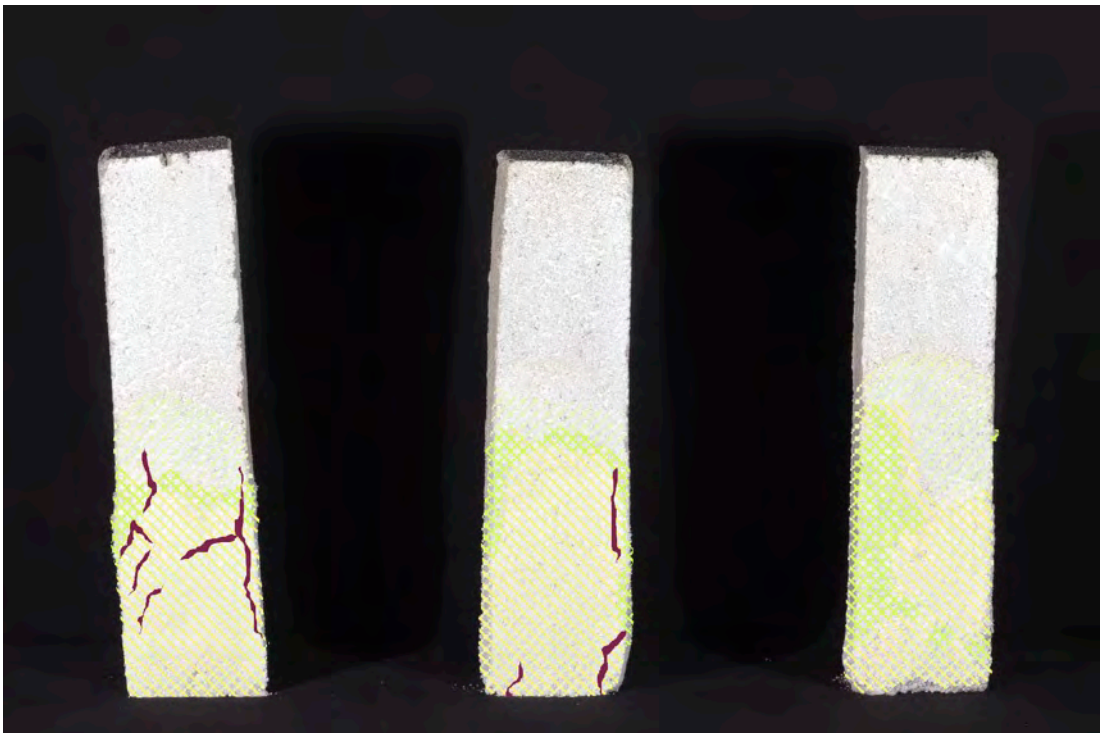
Obr. č. 70 Test č. 10 hexahydrát chloridu hořečnatého, na povrchu těles nebyla zaznamenána žádná eflorescence.



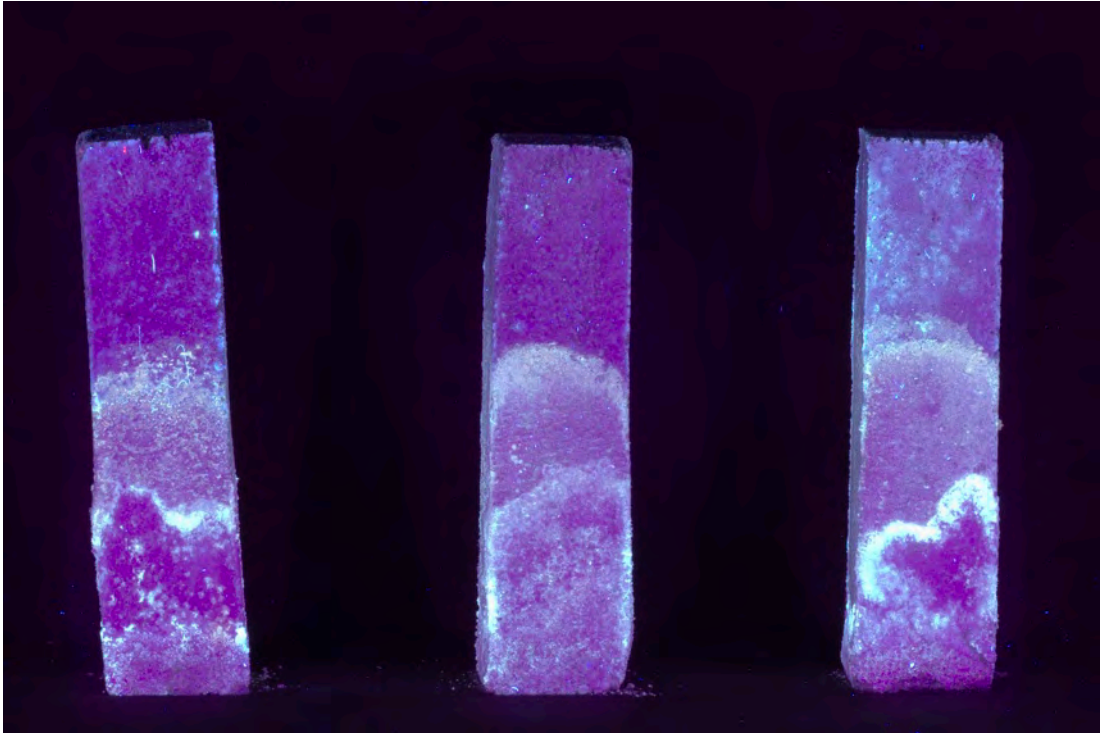
Obr. č. 71 Test č. 10 hexahydrát chloridu hořečnatého, UVF fotografie.



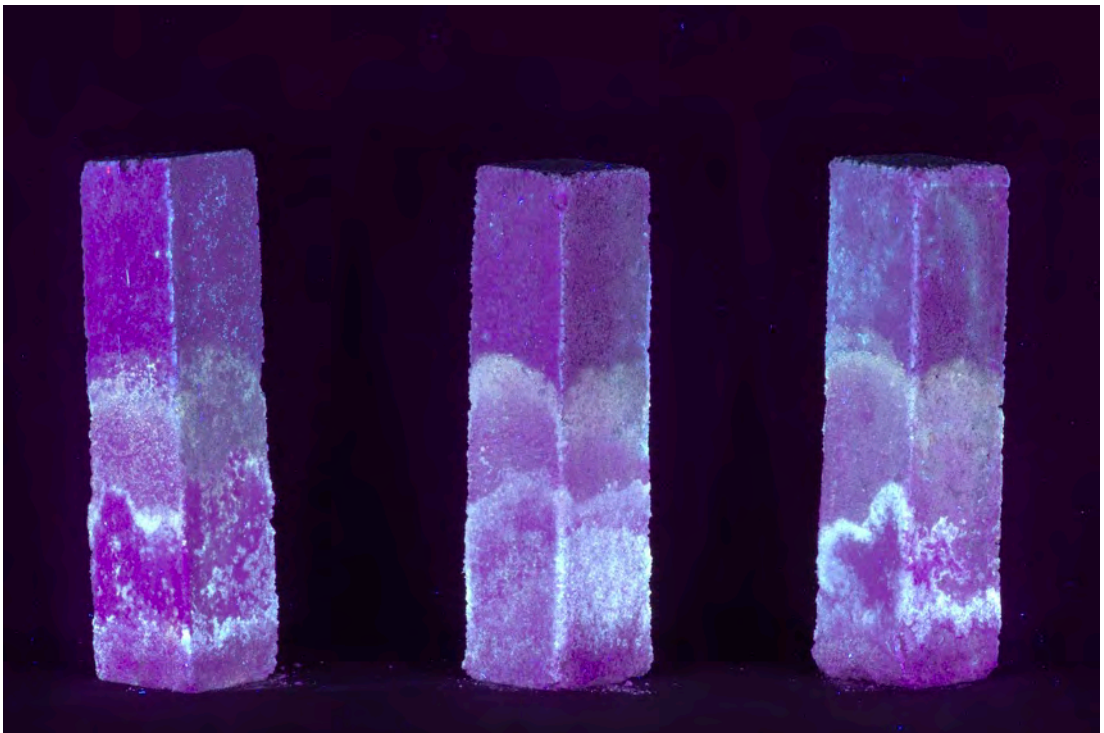
Obr. č. 72 Test č. 11 uhličitan sodný.



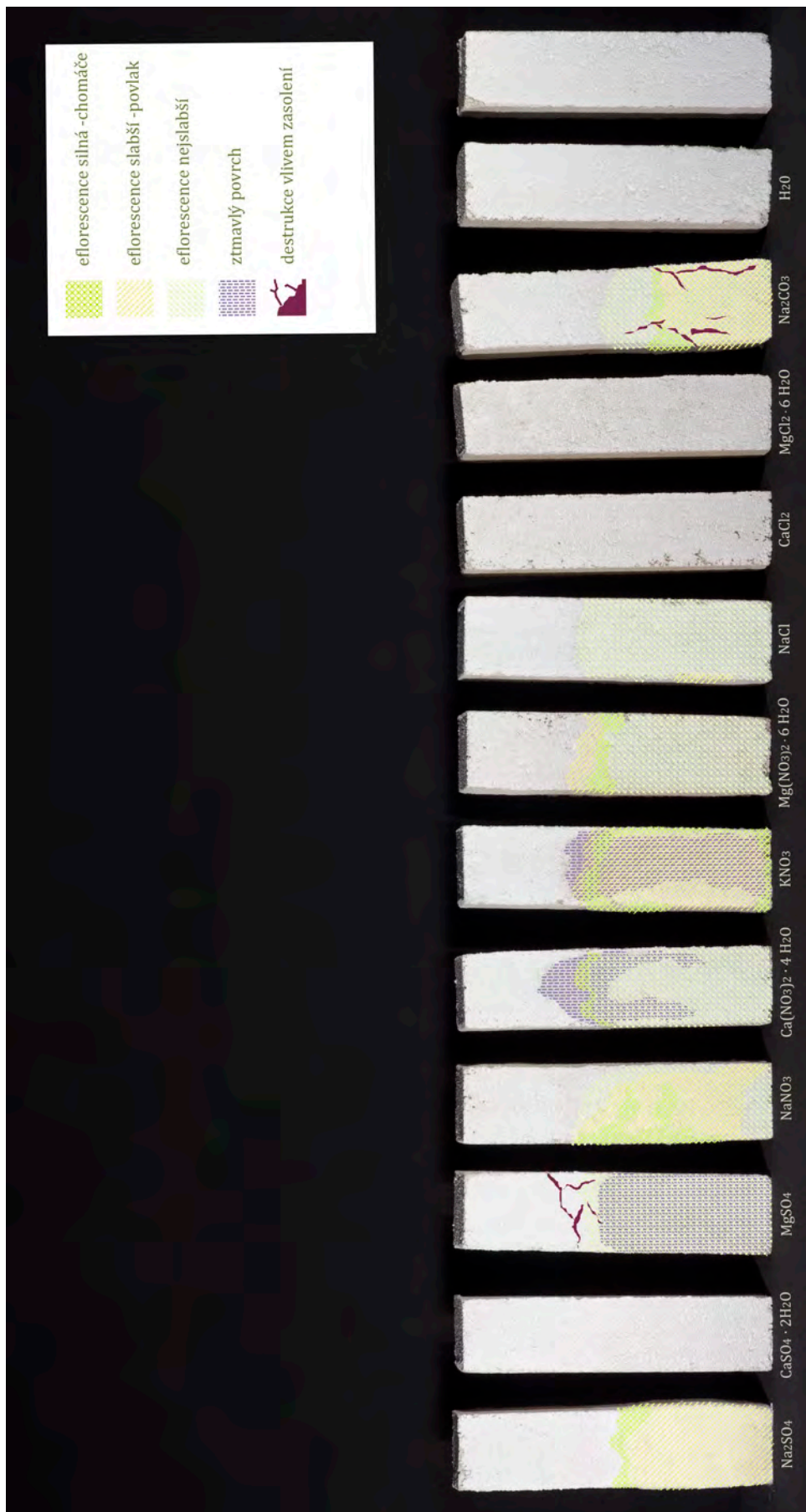
Obr. č. 73 Test č. 11 uhličitan sodný, grafický zakres eflorescence a poškození (eflorescence žlutá, mechanické poškození purpurová).



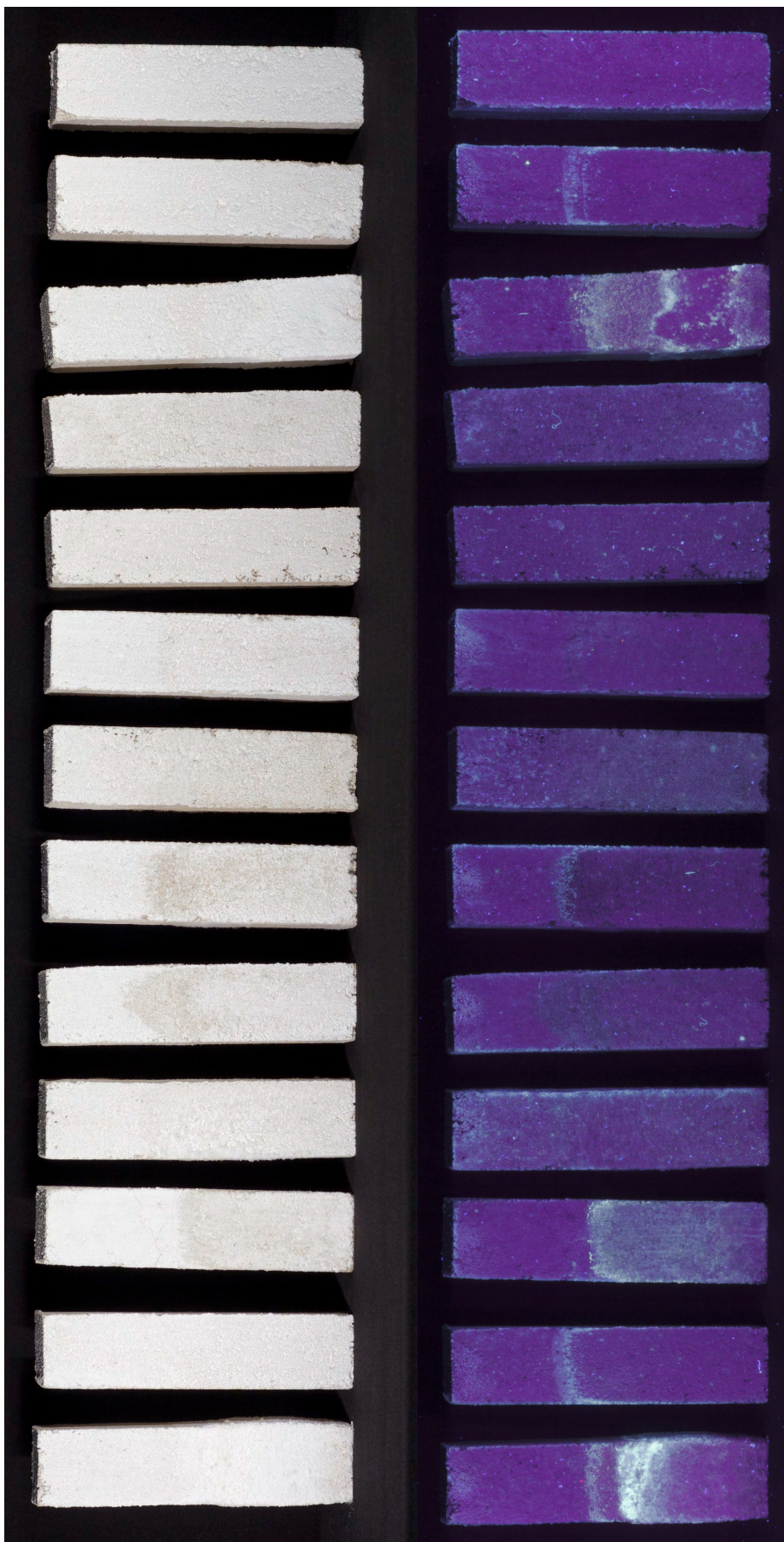
Obr. č. 74 Test č. 11 uhličitan sodný, UVF fotografie (čelní pohled).



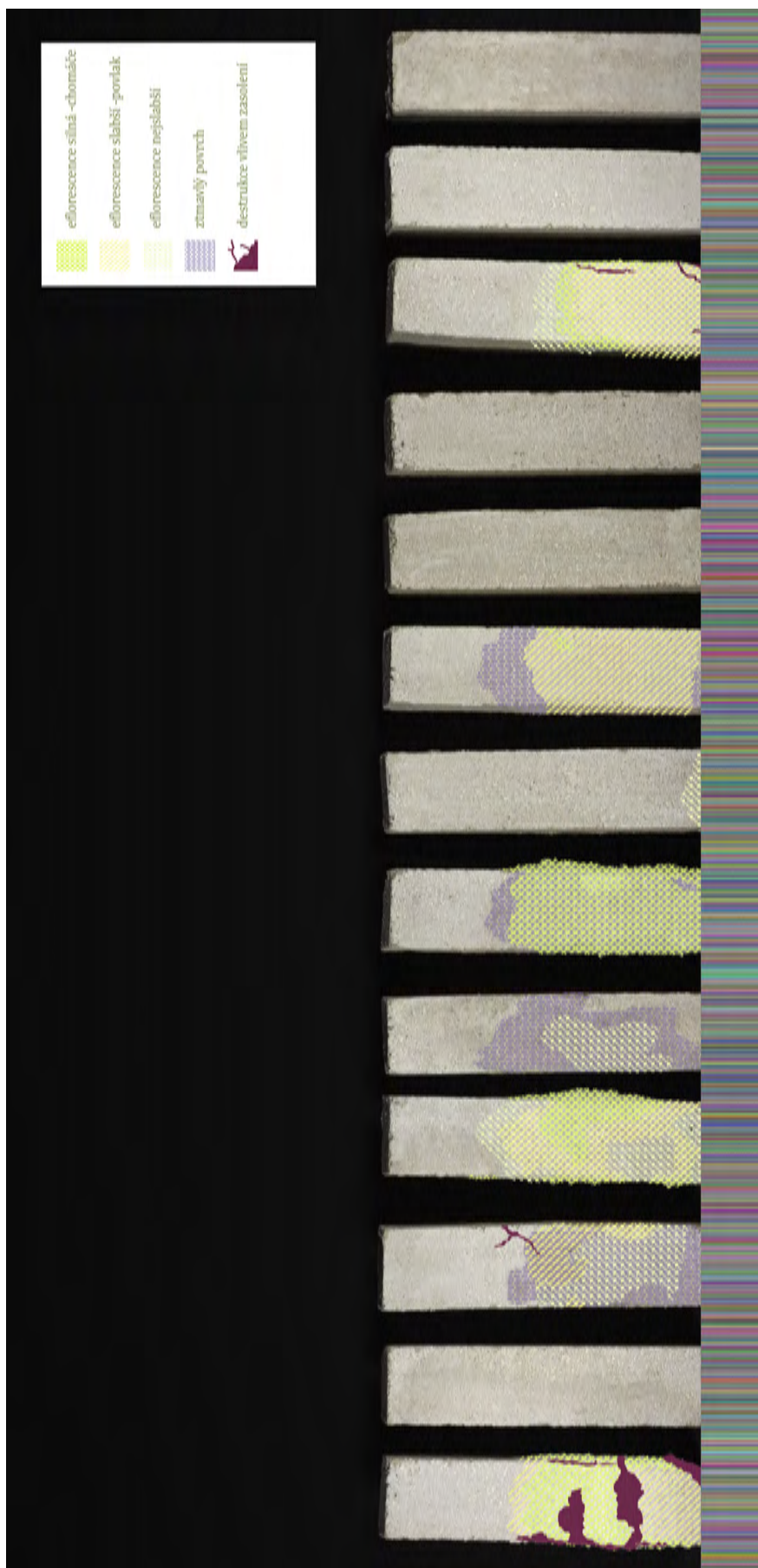
Obr. č. 75 Test č. 11 uhličitan sodný, UVF fotografie (tříčtvrteční pohled).



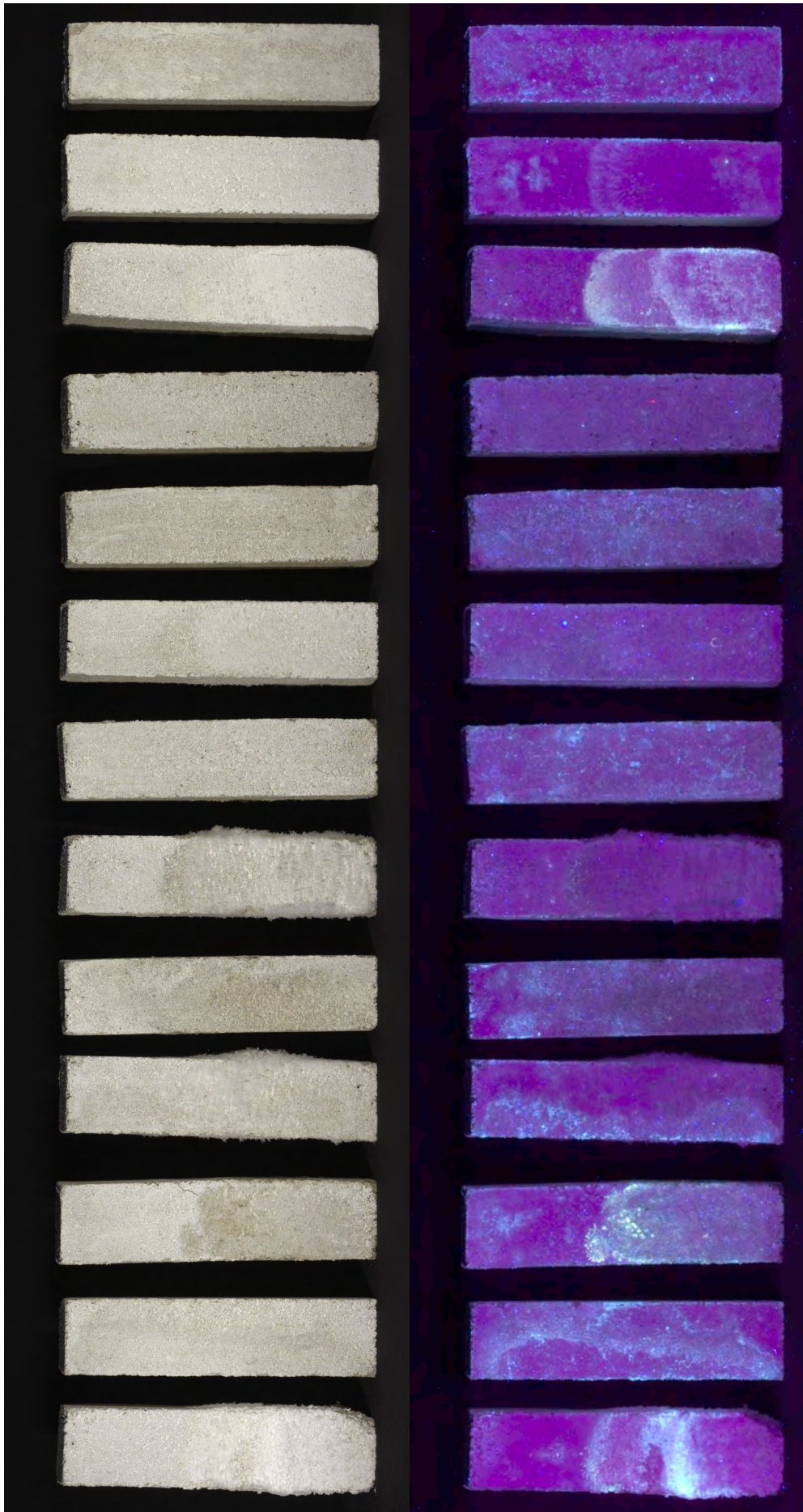
Obr. č. 76 Testy A grafický zakres eflorescence a poškození.



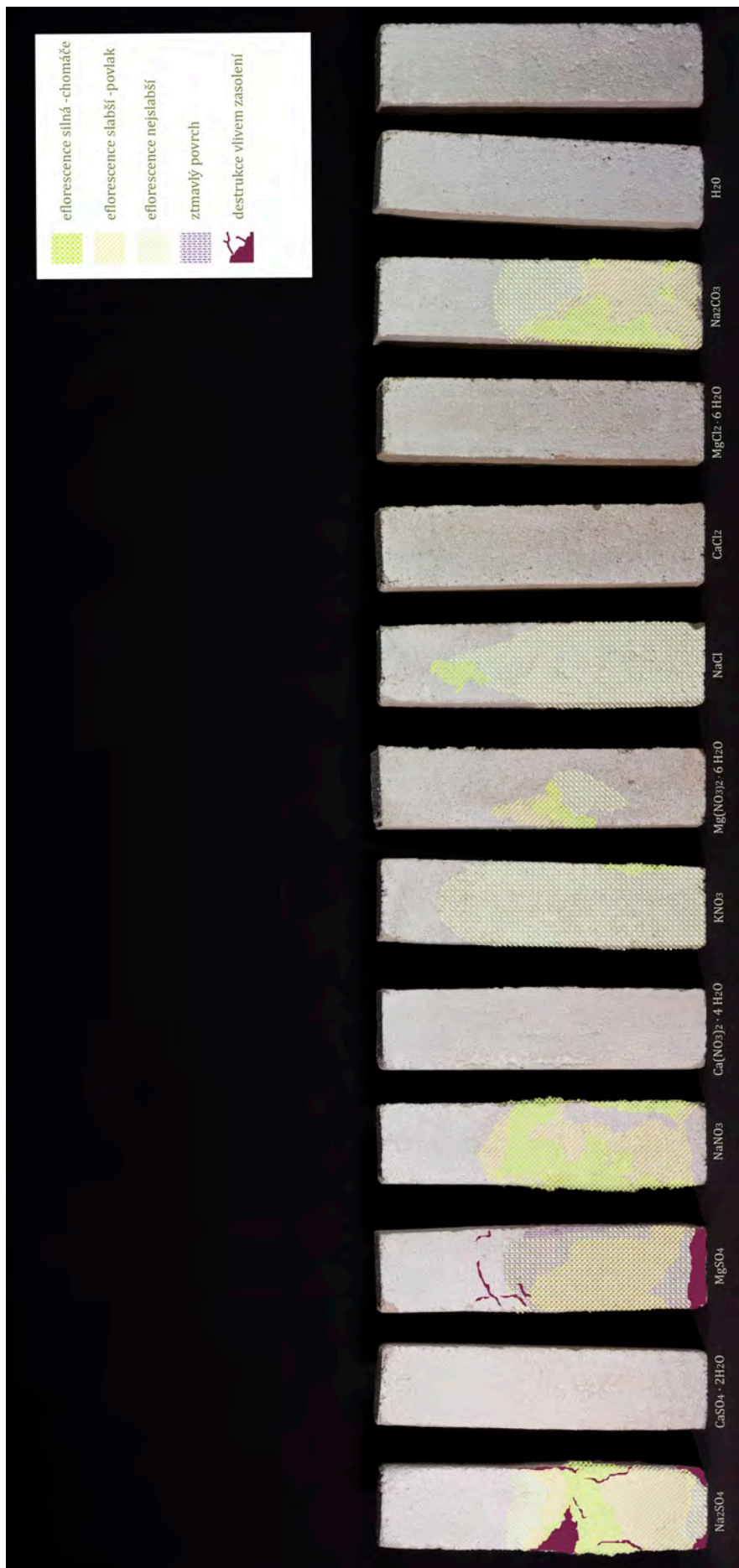
Obr. č. 77 VIS a UVF fotografie testů A.



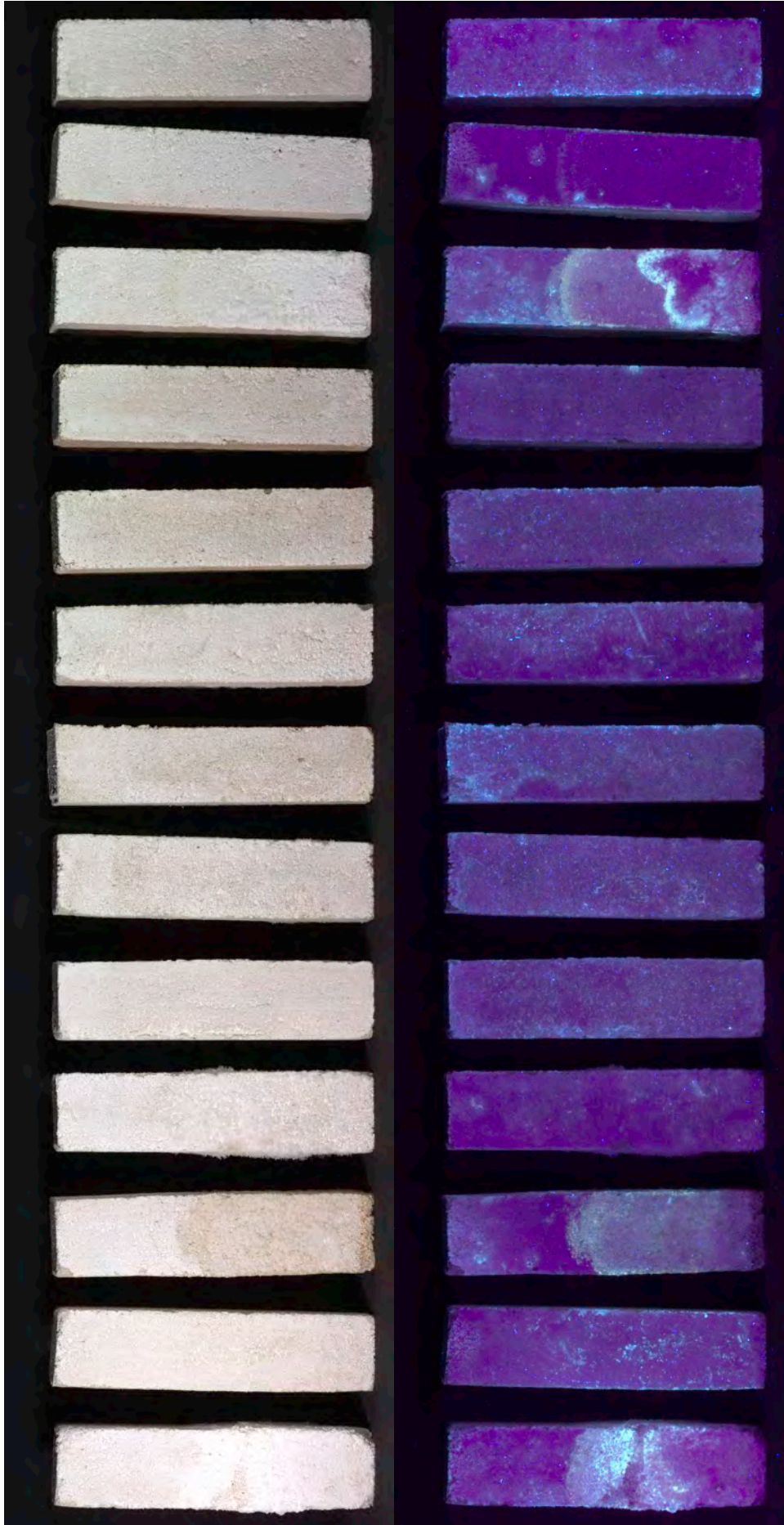
Obr. č. 78 Testy B grafický zakres eflorescence a poškození.



Obr. č. 79 VIS a UVF fotografie testů B.



Obr. č. 80 Testy C grafický zakres eflorescence a poškození.



Obr. č. 81 VIS a UVF fotografie testů C.

8.2 Obrazová příloha praktické části



Obr. č. 82 Exteriér kostela sv. Víta v Zahradce.



Obr. č. 83 Celkový pohled na vítězný oblouk, stav před restaurováním.



Obr. č. 84 Prává strana vítězného oblouku, stav před restaurováním.



Obr. č. 85 Levá strana vítězného oblouku, stav před restaurováním.



Obr. č. 86 Fragment malby na pravé straně vítězného oblouku, stav před restaurováním.



Obr. č. 87 Středověké omítky na pravé straně vítězného oblouku, stav před restaurováním.



Obr. č. 88 Archanděl Gabriel, stav před restaurováním.



Obr. č. 89 Křížový ornament, stav před restaurováním.



Obr. č. 90 Detailní snímek postavy archanděla Gabriela, stav před restaurováním. Omezená čitelnost malby je způsobená přítomností povrchových nečistot, bílého zákalu a mechanických poškození.



Obr. č. 91 Jeden z otvorů ve zdivu na pravé straně vítězného oblouku, nacházející se pod postavou Archanděla Gabriela.



Obr. č. 92 Praskliny v blízkosti rohu mezi levou stranou vítězného oblouku a severní stěnou.



Obr. č. 93 Tvář archanděla Gabriela, stav před restaurováním. V malbě jsou zatlučeny železné skoby, na povrchu jsou pozorovatelné různé nečistoty, bílý zákal a mechanická poškození.



Obr. č. 94 Pravá ruka archanděla Gabriela a část mluvící pásky, stav před restaurováním.



Obr. č. 95 Detailní snímek křížového dekoru, stav před restaurováním.



Obr. č. 96 Detailní snímek fragmentu na pravé straně vítězného oblouku. Na snímku je zachycen jeden z otvorů, dále zajišťovací tmely z let 1976 a 1984 a nečistoty na povrchu malby.



Obr. č. 97 Detailní snímek fragmentu na levé straně vítězného oblouku. Snímek dokumentuje vzhled zajišťovacích tmelů z let 1976 a 1984.



Obr. č. 98 Tělo a ruce archanděla Gabriela, stav před restaurováním.



Obr. č. 99 Tělo a ruce archanděla Gabriela, stav před restaurováním, razantní boční osvětlení. Na snímku jsou zřetelně pozorovatelné nerovnosti na povrchu omítky, která kopíruje nerovnosti kamenného zdiva. Povrchová struktura omítky nese stopy nástroje -hrubé štětky.



Obr. č. 100 Mluvící páska, stav před restaurováním.



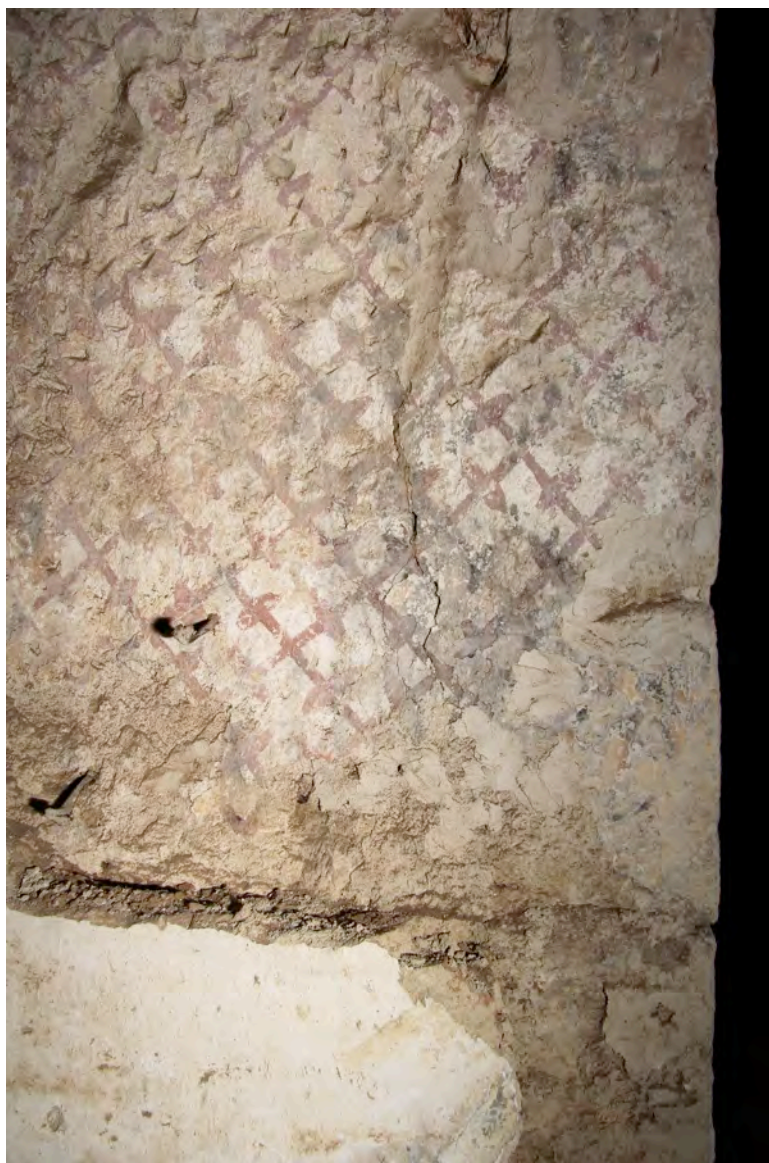
Obr. č. 101 Mluvící páska, stav před restaurováním, razantní boční osvětlení. Povrchová struktura omítky nese stopy po nanášení hrubou štetkou. Došlo ke zvýraznění mechanického poškození - pekování.



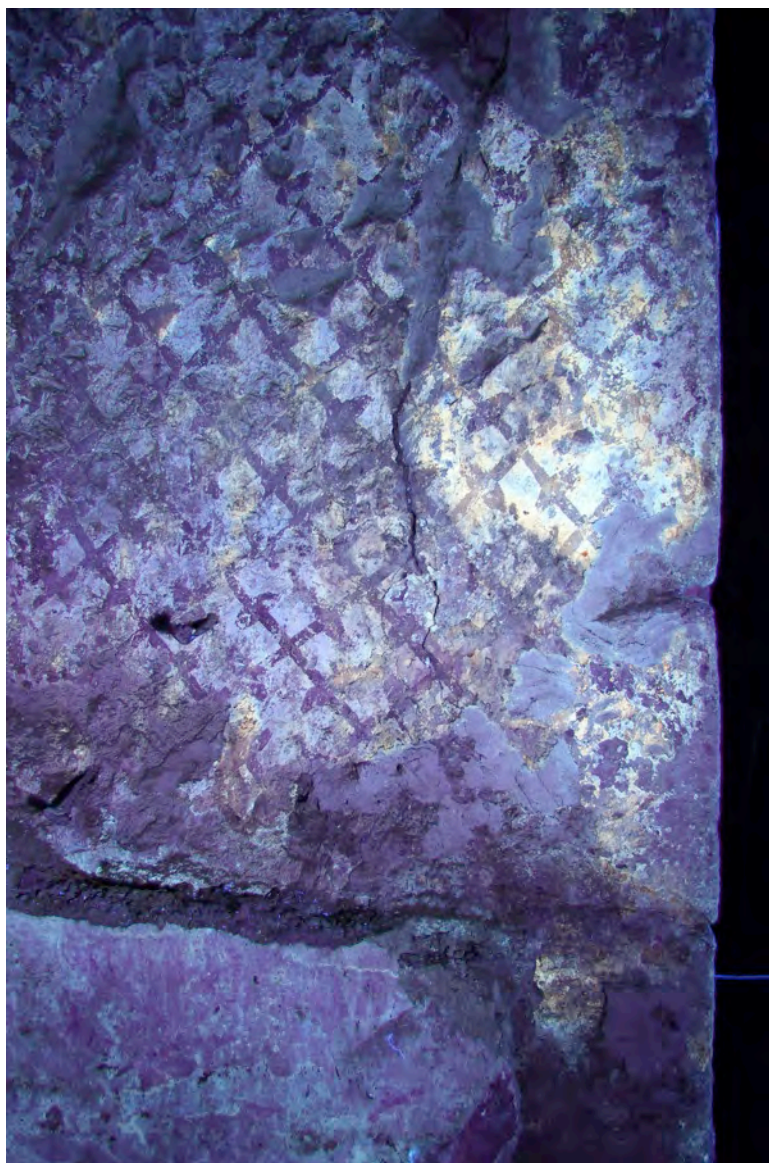
Obr. č. 102 Detail archanděla Gabriela, stav před restaurováním.



Obr. č. 103 Detail archanděla Gabriela, stav před restaurováním, UVF fotografie. Na snímku je patrná oranžová fluorescence drobných fragmentů ve svatozáří a modrá fluorescence fragmentů překryvných vápenných nátěrů. Použitá technika: UV lampy UVA SPOT 400T značky Hönle UV Technology, fotoaparát Canon EOS 60D, objektiv Canon EF-S17-85mm f/4-5,6 IS USM, bez filtru před objektivem, ISO 100, f/4, exp. 6, WB auto, formát Jpeg. Snímek nebyl upravován.



Obr. č. 104 Detail křížového dekoru, stav před restaurováním.



Obr. č. 105 Detail křížového dekoru, stav před restaurováním, UV fluorescenční snímek. Na snímku je dobře viditelná silná oranžová fluorescence na okrajích černých skvrn. Použitá technika: UV lampa UVA SPOT 400T značky Höhle UV Technology, fotoaparát Canon EOS 60D, objektiv Canon EF-S17-85mm f/4-5,6 IS USM, bez filtru před objektivem, ISO 100, f/4, exp. 6, WB auto, formát Jpeg. Snímek nebyl upravován.



Obr. č. 106 Odstraňování plenty na levé straně vítězného oblouku.



Obr. č. 107 Detail archanděla Gabriela, stav v průběhu čištění, po odstranění povrchových nečistot.



Obr. č. 108 Levá strana vítězného oblouku po mechanické a chemickém čištění destilovanou vodou; stav po vyjmutí druhotně osazené, nevyhovující, zazdívky v dolním otvoru; zkoušky tmelení.



Obr. č. 109 Mechanické odstraňování tmelů z let 1976 a 1984.



Obr. č. 110 Mechanické odstraňování tmelů z let 1976 a 1984 kombinované s hloubkovou injektáží.



Obr. č. 111 Hlubková injektáž trhlin ve zdivu.



Obr. č. 112 Konzervační tmely na okrajích středověké omítky.



Obr. č. 113 Průběh čištění uhličitanem amonným.



Obr. č. 114 Odsolovací zábal.



Obr. č. 115 Archanděl Gabriel v průběhu tmelení, po očištění uhličitanem amonným.



Obr. č. 116 Průběh tmelení, tvář archanděla Gabriela.



Obr. č. 117 Po vytmelení, tvář archanděla Gabriela.



Obr. č. 118 Průběh tmelení, ruka archanděla Gabriela.



Obr. č. 119 Po vytmelení, ruka archanděla Gabriela.



Obr. č. 120 Archanděl Gabriel po zazdění otvorů a vytmelení.



Obr. č. 121 Levá strana vítězného oblouku, stav po vytmelení.



Obr. č. 122 Detail křížového dekoru, stav po vytmelení.



Obr. č. 123 Detail křížového dekoru, stav po retuši.



Obr. č. 124 Detail pulpitu, stav po vytmelení.



Obr. č. 125 Detail pulpitu, stav po retuši.



Obr. č. 126 Levá ruka po vytmelení.



Obr. č. 127 Levá ruka po retuši.



Obr. č. 128 Detailní snímek archanděla Gabriela po vytmelení.



Obr. č. 129 Detailní snímek archanděla Gabriela po retuši.



Obr. č. 130 Detail křížového dekoru po retuši.



Obr. č. 131 Detail fragmentu na levé straně vítězného oblouku po restaurování.



Obr. č. 132 Archanděl Gabriel, stav po restaurování.



Obr. č. 133 Horní část levé strany vítězného oblouku, stav po restaurování.



Obr. č. 134 Dolní část levé strany vítězného oblouku, stav po restaurování.



Obr. č. 135 Horní část pravé strany vítězného oblouku, stav po restaurování.



Obr. č. 136 Dolní část pravé strany vítězného oblouku, stav po restaurování.



Obr. č. 137 Levá strana vítězného oblouku, stav po restaurování.

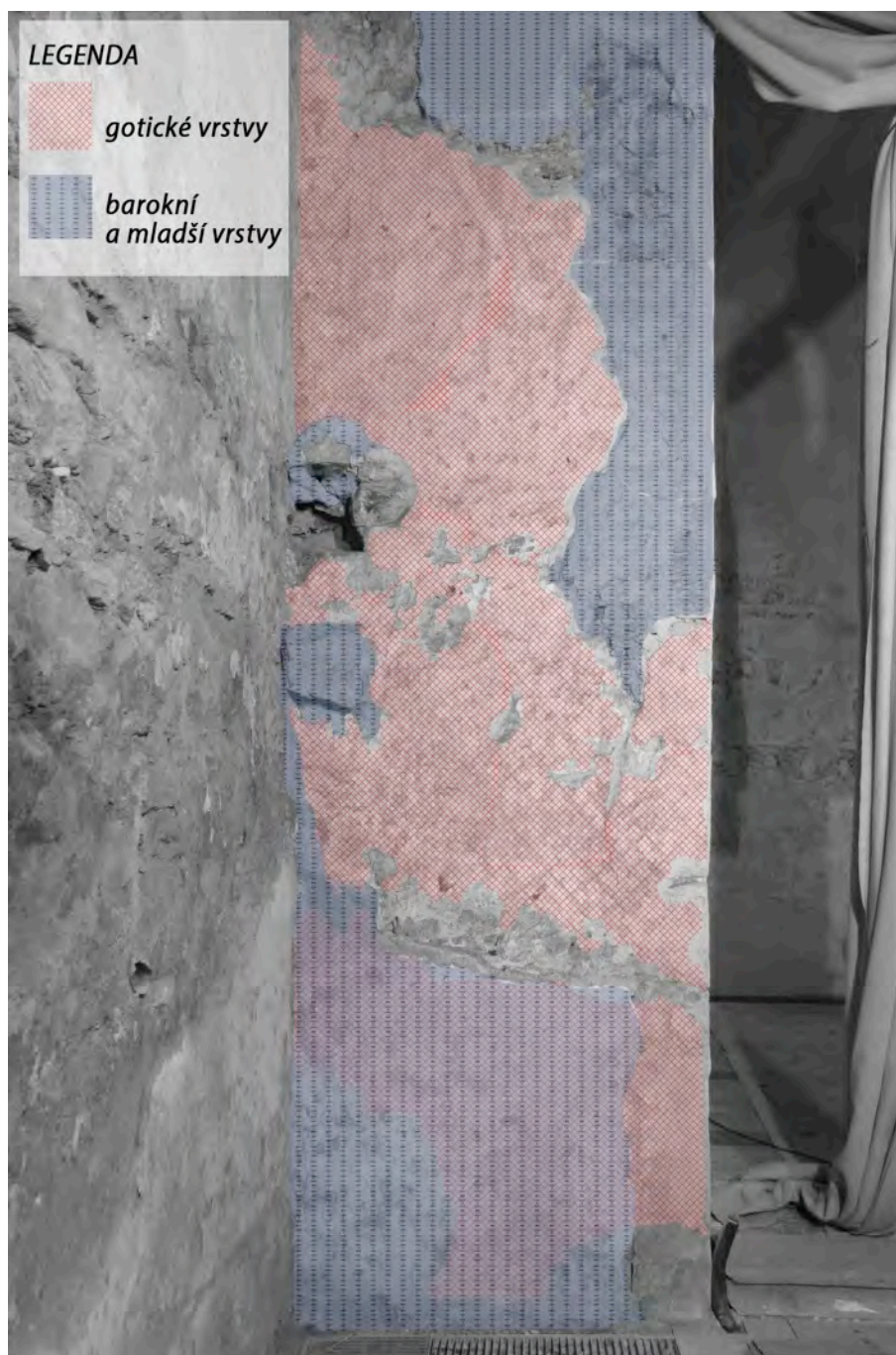


Obr. č. 138 Prává strana vítězného oblouku, stav po restaurování.

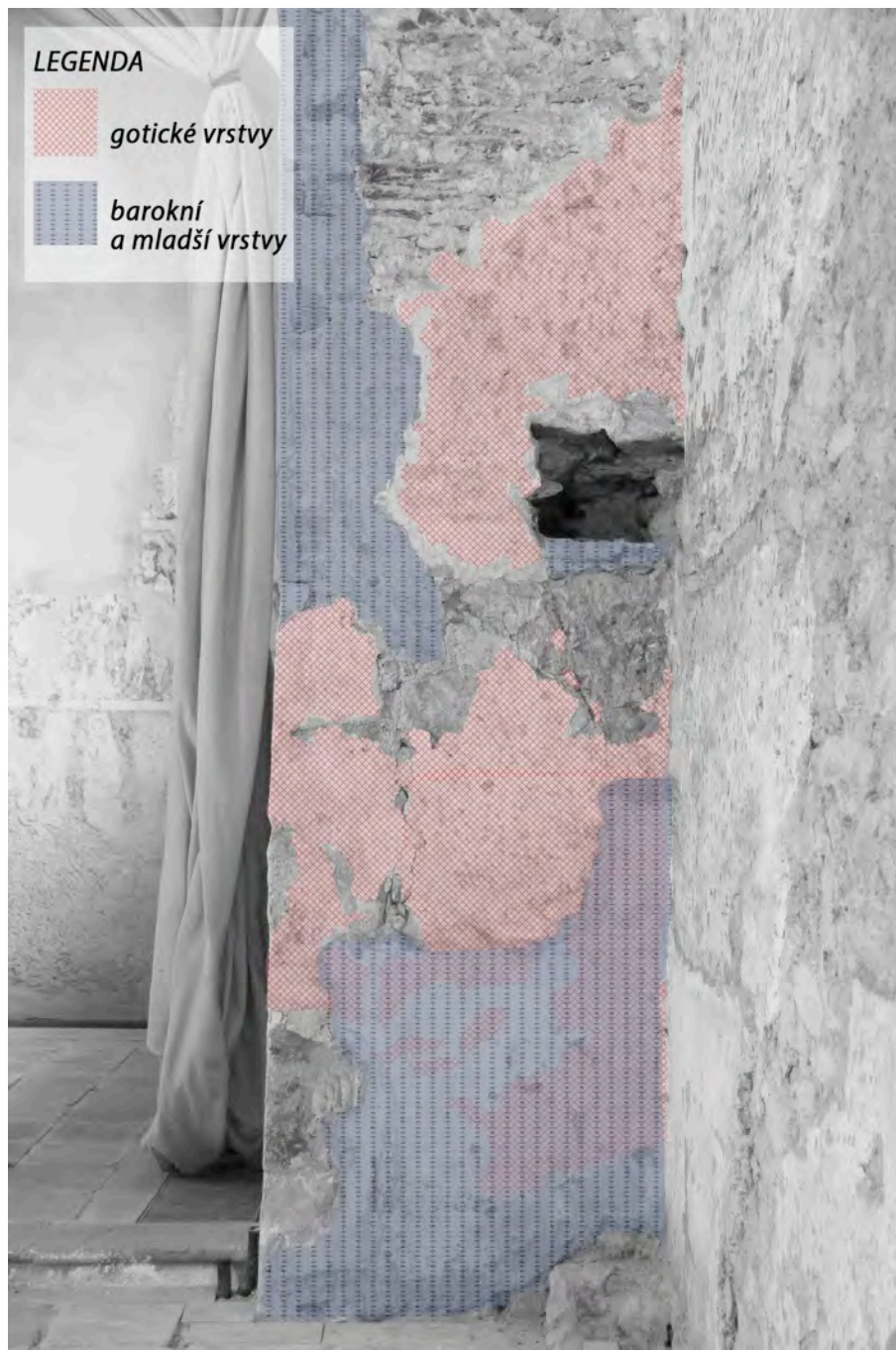


Obr. č. 139 Celkový pohled na vítězný oblouk po restaurování.

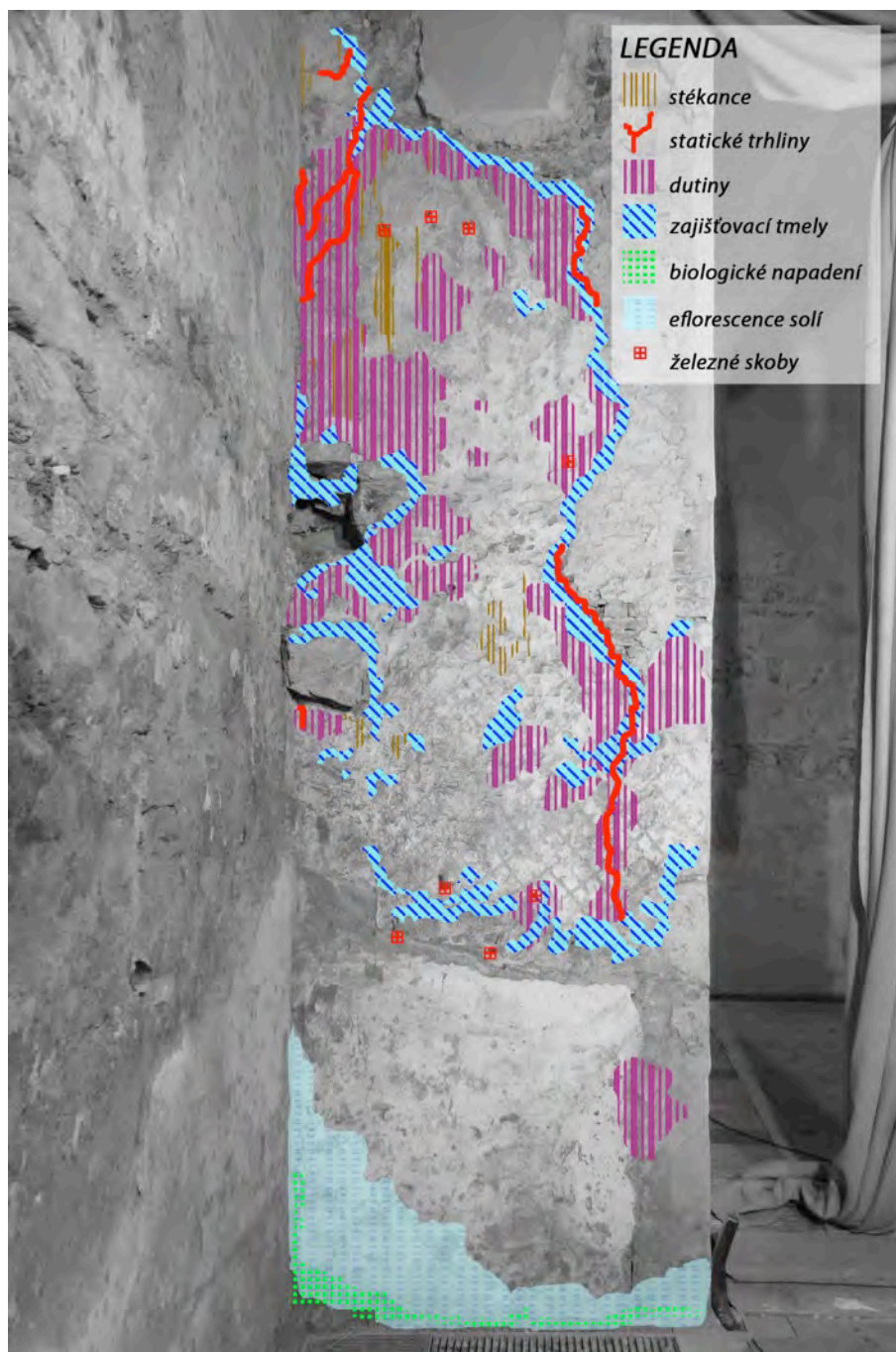
8.3 Grafická příloha praktické části



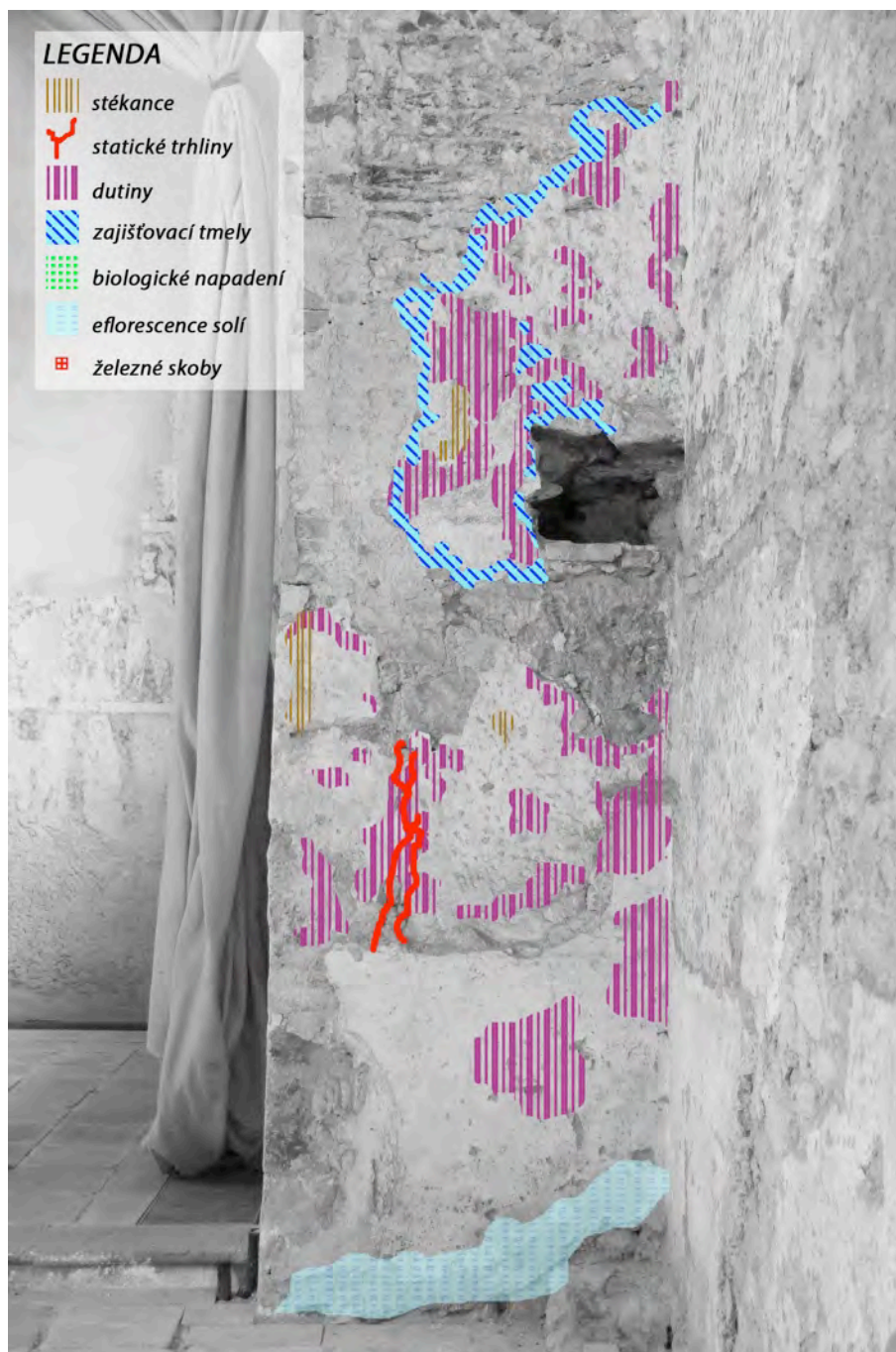
Obr. č. 140 Grafický zákres historických vrstev na levé straně.



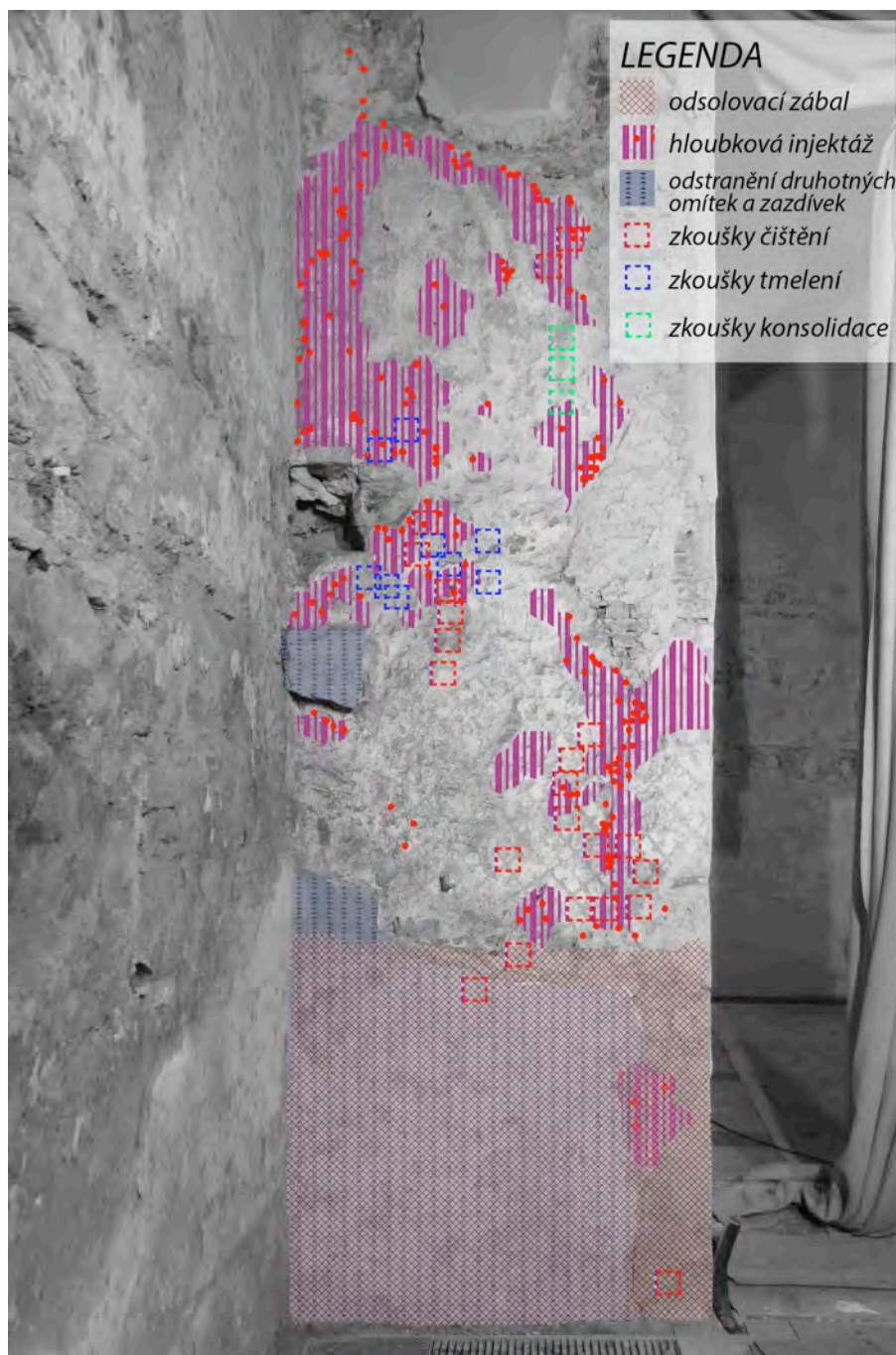
Obr. č. 141 Grafický zákres historických vrstev na pravé straně.



Obr. č. 142 Grafický zákres poškození na levé straně.



Obr. č. 143 Grafický zákres poškození na pravé straně.



Obr. č. 144 Grafický zákres restaurátorských zásahů na levé straně.

9 Seznam textových příloh

LESNIAKOVÁ, P. *Chemicko-technologický průzkum kostel sv. Víta, Zahrádka u Ledče*. Univerzita Pardubice. Fakulta restaurování. Katedra chemické technologie. Litomyšl (2016).

CaLoSil® E25, vápenná nanosuspenze v ethanolu; výrobce: IBZ Salzchemie GmbH & Co. KG)

Ledan TA1, injektážní směs na základě směsného hydraulického pojiva, výrobce: Tecno Edile Toscana

Rozhodnutí městského úřadu Světlá nad Sázavou, č. j.: MSNS/4588/2015 OSÚ-4, ze dne 16.4. 2015

CHEMICKO-TECHNOLOGICKÝ PRŮZKUM KOSTEL SV. VÍTA, ZAHRÁDKA U LEDČE NAD SÁZAVOU

ZADAVATEL PRŮZKUMU

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

VEDOUcí PRÁCE / STUDENTI

Mgr. art. Jan Vojtěchovský, Ph.D.
vedoucí Ateliéru restaurování a konzervace nástěnné malby a sgrafita
BcA. Markéta Renzová, magisterské studium
BcA. Iva Milionová, magisterské studium

ZPRÁVA Z CHEMICKO-TECHNOLOGICKÉHO PRŮZKUMU

Autor:	Petra Lesniaková	Datum:	22. 8. 2017	Počet stran:	38
Místo:	Katedra chemické technologie, Fakulta restaurování, Univerzita Pardubice Jiráskova 3, Litomyšl				

SPECIFIKACE OBJEKTU, LOKALIZACE OBJEKTU

Zahrádka u Ledče nad Sázavou, interiér kostela sv. Víta, nástěnná malba

ZADÁNÍ PRŮZKUMU, ODBĚR VZORKŮ

Cíle průzkumu: stratigrafie a složení povrchových úprav, obsah a distribuce vodorozpustných solí
Počet, typ dodaných vzorků:

8 / stratigrafie a složení povrchových úprav (vzorky V, Vz_x), Tab. 1

34 / množství vodorozpustných solí v odebraných vzorcích vrtné moučky (24, vzorky Z a V) a ve vzorcích odsolovacích zábalů (10, vzorky 1-5, 0-2), Tab. 2, Tab. 3

Tab. 1: Přehled vzorků vrtné moučky ke stanovení množství vodorozpustných solí, vlhkosti.

Označení - výška/hloubka v cm	Lokalizace vzorku
Ze1 50/0-2, Ze1 50/2-5, Ze1 50/5-10	severní stěna hlavní lodi kostela, vrty ve výšce 50, 100, 150, 200 a 250 cm od podlahy průzkum obsahu vodorozpustných solí a vlhkosti v omítkách a zdivu
Zd1 100/0-2, Zd1 100/2-5, Zd1 100/5-10, Zd1 100/10-15	
Zc1 150/0-2, Zc1 150/2-5, Zc1 150/5-10, Zc1 150/10-15	
Zb1 200/0-2, Zb1 200/2-5, Zb1 200/5-10, Zb1 200/10-15	
Za1 250/0-2, Za1 250/2-5	
Zb2 200/0-2	severní stěna hlavní lodi kostela, vrty ve výšce 150 a 200 cm od podlahy průzkum obsahu vodorozpustných solí a vlhkosti v omítkách a zdivu, kontrola po odsolování
Zc2 150/0-2	
Zb2 200/2-5	
Zc2 150/2-5	
Zb2 200/5-10	
Zc2 150/5-8	
Zb2 200/10-15	

Tab. 2: Přehled vzorků z odsolovacích zábalů ke stanovení množství vodorozpuštěných solí.

Označení	Popis, lokalizace vzorků odsolovacích zábalů
Východní stěna vítězného oblouku, zábalý křemičitý písek:kaolín 5:1 obj., demineralizovaná voda	
v 1.1	1. cyklus odsolování, doba zábalu 24 h, výška 95 cm od podlahy, plocha 10 × 10 cm.
v 1.2	1. cyklus odsolování, doba zábalu 24 h, výška 20 cm od podlahy, plocha 10 × 10 cm.
v 2.1	2. cyklus odsolování, doba zábalu 24 h, výška 95 cm od podlahy, plocha 10 × 10 cm.
v 2.2	2. cyklus odsolování, doba zábalu 24 h, výška 20 cm od podlahy, plocha 10 × 10 cm.
5 (A)	Kontrolní vzorek zábalu 10 × 10 cm, který nebyl aplikován na omítkovou vrstvu, zábal kaolín s pískem, demineralizovaná voda (vzorky 1 (1.1); 2 (1.2); 3 (2.1); 4 (2.2).
Severní stěna hlavní lodi kostela, zábalý Arbocelu s demineralizovanou vodou	
0	Kontrolní vzorek zábalu 10 × 10 cm, který nebyl aplikován na omítkovou vrstvu, složení Arbocel, demineralizovaná voda, aplikace přes japonský papír (vzorky v 1.4, v 2.4, v 1.3, v 2.3)
v 1.4	Severní stěna, 150-160 cm od úrovně podlahy, plocha vzorku 10 × 10 cm. 1 cyklus odsolování, doba zábalu 24 h.
v 2.4	Severní stěna, 150-160 cm od úrovně podlahy, plocha vzorku 10 × 10 cm, 2. cyklus odsolování, doba zábalu 24 h.
v 1.3	Severní stěna 190-200 cm od úrovně podlahy, plocha vzorku 10 × 10 cm, 1. cyklus odsolování, doba zábalu 24 h.
v 2.3	Severní stěna 190-200 cm od úrovně podlahy, plocha vzorku 10 × 10 cm, 2. cyklus odsolování, doba zábalu 24 h.

Tab. 3: Přehled vzorků ke stanovení stratigrafie povrchových úprav a složení vybraných vrstev.

Ev.č.	Označení, lokalizace, popis
7901	V1 severní stěna hlavní lodi kostela, koruna svěťice sv. Markéty, tmavá vrstva, silná UV luminiscence, neobsahuje omítku, předpokládaný vznik kolem 1380, vrchní část vzorku nebyla dočištěvána po odkryvu.
7902	V2, východní stěna vítězného oblouku, bílého pozadí, červený křížový ornament, datace kolem 1390, v UV světle sytě oranžová luminiscence, odběr vzorku s barevnými vrstvami, vápenným nátěrem a částí tmavě-hnědé (vyšší obsah jílu?) podkladové omítky. Vrchní část vzorku nebyla dočištěvána po odkryvu.
7903	V3 severní stěna hlavní lodi kostela, patrně zpodobňující tmavě-šedou draperii, pod šedou vrstvou se nalézá další okrová barevná vrstva, na bílé vrstvě, vzorek odebrán s barevnými vrstvami, vápenným nátěrem a částí tmavě-hnědé (vyšší obsah jílu?) podkladové omítky. Vrchní část vzorku nebyla dočištěvána po odkryvu.
7904	V4 severní stěna hlavní lodi kostela, mladší okrová barevná vrstva na bílé vrstvě pod kterou se nachází okrová vrstva vzniklá přibližně kolem roku 1380 zpodobňující okrové pozadí malby. Odběr barevných vrstev nebyl pravděpodobně kompletní.
7927	Vzx1 Vzorek odebrán za účelem identifikace okrově zbarvených stékanců. Místo odběru: severní stěna lodi, pod výjevem sv. Markéty.
7928	Vzx2 Identifikace zeleného pigmentu, případně porovnání se vzorky odebranými v presbyteriu při předchozím rest. průzkumu: 2011 – 2012. Místo odběru: levá část vítězného oblouku, v blízkosti neznámého svěťce.
8127	Vzx3 / P1 úlomek z místa s charakteristickou UV fluorescencí
8326	Vzx4 úlomek z hnědé místo

METODIKA PRŮZKUMU

SEZNAM POUŽITÝCH METOD (ZKRATKY)

Světelná mikroskopie

Skenovací elektronová mikroskopie s energiově disperzní analýzou (SEM/EDX)

Selektivní důkazové mikrochemické reakce

Plynová chromatografie v kombinaci s hmotnostní spektrometrií (GC/MS)

UV/VIS spektroskopie

Gravimetrie

STRATIGRAFIE POVRCHOVÝCH ÚPRAV

Studium stratigrafie povrchových úprav bylo provedeno s využitím mikroskopických technik světelné a elektronové mikroskopie. Vybrané úlomky vzorků byly zdokumentovány stereoskopickým mikroskopem SZM800 (Nikon). Ke studiu připravených nábrusů (příčných řezů) byl využit optický mikroskop Eclipse LV100D-U (Nikon), pozorování bylo provedeno v dopadajícím viditelném, modrém světle a UV záření. Pro mikroskopické pozorování byly vzorky zality do pryskyřice Polylite 3203200 s tvrdidlem Norpol Peroxide 1, následně byly sbroušením připraveny příčné řezy (nábrusy). Jako imerzní kapalina byla při pozorování optickým mikroskopem použita demineralizovaná voda. Nábrusy byly fotograficky zdokumentovány digitálním fotoaparátem EOS 1100D (Canon). Nábrusy byly dále pozorovány pomocí elektronového mikroskopu Mira 3 LMU (Tescan). Snímky byly pořízeny v režimu zpětně odražených elektronů (BSE). Při měření byly použity nábrusy připravené pro optickou mikroskopii. Před měřením byly vzorky zvodivěny vrstvou uhlíku.

MATERIÁLOVÝ PRŮZKUM OMÍTEK A BAREVNÝCH VRSTEV

Materiálový průzkum byl proveden na základě určení prvkového složení vybraných částí vzorků pomocí rastrovací elektronové mikroskopie s energiově disperzní analýzou (SEM/EDX). K tomuto účelu byl využit elektronový mikroskop Mira 3 LMU (Tescan) s analytickým systémem Bruker Quantax 2000. Měření bylo provedeno na připravených nábrusech ve vysokém vakuu v režimu zpětně odražených elektronů (BSE). Před měřením byly nábrusy vzorků opatřeny vrstvou uhlíku. Výsledky prvkového složení analyzovaných míst jsou uvedeny v tabulkách na základě molárních procent tak, že prvky s dominantním zastoupením jsou podtrženy, následují prvky s menším zastoupením, přičemž v závorkách jsou uvedeny prvky s minoritním zastoupením.

IDENTIFIKACE ORGANICKÝCH LÁTEK

K orientační identifikaci vybraných polymerů byly provedeny důkazové mikrochemické reakce¹ selektivní pro lipidy (oleje), proteiny a polysacharidy. Mikrochemická zkouška na přítomnost proteinů byla provedena přes pyrroly a pyrrolové deriváty reakcí s p-dimetylaminobenzaldehydem, důkaz vysychavých olejů byl proveden reakcí se čpavkem a peroxidem vodíku. Důkaz přítomnosti polysacharidů byl proveden mikrochemickou reakcí s anilinacetátem. Testy byly provedeny na vzorku 8326 / Vzx4.

Dále byla k identifikaci organických látek využita metoda plynové chromatografie v kombinaci s hmotnostní spektrometrií GC/MS. Analýzu provedl Dr. Václav Pitthard z Kunst Historische Museum Wien. Protokol o provedené zkoušce je uveden v Příloze. K analýze byl použit vzorek 8127 / P1 / Vzx 3.

¹ Hering, B, Schramm H. P. Historische Malmaterialien und ihre Identifizierung. Stuttgart 2000. ISBN 3-473-48067-3.

OBSAH VLHKOSTI A KONCENTRACE ANIONTŮ VODOROZPUSTNÝCH SOLÍ

Vzorky byly nejprve vysušeny. Obsah aniontů vodorozpuštěných solí byl stanoven pomocí UV/VIS spektrofotometrie v extraktech vzorků vrtné moučky a v extraktech vzorků odsolovacích zábalů v demineralizované vodě. K měření byl využit spektrofotometr Beckman Coulter DU[®] 720, měření bylo provedeno ve viditelném spektru světla v rozsahu vlnových délek 345 - 525 nm. Extrakty byly připraveny za použití 50 ml demineralizované vody na 1g vzorku vrtné moučky a 200 ml demineralizované vody na vzorky odsolovacích zábalů plochy 10 × 10 cm. U vzorků vrtné moučky byla hodnota koncentrace aniontů vodorozpuštěných solí vypočtena ve hmotnostních procentech (% hm.) a v látkovém množství vztaženém na hmotnost vzorku (mmol/kg). Koncentrace solí v odsolovacích zábalách byla vypočtena ve hmotnosti solí vztažené na plochu (g/m²). Stanoveny byly koncentrace síranových, dusičnanových a chloridových aniontů.

Vlhkost vzorků vrtné moučky byla stanovena gravimetricky. Odebrané vzorky byly sušeny v sušárně při 105 °C do konstantní hmotnosti. Obsah vlhkosti byl stanoven ve hmotnostních procentech. Výsledky měření byly zhodnoceny s ohledem na doporučení uvedená v normách – české normy ČSN P70610 Hydroizolace staveb - Sanace vlhkého zdiva a rakouské normy Önorm 3355-1.

Tab. 4: Stupně vlhkosti podle ČSN P 73 0610.

Stupeň vlhkosti dle ČSN P 73 0610	Vlhkost v hmotnostních %
velmi nízký	pod 3
nízký	3,0 až 5,0
zvýšený	5,0 až 7,5
vysoký	7,5 až 10,0
velmi vysoký	nad 10,0

Tab. 5: Hodnocení stupně zasolení dle rakouské normy Önorm 3355-1.

Stupně zasolení	Chloridy (%hm.)	Sírany (%hm.)	Dusičnany (%hm.)
<i>Nejsou nutná žádná opatření</i>	< 0,03	< 0,10	< 0,05
Je nutné zvážit dílčí opatření	0,03 – 0,10	0,10 – 0,25	0,05 – 0,15
Opatření jsou nezbytná	> 0,10	> 0,25	> 0,15

Tab. 6: Stupně zasolení dle ČSN P70610 Hydroizolace staveb - Sanace vlhkého zdiva.

Stupně zasolení	Chloridy [hm. %]	Sírany [hm. %]	Dusičnany [hm. %]
nízký	pod 0,075	pod 0,5	pod 0,1
zvýšený	0,075 - 0,20	0,5 - 2,0	0,1 - 0,25
vysoký	0,20 - 0,5	2,0 - 5,0	0,25 - 0,5
velmi vysoký	nad 0,5	nad 5	nad 0,5

VÝSLEDKY PRŮZKUMU OBSAHU A DISTRIBUCE VLHKOSTI A VODOROZPUSTNÝCH SOLÍ

Tab. 7: Výsledky stanovení obsahu vlhkosti a množství vodorozpuštěných ve vzorcích vrtné moučky, barevnost dle Önorm 3355-1.

Vzorek výška / hloubka	Vlhkost	Sírany (SO_4^{2-})		Dusičnany (NO_3^-)		Chloridy (Cl^-)	
	[hm. %]	[hm. %]	[mmol/kg]	[hm. %]	[mmol/kg]	[hm. %]	[mmol/kg]
Ze1 50/0-2	3,11	0,18	18	0,09	18	<0,01	<2,0
Ze1 50/2-5	4,27	0,02	2	0,03	7	<0,01	<2,0
Ze1 50/5-10	5,16	<0,01	<1,0	0,02	4	<0,01	<2,0
Zd1 100/0-2	2,09	<0,01	<1,0	0,13	24	<0,01	<2,0
Zd1 100/2-5	2,46	<0,01	<1,0	0,03	7	<0,01	<2,0
Zd1 100/5-10	2,54	<0,01	<1,0	0,14	26	<0,01	<2,0
Zd1 100/10-15	1,90	<0,01	<1,0	0,05	11	<0,01	<2,0
Zc1 150/0-2	3,91	<0,01	<1,0	0,32	62	0,03	9
Zc1 150/2-5	4,37	0,29	30	0,29	57	0,01	4
Zc1 150/5-10	4,24	<0,01	<1,0	0,07	13	<0,01	<2,0
Zc1 150/10-15	3,33	0,00	0	0,03	6	<0,01	<2,0
Zb1 200/0-2	5,76	0,55	58	0,28	53	0,05	15
Zb1 200/2-5	4,43	0,02	2	0,29	56	0,04	10
Zb1 200/5-10	3,52	0,07	7	0,23	45	0,01	3
Zb1 200/10-15	3,73	0,05	5	0,17	32	0,01	3
Za1 250/0-2	3,91	0,04	4	0,30	57	0,04	10
Za1 250/2-5	4,44	0,01	1	0,34	66	0,04	11
Zb2 200/0-2	-	<0,01	<1,0	0,11	21	0,04	11,43
Zc2 150/0-2	-	<0,01	<1,0	0,06	11	0,01	4,15
Zb2 200/2-5	-	0,02	2	0,03	6	0,05	14,50
Zc2 150/2-5	-	<0,01	<1,0	0,02	3	0,02	4,71
Zb2 200/5-10	-	<0,01	<1,0	0,02	3	0,02	6,45
Zc2 150/5-8	-	<0,01	<1,0	0,02	3	0,01	3,42
Zb2 200/10-15	-	<0,01	<1,0	0,02	5	0,02	6,94

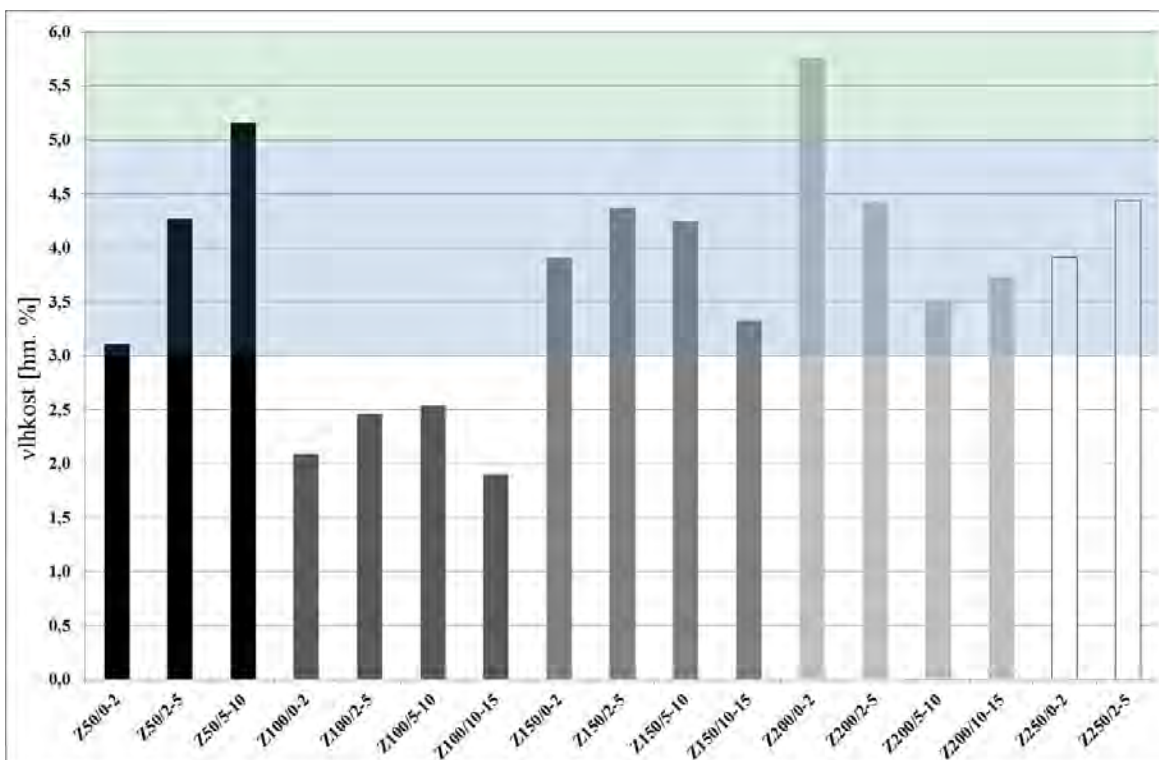
Tab. 8: Výsledky stanovení obsahu vodorozpuštěných solí ve vzorcích odsolovacích zábalů.

Vzorek / výška cm	Sírany (SO_4^{2-})	Dusičnany (NO_3^-)	Chloridy (Cl^-)
	[g/m ²]	[g/m ²]	[g/m ²]
v 1.1 / 95	<0,01	0,10	0,17
v 1.2 / 20	<0,01	0,11	0,18
v 2.1 / 95	<0,01	0,09	0,11
v 2.2 / 20	<0,01	0,07	0,10
5 (B) / čistý	<0,01	0,13	0,13
0 / čistý	0,23	0,17	0,23
v 1.4 / 150-160	0,13	0,07	0,24
v 1.3 / 190-200	0,06	0,13	0,22
v 2.4 / 150-160	0,01	0,13	0,27
v 2.3 / 190-200	0,01	0,06	0,14

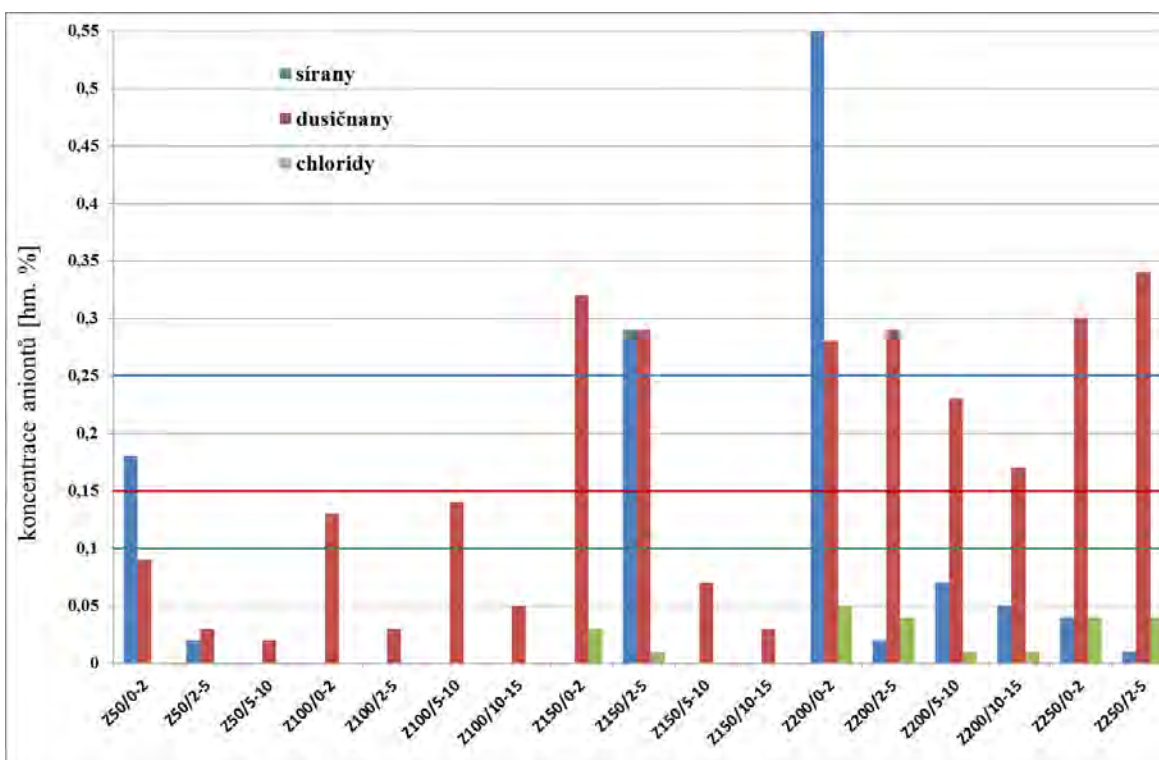
Obsah vlhkosti ve vzorcích odebraných z omítek a zdiva (vzorky Za1 až Ze1, Tab. 7) se pohybuje v rozmezí 1,90 až 5,76 % hm. Obecně lze tyto hodnoty považovat za nízké. V těchto vzorcích byly zjištěny z hlediska rizika poškození stavebních materiálů velmi vysoké obsahy dusičnanů ve vyšších výškách odběru vzorků (cca 150 a 250 cm) v omítkách i zdivu. V těchto místech jsou přítomny také nepatrně zvýšené koncentrace chloridových aniontů. Vyšší koncentrace síranů byly zjištěny ve dvou vzorcích (Zc1 150/1-5, Zb1 200/0-2) do hloubky 5 cm.

V odsolovacích zábalách (vzorky v, Tab. 8) nebyly zjištěny takové koncentrace vodorozpuštěných solí, na jejichž základě by bylo odsolování stanovit za úspěšné.

V kontrolních vzorcích (Zb2 a Zc2) vrtné moučky odebraných po procesu odsolování ve výšce 150 a 200 cm nebyly zaznamenány z hlediska možnosti poškození stavebních materiálů závažně vysoké obsahy vodorozpuštěných solí.



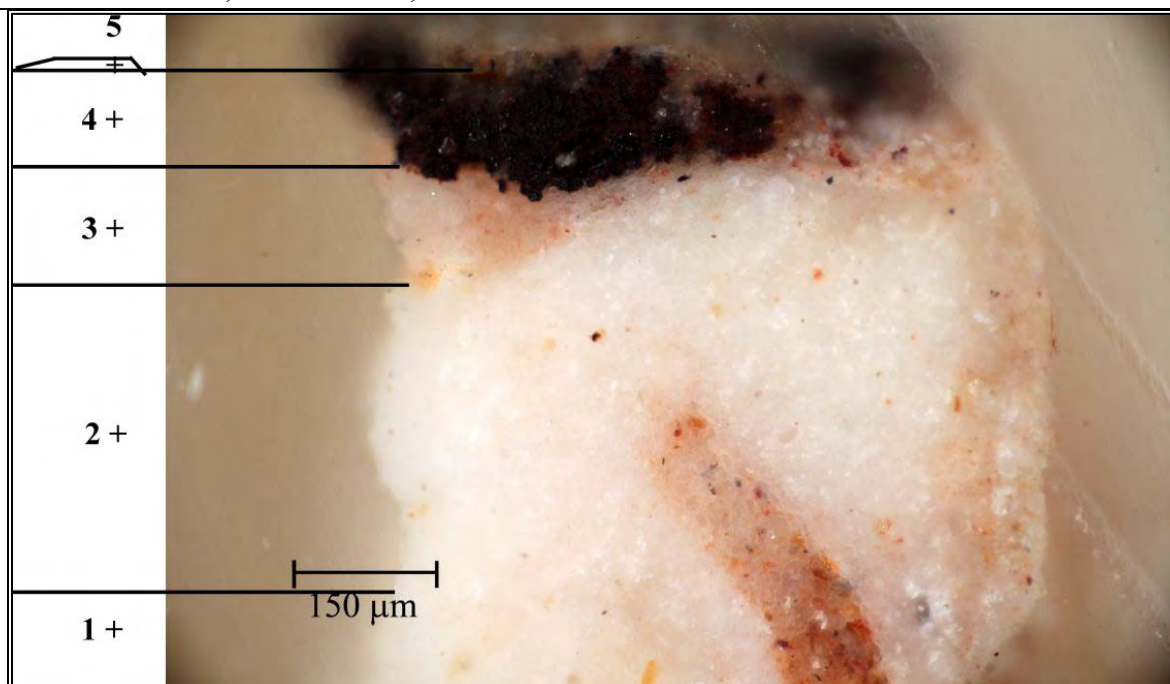
Graf 1. Obsah vlhkosti s vyznačenými stupni vlhkosti dle ČSN P 73 0610 (Tab 5.). Vzorky Z odebrané před odsolováním.



Graf 2. Obsah aniontů vodorozpustných solí s vyznačenou spodní hranicí velmi rizikových stupňů zasolení dle Önorm 3355-1 (Tab. 5). Vzorky Z odebrané před odsolováním.

VÝSLEDKY PRŮZKUMU BAREVNÝCH A OMÍTKOVÝCH VRSTEV

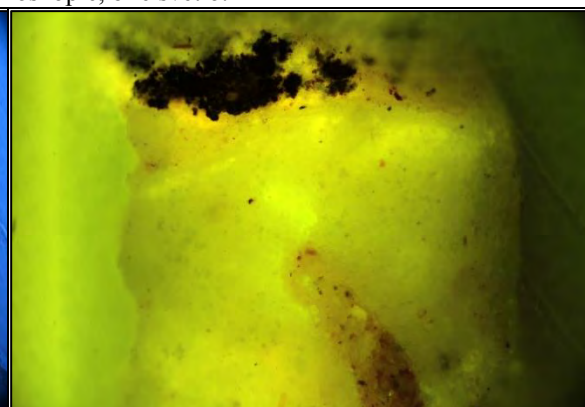
Vzorek 7901 - V1, koruna světlíce, severní stěna hlavní lodi



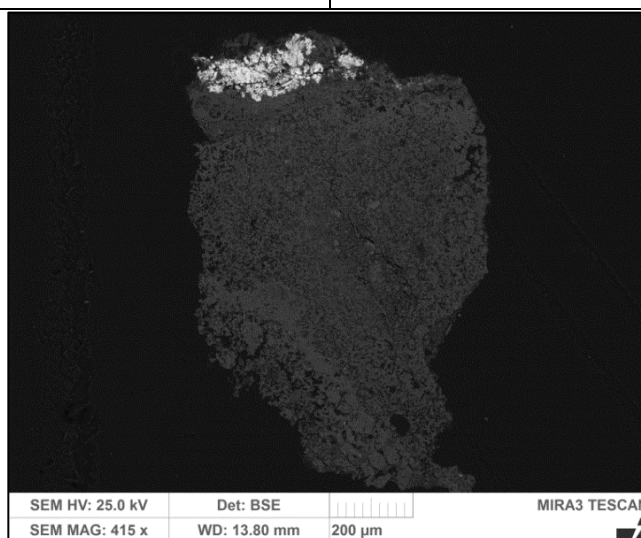
Obr. 1 Světelná mikroskopie, bílé světlo.



Obr. 2 Světelná mikroskopie, UV záření.



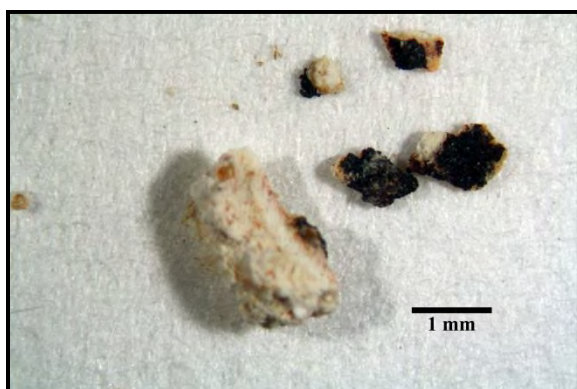
Obr. 3 Světelná mikroskopie, modré světlo.



Obr. 4 Elektronová mikroskopie, BSE.

Tab. 9: Výsledky mikroskopického průzkumu, vzorek 7901.

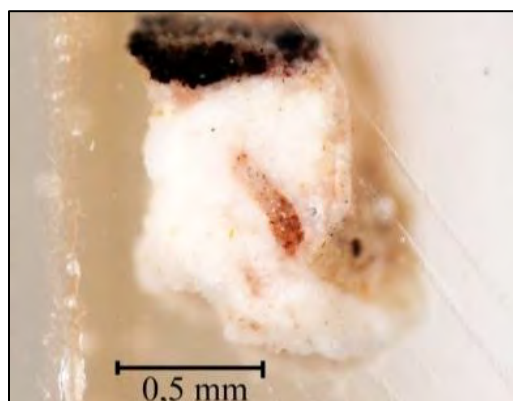
Číslo vrstvy	Popis vrstvy	Složení vrstvy - elektronová mikroskopie s prvkovou analýzou (SEM/EDX)
5.	fragmenty světlé/šedé vrstvy nebo nečistoty	Ca, Si (Al): uhličitan vápenatý, zrno křemene, silikátová zrna, patrně červený železitý pigment
4.	silnější tmavá vrstva , červené zóny	Pb, Ca, Si (F): korodovaný pigment na bázi sloučenin olova, viditelné načervenalé zóny – původně zřejmě přítomen suřík, uhličitan vápenatý, křemenná zrna
3.	narůžovělá vrstva	Ca (Pb, Fe): uhličitan vápenatý / přírodní křída (schránky mikroorganismů), červený železitý pigment, olovo je pravděpodobně kontaminací z vrstvy 4, nicméně nelze zcela vyloučit příměs suříku
2.	silná bílá vrstva, při povrchu nažloutlá UV fluorescence	Ca (Al, Si, Mg): uhličitan vápenatý, vrstva blíže nespecifikována
1.	fragment světlé béžové vrstvy	Ca: uhličitan vápenatý, zřejmě bílé vzdušné vápno, ojediněle zrna silikátů, na povrchu vrstva vyloučeného uhličitanu vápenatého



Obr. 5, 6 Stereoskopie - dokumentace vzorku z pohledové a spodní strany.

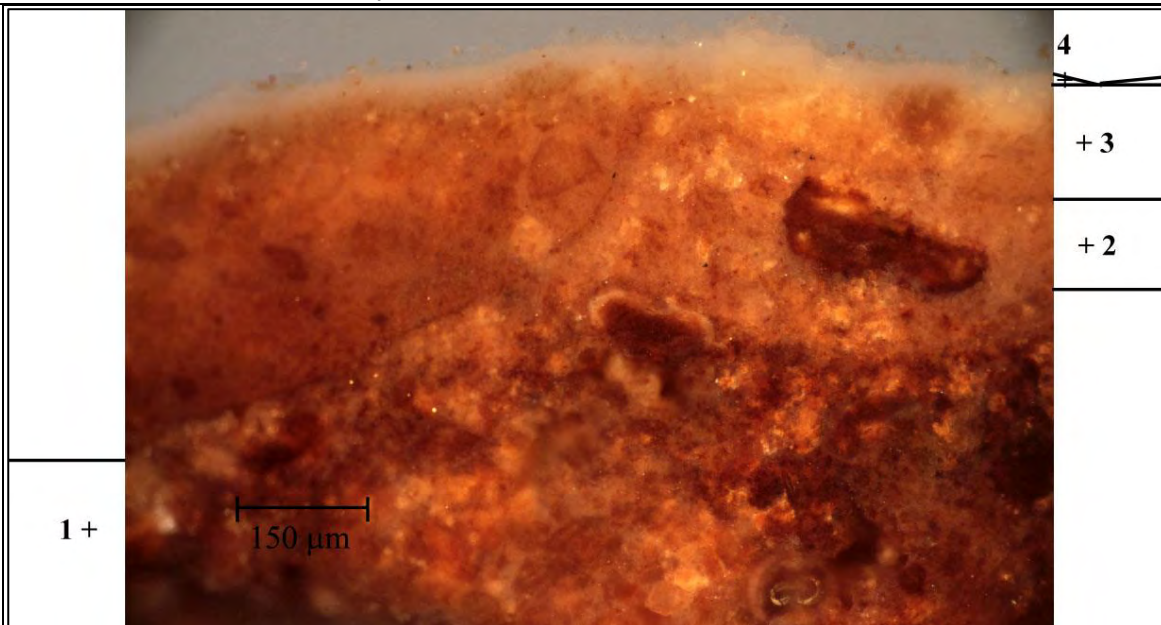
Shrnutí:

Vzorek nejprve obsahuje fragment zřejmě vápenné vrstvy 1 s tenkou vrstvou vyloučeného uhličitanu vápenatého na povrchu. Silná bílá vrstva 2 je tvořena uhličitanem vápenatým. Na základě žluté UV fluorescence lze předpokládat, že se u povrchu vrstvy vyskytuje organická látka. Následuje fragment narůžovělé vrstvy 3, která obsahuje přírodní křidu a červený železitý pigment. V případě následující tmavé vrstvy 4 lze předpokládat, že má změněnou barevnost v důsledku degradace olovnatých pigmentů na hnědou barvu. Produktem koroze je s největší pravděpodobností tmavý/hnědý plattnerit (PbO_2). Původní barevnost vrstvy nelze přesně určit. Vzhledem k přítomnosti červených zón lze předpokládat, že vrstva obsahovala suřík. Nelze vyloučit původní přítomnost dalších pigmentů na bázi sloučenin olova (olovnatá běloba/bílá, masikot/žlutá) v alterované vrstvě 4. Na této vrstvě se nacházejí fragmenty našedlé vrstvy 5 a/nebo nečistoty.

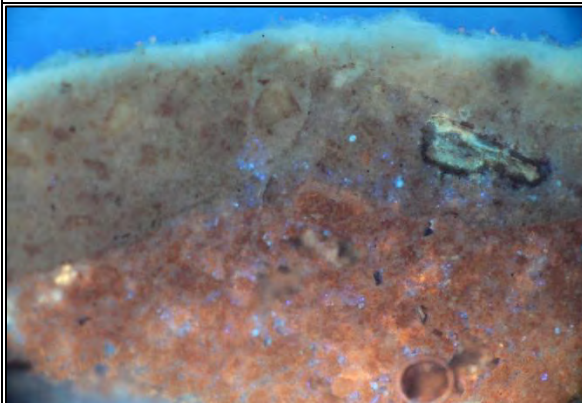


Obr. 7 Nábrus, světelná mikroskopie, bílé světlo, menší zvětšení.

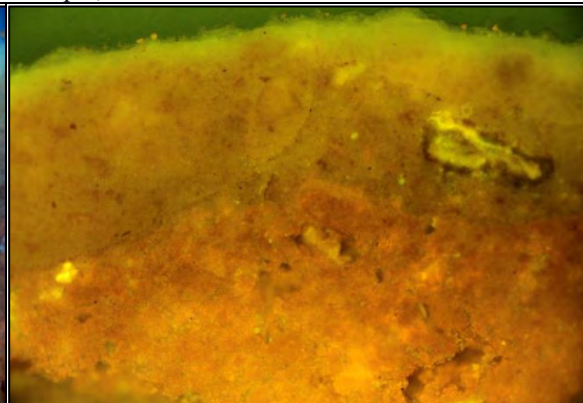
Vzorek 7902 - V2, ornament, východní stěna vítězného oblouku



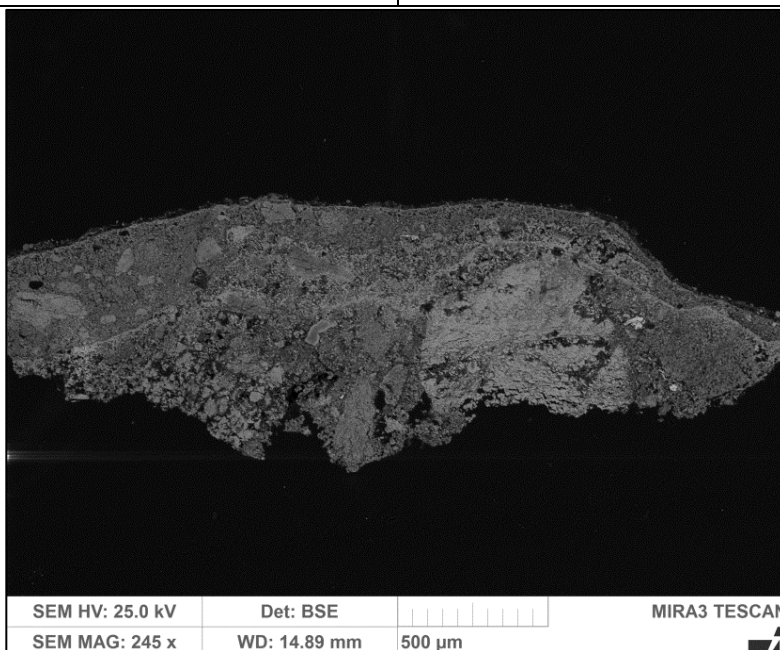
Obr. 8 Světelná mikroskopie, bílé světlo.



Obr. 9 Světelná mikroskopie, UV záření.



Obr. 10 Světelná mikroskopie, modré světlo.



Obr. 11 Elektronová mikroskopie, BSE.

Tab. 10: Výsledky mikroskopického průzkumu - vzorek 7902.

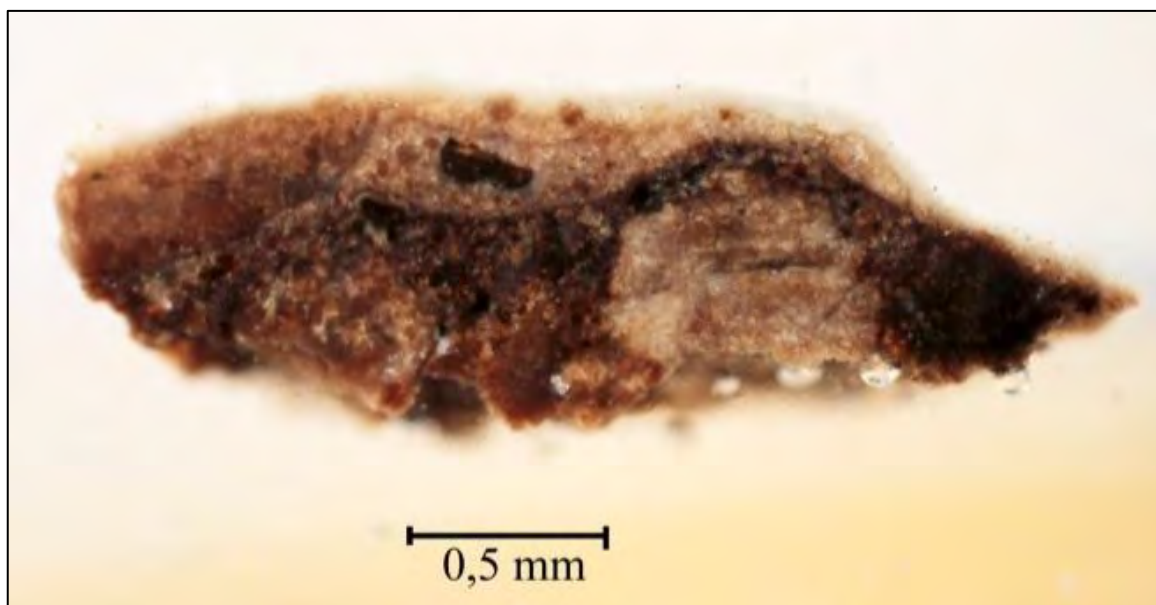
Číslo vrstvy	Popis vrstvy	Složení vrstvy - elektronová mikroskopie s prvkovou analýzou SEM/EDX
5.	tenká bílá vrstva, ojediněle žluté a červené částice	Ca: uhličitan vápenatý, síran vápenatý
4.	bílá/světlá vrstva, velmi dobře propojená s vrstvou 3, modrá UV fluorescence	Ca: uhličitan vápenatý
3.	hnědo-okrová vrstva	Ca: uhličitan vápenatý
2.	světlejší hnědá nesouvislá vrstva, zřejmě je součástí vrstvy 1	Ca (Si, Mg, Al, Fe): uhličitan vápenatý, na povrchu tenká vrstva obohacená o uhličitan vápenatý
1.	hnědá heterogenní vrstva, fluorescence v UV záření do žluta	Ca: uhličitan vápenatý, vrstva obsahuje bílé vzdušné vápno, na povrchu tenká vrstva obohacená o uhličitan vápenatý, zrno Ca, P (F) – může se jednat o apatit, zrno Mg, Si, Ca, Al, Fe – může se jednat o hydraulické dolomitické částice



Obr. 12, 13 Stereomikroskopie - dokumentace vzorku.

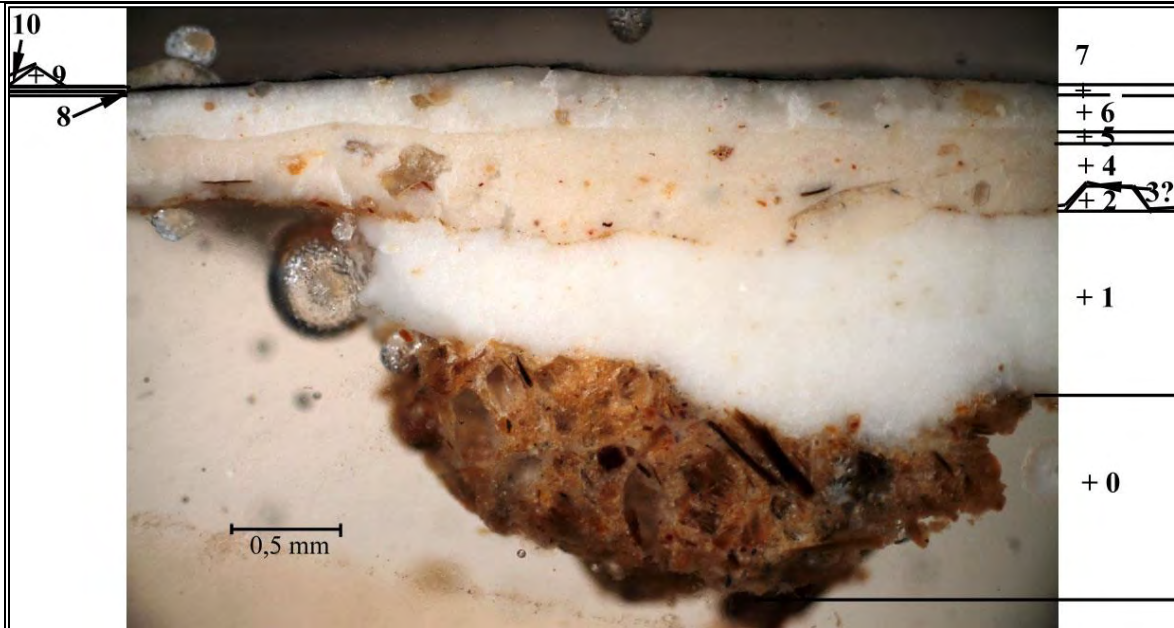
Shrnutí:

Vzorek obsahuje tři hnědé vrstvy 1-3 s uhličitanem vápenatým a bílou povrchovou úpravu (vrstva 4). Na povrchu se vyskytuje nesouvislá tenká bílá vrstva 5. Tmavší hnědá barevnost vrstev nebyla vysvětlena. Jednou z možností vzniku tmavě hnědého odstínu je přítomnost hnědé nebo zhnědlé organické látky.

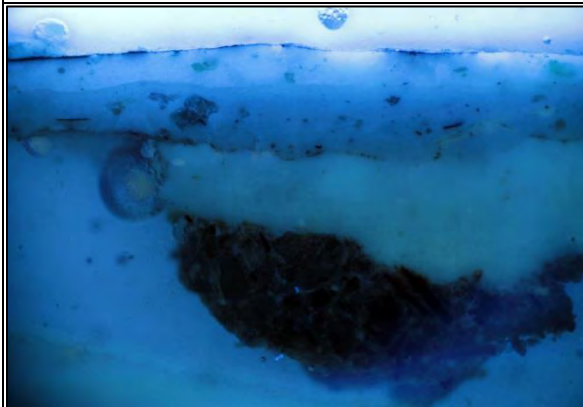


Obr. 14 Nábrus, světelná mikroskopie, bílé světlo, menší zvětšení.

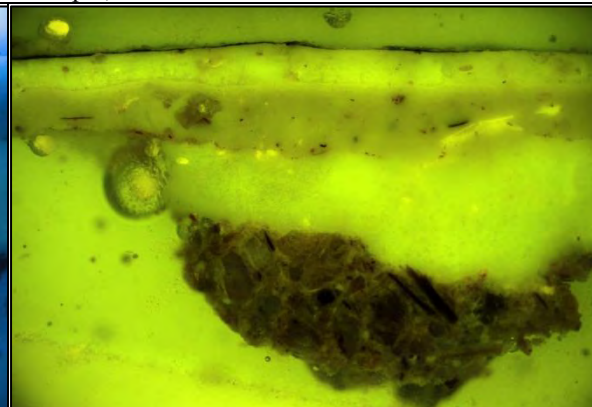
Vzorek 7903 - V3, severní stěna hlavní lodi



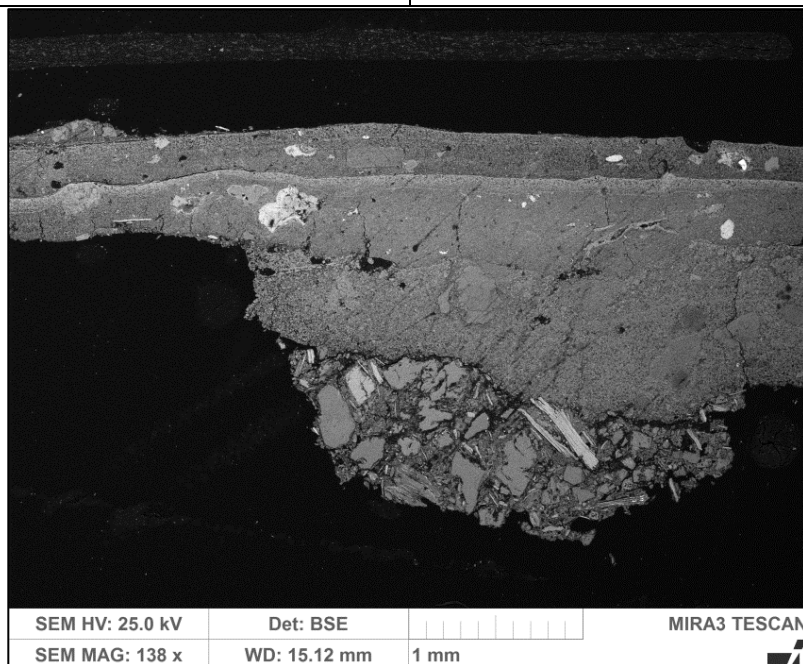
Obr. 15 Světelná mikroskopie, bílé světlo.



Obr. 16 Světelná mikroskopie, UV záření.



Obr. 17 Světelná mikroskopie, modré světlo.



Obr. 18 Elektronová mikroskopie, BSE.

Tab. 11: Výsledky mikroskopického průzkumu - vzorek 7903.

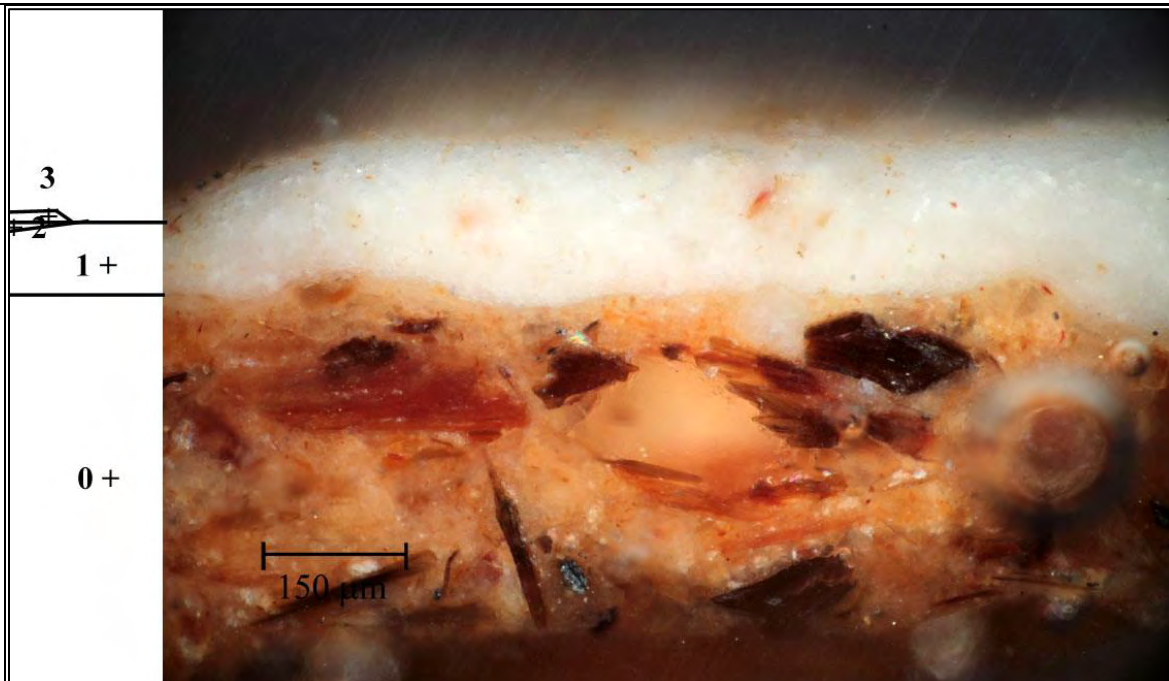
Číslo vrstvy	Popis vrstvy	Složení vrstvy - elektronová mikroskopie s prvkovou analýzou SEM/EDX
10.	fragmenty velmi tenké naředlé vrstvy	Ca (Si, Al, Fe): uhličitan vápenatý, nelze vyloučit titanovou bělobu
9.	fragment bílé vrstvy	Ca: uhličitan vápenatý, křemenná a silikátová zrna
8.	tenká černá vrstva	C, Si, Ca, Al, Fe (Mg, K, Cl): uhlikatá čerň, uhličitan vápenatý
7.	bílá vrstva	Ca: uhličitan vápenatý
6.	poměrně silná bílá vrstva, ojediněle okrové částice, větší zrna, nanesená v několika krocích	Ca: uhličitan vápenatý, ojediněle zrna silikátů, ojediněle zrna Ca, Si, Al, Mg, Na (Fe, K) – patrně hydraulické částice s vyšším obsahem hořečnaté složky, blíže nespecifikováno
5.	světlá béžová vrstva, obsahuje malé množství větších zrn	Ca: uhličitan vápenatý
4.	silná nesouvislá světle okrová/narůžovělá vrstva, další fáze povrchových úprav	Ca (Si): uhličitan vápenatý, ojediněle částice Ca, P (F) – může se jednat o apatit, ojediněle zrna silikátů, zrno S, Ca, Al, Na, Mg (K, Cl) blíže nespecifikováno, zrna Ca, Mg, Si (Fe, Al) – patrně hydraulické částice s vyšším obsahem hořečnaté složky – blíže nespecifikováno, vrstva obsahuje okr/červenou hlinku nebo je znečištěna
3.	nesouvislá tenká okrová vrstva	Si, Ca, Al: patrně hlinka, silikáty, blíže nespecifikována
2.	fragmenty bílé/béžové vrstvy?	Ca: uhličitan vápenatý
1.	silná bílá vrstva, nanesená ve dvou krocích	Ca: uhličitan vápenatý
0.	hnědá heterogenní vrstva, podklad – předpokládaná omítka, obsahuje hnědé částice vláknitého tvaru a další kamenivo, srovnatelná s vrstvou 0 vzorku 4	Ca, Si, Al (Mg, Fe, Na) matřix: obsahuje bílé vápno, vyšší obsah Si, Al, blíže nespecifikováno plnivo: křemenná zrna Si a vysoké množství zrn různých silikátů Si, Al (K, Na) včetně vláknitých zrn



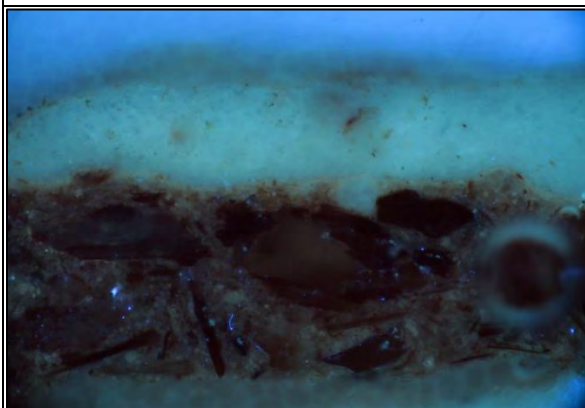
Obr. 19, 20 Stereomikroskopie – dokumentace vzorku z pohledové a spodní strany.

Shrnutí:

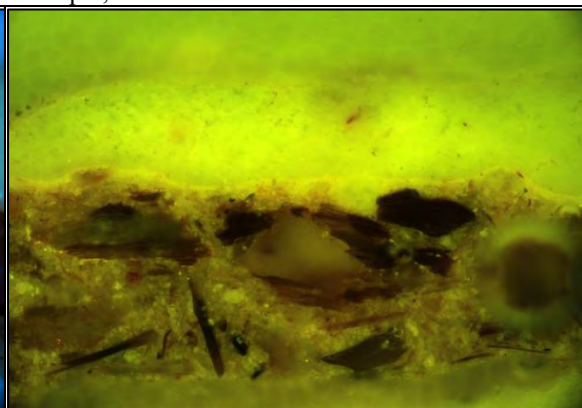
Vzorek obsahuje hnědý podklad (vrstva 0), předpokládaný povrch omítky s plnivem sestávajícím z různých silikátových zrn, charakteristická je přítomnost podélných hnědých silikátových zrn. Následují světlé bílé nebo okrové vrstvy 1-7 a tenká černá vrstva 8. Světle okrová vrstva 4 zřejmě obsahuje hydraulické částice s vyšším obsahem hořečnaté složky a zrna apatitu. Zřejmě hydraulické částice obsahuje také vrstva 6. Na fragmentu světlé vrstvy 9 byla zaznamenána tenká naředlá vrstva 10. Nelze vyloučit, že tato vrstva obsahuje titanovou bělobu.



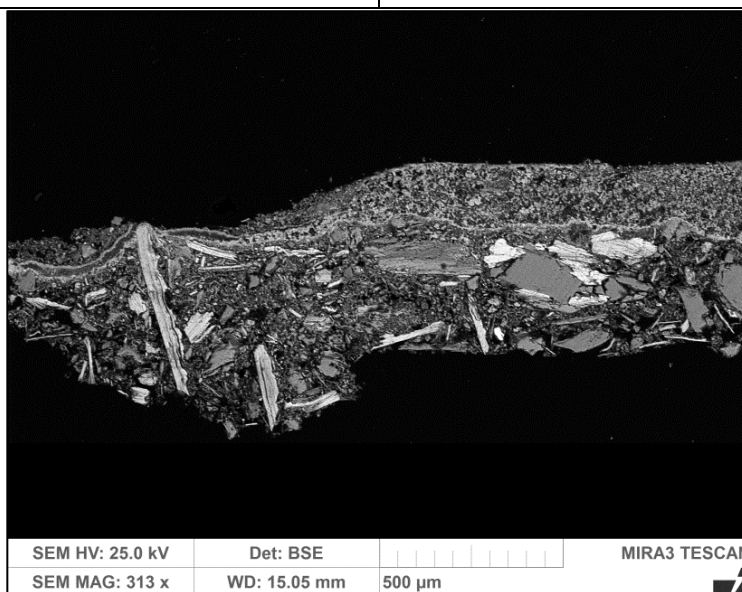
Obr. 21 Světelná mikroskopie, bílé světlo.



Obr. 22 Světelná mikroskopie, UV záření.



Obr. 23 Světelná mikroskopie, modré světlo.



Obr. 24 Elektronová mikroskopie, BSE.

Tab. 12: Výsledky mikroskopického průzkumu - vzorek 7904.

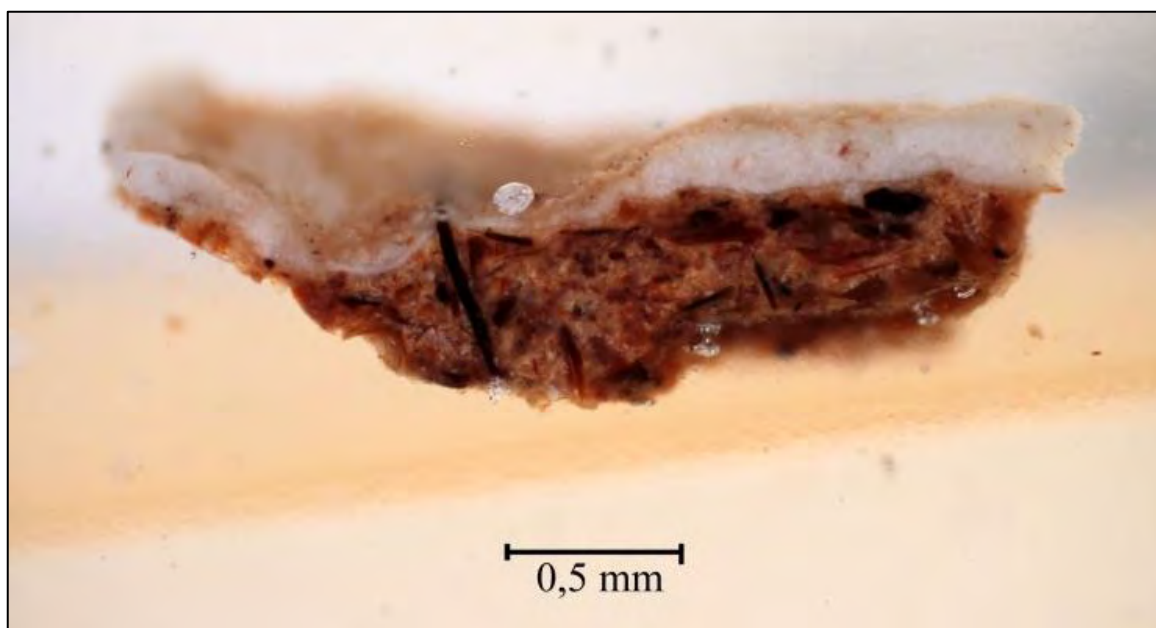
Číslo vrstvy	Popis vrstvy	Složení vrstvy - elektronová mikroskopie s prvkovou analýzou SEM/EDX
3.	tenká světlá nesouvislá vrstva nebo nečistoty, fragmenty	<u>Ca</u> (Si, Al, Fe): uhličitan vápenatý, ojediněle zrna <u>Ca</u> , <u>P</u> – může se jednat o apatit, křemenná zrna, silikáty
2.	patrně fragmenty bílé vrstvy	<u>Ca</u> : uhličitan vápenatý
1.	silná bílá vrstva	<u>Ca</u> : uhličitan vápenatý
0.	hnědá heterogenní vrstva, podklad – předpokládaná omítka, obsahuje hnědé částice vláknitého tvaru a další zrna kameniva, srovnatelná s vrstvou 0 vzorku 3	<u>Ca</u> , <u>Si</u> , <u>Al</u> (Mg, Fe, Na) matrix: <u>Ca</u> , Si, Al (K, Fe) uhličitan vápenatý, na povrchu tenká vrstva obohacená o uhličitan vápenatý, obsahuje bílé vápno, blíže nespecifikováno plnivo: velké množství křemenných <u>Si</u> a různých silikátových zrn <u>Si</u> , <u>Al</u> (K, Na) včetně zrn vláknitého útvaru



Obr. 25, 26 Stereomikroskopie - dokumentace vzorku.

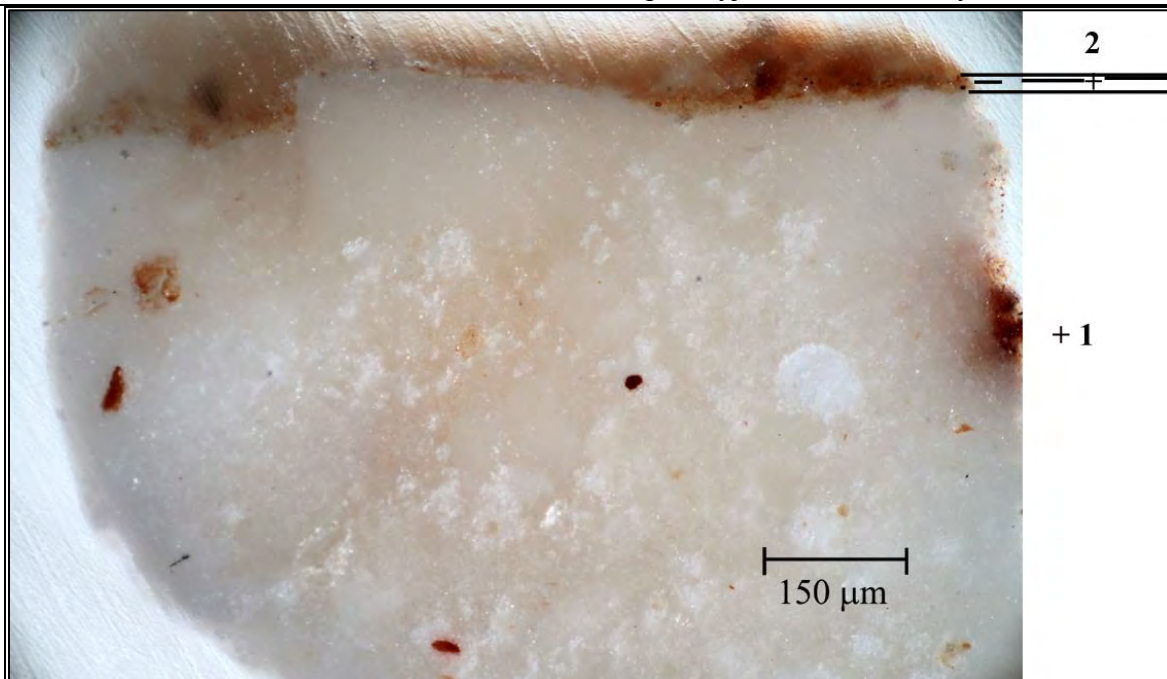
Shrnutí:

Vzorek obsahuje hnědou silnou heterogenní podkladní vrstvu 0, zřejmě povrch omítky s kamenivem sestávajícím z velkého množství různých silikátových zrn. Charakteristická je přítomnost hnědých silikátových zrn podélného až vláknitého tvaru. Následuje silná bílá vrstva 1 s uhličitanem vápenatým a fragmenty dalších zřejmě dvou bílých vrstev 2, 3 obdobného složení.

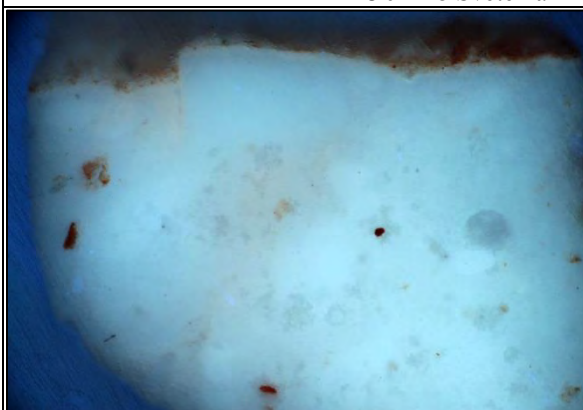


Obr. 27 Nábrus, světelná mikroskopie, bílé světlo. Menší zvětšení.

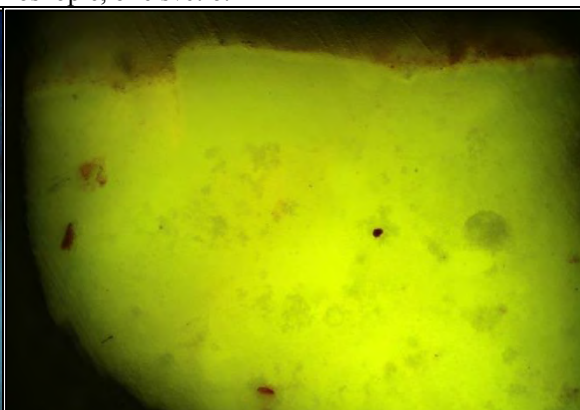
Vzorek 7927 – Vzx1, stékanec, severní stěna lodi, pod výjevem sv. Markéty



Obr. 28 Světelná mikroskopie, bílé světlo.



Obr. 29 Světelná mikroskopie, UV záření.



Obr. 30 Světelná mikroskopie, modré světlo.



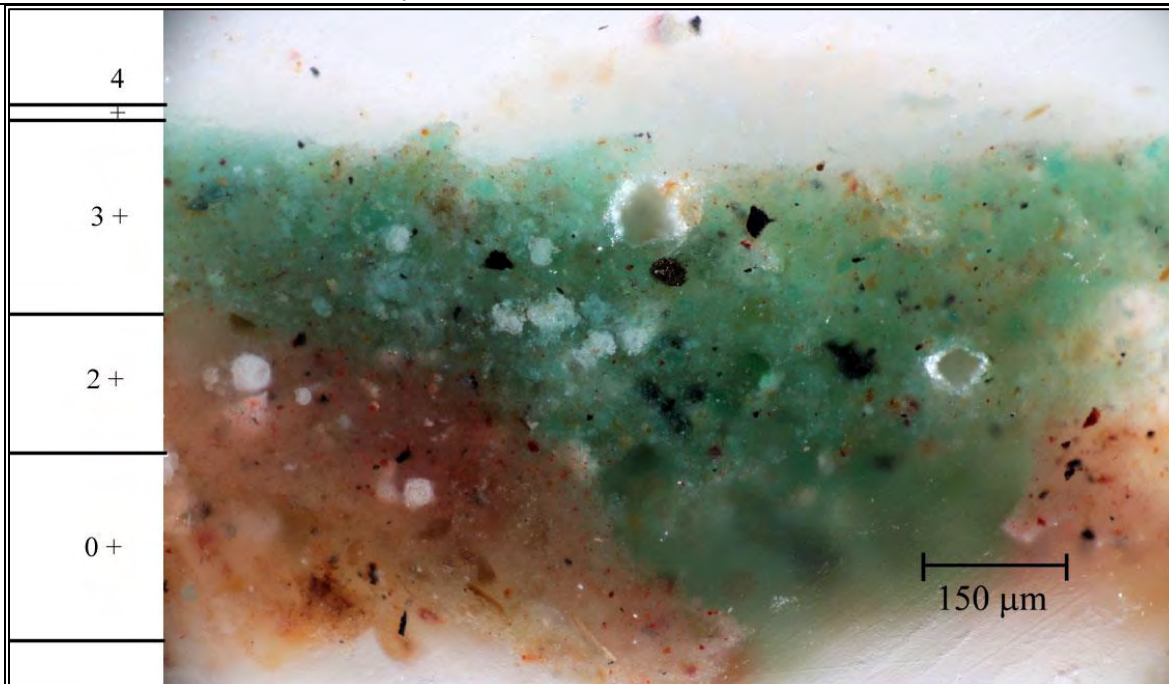
Obr. 31, 32 Stereomikroskopie – dokumentace vzorku z pohledové a spodní strany.

Tab. 13: Výsledky mikroskopického průzkumu - vzorek 7927.

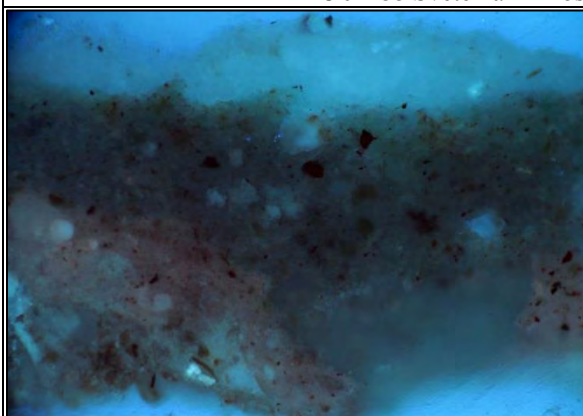
Číslo vrstvy	Popis vrstvy, Světelná mikroskopie
2.	červená vrstva, případně dvě tenké červené vrstvy
1.	silná <u>bílá</u>

Úlomek vzorku sestává ze silné bílé vrstvy 1 a červené povrchové úpravy (vrstva 2).

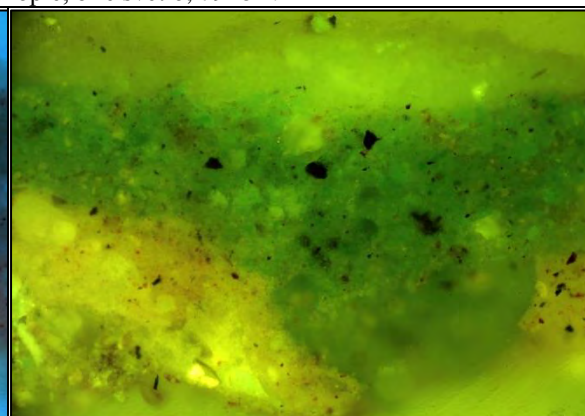
Vzorek 7928A, B – Vzx2, úlomky se zelenou vrstvou, levá část vítězného oblouku



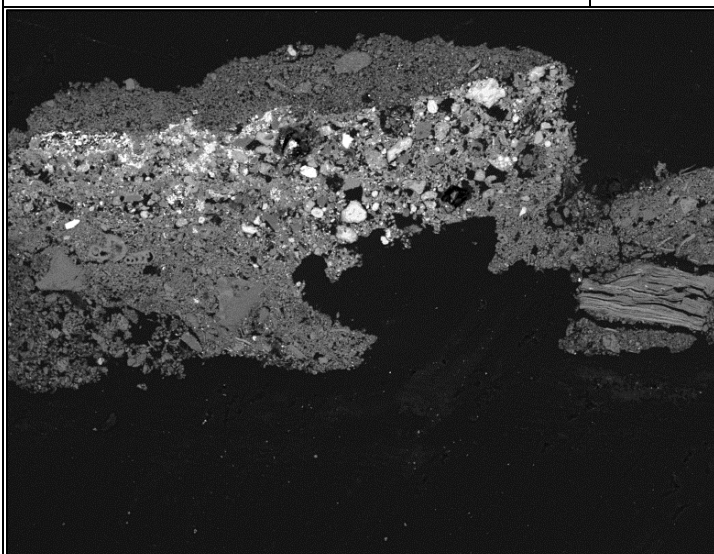
Obr. 33 Světelná mikroskopie, bílé světlo, 7928A.



Obr. 34 Světelná mikroskopie, UV záření.

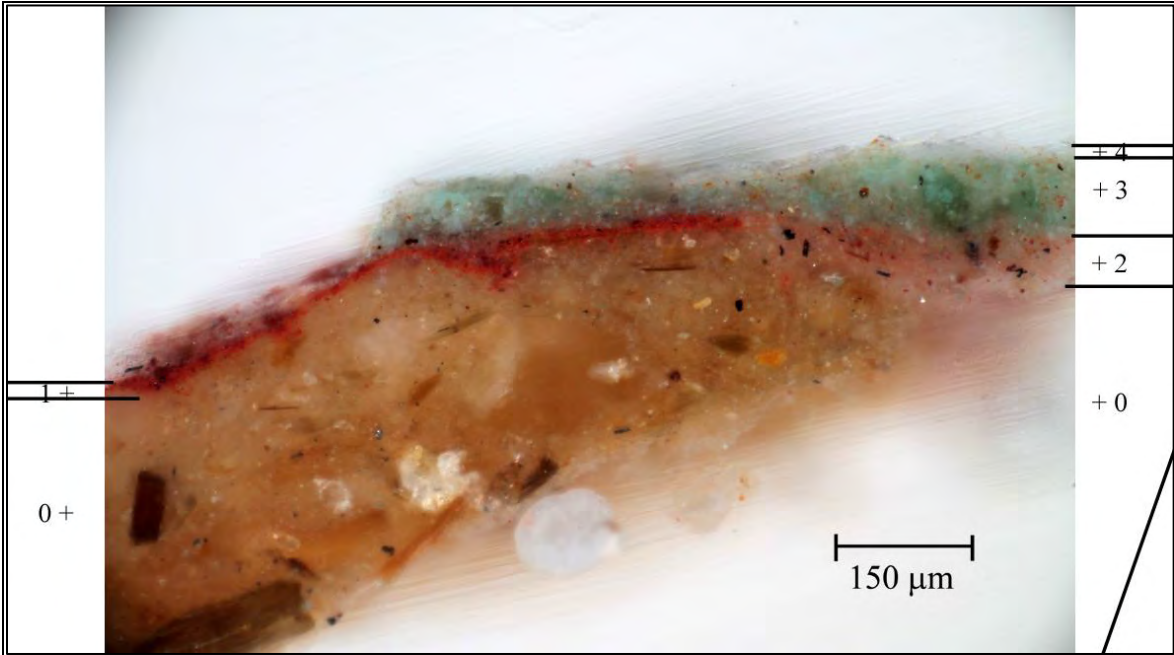


Obr. 35 Světelná mikroskopie, modré světlo.

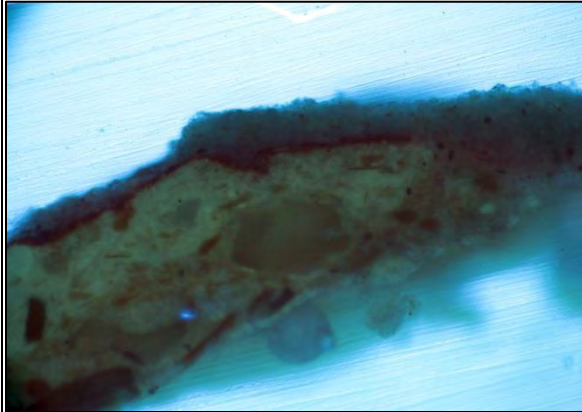


SEM HV: 25.0 kV	Det: BSE	
SEM MAG: 341 x	WD: 18.11 mm	500 μm

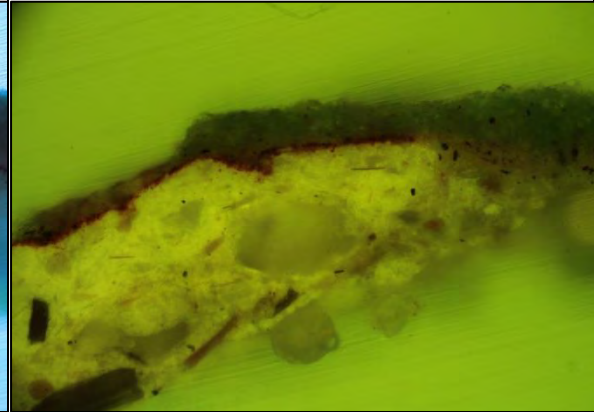
Obr. 36 Elektronová mikroskopie, BSE.



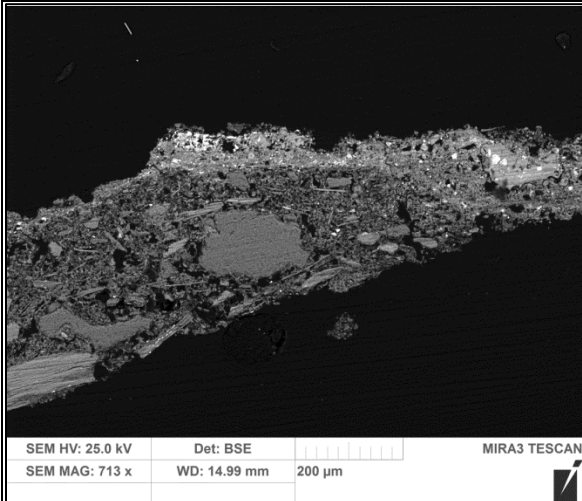
Obr. 37 Světelná mikroskopie, bílé světlo, 7928B.



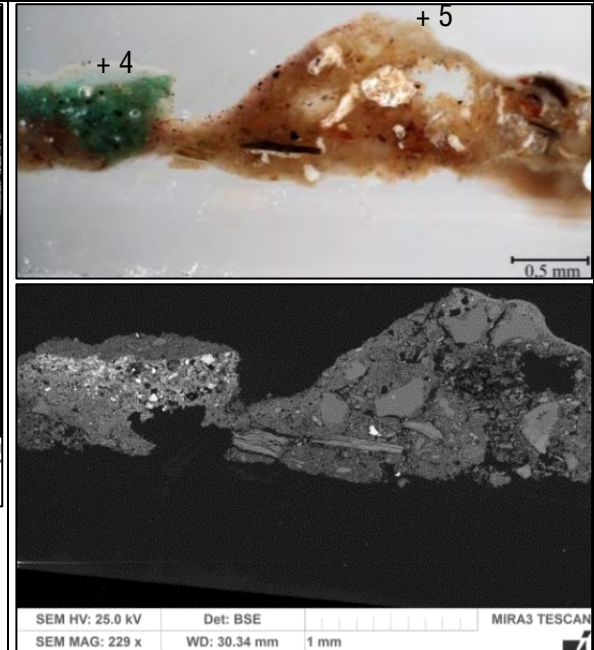
Obr. 38 Světelná mikroskopie, UV záření.



Obr. 39 Světelná mikroskopie, modré světlo.



Obr. 40 Elektronová mikroskopie, BSE.



Obr. 41, 42 Nábrus, světelná mikroskopie a SEM/BSE.

Tab. 14: Výsledky mikroskopického průzkumu - vzorek 7928A, B se zelenou vrstvou.

Číslo vrstvy	Popis vrstvy	Složení vrstvy - elektronová mikroskopie s prvkovou analýzou SEM/EDX
4.,5.	bílá vrstva, běžová vrstva	Ca (Si, Al, Fe, Cu): uhličitán vápenatý, měď pravděpodobně kontaminací z předchozí zelené vrstvy
3.	zelená vrstva, zelené částice, spíše ojediněle bílé a černé/tmavé částice	Si, Ca, Cu, Al (K, Mg, Pb, Cl, Fe): tmavé/černé částice Cu, S – patrně sulfid měďnatý – může se jednat o alteraci zeleného měďnatého pigmentu, zelené částice – měďnatý/é pigmentu/y Cu nebo Cu, Si, Al – zřejmě přítomen malachit, zelené částice Cl, Cu – patrně atakamit/paratakamit, Si, Al, K (Na, Fe) – zřejmě zem zelená, křemenná zrna, červená hlinka/okr, pigment na bázi sloučenin olova Pb – olovnatá běloba, bílé částice Ti – pravděpodobně přírodní zdroj / nelze vyloučit titanovou bělobu, bílé zrno Ba, S – baryt, povrchová část obohacená o Pb, Cl – nelze vyloučit přítomnost fragmentu další zelené vrstvy
2.	růžová vrstva	Ca (Si, Al, Fe, Cu): uhličitán vápenatý / přírodní křída (schránky mikroorganismů), červená hlinka, suřík, měď pravděpodobně kontaminací z následující zelené vrstvy, uhlikatá čern
1.	červená nesouvislá	Ca, Fe: uhličitán vápenatý, červená hlinka
0.	okrový heterogenní podklad, omítka nebo hrubozrnná vrstva, obsahuje hnědé částice vláknitého tvaru a další zrna kameniva	matrix Ca, Si, Al: oblasti Ca (Si, Al, Mg), obsahuje bílé vzdušné vápno, patrně hydraulické částice a/nebo zrna kameniva s reakčním lemem Al, Si (Ca, K, Mg) nebo Si (Ca, Mg, Al), blíže nespecifikována plnivo: křemenná zrna Si, vysoké množství zrn silikátů Si, Al (K, Fe, Na) často vláknitého tvaru Si, Al (Fe, K, Mg), okr

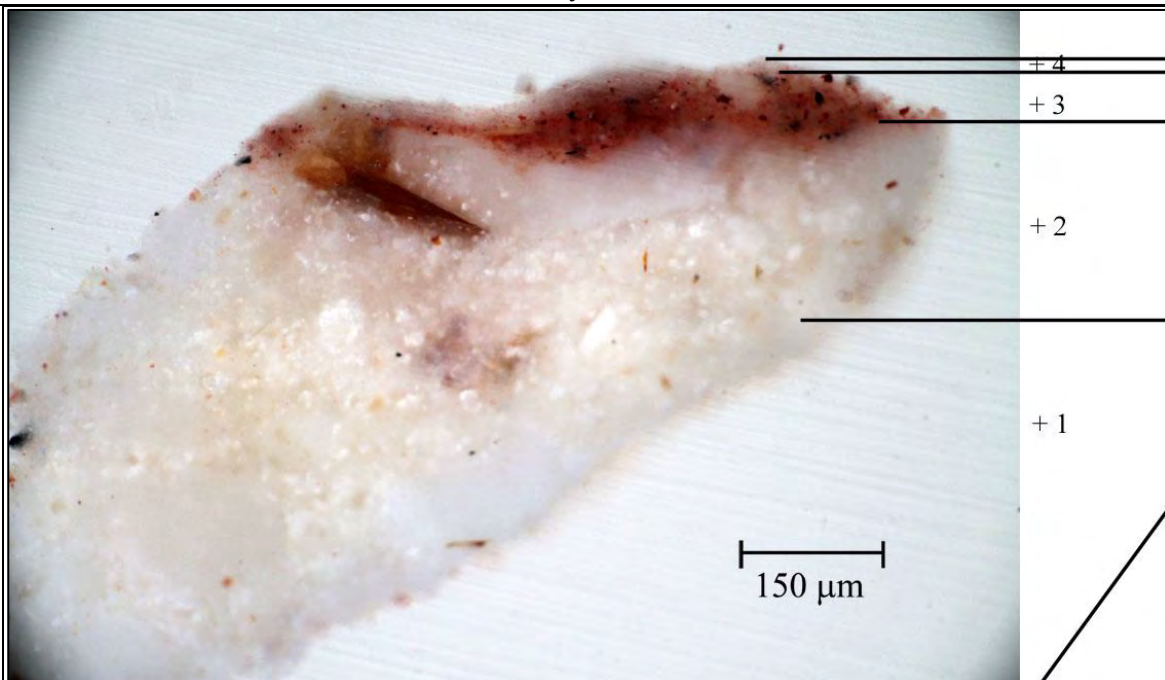


Obr. 43, 44 Stereomikroskopie - dokumentace částí vzorku s úlovkem s červenou vrstvou.

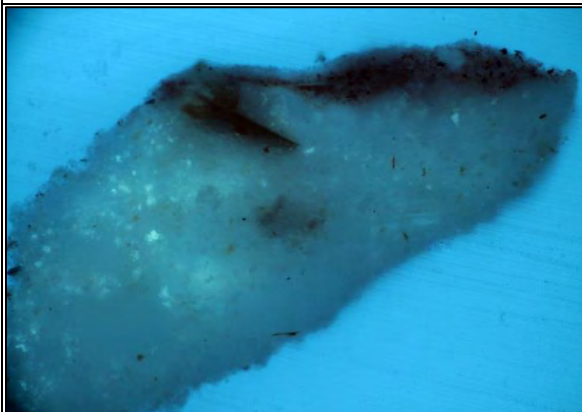
Shrnutí:

Vzorek obsahuje okrový heterogenní podklad (vrstvu 0), omítku nebo hrubozrnnou vrstvu s křemičitým plnivem vyznačujícím se přítomností hnědých zrn podélného až vláknitého tvaru. Dále byly ve vrstvě zaznamenány částice bílého vzdušného vápna a malé hydraulické částice nebo/a zrna plniva s reakčním lemem. Následují fragmenty červené a růžové vrstvy 1, 2 a zelená vrstva 3 s měďnatým/i pigmentem/y. U vrstvy 3 nelze jednoznačně určit, zda se jedná o dvě vrstvy jedné případně dvou časových fází nebo o jednu vrstvu s alterovaným světlejším povrchem, což je možná pravděpodobnější varianta vzhledem k obdobnému složení částí. Předpokládaná alterace zelené vrstvy 3, respektive měďnatého pigmentu na atakamit/paratakamit, případně jiné sloučeniny, mohla nastat také ve spodní části vrstvy, ale v menší míře. Původ sloučenin na bázi mědi a chloru, patrně atakamitu/paratakamitu, nelze na základě analýz jednoznačně objasnit. Kromě předpokládané alterace nelze jako zdroj vyloučit syntetický, případně přírodní pigment. Odstín zelené vrstvy 3 mohl být původně jiný, nelze zcela vyloučit ani původní modrou barevnost vrstvy. Nebylo jednoznačně určeno, zda bílé částice s dominantním obsahem titanu pocházejí z přírodního zdroje nebo ze syntetické titanové běloby, druhá varianta se však nepředpokládá. Obdobným případem je zaznamenané zrno barytu. Na zelené vrstvě 3 je přítomen fragment bílé vrstvy 4. V jiné části vzorku na stejné úrovni vrstvy 4 byla zaznamenána běžová vrstva 5.

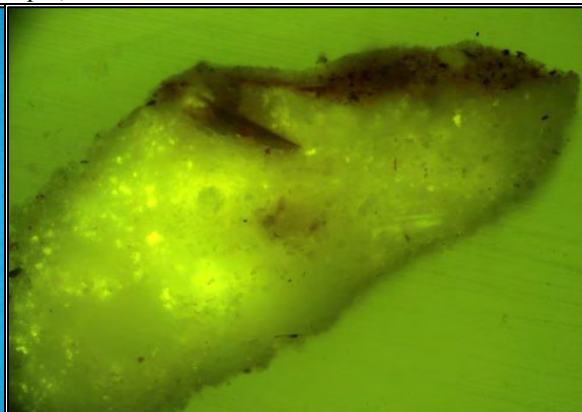
Vzorek 7928C - Vzx2, úlomek bez zelené vrstvy, levá část vítězného oblouku



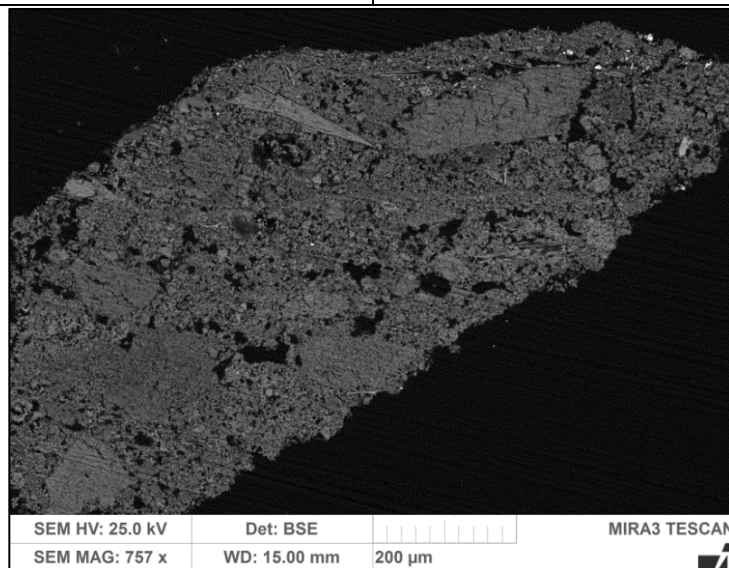
Obr. 45 Světelná mikroskopie, bílé světlo, 7928C.



Obr. 46 Světelná mikroskopie, UV záření.



Obr. 47 Světelná mikroskopie, modré světlo.



Obr. 48 Elektronová mikroskopie, BSE.

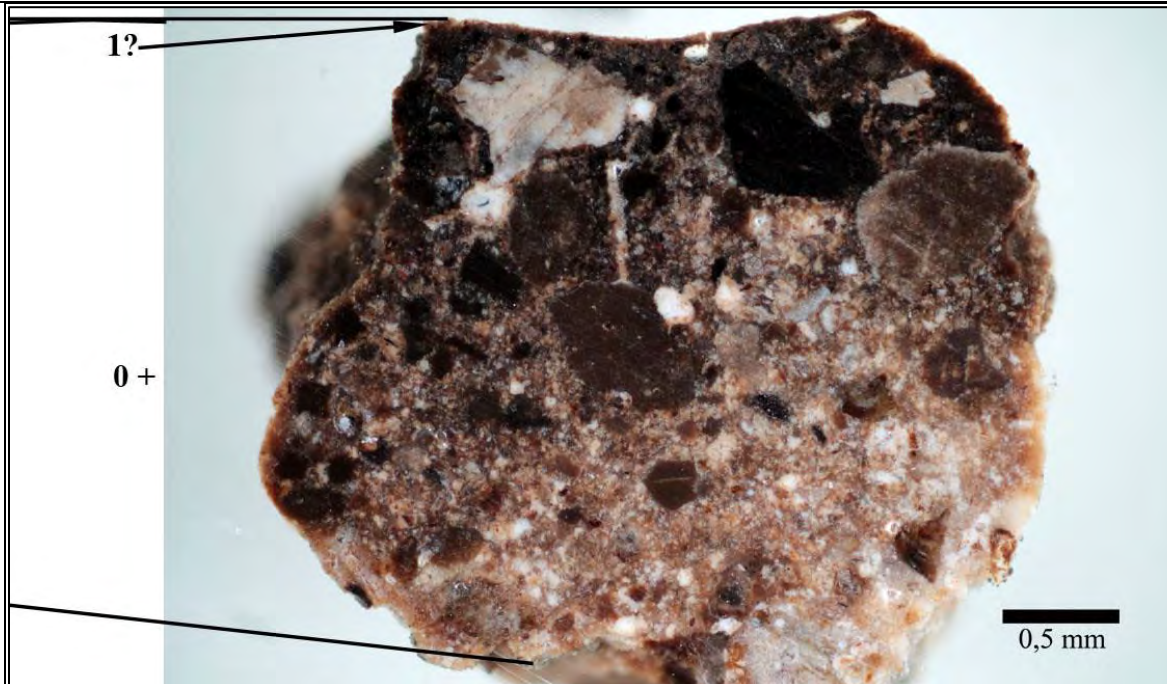
Tab. 15: Výsledky mikroskopického průzkumu - vzorek 7928C bez zelené vrstvy.

Číslo vrstvy	Popis vrstvy	Složení vrstvy - elektronová mikroskopie s prvkovou analýzou SEM/EDX
4.	světlá	<u>Ca</u> : uhličitan vápenatý
3.	červená , obsahuje tmavé částice	<u>Ca</u> , Fe: uhličitan vápenatý, červená hlinka, křemenná zrna <u>Si</u> , ojediněle stopy <u>Cu</u> - patrně kontaminace z okolí místa odběru korozními produkty měďnatých pigmentů, možná je příměs uhlikaté černi
2.	bílá	<u>Ca</u> : bílé vzdušné vápno, silikátové zrno
1.	silná bílá	<u>Ca</u> : bílé vzdušné vápno

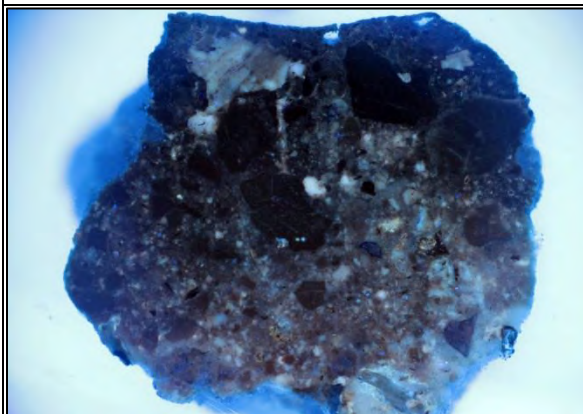
Shrnutí:

Úlomek vzorku sestává ze dvou bílých vápenných vrstev 1, 2, červené povrchové úpravy (vrstva 3) probarvené hlinkou a fragmentů světlé vrstvy 4. Stratigrafie úlomku vzorku nekoresponduje částem/nábrusům uvedeným výše (7928A,B), kde nebyly zaznamenány pod červenou vrstvou bílé patrně vápenné vrstvy.

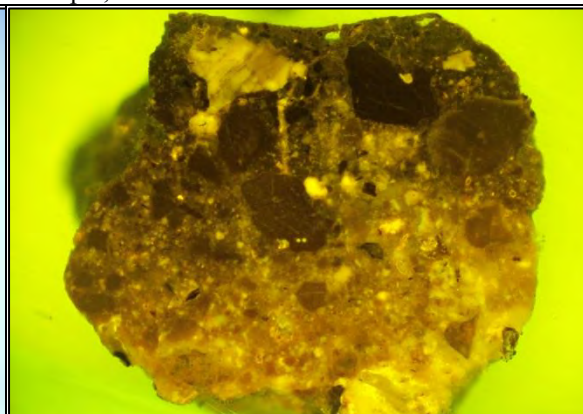
Vzorek 8326 – Vz4, úlomek z místa s charakteristickou UV fluorescencí



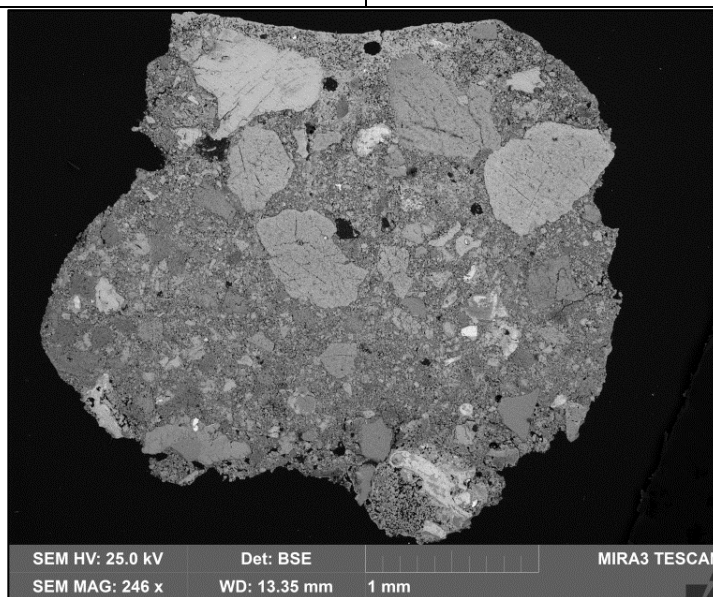
Obr. 49 Světelná mikroskopie, bílé světlo.



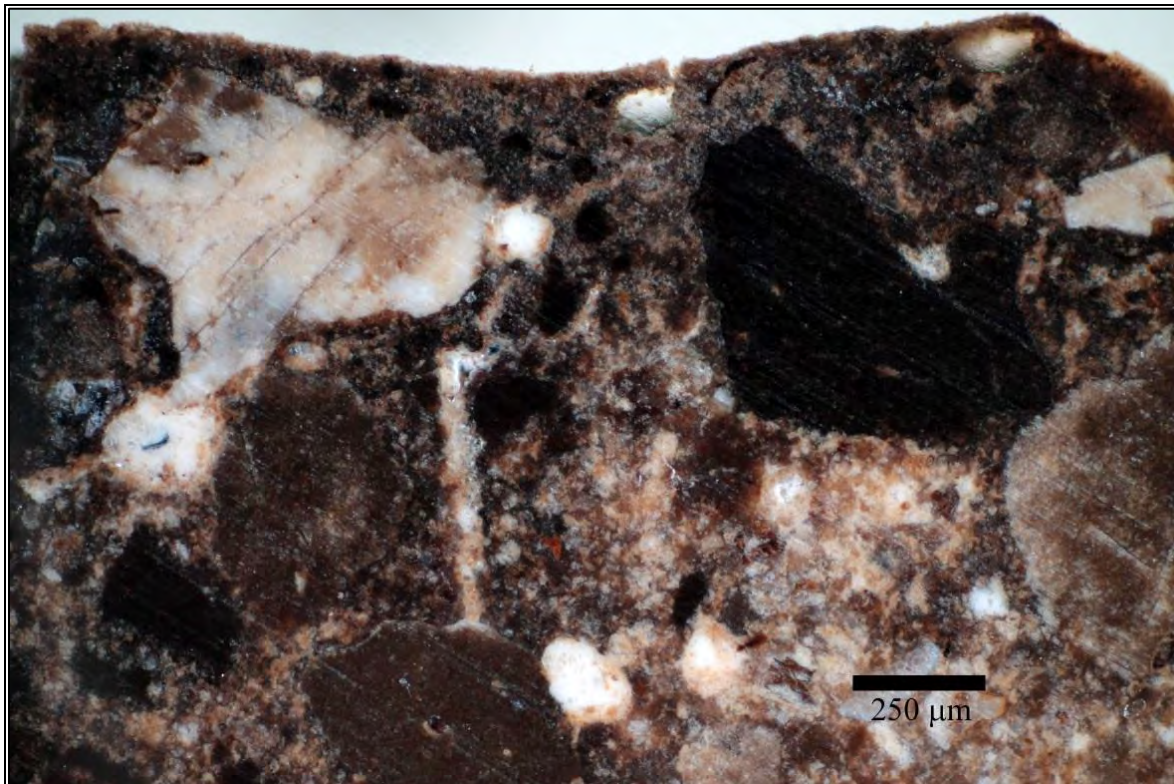
Obr. 50 Světelná mikroskopie, UV záření.



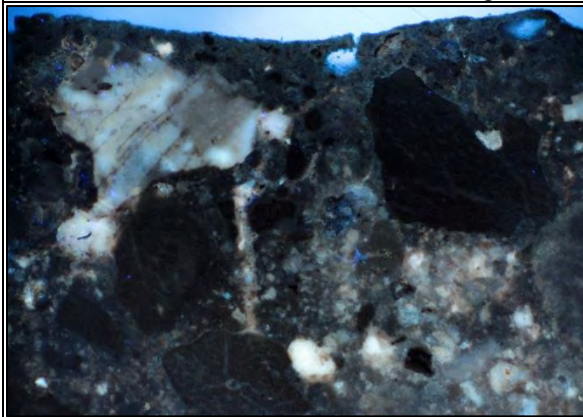
Obr. 51 Světelná mikroskopie, modré světlo.



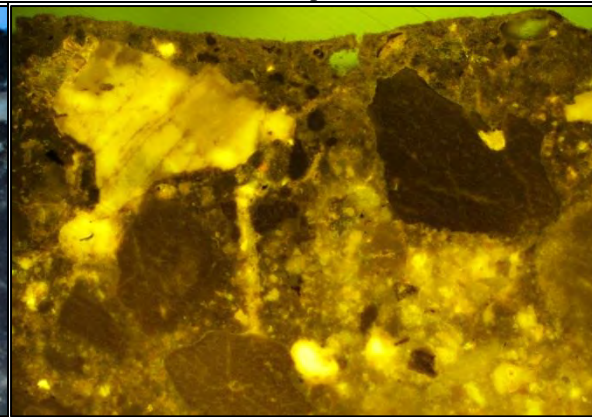
Obr. 52 Elektronová mikroskopie, BSE.



Obr. 53 Světelná mikroskopie, bílé světlo, větší zvětšení – detail povrchu.



Obr. 54 Světelná mikroskopie, UV záření.



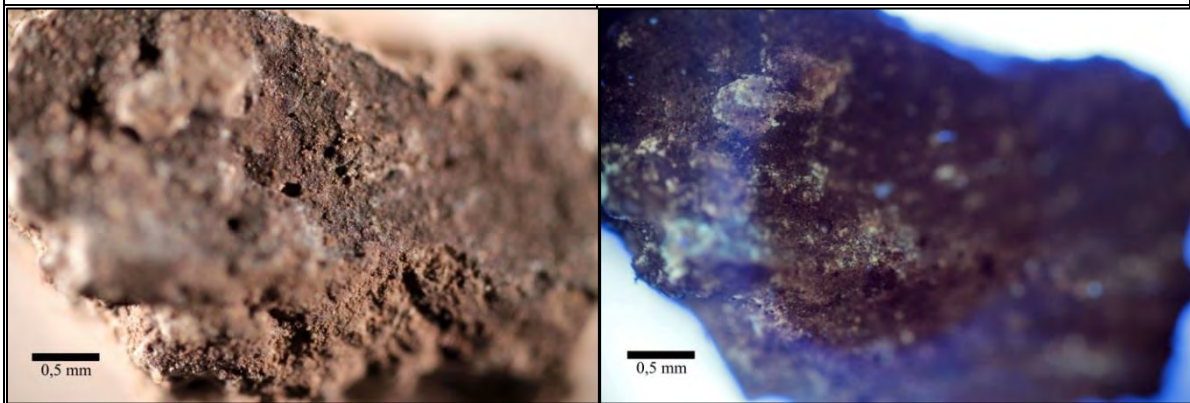
Obr. 55 Světelná mikroskopie, modré světlo.

Tab. 16: Výsledky mikroskopického průzkumu - vzorek 8326.

Číslo vrstvy	Popis vrstvy	Složení vrstvy - elektronová mikroskopie s prvkovou analýzou SEM/EDX
1.	fragmenty vrstvy s modrou UV fluorescencí?	<u>Ca</u> (Si, Mg, Al): uhličitan vápenatý
0.	hnědá vrstva, ve spodní části světlejší	<u>Ca</u> (Si, Al, Mg): uhličitan vápenatý – hnědé a bílé pojivové částice <u>Ca</u> / bílé vzdušné vápno, některé částice mohou být plnivem (vápenec), hnědé části se prvkovým složením neliší od světlejších částí, částice <u>Ca</u> , P, F – možná zrna apatitu, heterogenní částice s různým poměrem <u>Ca</u> , <u>Si</u> , <u>Mg</u> , Al – patrně hydraulické částice, blíže nespecifikovány, ojediněle křemenná zrna



Obr. 56, 57 Stereomikroskopie - dokumentace částí vzorku.



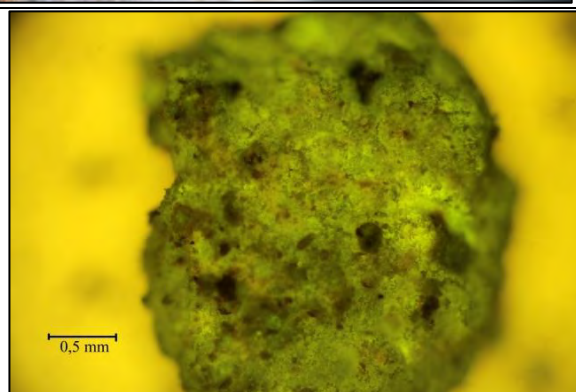
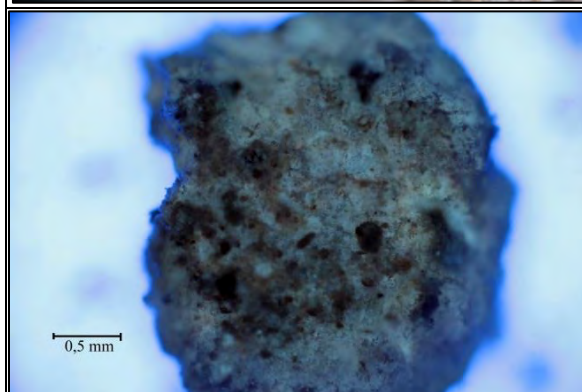
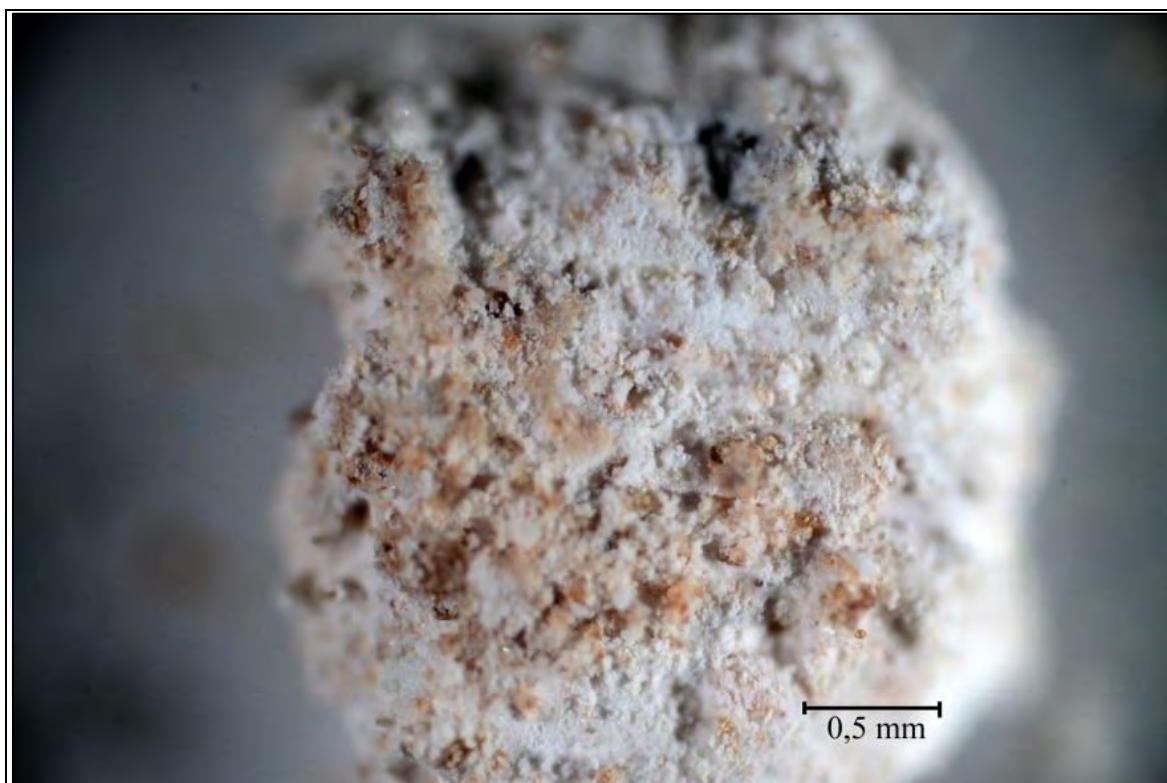
Obr. 58, 59, 60 Světelná mikroskopie v bílém a modrém světle a UV záření.

Shrnutí:

Vzorek obsahuje silnou hnědou vápennou vrstvu 0 se světlejší spodní částí, části se prvkovým složením ani vzhledem jinak neodlišují. Vrstva obsahuje také pojivové bílé i hnědé částice bílého vzdušného vápna. U některých částic nelze jednoznačně rozlišit, zda se jedná o pojivové částice nebo o plnivo (vápenec/mramor). Lze předpokládat hydraulický charakter malty. Není jisté, zda se na povrchu vyskytuje tenká hnědá povrchová úprava (vrstva 1). Příčinu hnědého zbarvení se nepodařilo zjistit.

VÝSLEDKY IDENTIFIKACE ORGANICKÝCH LÁTEK METODOU GC/MS (8127)

Z analýzy metodou GC/MS vyplynulo, že vzorek 8127 (Vzx3/P1) obsahuje lipidy pocházející zřejmě z proteinů. Vosky, pryskyřice ani oleje nebyly ve vzorku přítomné. Zpráva z analýzy je uvedena v Příloze na konci zprávy.



Obr. 61, 62, 63 Světelná mikroskopie v bílém a modrém světle a UV záření. Kusový vzorek Vzx3.

VÝSLEDKY IDENTIFIKACE ORGANICKÝCH LÁTEK MIKROCHEMICKÝMI REAKCEMI (8326)

Z provedených testů vyplývá přítomnost proteinů ve vzorku 8326 (Vzx4). Test na přítomnost lipidů byl neprůkazný, polysacharidy nebyly prokázány. Jiné organické látky nebyly stanovovány.

Tab. 17: Výsledky důkazových mikrochemických reakcí. *

vzorek	lipidy	proteiny	polysacharidy
převážně hnědá část vzorku 8326	?	+	-

* +...látko je přítomna; -...negativní stanovení; ?...neprůkazná reakce

ZÁVĚR

PRŮZKUM POVRCHOVÝCH ÚPRAV

Mikroskopicky byly zkoumány vzorky barevných vrstev, případně povrchových částí omítek odebrané ze severní lodi a východní části vítězného oblouku kostela sv. Víta v obci Zahrádka u Ledče nad Sázavou. Detailní popisy stratigrafie povrchových úprav a materiálového složení studovaných vrstev jsou uvedeny v části výsledků s mikroskopickými snímky nábrusů.

Na základě průzkumu metodami světelné mikroskopie a skenovací elektronové mikroskopie s prvkovou analýzou (SEM/EDX) byla odvozena přítomnost následujících pigmentů, případně plniv nebo jiných materiálů vyskytujících se ve vybraných vrstvách²:

Bílá, průhledná: uhličitán vápenatý a přírodní křída, bílá hlinka, křemenná a silikátová zrna, bílé částice s dominantním obsahem titanu - přírodní zdroj, případně titanová běloba (1920, nepředpokládá se), zřejmě olovnatá běloba, zrno barytu (1810-1820)

Žlutá: okr, možná alterovaný masikot

Červená: červená hlinka, suřík

Zelená: blíže nespecifikovaný měďnatý pigment, malachit nebo/a měděnka, sloučeniny na bázi Cu (Cl) - atakamit nebo paratakamit, případně jiné, patrně zem zelená

Černá: uhlíkatá čern

Možné alterace: tmavé/černé částice Cu, S z měďnatého zeleného, případně modrého pigmentu; zelené částice Cl, Cu atakamit/paratakamit z měďnatého zeleného, případně modrého pigmentu; hnědý/tmavý plattnerit PbO₂ - původními pigmenty mohly být olovnatá běloba, suřík nebo masikot, přesné složení některých pigmentů, případně jejich alterovaných forem, by bylo možné zjistit jinými analytickými technikami.

IDENTIFIKACE ORGANICKÝCH LÁTEK

Kombinací metod plynové chromatografie a hmotnostní spektrometrie byl analyzován vzorek 8127. Ve vzorku byl identifikován kličh a lipidy pocházející zřejmě z proteinů. Přítomnost pryskyřic a vysychavých olejů byla analýzou vyloučena.

Dále byly mikrochemickými testy identifikovány ve vzorku 8326 proteiny, přítomnost olejů (lipidů) nebyla vyloučena ani potvrzena. Polysacharidy nebyly ve vzorku přítomny. Jiné organické látky nebyly analyzovány.

OBSAH VLHKOSTI A VODOROZPUSTNÝCH SOLÍ

Vlhkost omítek a zdiva v místě odběru vzorků je poměrně nízká.

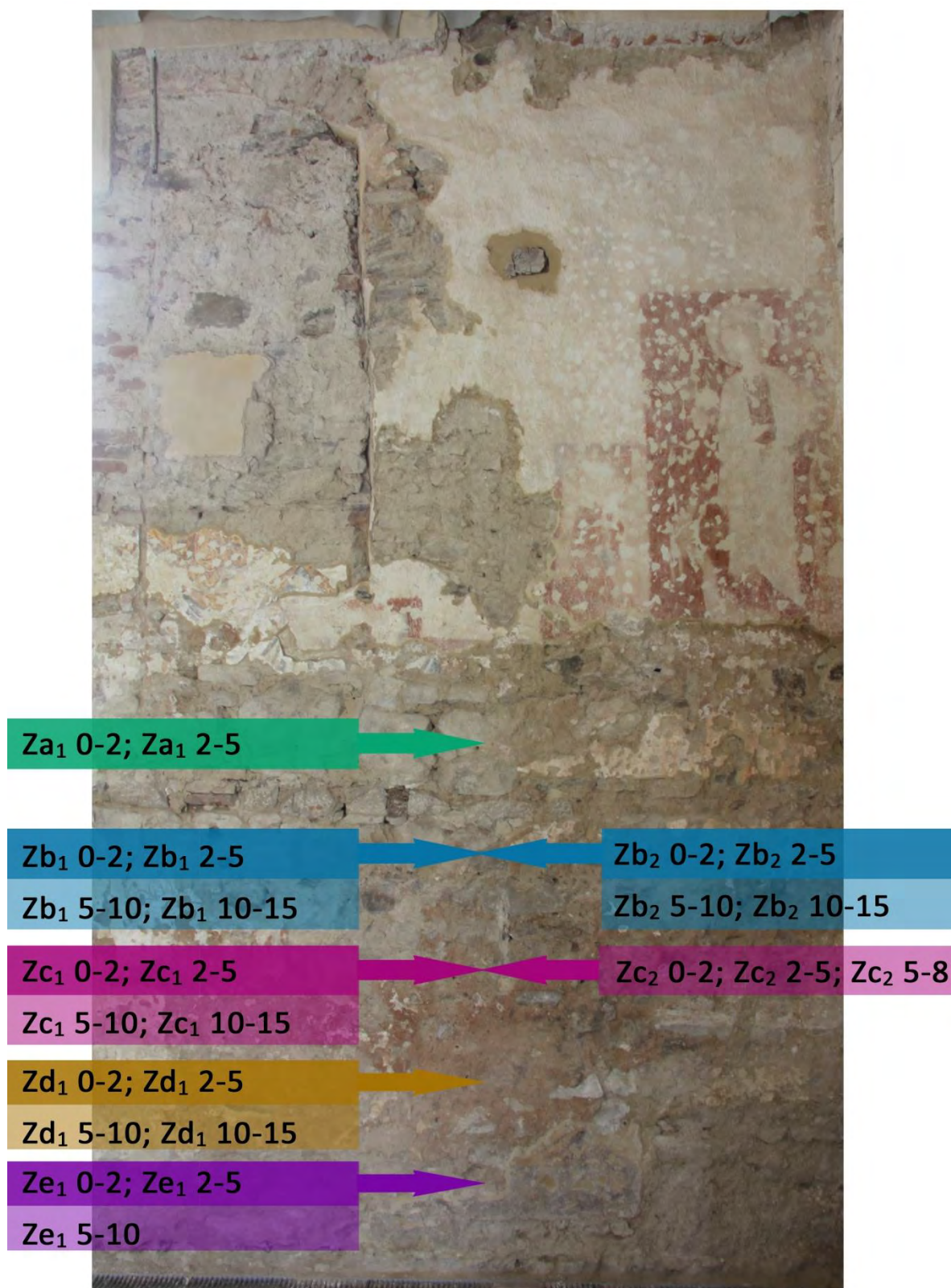
V odebraných vzorcích byly zjištěny z hlediska rizika poškození stavebních materiálů velmi vysoké obsahy dusičnanů ve vyšších výškách odběru vzorků (cca 150 a 250 cm) v omítkách i zdivu. V těchto místech jsou přítomny také nepatrně zvýšené koncentrace chloridových aniontů. Vysoké koncentrace síranů byly zjištěny spíše ojediněle, zejména ve vzorcích z hloubky 0-2 cm. V ostatních vzorcích nebyly zaznamenány z hlediska rizika vzniku koroze závažné obsahy vodorozpuštěných solí. V kontrolních vzorcích odebraných po procesu odsolování z omítek a zdiva byly zjištěny nízké koncentrace vodorozpuštěných solí.

V Litomyšli 22. 8. 2017

Petra Lesniaková

Katedra chemické technologie Fakulty restaurování v Litomyšli, Univerzita Pardubice

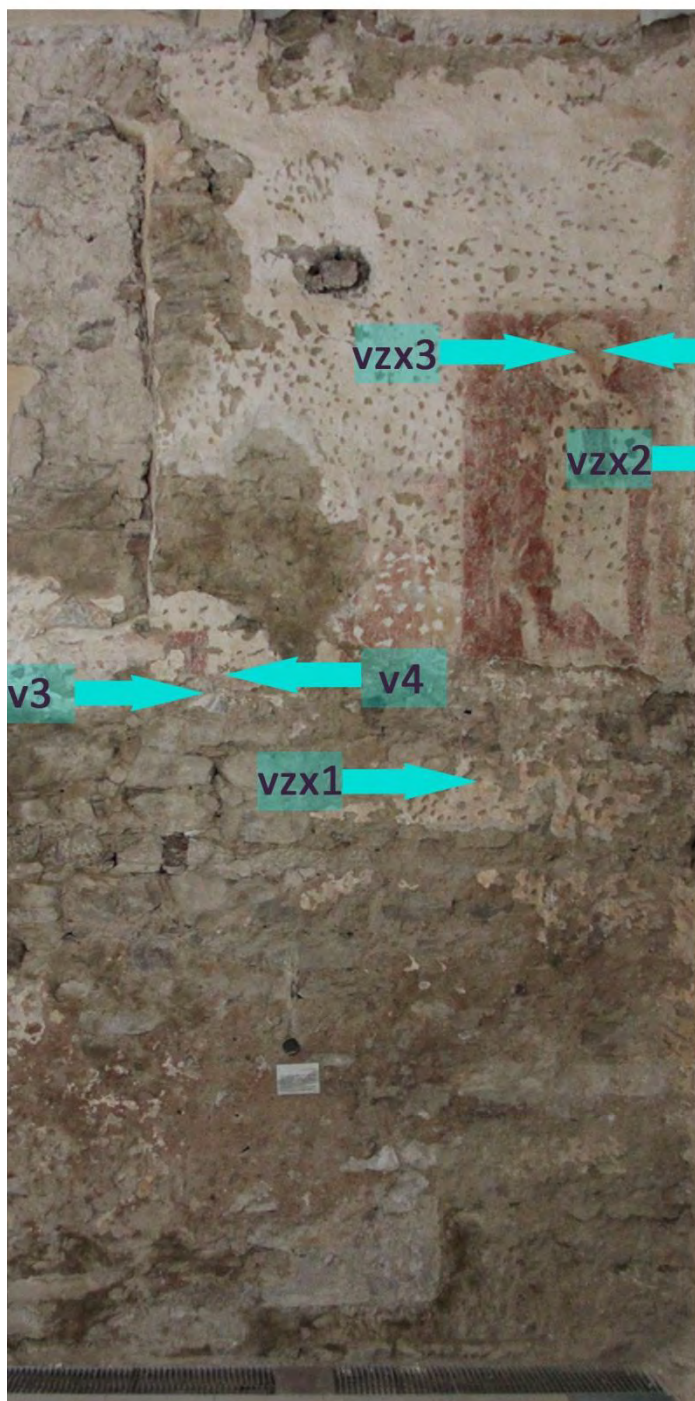
² Zdroj literatury k identifikaci, případně orientačnímu časovému zařazení využití pigmentů: Šimůnková E., Bayerová T. Pigmenty. STOP. Praha 2014. ISBN 978-80-86657-17-2.



Obr. 64 Severní stěna hlavní lodi kostela, grafický zákres míst odběrů vzorků vrtné moučky určených ke stanovení množství vodorozpustných solí, případně vlhkosti.



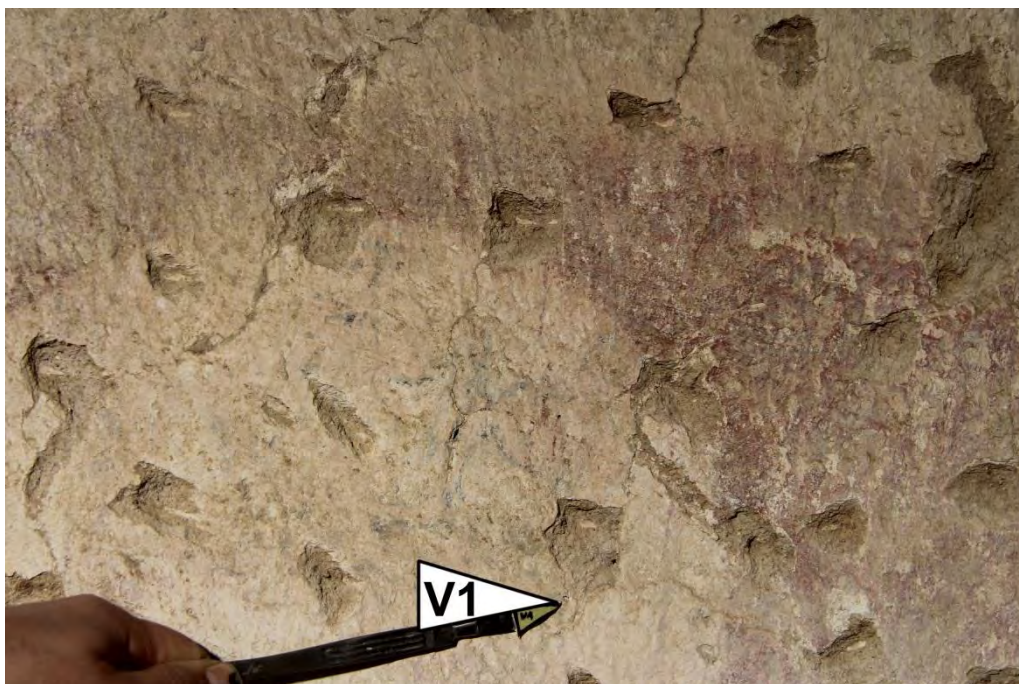
Obr. 65, 66 Východní a severní stěna hlavní lodi kostela (detail), grafický zákres míst odběrů vzorků odsolovacích zábalů o velikosti 10 × 10 cm.



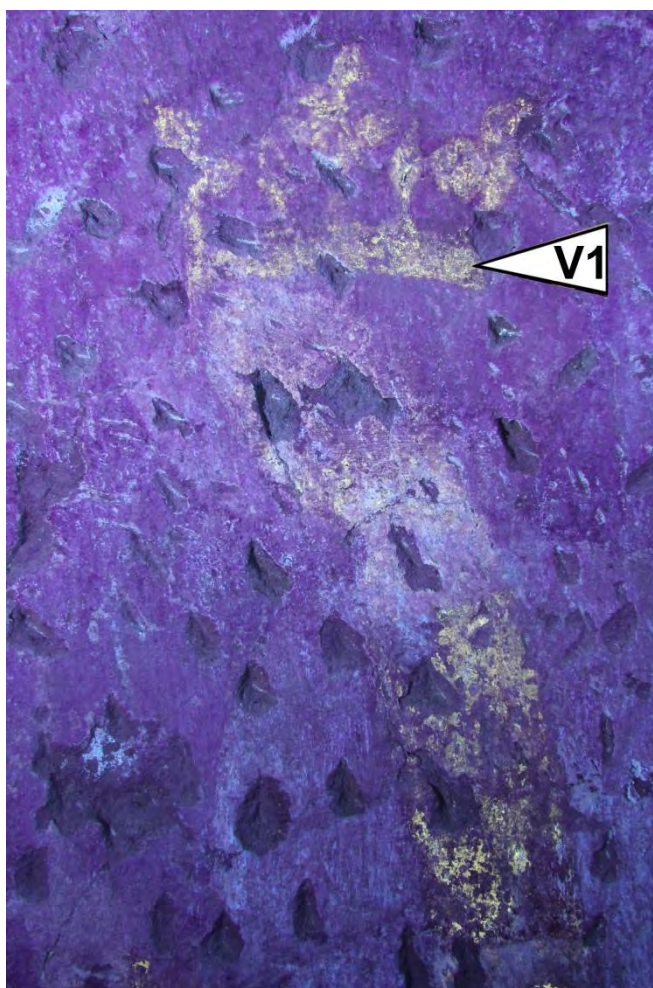
Obr. 67 Severní stěna hlavní lodi kostela. Zákres odběru vzorků k průzkumu povrchových úprav V1, V3, V4, Vzx1, Vzx3.



Obr. 68 Východní stěna vítězného oblouku. Odběr vzorků V2, Vzx2, Vzx4 k průzkumu povrchových úprav z nástěnné malby mřížového ornamentu.



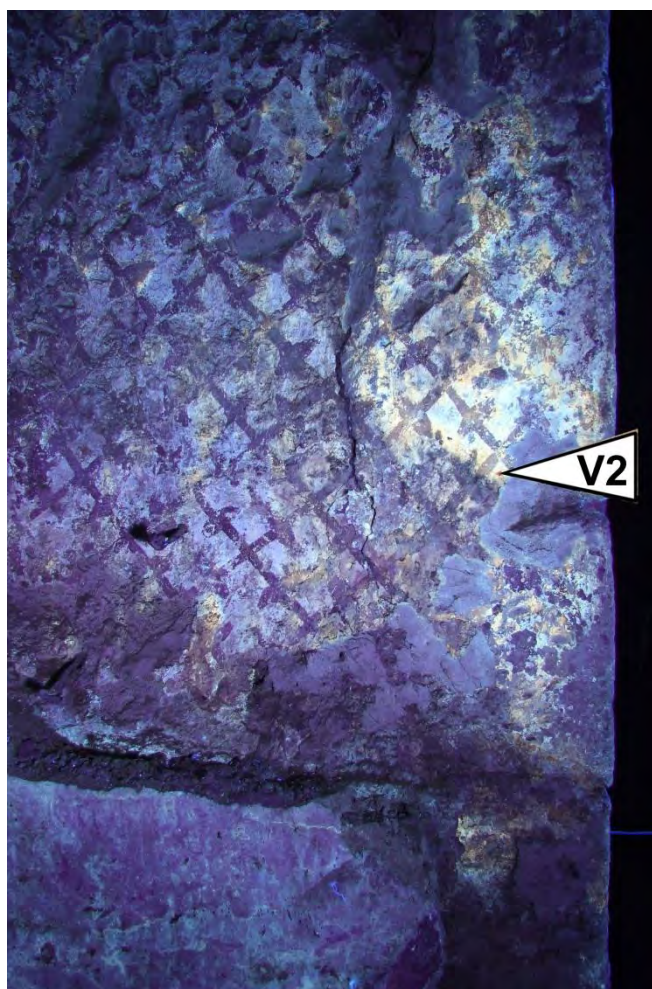
Obr. 69 Severní stěna hlavní lodi kostela, V1, detail. Odběr z nástěnné malby sv. Markéty (koruna svěťce).
Fotografie v rozptýleném osvětlení.



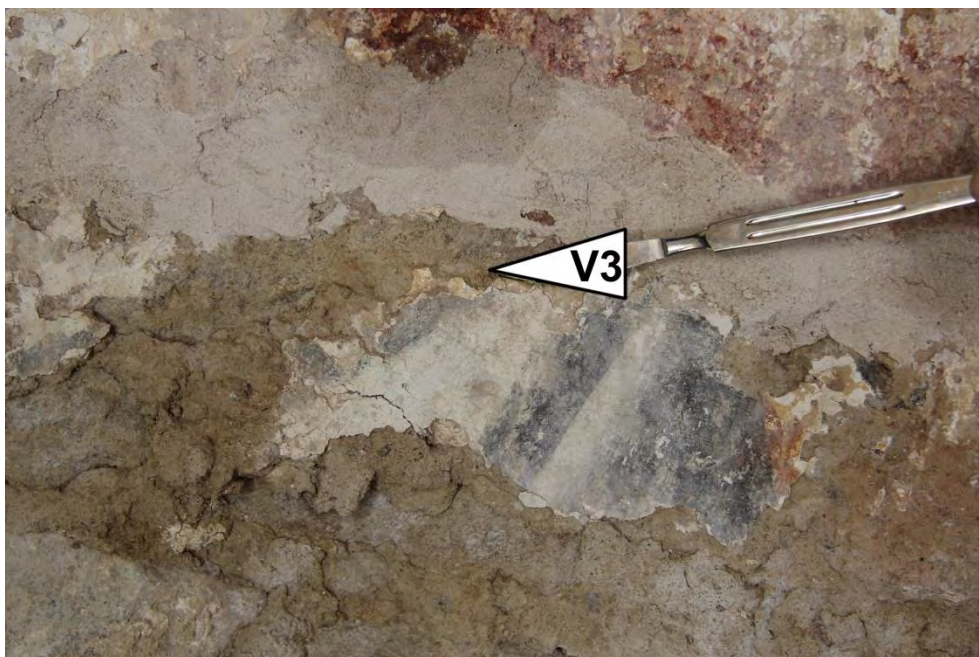
Obr. 70 Severní stěna hlavní lodi kostela, V1, detail. Fotografie v UV záření.



Obr. 71 Východní stěna vítězného oblouku, vzorek V2. Odběr z nástěnné malby mřížového ornamentu. Fotografie v rozptýleném osvětlení.



Obr. 72 Východní stěna vítězného oblouku, vzorek V2, detail. Odběr z nástěnné malby mřížového ornamentu. Fotografie v UV záření.



Obr. 73 Severní stěna hlavní lodi kostela, vzorek V3, detail.



Obr. 74 Severní stěna hlavní lodi kostela, vzorek V4, detail.



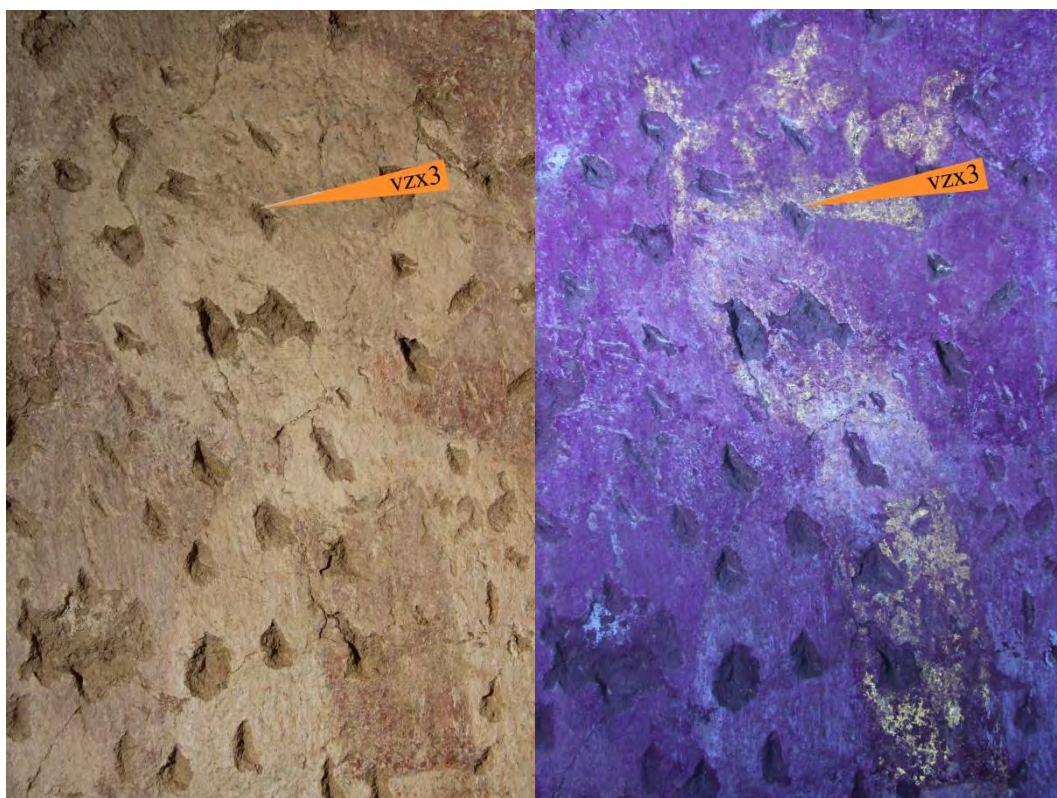
Obr. 75 Severní stěna hlavní lodi kostela, vzorek Vzx1, detail.



Obr. 76 Severní stěna hlavní lodi kostela, vzorek Vzx2, detail.



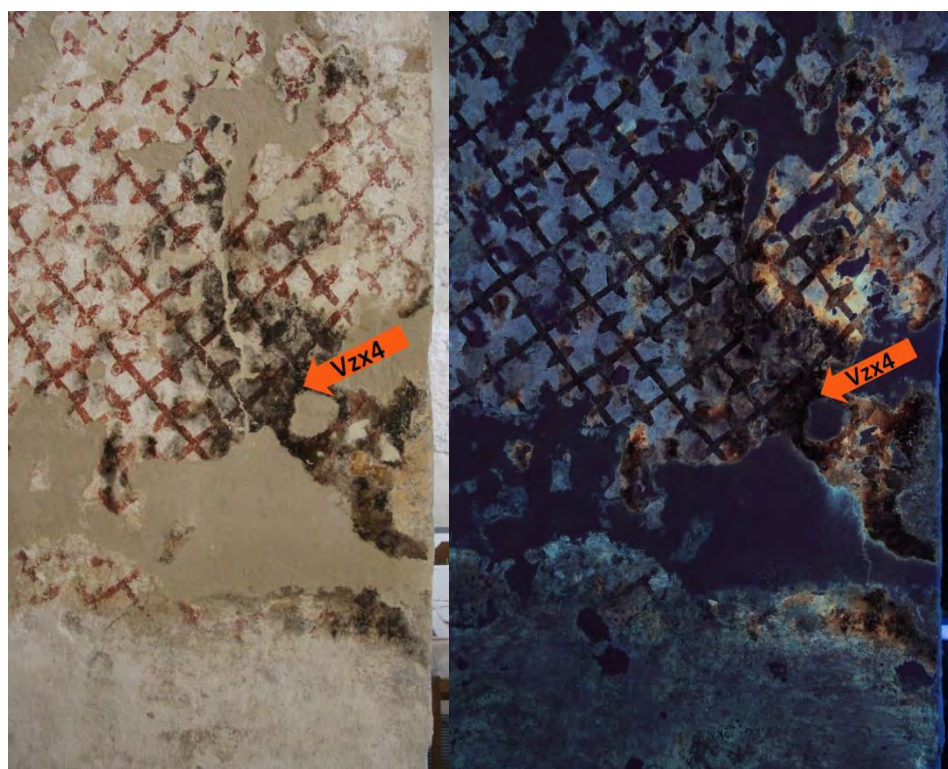
Obr. 77 Severní stěna hlavní lodi kostela, vzorek Vzx3, detail.



Obr. 78, 79 Severní stěna hlavní lodi kostela, vzorek Vzx3 – místo odběru v normálním světle a UV záření.



Obr. 80 Severní stěna hlavní lodi kostela, vzorek Vzx4, detail.



Obr. 81, 82 Severní stěna hlavní lodi kostela, vzorek Vzx4 – místo odběru v normálním světle a UV záření.

KUNST
HISTORISCHES
MUSEUM
WIEN

Dr. Václav Pitthard
Conservation Scientist
Conservation Science Department
vaclav.pitthard@khm.at
+43 1 52524 5702
+43 1 52524 4398

Vienna, 14.03. 2016

Report on the GC/MS analyses of composition of organic material

Introduction

One sample of organic material was analysed for its composition by gas chromatography - mass spectrometry technique.

Experimental

Analytical procedure for oils and resins:

Transmethylation with Meth-Prep II:

The sample was placed in vial with a conical insert and then treated with a 0.2M methanolic solution of Meth-Prep II (30 µl) and a solvent mixture (methanol: toluene, 1:2; 70µl). The sealed vial was heated to 60°C for 1 hour, removed from the heat, cooled to room temperature, and centrifuged. The clear solution was replaced into a new vial and 1µl injected into a GC inlet at a temperature of 300°C.

Analytical procedure for proteins:

Acidic hydrolysis:

The solid reference standard and the sample were placed in conical Reacti-vials and treated with 6M hydrochloric acid (HCl, 100 µl). The vials were closed with Mininert valves to be able to evacuate the vials and purge them with nitrogen (repeated twice). The sealed vials were heated to 105°C for 24 hour, removed from the heat, and cooled to room temperature. Their content was evaporated to dryness. To avoid humidity contamination to a minimum the vials were placed into a sealed exicator for 24 h.

Derivatisation procedure:

The dried sample was then processed with a pyridine – pyridine hydrochloride mixture (15µl) and a silylation reagent (MTBSTFA, 30µl), and kept at 60°C for 1h. After cooling 1µl of the reaction mixture was injected into a GC inlet at a temperature of 300°C.

Apparatus:

GC-MS analyses were performed on a 6890N gas chromatograph connected to a quadrupole mass spectrometer, model 5973N (both Agilent Technologies, USA).

Results and discussion

The results are listed in the Table 1 and depicted in Figures 1-2:

sample	sample description	oils/waxes/resins	proteins	others
P1 (8127)	omítka	- traces of lipids (probably from animal fat)	- <u>animal glue</u>	-

Table 1: The composition of the sample derived by GC-MS analyses

Note: -...not detected.

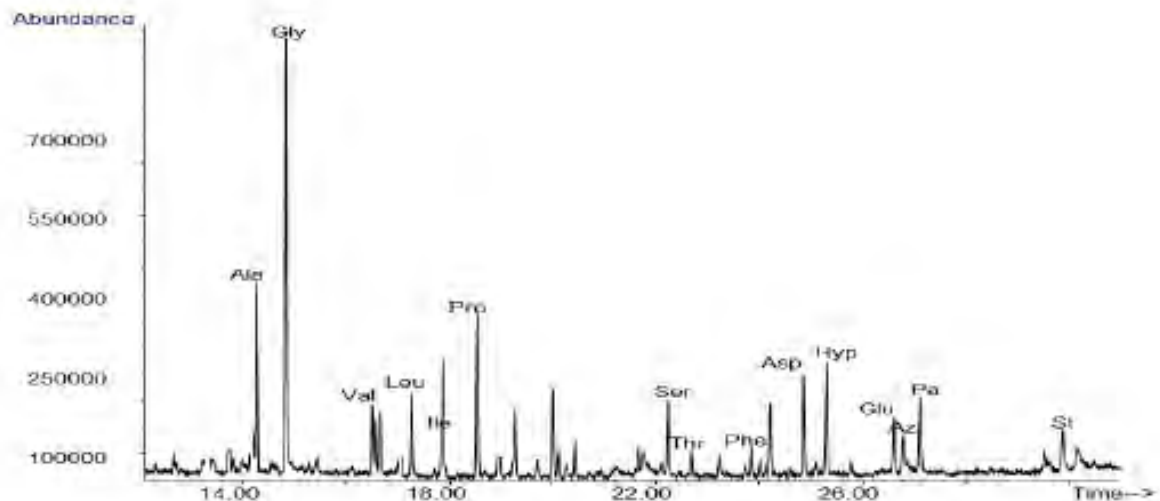


Fig 1. The chromatogram of the organic material from sample P1 after hydrolysis and silylation

Note: amino acids from animal glue (Ala...alanine, Gly...glycine, Val...valine, Leu...leucine, Ile...isoleucine, Pro...proline, Ser...serine, Thr...threonine, Phe...phenylalanine, Asp...aspartic acid, Hyp...hydroxyproline, Glu...glutamic acid) and fatty acids from animal fat (Az...azelaic acid, Pa...palmitic acid, St...stearic acid).

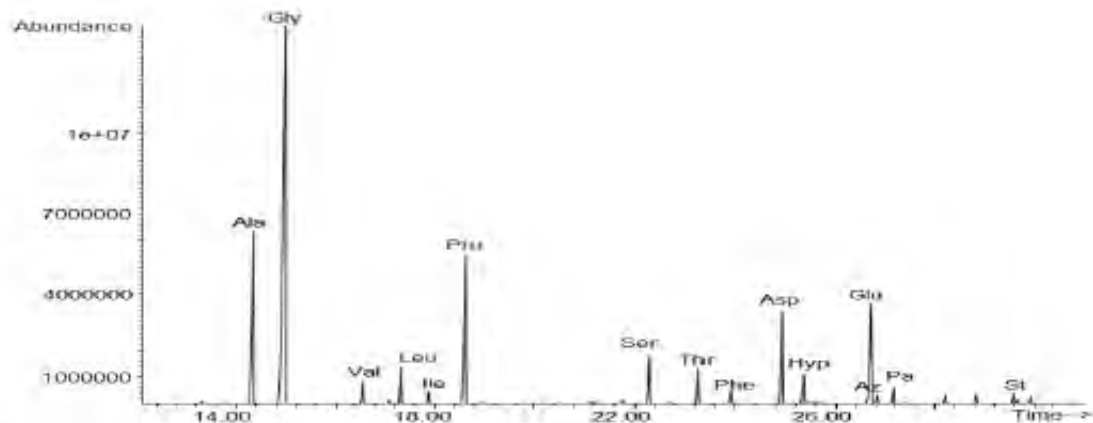


Fig 2. The chromatogram of the organic materials from animal glue reference standard after HCl hydrolysis and silylation.

Note: amino acids from animal glue (Ala...alanine, Gly...glycine, Val...valine, Leu...leucine, Ile...isoleucine, Pro...proline, Ser...serine, Thr...threonine, Phe...phenylalanine, Asp...aspartic acid, Hyp...hydroxyproline, Glu...glutamic acid) and fatty acids from animal fat (Az...azelaic acid, Pa...palmitic acid, St...stearic acid).

Conclusions

Sample was first analysed for the presence of oils and resins. The chromatographic results from analysis of drying oils and resins were negative (chromatogram not shown).

Subsequently, the sample was analysed for the presence of proteins. As depicted in Fig 1, the profile of amino acids corresponds to the profile of animal glue (see reference standard in Fig 2).

Animal glue was identified as a major binding medium in the sample. Animal glue was detected due to the high abundance of glycine and presence of hydroxyproline, which are the major characteristic markers of animal glues. In addition, the fatty acids are probably only fatty impurities.



**IBZ-Salzchemie
GmbH & Co.KG**

Technical Leaflet

CaLoSiL®

Colloidal nano-particles
of lime for stone and plaster
consolidation



CaLoSiL® in different concentrations

Properties

CaLoSiL® contains nano-particles of lime hydrate $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ suspended in different alcohols. Typical concentrations are between 5 and 50 g/L. The average particle size is 150 nm. The extremely fine size of the synthetic nano-lime results from its preparation, which is based on chemical synthesis. Ethanol, iso-propanol or n-propanol serves as solvents. Due to the low particle size stable sols are formed that means the solids do not sediment for a long time.

CaLoSiL® is a ready-to-use stone and plasters consolidate. Treatment of stone, mortar or plaster with CaLoSiL® results in the formation of solid calcium hydroxide after evaporation of the alcohol. That converts into calcium carbonate in a way similar to traditional lime mortars by reaction with atmospheric carbon dioxide. All alcohols evaporate without any residues. Chemicals or residues deteriorating stone or mortar are not formed.

CaLoSiL® can be applied using either a flow coating procedure, by dipping, spraying or injection. It is important that the complete weathered zone of the stone down to the sound is treated.

Available types of CaLoSiL® / Packaging

CaLoSiL® is available in concentrations between 5 and 50 g/L. The letters behind the name "CaLoSiL®" indicate the used solvent, the numbers give the total calcium hydroxide concentration in g/L. E –stands for ethanol, IP for iso-propanol and NP for n-propanol. For example, E-25 means, 25 g/L calcium hydroxide dispersed in ethanol.

Standard products are:

CaLoSiL® E-5, E-25 and E-50

CaLoSiL® IP-5, IP-15 and IP-25

CaLoSiL® NP-5, NP15 and NP-50

All CaLoSiL® types are available in 500 mL, 1 Litre, 2.5 Litre, 5 Litre and 10 Litre containers.

IBZ-Salzchemie GmbH & Co.KG

Gewerbepark „Schwarze Kiefern“ • 09633 Halsbrücke • Tel.: +49 (0)3731 200155 • Fax: +49 (0)3731 200156 •

www.ibz-freiberg.de • info@ibz-freiberg.de



Properties of formed calcium hydroxide / calcium carbonate

The calcium hydroxide particles formed after evaporation of the alcohol cover the surface of treated cracks, pores or joints. Dense films of calcium hydroxide films are formed, depending on the number of treatment cycles and the concentration of the used sols. Typical particles sizes are in the range of few hundred nano-metres. Their detection by means of standard optical microscopy may be difficult, the use of SEM is recommended.

Calcium carbonate formation by reaction with atmospheric carbon dioxide requires the presence of humidity. Depending on the conditions and the amount of calcium hydroxide brought into stone, mortar or plaster carbonations takes place within few days and weeks. In some cases, after treatment by spraying of water aerosols on the treated materials may be used to accelerate the carbonation process.

Penetration behaviour

The penetration into mortar, stone or plaster depends on many factors, of special importance are:

- Characteristics of the CaLoSiL® type applied
- Structure and surface characteristics of the materials to be treated,
- Porosity and capillary rise,
- Moisture content of the material
- Air temperature and air humidity during the application

When dense materials are treated with highly concentrated CaLoSiL® products (CaLoSiL® E-50, CaLoSiL®-paste like etc.) the penetration behaviour may be only low. Especially the presences of dense surface layers (for examples gypsum crusts on mortars, plasters) prevent a penetration of CaLoSiL® into deeper zones.

The penetration into materials with high moisture contents is generally more difficult than into dry substances. When necessary, pre-wetting with ethanol may help to reduce the moisture content of the material. After evaporation of the ethanol, it should be possible to apply all CaLoSiL® products without any problems.

White haze formation

The formation of a white haze on the surface of the treated material depends not only on the penetration behaviour of CaLoSiL® but also on the evaporation conditions of the alcohol. Fast evaporation is connected in the most cases with a re-transport of the nano-particles to the surface. There was not enough time for the fixation of the calcium hydroxide particles within the treated materials. General rules to prevent / reduce the formation of white haze are:

- Start the treatment with low concentrated products, increase the calcium hydroxide concentration step by step
- Avoid the treatment of wet materials, reduce the moisture content by pre-treatment with ethanol or ethanol-water mixtures (1:1).



- In the case of sensitive surfaces try to use CaLoSiL[®]-grey, which has a special consistency allowing deep penetration without white haze formation
- Avoid an "oversaturation" of the treated stone, plaster or mortar. Remove all CaLoSiL[®] which could not penetrate into the treated material for example, with a sponge.
- Test the addition of small amounts of acetone or heptanes.

Times

The alcohols evaporate within few hours. The carbonation process itself requires between few days and weeks, depending on the amount of calcium hydroxide formed and the environmental conditions (humidity, possibility of carbon dioxide migration).

CaLoSiL[®] and silicic acid esters

The combination of CaLoSiL[®] with silicic acid esters allows the successful consolidation and strengthening of materials at which pure silicic acid esters do not work satisfactorily. It is recommended to treat the materials in question in a first step by CaLoSiL[®] (for example E-25 or IP-25) and apply silicic acid esters after the evaporation of the alcohol. The calcium hydroxide formed from CaLoSiL[®] acts as an adhesion promoter as well as catalyst accelerating the hydrolysis of the silicic acid ester. The final strength is in many cases much higher than can be achieved by single treatment with silicic acid esters. All commercially available silicic acid esters can be used. Detailed information are summarised in a special technical leaflet.

Mixability with other materials

All CaLoSiL[®]-products can be intermixed. Blending with ethanol, n- or iso-propanol is also possible without any difficulties. In contrast to that, the addition of water results, when amounts greater than 10 wt.-% are added, in the formation of solutions characterised by a gel like consistency. Higher water amounts will flocculate the calcium hydroxide precipitates.

Storage

All materials have to be stored between + 5 °C and +30 °C. When CaLoSiL[®] remains in unopened, original containers, storage for at least three months is possible. After that time, agglomeration and connected with that, sedimentation may occur. The settled particles, however, can be re-dispersed by shaking the closed bottle or by ultrasonic treatment. The properties of the nano-sols remain unaffected.

Safety

CaLoSiL[®] is flammable/combustible. Keep away from oxidizers, heat, sparks and flames. Avoid spilling, skin and eye contact. Ventilate well, avoid breathing vapours. CaLoSiL[®] reacts strongly alkaline. Do not breathe vapour or mist. Do not smoke. Keep container closed. Use with adequate ventilation. Wash thoroughly after handling. Keep away from sources of ignition.



**IBZ-Salzchemie
GmbH & Co.KG**

Please store in a cool, dry place and in a tightly closed container. Further information concerning safety during transport, storage and handling as well as for disposal and ecology can be found in our latest Material Safety Data Sheet.

Before using in large scale we recommend to treat a small test field with CaLoSiL[®] in order to find out the most favourable application method and the required volumes of CaLoSiL[®].

The information mentioned above is state of the art. The application of our products and the work using is beyond the range of our influence. Therefore IBZ-Salzchemie GmbH & Co.KG can take no liability from events that result from the information contained in this leaflet.

IBZ-Salzchemie GmbH & Co.KG

Gewerbepark „Schwarze Kiefern“ • 09633 Halsbrücke • Tel.: +49 (0)3731 200155 • Fax: +49 (0)3731 200156 •
www.ibz-freiberg.de • info@ibz-freiberg.de

1. Identification of the Substance/Preparation and of the Company/Undertaking*Identification of the Product*

Product Name: Ledan® TA 1 Leit 03 - new
Article No.: 31020
Use of the Substance/Preparation: Artists' and Restoration Material

Company

Company: Kremer Pigmente GmbH & Co. KG
Address: Hauptstrasse 41-47, D 88317 Aichstetten
Tel/Fax: Tel +49 7565 91120, Fax +49 7565 1606
Internet: www.kremer-pigmente.de, kremer-pigmente@t-online.de
Emergency No.: +49 7565 91120, Mon-Fri 8:00 - 17:00

2. Hazard Identification

Additional information: Non-hazardous product if handled adequately.

3. Composition/Information on Ingredients

Chemical Characterization: Special chemically stable hydraulic binding agent components with minor amount of salts, silica powder, very fine Terra Pozzuoli and a special additive mixture

4. First Aid Measures

After inhalation: Remove person to fresh air. Get medical help in case of continuing complaints.
After skin contact: Wash off immediately with plenty of soap and water and rinse thoroughly.
After eye contact: Rinse open eye for several minutes under running water. Should irritation continue, seek medical advice.
After ingestion: Induce vomiting as long as affected person is conscious.
Get medical help.

5. Fire-Fighting Measures

Suitable extinguishing media: Foam, carbon dioxide (CO₂), water.
Protective equipment: Use self-containing breathing apparatus.
Special hazards: Do not inhale fumes.

6. Accidental Release Measures

Personal precautions: Ensure adequate ventilation.
Do not inhale dust.
Avoid dust formation, wear protective clothing. Keep spectators away.
Methods of cleaning/absorption: Take up mechanically and collect in suitable container for disposal.
Avoid dust formation and static discharges. Wear protective gear and self-contained breathing apparatus.

7. Handling and Storage

Handling

Instructions on safe handling: Avoid formation and deposition of dust. Provide adequate ventilation.

Storage

Storage conditions: Store in a cool and dry place.

Storage class (VCI): 13; Non combustible solids.

8. Exposure Controls/Personal Protection

Additional information about design of technical systems: Adequate ventilation.

Personal protective equipment

General protective measures: Keep away from foodstuffs and drinks. Do not eat, drink or smoke during work. Wash hands before breaks and at the end of the shift. The usual precautionary measures are to be adhered to when handling chemicals.

Respiratory protection: Dust mask.

Hand protection: Protective gloves

Eye protection: Safety glasses

Body protection: Protective clothing.

9. Physical and Chemical Properties

Form: powder

Color: gray, pale

Odor: odorless

Solubility in water: soluble

pH-Value: ca. 10

10. Stability and Reactivity

Hazardous reactions: Unknown.

Hazardous decomposition products: None known.

11. Toxicological Information*Primary effects*

Irritant effect on skin: Continuous contact can cause irritation.

Irritant effect on eyes: Continuous contact can cause irritation.

Sensitization: May cause sensitization.

12. Ecological Information

Further ecological effects: Avoid subsoil penetration. Prevent product from entering drains. Do not contaminate surface water.

Further information

Water hazard class: 0

13. Disposal Considerations

Product: Dispose of according to official national and local regulations.

14. Transport Information

Further information: Not classified as a dangerous good under transport regulations.

15. Regulatory Information

Material safety evaluation: The material is not subject to classification according to EC lists.

Water hazard class: 0, not hazardous

16. Other Information

This product should be stored, handled and used in accordance with good hygiene practices and in conformity with any legal regulations.

This information contained herein is based on the present state of knowledge and is intended to describe our product from the point of view of safety requirements. It should be therefore not be construed as guaranteeing specific properties.



Městský úřad Světlá nad Sázavou
odbor stavebního úřadu a územního plánování
náměstí Trčků z Lípy 18, 582 91 Světlá nad Sázavou

Č.j.: MSNS/4588/2015/OSÚ-4
Vyřizuje: Mgr. Ryndová Jana
Telefon: 569 496 651
E-mail: ryndovaj@svetlans.cz

Ve Světlé nad Sázavou dne: 16.4.2015

ROZHODNUTÍ

Výroková část:

Městský úřad Světlá nad Sázavou, odbor stavebního úřadu a územního plánování, jako místně a věcně příslušný orgán státní památkové péče ve smyslu § 29 odst. 2 zákona č. 20/1987 Sb., o státní památkové péči, ve znění pozdějších předpisů (dále jen „zákon o státní památkové péči“), obdržel dne 9.3.2015 žádost žadatele, kterým je **Národní památkový ústav, IČO 75032333, Valdštejské nám. č.p. 162/3, Malá Strana, 118 01 Praha, který zastupuje na základě pověření: Národní památkový ústav, územní památková správa v Českých Budějovicích, IČO 75032333, Přemysla Otakara II. 34, 370 21 České Budějovice 1, o vydání závazného stanoviska ve věci: **Průzkumné, konzervační a restaurátorské práce na východní stěně lodi - nemovitá kulturní památka kostel sv. Víta Zahrádka, rejstříkové číslo 14421/6-361.** Dnem 9.3.2015 bylo zahájeno správní řízení vedené pod spis. zn. 4588/2015/OSÚ/Ryj.**

Městský úřad Světlá nad Sázavou, odbor stavebního úřadu a územního plánování vydává v této věci podle § 14 odst. 1 a 3 zákona o státní památkové péči, toto

rozhodnutí - závazné stanovisko:

Práce: Průzkumné, konzervační a restaurátorské práce na východní stěně lodi - nemovitá kulturní památka kostel sv. Víta Zahrádka, rejstříkové číslo 14421/6-361, provedené podle návrhu na restaurování "Konzervační zákrok na nástěnných malbách na východní stěně lodi (a souvisejících fragmentech) kostela sv. Víta v Zahrádce" zpracovaným restaurátorem Janem Vojtěchovským ve 12/2013,

jsou přípustné.

Odůvodnění:

Dnem 9.3.2015 bylo zahájeno správní řízení vedené pod spis. zn. 4588/2015/OSÚ/Ryj na základě žádosti žadatele, kterým je **Národní památkový ústav, IČO 75032333, Valdštejské nám. č.p. 162/3, Malá Strana, 118 01 Praha, který zastupuje na základě pověření: Národní památkový ústav, územní památková správa v Českých Budějovicích, IČO 75032333, Přemysla Otakara II. 34, 370 21 České Budějovice 1, o vydání závazného stanoviska ve věci: Průzkumné, konzervační a restaurátorské práce na východní stěně lodi - nemovitá kulturní památka kostel sv. Víta Zahrádka, rejstříkové číslo 14421/6-361.**

Protože objekt kostela sv. Víta v Zahrádce je nemovitá kulturní památka chráněná státem ve smyslu zákona o státní památkové péči, která je evidována v Ústředním seznamu kulturních památek ČR pod rejstříkovým číslem 14421/6-361 a prohlášena památkou, je nutné k jakýmkoliv stavebním změnám či úpravám si předem, ve smyslu zákona o státní památkové péči, vyžádat závazné stanovisko příslušného orgánu státní památkové péče. Kostel sv. Víta je románského původu z období kolem roku 1250, kdy měla k Zahrádce, původně královskému majetku, již prokazatelně právo Vyšehradská kapitula. Stavba byla do roku 1852 mnohokrát upravována a přestavována, poněkud více kolem roku 1787, tato podoba je i z velké části dosud. Jedná se o orientovanou jednolodní stavbu s pravoúhlým presbytářem, se sakristií obdélníkového půdorysu v závěru a s čtyřbokou

hranolovou věží v SV rohu. Loď je obdélníková plochostropá s kruchtou sklenutou valenou klenbou s lunetami, sakristie sklenuta křížovou žebrovou klenbou, v presbytáři je klenba křížová. Kostel zůstal, jako poslední stavba ze zatopeného městečka Zahrádka, stát po vytvoření a naplnění přehradní nádrže na Želivce nedaleko od vodní plochy, které se přiblížila na pro stavbu téměř kritickou vzdálenost a vodní plocha od té doby ovlivňuje vlhkostní poměry v kostele i jeho možné využití (ochranné pásmo nádrže je ve zvláštním režimu a nepočítá s návštěvníky či turisty, pro které dokonce stále platí zákaz vstupu).

Vzhledem ke skutečnosti, že Městskému úřadu Světlá nad Sázavou, odboru stavebního úřadu a územního plánování, jsou známy všechny podstatné skutečnosti a žádost poskytuje dostatečný podklad pro posouzení, protože současně se žádostí byl předložen návrh na restaurování "Konzervační zákrok na nástěnných malbách na východní stěně lodi (a souvisejících fragmentech) kostela sv. Víta v Zahrádce" zpracovaný restaurátorem Janem Vojtěchovským ve 12/2013 a navrhované práce vychází z konaných kontrolních dnů, které upřesňují cíle a základní principy průzkumu i zásahu, proto bylo upuštěno od ústního jednání spojeného s místním šetřením.

V příložené žádosti jsou navrženy tyto práce:

- *průzkum a dokumentace*
- *odebrání vzorků pro laboratorní analýzy*
- *mechanické sejmutí nečistot*
- *zpevnění a další injektáž dutin*
- *fixace barevné vrstvy*
- *biocidní ošetření,*
- *odstranění případné mikrovegetace*
- *čištění ploch maleb*
- *celková konsolidace plochy lokální odsolení zábaly*
- *tmelení defektů*
- *neutrální retuš tmelů*

Práce jsou pokračováním procesu obnovy památky, započatém restaurováním nástěnných maleb v závěru kostela a obnovou souvisejících ploch omítek. Je žádoucí, celou obnovu provádět koncepčně i z hlediska prezentačního.

K zamýšleným pracím se písemně vyjádřil dne 7.4.2015 zástupce NPÚ (Národní památkový ústav, Územní odborné pracoviště v Telči, Hradecká č.p. 6, 588 56 Telč) pod č. jednacím NPU-272/20041/2015, které bylo doručeno správnímu orgánu dne 13.4.2015.

V souladu s ust. § 36 odst. 3 správního řádu bylo upuštěno od výzvy správního orgánu známým účastníkům řízení, aby se před vydáním rozhodnutí vyjádřili k jeho podkladům, protože se žádosti vyhovuje v celém rozsahu.

Práce „Průzkumné, konzervační a restaurátorské práce na východní stěně lodi kostela sv. Víta v Zahrádce“ nejsou v rozporu se zájmy státní památkové péče. Nástěnné malby u vítězného oblouku na východní straně lodi byly objeveny při průzkumech v roce 1975 a dále odkryty v posledních letech. Jde o torzálně zachovalé figurální výjevy, které nedosahují rozsahu ani kvalit maleb v presbytáři, nicméně je možno je chápat jako doklad dobové úpravy a výtvarné výzdoby lodi (která je mladší oproti malbám v presbyteriu a v tomto rozsahu zachování s nimi není v žádném hledisku prezentačně plnohodnotně srovnatelná), v průběhu vývoje doznavší dalších úprav a jejíž nynější podoba je tudíž výsledkem přestaveb v baroku, případně dalších zásahů v devatenáctém století (výmalba včetně jednoduchého dekoru). Při opakovaných jednáních v rámci kontrolních dnů, i za účasti širší odborné komise, bylo zdůrazněno, že je žádoucí mimo prostor presbyteria tyto malby a další, v rámci prací či degradace svrchních vrstev různou měrou odhalené situace neprezentovat, nýbrž podřídit koncepci obnovy prezentování toho nejhodnotnějšího, tedy výtvarné výzdoby v presbytáři kostela: figurálními výjevy na středověkých omítkách, obnovených v posledních letech.

Práce na obnově presbyteria (restaurování a obnova omítek, nesoucích výtvarnou výzdobu nástěnnými malbami a okolních ploch) byly ukončeny, nyní je zapotřebí pokračovat a koncepčně završit proces obnovy kostela i z hlediska celkové výsledné prezentace interiéru, což přináší nutnost vyřešit i s celkovou prezentací interiéru související otázky. Dle názoru památkové péče a přizvaných odborníků z řad uměleckých historiků není vhodné postupovat analyticky a prezentovat prostor jako museum či konglomerát domněle „zajímavých“ situací, k tomu by měla sloužit spíše prezentace fotodokumentace například formou panelů.

Provedení prací v celém rozsahu, uvedeném v záměru, je dle názoru orgánů památkové péče v souladu s požadavky památkové péče. Předložený výchozí materiál je pro tuto fázi dostatečným podkladem pro plánovaný zásah a z hlediska zájmů památkové péče ho doporučujeme provést. Neurčuje však výslednou prezentaci a proto na základě předchozích jednání a závěrů KD doporučujeme po konzervačním ošetření malby neprezentovat a opatřit ochranným nátěrem vápennou líčkou v rámci koncepce celkové prezentace prostoru kostela. Proto bylo rozhodnuto v této věci tak, jak je ve výroku rozhodnutí uvedeno.

V průběhu realizace obnovy interiéru kostela budou i nadále svolávány kontrolní dny za účasti zástupců státní památkové péče, vlastníka, projektanta a zhotovitele prací. V rámci těchto kontrolních dnů by měly být upřesněny a konzultovány detaily prací. Cílem konzultací je nacházet nejvhodnější řešení respektující současné principy památkové péče. Tento požadavek na svolávání kontrolních dnů má oporu v zákoně, zejména v § 32, kde je stanoven odborný dohled odborné organizace. Zároveň plyne z povahy věci, že případné dílčí usměrnění - upřesnění, může být uplatněno pouze v přítomnosti dotčených stran. Kontrolní dny lze považovat za jeden ze základních mechanismů účinného dohledu všech složek státní památkové péče.

Veškeré změny a další doplňky oproti předloženému záměru je nutno předem odsouhlasit s orgány státní památkové péče ve smyslu zákona o státní památkové péči.

Městský úřad Světlá nad Sázavou, odbor stavebního úřadu a územního plánování, vycházel při svém rozhodování ze všech dostupných podkladů a zjištění a řídil se platnými právními předpisy a nařízeními.

Toto závazné stanovisko je podkladem pro opatření příslušného stavebního úřadu ve smyslu zákona č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů.

Poučení o odvolání :

Proti tomuto rozhodnutí je možno podle ust. § 81 odst. 1, § 83 a § 86 odst. 1 správního řádu podat odvolání do 15 dnů ode dne jeho oznámení ke Krajskému úřadu Kraje Vysočina, Odboru kultury a památkové péče podáním u zdejšího správního orgánu.



Mgr. Ryndová Jana
úředník odboru stavebního úřadu
a územního plánování



Obdrží:

Účastník řízení: (IDDS)

Národní památkový ústav, IDDS: 2cy8h6t, *v zastoupení:*

Národní památkový ústav, územní památková správa v Českých Budějovicích, IDDS: 2cy8h6t

Odborná organizace: (na vědomí):

Národní památkový ústav, IDDS: 2cy8h6t