

Univerzita Pardubice

Fakulta restaurování

Bakalářská práce

2012

Magda Bodanská, DiS

Univerzita Pardubice

Fakulta restaurování

**Restaurování části maleb
v kupoli baziliky Nanebevzetí Panny Marie na Svatém Kopečku
u Olomouce**

Restaurátorský průzkum a restaurátorská dokumentace

**Praktické srovnání různých typů konsolidantů historických
omítek**

Vedoucí práce: Martin Martan, ak. mal.

Vypracovala: Magda Bodanská

Bakalářská práce

Zlín 2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Magda Bodanská, DiS.**
Osobní číslo: **R07019**
Studijní program: **B8206 Výtvarná umění**
Studijní obor: **Restaurování a konzervace nástěnné malby a sgrafita**
Název tématu: **Restaurování části maleb v kupoli baziliky Navštívení Panny Marie na Svatém kopečku u Olomouce**
Zadávací katedra: **Ateliér restaurování malby a sgrafita**

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

I. Praktická část bakalářské práce: V praktické části bakalářské práce diplomant dokládá, že je schopen samostatně provést komplexní restaurátorský zákrok. Diplomantce byla přidělena dolní část malby v medailonu umístěném na západní části kupole baziliky (přibližně 5 m²). Tématem výjevu je Abrahamova žena Sára. Diplomantka má nejdříve provést restaurátorský průzkum zacílený jak na originální techniku malby, tak i na rozbor a určení sekundárních zákroků. V závěru restaurátorského průzkumu musí být diplomantka schopna vyhodnotit všechna zjištění provedená in situ, stejně jako v laboratorních podmínkách. Poté bude vypracován návrh na restaurování, který bude schválen vedoucím práce. Na základě něj provede diplomantka restaurátorský zákrok. Průběh prací bude konzultován jak s vedoucím práce, tak i s oponentem, investorem a se zástupci ústředního pracoviště NPÚ. Nedílnou součástí bakalářské práce je vyhotovení restaurátorské dokumentace přiděleného úseku malby. V rámci restaurátorské zprávy diplomantka zpracuje informace o ikonografii a umělecko-historických souvislostech malby. II. Teoretická část bakalářské práce: Název teoretické části bakalářské práce je Praktické srovnání různých typů konsolidantů historických omítek. V teoretické části provede diplomantka shrnutí poznatků v oblasti strukturální konsolidace historických omítek, provede praktické odzkoušení vybraných konsolidačních prostředků na referenčních plochách omítek a provede subjektivní a objektivní hodnocení konsolidačního účinku jednotlivých konsolidantů. Po formální stránce dodrží diplomantka pravidla psaní bakalářských prací, stanovená na FR UPa.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

I. Praktická část bakalářské práce: Mora P., Mora L., Philippot P., Conservation of Wall Paintings. London 1984. Slánský, Bohuslav, Technika malby I a II. Praha 2003 Vaněček I., Nástěnné malby. VŠCHT Praha 1997. Zelinger J. a kolektiv, Chemie v práci konzervátora a restaurátora. Praha 1987. Hošek J., Muk J., Omítky historických staveb. Praha 1989. Mlčák L., Nástěnné malby Johanna Stegera v zámecké kapli v Tovačově, Vlastivědný věstník moravský, 2002, č. 3, s. 277. Smejkal B., Hyhlík V., Svatý kopeček, Poutní chrám Navštívení Panny Marie, Historická společnost Starý Velehrad se sídlem na Velehradě 1994 Ďuranová Y., Orientační restaurátorský průzkum, malířská a štuková výzdoba kleneb a stěn interiéru k římse, bazilika Navštívení Panny Marie, březen 2004 Boursová S., Možnost čištění nástěnných maleb pomocí iontoměničů ? bakalářská práce, Fakulta restaurování, Univerzita Pardubice, 2006

II. Teoretická část bakalářské práce: Bakalářské a diplomové práce FR UPCE Kotlík, P., a kol., Vápno, Stop, Praha 2001 Kotlík P.a kol., Stavební materiály historických objektů, Praha 1999 Rovnaníková, P., Malý, J., Stavební chemie, Brno 1994 Zelinger, J., Chemie v práci konzervátora a restaurátora. Praha 1987 Odborná periodika : Zprávy památkové péče Studies in Conservation Restauro Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung

Vedoucí bakalářské práce:

ak. mal. Martin Martan

Ateliér restaurování malby a sgrafita

Datum zadání bakalářské práce:

30. října 2010

Termín odevzdání bakalářské práce:

15. srpna 2011

L.S.

Ing. Karol Bayer
děkan

Jan Vojtěchovský
vedoucí ateliéru

V Litomyšli dne 5. května 2011

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 par. 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.

V Litomyšli dne.....2012

Magda Bodanská.....

Titul/ Title

Restaurování části maleb v kupoli baziliky Navštívení Panny Marie na Svatém Kopečku u Olomouce

Praktické srovnání různých typů konsolidantů historických omítek

The restoration of wall painting in the dome of the Church of The Visitation of The Virgin Mary on Svatý Kopeček in Olomouc

The practical comparison of the different type of resources for consolidation of historical plasters

Anotace/ Annotation

V první, praktické, části bakalářské práce jsou popsány a zdokumentovány restaurátorský průzkum a restaurování části nástěnných maleb v klenbě kupole Nanebevzetí Panny Marie na Svatém Kopečku u Olomouce. Jedná se o dolní část obrazu s tématem „Abraháмова žena Sára“. Obsahem praktické části je restaurátorský průzkum a vlastní restaurování malby. Fotodokumentace, grafická dokumentace a výsledky technologických analýz jsou obsaženy v přílohách.

Teoretická část bakalářské práce je zaměřena na shrnutí poznatků v oblasti strukturální konsolidace historických omítek, na praktické odzkoušení vybraných konsolidačních prostředků na referenčních plochách a subjektivní i objektivní vyhodnocení jejich konsolidačního účinku.

In the first, practical, part of the thesis is described and documented a restoration research and a restoration of some parts of murals in the dome of the Church of The Visitation of The Virgin Mary on Svatý Kopeček in Olomouc. Specifically it concerns the lower part of the painting “Abraham’s wife Sara”. The practical part of the thesis includes the restoration research and goes into detail of the restoration itself. The photographic documentation, graphic documentation and results of technological analyses are contained in appendixes. The second, theoretical, part of the thesis is focused on summarizing the findings of structural consolidation of historical plasters, the practical testing of selected reference resources for consolidation of plaster surfaces and subjective and objective evaluation of individual consolidation effect.

Klíčová slova/ Key words

restaurování, nástěnná malba, Svatý Kopeček, Johann Steger, Abraháмова žena Sára, páv, vápenné secco, organické pojivo, iontoměnič, přemalba, konsolidace, omítka, penetrace,

restoration, mural painting, Svatý Kopeček, Johann Steger, Abraham’s wife Sara, peacock, lime secco technique, organic binder, ionexchange resin, overpainting, consolidation, plaster, penetration

1. ÚVODNÍ EVIDENČNÍ ÚDAJE	11
1.1. Lokalizace památky	11
1.2. Údaje o památce	11
1.3. Údaje o akci.....	11
1.4. Údaje o bakalářské práci.....	12
2. UMĚLECKOHISTORICKÝ PRŮZKUM	13
2.1. Lokalizace objektu	13
2.2. Stručná historie objektu	13
2.3. Předchozí opravy interiéru.....	14
2.4. Popis kupole baziliky a její výzdoby.....	14
2.5. Lokalizace jednotlivých maleb v klenbě kupole	15
2.6. Popis a ikonografický rozbor maleb v klenbě kupole.....	15
2.8. Autor maleb Johann Steger.....	19
2.9. Lokalizace části malby, která je součástí této bakalářské práce	20
3. RESTAURÁTORSKÝ PRŮZKUM	20
3.1. Původní technika díla.....	21
3.1.1. Složení zdiva	21
3.1.2. Složení a nanášení omítky.....	21
3.1.3. Denní díly.....	21
3.1.4. Rozpraskání omítek.....	22
3.1.5. Rozvržení malby (podkresby)	22
3.1.6. Technika nanášení barevných vrstev.....	23
3.1.7. Pojivo malby	23
3.1.8. Použité pigmenty.....	23
3.1.9. Autorské opravy (pentimenty).....	23
3.2. Předchozí zásahy	24
3.2.1. Přemalby.....	24
3.3. Poškození.....	25
3.3.1. Povrchové nečistoty	25
3.3.2. Biologické napadení.....	26
3.3.3. Ztráta adheze a koheze barevné vrstvy.....	26
3.3.4. Defekty omítek.....	27
3.3.5. Ztráta adheze a koheze omítek	27
3.3.6. Ztmavlá fixáž z předchozích oprav	27
3.3.7. Přemalby.....	27
4. NÁVRH NA RESTAUROVÁNÍ A KONCEPCE RESTAURÁTORSKÉHO ZÁSAHU	27
5. POSTUP RESTAURÁTORSKÝCH PRACÍ.....	29
5.1. Dokumentace stávajícího stavu a druhotných zásahů	29

5.2. Prekonsolidace barevné vrstvy	29
5.2.1. Zkoušky prekonsolidace barevné vrstvy	29
5.2.2. Postup prekonsolidace barevné vrstvy	30
5.3. Sanace biologického napadení.....	31
5.4. Čištění a odstraňování přemaleb	31
5.4.1. Zkoušky čištění a odstraňování přemaleb	31
5.4.2. Postup čištění a odstraňování přemaleb	32
5.5. Konsolidace barevné vrstvy.....	33
5.6. Konsolidace omítkové vrstvy.....	33
5.7. Tmelení.....	33
5.8. Izolace tmelů	33
5.9. Retuše a rekonstrukce.....	33
6. SEZNAM POUŽITÝCH MATERIÁLŮ.....	33
7. DOPORUČENÝ REŽIM PAMÁTKY	34

II. Teoretická část (Praktické srovnání různých typů konsolidantů historických omítek)

ÚVOD

8. DEGRADACE A KONSOLIDACE HISTORICKÝCH OMÍTEK	36
8.1. Degradace historických omítek.....	36
8.2. Strukturální konsolidace historických omítek	36
9. ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI VYBRANÝCH STRUKTURÁLNÍCH KONSOLIDANTŮ HISTORICKÝCH OMÍTEK	37
9.1. Vápenná voda	37
9.1.1. Složení a charakteristika.....	37
9.1.2. Využití a základní vlastnosti v oblasti strukturální konsolidace	38
9.2. Nanosuspenze na bázi hydroxidu vápenatého CaLoSil® E25	39
9.2.1. Složení a charakteristika.....	39
9.2.2. Historie výroby a použití v oblasti strukturální konsolidace.....	40
9.2.3. Základní vlastnosti	40
9.3. Ester kyseliny křemičité Funcosil® Steinfestiger	42
9.3.1. Složení a charakteristika.....	42
9.3.2. Historie výroby a použití v oblasti strukturální konsolidace.....	43
9.3.3. Základní vlastnosti	43
9.4. Křemičitý sol ve vodě Tosil A.....	44
9.4.1. Složení a charakteristika.....	44
9.4.2. Historie výroby a použití v oblasti strukturální konsolidace.....	44
9.4.3. Základní vlastnosti	44

10. SROVNÁNÍ VYBRANÝCH STRUKTURÁLNÍCH KONSOLIDANTŮ HISTORICKÝCH OMÍTEK.....	46
10.1. Výběr publikovaných názorů, výzkumů a praktických zkušeností.....	46
11. ZKOUŠKY RŮZNÝCH TYPŮ KONSOLIDANTŮ HISTORICKÝCH OMÍTEK.....	50
11.1. Charakteristika referenčních ploch.....	50
11.1.1. Lokalizace a popis referenčních ploch	50
11.1.2. Složení a základní vlastnosti omítky	51
11.1.3. Poškození omítky	53
11.2. Zkoušky konsolidace omítek	53
11.3. Subjektivní hodnocení.....	55
11.3.1. Subjektivní hodnocení při aplikaci	55
11.3.2. Subjektivní hodnocení po vytvrnutí	56
11.4. Objektivní hodnocení vybraných parametrů	58
11.4.1. Zkoumání povrchu konsolidované a nekonsolidované omítky na odebraných vzorcích	58
11.4.2. Zkoumání konsolidované a nekonsolidované omítky pomocí REM-EDS	60
11.4.3. Výsledky hodnocení konsolidace metodou ultrazvukové transmise.....	63
11.4.4. Výsledky stanovení nasákavosti vodou a stanovení koeficientu nasákavosti	66
12. SHRUTÍ.....	67
13. ZÁVĚR.....	68
14. LITERATURA A PRAMENY	69
14.1. Literatura a prameny.....	69
14.2. Studentské závěrečné práce.....	70
14.3. Přednášky.....	71
15. PŘÍLOHY	71
15.1. Fotodokumentace k praktické části	
15.2. Grafická dokumentace k praktické části	
- vyznačení jednotlivých poškození malby	
- vyznačení odstraněných a ponechaných druhotných přemalby a rekonstrukcí	
- původní opravy (pentimenty), podkresby	
- lokalizace odebraných vzorků a zkoušek čištění	
15.3. Fotografie malby z období po r. 1932	
15.4. Technologické analýzy k praktické části	

- Svatý Kopeček u Olomouce, Průzkum barevných vrstev z nástěnných maleb, Ing. Tatjana Bayerová, Ing. Karol Bayer, Litomyšl 2008.
- Mikrobiologické zkoušky, Ph.Mr. Bronislava Bacílková, Praha, Národní archiv 2008.

15.5. Technické listy zkoušených konsolidantů v rámci teoretické části

15.6. Dokumentace zpevňování referenčních ploch omítek vápennou vodou

I. Praktická část

Restaurování části maleb v kupoli baziliky Navštívení Panny Marie na Svatém Kopečku u Olomouce

1. Úvodní evidenční údaje

1.1. Lokalizace památky

Název: nástěnná malba s motivem "Abraháмова žena Sára" v jedné z šesti kartuší v kupoli klenby

Okres: Olomouc

Obec: Olomouc

Adresa: Kostel Navštívení Panny Marie na Svatém kopečku, Sadové náměstí 1, Svatý Kopeček, č. parcely 2/0

Bližší určení: Dolní část nástěnné malby s motivem "Abraháмова žena Sára" v jedné z šesti kartuší v kupoli klenby

Rejstříkové číslo památky: 1829/2

1.2. Údaje o památce

Autor: Jan Steger (1677)

Datace, sloh: 1677, baroko

Technika: fresco-secco

Rozměry: cca 6 m²

Předchozí známé restaurátorské zásahy: 1731 J. K. Handke

1903–1906 Gustav Přeček

1930–32 Jan Janša

1941–43 Otto Stritzko

1.3. Údaje o akci

Vlastník: Královská kanonie Premonstrátů na Strahově,
Strahovské nádvoří 1/132, 11800 Praha 1

Investor: Královská kanonie Premonstrátů na Strahově,
Strahovské nádvoří 1/132, 11800 Praha 1

Hlavní dodavatel restaurátorských prací: GEMA art group a.s.,
Radhošťská 1771, 13000 Praha 3

Restaurátorský průzkum a návrh na restaurování : Magda Bodanská DiS,
Miroslav Bodanský,
ak. mal. M. Martan

Závazné stanovisko: rozhodnutí Magistrátu města Olomouce, Č.j.: OKR/OPP/1572/04/Ka
ze dne 21. 4. 2004

Termín prací: červen 2008 – listopad 2009

Restaurovala: Magda Bodanská, DiS, Boněcko I/264, 760 01 Zlín,
povolení MK ČR č. j. 3328/2000
ak. Mal. Martin Martan, U hráze 3, 10000 Praha 10,
povolení MK ČR č. j. 6606/96

Technologické analýzy: Ing. Karol Bayer, P. Bezruč, 570 01 Litomyšl,
PhMr. B. Bacílková, Národní archiv, Archivní 4, 149 00 Praha 4

1.4. Údaje o bakalářské práci

Bakalářskou práci zpracovala: Magda Bodanská, DiS

Počet stran textu: 71

Počet stran příloh: 66

Počet obrázků v textu: 85

Počet tabulek v textu: 13

Počet fotografií v Příloze Fotodokumentace: 75

Autor fotografií: Magda Bodanská, (spolupráce Miroslav Bodanský)

Uložení bakalářské práce: tištěná verze – knihovna FRUPCE

digitální verze (formát pdf) – knihovna FRUPCE + u autorky)

Tato dokumentace je chráněna autorskými právy ve smyslu příslušných ustanovení zákona č. 121/2000 Sb. V platném znění. Použití nebo citace jakékoli části je vázáno na uvedení zdroje podle platných norem.

Prohlašuji, že jsem při restaurování použila pouze materiály a postupy uvedené v této dokumentaci. Nejsm si vědoma nových zjištění a skutečností na restaurované památce, které by v této dokumentaci nebyly uvedeny.

Ve Zlíně dne 10. 5. 2012

.....
podpis

2. Uměleckohistorický průzkum

2.1. Lokalizace objektu

Poutní kostel Nanebevzetí Panny Marie se nachází na Svatém kopečku u Olomouce.

2.2. Stručná historie objektu

R. 1633 byla na místě dnešního kostela na pozemku premonstrátského opatství Klášterní Hradisko postavena kaple, která se stala základem budoucího poutního místa s premonstrátskou řeholní komunitou. Za třicetileté války kaple vyhořela a na jejím místě premonstráti z Hradiska vybudovali podle plánů architekta Giovanniho Pietra Tencalla podélně orientovaný kostel s příčnou lodí a kupolí nad křížením. Roku 1684 k němu byla připojena prelátská rezidence a brzy nato i budovy pro pobyt kněží.

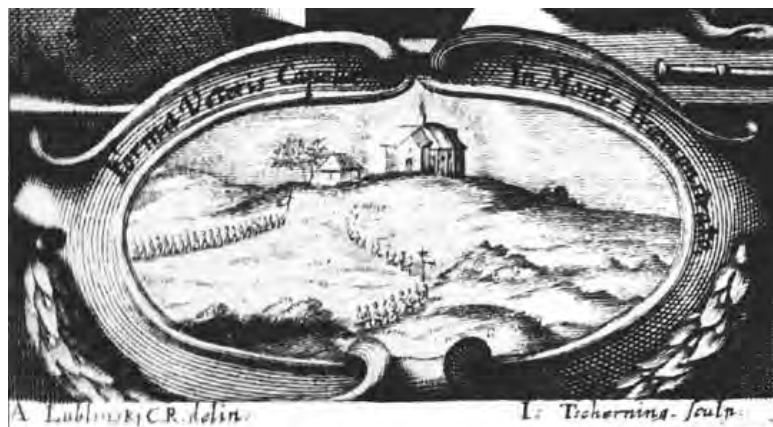
Za opata Benedikta Bönische, zvoleného r. 1714, byly ke stranám chrámu přistavěny patrové budovy - rezidence, severní pro kněze a jižní pro převora s reprezentačními sály pro potřeby opata za jeho pobytu na Svatém Kopečku. Stavitelem byl Domenico Martinelli, který je rovněž považován za autora ambitu s kaplí Jména Panny Marie, které areál uzavírají ze zadní strany.

V letech 1721–1732 došlo pod vedením architekta Baldassara Fontany k nové velkolepé výzdobě interiéru bohatou štukaturou doplněnou freskami tehdy nejvýznamnějších umělců.

V roce 1784 byl klášter premonstrátů na Hradisku u Olomouce zrušen a objekt přešel do správy olomoucké konzistoře.

Roku 1846 byl objekt předán klášteru premonstrátů v Praze na Strahově. Na konci války byl kostel značně poničen střelami během osvobozovacích bojů o Olomouc.

V letech 1950-1990, po zrušení klášterů komunistickým režimem, byl objekt spravován diecézí a roku 1990 předán strahovským premonstrátům.



Obrázek č. 1: Rytina podle kresby Antonína M. Lublinského z roku 1679 zachycující podobu původní poutní kaple.

2.3. Předchozí opravy interiéru

Z písemných pramenů vyplívá, že interiér kostela byl několikrát opravován.

V roce 1832 byla provedena jen nejnnutnější údržba chrámu.

Patrně rozsáhlejší zákrok proběhl v r. 1846. K významné opravě celého interiéru olomouckým malířem Gustavem Přečkem došlo v letech 1903-1906. Další rozsáhlá oprava interiéru se uskutečnila v letech 1930 – 1932 a provedl ji malíř Jan Janša z Prahy.

V opravách dále pokračoval v letech 1941 – 1943 Otto Stritzko.

Dílčí oprava byla provedena po ostřelování kostela v květnu 1945, kdy tři zásahy poškodily v klenbě kupole plochu malby s Rebekou a Izákem.

Z těchto oprav se týkala maleb v klenbě kupole oprava v roce 1904, provedená Gustavem Přečkem, dále oprava v roce 1931 provedená malířem Janem Janšou a oprava klenby po odstřelování v roce 1945, kterou provedl Oto Stritzko. Konkrétnější zprávy o těchto opravách, které by mapovaly restaurátorské postupy, míru zásahů a použité materiály se bohužel v důsledku chybějící dokumentace nedochovaly.

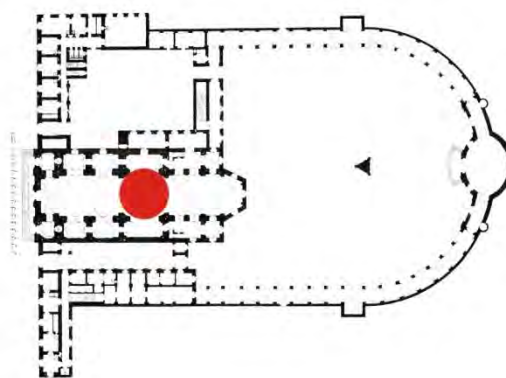
V roce 2004 byl v interiéru baziliky proveden ak. mal. Yvonou Ďuranovou orientační restaurátorský průzkum stavu malířské a štukové výzdoby.

V roce 2007 započal projekt na celkovou opravu štukové a freskové výzdoby interiéru baziliky. Projekt byl realizován za podpory z programu Finančních mechanismů EHP/Norska. Hlavním dodavatelem restaurátorských prací byla firma Gema art group a.s. Restaurátorské práce byly rozděleny do tří etap – 2007, 2008 a 2009. Restaurování maleb probíhalo pod vedením ak. mal. Martina Martana. V roce 2007 byla restaurována klenba presbytáře. Druhá etapa, jejíž součástí byla i tato praktická bakalářská práce, zahrnovala opravu štukové a freskové výzdoby kupole a bočních kaplí sv. Josefa a sv. Jáchyma v rozsahu od hlavní římsy nahoru. Poslední etapa restaurování štukové a freskové výzdoby probíhala roku 2009 a týkala se klenb hlavní lodi a bočních kaplí od hlavní římsy nahoru.

2.4. Popis kupole baziliky a její výzdoby

Kostel je stavěn jako podélné jednolodí se dvěma sakristiemi a podélně průchodnými kaplemi po obvodu. Nad křížením hlavní a příčné lodě o stejné výšce a šířce se klene prostorná kupole.

Kupole je položena na čtyřech pilířových svazcích, v jejichž nikách jsou postavy evangelistů. Z pilířů vystupují čtyři pendativy, které jsou zdobené freskami z roku 1731 od Jana Kryštofa Handkeho představující alegorie čtyř tehdy známých světadílů Evropy, Asie, Afriky a Ameriky.



Obrázek č. 2: Půdorys kostela Navštívení Panny Marie na Svatém Kopečku s vyznačením umístění kupole.

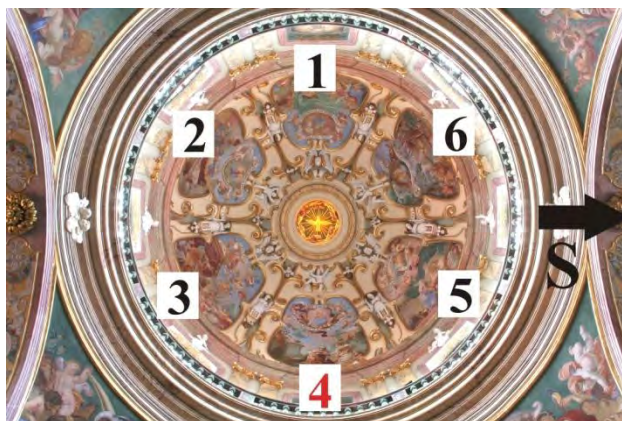
Na pendantivy navazuje tambur, jehož slepá okna, pod nimiž jsou průchody do chrámového podstřeší, jsou vyzdobena freskovou malbou od J. Stegera z roku 1677. Obraz na východní straně představuje Poutníkovu cestu k Matce Boží svatokopecké, západní obraz pak Andělé chválí jména Ježíš a Maria. Tyto obrazy jsou lemovány dekorativní malovanou špaletou.

Klenba kupole je štukovou výzdobou rozdělena na šest volutových kartuší ve tvaru zaoblených lichoběžníků s freskami od vídeňského malíře Johanna Stegera. Fresky představují události ze života šesti starozákonních žen: Sáry - ženy Abraháma, Rebeky - ženy Izáka, Abigail - ženy Davida, Betsabe - matky krále Šalamouna, Judith - přemožitelky asyrského vojevůdce Holoferna a Esther - manželky perského krále Assuera.

Kupole je korunována lucernou, v níž je umístěna holubice, symbol Ducha Svatého, obklopená hlavami andělků.

2.5. Lokalizace jednotlivých maleb v klenbě kupole

- 1: Malba s *Betsabé*
- 2: Malba s *Juditou*
- 3: Malba s *Ester*
- 4: **Malba se *Sárou***
– součást této bakalářské práce
- 5: Malba s *Rebekou*
- 6: Malba s *Abigail*



Obrázek č. 3: Lokalizace jednotlivých výjevů v klenbě kupole.

2.6. Popis a ikonografický rozbor maleb v klenbě kupole

Námětem Stegerových fresek v kupuli jsou invokace z litanie „Salve Regina“, doplněné starozákonními prefiguracemi Panny Marie. Malby měly být původně provedeny podle Lublinského návrhů, které předtím akceptoval Giacomo Tencalla. Steger se tomu vzepřel a rozhodl se malby provést podle vlastních návrhů.

Cyklus šesti Stegerových maleb má jednotnou kompozici, která se skládá ze dvou významových vrstev. Horní vrstvu tvoří oválné medailony s mariánskou tematikou, provázené nahoře latinskou invokací a dole latinským textem mariánské modlitby Salve Regina. Spodní vrstva zachycuje scény ze starého zákona, ke kterým se vztahují starozákonní biblické citáty. Jejich námětem je šest mariánských starozákonních předobrazů. Krása, vlastnosti i činy starozákonních žen, které jsou zobrazeny v ústřední části malby, jsou předobrazy k vlastnostem a poslání Panny Marie v Novém zákoně.

Malby jsou provedeny v sytém koloritu s akcenty bohatě traktovaných drapérií.

Na prvním medailonu, s nápisy MATER SALVTIS (Matko spásy) a SALVE REGINA MATER MISERICORDIAE (Zdravas Královno, Matko milosrdenství), je namalováno Korunování Panny Marie. Spodní část malby vyplňuje Betsabé předávající králi Šalamounovi žezlo. Téměř žánrová scéna, s chlapcem držícím papouška a spícím psem, se odehrává před těžkou tmavě zelenou drapérií, ostře kontrastující se sytým modrým pozadím. Biblický citát 1Kr 2, 20 je mírně upraven a při opravě nesprávně označen: PETE MATER / MEA NEQVE ENIM / FAS EST VT / AVERTAM FACIEM / MEAM III Reg. 2. 20. Podle Vulgáty pete mater mi neque enim fas est ut avertam faciem tuam (Žádej, má matko, tebe neodmítnu).



Obrázek č. 4: Malba s Betsabé.

Ve druhém medailonu, mezi nápisy MATER SANCTAE SPEI (Matko svaté naděje) a VITA DVLCEO, SPES NOSTRA SALVE (živote, sladkosti a naděje naše, buď zdráva) je namalována Panna Marie Vítězná. K ní je přiřazena dramatická scéna Judity, třímající hlavu Holofernovu. Připojen je biblický citát z Júd 15, 9: TV GLORIA / JERUSALEM / TV / LAETITIA / JSRAEL TV / HONORIFICENTIA / POPVLI NOSTRI / Judith XV. (Tys povznesením Jeruzaléma, tys velkou chloubou Izraele, tys velkou pýchou našeho pokolení).



Obrázek č. 5: Malba s Juditou.

Třetí medailon, mezi invokací MATER DIVINAE MISERICORDIAE (Matko boží Milosti) a pokračováním litanie AD TE CLAMAMVS EXVLES FILII EVAE (K tobě voláme, vyhnaní synové Evy), je věnován setkání Panny Marie se Vzkříšeným Kristem. Scéna předobrazu zachycuje královnu Ester před králem Hamanem. K tomu se váže starozákonní citace Est 7, 3: DONA MIHI / ANIMAM MEAM, PRO / QVA ROGO ET POPVLVM / MEVM PRO QVO / OBSECRO Esth 7.3 (Nechť je mi na mou prosbu darován život a na moji žádost můj lid.)



Obrázek č. 6: Malba s Ester.

Čtvrtý medailon (viz. Kap. 2.7.)

Do pátého medailónu, s nápisy: MATER BENEDICTIONIS (Matko požehnání) a EIA ERGO, ADVOCATA NOSTRA, ILLOS TUOS MISERICORDES OC(C)ULOS AD NOS CONVERTE (A proto, orodovnice naše, obrať k nám své milosrdné oči), Steger namaloval Pannu Marii, která spolu s Ježíšem věncem oslavuje skupinu zbožných křesťanů. Předobrazem Panny Marie je v této kartuši Rebeka, která přivádí ke slepému Jákobovi, pro otcovské požehnání, místo prvorozeného Ezaa, druhorozeného syna Izáka. Průvodní text Gn 27, 14 zní: PARAVIT / ILLA CIBOS SICVT VELLE / NOVERAT PATREM / ILLIVS / Gen. 27, 14. (ona pak připravila otcovu oblíbenou pochoutku).



Obrázek č. 7: Malba s Rebekou.

V šestém medailonu, mezi invokací MATER VITAE (Matko života) a poslední částí litanie Salve Regina ET JESVM BENEDICTVM FRVCTVM VENTRIS TVI NO(B)IS POST HOC EXSILIUM OSTENDE (a Ježíše, požehnaný plod života svého, nám po tomto putování ukaž), je namalována Panna Marie, ukazující malého Ježíše jeho Otcí, stvořiteli světa. Předobrazem Marie je na této závěrečné kartuši Abigail, přinášející pokrmu budoucímu králi Davidovi. BENEDICTA TV QVAE PRO / HIBVISTI ME HODIE NE IREM / AD SANGVINEM 1. Reg. 21. (a požehnaná buď tvůj důvtip a požehnána ty sama, žes mne dnes zadržela, abych se nedopustil krveprolití). Také tento odkaz je chybný, citát pochází nikoliv z První královské ale z 1. knihy Samuelovy, kapitoly 25, verš 33.



Obrázek č. 8: Malba s Abigail.

2.7. Popis a ikonografický rozbor výjevu, který je součástí této bakalářské práce

V tomto medailonu, vymezeném nápisy MATER CONSOLATIONIS (Matko útěchy) a AD TE SUSPIRAMUS GEMENTES ET FLENTES IN HAC LACHRYMARVM VALLE (K tobě vzdycháme, lkajíce a plačícce v tomto slzavém údolí), je namalována

Panna Marie v náručí utěšující božího syna, obklopená anděly, kteří přidržují nápisové pásy.



Obrázek č. 9: Malba se Sárrou.



Obrázek č. 10: Horní část výjevu s Marií.

V dolní části je ústředním motivem žena sedící na schodech s dítětem na klíně. V pravé části obrazu se k ní naklání druhá žena s ošatkou květin a podává dítěti bílé květy růže. Nalevo od sedící ženy je zobrazen páv, vpravo v pozadí veverka. V pravé dolní části přidržuje anděl kartuši s vepsaným latinským textem. Celý dolní výjev je zasazen do krajiny s jednoduchou architekturou, nad schodištěm jsou v pozadí zobrazeny dva podstavce s vázami.



Obrázek č. 11: Dolní část výjevu.

Sedící žena je Abrahánova žena Sára, která drží na klíně syna Izáka. Sára zde symbolizuje Pannu Marii, Izák tvoří předobraz Krista. Páv je křesťanským symbolem nesmrtelnosti a Kristova vzkříšení. Růže, kterou dítěti předává vpravo stojící žena, má v křesťanské ikonografii velmi mnoho významů: obecně je květinou Panny Marie, ale je také symbolem Krista. Opět je zde možné vysledovat předobrazy k Novému zákonu: Izák - Kristus, Sára - Panna Marie.

Průvodní nápis RISVM FECIT / MIHI DEVS, ET / QVI AVDIERIT / CORRIDEBIT MIHI Gen. 27.14, není citován přesně. Také odkaz na pramen je chybný. Podle Vulgáty je to správně text z Gn 21, 6: risum fecit mihi Deus quicumque audierit conridebit mihi (Bůh mě dopřál, že se mohu smát, se mnou ať se směje každý).

2.8. Autor maleb Johann Steger

Autorem všech šesti obrazů v kupoli je původem augšpurský malíř Johann Steger, který patří k zakladatelům malířství raného baroka na Moravě. Dílo tohoto malíře zatím není podrobně zpracováno, proto jsou informace o něm pouze útržkovité.

Steger, povoláný z Vídně, namaloval na Svatém Kopečku fresky v kopuli, pendativech a šesti bočních kaplích. Stegerovy malby v pendativech, na kterých byly původně zobrazeni muzicírující andělé, se však nedochovaly. V roce 1731, byly v souvislosti s úpravou interiéru kostela nahrazeny freskami představujícími Čtyři díly světa od olomouckého malíře Jana Kryštofa Handkeho.

V letech 1690-1710 – působil Steger v Čechách (malby v zámecké kapli sv. Remedia v Cholticích).

Na Moravě mu jsou připisovány zaniklé malby v zámecké kapli ve Vyškově a malby v zámecké kapli v Tovačově.

Stegerovy malby jsou ovlivněné autorovým augšpurským původem zejména ve využití manýristicky protáhlých figur, v typice fyziognomie i expresivních přízvucích v koloritu. Jeho rukopis se vyznačuje jemně stylizovanými drapériemi, prokreslenými až karikujícími obličejí s jemnými detaily. Obličejí jsou kulatá se zvláštními typy očí se zábleskem světla. Obraz je vystaven ve třech plánech, podobně jako u závěsného obrazu. Figury, které jsou

v kontaktu s divákem, jsou posazeny do prvního plánu, následuje druhý a třetí plán, který je většinou tvořen architektonickým a krajinným pozadím.

2.9. Lokalizace části maleb, která je předmětem této bakalářské práce



Obrázek č. 12: Lokalizace části malby, která je předmětem této bakalářské práce.

3. Restaurátorský průzkum

Restaurátorský průzkum byl zaměřen na zjištění původních technik a technologií zhotovení díla, zjištění druhotných zásahů a zjištění druhu a rozsahu poškození díla.

Nedestruktivní metoda průzkumu zahrnovala vizuální průzkum v denním rozptýleném a razantním bočním osvětlení a průzkum v UV luminiscenci.

Destruktivní část průzkumu zahrnovala odběr vzorků barevné vrstvy k laboratornímu průzkumu za účelem zjištění výstavby jednotlivých vrstev, určení použitých pigmentů a pojiva / pojiv a zjištění přítomnosti a typu přemaleb. Laboratorní průzkum barevných vrstev provedl Ing. Karol Bayer (viz. Příloha 10.4. Technologické analýzy, Svatý Kopeček u Olomouce, Průzkum barevných vrstev z nástěnných maleb, ing. Tatjana Bayerová, ing. Karol Bayer, Litomyšl 2008).

Z míst tmavých skvrn na povrchu malby byl odebrán vzorek k zjištění přítomnosti biologického napadení. Laboratorní průzkum provedla Ph.Mr. Bronislava Bacílková (viz Příloha 10.4. Technologické analýzy, Mikrobiologické zkoušky, Ph.Mr. Bronislava Bacílková, Národní archiv, Praha 2008).

3.1. Původní technika díla

Původní technika zhotovení díla byla zmapována přímo na místě. Žádné další zdroje (restaurátorské zprávy z předchozích zásahů) nebyly k dispozici.

3.1.1. Složení zdiva

Původní zdivo klenby je cihlové.

3.1.2. Složení a nanášení omítky

Na zdivu je nanesena hrubozrnná jádrová omítka – ariccio v síle cca 3 cm, na které je v denních dílech natažen světle okrový střednězrný štuk s vyšším obsahem vápna - intonako - v síle cca 0,4 cm.

Povrch intonaka byl upraven kletováním. Struktura povrchu kolísá od zcela hladkých ploch k hrubším, s viditelnými zrny plniva.



Obrázek č. 13: Struktura povrchu malby v bočním nasvícení.

3.1.3. Denní díly

Celý obraz je rozdělen na šest denních dílů - giornata, jejichž hranice jsou zřetelné v bočním nasvícení. Dolní část obrazu obsahuje tři denní díly.

Vyznačení denních dílů (viz. Příloha 10.2. Grafická dokumentace).



Obrázek č. 14: Hranice denních dílů.



Obrázek č. 15: Hranice denních dílů.

3.1.4. Rozpraskání omítek

Povrch omítky je protkán sítí vlasových trhlin, které vznikly během vysychání omítek.



Obrázek č. 16: Původní trhliny v intonaku.

3.1.5. Rozvržení malby (podkresby)

Na malbě nebyla nalezena přípravná rytá kresba, charakteristická u freskových maleb. Malba byla rozvržena štětcovou kresbou hnědo-červeným pigmentem pravděpodobně už na zavadlé intonako. Toto rozvržení bylo patrné v místech, kde se vrchní barevné vrstvy nedochovaly.



Obrázek č. 17: Štětcová podkresba na ruce ženy vpravo dole, kde nebyly dochovány vrchní barevné vrstvy.

3.1.6. Technika nanášení barevných vrstev

Malba byla pravděpodobně provedena na již částečně zavadlou omítku (na makrosnímčích nábrusu lze vidět vrstvičku uhličitanu vápenatého) minerálními pigmenty ve vápenném pojivu technikou fresco secco - pojivo (viz. kap. 3.1.7 Pojivo malby).



Obrázek č. 18: Makrofoto z nábrusu.

3.1.7. Pojivo malby

Jako hlavní pojivo původní malby byl identifikován uhličitán vápenatý. Dále byla v barevných vrstvách odebraných z původní malby i z přemalby prokázána přítomnost organických pojiv – proteinů a vysychavých olejů. Přítomnost obou typů přírodních pojiv v původní malbě může být důsledkem penetrace pojiva sekundárních úprav do původních barevných vrstev. (viz. Příloha 10.4. Technologické analýzy: Svatý Kopeček u Olomouce Průzkum barevných vrstev z nástěnných maleb, ing. Tatjana Bayerová, ing. Karol Bayer, Litomyšl 2008).

Přítomnost organických pojiv byla potvrzena i v předcházejícím laboratorním průzkumu provedeném D. Pechovou v rámci celkové závěrečné zprávy z restaurování v roce 2008 (ak. mal. M. Martan a kolektiv restaurátorů). V tomto průzkumu nebyla vyloučena možnost, že přítomnost proteinů může být výsledkem příměsi klišu v barevných vrstvách (viz. Laboratorní průzkum, Restaurátorská dokumentace, Restaurování maleb v kopuli a dvou kaplích (kaple sv. Josefa a kaple sv. Jáchyma) v kostele Navštívení Panny Marie na sv. Kopečku u Olomouce, Martan M. a kolektiv restaurátorů, 2008).

3.1.8. Použité pigmenty

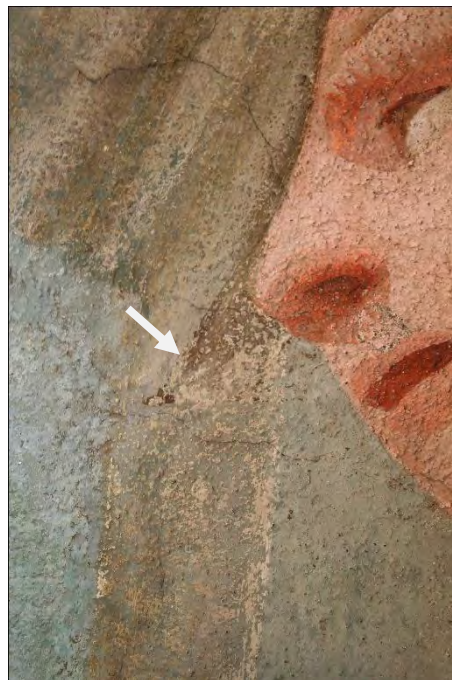
Z odebraných vzorků byly identifikovány následující pigmenty:
červené – červený železitý pigment
zelené – zem zelená
modré – smalt
bílá – uhličitán vápenatý

3.1.9. Autorské opravy (pentimenty)

Na několika místech byly v rámci vizuálního průzkumu nalezeny autorské opravy. Jedná se o kresbu uhlím na modrém pozadí (rozkresba hlavy andělka s kadeřemi, který byl pak finálně ztvárněn o něco výše), dále náznak posunutí profilované římsy a zvýšení soklíku pod pravou vázou.



Obrázek č. 19: Původní oprava – uhlová rozkresba hlavy andílka s kadeřemi (viz. Příloha 10.2. Grafická dokumentace).



Obrázek č. 20: Původní oprava – posunutí profilované římsy.

3.2. Předchozí zásahy

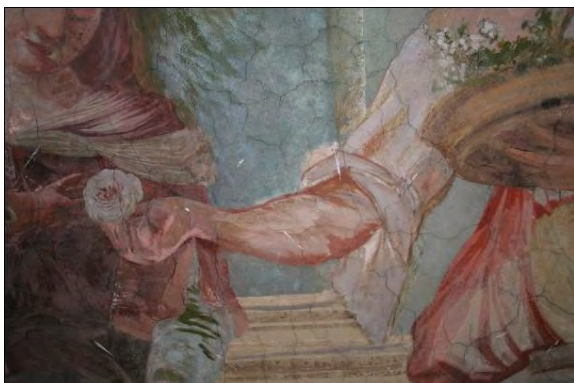
3.2.1. Přemalby

Během dvacátého století byly na malbách v klenbě podle dostupných pramenů provedeny přibližně tři opravy (viz. kap. 2.3. Předchozí opravy) Tyto barevné opravy se na malbě nacházely ve formě lokálních ale i plošných přemaleb, které působily rušivě jak svým méně citlivým provedením, tak stavem dochování (ztmavnutí). Z výsledků laboratorního průzkumu lze předpokládat, že v rámci oprav byla provedena i plošná fixáž barevné vrstvy. Na malbě byly identifikovány tři druhy přemaleb odlišného charakteru. V první etapě oprav došlo k plošnému přemalování centrální části obrazu v pozadí. Tyto přemalby měly charakter mastné tempéry a byly nanesené v poměrně silné vrstvě. V dalších dvou etapách se pak jednalo o lokální barevné opravy, z nichž některé byly vápenného charakteru a některé se nacházely ve formě pastózních olejovitých akcentů.

Některé z přemaleb změnilly části původní malby – byla překryta pravá váza na soklu a místo ní domalován část stromu.



Obrázek č. 21: Pastózní olejovité přemalby ze třetí fáze oprav.



Obrázek č. 22: Přemalby v rozptýleném světle.



Obrázek č. 23: Přemalby v UV záření.

Přemalby byly nejprve lokalizovány vizuálním průzkumem v rozptýleném světle a v bočním nasvícení, poté průzkumem v UV luminiscenci. Přemalby obsahující zinkovou bělobu vydávaly v UV světle charakteristické žluto-zelené záření.

Materiálové složení přemaleb bylo zkoumáno laboratorně. Na základě mikrochemických reakcí byly v odebraném vzorku plošných přemaleb z první fáze identifikovány vysychavé oleje a fosfor. Z tohoto výsledku vyplývá, že se jednalo o temperu, vzhledem k přítomnosti fosforu o vaječnou temperu (viz. Příloha 10.4. Technologické analýzy, Svatý kopeček u Olomouce, Průzkum barevných vrstev z nástěnných maleb, Ing. Tatjana Bayerová, Ing. Karol Bayer, Litomyšl 2008). Z pigmentů byly ve vrstvách přemaleb prokázány zinková běloba, chromová žluť (pigmenty s prvními známými historickými zmínkami po r. 1810) a červený okr.

Lokalizace přemaleb (viz. Příloha 10.2. Grafická dokumentace).

3.3. Poškození

3.3.1. Povrchové nečistoty

Malba byla pokryta vrstvou povrchových nečistot: prach, pavučiny, ptačí exkrementy



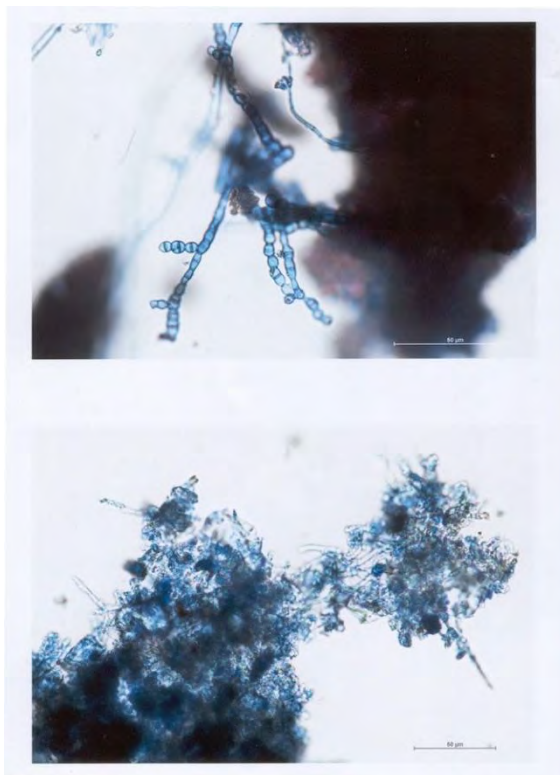
Obrázek č. 24: Povrch malby znečištěný ptačím trusem.

3.3.2. Biologické napadení

Na povrchu malby se především v oblasti okrů a zemitých tónů nacházely plísně ve formě malých tmavých skvrnek. Výsledky z analýzy odebraného vzorku (viz. Příloha 10.4. Technologické analýzy, Mikrobiologické zkoušky, Ph.Mr. Bronislava Bacílková, Praha, Národní archiv 2008).



Obrázek č. 25: Tmavé skvrny plísní na povrchu malby.



Obrázek č. 26: Makrosnímek identifikovaných plísní a řas.

Lokalizace výskytu plísní (viz. Příloha 10.2. Grafická dokumentace)

3.3.3. Ztráta adheze a koheze barevné vrstvy

Vlastní barevná vrstva byla především na částech provedených okry silně zpráškovatělá a šupinkovitě se loupala. V havarijním stavu se nacházela barevná vrstva na drapérii šatů Sáry, kde barevná vrstva hrozila odpadnutím. Lokálně již chyběla.



Obrázek č. 27: Ztráta adheze barevné vrstvy v šatu Sáry.



Obrázek č. 28: Ztráta adheze barevné vrstvy v obličejí Sáry.

3.3.4. Defekty omítek

Lokálně se v síle intonaka nacházely drobné mělké defekty.

3.3.5. Ztráta adheze a koheze omítek

Stav omítek byl velmi uspokojivý bez ztráty adheze a koheze.

3.3.6. Ztmavlá fixáž z předchozích oprav

Kromě povrchových nečistot se na malbě projevovalo ztmavnutí způsobené pravděpodobně degradací fixáže provedené během některé z oprav.

3.3.7. Přemalby

Vlivem předchozích oprav, jenž měly ve většině případů charakter celoplošných přemaleb, které degradací věkem postupně ztmavly nebo změnilly svou barevnost, malba ztratila svou živost, kolorit se zcela změnil a působil tupě. Lokálně byla malba dokonce změněna (viz. Obrázek č. 29).



Obrázek č. 29: Ztmavlé přemalby v pravé části pozadí (pod přemalbou skrytá původní váza)

4. Návrh na restaurování a koncepce restaurátorského zásahu

• Zkoušky materiálů a postupů

Před každou etapou restaurování budou provedeny zkoušky navrhovaných prostředků a způsob jejich aplikace.

Vybrané prostředky pak budou konzultovány se zástupci investora a památkové péče.

• Čištění maleb (odstranění hrubých nečistot)

Malba bude nejprve mechanicky očištěna od hrubých nečistot (prachu, pavučin, ptačího trusu) pomocí jemného vlasového štětce, skalpelu a vysavače s vynecháním míst s uvolněnou barevnou vrstvou.

- **Fixáž barevné vrstvy**

Před dalším čištěním malby bude nutné provést prekonsolidaci uvolněné a zpráškovatělé barevné vrstvy (okrové, červené a hnědé hlínky). Prekonsolidace bude provedena nasycením barevné vrstvy vhodným konsolidantem. Typ konsolidantu a použitá koncentrace budou vybrány na základě provedených zkoušek. Na místech, kde se barevná vrstva nachází v havarijním stavu, bude prostředek aplikován přes japonský papír. Následně bude barevná vrstva přitlačena k podkladu pomocí tampónů z vaty a mikrotenu. Konsolidant bude použit v nejnižší možné koncentraci, podle nutnosti opakovaně.

- **Sanace biologického napadení**

Průzkum a analýza odebraných vzorků z tmavých skvrn potvrdily přítomnost aktivních plísní. Na postižená místa doporučuji aplikovat vhodný dezinfekční prostředek.

- **Čištění maleb (snímání přemaleb a ztmavlé vrstvy fixáže)**

Vzhledem ke stavu druhotných přemaleb, které jsou ztmavlé a působí velmi rušivě, doporučuji jejich odstranění.

Snímání přemaleb a ztmavlé vrstvy fixáže bude provedeno prostředkem a v koncentraci vybranými na základě provedených zkoušek. Prostředek bude použit ve vhodném nosiči tak, aby se zabránilo jeho pronikání do struktury původní malby. Prostředek bude na závěr z povrchu malby odstraněn opakovaným vymýváním destilovanou vodou.

- **Konsolidace omítkových vrstev**

Průzkum prokázal, že omítkové vrstvy nevykazují ztrátu adheze ani koheze, nebude tedy nutné provádět injektáž omítek. V drobných defektech bude omítka před tmelením zpevněna vhodným konsolidantem v nízké koncentraci vybranými na základě provedených zkoušek.

- **Tmelení**

K tmelení drobných defektů doporučuji použít čistě vápenný štuk a jeho povrch upravit do struktury původní omítky přetažením vápenným pačokem s mramorovou moučkou.

- **Retuše a rekonstrukce**

Retuše a rekonstrukce budou provedeny nápodobivou retuší tak, aby vhodně doplnily celkově kompaktní stav malby. Pojivo retuší bude zvoleno na základě provedených zkoušek s důrazem na snadnou reverzibilitu.

- **Dokumentace**

Před vlastním restaurováním bude stav malby podrobně zdokumentován, bude provedena detailní fotodokumentace a grafická dokumentace, která bude obsahovat

zakreslení původních realizací, druhotných zásahů a jednotlivých poškození malby do potlačené černobílé fotografie s přehlednou legendou.

Podrobně dokumentován bude i průběh restaurátorských prací a výsledný stav. Na závěr bude vypracována závěrečná restaurátorská zpráva, která bude obsahovat všechny předepsané náležitosti a bude zpracována v tištěné i digitální podobě.

5. Postup restaurátorských prací

5.1. Dokumentace stávajícího stavu a druhotných zásahů

Malby byly před restaurováním a v průběhu restaurování podrobně fotograficky dokumentovány. Stav maleb (poškození, přemalby atd.) a jednotlivé zásahy byly graficky zakresleny do potlačených černobílých fotografií (viz. Příloha 10.2. Grafická dokumentace) a podrobně fotografovány (viz. Příloha 10.1. Fotodokumentace).

5.2. Prekonsolidace barevné vrstvy

5.2.1. Zkoušky prekonsolidace barevné vrstvy

Ke zkouškám byly vzhledem k charakteru uvolnění barevné vrstvy a s ohledem na další čištění vybrány jako nejvhodnější: akrylátová disperze Primal SF 016 a hydroxypropylcelulosou Klucel G v různých koncentracích a několika opakovaných aplikacích.

- 1A Primal SF 016: 1díl Primal SF016: 49 dílů vody (1% koncentrát)
 - a) 1x nástřik 1% koncentrátu
 - b) 2x nástřik 1% koncentrátu
 - c) 3x nástřik 1% koncentrátu

- 2A Primal SF 016: 1díl Primal SF016: 33 dílů vody (1,5% koncentrát)
 - a) 1x nástřik 1,5% koncentrátu
 - b) 2x nástřik 1,5% koncentrátu
 - c) 3x nástřik 1,5% koncentrátu

- 1B Klucel G: 20 g kucelu: 980 ml vody (2% koncentrát)
 - a) 1x nástřik 2% koncentrátu
 - b) 2x nástřik 2% koncentrátu
 - c) 3x nástřik 2% koncentrátu

- 2B Klucel G: 30 g kucelu: 970 ml vody (3% koncentrát)
 - a) 1x nástřik 3% koncentrátu
 - b) 2x nástřik 3% koncentrátu
 - c) 3x nástřik 3% koncentrátu

Během zkoušek byla posuzována nejlepší míra zpevnění u co nejnižší koncentrace zpevňovače při zachování vizuálních a fyzikálních parametrů malby.

Nejlepšího výsledku bylo dosaženo u vzorku 2A, který byl také vybrán.

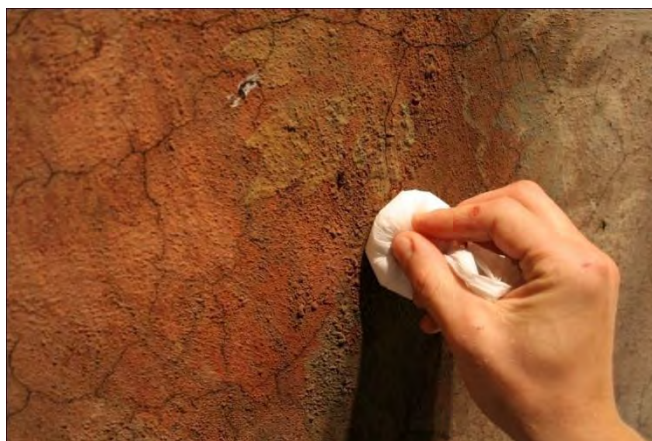
U vzorků 1A byla míra zpevnění nedostatečná i při trojitém opakování. Při použití klucelu byla i u vyšší koncentrace a třikrát opakované aplikaci míra zpevnění na výrazně zpráškovatěných místech stále nedostatečná.

5.2.2. Postup prekonsolidace barevné vrstvy

Po odstranění hrubých nečistot z povrchu malby (pavučiny, prachové depozity) byla provedena fixáž barevné vrstvy. Fixáž byla provedena lokálně na místech nejvíce zpráškovatělé barevné vrstvy, která by byla během dalších zákroků ohrožena.

Fixáž byla po vyhodnocení zkoušek zpevnění provedena 2x opakovaným nástřikem 1,5% koncentrátem primalu SF016 a nasycená barevná vrstva přitlačována k podkladu tampony z vaty obalené mikrotenem.

Na místech s kriticky uvolněnou barevnou vrstvou byla fixáž opakována 3x.



Obrázek č. 30: Postup upevňování barevné vrstvy.



Obrázky č. 31, 32: Barevná vrstva na šatu Sáry před a po zpevnění.

5.3. Sanace biologického napadení

Pro deaktivaci plísní, které se vyskytovaly především na plochách malby provedených v zemitéch tónech, byl po provedení zkoušek na malých plochách malby zvolen biocidní prostředek Fungispray super.

5.4. Čištění a odstraňování přemaleb

5.4.1. Zkoušky čištění a odstraňování přemaleb

Ke zkouškám čištění a odstraňování přemaleb byl vybrán iontoměnič firmy Purolite C100 EHLT (silně kyselý iontoměnič gelového typu). Výběr tohoto typu prostředku byl proveden na základě chemicko-technologického průzkumu (viz. Příloha 10.4. Technologické analýzy, Svatý kopeček u Olomouce, Průzkum barevných vrstev z nástěnných maleb, Ing. Tatjana Bayerová, Ing. Karol Bayer, Litomyšl 2008), který jako původní techniku malby určil vápenné secco (malba vápennými barvami modifikovaná přísadkou proteinů) a plošné přemalby jako vaječnou temperu. Zkoušeli jsme účinnost iontoměniče při různé době a způsobu aplikace. Iontoměnič byl zkoušen nejprve jako granulát, potom namletý na jemnější frakci, v obou případech ve směsi se zahušťovadlem (tylosou), aby se zlepšilo pokrytí čištěné plochy a aby se zabránilo vytvoření struktury zrn na jejím povrchu. Zkoušely jsme aplikaci přes netkanou textilii a přímo na povrch malby. Z důvodu porovnání jsme ke zkouškám použili také uhličitan amonný a Syntron B.

prostředek	koncentrace	doba aplikace	způsob aplikace
1. hydrogenuhličitan amonný	5%	5 min	v tylose přes netex
2. hydrogenuhličitan amonný	10%	5 min	v tylose přes netex
3. C100EHLT*	-----	5 min	v tylose přes netex
4. C100EHLT *	-----	5 min	v tylose přímo na povrch
5. C100EHLT *	-----	2x5 min	
6. syntron B	1:10	5 min	v tylose přímo na povrch

*Pozn.: iontoměnič C100EHLT - silně kyselý iontoměnič gelového typu
Kuličky iontoměniče o Ø cca 1mm byly namlety na jemnější frakci



Obrázek č. 33: Zkoušky odstraňování přemaleb v pozadí nad postavou Sáry, lokalizace (viz. Příloha 10.1. Fotodokumentace, Obr. 42,43, Příloha 10.2., Grafická dokumentace)

Na základě provedených zkoušek byl jako nejvhodnější vybrán vzorek 4. a 5. (namletý iontoměnič ve směsi s tylosou přímo na povrch malby po dobu 2-5 minut, místy opakovaně podle tloušťky přemalby).

5.4.2. Postup čištění a odstraňování přemaleb

Namletý iontoměnič v tylose byl aplikován přímo na povrch malby po dobu cca 2-5 minut (podle síly vrstvy nečistot nebo přemaleb opakovaně). Na místa s rozrušenou barevnou vrstvou (předzpevňovaná místa) byl iontoměnič aplikován přes netkanou textilií. Odmytí iontoměniče po aplikaci bylo provedeno opakovaně destilovanou vodou.



Obrázek č. 34: Postup odstraňování přemaleb - aplikace iontoměniče přímo na povrch malby.



Obrázek č. 35: Postup odstraňování přemaleb – aplikace iontoměniče přes netkanou textilií.

Odstraňování přemaleb probíhalo postupně, s ohledem na jejich rozdílný charakter. I přes vysokou účinnost použitého iontoměniče při čištění, musela být některá místa ještě lokálně dočištěna. V oblasti inkarnátů, které nebyly přemalovány, ale pokryty vrstvou nečistot, byly po aplikaci iontoměniče, který měl na těchto místech malou účinnost, zkoušeny následující prostředky k dočištění:

1	voda + etanol (1 : 1)
2	bez dočištění
3	xylén
4	xylén

Tab. 2 Materiály použité při zkouškách dočištění (všechna místa zkoušek byla nejprve předčištěna iontoměničem s dobou aplikace 2 min)



Obrázek č. 36: Andílek z pravé dolní části obrazu se zkouškami dočištění.

I přes poměrně dobrý výsledek v případě dočištění malby xylenem, mělo největší efekt dočištění povrchu malby, bezprostředně po aplikaci iontoměniče, vodou s lihem (1:1) pomocí tampónků.

Přemalby, které nebylo možné z důvodu ohrožení původní malby odstranit, byly ponechány.

5.5. Konsolidace barevné vrstvy

Po čištění bylo nutné zopakovat fixáž nástřikem 1,5 % Primalu SF016 na místech, kde se barevná vrstva během čištění opět částečně uvolnila (partie malby provedené zemítyými pigmenty). Na ostatních plochách byla barevná vrstva kompaktní a nevyžadovala žádné další zpevnění.

5.6. Konsolidace omítkové vrstvy

Omítka obnažená v drobných defektech byla nasycena vápennou nanosuspensí CaloSil E25 3x opakovaným nátěrem.

5.7. Tmelení

Tmelení drobných defektů bylo provedeno vápenným štukem ve složení 1 díl vápna : 2 díly sátý písek. Povrch tmelů byl upraven do struktury okolní originální omítky.

5.8. Izolace tmelů

Povrch tmelů byl zatažen vápenným pačokem z vápna a mramorové moučky v poměru 1:1 a izolován 1% primalem SF 016.

5.9. Retuše a rekonstrukce

Retuš malby byla provedena nápodobivou retuší práškovými pigmenty. Jako pojivo byla vzhledem k snadné reverzibilitě zvolena hydroxypropylcelulosa Klucel G (20 g kucelu: 980 ml vody) – 2% koncentrát. Na místech, kde původní barevná vrstva chyběla, byla provedena částečná rekonstrukce (rukáv ženy podávající Isákovi květiny). Nad hlavou této ženy byla na neodstranitelnou přemalbu provedena rekonstrukce původní vázy, která byla touto přemalbou druhotně zakryta. Lokalizace a rozsah rekonstrukcí (viz. Příloha 10.2. Grafická dokumentace).

6. Seznam použitých materiálů

Iontoměnič C100EHLT (Na+), polystyrensulfonová kyselina (Purolite International Limited, Wales, U.K., distr. Laurich s.r.o., Teplice)

Ethanol

Tylosa, karboxyethylcelulóza (distr. Deffner and Johann)

Japonský papír (Kashmir, 11g)

Netkaná textilie (distr. Ceiba, www.ceiba.cz)

Destilovaná voda

Mramorová moučka

Vápno vzdušné hašené, Ca(OH)₂ (5- leté, CL-90, vápenka Mokrá)

Fungispray super (Stachema, s.r.o., Mělník)
Práškové minerální pigmenty (Rohm und Haas, ditr. Deffner and Johann)
Písek plavený
Primal SF016, vodná akrylátová disperze (Rohm und Haas, distr. Deffner and Johann)
CaLoSil E25, vápenná alkoholová suspenze (IBZ Freiberg, Německo)
Klucel G, hydroxypropylceluloza (Aqualon, USA)

Materiály pro zkoušky:

Syntron B, tetrasodná sůl kyseliny etylendiamidtetraoctové (Draslovka Kolín a.s.)
Uhličitan amonný, NH_4CO_3 (Penta a.s., Areál Agrop, 537 01 Chrudim)

7. Doporučený režim památky

Pro zachování kvality zrestaurovaného díla, je nutné zajistit odpovídající podmínky, které zabrání předčasnému znehodnocení památky. Podstatné je zajistit průměrnou relativní vlhkost $\text{RH} = 45\text{-}60\%$ v objektu a teplotu neklesající pod 0°C . Objekt musí být chráněn před jakýmkoliv zatékáním a bezprostředním přístupem ptactva, které by způsobilo znečištění maleb. Dále doporučujeme pravidelnou kontrolu a monitorování stavu zrestaurovaného díla.

II. Teoretická část

PRAKTICKÉ SROVNÁNÍ RŮZNÝCH TYPŮ KONSOLIDANTŮ HISTORICKÝCH OMÍTEK

ÚVOD

Na stav dochování historických omítek v exteriéru má vliv mnoho faktorů – od jejich původního složení a provedení, je to jejich umístění (zda a jak jsou chráněné před povětrnostními vlivy, před destruktivním působením vody a s tím spojeným působením vodorozpustných solí, před biologickým napadením, zda se nacházejí na staticky stabilních objektech), důležitým faktorem jsou také druhotné zásahy. Degradující vliv na historické omítky má také rychle se zhoršující životní prostředí.

Restaurování historických omítek spočívá především v jejich strukturální konsolidaci.

V dnešní restaurátorské praxi se běžně užívají konsolidační prostředky na několika bázích. Jedná se o křemičité soly, organokřemičitany, konsolidanty na bázi hydroxidu vápenatého a nejnovější prostředky na bázi nanočástic hydroxidu vápenatého. Každý z těchto prostředků přitom splňuje pouze některá kritéria požadovaná z hlediska správné restaurátorské technologie. Problematikou zpevnování historických omítek se kromě restaurátorů zabývají také technologové, kteří se snaží získáváním nových informací o zpevňovačích a jejich konkrétních účinkách na specifické materiály vyvinout zpevňovací prostředek, který by nejlépe vyhovoval všem daným požadavkům.

Záměrem této práce bylo částečně shrnout dosavadní poznatky v oblasti strukturální konsolidace historických omítek a provedením praktických zkoušek tyto poznatky rozšířit. Odzkoušení vybraných, dnes používaných, konsolidačních prostředků bylo provedeno na referenčních plochách se specifickou, výrazně degradovanou omítkou z 19. století. Průběh a výsledky zpevnění byly hodnoceny subjektivně in situ a vybrané parametry zpevněných omítek pak laboratorně z odebraných vzorků.

8. DEGRADACE A KONSOLIDACE HISTORICKÝCH OMÍTEK¹

8.1. Degradace historických omítek

Hlavním poškozením historických omítek je ztráta pojivových vlastností a vznik prasklin, mající za následek snížené mechanické vlastnosti. Poškození jsou způsobena různými fyzikálními a chemickými degradačními vlivy. K fyzikální degradaci dochází zejména spolupůsobením vody, vodorozpustných solí, teplotních změn a extrémů a živých organismů. Následkem bývá vznik tlaků a pnutí v materiálu, způsobující jeho poškození. Mezi chemické činitele patří především kyselé složky ovzduší a živé organismy, jejichž působením dochází k chemické přeměně pojiva a nežádoucí změně jeho vlastností.

8.2. Strukturální konsolidace historických omítek

Strukturální konsolidací, v našem případě historických omítek, se rozumí snaha o obnovení zhoršených fyzikálně-mechanických vlastností degradovaného porézního anorganického materiálu. Historickými konsolidačními prostředky jsou přírodní organické materiály – ovocné gumy, pryskyřice, klíh, vosky a oleje a ředíme mezi ně také anorganické materiály – vápennou vodu, barytovou vodu, vodní sklo a fluáty. Mnohé z těchto anorganických prostředků se v českých zemích používaly také ve 2. pol. 20. stol. V této době se ke konsolidaci omítek začaly využívat polyakryláty, polymetakryláty a jejich kopolymery a polyvinylacetáty. Uvedené konsolidační prostředky nemají žádoucí vlastnosti a k jejich použití dnes již více méně nedochází. Vývoj v českých zemích od 2. pol. 20. stol. směřoval k užití organokřemičitých prostředků a křemičitých solů a od konce 20. stol. také k využívání disperzí nanočástic hydroxidu vápenatého.

¹ BAYER, Karol. Přednášky k výuce předmětu Technologie restaurování a konzervace nástěnné malby a sgrafita. Fakulta restaurování, Litomyšl. 2007–2010.

HLADÍKOVÁ, Alena. *Porovnání účinnosti konsolidantů při zpevňování vápenných malt*. Praha, 2006. Diplomová práce. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Fakulta chemické technologie, Ústav chemické technologie restaurování památek. Vedoucí práce Ing. Kateřina Doubravová, Ph.D. Kap. Degradace, s. 4-6; Konsolidace omítek, s. 6-8.

9. ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI VYBRANÝCH STRUKTURÁLNÍCH KONSOLIDANTŮ HISTORICKÝCH OMÍTEK

Pro literární rešerši byly vybrány konsolidanty, které byly dále zkoušeny v rámci experimentální část bakalářské práce. Jedná se o anorganické, čistě minerální konsolidanty vápennou vodu, nanosuspenzi na bázi hydroxidu vápenatého CaLosil[®] E25, organokřemičité prostředky Funcosil[®] Steinfestiger 300 a Funcosil[®] Steinfestiger 500 a křemičitý sol ve vodě Tosil A.

9.1. Vápenná voda²

9.1.1. Složení a charakteristika

Vápenná voda je určena pro konsolidaci karbonátových materiálů. Složením se jedná o nasycený roztok hydroxidu vápenatého ve vodě, který se vytvoří nad vápennou kaší nebo vápenným hydrátem při smísení s vodou po jejich odležení³. Vápenná voda vytvořená nad vápennou kaší má střední velikost částic 7 mikrometrů, vápenná voda vytvořená nad vápenným hydrátem 11 mikrometrů. Obsah hydroxidu vápenatého ve vápenné vodě se pohybuje okolo 0,16 %hm (1,6-1,7 g hydroxidu vápenatého/litr vody při 20 °C). Vápenná voda je svým vzhledem čirá bezbarvá kapalina.

Konsolidant se aplikuje postříkem, nátěrem, či napuštěním do nasycení materiálu. Aplikaci opakujeme poté, co je materiál znovu schopen přijímat konsolidanta a před jeho

² Bayer (viz. pozn 1.).

DRDÁCKÝ, Miloš a Zuzana SLÍŽKOVÁ. Calcium hydroxide based consolidation of lime mortars and stone, s. 2627. In: J.M.Mimoso, J. Delgado-Rodrigues, et al. *Proceedings of the Int. Symp. „Stone consolidation in cultural heritage“*. Lisabon: LNEC, 2008. ISBN 978-972-49-2135-8.

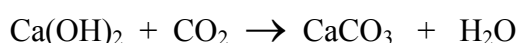
DUNAJSKÁ, Jana. *Zhodnocení současných možností konsolidace vápenných omítek konsolidanty na bázi hydroxidu vápenatého*. Litomyšl 2009. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, Katedra chemické technologie. Vedoucí práce Ing. Karol Bayer. Kap. Vápenná voda, s. 2122; Shrnutí současných možností konsolidace vápenných omítek,; Závěr, s. 4647.

Hladíková (viz. pozn. 1.), kap. Vápenná voda, s. 8-10.

RATHOUSKÝ, Jiří. Nanovápno pro konsolidaci porézních materiálů – principy, mechanismy, s. 23-31. In: *Nanomateriály v památkové péči: Sborník přednášek z odborného semináře Společnosti pro technologie ochrany památek*. Ed.: Olga Kotlíková. Praha: Společnost pro technologie ochrany památek, Národní technické muzeum, 2012. Dostupné z: <http://www.jh-inst.cas.cz/nanocentrum/data/dokument/soubor/sbornik-seminare-stop-nanomaterialy-v-pamatkove-peci.pdf>.

³ Více viz. BÁRTA, Jan. *Obnova historických omítek - praktické zkušenosti*. s. 5. Dostupné z: www.studioaxis.cz/images/pamatky/bartajan.doc.

vyschnutím. Po konsolidaci dochází v přítomnosti oxidu uhličitého ve vzduchu ke karbonataci hydroxidu vápenatého a vzniku uhličitanu vápenatého, který pojí degradovaný materiál. K úplné karbonataci dochází po několika týdnech. Reakce probíhá podle rovnice:



9.1.2. Využití a základní vlastnosti v oblasti strukturální konsolidace

Pozitiva

Vápenná voda pro zpevňování historických vápenných omítek byla tradičně využívána především z důvodů chemické a fyzikální kompatibility konsolidantu s ošetřovaným materiálem.

Jako pozitivní pro strukturální konsolidaci historických omítek lze dále hodnotit UV, fyzikální a biologickou stabilitu; možnost použití i na mírně vlhký podklad a nezanášení nežádoucích látek do materiálu.

Negativa

Praktické využití vápenné vody pro konsolidaci historických omítek je však spíše kontraproduktivní; má řadu nevýhod a může způsobovat poškození konsolidovaného materiálu. Základní nevýhodou vycházející z nízkého obsahu hydroxidu vápenatého ve vodném roztoku je nízká míra zpevnění degradované omítky. Aplikaci je nutno opakovat v desítkách cyklů (dle zkušeností min. 40x a výše)⁴, což způsobuje nežádoucí zavlhčování. Zanášení značného množství vody do materiálu jej fyzikálně přetěžuje, způsobuje odplavování pojiva oslabené vrstvy omítek a vede k mobilizaci vodorozpustných solí aj. látek. Díky nasycení materiálu vodou a malé rozpustnosti oxidu uhličitého ve vodě je také velmi zpožděn proces karbonatace, krystaly uhličitanu vápenatého se ve struktuře omítky objevují až po několika týdnech. Vzniklý uhličitan vápenatý má nízkou chemickou stabilitu, je vysoce citlivý vůči kyselým atmosférickým škodlivinám.

Nevýhodou vápenné vody je dále nízká penetrace do materiálu, která způsobuje nedostatečné zpevnění v jeho hloubce.

V případě málo porézních materiálů a také při opakované aplikaci vápenné vody dochází ke vzniku bílého zákalu až krusty uhličitanu vápenatého na povrchu. Tato vrstva brání průniku oxidu uhličitého do materiálu a může způsobovat usazování hydroxidu vápenatého uvnitř materiálu, aniž by došlo k jeho karbonataci. Nezkarbonatovaný hydroxid vápenatý má podobu stražené soli a negativně ovlivňuje pórovitost a nasákavost materiálu. Veškeré zmíněné negativa se projeví např. při restaurování pláště hradu Pernštejn.

⁴ ŠPALE, Václav. Konsolidace omítek a sgrafit organokřemičitými prostředky, s. 68-75. In: *Organokřemičitany v české památkové praxi: Sborník z konference Padesát let používání organokřemičitanů na území České republiky, konané pod záštitou ICOMOS, Národního památkového ústavu a Národního muzea 16. dubna 2008*. Ed.: Gläser, Vratislav Nejedlý. Praha: Národní památkový ústav, ústřední pracoviště, 2008. svazek 1. ISBN 978-80-87104-15-6.

9.2. Nanosuspenze na bázi hydroxidu vápenatého CaLoSil[®] E25⁵

9.2.1. Složení a charakteristika

CaLoSil[®] je obchodní název komerčně vyráběného konsolidantu firmy IBZ-Freiberg (Ingenieurbüro Dr. Ziegenbalg GbR). Určený je především pro konsolidaci karbonátových materiálů.

Složením se jedná se o sol stabilních nanočástic hydroxidu vápenatého o střední velikosti částic 150 nm v disperzním prostředí třech alkoholů: ethanol, isopropanol a n-propanol.

CaLoSil[®] se vyrábí v koncentracích 5, 15, 25 a 50 g hydroxidu vápenatého/l konsolidantu.

CaLoSil[®] je svým vzhledem mléčně zbarvená kapalina.

Na základě výsledků předchozích testování⁶ byl pro účely této bakalářské práce zvolen CaLoSil[®] E25, nanosuspenze hydroxidu vápenatého dispergovaná v ethanolu o koncentraci 25 g/l. Tento konsolidant z řady CaLoSil[®] vykazoval nejspokojivější výsledky.

Aplikace konsolidantu je nejvhodnější pomalým napouštěním, v případech silněji degradovaného materiálu v několika cyklech. Materiál by měl být před aplikací konsolidantu suchý a nezátížený vodorozpustnými solemi. Po napuštění dochází do několika hodin k odpaření rozpouštědla a dále v přítomnosti oxidu uhličitého ve vzduchu ke karbonataci hydroxidu vápenatého na uhličitán vápenatý. Ten je chemicky vázán na původní karbonátový materiál a má funkci pojiva. Karbonatace je ukončena cca. po několika dnech až týdnech, v závislosti na konkrétních podmínkách.

Reakce probíhá podle rovnice: $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

⁵ Dunajská (viz. pozn. 2), kap. Dosavadní publikované zkoušky využití vápenných suspenzí jako konsolidantu, s. 22-25; CaLoSil – koloidní disperze Ca(OH)_2 v alkoholových rozpouštědlech, s. 25-26; Závěr, s. 46-47.

MACOUNOVÁ, Dana. *Restaurování vápencové sochy anděla z domu čp. 48 v Kutné Hoře s využitím nanosuspenzí na bázi hydroxidu vápenatého / Testování možnosti využití nanosuspenzí na bázi hydroxidu vápenatého pro konsolidaci organodetrického vápence*. Litomyšl 2011. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, Katedra chemické technologie. Bakalářská práce. Vedoucí práce Mgr. art. Jakub Ďoubal. Kap. Popis konsolidantů CaLoSil[®], s. 50-51; Testování strukturální konsolidace přípravkem CaLoSil[®] E25 na laboratorních vzorcích, s. 54-74; Zkoušky omezení negativních jevů při strukturální konsolidaci produkty CaLoSil[®], s. 74-76; Sumarizace výsledků testování konsolidační řady CaLoSil[®] pro potřeby restaurování, s. 76-78; Závěr, s. 105-107.

Technical Leaflet: CaLoSil[®]. Freiberg: IBZ-Salzchemie GmbH & Co.KG, 2006. Dostupné z: http://www.ibz-freiberg.de/download/pdf/nanomaterialien/CaLoSiL_EN.pdf

Rathouský (viz. pozn. 2.).

⁶ Testování produktů CaLoSil[®] bylo na půdě Fakulty restaurování Univerzity Pardubice provedeno v rámci projektu STONECORE (Stone Conservation for the Refurbishment of Buildings), 7. rámcový program, projekt číslo: NMP-SE-2008-213651.

9.2.2. Historie výroby a použití v oblasti strukturální konsolidace

Již od 90. let 20. stol. probíhá výzkum využití hydroxidu vápenatého rozptýleného v nejrůznějších disperzních prostředích pro konsolidaci karbonátových materiálů. Základní idejí pro vývoj konsolidantů na bázi hydroxidu vápenatého je plná kompatibilita s degradovanými karbonátovými materiály, např. pojivem historické vápenné omítky. Laboratorně i experimentálně byly zkoumány vodné disperze hydroxidu vápenatého ve vodě, v organických polárních i nepolárních rozpouštědlech a posléze disperze nanočástic hydroxidu vápenatého. Disperze nanočástic hydroxidu vápenatého v alkoholových rozpouštědlech CaLoSil[®] jsou vyráběny od r. 2006.⁷

9.2.3. Základní vlastnosti

Pozitiva

Konsolidanty karbonátových materiálů řady CaLoSil[®] dobře penetrují do materiálu, především s hrubší porozitou (např. vápenné omítky). Konsolidační efekt je pro mírně až středně degradované materiály dostačující.

Konsolidací CaLoSilem[®] nedochází ke vzniku vedlejších produktů, organické rozpouštědla vyprchají beze zbytku. Dále nedochází k nežádoucím změnám otevřené porosity, schopnosti materiálu propouštět vodní páry a vzniku výrazného pevnostního gradientu po konsolidaci. Produkty CaLoSil[®] lze používat v kombinaci s organokřemičitými prostředky. Doporučuje se v prvním kroku provést konsolidaci CaLoSilem[®], např. E25 nebo IP25 a po odpaření alkoholu aplikovat organokřemičitany. CaLoSil[®] podporuje adhezi a katalyzuje vytvoření křemičitého gelu. Finální pevnost je v mnoha případech mnohem vyšší než při konsolidaci pouze organokřemičitany.

Negativa

Konsolidační efekt produktů řady CaLoSil[®] je u silně degradovaných materiálů nízký. Je však nutné dodat, že pro strukturální konsolidaci silně degradovaných materiálů a pro hloubkovou injektáž jsou vyráběny produkty řady CaLoSil[®] Pasty s vyšším obsahem hydroxidu vápenatého 150-300 g/l disperze.

Problematický je kontakt konsolidantu s vodou (při množství vody nad 10 %hm), při kterém dochází nejprve ke zvětšování velikosti částic hydroxidu vápenatého a tvorbě gelové konzistence a v případě dalšího zvyšování množství vody k aglomeraci částic a jejich sedimentaci.

Zásadním negativem při konsolidaci pohledových partií děl umělecké podstaty je pravděpodobnost vzniku bílého zákalu hydroxidu vápenatého, usazeného a zkarbonatovaného na napouštěném povrchu. Vznik zákalu souvisí nejen se sníženou schopností konsolidantu penetrovat do materiálu, ale také s rychlostí vypařování rozpouštědla. Rychlé odpaření rozpouštědla může způsobit re-transport nanočástic na povrch materiálu. Pravděpodobnost vzniku povrchového bílého zákalu lze snížit

⁷ Více viz. Dunajská (viz. pozn. 2), kap. Shrnutí současných možností konsolidace vápenných omítek, s. 2627. Rathouský (viz. pozn. 2.).

zpomalením vypařování rozpouštědla pomocí zakrývání objektu po každém cyklu napouštění a to např. aluminiovou folií. Dále je také nutné aplikovat konsolidant od nejnižších koncentrací směrem k vyšším a odstranit případné přebytky konsolidantu, které nepenetrovaly do materiálu, např. houbou. Vyhnouti se konsolidaci mokrého materiálu, která by také mohla způsobit vznik zákalu, vychází ze základních aplikačních podmínek. Bílý zákal lze z povrchu odstranit abrazivní metodou mikropískováním, vodou při mechanickém namáhání nebo vodní párou.

V současné době považujeme za nevýhodu tohoto nového konsolidantu nedostatečné praktické zkušenosti s použitím.

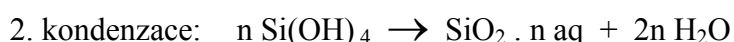
9.3. Ester kyseliny křemičité Funcosil® Steinfestiger⁸

9.3.1. Složení a charakteristika

Funcosil® Steinfestiger je obchodní název komerčně vyráběného konsolidantu firmy Remmers. Konsolidanty Funcosil® Steinfestiger 300 a 500 jsou určeny ke konsolidaci hrubě porézních silikátových materiálů. Vzhledem k neutrálnímu katalyzátoru mohou být použitelné také na karbonátové materiály.

Složením se jedná o ethylestery kyseliny křemičité; jednosložkové organokřemičité prostředky bez přísad a organických rozpouštědel s neutrálním organokovovým katalyzátorem a neutrálním pH. Množství vyloučeného křemičitého gelu je 300 (Funcosil® Steinfestiger 300) a 500 (Funcosil® Steinfestiger 500) g/l konsolidantu. Velikost částic konsolidantů se pohybuje v oblastech pravých roztoků (menší jak 1 nm). Funcosil® Steinfestiger je svým vzhledem čirá bezbarvá až lehce nažloutlá kapalina.

Aplikace konsolidantu je nevhodnější napouštěním, v případech silněji degradovaného materiálu v několika cyklech. Po napuštění dochází za přítomnosti určitého množství vody obsaženého v materiálu nebo ze vzdušné vlhkosti a za iniciace katalyzátoru k chemickým procesům hydrolyzy a kondenzace a následnému vzniku pevného křemičitého gelu. Ten je chemicky vázán na původní silikátový materiál a má funkci pojiva. Materiál by měl být před aplikací konsolidantu suchý (ideální obsah vlhkosti je 3%), nikoliv však přesušen. Materiál by neměl být zatížen vodorozpustnými solemi. Za normálních podmínek prostředí (20°C, 50% RH) je proces ukončen cca. po 3 týdnech, přičemž přibližně v prvním týdnu je povrch konsolidovaného materiálu hydrofobní a během této doby musí být ošetřovaná plocha chráněna před deštěm a slunečním zářením. Reakce probíhá podle rovnice:



⁸ Bayer (viz. pozn. 1.).

GLÁSER, Petr a Vratislav NEJEDLÝ. Úvod, s. 8-10; BÁRTA, Jan a Jiří RATHOUSKÝ. Z historie českých organokřemičitých konzervantů, s. 21-27; KOTLÍK, Petr a Petra LESNIAKOVÁ. Vliv vnějších podmínek na konsolidační účinek organokřemičitých prostředků, s. 28-33; ŠPALE, Václav. Konsolidace omítek a sgrafit organokřemičitými prostředky, s. 68-75. In: *Organokřemičitany v české památkové praxi: Sborník z konference Padesát let používání organokřemičitanů na území České republiky, konané pod záštitou ICOMOS, Národního památkového ústavu a Národního muzea 16. dubna 2008*. Ed.: Gläser, Vratislav Nejedlý. Praha: Národní památkový ústav, ústřední pracoviště, 2008. svazek 1. ISBN 978-80-87104-15-6.

Technický list: Funcosil® Steinfestiger 300. České Budějovice: CAPRO spol. s r. o., 2005. Dostupné z: [http://www.caprocb.cz/remmers/abecedne/Funcosil Steinfestiger 300.pdf](http://www.caprocb.cz/remmers/abecedne/Funcosil%20Steinfestiger%20300.pdf)

9.3.2. Historie výroby a použití v oblasti strukturální konsolidace

Již před 2. světovou válkou se uvažovalo o použití organokřemičitých prostředků ke konsolidaci kamene a po válce byl jejich výzkum jako první v Evropě zahájen v Československu. Od 50 let. 20. stol. byly organokřemičity v českých zemích běžně používány ke konsolidaci kamenosochařských děl. Na počátku 90. let. začaly být využívány také pro konsolidaci historických omítek, nástěnných maleb a sgrafit. Před těmito lety nebyla konsolidace takovýchto objektů součástí standardního restaurátorského zásahu nebo při ní byly použity k tomu účelu nevhodné vodní sklo, akryláty aj. V dnešní době je na tuzemském i zahraničním trhu řada produktů na bázi organokřemičitanů pro konsolidaci především silikátových, ale i karbonátových materiálů.

9.3.3. Základní vlastnosti

Pozitiva

Organokřemičité prostředky výborně penetrují do konsolidovaného materiálu, mají vynikající konsolidační efekt a jsou UV, fyzikálně i chemicky vysoce stabilní. Jejich užitím nedochází ke vzniku vedlejších produktů, k nežádoucím změnám otevřené porosity, schopnosti materiálu propouštět vodní páry a vzniku výrazného pevnostního gradientu po konsolidaci. Při správné aplikaci dále nedochází k estetickým změnám konsolidovaného materiálu.

Ze zkušenosti vyplívá, že lze organokřemičity účinně konsolidovat také nepříliš zasolený materiál před jeho odsolováním, přestože zasolený materiál negativně ovlivňuje kvalitu vzniklého křemičitého gelu.

Negativa

Nedodržení aplikačních podmínek během konsolidace organokřemičitých prostředků a v prvním týdnu po konsolidaci může negativně ovlivnit tvorbu kvalitního křemičitého gelu a vzhled objektu. Při konsolidaci přesušeného materiálu probíhá reakce vzniku křemičitého gelu velice pomalu a může se i zastavit. Přebytek vody v materiálu pak vede k vytvoření křemičitého gelu nikoliv v pórech materiálu, nýbrž na jeho povrchu, kde se projeví ve formě bílého zákalu a lesků. Tyto nežádoucí povrchové produkty lze odstranit mechanicky nebo chemicky za použití kyseliny fluorovodíkové. Obě metody mohou být pro objekt destruktivní.

Při užití organokřemičitých prostředků na konsolidaci karbonátových materiálů má vzniklý křemičitý gel menší kvalitu ve srovnání s konsolidací silikátů. Dále nedochází k tak silným chemickým vazbám křemičitého gelu ke konsolidovanému karbonátovému materiálu.

Křemičitý gel vzniklý v přítomnosti uhličitanů (vápenatého, sodného, hořečnatého) bývá popraskán a obecně jeho mechanické vlastnosti jsou horší.

Kvalitu vzniklého gelu negativně ovlivňuje přítomnost vodorozpustných solí. Příčinou je chemické složení solí, které ovlivňuje reakce vzniku gelu; změna pH prostředí vlivem přítomnosti solí a také hygroskopicitu solí, která zajišťuje vyšší obsah vlhkosti v pórech materiálu.

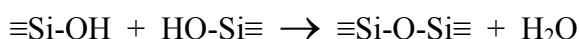
9.4. Křemičitý sol ve vodě Tosil A⁹

9.4.1. Složení a charakteristika

Tosil A je obchodní název komerčně vyráběného konsolidantu firmy InHeat, spol. s. r. o. V oboru restaurování a konzervace se používá pro konsolidaci silikátových a karbonátových materiálů.

Složením se jedná o jednosložkový křemičitý sol, respektive koloidní roztok oxidu křemičitého ve vodě. Obsah koloidního oxidu křemičitého v konsolidantu je cca. 30%. Tosil A má alkalické pH (9-10) a obsahuje do 0,17% amoniaku, který stabilizuje povrch částic oxidu křemičitého. Velikost částic je 12-17 nm. Vzhledem je Tosil A slabě opalizující nebo mléčně zbarvená kapalina.

Po aplikaci napuštěním vzniká po odpaření vody pevný křemičitý gel. Materiál nemusí být před aplikací zcela suchý. Nesmí být zatížen vodorozpustnými solemi. Reakce křemičitého sólu v gel probíhá podle rovnice:



9.4.2. Historie výroby a použití v oblasti strukturální konsolidace

Produkty řady Tosil (Tosil, Tosil 40, Tosil A) nejsou primárně určeny ke konsolidaci děl umělecké podstaty. Používají se v nejrůznějších oblastech průmyslu jako plniva, pojiva a pro povrchové úpravy (např. jsou hlavní složkou asanačního prostředku na provádění vodorovných izolací ve zdivu proti vztlínající vlhkosti).

9.4.3. Základní vlastnosti

Pozitiva

Tosil A relativně dobře penetruje do konsolidovaného materiálu s hrubší porozitou, má dobrý konsolidační efekt a je UV, fyzikálně i chemicky stabilní. Jeho použitím nedochází ke vzniku vedlejších produktů, k nežádoucí změně otevřené porosity, schopnosti materiálu propouštět vodní páry, vzniku výrazného pevnostního gradientu a estetickým změnám napouštěného povrchu.

Tosil A je možné použít na konsolidaci ne zcela suchých materiálů.

Negativa

Koloidní roztoky oxidu křemičitého mají díky svému charakteru částic a vodnému médiu obecně nižší penetraci do materiálu nežli koloidní roztoky oxidu křemičitého v alkoholech

⁹ Hladíková (viz. pozn. 1.), kap. Dezalkalizované vodní sklo, s. 10-12.

Technický list: Tvrdidlo - Tosil. Košťany: InHeat spol. s. r. o., 2005. Dostupné z: <http://www.inheat.cz/doc/td/cz/111/tosil.pdf>

(např. Sebosil S, fa Kallies Feinchemie AG) nebo pravé roztoky organokřemičitých prostředků. U méně porézních materiálů mohou být částice zadržovány na povrchu a vytvořit esteticky i fyzikálně nežádoucí vrstvu.

Při konsolidaci zasoleného materiálu dochází k urychlenému vzniku křemičitého gelu, což má vliv nejen na jeho kvalitu, ale i rovnoměrnou distribuci uvnitř materiálu.

Mezi negativa řadíme nedostatek zkušeností s praktickým využitím a nedostatečné odzkoušení pro různé typy materiálů.

10. SROVNÁNÍ VYBRANÝCH STRUKTURÁLNÍCH KONSOLIDANTŮ HISTORICKÝCH OMÍTEK

10.1. Výběr publikovaných názorů, výzkumů a praktických zkušeností

2003 - Srovnání možností strukturální konsolidace vápenného štku křemičitými sóly a organokřemičitými prostředky¹⁰

V r. 2003 sepsal Marek Běťák na půdě Institutu restaurování a konzervačních technik Litomyšl, o. p. s. bakalářskou práci na téma srovnání možností strukturální konsolidace vápenného štku křemičitými sóly a organokřemičitými prostředky. Mimo jiné byly srovnávány prostředky řady Tosil A a Funcosil® Steinfestiger 300. Srovnání bylo učiněno na základě analýz na uměle připravených vzorcích chudé vápenné štukové hmoty, imitující degradovaný vápenný štuk. Z výsledků vyplývá, že míra zpevnění a některé další parametry související s konsolidací jsou u organokřemičitých prostředků a křemičitých solů téměř srovnatelné. Největší vliv na míru zpevnění a další vlastnosti konsolidovaných malt má množství vytvořeného křemičitého gelu, které dle analýz odpovídá u většiny konsolidantů parametrům daného produktu v technickém listu. Obecně je míra zpevnění u organokřemičitých prostředků mírně vyšší než u křemičitých solů. V penetraci konsolidantů do vzorku nebyly patrné zásadní rozdíly mezi jednotlivými prostředky. Žádný z konsolidantů nevytvořil výrazný gradient při pronikání. Po konsolidaci došlo u všech vzorků ke snížení propustnosti pro vodní páry. Paropropustnost organokřemičitých prostředků se snižuje s rostoucím množstvím vytvořeného gelu a při srovnání s křemičitými sóly s podobným množstvím vytvořeného gelu nejsou v paropropustnosti výrazné rozdíly. Konsolidací dále došlo ke snížení koeficientu nasákavosti silně nasákové vápenné omítky, přesto byly všechny vzorky po konsolidaci hodnoceny jako nasákové.

2006 - Porovnání účinnosti konsolidantů při zpevňování vápenných malt¹¹

V r. 2006 sepsala Alena Hladíková na půdě Vysoké školy chemicko-technologické v Praze diplomovou práci na téma porovnání účinnosti konsolidantů při zpevňování vápenných malt. Zkoumány byly jednosložkový organokřemičitý prostředek s neutrálním katalyzátorem Porosil RZ (fa Aqua obnova staveb s. r. o.), jednosložkový křemičitý sol ve vodném médiu

¹⁰ BĚŤÁK, Marek. *Srovnání možností strukturální konsolidace vápenného štku křemičitými sóly a organokřemičitými konsolidanty*. Litomyšl, 2003. Bakalářská práce. Institut restaurování a konzervačních technik Litomyšl, o. p. s. Vedoucí práce Ing. Karol Bayer. Kap. Výsledky stanovení množství vyloučeného gelu, s. 35; Stanovení paropropustnosti, s. 36-37; Výsledky stanovení koeficientu nasákavosti, s. 37; Výsledky stanovení rychlosti ultrazvukové transmise, s. 38; Výsledky stanovení pevnosti v tahu za ohybu, s. 38-39; Pozorování přítomnosti konsolidantu v profilu vzorku, s. 42; Shrnutí, s. 43; Závěr, s. 43-44.

¹¹ Hladíková (viz. pozn. 1.), kap. Diskuze, s. 51-62; Závěr, s. 63.

Porosil ZTS (fa Aqua obnova staveb s. r. o.) a vápenná voda. Testovací tělíska byla připravena z chudé vápenné omítky. Ačkoliv se diplomová práce A. Hladíkové zaměřuje na jiné komerční produkty nežli tato bakalářské práce, chemické složení produktů je téměř analogické a proto zde bude jejich porovnání představeno.

Organokřemičitý prostředek vykazoval dle výsledků diplomové práce dobrou penetrační schopnost a nevytvářel na povrchu vzorku nežádoucí souvislý film. Konsolidací došlo obecně ke snížení množství a velikostí pórů, které byly zaplněny kvalitním nepopraskaným gelem. Tento výsledek zlepšil měřené vlastnosti vzorků omítek, které měly po konsolidaci větší pevnost, odolnost proti působení vodorozpuštěných solí a nižší nasákavost. Odolnost proti působení vodorozpuštěných solí konsolidovaných vzorků je závislá na pevnosti materiálu a distribuci velikosti pórů. Nárůst odolnosti byla způsobena zvýšením pevností vzorků a snížením množství pórů především s malým poloměrem.

Křemičitý sol penetroval dobře do materiálu, přesto vytvořil na povrchu vzorků film, pravděpodobně v důsledku zhoršené penetrační schopnosti a rychlejší gelaci. Vlastnosti konsolidovaných vzorků vykazovaly zvýšenou pevnost a sníženou nasákavost. Odolnost proti působení vodorozpuštěných solí se neprojevila tak výrazná jako v případě organokřemičitanu. Nárůst odolnosti byla také způsobena zvýšením pevností vzorků a snížením množství pórů především s malým poloměrem.

Vápenná voda pronikla pouze do povrchové vrstvy vzorku, kde došlo ke vzniku bílého povlaku uhličitanu vápenatého. Vzorky konsolidované vápennou vodou nevykazovaly žádné zvýšení pevností, naopak byl patrný jejich mírný pokles. Také hodnoty nasákavosti vzorků před a po konsolidaci zůstaly nezměněny. Při konsolidaci vápennou vodou nedošlo, na rozdíl od ostatních zkoumaných konsolidantů, k zaplnění pórů konsolidantem. Cyklické zavlhčování vzorků opakovanou aplikací navíc způsobilo mírný nárůst množství a velikosti pórů. Vlivem konsolidace vápennou vodou v několika cyklech tak dochází ke zhoršení vlastností konsolidovaného materiálu a k jeho snížené odolnosti.

2007 – Státní hrad Pernštejn, sýpka, Analýzy omítek, povrchových úprav a zkoušky konsolidace poškozených omítek¹²

V rámci rekonstrukce sýpky hradu Pernštejna po požáru v roce 2005, byl v roce 2007 proveden průzkum a zkoušky konsolidace interiérových a exteriérových omítek, na kterých se podíleli Mgr. Zoja Matulíková (NPÚ Brno) a odborníci z oboru technologie Ing. Karol Bayer, Dr. Petr Dvořák a Prof. Pavla Rovnaníková.

V rámci zkoušek byly srovnány tři základní typy konsolidantů – na bázi esterů kyseliny křemičité (4 komerčně vyráběné typy), na bázi vodního koloidního roztoku kyseliny křemičité (1 komerčně vyráběný typ) a na bázi vápenné vody

Vycházejíc z výsledků měření ultrazvukové transmise (je v korelaci s pevností materiálu) byl nejvyšší zpevňovací efekt při srovnání testovaných konsolidantů zjištěn u zpevňovacích prostředků na bázi esterů kyseliny křemičité poskytující minimálně 300 g gelu SiO₂ na 1 l

¹² BAYER, Karol. *Státní hrad Pernštejn, sýpka, Analýzy omítek, povrchových úprav a zkoušky konsolidace poškozených omítek*. Litomyšl 2007. Vyhodnocení zkoušek konsolidace, s. 24.

konsolidantu. Rozdíl mezi elastifikovaným a standardním organokřemičitým konsolidantem je velmi malý. Všechny testované prostředky penetrují velmi dobře do hloubky omítky a nemají tendenci kumulovat se pouze na povrchu. Změna dalších fyzikálních vlastností – nasákavosti, porosity je poměrně malá. Vysoká porosita vápenné malty zůstává i po konsolidaci zachovaná.

Konsolidant na bázi vodního koloidního roztoku kyseliny křemičité má pouze malý zpevňující účinek a podle průzkumu pomocí elektronového mikroskopu (REM) se ukazuje, že zřejmě malou schopnost penetrovat do větší hloubky a vytváří na povrchu vrstvičku gelu SiO_2 .

Zpevňovací účinek vápenné vody byl v daném případě prakticky neměřitelný, nárůst hmotnosti zkušebních tělísek (vyjadřuje množství přijatého konsolidantu) je překrytý ztrátami hmotnosti při manipulaci v průběhu konsolidace (opakování 25 x). Při průzkumu pomocí elektronového mikroskopu (REM) byly částice nově vzniklého uhličitanu vápenatého nalezeny pouze na povrchu vzorku.

2008 – Organokřemičitany v české památkové praxi

Publikace z r. 2008 o organokřemičitanech v české památkové praxi představuje výzkum a praktické zkušenosti v oblasti použití organokřemičitých prostředků na konsolidaci silikátových a karbonátových materiálů děl umělecké podstaty. Použití organokřemičitých prostředků a křemičitých solí na konsolidaci karbonátových materiálů, jako např. vápenců, vápenných omítek a nátěrů, je široce diskutováno. Přestože zkušenosti s konsolidací karbonátových materiálů organokřemičitými prostředky a křemičitými soly jsou velice dobré, nesplňují jeden z požadavků přístupů k restaurování a to kompatibilitu se zpevňovaným materiálem. Jejich užití je doporučováno v kombinaci např. s vápennou disperzí v alkoholu či užití hydroxidu vápenatého v podobě nanočástic¹³

Organokřemičité prostředky a křemičité soly při konsolidaci karbonátových materiálů byly v českých zemích použity např. při restaurování sgrafitových fasád ve Slavonicích, Prachaticích, Kolíně, Třeboni, na zámku Kratochvíle a Mělník a také při restaurování středověkých omítek na pláštích kostelů v Rožmberku nad Vltavou, Liděřovicích, Cetvinách a Jemnici.¹⁴

2012 – Nanomateriály v památkové péči

Publikace z r. 2012 o nanomateriály v památkové péči představuje, mimo jiné, dosavadní vývoj výzkumu a praktických zkušeností s konsolidanty na bázi nanočástic hydroxidu vápenatého. Je již prokázáno, že konsolidanty na bázi nanosuspenzí hydroxidu vápenatého vykazují mnohem významnější konsolidační efekt, penetrační schopnosti a stabilitu ve srovnání s konsolidací stejným množstvím prostředků na bázi makro a mikročástic hydroxidu vápenatého v organických rozpouštědlech a ve vodě. Střední velikost částic hydroxidu vápenatého ve vápenné vodě se pohybuje okolo desítky mikrometrů a jejich koncentrace je oproti komerčním prostředkům nanosuspenzí hydroxidu vápenatého

¹³ Rathouský (viz. pozn. 8.).

¹⁴ Špale (viz. pozn. 4.).

mnohem nižší (pro srovnání – koncentrace hydroxidu vápenatého ve vápenné vodě je 1,6-1,7 g/litr vody a koncentrace nanočástic hydroxidu vápenatého CaLoSil[®] se pohybuje v rozmezí 5-50g/litr konsolidantu). Vývoj konsolidantů na bázi nanočástic hydroxidu vápenatého směřuje k jejich cílené přípravě s ohledem na charakter a velikost pórů ošetřovaných materiálů. Velikost částic konsolidantu by měla odpovídat velikosti pórů zpevňovaného materiálu. Např. pro materiály s větší šířkou pórů o několika mikrometrech je vhodné použít disperze o střední velikosti částic 100-200 nm, které jsou komerčně dostupné, a pro materiály s užšími póry okolo 0,1 mikrometru, jako jsou vápence a opuky, by bylo vhodné použít disperze o velikosti částic 10-20 nm, které prozatím komerčně dostupné nejsou. Dalším z hlavních cílů výzkumu je stabilita disperzí nanočástic, aby je bylo možné dostatečně dlouho skladovat (pro srovnání - produkty CaLoSil[®] jsou od výroby skladovatelné cca. 3 měsíce) a nedocházelo během konsolidace k jejich předčasné aglomeraci v povrchové vrstvě materiálu. K aglomeraci částic dochází vlivem elektrolytů, zvláště vícemocných aniontů, např. dvojmocných síranů nebo uhličitanů. I velmi nízká koncentrace především vícemocných aniontů může vyvolat aglomeraci částic disperze. Pro stabilitu disperzí je vhodné použít jako disperzní prostředí rozpouštědlo s nízkým povrchovým napětím, např. nižší alkoholy. Alternativní metoda stabilizace je založena na adsorpci povrchově aktivních látek nebo polymerů na povrchu částic.¹⁵ Disperze nanočástic hydroxidu vápenatého CaLoSil[®] E25 byla v českých zemích použita např. pro konsolidaci interiérových převážně barokních omítek kláštera Rosa Coeli v Dolních Kounicích. Součástí testování v ambitu kláštera bylo také srovnání s komerčními organokřemičitými prostředky a křemičitými sóly. Nanosuspenze aplikovaná v několika cyklech zajistila účinnou konsolidaci za minimálních optických změn povrchu omítek.¹⁶

¹⁵ Rathouský (viz. pozn. 2.).

Vývojem stabilních disperzí nanočástic hydroxidu vápenatého se mimo jiné zabývá projekt NAKI č. DF11P01OVV012 Ministerstva kultury České republiky, v rámci kterého byl proveden publikovaný výzkum.

¹⁶ MACHAČKO, Luboš, et al. Testování „nanosuspenzí“ na bázi hydroxidu vápenatého v rámci projektu Stonecore, s. 32-37. In: *Nanomateriály v památkové péči: Sborník přednášek z odborného semináře Společnosti pro technologie ochrany památek*. Ed.: Olga Kotlíková. Praha: Společnost pro technologie ochrany památek, Národní technické muzeum, 2012. Dostupné z: <http://www.jh-inst.cas.cz/nanocentrum/data/dokument/soubor/sbornik-seminare-stop-nanomaterialy-v-pamatkove-peci.pdf>

11. ZKOUŠKY RŮZNÝCH TYPŮ KONSOLIDANTŮ HISTORICKÝCH OMÍTEK

11.1. Charakteristika referenčních ploch

11.1.1. Lokalizace a popis referenčních ploch

Zkoušky byly provedeny na fasádě secesní budovy radnice z roku 1906 na náměstí v Horním Maršově. Fasáda se skládá z kamenného soklu a ve vyšších patrech z hladkých omítkových ploch, střídajících se s geometrickými štukovými prvky, doplněných rostlinnou štukovou výzdobou.

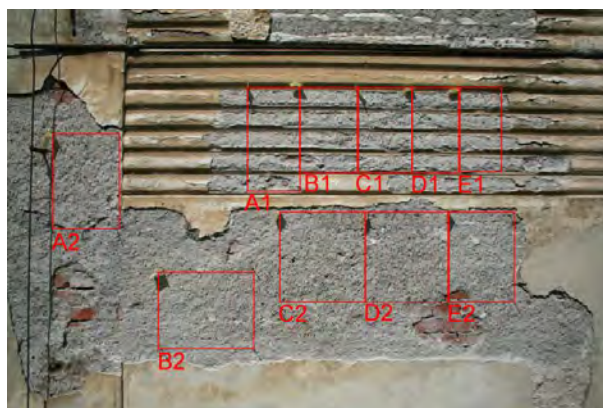


Obr. 37 Secesní budova radnice v Horním Maršově

Referenční plochy byly vybrány na SV, krátké straně radnice. Zkoušky zpevnění byly provedeny na velmi poškozených jádrových omítkách, na místech chybějícího svrchního štuků.



Obr. 38 Vybraná referenční plocha na SV straně radnice



Obr. 39 Referenční plochy omítek
A - vápenná voda, B - CaLoSiL E25, C – Tosil A,
D – KSE 300, E – KSE 500 E, 1 – nátěr, 2 - nástřík

11.1.2. Složení a základní vlastnosti omítky

Na cihlovém zdivu je nanášena hrubozrnná jádrová omítka, tloušťky 3-5 cm, na které je natažen jemnozrnný štuk, tloušťky cca 0,5 cm.



Obr. 40 Jádrová omítka s obsahem strusky a kousků barevných sklíček



Obr. 41 Lokalizace odběru vzorku nezpevněné omítky VzN

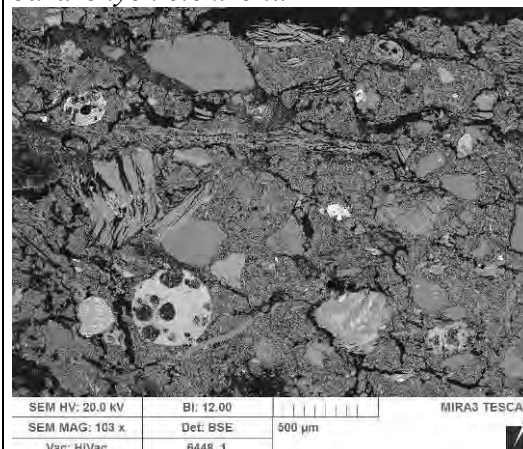


Obr. 42 Lokalizace odběru vzorku nezpevněné omítky VzN - detail

Obr. 43 Mikrofoto v bílém odraženém světle při zvětšení 50x



Obr. 44 Mikrofoto REM-BEI, foto v režimu odražených elektronů



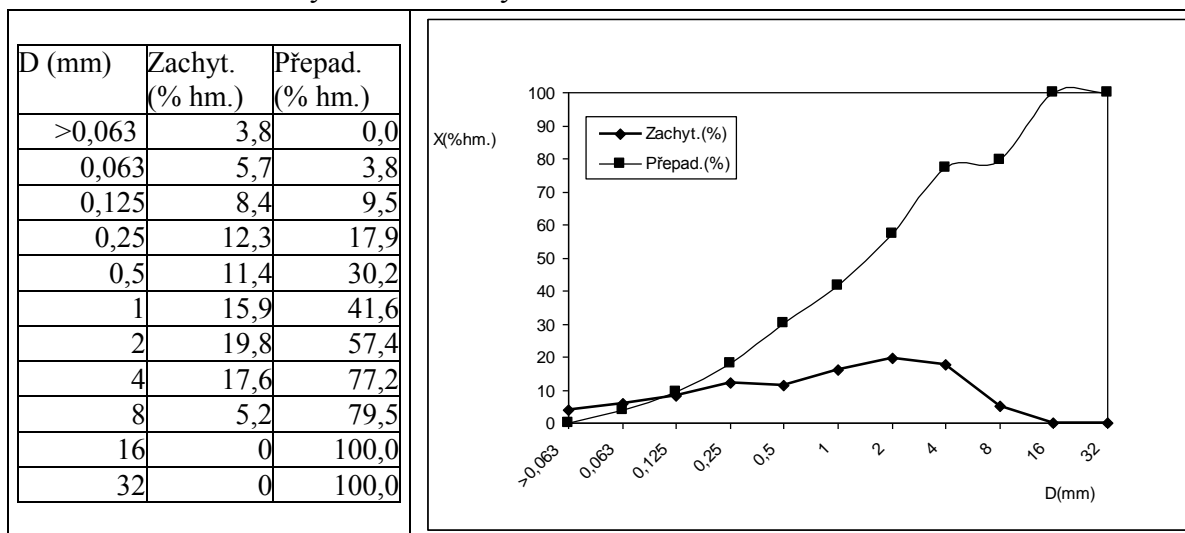
Výsledky zjednodušené kvantitativní silikátové analýzy omítkové vrstvy:

Tab. 3 Výsledky zjednodušené kvantitativní silikátové analýzy omítkové vrstvy

Stanovovaná složka	Obsah (% hm.)	Výpočet poměru míchání*	
Nerozložitelný podíl (v HCl 1:4)	68,74	Suchý vápenný hydrát : písek (díly hmotnosti)	1 : 2,7
Rozložitelný podíl (v HCl 1:4)	31,26	Vápenná kaše : písek (díly objemu)	1 : 1,7
Rozpustný SiO ₂	0,76		

*Výpočet poměru míchání byl proveden za zjednodušujícího předpokladu, že rozložitelný podíl je tvořen hlavně uhličitánem vápenatým, který vznikl karbonatizací bílého vzdušného vápna použitého jako pojivo. Přepočet na vápennou kaši vychází z průměrného obsahu vápna ve vápenné kaši tj. 50 % hm.

Tab. 4 Granulometrický rozbor omítky



Popis omítky: Světlá naředlá omítková vrstva, poměrně hrubozrná, málo soudržná a velmi drolivá.

Podle analýzy REM-EDS je pojivem bílé vzdušné vápno, základní hmota je tvořena hlavně uhličitánem vápenatým. Nerozmíchané částice karbonatizovaného vápna jsou pouze ojedinělé a proto lze předpokládat, že bylo použité pravděpodobně hašené vápno ve formě vápenné kaše. Omítka obsahuje příměs strusky; je možné, že struska byla původně do omítky přidána jako pucolánová přísada za účelem dosažení hydraulických vlastností pojiva a zvýšení její pevnosti. Většina částic strusky, zejména hrubších, má ale hlavně funkci kameniva, resp. je jeho součástí. Jako hlavní kamenivo byl použitý křemenný písek, obsahující kromě zrn křemene i vysoký podíl dalších silikátů (živce, slída) a taky horninové úlomky. Kamenivo je poměrně hrubozrné s velikostí zrn do 10 mm. Distribuce velikosti zrn je poměrně široká s nevýrazným maximem mezi 1 až 4 mm.

11.1.3. Poškození omítek

Původní jádrová omítka, která se dochovala pod odpadlým štukem, je ve hmotě korodovaná, velmi nesoudržná, při dotyku drolivá.



Obr. 45 Degradovaná jádrová omítka v místě defektu štukové vlnovky v dolní části fasády

11.2. Zkoušky konsolidace omítek

Zkoušky zpevnění byly provedeny na velmi poškozených jádrových omítkách, na místech chybějícího svrchního štuky.

Tab. 5 Zkoušené konsolidační prostředky

Typ prostředku / označení při zkouškách	Název a specifikace	Výrobce
Vápenná voda / A	Nasycený roztok hydroxidu vápenatého	
Vápenná nanosuspenze / B	CaLoSil [®] E25, nanosuspenze hydroxidu vápenatého dispergovaná v ethanolu o koncentraci 25 g/l	IBZ-Freiberg, D
Křemičitý sol / C	Tosil A, koloidní vodní roztok kyseliny křemičité, slabě alkalický; pro zkoušky konsolidace byl použitý zředěný roztok 1:4	Koma s.r.o. CZ
Ester kyseliny křemičité / D	Funcosil KSE 300, organokřemičitý konsolidant poskytující po vytvrdnutí cca 300 g gelu SiO ₂ na 1 l konsolidantu.	Remmers, D
Ester kyseliny křemičité / E	Funcosil KSE 500 E, organokřemičitý konsolidant poskytující po vytvrdnutí cca 500 g gelu SiO ₂ na 1 l konsolidantu.	Remmers, D

Způsob aplikace:

Všechny konsolidační prostředky byly na vymezenou plochu nanášeny dvěma způsoby: nátěrem (označení **1**) a pomocí stříčky (označení **2**), v obou případech do nasycení dané plochy. U vápenné vody bylo provedeno 70 cyklů sycení, vápenná nanosuspenze a křemičitý sol byly aplikovány ve dvou cyklech v časovém odstupu 48 hodin a organokřemičitany v jednom cyklu do nasycení.

Tab. 6 Množství přijatého konsolidantu při aplikaci nátěrem

Prostředek	Počet cyklů	Velikost referenční plochy (m ²)	Celkové množství přijatého kapalného konsolidantu (l)	Celkové množství přijatého kapalného konsolidantu na 1 m ² (l)	Celkové množství kapalného konsolidantu přijatého během 1 cyklu na 1 m ² (l)
Vápenná voda* / A1	71	0,156	17,19	110	1,55
CaLoSil® E25/ B1	2	0,120	0,50	4,17	2,10
Tosil A / C1	2	0,126	0,47	3,73	1,87
Funcosil KSE 300 / D1	1	0,133	0,49	3,70	3,70
Funcosil KSE 500 E/ E1	1	0,112	0,22	1,96	1,96

* Průběh impregnace referenční plochy omítky vápennou vodou viz. Příloha 14.6.

Tab. 7 Množství přijatého konsolidantu při aplikaci nástřikem

Prostředek	Počet cyklů	Velikost referenční plochy (m ²)	Celkové množství přijatého kapalného konsolidantu (l)	Celkové množství přijatého kapalného konsolidantu na 1 m ² (l)	Množství kapalného konsolidantu přijatého během 1 cyklu (l/1 m ²)
Vápenná voda* / A2	71	0,152	47,60	313,16	4,41
CaLoSil® E25/ B2	2	0,198	0,75	3,79	1,89
Tosil A / C2	2	0,235	0,85	3,62	1,81
Funcosil KSE 300 / D2	1	0,214	1,00	4,67	4,67
Funcosil KSE 500 E / E2	1	0,199	0,25	1,26	1,26

* Průběh impregnace referenční plochy omítky vápennou vodou viz. Příloha 14.6.

11.3. Subjektivní hodnocení

11.3.1. Subjektivní hodnocení při aplikaci



Obr. 46 Aplikace nástřikem

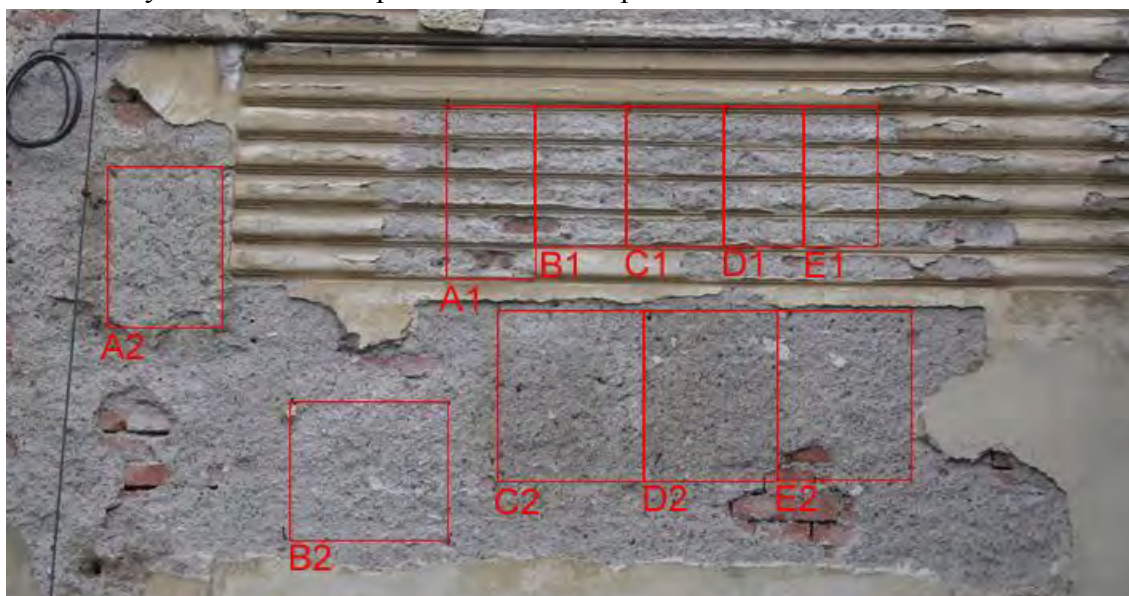
Vzhledem k velké degradaci omítky a velmi otevřenému povrchu vykazovaly všechny použité prostředky poměrně dobrou penetraci.

Při aplikaci nátěrem měl nejlepší penetraci organokřemičitan Funcosil KSE 300. Na nižší, vzájemně srovnatelné, úrovni z hlediska penetrace byly vápenná nanosuspenze a křemičitý sol, přičemž u vápenné nanosuspenze se již během penetrace projevil na některých místech referenční plochy omítky bílý zákal. Na předposledním místě byl pravděpodobně vzhledem k vysoké viskozitě Funcosil 500 KSE E, při jehož aplikaci docházelo k výraznému rozrušování velmi degradovaného povrchu omítky opakovaným natíráním. Nejmenší množství konsolidantu průměrně přijatého během jednoho cyklu impregnace bylo zaznamenáno u vápenné vody. Obecně lze k aplikaci nátěrem konstatovat, že v případě takto zásadně korodované omítky dochází k mechanickému rozrušování a zatírání povrchu drobnými částicemi plniva promísenými s konsolidantem.

Při aplikaci nástřikem měl opět nejlepší penetraci organokřemičitan Funcosil KSE 300. Srovnatelné množství konsolidantu přijatého v rámci jednoho cyklu bylo na rozdíl od aplikace nátěrem zaznamenáno u vápenné vody. Přibližně poloviční množství pak vykazovaly vápenná nanosuspenze a křemičitý sol, přičemž u vápenné nanosuspenze se již během penetrace opět projevil na některých místech referenční plochy omítky bílý zákal. Nejmenší schopnost penetrace měl vzhledem ke své viskozitě Funcosil 500 KSE E. Pracnost zpevňování se odvíjela především od počtu zpevňovacích cyklů. V případě organokřemičitanů bylo zpevnění provedeno jednou do úplného nasycení, křemičitý sol a vápenná nanosuspenze byly aplikovány do nasycení ve dvou cyklech. Neporovnatelně pracnější bylo zpevňování vápennou vodou, které znamenalo 70ti násobnou impregnaci při frekvenci 2x denně (do částečného vyschnutí).

11.3.2. Subjektivní hodnocení po vytvrdnutí

Po vytvrdnutí konsolidantů byl vizuálně hodnocen vzhled konsolidovaných ploch a mechanicky zkoušena míra zpevnění omítek na povrchu a ve hmotě.



Obr. 47 Referenční plochy omítek po vyschnutí konsolidantů

Tab. 8 Subjektivní hodnocení po vytvrdnutí

Prostředek	Barevnost	Pevnost na povrchu	Pevnost ve hmotě
A1 – E1 aplikace náterem		1 – velmi dobrá 2 – dobrá 3 - špatná	1 – velmi dobrá 2 – dobrá 3 - špatná
A2 – E2 aplikace nástříkem			
Vápenná voda / A1	bez změny	2	3
CaLoSil® E25 / B1	bílý zákal	2	2
Tosil A / C1	mírně tmavší	1 - 2	3
Funcosil KSE 300 / D1	mírně tmavší	1 - 2	1 - 2
Funcosil KSE 500 E / E1	minimální změna	1 - 2	2
Vápenná voda / A2	bez změny	2	3
CaLoSil® E25 / B2	bílý zákal	2	2
Tosil A / C2	mírně tmavší	1 - 2	2
Funcosil KSE 300 / D2	mírně tmavší	1	1 - 2
Funcosil KSE 500 E / E2	minimální změna	1 - 2	2

Vyhodnocení:

Z hlediska hodnocení všech tří parametrů lze konstatovat, že výsledky zkoušených konsolidantů jsou porovnatelné při aplikaci nátěrem i nástřikem.

Z hlediska hodnocení míry zpevnění na povrchu i ve hmotě vyšly nejlépe organokřemičitany, výraznější zpevnění Funcosilem KSE 300 bylo dáno pravděpodobně větším množstvím přijatého zpevňovače viz. Tab. 6, 7.

Poměrně dobrý výsledek zpevnění se projevil i u křemičitého solu Tosilu A při aplikaci nástřikem, při aplikaci nátěrem byla míra zpevnění ve hmotě výrazně zhoršená.

Zhoršenou pevnost, která se však výrazně nelišila na povrchu a ve hmotě, vykazovaly v případě obou aplikací plochy zpevněné vápennou nanosuspenzí.

Nejhorší výsledek byl zaznamenán u vápenné vody, kde míra zpevnění na povrchu byla u obou aplikací sice srovnatelná s vápennou nanosuspenzí, ve hmotě byla však zůstala omítka téměř nezpevněná.

Z hlediska optických změn byla nejlépe hodnocena vápenná voda a organokřemičitan Funcosil KSE 500 E a to při obou aplikacích. K mírnému ztmavnutí omítky došlo v případě Funcosilu KSE 300 a křemičitého solu Tosilu A. Po zpevnění vápennou nanosuspenzí zůstal lokálně na povrchu zpevněné plochy bílý zákal.

11.4. Objektivní hodnocení vybraných parametrů

11.4.1. Zkoumání povrchu konsolidované a nekonsolidované omítky na odebraných vzorcích


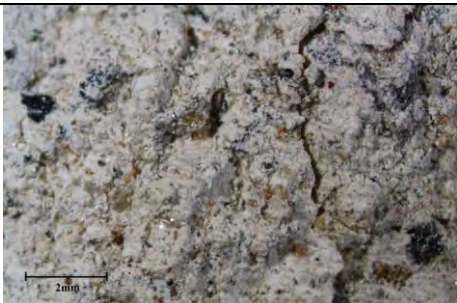

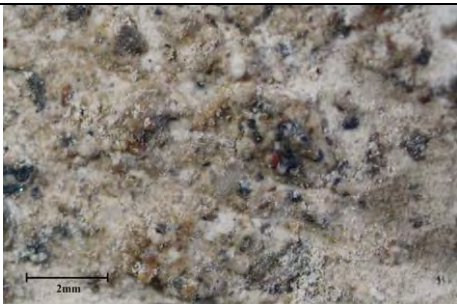

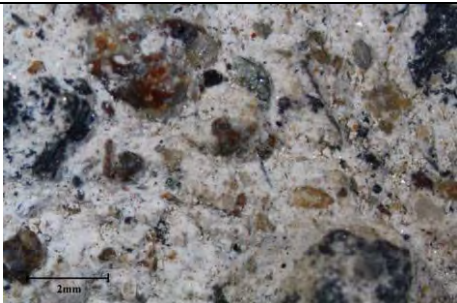

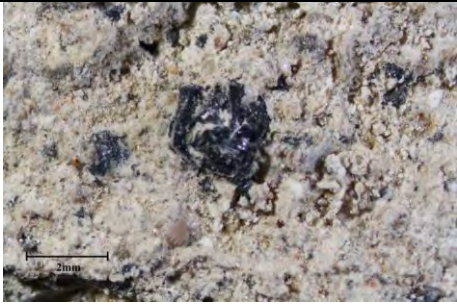
N – nezpevněná omítka, **A** – vápenná voda, **B** – vápenná nanosuspenze CaLoSiL E25, **C** – křemičitý sol Tosil A, **D** – organokřemičitan Funcosil KSE 300, **E** - organokřemičitan Funcosil KSE 500 E, (**1** - aplikace nátěrem, **2** – aplikace nástřikem)

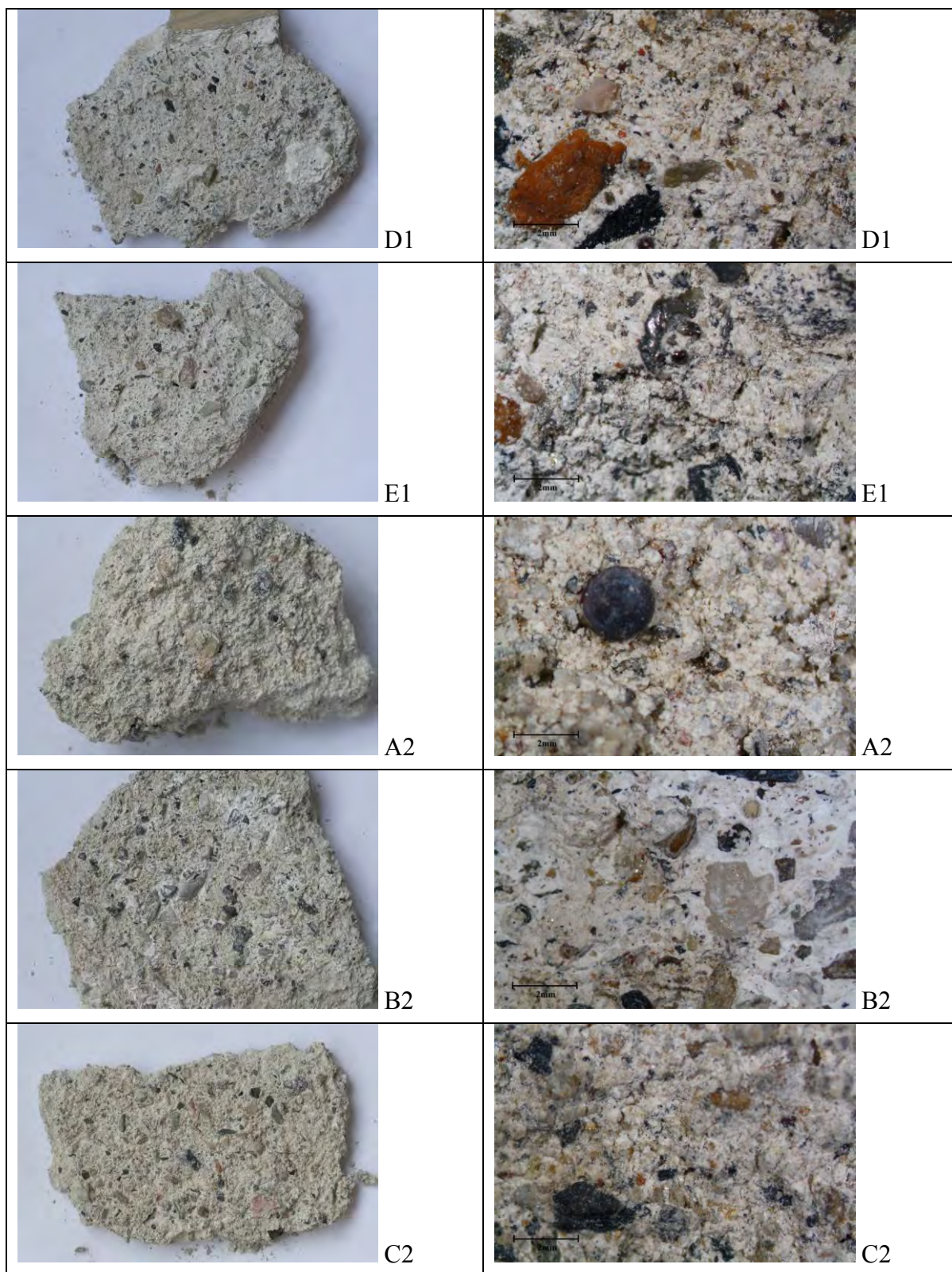
Canon EOS 350D DIGITAL

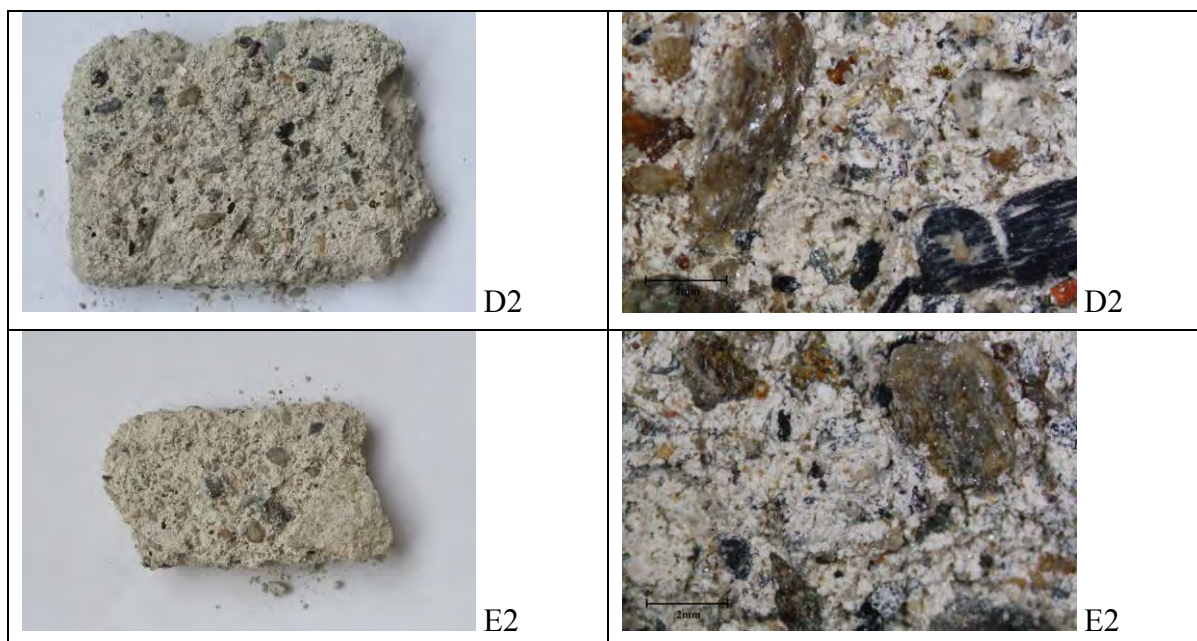
Obr.48 - 58

Mikroskop Nikon SMZ 800, zvětšení 10 x

Obr.59 - 69

 <p style="text-align: right;">N</p>	 <p style="text-align: right;">N</p>
 <p style="text-align: right;">A1</p>	 <p style="text-align: right;">A1</p>
 <p style="text-align: right;">B1</p>	 <p style="text-align: right;">B1</p>
 <p style="text-align: right;">C1</p>	 <p style="text-align: right;">C1</p>





Vyhodnocení:

Na povrchu vzorků odebraných zpevněných omítek nebyla v porovnání s nezpevněnou omítkou při pozorování pouhým okem patrná větší změna. Mírný rozdíl je možné sledovat mezi omítkami zpevněnými nátěrem a nástřikem. Povrch omítek zpevněných nátěrem působí uzavřeněji, což je pravděpodobně způsobené rozrušováním a zatíráním povrchu drobnými částicemi omítky promísenými s konsolidantem.

Tento efekt není při pozorování stereolupou při zvětšení 10x patrný. Výraznější optická změna (bílý zákal) je v obou případech (pozorování pouhým okem a pod stereolupou) vidět na vzorcích zpevněných vápennou nanosuspencí (B1, B2).

11.4.2. Zkoumání konsolidované a nekonsolidované omítky pomocí REM-EDS

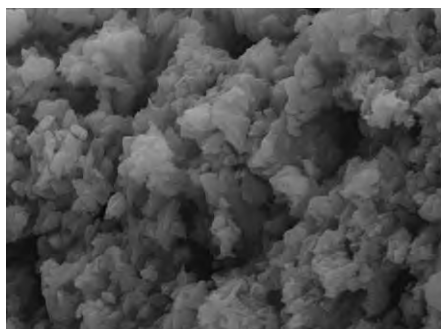
Zkoumány byly jednak přímo úlomky vzorků – lomová plocha a struktura základní hmoty omítky odebraných z referenčních ploch po konsolidaci byla srovnávána se strukturou základní hmoty nekonsolidované omítky. Dále byly pro zkoumání použity nábrusy, které byly z jednotlivých vzorků připraveny zalitím do akrylátové pryskyřice Spofacryl a následně pak broušené a vyleštěné.

Studie byla provedena na mikroskopu rastrovacím elektronovém mikroskopu s autoemisním zdrojem Tescan MIRA 3 s EDS analyzátozem Bruker.

Úlomky vzorků byly před analýzou pokoveny zlatem a nábrusy byly naprášeny uhlíkem. Pro studium úlomků vzorků byl použitý detektor sekundárních elektronů a pro studium nábrusů detektor zpětně odražených elektronů.

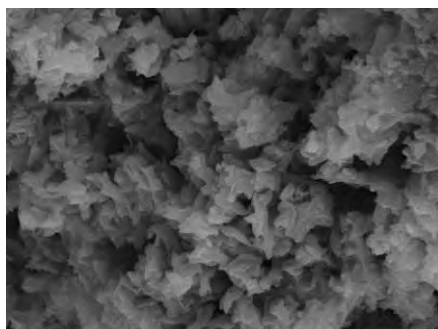
Studium úlomků vzorků (lomové plochy) – struktura základní hmoty

Obr. 70 REM-SEI, N - Neošetřená omítka



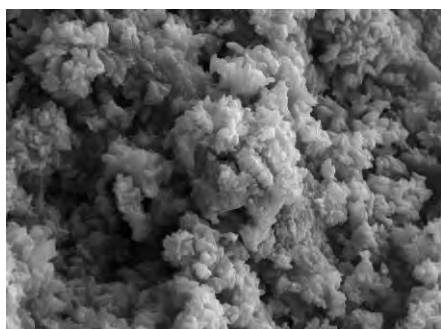
SEM HV: 20.0 kV BI: 12.00
SEM MAG: 10.0 kx Det: SE 5 µm
Vac: HiVac N_3 MIRA3 TESCAN

Obr. 71 REM-SEI, N - Neošetřená omítka



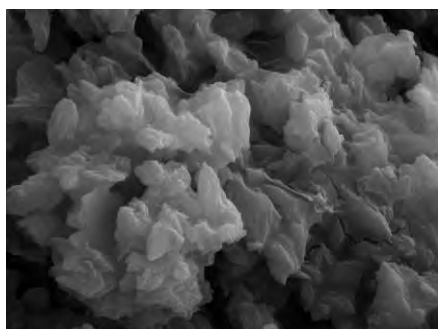
SEM HV: 20.0 kV BI: 12.00
SEM MAG: 10.0 kx Det: SE 5 µm
Vac: HiVac N_10 MIRA3 TESCAN

Obr. 72 REM-SEI, A1 – konsolidace vápennou vodou



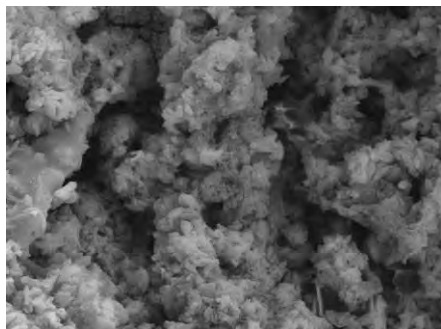
SEM HV: 20.0 kV BI: 12.00
SEM MAG: 5.00 kx Det: SE 10 µm
Vac: HiVac 1A_2 MIRA3 TESCAN

Obr. 73 REM-SEI, A1 – konsolidace vápennou vodou



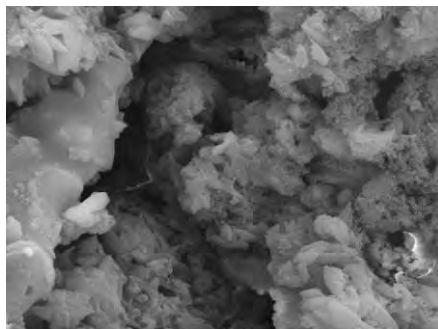
SEM HV: 20.0 kV BI: 12.00
SEM MAG: 15.0 kx Det: SE 5 µm
Vac: HiVac 1A_4 MIRA3 TESCAN

Obr. 74 REM-SEI, B1 – konsolidace vápennou nanosuspenzí CaloSil E25



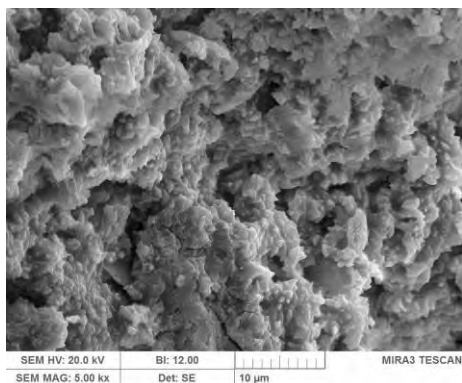
SEM HV: 20.0 kV BI: 12.00
SEM MAG: 5.00 kx Det: SE 10 µm
Vac: HiVac 2A_2 MIRA3 TESCAN

Obr. 75 REM-SEI, B1 – konsolidace vápennou nanosuspenzí CaloSil E25

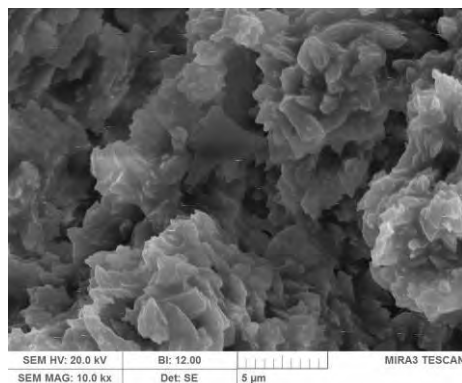


SEM HV: 20.0 kV BI: 12.00
SEM MAG: 10.0 kx Det: SE 5 µm
Vac: HiVac 2A_3 MIRA3 TESCAN

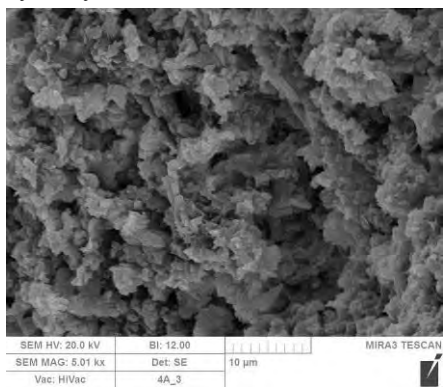
Obr. 76 REM-SEI, C1 – konsolidace křemičitým solem Tosil A



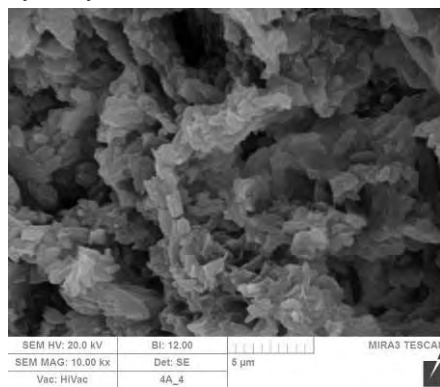
Obr. 77 REM-SEI, C1 – konsolidace křemičitým solem Tosil A



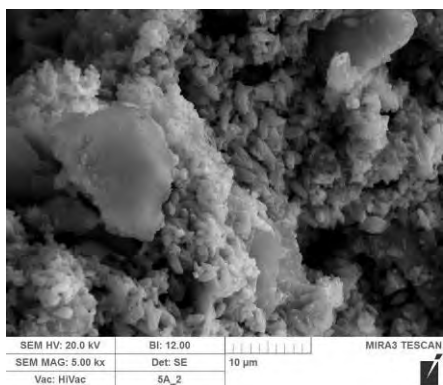
Obr. 78 REM-SEI, D1 – konsolidace esterem kyseliny křemičité Funcosil 300



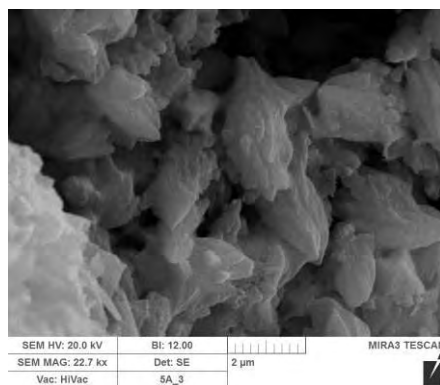
Obr. 79 REM-SEI, D1 – konsolidace esterem kyseliny křemičité Funcosil 300



Obr. 80 REM-SEI, D1 – konsolidace elastifikovaným esterem kyseliny křemičité Funcosil 500E



Obr. 81 REM-SEI, D1 – konsolidace elastifikovaným esterem kyseliny křemičité Funcosil 500E



Vyhodnocení:

Výsledky studia mikrostruktury základní hmoty (matrix) omítek (před a po konsolidaci) lze shrnout do několika bodů:

- základní hmota je vysoce porézní, co koresponduje s výsledky měření nasákavosti
- základní hmota je tvořena hlavně částicemi uhličitanu vápenatého, pravděpodobně ve formě kalcitu

- vzájemné propojení jednotlivých částic uhličitanu vápenatého nebo aglomerátů tvořených uhličitanem vápenatým není příliš kompaktní
 - v omítce jsou přítomné časté trhliny a defekty – pravděpodobně důsledek koroze omítky
 - mikrostruktura omítky je i po konsolidaci všemi použitými konsolidanty velmi podobná jako u neošetřené omítky – tedy vysoce porézní. Je zřejmé, že větší poruchy (např. praskliny) přítomné v omítce nebyly ani jedním z použitých konsolidantů „přemostěny“.
- Tento fakt patrně vysvětluje i relativně malý konsolidační efekt. Na druhé straně lze předpokládat, že konsolidace výrazně neovlivní porozitu omítky a tedy ani transport vodních par nebo kapalné vody v porézním systému omítky.

11.4.3. Výsledky hodnocení konsolidace metodou ultrazvukové transmise

Princip metody spočívá v měření rychlosti přechodu longitudální vlny (p-vlny) zkoumaným materiálem. Rychlost uz-signálu je pro daný materiál charakteristickou veličinou. V masivnějších horninách s vyšší mírou stmelení je rychlost ultrazvuku vyšší než v horninách poréznějších, obvykle méně stmelených. Tato souvislost platí i mezi stejným typem zvětrané a nezvětrané horniny. V poškozených, korodovaných kamenných objektech, jejich částech nebo vrstvách, je proto rychlost ultrazvuku nižší než v nepoškozených, „zdravých“ objektech resp. jeho částech. V místech výrazných poškození, nehomogenních míst velkého rozsahu nebo trhlin je signál silně zpomalený, deformovaný nebo prakticky neměřitelný.



Obr. 82, 83 Měření vzorků omítek ultrazvukem

Měřením se zjišťuje čas t přechodu uz-signálu zkoumaným objektem o tloušťce d .

Z naměřeného času t a vzdálenosti (tloušťky) d lze rychlost v vypočítat dle vztahu :

$$v = d/t \quad (\text{m/s}) \text{ příp. } (\text{km/s})$$

v - rychlost uz

d - měřená vzdálenost

t - čas přechodu signálu

Vlastní měření bylo provedeno přístrojem USME-C (fa. Krompholz, BRD) s měřicí frekvencí 250 kHz. Jako spojovací materiál pro přiložení sond byl použitý trvale plastický tmel na báze silikonového kaučuku (bez přísady změkčovadel).

Tab. 9 Výsledky měření ultrazvukové transmise před a po konsolidaci

Vzorek	t1 (μ s)	d1 (mm)	V1 (km/s)	t2 (μ s)	d2 (mm)	V1 (km/s)	t3 (μ s)	d3 (mm)	V3 (km/s)	t4 (μ s)	d4 (mm)	V4 (km/s)
N	33,8	15	0,46	23,9	15	0,67	65,5	36	0,56	61,1	36	0,60
A1	23,5	19	0,86	27,8	19	0,72	37,7	45	1,24	28,6	27	0,99
B1	24,1	13	0,57	17,7	13	0,80	50,2	36	0,74	43,7	36	0,85
C1	27,9	15	0,57	19,1	16	0,90	28,2	25	0,93	26,5	21	0,84
D1	21,3	13	0,65	18,8	11	0,63	57,6	46	0,82	54,2	45	0,85
E1	25,5	13	0,54	20,5	12	0,63	37,9	31	0,85	39,9	36	0,94
A2	36,9	34	0,96	36,4	34	0,97	46	46	1,03	30,3	33	1,14
B2	20,3	14	0,74	16,5	14	0,93	63,8	51	0,82	53,8	50	0,95
C2	16,9	12	0,77	19,7	11	0,60	44,8	37	0,85	50	46	0,95
D2	21,1	14	0,71	22,4	16	0,76	81,9	73	0,91	76,2	71,5	0,96
E2	16,3	13	0,87	16,1	11	0,75	15,7	11	0,77	48,2	41	0,88

Legenda:

t – čas

d – měřená vzdálenost

V – rychlost UZ

Popis vzorků:

N - nezpevněná

A - váp.voda

B - CaLoSiL E25

C - Tosil A

D - Funcosil KSE 300

E - Funcosil KSE 500

1 - nátěr

2 - nástřik

Tab. 10 Průměrné rychlosti přechodu ultrazvuku – aplikace nátěrem

Vzorek	V (km/s)	Změna vůči nezpevněnému vzorku (%)
N	0,57	-
A1	0,95	67
B1	0,74	30
C1	0,81	42
D1	0,74	30
E1	0,74	29

Tab. 11 Průměrné rychlosti přechodu ultrazvuku – aplikace nástřikem

Vzorek	V (km/s)	Změna vůči nezpevněnému vzorku (%)
N	0,57	-
A2	1,03	80
B2	0,86	51
C2	0,79	39
D2	0,83	46
E2	0,82	43

Vyhodnocení:

- vzhledem k charakteru vzorků a možnostem měření lze naměřené hodnoty do jisté míry vztahovat především k povrchovým vrstvám omítky (do hloubky několika mm)
- rychlost UZ (longitudální vlny tzv. p-vlny) v omítce před konsolidací je velmi nízká. Vycházejíc z výsledků měření na podobných typech materiálů (maltoviny nebo porézní horniny) odpovídá zjištěná rychlost vysoce porézním nebo silně degradovaným anorganickým porézním materiálům. Tato skutečnost dobře koreluje se stavem omítek před konsolidací.
- u všech testovaných konsolidačních prostředků byl zjištěn narůst rychlosti UZ po konsolidaci a je proto velmi pravděpodobné, že došlo i ke zvýšení jejich pevnosti. Nejvýraznější narůst byl zaznamenán v případě vápenné vody. I když je narůst vůči nekonsolidované omítce poměrně výrazný (o 30 až 80%) zůstávají rychlosti UZ na poměrně nízkých hodnotách (max. 1,03 km/s), co odpovídá poměrně nízké pevnosti omítek i po konsolidaci.
- vyšší rychlosti UZ byly zaznamenány v případě aplikace konsolidantu nástřikem a lze proto předpokládat, že aplikace nástřikem je z hlediska konsolidace efektivnější

11.4.4. Výsledky stanovení nasákavosti vodou a stanovení koeficientu nasákavosti



Obr. 84, 85 Měření nasákavosti vodou kapilárním vztlínáním

Nasákavost i koeficient nasákavosti vodou byly měřeny gravimtericky kapilárním vztlínáním z čelní strany vzorku.

Tab. 12 Nasákavost vzorků před a po konsolidaci – aplikace nátěrem

Vzorek	Koeficient nasákavosti ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-0,5}$)	Změna vůči nezpevněnému vzorku (%)	Nasákavost (% hm.)	Změna vůči nezpevněnému vzorku (%)
N	70,2	-	38,7	-
A1	29,9	-57	33,0	-15
B1	53,5	-24	35,7	-8
C1	31,0	-56	28,4	-27
D1	15,2	-78	24,2	-38
E1	47,9	-32	28,9	-25

Tab. 13 Nasákavost vzorků před a po konsolidaci – aplikace nástřikem

Vzorek	Koeficient nasákavosti ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-0,5}$)	Změna vůči nezpevněnému vzorku (%)	Nasákavost (% hm.)	Změna vůči nezpevněnému vzorku (%)
N	70,2	-	38,7	-
A1	45,9	-35	23,4	-40
B1	44,1	-37	26,6	-31
C1	39,3	-44	25,5	-34
D1	9,1	-87	21,2	-45
E1	39,9	-43	23,1	-40

Popis vzorků:

N - nezpevněná

A - váp.voda

- B - CaLoSiL E25
- C - Tosil A
- D - Funcosil KSE 300
- E - Funcosil KSE 500 E

Vyhodnocení:

- nasákavost i koeficient nasákavosti neošetřené omítky je velmi vysoká a svědčí o vysoké porositě dané malty. U vápenných omítek je vysoká nasákavost i poměrně běžná resp. je obvyklou vlastností vápenných omítek.
- vysoká kapilární nasákavost je jedním ze základních předpokladů penetrace kapalných konsolidantů do zpevňovaného materiálu.
- u všech testovaných prostředků byl zaznamenán pokles nasákavosti po konsolidaci vůči nekonsolidované omítce. V případě vápenné vody, vápenné nanosuspenze a křemičitého sólu lze tuto změnu přičítat pravděpodobně částečnému snížení porosity povrchových vrstev nebo celé konsolidované zóny. U organokřemičitých konsolidantů by snížení nasákavosti mohlo být způsobeno i částečnou hydrofobitou konsolidantu i po jeho vytvrdnutí (je důsledkem přítomnosti zbytkových, neodštěpených alkylových řetězců). Navzdory zmiňovanému snížení zůstává omítka i po konsolidaci vysoce nasákavá a proto lze očekávat i její vysokou porozitu (potvrdilo to i zkoumání mikrostruktury omítek po konsolidaci).

12. SHRNU TÍ

- pro zkoušky konsolidace byla vybrána vápenná, silně degradovaná a vysoce porézní omítka
- jako konsolidanty byly zvoleny hlavní typy anorganických zpevňovacích prostředků (resp. prostředků poskytujících po vytvrdnutí anorganické složeniny), které jsou v současnosti dostupné na trhu – roztok hydroxidu vápenatého, alkoholovou nanosuspenzi hydroxidu vápenatého, křemičitý sól, estery kyseliny křemičité
- zkoušky konsolidace potvrdily zvýšení pevnosti po konsolidaci v případě všech testovaných prostředků
- v případě některých prostředků došlo pouze ke zpevnění povrchu a proto je nelze v hledisku hloubkové strukturální konsolidace považovat za efektivní (vápenná voda, křemičitý sól).
- u některých prostředků je jejich aplikace doprovázena mírnou změnou vzhledu povrchu omítky – tvorba bílého zákalu v případě nanosuspenze hydroxidu vápenatého a mírné ztmavnutí povrchu po aplikaci esterů kyseliny křemičité.
- omítka si i po konsolidaci zachovává vysokou nasákavost a porozitu
- po zhodnocení všech sledovaných parametrů se pro daný typ omítky jeví jako nejvhodnější konsolidant estery kyseliny křemičité nebo nanosuspenze hydroxidu

vápenatého v ethanolu. Pro dosažení vyšší míry zpevnění by ale bylo nutné zvýšit v obou případech počet konsolidačních cyklů

13. ZÁVĚR

Praktická část bakalářské práce pro mě byla přínosem v mnoha ohledech. Novou zkušeností pro mě byla práce pod záštitou velké restaurátorské agentury, kde jsem si uvědomila, jak je důležité při práci v kolektivu jednotlivé postupy konzultovat a diskutovat o případných komplikacích. Důležité je spolupracovat nejen v rámci restaurátorského kolektivu, ale také s dalšími složkami památkové péče - zástupci památkové péče a technology. V tomto ohledu si myslím, že je co zlepšovat.

Vlastní práce na fresce pro mě byla cennou zkušeností nejen vzhledem k její vysoké umělecké kvalitě, ale také co se týká restaurátorského postupu při čištění a odstraňování přemaleb pomocí iontoměničů. Problematika přemaleb, která se objevila i na malbách v interiéru baziliky na Svatém kopečku, je velmi často řešenou otázkou v restaurátorské praxi. Jsou to především přemalby pocházející z období rozvoje restaurátorské činnosti na přelomu 19. a 20. a z 1. pol. 20. století, kdy restaurátoři často nadbytečně zasahovali do restaurovaného díla na úkor jeho autenticity bez ohledu na reverzibilitu jejich zásahů. V současnosti se pak potýkáme s často velmi složitě odstranitelnými přemalbami. Podruhé ve své praxi jsem měla možnost vyzkoušet si práci s iontoměniči. V tomto konkrétním případě s iontoměničem C100H. Výsledky čištění tímto prostředkem byly velmi uspokojivé. Oceňuji především velmi dobrou kontrolovatelnost procesu čištění tímto prostředkem a příjemnou práci s ním oproti práci s rozpouštědlovými systémy.

Co se týká závěrečné prezentace – provedení retuší a rekonstrukcí, zvolila jsem vzhledem k výbornému zachování malby poměrně konkrétní formu rekonstrukce nedochovaných částí. Vedla mě k tomu jak celková koncepce retuší na ostatním medailonech v klenbě, tak již zmíněná míra dochování na ostatních plochách malby. Zpětně, po zhlédnutí malby zdola po odstranění lešení, bych pravděpodobně zvolila neutrálnější barevné scelení. Ke své obhajobě mohu dodat, že tyto, z hlediska autenticity diskutabilní zásahy, jsou pouze lokální, dobře zdokumentované a materiálově velmi dobře reverzibilní.

V teoretické části, ve které jsem se zabývala možnostmi strukturální konsolidace omítek, jsem shrnula některé poznatky týkající se této problematiky a v praxi jsem vyzkoušela vybrané, dnes používané, konsolidanty na extrémě zvětralé omítce. Výsledky těchto zkoušek převážně potvrzují dosavadní zjištění o konkrétních konsolidantech viz. kap. 12. Shrnutí. Z výsledků této práce také vyplývá, že k dosažení dostatečné míry zpevnění takto extrémě zvětralé omítky je množství konsolidantu přijaté v rámci provedených zkoušek (viz. Tab. 6, 7) nedostatečné a je nutné jej zvýšit zopakováním konsolidačních cyklů.

14. LITERATURA A PRAMENY

14.1. Literatura a prameny

Smejkal B., Hyhlík V., *Svatý kopeček, Poutní chrám Navštívení Panny Marie*, Historická společnost Starý Velehrad se sídlem na Velehradě 1994

KRSEK I., KUDĚLKA Z., STEHLÍK M., VÁLKA J., *Umění Baroka na Moravě a ve Slezsku*, Praha 1996

MORA P., MORA L., PHILIPPOT P., *Conservation of Wall Paintings*. London 1984

SLÁNSKÝ, Bohuslav, *Technika malby I a II*. Praha 2003

VANĚČEK I., *Nástěnné malby*. VŠCHT Praha 1997

ZELINGER J. a kolektiv, *Chemie v práci konzervátora a restaurátora*. Praha 1987

HOŠEK J., MUK J., *Omítky historických staveb*. Praha 1989

KUBIČKA R., ZELINGER J., *Výkladový slovník, malířství, grafika restaurátorství*, Praha 2004

MLČÁK L., *Nástěnné malby Johanna Stegera v zámecké kapli v Tovačově*, Vlastivědný věstník moravský, 2002, č. 3, s. 277.

MLČÁK L., *Olomoucké baroko 2, Výtvarná kultura let 1620–1780, Katalog*, Olomouc 2010, s.267-268.

ŘURANOVÁ Y., ak.mal., *Orientační restaurátorský průzkum, malířská a štuková výzdoba kleneb a stěn interiéru k římsce, bazilika Navštívení Panny Marie*, březen 2004

MARTAN M. a kolektiv restaurátorů, *Restaurátorská dokumentace, Restaurování freskové výzdoby kleneb presbytáře kostela Navštívení Panny Marie na Svatém Kopečku u Olomouce*, 2007

MARTAN M. a kolektiv restaurátorů, *Restaurátorská dokumentace, Restaurování maleb v kopuli a dvou kaplích (kaple sv. Josefa a kaple sv. Jáchyma) v kostele Navštívení Panny Marie na sv. Kopečku u Olomouce*, 2008

BÁRTA, Jan. *Obnova historických omítek - praktické zkušenosti*. s. 5. Dostupné z: www.studioaxis.cz/images/pamatky/bartajan.doc.

DRDÁCKÝ, Miloš a Zuzana SLÍŽKOVÁ. Calcium hydroxide based consolidation of lime mortars and stone, s. 2627. In: J.M.Mimoso, J. Delgado-Rodrigues, et al. *Proceedings of the Int. Symp. „Stone consolidation in cultural heritage“*. Lisabon: LNEC, 2008. ISBN 978-972-49-2135-8.

Nanomateriály v památkové péči: Sborník přednášek z odborného semináře Společnosti pro technologie ochrany památek. Ed.: Olga Kotlíková. Praha: Společnost pro technologie ochrany památek, Národní technické muzeum, 2012. Dostupné z: <http://www.jh-inst.cas.cz/nanocentrum/data/dokument/soubor/sbornik-seminare-stop-nanomaterialy-v-pamatkove-peci.pdf>

Organokřemičitany v české památkové praxi: Sborník z konference Padesát let používání organokřemičitanů na území České republiky, konané pod záštitou ICOMOS, Národního památkového ústavu a Národního muzea 16. dubna 2008. Ed.: Petr Gläser, Vratislav Nejedlý. Praha: Národní památkový ústav, ústřední pracoviště, 2008. svazek 1. ISBN 978-80-87104-15-6.

BAYER, Karol. *Státní hrad Pernštejn, sýpka, Analýzy omítek, povrchových úprav a zkoušky konsolidace poškozených omítek*. Litomyšl 2007.

Technický list: Funcosil® Steinfestiger 300. České Budějovice: CAPRO spol. s. r. o., 2005. Dostupné z: http://www.caproc.cz/remmers/abecedne/Funcosil_Steinfestiger_300.pdf

Technický list: Tvrdidlo - Tosil. Košťany: InHeat spol. s. r. o., 2005. Dostupné z: <http://www.inheat.cz/doc/td/cz/111/tosil.pdf>

Technical Leaflet: CaLoSil®. Freiberg: IBZ-Salzchemie GmbH & Co.KG. Dostupné z: http://www.ibz-freiberg.de/download/pdf/nanomaterialien/CaLoSiL_EN.pdf

14.2. Studentské závěrečné práce

BĚŤÁK, Marek. *Srovnání možností strukturální konsolidace vápenného štuky křemičitými soly a organokřemičitými konsolidanty*. Litomyšl, 2003. Bakalářská práce. Institut restaurování a konzervačních technik Litomyšl, o. p. s. Vedoucí práce Ing. Karol Bayer.

DUNAJSKÁ, Jana. *Zhodnocení současných možností konsolidace vápenných omítek konsolidanty na bázi hydroxidu vápenatého*. Litomyšl 2009. Bakalářská práce. Univerzita

Pardubice, Fakulta restaurování, Katedra chemické technologie. Vedoucí práce Ing. Karol Bayer.

MACOUNOVÁ, Dana. *Restaurování vápencové sochy anděla z domu čp. 48 v Kutné Hoře s využitím nanosuspenzí na bázi hydroxidu vápenatého / Testování možnosti využití nanosuspenzí na bázi hydroxidu vápenatého pro konsolidaci organodetrického vápence*. Litomyšl 2011. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, Katedra chemické technologie. Bakalářská práce. Vedoucí práce Mgr. art. Jakub Ďoubal.

HLADÍKOVÁ, Alena. *Porovnání účinnosti konsolidantů při zpevňování vápenných malt*. Praha, 2006. Diplomová práce. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Fakulta chemické technologie, Ústav chemické technologie restaurování památek. Vedoucí práce Ing. Kateřina Doubravová, Ph.D.

BOURSOVÁ, Sean., *Možnost čištění nástěnných maleb pomocí iontoměníčů* – bakalářská práce, Fakulta restaurování, Univerzita Pardubice, 2006

14.3. Přednášky

BAYER, Karol. Přednášky k výuce předmětu Technologie restaurování a konzervace nástěnné malby a sgrafita. Fakulta restaurování, Litomyšl. 2007–2010.

15. PŘÍLOHY

15.1. Fotodokumentace k praktické části

15.2. Grafická dokumentace k praktické části

15.3. Fotografie malby z období po r. 1932

15.4. Technologické analýzy k praktické části

15.5. Technické listy zkoušených konsolidantů v rámci teoretické části

15.6. Dokumentace zpevňování referenčních ploch omítek vápennou vodou

Příloha 15.1. Fotodokumentace k praktické části



Obr. 1 Ústřední scéna dolní části obrazu
- stav před restaurováním.



Obr. 2 Sára s Izákem na klíně - stav
před restaurováním.



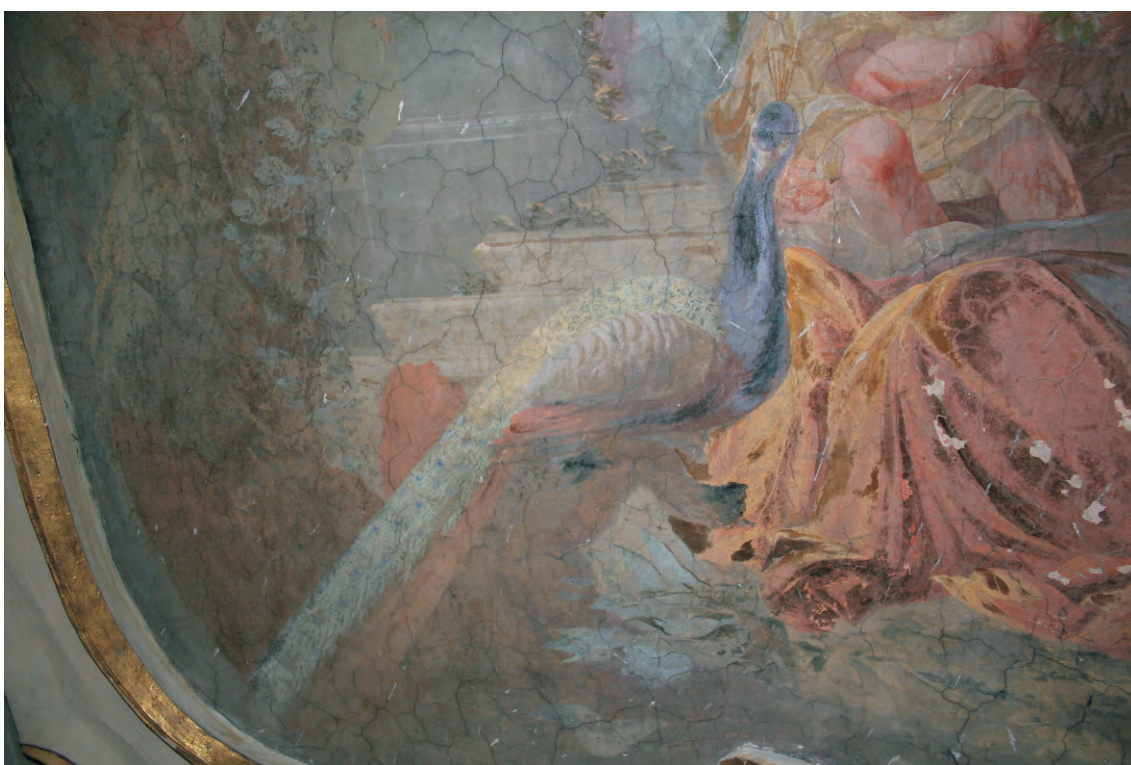
Obr. 3 Postava ženy s ošatkou kvì tin podávající Izákovi rùže - stav pøed restaurováním.



Obr. 4 Detail ženy s ošatkou kvì tin podávající Izákovi rùže - stav pøed restaurováním..



Obr. 5 Postava anděla v pravém dolním rohu přidržující kartuši s latinským nápisem - stav před restaurováním.



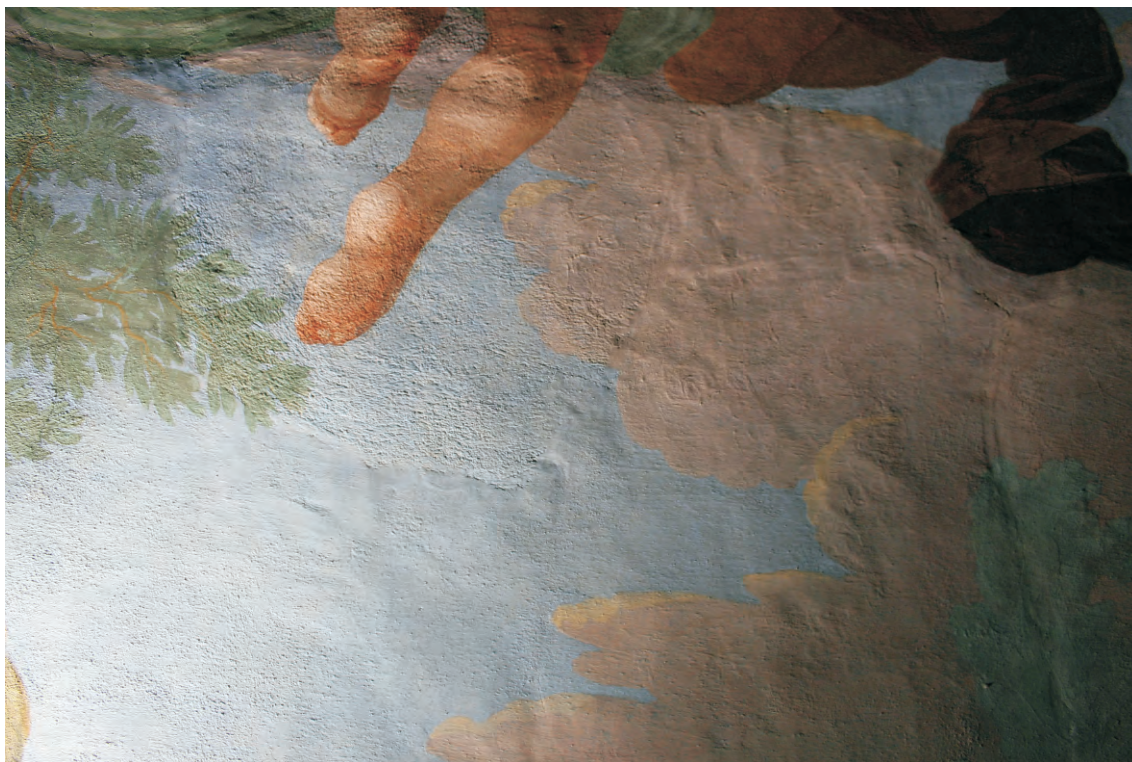
Obr. 6 Levá dolní část obrazu s pávem - stav před restaurováním.



Obr. 7 Hlava Sáry - stav před restaurováním.



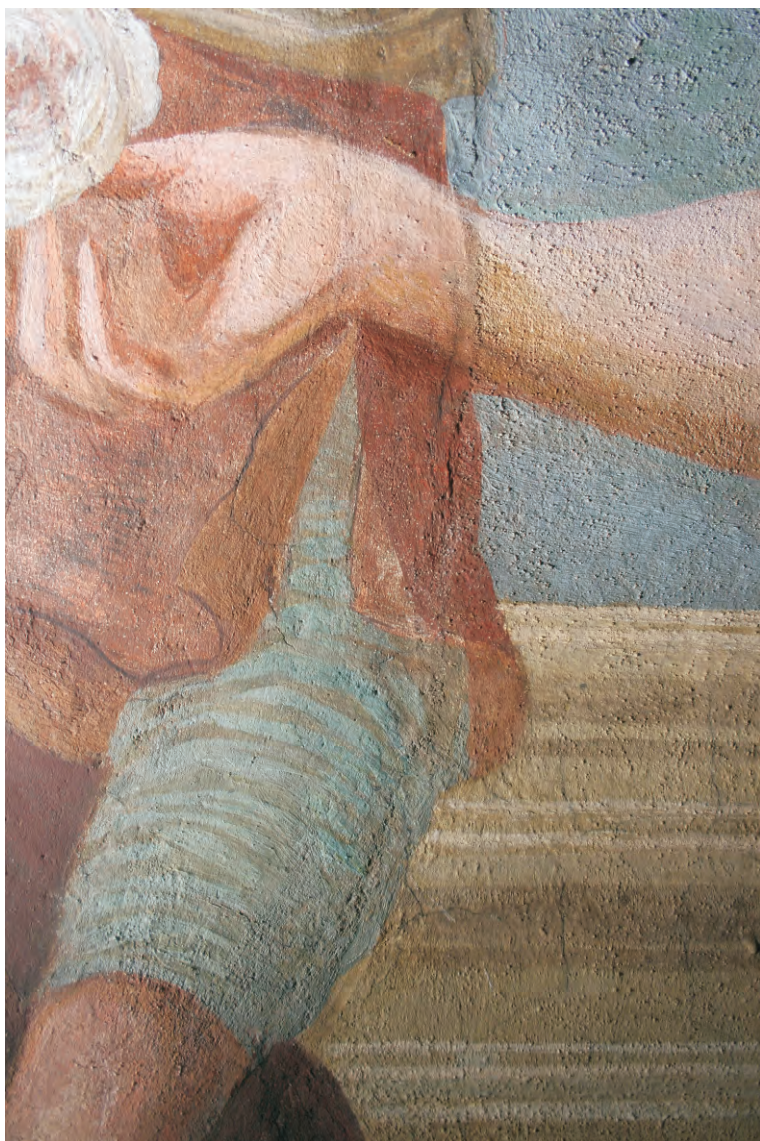
Obr. 8 Detail Izáka s růží v ruce - stav před restaurováním.



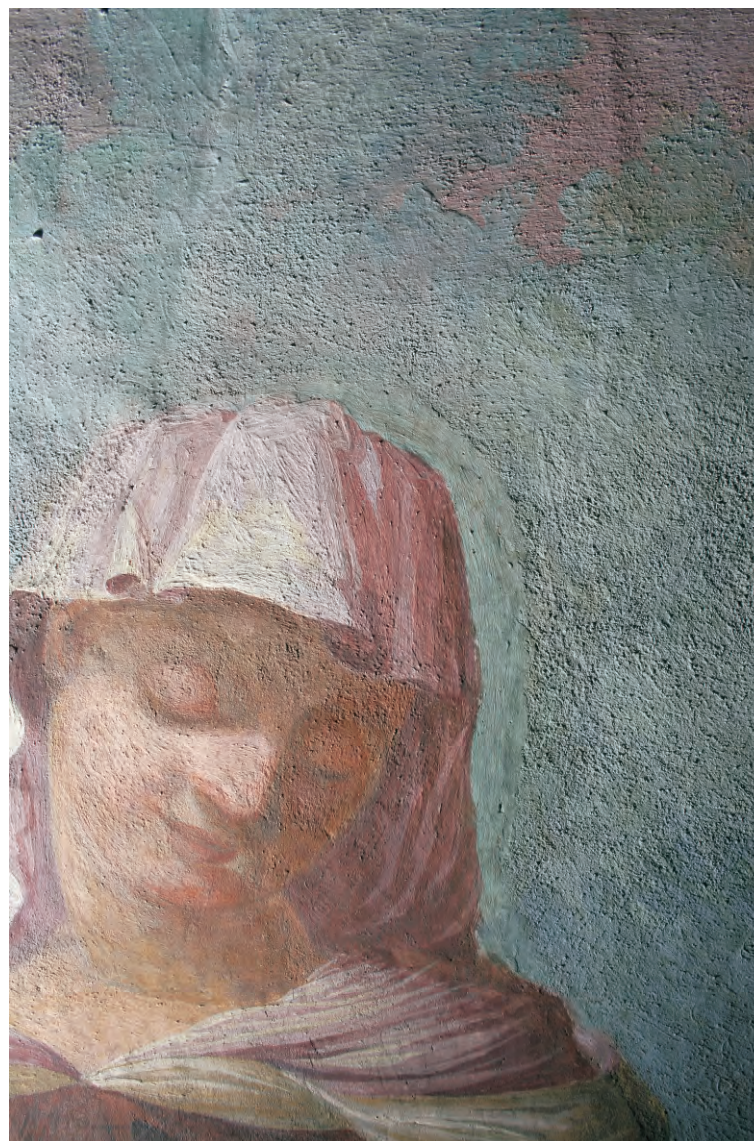
Obr. 9 Malba v bočním nasvícení s viditelnými rozdíly struktury povrchu omítky a hranicemi denních dílů.



Obr. 10 Malba v bočním nasvícení s viditelnými rozdíly struktury povrchu omítky a hranicemi denních dílů.



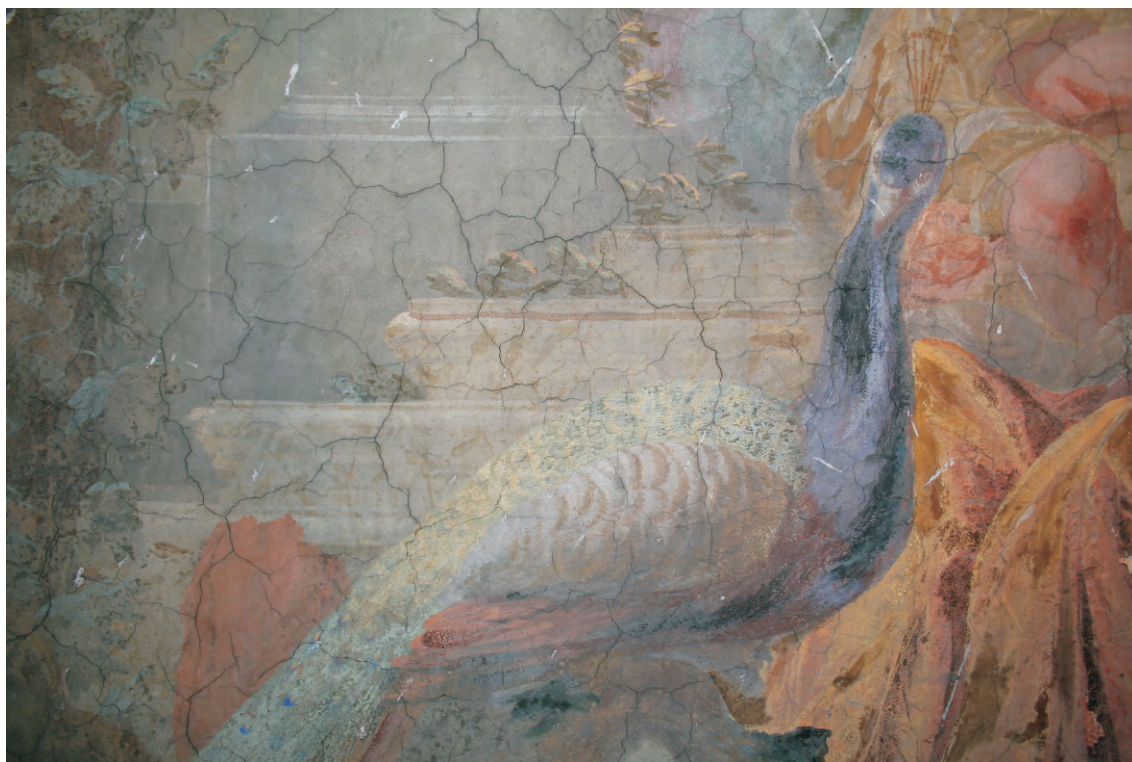
Obr. 11 Levá ruka Sáry - hranice denních dílů v boěním nasvícení.



Obr. 12 Hlava Sáry - hranice denních dílů v boěním nasvícení.



Obr. 13 Ruka ženy podávající Izákovi růži - detail vlasových trhlin, které vznikly při hem vysychání omítek - stav před restaurováním.



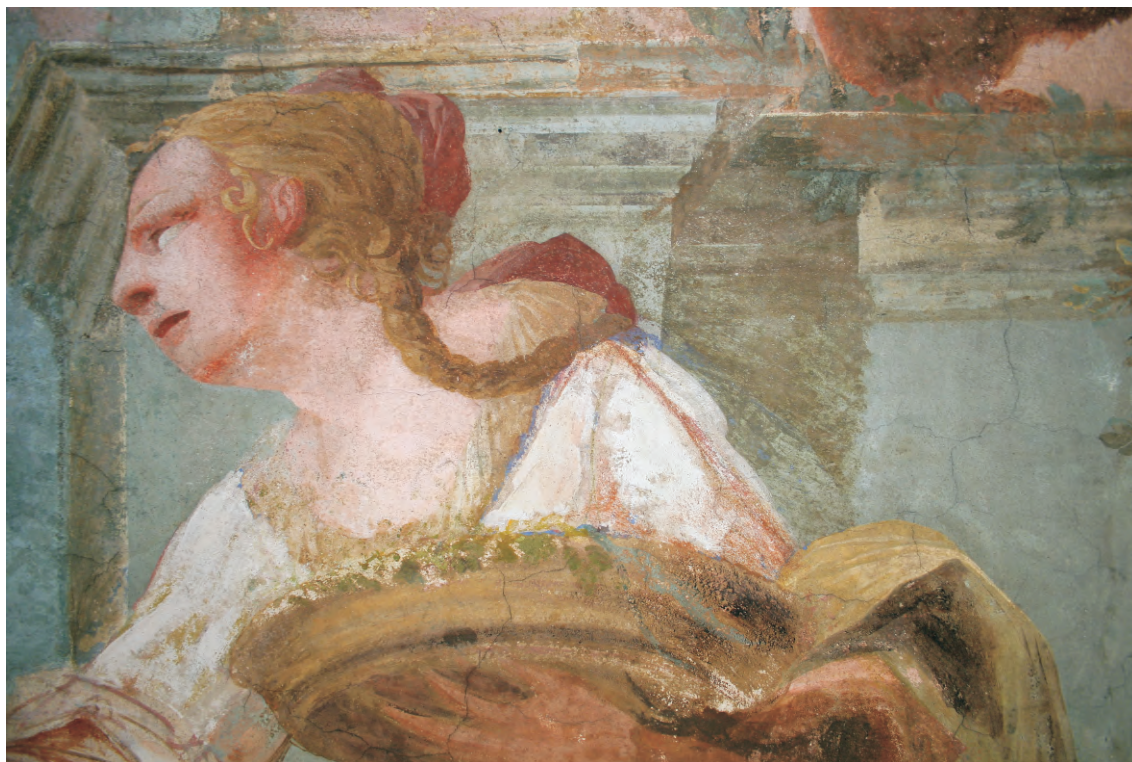
Obr. 14 Levá dolní část obrazu - detail vlasových trhlin, které vznikly při hem vysychání omítek - stav před restaurováním.



Obr. 15 Paže ženy podávající Izákovi růži - detail štítcové podkresby v místě nedochovaných barevných vrstev - stav po čištění.



Obr. 16 Plocha malby nad hlavou ženy podávající Izákovi růže - původní váza skrytá pod přemalbou, šipkou označená původní oprava (úprava soklu pod vázou - lokalizace viz. Příloha 10.2. Grafická dokumentace) - stav po čištění.



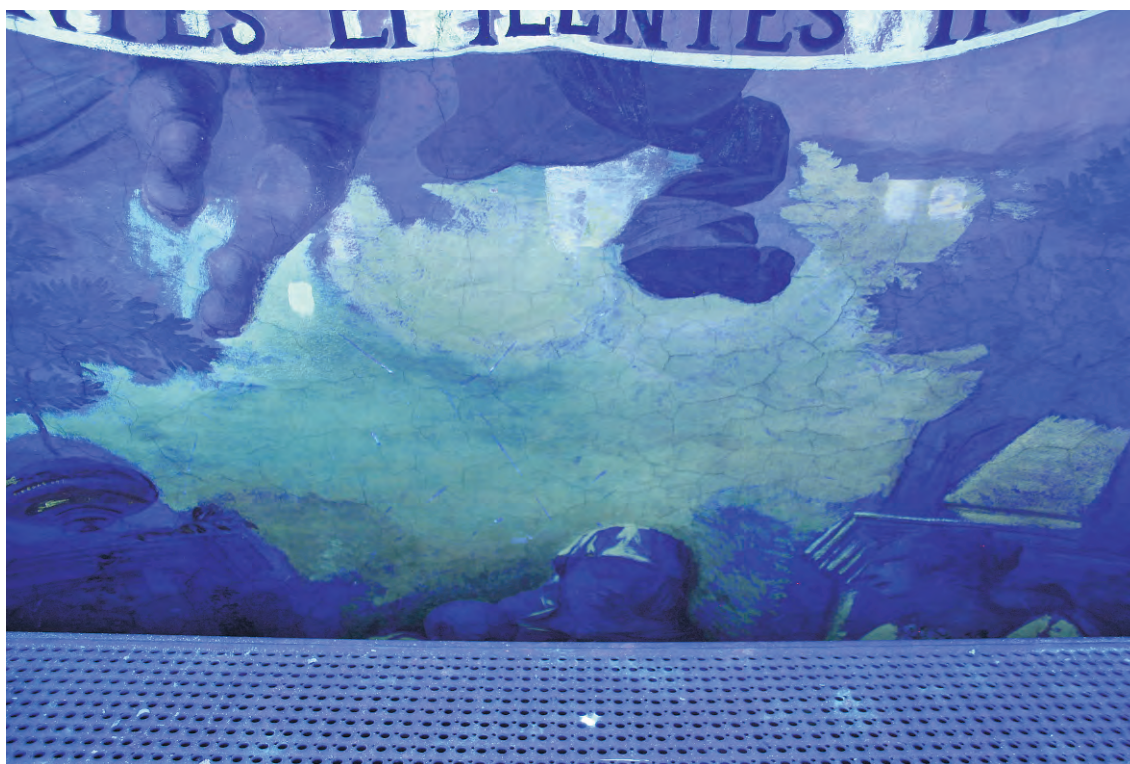
Obr. 17 Horní část postavy ženy podávající Izákovi růži - na rukávech košile se původní modrá barevná vrstva dochovala pouze ve fragmentech - stav počištění.



Obr. 18 Detail rukávu košile ženy, kde se původní modrá barevná vrstva dochovala pouze ve fragmentech - stav počištění.



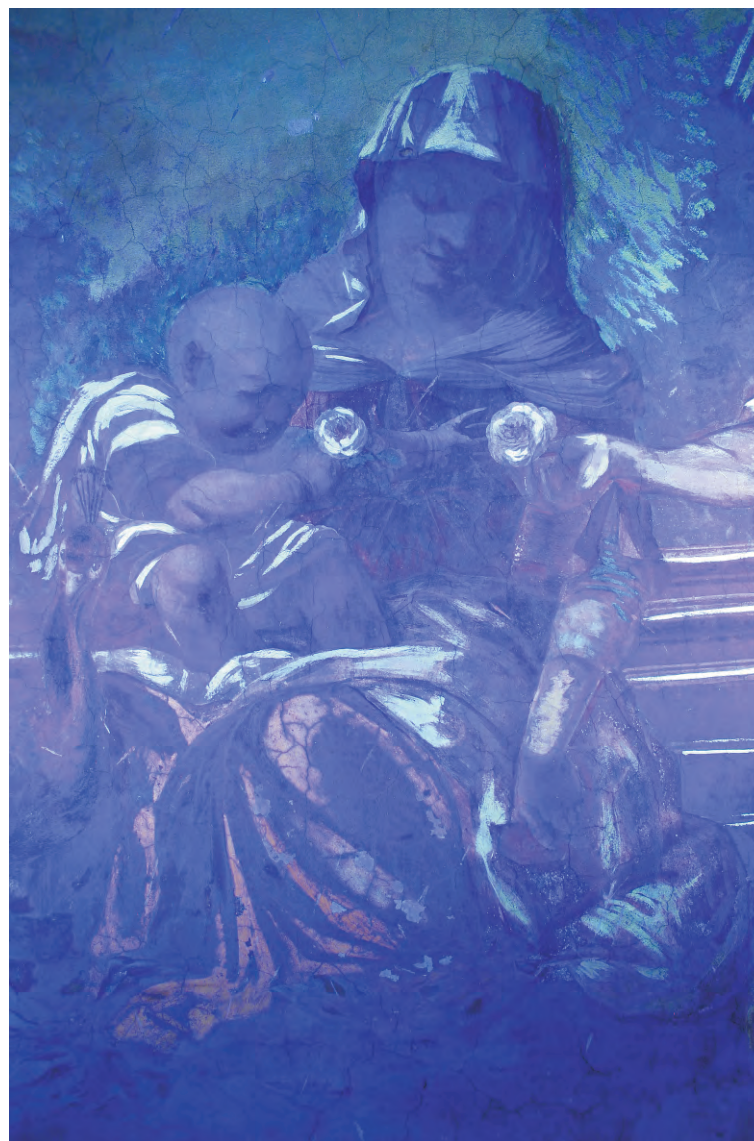
Obr. 19 Střední část obrazu s rozsáhlou ztmavlou přemalbou v denním rozptýleném světle - stav před čištěním.



Obr. 20 Střední část obrazu s rozsáhlou ztmavlou přemalbou v UV luminiscenci - stav před čištěním.



Obr. 21 Èást malby s postavou SÁry a Izákem s pøemalbami v denním rozptýleném svìtle - stav pøed restaurováním.



Obr. 22 Èást malby s postavou SÁry a Izákem s pøemalbami v UV luminiscenci - stav pøed restaurováním.



Obr. 23 Èást malby s postavou ženy podávající Izákovi kvì tiny s pøemalbami v denním rozptýleném svì tle - stav pøed restaurováním.



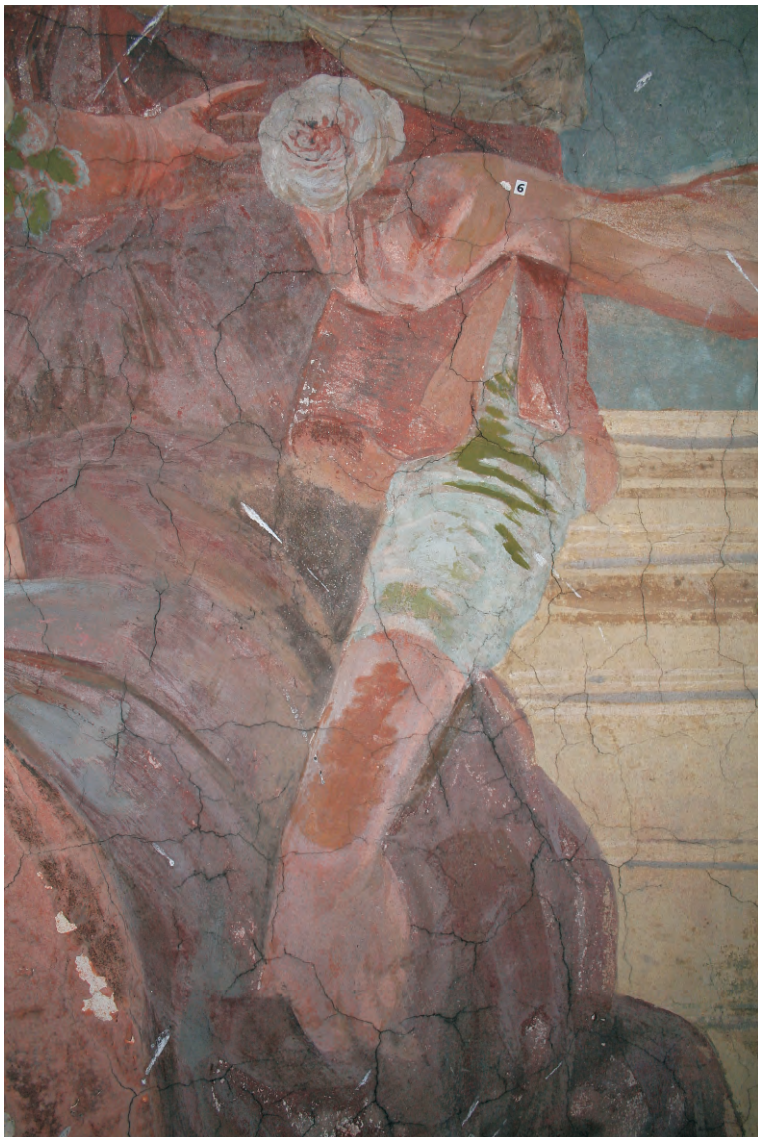
Obr. 24 Èást malby s postavou ženy podávající Izákovi kvì tiny s pøemalbami v UV luminiscenci - stav pøed restaurováním.



Obr. 25 Přemalby kolem hlavy Sáry
v denním rozptýleném světle
- stav před restaurováním.



Obr. 26 Detail mladších přemalby kolem
hlavy Sáry, které neobsahovaly zinkovou
bílou (v UV světle nevydávaly charakte-
ristické záření) - stav před restaurováním.



Obr. 27 Přemalby a povrchové nečistoty
v oblasti těla Sárý
- stav před restaurováním.



Obr. 28 Přemalby a povrchové nečistoty
v oblasti ruky Izáka držící růži
- stav před restaurováním.



Obr. 29 Střední část obrazu s rozsáhlou ztmavlou přemalbou v denním rozptýleném světle - stav před čištěním.



Obr. 30 Přemalby nad ženou podávající Izákovi růže (pod přemalbou skrytá původní váza) - stav před čištěním.



Obr. 31 Pastózní přemalby kvůli tin v ošatce ženy podávající Izákovi růže v razantním bočním nasvícení - stav před čištěním.



Obr. 32 Detail pastózních přemaleb kvůli tin v ošatce ženy podávající Izákovi růže v razantním bočním nasvícení - stav před čištěním.



Obr. 33 Zpráškovatí lá barevná vrstva na šatech Sáry v razantním boěním nasvícení - stav pøed restaurováním.



Obr. 34 Zpráškovatí lá barevná vrstva v oblasti stromu v levé èásti obrazu v razantním boěním nasvícení - stav pøed restaurováním.



Obr. 35 Uvolní ná barevná vrstva na šatech Sáry v razantním bočním nasvícení
- stav před prekonsolidací.



Obr. 36 Barevná vrstva na šatech Sáry v razantním bočním nasvícení
- stav po prekonsolidaci.



Obr. 37 Detail uvolněné barevné vrstvy na šatech Sáry v razantním bočním nasvícení - stav před prekonsolidací.



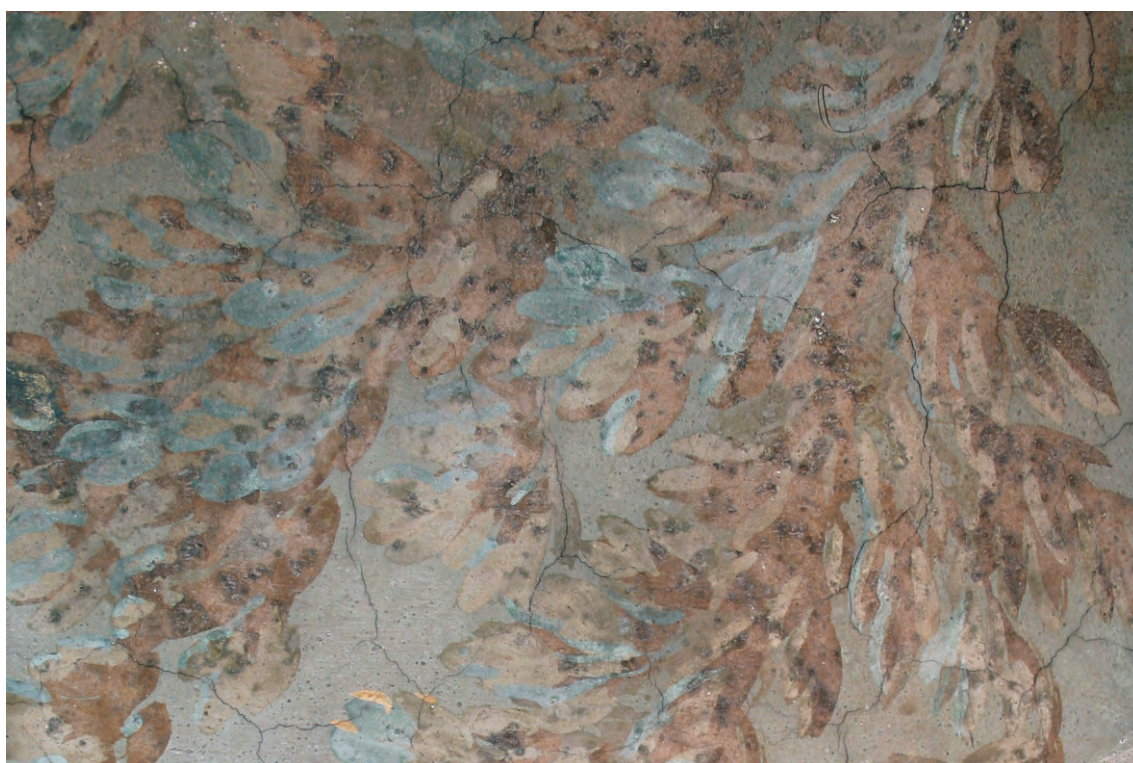
Obr. 38 Detail barevné vrstvy na šatech Sáry v razantním bočním nasvícení - stav po prekonsolidaci.



Obr. 39 Upevňování barevné vrstvy pomocí tamponů.



Obr. 40 Biologické napadení v oblasti keře v pravé části obrazu s místem odběru vzorku k mikrobiologickým zkouškám.



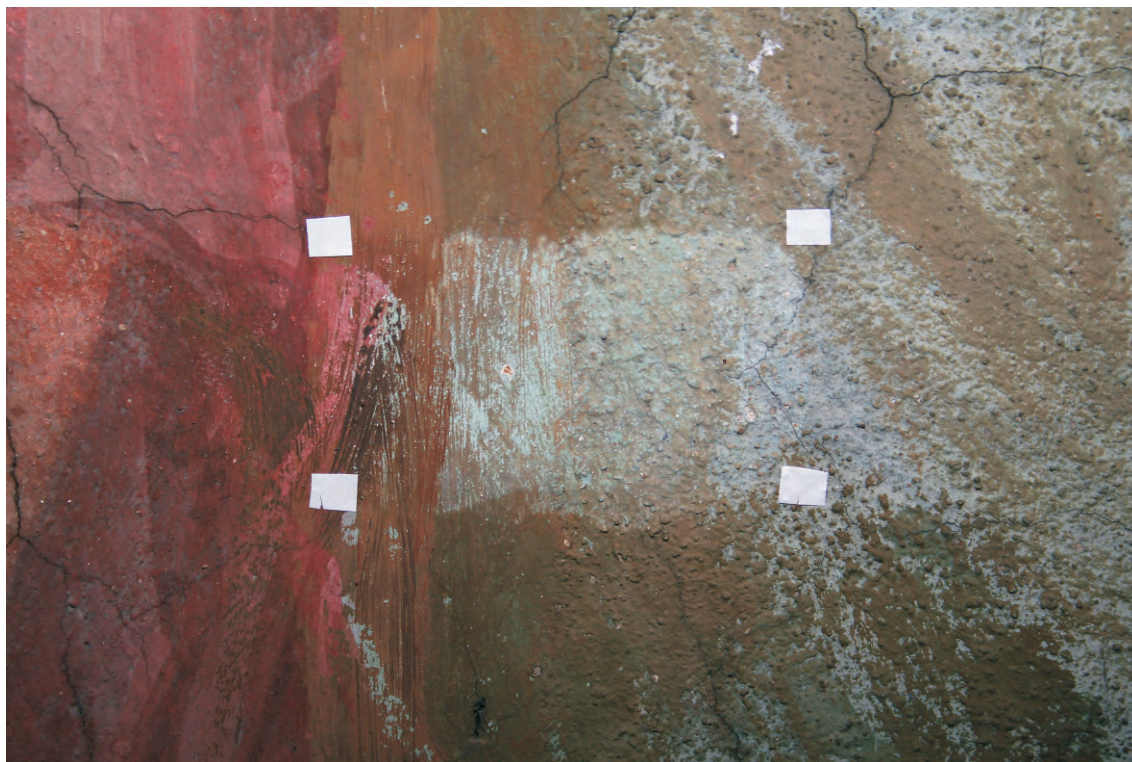
Obr. 41 Detail biologického napadení v oblasti keře v pravé části obrazu.



Obr. 42 Zkoušky odstraňování přemaléb v pozadí nad hlavou Sáry.



Obr. 43 Zkoušky odstraňování přemaléb v pozadí nad hlavou Sáry - detail.



Obr. 44 Zkouška odstraňování přemalby pomocí iontomì nièe C100EHLT v pozadí nad hlavou Sáry (doba působení 1x4 min).



Obr. 45 Malba v průběhu čištění - dole hranice mezi čištěnou a nečištěnou částí.



Obr. 46 Zkouška čištění iontomíniem C100EHLT v oblasti kartuše s latinským textem v pravé dolní části obrazu.



Obr. 47 Část malby v průběhu čištění s ponechanými referenčními plochami stavu před čištěním a odstraněním přemalob.



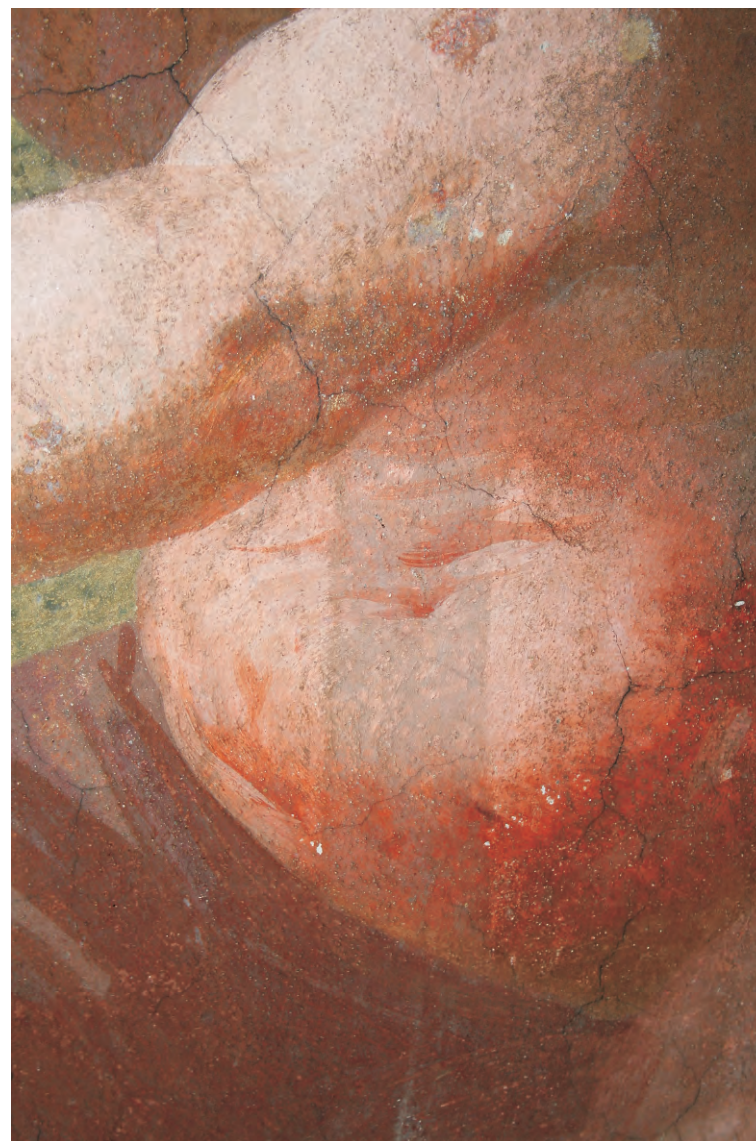
Obr. 48 Èást malby v prùbì hu èišti ní s ponechanými referenèními plochami stavu pøed èišti ním a odstranì ním pøemaleb.



Obr. 49 Èást malby v prùbì hu èišti ní s ponechanými referenèními plochami stavu pøed èišti ním a odstranì ním pøemaleb.



Obr. 50 Oblieej andílka pødržujícího kartuši s latinským textem v prùbì hu èišti ní s ponechanými referenèními plochami stavu pøed èišti ním.



Obr. 51 Tì lo andílka pødržujícího kartuši s latinským textem v prùbì hu èišti ní s ponechanými referenèními plochami stavu pøed èišti ním.



Obr. 52 Drobné defekty v intonaku v oblasti šatů Sárý - stav po vytmelení.



Obr. 53 Ústřední scéna v dolní části obrazu - stav před restaurováním.



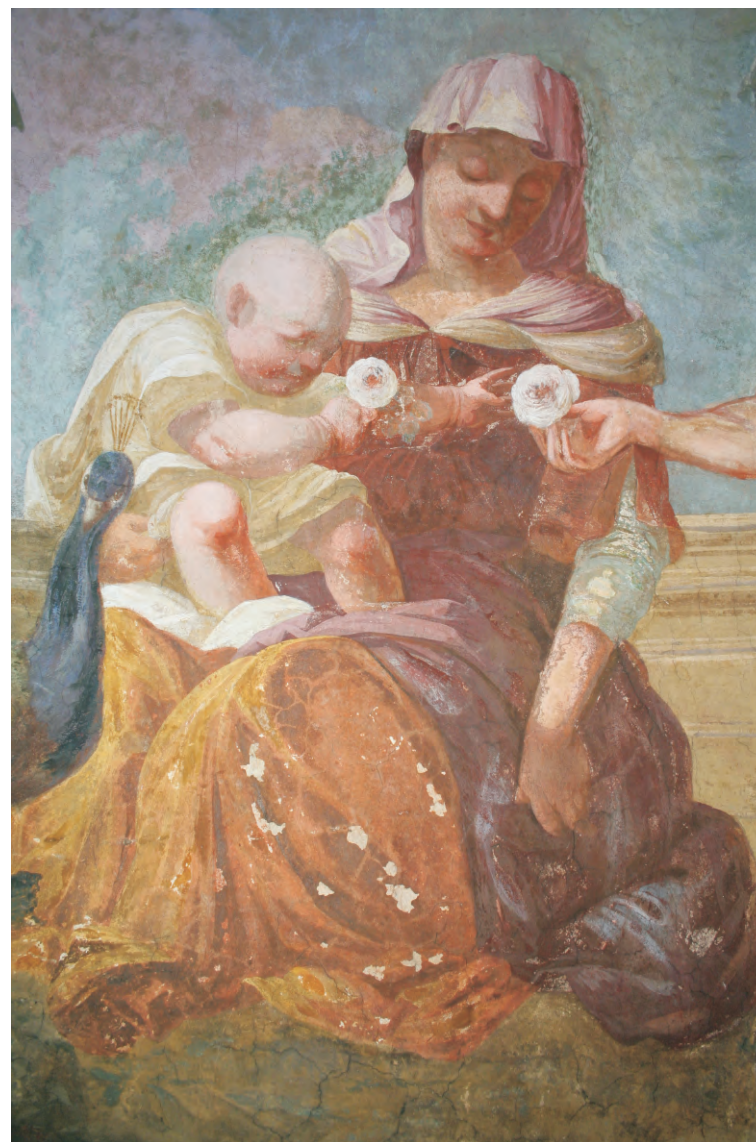
Obr. 54 Ústřední scéna v dolní části obrazu - stav po čištění a odstranění přemalob.



Obr. 55 Ústřední scéna v dolní části obrazu - stav po restaurování.



Obr. 56 Sára s Izákem na klínì - stav pøed restaurováním.



Obr. 57 Sára s Izákem na klínì - stav po èišti ní a odstranì ní pøemaleb.



Obr. 58 Sára s Izákem na klíně - stav po restaurování.



Obr. 59 Postava ženy podávající Izákovi růže
- stav před restaurováním.



Obr. 60 Postava ženy podávající Izákovi růže
- stav po čištění a odstranění přemalbě.



Obr. 61 Postava ženy podávající Izákovi růže
- stav po restaurování.



Obr. 62 Detail Sáry s Izákem - stav před restaurováním.



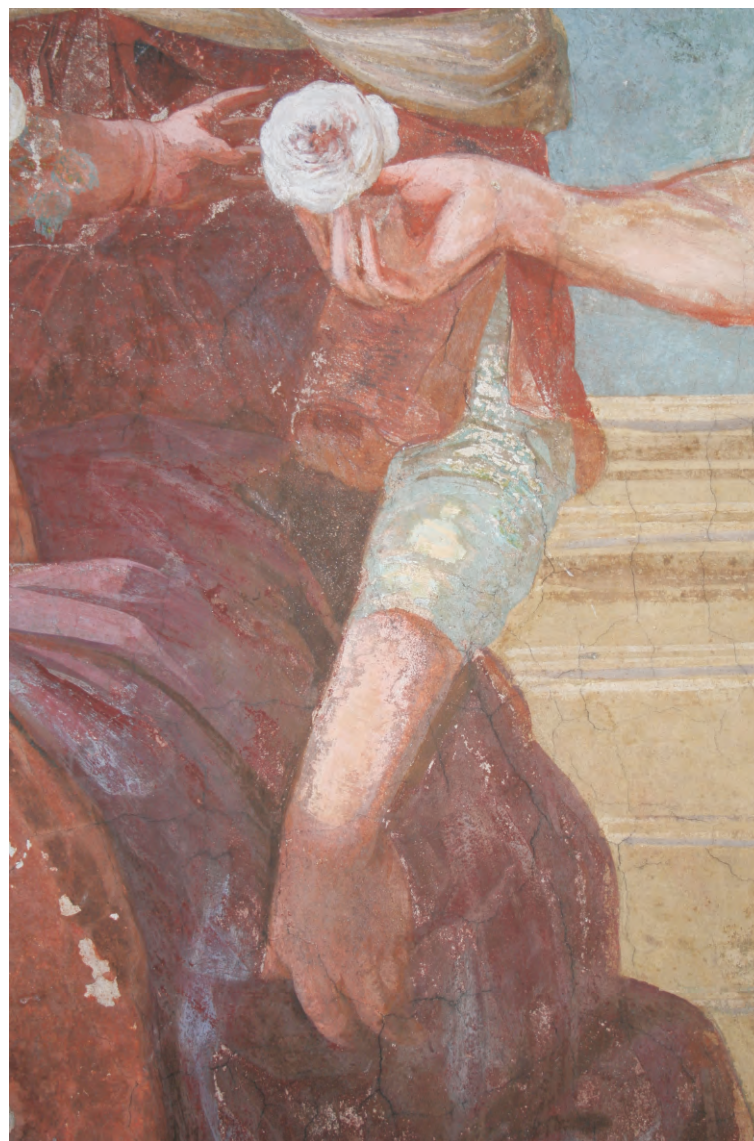
Obr. 63 Detail Sáry s Izákem - stav po čištění a odstranění přemalob.



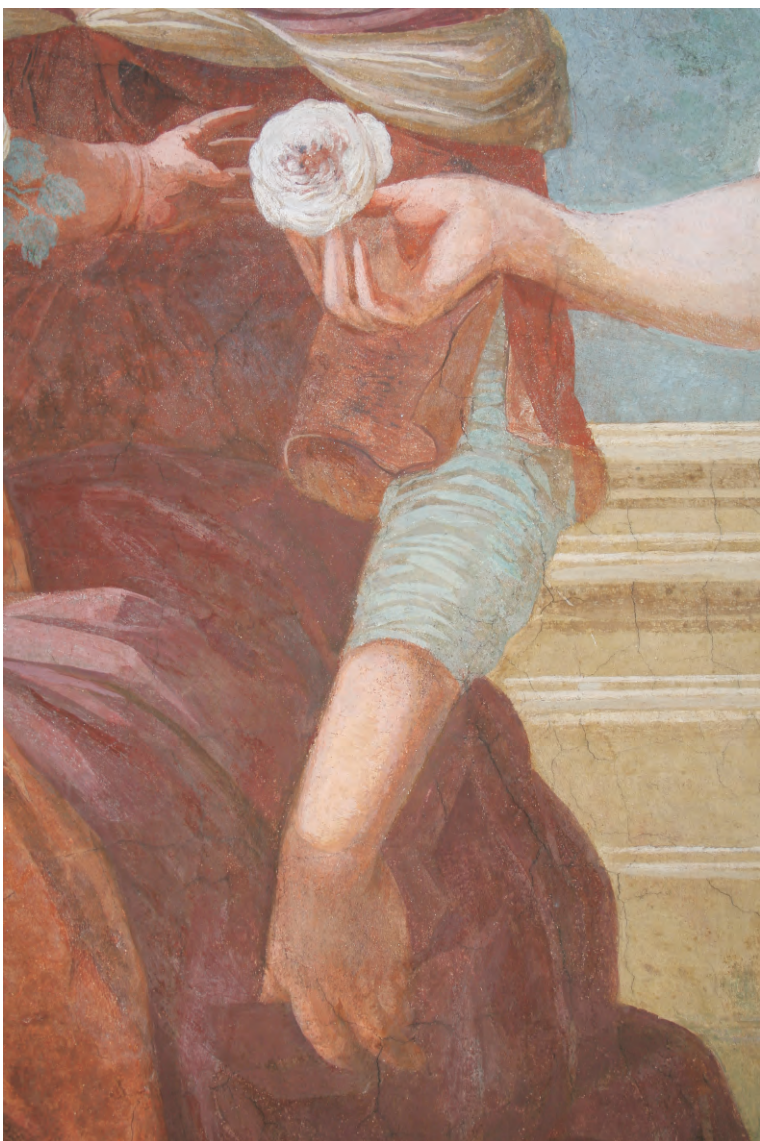
Obr. 64 Detail Sáry s Izákem - stav po restaurování.



Obr. 65 Pravá část těla Sary - stav před restaurováním.



Obr. 66 Pravá část těla Sary - stav po čištění a odstranění přemalby.



Obr. 67 Pravá část ti la Sáry - stav po restaurování.



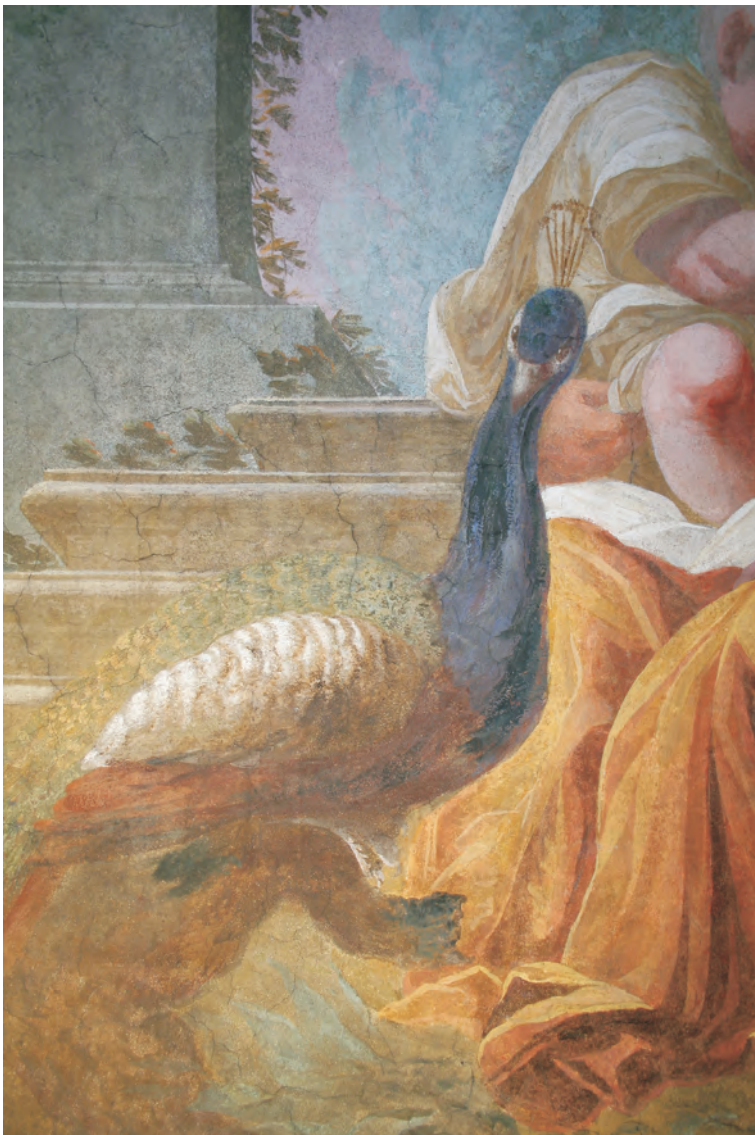
Obr. 68 Detail andělka podržujícího kartuši s latinským textem - stav po restaurování.



Obr. 69 Izák přijímající květy růže - stav po restaurování.



Obr. 70 Levá dolní část obrazu s pávem
- stav před restaurováním.



Obr. 71 Levá dolní část obrazu s pávem
- stav před restaurováním.



Obr. 72 Levá dolní část obrazu
- stav po restaurování.

Obr. 73 Veverka v pravé části obrazu
- stav po restaurování.





Obr. 74 Dolní část obrazu s motivem "Abraháмова žena Sára" - stav po restaurování.





Obr. 75 Obraz s motivem "Abraháмова žena Sára" - stav po restaurování.

Příloha 15.2. Grafická dokumentace


Grafická dokumentace - vyznačení jednotlivých poškození malby




Legenda:		druhotné přemalby		biologické napadení
		zpráškovatělá barevná vrstva		poškození omítkové vrstvy


Grafická dokumentace - vyznačení odstraněných a ponechaných druhotných přemalby a rekonstrukcí



Legenda:  odstraněné druhotné přemalby

 částečně odstraněné druhotné přemalby (cca z 80%)

 ponechané druhotné přemalby

 rekonstrukce

Příloha 15.2. Grafická dokumentace

Grafická dokumentace - původní opravy (pentimenty), podkresby



viz. textová část
obr. č.19

viz. fotodokumentace
obr. 16



viz. fotodokumentace
obr. 15

Příloha 15.2. Grafická dokumentace

Příloha 15.2. Grafická dokumentace

Grafická dokumentace - lokalizace odebraných vzorků a zkoušek čištění

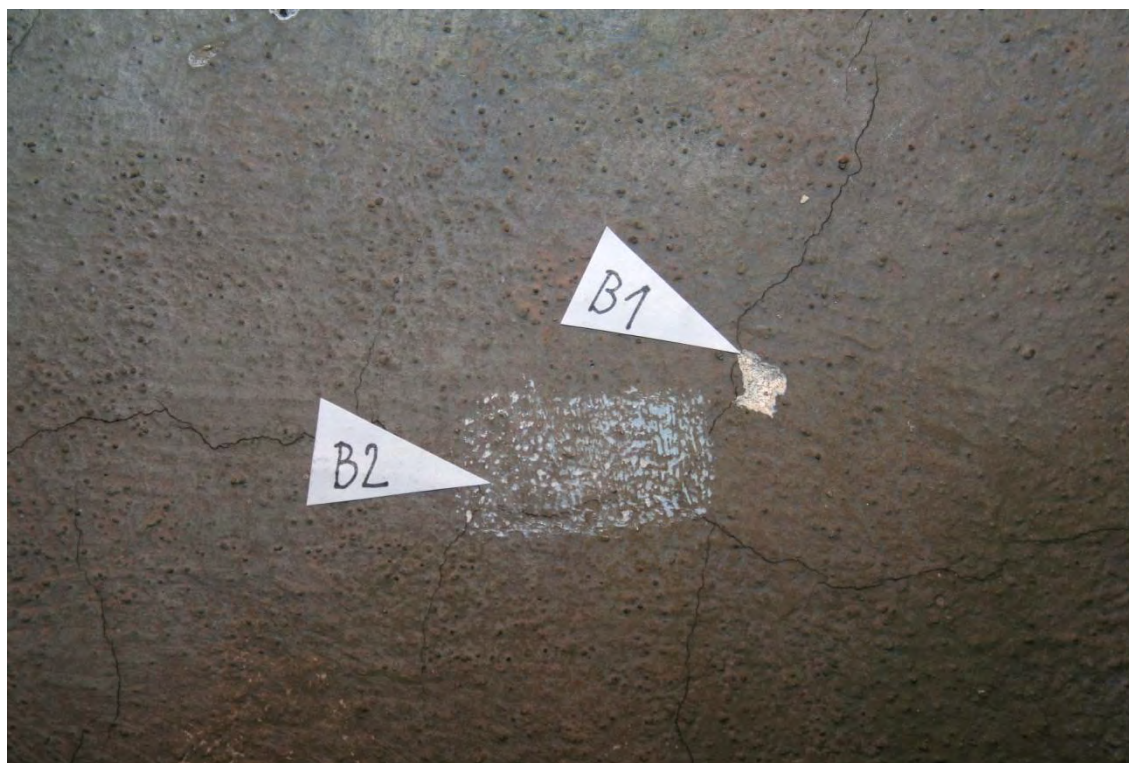
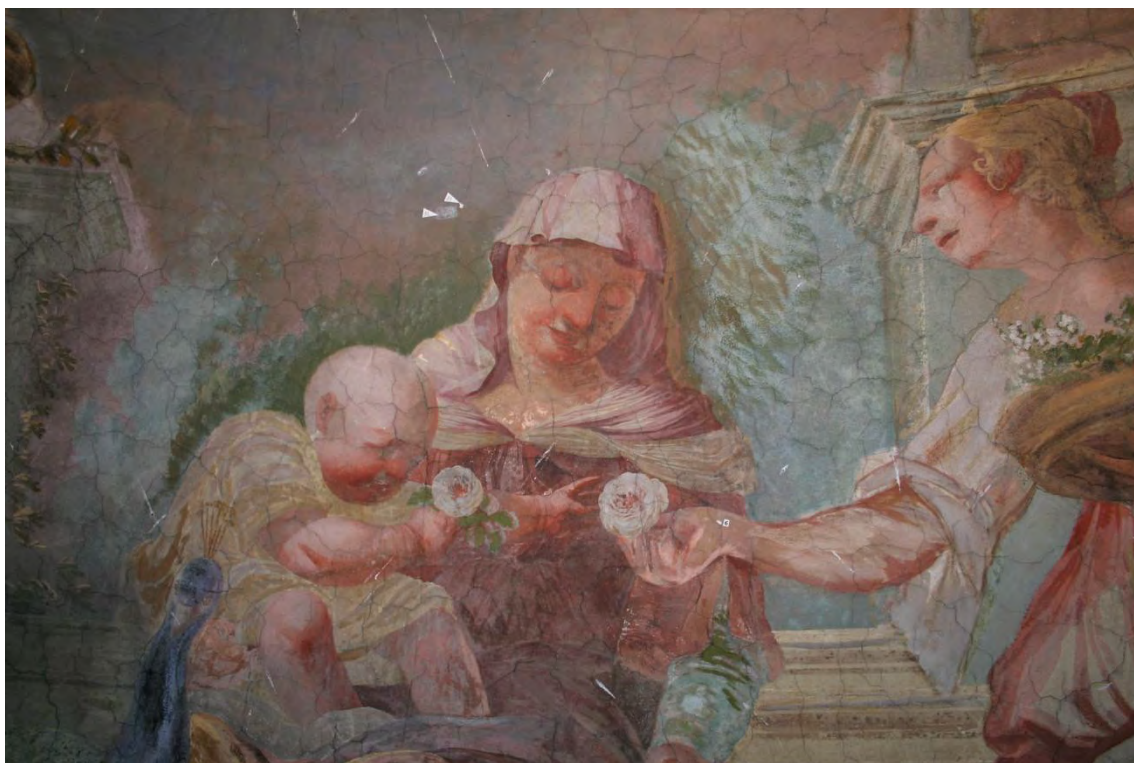


- Legenda:
-  zkoušky čištění
 -  odebrané vzorky

Příloha 15.3. Fotografie malby z období po r. 1932



Příloha 15.4. Technologické analýzy – Svatý Kopeček u Olomouce, Průzkum barevných vrstev z nástěnných maleb, ing. Tatjana Bayerová, ing. Karol Bayer, Litomyšl 2008



Lokalizace odběru vzorků

Svatý Kopeček u Olomouce. Průzkum barevných vrstev z nástěnných maleb.

Místo: Olomouc, Svätý Kopeček

Objekt: Nástěnné malby

Zadavatel: DiS. Magda Pichová; DiS. Miroslav Bodanský

Zadání:

1. Průzkum barevných vrstev – určení přemalby, identifikace použitých pigmentů a pojidel
2. Mikrobiologické zkoušky – provedla PhMr. Bronislava Bacílková¹ z Národního archivu v Praze

Místa odběru vzorků: Vzorky byly odebrány zadavatelem

Vzorek	Popis vzorku
Vz. A1 (2470)	Původní vrstva s přemalbou (?)
Vz. A2 (2471)	Nápis; původní vrstva s přemalbou (?)
Vz. A3 (2472)	Svatozář; původní vrstva s přemalbou (?)
Vz. A4 (2473)	Pozadí medailonu – identifikace pojidla
Vz. B1 (2474)	Původní vrstva s přemalbou (?)
Vz. B2 (2475)	Hnědé pozadí – identifikace pojidla
Vz. B3	Vzorek na průzkum mikrobiologického napadení

Použité metody:

- optická mikroskopie v dopadajícím a procházejícím polarizovaném světle
- mikroanalýza SEM-EDX (rastrovací elektronový mikroskop s RTG energodisperzním analyzátozem)²
- mikrochemické reakce

Postup:

Odebrané vzorky byly nejdřív prohlédnuty pod stereolupou, z části úlomků byly zhotoveny příčné řezy – nábrusy, zalitím do bezbarvé dentální akrylátové pryskyřice, následným vybroušením a vyleštěním (2 nábrusy u každého vzorku).

Barevné vrstvy byly pozorovány a fotografovány v odraženém světle optického mikroskopu:

- v bílém odraženém světle (optický mikroskop *NIKON Eclipse 600*, digitální fotozařízení *NIKON COOLPIX 990*)

- v odraženém světle po excitaci dopadajícím ultrafialovým světlem, UV-filtr 365 nm

- v odraženém světle po excitaci dopadajícím modrým světlem, modrý filtr 450-490 nm

Na vybraných nábrusech bylo provedeno měření prvkového zastoupení v jednotlivých barevných vrstvách (rastrovací elektronový mikroskop *JEOL JSM 5500 LV* s RTG-energodisperzním analyzátozem GRESHAM a detektorem Sirius 10 Si).

Pro orientační identifikaci organických pojiv byly použity mikrochemické důkazy pojiv přírodního původu.

Výsledky:

Popisy jednotlivých vzorků, mikrofotografie příčných řezů a shrnutí výsledků všech analýz jsou uvedeny na následujících stránkách.

Laboratorní zpráva z mikrobiologických zkoušek je přiložena na závěr.

¹ Národní archiv, Oddělení péče o fyzický stav archiválií, Biologická laboratoř, Archivní 4, Praha

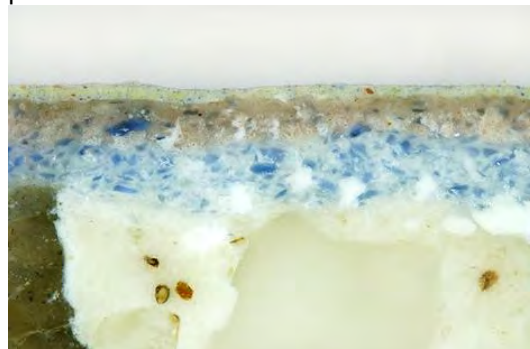
² měření provedeno ve spolupráci s ing. Milanem Vlčkem, CSc, pracoviště Společné laboratoře chemie pevných látek AV ČR a Univerzity Pardubice v Pardubicích

Vzorek A1 (2470): Původní vrstva s přemalbou (?)

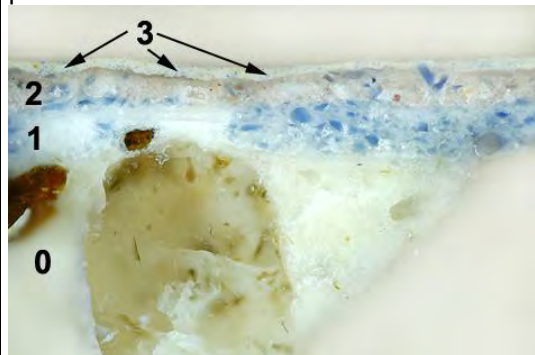
Mikrofoto nábrusu a) v bílém odraženém světle při zvětšení 50x



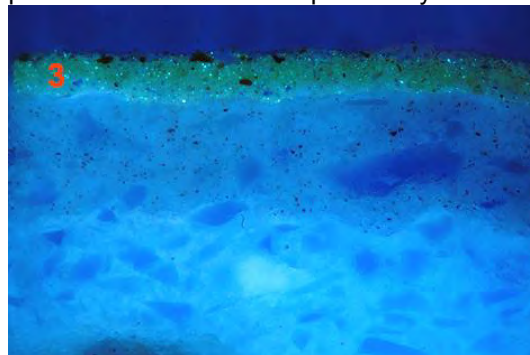
Mikrofoto nábrusu a) v bílém odraženém světle při zvětšení 100x



Mikrofoto nábrusu b) v bílém odraženém světle při zvětšení 50x

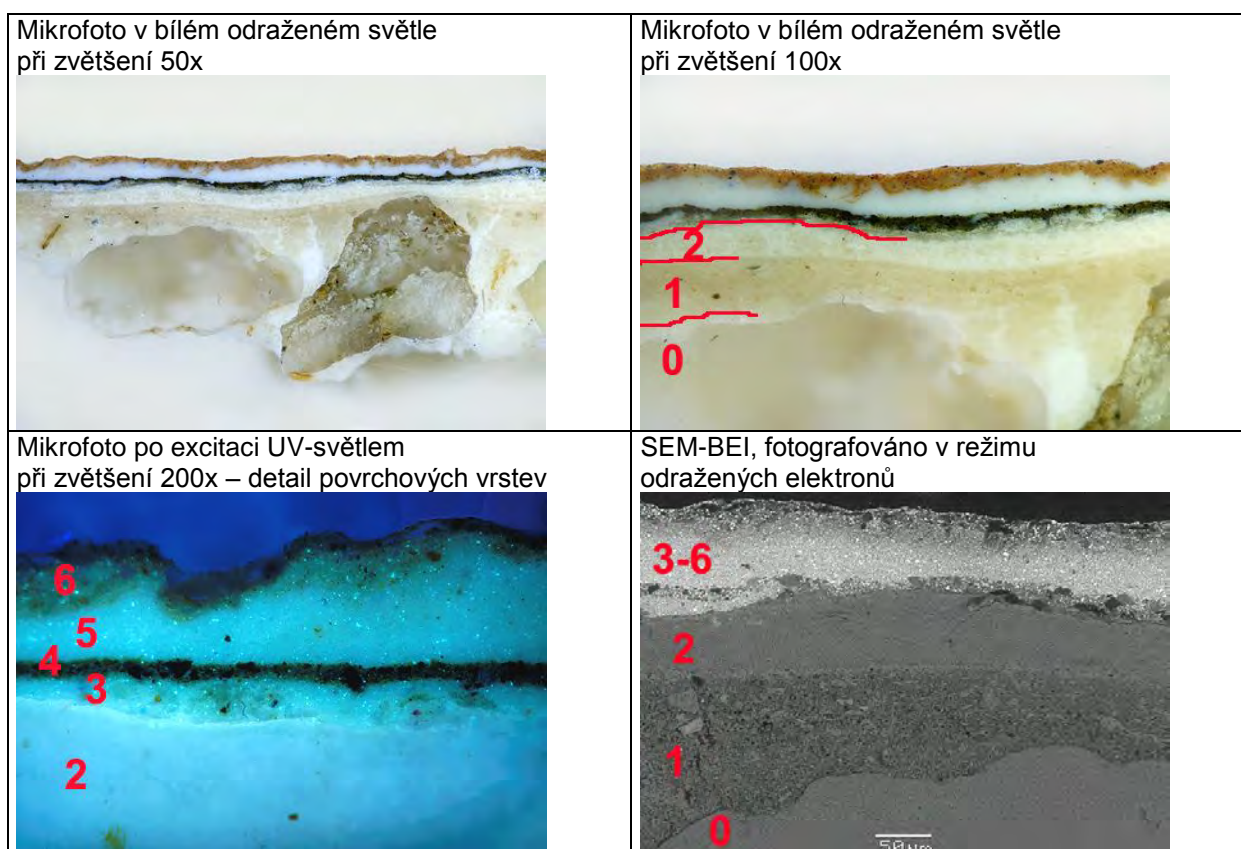


Mikrofoto nábrusu b) po excitaci UV-světlem při zvětšení 200x – detail povrchových vrstev



Vrstva	Popis a složení barevných vrstev:
3-	Zelenkavá (?) přemalba – obsahuje zinkovou bělobu, syntetický ultramarín, příměs žlutého okru
2-	Růžová vrstva – obsahuje uhličitan vápenatý, smalt a červený železitý pigment
1-	Modrá vrstva – obsahuje uhličitan vápenatý a smalt
0-	Omítka bílé barvy: plnivem jsou zrna křemene a jiné silikáty, pojivem je bílé vzdušné vápno

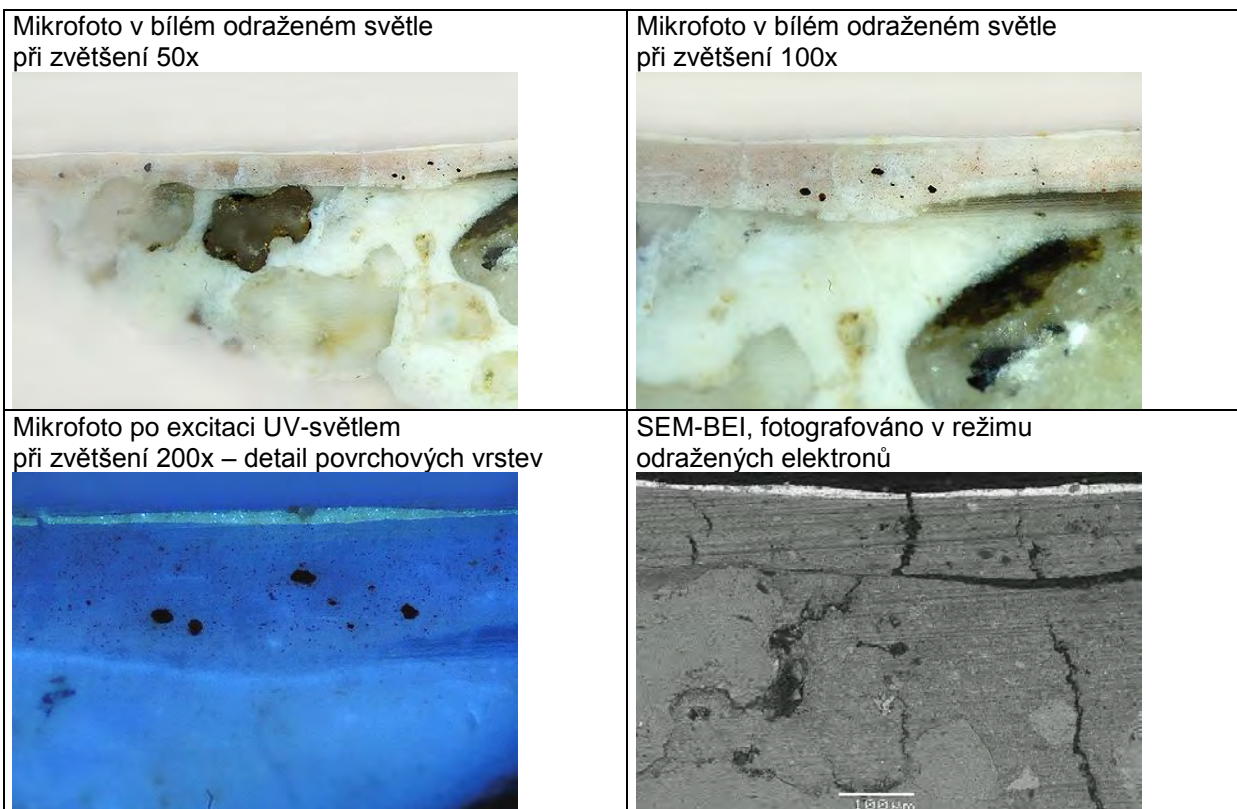
Vzorek A2 (2471): Nápis; původní vrstva s přemalbou (?)



Vrstva	Popis a složení barevných vrstev:
6-	Červená vrstva – obsahuje zinkovou bělobu, okry, příměs uhličitanu vápenatého a olovnatého pigmentu
5-	Bílá vrstva – obsahuje zinkovou bělobu
4-	Tmavá hnědošedá vrstva – obsahuje zinkovou bělobu, příměs uhličitanu vápenatého, příměs olovnatého pigmentu a kostní černě
3-	Tenká našedlá vrstva – obsahuje zinkovou bělobu, příměs uhličitanu vápenatého
2-	Nažloutlá vrstva – obsahuje uhličitan vápenatý, smalt a červený železitý pigment
1-	Velmi světlá růžová vrstva – obsahuje uhličitan vápenatý, červený železitý pigment a velmi ojedinele smalt
0-	Omítka

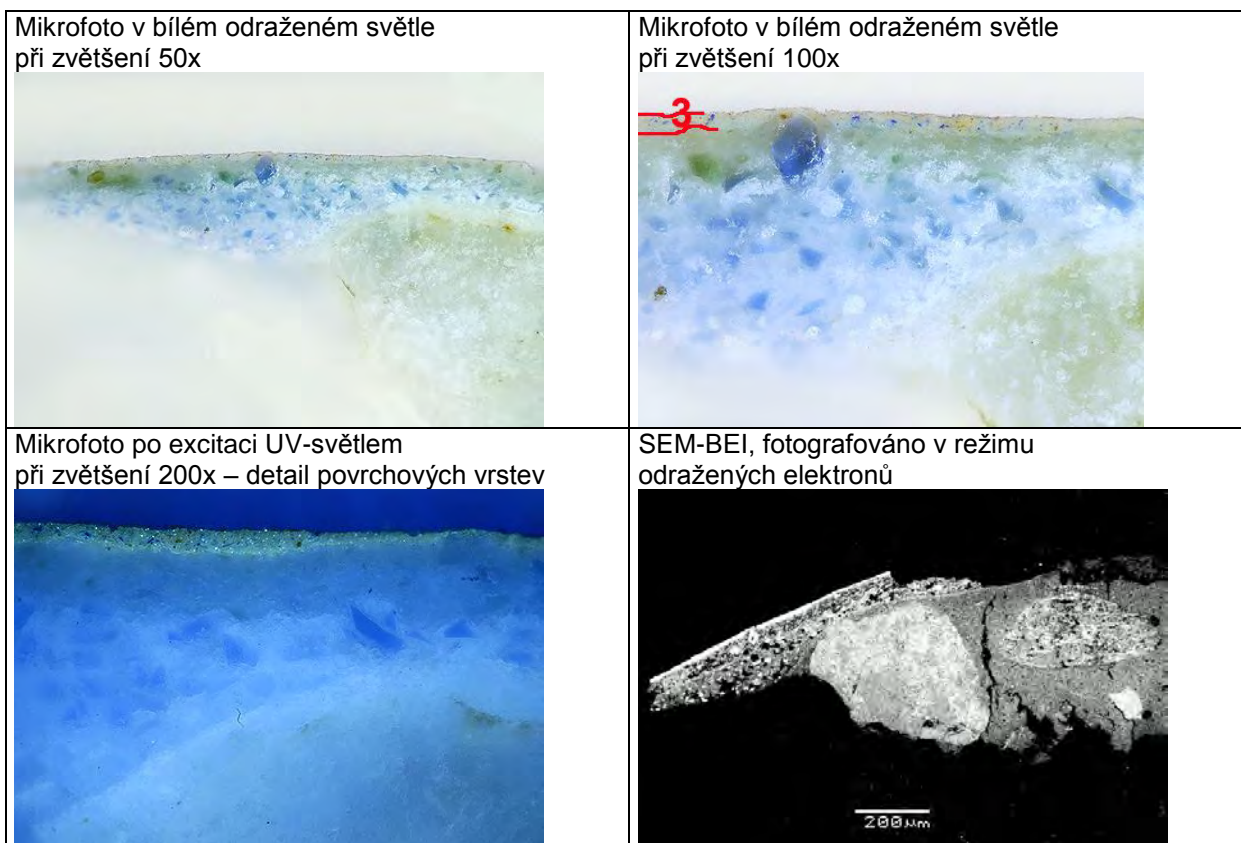
3-6 jsou vrstvy přemalby

Vzorek A3 (2472): Svatozář; původní vrstva s přemalbou (?)



Vrstva	Popis a složení barevných vrstev:
2-	Sekundární tenká nažloutlá vrstva – obsahuje zinkovou bělobu, ojediněle zrnka žlutého okru
1-	Světlá růžová vrstva – obsahuje uhličitan vápenatý a červený železitý pigment
0-	Omítka

Vzorek B1 (2474): Původní vrstva s přemalbou (?)



Vrstva	Popis a složení barevných vrstev:
3-	Sekundární tenká růžová vrstva – obsahuje zinkovou bělobu, syntetický ultramarín, příměs barytu a žlutého okru
2-	Zelená vrstva – obsahuje uhličitán vápenatý, zem zelenou a příměs smaltu
1-	Modrá vrstva – obsahuje uhličitán vápenatý a smalt
0-	Omítka

Identifikace organických pojiv:

Pro orientační identifikaci organických pojiv byly použity následující mikrochemické důkazy (reakce prováděny přímo na úlomcích vzorků):

- důkaz přítomnosti proteinů (důkaz pyrolových derivátů)
- důkaz přítomnosti fosforu
- důkaz přítomnosti rostlinných gum (důkaz přítomnosti pentóz)
- důkaz přítomnosti škrobu resp. škrobových derivátů (důkaz vybarvením pomocí roztoku jodu v roztoku jodidu draselného)
- důkaz přítomnosti vysychavých olejů (důkaz na alkalické zmýdelnění – pěnový test)
- důkaz přítomnosti vysychavých olejů (důkaz na přítomnost glycerolu)
- důkaz pryskyřic (důkaz dle Storch-Morawskeho)

Výsledky mikrochemických důkazových reakcí:

Důkaz	Výsledek	
	Vz. B2 (2475) původní malba, hnědé pozadí	Vz. A4 (2473) přemalba, pozadí medailonu
důkaz přítomnosti proteinů (důkaz pyrolových derivátů)	pozitivní	pozitivní
důkaz přítomnosti fosforu	pozitivní	pozitivní
důkaz přítomnosti rostlinných gum (důkaz přítomnosti pentóz)	negativní	negativní
důkaz přítomnosti škrobu resp. škrobových derivátů (důkaz vybarvením pomocí roztoku jodu v roztoku jodidu draselného)	negativní	negativní
důkaz přítomnosti vysychavých olejů (důkaz na alkalické zmýdelnění – pěnový test)	pozitivní	pozitivní
důkaz přítomnosti vysychavých olejů (důkaz na přítomnost glycerolu)	pozitivní	pozitivní
důkaz pryskyřic (důkaz dle Storch-Morawskeho)	negativní	negativní

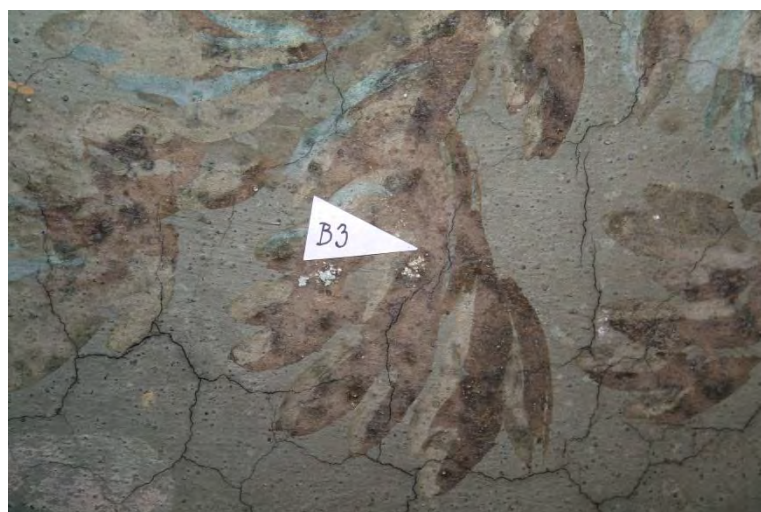
V barevných vrstvách odebraných z původní malby i z přemaleb byla prokázána přítomnost organických pojiv – proteinů a vysychavých olejů. Lze proto předpokládat, že přemalba je pojeno temperovým systémem. Vzhledem k prokázané přítomnosti fosforu se jedná pravděpodobně o vaječnou temperu. Oleje, kterých přítomnost byla prokázána, mohou pocházet z vaječného pojiva (žloutek), nebo se může jednat i o přídavek vysychavého oleje (zdroj oleje nelze mikrochemickými reakcemi rozlišit). Přítomnost obou typů přírodních pojiv v původní malbě může být důsledkem penetrace pojiva sekundárních úprav do původních barevných vrstev. Původní barevné vrstvy obsahují vysoký podíl uhličitanu vápenatého (karbonatizované vápno) a lze ho považovat za hlavní pojivo původních barevných vrstev.

Litomyšl, 5.11.2008

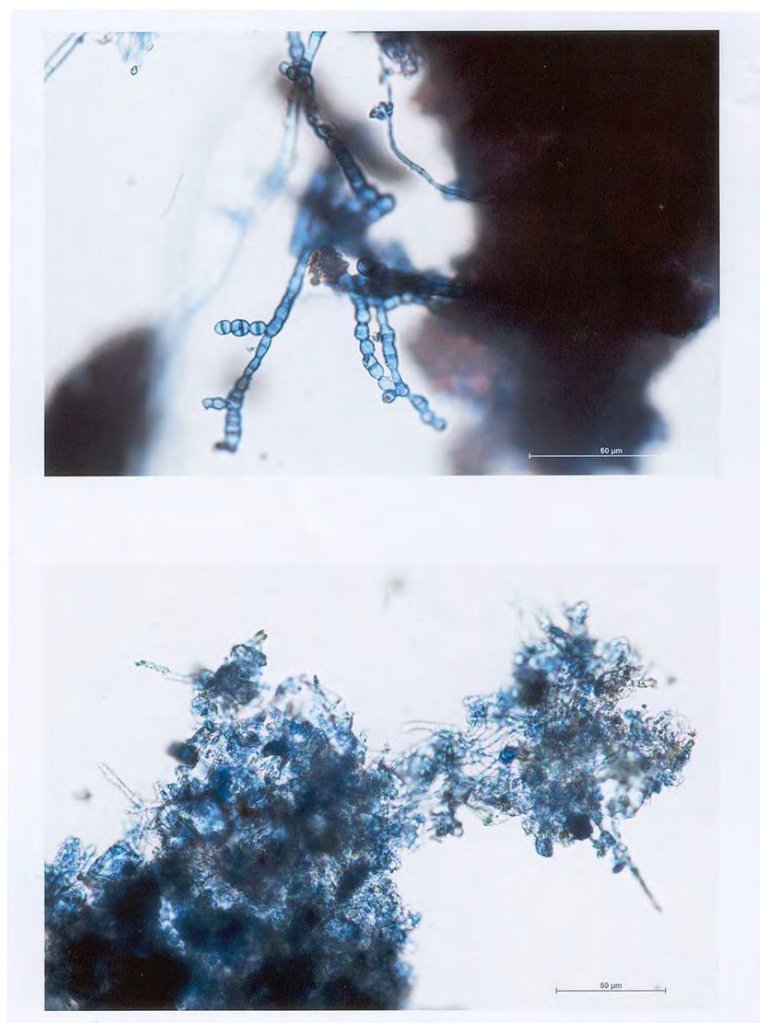
Ing. Karol Bayer

Ing. Tatjana Bayerová

Příloha 15.4. Technologické analýzy - Mikrobiologické zkoušky, Ph.Mr. Bronislava Bacílková, Praha, Národní archiv 2008



Lokalizace odběru vzorku



NÁRODNÍ ARCHIV
ODDĚLENÍ PÉČE O FYZICKÝ STAV ARCHIVÁLIÍ
BIOLOGICKÁ LABORATOŘ
ARCHIVNÍ 4/2257, 149 01 PRAHA 4

MIKROBIOLOGICKÉ ZKOUŠKY

MÍSTO ODBĚRU:
Olomouc
Svatý kopeček

MATERIÁL:
vzorek B 3

DATUM PROVEDENÍ: 23. 9. 2008

PROVEDENÉ ZKOUŠKY:

Odebrané vzorky byly asepticky přeneseny přímo na povrch sladidového, Czapek-Doxova a živného agaru podle Björkmana. Inkubace probíhala při 24 ± 4 °C po dobu 7 a 14 dní.

VÝSLEDKY:

MIKROSKOPICKÝ PRŮZKUM

Mikroskopie v procházejícím světle: Ve vzorku byly nalezeny buňky plísní a shluky řas.

KULTIVAČNÍ VYŠETŘENÍ


číslo vzorku	popis vzorku	počet živých zárodků plísní nepočítatelné množství	identifikované druhy plísní
1	B 3		<i>Penicillium sp.</i> , <i>Fusarium sp.</i> , <i>Myrothecium verrucaria</i> , <i>Cladosporium herbarum</i> , <i>Scopulariopsis brevicaulis</i>

ZÁVĚR:

Ve vzorcích bylo nalezeno velké množství živých zárodků plísní a rovněž řasy. Je třeba uvažovat o šetrné dezinfekci.

DATUM: 15. 10. 2008

PODPIS: PhMr. Bronislava Bacílková



Příloha 15.5. Technické listy zkoušených konsolidantů v rámci teoretické části



**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

Technický list

TVRDIDLO - TOSIL

Vlastnosti: Tosil je slabě opalizující nebo mléčně zbarvený koloidní roztok kyseliny křemičité ve vodě. Slabě alkalické typy Tosilu mají pH 8,5 - 10,5 a obsahují menší množství stabilizační alkálie, kterou je sodík, nebo výjimečně amonium. Alkalické typy jsou anionaktivní a částice solu mají negativní náboj částic.

Jakostní ukazatele	Tosil	Tosil 40	Tosil A
SiO ₂ (% hm.)	min. 30	min. 40	min. 29
Na ₂ O (% hm.)	0,25	0,30	obsah NH ₃ - 0,17 %
Chloridy - Cl ⁻ (% hm.)	0,05	0,05	0,05
Sírany - SO ₄ ²⁻ (% hm.)	0,03	0,03	0,03
Hustota (kg/m ³)	min. 1200	min. 1300	min. 1200
pH	8,5 - 9,5	8,5 - 10,5	9 - 10
Viskozita (mPas ⁻¹)	6	20	5
Velikost částic (nm)	10 - 15	13 - 17	12 - 17
Možnost nemrzoucí úpravy	ano	ano	ano

Dle požadavku zákazníka lze upravit koncentraci SiO₂ v rozmezí 15 - 40 % hm. Tosil A se připravuje pouze na zakázku. V těchto případech je nejmenší odběrové množství jedna šarže výrobku 7 t.

Příklady použití:

Tosil a Tosil 40 - jako pojivo při výrobě žáruvzdorných keramických materiálů, povrchové úpravy textilních vláken, papíru, lepenky nebo celofánu za účelem zvýšení koeficientu tření, ochranné nástřiky do slévárenských forem, které zvyšují podstatně jejich životnost a zlepšují povrch odlitku. Je hlavní složkou asanačního prostředku na provádění vodorovných izolací ve zdivu proti vzlínající vlhkosti. Slouží jako prostředek a přísada do tmelů, nátěrových hmot, podlahových vosků a leštidel na snížení jejich kluzkosti a zvýšení jejich přilnavosti, jako plnivo pro výrobu katalyzátorů, v petrochemickém průmyslu a při výrobě plastických hmot.

Tosil A - jako pojivo nebo nosič katalyzátorů, k leštění křemíkových desek používaných pro výrobu polovodičů.

Balení - ocelové, pozinkované nebo plastové sudy o obsahu 200 l, v autocisternách - jiné obaly zákazníka od 40 l výše, v případě obalů dodaných zákazníkem, výrobce neodpovídá za změny v kvalitě způsobené znečištěným obalem.

Doprava a skladování: Všechny druhy Tosilu bez nemrzoucí úpravy lze dopravovat a skladovat jen v neporušených obalech a při teplotách nad +5 oC. Tosil s nemrzoucí úpravou (s přídavkem ethylenglykolu) může 3x zmrznout a roztát, aniž by došlo k narušení roztoku.

Ochrana a bezpečnost práce: Výrobek není podle zákona č.356/2003 Sb., o chemických látkách klasifikován jako nebezpečný. Při styku s pokožkou a sliznicemi může mít mírné dráždivé účinky. Je nutno dodržovat všechny zásady osobní hygieny.

Likvidace výrobku: Vysrážet kyselinou za vzniku kyseliny křemičité v tuhé formě, odvézt na příslušnou skládku.

Likvidace obalů: Ocelové nebo pozinkované sudy odvézt do sběrných surovin.

Technický list

Číslo výrobku 0720

KSE 300

Zpevňovač zvětralého kamene

Zpevňovač na bázi etylesteru kyseliny křemičité (KSE) bez obsahu rozpouštědel. Množství vyloučeného gelu, cca 30%

Oblasti použití:

Přípravek je vhodný ke zpevnění jemného až hrubě porézního minerálního stavebního materiálu s výraznou nasákavostí, hlavně pískovce. Pro zpevnění historických omítek a malty.

Kámen obsahující bobtnavé jílovité minerály je nutné předem ošetřit naším přípravkem Antihygro (č.v. 0616), který snižuje bobtnavost.

Vlastnosti výrobku:

KSE 300 reaguje s kapilární vodou, příp. se vzdušnou vlhkostí. Přitom se vylučuje čistě minerální, amorfni křemičitý gel. Křemičitý gel nahrazuje a doplňuje povětrností vyplavené pojivo. Reakce, při níž dochází k vylučování gelu, je jako funkce teploty a vzdušné vlhkosti silně závislá na čase.

Za normálních podmínek (20°C a 50% relativní vlhkosti) je proces vylučování pojiva ukončen cca. po 3 týdnech.

Přehled nejdůležitějších parametrů:

- 30% přeměna na gel
- jednosložkový systém - bezpečné jednoduché zpracování
- neutrální katalyzátor
- hluboký průnik, schopný dosáhnout nenarušeného jádra
- nevytváří vedlejší produkty, které by poškozovaly stavbu
- vysoká odolnost vůči povětrnostním vlivům a UV záření

Údaje o výrobku:

Obsah etylesteru kyseliny křemičité:	cca 99 % hm.
Katalytický systém:	neutrální
Hustota při 20 °C:	cca 1,0 g/cm ³
Barva:	bezbarvý - lehce nažloutlý
Zápach:	typický pro etylester kyseliny křemičité

Údaje po aplikaci a tvorbě gelu:

Množství vyloučeného křemičitého gelu:	cca 300 g/l
Vedlejší produkt reakce:	unikající etanol

- na částečně zpevněný přírodní kámen lze aplikovat restaurátorskou maltu Restauriermörtel.

Zpracování:

Předběžný průzkum, vzorové plochy: Je třeba předem stanovit následující data materiálů (průzkum objektu):

1. Vlhkost podkladu, zasolení, hygroskopická vlhkost
2. Nasákavost, kapilární nasákavost
3. Profil pevnosti od povrchu k jádru, hygrické bobtnání
4. Plošná spotřeba materiálu, hloubka průniku, výsledný pevnostní profil
5. Stanovení pracovního postupu
6. Zhotovení reprezentativních vzorových ploch. Je nutné ověřit případné barevné změny v reálu oproti laboratorním zkouškám.
7. Provádění a spotřebu je třeba dokumentovat a dozorovat.

Příprava podkladu:

Restaurované objekty mívají často na povrchu silnou vrstvu nečistot (povlak). Čištění provádějte co nejšetrnějším způsobem, např. postříkem studenou či teplou vodou, abrazivním mlžením, párou nebo - u „zažrané“ nečistoty postupem abrazivního tryskání fasád rotec nebo čisticími prostředky Remmers. Některé kamenné povrchy jsou natolik křehké, že je nelze čistit bez ztráty hmoty. Aby se předešlo ztrátě, je třeba před čištěním provést předběžné zpevnění KSE 300, nebo jiným zpevňovačem skupiny Remmers KSE. Po očištění a vyschnutí je možno provést závěrečné zpevnění. Aby bylo možno provést prosycení kamene, musí mít svou rovnovážnou vlhkost, musí být nasákové a ne prohráté. Optimální teploty během zpracování se pohybují mezi 8°C a 25 °C (příp. proti přehřátí proveďte zaplachtování proti slunci).

Ošetřovanou plochu po dobu jednoho týdne chraňte před deštěm a přímým slunečním zářením.

Nanášení:

Základním úkolem pro zpevnění je dokonale prosytit zvětřalý podklad až po pevné jádro. Zpevňovač KSE 300 se do stavebního materiálu vpravuje poléváním nebo namáčením, nebo zábaly. Při polévání je třeba postupovat po malých ploškách, resp. kámen po kameni a provádět až do nasycení. Příslušný postup závisí na zpevňovaném objektu. Odrazujeme od tzv. rychlé hydrolyzy, neboť gelace probíhá nekontrolovaně a úspěch zpevnění není zaručen.

Upozornění:

Pokud je potřebné, může se provést po 2-3 týdnech po prvním ošetření postup opakovat, avšak musí být provedeno prosycení opět až k jádru kamene.

Spotřeba KSE 300 se předem stanoví v laboratoři na reprezentativním vzorku, a závisí jak na nasákavosti, tak na postupu aplikace.

Následná úprava:

Aby nedošlo ke změně barvy povrchu vlivem přesycení přípravkem KSE 300, měli byste bezprostředně po dosažení sytosti povrch kamene omýt rozpouštědlem odpuzujícím vodu (např. lakovým benzínem, acetonem, ředidlem V 101).

Nanášení doplňovacích (tmelících) hmot a nátěrových vrstev:

Na plochy ošetřené přípravkem KSE 300 lze po ukončení procesu vylučování gelu nanést restaurátorský tmel Restauriermörtel, hydrofobizátory Funcosil a silikonovou barvu

Siliconhazfarbe LA, Historic Lasur. Vznikající gel kyseliny křemičité vede po aplikaci ke krátkodobé hydrofobitě, která se vyvráním gelu ztratí. Jestliže se následně projeví rušivé stékání vody v kapičkách, lze jej potlačit omytím alkoholem.

Sousedící plochy (části fasády, které by neměly přijít do styku se zpevňujícím přípravkem, jako např. okna, lakované plochy, sklo) je nutné stejně jako rostliny zakrýt.

Pracovní nářadí a čištění:

Podle úkolu, např. nízkotlaké postřikovací zařízení, stříkací zařízení Airless, ruční postřikovač. Všechny přístroje musí být před použitím vyschlé. Po použití vymýt ředidlem V101. Zreagované zbytky KSE lze odstranit jen mechanicky.

Balení, spotřeba, skladovatelnost:

Balení:

Bílé plechové nádoby 5 l, 30 l a 200 l

Spotřeba:

Důležitým předpokladem zpevnění je, aby celá zvětřalá zóna byla napuštěna přípravkem KSE 300 až po zdravé jádro.

Spotřeba se může pohybovat mezi 0,1 l/m² a několika l/m². Spotřebu přípravku zjistíte laboratorně při předběžných zkouškách a na zkušební ploše.

Skladovatelnost:

V uzavřených originálních nádobách min. 1 rok. KSE 300 reaguje s vlhkostí, proto nádoby po každém použití znovu vzduchotěsně uzavřete. Nádoby při skladování venku zakryjte.

Bezpečnost, Ekologie, Likvidace:

Bližší informace o bezpečnosti při dopravě, skladování a manipulaci a také o likvidaci a ekologii najdete v aktuálním bezpečnostním listě.

Výše uvedené údaje jsme sestavili na základě podkladů našeho výrobního úseku podle nejnovějšího stavu vývoje a používané techniky. Za aplikaci a zpracování nepřebírá výrobce záruku, protože na tyto sféry nemá žádný vliv.

Údaje přesahující rámec technického listu či odlišné údaje vyžadují písemné potvrzení kmenového závodu.

V každém případě platí naše všeobecné obchodní podmínky. Vydáním těchto technických listů pozbývají všechny předešlé svou platnost. PS 05/10



Technický list Číslo výrobku 0715

KSE 500 E

Elastifikovaný zpevňovač kamene na bázi ethylesteru kyseliny křemičité (KSE). Množství vyloučeného gelu, cca 50%

Oblasti použití:

Vhodné pro porézní, nasákové minerální stavební hmoty. Přednostně je tento přípravek vhodný pro vlivem počasí poškozené, jemně až hrubě porézní pískovce, určité vulkanity (např. tufy) a rovněž zvětralé cihly. Pro zpevnění historických omítek a spár, pokud je vyžadováno zachování substance. Horniny, které vykazují výrazné bobtnání a smršťování na základě bobtnavých jílových minerálů, vyžadují předchozí ošetření pro zamezení bobtnání prostředkem Antihygro (výr. č. 0616). Zkouška ve výrobní laboratoři firmy Remmers.

Vlastnosti výrobku:

Elastifikovaný zpevňovač kamenných povrchů KSE 500 E byl vyvinut v rámci podporovaného projektu „Ochrana kamenných povrchů aplikací elastického esteru kyseliny křemičité“ Německé svazové nadace ochrany životního prostředí (Osnabrück) ve spolupráci s panem Dr. E. Wendlerem (Mnichov) a pracovní skupinou okolo pana prof. Dr. J. Grobeho (Münster).

KSE 500 E se odlišuje od obvyklých zpevňovačů kamene

- mírným růstem E-modulu (v diagramu chování napětí – protažení) při současně
- dostatečně velkém zpevnění struktury kamene.

Údaje o výrobku:

Obsah ethylesteru kyseliny křemičité:	cca 85 % hm.
Hustota při 20°C:	1,0 g/cm ³
Bod vzplanutí:	15°C
Barva:	čirá, lehce nažloutlá
Zápach:	typický
Systém katalyzátorů:	neutrální

Údaje po aplikaci:

Vyloučené množství gelu:	cca 500 g/l
Vedlejší produkt podmíněný reakcí:	etanol (uniká)

Prostředek pro zpevnění kamenných povrchů KSE 500 E reaguje s vodou uchycenou v porézním systému, příp. s vzdušnou vlhkostí. Při této reakci je vyloučen jako pojivo amorfní a vodu obsahující gel oxidu křemičitého, vázaný přes elastické segmenty. Reakce vylučování gelu je jako funkce teploty a vzdušné vlhkosti silně závislá na čase. Při normálních podmínkách (20°C, 50 % relativní vlhkosti vzduchu) je ukončeno vylučování pojiva po cca. 3 týdnech. Na jeden litr přípravku KSE 500 E je vyloučeno cca 500 g křemičitého gelu jako pojiva.

Následně jsou shrnuty nejdůležitější parametry vlastností přípravku KSE 500 E.

- jednosložkový systém – bezpečné a jednoduché zpracování
- neutrální katalyzátor
- velká hloubka penetrace, je možná až do jádra materiálu kamene nepoškozeného vlivy počasí

- žádné vedlejší produkty poškozující stavbu
- vysoká odolnost proti vlivům počasí a stabilita proti UV záření
- částečně zpevněné kameny je možno přepracovat prostředkem Restauriermörtel

Zpracování:

Předběžné vyzkoušení, položení zkušebních ploch:

Je nutno zjistit následující údaje o materiálu (rozběr stavebního stavu):

1. Nasákavost, přijímání vody, poréznost, hygroskopická nasákavost.
2. Vlhkost materiálu, rozběr pojiva, obsah minerálů, obsah škodlivých látek, profil pevnosti, škodlivé soli.
3. Hloubka zvětrání, spotřeba materiálu na plochu, hloubka penetrace elastifikovaného přípravku pro zpevnění kamenných povrchů, výsledný profil pevnosti.

4. Stanovení pracovního postupu, nezapomínejte na změny barvy.
5. Je nutné položení větší zkušební plochy, aby se zkontroloval vztah mezi laboratorními výsledky s množstvím a hodnotami dosaženými na objektu.
6. Je nutno kontrolovat a dokumentovat provádění úprav a spotřeba materiálů.

Příprava podkladu:

Povrchy kamene, které mají být konzervovány, vykazují kvůli znečištění / patinování nejrozličnější, často sníženou nasákavost. Čistící opatření, která jsou nutná pro obnovení původní nasákavosti, by měla být prováděna pokud možno šetrně, např. postřikem studenou, příp. teplou vodou nebo parním čištěním. U těžko odstranitelného znečištění použijte čisticí výrobky Remmers (viz odpovídající technické listy).

V mnoha případech je kámen již drobný, takže již není možno provést čištění bez citlivé ztráty substance. K zabránění těchto ztrát substance je možno již před čištěním provést předběžné zpevnění přípravkem KSE 500 E nebo jiným vhodným přípravkem pro zpevnění kamenných povrchů z řady Remmers Steinfestiger. Po uschnutí vyčištěného podkladu se provede hlavní zpevnění kamenného povrchu. Aby se celá zóna zvětralého kamene mohla nasytit přípravkem pro zpevnění KSE 500 E, je nutno aby plochy, které se mají ošetřit, byly na vzduchu vyschlé, nasákové a nebyly ohřáté. Aby se zabránilo silnému ohřevu, mohou být např. použity plachty proti slunečnímu záření.

Postup nanášení:

Teplota zpracování leží mezi 10°C a 20°C. Podstatným předpokladem pro

optimální zpevnění je celkové prosycení zvětralé vrstvy kamene až do nepoškozeného jádra přípravkem pro zpevnění kamenných povrchů. Kvůli tomuto účelu je do stavebního materiálu vpraven přípravek KSE 500 E metodou polévání, máčení nebo obkladů. U metody polévání jsou vždy ošetřovány menší plochy (příp. kámen po kameni) mokré do mokrého přípravkem KSE 500 E do té doby, až již nanášený materiál již není vsakován. Zvolená metoda nanášení závisí nakonec na vymezení úkolu, který má být proveden.

Nedoporučujeme takzvanou „rychlou hydrolyzu“, jelikož představuje nekontrolovatelnou reakci tvorby gelu a tím ovlivňuje výslednou strukturu křemičitého gelu.

Upozornění:

Je-li to nutné, může následovat 2-3 týdny po prvním ošetření další, přičemž musí být rovněž dosaženo nasycení zvětralé vrstvy kamene. Spotřebu přípravku KSE 500 E je nutno zjistit v laboratoři při předběžných zkouškách a na zkušební ploše a závisí jak na nasákavosti podkladu, tak také na posledně zvolené metodě aplikace.

Dodatečné ošetření:

Aby se zabránilo změně barevného odstínu povrchu následkem přesycení přípravkem KSE 500 E, mělo by být, bezprostředně po dosažení nasycení povrchu kamene, provedeno dodatečné omytí suchým rozpouštědlem (např. Verdünnung V 101).

Nanesení tmelící hmoty pro doplnění kamene, hydrofobní impregnace a nátěry:

Na plochy zpevněné přípravkem KSE 500 E a na boky spár mohou být naneseny – po ukončení vylučování gelu – přípravky Restauriermörtel, Imprägniermittel a produkty systému silikonových barev.

Chemický systém „esteru kyseliny křemičité“ vede po aplikaci k dočasné hydrofobitě, která se ztrácí v průběhu tvorby gelu. Pokud zpevněné plochy při následně prováděných pracích s restaurátorskou maltou ještě vykazují rušivý efekt odpuzování vody, tak je možné tento jev potlačit navlhčením povrchu alkoholem.

Sousedící plochy:

Části fasád, které nemají přijít do kontaktu s impregnačním prostředkem, jako např. okna, lakované plochy a rovněž sklo, musí být tak jako rostliny zakryty stavební fólií (polyetylenovou fólií).

Balení, spotřeba, skladovatelnost:

Balení:

Podle vymezení úkolu, např. nízkotlaká stříkací zařízení, Airless zařízení, stříkací láhve.

Spotřeba:

Spotřeba přípravku KSE 500 E se rozhodným způsobem řídí podle druhu a stavu ošetřovaného podkladu a rovněž podle řešeného vymezení úkolu, příp. z toho vycházející používané techniky aplikace. Podle toho může spotřeba ležet mezi 0,1 l/m² a více litry na m². Proto je nutno ji zjistit předem v laboratoři při předběžné zkoušce a rovněž na zkušební ploše.

Skladovatelnost:

V uzavřených originálních nádobách, při skladování v chladu nad bodem mrazu a v suchu minimálně 12 měsíců. KSE 500 E reaguje s (vzdušnou) vlhkostí, proto je nutno nádoby po každém odběru znovu vzduchotěsně uzavřít.

Bezpečnost, Ekologie, Likvidace:

Bližší informace o bezpečnosti při dopravě, skladování a manipulaci a také o likvidaci a ekologii najdete v aktuální bezpečnostním listě.

Výše uvedené údaje jsme sestavili na základě podkladů našeho výrobního úseku podle nejnovějšího stavu vývoje a používané techniky. Za aplikaci a zpracování nepřebírá výrobce záruku, protože na tyto sféry nemá žádný vliv.

Údaje přesahující rámec technického listu či odlišné údaje vyžadují písemné potvrzení kmenového závodu.

V každém případě platí naše všeobecné obchodní podmínky. Vydáním těchto technických listů pozbývají všechny předešlé svou platnost ZC.08/07

Příloha 15.6. Dokumentace zpevnění referenčních ploch omítek vápennou vodou

Datum	čas	Spotřeba (ml)		Počasí, teplota
		nátěr	nástřik	
22.8.2008	12:00	330	1100	slunečno 26°C
25.8.	13:00	250	900	slunečno 27°C
26.8.	8:00	400	700	oblačno 19°C
26.8.	13:30	350	800	oblačno 21°C
26.8.	18:00	150	500	děšť 19°C
27.8.	9:00	250	800	děšť 18°C
27.8.	17:30	350	800	oblačno 21°C
28.8.	9:30	300	900	oblačno 21°C
28.8.	17:00	300	750	oblačno 23°C
29.8.	8:00	200	700	děšť 18°C
1.9.	12:00	350	950	oblačno 21°C
1.9.	20:00	250	450	slunečno 23°C
2.9.	11:00	300	850	slunečno 26°C
2.9.	19:00	200	700	slunečno 23°C
3.9.	8:00	250	550	slunečno 21°C
3.9.	18:00	200	550	slunečno 25°C
4.9.	14:00	250	600	slunečno 25°C
5.9.	9:00	300	750	děšť 18°C
8.9.	8:00	500	1050	slunečno 20°C
9.9.	13:00	400	1100	slunečno 24°C
11.9.	8:00	200	850	oblačno 18°C
11.9.	19:00	200	450	oblačno 18°C
12.9.	15:00	150	750	oblačno 17°C
13.9.	10:30	200	800	slunečno 19°C
16.9.	9:00	200	1000	oblačno 8°C
18.9.	9:15	200	750	oblačno 7°C
19.9.	8:30	200	500	zataženo 5°C
22.9.	16:00	250	650	zataženo 10°C
23.9.	11:00	250	350	zataženo 10°C
25.9.	11:00	200	500	děšť 9°C
29.9.	10:00	300	1000	slunečno 13°C
30.9.	16:30	250	750	zataženo 10°C
10.10.	9:00	300	650	oblačno 9°C
14.10.	14:00	150	800	oblačno 15°C
15.10.	17:00	150	750	oblačno 15°C
12.6.2009	17:30	200	700	děšť 10°C
13.6.	8:00	300	800	zataženo 8°C
13.6.	18:00	300	800	slunečno 18°C
14.6.	8:00	400	950	slunečno 8°C
15.6.	8:00	150	950	slunečno 16°C
1.7.	9:00	150	800	zataženo 25°C
3.7.	18:00	300	950	slunečno 20°C
4.7.	8:00	250	800	slunečno 16°C
4.7.	18:00	300	950	slunečno 24°C
5.7.	8:30	200	750	oblačno 12°C

5.7.	18:00	250	750	oblačno 20°C
6.7.	8:00	250	650	slunečno 16°C
6.7.	18:00	250	600	zataženo 17°C
7.7.	8:00	200	550	zataženo 13°C
7.7.	18:30	250	550	oblačno 19°C
8.7.	8:00	350	650	zataženo 11°C
8.7.	18:00	350	600	déšť 13°C
9.7.	8:00	300	550	déšť 9°C
9.7.	17:30	300	550	déšť 14°C
10.7.	7:30	250	550	zataženo 9°C
12.7.	8:00	250	700	oblačno 10°C
12.7.	18:00	200	600	oblačno 14°C
13.7.	8:00	350	650	slunečno 14°C
13.7.	18:30	250	650	slunečno 24°C
14.7.	8:30	250	550	oblačno 16°C
14.7.	18:30	200	650	slunečno 24°C
15.7.	8:30	200	600	slunečno 16°C
15.7.	18:00	150	550	oblačno 18°C
16.7.	8:30	200	650	slunečno 16°C
16.7.	18:30	150	550	slunečno 22°C
17.7.	9:00	150	600	slunečno 18°C
17.7.	18:30	150	650	slunečno 24°C
18.7.	8:30	200	600	déšť 14°C
19.7.	8:00	150	500	déšť 8°C
19.7.	18:30	150	550	déšť 15°C
20.7.	8:00	150	500	slunečno 10°C