

Univerzita Pardubice

Fakulta restaurování

Bakalářská práce

2012

Miroslav Bodanský

Univerzita Pardubice

Fakulta restaurování

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

Restaurátorský průzkum a restaurátorská dokumentace

**Srovnání citlivosti vybraných modrých a zelených pigmentů na
katexové a anexové iontoměniče**

Vedoucí práce: Martin Martan, ak. mal.

Vypracoval: Miroslav Bodanský

Praktická bakalářská práce

Zlín 2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Miroslav Bodanský**
Osobní číslo: **R07020**
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: Praktická část bakalářská práce je prací, ve které diplomant dokládá, že je schopen samostatně provést komplexní restaurátorský zákrok. Diplomantovi byla přidělena horní část malby v medailonu umístěném na západní části kupole baziliky (přibližně 5 m²). Tématem výjevu je ?Abrahamova žena Sára?. Diplomant 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 diplomant schopen 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 diplomant 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 diplomant detailně zdokumentuje stav dochování originálu a výskyt druhotných zásahů na něm. Podrobně se bude zabývat také zkouškami redukce a odstraňování těchto druhotných zásahů, stejně jako koncepcí celé etapy čištění. . II. Teoretická část bakalářské práce:

Teoretická část bakalářské práce má název Srovnání citlivosti vybraných modrých a zelených pigmentů na katexové a anexové iontoměniče. Diplomant nejprve zpracuje literární rešerši na zadané téma a následně připraví modelové vzorky s vybranými zelenými pigmenty, na kterých odzkouší vybrané iontoměniče v různých časových intervalech s důrazem na sledování barevné stability pigmentů. Průběh a výsledky zkoušek budou podrobně dokumentovány a na závěr provedeno vyhodnocení. Po formální stránce dodrží diplomant 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 římsce, bazilika Navštívení Panny Marie, březen 2004 Boursová S., Možnost čištění nástěnných maleb pomocí iontoměníčů ? bakalářská práce, Fakulta restaurování, Univerzita Pardubice, 2006

II. Teoretická část bakalářské práce: Bakalářské a diplomové práce FR UPCE Kotlík P.a kol., Stavební materiály historických objektů, Praha 1999 Zelinger, J., Chemie v práci konzervátora a restaurátora, Praha 1987 Šimůnková E., Bayerová T.: Pigmenty, STOP, Praha, 1999 Artists' Pigments: A Handbook of their History and Characteristics Volume 1-3 Odborná periodika: Studies in conservation Restauro Journal of the American Institute for Conservation Zprávy památkové péče Kámen Internetové zdroje: www.sciencedirect.com <http://aata.getty.edu/NPS/> www.springerlink.com/

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 vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen 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

Miroslav Bodanský.....

Titul/Title

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

Srovnání citlivosti vybraných modrých a zelených pigmentů na kationové a anionové iontoměniče

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

Comparison of sensitivity selected blue and green pigments to cation and anion exchange resins

Anotace/ Annotation

V první, praktické, části bakalářské práce jsou popsány a zdokumentovány restaurátorský průzkum a restaurování části nástěnných maleb v klenbě kupole Navštívení 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. V teoretické části bakalářské práce je zpracována literární rešerše na zadané téma. V experimentální části byly připraveny modelové vzorky s vybranými modrými a zelenými pigmenty, na kterých byly aplikovány vybrané iontoměniče v různých časových intervalech s důrazem na sledování barevné stability pigmentů. Průběh a výsledky zkoušek byly podrobně dokumentovány a vyhodnoceny.

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. In the theoretical part of the thesis is prepared literature search on a given topic. In the experimental part the model samples were prepared with selected blue and green pigments, which were applied with the selected ion exchange resins at various time intervals, with an emphasis on monitoring the stability of color pigments. The course and test results have been extensively documented and evaluated.

Klíčová slova/ Key words

restaurování, nástěnná malba, Svatý kopeček, Johann Steger, Abraháмова žena Sára, Panna Marie, vápenné secco, organické pojivo, přemalba, modré a zelené pigmenty, iontoměnič

restoration, mural painting, Svatý Kopeček, Johann Steger, Abraham’s wife Sára, the Virgin Mary, lime secco technique, organic binder, overpainting, blue and green pigments, ion exchange resin

OBSAH

I. Praktická část (Restaurování části maleb v kupoli baziliky Navštívení Panny Marie na Svatém Kopečku u Olomouce)

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 dokumentaci	11
2. UMĚLECKOHISTORICKÝ PRŮZKUM	13
2.1. Lokalizace objektu	13
2.2. Stručná historie objektu	13
2.3. Předchozí opravy interiéru.....	13
2.4. Restaurování výzdoby interiéru.....	14
2.5. Výzdoba kupole baziliky.....	14
2.6. Lokalizace jednotlivých maleb v klenbě kupole	15
2.7. Popis a ikonografický rozbor maleb v klenbě kupole.....	15
2.8. Popis a ikonografický rozbor malby, která je součástí této bakalářské práce	18
2.9. Autor maleb Johann Steger.....	19
2.10. 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).....	24
3.2. Předchozí zásahy	25
3.2.1. Přemalby.....	25
3.3. Poškození.....	26
3.3.1. Povrchové nečistoty	26
3.3.2. Ztráta adheze a koheze barevné vrstvy.....	26
3.3.3. Biologické napadení	27
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.....	28
4. NÁVRH NA RESTAUROVÁNÍ A KONCEPCE RESTAURÁTORSKÉHO ZÁSAHU	28
5. POSTUP RESTAURÁTORSKÝCH PRACÍ.....	30
5.1. Dokumentace stávajícího stavu a druhotných zásahů	30
5.2. Prekonsolidace barevné vrstvy	30
5.2.1. Zkoušky prekonsolidace barevné vrstvy	30
5.2.2. Postup prekonsolidace barevné vrstvy	31
5.3. Sanace biologického napadení.....	31
5.4. Čištění a odstraňování přemaleb	32
5.4.1. Zkoušky čištění a odstraňování přemaleb	32
5.4.2. Postup čištění a odstraňování přemaleb	33
5.5. Konsolidace barevné vrstvy.....	34
5.6. Konsolidace omítkové vrstvy.....	34
5.7. Tmelení.....	34
5.8. Izolace tmelů	34
5.9. Retuše a rekonstrukce.....	34
6. SEZNAM POUŽITÝCH MATERIÁLŮ.....	34
7. DOPORUČENÝ REŽIM PAMÁTKY	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.35

II. Teoretická část (Srovnání citlivosti vybraných modrých a zelených pigmentů na katexové a anexové iontoměniče)

ÚVOD	36
8. KLASIFIKACE, CHARAKTERISTIKA A VLASTNOSTI IONTOMĚNIČŮ .	37
8.1. Původ a složení iontoměničů	37
8.1.1. Přírodní iontoměniče	37
8.1.2. Syntetické iontoměniče	37
8.2. Složení a struktura syntetických iontoměničů.....	38
8.3. Iontová výměna a schopnost disociace iontoměničů	39
8.3.1. Katexy	39
8.3.2. Anexy	40
8.3.3. Mixbody	40
9. VYUŽITÍ IONTOMĚNIČŮ V OBLASTI RESTAUROVÁNÍ NÁSTĚNNÝCH MALEB	42
9.1. Vývoj využití iontoměničů v oblasti restaurování	42
9.2. Využití iontoměničů při čištění a odsolování nástěnných maleb	43
9.2.1. Odstraňování anorganického materiálu.....	43

9.2.2. Odstraňování organického materiálu	43
9.3. Obecné předpoklady a doporučení při užití iontoměničů	43
9.3.1. Velikost částic iontoměničů	43
9.3.2. Úprava pH a iontové aktivity iontoměničů	44
9.3.3. Možnosti aplikace iontoměničů	44
9.3.4. Účinnost iontoměničů	44
9.3.5. Vybrané iontoměniče	45
9.4. Možné problémy při užití iontoměničů	45
9.4.1. Zvýšení vlhkosti	45
9.4.2. Vliv pH	45
9.4.3. Interakce iontoměničů s čištěným povrchem	46
10. ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI VYBRANÝCH ZELENÝCH A MODRÝCH HISTORICKÝCH PIGMENTŮ	48
10.1. Malachit přírodní	48
10.1.1. Složení a charakteristika	48
10.1.2. Historie výroby a použití	48
10.1.3. Vlastnosti	49
10.2. Malachit umělý (horská zeleň)	49
10.2.1. Složení a charakteristika	49
10.2.2. Historie výroby a použití	49
10.2.3. Vlastnosti	50
10.3. Měděnka (francouzská zeleň)	50
10.3.1. Složení a charakteristika	50
10.3.2. Historie výroby a použití	50
10.3.3. Vlastnosti	51
10.4. Azurit přírodní	51
10.4.1. Složení a charakteristika	51
10.4.2. Historie výroby a použití	52
10.4.3. Vlastnosti	52
10.5. Azurit umělý (horská modř), umělé měďnaté modře	52
10.5.1. Složení a charakteristika	52
10.5.2. Historie výroby a použití	53
10.5.3. Vlastnosti	53
10.6. Pruská modř (berlínská, pařížská, čínská)	53
10.6.1. Složení a charakteristika	53
10.6.2. Historie výroby a použití	53
10.6.3. Vlastnosti	54
11. INTERAKCE IONTOMĚNIČŮ SE ZELENÝMI A MODRÝMI HISTORICKÝMI PIGMENTY	55

11.1. Publikované výzkumy a praktické zkušenosti.....	55
11.2. Možné předpoklady interakcí iontoměničů se zelenými a modrými historickými pigmenty	57
12. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	58
12.1. Použité materiály	58
12.2. Příprava vzorků s pigmenty	58
12.3. Iontoměniče a jejich vlastnosti	59
12.4. Aplikace iontoměničů.....	60
12.5. Metodika vyhodnocení zkoušek	60
12.5.1. Vizuální hodnocení	60
12.5.2. Optická mikroskopie	60
12.5.3. Rastrovací elektronová mikroskopie.....	60
12.6. Výsledky a diskuze	61
12.6.1. Vlastnosti čistých pigmentů a iontoměničů	61
12.6.2. Vizuální hodnocení	65
12.6.3. Hodnocení optické mikroskopie a rastrovací elektronové mikroskopie	73
13. ZÁVĚR.....	89
14. LITERATURA A PRAMENY	91
14.1. Literatura	91
14.2. Studentské závěrečné práce.....	93
14.3. Internetové prameny	93
14.4. Internetové databáze a zdroje	94
14.5. Přednášky.....	94
15. PŘÍLOHY	95
15.1. Fotodokumentace k praktické části	
15.2. Grafická dokumentace k praktické části	
- vyznačení jednotlivých poškození malby	
- vyznačení odstraněných a ponechaných druhotných přemaleb 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 pigmentů	
15.6. Technické listy zkoušených iontoměničů	

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: Horní 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 Stegr (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 : Miroslav Bodanský,
Magda Bodanská DiS,
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 2008

Restauroval: Miroslav Bodanský, BoněckoI/264, 760 01 Zlín,
povolení MK ČR č. j. 7426/097
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 dokumentaci

Dokumentaci zpracoval: Miroslav Bodanský

Počet stran textu: 95

Počet stran příloh: 83

Počet fotografií v textu: 37

Počet fotografií v Příloze Fotodokumentace: 84

Autor fotografií: Miroslav Bodanský

Uložení dokumentace: tištěná verze – knihovna FRUPCE

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

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

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

Ve Zlíně dne 10. 5. 2012

2. Uměleckohistorický průzkum

2.1. Lokalizace objektu

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

2.2. Stručná historie objektu

Místo současné baziliky stála původně na pozemku premonstrátského opatství Klášterní Hradisko kaple, která byla postavena r. 1633. Po vyhoření kaple zde premonstráti z Hradiska vybudovali podle plánů architekta Giovanniho Pietra Tencalla kostel s podélnou orientací, s příčnou lodí a kupolí nad křížením. Roku 1684 k němu byla přistavěna prelátská rezidence a následně budovy pro pobyt kněží.

Po roce 1714, za opata Benedikta Bönische byly ke stranám chrámu přistavěny patrové budovy - rezidence, projektované Domenico Martinellim, který je rovněž považován za autora ambitu s kaplí Jména Panny Marie, uzavírající areál ze zadní strany.

V letech 1721–1732 došlo pod vedením architekta Baldassara Fontany k nové velkolepé úpravě interiéru. Stěny a strop byly vyzdobeny 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 přešel objekt do správy kláštera premonstrátů v Praze na Strahově.

K velkému poškození kostela došlo na konci války během osvobozovacích bojů o Olomouc.

V letech 1950-1990 byly kláštery komunistickým režimem zrušeny a objekt byl spravován diecézí do roku 1990, kdy byl opět předán strahovským premonstrátům.

2.3. Předchozí opravy interiéru

Z písemných pramenů jsou známa některá data, která poukazují na opravy v interiéru kostela.

První zaznamenaná oprava byla provedena v roce 1832, po ní následoval rozsáhlejší zákrok r. 1846.



Obrázek č. 1 Ignaz Zeidler, Průčelí kostela Navštívení Panny Marie na Svatém Kopečku a přístup k němu, rytina 1. pol. 18. stol.

V letech 1903-1906 došlo k významné opravě celého interiéru olomouckým malířem Gustavem Přečkem.

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.

Částečná oprava byla provedena v květnu 1945, kdy byl kostel odstřelován a kupole zasažena třemi zásahy, které v klenbě kupole poškodily obraz s Rebekou a Izákem.

Maleb v klenbě kupole se dotkly pravděpodobně tři opravy: v roce 1904, provedená Gustavem Přečkem, oprava v roce 1931 provedená malířem Janem Janšou a oprava klenby po odstřelování v roce 1945, kterou provedl Oto Stritzko.

2.4. Restaurování výzdoby interiéru

V roce 2004 byl v interiéru baziliky proveden orientační restaurátorský průzkum stavu malířské a štukové výzdoby (Orientační restaurátorský průzkum, ak. mal. Yvona Ďuranová).

Na základě vyhodnocení průzkumu byl vypracován projekt na celkovou opravu štukové a freskové výzdoby interiéru baziliky. Jako hlavní dodavatel restaurátorských prací byla vybrána firma Gema art group a.s. Restaurování maleb vedl ak. mal. Martin Martan. Restaurování probíhalo ve třech letech: v roce 2007 byla restaurována klenba presbytáře, v roce 2008 malby a štuky v kupoli a bočních kaplích sv. Josefa a sv. Jáchyma v rozsahu od hlavní římsy nahoru a v roce 2009 klenba hlavní lodi a klenby bočních kaplí od římsy nahoru.

Tato praktická bakalářská práce byla součástí druhé etapy restaurování v roce 2008.

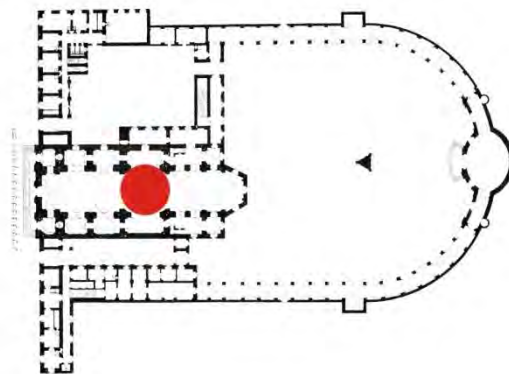
2.5. Výzdoba kupole baziliky

Kostel je jednolodní podélná stavba 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.

Na pendantivy navazuje tambur, jehož slepá okna, pod nimiž jsou průchody

do chrámového podstřeší, jsou vyzdobena freskovou malbou od J. Stegra z roku 1677. Obraz na východní straně představuje Poutníkovu cestu k Matce Boží svatokopecké,



Obrázek č. 2: Umístění kupole

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 Stegra. Fresky představují události ze života šesti starozákonních žen: Saryy - ženy Abraháma, Rebeky - ženy Izáka, Abigail - ženy Davida, Betsabe - matky krále Šalamouna, Judith - přemožitelky asyrského vojevůdce Holoferna a Esther - manželky perského krále Assuera.

Ve vrcholu kupole je lucerna, v níž je umístěna holubice, symbol Ducha Svatého, obklopená hlavami andělků.

2.6. 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.

2.7. Popis a ikonografický rozbor maleb v klenbě kupole

Stegerovy fresky v kopuli znázorňují invokace z litanie „Salve Regina“, doplněné starozákonními prefiguracemi Panny Marie. Malby měly být původně provedeny podle Lublinského návrhů, ale malíř se rozhodl malby provést podle vlastních návrhů.

Malby mají jednotnou kompozici, která se skládá ze dvou významových vrstev. Horní vrstvu tvoří oválné medailony s tematikou Panny Marie, provázené nahoře latinskou invokací a dole latinským textem mariánské modlitby Salve Regina. Spodní vrstva zachycuje výjevy 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 posláním 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 svatě 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. 2.8.)

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 části 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.

2.8. 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).

2.9. 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.

2.10. Lokalizace části malby, 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 ke 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 střednězrnný štuk s vyšším obsahem vápna - intonacco - v síle cca 0,4 cm.

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

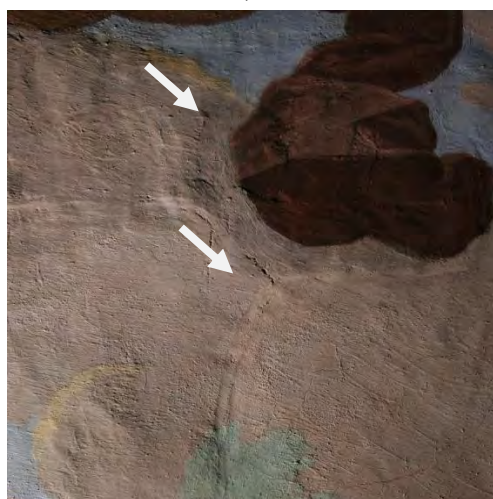


Obrázek č. 13: Struktura povrchu malby v bočním nasvícení

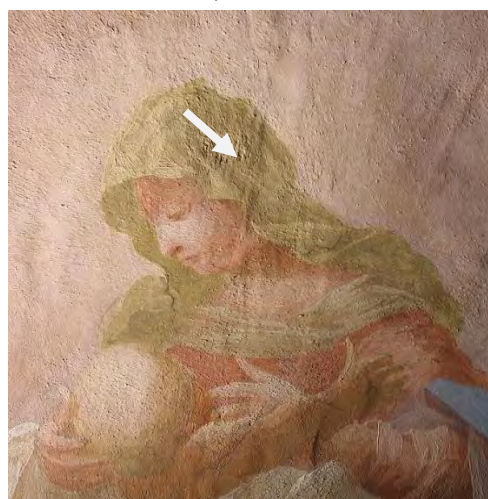
3.1.3. Denní díly

Celý obraz je rozdělen na šest denních dílů - giornata, jejichž hranice jsou zřetelné v bočním nasvícení. Horní 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 praskliny v intonaku.

3.1.5. Původní 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 zavádě intonako. Toto rozvržení bylo patrné v místech, kde se vrchní barevné vrstvy nedochovaly.



Obrázek č. 17: Štětcová podkresba pod kadeřemi andílka.

3.1.6. Technika nanášení barevných vrstev

Malba byla pravděpodobně provedena na již částečně zavadlou omítku (na makrosnímčích nábrusů 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 přemaleb 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. 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).

Jedná se tedy pravděpodobně o vápenné secco, malbu vápennými barvami modifikovanými přísávkem proteinů.

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 většinou o drobné změny v kompozičním rozvrhu některých částí malby, které jsou patrné z ponechaných původních rozkresb na ploše pozadí malby (viz. Obrázek č. 19).

Další změna v původním rozvrhu je patrná na opravované nápisové pásce, která musela být z důvodu chybného rozvržení nápisu zvětšena (viz. Obrázek č. 20).

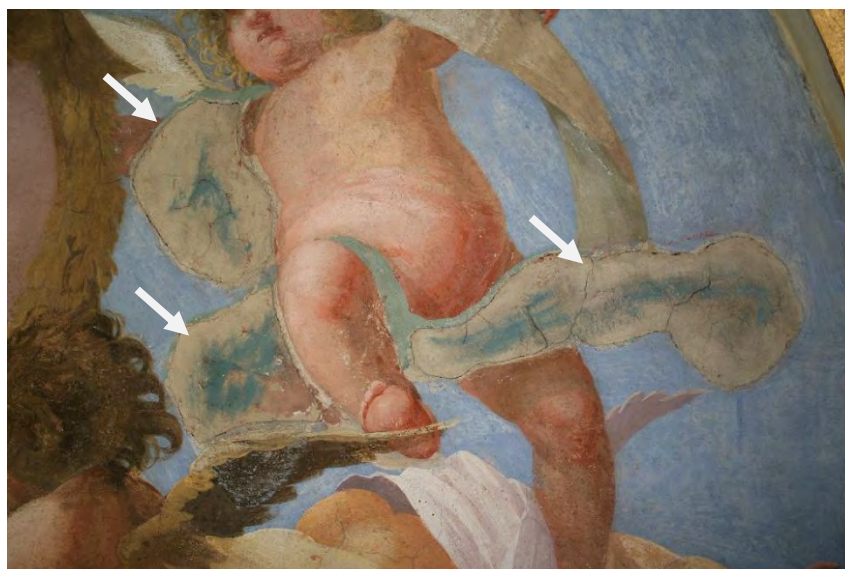


Obrázek č. 19: Oprava ruky andílka přidržujícího nápisovou pásku (zbytek původní štětcové podkresby).



Obrázek č. 20: Rozšířená nápisová páska v místě ohybu z důvodu původně chybného rozvržení nápisu.

Neobvyklá původní oprava byla provedena na místě draperie vznášejícího se andílka vpravo. Důvodem byla pravděpodobně nespokojenost s jejím provedením. Zde bylo intonako v oblasti draperie nahrazeno novou omítkou, na níž byla provedena nová malba. Barevná vrstva se však na těchto částech dochovala jen fragmentárně, pravděpodobně z důvodu chyby v technologickém postupu.



Obrázek č. 21: Původní oprava v oblasti draperie andílka (nahrazené intonako).

3.2. Předchozí zásahy

3.2.1. Přemalby

Během dvacátého století byly v klenbě podle dostupných pramenů provedeny přibližně tři opravy (viz. kap. 2.3. Předchozí opravy), které se dotkly také maleb. Na malbách se nacházely lokální ale i plošné přemalby, které měly výrazně krycí charakter, byly ztmavlé a působily rušivě. Celkovou změnu barevnosti malby způsobila pravděpodobně i plošná fixáž barevné vrstvy provedená v rámci některé z oprav, která časem ztmavla.

Na malbě byly identifikovány tři druhy přemaleb odlišného charakteru. V první etapě oprav došlo k plošnému přemalování centrální části obrazu v pozadí. Zároveň byly pravděpodobně přemalovány i nápisové pásy. Na některých místech v nápisových páskách byly přemalby lokální, jinde byl plošně přemalován nápis včetně bílého podkladu a pod ním prosvítalo starší písmo (pravděpodobně se jednalo o původní nápis). V horní pásce ve slově *CONSOLATIONIS* došlo ke změně (původně bylo na pásce pouze *LATIONIS*).



Obrázek č. 22: Horní nápisová páska: pod současným nápisem *MATER CONSOLATIONIS* se nachází starší nápis *MATER LATIONIS* (šipka směřuje na prosvítající *L* “*LATIONIS*“).

Přemalby z nejstarší etapy oprav měly charakter mastné tempery a byly nanesené v poměrně silné vrstvě. V dalších dvou etapách se pak jednalo o lokální barevné úpravy, z nichž některé byly vápenného charakteru a nejmladší se nacházely ve formě pastózních olejovitých akcentů.

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 žlut' (pigmenty s prvními známými historickými zmínkami po r. 1810) a červený okr.



Obrázek č. 23: Přemalby v rozptýleném světle.



Obrázek č. 24: Přemalby v UV záření.

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 trus.

3.3.2. Ztráta adheze a koheze barevné vrstvy

Vlastní barevná vrstva byla především na částech provedených okry silně zpráškovatělá a lokálně se šupinkovitě loupala.



Obrázek č. 25: Ztráta adheze barevné vrstvy na hlavě andílka.



Obrázek č. 26: Ztráta adheze barevné vrstvy na inkarnátu andílka.

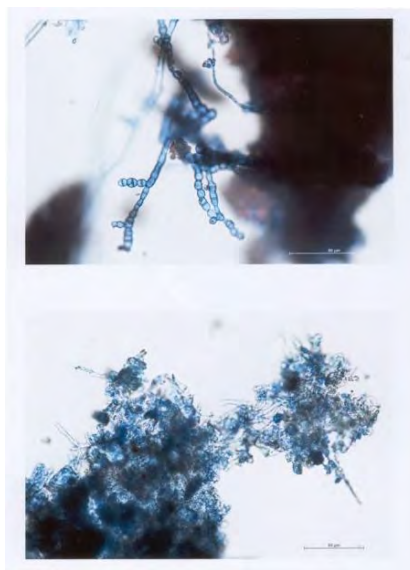
3.3.3. Biologické napadení

Na povrchu malby se především v oblasti okrů a zemitých tónů nacházely plísně ve formě malých tmavých skvrnek. Příčinou biologického napadení jsou pravděpodobně zhoršené klimatické podmínky v nevětraném prostoru kupole. Výsledky z analýzy odebraného vzorku (viz. Příloha 10.4. Technologické analýzy, Mikrobiologické zkoušky, Ph.Mr. Bronislava Bacílková, Praha, Národní archiv 2008).

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



Obrázek č. 27: Tmavé skvrny plísní na povrchu malby.



Obrázek č. 28: Makrosnímek identifikovaných plísní a řas.

3.3.4. Defekty omítek

Ojedinele se v síle intonaka nacházely drobné mělké defekty.

3.3.5. Ztráta adheze a koheze omítek

Stav omítek byl velmi dobrý 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, které 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.



Obrázek č. 29: Malba před čištěním a odstraněním přemaleb.

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 obalené mikrotenem. Konsolidant bude použit v nejnižší možné koncentraci, podle nutnosti opakovaně.

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 vybraných 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 vybraným 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.

Sanace biologického napadení

- Průzkum a analýza odebraných vzorků z tmavých skvrn potvrdily přítomnost aktivních plísní. Na postižená místa doporučuji aplikovat vhodný dezinfekční prostředek, který bude nejprve odzkoušen na malé ploše.

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 hydroxypropylcelulosa Klucel G v různých koncentracích a několika opakovaných aplikacích.

1A Primal SF 016: 1 díl 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: 1 díl 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 vybrán pro následnou prekonsolidaci. U vzorků 1A byla míra zpevnění nedostatečná i při trojitém opakování. Při použití klucelu byla i u vyšší koncentrace a trojnásobné aplikaci míra stále nedostatečná a malba se stírala.

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 čištění ohrožena.

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



Obrázek č. 30: Postup upevňování barevné vrstvy.

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

Na plochách, kde nebyly použity hlinky, byla barevná vrstva kompaktní, nestírala se, a nebylo proto nutné tato místa fixovat.



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

5.3. Sanace biologického napadení

Pro deaktivaci plísní, které se vyskytovaly především na plochách malby provedených v zemitých tónech, byl zvolen likvidační biocidní prostředek Fungispray super. Vlastní aplikaci předcházely zkoušky biocidu na malých plochách, které vyloučily optické změny na malbě. Prostředek byl aplikován ve formě nástřiku.

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 H (silně kyselý iontoměnič gelového typu). Výběr tohoto typu prostředku byl proveden na základě chemicko-technologického průzkumu (viz. Příloha 10.4. Technologické analýzy), který jako původní techniku malby určil vápenné secco (malba vápennými barvami modifikovaná přísadkou proteinů) a plošné přemalby jako vaječnou temperu. Účinnost iontoměniče byla testována při různé době a způsobu aplikace. Ionmomenič byl zkoušen nejprve jako granulát, potom namletý na jemnější frakci v obou případech ve směsi se zahušřovadlem (tylosou), aby bylo dosaženo rovnoměrného pokrytí čištěné plochy a aby se zabránilo vytvoření struktury zrn na jejím povrchu, přes netkanou textilii a přímo na povrch malby.

Z důvodu porovnání jsme ke zkouškám použili také uhličitan amonný a Syntron B, který byl k odstraňování přemaleb použit v předchozí restaurátorské etapě v roce 2007.

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. C100H*	-----	5 min	v tylose přes netex
4. C100H *	-----	5 min	v tylose přímo na povrch
5. C100H *	-----	2x5 min	v tylose přímo na povrch
6. syntron B	1:10	5 min	v tylose přímo na povrch

*Pozn.: iontoměnič C100H - 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 Panny Marie, lokalizace (viz. Příloha 10.2. Grafická dokumentace).

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

5.4.2. Postup čištění a odstraňování přemaleb

Namletý iontoměnič v tylose byl nanesen přímo na povrch malby po dobu cca 2-5 minut (podle síly vrstvy nečistot nebo přemaleb opakovaně). Na místa s rozrušenou barevnou vrstvou (předzpevnovaná 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 snímání přemaleb, 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	xylen

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, popř. přemalby, které zásadně nenarušovaly charakter původní malby (nápisové pásy), 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 nanosuspenzí CaLoSil E25 3x opakovaným nátěrem.

5.7. Tmelení

Tmelení defektů bylo provedeno vápenným štukem ve složení 1 díl vápna : 2 díly přesátý 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 SF016.

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 (zelená draperie vznášejícího se andílka vpravo). Lokalizace a rozsah rekonstrukcí (viz. Příloha 10.2. Grafická dokumentace).

6. Seznam použitých materiálů

Iontoměnič C100H (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

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

Fungispray super (Stachema, s.r.o., Mělník)

Práškové minerální pigmenty (Rohm und Haas, distr. 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.

I. Praktická část

SROVNÁNÍ CITLIVOSTI VYBRANÝCH MODRÝCH A ZELENÝCHCH PIGMENTŮ NA KATEXOVÉ A ANEXOVÉ IONTOMĚNIČE

ÚVOD

Přestože jsou iontoměniče známé již více než 100let a v různých průmyslových odvětvích se ve větším měřítku používají přes půl století, v restaurátorské praxi se objevily až koncem 80-tých let min. stol. a dodnes se využívají spíše ojediněle. Vedle zajímavých vlastností, které umožňují jejich šetrné použití zejména při čištění, odstraňování přemaleb, nebo jako doplněk při odsolování, existují určitá úskalí spojená s jejich aplikací a jedním z nich je možná interakce iontoměniče s některými pigmenty obsahujícími kovové ionty (např. měďnaté ionty), nebo s pigmenty citlivými na alkalitu a kyselost.

Cílem této bakalářské práce je ověření tohoto předpokladu na sérii praktických zkoušek s vybranými pigmenty a iontoměniči a prezentaci výsledků pro jejich případné využití v restaurátorské praxi.

8. KLASIFIKACE, CHARAKTERISTIKA A VLASTNOSTI IONTOMĚNIČŮ

Iontoměniče (ionexy) jsou vysokomolekulární látky přírodního nebo syntetického původu s velkou iontovou aktivitou, schopné ve vodném prostředí vyměňovat ionty stejného náboje s okolním prostředím (substrátem, roztokem). Podle iontové výměny a schopnosti disociace se dělí na kyselé katexy a zásadité anexy. Původem jsou iontoměniče jak přírodní, tak synteticky vyrobené. Složením se přírodní i syntetické iontoměniče rozdělují na organické a anorganické.

8.1. Původ a složení iontoměničů¹

8.1.1. Přírodní iontoměniče²

Mezi přírodní anorganické látky schopné iontové výměny patří hydratované hlinito-křemičitany alkalických kovů a kovů alkalických zemin - jíly a zeolity. Jíly jsou sedimentární nebo reziduální neuzpevněné horniny s vrstevnatou strukturou složené z více než 50 % jílu ve smyslu zrnitostní frakce (velikost zrn pod 0,002 mm) a obsahující jílové minerály kaolinit, illit a bentonit s příměsí křemene, slídy, karbonátů, organických látek, oxidů a hydroxidů kovů železa atd. Zeolity jsou minerály vulkanického původu s pórovitou strukturou. V restaurování se z přírodních iontoměničů využívají jíly při odsolování kamenných objektů, zdí a omítek. Nevýhodou přírodních iontoměničů při užití v oblasti restaurování je obsah různých příměsí, které ovlivňují proces výměny iontů a tím znemožňují selektivní použití.

8.1.2. Syntetické iontoměniče

Uměle vyráběné organické iontoměniče jsou syntetické pryskyřice gelové nebo makroporézní struktury. Syntetické iontoměniče mají široké průmyslové využití a vzhledem ke své vysoké selektivnosti jsou vhodné také při užití v oblasti restaurování uměleckých děl. Více viz. kap. 8.2. Složení a struktura syntetických iontoměničů.

¹ BOURSOVÁ, Sean. *Možnost čištění povrchu nástěnných maleb pomocí iontoměničů*. 2006. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, Katedra chemické technologie. Bakalářská práce. Kap. Základní charakteristika a funkce iontoměničů, s. 9-12.

Ionex. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 2006, poslední úprava v 2011 [cit. 2011-07-22]. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Ionex>>.

² Česká geologická služba. *Geofond.cz* [online]. 2002-2005 [cit. 2011-07-22]. Jíly. Dostupné z WWW: <http://www.geofond.cz/dokumenty/nersur_rocenky/rocenkanerudy99/html/jily.html>.

K syntetickým anorganickým iontoměničům dále řadíme syntetické zeolity vyrobené z elektrárenských popílků.

8.2. Složení a struktura syntetických iontoměničů³

Syntetické iontoměniče jsou složené ze základního polymerního skeletu (tzv. matrix), na kterém je ukotvena funkční skupina. Ta je ve vodném prostředí schopná disociace a výsledné ionty se podílí na iontové výměně. Funkční skupina nese náboj, který je kompenzován protiontem, schopným se při iontové výměně odštěpovat. Iontový náboj protiontu určuje mechanismus iontové výměny. Odštěpený kladně nabitý protiont iontoměniče katexního typu se bude měnit s kationtem substrátu, odštěpený záporně nabitý protiont iontoměniče anexního typu se bude měnit s aniontem substrátu (viz. kap. 8.3. Iontová výměna a schopnost disociace iontoměničů).

Skelet iontoměniče je tvořen syntetickou polymerní pryskyřicí na bázi styrenů, polyakrylátů, formaldehydových pryskyřic apod. Polymery obsahují síťovací sloučeniny na bázi divinylbenzenu. Množství síťovacího činidla ovlivňuje velikost pórů polymeru. Nižší množství síťovacího činidla způsobuje vznik menších pórů a dává vzniknout tzv. gelové struktuře s velikostí pórů cca 0,5-20 nm. Iontoměniče gelové struktury mají vyšší měrný povrch, který umožňuje vyšší výměnnou kapacitu. Vysoké množství síťovacího činidla nad 20% dává vzniknout tzv. makroporézní struktuře s velikostí pórů cca 20-200 nm. Iontoměniče makroporézní struktury mají nižší měrný povrch a vykazují menší výměnnou kapacitu, ovšem při vyšší rychlosti výměny.

Iontoměniče jsou rozpustné v řadě organických rozpouštědel; ve vodě pouze bobtnají.

³ Boursová (viz. pozn. 1.), kap. Základní charakteristika a funkce iontoměničů, s. 9-12; kap. Vlastnosti a rozdělení iontoměničů, s. 12-15.

Ionex (viz. pozn. 1.).

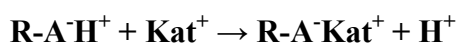
SMITH, Caitlin E. *Cleaning methods for the removal of limewash from painted plaster surfaces: utilizing ion exchange resin on the interior architectural finishes of the Capilla de Nuestra Señora del Rosario in Iglesia San José, in San Juan, Puerto Rico*. Pennsylvania, 2009. ix, 137 s. Diplomová práce. University of Pennsylvania. Kap. Literature survey: Properties of ion exchange resin, s. 26-30.

8.3. Iontová výměna a schopnost disociace iontoměníčů⁴

Iontová výměna je proces, který zahrnuje difuzi iontu ze substrátu, resp. roztoku přes povrch iontoměníče k jeho funkční skupině, reakci iontové výměny a difuzi odštěpeného iontu iontoměníče do substrátu, resp. roztoku. Schopnost iontoměníčů vázat na sebe ionty a síla této vazby závisí na velikosti pórů iontoměníče, charakteru funkčních skupin a protiontů, na náboji iontu, afinitě iontu k iontoměníči atd.

8.3.1. Katexy

Katexy jsou kationaktivní iontoměníče. Funkční skupina katexů nese záporný náboj, protiontem je kationt. Funkční skupina je schopná po disociaci ve vodném prostředí odštěpit kladně nabitý protiont a vyměnit jej za kationt substrátu, resp. roztoku. Schéma iontové výměny katexního iontoměníče:



$\text{R-A}^-\text{H}^+$ iontoměníč katexního typu:

R- polymerní skelet iontoměníče

A^-H^+ disociovaná funkční skupina se záporným nábojem a kladně nabitým protiontem

Kat^+ kationt substrátu

$\text{R-A}^-\text{Kat}^+$ iontoměníč po iontové výměně s navázaným kationtem substrátu

H^+ kladně nabitý protiont (vodíkový iont)

Vlastnosti katexů jsou podobné kyselinám. Funkční skupiny silně kyselých katexů jsou odvozené od silných minerálních kyselin nebo jejich solí, např. od kyseliny sírové nebo trihydrogenfosforečné (např. funkční skupina $-\text{HSO}_3$ disociuje na $-\text{SO}_3^-$); Disociují a jsou iontově aktivní při jakémkoliv pH. Silně kyselé katexy štěpí soli do odpovídajících kyselin. Funkční skupiny slabě kyselých katexů jsou odvozené od karboxylových kyselin (funkční skupina $-\text{COOH}$ disociuje na $-\text{COO}^-$); disociují a jsou iontově aktivní pouze v neutrálním a zásaditém pH. Protionty silně i slabě kyselých katexů jsou nejčastěji (H^+), sodný (Na^+) a vápenný (Ca^{2+}).

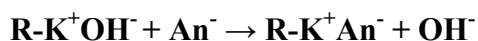
⁴ BENEŠOVÁ, Marika; SATRAPOVÁ, Hana. *Odmaturuj z chemie*. Brno : Didaktis, 2002. Kap. Rovnováhy v roztocích elektrolitů, s. 31-36. ISBN 80-86285-56-1.

Iontová výměna. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 2008, poslední úprava v 2011 [cit. 2011-07-22]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Iontová_výměna>.

Smith (viz. pozn. 3.), kap. Literature survey: Properties of ion exchange resin, s. 26-30.

8.3.2. Anexy⁵

Anexy jsou anionaktivní iontoměniče. Funkční skupina nese kladný náboj, protiontem je aniont. Funkční skupina je schopná po disociaci ve vodném prostředí odštěpit záporně nabitý protiont a vyměnit jej za aniont substrátu, resp. roztoku. Schéma iontové výměny anexního iontoměniče:



R-K⁺OH⁻ iontoměnič anexního typu:

R- polymerní skelet iontoměniče

K⁺OH⁻ disociovaná funkční skupina s kladným nábojem a záporně nabitým protiontem

An⁻ aniont substrátu

R-K⁺An⁻ iontoměnič po iontové výměně s navázaným aniontem substrátu

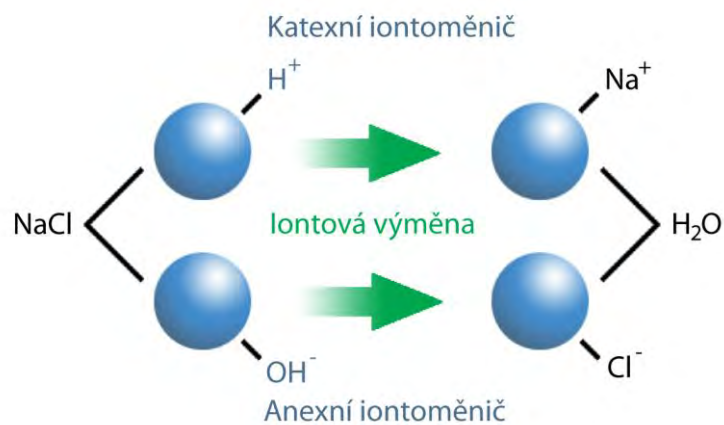
OH⁻ záporně nabitý protiont (hydroxylový aniont)

Vlastnosti anexů jsou podobné zásadám. Funkční skupiny silně zásaditých anexů jsou tvořeny kvartérní amoniovou solí (NR₄⁺, kde R jsou alkilové skupiny); disociují a jsou iontově aktivní při jakémkoliv pH. Silně zásadité anexy štěpí soli do odpovídajících zásad. Funkční skupiny slabě zásaditých anexů jsou nejčastěji odvozené od aminů; disociují a jsou iontově aktivní pouze v neutrálním a kyselém pH. Protionty silně i slabě zásaditých iontoměničů jsou nejčastěji hydroxylový (OH⁻) a chloridový (Cl⁻).

8.3.3. Mixbedy

Mixbedy jsou amfolytické směsi kationaktivních a anionaktivních iontoměničů. Ve vodném prostředí jsou mixbedy schopné paralelně odštěpit jak aniont, tak kationt a vyměnit jej za iont substrátu. Reakce probíhají podle schématu viz. kap. 8.3.1 Katexy a kap. 8.3.2 Anexy.

⁵ Kvartérní amoniové sloučeniny. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 2008, poslední úprava v 2011 [cit. 2011-07-22]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Kvartérní_amoniové_sloučeniny>.



Obr. 36. Iontová výměna anexních a katexních iontoměničů na příkladu deionizace vody.
Obr. převzat a upraven ⁶.

⁶ <http://pakwatercare.org/wp-content/uploads/2011/03/Ion-Exchanges.jpg>.

9. VYUŽITÍ IONTOMĚNIČŮ V OBLASTI RESTAUROVÁNÍ NÁSTĚNNÝCH MALEB

9.1. Vývoj využití iontoměničů v oblasti restaurování ⁷

Vlastnosti přírodních iontoměničů byly poprvé objeveny roku 1850 a od r. 1905 byly tyto látky využívány k změkčování vody. Syntetické organické iontoměniče byly poprvé vyrobeny v r. 1935 a od r. 1939 byly průmyslově využívány. V současnosti se iontoměniče využívají v mnoha průmyslových oblastech, ve vodárenském a odpadním průmyslu, v potravinářství, petrochemii, metalurgii a hornictví, ve farmakologii aj.

V oblasti restaurování se s iontoměniči začalo experimentovat v 50 letech 20. stol. při čištění a odsolování. V současnosti nacházejí uplatnění v oborech restaurování: 1) archeologických nálezů a keramiky při odsolování; 2) kovových objektů (olověných, zlacených) při odstraňování povrchových nečistot a korozních produktů; 3) kamene, sádry, omítek a nástěnných maleb při odstraňování nepůvodních anorganických a organických vrstev, povrchových produktů (krust a povlaků) krystalizace solí, především síranu vápenatého a uhličitánů, zákalů šťavelových solí a jako doprovodná metoda při odsolování. Iontoměniče byly aplikované také na konsolidaci rozvrstvených jílovitých vápenců. Pomocí katexů bylo sníženo botnění jílu nahrazováním sodíkových iontů vápennými nebo hořečnatými ionty.

Při restaurování nástěnných maleb byly iontoměniče poprvé použity v roce 1986 v kapli Brancacciů v Santa Maria del Carmine ve Florencii při odstraňování hydrofobních nečistot, vaječných fixází a síranu vápenatého z povrchu fresek. V oboru restaurování závěsných olejomalb byly iontoměniče významně využity v roce 1988 při odstraňování povrchových produktů vytvořených působením kyseliny sírové na obrazech Albrechta Dürera z Alte Pinakothek v Mnichově.

⁷ Boursová (viz. pozn. 1.), kap. Obecné poznatky o iontoměničích, s. 8-9; kap. Použití iontoměničů v restaurování nástěnných maleb, s. 28; kap. Závěr, s. 63-65.

Smith (viz. pozn. 3.), kap. Literature survey: Introduction to ion exchange resin, s. 26; kap. The application of ion exchange resin in conservation, s. 34-48.

9.2. Využití iontoměničů při čištění a odsolování nástěnných maleb

9.2.1. Odstraňování anorganického materiálu

Anorganické nepůvodní vrstvy, např. vápenné zákaly je možné odstranit pomocí katexů v H^+ formě. Pro odstranění síranu vápenatého je možné použít iontoměniče katexního i anexního typu. Vzhledem k nežádoucím reakcím síranu vápenatého s katexními typy iontoměničů je ale vhodné se jejich užití vyhnout (viz. kap. 9.4.3 Interakce iontoměničů s čištěným povrchem). Při odstraňování síranu vápenatého lze užití anexních iontoměničů kombinovat s jinými metodami, např. ve směsi s uhlíčitánem amonným. Reakcí uhlíčitánu amonného se síranem vápenatým vznikne síran amonný, který je dále odstraněn anexem.⁸

Při užití iontoměničů k odsolování se jedná pouze o povrchové odsolování (do hloubky přibližně 70-100 pm, např. při odstraňování krystalizace solí z povrchu malby; pro dočištění povrchu malby od solí, následujícím po hloubkovém odsolení; nebo jako přísada do odsolovacích kompresních obkladů.

9.2.2. Odstraňování organického materiálu

Organické nečistoty, přemalby, fixáže, laky (např. kaseinová, mastná či vaječná tempera) a zákaly šŕavelových solí lze odstranit pomocí anexů v OH^- formě, které organickou nečistotu zmýdelňují. Vzniklá mýdla je pak nutné odstranit vymytím vodou.

9.3. Obecné předpoklady a doporučení při užití iontoměničů⁹

9.3.1. Velikost částic iontoměničů

Syntetické iontoměniče mají formu perliček. Velkost těchto částic se pohybuje v rozmezí 0,1-1 mm. Velikost částic a jejich distribuce na povrchu je podstatná při povrchových aplikacích v oblasti restaurování uměleckých děl, především při čištění. Iontoměniče s většími částicemi neumožňují svou dotykovou plochou zcela pokrýt nerovnoměrný čištěný povrch a po aplikaci se na povrchu projevují místa s různou intenzitou vyčištění. Tento

⁸ Více viz. JÄGERS, Elizabeth. Aktuelle Methoden für Konservierung von Wandmalereien. In PURSCHE, Jürgen. *Konservierung von Wandmalerei: Reaktive Behandlungsmethoden zur Bestandserhaltung*. München: Karl M. Lipp Verlag., 1994. s. 30-42; Smith (viz. pozn. 3.), kap. The application of ion exchange resin in conservation, s. 34-48.

⁹ Boursová (viz. pozn. 1.), kap. Vlastnosti a rozdělení iontoměničů, s. 12-15; kap. Regenerace iontoměničů, s. 16; kap. Oblasti aplikace iontoměničů v restaurování nástěnných maleb, s. 16-23.

Smith (viz. pozn. 3.), kap. The application of ion exchange resin in conservation, s. 34-48; kap. Selection criteria, s. 53-56.

problém se eliminuje při použití iontoměniče s menší velikostí částic, které umožňují homogenní vyčištění. Iontoměniče s menšími částicemi umožňují také snadnější aplikaci a lepší přilnavost na povrch čištěné malby. Velikost částic iontoměniče je možné upravit jeho rozemletím ve třecí misce.

9.3.2. Úprava pH a iontové aktivity iontoměničů

Pro aplikace v restaurování uměleckých děl je důležité pracovat s iontoměniči, jejichž pH je co nejbližší neutrální oblasti. Pro úpravu pH iontoměniče, je možné jej proprat vodou. Iontoměnič je také možné iontově upravit, např. potřebujeme-li anex s uhličitánovými ionty, je možné anexní iontoměnič naložit do roztoku uhličitanu sodného apod.

9.3.3. Možnosti aplikace iontoměničů¹⁰

Při práci s iontoměniči je nutné udržovat obsah vlhkosti připravené směsi a zajistit její reologické vlastnosti umožňující snadnější aplikaci a přilnavost iontoměniče k povrchu. K těmto účelům se při přípravě iontoměniče využívají nosné substráty (např. celulózová vlákna *Arbocel*), zahušťovadla z etherů celulózy (např. methylcelulóza, hydroxyethylcelulóza, karboxymethylcelulóza) a anorganické jílovité aditiva (např. sépiolit). Připravená směs je na povrch malby nanášena ve formě obkladu přes ochrannou vrstvu japonského papíru. Pro snížení vypařování vody je možné aplikovanou směs překrýt nepropustnou vrstvou nebo směs v průběhu působení vlhčit.

9.3.4. Účinnost iontoměničů

Při běžné teplotě se rozsah iontové výměny iontoměniče zvyšuje se zvyšující se valencí aktivních protiiontů, které se účastní iontové výměny ($\text{Na}^+ < \text{Ca}^{+2} < \text{Al}^{+3} < \text{Th}^{+4}$); při stejné valenci se zvyšuje se zvyšujícím se atomovým číslem měnicích se protiiontů iontoměniče ($\text{Li} < \text{Na} < \text{K} < \text{Rb} < \text{Cs}$; $\text{Mg} < \text{Ca} < \text{Sr} < \text{Ba}$). Potenciál iontové výměny se zvyšuje se snižující se velikostí částic a s rostoucí teplotou; snižuje se při zvyšující se kyselosti nebo zásaditosti iontoměniče.

Během opakovaného používání připraveného iontoměniče se jeho účinnost snižuje. Pro obnovení jeho původních vlastností je možné jej regenerovat. Regenerace se provádí

¹⁰ *Art-protect.cz* [online]. 2010 [cit. 2010-08-13]. Tecno Edile Toscana. Dostupné z WWW: <<http://www.art-protect.cz/Cenik/PDF/127.pdf>>.

KUBÍČKA, Roman; ZELINGER, Jiří. Výkladový slovník : Malířství, grafika, restaurátorství. Praha : Grada Publishing, a. s., 2004. Kap. Etery celulosy, s. 65; kap. Zahušťovadla (látky zvyšující viskozitu disperzního prostředí), s. 322. ISBN 80-247-9046-7.

Metainera.com [online]. 1997 [cit. 2011-07-22]. The Restoration of the Probota Monastery and the Church of St. Nicholas . Dostupné z WWW: <http://www.metaneira.com/probota_webpage/index.html>.

pomocí regeneračního činidla obsahujícího vysokou koncentraci iontů, které se aktivně účastní iontové výměny. K regeneraci katexů se využívají silné kyseliny, např. kyselina sírová, dusičná a chlorovodíková; anexy se regenerují pomocí silných zásad, např. hydroxidu sodného, uhličitanu sodného a amoniaku). Po regeneraci se zbytek regeneračního činidla vymyje čistou vodou.

9.3.5. Vybrané iontoměniče¹¹

Uvedené iontoměniče byly ve zdrojích nejčastěji zastoupené při použití v oboru restaurování uměleckých děl. V Evropě se užívají *Purolite* (Purolite International, ČR), *Amberlite* (Merck, ČR), *Akeogel a SK* (Syremont, Itálie) a také iontoměniče firem C.T.S. a InSitu. V USA *Lewatit* (Lanxess Sybron Chemical Inc.) a *USF* (Siemens Water Technologies). Ionměniče jsou dostupné v katexní i anexní formě.

9.4. Možné problémy při užití iontoměničů¹²

9.4.1. Zvýšení vlhkosti

Iontoměniče pracují pouze ve vodném prostředí, což může způsobit nežádoucí zvlhčení. Ke zvýšenému zvlhčení dochází také při vymývání reziduí po čištění. Na vodu jsou citlivé nejen malby pojené vodorozpustnou technikou, ale také malby vápennými barvami méně rozpustné mastné tempery a olejomalby. Pórovitá otevřená struktura, mikropraskliny a různá narušení barevné vrstvy umožní vlhkosti proniknout do materiálu čištěné malby. Rozpouštět se mohou nejen pojiva, ale i pigmenty, především jsou-li nedostatečně vázané pojivem nebo narušené určitým pH prostředí. U nástěnných maleb může zavlhčování aktivovat vodorozpustné soli, které mohou migrovat k povrchu malby a na těchto místech krystalizovat.

9.4.2. Vliv pH¹³

Při čištění je nejbezpečnější udržovat pH prostředí mezi 5,5-8,5. Ionměniče s vyšší nebo nižší hodnotou pH mohou hydrolyzovat pojiva barevné vrstvy. Také mnohé pigmenty jsou

¹¹ Boursová (viz. pozn. 1.).

Smith (viz. pozn. 3.).

¹² BAYER, Karol. Přednášky k výuce předmětu Technologie restaurování a konzervace nástěnné malby a sgrafita. Fakulta restaurování, Litomyšl. 2007–2010.

Boursová (viz. pozn. 1.), kap. Možné problémy při užití iontoměničů, s. 23-27.

¹³ ŠIMŮNKOVÁ, Eva; BAYEROVÁ, Tatiana. *Pigmenty*. Praha : STOP, 2008. 129 s. ISBN 978-80-86657-11-0.

citlivé na alkalitu nebo kyselost a některé mohou přímo reagovat s iontoměníčem (viz. kap. 11. Interakce iontoměníčů se zelenými a modrými historickými pigmenty).

Pigmenty citlivé na pH prostředí:

Olovnatá běloba: Snadno rozpustná ve zředěné kys. dusičné a v kys. octové.

Zinková běloba: Snadno rozpustná ve slabých kyselinách (kys. octová) a slabých zásadách (zředěný amoniak).

Auripigment a Realgar: Rozkládají se působením koncentrovaných kyselin.

Barytová žluť: Rozkládá se v zředěných minerálních kyselinách a v alkáliích.

Chromová žluť: Rozpustná v minerálních kyselinách a v zásadách.

Kobaltová žluť: Rozkládá se v koncentrovaných kyselinách a v zředěných i koncentrovaných zásadách.

Masikot: Rozpustný v kys. dusičné a octové; citlivý k zásadám.

Suřík (Minium): Rozpustný ve zředěných kyselinách (kys. dusičná).

Azurit přírodní a umělý: Snadno se rozkládá zředěnými minerálními kyselinami.

Pruska modř: Rozpustná v 10% kys. šřavelové; odbarvuje se působením alkálií.

Ultramarín přírodní a umělý: Snadno se rozkládá kyselinami (odbarvuje se).

Chromová zeleň: Citlivá na kyseliny a zásady (mění barevnost).

Malachit: Rozkládá se kyselinami (i kys. octovu).

Malachit umělý: Rozkládá se působením zředěných minerálních kyselin.

Měděnka: Je citlivá na alkálie a mění s nimi barevnost.

Scheeleho zeleň: Rozkládá se kyselinami.

Svinibrodská zeleň: Rozpustná v minerálních kyselinách a citlivá k zásadám.

Země zelená: Částečně rozpustná v kyselinách a zásadách.

Kasselská hněd': Rozpustná v hydroxidu sodném.

Kostní čern': Částečně se rozkládá působením kyselin.

9.4.3. Interakce iontoměníčů s čištěným povrchem¹⁴

Aplikace iontoměníčů je obecně riziková, pokud je pojivo materiálu nástěnné malby shodné s pojivem nepůvodní vrstvy, určené k odstranění. Při výběru iontoměníče je nutné vybrat iontoměníč s aktivním protiontem, který při výměnné reakci se substrátem nevytvoří nežádoucích produkty. Nežádoucí interakce mohou vzniknout např. při odstraňování síranu vápenatého, tzv. sádrovcových krust. Při užití katexů v H⁺ formě s aktivními vodíkovými ionty hrozí nebezpečí vzniku kyseliny sírové a při užití katexů v Na⁺ formě může vzniknout vysoce hygroskopická sůl síran sodný. Při užití anexů v OH⁻ formě s aktivními hydroxylovými anionty může vzniknout hydroxid vápenatý, který pokud jej nevymyjeme, zkarbonatuje na uhličitan vápenatý, který vytvoří na povrchu malby bílý neodstranitelný

¹⁴ Více viz. Jägers (viz. pozn. 8.).

povlak. V případě anexů v CO_3^{2-} formě vzniká reakcí se sádrovcem taktéž uhličitán vápenatý. Nebezpečné jsou také rezidua alkalických látek, např. ionty kovů alkalických zemin, které mohou ve vlhkém prostředí zapříčinit vznik vodorozpustných solí. Např. při použití katexů v Na^+ formě na odstraňování vápenných zákalů a nepůvodních vrstev vzniká uhličitán sodný, který může být budoucím zdrojem vodorozpustných solí.

10. ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI VYBRANÝCH ZELENÝCH A MODRÝCH HISTORICKÝCH PIGMENTŮ¹⁵

Pro bakalářskou práci byly vybrány historické anorganické pigmenty pruská modř a měďnaté pigmenty zelený umělý malachit, zeleno-modrá měděnka a modrý umělý azurit. Mezi zřidkavé měďnaté pigmenty dále patří měďnaté chloridy, složením $\text{Cu}_2\text{Cl}(\text{OH})_3$: atakamit, paratakamit, klinoatakamit a bottalaktit a měďnaté sírany: posnjakit $\text{Cu}_4\text{SO}_4(\text{OH})_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$, brochantit $\text{Cu}_4\text{SO}_4(\text{OH})_6$, antlerit $\text{Cu}_3\text{SO}_4(\text{OH})_4$, langit $\text{Cu}_4\text{SO}_4(\text{OH})_6 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

10.1. Malachit přírodní¹⁶

a-Malachite, n-Malachit, f-Malachite

10.1.1. Složení a charakteristika

Zásaditý uhličitan měďnatý, $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot 2 \text{CuCO}_3$

Velikost částic pigmentu závisí na jemnosti mletí, přírodní pigment se připravoval ve třech druzích: hrubý (40-160 μm ; tmavý jasně zelený odstín ve vodném pojivu), střední (4-54 μm) a jemný (1-11 μm ; světlý odstín ve vodném pojivu). U větších částic pigmentu je dobře viditelné typické tzv. barevné páskování, které může být světle zelené až černé. Pigment je svým vzhledem velmi nehomogenní, obsahuje i částice doprovodných minerálů (modrého azuritu, hnědooranžového kupritu, modrozeleného chryzokolu).

10.1.2. Historie výroby a použití

Malachit vzniká zvětráváním mědi a měďnatých rud, vyskytuje se společně s dalšími měďnatými průvodními minerály – chryzokolem, azuritem a kupritem. Přírodní pigment malachit se získává rozemletím minerálu, následným promýváním a proséváním.

¹⁵ Bayer (viz. pozn. 12.).

Šimůnková (viz. pozn. 13.), kap. Modré pigmenty, s. 79-93; kap. Zelené pigmenty, s. 93-108

ŠVARCOVÁ, Silvie; HRADIL, David; HRADILOVÁ, Janka.; KOČÍ, Eva; BEZDIČKA, Petr. Micro-analytical evidence of origin and degradation of copper pigments found in Bohemian Gothic murals. *Analytical & Bioanalytical Chemistry*. 2009, 395, s. 2037–2050. Dostupný také z WWW: <<http://ehis.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=45&hid=102&sid=e820adab-40e9-4814-96fc-178c458c1f7a%40sessionmgr114>>.

¹⁶ Více viz. GETTENS, Rutherford J.; FITZHUGH, Elisabeth West. Malachite and Green Verditer. *Studies in Conservation*. 1974, Vol. 19, No. 1, s. 2-23. Dostupný také z WWW: <<http://www.jstor.org/stable/pdfplus/1505631.pdf>>.

Malachit je nejstarší známý zelený pigment, byl identifikován již v egyptských malbách ve 4 stol. Hojně byl používán na nástěnných malbách v Číně a v Japonsku v 7-10. stol. a v evropském malířství všech období až do 18. stol., velmi zřídka do 19. stol. V 15. a 16. stol. byl významně využíván ve vaječné temperě a olejomalbě. Malachit se v přírodě vyskytuje ve větší míře nežli azurit, přesto byl azurit v evropském malířství častěji používán. V současné době se jako pigment již nepoužívá.

10.1.3. Vlastnosti

Malachit má poměrně vysoký index lomu (1,66-1,91). Je odolný vůči světlu a normální atmosféře. Jemnozrný typ pomalu tmavne působením sulfanu, především ve vodorozpustných technikách, kde nejsou zrna pigmentu tolik chráněna. Lepších vlastností však dosahuje v temperě nežli v oleji; ve fresce je stálý. Partie malované malachitem na středověkých italských freskách jsou dochovány jasně zářivě zelené. Podobně jako ostatní měďnaté pigmenty tmavne smísením s pigmenty, které obsahují síru. Tento případ však nebyl zaznamenán. Odolává působením hydroxidu sodného za studena, při zahřátí s ním černá. Rozkládá se kyselinami, kyselinou šťavelovou a dokonce i slabou organickou kyselinou octovou. Působením kyseliny šťavelové ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$), která se především jako metabolický produkt mikroorganismů nachází se na povrchu nástěnných maleb, dochází k přeměně malachitu na šťavelan měďnatý (moolooit). Zahříváním se rozkládá na oxid uhličitý a černý oxid měďnatý (tenorit).

10.2. Malachit umělý (horská zeleň)¹⁷

a-Mountain Green, Green Verditer, Green Bice, n-Berggrün, f-Vert de terre

10.2.1. Složení a charakteristika

Zásaditý uhličitán měďnatý, $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot 2 \text{CuCO}_3$

Velikost částic pigmentu se pohybuje v rozmezí od 2 μm do několik desítek μm . Jejich vzhled je homogennější než u přírodního malachitu. Barevnost je bledě zelená.

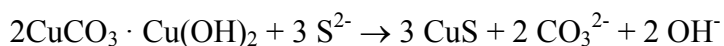
10.2.2. Historie výroby a použití

Horská zeleň byla identifikována na čínských polychromovaných plastikách z 13. století, v italských závěsných obrazech z 15. stol. a také v polychromii dřevěných plastik a na nástěnných malbách. Pigment byl, podobně jako horská modř, poměrně široce zastoupen; jeho výroba byla levná.

¹⁷ Více viz. Gettens (viz. pozn. 16.).

10.2.3. Vlastnosti

Index lomu horské zeleně je větší jak 1,66. Chemické vlastnosti má podobné jako horská modř. Odolává zásadám za studena, při zahřátí s nimi černá; zředěné minerální kyseliny jej rozkládají. Horská zeleň teoreticky tmavne po smísení s pigmenty obsahujícími síru. Podobně tmavne působením siřných par:

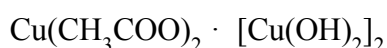
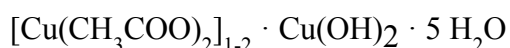


10.3. Měděnka (francouzská zeleň)¹⁸

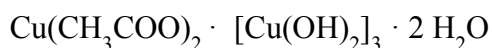
a-Verdigris, n-Grünspan, Kupferacetat, f-Vert-de-gris

10.3.1. Složení a charakteristika

Modrý zásaditý octan měďnatý –



Zelený zásaditý octan měďnatý -



Modrozelený neutrální octan měďnatý -



Částice neutrální měděnky jsou modré až zelené, do velikosti 20 μm. Vlastnostmi jsou stejné jako modrá zásaditá měděnka. Tvarem a vzhledem jsou částice měděnky velice různorodé.

10.3.2. Historie výroby a použití

Měděnka byla užívána již v antice. Jako malířský pigment byla rozšířena od 13. stol. a užívána během středověku, renesance, baroka a až do 19. stol. V rané italské, holandské a německé malbě byla díky svému sytému odstínu téměř jediným používaným zeleným pigmentem. Jiné pigmenty jako malachit, země zelená, nebo směsi žlutí a modří se svým odstínem měděnce nemohly vyrovnat. Od 18. do 19. stol. byla nahrazována svinibrodskou zelení, která v sytosti barvy měděnku překonala.

¹⁸ Vice viz. KÜHN, Hermann. Verdigris and Copper Resinate. *Studies in Conservation*. 1970, Vol. 15, No. 1, s. 12-36. Dostupný také z WWW: <<http://www.jstor.org/stable/pdfplus/1505549.pdf>>.

10.3.3. Vlastnosti

Index lomu měděnky je 1,53-1,56. Používána byla v lazurných i opakních malbách, pro zvýšení kryvosti byla mísená s olovnatou bělobou nebo olovnatocíníčitou žlutí. Pigmenty na bázi měděnky mění především v prvních měsících po použití v oleji a ve vaječné teple své odstín do zelena. Tyto změny jsou menší u barev s neutrální měděnkou, a proto byla používána častější než zásaditá měděnka. Měděnka reaguje s pojivy za tvorby zelených transparentních rezinátů, oleátů a proteinátů a urychluje schnutí oleje. Této vlastnosti se mnohdy cíleně využívalo v lazurní malbě a polychromii. Měděnka tmavne za vzniku sulfidu měďnatého, pokud je ve vodném pojivu smíšena s pigmenty obsahujícími síru. Tyto změny nenastanou, pokud jsou pigmenty použity v olejovém pojivu. Měděnka je odolná proti působení světla, bylo však zaznamenáno několik případů jejího zhnědnutí, způsobeného pravděpodobně jejím rozkladem vlivem UV záření. Toto zhnědnutí bylo menší na krytých místech malby (např. pod rámem).

Měděnka je citlivá na alkalické prostředí, a proto není vhodná pro nástěnnou malbu. Působením zásad se mění na modrý hydroxid měďnatý. Zahřátím se rozkládá na černý oxid měďnatý, vodu a kyselinu octovou. Modrá zásaditá měděnka je slabě rozpustná ve studené vodě, ve vroucí vodě se rozkládá a hnědne. Rozpouští se ve zředěných minerálních kyselinách, s kyselinou octovou se rozpouští za vzniku tmavě zeleného neutrálního octanu měďnatého - neutrální měděnky. Neutrální měděnka rozpouští ve vodě a v kyselině octové za vzniku tmavě zeleného roztoku.

10.4. Azurit přírodní¹⁹

a - Azurite; n - Azurit; f - Azurite

10.4.1. Složení a charakteristika

Zásaditý uhličitan měďnatý, $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot 2 \text{CuCO}_3$

Velikost částic pigmentu závisí na jemnosti mletí (3-80 μm). Hrubě mletý minerál má tmavé částice, jemně mletý světlé a nejjemněji mletý bezbarvé částice. Pigment je velmi nehomogenní, obsahuje i částice doprovodných minerálů (zeleného malachitu, hnědooranžového kupritu, modrozeleného aurichalcitu, kalcitu).

¹⁹ Více viz. NAUMOVA, Maya; PISAREVA, Svetlana. A Note on the Use of Blue and Green Copper Compounds in Paintings. *Studies in Conservation*. 1994, Vol. 39, No. 4, s. 277-283. Dostupný také z WWW: <<http://www.jstor.org/stable/pdfplus/1506588.pdf>>.

10.4.2. Historie výroby a použití

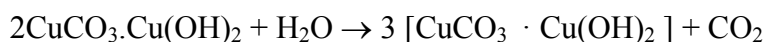
Přírodní pigment se získává rozemletím minerálu azuritu, následným promýváním a proséváním.

Azurit byl identifikován již v egyptských malbách ve 4 stol. a používán byl také v indiánských oblastech jihozápadní Ameriky. Nejvyužívanějším pigmentem byl na Dálném Východě a ve středověkém a renesančním evropském malířství. Na malbách 15-16. stol. byl identifikován častěji než ultramarín, jemuž sloužil také jako podmalba. Od konce 17. stol. byl užíván vzácněji a od pol. 18. stol. byl nahrazován pruskou modří.

10.4.3. Vlastnosti

Index lomu azuritu je 1,73-1,84. Je stálý ke světlu a atmosféře, především je-li pojen olejem nebo temperou. V nástěnném malířství se používal v technikách secco a pro zvýšení hloubky barevného tónu byl často podmalován tmavou podmalbou zvanou veneda. Azurit odolává zásadám za studena, při zahřátí s nimi černá; zředěné minerální kyseliny jej rozkládají. Při zahřátí nad 300°C se přeměňuje na černý oxid měďnatý. Při použití ve fresce může nastat několik změn azuritu, projevujících se v jeho vzhledu:

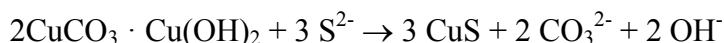
1) hydratací může dojít ke chromatické změně azuritu na zelený malachit:



2) mírně zásadité prostředí spolu s dlouhodobějším působením vlhkosti může způsobit jeho přeměnu na černý tenorit (CuO), charakteristický černými skvrnami;

3) ve vlhkém, chloridy zasoleném prostředí, dochází k jeho přeměně na modrozelený atakamit nebo parakamit - chlorid měďnatý $\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$.

4) tmavne působením siřných par:



10.5. Azurit umělý (horská modř), umělé měďnaté modře

a - Blue Verditer, Mountain Blue, Blue Bice; n – Bergblau; f - Bleu de montagne

10.5.1. Složení a charakteristika

Umělý azurit - zásaditý uhličitán měďnatý, $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot 2 \text{CuCO}_3$

Umělé měďnaté modře - různé složení závislé od přípravy

Částice umělého azuritu mají velikost 2-5 μm , agregáty do 40 μm . Barevnost částic je modrá až zelenomodrá, nejmenší částice jsou bezbarvé. Přírodní azurit se od umělého odlišuje tvarem a velikostí částic a obsahem příměs (jiných minerálů).

10.5.2. Historie výroby a použití

K přípravě umělých měďnatých modří se využívaly různé suroviny, proto je možné identifikovat mnoho variant modrých a modrozelených měďnatých solí. Tyto uměle připravené pigmenty byly široce využívány. Nejstarší recepty pocházejí z pozdního 8. stol.

Horská modř se používala hlavně v 17. a 18. stol. kdy byla používána namísto drahého přírodní azuritu a ultramarínu. Od pol. 18. stol. byla nahrazována pruskou modří. Pigment byl, podobně jako horská zeleň, poměrně široce zastoupen.

10.5.3. Vlastnosti

Index lomu horské modří je větší jak 1,66. Horská modř má obdobné chemické vlastnosti jako horská zeleň. Odolává zásadám za studena, při zahřátí s nimi černá; zředěné minerální kyseliny ji rozkládají. Obdobně jako přírodní azurit se hydratací mění na zelený malachit. Působením sirných par tmavne.

10.6. Pruská modř (berlínská, pařížská, čínská)

a-Prussian Blue, Berlin Blue, Paris Blue, Chinese Blue, Milori Blue, n-Preussischblau, Berlinerblau, Pariserblau, Chinesisblau, Miloriblau, f-Bleu prussien, Bleu de Prusse

10.6.1. Složení a charakteristika

Hexakynoželesnatan železitý, $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$

Hexakynoželesnatan železito-draselný, $\text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$,

Obecný vzorec: $\text{M}^I\text{Fe}^{\text{III}}\text{Fe}^{\text{II}}(\text{CN})_6 \cdot n\text{H}_2\text{O}$

M^I ionty K^+ , NH_4^+ , Na^+

$n = 14-16$.

Velikost částic pigmentu je velmi malá (0,01-0,2 μm), jejich tvar a velikost jsou závislé od podmínek výroby. Částice vytvářejí agregáty různého vzhledu (např. vločky, vzhled organického barviva sráženého na substrát, sférolitické agregáty nebo ostrohranné destičkovité fragmenty). Větší agregáty mají modrou barevnost, menší zelenomodrou. Velké agregáty jsou opakní, podobně jako indigo nebo s ftalocyanínová modř.

10.6.2. Historie výroby a použití

Pruská modř se vyráběla srážecími a oxidačními reakcemi. Vzhledem k různým podmínkám výroby můžeme identifikovat různé odstíny pruské modře, distribuované pod odlišnými názvy. Některé druhy obsahují plniva (nejčastěji kamenec, oxid hlinitý, křída, sádra, baryt, škrob nebo hlinka).

Pruská modř byla poprvé vyrobena v Německu v r. 1704 a do r. 1724 byla metoda výroby držena v tajnosti. Kolem roku 1730 byl pigment znám v celé Evropě a identifikován byl až do 19. stol. V současnosti se využívá k výrobě tiskařských inkoustů.

10.6.3. Vlastnosti

Pruská modř má velmi nízký index lomu 1,56; v tenké vrstvě je lazurní. Pokud je nanesena v silné vrstvě, její kryvost se zvyšuje vlivem vyšší absorpce světla. Pro zvýšení kryvosti byla často míchána s bělobama. Barevná vydatnost je mimořádně velká; pruská modř je intenzivně modročerná. Její velmi jemná struktura působí v oleji dojmem lakového barviva a vzhled bývá přirovnáván k indigu. Při požití v oleji urychluje jeho schnutí. Pruská modř je stálá k povětrnosti a na světle, ovšem vyskytují se případy jejího blednutí v olejomalbě. Je mísitelná se všemi dalšími pigmenty. Odolává zředěným minerálním kyselinám, je však rozpustná v organické 10% kyselině šťavelové. Vlivem alkálií se odbarvuje za vzniku hnědého hydroxidu železitého ($\text{Fe}(\text{OH})_3$); není ji možné proto použít pro fresku a jinou vápennou nebo silikátovou techniku, ačkoliv bývá ve vápenném pojivu identifikována. Hnědne působením tepla. Je mírně jedovatá.

11. INTERAKCE IONTOMĚNIČŮ SE ZELENÝMI A MODRÝMI HISTORICKÝMI PIGMENTY

11.1. Publikované výzkumy a praktické zkušenosti

Užití iontoměničů na čištění nástěnných maleb je v současné době prozatím poměrně nevyzkoušené. Z tohoto důvodu je velkým problémem nedostatek publikovaných výzkumů a praktických zkušeností. Při zpracovávání literární rešerše na téma interakce iontoměničů se zelenými a modrými historickými pigmenty nebylo možné získat žádný speciální zdroj, věnující se tomuto tématu. Vyhledané zdroje, zabývající se čištěním či odsolováním povrchů uměleckých děl pomocí iontoměničů buď neuváděly žádné jejich nežádoucí interakce s měďnatými a jinými pigmenty či se sloučeninami mědi, nebo se jejich užití na oblastech s měďnatými pigmenty preventivně vyhnuly kvůli obavám z rozkladu pigmentů a změny jejich barevnosti. V následujících odstavcích uvádím publikované praktické zkušenosti.

- Při odsolování románských nástěnných maleb v kostele St. Georgen u Judenburgu ve Štýrsku (fresco-secco vápenno-keseinové) byly použity jako jedna z metod iontoměniče. Ve vrstvách fresky byly nalezeny pigmenty červené a žluté okry a uhlová čerň a ve vrchních secco vrstvách minium a zelené měďnaté chloridy. Ve zdroji není zmiňována žádná nežádoucí interakce iontoměniče s měďnatými pigmenty.²⁰
- Intoměniče byly užity při čištění renesančních zlacených bronzových "Rajských" dveří křtitelnice Sv. Jana ve Florencii s tematikou Starého zákona od Lorenza Ghilbertiho. Materiál zlacených dveří tvořil bronz (slitina mědi, cínu, zinku a olova). Bronzové dveře byly korodované, pod zlacením a na místech kde zlacení chybělo, se vyskytovaly tmavě zelené korozní produkty – měďnaté oxidy a měďnaté soli (zásadité měďnaté sírany a zásadité měďnaté dusičnany). Zlacení bylo znečištěné povrchovými depozity a krystaly síranu vápenatého, dusičnanu vápenatého a měďnatými solemi. Cílem čištění bylo odstranit prachové depozity a rozpustné korozní produkty z povrchu zlacení aniž by byla narušena patina bronzu (nerozpustné povrchové měďnaté korozní produkty) v místech kde zlacení chybělo. K čištění byly mimo jiné použity iontoměniče – směs katexu *Biorad Dowex 50W-X4* v H⁺ formě a aneXu *Biorad Dowex AG1-X8* v OH⁻ formě v hmotnostním poměru 1:1-6.

²⁰ LEITNER, Heinz. The Treatment of Wall Paintings affected by Salts: An Interdisciplinary Task as seen from a Conservator's Perspective. *Restoration of Buildings and Monuments : Bauinstandsetzen und Baudenkmalpflege*. 2005, Vol. 11, No 6, s. 365–380. Dostupný také z WWW: <http://www.design.upenn.edu/files/16-Leitner_Conservation_RBM_116_2005_.pdf>.

Směs iontoměničů byla vypraná a její výsledné pH bylo 5,5. Po aplikaci na povrch zlacených bronzových dveří zde byla ponechána 10 min. Výsledkem bylo vyčištění povrchu zlacení od produktů krystalizace, aniž by byla odstraněna patina (měďnaté oxidy) z povrchu bronzu v místech, kde zlacení chybělo.²¹

- Při zpracovávání bakalářské práce na téma *Možnost čištění povrchu nástěnných maleb pomocí iontoměničů* byla provedena doplňující zkouška čištění měděné desky pomocí slabého katexu *Purolite C 104*. Výsledkem byla reakce iontoměniče s materiálem měďnaté desky.²²



Obr. 37. Reakce slabě katexního iontoměniče Purolite C 104 měděnou deskou. Obr. převzat ²³.

- V rámci restaurování fresek v kostele sv. Mikuláše při klášteře v Probotě ze 16. stol. byly pomocí iontoměničů čištěny přemalby ze 40 let 19. stol. provedené médiem vaječného

²¹ FIORENTINO, P.; MARABELLI, M.; MATTEINI, M.; MOLES, A. The Condition of the 'Door of Paradise' by L. Ghiberti. Tests and Proposals for Cleaning. *Studies in Conservation*. 1982, Vol. 27, No. 4, s. 145-153. Dostupný také z WWW: < <http://www.jstor.org/stable/pdfplus/1506062.pdf> >.

²² Boursová (viz. pozn. 1), s. 25.

²³ Tamtéž.

žloutku. Iontoměniče nebyly preventivně použity na partie nebes a země provedené pigmenty azuritem a malachitem. Tyto oblasti byly čištěny roztokem vody a etylalkoholu.²⁴

11.2. Možné předpoklady interakcí iontoměničů se zelenými a modrými historickými pigmenty

Potencionální pravděpodobnost nežádoucích interakcí měďnatých pigmentů malachitu, azuritu, měděnky a železitého pigmentu pruské modře může vyplívat z jejich citlivosti na kyselé a alkalické prostředí (viz. kap. 10. Základní vlastnosti vybraných zelených a modrých historických pigmentů). Reakce pigmentů s kyselinami nebo zásadami způsobují barevné změny pigmentů a jejich rozklad. Malachit se rozkládá kyselinami. Měděnka se působením zásad mění na modrý hydroxid měďnatý a rozpouští se v minerálních i organických kyselinách za vzniku tmavě zeleného nebo hnědého roztoku. Azurit rozkládají minerální kyseliny. Pruská modř se odbarvuje vlivem alkálií za vzniku hnědého hydroxidu železitého.

Odolnost měďnatých pigmentů proti působení kyselého prostředí a též proti působení solí se zvyšuje v následující řadě: měděnka < azurit < malachit. Nejméně odolná je měděnka, u které probíhají reakce rychle a barevné změny jsou výraznější. Nejstabilnější z měďnatých pigmentů je malachit.²⁵

²⁴ *Metainera.com* [online]. 1997 [cit. 2011-07-22]. The Restoration of the Probota Monastery and the Church of St. Nicholas . Dostupné z WWW: <http://www.metaneira.com/probota_webpage/index.html>.

²⁵ Švarcová (viz. pozn. 15.).

GUNN, Michèle; CHOTTARD, Geneviève; RIVIÈRE, Eric.; GIRERD, Jean-Jacques; CHOTTARD, Jean-Claude. Chemical Reactions between Copper Pigments and Oleoresinous Media. *Studies in Conservation*. 2002, Vol. 47, No. 1, s. 12-23. Dostupný také z WWW: <<http://www.jstor.org/stable/pdfplus/1506831.pdf?acceptTC=true>>.

12. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Úvod experimentální části

Cílem experimentální části bakalářské práce bylo studium vlivu iontoměníčů na vlastnosti vybraných pigmentů. Experimentální část práce spočívala v odzkoušení zvolených iontoměníčů na připravených vzorcích pigmentů v různých časových intervalech. Zkoušky byly vyhodnoceny makroskopicky a mikroskopicky se zaměřením na barevnou stabilitu, strukturu a velikost částic sledovaných pigmentů a také na optické vlastnosti samotných iontoměníčů. Dále byly sledovány změny prvkového složení pigmentů i iontoměníčů. Všechny zkoušky byly v průběhu práce detailně dokumentovány.

12.1. Použité materiály

Materiál	Výrobce/dodavatel
Matná sklíčka 6x12,5cm	-
Lovosa (karboxymethylcelulóza)	-
Japonský papír	Ceiba
Pigmenty:	
Pařížská modř	Kremer Pigmente/Germany
Umělý azurit	Kremer Pigmente/Germany
Umělý malachit	Kremer Pigmente/Germany
Měděnka	Kremer Pigmente/Germany
Iontoměníče:	
Purolite C100EHLT	Purolite International, Ústí nad Labem
Purolite C104	Purolite International, Ústí nad Labem
Purolite PPA400	Purolite International, Ústí nad Labem
Purolite A830	Purolite International, Ústí nad Labem

12.2. Příprava vzorků s pigmenty

Zkoušky byly provedeny s pigmenty, u kterých bylo možné předpokládat změnu vlastností při kontaktu s iontoměníči. Pro účely experimentů byly vybrány následující pigmenty – Pruská modř, azurit umělý, malachit umělý a měděnka. Vzorky s pigmenty byly připraveny nátěrem vodných suspenzí pigmentů na skleněný substrát. K tomuto účelu bylo připraveno 16 skel o rozměrech 6x12,5cm. Pro lepší mechanické ukotvení substrátu byl povrch skel opískován a následně očištěn a odmaštěn lihem. Pigmentem pokrytá plocha skel byla rozdělena na 4 části. První část (pole 0, obr. 38) byla ponechána bez aplikace iontoměníče a sloužila k porovnání s pigmentem po působení iontoměníče. Další tři části byly určeny k aplikaci iontoměníče v různých časových intervalech. Zvolené doby působení iontoměníče byly 5, 10 a 60 min.

Popis vzorku	0	5 min	10 min	60 min
--------------	---	-------	--------	--------

Obr.38 rozdělení skla s vyznačením délky působení iontoměniče

12.3. Iontoměniče a jejich vlastnosti

Pro experiment byly vybrány iontoměniče firmy Purolite, která má distribuční zastoupení v České republice. Z jejich nabídky byly vybrány 4 druhy iontoměničů tak, aby byl zastoupen silný a slabý katex a silný a slabý anex. Popis vybraných iontoměničů je uveden v následujících odstavcích

PUROLITE C100 EHLT (dále jen C100EHLT)

Silně kyselý katexní iontoměnič gelového typu. Obsahuje sulfonovou funkční skupinu a vyměňuje H^+ ion. Používá se pro měkčení vody v průmyslu a domácností (pitná voda).

Za účelem zvětšení měrného povrchu byl tento iontoměnič před aplikací drcen v třecí misce.

PUROLITE C 104 (dále jen C104)

Slabě kyselý katexní iontoměnič gelového typu. Obsahuje karboxylovou funkční skupinu a vyměňuje H^+ ion. Patří do skupiny iontoměničů, jejichž kationy se spojují se slabými aniony, například Ca^{2+} z $CaCO_3$ nebo HCO_3^- . Používá se k dealkalizaci v průmyslu.

PUROLITE PPA 400 (dále jen PPA400)

Silně zásaditý anexní iontoměnič. Patří do skupiny iontoměničů s funkční skupinou kvarterních amoniových soli a vyměňují Cl^- aniony. A860 je makroporézní typ a používá se k odbarvování organických roztoků (např. cukrových sirupů). PPA 400 je gelového typu, používá se v technologiích odstraňování organického znečištění a vyznačují se výbornou odbarvovací schopností.

PUROLITE A830 (dále jen A830)

Je slabě zásaditý anexní iontoměnič, který patří do skupiny iontoměničů, které mají malou nebo téměř žádnou schopnost štěpení solí. Vyměňují aniony silných kyselin (Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^-). Všeobecně mají vysokou výkonnost a dobrou schopnost regenerovat. Nevyměňují SiO_2 a CO_2 . Purolite A830 je makroporézní, s aminovými funkčními skupinami. Běžně se používá k odstranění síranů z mořské vody a k neutralizaci odpadních vod.

12.4. Aplikace iontoměníčů

Suspenze iontoměníčů byly na vrstvy pigmentů nanášeny přes japonský papír. Nejprve byly provedeny zkoušky se suspenzemi iontoměníčů v destilované vodě. Tyto zkoušky však nebyly úspěšné. Suspenze iontoměníčů bylo velmi komplikované rovnoměrně rozprostřít na plochu vzorku s japonským papírem, který se posléze rozmočil). Iontoměníč bylo proto nutné mísit s jiným nosičem do konzistence vhodné k nanášení. Jako nosič byla zvolena Lovosa (karboxymethylcelulosa) ve vodě. Iontoměníče byly s Lovosou smíchány v poměru 1:1. Iontoměníče C104, PPA400 a A830 byly použity v původní podobě, iontoměníč C100 EHLT byl použit v nadrcené formě tak, že po smíchání s Lovosou vytvářel kompaktnější pastu. Plocha sklíčka s pigmentem byla překryta japonským papírem, na který byla pomocí štětce nanášena suspenze iontoměníče v podobě pasty silné přibližně 2 mm. Po časových intervalech 5, 10 a 60 min byly postupně vrstvy japonského papíru s iontoměníčem odstraňovány a kladeny na čistá sklíčka za účelem dalšího pozorování.

12.5. Metodika vyhodnocení zkoušek

Pigmenty nanášené na skla byly porovnávány před a po aplikaci daného iontoměníče. Také iontoměníče byly zkoumány před a po aplikaci. U pigmentů i iontoměníčů byly pozorovány změny barevnosti, struktury, velikosti částic a složení.

12.5.1. Vizuální hodnocení

Jednotlivé vzorky barevných vrstev byly po pozorování pouhým okem subjektivně hodnoceny se zaměřením na změnu barevnosti pigmentu po aplikaci iontoměníče a narušení barevné vrstvy. Dále byly sledovány změny vlastností iontoměníčů před a po aplikaci na vzorky pigmentů. Vzorky byly zdokumentovány digitálním fotoaparátem Canon 60D

12.5.2. Optická mikroskopie

Pozorování bylo provedeno pomocí optického mikroskopu OPTIPHOT2-POL firmy Nikon v dopadajícím viditelném světle při zvětšení mikroskopu 50x, 100x, 200x. Vzorky byly fotograficky zdokumentovány digitálním fotoaparátem Canon 1000D.

12.5.3. Rastrovací elektronová mikroskopie

Vzorky iontoměníčů a pigmentů byly studovány pomocí rastrovací elektronová mikroskopie s energiodisperzním analyzátozem (REM-EDS). K tomuto účelu byl použit mikroskop Mira 3 LMU firmy Tescan s analyzátozem Quantax 200 firmy Bruker. Před pozorováním byly vzorky opatřeny vrstvou uhlíku nebo zlata na přístroji Q150RES (Quorum).

12.6. Výsledky a diskuze

12.6.1. Vlastnosti čistých iontoměníčů a pigmentů



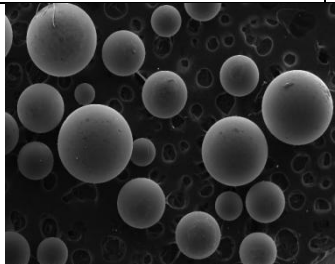
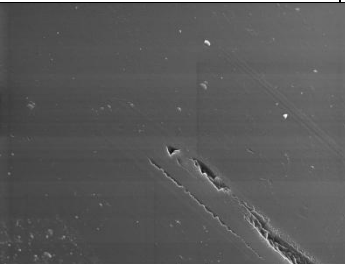
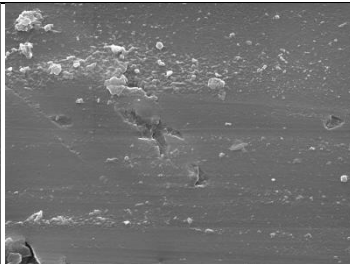
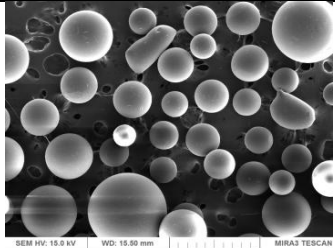
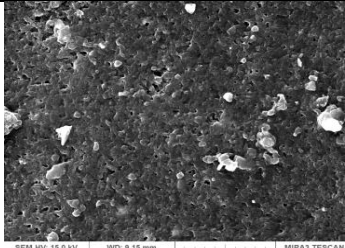
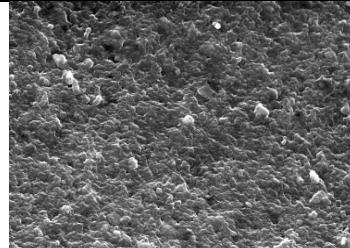
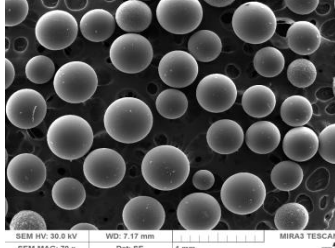
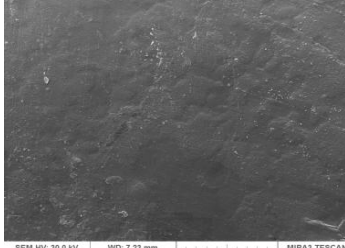
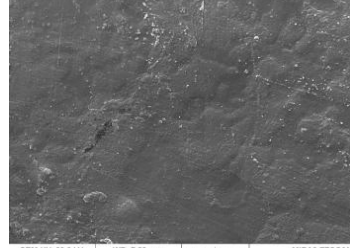
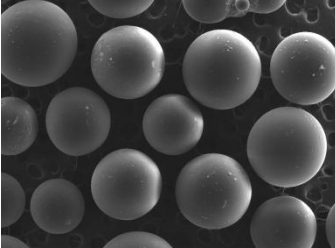
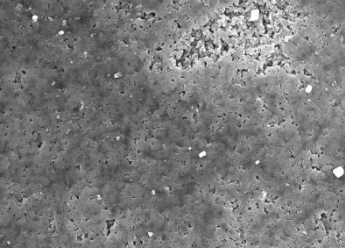
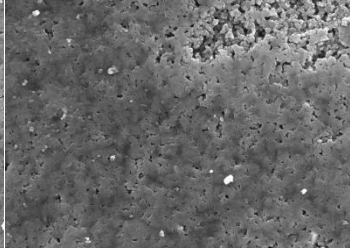
Obr.39 čisté iontoměníče před aplikací

Tab 3. Popis a prvkové složení čistých iontoměníčů

Typ iontoměníče	Prvkové složení*	Popis iontoměníče (tvar, barevnost)
C104	<u>C</u> , O	kuličky, zřídka nepravidelné oblé tvary, menší zvětšení - hladký povrch, detail povrchu – hrubý, porézní, krémově bílý odstín
PPA400	<u>C</u> , O, N, Cl	kuličky, dva typy povrchů iontoměníče při menších zvětšeních - hladký a hrubý – stejné prvkové složení, detail povrchu hladkých kuliček – hladký transparentní – medový odstín
C100EHLT	<u>C</u> , O, S, N	kuličky, menší zvětšení - hladký povrch, detail povrchu – hladký jantarový odstín
A830	<u>C</u> , O, N	kuličky, menší zvětšení - hladký povrch, detail povrchu – porézní smetanově bílý odstín

*Podtrženy jsou prvky, jejichž obsah je dominantní.

Tab.4. SEM mikroskopie čistých iontoměničů

Typ iontoměniče	zvětšení 70x	zvětšení 7500x	zvětšení 10000x
C100 EHLT	 SEM HV: 30.0 kV SEM MAG: 70 x MIRA3 LBU WD: 15.50 mm Det: SE 1 mm Vac: Hivac	 SEM HV: 15.0 kV SEM MAG: 7.51 kx Vac: Hivac WD: 15.24 mm Det: SE 10 µm c100ehlt 7500	 SEM HV: 15.0 kV SEM MAG: 10.0 kx Vac: Hivac WD: 7.18 mm Det: SE 5 µm C100EHLT 10000
C104	 SEM HV: 15.0 kV SEM MAG: 70 x Vac: Hivac WD: 15.50 mm Det: SE 1 mm C104 70 II	 SEM HV: 15.0 kV SEM MAG: 7.51 kx Vac: Hivac WD: 9.15 mm Det: SE 10 µm c104 7500_	 SEM HV: 15.0 kV SEM MAG: 10.0 kx Vac: Hivac WD: 9.92 mm Det: SE 5 µm C104 10000
PPA400	 SEM HV: 30.0 kV SEM MAG: 70 x Vac: Hivac WD: 7.17 mm Det: SE 1 mm PPA400 70	 SEM HV: 30.0 kV SEM MAG: 7.50 kx Vac: Hivac WD: 7.23 mm Det: SE 10 µm CCA400	 SEM HV: 30.0 kV SEM MAG: 10.0 kx Vac: Hivac WD: 7.23 mm Det: SE 5 µm PPA400 10000
A830	 SEM HV: 30.0 kV SEM MAG: 70 x Vac: Hivac WD: 9.23 mm Det: SE 1 mm Puro-lite A830 čistý 70	 SEM HV: 15.0 kV SEM MAG: 7.50 kx Vac: Hivac WD: 8.95 mm Det: SE 10 µm A830 7500	 SEM HV: 15.0 kV SEM MAG: 10.0 kx Vac: Hivac WD: 8.95 mm Det: SE 5 µm A830 10000



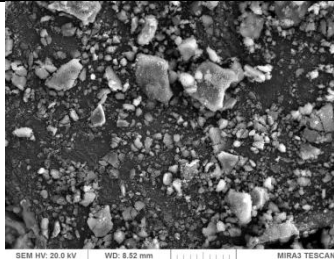
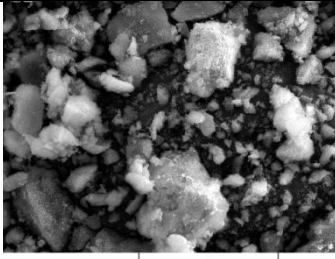
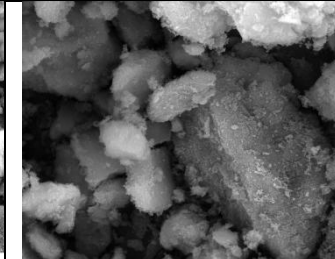
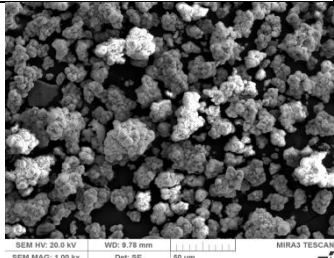
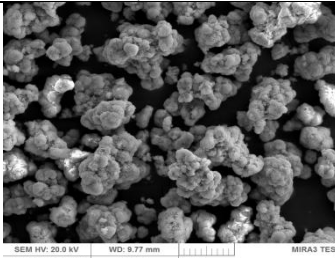
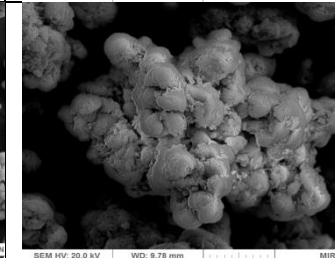
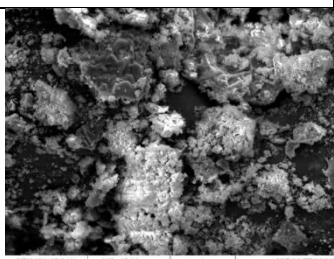
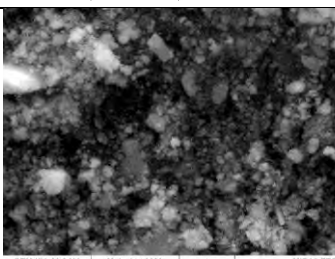
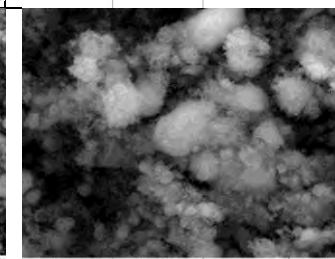
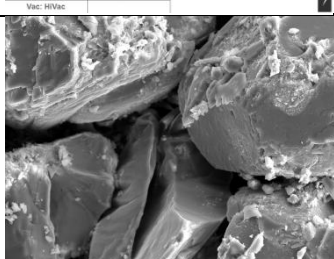
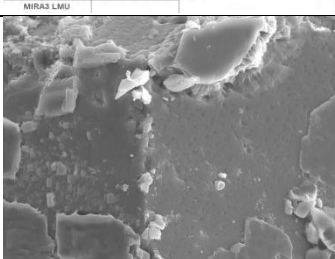
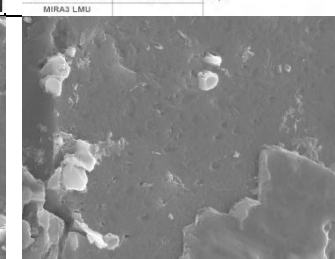
Obr.40 Čisté pigmenty před aplikací

Tab. 5. Popis a prvkové složení čistých pigmentů

Typ pigmentu	Prvkové složení*	Popis pigmentů (vzhled, struktura, velikost částic)
Azurit	<u>O</u> , C, Cu, obsahuje zrna Ca (patrně uhličitán vápenatý)	sytě modrý odstín, zaoblené částice o velikosti 5-20 μm
Pruská modř	<u>C</u> , <u>N</u> , O, Fe	inkoustově černý odstín, velmi jemná struktura, velikost částic 0,5-20 μm
Malachit	<u>O</u> , Cu, C	světle zelený odstín, jemná vláknitá struktura, velikost částic 1-20 μm
Měděnka	<u>C</u> , O, Cu	modrozelený odstín, hrubá struktura, velikost částic 10-200 μm

*Podtrženy jsou prvky, jejichž obsah je dominantní.

Tab 6. SEM mikroskopie čistých pigmentů

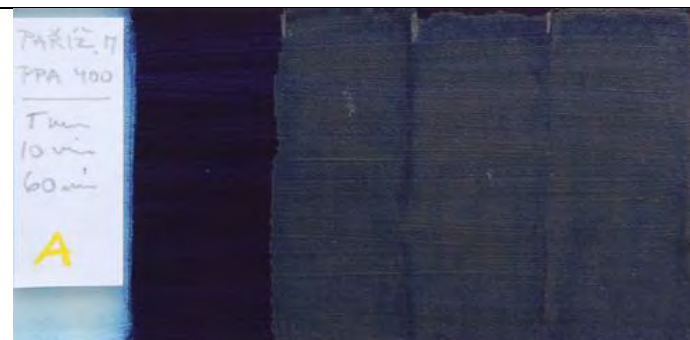
Pigment	zvětšení 100x	zvětšení 2000x	zvětšení 5000x
Pruská modř			
Azurit umělý			
Malachit umělý			
Měděnka			

12.6.2. Vizuální hodnocení

vzorek 1 pigment: Pruská modř iontoměnič: C100 EHLT (drcený)	
	hodnocení vrstvy pigmentu po odstranění iontoměniče: <ul style="list-style-type: none"> - působením iontoměniče dochází ke změně barevnosti vrstvy pigmentu (světlý povlak je způsobený pravděpodobně samotným iontoměničem, který prošel přes japonský papír) - povrch pigmentu je kompaktní i po působení iontoměniče po dobu 60min
	hodnocení iontoměniče po odstranění ze zkušebního vzorku: <ul style="list-style-type: none"> - na iontoměniči nedošlo v žádném časovém intervalu k barevné změně - na rubové straně separační vrstvy (dotyková strana s pigmentem) nezůstává přilnut téměř žádný pigment
vzorek 2 pigment: Pruská modř iontoměnič: Purolite C104	
	hodnocení vrstvy pigmentu po odstranění iontoměniče: <ul style="list-style-type: none"> - působením iontoměniče dochází ke změně barevnosti vrstvy pigmentu (pravděpodobně k tomu dochází díky nasycení vrstvy pigmentu nosičem – karboxymethylcelulózou) - povrch pigmentu zůstává kompaktní i při aplikaci iontoměniče po dobu 60min
	hodnocení iontoměniče po odstranění ze zkušebního vzorku: <ul style="list-style-type: none"> - na iontoměniči nedošlo v žádném časovém intervalu k barevné změně - na rubové straně separační vrstvy (dotyková strana s pigmentem) nezůstává téměř žádný pigment

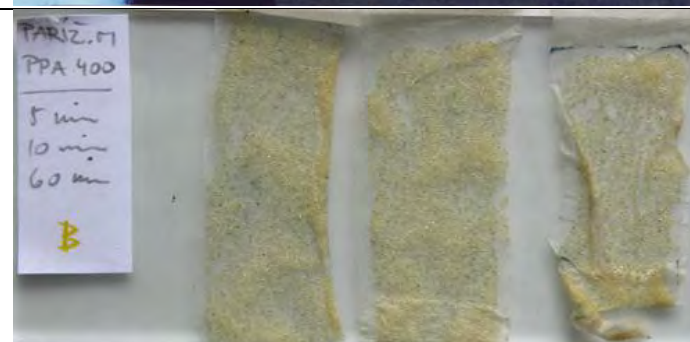
vzorek 3

pigment: Pruská modř **iontoměnič:** Purolite PPA400



hodnocení vrstvy pigmentu po odstranění iontoměniče:

- působením iontoměniče dochází ke změně barevnosti vrstvy pigmentu (pravděpodobně k tomu dochází díky nasycení vrstvy pigmentu nosičem – karboxymethylcelulózou)
- povrch pigmentu zůstává kompaktní i při aplikaci iontoměniče po dobu 60min

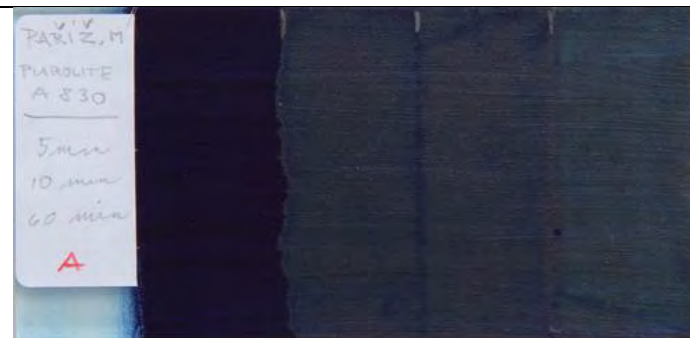


hodnocení iontoměniče po odstranění ze zkušebního vzorku:

- na iontoměniči nedošlo v žádném časovém intervalu k barevné změně
- na rubové straně separační vrstvy (dotyková strana s pigmentem) nezůstává téměř žádný pigment

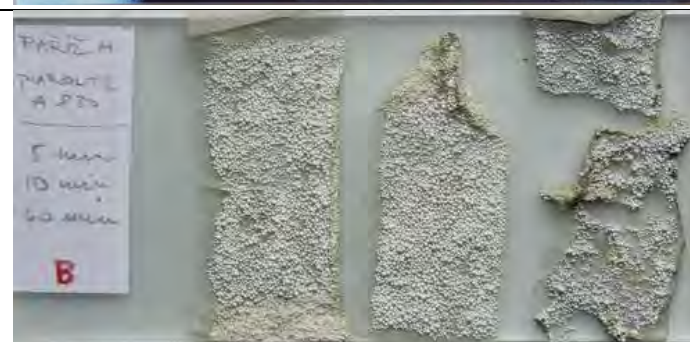
vzorek 4

pigment: Pruská modř **iontoměnič:** Purolite A830



hodnocení vrstvy pigmentu po odstranění iontoměniče:

- působením iontoměniče dochází po 60min k výraznější změně barevnosti z modré na modrohnědou
- povrch pigmentu zůstává kompaktní po 10min, při působení iontoměniče po dobu 60min je barevná vrstva ztenčena, je zde výraznější změna barevnosti

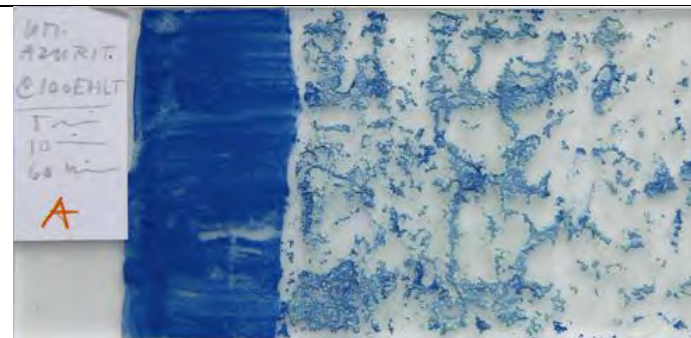


hodnocení iontoměniče po odstranění ze zkušebního vzorku:

- iontoměnič má po 10min. aplikace stejnou barevnost, po 60min mají kuličky lehce namodralý nádech

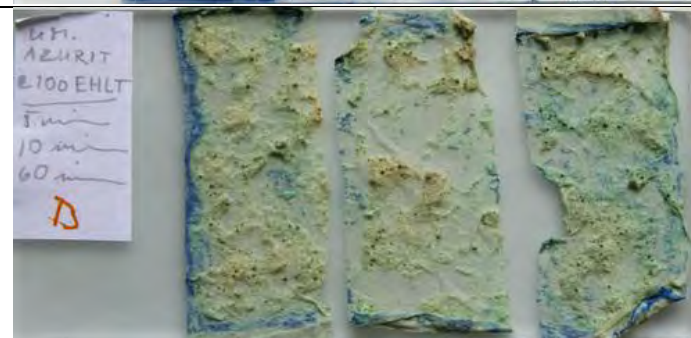
vzorek 5

pigment: Azurit umělý **iontoměnič:** Purolite C100 EHLT (drcený)



hodnocení vrstvy pigmentu po odstranění iontoměniče:

- již 5min po aplikaci iontoměniče dochází k rozkladu pigmentu
- na některých místech je patrné zesvětlení zrn pigmentu a místy zelený odstín krystalů
- barevná vrstva je silně rozrušená



hodnocení iontoměniče po odstranění ze zkušebního vzorku:

- nerovnoměrná změna barevnosti iontoměniče ze žluté barvy na světle zelenou
- na rubové straně japonského papíru (dotyková strana s pigmentem) zůstávají zbytky pigmentu, který je místy pokrytý zkrakelovanou vrstvou bílých krystalků

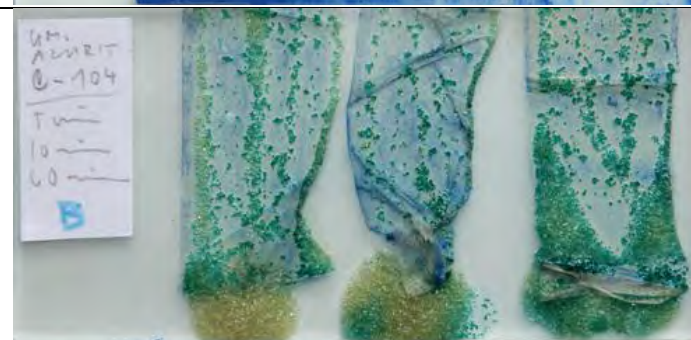
vzorek 6

pigment: Azurit umělý **iontoměnič:** Purolite C104



hodnocení vrstvy pigmentu po odstranění iontoměniče:

- pigment beze změny barevnosti
- postupné rozrušení barevné vrstvy (pravděpodobně pouze působením vody)

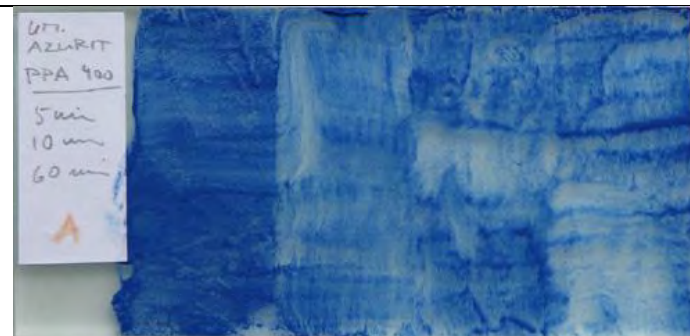


hodnocení iontoměniče po odstranění ze zkušebního vzorku:

- iontoměnič postupně mění svou barevnost ze žluté na smaragdově zelenou

vzorek 7

pigment: Azurit umělý **iontoměnič:** Purolite PPA400



hodnocení vrstvy pigmentu po odstranění iontoměniče:

- pigment beze změny barevnosti
- postupné rozrušení barevné vrstvy (pravděpodobně pouze působením vody)

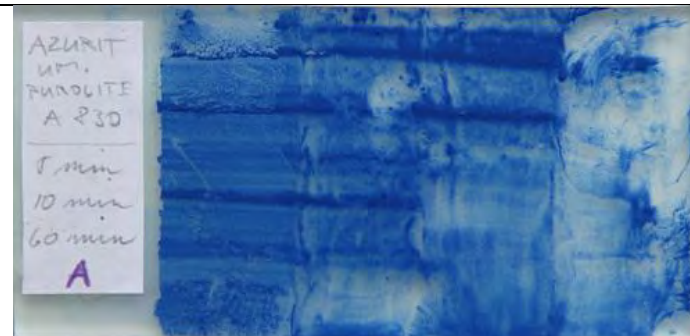


hodnocení iontoměniče po odstranění ze zkušebního vzorku:

- iontoměnič má po použití stejnou barevnost
- na rubu japonského papíru přilnuty zrna pigmentu

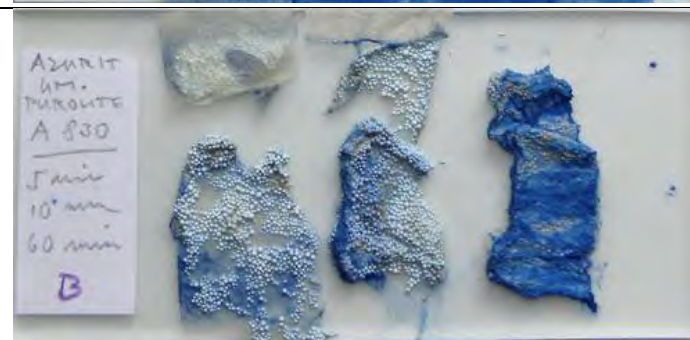
vzorek 8

pigment: Azurit umělý **iontoměnič:** Purolite A830



hodnocení vrstvy pigmentu po odstranění iontoměniče:

- pigment beze změny barevnosti
- postupné rozrušení barevné vrstvy (pravděpodobně pouze působením vody)



hodnocení iontoměniče po odstranění ze zkušebního vzorku:

- iontoměnič mění po použití svou barevnost z bílé na modrou
- na rubu japonského papíru přilnuty zrna pigmentu

vzorek 9

pigment: Malachit umělý **iontoměnič:** Purolite C100 EHLT (drcený)



hodnocení vrstvy pigmentu po odstranění iontoměniče:

- už po 5min. experimentu dochází k rozkladu pigmentu
- na referenční ploše vzorku ponechané bez aplikace iontoměniče je patrná světlejší hranice



hodnocení iontoměniče po odstranění ze zkušebního vzorku:

- iontoměnič mění svou barevnost ze žluté na žlutozelenou až sytě zelenou

vzorek 10

pigment: Malachit umělý **iontoměnič:** Purolite C104



hodnocení vrstvy pigmentu po odstranění iontoměniče:

- pigment beze změny barevnosti
- postupné rozrušování barevné vrstvy do 10min aplikace, po 60min dochází k výraznému rozrušení povrchu barevné vrstvy



hodnocení iontoměniče po odstranění ze zkušebního vzorku:

- se vzrůstající dobou působení iontoměniče dochází k postupnému obarvování kuliček iontoměniče až na sytě zelený odstín

vzorek 11

pigment: Malachit umělý **iontoměnič:** Purolite PPA400



hodnocení vrstvy pigmentu po odstranění iontoměniče:

- pigment je po aplikaci iontoměniče lehce ztmavlý
- dochází k velmi nepatrnému rozrušení barevné vrstvy (způsobené pravděpodobně pouze působením vody)



hodnocení iontoměniče po odstranění ze zkušebního vzorku:

- iontoměnič má po použití stejnou barevnost

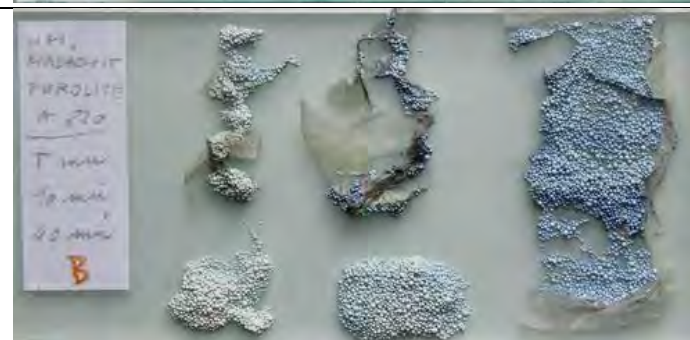
vzorek 12

pigment: Malachit umělý **iontoměnič:** Purolite A830



hodnocení vrstvy pigmentu po odstranění iontoměniče:

- pigment je po aplikaci iontoměniče lehce ztmavlý
- postupné rozrušování barevné vrstvy



hodnocení iontoměniče po odstranění ze zkušebního vzorku:

- iontoměnič postupně mění svou barevnost z bílé na světle modrou

vzorek 13

pigment: Měděnka **iontoměnič:** Purolite C100EHLT (drcený)



hodnocení vrstvy pigmentu po odstranění iontoměniče:

- pigment má po působení iontoměniče světlejší barevnost
- postupně silné rozrušení barevné vrstvy



hodnocení iontoměniče po odstranění ze zkušební vzorku:

- iontoměnič mění nepravidelně svou barevnost ze žluté na zelenou

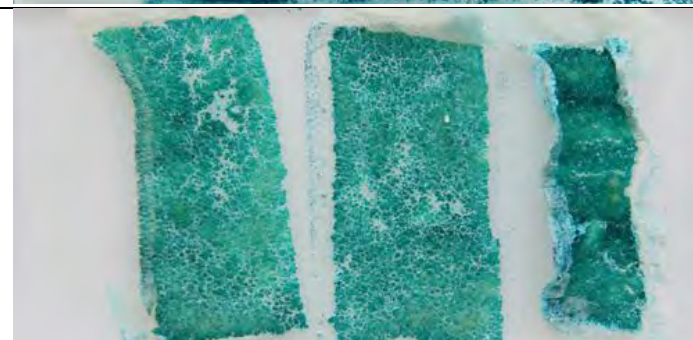
vzorek 14

pigment: Měděnka **iontoměnič:** Purolite C104



hodnocení pigmentu po odstranění iontoměniče:

- pigment beze změny barevnosti
- postupně rozrušení barevné vrstvy (pravděpodobně pouze působením vody)

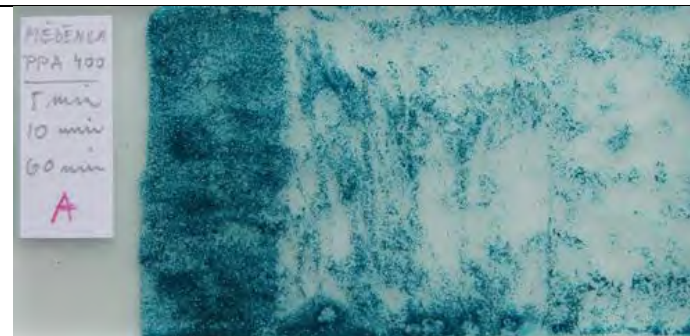


hodnocení iontoměniče po odstranění ze zkušební vzorku:

- iontoměnič mění svou barevnost na sytě zelenou přičemž odstín je tmavší s delší dobou aplikace

vzorek 15

pigment: Měděnka **iontoměnič:** Purolite PPA400



hodnocení vrstvy pigmentu po odstranění iontoměniče:

- pigment beze změny barevnosti
- postupné rozrušení barevné vrstvy (pravděpodobně pouze působením vody)



hodnocení iontoměniče po odstranění ze zkušebního vzorku:

- iontoměnič mění svou barevnost na sytě zelenou přičemž odstín je tmavší s delší dobou aplikace

vzorek 16

pigment: Měděnka **iontoměnič:** Purolite A830



hodnocení vrstvy pigmentu po odstranění iontoměniče:

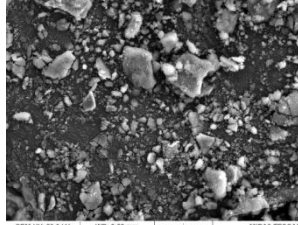
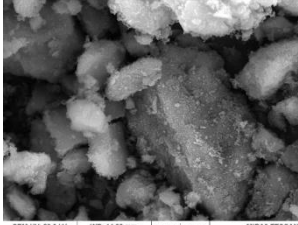

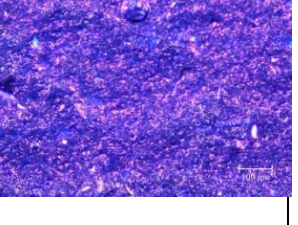
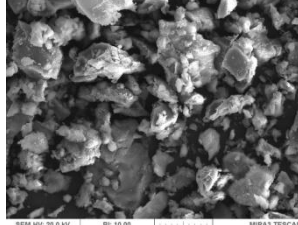
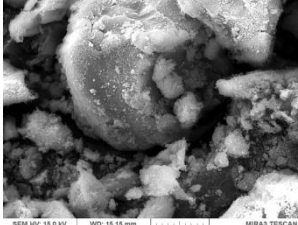
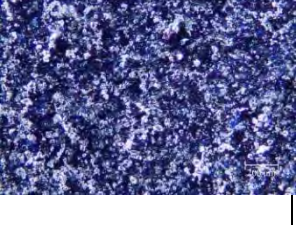
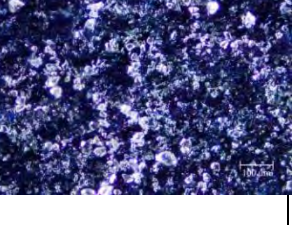
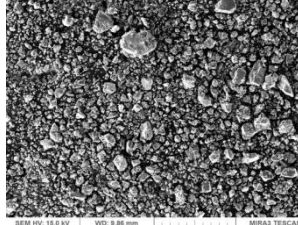
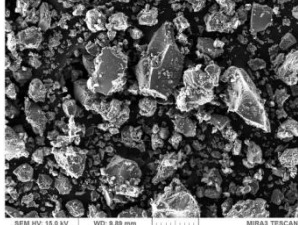

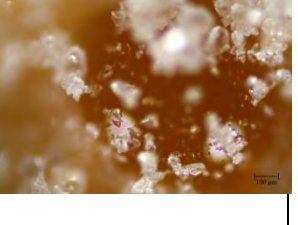
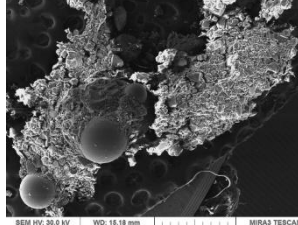
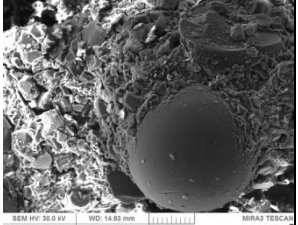
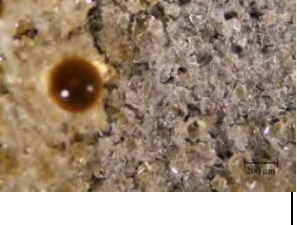

- pigment beze změny barevnosti
- postupné rozrušení barevné vrstvy (pravděpodobně pouze působením vody)



hodnocení iontoměniče po odstranění ze zkušebního vzorku:

- iontoměnič mění svou barevnost na modrou tmavšího odstínu

12.6.3. Hodnocení optické mikroskopie a rastrovací elektronové mikroskopie

vzorek 1 Pruská modř / Purolite C100EHLT(drcený)			
Pruská modř na povrchu sklíčka před aplikací iontoměniče			
<p>REM-EDS, fotografováno při zvětšení 1000x</p> 	<p>REM-EDS, fotografováno při zvětšení 5000x</p> 	<p>Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x</p> 	<p>Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 100x</p> 
Pruská modř na povrchu sklíčka po aplikaci iontoměniče Purolite C100EHLT			
<p>REM-EDS, fotografováno při zvětšení 1000x</p> 	<p>REM-EDS, fotografováno při zvětšení 5000x</p> 	<p>Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x</p> 	<p>Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 100x</p> 
iontoměnič Purolite C100EHLT před aplikací na povrch sklíčka			
<p>REM-EDS, fotografováno při zvětšení 70x</p> 	<p>REM-EDS, fotografováno při zvětšení 220x</p> 	<p>Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x</p> 	<p>Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 100x</p> 
iontoměnič Purolite C100EHLT po aplikaci na povrch sklíčka			
<p>REM-EDS, fotografováno při zvětšení 70x</p> 	<p>REM-EDS, fotografováno při zvětšení 70x</p> 	<p>Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x</p> 	<p>Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 100x</p> 

Vyhodnocení:

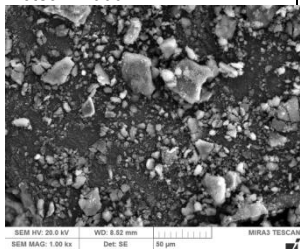
- pigment je po aplikaci pokryt transparentními částicemi iontoměniče, dochází ke změně barevnosti pigmentu na tmavší odstín, struktura pigmentu zůstává nezměněna
- přítomnost iontoměniče byla potvrzena pozorováním pomocí el. Mikroskopu a prvkovou analýzou (u některých částic byla zjištěna přítomnost síry)
- pomocí elektronové mikroskopie nebyly zjištěny změny ve vzhledu či složení iontoměniče

vzorek 2

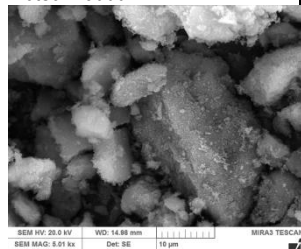
Pruská modř / Purolite C104

Pruská modř na povrchu sklíčka před aplikací iontoměniče

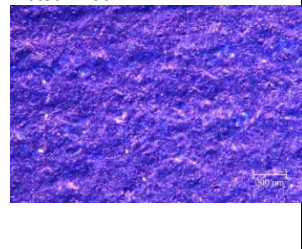
REM-EDS, fotografováno při zvětšení 1000x



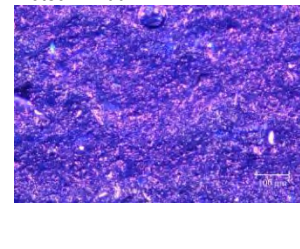
REM-EDS, fotografováno při zvětšení 5000x



Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x

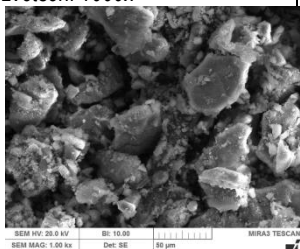


Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 100x

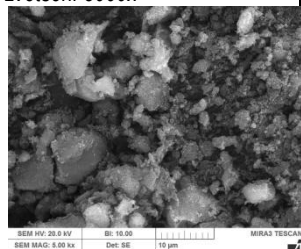


Pruská modř ve povrchu sklíčka po aplikaci iontoměniče Purolite C104

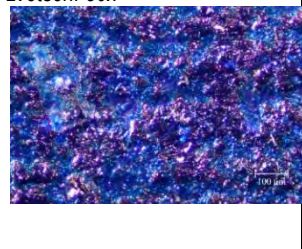
REM-EDS, fotografováno při zvětšení 1000x



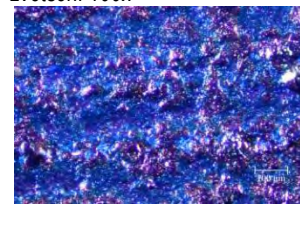
REM-EDS, fotografováno při zvětšení 5000x



Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x

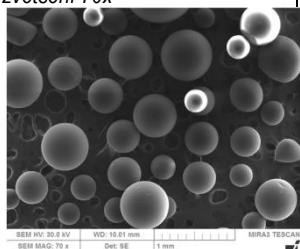


Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 100x

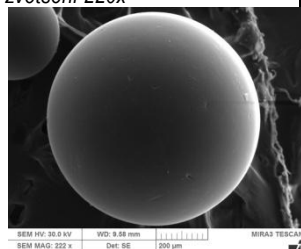


iontoměnič Purolite C104 před aplikací na povrch sklíčka

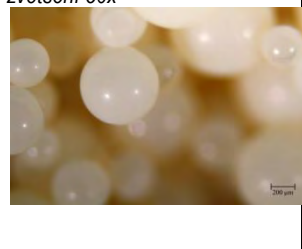
REM-EDS, fotografováno při zvětšení 70x



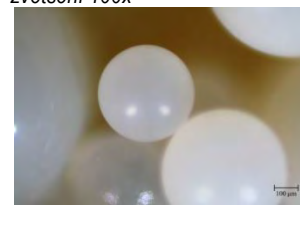
REM-EDS, fotografováno při zvětšení 220x



Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x

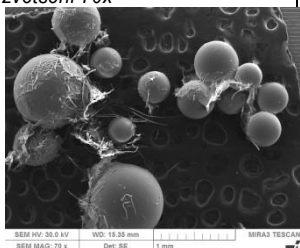


Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 100x

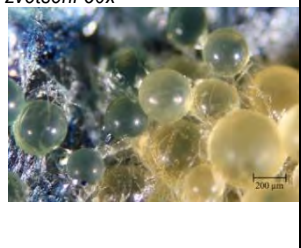


iontoměnič Purolite C104 po aplikaci na povrch sklíčka

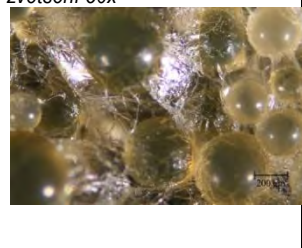
REM-EDS, fotografováno při zvětšení 70x



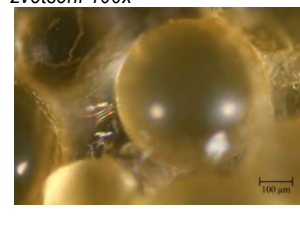
Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x



Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x



Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 100x



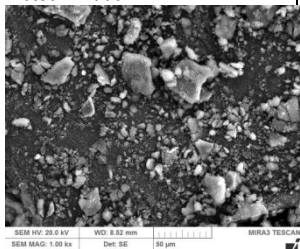
Vyhodnocení:

- po aplikaci iontoměniče vykazuje pigment tmavší odstín
- pomocí elektronové mikroskopie nebyly zaznamenány změny ve vzhledu či složení pigmentu ani iontoměniče
- ojediněle byla zaznamenána změna barevnosti iontoměniče do zeleného odstínu

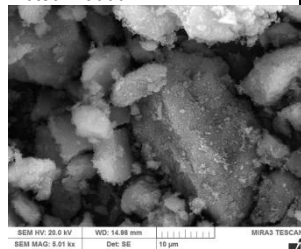
vzorek 3 Pruská modř / Purolite PPA400

Pruská modř na povrchu sklíčka před aplikací iontoměniče

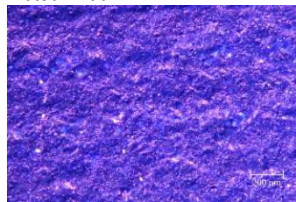
REM-EDS, fotografováno při zvětšení 1000x



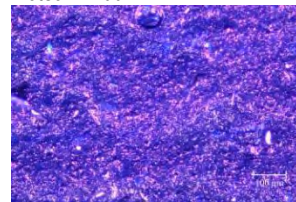
REM-EDS, fotografováno při zvětšení 5000x



Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x

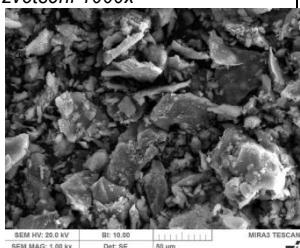


Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 100x



Pruská modř na povrchu sklíčka po aplikaci iontoměniče Purolite PPA400

REM-EDS, fotografováno při zvětšení 1000x



REM-EDS, fotografováno při zvětšení 5000x



Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x

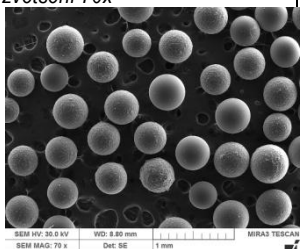


Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 100x

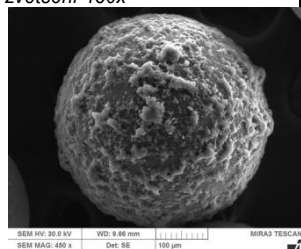


iontoměnič Purolite PPA400 před aplikací na povrch sklíčka

REM-EDS, fotografováno při zvětšení 70x



REM-EDS, fotografováno při zvětšení 450x



Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x

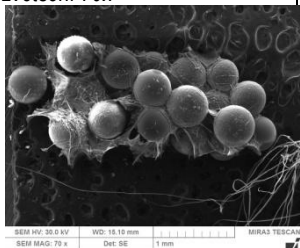


Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 100x

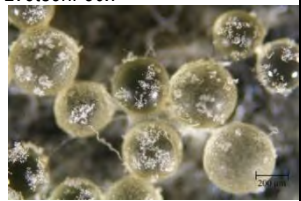


iontoměnič Purolite PPA400 po aplikaci na povrch sklíčka

REM-EDS, fotografováno při zvětšení 70x



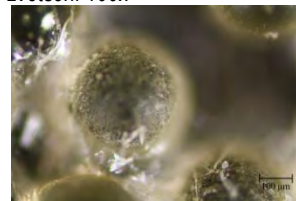
Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x



Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x



Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 100x



Vyhodnocení:

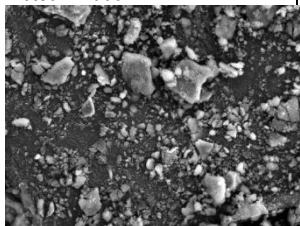
- po aplikaci iontoměniče vykazuje pigment tmavší odstín
- nebyly zaznamenány změny ve složení a struktuře pigmentu ani iontoměniče

vzorek 4

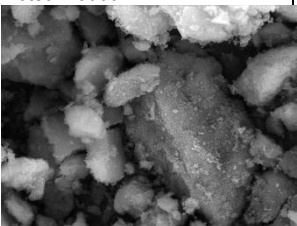
Pruská modř / Purolite A830

Pruská modř na povrchu sklíčka před aplikací iontoměniče

REM-EDS, fotografováno při zvětšení 1000x



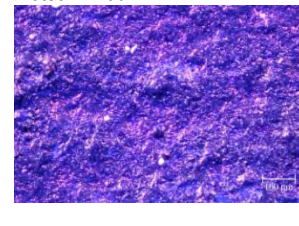
REM-EDS, fotografováno při zvětšení 5000x



Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x

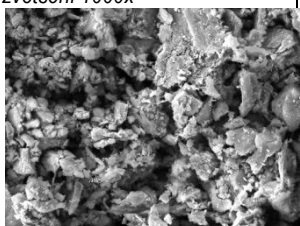


Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 100x

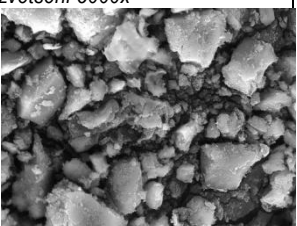


Pruská modř na povrchu sklíčka po aplikaci iontoměniče Purolite A830

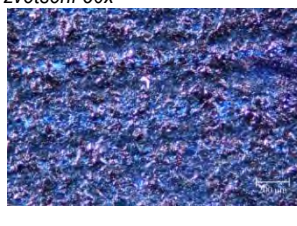
REM-EDS, fotografováno při zvětšení 1000x



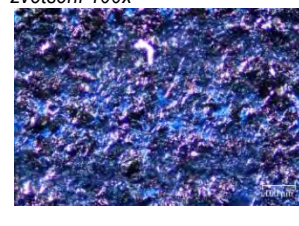
REM-EDS, fotografováno při zvětšení 5000x



Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x

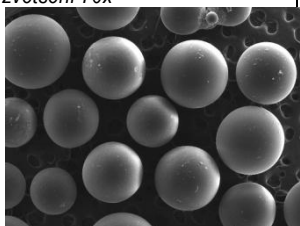


Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 100x

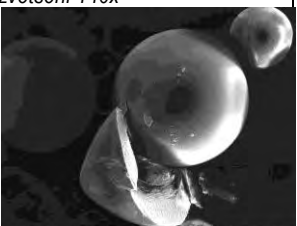


iontoměnič Purolite A830 před aplikací na povrch sklíčka

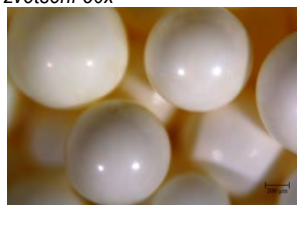
REM-EDS, fotografováno při zvětšení 70x



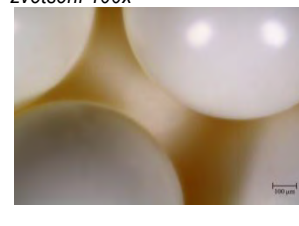
REM-EDS, fotografováno při zvětšení 140x



Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x

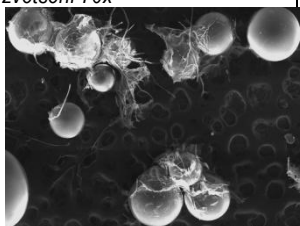


Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 100x

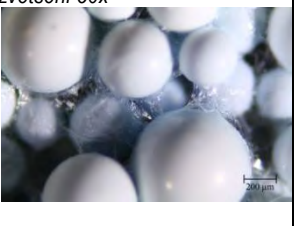


iontoměnič Purolite A830 po aplikaci na povrch sklíčka

REM-EDS, fotografováno při zvětšení 70x



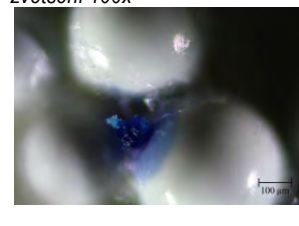
Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x



Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x



Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 100x



Vyhodnocení:

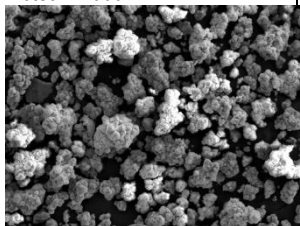
- po aplikaci iontoměniče vykazuje pigment tmavší odstín, struktura pigmentu je stejná před i po aplikaci iontoměniče
- u pigmentu nebyly zaznamenány změny ve složení po aplikaci iontoměniče
- po 60min působení má iontoměnič slabě namodralý nádech, ojediněle je patrné postupné zbarvování některých kuliček iontoměniče z bílé na modrou
- prvkovou analýzou bylo zjištěno nízké množství železa na povrchu iontoměniče, jehož zdrojem je Pruská modř

vzorek 5

Azurit umělý/C100EHLT(drcený)

Azurit umělý na povrchu sklíčka před aplikací iontoměniče

REM-EDS, fotografováno při zvětšení 1000x



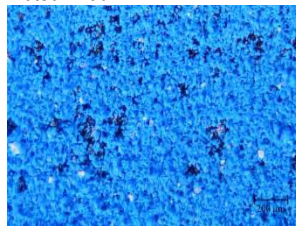
SEM HV: 20.0 kV WD: 8.78 mm MIRA3 TESCAN
SEM MAG: 1.00 x Det: SE 50 µm

REM-EDS, fotografováno při zvětšení 5000x



SEM HV: 20.0 kV WD: 8.78 mm MIRA3 TESCAN
SEM MAG: 5.00 x Det: SE 10 µm

Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x



SEM HV: 20.0 kV WD: 8.78 mm MIRA3 TESCAN
SEM MAG: 1.00 x Det: SE 50 µm

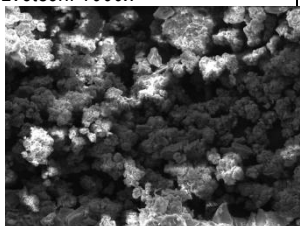
Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 100x



SEM HV: 20.0 kV WD: 8.78 mm MIRA3 TESCAN
SEM MAG: 1.00 x Det: SE 50 µm

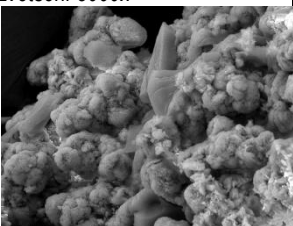
Azurit umělý na povrchu sklíčka po aplikaci iontoměniče Purolite C100EHLT

REM-EDS, fotografováno při zvětšení 1000x



SEM HV: 15.0 kV WD: 15.02 mm MIRA3 TESCAN
SEM MAG: 1.00 x Det: SE 50 µm

REM-EDS, fotografováno při zvětšení 5000x



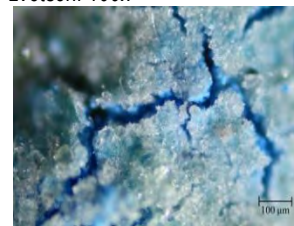
SEM HV: 15.0 kV WD: 15.00 mm MIRA3 TESCAN
SEM MAG: 5.00 x Det: SE 10 µm

Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x



SEM HV: 15.0 kV WD: 15.00 mm MIRA3 TESCAN
SEM MAG: 1.00 x Det: SE 50 µm

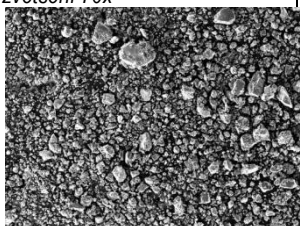
Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 100x



SEM HV: 15.0 kV WD: 15.00 mm MIRA3 TESCAN
SEM MAG: 1.00 x Det: SE 50 µm

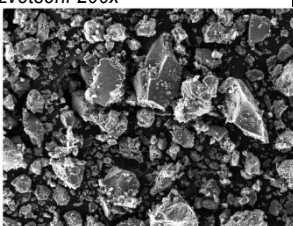
iontoměníč Purolite C100EHLT před aplikací na povrch sklíčka

REM-EDS, fotografováno při zvětšení 70x



SEM HV: 15.0 kV WD: 8.88 mm MIRA3 TESCAN
SEM MAG: 70 x Det: SE 1 mm

REM-EDS, fotografováno při zvětšení 200x



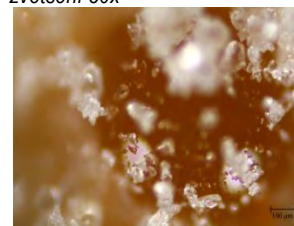
SEM HV: 15.0 kV WD: 8.89 mm MIRA3 TESCAN
SEM MAG: 200 x Det: SE 200 µm

Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x



SEM HV: 15.0 kV WD: 8.89 mm MIRA3 TESCAN
SEM MAG: 1.00 x Det: SE 50 µm

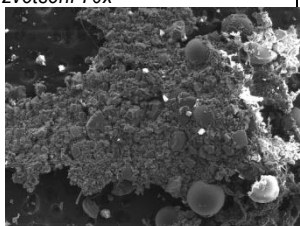
Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x



SEM HV: 15.0 kV WD: 8.89 mm MIRA3 TESCAN
SEM MAG: 1.00 x Det: SE 50 µm

iontoměníč Purolite C100EHLT po aplikaci na povrch sklíčka

REM-EDS, fotografováno při zvětšení 70x



SEM HV: 20.0 kV WD: 11.81 mm MIRA3 TESCAN
SEM MAG: 70 x Det: SE 1 mm

Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x



SEM HV: 20.0 kV WD: 11.81 mm MIRA3 TESCAN
SEM MAG: 1.00 x Det: SE 50 µm

Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 100x



SEM HV: 20.0 kV WD: 11.81 mm MIRA3 TESCAN
SEM MAG: 1.00 x Det: SE 50 µm

Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 200x



SEM HV: 20.0 kV WD: 11.81 mm MIRA3 TESCAN
SEM MAG: 1.00 x Det: SE 50 µm

Vyhodnocení:

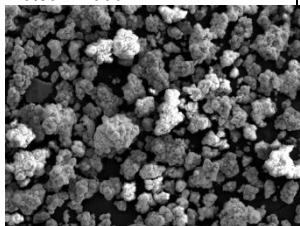
- místy má pigment po aplikaci světlejší odstín, na jeho povrchu byla pozorována bělozelená krusta
- z prvkové analýzy i snímků elektronového mikroskopu vyplývá, že se částice iontoměniče migrovaly do barevné vrstvy
- struktura i složení pigmentu zůstávají po aplikaci iontoměniče nezměněny
- iontoměníč mění svou barvu na sytě zelenou, struktura iontoměniče zůstává nezměněná
- prvkovou analýzou byl zjištěn na povrchu iontoměniče nízký obsah mědi, jehož zdrojem je pigment

vzorek 6

Azurit umělý/ Purolite C104

Azurit umělý na povrchu sklíčka před aplikací iontoměniče

REM-EDS, fotografováno při zvětšení 1000x



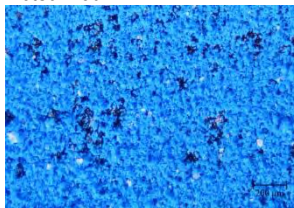
SEM HV: 20.0 kV WD: 8.78 mm MIRA3 TESCAN
SEM MAG: 1.00 kx Det: SE 50 µm

REM-EDS, fotografováno při zvětšení 5000x

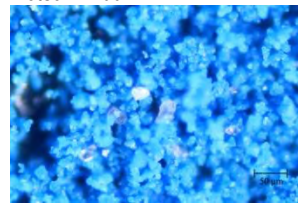


SEM HV: 20.0 kV WD: 8.78 mm MIRA3 TESCAN
SEM MAG: 5.00 kx Det: SE 10 µm

Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x

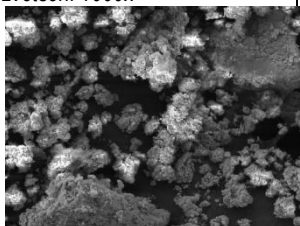


Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 100x



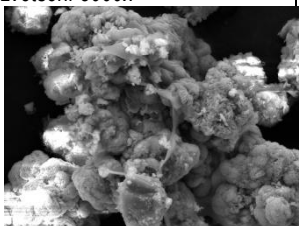
Azurit umělý na povrchu sklíčka po aplikaci iontoměniče Purolite C104

REM-EDS, fotografováno při zvětšení 1000x



SEM HV: 15.0 kV WD: 15.21 mm MIRA3 TESCAN
SEM MAG: 1.00 kx Det: SE 50 µm

REM-EDS, fotografováno při zvětšení 5000x

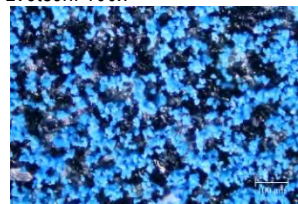


SEM HV: 15.0 kV WD: 15.20 mm MIRA3 TESCAN
SEM MAG: 5.00 kx Det: SE 10 µm

Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x

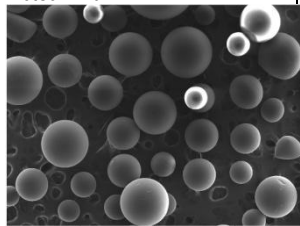


Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 100x



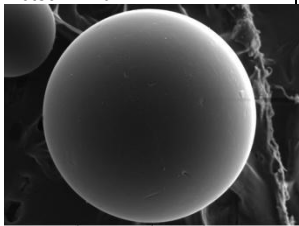
iontoměníč Purolite C104 před aplikací na povrch sklíčka

REM-EDS, fotografováno při zvětšení 70x



SEM HV: 30.0 kV WD: 10.61 mm MIRA3 TESCAN
SEM MAG: 70 x Det: SE 1 mm

REM-EDS, fotografováno při zvětšení 220x



SEM HV: 30.0 kV WD: 9.59 mm MIRA3 TESCAN
SEM MAG: 222 x Det: SE 200 µm

Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x

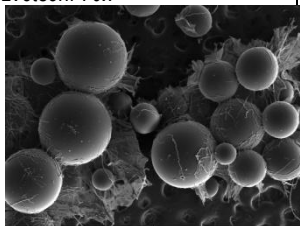


Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 100x



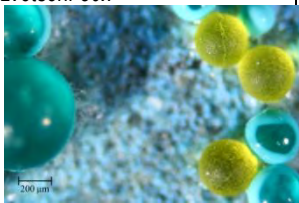
iontoměníč Purolite C104 po aplikaci na povrch sklíčka

REM-EDS, fotografováno při zvětšení 70x

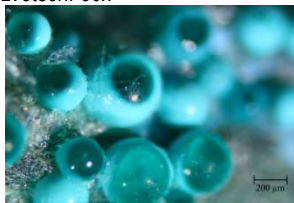


SEM HV: 30.0 kV WD: 12.04 mm MIRA3 TESCAN
SEM MAG: 70 x Det: SE 1 mm

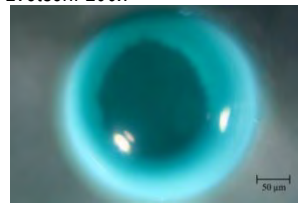
Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x



Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x



Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 200x



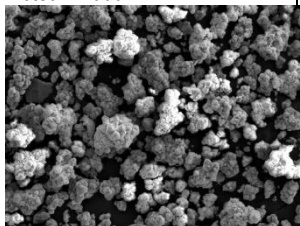
Vyhodnocení:

- pigment zůstává po aplikaci bez změny barevnosti
- struktura i složení pigmentu je nezměněna, na pigmentu jsou místy patrné povlaky (pravděpodobně karboxymethylcelulózy)
- iontoměníč mění postupně svou barvu na modrozelenou
- struktura iontoměníče zůstává nezměněná
- prvkovou analýzou byl zjištěn nízký obsah mědi, jehož zdrojem je pigment

vzorek 7 Azurit umělý /Purolite PPA400

Azurit umělý na povrchu sklíčka před aplikací iontoměniče

REM-EDS, fotografováno při zvětšení 1000x



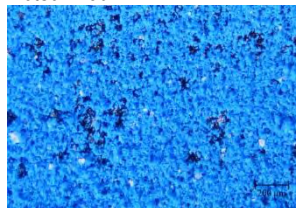
SEM HV: 20.0 kV WD: 8.78 mm MIRA3 TESCAN
SEM MAG: 1.00 kx Det: SE 50 µm

REM-EDS, fotografováno při zvětšení 5000x

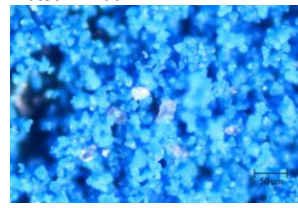


SEM HV: 20.0 kV WD: 8.78 mm MIRA3 TESCAN
SEM MAG: 5.00 kx Det: SE 10 µm

Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x

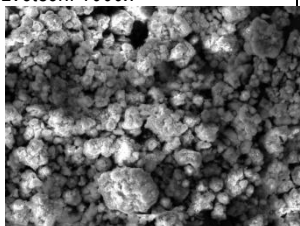


Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 100x



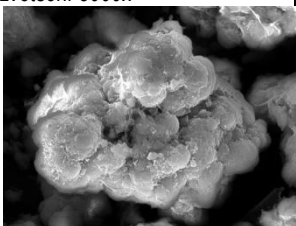
Azurit umělý na povrchu sklíčka po aplikaci iontoměniče Purolite PPA400

REM-EDS, fotografováno při zvětšení 1000x



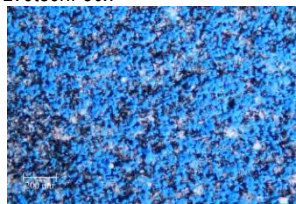
SEM HV: 20.0 kV WD: 15.08 mm MIRA3 TESCAN
SEM MAG: 1.00 kx Det: SE 50 µm

REM-EDS, fotografováno při zvětšení 5000x



SEM HV: 20.0 kV WD: 8.86 mm MIRA3 TESCAN
SEM MAG: 5.00 kx Det: SE 10 µm

Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x

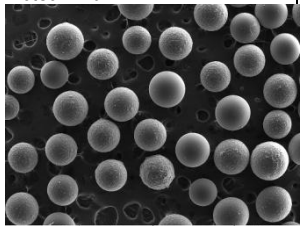


Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 100x



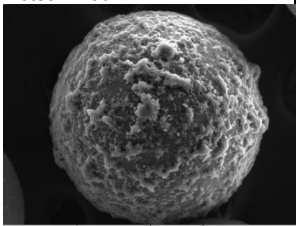
iontoměnič Purolite PPA400 před aplikací na povrch sklíčka

REM-EDS, fotografováno při zvětšení 70x



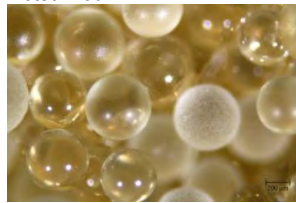
SEM HV: 30.0 kV WD: 8.80 mm MIRA3 TESCAN
SEM MAG: 70 x Det: SE 1 mm

REM-EDS, fotografováno při zvětšení 450x



SEM HV: 30.0 kV WD: 8.86 mm MIRA3 TESCAN
SEM MAG: 450 x Det: SE 100 µm

Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x

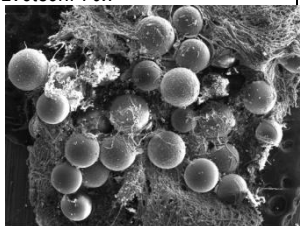


Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 100x



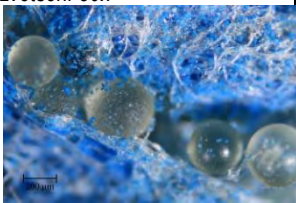
iontoměnič Purolite PPA400 po aplikaci na povrch sklíčka

REM-EDS, fotografováno při zvětšení 70x

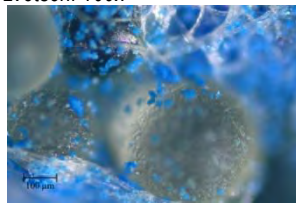


SEM HV: 30.0 kV WD: 7.87 mm MIRA3 TESCAN
SEM MAG: 70 x Det: SE 1 mm

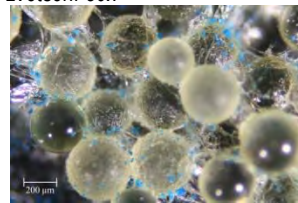
Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x



Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 100x



Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x



Vyhodnocení:

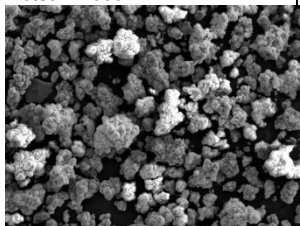
- pigment zůstává po aplikaci bez změny barevnosti
- struktura i složení pigmentu je nezměněno, na pigmentu jsou místy povlaky (pravděpodobně karboxymethylcelulózy)
- na lici papíru jsou přítomna zrna pigmentu, přítomnost pigmentu doložena mikroskopicky i prvkovou analýzou
- barevnost struktura i složení iontoměniče jsou nezměněné

vzorek 8

Azurit umělý/Purolite A830

Azurit umělý na povrchu sklíčka před aplikací iontoměniče

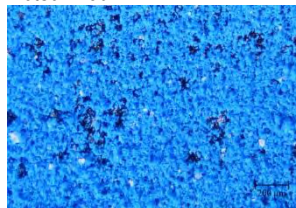
REM-EDS, fotografováno při zvětšení 1000x



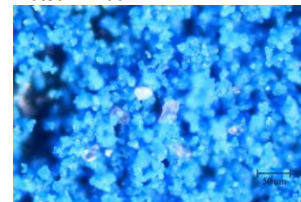
REM-EDS, fotografováno při zvětšení 5000x



Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x

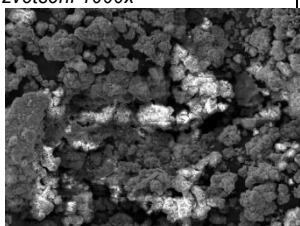


Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 100x

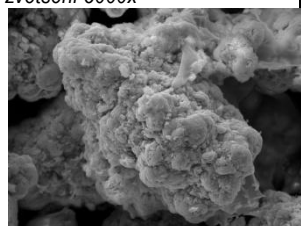


Azurit umělý na povrchu sklíčka po aplikaci iontoměniče Purolite A830

REM-EDS, fotografováno při zvětšení 1000x



REM-EDS, fotografováno při zvětšení 5000x



Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x

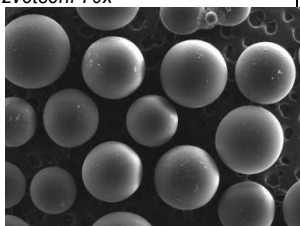


Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 100x

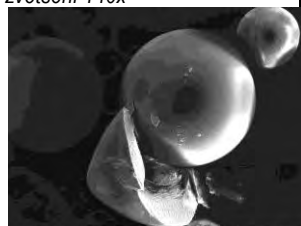


iontoměníč Purolite A830 před aplikací na povrch sklíčka

REM-EDS, fotografováno při zvětšení 70x



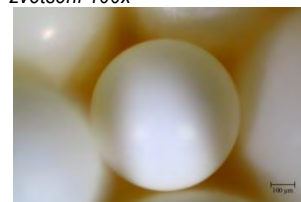
REM-EDS, fotografováno při zvětšení 140x



Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x

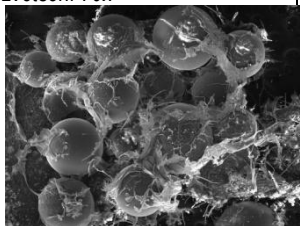


Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 100x

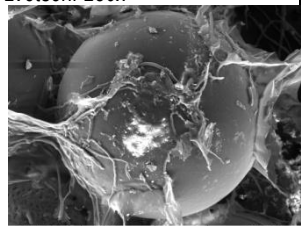


iontoměníč Purolite A830 po aplikaci na povrch sklíčka

REM-EDS, fotografováno při zvětšení 70x



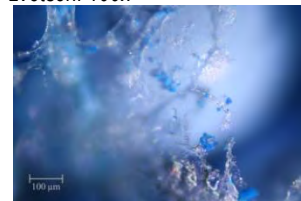
REM-EDS, fotografováno při zvětšení 230x



Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x



Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 100x



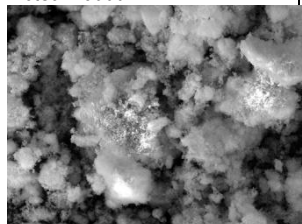
Vyhodnocení:

- pigment zůstává po aplikaci bez změny barevnosti
- struktura i složení pigmentu je nezměněno, na pigmentu jsou místy povlaky (pravděpodobně karboxymethylcelulózy)
- na rubu japonského papíru jsou přítomna zrna pigmentu
- iontoměníč mění svou barevnost na sytě modrou, struktura iontoměníče zůstává nezměněná
- složení povrchu iontoměníče napovídá o přítomnosti sloučenin mědi ve srovnatelném množství jako u iontoměníče Purolite C104

vzorek 9 Malachit umělý/ Purolite C100EHLT (drcený)

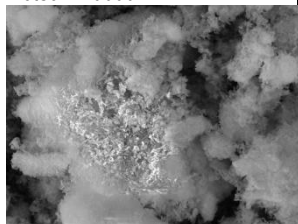
Malachit umělý na povrchu sklíčka před aplikací iontoměniče

REM-EDS, fotografováno při zvětšení 5000x



SEM HV: 20.0 kV BI: 10.00
SEM MAG: 5.00 kx Det: SE 10 µm MIRA3 TESCAN

REM-EDS, fotografováno při zvětšení 10000x



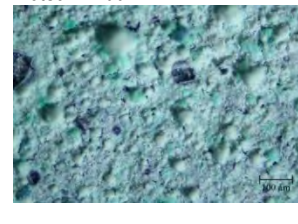
SEM HV: 20.0 kV BI: 10.00
SEM MAG: 10.0 kx Det: SE 5 µm MIRA3 TESCAN

Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x



SEM HV: 20.0 kV BI: 10.00
SEM MAG: 10.0 kx Det: SE 5 µm MIRA3 TESCAN

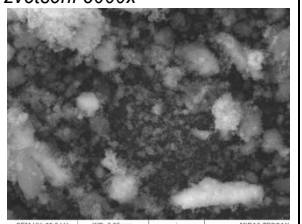
Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 100x



SEM HV: 20.0 kV BI: 10.00
SEM MAG: 10.0 kx Det: SE 5 µm MIRA3 TESCAN

Malachit umělý na povrchu sklíčka po aplikaci iontoměniče Purolite C100EHLT

REM-EDS, fotografováno při zvětšení 5000x



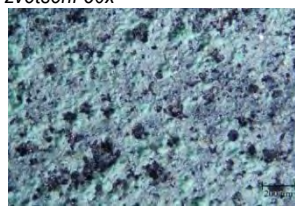
SEM HV: 20.0 kV WD: 5.80 mm
SEM MAG: 5.00 kx Det: SE 10 µm MIRA3 TESCAN

REM-EDS, fotografováno při zvětšení 10000x



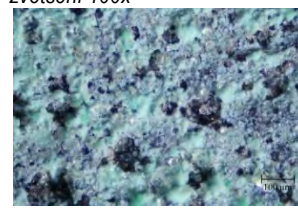
SEM HV: 20.0 kV BI: 10.00
SEM MAG: 10.0 kx Det: SE 5 µm MIRA3 TESCAN

Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x



SEM HV: 20.0 kV BI: 10.00
SEM MAG: 10.0 kx Det: SE 5 µm MIRA3 TESCAN

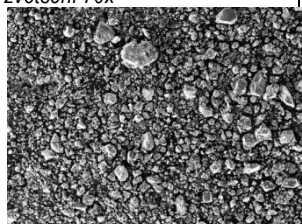
Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 100x



SEM HV: 20.0 kV BI: 10.00
SEM MAG: 10.0 kx Det: SE 5 µm MIRA3 TESCAN

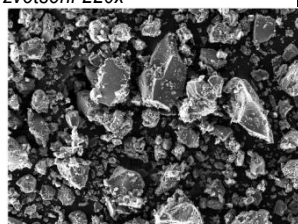
iontoměníč Purolite C100EHLT před aplikací na povrch sklíčka

REM-EDS, fotografováno při zvětšení 70x



SEM HV: 15.0 kV WD: 9.88 mm
SEM MAG: 70 x Det: SE 1 mm MIRA3 TESCAN

REM-EDS, fotografováno při zvětšení 220x



SEM HV: 15.0 kV WD: 9.88 mm
SEM MAG: 200 x Det: SE 200 µm MIRA3 TESCAN

Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x



SEM HV: 15.0 kV BI: 10.00
SEM MAG: 10.0 kx Det: SE 5 µm MIRA3 TESCAN

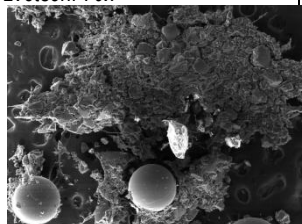
Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 100x



SEM HV: 15.0 kV BI: 10.00
SEM MAG: 10.0 kx Det: SE 5 µm MIRA3 TESCAN

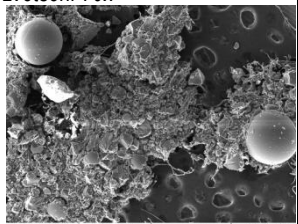
iontoměníč Purolite C100EHLT po aplikaci na povrch sklíčka

REM-EDS, fotografováno při zvětšení 70x



SEM HV: 20.0 kV WD: 14.48 mm
SEM MAG: 70 x Det: SE 1 mm MIRA3 TESCAN

REM-EDS, fotografováno při zvětšení 70x



SEM HV: 20.0 kV WD: 15.78 mm
SEM MAG: 70 x Det: SE 1 mm MIRA3 TESCAN

Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x



SEM HV: 20.0 kV BI: 10.00
SEM MAG: 10.0 kx Det: SE 5 µm MIRA3 TESCAN

Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 200x



SEM HV: 20.0 kV BI: 10.00
SEM MAG: 10.0 kx Det: SE 5 µm MIRA3 TESCAN

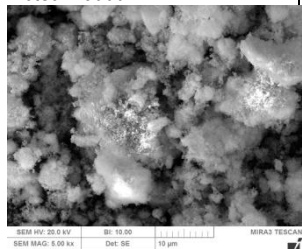
Vyhodnocení:

- pigment zůstává po aplikaci bez změny barevnosti
- struktura i složení pigmentu je nezměněno, na pigmentu jsou místy povlaky (pravděpodobně karboxymethylcelulózy), dále jsou přítomny úlomky iontoměniče
- na rubu japonského papíru jsou přítomna zrna pigmentu
- iontoměníč mění svou barevnost na žlutozelenou až sytě zelenou, struktura iontoměniče nezměněná
- na povrchu iontoměniče jsou přítomny sloučeniny mědi pocházející s pigmentu

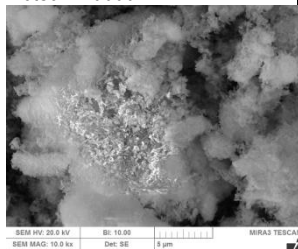
vzorek 10 Malachit umělý/ Purolite C104

Malachit umělý na povrchu sklíčka před aplikací iontoměniče

REM-EDS, fotografováno při zvětšení 5000x



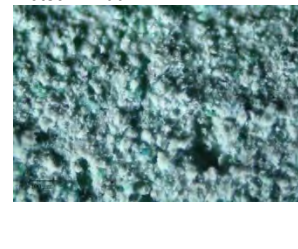
REM-EDS, fotografováno při zvětšení 10000x



Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x

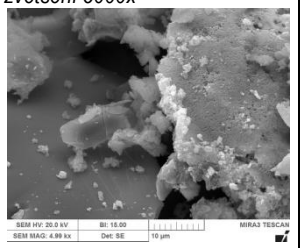


Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 100x

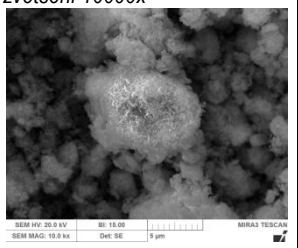


Malachit umělý na povrchu sklíčka po aplikaci iontoměniče Purolite C104

REM-EDS, fotografováno při zvětšení 5000x



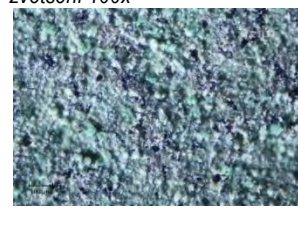
REM-EDS, fotografováno při zvětšení 10000x



Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x

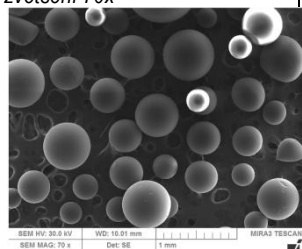


Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 100x

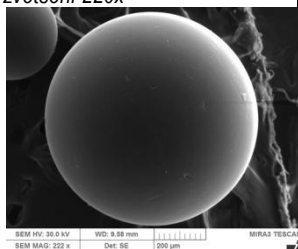


iontoměnič Purolite C104 před aplikací na povrch sklíčka

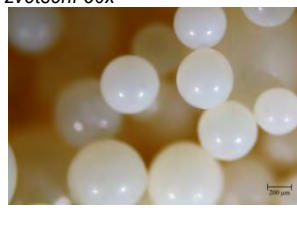
REM-EDS, fotografováno při zvětšení 70x



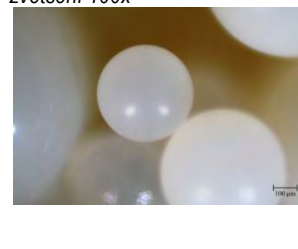
REM-EDS, fotografováno při zvětšení 220x



Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x

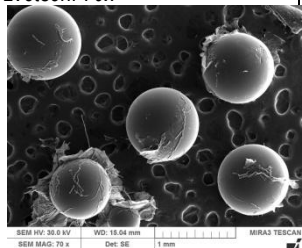


Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 100x

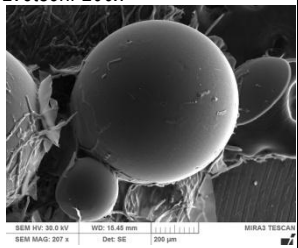


iontoměnič Purolite C104 po aplikaci na povrch sklíčka

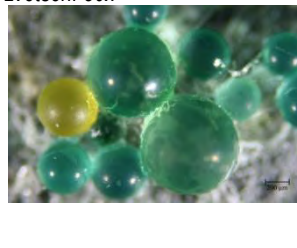
REM-EDS, fotografováno při zvětšení 70x



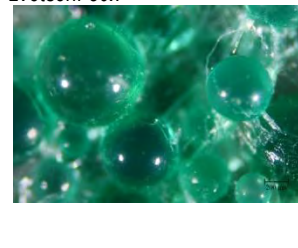
REM-EDS, fotografováno při zvětšení 200x



Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x



Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x



Vyhodnocení:

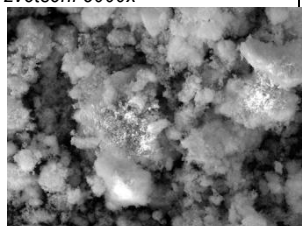
- pigment zůstává po aplikaci bez změny barevnosti
- struktura pigmentu je nezměněna
- z lícové strany obsahuje japonský papír velmi malé množství mědi, jejíž zdrojem je pravděpodobně pigment
- iontoměnič mění postupně svou barevnost na sytě zelenou, struktura iontoměniče zůstává nezměněna
- iontoměnič obsahuje měď (nižší obsah v porovnání s iontoměničem Purolite C100EHLT)

vzorek 11

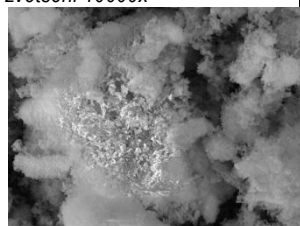
Malachit umělý/ Purolite PPA400

Malachit umělý na povrchu sklíčka před aplikací iontoměniče

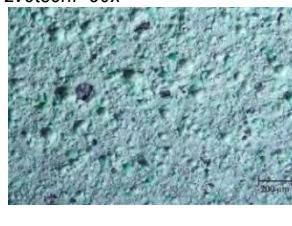
REM-EDS, fotografováno při zvětšení 5000x



REM-EDS, fotografováno při zvětšení 10000x



Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x

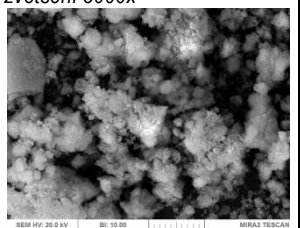


Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 100x

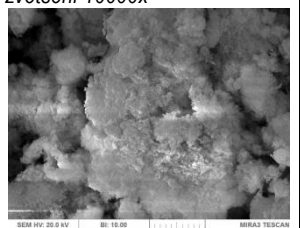


Malachit umělý na povrchu sklíčka po aplikaci iontoměniče Purolite PPA400

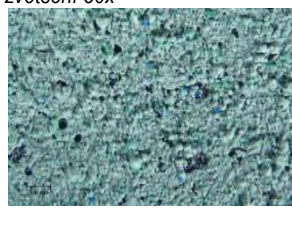
REM-EDS, fotografováno při zvětšení 5000x



REM-EDS, fotografováno při zvětšení 10000x



Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x

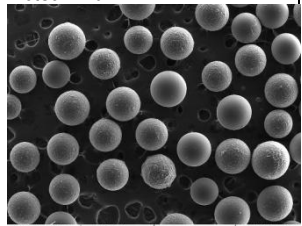


Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 100x

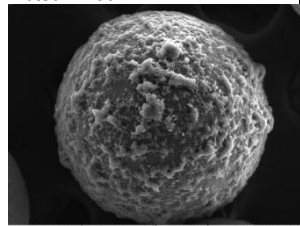


iontoměníč Purolite PPA400 před aplikací na povrch sklíčka

REM-EDS, fotografováno při zvětšení 70x



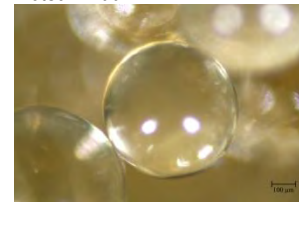
REM-EDS, fotografováno při zvětšení 450x



Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x

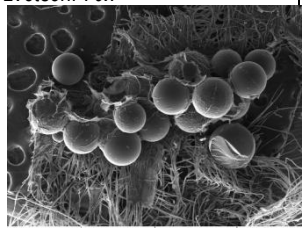


Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 100x

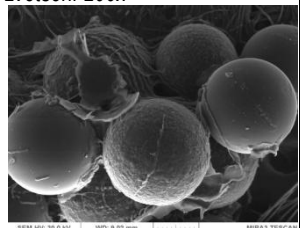


iontoměníč Purolite PPA400 po aplikaci na povrch sklíčka

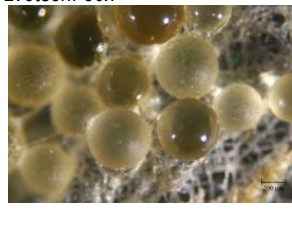
REM-EDS, fotografováno při zvětšení 70x



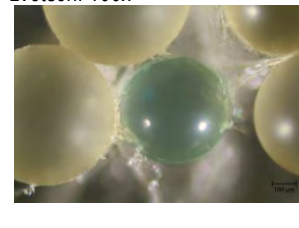
REM-EDS, fotografováno při zvětšení 200x



Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x



Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 100x



Vyhodnocení:

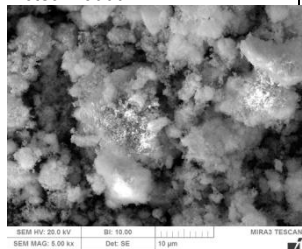
- pigment zůstává po aplikaci bez změny barevnosti, struktura pigmentu je nezměněna
- pigment obsahuje pouze velmi malé množství chlóru, jehož zdrojem je pravděpodobně iontoměníč
- z lícové strany obsahuje japonský papír velmi malé množství mědi
- iontoměníč má po aplikaci stejnou barevnost – ojedinele jsou patrné lehce nazelenalé kuličky
- struktura iontoměníče zůstává nezměněná, iontoměníč neobsahuje měď

vzorek 12

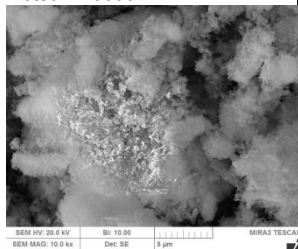
Malachit umělý/ Purolite A830

Malachit umělý na povrchu sklíčka před aplikací iontoměniče

REM-EDS, fotografováno při zvětšení 5000x



REM-EDS, fotografováno při zvětšení 10000x



Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x

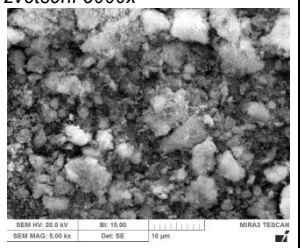


Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 100x

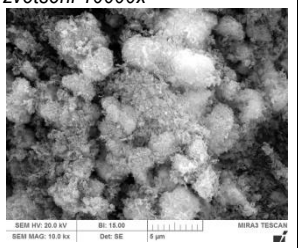


Malachit umělý na povrchu sklíčka po aplikaci iontoměniče Purolite A830

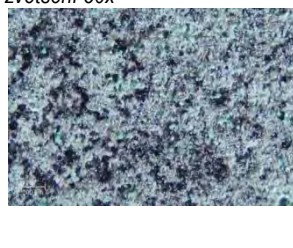
REM-EDS, fotografováno při zvětšení 5000x



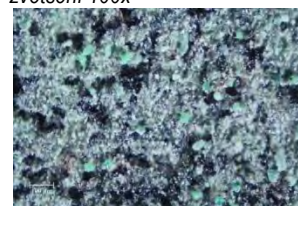
REM-EDS, fotografováno při zvětšení 10000x



Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x

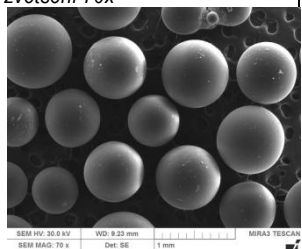


Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 100x

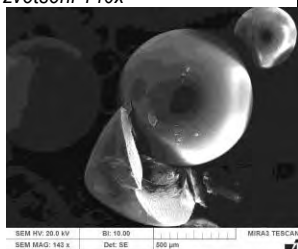


iontoměníč Purolite A830 před aplikací na povrch sklíčka

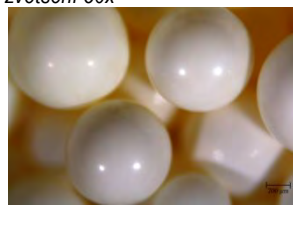
REM-EDS, fotografováno při zvětšení 70x



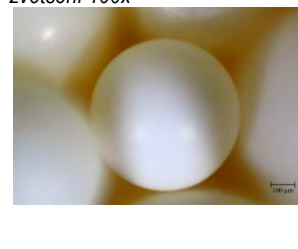
REM-EDS, fotografováno při zvětšení 140x



Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x

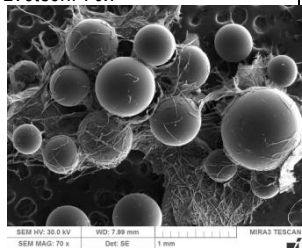


Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 100x

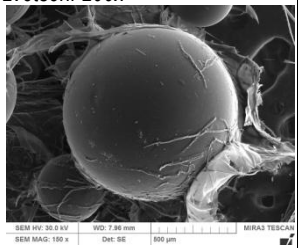


iontoměníč Purolite A830 po aplikaci na povrch sklíčka

REM-EDS, fotografováno při zvětšení 70x



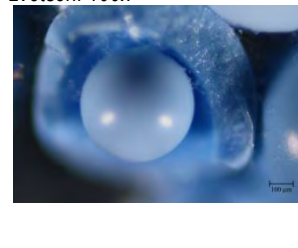
REM-EDS, fotografováno při zvětšení 200x



Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x



Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 100x



Vyhodnocení:

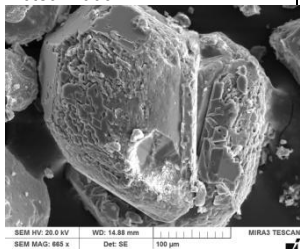
- pigment zůstává po aplikaci bez změny barevnosti
- struktura i složení pigmentu zůstává nezměněna
- iontoměníč postupně mění svou barevnost z bílé do modré, struktura iontoměníče zůstává nezměněná
- z prvkového složení vyplývá, že jsou na povrchu iontoměníče přítomny sloučeniny mědi, jejichž zdrojem je pravděpodobně pigment (v nižším množství než u iontoměníče Purolite C100EHLT)

vzorek 13

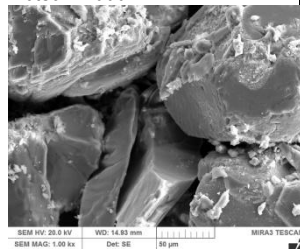
Měděnka / Purolite C100EHLT(drcený)

Měděnka na povrchu sklíčka před aplikací iontoměniče

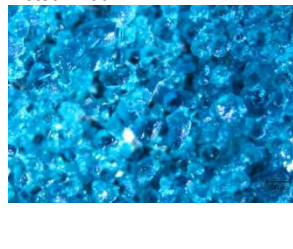
REM-EDS, fotografováno při zvětšení 665x



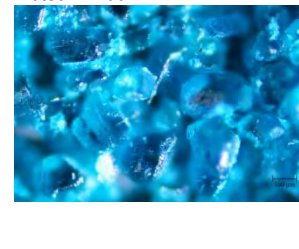
REM-EDS, fotografováno při zvětšení 1000x



Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x

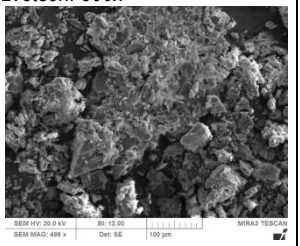


Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 100x

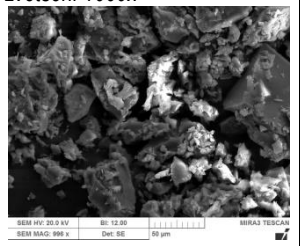


Měděnka na povrchu sklíčka po aplikaci iontoměniče Purolite 100EHLT

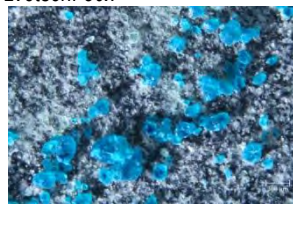
REM-EDS, fotografováno při zvětšení 500x



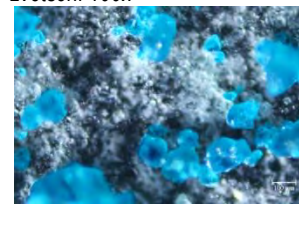
REM-EDS, fotografováno při zvětšení 1000x



Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x

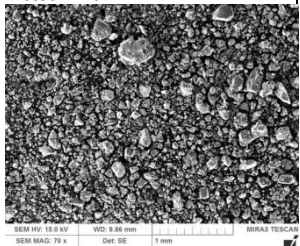


Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 100x

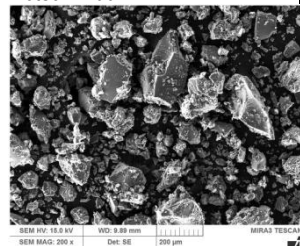


iontoměnič Purolite C100EHLT před aplikací na povrch sklíčka

REM-EDS, fotografováno při zvětšení 70x



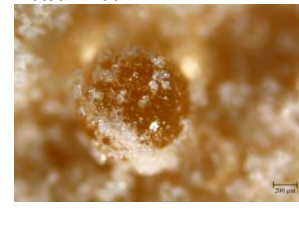
REM-EDS, fotografováno při zvětšení 200x



Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x

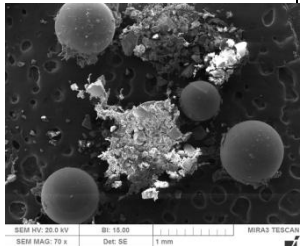


Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 100x

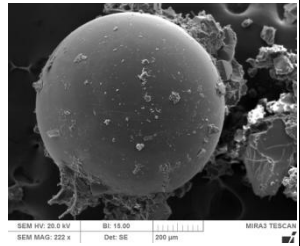


iontoměnič Purolite 100EHLT po aplikaci na povrch sklíčka

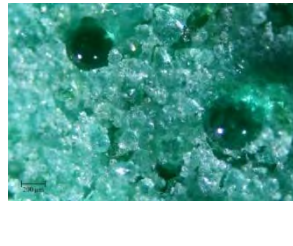
REM-EDS, fotografováno při zvětšení 70x



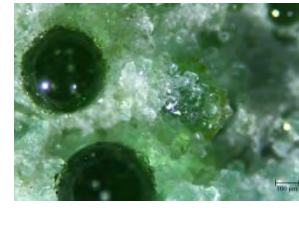
REM-EDS, fotografováno při zvětšení 200x



Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x



Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 100x



Vyhodnocení:

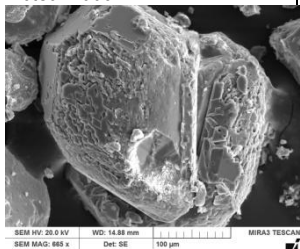
- pigment je po aplikaci bez změny barevnosti, je popraskán a jsou zde přítomny částice iontoměniče
- složení pigmentu zůstává nezměněno
- iontoměnič mění svou barevnost na sytě zelenou a obsahuje měď

vzorek 14

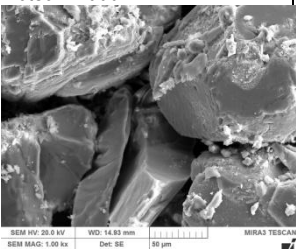
Měděnka / Purolite C104

Měděnka na povrchu sklíčka před aplikací iontoměniče

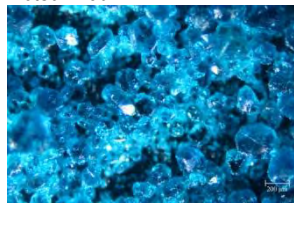
REM-EDS, fotografováno při zvětšení 665x



REM-EDS, fotografováno při zvětšení 1000x



Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x



Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 100x

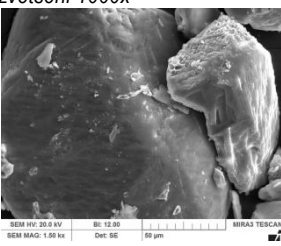


Měděnka na povrchu sklíčka po aplikaci iontoměniče Purolite C104

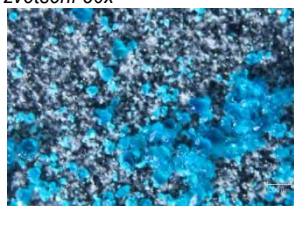
REM-EDS, fotografováno při zvětšení 500x



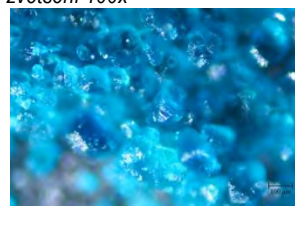
REM-EDS, fotografováno při zvětšení 1000x



Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x

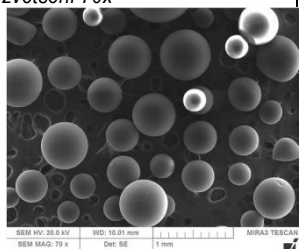


Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 100x

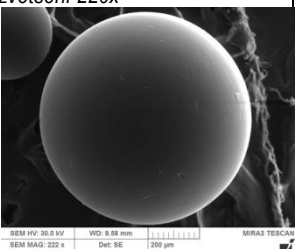


iontoměnič Purolite C104 před aplikací na povrch sklíčka

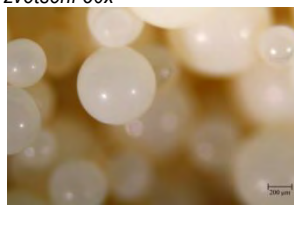
REM-EDS, fotografováno při zvětšení 70x



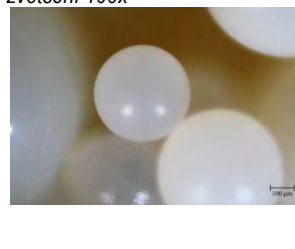
REM-EDS, fotografováno při zvětšení 220x



Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x

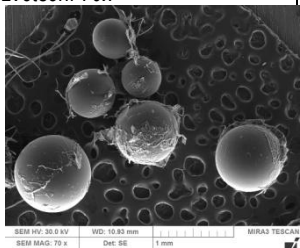


Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 100x

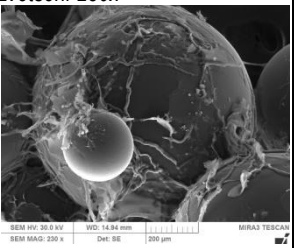


iontoměnič Purolite C104 po aplikaci na povrch sklíčka

REM-EDS, fotografováno při zvětšení 70x



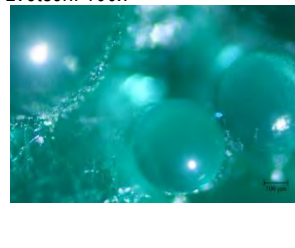
REM-EDS, fotografováno při zvětšení 230x



Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x



Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 100x



Vyhodnocení:

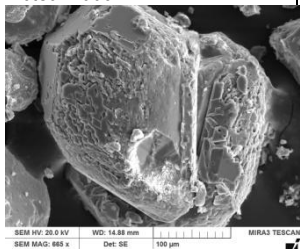
- pigment zůstává po aplikaci bez změny barevnosti
- složení, struktura i velikost pigmentu zůstává nezměněna
- iontoměnič mění svou barevnost na sytě zelenou
- prvkového složení je patrné, že povrch iontoměniče obsahuje sloučeniny mědi v nižším množství v porovnání s iontoměničem Purolite C100EHLT

Vzorek 15

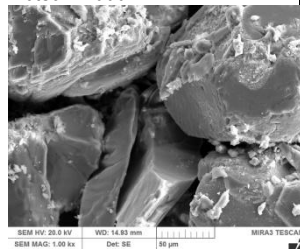
Měděnka / Purolite PPA400

Měděnka na povrchu sklíčka před aplikací iontoměniče

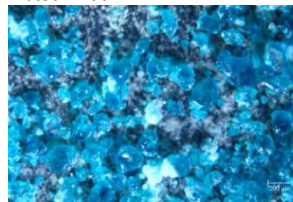
REM-EDS, fotografováno při
zvětšení 665x



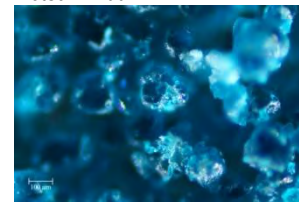
REM-EDS, fotografováno při
zvětšení 1000x



Optický mikroskop, fotograf. při
zvětšení 50x

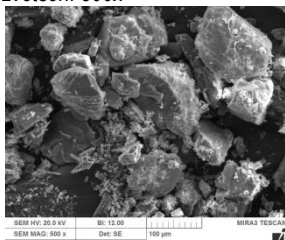


Optický mikroskop, fotograf. při
zvětšení 100x

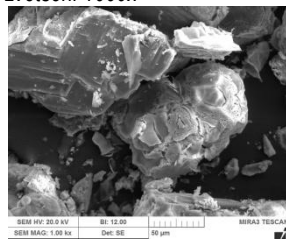


Měděnka na povrchu sklíčka po aplikaci iontoměniče Purolite PPA400

REM-EDS, fotografováno při
zvětšení 500x



REM-EDS, fotografováno při
zvětšení 1000x



Optický mikroskop, fotograf. při
zvětšení 50x

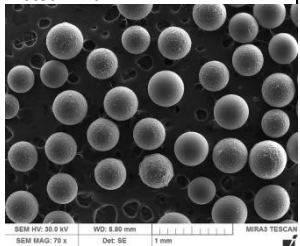


Optický mikroskop, fotograf. při
zvětšení 100x

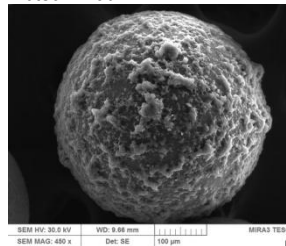


iontoměnič Purolite PPA400 před aplikací na povrch sklíčka

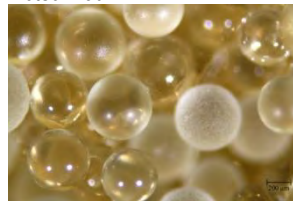
REM-EDS, fotografováno při
zvětšení 70x



REM-EDS, fotografováno při
zvětšení 450x



Optický mikroskop, fotograf. při
zvětšení 50x

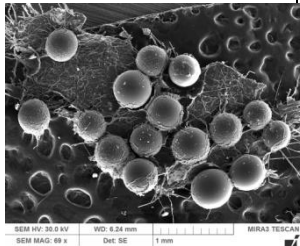


Optický mikroskop, fotograf. při
zvětšení 100x

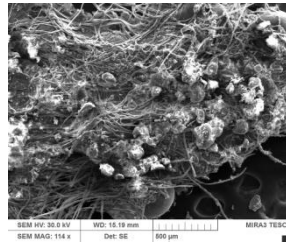


iontoměnič Purolite PPA400 po aplikaci na povrch sklíčka

REM-EDS, fotografováno při
zvětšení 70x



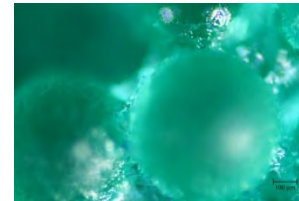
REM-EDS, fotografováno při
zvětšení 114x



Optický mikroskop, fotograf. při
zvětšení 50x



Optický mikroskop, fotograf. při
zvětšení 100x



Vyhodnocení:

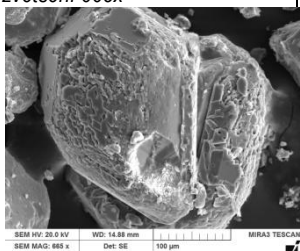
- pigment je po aplikaci bez změny barevnosti, povrch některých zrn pigmentu je popraskán
- na popraskaném zrnu byl detekován chlor, je tedy pravděpodobné, že je jev způsoben iontoměničem
- postupné rozrušení barevné vrstvy (pravděpodobně pouze působením vody)
- na líci japonského papíru je přítomna měď, ale ne krystaly pigmentu
- iontoměnič mění svou barevnost na sytě zelenou a obsahuje měď ve srovnatelném množství v porovnání s iontoměničem Purolite C104

Vzorek 16

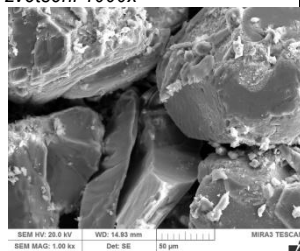
Měděnka / Purolite A830

Měděnka na povrchu sklíčka před aplikací iontoměniče

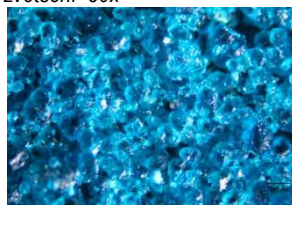
REM-EDS, fotografováno při zvětšení 665x



REM-EDS, fotografováno při zvětšení 1000x



Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x

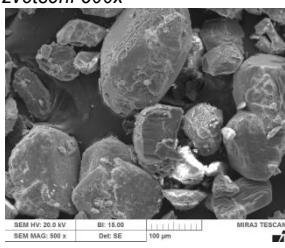


Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 100x

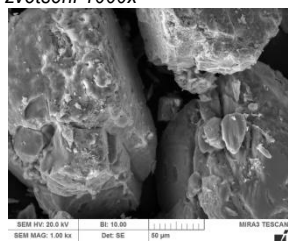


Měděnka na povrchu sklíčka po aplikaci iontoměniče Purolite A830

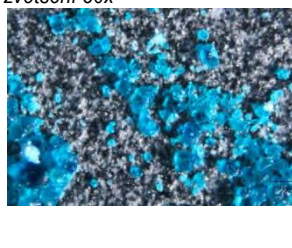
REM-EDS, fotografováno při zvětšení 500x



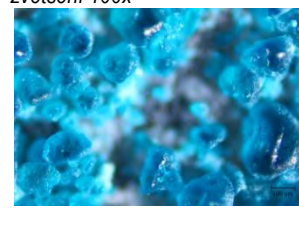
REM-EDS, fotografováno při zvětšení 1000x



Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x

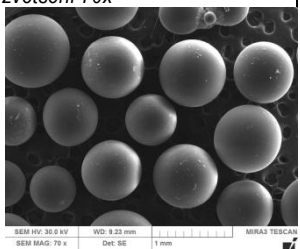


Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 100x

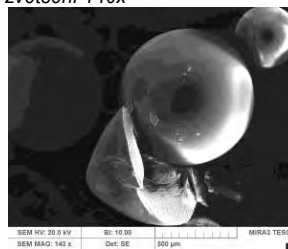


iontoměnič Purolite A830 před aplikací na povrch sklíčka

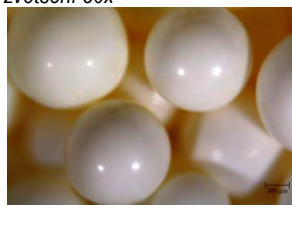
REM-EDS, fotografováno při zvětšení 70x



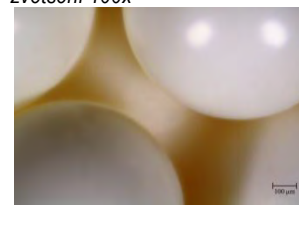
REM-EDS, fotografováno při zvětšení 140x



Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x

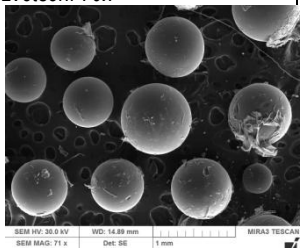


Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 100x

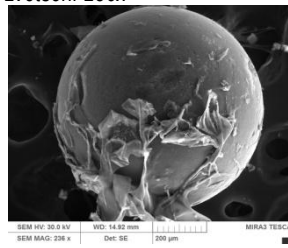


iontoměnič Purolite A830 po aplikaci na povrch sklíčka

REM-EDS, fotografováno při zvětšení 70x



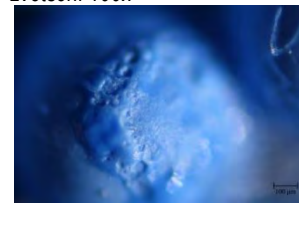
REM-EDS, fotografováno při zvětšení 236x



Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 50x



Optický mikroskop, fotograf. při zvětšení 100x



Vyhodnocení:

- pigment je po aplikaci bez změny barevnosti, prvkové složení nezměněno
- povrch některých zrn pigmentu popraskán, v menší míře a méně často v porovnání s C100EHLT
- postupné rozrušení barevné vrstvy (pravděpodobně pouze působením vody)
- iontoměnič mění svou barevnost na sytě modrou
- z prvkového složení je patrné, že povrch iontoměniče obsahuje sloučeniny mědi, jejíž obsah je srovnatelný s Purolitem C100EHLT

13. ZÁVĚR

I. Praktická část

Tato praktická bakalářská práce pro mě byla v několika ohledech přínosná. Poprvé po několikaleté restaurátorské praxi jsem měl možnost účastnit se na zakázce, kterou zastřešovala restaurátorská agentura, a na které se podílel větší tým restaurátorů z různých oborů, bez kterého se práce podobného rozsahu realizovat nedají. Zároveň to byla příležitost podílet se na restaurování uměleckého díla, které svou kvalitou i významem daleko převyšuje „umělecko-řemeslné malby“, se kterými se většinou v praxi setkávám.

Z hlediska samotného restaurátorského zákroku pro mě bylo zajímavou zkušeností čištění a odstraňování přemaleb pomocí iontoměníčů. V minulosti jsem měl už dvakrát možnost vyzkoušet si práci s iontoměníči a vždy bylo jejich použití velmi efektivní. Také v tomto případě byla jejich aplikace bezproblémová, s dobrou kontrolovatelností procesu čištění a výborným účinkem.

Největší úskalí samotné práce spočívalo především ve zmapování druhotných přemaleb a stanovení míry jejich odstranění a následné míry retuší pro prezentaci malby, což jsou rozhodnutí subjektivní, a proto mohou být vždy sporná. Východiskem pro řešení těchto otázek byl stav původní malby (resp. dochování původní malby pod přemalbami), celková koncepce restaurátorského zásahu a také využití samotného prostoru baziliky. Na základě těchto skutečností se jevílo jako žádoucí, přemalby, které Stegerovu malbu s původně silným prostorovým efektem a se skutečně zářivou barevností znečitěňovaly, devalvovaly a zplošťovaly, z větší části odstranit. Jako důležité jsem považoval odstranit především přemalby v pozadí panny Marie v medailonu a přemalby pozadí za Sárrou. Ostatní přemalby byly buď pouze redukovány, nebo zcela ponechány.

Malba byla dobře dochovaná, takže napodobivá retuš byla provedena pouze lokálně s výjimkou části drapérie andílka, kde malba naopak zcela chyběla. V tomto místě jsem vzhledem k celkovému stavu malby přistoupil k rekonstrukci. Jak u retuší, tak u dílčí rekonstrukce byl kladen veliký důraz na reverzibilitu a dokumentaci.

Závěrem bych chtěl podotknout, že na podobných akcích, kde se pohybuje větší množství restaurátorů, je dle mého názoru z hlediska úspěšnosti restaurátorského zásahu a následné prezentace restaurovaného díla, klíčová koordinace práce jednotlivých restaurátorů a technologických postupů. Na samotné restaurátory to vedle odbornosti klade předpoklady, jako jsou schopnost pracovat v týmu, tzn. komunikativnost a částečné potlačení individuálního přístupu ve prospěch celku. Myslím si, že tyto vlastnosti, které jsou předpokladem úspěšné a konstruktivní práce, je proto třeba v restaurátorech podporovat již v rámci vzdělávání.

II. Teoretická část

Teoretická část bakalářské práce se zabývá vlivem iontoměníčů na vlastnosti pigmentů. V rámci teoretické části bakalářské práce byly soustředěny poznatky o iontoměníčích a jejich využití při restaurování kulturních objektů. V této souvislosti jsou uvedena rizika a možné negativní důsledky aplikace iontoměníčů při odstraňování nečistot či odsolování minerálních materiálů, které jsou součástí především nástěnné malby a kamene. Literární rešerše je detailněji zaměřena na možnost změny vlastností pigmentů po aplikaci iontoměníčů. Ze

získaných poznatků vyplývá, že může docházet ke změně barevnosti či rozkladu některých pigmentů při aplikaci iontoměničů. Příčinou tohoto jevu může být například změna hodnoty pH vodného prostředí přítomnými iontoměniči.

Na základě poznatků získaných z dostupných písemných pramenů byla stanovena koncepce praktické části bakalářské práce. Hlavním cílem této části práce bylo srovnání citlivosti vybraných modrých a zelených pigmentů při aplikaci slabých a silných katexových či anexových iontoměničů. Pro účely experimentu byly připraveny vzorky vrstev s vybranými pigmenty, pruskou modří, umělým azuritem, umělým malachitem a měděnkou, na skleněných podkladech. Na takto připravené barevné vrstvy byly aplikovány katexové i anexové iontoměniče firmy Purolite s obchodními názvy Purolite C100EHLT (silný katex), Purolite C104 (slabý katex), Purolite PPA400 (silný anex), Purolite A830 (slabý anex).

Působení iontoměničů na vrstvy s pigmenty bylo v průběhu práce vizuálně posuzováno a podrobně fotograficky dokumentováno v daných časových intervalech. K vyhodnocení vlivu iontoměničů byly dále použity metody optické a elektronové mikroskopie s prvkovou analýzou. Sledovány byly barevné změny vrstev pigmentů i iontoměničů před a po aplikaci iontoměniče, dále byly pozorovány změny ve tvaru, struktuře, velikosti částic a prvkovém složení pigmentů a iontoměničů.

Již při vizuálním pozorování pigmentů po aplikaci iontoměničů byl potvrzen předpoklad možné interakce iontoměničů s vybranými pigmenty. Po aplikaci některých iontoměničů docházelo poměrně brzy ke změně barevnosti iontoměniče i pigmentů. Barevnost iontoměničů byla zpravidla změněna z bílé či žluté do zelených a modrých odstínů. Následně provedenou prvkovou analýzou byla na povrchu iontoměničů, ale také v použitém japonském papíře, zjištěna přítomnost sloučenin obsahujících měď či železo, jejichž zdrojem byly prokazatelně pigmenty použité při experimentech.

Významným přínosem provedených experimentů je praktické prokázání možného negativního účinku iontoměničů na vybrané pigmenty. Pro případné další experimenty lze doporučit studium vlivu iontoměničů na barevné vrstvy s organickým pojivem. Lze totiž předpokládat, že přítomnost pojiva může zásadně ovlivňovat změny vlastností pigmentů způsobené iontoměniči.

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, maliřská a štuková výzdoba kleneb a stěn interiéru k římsě, 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 kupuli a dvou kaplích (kaple sv. Josefa a kaple sv. Jáchyma) v kostele Navštívení Panny Marie na sv. Kopečku u Olomouce*, 2008

BENEŠOVÁ, Marika; SATRAPOVÁ, Hana. *Odmaturuj z chemie*. Brno : Didaktis, 2002. 208 s. ISBN 80-86285-56-1.

BURMESTER, A., KOLLER, J., KAWINSKI, H., *The munich Dürer attack: The removal of sulphuric acid and acid compounds by use of a conditioned ion-exchange resin*.

FIORENTINO, P.; MARABELLI, M.; MATTEINI, M.; MOLES, A. *The Condition of the*

'Door of Paradise' by L. Ghiberti. Tests and Proposals for Cleaning. *Studies in Conservation*. 1982, Vol. 27, No. 4, s. 145-153. Dostupný také z WWW: <<http://www.jstor.org/stable/pdfplus/1506062.pdf>>.

GAUTIER, Gwénaëlle; COLOMBINI, Maria Perla. GC-MS identification of proteins in wall painting samples: A fast clean-up procedure to remove copper-based pigment interferences. *Talanta*. 2007, Volume 73, Issue 1, s. 95-102. Dostupný také z WWW: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0039914007001841>>.

GETTENS, Rutherford J.; FITZHUGH, Elisabeth West. Malachite and Green Verditer. *Studies in Conservation*. 1974, Vol. 19, No. 1, s. 2-23. Dostupný také z WWW: <<http://www.jstor.org/stable/pdfplus/1505631.pdf>>.

GUNN, Michèle; CHOTTARD, Geneviève; RIVIÈRE, Eric.; GIRERD, Jean-Jacques; CHOTTARD, Jean-Claude. Chemical Reactions between Copper Pigments and Oleoresinous Media. *Studies in Conservation*. 2002, Vol. 47, No. 1, s. 12-23. Dostupný také z WWW: <<http://www.jstor.org/stable/pdfplus/1506831.pdf?acceptTC=true>>.

KUBIČKA, Roman; ZELINGER, Jiří. Výkladový slovník : Malířství, grafika, restaurátorství. Praha : Grada Publishing, a. s., 2004. 344 s. ISBN 80-247-9046-7.

KÜHN, Hermann. Verdigris and Copper Resinate. *Studies in Conservation*. 1970, Vol. 15, No. 1, s. 12-36. Dostupný také z WWW: <<http://www.jstor.org/stable/pdfplus/1505549.pdf>>.

LEITNER, Heinz. The Treatment of Wall Paintings affected by Salts: An Interdisciplinary Task as seen from a Conservator's Perspective. *Restoration of Buildings and Monuments : Bauinstandsetzen und Baudenkmalpflege*. 2005, Vol. 11, No 6, s. 365-380. Dostupný také z WWW: <http://www.design.upenn.edu/files/16-Leitner_Conservation_RBM_116_2005_.pdf>.

MORA, Laura, MORA, Paolo, PHILIPPOT, Paul. *Conservation of Wall Painting*. London : Butterworths, 1984. 494 s. ISBN 0-408-10812-6.

NAUMOVA, Maya; PISAREVA, Svetlana. A Note on the Use of Blue and Green Copper Compounds in Paintings. *Studies in Conservation*. 1994, Vol. 39, No. 4, s. 277-283. Dostupný také z WWW: <<http://www.jstor.org/stable/pdfplus/1506588.pdf>>.

ŠIMŮNKOVÁ, Eva; BAYEROVÁ, Tatiana. *Pigmenty*. Praha : STOP, 2008. 129 s. ISBN 978-80-86657-11-0.

ŠVARCOVÁ, Silvie; HRADIL, David; HRADILOVÁ, Janka.; KOČÍ, Eva; BEZDIČKA, Petr. Micro-analytical evidence of origin and degradation of copper pigments found in Bohemian Gothic murals. *Analytical & Bioanalytical Chemistry*. 2009, 395, s. 2037–2050.

Dostupný také z WWW:

<<http://ehis.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=45&hid=102&sid=e820adab-40e9-4814-96fc-178c458c1f7a%40sessionmgr114>>.

14.2. Studentské závěrečné práce

BOURSOVÁ, Sean. *Možnost čištění povrchu nástěnných maleb pomocí iontoměničů*. 2006. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, Katedra chemické technologie. Bakalářská práce.

SMITH, Caitlin E. *Cleaning methods for the removal of limewash from painted plaster surfaces: utilizing ion exchange resin on the interior architectural finishes of the Capilla de Nuestra Señora del Rosario in Iglesia San José, in San Juan, Puerto Rico*. Pennsylvania, 2009. ix, 137 s. Diplomová práce. University of Pennsylvania. Dostupné z WWW: <http://repository.upenn.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1133&context=hp_theses>.

14.3. Internetové prameny

Art-protect.cz [online]. 2010 [cit. 2010-08-13]. Tecno Edile Toscana. Dostupné z WWW: <<http://www.art-protect.cz/Cenik/PDF/127.pdf>>.

Česká geologická služba. *Geofond.cz* [online]. 2002-2005 [cit. 2011-07-22]. Jíly. Dostupné z WWW: <http://www.geofond.cz/dokumenty/nersur_rocenky/rocenkanerudy99/html/jily.html>.

<http://pakwatercare.org/wp-content/uploads/2011/03/Ion-Exchanges.jpg>.

Ionex. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 2006, poslední úprava v 2011 [cit. 2011-07-22]. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Ionex>>.

Iontová výměna. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 2008, poslední úprava v 2011 [cit. 2011-07-22]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Iontová_výměna>.

Kvartérní amoniové sloučeniny. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 2008, poslední úprava v 2011 [cit. 2011-07-22]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Kvartérní_amoniové_sloučeniny>.

Metainera.com [online]. 1997 [cit. 2011-07-22]. The Restoration of the Probota Monastery and the Church of St. Nicholas . Dostupné z WWW:
<http://www.metaneira.com/probota_webpage/index.html>.

14.4. Internetové databáze a zdroje

<http://aaa.getty.edu/nps/>

<http://bcin.ca/>

<http://cat.inist.fr/>

<http://cool.conservation-us.org/>

<http://dspace.upce.cz/>

<http://www.conservation-by-design.co.uk/>

<http://www.getty.edu/>

<http://icon.org.uk/>

<http://iiconservation.org/>

<http://www.international.icomos.org/>

<http://sciencedirect.com/>

<http://springerlink.com/>

<http://vydavatelstvi.vscht.cz/>

<http://www.wikipedia.org/>

14.5. 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 pigmentů**
- 15.6. Technické listy zkoušených iontoměničů**

Příloha 15.1. Fotodokumentace k praktické části



Obr. 1 Horní část obrazu s motivem „Abraháмова žena Sára”
- stav před restaurováním.



Obr. 2 Levá horní část obrazu - stav před restaurováním.



Obr. 3 Střední část obrazu s motivem „Abraháмова žena Sára” - stav před restaurováním.



Obr. 4 Ústřední motiv z horní části obrazu s Pannou Marií a Ježíškem - stav před restaurováním.



Obr. 5 Andělek podržující nápisovou pásku ve střední části obrazu
- stav před restaurováním.



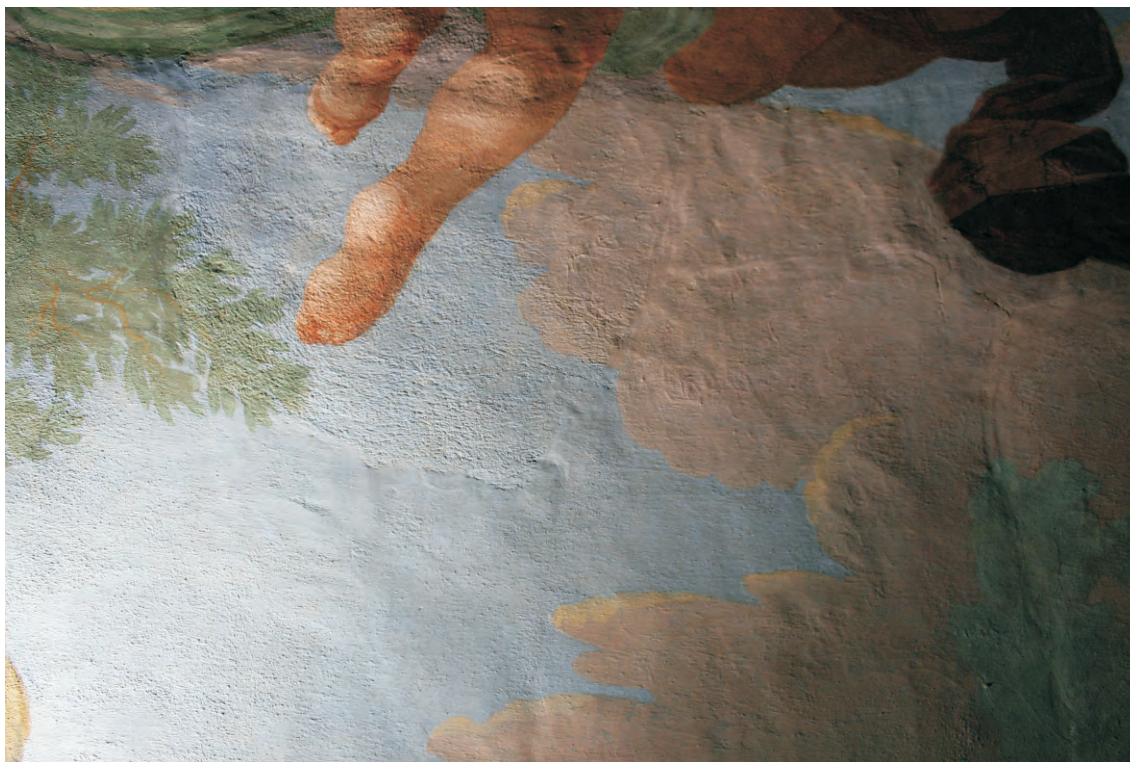
Obr. 6 Andělek podržující nápisovou pásku ve střední části obrazu - detail vlasových
trhlin, které vznikly při hem vysychání omítek - stav před restaurováním.



Obr. 7 Andílek ze skupiny kolem Panny Marie - vlasové trhliny, které vznikly při hem vysychání omítek - stav před restaurováním.



Obr. 8 Malba pozadí nad hlavou ženy podávající Izákovi růže - vlasové trhliny, které vznikly při hem vysychání omítek - stav před restaurováním.



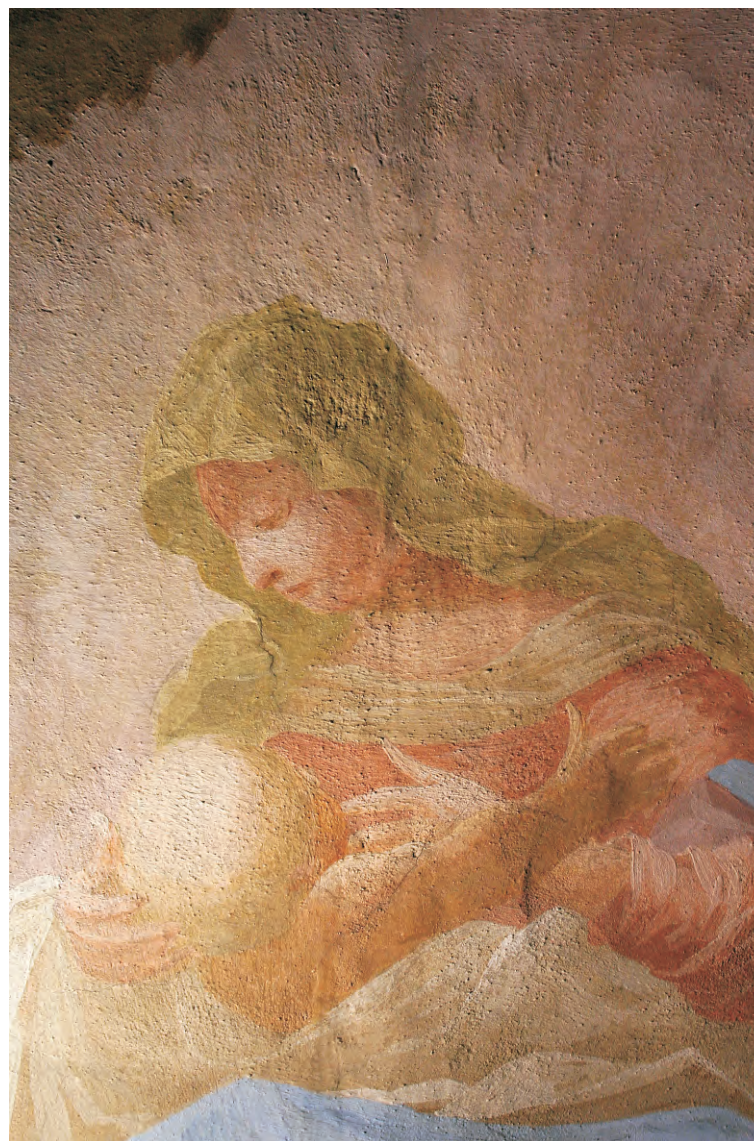
Obr. 9 Rozdílná struktura povrchu intonaka s hranicemi denních dílů v bočním nasvícení.



Obr. 10 Rozdílná struktura povrchu intonaka s hranicemi denních dílů v bočním nasvícení.



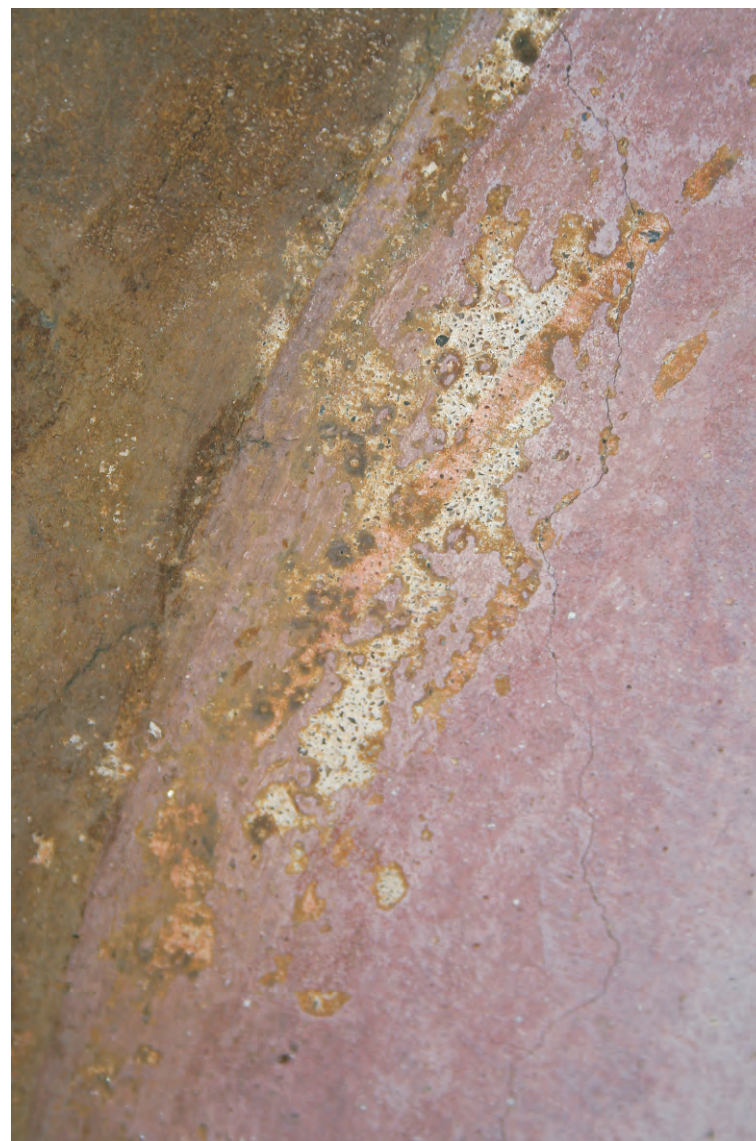
Obr. 11 Panna Marie s Ježíškem - struktura povrchu intonaka v bočním nasvícení.



Obr. 12 Detail Panny Marie s Ježíškem - struktura povrchu intonaka v bočním nasvícení.



Obr. 13 Původní červená štiřcová rozkresba pod částečně nedochovanou barevnou vrstvou v oblasti kadeř andělka.



Obr. 14 Původní červená štiřcová rozkresba pod částečně nedochovanou barevnou vrstvou na okraji medailonu s Pannou Marií.



Obr. 15 Původní uhlová rozkresba hlavy andělka s kadeřemi, který byl finálně ztvárněn o něco výše (lokalizace viz. Příklad 10.2. Grafická dokumentace).



Obr. 16 Původní oprava (nahrazení intonaka) draperie andělka podporujícího nápisovou pásku v pravé horní části obrazu (lokalizace viz. Příklad 10.2. Grafická dokumentace).



Obr. 17 Původní oprava (nahrazení intonaka) draperie andělka přidržujícího nápisovou pásku v pravé horní části obrazu (lokalizace viz. Příklad 10.2. Grafická dokumentace).



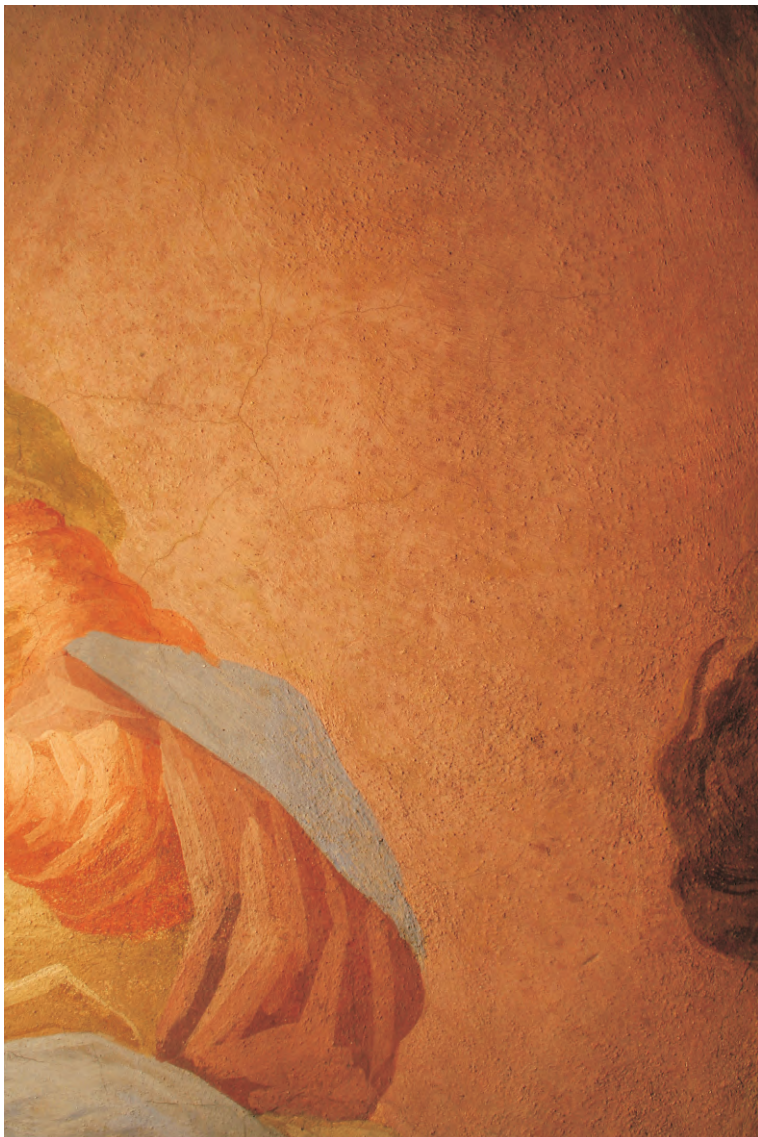
Obr. 18 Detail původní opravy v draperii andělka přidržujícího nápisovou pásku v pravé horní části obrazu (lokalizace viz. Příklad 10.2. Grafická dokumentace).



Obr. 19 Původní oprava v kompozici (vpravo nahoře viditelná původní štiřcová rozkresba ruky andělka podržujícího nápisovou pásku) - lokalizace viz. Příklad 10.2. Grafická dokumentace.



Obr. 20 Původní oprava v levé části nápisové pásky - rozšíření části pásky za písmenem E (lokalizace viz. Příklad 10.2. Grafická dokumentace).



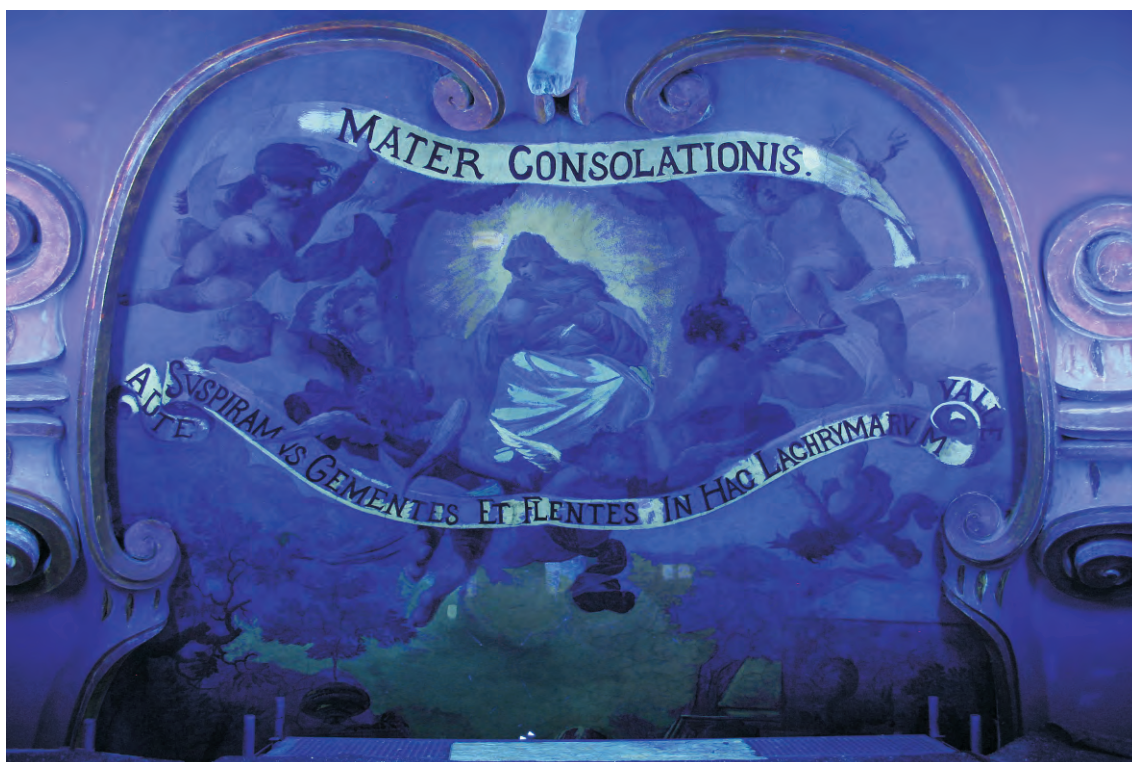
Obr. 21 Otisky textilie na povrchu intonaka vpravo od postavy Panny Marie s Ježíškem.

Obr. 22 Detail otisků textilie na povrchu intonaka vpravo od postavy Panny Marie s Ježíškem.





Obr. 23 Horní část obrazu s přemalbami v denním rozptýleném světle - stav před restaurováním.



Obr. 24 Horní část obrazu s přemalbami v UV světle - stav před restaurováním.



Obr. 25 Střední část obrazu s přemalbami v denním rozptýleném světle - stav před restaurováním.



Obr. 26 Střední část obrazu s přemalbami v UV světle - stav před restaurováním.



Obr. 27 Ústřední scéna s Pannou Marií s přemalbami v denním rozptýleném světle - stav před restaurováním.



Obr. 28 Ústřední scéna s Pannou Marií s přemalbami v UV světle - stav před restaurováním.



Obr. 29 Pravá část nápisové pásky s přemalbami v denním rozptýleném světle - stav před restaurováním.



Obr. 30 Střední část obrazu s plošnou přemalbou v denním rozptýleném světle
- stav před čištěním.



Obr. 31 Střední část obrazu s plošnou přemalbou v denním rozptýleném světle
- stav před čištěním.



Obr. 32 Horní část obrazu s plošnou přemalbou v medailonu s Pannou Marií v denním rozptýleném světle - stav před čištěním.



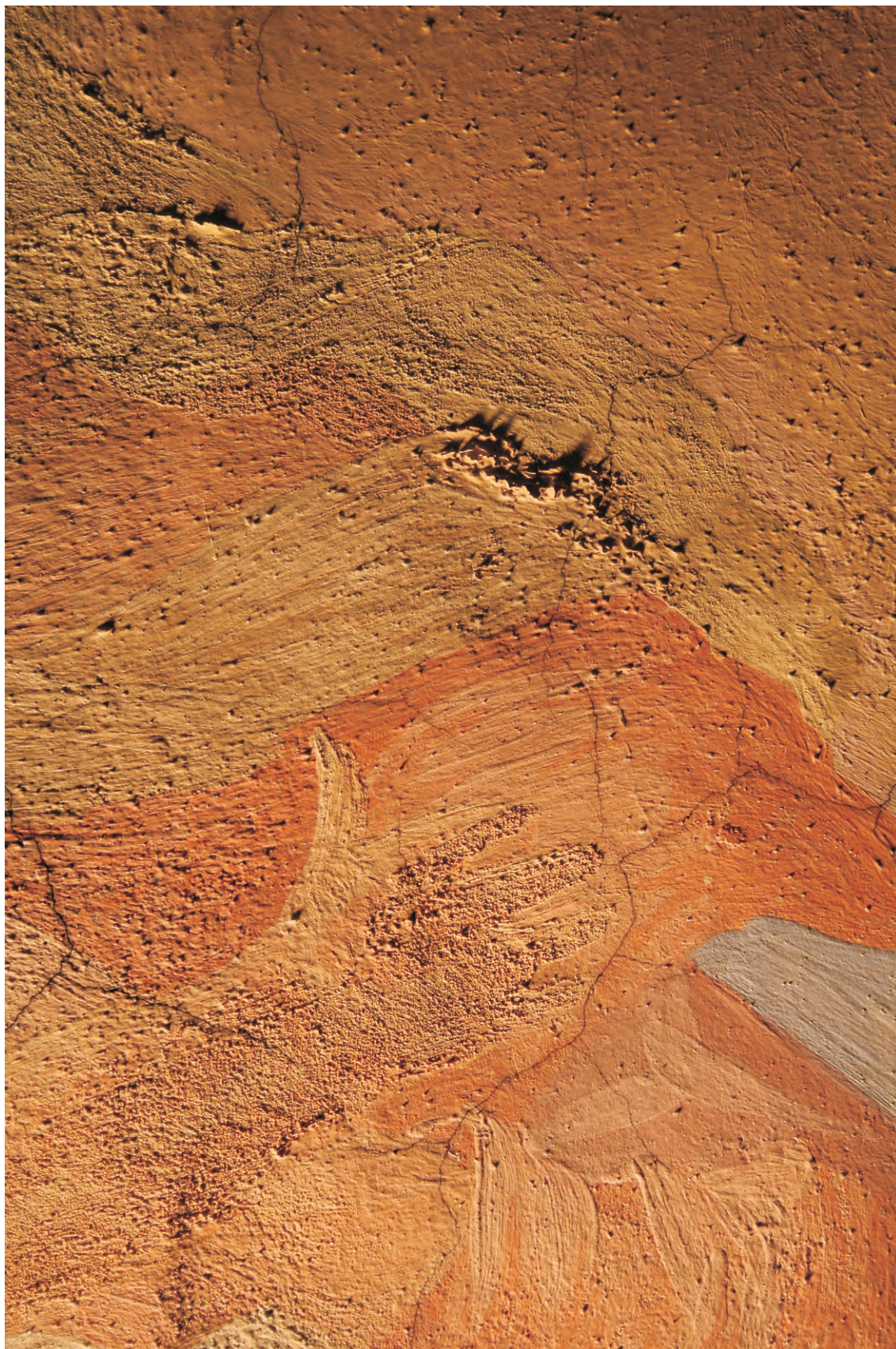
Obr. 33 Část nápisové pásky - pod přemalbou nápisu prosvítá částečně odlišný text (místo „Consolationis” pouze „Lationis”) - stav po čištění.



Obr. 34 Část nápisové pásky - pod přemalbou nápisu prosvítá částečně posunutý text, šipka označuje zbytky původní rozvrženého křídla andělka, které nebylo realizováno.



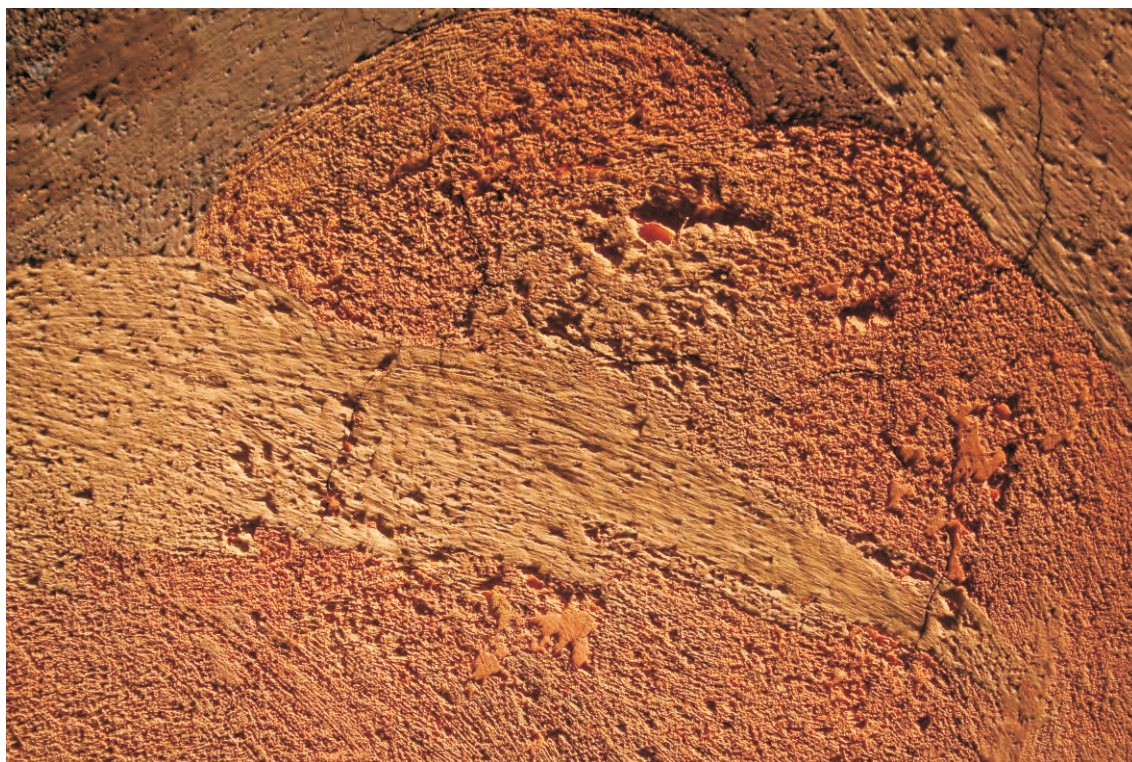
Obr. 35 Detail nápisové pásky s přemalbou nápisu - pod ním text provedený bezpatkovým písmem v černé barvě - stav po čištění ní (přemalby v textu byly ponechány).



Obr. 36 Detail levého ramene Panny Marie a ruky Ježíška se zpráškovatí lou barevnou vrstvou v razantním bočním nasvícení.



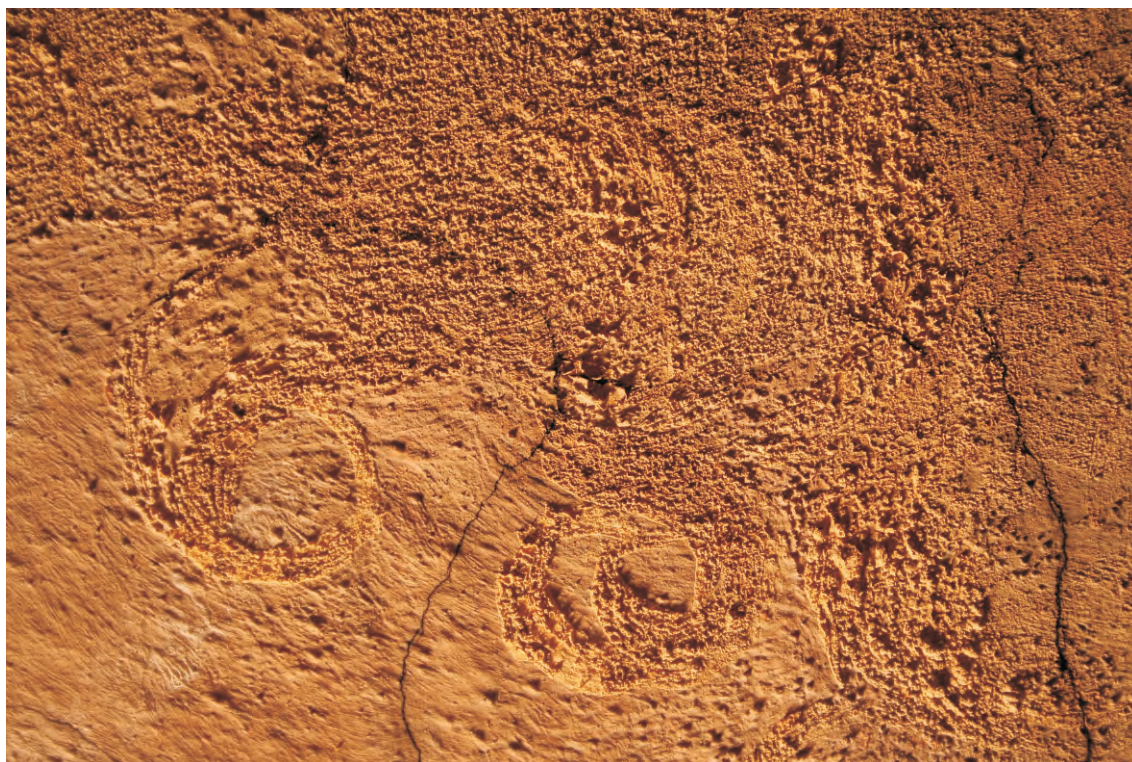
Obr. 37 Zpráškovatí lá barevná vrstva na částech provedených okrem v razantním boěním nasvícení - stav pøed restaurováním.



Obr. 38 Detail zpráškovatí lé barevné vrstvy na částech provedených okrem v razantním boěním nasvícení - stav pøed restaurováním.



Obr. 39 Zpráškovatí lá barevná vrstva na částech provedených okrem v razantním boěním nasvícení - stav pøed restaurováním.



Obr. 40 Detail zpráškovatí lé barevné vrstvy na částech provedených okrem v razantním boěním nasvícení - stav pøed restaurováním.



Obr. 41 Zpráškovatí lá barevná vrstva na částech provedených okrem v razantním boěním nasvícení - stav pøed restaurováním.



Obr. 42 Zpráškovatí lá barevná vrstva na částech provedených okrem v razantním boěním nasvícení - stav pøed restaurováním.



Obr. 43 Biologické napadení vyskytující se v podobě tmavých skvrn na rameni a v kadeřích andělka (výsledky mikrobiologických zkoušek viz. Půloha 10.4. Technologické analýzy, lokalizace viz. Půloha 10.2. Grafická dokumentace).



Obr. 44 Biologické napadení vyskytující se v podobě tmavých skvrn na obličeji andělka (výsledky mikrobiologických zkoušek viz. Půloha 10.4. Technologické analýzy, lokalizace viz. Půloha 10.2. Grafická dokumentace).



Obr. 45 Biologické napadení vyskytující se v podobě tmavých skvrn na postavě andělka (výsledky mikrobiologických zkoušek viz. Příklad 10.4. Technologické analýzy, lokalizace viz. Příklad 10.2. Grafická dokumentace).



Obr. 45 Biologické napadení vyskytující se v podobě tmavých skvrn na postavě andělka (výsledky mikrobiologických zkoušek viz. Příklad 10.4. Technologické analýzy, lokalizace viz. Příklad 10.2. Grafická dokumentace).



Obr. 47 Horní část obrazu se zkouškami odstraňování přemaleb v medailonu nad hlavou Panny Marie.



Obr. 48 Zkoušky odstraňování přemaleb v medailonu nad hlavou Panny Marie (popis jednotlivých zkoušek viz. textová část, kapitola 5.4.1 Zkoušky čištění a odstraňování přemaleb).



Obr. 49 Zkouška čištění pomocí iontomíniče C100EHLT na křídle andělka.



Obr. 50 Zkouška čištění pomocí iontomì nièe C100EHLT.



Obr. 51 Zkouška čištění pomocí iontomì nièe C100EHLT.



Obr. 52 Střední část obrazu během odstraňování přemalby pomocí iontomì nièe C100EHLT.



Obr. 53 Dvì fáze postupného odstraňování přemalby ve střední části obrazu pomocí iontomì nièe C100EHLT - A - před odstranìním, B - pod 3 min pùsobení, C - po dalším 3 min pùsobení.



Obr. 54 Horní část obrazu bývá hem čištění s ponechaným referenčním vzorkem stavu před čištěním a odstraněním přemalby.

Obr. 55 Referenční vzorek stavu před čištěním v levé střední části obrazu.



Obr. 56 Levá horní část obrazu bíhem čištění s ponechanými referenčními vzorky stavu před čištěním a odstraněním přemalob.



Obr. 57 Část medailonu s Pannou Marií a Ježíšem křesťanským s ponechanými referenčními vzorky stavu před čištěním a odstraněním přemalování.



Obr. 58 Detail malby v levé horní části obrazu s ponechaným referenčním vzorkem stavu před čištěním.



Obr. 59 Hranice ploch před a po čištění na draperii andělka.



Obr. 60 Horní část obrazu - stav před restaurováním.



Obr. 61 Horní část obrazu - stav po čištění a odstranění přemalbě.



Obr. 62 Horní část obrazu - stav po restaurování.



Obr. 63 Ústřední scéna v horní části obrazu - stav před restaurováním.



Obr. 64 Ústřední scéna v horní části obrazu - stav po čištění a odstranění přemalob.



Obr. 65 Ústřední scéna v horní části obrazu - stav po restaurování.



Obr. 66 Medailon s Pannou Marií a Ježíškem
- stav pøed restaurováním.



Obr. 67 Medailon s Pannou Marií a Ježíškem
- stav po èišti ní a odstranì ní pøemaleb.



Obr. 68 Medailon s Pannou Marií a Ježíškem
- stav po restaurování.



Obr. 69 Levá horní část obrazu - stav před restaurováním.



Obr. 70 Levá horní část obrazu - stav po čištění a odstranění přemalby.



Obr. 71 Levá horní část obrazu - stav po restaurování.



Obr. 72 Skupina andělů s nápisovou páskou vlevo pod medailonem s Pannou Marií
- stav před restaurováním.



Obr. 73 Skupina andělů s nápisovou páskou vlevo pod medailonem s Pannou Marií
- stav po čištění a odstranění přemalbě.



Obr. 74 Skupina andělků s nápisovou páskou vlevo pod medailonem s Pannou Marií
- stav po restaurování.



Obr. 75 Skupina andílků s nápisovou páskou vpravo pod medailonem s Pannou Marií - stav před restaurováním.



Obr. 76 Skupina andílků s nápisovou páskou vpravo pod medailonem s Pannou Marií - stav po čištění a odstranění přemalbě.



Obr. 77 Skupina andělků s nápisovou páskou vpravo pod medailonem s Pannou Marií - stav po restaurování.



Obr. 78 Skupina andělů s nápisovou páskou pod medailonem s Pannou Marií - stav po restaurování.



Obr. 79 Skupina andělů s nápisovou páskou vlevo pod medailonem s Pannou Marií
- stav po restaurování.



Obr. 80 Horní část obrazu
- stav po restaurování.



Obr. 81 Pravá horní část obrazu s andílkem
přidržujícím nápisovou pásku
- stav po restaurování.



Obr. 82 Horní část obrazu - stav po restaurování.







Obr. 83 Obraz s motivem „Abraháмова žena Sára” - stav po restaurování.



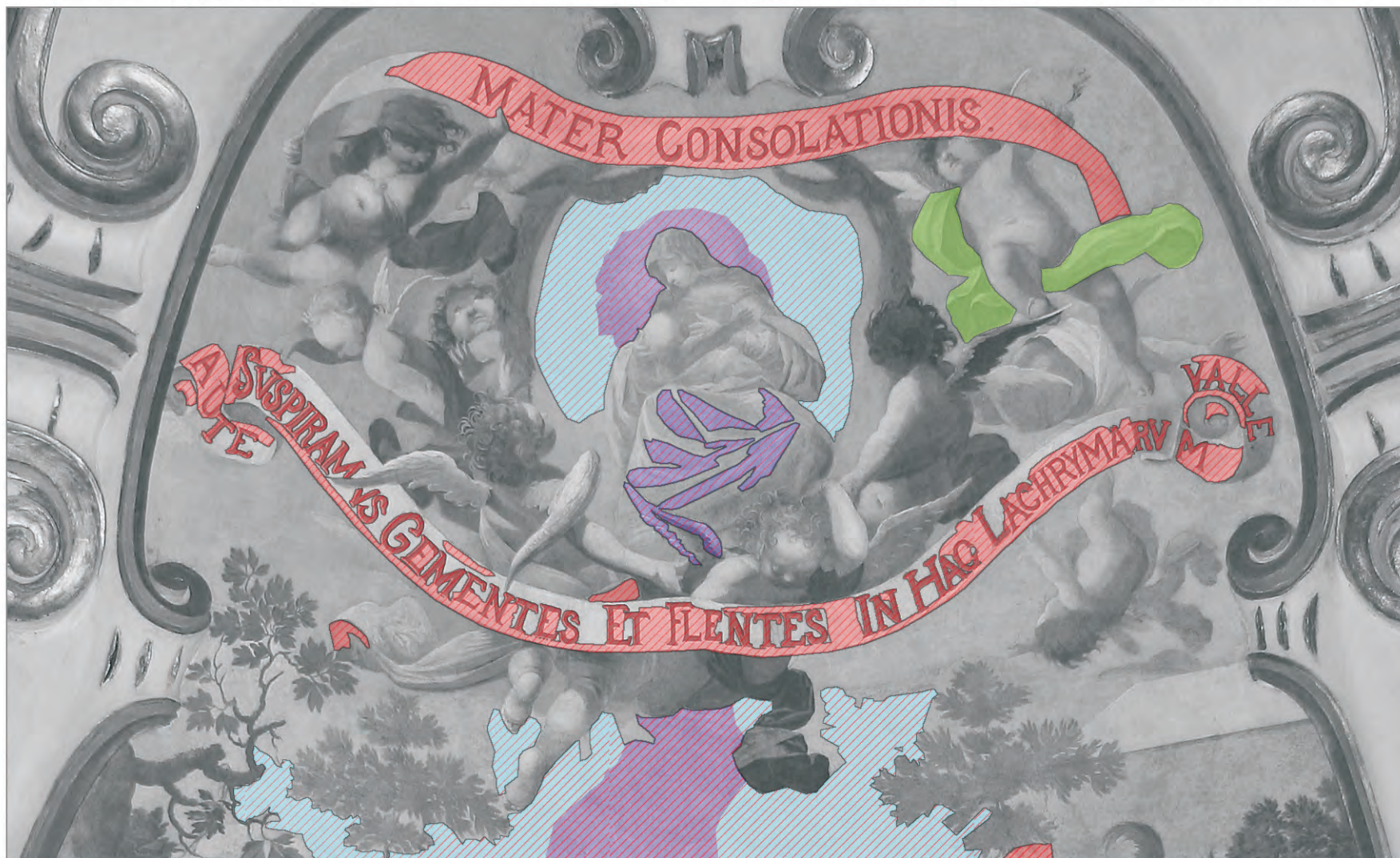
Obr. 84 Celkový pohled na malby v kupoli - stav po restaurování.





Grafická dokumentace - vyznačení jednotlivých poškození malby



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

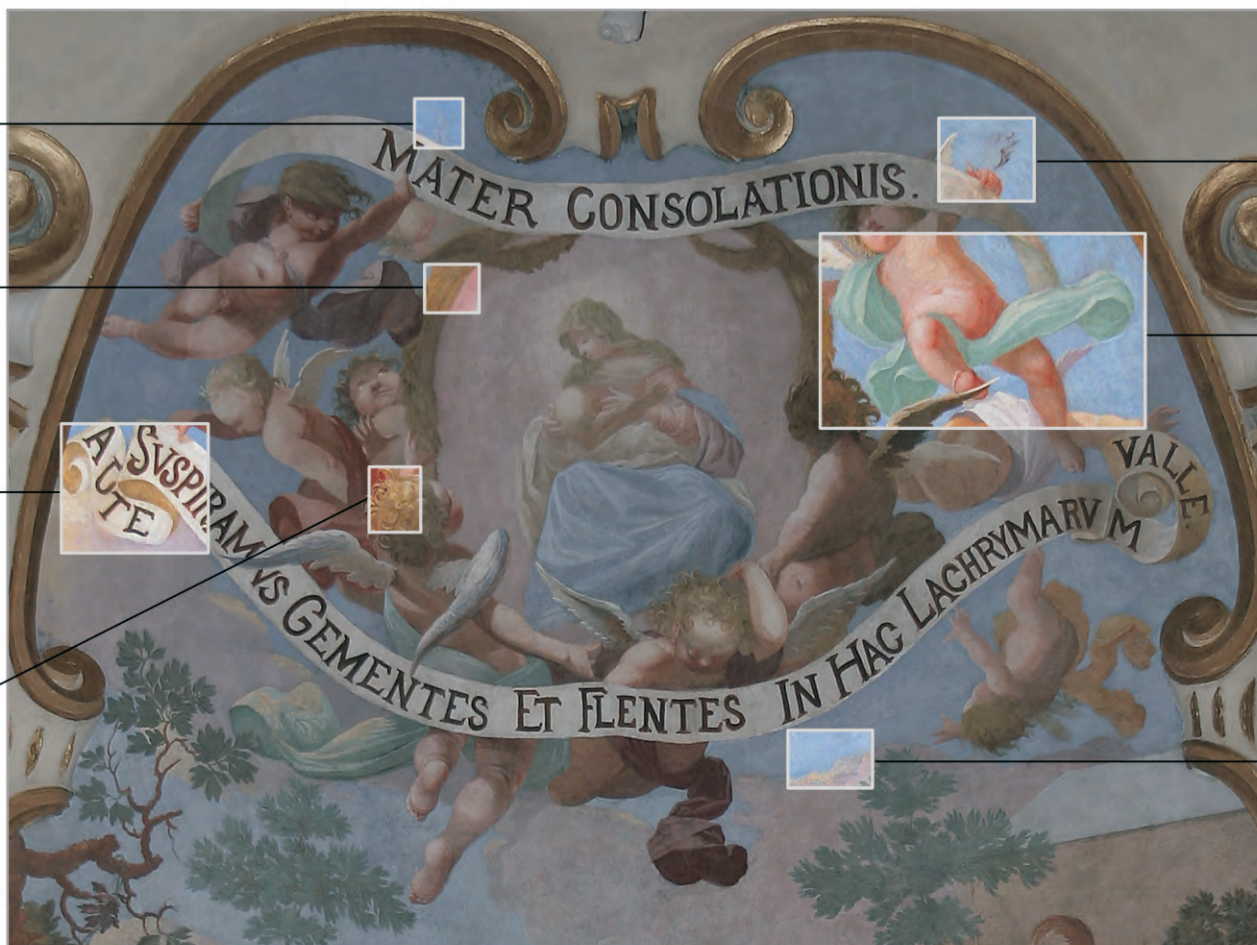
Grafická dokumentace - vyznačení odstraněných a ponechaných druhotných přemalby a rekonstrukcí



- Legenda:
- | | | | |
|---|---|---|-----------------------------|
|  | odstraněné druhotné přemalby |  | ponechané druhotné přemalby |
|  | částečně odstraněné druhotné přemalby (cca z 80%) |  | rekonstrukce |

Príloha 15.2. Grafická dokumentace

Grafická dokumentace - původní opravy (pentimenty), podkresby



viz. fotodokumentace
obr. 34

viz. fotodokumentace
obr. 14

viz. fotodokumentace
obr. 20

viz. fotodokumentace
obr. 13

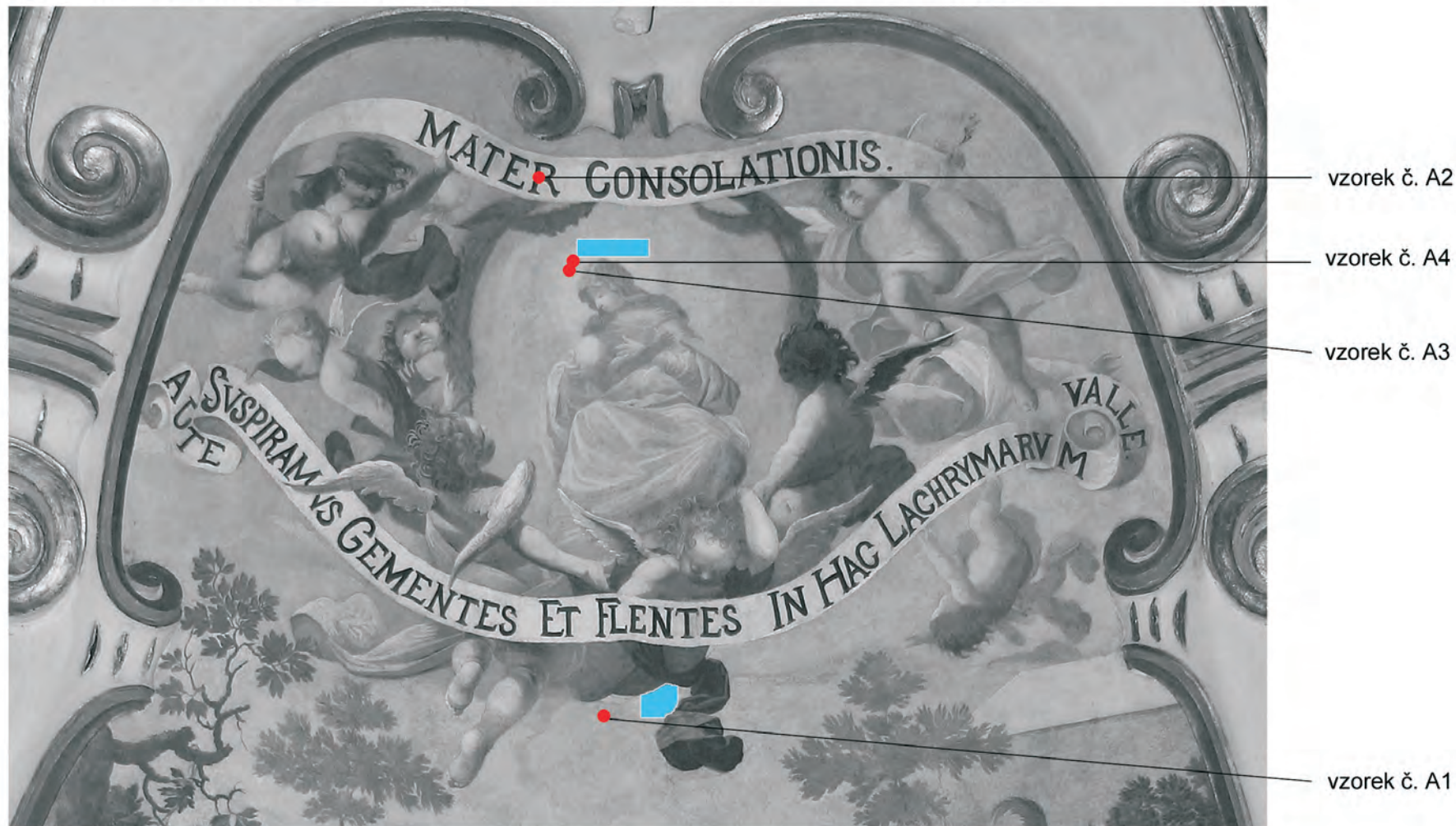
viz. fotodokumentace
obr. 19



viz. fotodokumentace
obr. 17

viz. fotodokumentace
obr. 15

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 vzorku A1



Lokalizace odběru vzorku A2, A3 a A4



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

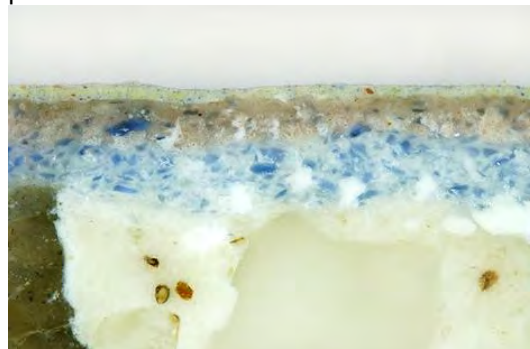
² měření provedeno ve spolupráci s ing. Milanem Vlčkem, CSc, pracoviště Společné laboratoře chemie pevných látek AV ČR a Univerzity Pardubice v Pardubicích

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

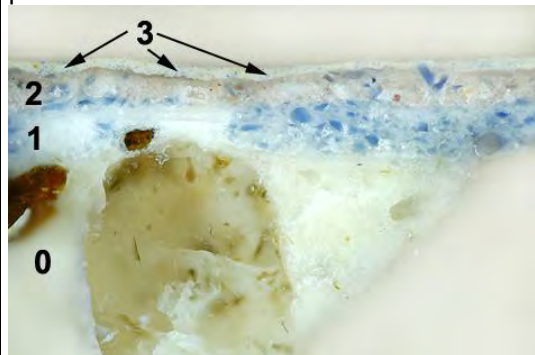
Mikrofoto nábrusu a) v bílém odraženém světle při zvětšení 50x



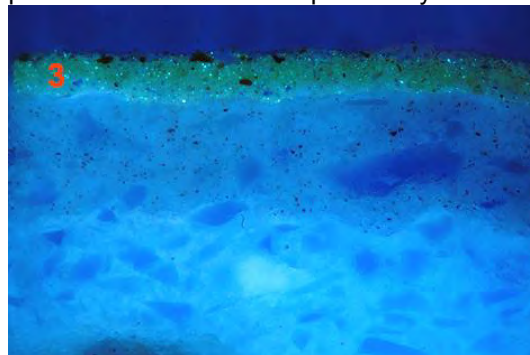
Mikrofoto nábrusu a) v bílém odraženém světle při zvětšení 100x



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

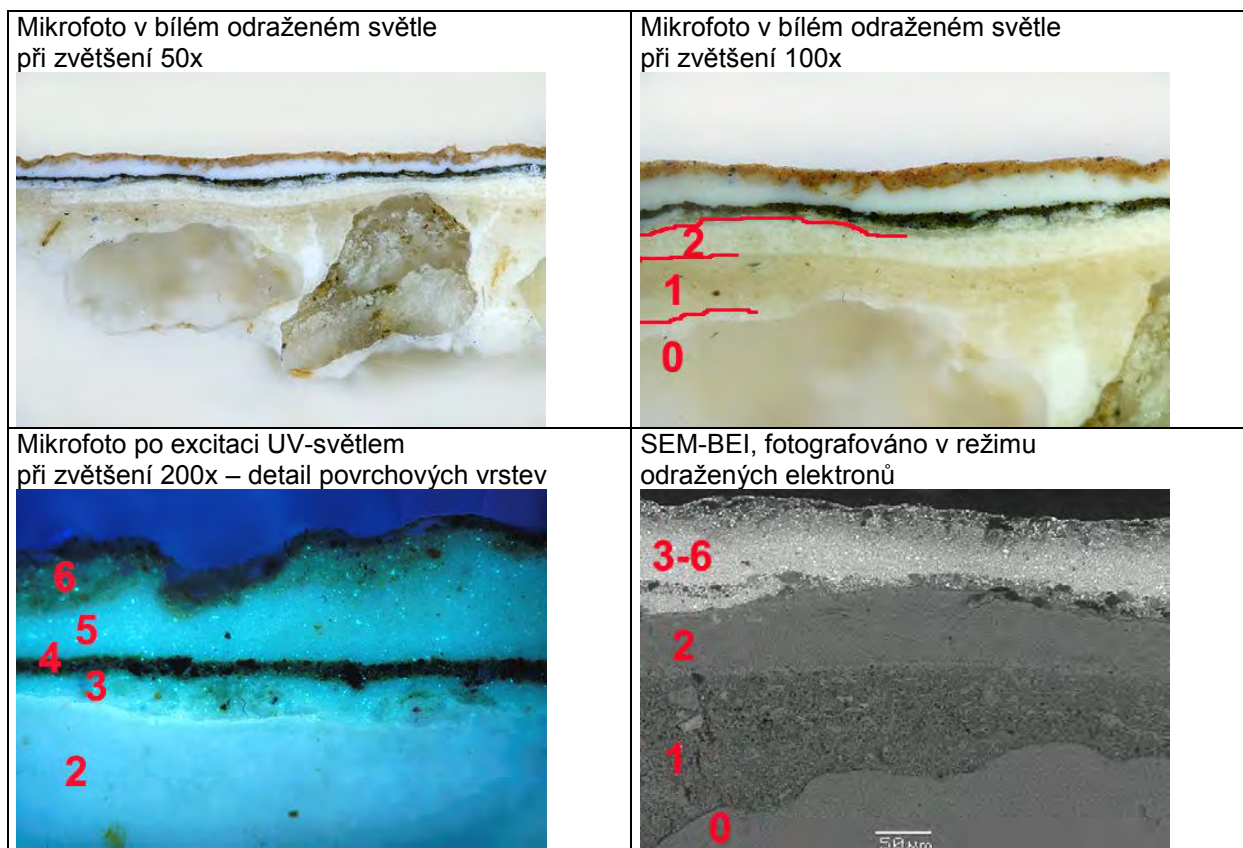


Mikrofoto nábrusu b) po excitaci UV-světlem při zvětšení 200x – detail povrchových vrstev



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 (?)

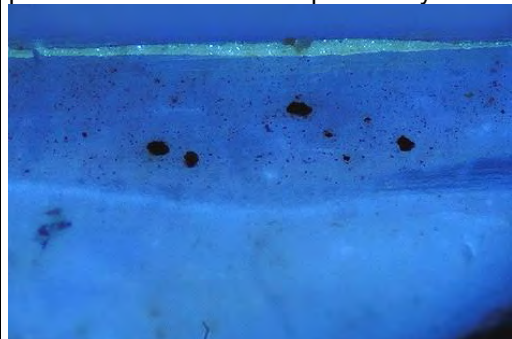
Mikrofoto v bílém odraženém světle
při zvětšení 50x



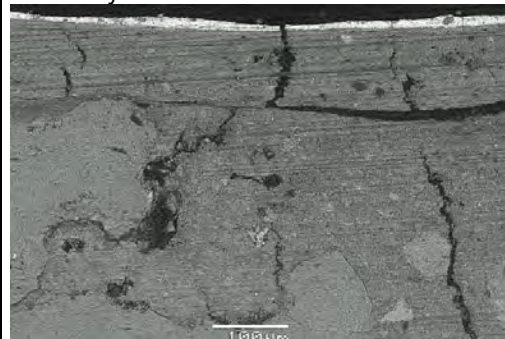
Mikrofoto v bílém odraženém světle
při zvětšení 100x



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

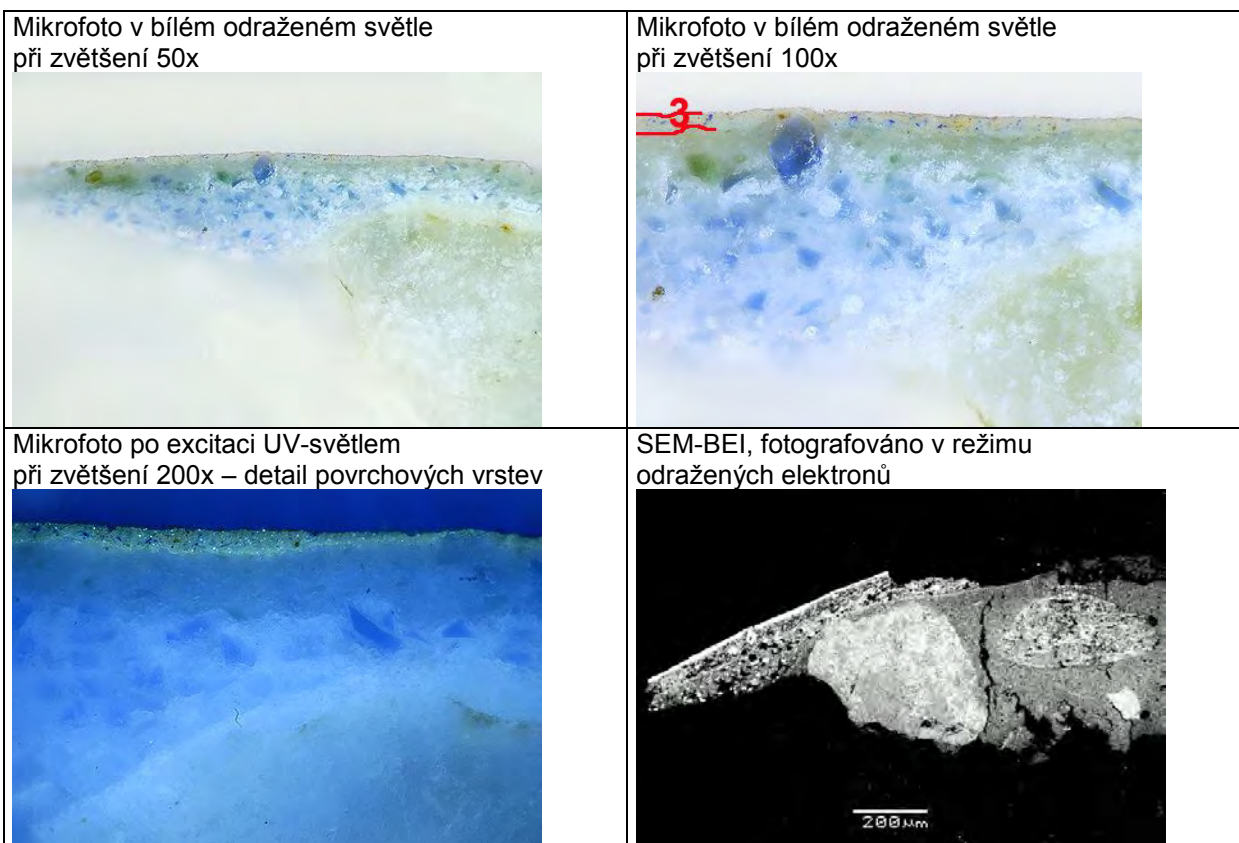


SEM-BEI, fotografováno v režimu
odražených elektronů



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 uhličitan vápenatý, zem zelenou a příměs smaltu
1-	Modrá vrstva – obsahuje uhličitan 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

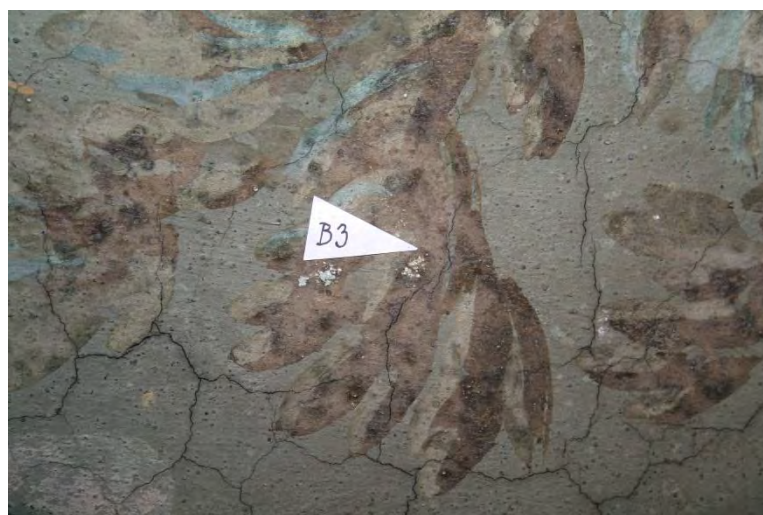
V barevných vrstvách odebraných z původní malby i z přemaleb byla prokázána přítomnost organických pojiv – proteinů a vysychavých olejů. Lze proto předpokládat, že přemalba je pojeno temperovým systémem. Vzhledem k prokázané přítomnosti fosforu se jedná pravděpodobně o vaječnou temperu. Oleje, kterých 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

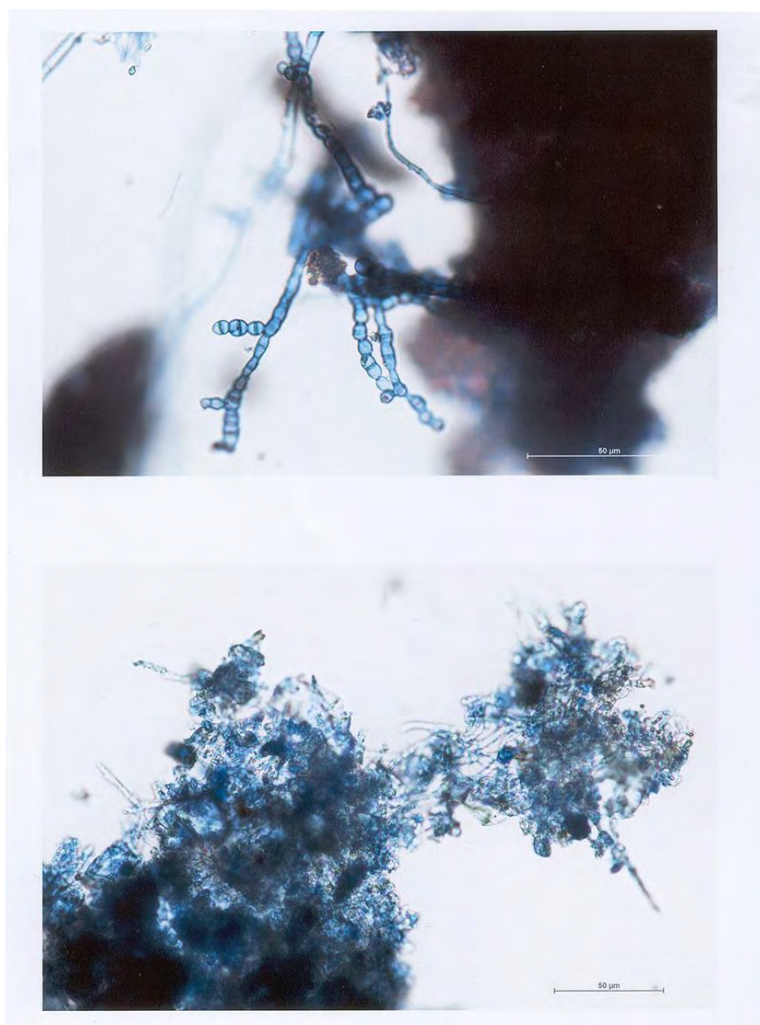
Ing. Karol Bayer

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 pigmentů

1. Identification of the Substance/Preparation and of the Company/Undertaking

Identification of the Product

Product Name: Prussian Blue LUX
Article No.: 45202
Use of the Substance/Preparation: Artists' and Restoration Material

Company

Company: Kremer Pigmente GmbH & Co. KG
Address: Hauptstrasse 41-47, D 88317 Aichstetten
Tel/Fax: Tel +49 7565 91120, Fax +49 7565 1606
Internet: www.kremer-pigmente.de, kremer-pigmente@t-online.de
Emergency No.: +49 7565 91120, Mon-Fri 8:00 - 17:00

2. Hazard Identification

Designation according to EC Regulation No.1272/2008

GHS Classification This product does not require classification and labelling as hazardous according to CLP/GHS.

Designation according to EC Regulation No. 67/548 or No.1999/45

Hazard designation: The material is not subject to classification according to EC lists.

Additional information:

Additional information: Non-hazardous product if handled adequately.

3. Composition/Information on Ingredients

Chemical Characterization: Ammonium iron(3+)hexakis(cyano-C)ferrate(4-); CAS No. 25869-00-5; EINECS 247-304-1

4. First Aid Measures

Description of the First Aid Measures

After inhalation: Take affected person to fresh air.
Get medical help.

After skin contact: Remove contaminated clothing immediately.
Wash with soap and rinse with plenty of water.

After eye contact: Rinse open eyes with plenty of water for at least 15 minutes.
Seek medical attention if irritation persists.

After ingestion: If symptoms persist consult physician.
Rinse mouth with plenty of water and consult physician.

Important Symptoms and Effects

Possible symptoms: Symptoms of a cyanide intoxication can arise after 4 to 12 hours.

5. Fire-Fighting Measures

Extinguishing Media

Suitable extinguishing media: Foam, water jet.

Special Hazards

Revised edition: 11.01.2011

Special hazards: In case of fire: formation of carbon oxides, ammonium, hydrocyanic acid cyanides, nitrogen oxides.

Fire-Fighting Measures:

Protective equipment: Wear self-contained respiratory protective device and protective clothing.

Further information: Collect contaminated extinguishing water and debris separately; avoid contamination of sewage system.

6. Accidental Release Measures

Personal Precautions and Protective Measures

Personal precautions: Wear protective clothing.
Avoid formation of dust.
Provide adequate ventilation. Keep away from sources of ignition.

Environmental precautions: Prevent contamination of soils, drains and surface water.

Methods of cleaning/absorption: Take up mechanically and collect in suitable containers for disposal.

Reference to other Sections: Dispose of contaminated material according to para 13.
Protective clothing, see para. 8.

7. Handling and Storage

Handling

Instructions on safe handling: The usual precautionary measures are to be adhered to when handling chemicals.
Provide adequate ventilation.

Information on fire and explosion protection: Keep away from sources of ignition - do not smoke.
Dust in combination with air can form an explosive compound.
Take measures to prevent static electricity discharge.

Dust explosion class: Dust explosion class 1 (Kst-value >0-200 bar m/s).

Storage

Storage conditions: Store in tightly sealed containers in a cool and well ventilated location.

Store in a cool and dry place.

Storage compatibility: Do not store together with: oxidants.

8. Exposure Controls/Personal Protection

Technical protective measures: Provide adequate ventilation.

Parameters to be controlled (DE): TRGS 900
TLV: 3 mg/m³ air-borne fraction (general dust limit)
ELV: 10 mg/m³ air-borne fraction (general dust limit)
Peak limit category 2
Category II: substances with a resorptive effect.

Personal Protective Equipment

General protective measures: The usual precautionary measures are to be adhered to when handling chemicals.
Avoid contact with skin, eyes and clothing.

General protective measures:	Do not inhale gas/fumes/vapor/aerosol. Keep away from foodstuffs and drinks. Do not eat, drink or smoke during work. Wash hands before breaks and at the end of work.
Respiratory protection:	Dust mask recommended when very dusty (with particle filter P1).
Hand protection:	Chemical protective gloves (EN 374). The manufacturer's directions for use should be observed because of the great diversity of types.
Body protection:	Protective clothing, chemical resistant.

9. Physical and Chemical Properties

General Information

Form:	powder
Color:	blue
Odor:	odorless
Melting temperature:	not applicable
Ignition temperature:	> 600°C
Self-ignition:	> 140°C
Lower explosion limit:	250 g/cm ³
Density:	1.9 g/cm ³
Bulk density:	150 kg/m ³
Solubility in water:	insoluble
pH-Value:	3 - 6 (H ₂ O, 20 g/l, 20°C)

10. Stability and Reactivity

Reactivity:	Stable if used according to specifications.
Chemical stability:	Stable if used according to specifications.
Réactions dangereuses:	None if handled and stored according to specifications.
Conditions to be avoided:	Avoid heat.
Substances to be avoided:	Alkalies, strong acids, oxidizing agents.
Hazardous decomposition products:	Carbon monoxide, nitrogen oxides, ammonia, hydrocyanic acid. Cynide compounds.

11. Toxicological Information

Details to the toxicological effects

:

Acute Toxicity

LD50, oral:	> 51110 mg/kg (rat)
-------------	---------------------

Primary effects

Irritant effect on skin:	Non irritating (rabbit)
Irritant effect on eyes:	Non-irritating to eyes (rabbit)
Sensitization:	No sensitizing effect (guinea pig).
Mutagenicity:	Not mutagenic (Ames Test)
Further toxicological effects:	Skin contact: can cause mechanical irritation.

12. Ecological Information

Persistency and Degradability:	No information available.
Bioaccumulation:	No information available.
Mobility:	No information available.
<i>Ecological effects</i>	
Aquatic toxicity:	:
- Fish toxicity:	NOEC: > 1000 mg/l (96h, <i>Leuciscus idus</i> ; OECD 203)
- Bacteria toxicity:	EC50: 2290 mg/l (3h, active sludge)
Further ecological effects:	Do not let product enter waterways or sewage system.
Results of PBT vPvB assessment:	No data available.
<i>Further information</i>	
Water hazard class:	1

13. Disposal Considerations

<i>Methods</i>	
Product:	Dispose of according to official national and local regulations.
Uncleaned packaging:	Uncontaminated packaging may be recycled. Packaging that may not are to be disposed of in the same manner as the product.

14. Transport Information

Further information:	Not classified as a dangerous good under transport regulations.
----------------------	---

15. Regulatory Information

<i>National Regulations (D)</i>	
:	
Water hazard class:	1, slightly hazardous for water

16. Other Information

This product should be stored, handled and used in accordance with good hygiene practices and in conformity with any legal regulations.

This information contained herein is based on the present state of knowledge and is intended to describe our product from the point of view of safety requirements. It should be therefore not be construed as guaranteeing specific properties.

10180 - Blue Verditer

Revised edition: 09.07.2010

1. Identification of the Substance/Preparation and of the Company/Undertaking

Identification of the Product

Product Name: Blue Verditer
Article No.: 10180
Use of the Substance/Preparation: Artists' and Restoration Material

Company

Company: Kremer Pigmente GmbH & Co. KG
Address: Hauptstrasse 41-47, D 88317 Aichstetten
Tel/Fax: Tel +49 7565 91120, Fax +49 7565 1606
Internet: www.kremer-pigmente.de, kremer-pigmente@t-online.de

2. Hazard Identification

Hazard designation:  Xn Harmful
Risk Phrases: R22 Harmful if swallowed.
R20 Harmful by inhalation.

3. Composition/Information on Ingredients

Chemical Characterization: $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ basic copper carbonate containing about 55 % copper
Hazardous Ingredients: Cupric carbonate basic (Xn; R20/22)
CAS-Nr: 12069-69-1 EINECS-Nr: 235-113-6 EC-Nr:

4. First Aid Measures

After inhalation: Move to fresh air.
After skin contact: Wash off immediately with plenty of soap and water and rinse thoroughly.
After eye contact: Rinse open eye for several minutes under running water. Should irritation continue, seek medical advice.
After ingestion: Rinse mouth with plenty of water and consult physician.
General information: Remove contaminated clothes.

5. Fire-Fighting Measures

Suitable extinguishing media: Product itself does not burn.
Use extinguishing media for surrounding fire.
Unsuitable extinguishing media: None known.
Protective equipment: No special measures required.

6. Accidental Release Measures

Personal precautions: Avoid dust formation, wear protective clothing. Keep spectators away.
Environmental precautions: Do not discharge into drains, surface or ground water.

10180 - Blue Verditer

Revised edition: 09.07.2010

Methods of cleaning/absorption: Take up mechanically and collect in suitable container for disposal.
Rinse spill area. Avoid dust formation.

7. Handling and Storage

Handling

Instructions on safe handling: The usual precautionary measures are to be adhered to when handling chemicals.

Provide adequate ventilation.

Information on fire and explosion protection:

Product is not flammable.

Storage

Storage conditions: Store in tightly sealed containers in a dry and cool room.

Storage compatibility: Do not store together with: acids.

Storage class (VCI): 13; Non combustible solids.

8. Exposure Controls/Personal Protection

Additional information about design of technical systems: Provide adequate ventilation.

Components with workplace control parameters (Germany): TWA: 0.1 mg/m³

Personal protective equipment

General protective measures: Wash hands before breaks and after work.
Keep away from food, drink and animal feeding stuffs.

Respiratory protection: Dust mask.

Hand protection: Protective gloves

Eye protection: Safety glasses

Body protection: Protective clothing.

9. Physical and Chemical Properties

Form: powder

Color: blue

Odor: odorless

Density: 4.0 g/cm³ (20°C)

Solubility in water: insoluble

10. Stability and Reactivity

Thermal decomposition/Conditions to be avoided: > 200°C

Substances to be avoided: Acids

11. Toxicological Information

Acute toxicity

LD50, oral: 1350 mg/kg (rat)

Primary effects

Revised edition: 09.07.2010

Irritant effect on skin: No information available
Irritant effect on eyes: No information available.
Sensitization: No information available.

12. Ecological Information

Further ecological effects: Avoid subsoil penetration. Prevent product from entering drains. Do not contaminate surface water.

Further information

Water hazard class: 2

13. Disposal Considerations

Product: Dispose of according to official national and local regulations.

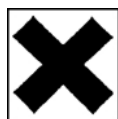
Uncleaned packaging: Dispose of according to official local regulations.

14. Transport Information

Further information: Not classified as a dangerous good under transport regulations.

15. Regulatory Information

Hazard designation:



Xn Harmful

Risk Phrases: R22 Harmful if swallowed.

R20 Harmful by inhalation.

Safety Phrases: S20 When using do not eat or drink.

S22 Do not breathe dust.

S02 Keep out of reach of children.

Water hazard class: 2, hazardous for water

16. Other Information

This product should be stored, handled and used in accordance with good hygiene practices and in conformity with any legal regulations.

This information contained herein is based on the present state of knowledge and is intended to describe our product from the point of view of safety requirements. It should be therefore not be construed as guaranteeing specific properties.

1. Identification of the Substance/Preparation and of the Company/Undertaking

Identification of the Product

Product Name: Malachite
Article No.: 44400
Use of the Substance/Preparation: Artists' and Restoration Material

Company

Company: Kremer Pigmente GmbH & Co. KG
Address: Hauptstrasse 41-47, D 88317 Aichstetten
Tel/Fax: Tel +49 7565 91120, Fax +49 7565 1606
Internet: www.kremer-pigmente.de, kremer-pigmente@t-online.de
Emergency No.: +49 7565 91120, Mon-Fri 8:00 - 17:00

2. Hazard Identification

Hazard designation:  Xn Harmful

Risk Phrases: R22 Harmful if swallowed.

3. Composition/Information on Ingredients

Chemical Characterization: $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ (basic copper carbonate with approx. 55 % Cu)
Hazardous Ingredients: Copper(II)-hydroxide carbonate (Xn; R22)
CAS-Nr: 12069-69-1 EINECS-Nr: 235-113-6 EC-Nr:

4. First Aid Measures

After inhalation: Move to fresh air.
After skin contact: Remove contaminated clothing.
Wash with soap and rinse with plenty of water.
After eye contact: Rinse open eyes with plenty of water. In case of discomfort seek medical help.
After ingestion: Get medical help.

5. Fire-Fighting Measures

Suitable extinguishing media: Product itself does not burn.
Use extinguishing media for surrounding fire.
Special hazards: In case of fire: formation of carbon monoxide and dioxide.

6. Accidental Release Measures

Personal precautions: Avoid dust formation, wear protective clothing.
Environmental precautions: Prevent contamination of soil, drains and surface waters.
Methods of cleaning/absorption: Clean up mechanically. Transfer liquids and solid diking material to separate suitable containers for recovery or disposal.

7. Handling and Storage

Handling

Instructions on safe handling:	The usual precautionary measures are to be adhered to when handling chemicals.
Information on fire and explosion protection:	Product is not ignitable.
<i>Storage</i>	
Storage conditions:	Store in tightly sealed containers in a dry room. Do not store above 30°C.
Storage compatibility:	Do not store together with: acids.
Storage class (VCI):	13; Non combustible solids.

8. Exposure Controls/Personal Protection

Additional information about design of technical systems:	Adequate ventilation.
<i>Personal protective equipment</i>	
General protective measures:	Keep away from food, drink and animal feeding stuffs. Wash hands before breaks and after work.
Respiratory protection:	Dust mask.
Hand protection:	Chemical protective gloves (EN 374).
Eye protection:	Safety glasses
Body protection:	Protective clothing.

9. Physical and Chemical Properties

Form:	powder
Color:	green
Odor:	odorless
Flash point:	not applicable
Ignition temperature:	not applicable
Explosion risk:	not applicable
Density:	4.0 g/cm ³ (20°C)
Solubility in water:	practically insoluble

10. Stability and Reactivity

Thermal decomposition/Conditions to be avoided:	> 200°C
Products to be avoided:	Acids
Hazardous decomposition products:	Carbon monoxide and dioxide.

11. Toxicological Information

<i>Acute toxicity</i>	
LD50, oral:	1350 mg/kg (rat)

12. Ecological Information

Elimination (Persistency and Degradability):

Inorganic product, not very soluble in water.

Further ecological effects:

The product contains copper as copper(II)-hydroxide carbonate (List II).

Further information

Water hazard class:

2

13. Disposal Considerations

Product:

Dispose of according to official national and local regulations.

Uncleaned packaging:

Dispose of according to official local regulations.

14. Transport Information

Further information:


Not classified as a dangerous good under transport regulations.

15. Regulatory Information

Designation according to EC guidelines:

The material is subject to classification according to EC lists.

Hazard designation:

 Xn Harmful

Risk Phrases:

R22 Harmful if swallowed.

Water hazard class:

2, hazardous for water

16. Other Information

This product should be stored, handled and used in accordance with good hygiene practices and in conformity with any legal regulations.

This information contained herein is based on the present state of knowledge and is intended to describe our product from the point of view of safety requirements. It should be therefore not be construed as guaranteeing specific properties.

44450 Verdigris, synthetic

Edition: 07.07.2004

1. IDENTIFICATION OF THE SUBSTANCE/PREPARATION AND COMPANY

Product Information:

Product Name: Verdigris, synthetic
Article No.: 44450
Application: Artists' and Restauration Material

Company: Kremer Pigmente GmbH & Co. KG
Hauptstrasse 41-47, D - 88317 Aichstetten
Tel. +49 7565 91120 Fax. +49 7565 1606
www.kremer-pigmente.de, kremer-pigmente@t-online.de

2. COMPOSITION/INFORMATION ON INGREDIENTS

Chemical characterization:
Copper-(II)-acetate-1-hydrate

Name	CAS No.	EINECS No.	Symbol	Risk Phrase
Copper-(II)-acetate-1-hydrate	6046-93-1	205-553-3	Xn	22

Chemical Characterization (Preparation)
 $C_4H_6CuO_4 \times H_2O$

3. HAZARDS IDENTIFICATION

Xn harmful

R 22: Harmful if swallowed.

4. FIRST AID MEASURES

General information: Remove contaminated clothing. Keep away from foodstuff.
After inhalation: Take affected person to fresh air, in case of discomfort get medical help.
After skin contact: Immediately rinse with plenty of water and soap.
After eye contact: Immediately rinse with plenty of water.
After ingestion: Immediately get medical help.

5. FIRE-FIGHTING MEASURES

Suitable extinguishing media: Water, foam, carbon dioxide, dry extinguishing agent.
Protective equipment: Self-contained breathing apparatus. Do not inhale fumes.

44450 Verdigris, synthetic

Edition: 07.07.2004

6. ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

Personal precautions:	Wear protective clothing.
Environmental precautions:	Do not allow to enter drains or waterways - dispose of contaminated water / fire-fighting water properly.
Methods for cleaning up / absorption:	Clean up mechanically and dispose appropriately. Rinse with water. Avoid dust formation.

7. HANDLING AND STORAGE

Handling:

Advice on safe handling: Follow the usual good standards of occupational hygiene when handling chemicals.

Information of fire and explosion protection:

Do not bring into contact with flammable products: risk of explosive decomposition.

Storage:

Storage conditions: Store in cool and dry place. Do not store together with mineral acids.
Storage class: 13, non combustible solids

8. EXPOSURE CONTROLS/PERSONAL PROTECTION

General protective measures:	Do not store near foodstuff or drinks. Wash hands thoroughly after work.
Respiratory protection:	Dust mask
Hand protection:	Protective gloves
Eye protection:	Safety glasses
Body protection:	Apron

9. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

Form: powder
Color: bluish-green
Odor: acetic acid

Melting point: 115°C
Flash point: no data available
Ignition temperature: no data available
Density: 1.88 g/cm³ (20°C)
pH-Value: 4.9 - 5.5 (20°C; 20 g/l)

44450 Verdigris, synthetic

Edition: 07.07.2004

10. STABILITY AND REACTIVITY

Conditions to be avoided: Temperatures above 240°C (Decomposition)
Substances to avoid: Mineral acids
Decomposition products: Fumes of acetic acid can be emitted due to thermal decomposition.

11. TOXICOLOGICAL INFORMATION

Acute toxicity:
LD₅₀, oral: 710 mg/kg (rat)

Subacute/Chronic toxicity:
Long-term studies: no results available

Remarks:
Irritant to eyes, skin and mucous membranes. Swallowing can cause nausea and/or diarrhea.

12. ECOLOGICAL INFORMATION

Ecological effects: no data available

13. DISPOSAL CONSIDERATIONS

In accordance with current regulations, product may be taken to waste disposal site or incineration plant, after consultation with site operator and/or with the responsible authority.

Cleaning agent: water

14. TRANSPORT INFORMATION

Road / Marine / Air transport: non-hazardous goods

44450 Verdigris, synthetic

Edition: 07.07.2004

15. REGULATORY INFORMATION

Designation according to EC guidelines: The material is subject to classification according to EC lists.

Labelling required according to EC-Guidelines:



Xn Harmful

Risk Phrases:

R 22: Harmful if swallowed

Water hazard class: 2, hazardous

16. OTHER INFORMATION

This product should be stored, handled and used in accordance with good hygiene practices and in conformity with any legal regulations. This information contained herein is based on the present state of knowledge and is intended to describe our product from the point of view of safety requirements. It should therefore not be construed as guaranteeing specific properties.

Příloha 15.6. Technické listy zkoušených iontoměníčů

Gel Type Strong Acid Cation Exchange Resin

Purolite® C100ELT is a high capacity premium bead form, conventional gel polystyrene sulfonate cation exchange resin, designed for use in industrial or household water conditioning equipment. It removes the hardness ions, e.g. calcium and magnesium, replacing them with sodium ions. When the resin bed is exhausted and hardness ions begin to break through, capacity is restored by regeneration with common salt. The capacity obtained depends largely on the amount of salt used in the regeneration. Purolite® C100ELT is also capable of removing dissolved iron, manganese, and also suspended matter by virtue of the filtering action of the bed.

Typical Physical and Chemical Characteristics

BASIC FEATURES:

Application - Softening of Water - Light colored cation - Potable Use

Polymer Structure - Gel polystyrene crosslinked with divinylbenzene

Appearance - Spherical beads - light colour

Functional Group - Sulfonic acid

Ionic Form as Shipped - Na⁺

PRODUCT INFORMATION:

Total Capacity (min.)	1.9 eq/l (41.5 Kgr/ft ³) (Na ⁺ form)
Moisture Retention	46 - 50 % (Na ⁺ form)
Particle Size Range	300 - 1200µm
<300 µm (max.)	1 %
Uniformity Coefficient (max.)	1.7
Reversible Swelling Ca ²⁺ → Na ⁺	8 %
Reversible Swelling, Na ⁺ → H ⁺ (max.)	10 %
Specific Gravity	1.27 (Na ⁺ form)
Shipping Weight (approx.)	800 - 840 g/l (50 - 52.5 lb/ft3)
Temperature Limit	120°C (250°F)

Porous Weak Acid Cation Exchange Resin

Purolite C104Plus is a premium grade polyacrylic weak acid cation exchanger. The functional groups of the carboxylic type give high chemical efficiency in many applications, especially for the removal of bicarbonate alkalinity in water treatment, showing good rates of exchange. Its major use is in the dealkalization and softening of waters and thereby the ionic load on the subsequent strong acid resin bed can be reduced. Because it has a lower density than the conventional strong acid resins, Purolite C104Plus is ideal for use in layered beds (Doublite) which can be economically regenerated by an upflow counter-current technique. This product has also been used to selectively recover transition metals from aqueous solutions. The resin is insoluble in acids, alkalis, and all common solvents. Its physical characteristics are outstanding, and often permit its use where a macroporous resin might otherwise be indicated. Hence Purolite C104Plus may be operated successfully at relatively high temperatures, e.g. in sugar treatment. However, the macroporous polyacrylic weak acid cation exchanger Purolite C106 is generally recommended where it is required to work between the acid and the highly-swollen alkali salt form (for example in the treatment of ammoniacal condensate waters or high solids softening). Weakly acidic cation resins are increasingly being used in special applications including treatment of waste water streams in order to reduce environmental pollution.

Typical Physical and Chemical Characteristics

BASIC FEATURES:

Application - Dealkalization, Deionization; Softening - High Capacity

Polymer Structure - Porous crosslinked polyacrylic

Appearance - Spherical beads

Functional Group - Carboxylic Acid

Ionic Form as Shipped - H⁺

PRODUCT INFORMATION:

Total Capacity (min.)	4.5 eq/l (98.3 Kgr/ft ³ (H ⁺ form))
Moisture Retention	45 - 55 % (H ⁺ form)
Particle Size Range	300 - 1600 µm
<300 µm (max.)	1 %
Reversible Swelling, H ⁺ → Ca ²⁺ (max.)	20 %
Reversible Swelling, H ⁺ → Ca ²⁺ (operating)	7 % (approx.)
Reversible Swelling, H ⁺ → Na ⁺ (max.)	70 %
Specific Gravity	1.19
Shipping Weight (approx.)	740 - 780 g/l (46.3 - 48.8 lb/ft ³)
Temperature Limit	120°C (250°F)

Macroporous Weak Base Anion Exchange Resin

Purolite A830 is a high capacity macroporous anion exchange resin with an acrylic matrix. This matrix ensures excellent and fast removal of both mineral and organic acids. The efficient desorption which occurs upon regeneration markedly reduces the risk of resin fouling, thus maintaining the exceptionally high operating capacity which exists as a result of the complex amine functionality. Purolite A830 is ideally suited to the removal of nitrates or sulphates from process waste and from condensate in nitrogen based fertilizer production. It is regenerated very efficiently with ammonia. In conjunction with Purolite C160, a useful recovery process, has been developed. However it is sensitive to nitrites and hence their prior removal from solution by oxidation is recommended. The tough resilient macroporous structure affords excellent mechanical strength and resistance to osmotic shock. The maximum temperature of operation is as given below for the free base form. Higher operating temperatures may be used when operating in salt forms. However it is not then permissible to rinse thoroughly with demineralized water, since resin is converted to the free base form by this procedure.

Typical Physical and Chemical Characteristics

BASIC FEATURES:

- Application** - Special Applications - Very High Capacity
- Polymer Structure** - Macroporous Polyacrylic Crosslinked with Divinylbenzene
- Appearance** - Spherical beads
- Functional Group** - Complex Amine
- Ionic Form as Shipped** - Free Base

PRODUCT INFORMATION:

Total Capacity (min.)	2.75 eq/l (60.0 Kgr/ft ³) (Free Base form)
SBC	0 - 5 %
Moisture Retention	50 - 56 % (Free Base form)
Particle Size Range	300 - 1200 µm
<300 µm (max.)	1 %
Uniformity Coefficient (max.)	1.7
Reversible Swelling, FB → Cl ⁻ (max.)	20 %
Specific Gravity	1.1
Shipping Weight (approx.)	690 - 725 g/l (43.1 - 45.3 lb/ft ³)
Temp Limit, Free Base Form	35°C (95°F)