

Zpráva o neinvazivním a materiálovém průzkumu

Oltář Sv. Barbory

*oltářní křídla: sv. Mikuláš; sv. Martin, sv. Jeroným, sv. Wolfgang, sv. Kateřina;
sv. Dorota; předela: oltáře sv. Barbory*

***RNDr. Janka Hradilová
Dr. David Hradil***

*Akademická laboratoř materiálového průzkumu malířských děl
- společné pracoviště*

*Akademie výtvarných umění v Praze a
Ústavu anorganické chemie AV ČR, v. v. i. v Řeži*

2018 - 2019



Číslo zprávy: J1847

Zadavatel: Ústecký kraj zastoupený PhDr. Adamem Šrejberem Ph.D.

Dodané informace od zadavatele:

Autor: Hans Hesse - dílna

Datace: před 1524

Technika: desková malba (tempera na dřevě)

Rozměry křídel: 144 x 41 x 2 cm; 144 x 41 x 2; 132 x 32 x 2 cm; 132 x 32 x 2 cm;

Rozměry predely: 63 x 167 x 28 cm

Inv. č.: O 998; O 997; O 999; O 1000; O 1001; O 1002; O 996

Majitel: Oblastní muzeum v Chomutově, Palackého 86, Chomutov

***Výsledky tohoto průzkumu je možné zveřejňovat jen s vědomím autorů a s uvedením
této zprávy jako původního zdroje informací.***

1. Infračervená reflektografie

Infračervená reflektografie byla provedena kamerou Apollo firmy Atik Cameras Ltd. Kamera je vybavena InGaAs snímačem citlivým v oblasti 900-1700 nm, s rozlišením 128 x 128 pixelů a systémem vnitřního skenování, které umožňuje získat snímky s rozlišením až 5100 x 5100 pixelů.

Snímkování bylo provedeno s výchozím objektivem (ohnisková vzdálenost 150 mm), s nastavenou clonou 1/11, s filtrem propustným pro světlo s vlnovou délkou 1250-1510 a časem 20 ms. Obraz byl osvětlen halogenovou lampou s výkonem 500 W. Získané snímky křídel oltáře mají rozlišení 1500 x 4850 pixelů (7,5 MPix) a snímek predely má rozlišení 5100 x 2322 (12 Mpix).

Měření: Ing. Michal Pech; **vyhodnocení:** RNDr. Janka Hradilová

2. Rentgenová radiografie

Vysokorozlišovací rtg snímky byly pořízeny na rentgenovém skeneru laboratoře ALMA vybaveném mikrofokusem - rentgenkou PXS5-822SA (ThermoFisher Scientific, USA) s wolframovou anodou, velikostí vyzářovaného bodu 15 μm , max. výkonem 8 W, pracující při volitelném napětí 20-80 kV a proudu max. 178 μA . Zařízení obsahuje digitální detektor WidePIX 1x5 (Widepix s.r.o.), který má rozlišení 1280 x 256 pixelů a velikost pixelu 55 μm . Skenování bylo provedeno při napětí 70 kV, proudu 70 μA a geometrickém zvětšení 1,2x. Jednotlivé dlaždice byly snímány časem 5 s. Na každém křídelním obrazu bylo získáno 8 x 105 snímků, které byly složeny do snímku s rozlišením 6690 x 19100 pixelů (127 MPix), skenování každého obrazu trvalo celkem 4,5 hod. Data byla zpracována v programu Pixet Pro 1.4.7 (Advacam s.r.o.)

Měření: Ing. Michal Pech, **vyhodnocení:** RNDr. Janka Hradilová

3. Velkoplošný MA - XRF scanning

Měření bylo provedeno na přístroji M6 Jetstream (Bruker Nano GmbH). Přístroj je vybaven mikrofokusem rentgenkou s Rheniovou anodou s max. výkonem 30W, SDD detektorem s velikostí okénka 50 mm² a rozlišením < 145 eV pro Mn K α (typ Vh-Par-SDD) a dvěma digitálními optickými mikroskopy pro přesné zaměření měřeného bodu. Primární záření je zaostřeno polykapilární optikou do bodu s volitelnou velikostí mezi 100-350 μm . Skenování bylo provedeno při napětí 50 kV a proudu 0,6 mA bez použití filtrů, s časem měření v každém bodu 10-20 ms. Velikost měřeného bodu byla nastavena na 350 μm , vzdálenost bodů 700 μm . Získané prvkové mapy mají rozlišení 1552 x 1152 bodů (1,8 MPix). Data byla zpracována v programu Jetstream M6 1.5.2. Skenování probíhalo 13 hodin.

Měření: Ing. Michal Pech; **vyhodnocení:** RNDr. Janka Hradilová

4. Fotografie VIS a UVA

Jednotlivá křídla a predela byla fotografována fotografickým přístrojem NIKON D40 za použití objektivu Nikon 18-200mm VR, original version. Díla byla nasvícena restaurátorskou lampou LST za použití zářivek typu UV-A.

Fotografie: RNDr. Janka Hradilová

5. Odběr a příprava vzorků

Odebrané vzorky barevných a podkladových vrstev byly odevzdány do laboratoře ALMA a byly pozorovány stereoskopem Leica S8 APO Stereozoom, vzorky byly následně zality do polyesterové pryskyřice Polylite 32032-20. Po vytvrzení byly na brusce LaboPol-5 od firmy Struers připraveny leštěné nábrusy.

Stereoskop: RNDr. Janka Hradilová, **příprava nábrusu:** Mgr. Kateřina Šídová

6. Optická mikroskopie

Nábrusy byly pozorovány v mikroskopu Axio Imager A.2 od firmy Zeiss s digitální kamerou od firmy Olympus DP 73 s CS-ST + EFI modulem. Mikroskop je vybaven fluorescencí Colibri 2 s UV - 365 nm a led modulem 470 nm. Nábrusy byly fotograficky zdokumentovány při zvětšení 100x, 160x, 200x a 320x v odraženém bílém světle v kombinaci s bočním osvětlením. Fluorescence byla snímána s UV-365 nm, UV filtrem Fs 01 HE.

Fotografie: RNDr. Janka Hradilová a Mgr. Kateřina Šídová

7. Elektronová mikroskopie a mikroanalýza

Nábrusy byly analyzovány v SEM Jeol JSM 6510 opatřeným detektorem zpětně odražených elektronů, pracující za nízkého vakua, umožňující analýzu vzorků bez pokovení. Měření bylo provedeno při tlaku 20 Pa a urychlovacím napětí 20 kV. Prvkové složení bylo zjištěno pomocí EDS detektoru INCA Oxford Instruments, který umožňuje detekci prvků od B po U, s rozlišením ca 135 eV. Výsledkem jsou černobílé fotografie, kde stupnice šedi vychází z průměrných atomových čísel detekovaných chemických látek a topologie povrchu, a semi-quantitativní analýzy prvkového složení v bodech dopadu elektronového svazku (hloubkový dosah analýzy je při zvoleném pracovním napětí cca 5 mikrometrů).

Měření: Mgr. Kateřina Šídová, a Victory Jaques, MSc., vyhodnocení: RNDr. Janka Hradilová

8. Prášková RTG difrakce a mikrodifrakce

Prášková RTG mikrodifrakce byla použita k přímé detekci krystalických fází v polimentu pod stříbřením. Nezalité fragmenty (J1847-3 a 8) byly analyzovány na difraktometru PANalytical X'Pert PRO s použitím monokapiláry zužující primární svazek rentgenového záření do stopy o průměru cca 150 μ m. Použité záření: CoK α proud 45mA, napětí 30kV, solid-state X'Celerator detektor.

Měření a vyhodnocení: RNDr. Dr. Petr Bezdička, Dr. David Hradil

9. Identifikace organických látek

a) Specifikace proteinových pojmů

Vzorky byly dvě hodiny štěpeny trypsinem, následně přečištěny a zahuštěny na reversní fázi C18 (Zip Tip). Poté byly analyzovány pomocí nanokapalinové chromatografie spojené s hmotnostním spektrometrem ESI-Q-TOF Maxis Impact. Peaklist ze změřených dat byl extrahován programem Data Analysis 4.1. Proteiny byly identifikovány za pomoci softwaru Mascot verze 2.2.04 vyhledáváním v proteinové databázi SwissProt, NCBIInr a MS/MS přesností přiřazení hmotností peptidových štěpů 0,05 Da. Měření bylo provedeno na VŠCHT v Praze.

Měření a vyhodnocení: Doc. Ing. Mgr. Š. Kučková, PhD.

b) Infračervená mikro-spektroskopie

Měření vrstev v nábrsech J1847- 1 až 8 bylo provedeno na FTIR mikroskopu se spektrometrem Bruker Hyperion 3000 technikou zeslabeného úplného odrazu (ATR). Počet scanů na spektrum bylo 64 s rozlišením 4 cm⁻¹, rozsah měřené spektrální oblasti byl 4000-500 cm⁻¹. Vyhodnocení spekter bylo provedeno pomocí programu Opus 8.0.

Měření: Silvia Garrappa, MSc., Mgr. Lenka Rydlová, vyhodnocení: Dr. David Hradil

c) Metody histochemické

K určení přítomnosti bílkovin v nábrusech byl použit Fuchsin S a methylenová modř. Pro důkaz polysacharidů byl použit Lugolův roztok.

Identifikace: RNDr. Janka Hradilová

Fotografie oltáře

(foto J. Hradilová)



VIS

UV



sv. Kateřina
IR



sv. Kateřina a Wolfgang
RTG

alma





sv. Dorota
IR



sv. Dorota a Jeroným
RTG

alma



sv. Mikulas
VIS



UV 







sv. Martin
IR



sv. Jeroným a Dorota
RTG

alma



sv. Jeroným
VIS



UV 



sv. Jeroným
IR



sv. Jeroným a Dorota
RTG

alma



sv. Wolfgang
VIS



UV *alma*





VIS



UV



IR



Vyhodnocení prvkových map

Interpretace barevné vrstvy v deskové malbě podle prvkových map

Velkoplošným MA-XRF skenerem Jetstream M6 bylo zjištěno, že se na obraze vyskytují pigmenty obsahující Ca, Pb, Sn, Cr, Cu, Hg, S, Fe, Ca, Ag, Zn a Ti. Je přitom třeba vzít v úvahu, že při měření na vzduchu nelze tímto zařízením spolehlivě detekovat prvky lehčí než Ca. Organické pigmenty mohou být nepřímě indikovány pouze dle výskytu anorganického substrátu (ne však ve všech případech; závisí na technologii přípravy). Pruskou modř nebo syntetické indigo touto metodou tak nelze identifikovat. Prvky lehčí než Mg (např. H, Na, C, N, F) nelze tímto přístrojem detekovat ani s přifukováním plynného He při jednotlivých bodových měřeních.

Celoplošně se na dřevěných deskách vyskytuje křídový podklad (Ca). Na jednotlivých křídlech byla křída také použita jako tmel. Malba světců a světic byla provedena olovnatou bělobou (Pb) s příměsí křídly (Ca). Místy je patrná příměs železitého pigmentu (Fe) a rumělky (Hg, S). Výrazné je použití olovnato - cíníčitě žlutě (Pb, Sn), a to na všech křídlech. Organické barvivo nebylo z analýz patrné, lze jej jen z malby odvodit nepřímě. Zlacení u dvou křidel (sv. Kateřina a Dorota) bylo provedeno v pozadí ryzím zlatem (Au) - jsou zde viditelné čtverečky zlatých plátků. U ostatních křidel se světci a také na predele byl použit Zwischgold (Au, Ag). V těchto místech spolu obsahy Au a Ag korelují. V pláštích pak byla použita měděnka (Cu) a rumělka (Hg, S). Tmavě pozadí za světci na křídlech a na predele bylo malováno azuritem (Cu) a černí (C).

1) Vyhodnocení prvkových map u deskové malby sv. Kateřiny a dvou detailů na desce sv. Doroty

Kromě již výše uvedeného byla k malbě inkarnátů a také lice zeleného pláště použita olovnatá běloba (Pb) a křída (Ca) tónovaná olovnato-cíníčitou žlutí (Pb, Sn). Tváře obsahují nepatrně i rumělku (Hg, S). Pozadí (pod zlacením) je tvořeno polimentovým zlacením s obsahem přírodní hlinky (Fe, Ti). Hlinky byly použity i v malbě vlasů obou světic se světle s použitím olovnato-cíníčitě žlutě (Pb, Sn). U sv. Kateřiny je kniha malována železitým pigmentem - pravděpodobně hlinkou (Fe) a olovnatou bělobou (Pb), ořízka obsahuje také olovnato-cíníčitou žlutí (Pb, Sn). V pozadích obou maleb s křídovým podkladem (Ca) a výskytem polimentového zlacení (Au) je viditelný překryv čtverečků zlaté fólie (podobně i v místě spony na zeleném plášti, který je malován Cu pigmentem). Meč sv. Kateřiny byl malován olovnatou bělobou a dotónován Cu pigmentem s olovnato-cíníčitou žlutí (Pb-Sn) ve světlech. Rumělka (Hg, S) byla použita v malbě červeného šatu sv. Kateřiny a v plášti sv. Doroty. Červený organický pigment nelze bezpečně identifikovat, i když se zde nachází. Organické barvivo nebylo exaktně potvrzeno.

U sv. Doroty byl věneček malován olovnatou bělobou (Pb) a křídou (Ca). Drobné žluté květiny obsahují hlinky (Fe) a olovnato-cíníčitou žlutí (Pb, Sn). Červené okvětní lístečky jsou malovány rumělkou (Hg, S). Měďnatým pigmentem (Cu) byly malovány zelené lístečky věnečku a stínované bělmo Dorotky. Malba s Ježíškem držícího košík obsahuje Zwischgold (Au, Ag) v místě zlacení košíčku. Zde bylo použito odlišné zlacení než polimentové, jak bylo zjištěno v pozadí sv. Kateřiny a sv. Doroty. Pod Zwischgolgem se zvýraznila podkladová vrstva desky složená z křídly (Ca). Plášť sv. Kateřiny a šat sv. Dorotky je malován zeleným Cu pigmentem. Šat Ježíška byl malován olovnatou bělobou (Pb) a křídou (Ca), dostínován je hlinkou (Fe) a olovnato - cíníčitou žlutí (Pb, Sn). Na šatu Ježíška byly identifikovány stříbrné (Ag) hvězdičky.

Přemalby a retuše

Zlaté pozadí je pravděpodobně přetřeno „patinou“ s obsahem Cu, Cr a Zn (viditelný vzor na zlatém pozadí u obou světic). Patina je zateklá do prohlubně modelace - mohla být použita zinková běloba (Zn) dotónovaná měďnatým (Cu) a chróm obsahujícím (Cr) pigmentem. Byly použity křídové tmely v místě červeného šatu sv. Kateřiny, a v opravě jejích rukou. Část červeného pláště u meče obsahuje příměs titanové běloby (Ti). Drobné retuše chromoxidem (Cr) jsou patrné na zeleném plášti. U Dorotky byl Cu pigment použit i v lakové vrstvě v místě zlacení svatozáře společně se zinkovou bělobou. Retuš na zlacení byla provedena chromovou žlutí (Pb, Cr). Tvář Dorotky obsahuje drobnou retuš s titanovou bělobou (Ti). Výskyt Ti je dále typický i pro polimentové zlacení, protože titan (Ti) v přírodě doprovází i některé typy přírodních hlinek (Fe, Ti). Deska sv. Dorotky je značně postižena retuší s obsahem titanové běloby (Ti) a zinkové běloby (Zn). V místě zelené byl použit chromoxid (Cr). Výskyt retuší je viditelný i na jednotlivých fotkách UVA fluorescence (viz. výše).

Oltářní křídla sv. Kateřina a sv. Dorota: Na obou deskách byla v malbě žlutých odstínů použita kombinace žlutých okrů společně s olovnato-cínčitou žlutí. Tato žluť byla identifikována i v inkarnátech a v zelených odstínech. V pozadí malby a ve sponě pláště bylo použito zlato. Zwischgold byl identifikován pod malbou košíku. Stříbrné hvězdičky byly zjištěny v košilce Ježíška.

2) Vyhodnocení prvkových map u deskové malby sv. Mikuláš a Jeroným

V malbě pozadí (v zlatých ornamentech) byla identifikována Zwischgoldová folie (Ag, Au). Pod fólii nebyl zjištěn žádný poliment - díky tomu se zvýraznila podkladová vrstva desek složená z křídý (Ca). Zwischgold byl také identifikován ve svatozářích obou světců, v pruzích na mitře, ve zlaté sponě pláště a také na dalších kovových „zlatých“ předmětech - např. kovových ozdobách visících z klobouku sv. Jeronýma. Svatozáře jsou značně poškozené, jsou viditelné výpadky Zwischgoldové folie. Pozadí bylo dále malováno černí (bez bližší specifikace, uhlikatou čern nelze přímo detekovat). Modré pozadí za oběma světci bylo malováno měďnatým pigmentem - azuritem (Cu) a je částečně poškozené (viz výpadky Cu pigmentu v prvkové mapě). Plášť sv. Mikuláše je malován olovnatou bělobou (Pb) a povrch je dotónován červeným organickým barvivem (bez bližší detekce). Zelený šat obsahuje Cu pigment. Rukávy obou světců a rukavice sv. Mikuláše jsou malovány jak olovnatou bělobou (Pb), tak křídou (Ca). Plášť sv. Jeronýma obsahuje rumělkou (Hg, S). Ve stínech u klobouku a šatu je ještě viditelná příměs železitě hlínky (Fe). Podobně malba vlasů u Jeronýma a části ořízky knihy obsahují železitý pigment (Fe). Tento Fe pigment se vyskytuje i v malbě očí světců a stuhy na mitře sv. Mikuláše. U tohoto světce byla rumělkou malována část pláště u krku s pruhy a celý šat sv. Jeronýma. Tmavý železitý pigment (možná i železitá čern) se vyskytuje i v malbě „zlatého“ pozadí, kde jde pravděpodobně o retuš. V malbě žlutého rubu červeného pláště sv. Jeronýma (viz. detail z desky) byla použita kombinace železitě žlutě (Fe) a olovnato-cínčité žlutě (Pb, Sn).

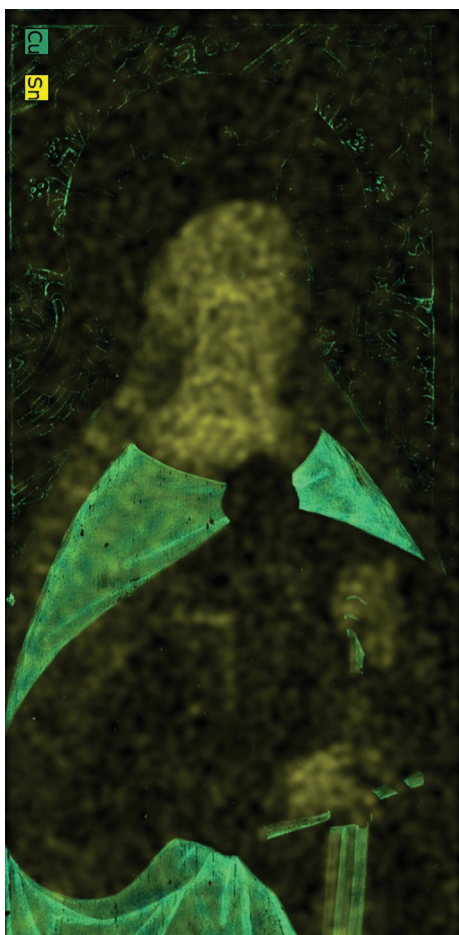
Přemalby a retuše

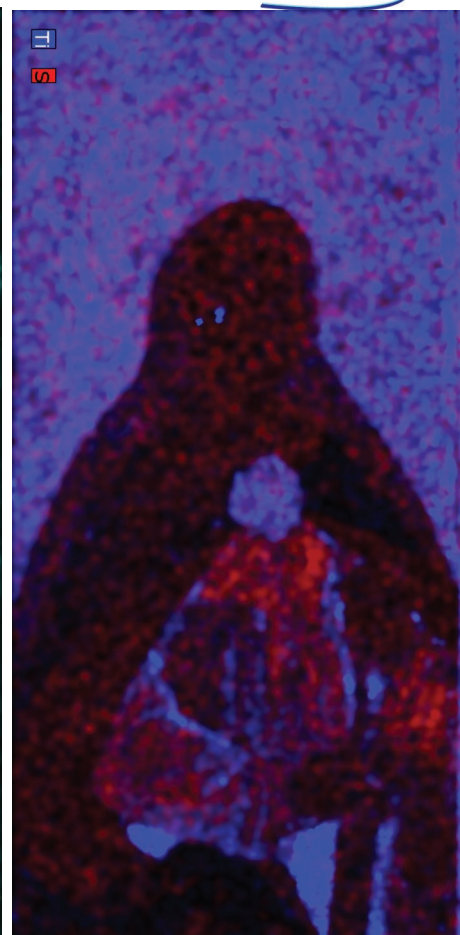
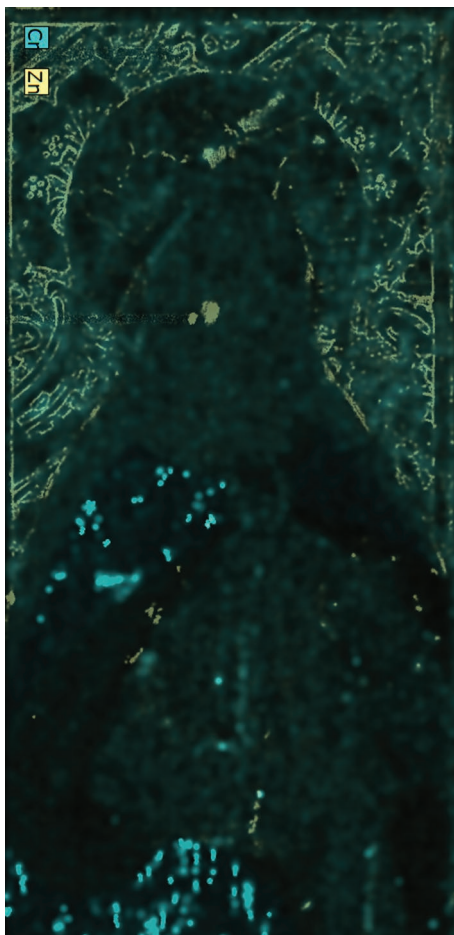
Tmel desky se sv. Mikulášem obsahuje uhličitán vápenatý (Ca), kopíruje prasklinu v desce. Pozadí desek za oběma světci je značně poškozeno, v prvkové mapě vápníku se v obou případech zobrazuje křídová podkladová vrstva. Mitra sv. Mikuláše byla retušována jak titanovou (Ti), tak i zinkovou bělobou (Zn). „Zlatá“ svatozář sv. Mikuláše byla doretušována chrom obsahujícím pigmentem (Cr). Pigmentem na bázi chromu bylo retušováno i modré pozadí za sv. Jeronýmem a také zelená kniha.

3) Vyhodnocení prvkových map deskové malby predely

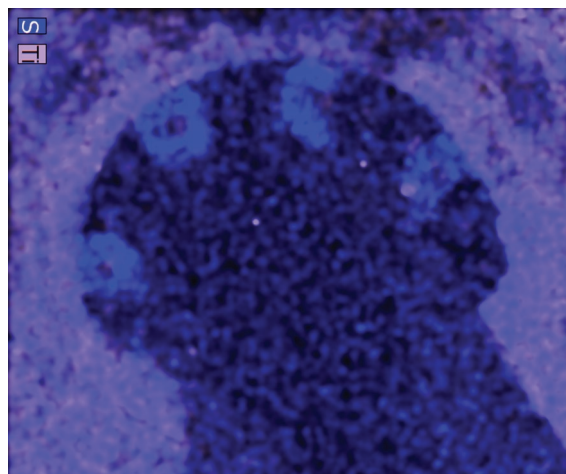
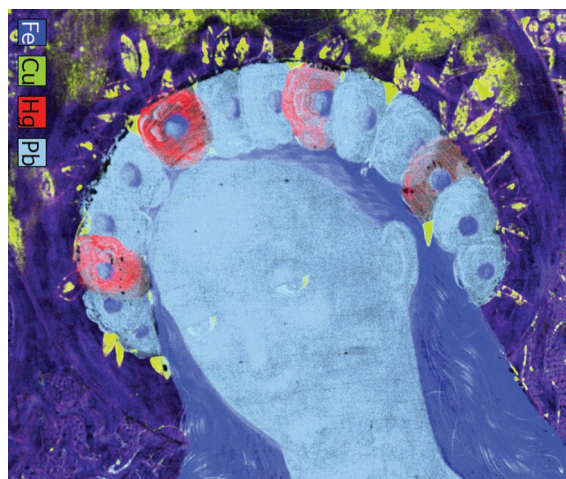
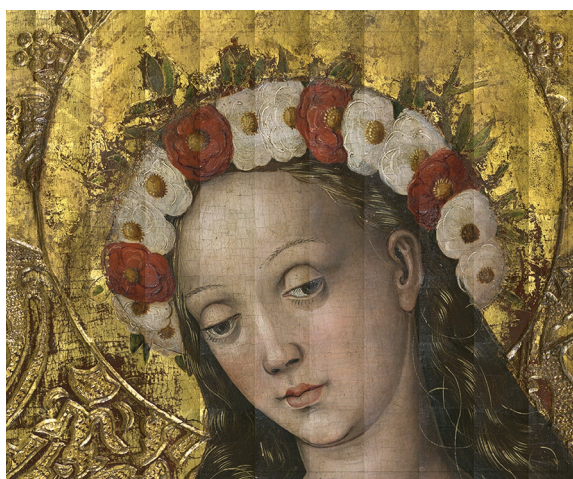
Podobně jako u deskové malby oltářních křídel se sv. Mikulášem sv. Jeronýmem, bylo pozadí malby značně poškozeno. Důkazem toho je výrazná prvková mapa distribuce vápníku (Ca), kdy se poškozením malby odhalil křídový podklad. Dále se také prokreslily i drobné křídové tmely. Pro zlacení zde byla použita Zwischgoldová folie (Au,Ag), a to v místě svatozáří, spony a šatu sv. Anny a křížku sv. Markéty. Malba obsahuje olovnatou bělobu (Pb) a také křidu (Ca). Značné plochy žluté malby byly malovány žlutým železitým pigmentem a olovnato-cínčitou žlutí (ruby plášťů, ořízka knihy, vlasy). Olovnato-cínčitá žluť (Pb, Sn) byla použita i v malbě inkarnátů a jablíčka nebo spíše žluté hrušky držené Ježíškem. Rumělka byla použita v malbě rubů plášťů sv. Otýlie a sv. Anny. U sv. Anny byl plášť stínován železitým pigmentem, podobně jako u sv. Jeronýma. Červené organické barvivo nelze přímo bezpečně identifikovat. Zelené odstíny malby obsahovaly měďenku (Cu). Modré pozadí bylo malováno nejspíše azuritem (Cu). Predela je značně retušována zinkovou (Zn) a titanovou (Ti) bělobou. Také byl použit chrom obsahující pigment v retuši pozadí.

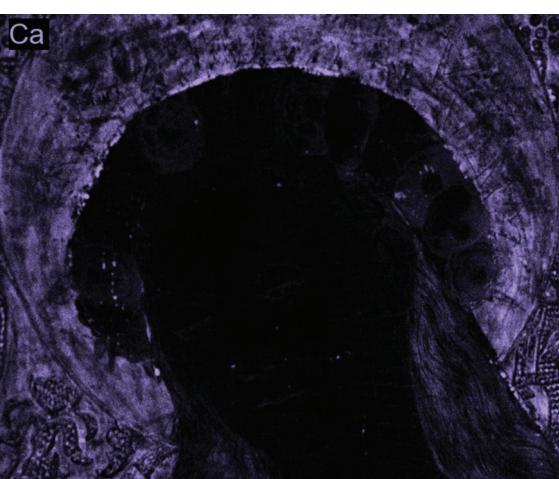
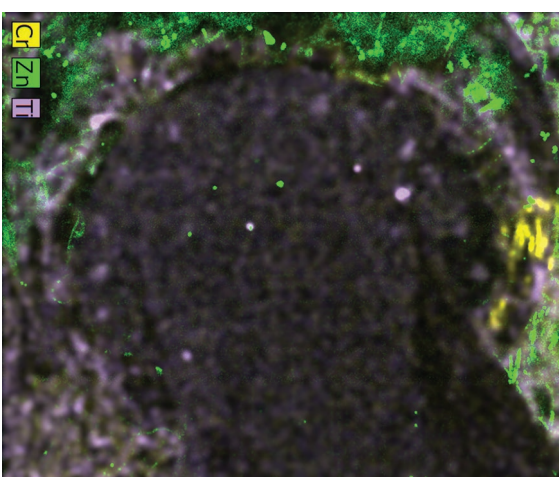
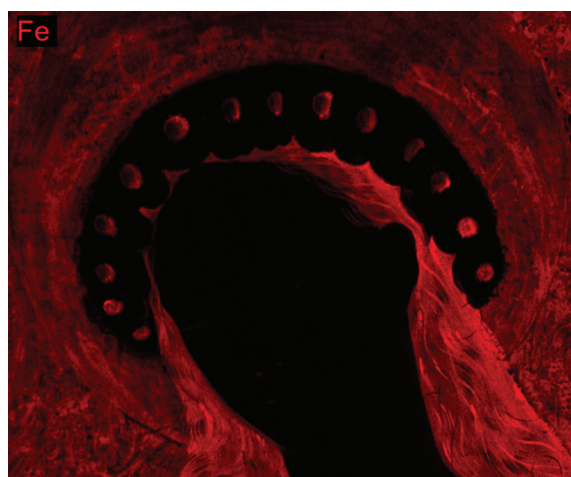
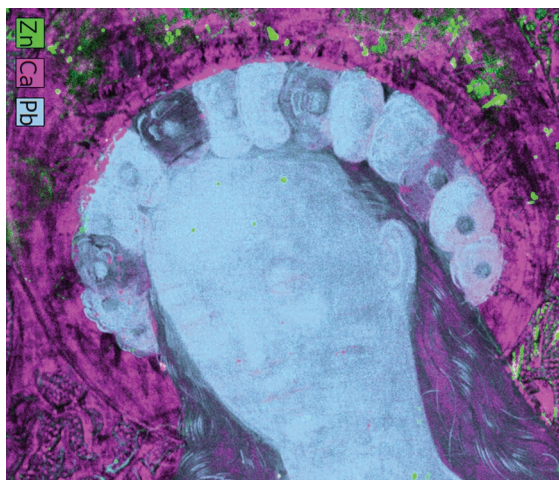
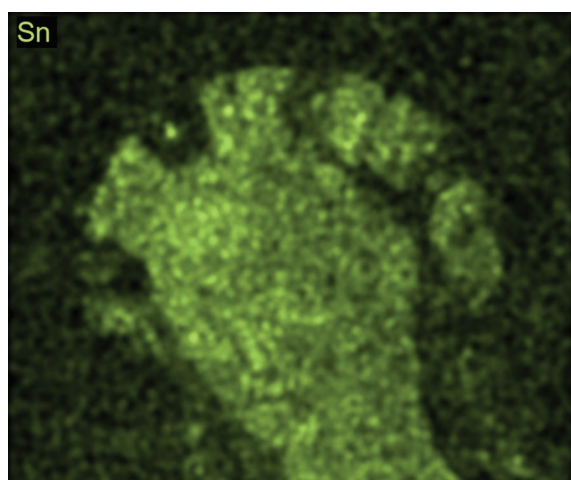
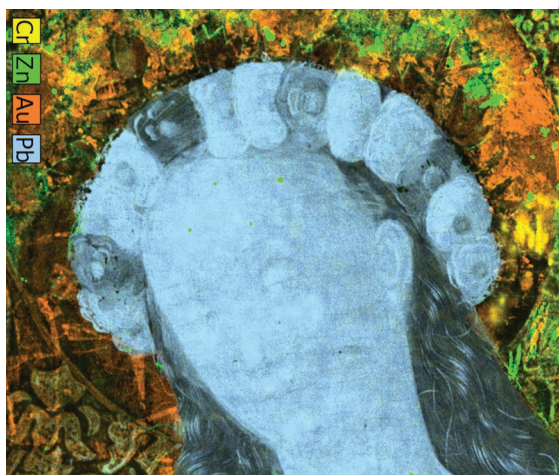
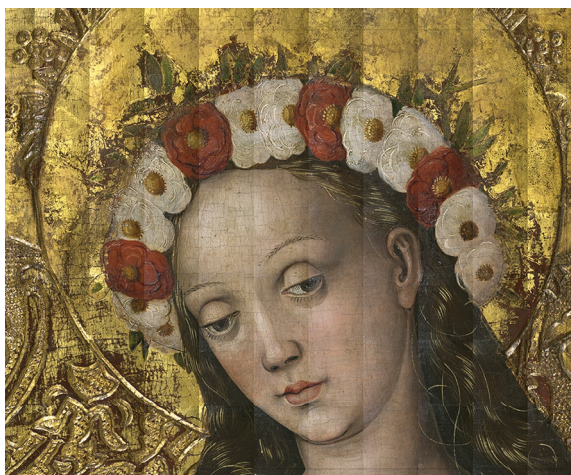
Podobnost použitých pigmentů a také jejich plošné distribuce u všech oltářních křídel poukazuje na vznik maleb v jedné dílně. Vyskytují se však určité rozdíly, např. ve způsobu provedení podkresby nebo v použití různých materiálů pro zlacení (sv. Kateřina a Dorota versus predela a ostatní světci - Mikuláš, Wolfgang, Jeroným a Martin).





Prvkové mapy (MA-XRF) sv. Dorota - tvář

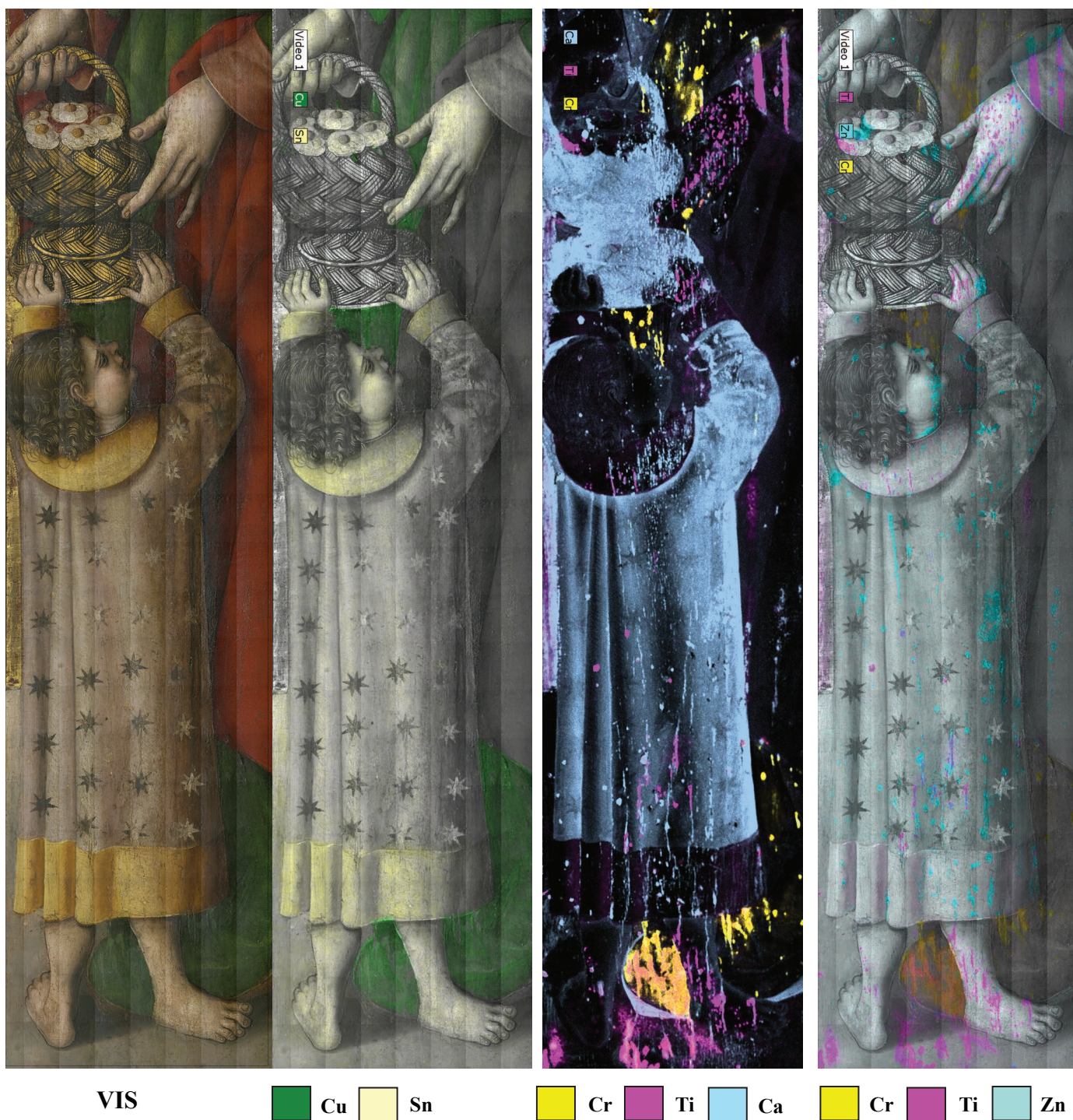






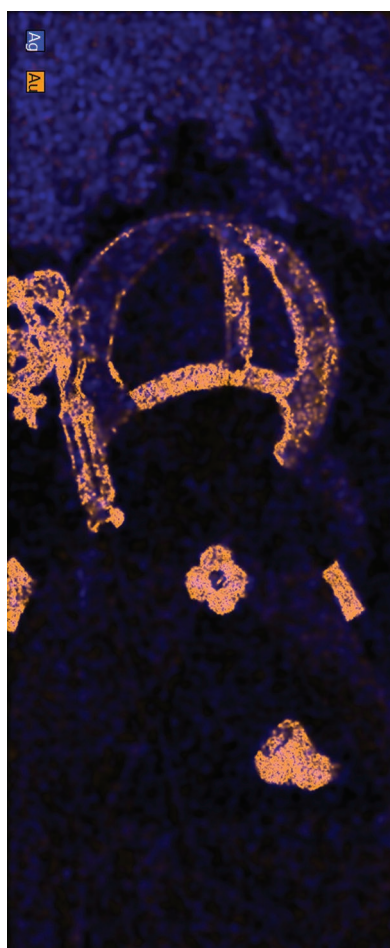
VIS







VIS



Au Ag



Fe Ag Pb



Ca



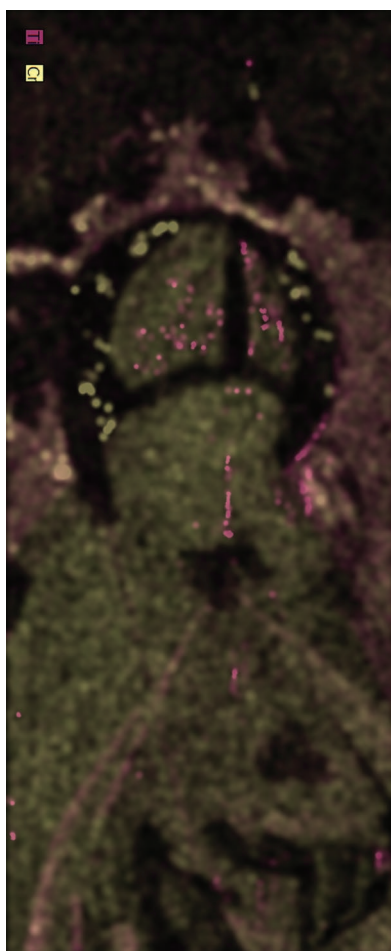
Fe Cu Hg Pb



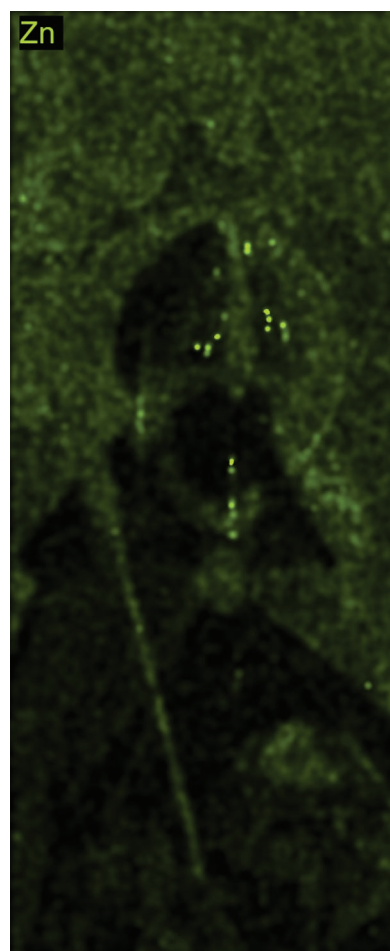
Sn Fe



VIS



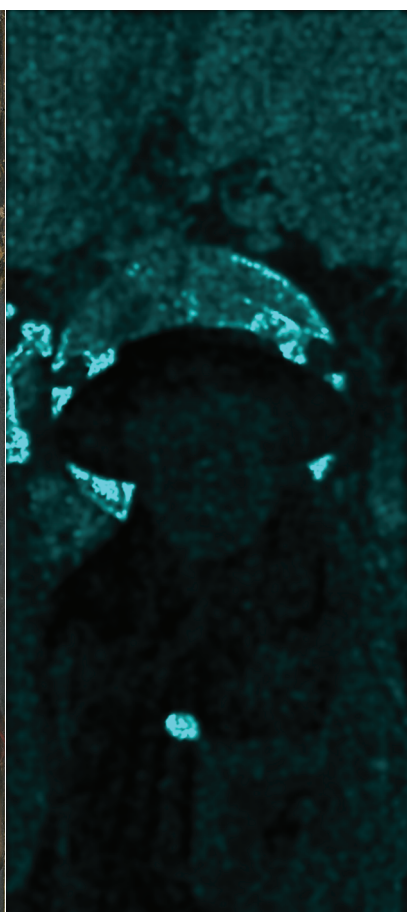
Ti Cr



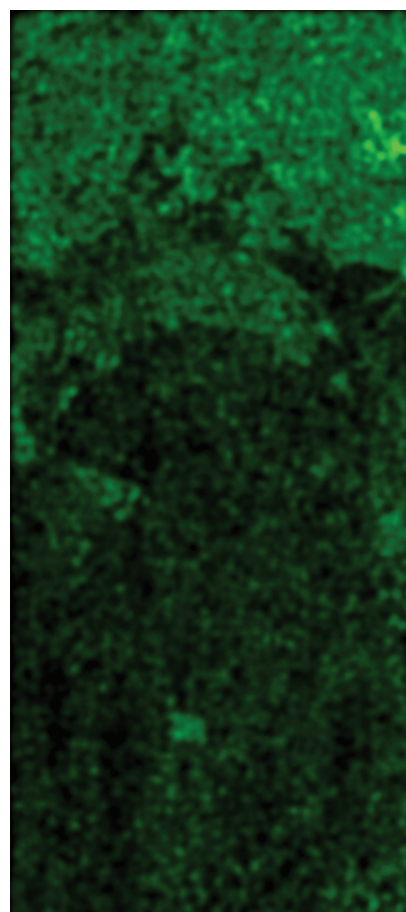
Zn



VIS



Au



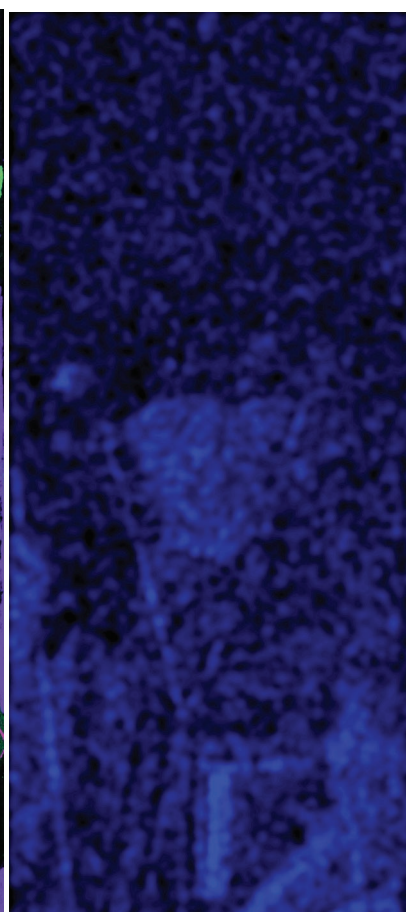
Ag



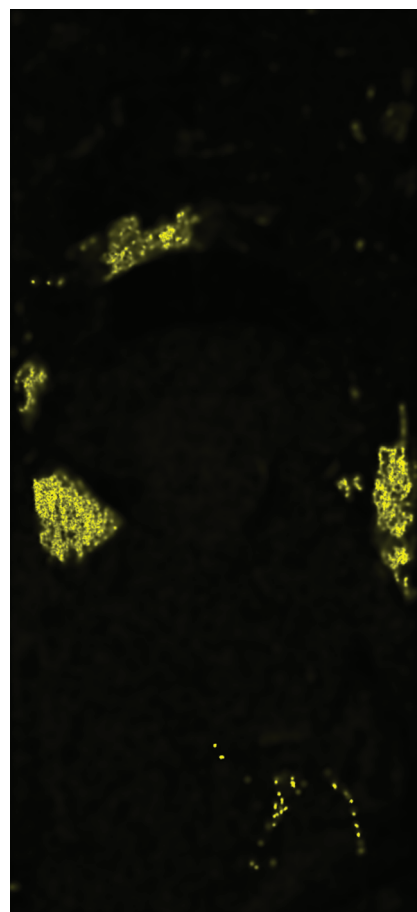
VIS



Fe Hg Cu



Sn



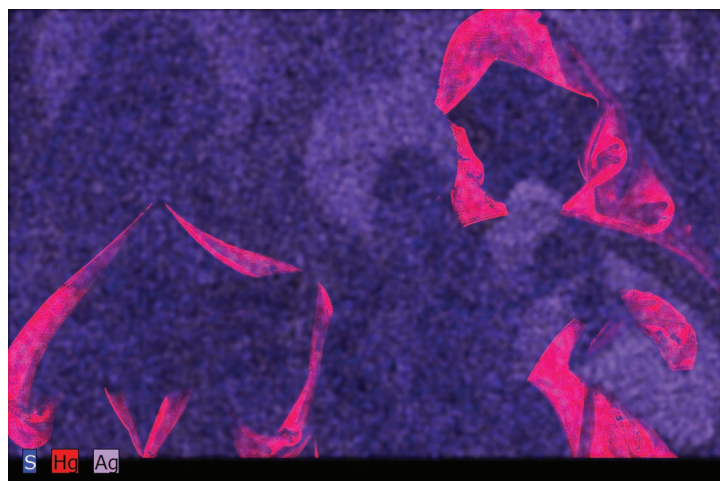
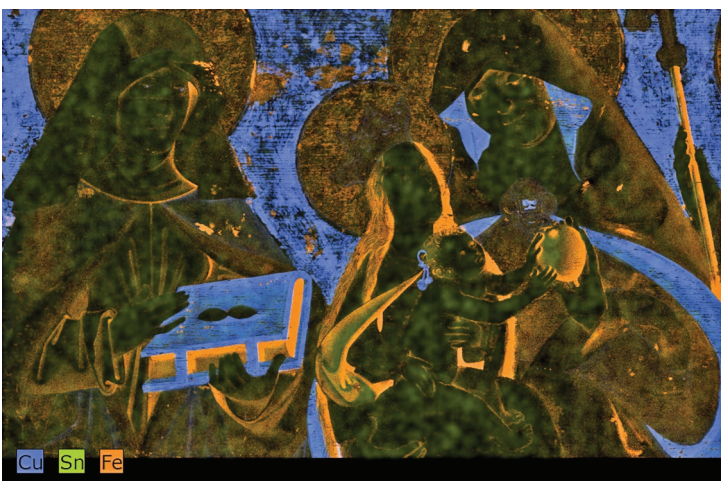
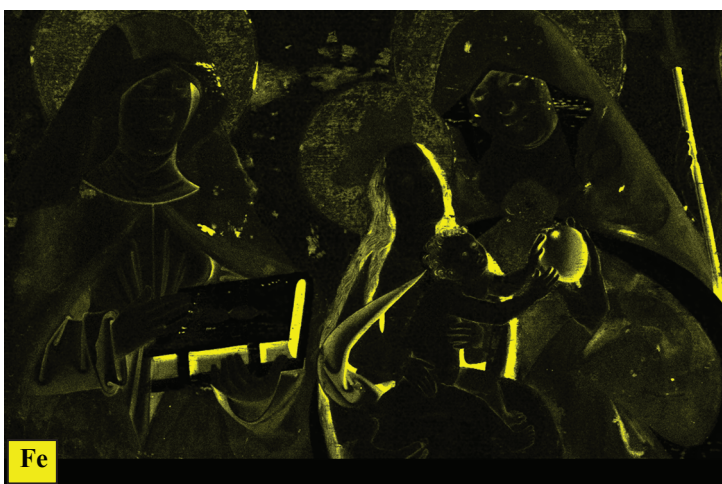
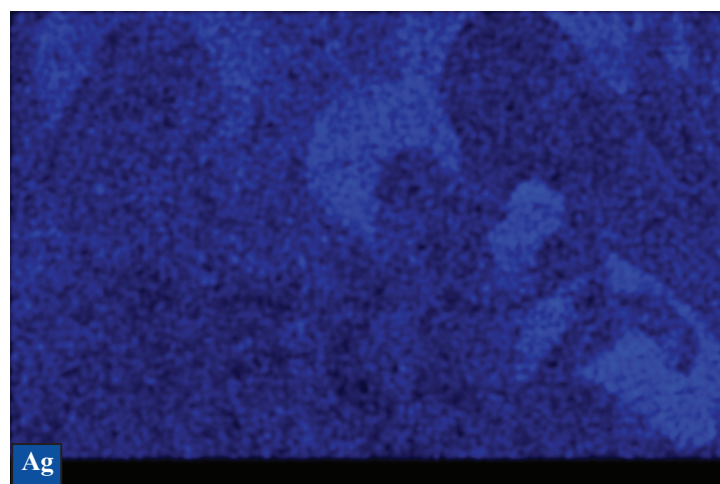
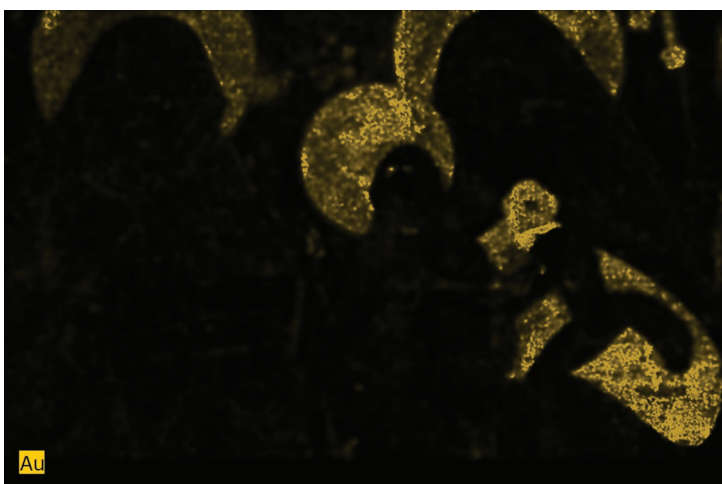
Cr

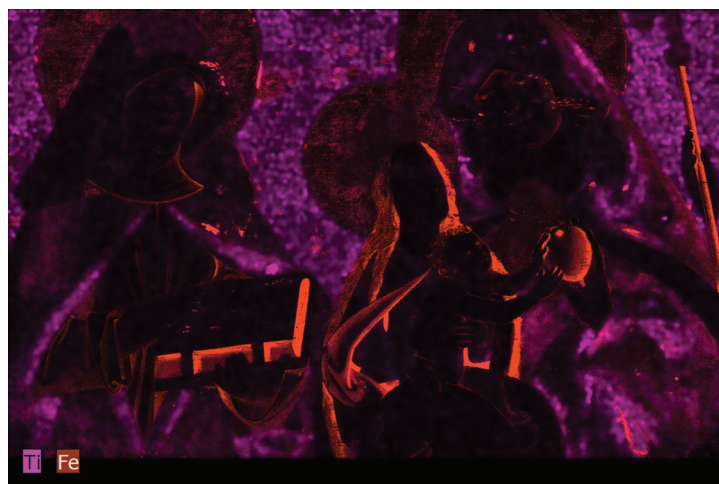
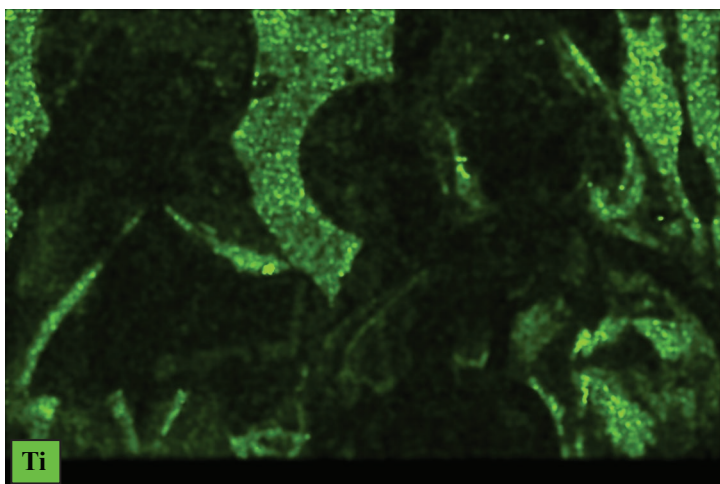
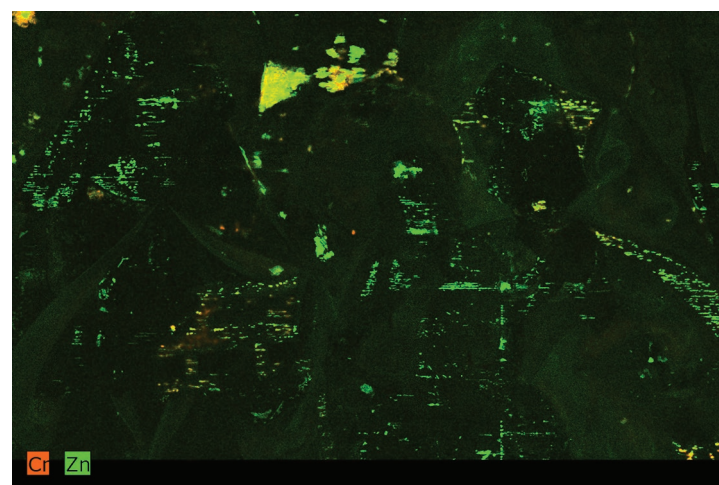
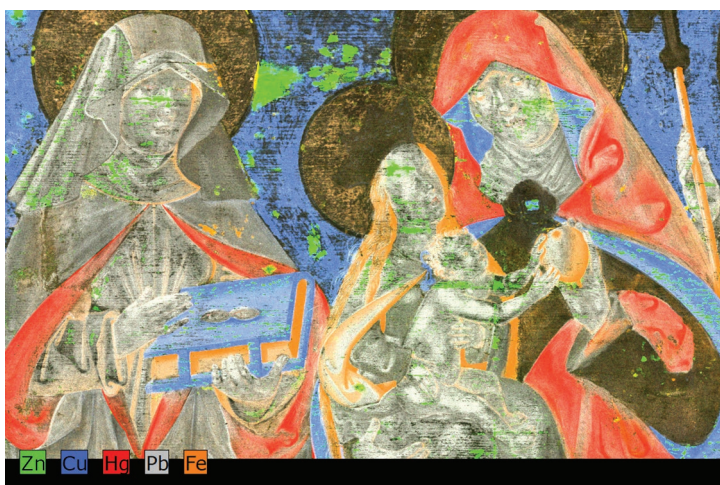


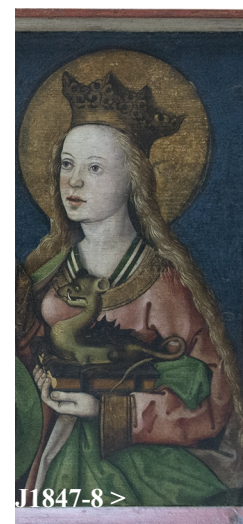
Zn



Ca







Oltář

J1847- 1 Nika, modré pozadí

J1847-2 Nika, čistý křídový podklad, jen vzorek pro paleontologii

J1847-3 Nika, hvězdička s pozadím

J1847-4 Nika, zelená pod dřevěnou mřížkou

J1847-5 Nika, stříbro a poliment, na hlavním rámu kolem niky

J1847-6 Sv. Dorota, zlacení - košík Dorotky

J1847-7 Sv. Dorota, červená z kraje rukávu

J1847-8 Rám křídla, poliment

J1847-9 Predela zelená, spodní část šatu sv. Markéty

Socha sv. Barbory

J1847-S -10 Živůtek - stříbro,

J1847-S -11 Rub pravé ruky Barbory, stříbro a lazura

J1847-S -12 Zelená kniha

J1847-S -13 Zlatý šat, zboku, pravá strana roucha

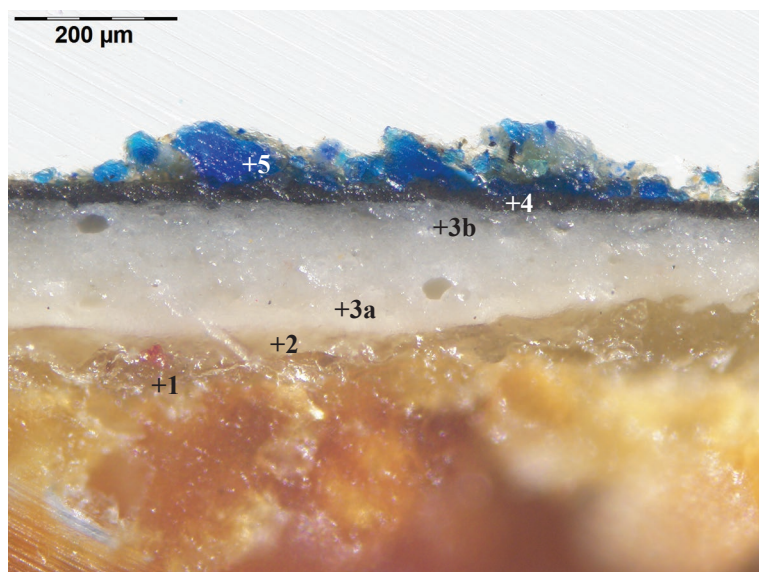
J1847-S -14 Spodní stříbrný šat, s lazurou

J1847-S -15 Podstavec –zelená

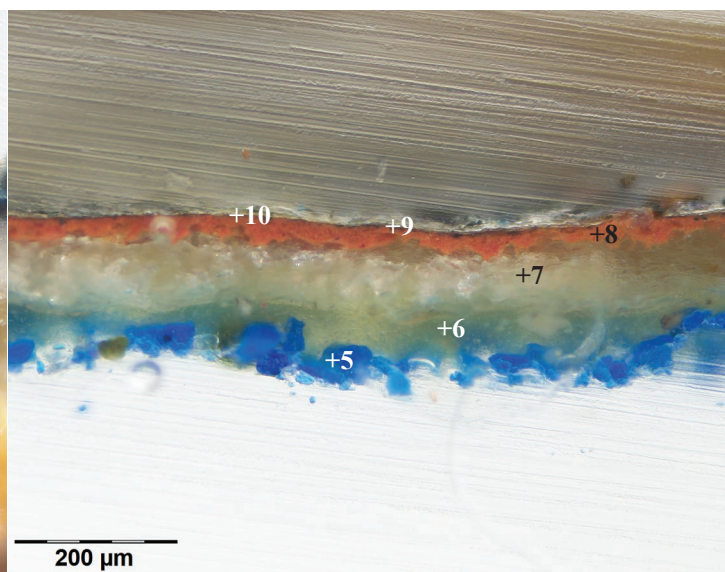
(J1847-1 a 3) Nika oltáře

Lokalizace: modré pozadí niky s hvězdičkou

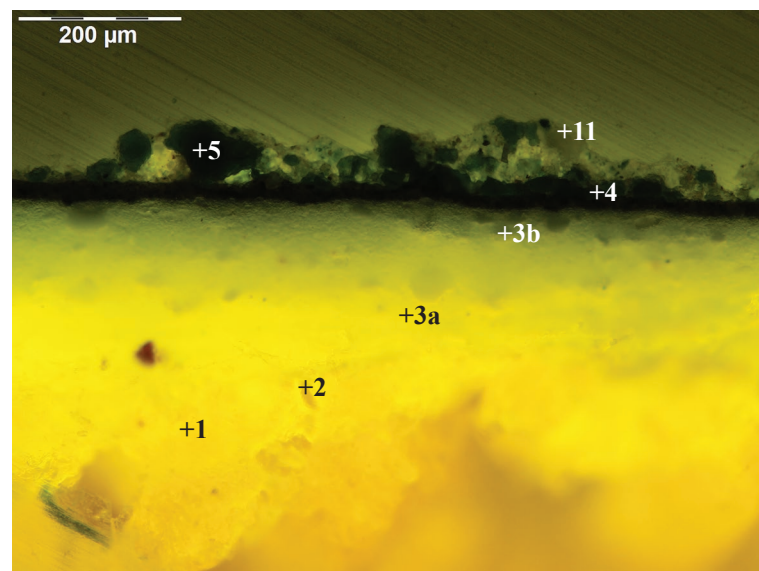
Popis a interpretace vrstev



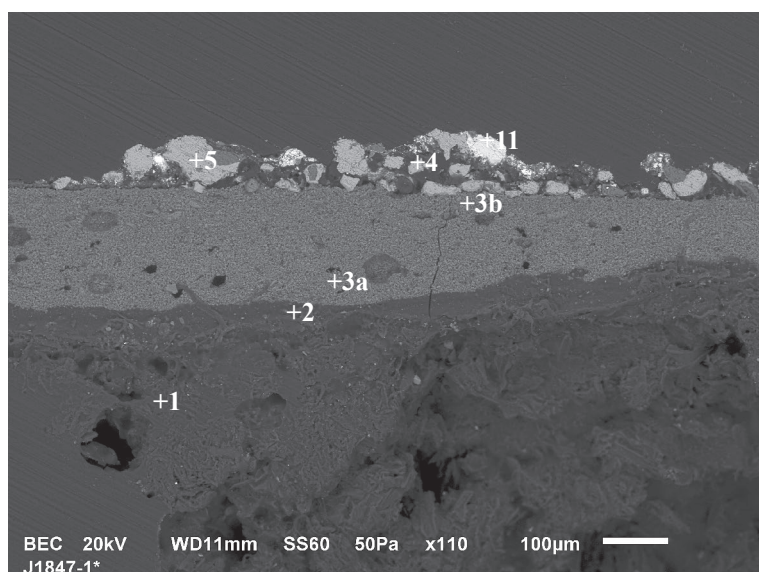
bílé odražené světlo, zvětšení 160x, vzorek J1847-1



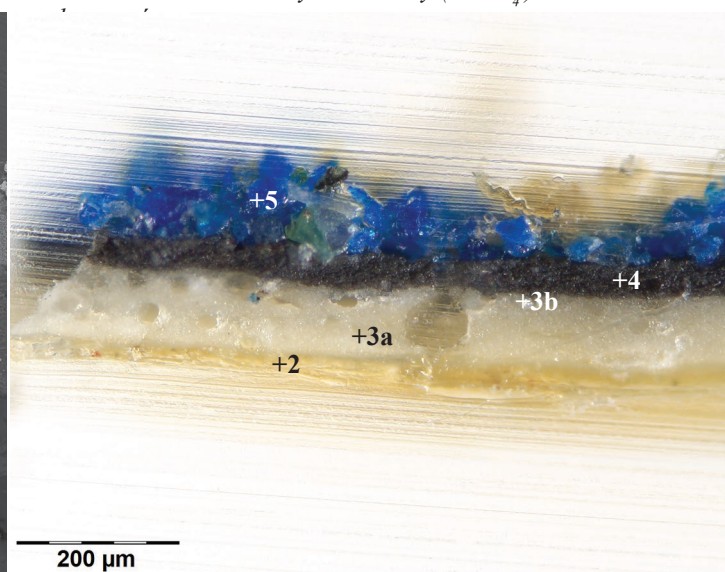
bílé odražené světlo, zvětšení 160x, vrchní část vzorku 3



UV fluorescence 365 nm, zvětšení 160x



SEM snímek, obraz v odražených elektronech



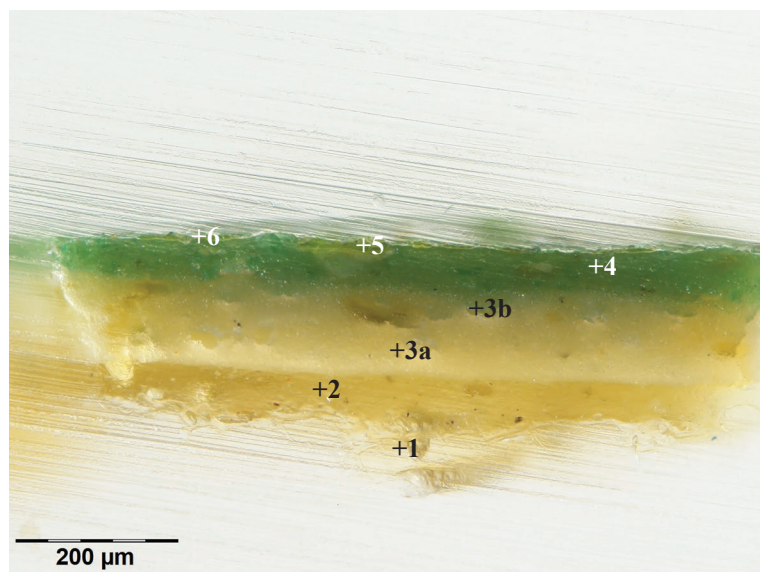
bílé odražené světlo, zvětšení 160x, spodní část vzorku 3

1. naklizené dřevo - smrk
2. proteinová izolace
3. světlý **kliho-křídový podklad** - dva nátěry (3a,b) přírodní křídý (CaCO_3) s proteinovým pojivem
4. černo - šedá **podmalba (veneda)** - vrstva křídý (CaCO_3) a uhlíkaté černě nebo popelu s malou příměsí drobných zrněk azuritu
5. **malba** - hrubozrnný azurit $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$ s malou přírodní příměsí malachitu $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ (oba minerály z oxidačních zón ložisek mědi), a také přírodních železitých oxidů; v zrnech azuritu a malachitu místy zvýšený obsah Zn (přírodní příměs)
6. **lepidlo hvězdičky** s obsahem proteinů
7. **papírovina**
8. **poliment** bolusového (typ B)¹ až laterit bauxitového typu (typ A)¹ s obsahem kaolinitu, hematitu, anatasu, pravděpodobně boehmitu, a smalou příměsí sádrovce a křemene
9. zkorodovaná **stříbrná fólie** (Ag_2S a AgCl)
10. **novodobá izolace**
11. **retuš** s obsahem barytové běloby (BaSO_4) a

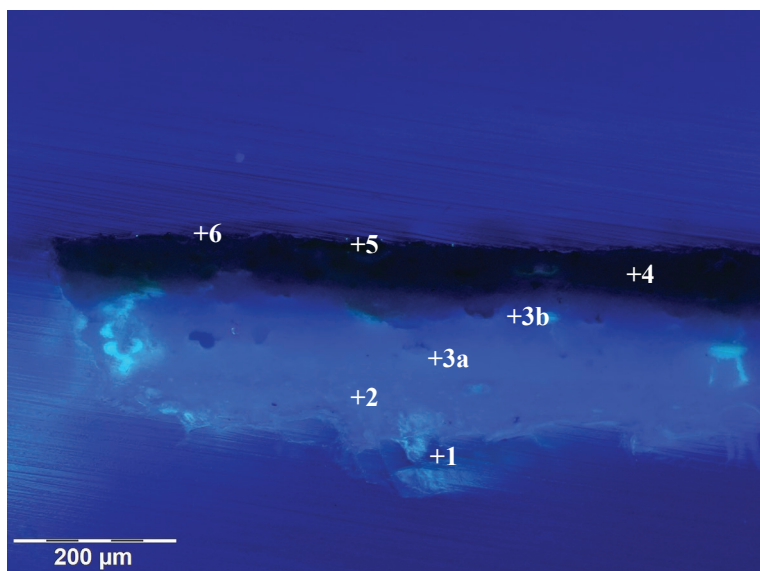
(J1847-4) *Nika oltáře*

Lokalizace: zelená v nice pod dřevěnou mřížkou

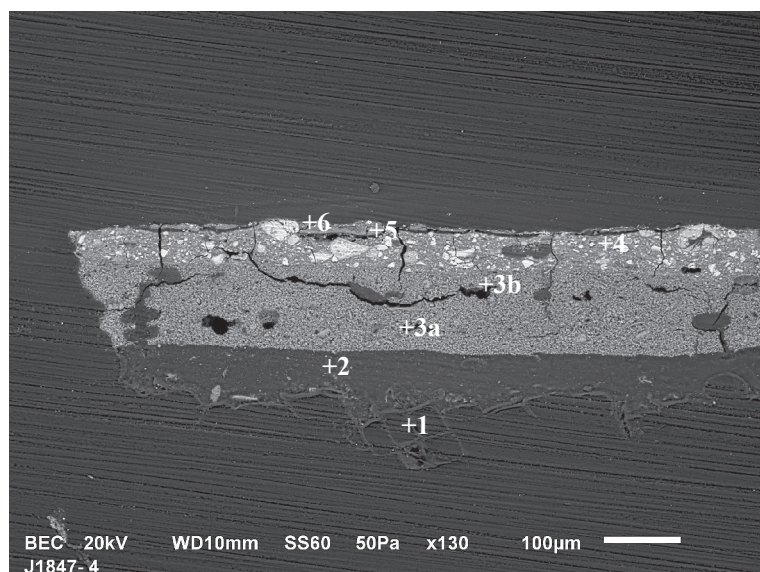
Popis a interpretace vrstev



bílé odražené světlo, zvětšení 160x



UV fluorescence 470 nm, zvětšení 160x



SEM snímek, obraz v odražených elektronech

1. naklížené dřevo - smrk
2. proteinová izolace
3. světlý **kliho-křídový podklad** - dva nátěry (3a,b) přírodní křídý (CaCO_3) s proteinovým pojivem
4. **malba temperou** - vrstva zeleného měďnatého pigmentu s obsahem malachitu - $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$, a posnjakitu - $\text{Cu}_4(\text{SO}_4)(\text{OH})_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$; a také chloridů Cu s malým podílem křídý (CaCO_3) malba obsahuje klihové pojivo, zvýšené obsahy Al mohou indikovat hlinitý substrát (příměs barviva)
5. **zelená lazura (přemalba?)** s obsahem Cu pigmentu a olovnato-cínčitě žlutě (Pb_2SnO_4), viditelně oddělená od spodní zelené malby 4 (viz. SEM obrázek)
6. lak s obsahem zinkové běloby

Poznámka:

V podkladové vrstvě všech vzorků byla zjištěna křída rujánského typu s vysokým obsahem foraminifer. V křídě je diverzifikovaný také poměrně bohatý nannoplankton (kokolity).

(J1847-4) Nika oltáře

Lokalizace: zelená v nice pod dřevěnou mřížkou

Vyhodnocení analýzy proteinů v zelené malbě (MALDI TOF), měřeno ze sypkého vzorku



Accession	Protein	Num. of matches
CO1A1_BOVIN	Collagen alpha-1(I) chain	60
CO1A1_RAT	Collagen alpha-1(I) chain	41
CO1A2_BOVIN	Collagen alpha-2(I) chain	25
CO1A2_CANFA	Collagen alpha-2(I) chain	13
CO1A2_MAMAE	Collagen alpha-2(I) chain	10
CO3A1_BOVIN	Collagen alpha-1(III) chain	17
CO3A1_MOUSE	Collagen alpha-1(III) chain	6
CO3A1_HUMAN	Collagen alpha-1(III) chain	7
CO2A1_MOUSE	Collagen alpha-1(II) chain	6
TRYP_PIG	Trypsin	2
K1C12_RABIT	Keratin, type I cytoskeletal 12	2
K1C10_HUMAN	Keratin, type I cytoskeletal 10	2

Ve vzorku zelené malby byly identifikovány kolageny - kliš nebo želatina.

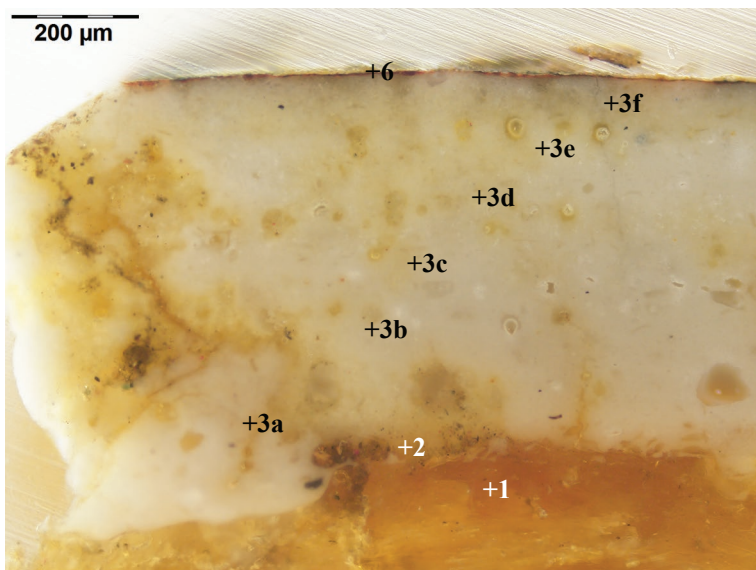
(J1847-5) Nika oltáře

Lokalizace: spodní část rámu-poliment

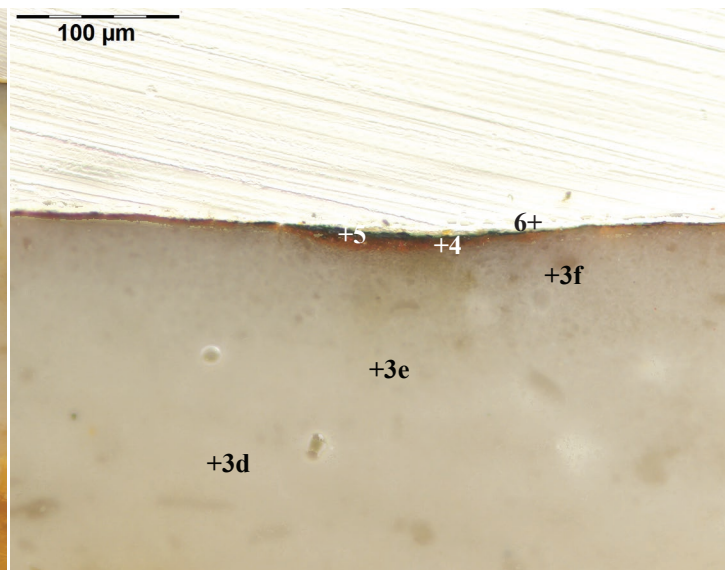
Vyhodnocení analýzy proteinů v polimentu (MALDI TOF) měřeno ze sypkého vzorku

Accession	Protein	Num. of matches
CO1A1_BOVIN	Collagen alpha-1(I) chain	63
CO1A1_HUMAN	Collagen alpha-1(I) chain	54
CO1A1_RAT	Collagen alpha-1(I) chain	43
CO1A2_BOVIN	Collagen alpha-2(I) chain	24
CO1A2_CANFA	Collagen alpha-2(I) chain	12
CO1A2_HUMAN	Collagen alpha-2(I) chain	11
CO3A1_BOVIN	Collagen alpha-1(III) chain	11
CO1A2_MAMAE	Collagen alpha-2(I) chain	10
CO3A1_HUMAN	Collagen alpha-1(III) chain	10
CO3A1_MOUSE	Collagen alpha-1(III) chain	5
CO3A1_RAT	Collagen alpha-1(III) chain	5
CO2A1_MOUSE	Collagen alpha-1(II) chain	5
K1C12_RABIT	Keratin, type I cytoskeletal 12	2
TRYP_PIG	Trypsin	2

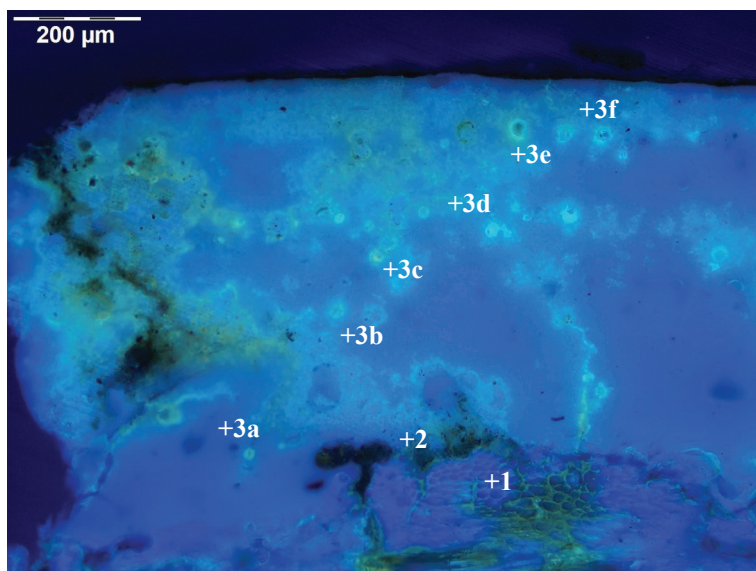
Ve vzorku polimentu byl identifikován kliš a / nebo želatina. Adhezivum k plátkové kovové fólie.



bílé odražené světlo, zvětšení 125x

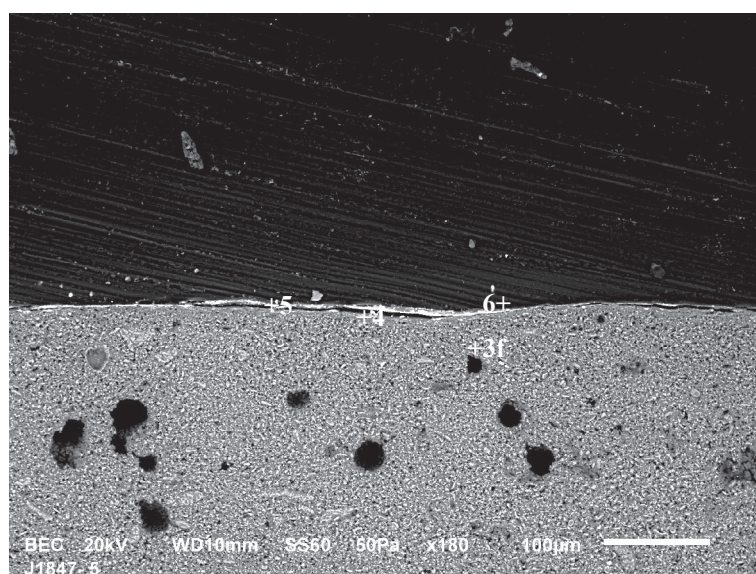


bílé odražené světlo, zvětšení 320x

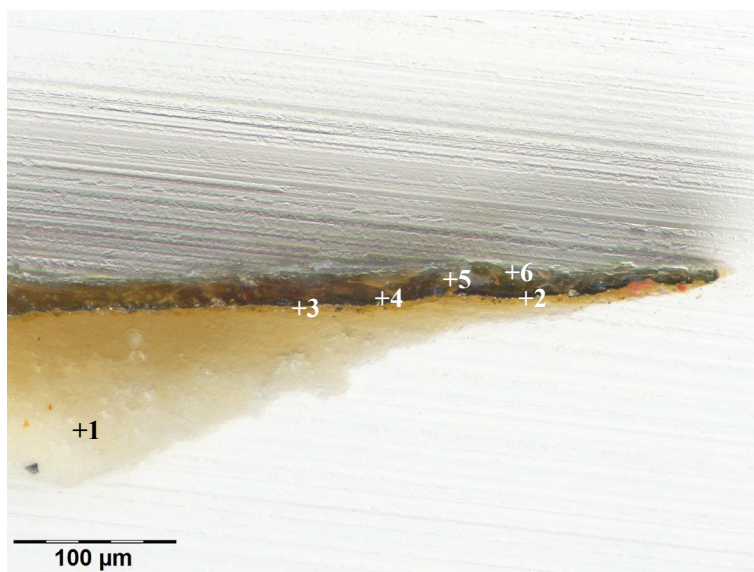


UV fluorescence 470 nm, zvětšení 125x

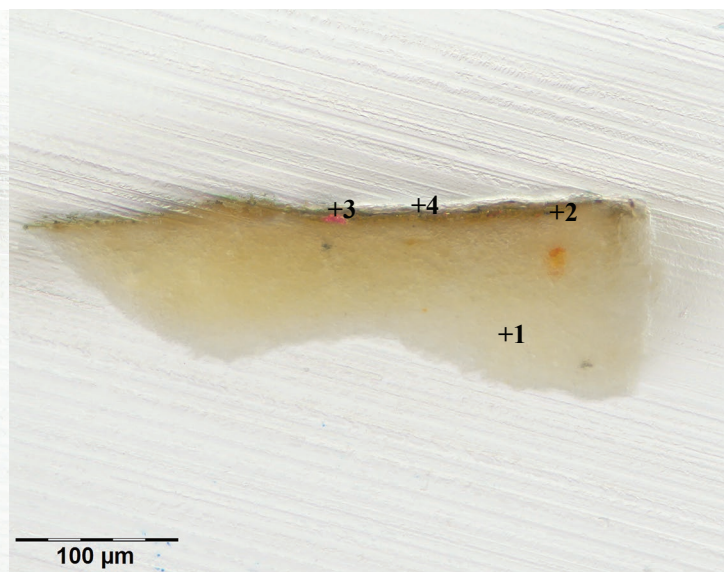
1. naklížené dřevo - smrk
2. proteinová izolace
3. světlý *kliho-křídový* podklad - více nátěrů (3a až f) přírodní křídý (CaCO_3) s proteinovým pojivem
4. *poliment* - pravděpodobně laterit-bauxitového typu (typ A)¹ s vyšším obsahem Al
5. plátková *fólie stříbra* s výraznou korozi; tvorba Ag_2S a AgCl
6. *lak*



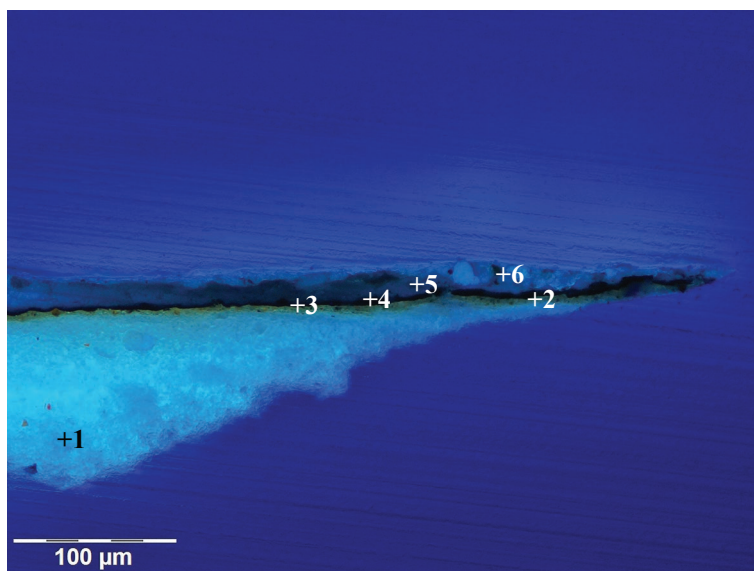
SEM snímek, obraz v odražených elektronech



bílé odražené světlo, zvětšení 320x



bílé odražené světlo, zvětšení 320x

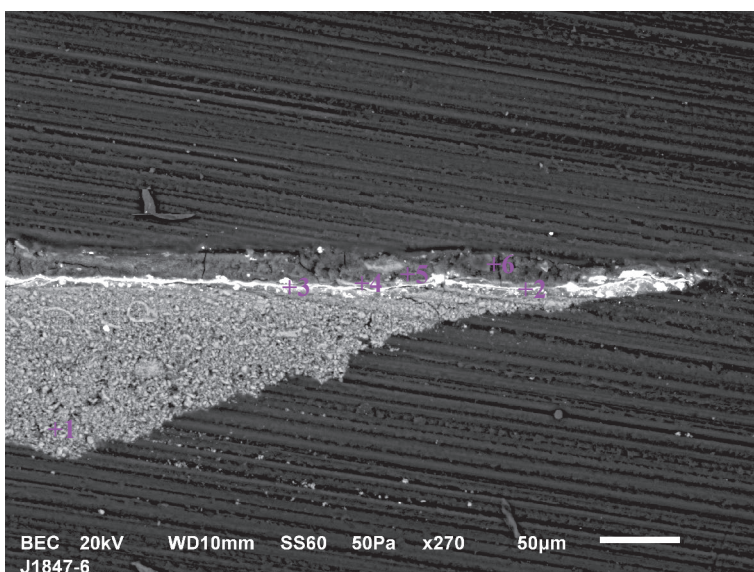


UV fluorescence 470 nm, zvětšení 320x

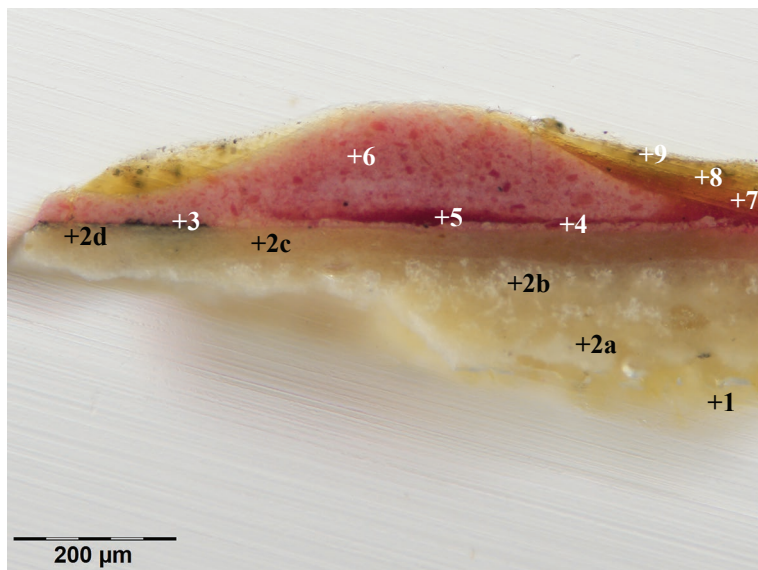
1. světlý **kliho-křídový podklad** - přírodní křídý (CaCO_3) s proteinovým pojivem klijem
2. **mixtion** - vrstva převážně olovnaté běloby ($2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$) jemně tónovaná olovnato-cínčitou žlutí (Pb_2SnO_4), měďnatým pigmentem ($\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{CuCO}_3$), rumělkou (HgS), bez proteinů
3. **plátková fólie zwischgoldu** s korozi stříbra na Ag_2S
4. **černá malba košíku** - uhlikatá a kostní čern, příměs i křídý (CaCO_3) a olovnaté běloby ($2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$)
5. **lazura** - pigmentována Cu pigmentem, olovnatou bělobou ($2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$) a černí
6. pigmentovaný **lak** nebo **lazura (patina)**? - olovnatá běloba ($2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$), Cu pigment

Poznámka:

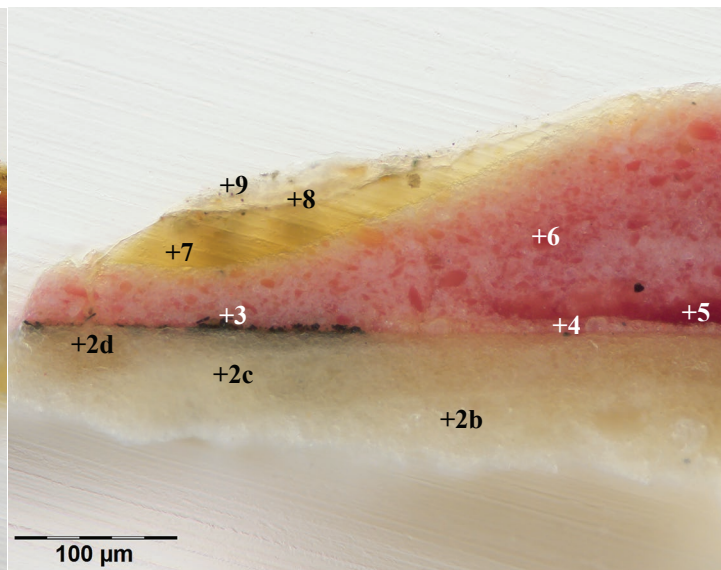
Analýza proteinů v podkladové vrstvě zjistila klij a/nebo želatinu (viz. str.37).



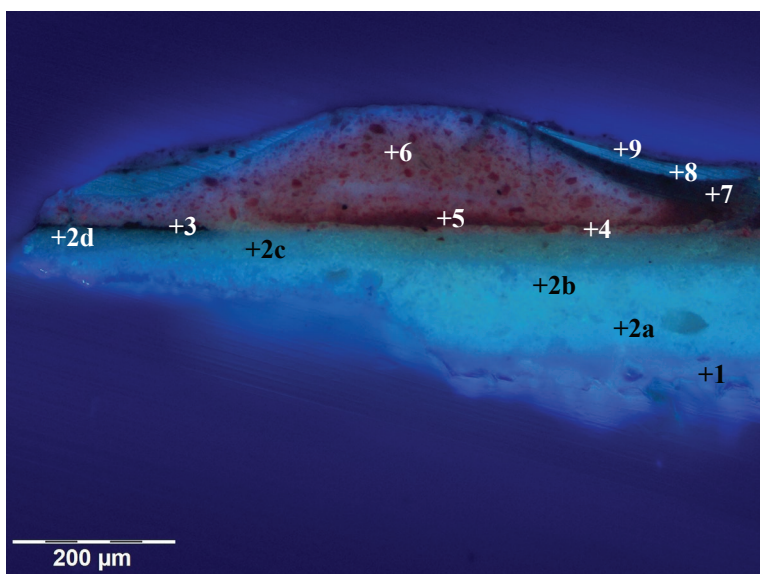
SEM snímek, obraz v odražených elektronech



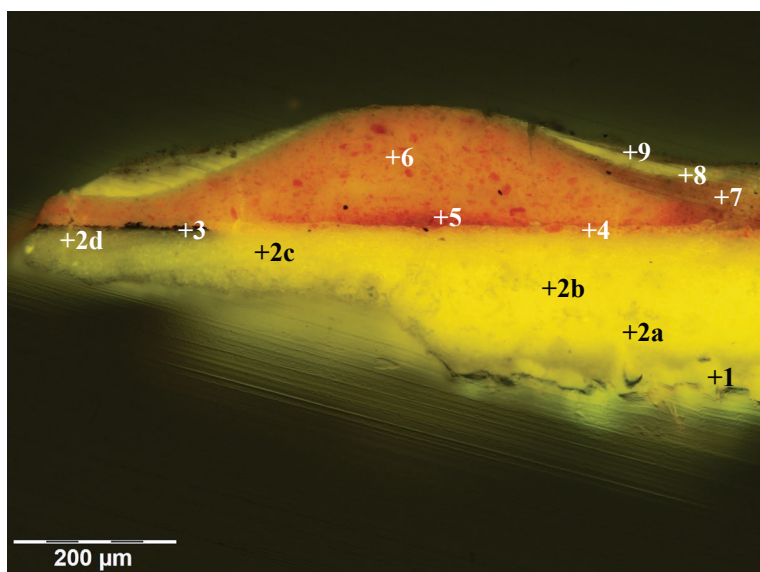
bílé odražené světlo, zvětšení 160x



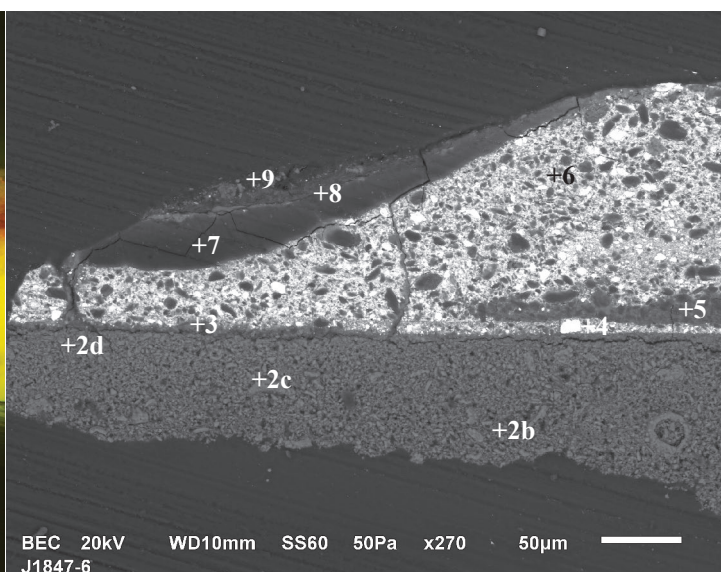
bílé odražené světlo, zvětšení 320x



UV fluorescence 365 nm, zvětšení 160x



UV fluorescence 470 nm, zvětšení 160x



SEM snímek, obraz v odražených elektronech

1. proteinová izolace

2. světlý křivo-křidový podklad - více nátěrů (2a,d) přírodní křidy (CaCO_3) s proteinovým pojivem

3. černá podkresba - naprášená uhlová čern, na povrchu izolace

4. malba křivovou temperou - tenká vrstva olovnaté běloby pigmentovaná mořenou barvířskou - kraplakem (*Rubia tinctorum* aj., rod Rubiceae)

5. červená lazura mořeny barvířské - kraplaku (*Rubia tinctorum* aj., rod Rubiceae), srážené s kamencem a sádrou, s příměsí měďnaté soli

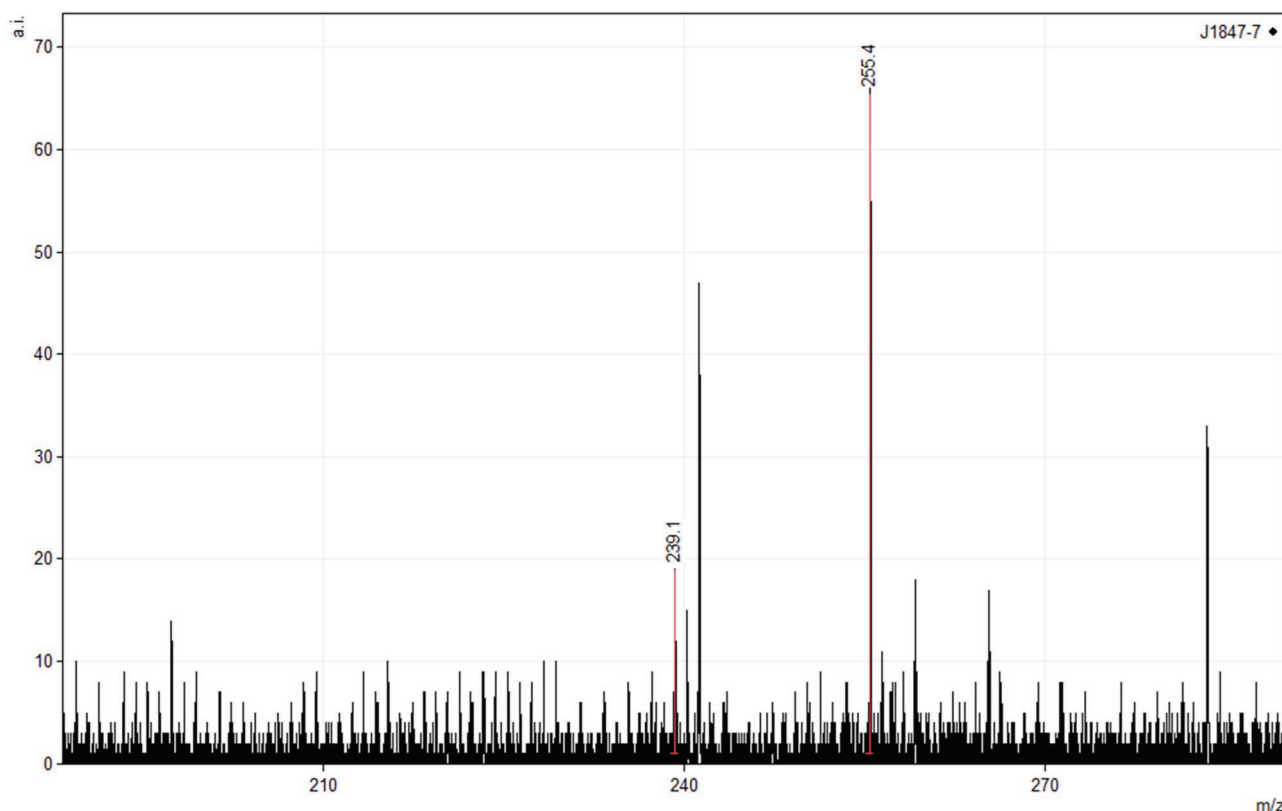
6. malba - olovnatá běloba ($2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$) pigmentována mořenou barvířskou - kraplakem

7. zežloutlý lak

8. lak a povrchové nečistoty

9. lak a povrchové nečistoty

Vyhodnocení **analýzy červeného barviva (MALDI-TOF-TOF)** v malbě, měřeno ze sypkého vzorku



Hmotnostní spektrum vzorku J1747- 7 červená lazura“ obsahuje alizarin (240 m/z) a purpurin (256 m/z). Vrstvy malby 4,5,6 obsahují přírodní organické barvivo rostlinného původu s alizarinem a purpurinem, což je typické pro barvivo získávané z kořene **mořeny barvířské** - *Rubia tinctorum* aj (rod Rubiceae). Mořena dává silnou fluorescenci v UV světle jak 365 nm, tak 470 nm.

Vyhodnocení **analýzy proteinu** v podkladové vrstvě (MALDI - TOF), měřeno ze sypkého vzorku

Accession	Protein	Num. of matches
CO1A1_BOVIN	Collagen alpha-1(I) chain	32
CO1A2_BOVIN	Collagen alpha-2(I) chain	25
CO1A1_RAT	Collagen alpha-1(I) chain	20
CO1A1_CHICK	Collagen alpha-1(I) chain	13
CO3A1_BOVIN	Collagen alpha-1(III) chain	9
K2C1_HUMAN	Keratin, type II cytoskeletal 1	7
CO3A1_RAT	Collagen alpha-1(III) chain	5
K22E_HUMAN	Keratin, type II cytoskeletal 2 epidermal	4
K1C10_HUMAN	Keratin, type I cytoskeletal 10	2

Ve vzorku J1847-6 v podkladové vrstvě byly nalezeny kolageny – kůže nebo želatina.

(J1847-8) Sv. Dorota

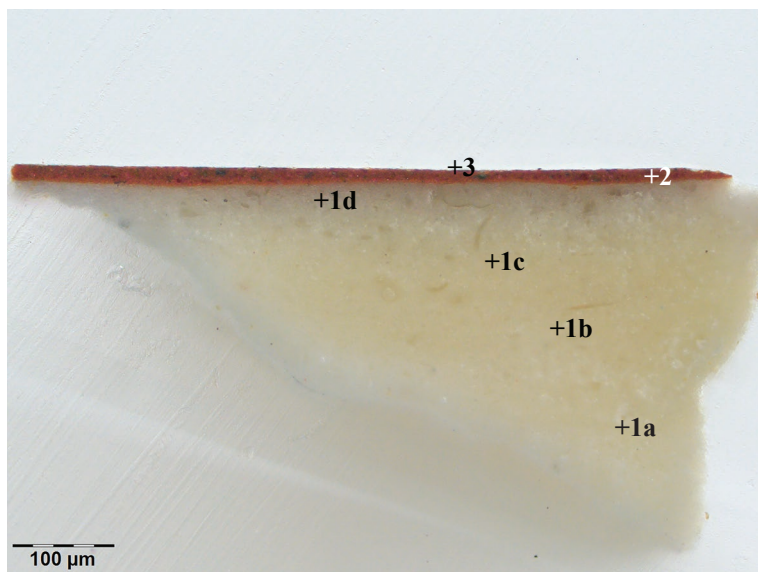
Lokalizace: rám křídla, poliment bez kovu

Popis a interpretace vrstev

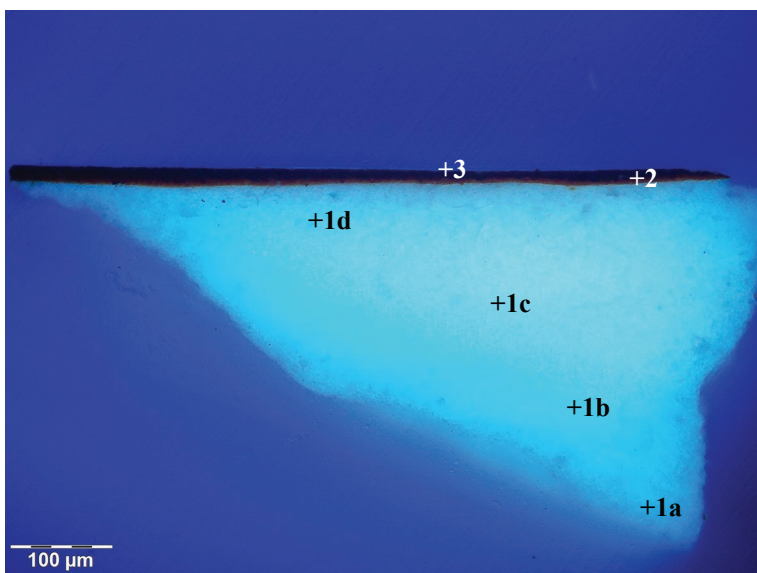
1. světlý **kliho-křídový podklad** - více nátěrů (2a,d) přírodní křídý (CaCO_3) s proteinovým pojivem
2. **poliment**-pravděpodobně laterit-bauxitového typu (typ A)¹ s obsahem převážně kaolinitu, boehmitu a hematitu s malou příměsí sádrovce a živců pigmentovaný rumělkou
3. **lak** nebo proteinová izolace

Poznámka:

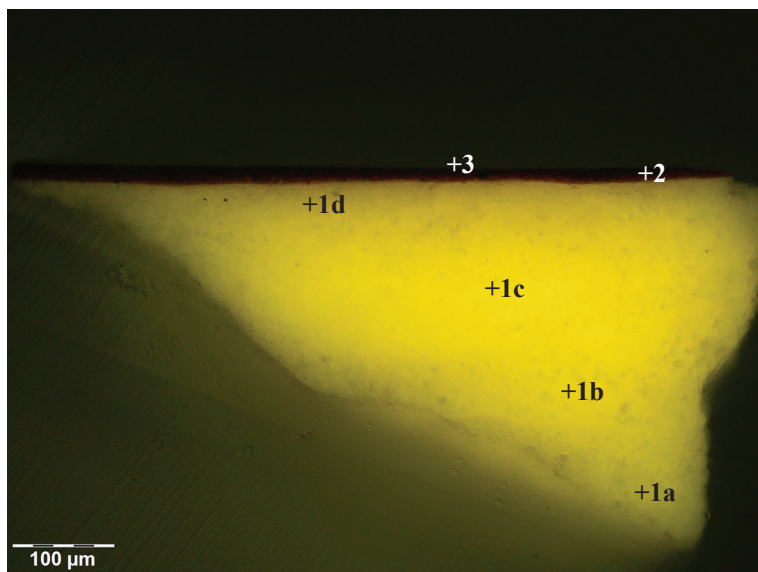
I přes některé odlišnosti je poliment pravděpodobně ze stejného zdroje, jako ve vzorku 3 (poliment pod stříbrnou hvězdou)



bílé odražené světlo, zvětšení 200x



UV fluorescence 470 nm, zvětšení 200x

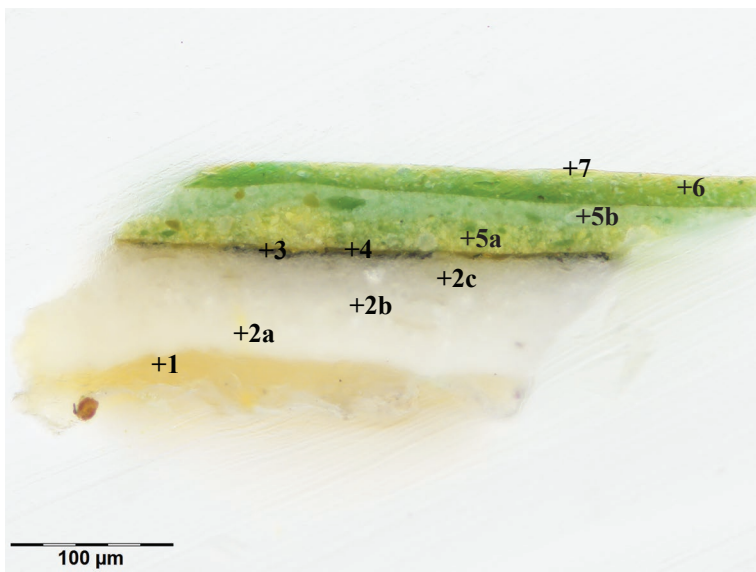


UV fluorescence 470 nm, zvětšení 200x

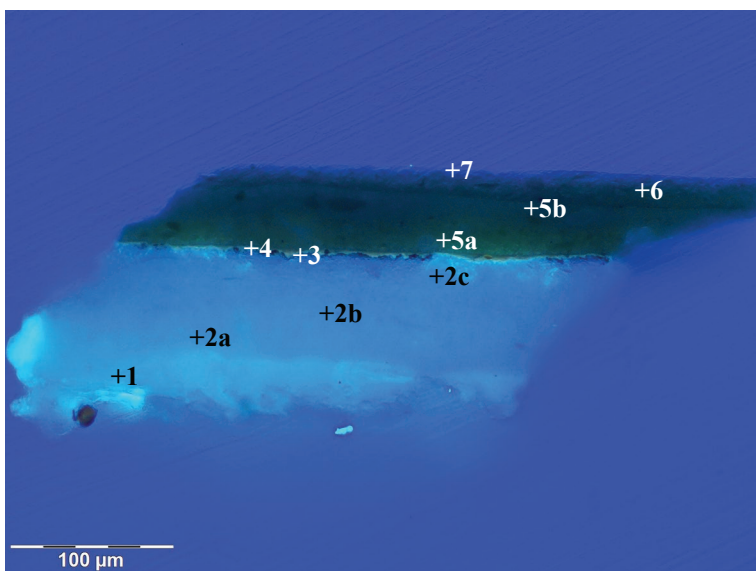
(J1847-9) *Predela oltáře*

Lokalizace: zelená, spodní část šatu sv. Markéty

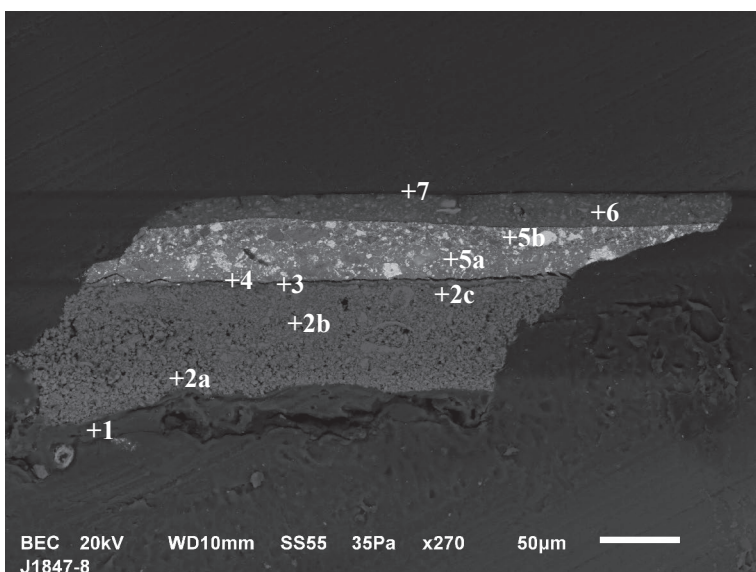
Popis a interpretace vrstev



bílé odražené světlo, zvětšení 320x



UV fluorescence 365 nm, zvětšení 320x



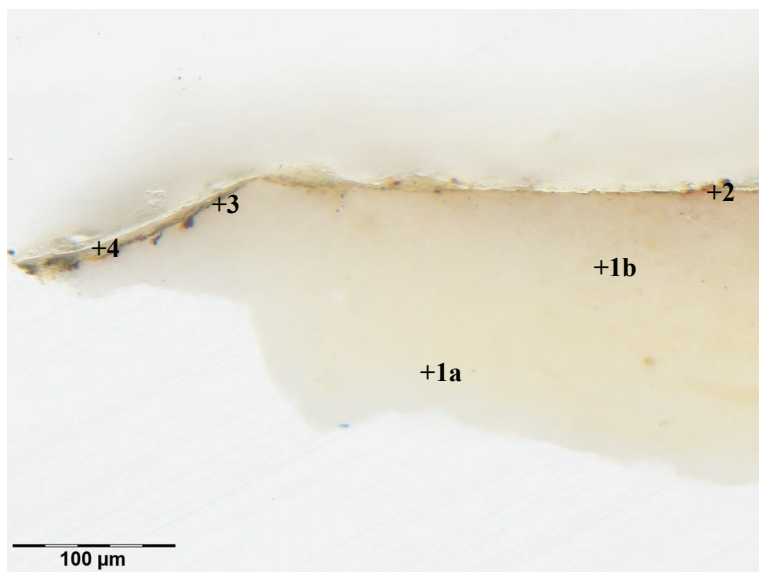
SEM snímek, obraz v odražených elektronech

1. **proteinová izolace**
2. **světlý klišo-křídový podklad** - více nátěrů (2a,c) přírodní křídý (CaCO_3) s proteinovým pojivem
3. **černá podkresba** - naprášená uhlová čern
4. **proteinová izolace**
5. **malba tempera** - dvojvrstvi (5a a,b) zeleného měďnatého pigmentu převážně malachitu - $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$, s malou příměsí olovnato-cíníčitě žlutě (Pb_2SnO_4) a přírodní křídý (CaCO_3)
6. **lazurní vrstva** - měděnky s příměsí křídý (CaCO_3) a nepatrně i olovnaté běloby ($2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$)
7. **retuš** - chromoxid s příměsí zinkové běloby (ZnO)

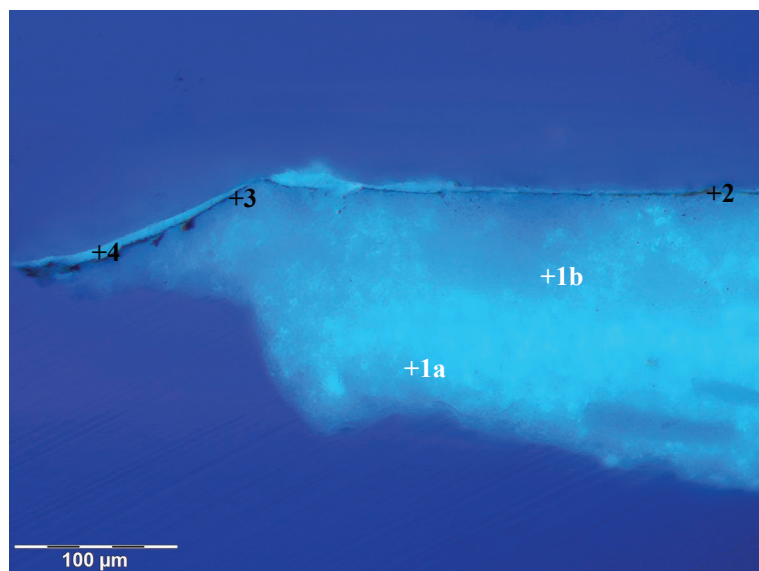
(J1847-10) Socha sv. Barbory

Lokalizace: spodní část rámu-poliment

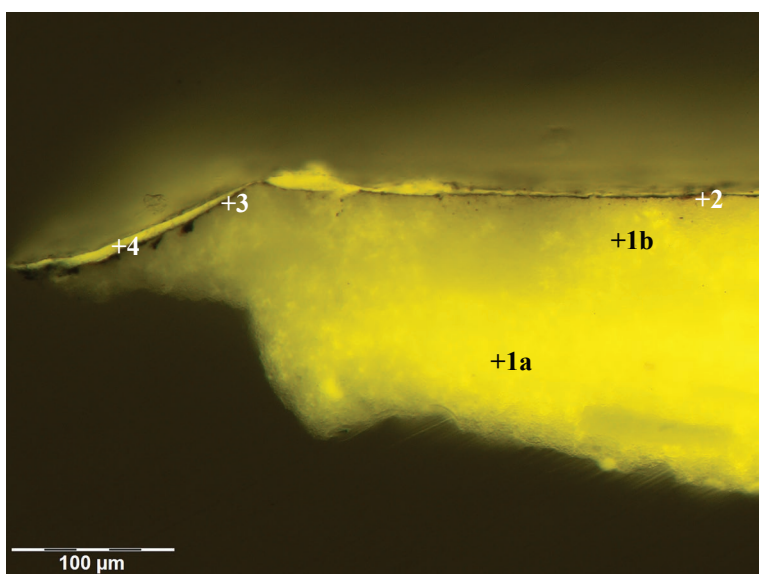
Popis a interpretace vrstev



bílé odražené světlo, zvětšení 320x

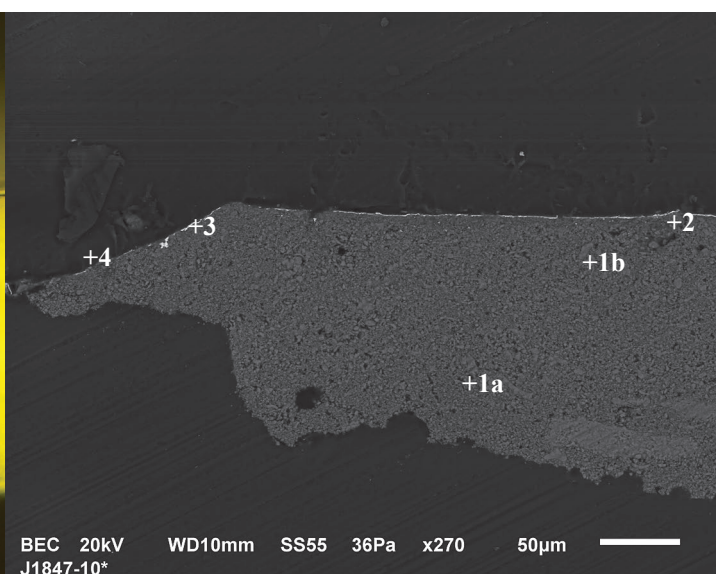


UV fluorescence 365 nm, zvětšení 320x



UV fluorescence 470 nm, zvětšení 320x

1. světlý **kliho-křídový podklad** - dva nátěry (1a,b) přírodní křídý (CaCO_3) s výskytem foraminifer a kokolitů a s proteinovým pojivem
2. velmi tenká vrstvička - **bolusového polimentu** (typu B)¹; případně laterit-bauxitového typu (typ A) se zvýšeným obsahem Ti
3. **plátková fólie stříbra**; s korozi Ag_2S a AgCl
4. **lak**

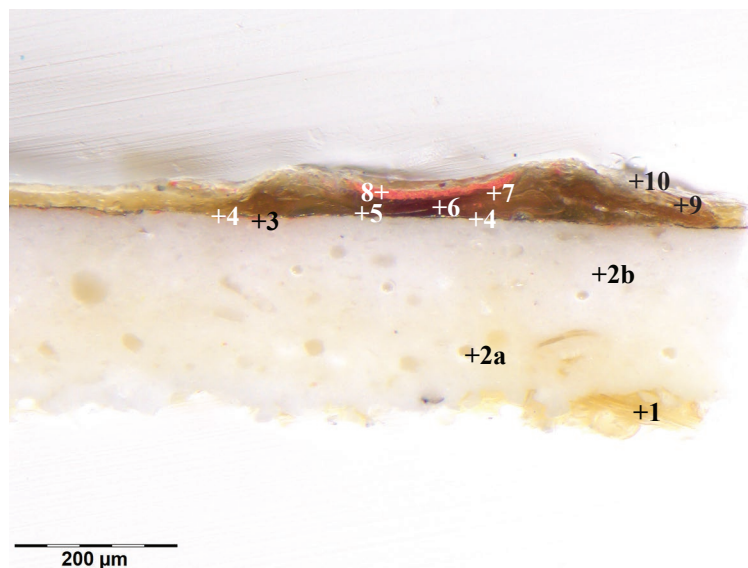


SEM snímek, obraz v odražených elektronech

(J1847-11) Socha sv. Barbory

Lokalizace: rub pravé ruky Barbory, stříbro a lazura

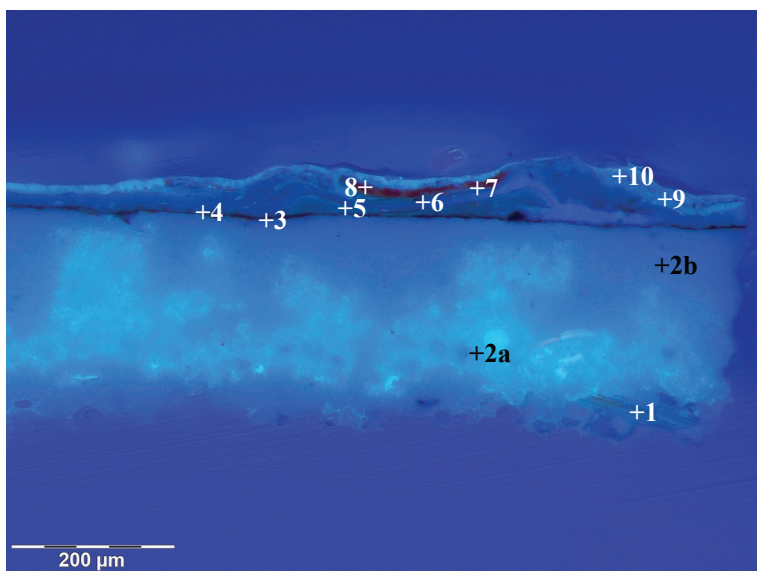
Popis a interpretace vrstev 



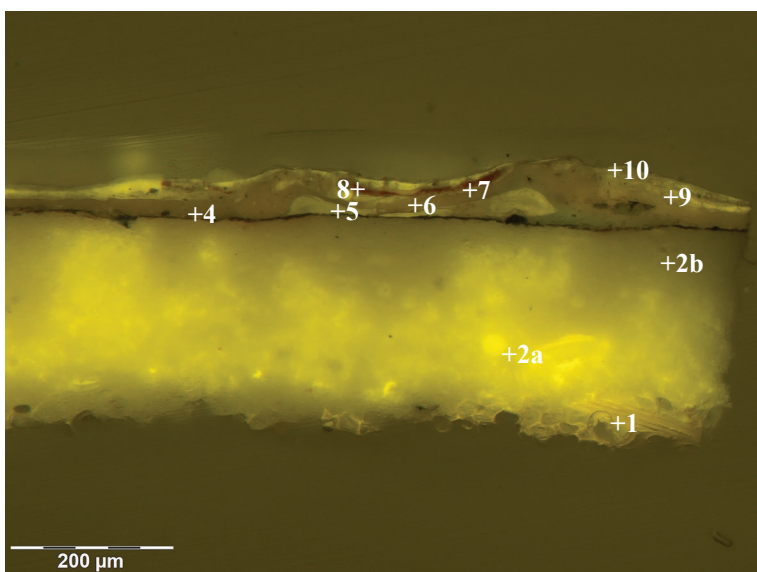
bílé odražené světlo, zvětšení 160x



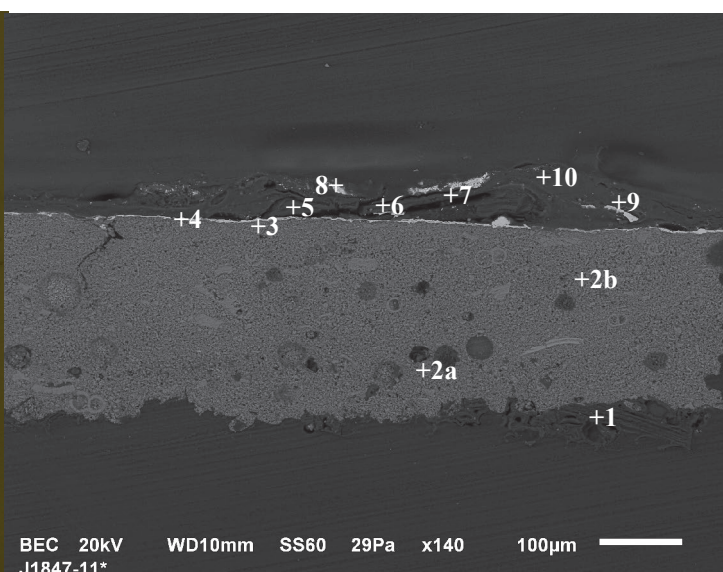
bílé odražené světlo, zvětšení 100x



UV fluorescence 365 nm, zvětšení 160x



UV fluorescence 470 nm, zvětšení 160x



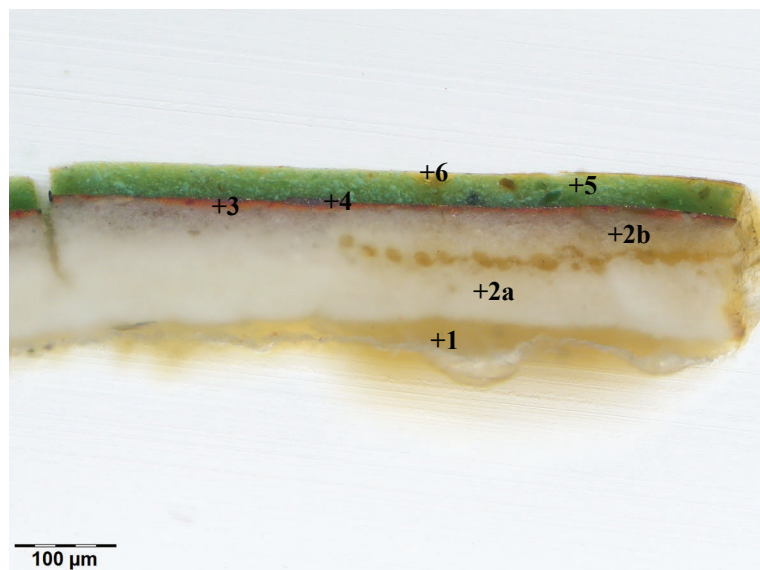
SEM snímek, obraz v odražených elektronech

1. naklížený fragment lipového dřeva
- 2 světlý **kliho-křídový podklad** - dva nátěry (2a,b) přírodní křídý (CaCO_3) s výskytem foraminifer a kokolitů a s proteinovým pojivem
3. **poliment** - velmi tenká vrstvička polimentu bolusového typu (typu B)¹
4. **plátková fólie stříbra**; s korozi Ag_2S a AgCl
5. **lak s příměsí křídý** (CaCO_3)
6. **lak**
7. **lak** nebo izolace pro zpevnění polychromie
8. **přemalba** - rumělka (HgS) s příměsí křídý (CaCO_3) a sádry
9. **lak**
10. **lak a povrchové nečistoty**

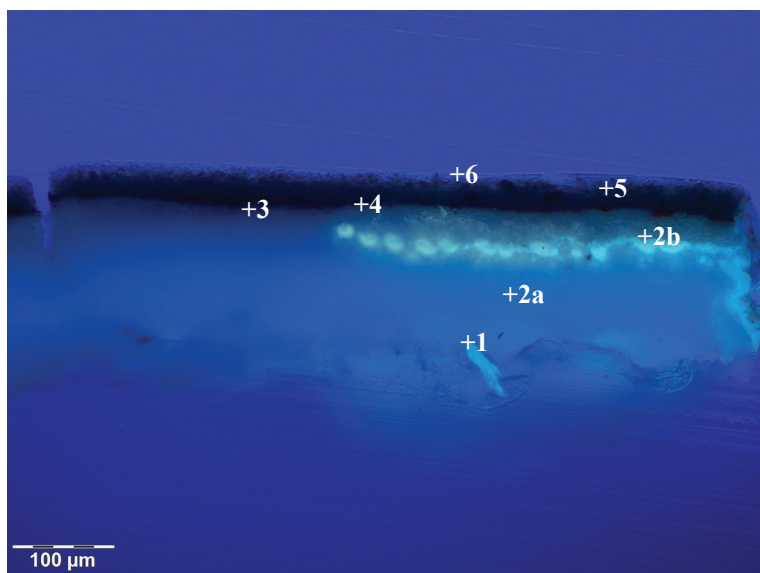
(J1847-12) Socha sv. Barbory

Lokalizace: zelená kniha

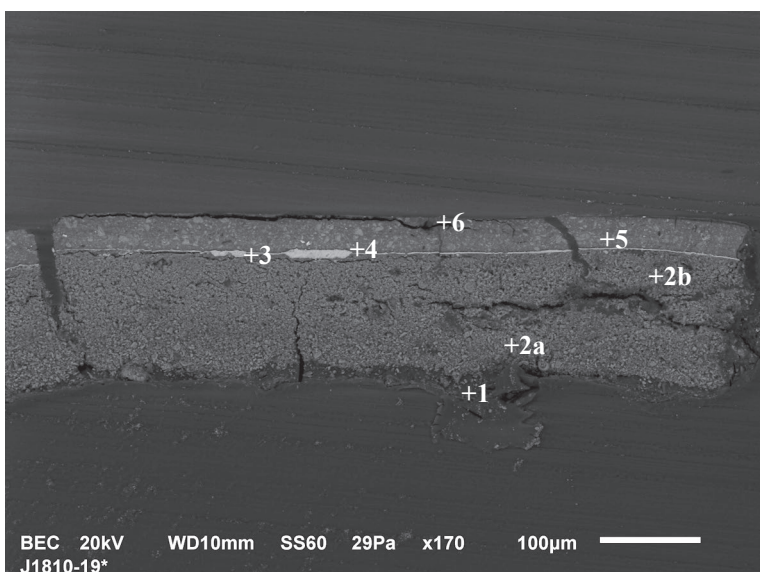
Popis a interpretace vrstev



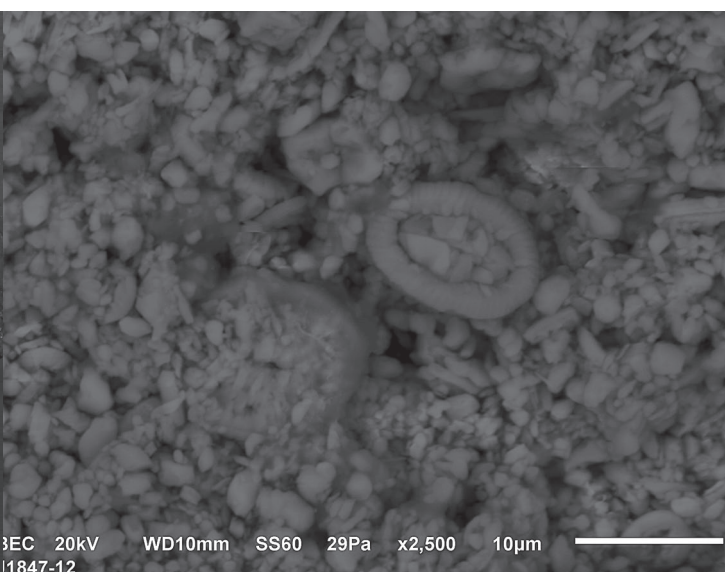
bílé odražené světlo, zvětšení 200x



UV fluorescence 365 nm, zvětšení 200x



SEM snímek, obraz v odražených elektronech



SEM snímek, obraz v odražených elektronech, kokolit

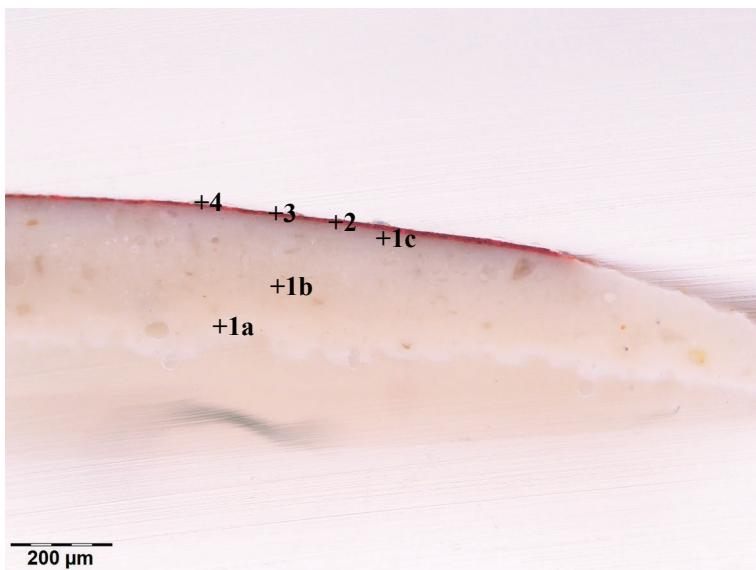
(J1847-13) Socha sv. Barbory

Lokalizace: zlatý šat, z boku, pravá strana roucha

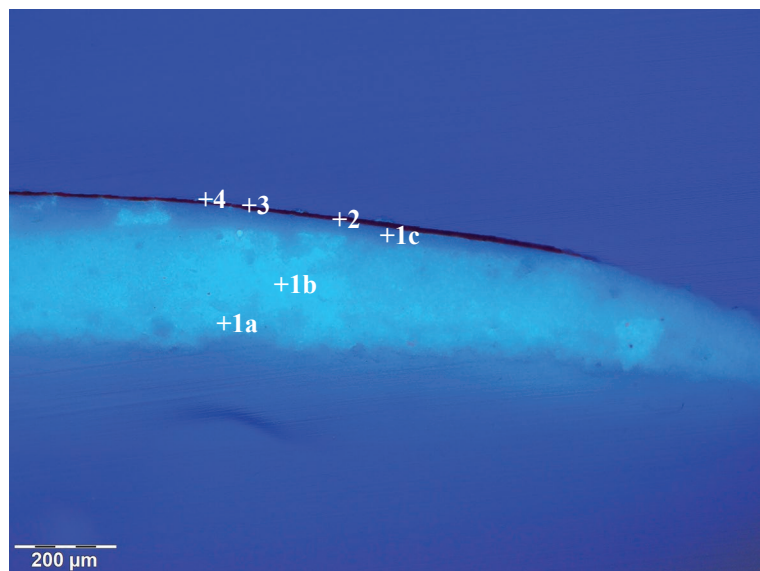
Popis a interpretace vrstev

1. světlý **kliho-křídový podklad** - dva nátěry (1a,b) přírodní křídý (CaCO_3) s výskytem foraminifer a kokolitů a s proteinovým pojivem
2. **poliment** - bolusového (typ B)¹ až laterit - bauxitického typu (typ A) polimentu s vyšším obsahem Al, dobarvený rumělkou (HgS)
3. **plátková fólie zlata** (Au)
4. **lak**

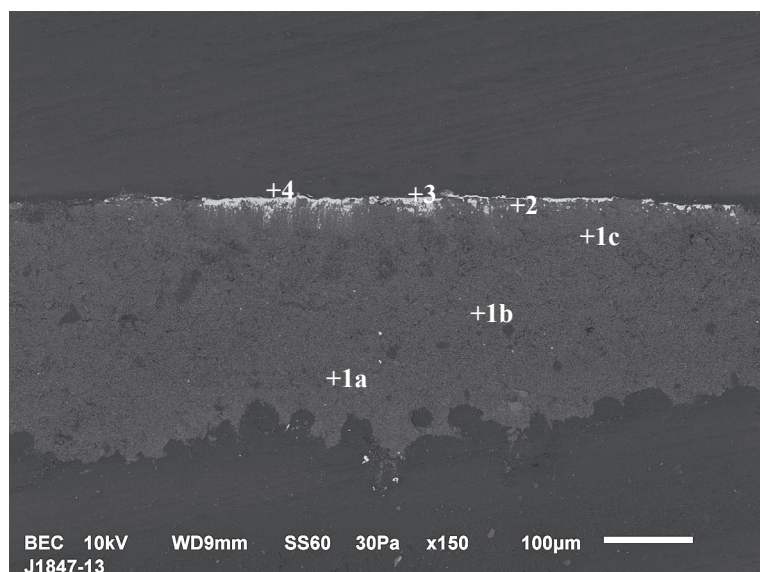
(původní zlacení)



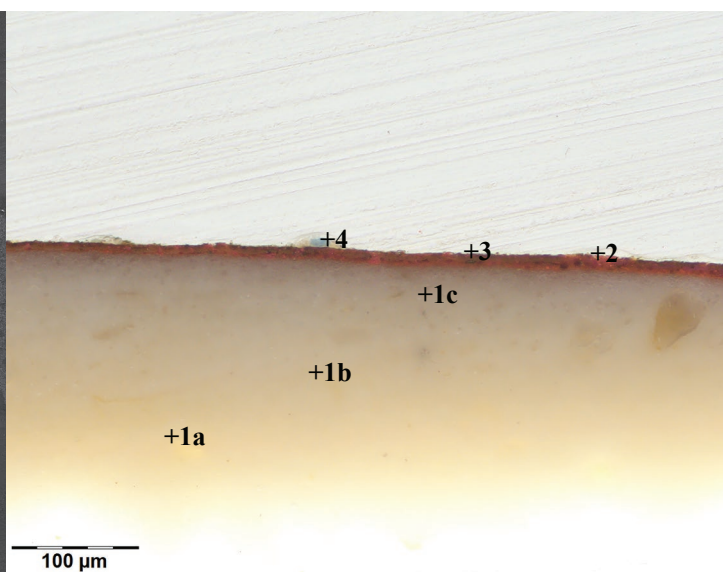
bílé odražené světlo, zvětšení 100x



UV fluorescence 365 nm, zvětšení 100x



SEM snímek, obraz v odražených elektronech

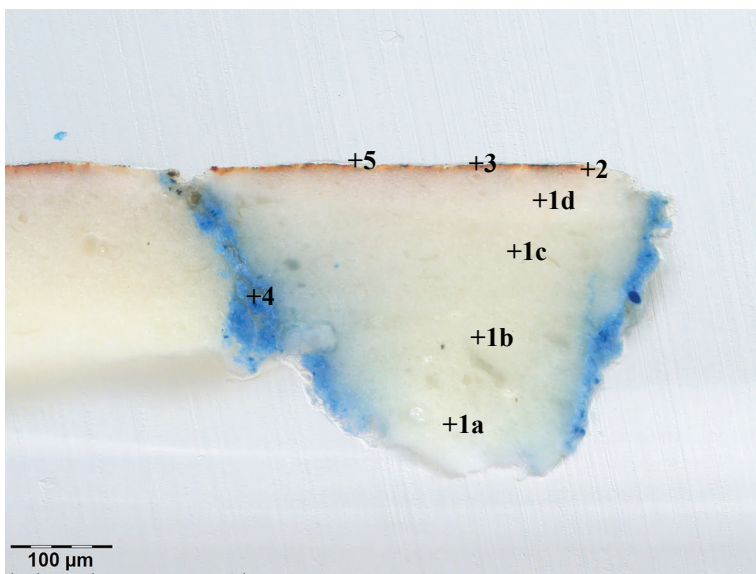


bílé odražené světlo, zvětšení 250x

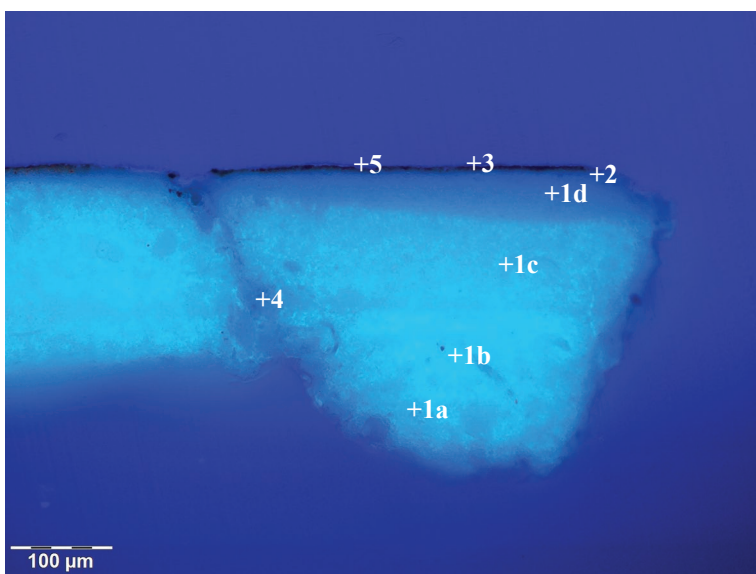
(J1847-14) Socha sv. Barbory

Lokalizace: spodní stříbrný šat, s lazurou

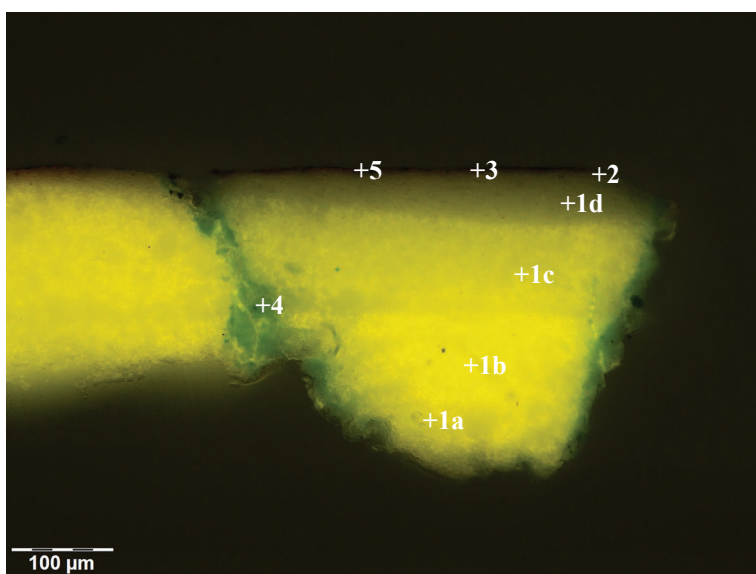
Popis a interpretace vrstev



bílé odražené světlo, zvětšení 200x

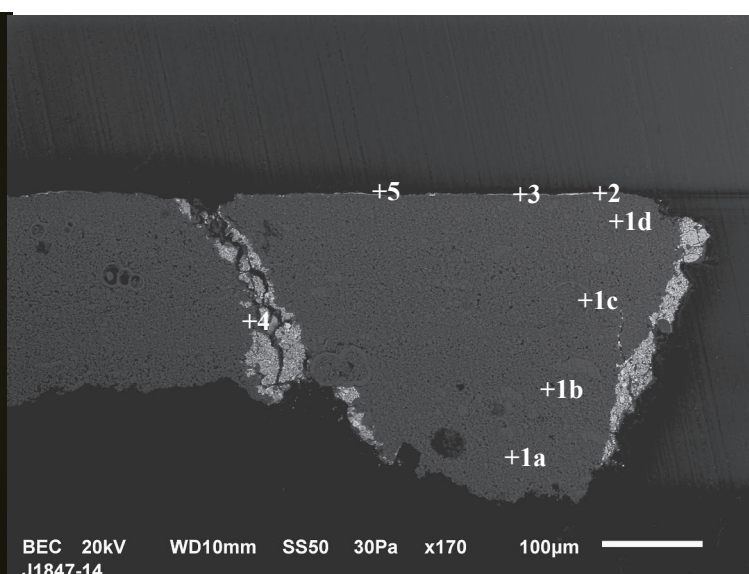


UV fluorescence 365 nm, zvětšení 200x



UV fluorescence 470 nm, zvětšení 200x

1. světlý **kliho-křídový podklad** - čtyři nátěry (1a až d) přírodní křídý (CaCO_3) s výskytem foraminifer a kokolitů a s proteinovým pojivem
2. **poliment** - velmi tenká vrstvička polimentu bolusového typu (typu B)¹
3. **plátková fólie stříbra** (Ag) s korozi na Ag_2S a AgCl
4. **přemalba (nejdříve z 19. století)** - vrstva barytové (BaSO_4) a olovnaté běloby ($2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$) dokolorovaná pruskou modří sráženou s kamnece; vrstva z předchozího zásahu, zateklá do krakel
5. **lak**

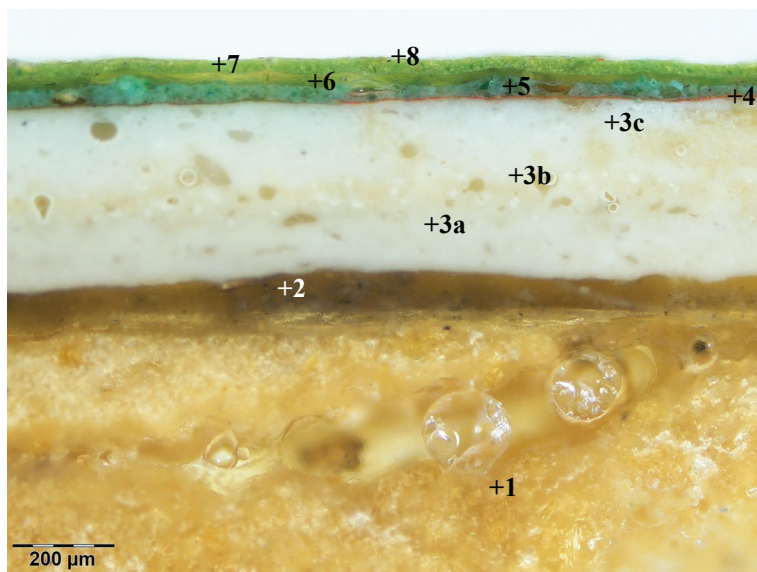


SEM snímek, obraz v odražených elektronech

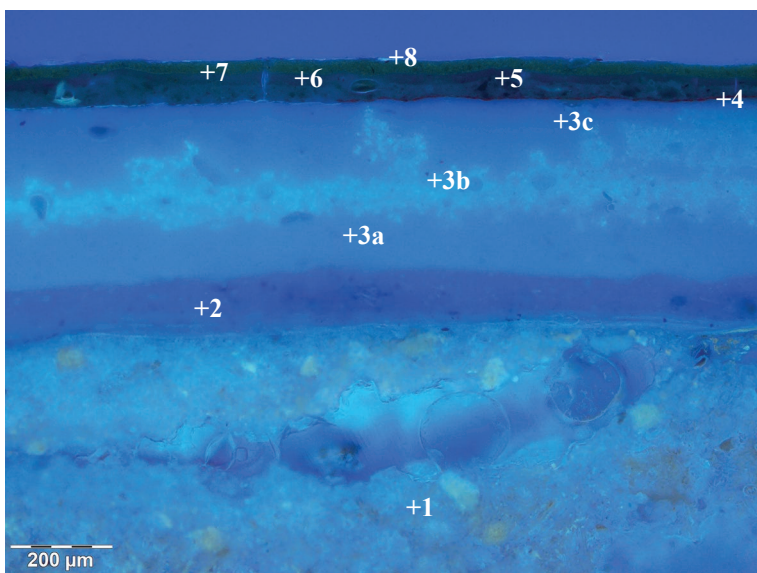
(J1847-15) Socha sv. Barbory

Lokalizace: podstavec zelená

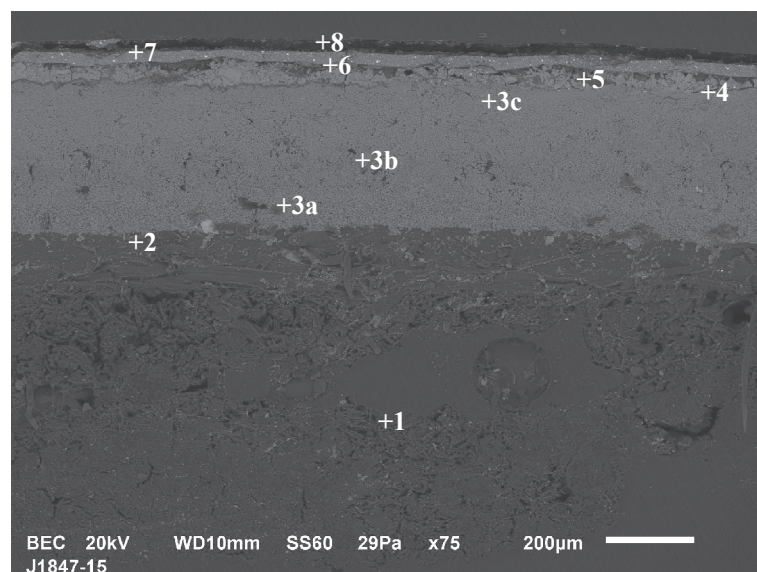
Popis a interpretace vrstev



bílé odražené světlo, zvětšení 100x



UV fluorescence 365 nm, zvětšení 100x



SEM snímek, obraz v odražených elektronech

1. naklížené dřevo - lípa, postižené dřevokazným hmyzem - chodbička po červotoči viditelná v UV fluorescenci 365 nm

2. proteinová izolace

3. světlý křivo-křidový podklad - tři nátěry (3a,b) přírodní křída (CaCO_3) s výskytem foraminifer a kokolitů a s proteinovým pojivem

4. přesah polimentu pod zlacení - velmi tenká vrstvička polimentu bolusového (typ B)¹ až laterit-bauxitového typu (typ A)¹, dobarvena rumělkou

5. měďnatá lazurní malba (přemalba?) - Cu pigment pravděpodobně malachit s příměsí síranů a chloridů Cu, dále křída (CaCO_3)

6. lak a povrchové nečistoty

7. přemalba - měďnatý pigment, degradovaný s vysokým obsahem Cl, olovnato-cínčitá žlut' (Pb_2SnO_4), příměs olovnaté běloby

8. lak

Neinvazivnímu průzkumu (IR reflektografii, UVA fluorescenční fotografii, a vysokorozlišovací radiografii a plošnému skenování chemického složení (MA-XRF) byl podroben oltář „sv. Barbory“. Vlastníkem oltáře je Oblastní muzeum v Chomutově. Z IR obrázků bylo patrné, že oltářní křídla byla malována dvěma malíři, a to sv. Kateřina a sv. Dorota jedním mistrem a sv. Mikuláš, sv. Martin, sv. Jeroným, sv. Wolfgang a predela druhým mistrem. V IR reflektografii byly viditelné drobné pentimenty. V UVA snímcích jsou viditelné předchozí restaurátorské zásahy: byly zvýrazněny retuše a další zásahy nejen na samotné malbě, ale i na rámech deskové malby. Retuše na rámech byly u desky se sv. Kateřinou, Martinem, Jeronýmem provedeny červeným organickým barvivem, pravděpodobně jde o syntetický alizarin. Použití zinkové běloby je patrné na oltáři podle zelenožluté fluorescence v UV. Dále jsou zřetelné tmavé retuše na šatech světců, zvýraznilo se také poškození deskové malby např. kolem svatozáří u sv. Doroty, modrých pozadí se zlatými rozvilinami a především u predely.



Zatímco v transmisní radiografii se zobrazily malby obou stran křídel společně a interpretace je tak dost ztížená (str. 7,9,11,13,15), při použití MA-XRF prvkového mapingu bylo možné analyzovat i vizualizovat každou malovanou stranu zvlášť bez vzájemného průniku (viz strany 21-30). Z prvkových map je možné vyčíst použité pigmenty v malbě a druhotné zásahy, a také i způsob jakým byly barvy nanášeny - techniku malby. Dá se tak vyvodit technika typická pro určitou dílnu nebo mistra. Zde se průkazně zobrazila malba žlutých odstínů s kombinací olovnato-cíníčitě žlutě a žlutých okrů, podobně malba s olovnatou bělobou v kombinaci s křídou (uhličitanem vápenatým). Dále byla rozlišená zwischgoldová fólie a zlatá fólie, polimentové zlacení a zlacení na mat. Vše viz podrobně str. 19-20 a prvkové mapy 21-30.

Z mikrovzorků byl zjištěn, stejný křídový podklad u predely a všech oltářních křídlech. Pod zwischgoldovou fólií byl použit mixtion specifického složení, viz. vzorek J1847-6. Jako poliment byl použit převážně laterit-bauxitový typ¹, často používaný v 15. - 16. století. V soše se vyskytoval spíše bolusový typ (typ B). V místě polimentového zlacení (ryzím zlatem) byl často dotónován rumělkou.

V malbě predely byla identifikována černá podkresba. Mezi měďnatými pigmenty převažuje přírodní azurit (v modré) a malachit (v zelené), dále se vyskytují i sírany Cu (posnjakit) a chloridy Cu (pravděpodobně atakamit). V deskové malbě byla identifikována klišová tempera. V nice deskové malby byl identifikován azurit podložený šedočernou venedou, na který byly místy nalepené stříbrné hvězdičky zhotovené z papíroviny, podložené polimentem. V malbě bylo dále použito, kromě olovnaté běloby a přírodní křídly, i červené organické barvivo získávané z kořenu mořeny barvířské - *Rubia tinctorum* aj. (rod *Rubiceae*). Dále byla ve vzorcích identifikována olovnato-cíníčitá žluť.

Socha sv. Barbory obsahuje prakticky stejný křídový podklad. Byla zlacená a stříbřená na poliment. Poliment pod stříbřením je velmi tenký. Pod zlacením je mnohem výraznější. Pigmenty na oltářních křídlech odpovídají době vzniku oltáře.² U sochy sv. Barbory z důvodu nepřiliš rozmanitého zastoupení pigmentů nelze použít dataci k upřesnění doby jejího vzniku.

1. Hradil D., Hradilová J., Bezdička P. (2017): Late Gothic/early Renaissance gilding technology and the traditional poliment material „Armenian bole“: Truly red clay, or rather bauxite?. *Applied Clay Science*. Roč. 135, JAN (2017), s. 271-281

2. Eastaugh N., Walsh V., Chaplin T., Siddall R (2004): *Pigment Compendium. A Dictionary of Historical Pigments.*- Elsevier, Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, p 499.

Janka Hradilová

RNDr. Janka Hradilová
Laboratoř ALMA, AVU Praha
Veletřní 65, 170 00 Praha 7
hradilovaj@volny.cz
+420 723065425