FORUM / 2023 / ROČ. XIII / Č. 2

PRO KONZERVÁTORY-RESTAURÁTORY
FORUM FOR CONSERVATORS-RESTORERS

2023 / Vol. XIII / No. 2
Peer-reviewed open access journal
https://www.doi.org/10.61574/fkr.2023.2.083

Chief editor: Ing. Alena Selucká
Editors: Mgr. Pavla Stöhrová, Mgr. Jana Fricová

Editorial Board:
Ing. Ivo Štěpánek (Head of Editorial Board)
doc. Dr. Ing. Michal Ďurovič
akad. mal. Igor Fogaš
Ing. Pavel Jirásek
Ing. Jan Josef
doc. akad. soch. Petr Kuthan
prof. RNDr. Jiří Příhoda, CSc.
Ing. Radka Šefců
Mgr. Pavla Stöhrová (Secretary)

Open acces since 2019 available for free
on https://mck.technicalmuseum.cz/casopis-fkr/
The journal is indexed and abstracted in EBSCO.

Published by:
Technické muzeum v Brně
Purkyňova 105, 612 00 Brno, Czech Republic

Contact for communication:
fricova@tmbrno.cz / stohrova@tmbrno.cz / selucka@tmbrno.cz

© Technické muzeum v Brně, 2023
ISSN (Online) 2571-4384
ISSN (Print) 1805-0050

TECHNICKÉ MUZEUM V BRNĚ

METODICKÉ CENTRUM KONZERVACE

CHEMICKO-TECHNOLOGICKÝ PRŮZKUM FIGUR Z HARTMANNOVA BETLÉMU Z TŘEBÍČE

Alena Hurtová • Věra Sejkorová Kašparová

Fakulta restaurování, Univerzita Pardubice

Ing. Alena Hurtová vystudovala obor Technologie výroby a zpracování polymerů na VŠCHT v Praze a nyní pracuje na Katedře chemické technologie Fakulty restaurování Univerzity Pardubice. (Alena.Hurtova@upce.cz)

Článek se zabývá vizuálním a navazujícím chemicko-technologickým průzkumem, který byl proveden při druhé etapě komplexního restaurování figur Hartmannova betlému, jenž je v majetku Muzea Vysočiny v Třebíči. Prvním důležitým krokem byl vizuální průzkum, který poskytl podklady pro navazující optickou mikroskopii, elektronovou mikroskopii, infračervenou spektrometrii a cílené mikrochemické analýzy. Jedná se o dostupné metody na Fakultě restaurování Univerzity Pardubice, které byly využity tak, abychom získali co nejvíce informací při co nejmenším invazivním zásahu do objektů. Jejich hlavním účelem bylo srovnání jednotlivých typů figur, identifikace vlákninového složení papírových podložek, pojiva a některých pigmentů barevné vrstvy.
Klíčová slova: betlém, Hartmann, analytické metody, infračervená spektrometrie, elektronová mikroskopie, vlákninové složení

CHEMICAL-TECHNOLOGICAL RESEARCH OF FIGURES OF THE HARTMANN NATIVITY SCENE FROM TŘEBÍČ The article deals with visual examination and subsequent series of chemical analyses performed during the second stage of a complex restoration of figures of the Hartmann nativity scene from the Vysočina Museum Třebíč. The first important step was visual observation, which provided the basis for follow-up optical microscopy, scanning electron microscopy with energy-dispersive X-ray analysis (SEM-EDX) and Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) and targeted microchemical tests. These are methods available at the Faculty of Restoration of the University of Pardubice, which were used in such a way as to obtain as much information as possible and with the least possible invasive intervention in the objects. The main purpose was to compare different types of figures and to identify the fibre composition, the binder and some pigments of the paint layer.
Keywords: crib, Hartmann, analytical methods, infrared spectrometry, electron microscopy, fiber composition

Hartmannův betlém, jenž je v majetku Muzea Vysočiny v Třebíči, obsahuje 435 figur na papírové podložce, zahrnující figurální, florální i architektonické náměty. Betlém spadá do období 1. poloviny 19. století až 1. poloviny 20. století a byl vytvářen postupně několika malíři, jejichž autorství můžeme částečně rozpoznat jak rozdílným rukopisem i velikostí figur, tak použitou odlišnou papírovou podložkou. Za hlavního autora betlému považujeme Františka Hartmanna (1788–1855) a jeho otce Václava Hartmanna (1739–1809) [Žamberský, 2014].
Celý soubor prochází od roku 2021 postupně komplexním restaurováním.[1] Prvním krokem restaurátorského zásahu byl vizuální průzkum ve viditelném (VIS) a ultrafialovém (UV) světle, na jehož základě byly vybrány vhodné figury k následné chemicko-technologické analýze (obr. 1). Cílem bylo získat informace o materiálovém složení jednotlivých figur, které by poskytly indicie k historii objektu a použitým technikám, popřípadě je ověřily.
Hartmannův betlém je svým rozsahem nestandardní, ale svou podstatou běžný restaurátorský objekt. Byly tedy vybrány základní jednoduše dostupné metody a byly využity tak, aby byl minimalizován odběr vzorků co nejmenších rozměrů. Jednotlivé výsledky byly porovnány a kombinovány mezi sebou, čímž se podařilo upřesnit některé předpoklady týkající se malířské techniky a historie vzniku.

Obr. 1 *Vybrané figury z Hartmannova betlému: Jezdec s trumpetou na koni, Pasáček s ovcí, Darovník s lucernou a ptáčky, Ležící ovčák, Palma, rozptýlené denní světlo (VIS). Foto: Věra Sejkorová Kašparová, 2023 / Selected figures of the Hartmann nativity scene: Rider with trumpet on horseback, Shepherd with sheep, Gift giver with lamp and birds, Lying shepherd, Palm tree, diffused day light (VIS)*

METODY PRŮZKUMU A PŘÍPRAVA VZORKŮ

Vizuální pozorování ve viditelném a UV světle

Průzkum ve viditelném a UV světle sloužil ke zjištění rozsahu a typu některých druhů poškození; dále k rozřazení figur do několika kategorií na základě autorských rukopisů, stylu malby a charakteru použité papírové podložky. Záznam pozorování a stavu byl proveden fotoaparátem Canon EOS 70D s objektivy EF-S 17–85 mm a EF-S 60 mm. Pozorování figur v UV světle bylo provedeno pomocí UV lampy Philips TL-D 18 W BLB s rubínovým sklem 360–380 nm. Na základě tohoto průzkumu byly vybrány vhodné figury pro další analýzy.

Optická mikroskopie (OM)

Optická mikroskopie sloužila k průzkumu díla a vzorků v mikroměřítku. Pro pozorování odebraných vzorků a míst odběrů na objektech byl využit stereomikroskop SMZ 800 (Nikon) v bílém odraženém světle. Samotné objekty se nejčastěji pozorovaly při zvětšení 10× a u vzorků se nejvíce osvědčilo větší zvětšení 30× a 40× v závislosti na typu vzorku. Abychom dosáhli velkého zvětšení, byl použit optický mikroskop ECLIPSE LV100 (Nikon). Preparáty na analýzu vlákninového složení byly pozorovány v bílém procházejícím světle. Nábrusy vzorků barevných vrstev, které měly pomoci stanovení stratigrafie, byly nasvíceny odraženým bílým světlem a UV zářením o rozsahu 330–380 nm. U figury *Ležící ovčák* se k odběru vzorku pro stratigrafii nepřistoupilo, protože by v důsledku toho došlo k výraznějšímu poškození objektu.

Skenovací elektronová mikroskopie s energiodisperzním analyzátorem (SEM-EDX)

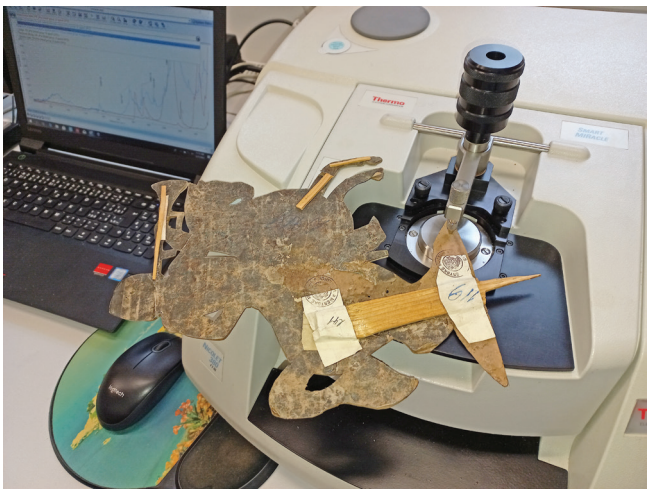
Metoda SEM-EDX byla použita za účelem identifikace pigmentů barevných vrstev a ověření stratigrafie barevné vrstvy. Pro tuto analýzu byly využity vzorky odebrané pro určení stratigrafie barevné vrstvy (forma nábrusů opatřených vodivou uhlíkovou vrstvou), pro analýzu dalších barevných vrstev byly odebrány pouze jejich malé úlomky – práškové preparáty, které byly umístěny na vodivou lepivou podložku bez jakékoliv další úpravy. Analýza SEM-EDX byla provedena na elektronovém mikroskopu MIRA 3 LMU (Tescan) s analyzátorem EDS (Bruker) v režimu zpětně odražených elektronů BSE a vyhodnocena pomocí programu Quantax 2000 (Bruker) kombinací několika metod: plošné, bodové i mapovací analýzy. Obsah vybraných prvků byl vyjádřen v atomárních procentech. Na základě jejich druhů a množství byly odvozeny použité pigmenty. K identifikaci pigmentů a historického zařazení byly využity publikace zabývající se danou problematikou [Šimůnková – Bayerová, 2008; Eastaugh – Walsh – Chaplin – Siddall, 2008; Pellant, 1994].

Infračervená spektrometrie s Fourierovou transformací (FTIR)

Pro analýzu pojiva barevných vrstev a v některých případech i pigmentů byla použita metoda FTIR spektrometrie. Měření bylo provedeno na spektrometru Nicolet 380 s diamantovým ATR krystalem na površích barevných vrstev figur bez nutnosti odebírat vzorky. Na každém objektu bylo změřeno několik různě barevných míst při okraji figury (obr. 3) kvůli vlivu pigmentů na výsledné spektrum a jejich případné identifikaci. Vyhodnocení spekter bylo provedeno pomocí programu OMNIC 7.3 srovnávací metodou se spektry standardu knihoven vytvořených na pracovištích Univerzity Pardubice, databáze The Infrared and Raman Users Group (IRUG) [irug.org] a odborné literatury [Kopecká – Svobodová, 2019, Socrates, 2001; Derrick – Stulik – Landery, 1999; Mazzeo – Prati – Quaranta – Joseph – Kendix – Galeotti, 2008; Pellant, 1994].

Odběr a příprava vzorků

Pro stanovení vlákninového složení byly odebrány vzorky papírové podložky ve formě malého útržku nebo shluku mechanicky uvolněných vláken z vhodně zvolených míst (rubová strana, místa defektů nebo nesoudržných okrajů; vzhledem k typu objektu se jednalo o vzorky velikosti do 2 mm). Pro samotnou identifikaci vláken byla zvolena Herzbergova vybarvovací zkouška ČSN ISO 9184-3 [ČSN ISO 9184-3] a sledování typických znaků vláken, které byly porovnány s literaturou [Ďurovič, 2002; Safdari – Sigarodyn – Ahmed – Ahmed, 2011; Adamopoulus, 2006; Kadam – Lakshmanan, 2022]. Vzhledem k velikosti byly vzorky mechanicky rozvlákněny v destilované vodě a po vysušení při teplotě 60 °C byla vlákna zakápnuta Herzbergovým činidlem, zakryta krycím sklíčkem a pozorována v mikroskopu ECLIPSE LV100.



Obr. 2 Metoda měření na FTIR spektrometru, Jezdec s trumpetou na koni. Foto: Alena Hurtová, 2023 / Method of analysis on FTIR spectrometer, Rider with trumpet on horseback

Určení stratigrafie barevných vrstev bylo provedeno na nábrusech, které byly připraveny z odebraných mikrovzorků (barevná vrstva s podložkou) zalitím do transparentní polyesterové pryskyřice Polylite 32032-20. Po vytvrzení byly vybroušeny a vyleštěny (bez kontaktu s vodou) na brusných papírech Hermes se zrny karbidu křemíku WS Flex 18 C a oxidu hlinitého FB 632 a lapovacích fóliích 3M.

VÝSLEDKY A DISKUZE

Vizuální pozorování ve viditelném a UV světle

Na základě charakteru a typu malby bylo vybráno pět figur zastupujících na první pohled odlišný autorský rukopis, stejně tak jako užití rozdílné papírové podložky. *Jezdec s trumpetou na koni* dle velikosti, charakteru malby a jejího poškození zřejmě spadá mezi nejstarší figury Hartmannova betlému a můžeme ji tedy spojovat s autorem nejstarší části betlému s malířem Františkem Hartmannem (1788–1855) [Žamberský, 2014], či možná dokonce s jeho otcem Václavem Hartmannem (1739–1809).[2] Malba je pojata velkoryse, je vrstvena a místy malíř použil pastóznější tahy. Figura *Pasáček ovcí* zřejmě též spadá do skupiny starších figur, což můžeme poznat jak podle použité papírové podložky s přípisky „Hart 75“,[3] tak podle velkorysého způsobu malby, nicméně oproti předešlé autor nepoužívá tolik pastózních nánosů, barevná vrstva působí svižnými a volně nahozenými tahy. V obou případech malíři tvořili s velkou jistotou.

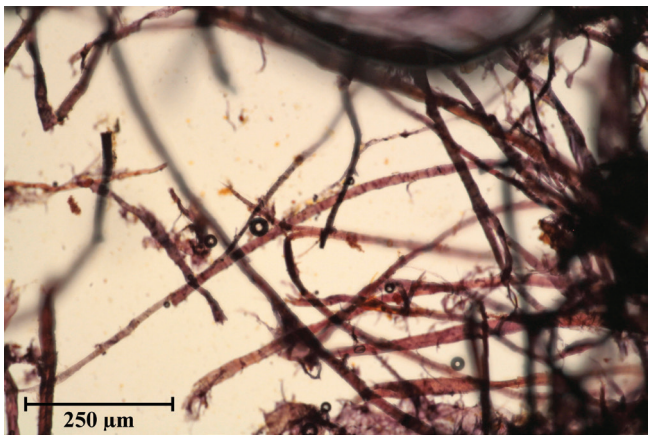
Další tři vybrané figury můžeme díky odlišnému rukopisu řadit mezi autorství jiných tvůrců. Nasvědčuje tomu i odlišná papírová podložka, zřejmě strojní, s absencí přípisků, nebo jejich minimem. *Darovníka s lucernou a ptáčky* svým rukopisem nemůžeme řadit mezi nejstarší figury; pod malbou prosvítá podkresba grafitovou tužkou, samotná malba je provedena spíše lazurně hbitými a přesně vedenými tahy. Nicméně charakterem malby se starším figurám podobá, takže lze předpokládat, že se malíř staršími postavami mohl inspirovat. *Ležící ovčák* se svou barevností také vymyká předešlým stylům malby, postavy tohoto autora patří spíše k méně zdařilým, a to jak ve fyziognomii figur, či samotnou stavbou malby. I samotný charakter barevné vrstvy je odlišný, malba působí lesklým dojmem lokálně s krakeláží. *Palma* zastupuje zřejmě poslední, avšak nemálo početně zastoupenou skupinu[4] odlišných rukopisů v rámci celého Hartmannova betlému. Jedná se o detailně a precizně provedené figurální a florální náměty malované jemným štětcem.

Tab. 1 Přehled odebraných vzorků a míst měření. Foto: Věra Sejkorová Kašparová, 2022 / Summary of samples and measurement spots

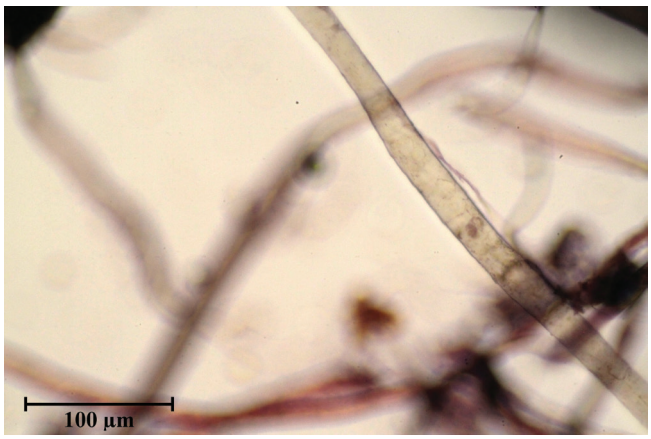
Figura	Fotodokumentace	Datace	Vlákninové složení	Stratigrafie	FTIR spektrometrie	SEM-EDX
Jezdec s trumpetou na koni		19. století	na kartonu	nábrus – zelená barevná vrstva	barevné vrstvy: černá, červená, zelená, modrá, bílá	nábrus – zelená barevná vrstva práškový preparát: bílý, modrý
Pasáček s ovcí		19. století	karton	nábrus – zelená barevná vrstva	barevné vrstvy: šedá, hnědá, zelená	nábrus – zelená barevná vrstva práškový preparát: bílý, modrý
Darovník s lucernou a ptáčky		19. století	karton	nábrus – žlutá barevná vrstva	barevné vrstvy: žlutá, zelená, modrá	nábrus – žlutá barevná vrstva práškový preparát: bílý, zelený
Ležící ovčák		19. století	karton	–	barevné vrstvy: žlutá, zelená	práškový preparát: bílý, zelený
Palma		1. polovina 20. století	karton	nábrus – zelená barevná vrstva	barevné vrstvy: zelená	nábrus – zelená barevná vrstva práškový preparát: zelený

Obr. 3 Figura Jezdec s trumpetou na koni, rozptýlené denní světlo (VIS). Foto: Věra Sejkorová Kašparová, 2023 / Figure of the Rider with trumpet on horseback, diffused day light (VIS)

Obr. 4 Figura Jezdec s trumpetou na koni, UV fluorescence v UV světle. Foto: Věra Sejkorová Kašparová, 2023 / Figure of the Rider with trumpet on horseback, UV fluorescence in UV light



Obr. 5 *Snímek vláken vzorku z kartonu Jezdce s trumpetou na koni v Herzbergově činidle. Fotografováno na optickém mikroskopu Nikon ECLIPSE LV100 při zvětšení na mikroskopu 200× v bílém procházejícím světle. Foto: Alena Hurtová, 2022 / Picture of fibres in the sample of cardboard – Rider with trumpet on horseback – in Herzberg stain. Photo taken through Nikon ECLIPSE LV100 optical microscope, white transmitted light, magnification 200×*



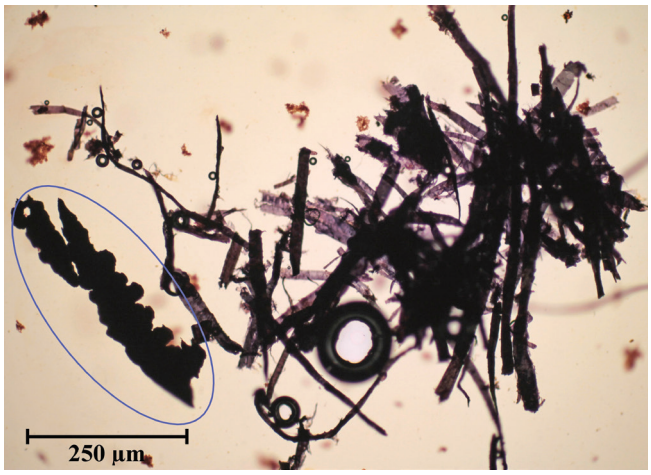
Obr. 6 *Snímek ojediněle se vyskytujícího žlutého vlákna vzorku papírové podložky Pasáček ovcí v Herzbergově činidle; Fotografováno na optickém mikroskopu Nikon ECLIPSE LV100 při zvětšení na mikroskopu 500× v bílém procházejícím světle. Foto: Alena Hurtová, 2022 / Image of the sporadic yellow fibre in the cardboard sample – Shepherd with sheep – in Herzberg stain. Photo taken through Nikon ECLIPSE LV100 optical microscope, white transmitted light, magnification 500×*

Pokud se zabýváme rozličností autorských rukopisů, nesmíme opomenout ani použití různorodých papírových podložek; zejména se jedná o druhotně použité desky sešitů a další makulaturu. U nejstarších figur můžeme taktéž pozorovat odlišný způsob samotného malířského provedení – byly vytvářeny na arších a poté prodávány na trzích [Žamberský, 2014], kdy k vystříhání docházelo až po samotném dokončení maleb. U tohoto typu figur si můžeme všimnout, že boky papírové podložky nenesou žádné známky zatečení či přetahy štětcem. Odlišné finální provedení nesou nejmladší figury Hartmannova betlému. Jedná se o figury provedené na odlišné papírové podložce, nevrstvené, s minimem přípisků, či jejich absencí; některé z nich mají dataci, či dokonce jméno autora. V těchto případech při bližším prozkoumání vidíme, že boky papírové podložky nesou stopy barevné vrstvy, což znamená, že figury byly nejprve vystřiženy a až následně malovány.[5]

Ve spojitosti s Hartmannovým betlémem můžeme mluvit o několika autorech, kteří tvořili v rámci delšího časového horizontu. Nejprve se jedná o již zmíněnou postavu malíře Františka Hartmanna (1788–1855), označovaného v souvislosti s tímto dílem i jako „Hartmann mladší".[6] Na rubové straně některých postav se nachází přípisky „cč", které by měly s největší pravděpodobností označovat iniciály dalšího tvůrce, a to Cyrila Čelouda (1872–1928) [Žamberský, 2014], syna Antonína Čelouda (1839–1918), který je spojován s výmalbou oblohy třebíčského Hartmannova betléma [Hartman – Machačko – Van der Meer, 2022]. Mezi dalšími přípisky se objevují jména, které můžeme ztotožnit s tvůrci a malíři třebíčských betlémů, a to převážně s autory mladších figurek. Objevují se jména „Pokorný", pravděpodobně Josef Pokorný (1876–1957), dále „Strniště", zřejmě Jindřich Strniště (1815–1886), „Chaloupka", pravděpodobně Karel Chaloupka (1886–1962); dále jména Tomáš Plot, Karel Křivánek či Růžička nebo Uhlíř.[7]

Vlákninové složení papírových podložek

Výsledky vlákninového složení papírových podložek korespondují s výsledky vizuálního průzkumu. Barevná vrstva je u figury *Jezdce s trumpetou na koni* jako jediná nanesena na tenké papírové podložce nalepené na silnější karton; vlákna ze vzorků obou podložek se zbarvila po styku s Herzbergovým činidlem do vínově červena. Jedná se tedy o vlákna z hadroviny (obr. 5). Podobné složení vzorku podložky bylo zjištěno i u figury *Ležícího ovčáka,* podložku barevné vrstvy tvoří pouze silnější karton také z hadroviny. U figury *Pasáčka s ovcí* vlákna vzorku kromě hadroviny tvoří i modrá a žlutá vlákna s šupinkami na povrchu, která se neobarvila, nejspíše se jedná o barvenou srst (vlnu) a lze je pozorovat ve struktuře kartonu pouhým okem (obr. 6).

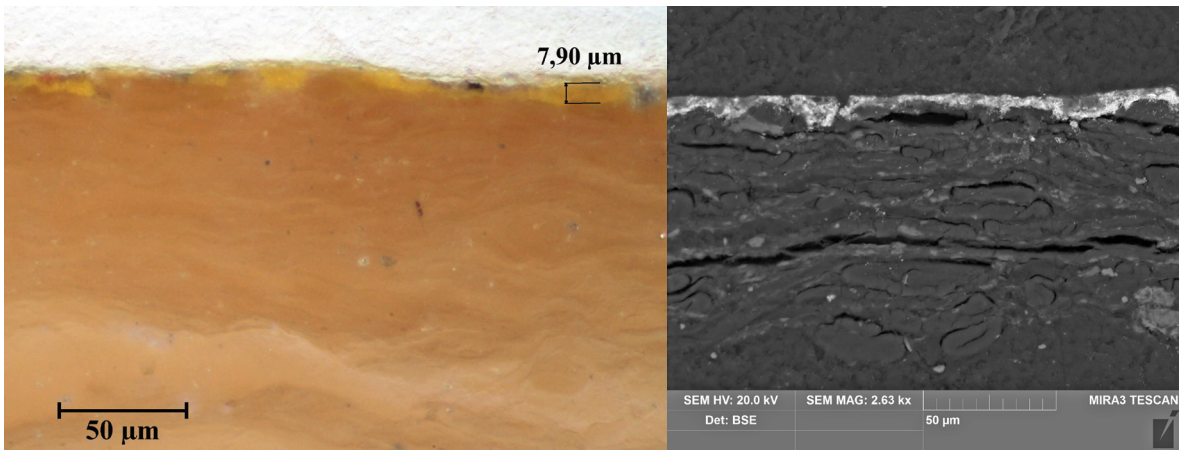


Obr. 7 *Snímek vláken vzorku papírové podložky Palmy v Herzbergově činidle. Ojediněle epidermální buňky typické pro trávy a obiloviny. Fotografováno na optickém mikroskopu Nikon ECLIPSE LV100 při zvětšení na mikroskopu 200× v bílém procházejícím světle. Foto: Alena Hurtová, 2022 / Image of fibres in the cardboard sample – Palm tree – in Herzberg stain, sporadic epidermal cells typical for grass and corn. Photo taken through Nikon ECLIPSE LV100 optical microscope, white transmitted light, magnification 200×*

Figury *Darovník s lucernou a ptáčky* a *Palma* obsahují buničinu, a proto lze tedy směřovat jejich vznik nejdříve do druhé poloviny 19. století.[8] Vzorek figury *Darovník s lucernou a ptáčky* je tvořen směsí buničiny a hadroviny a vzorek z *Palmy* tvoří buničina z různých typů rostlin (obr. 7).

Stratigrafie barevných vrstev

Z výsledků pozorování nábrusů optickou mikroskopií je zřejmé, že barevné vrstvy byly naneseny přímo na papírovou podložku, nebyla pozorována žádná impregnační organická vrstva ani podkladová vrstva, což potvrzují i fotografie z elektronového mikroskopu. Mají spíše subtilní charakter, což může záviset také na místě odběru.

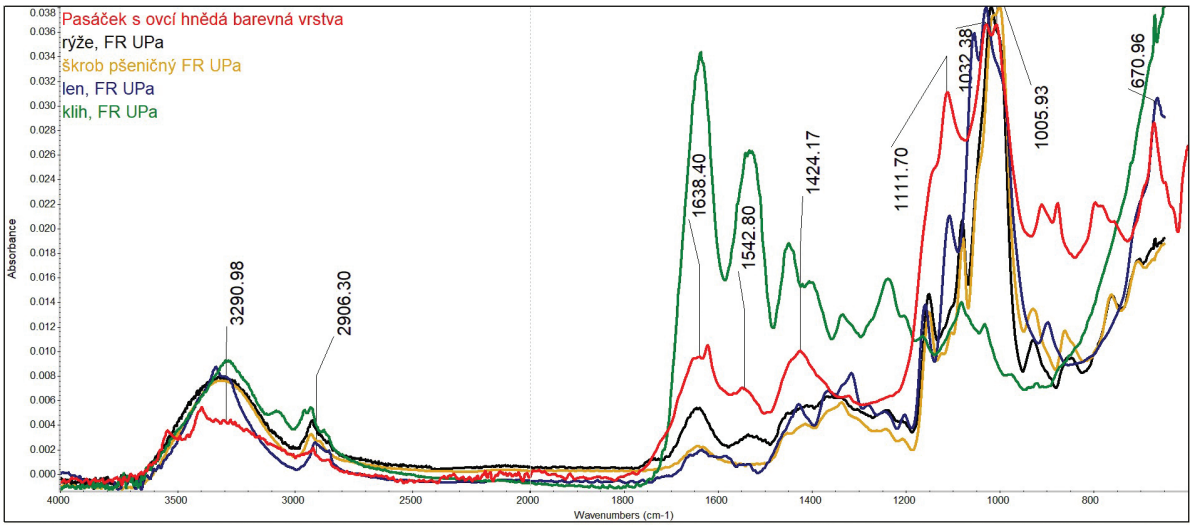


Obr. 8 *Snímek příčného řezu vzorkem žluté vrstvy Darovníka s lucernou a ptáčky. Fotografováno na optickém mikroskopu Nikon ECLIPSE LV100 při zvětšení na mikroskopu 500× bílé dopadající světlo a snímek ze skenovacího elektronového mikroskopu Tescan MIRA3 LMU v režimu zpětně odražených elektronů (BSE), HV, 20 kV. Foto: Alena Hurtová, 2022 / Image of cross section of yellow layer sample – Gift giver with lamp and birds. Photo taken through Nikon ECLIPSE LV100 optical microscope, white reflected light, magnification 500× and photo taken through Tescan MIRA3 LMU scanning electron microscope, (BSE), HV, 20 kV*

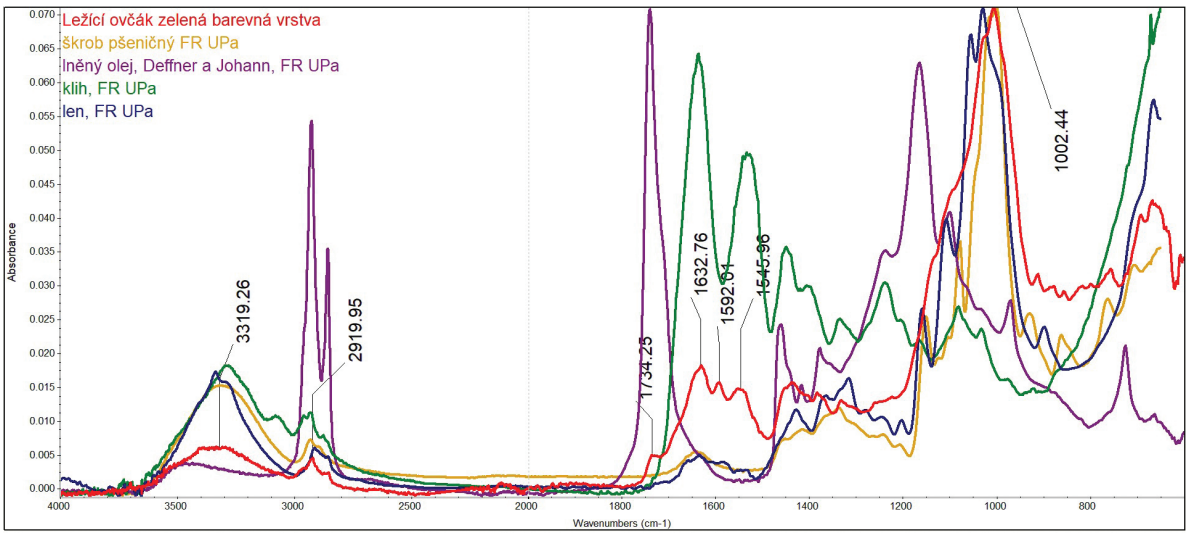
Identifikace pojiva barevných vrstev – výsledky FTIR spektrometrie

Barevné vrstvy jsou tenké, jak bylo zjištěno při určení stratigrafie malby. Kvůli tomu je nezbytné předpokládat, že při měření povrchů se ve spektrech mohou projevit jak materiály barevné vrstvy, tak papírové podložky. Ve spektrech barevných vrstev *Jezdce s trumpetou na koni*, *Pasáčka s ovcí* (obr. 9) a *Darovníka s lucernou a ptáčky* jsou charakteristické pásy organických látek na bázi polysacharidů (pásy O–H vazeb oblast 3600–3200 cm^{-1} a 1650 cm^{-1}, pásy C–H vazeb 3000–2800 cm^{-1}, pásy C–O vazeb 1300–900 cm^{-1}) a bílkovin (N–H popřípadě O–H vazeb oblast 3600–3200 cm^{-1} amid I v oblasti 1655 cm^{-1} a pás amid II v oblasti 1542 cm^{-1}). Ve spektrech barevných vrstev *Ležícího ovčáka* (obr. 10) jsou kromě pásů polysacharidů a bílkovin přítomné pásy pravděpodobně náležející esterové skupině (vazba C=O pás 1734 cm^{-1}) typické pro přírodní látky na bázi lipidů, ale i další podobné látky, například pryskyřice. Pás v oblasti 1588 cm^{-1} by mohl souviset se zmýdelněnými látkami. U *Palmy* nebylo možno v důsledku rušivého vlivu pigmentů pojivo určit.

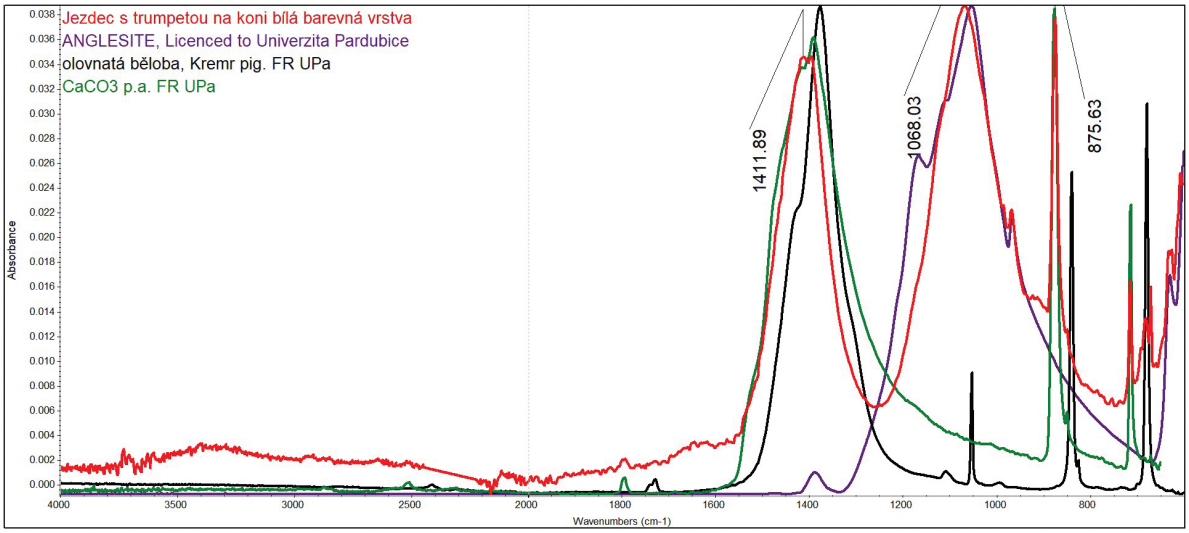
Vzhledem k charakteru historických objektů a jejich komplikované materiálové skladbě poskytují výsledky FTIR spektrometrie spíše pouze orientační přehled o složení barevných vrstev. Na základě této metody není možné definovat přesné složení pojiva, spíše se jedná o odhad či předpoklad nebo vymezení určitých variant. V případě barevných vrstev figury *Jezdce s trumpetou na koni, Pasáčka s ovcí* a *Darovníka s lucernou a ptáčky* jsou jedním z typů organických složek polysacharidy, čímž se zde nabízí dvě základní varianty: arabská guma a škrob, nicméně nesmíme opomenout ani celulózu, tedy samotnou papírovou podložku. Původ bílkovin také není jednoznačný. Kromě záměrně použité látky tvořící pojivo se může ale jednat i o klížidlo papírové podložky či o přirozenou doprovodnou složku škrobu z přírodního zdroje (například lepek). Stejné složení a tvar spektra má například rýže [Benda – Babůrek – Žďárský, 2000]. V každém případě jde o pojivo rozpustné ve vodě, mělo by se tedy jednat o malířskou techniku kvaše, což koresponduje s vizuálním posouzením barevné vrstvy působící matným dojmem s detaily provedenými bělobou a také s deklarovanou technikou.[9] V případě *Ležícího ovčáka* lze na základě přítomnosti dalších druhů organických látek spíše lipidického nebo pryskyřičného původu uvažovat o technice tempery. Tento předpoklad potvrzuje i vizuální odlišnost barevných vrstev, které mají typicky lesklý charakter s lokální krakeláží a zastupuje tedy další odlišnou skupinu malířské techniky v rámci celého souboru betlému.



Obr. 9 *FTIR spektrum hnědé barevné vrstvy figury Pasáčka s ovcí a srovnávací spektra vybraných organických látek. Foto: Alena Hurtová, 2022 / FTIR spectra of the brown layers in the figure of the Shepherd with sheep and comparative spectra of selected organic substances*



Obr. 10 *FTIR spektrum zelené barevné vrstvy figury Ležící ovčák a srovnávací spektra vybraných organických látek. Foto: Alena Hurtová, 2022 / FTIR spectra of the green colour layers in the figure of the Lying shepherd and comparative spectra of selected organic substances*

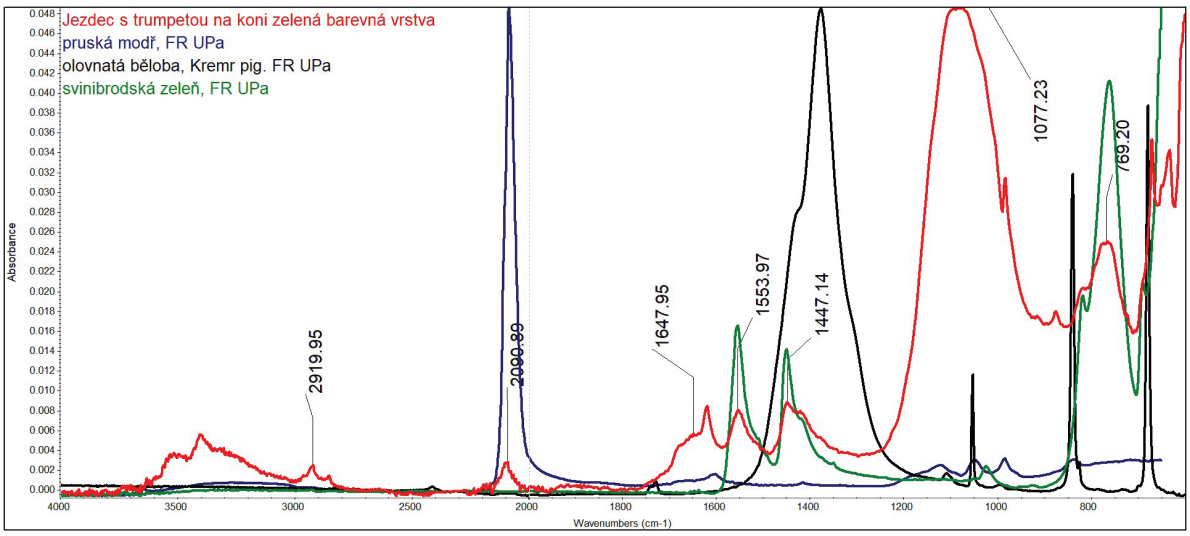


Obr. 11 *FTIR spektrum bílé barevné vrstvy figury Jezdce s trumpetou na koni a srovnávací spektra vybraných pigmentů. Foto: Alena Hurtová, 2022 Spectra of the white colour layers in the figure of the Rider with trumpet on horseback and comparative spectra of selected pigments*

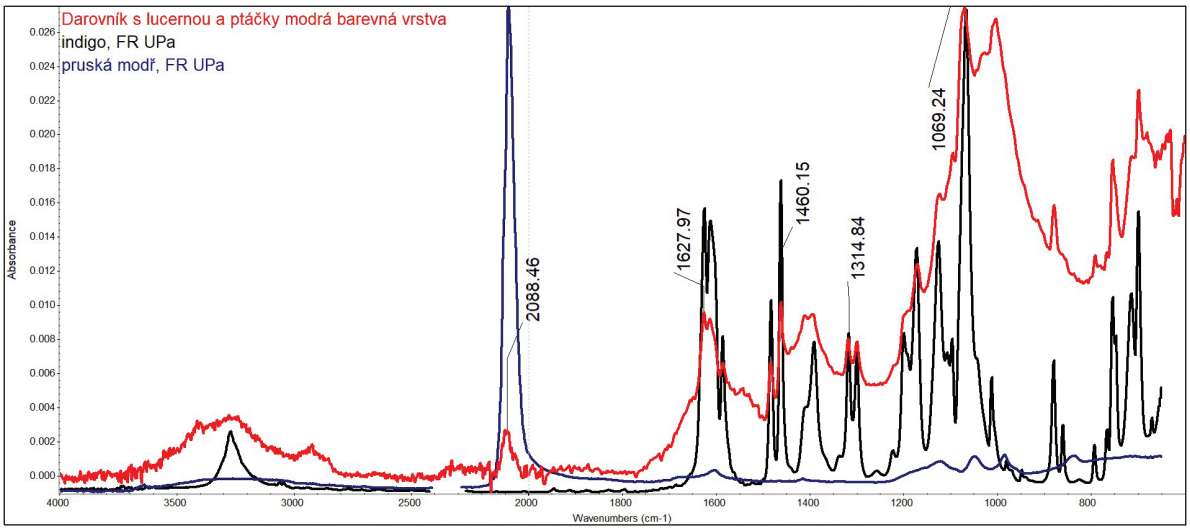
Identifikace pigmentů – výsledky SEM-EDX a FTIR spektrometrie

Na základě prvkového složení získaného ze skenovací elektronové mikroskopie s energiodisperzním analyzátorem (SEM-EDX) byly navrženy možné varianty použitých pigmentů. V některých případech bylo složení pigmentů zpřesněno díky výsledkům z infračervené spektrometrie (FTIR). Průzkum barevných vrstev se zaměřil v první řadě na identifikaci bílých až bělavých vrstev, které se nacházely na všech studovaných objektech kromě figury *Palmy*. Dále se ukázalo zajímavé srovnání zelených a modrých vrstev, jejichž složení se charakteristicky proměňovalo i v obsahu minoritních příměsí.

Bílé vrstvy jsou pro jednotlivé figurky specifické. *Jezdec s trumpetou na koni* obsahuje převážně prvky Pb a S, lze tedy předpokládat, že se jedná o pigmenty na bázi síranů olova, což potvrdilo FTIR spektrum s pásy odpovídajícími pásům spektra anglesitu (zvláště pás 1065 cm^{-1}), minerálu na bázi síranu olovnatého (obr. 11).[10] *Pasáček s ovcí* obsahuje převážně prvek Ca, můžeme usuzovat na přítomnost uhličitanu vápenatého (ojediněle byla identifikována zrna tvořená Hg, S, jde tedy o rumělku). *Darovník s lucernou a ptáčky* obsahuje převážně prvky Al, Pb, Si, nejspíše se tedy jedná o olovnatou bělobu a hlinky. *Ležící ovčák* obsahuje převážně prvek Zn, což odkazuje na přítomnost zinkové běloby. Základním pigmentem obsaženým v zelených barevných vrstvách je kromě figury *Palmy* svinibrodská zelená. V příslušných vzorcích byla identifikována metodou SEM-EDX zrna tvořená převážně prvky As a Cu. Ve FTIR spektrech těchto vrstev byly identifikovány pásy (1548 a 1450 cm^{-1}) typické pro svinibrodskou zelenou (obr. 12). K přesnému určení pigmentu pomohlo použití obou metod, samotné prvkové složení neříká, jak jsou prvky uspořádány v molekulách; u FTIR je jednoznačné určení bez podpory výsledků SEM-EDX komplikováno přítomností ostatních látek. Zelená barevná vrstva u *Jezdce s trumpetou na koni*, *Pasáčka s ovcí*, *Darovníka s lucernou a ptáčky* je doplněna o prvky Ba, S a Pb, Cr tvořící nejspíše barytovou bělobu, chromovou žluť a pruskou modř (prvek Fe a pás 2100 cm^{-1} FTIR spektrum), *Ležící ovčák* pruskou modř neobsahuje. Vzorek zelené barvy z *Palmy* obsahuje převážně prvky Ba, S, převažujícím pigmentem je tedy barytová běloba. V tomto případě by se nejspíše mohlo jednat o substrát pro srážení zeleného barviva, protože zelený odstín je velmi intenzivní, lze tedy předpokládat, že vznikla nejdříve až na přelomu 19. a 20. století, kdy se rozvíjí výroba syntetických barviv [Ďurovič, 2002]. Analýza modrých barevných vrstev u *Jezdce s trumpetou na koni* potvrzuje přítomnost prvků Na, Al, Si, S, a Ba, S, a Fe. Jedná se pravděpodobně o umělý ultramarín, barytovou bělobu a pruskou modř (prvek Fe a pás 2100 cm^{-1} FTIR spektrum). Modrá barevná vrstva u figury *Darovníka s lucernou a ptáčky* obsahuje pruskou modř (pás 2100 cm^{-1} FTIR spektrum) a indigo s typickou řadou charakteristických úzkých intenzivních pásů (obr. 13).



Obr. 12 *FTIR spektrum modré barevné vrstvy figury Jezdce s trumpetou na koni a srovnávací spektra vybraných pigmentů. Foto: Alena Hurtová, 2022*
Spectra of the blue colour layers in the figurine Rider with trumpet on horseback and comparative spectra of selected pigments



Obr. 13 *FTIR spektrum zelené barevné vrstvy figury Darovníka s lucernou a ptáčky a srovnávací spektra vybraných pigmentů. Foto: Alena Hurtová, 2022 / FTIR spectra of the green colour layers in the figure of the Gift giver with lamp and birds and comparative spectra of selected pigments*

Tab. 2 *Přehled výsledků analýz / Summary of analysis results*

Figura	Vizuální průzkum	Vlákninové složení	Pojivo a předpokládaná technika	Pigmenty – odvozené z výsledků SEM-EDX a FTIR	Datace na základě výsledků
Jezdec s trumpetou na koni	velkoryse pojatá matná malba se svižnými volně nahozenými tahy a detaily provedené bělobou	papírová podložka – hadrovina podlepový karton – hadrovina	polysacharidy a bílkoviny kvaš	bílé – sírany olova, barytová běloba zelené – svinibrodská zeleň modré – umělý ultramarín, pruská modř	od roku 1830
Pasáček s ovcí	velkoryse pojatá matná malba se svižnými volně nahozenými tahy a detaily působící více lazurně	karton – hadrovina ojediněle vlákna srsti	polysacharidy a bílkoviny kvaš	bílé – uhličitan vápenatý, barytová běloba zelené – svinibrodská zeleň modré – umělý azurit a ultramarín, pruská modř	od roku 1830
Darovník s lucernou a ptáčky	matná malba provedená spíše lazurně hbitými a přesně vedenými tahy, viditelná podkresba tužkou	karton – hadrovina a buničina	polysacharidy a bílkoviny kvaš	bílé – olovnatá běloba, bílé hlinky, barytová běloba zelené – svinibrodská zeleň modré – pruská modř, indigo	od 2. poloviny 19. století
Ležící ovčák	lesklá malba lokálně s krakeláží	karton – hadrovina	polysacharidy, bílkoviny, lipidy nebo pryskyřice a mýdla – tempera	bílé – zinková běloba, barytová běloba zelené – svinibrodská zeleň žluté – chromová žluť	od roku 1830
Palma	precizně provedená matná malba s jemnými detaily	karton – buničina	?	bílé – barytová běloba	spíše přelom 19. a 20. století, některé figury nesou dataci 1937

ZÁVĚR

Hartmannův betlém je příkladem lidového uměleckého díla tvořeného větším počtem drobnějších objektů, které vznikaly postupně v průběhu 19. století a 1. poloviny 20. století. Podrobný průzkum celého souboru byl proveden na zástupcích figur, vybraných na základě vizuálního průzkumu, jenž si všímá autorského rukopisu, charakteru podložky nebo stylu provedení. Jeho výsledkem bylo rozdělení drobných figurek Hartmannova betléma do pěti základních skupin. Nicméně nemůžeme opomenout fakt, že ve velkém počtu figurek čítajících přes 400 kusů, nedošlo k opomenutí některých dalších ojedinělostí.
V případě studovaného souboru má navazující chemicko-technologický průzkum určitá specifika. Odběr vzorků je u menších děl na papírové podložce s tenkou barevnou vrstvou hodně viditelný. Nicméně díky své velikosti a charakteru malby v kombinaci s průzkumem ve viditelném a UV světle nám umožnily určit vhodná místa analýz, minimalizovat odběry převážně ve formě mikrovzorků, a dokonce některé metody průzkumu aplikovat přímo na objektech bez nutnosti odebírat vzorky. V tomto případě byla takto využita technika FTIR spektrometrie, která sloužila jako metoda pro průzkum pojiva i pigmentů barevných vrstev.
Spojením výsledků vizuálního průzkumu v denním rozptýleném a UV světle a mikroskopické, mikrochemické analýzy, SEM-EDX a FTIR spektrometrie se nám podařilo identifikovat složení papírových podložek a získat informace k technice a složení užívaných materiálů. U nejstarších typů figur s matnou barevnou vrstvou byla potvrzena technika kvaš. U novějších typů figur tomu tak být nemusí, je velmi pravděpodobné, že figury s lesklým povrchem mají pojivo na bázi tempery. Zvláště propojení informací ze SEM-EDX a FTIR nám pomohlo konkrétněji určit některé druhy použitých pigmentů. Zároveň se nám v rámci mezioborové spolupráce podařilo propojit informace týkající se historického vývoje památky, případně zařadit alespoň částečné autorství k některým figurám. Vznik nejstarší skupiny figur lze datovat na základě použitých pigmentů do období okolo roku 1830 a betlém se postupně rozrůstal až do první poloviny 20. století. Tyto informace korespondují jak vizuálním, tak kulturně-historickým průzkumem. Za hlavního autora nejstarších zkoumaných figur můžeme považovat Františka Hartmanna, autorství otce Václava Hartmanna, kterému je též betlém připisován, lze u zkoumaných typů figur pravděpodobně vyloučit. Nicméně nelze s jistotou říci, zda by se u jiných nezkoumaných figur jeho autorství nemohlo potvrdit. Zde se nabízí prostor případnému dalšímu průzkumu.

POZNÁMKY

[1] První etapou restaurátorského zásahu se zabývá článek *Komplexní restaurování figurek z Hartmannova betlému z Třebíče.* HARTMAN, T. – MACHAČKO, L. – VAN DER MEER, J. 2022, s. 128–131.

[2] Zřejmě nejstarší figury malovali tři malíři, již později splynuli do osoby malíře „Hartmanna". Tyto figury byly nesmírně ceněny. ŽAMBERSKÝ 2014, s. 33.

[3] Přípisky na rubové straně jsou označovány několika způsoby („*Hart., hart. Hartmann, h.*") a odkazují na osobu malíře Hartmanna. Nicméně se stejné přípisky někdy objevují i na daleko mladších figurách s odlišným rukopisem, takže se spíše jedná o označení celku Hartmannova betléma než označení autora.

[4] V celém souboru se nachází asi 117 figur tohoto rukopisu. Některé figury s tímto rukopisem nesou ze zadní strany přípisky grafitovou tužkou dataci „1937" a jména „Chaloupka" nebo „Růžička". SVOBODOVÁ – ŠEBESTOVÁ 2021, nepag.

[5] Některé figury s tímto rukopisem nesou ze zadní strany přípisky grafitovou tužkou dataci „1937" a jména „Chaloupka" nebo „Růžička".

[6] Otec Václav Hartmann (asi 1739–1809). ŽAMBERSKÝ 2014, s. 33–34.

[7] „Rodina Uhlířových betlémy nejen vlastnila, ale řadí se i mezi tvůrce. Své figury Uhlířovi opatřovali razítky. Dokladem je razítko „Otto Uhlíř Třebíč". Některá razítka a přípisky ovšem nemusí odkazovat na autora, nýbrž na majitele." SVOBODOVÁ – ŠEBESTOVÁ 2021, nepag; ŽAMBERSKÝ 2014, s. 37–38, 44–45.

[8] Počátky první průmyslově vyrobené buničiny se vztahují k roku 1853 (ĎUROVIČ 2002, s. 36), což potvrzuje i vizuální průzkum přípisků ze zadní strany u figurek ze stejné skupiny rukopisu provedené vizuálně na stejné podložce. Jedná se o přípisky datací grafitovou tužkou „1937".

[9] Figury jsou malovány kvašovou technikou na papíru. HARTMAN, T. – MACHAČKO, L. – VAN DER MEER, J. 2022, s. 129.

[10] V Británii se na konci 18. století a počátku 19. století objevuje síran olovnatý připravený z roztoku olovnatých solí u malířů akvarelů. EASTAUGH, N. – WALSH, V. – CHAPLIN, T. – SIDDALL, R. s. 236; Síran olovnatý synteticky poprvé vyrobený v 19. století. ŠIMŮNKOVÁ, E. – BAYEROVÁ, T. s. 38.

LITERATURA

- ADAMOPOULUS, S. Identifiction of fibre components in packaging grade papers. *IAWA Journal* 2006, *27* (2), s. 153–172.
- BENDA, V. – BABŮREK, I. – ŽĎÁRSKÝ, J. *Biologie II – Nauka o potravinářských surovinách*. 3rd ed. 2000, s. 63–76. ISBN 00-281-17/00.
- DERRICK, M R. – STULIK, D. – LANDERY, J. M. *Infrared Spectroscopy in Conservation Science,* 1999, s. 82–129, 178–200. ISBN 0-89236-469-6.
- ĎUROVIČ, M. a kol. *Restaurování a konzervování archiválií a knih*. Praha: Paseka, 2002, s. 18–23, 32–38, 332–337. ISBN 80-7185383-6.
- EASTAUGH, N. – WALSH, V. – CHAPLIN, T. – SIDDALL, R., *Pigment Compendium*. *A Dictionary of Historical Pigments*. Oxford, 2008. ISBN 978-0-7506-8980-9.
- KADAM, V. – LAKSHMANAN, A. *Wool Fiber Reinforced Polymer Composites*. 2022, s. 33–48.
- KOPECKÁ, I. – SVOBODOVÁ, E., *Metody průzkumu historických materiálů*. Praha, 2019, s. 29–39. ISBN 978-80-271-2240-0.
- MAZZEO, R. – PRATI, S. – QUARANTA, M. – JOSEPH, E. – KENDIX, E. – GALEOTTI, M. Attenuated total reflection micro FTIR characterisation of pigment-binder interaction in reconstructed paint films. *Analytical and Bioanalytical Chemistry,* 2008, no. 392, s. 65–76.
- PELLANT, Ch. – PELLANT, H. *Horniny a minerály*. Martin, 1994. ISBN 80-217-0563-9.
- SAFDARI, V. – SIGARODY, M. R. N. – AHMED, S. – AHMED, M. Identification of fibers of woody and non woody plant species in pulp and papers. *Pakistan Journal of Botany*, 2011, vol. 43, no. 4, s. 2127–2133.
- SOCRATES, G. *Infrared and Raman characteristic group frequencies: tables and charts*. 3rd ed. Chichester: John Wiley, 2001, s. 328–340, ISBN 0-470-09307-2.
- SVOBODOVÁ, M. – ŠEBESTOVÁ, A. *Průzkum malířských rukopisů a rubových stran Stavěcího betléma Hartmannova*. 2021. Seminární práce. Univerzita Pardubice. Fakulta restaurování. nepag.
- ŠIMŮNKOVÁ, E. – BAYEROVÁ, T., *Pigmenty*. Praha, 2008. ISBN 978-80-86657-11-0.
- ŽAMBERSKÝ, A. *Třebíčské betlemářství*. Třebíč, 2014. ISBN 978-80-86894-28-7.

INTERNETOVÉ ZDROJE

- HARTMAN, T. – MACHAČKO, L. – VAN DER MEER, J. Komplexní restaurování figurek z Hartmannova betlému z Třebíče. *Fórum pro konzervátory-restaurátory*. Brno, 2022, vol. XII, No. 2. s. 128–131 [online]. Dostupný z http://mck.technicalmuseum.cz/wp-content/uploads/2023/01/19_Hartman.pdf [cit. 15. 3. 2023]
- The Infrared and Raman Users Group (IRUG) [online]. Dostupný z http://irug.org/ [cit. 9. 3. 2023].

NORMA

- ČSN ISO 9184-3. *Papír, lepenka a vlákniny Stanovení vláknínového složení Část 3: Herzbergova vybarvovací zkouška*. 1993.