

Univerzita Pardubice
Fakulta restaurování

Restaurování pískovcového sousoší Nejsvětější Trojice ze sloupu z obce
Opatovec na Svitavsku

Bakalářská práce

2023

Kristýna Bittnerová

Univerzita Pardubice
Fakulta restaurování
Akademický rok: 2022/2023

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Kristýna Bittnerová**
Osobní číslo: **R19006**
Studijní program: **B0222A310001 Restaurování a konzervace děl hmotného kulturního dědictví**
Specializace: **Umělecká a umělecko-řemeslná díla z kamene, štuku, sádry, terakoty a umělého kamene**
Téma práce: **Restaurování pískovcového sousoší Nejsvětější Trojice ze sloupu z obce Opatovec na Svitavsku**
Zadávací katedra: **Ateliér restaurování kamene**

Zásady pro vypracování

Zadání bakalářské práce se bude skládat z restaurování pískovcového sousoší Nejsvětější Trojice ze sloupu z Opatovce a z dokumentace tohoto zásahu. Bude se jednat o komplexní restaurátorský zásah v plném rozsahu včetně zpracování a vyhodnocení restaurátorského průzkumu a stanovení koncepce. Při restaurování bude kladen důraz na důkladné provedení zkoušek uvažovaných technologií, zejména pak na výběr vhodné metody a míry čištění povrchových depozitů. Všechny postupy budou pečlivě dokumentovány podle standardů pro restaurátorské dokumentace.

Práce budou průběžně konzultovány s přidělenými konzultanty a vedoucím práce a budou probíhat pod dohledem pedagogů restaurátorů. Použité postupy a technologie budou voleny na základě důkladných zkoušek. Při realizaci bakalářské práce bude dodržen následující harmonogram dokončování dílčích úkolů. Dodržování harmonogramu bude součástí závěrečného hodnocení práce.

Po ukončení zimního semestru budou vedoucímu a konzultantům prezentovány výsledky průzkumu a rešerší literatury a pramenů k danému tématu. Textová část bude ve finální podobě předána vedoucímu a konzultantům nejpozději jeden měsíc před oficiálním termínem odevzdání práce. Restaurování bude dokončeno a předáno vedoucímu práce včetně náhledů tiskové kvality dokumentace nejpozději 14 dní před oficiálním termínem předání práce a finální podoba bakalářské práce bude v elektronické podobě doručena vedoucímu týden před oficiálním termínem odevzdání práce.

Rozsah pracovní zprávy:
Rozsah grafických prací:
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- * Základní: Viñas S. M. Contemporary Theory of Conservation. Oxford, 2005.
- * Základní: Didaktické návody (vydáno v rámci projektu DOCEO PRO CULTURA).
- * Základní: Henry, A., ed. Stone conservation, principles and Practice (vybrané kapitoly přeloženy v rámci projektu DPC). Donhead Publishing Ltd. 2006.
- * Základní: Syllabus – Organizační pokyny a formální úprava závěrečných prací na Fakultě restaurování. Litomyšl, 2014.
- * Základní: Price C., Doehne E. Stone conservation (vybrané kapitoly přeloženy v rámci projektu DOCEO PRO CULTURA). The Getty Conservation Institute, Los Angeles, 2010.
- * Doporučená: Zelinger J. a kol. Chemie v práci konzervátora a restaurátora. Academia Praha, 1987.
- * Doporučená: Ďoubal, J. Kamenné památky Kutné Hory: restaurování a péče o sochařské památky (vydáno v rámci projektu DPC). Univerzita Pardubice, 2015.
- * Doporučená: Torraca, G. Lectures on materials Science For Architectural Conservation. GCI, Los Angeles, 2009.
- * Doporučená: Šimůnková E., Bayerová T. Pigmenty. STOP Praha, 1999.
- * Doporučená: Kopecká I., Nejedlý V. Průzkum hist. materiálů, analytické metody pro rest. a pam. péči. Grada Pub., 2005.
- * Doporučená: Knoepfli A., ed. Reclams Handbuch der Künstlerischen Techniken. Stuttgart, 1990.
- * Doporučená: BRANDI, C. Teorie restaurování. Kutná Hora: Tichá Byzanc, 2000.
- * Doporučená: Kubička R., Zelinger J. Výkladový slovník malířství, grafiky a restaurátorství. Grada, 2004. ISBN 0-247-9046-7.

Vedoucí bakalářské práce: **MgA. Petra Zítková**
Ateliér restaurování kamene

Datum zadání bakalářské práce: **15. listopadu 2022**
Termín odevzdání bakalářské práce: **9. května 2023**

L.S.

Mgr. BcA. Radomír Slovík
děkan

doc. Jakub Ďoubal, Ph.D.
vedoucí ateliéru

V Litomyšli dne 18. dubna 2023

Prohlašuji:

Práci s názvem Restaurování pískovcového sousoší Nejsvětější Trojice ze sloupu z obce Opatovec na Svitavsku jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

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

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Litomyšli dne 08. 05. 2023

Kristýna Bittnerová

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucí práce MgA. Petře Zítkové za její odborné vedení a všechny konzultace. Děkuji za její trpělivost a ochotu po celou dobu mého studia a po dobu mé bakalářské práce. Také bych ráda poděkovala vedoucímu ateliéru doc. Mgr. art. Jakubu Ďoubalovi, Ph.D. a asistentovi MgA. Petru Rejmanovi za veškerou pomoc a odborné konzultace po celou dobu mého studia. Dále mé díky patří technologovi Ing. Karolu Bayerovi za vypracování chemicko-technologického průzkumu, odbornou pomoc a ochotu při zkoumání a vyhodnocování vzorků z rozšířené části bakalářské práce. Dále také Ing. Elišce Bečkové za všechny provedené analýzy vodorozpustných solí. V neposlední řadě bych ráda poděkovala Mgr. Petře Hečkové, Ph.D. za konzultace při umělecko-historickém průzkumu a konzultace spojené s formálním zpracováním bakalářské práce.

Anotace

Bakalářská práce je věnována kompletnímu restaurátorskému zásahu provedeném na sousoší Nejsvětější Trojice ze sloupu z obce Opatovec na Svitavsku. Dokument obsahuje mimo jiné i umělecko-historický a chemicko-technologický průzkum, jehož součástí je rozšířená kapitola zabývající se chemickým čištěním tmavých depozitů na pískovcích se silikátovým pojivem. Porovnává čistící efekt mezi prostředky Clean FP od firmy Remmers, čističi SI a FG od firmy Aqua Barta a efekt čištění pomocí pulzního laseru. Ze všech zkoušených chemických prostředků a variant nejlépe vycházel čistič Clean FP, který byl použit i při zkouškách čištění restaurovaného díla. Dále vycházel velmi dobře čistič FG, který měl velmi podobné výsledky jako prostředek Clean FP. Nicméně pro samotné restaurování bylo rozhodnuto tyto prostředky nepoužít, ale zvolit laserové čištění. Na základě těchto průzkumů byla stanovena koncepce restaurátorského zásahu, která byla vypracována s ohledem na výsledky průzkumu, dochovaný stav památky a s respektem k autenticitě stáří.

Dílo bylo zrestaurováno s maximálním respektem k jeho umělecké a historické hodnotě a tato práce obsahuje podrobnou dokumentaci všech provedených úkonů na díle. Tyto informace jsou shrnuty v postupu prací a seznamu použitých materiálů a technologií. Veškerý postup při obnově památky zahrnující i samotný průzkum je fotograficky zdokumentován.

Klíčová slova

restaurování, konzervace, pískovec, depozity, chemické čištění, laser, sousoší, trojice, Nejsvětější Trojice, lidové baroko, první polovina 19. století, Svitavsko, Opatovec

Title

Restoration of a sandstone sculpture of the Holy Trinity from a column in the village of Opatovec, the Svitavy district

Annotation

The Bachelor's thesis discusses the complete restoration treatment carried out on the group sculpture of the Holy Trinity from the village of Opatovec in the Svitavy district. The document contains, among others, art-historical and chemical-microscopy survey, which

include an extended chapter dealing with the chemical cleaning of dark deposits on sandstones with silicate binder. It compares the cleaning effect of Remmers's Clean FP, Aqua Barta's SI and FG cleaners and the effect of cleaning by pulsed laser. Of all the chemical variants tested, the Clean FP cleaner performed best and was also used in the cleaning tests on the restored work. Furthermore, the FG cleaner performed very well and had similar results to Clean FP. However, it was decided not to use these products for the restoration – laser cleaning was employed instead. On the basis of these surveys, a restoration treatment plan was established, which was developed taking into account the results of the survey, the state of restoration of the monument and respecting the authenticity of its age.

The artwork was restored with the utmost respect for its artistic and historical value. All the operations carried out on the work of art are recorded in detailed documentation. This information is summarised in the description of the working process and the list of materials and technologies used. All the steps of the restoration treatment, including the survey, are documented in photographs.

Keywords

restoration, conservation, sandstone, deposits, chemical cleaning, laser, sculpture, trinity, Holy Trinity, folk baroque, first half of the 19th century, the Svitavy district, Opatovec

Obsah

1	Úvod.....	11
2	Základní informace	12
1.1	Lokalizace památky	12
1.2	Údaje o památce.....	12
1.3	Údaje o akci	12
1.4	Údaje o dokumentaci	13
3	Průzkumová zpráva.....	14
3.1	Popis.....	14
3.1.1	Popis Nejsvětější Trojice.....	14
3.2	Restaurátorský průzkum	15
3.2.1	Stav díla před restaurováním.....	15
3.2.2	Tabulka poškození	16
3.2.3	Zadání a cíle následujících průzkumů.....	17
3.2.4	Umělecko-historický průzkum.....	18
3.2.4.1	Úvod do umělecko-historického průzkumu.....	18
3.2.4.2	Ikonografie díla	20
3.2.4.3	Historie sousoší Nejsvětější Trojice z Opatovce	20
3.2.4.4	Technika vzniku díla	20
3.2.4.5	Podobné památky	21
3.2.4.6	Předchozí restaurátorské zásahy	23
3.2.5	Chemicko-technologický průzkum	23
3.2.5.1	Úvod do chemicko-technologického průzkumu	23
3.2.5.2	Měření nasákavosti	24
3.2.5.3	Ultrazvuková transmise	26
3.2.5.4	Analýza vodorozpustných solí.....	27
3.2.5.5	Analýza povrchových vrstev	28
3.2.5.6	Detekce přítomnosti sádrovce na povrchu kamene	29
3.3	Vyhodnocení průzkumu.....	30
3.3.1	Zkoušky materiálů a technologií.....	32
3.3.1.1	Zkoušky čištění.....	32
3.3.1.1.1	Zkoušky čištění biologického napadení	32

3.3.1.1.2	Zkoušky čištění tmavých depozitů.....	33
3.3.1.1.2.1	Rozšířená část: zkoušky chemické redukce tmavého depozitu na pískovcové kuželce 33	
3.3.1.1.2.2	Zkoušky čištění tmavého depozitu na restaurovaném díle.....	41
3.3.1.2	Zkoušky tmelů.....	45
4	Restaurátorský záměr.....	47
4.1	Koncepce restaurátorského záměru.....	47
5	Postup prací.....	48
5.1	Transfer díla do ateliéru.....	48
5.2	Fixáž zbytků povrchové úpravy.....	48
5.3	Čištění.....	48
5.4	Zpevnění povrchu a injektáž prasklin.....	49
5.5	Odsolování.....	49
5.6	Lepení.....	51
5.7	Plastické retuše.....	51
5.8	Barevné retuše.....	52
6	Použité materiály a technologie.....	53
7	Nová zjištění.....	54
8	Doporučený režim památky.....	54
9	Závěr.....	55
10	Použitá literatura a prameny.....	57
10.1	Použitá literatura.....	57
10.2	Použité prameny.....	57
10.3	Použité internetové zdroje.....	58
11	Seznam obrázků použitých v textu.....	59
12	Seznam tabulek použitých v textu.....	59
13	Seznam grafů použitých v textu.....	60
14	Fotografická dokumentace.....	61
14.1	Grafická fotodokumentace.....	64
14.2	Dílo před transferem.....	67
14.3	Transfer díla.....	71
14.4	Stav Trojice před restaurováním.....	72
14.5	Stav po očištění biologického povlaku.....	79
14.6	Stav po očištění.....	83

14.7	Stav po tmelení	87
14.8	Stav po barevné retuši.....	91
14.9	Průběh restaurování	95
15	Seznam použitých příloh.....	103
16	Přílohy	103
16.1	Příloha 1: Chemicko-technologický průzkum, kontrolní ultrazvuk. měření	104
16.2	Příloha 2: Výsledky mikroskopického porovnání vzorků ZCHK a ZCH1-5	112

1 Úvod

Bakalářská práce dokumentuje restaurátorský zásah na pozdně barokním sousoší Nejsvětější Trojice, které je součástí celku sloupu Nejsvětější Trojice v obci Opatovec na Svitavsku, který se dále skládá ze zdobené hlavice, dřívku s podstavcem a fragmenty schodů, ke kterým restaurátorské dokumentace zpracovávají studenti třetího ročníku Matěj Lett a Aneta Kolaříková. Na podstavci se nachází nápis v němčině obsahující datum zhotovení a to rok 1855. Ač se tedy jedná o dílo z poloviny 19. století, jeho celkový charakter a umělecký styl lze stále zařadit do již doznívajícího lidového baroka. Sloup se nachází uprostřed polí (dříve na křižovatce polních cest) poblíž domu č. p. 219 a po restaurování bude přesunut na nové místo blíže k silnici. Autor díla je neznámý, pravděpodobně se jedná o místního sochaře.

Dokument obsahuje restaurátorský průzkum, jehož součástí je i chemicko-technologický a umělecko-historický průzkum, na jehož základě byl navržen restaurátorský záměr a koncepce, ze které vychází celkové restaurování díla. Chemicko-technologický průzkum je rozšířen o porovnání efektu čištění tmavých depozitů na pískovcích pomocí vybraných prostředků dostupných na trhu. Mezi těmito prostředky byl po zkouškách na testovací ploše pískovcové kuželky vybrán nejvíce šetrný a nejúčinnější prostředek, a ten byl následně použit při zkouškách čištění tmavého depozitu i na restaurovaném díle.

Dále dokument obsahuje podrobně popsany postup provedených úkonů při restaurování, doporučený režim památky, seznam použitých materiálů a technologií, seznam literatury a přílohy.

2 Základní informace

1.1 Lokalizace památky

Kraj:	Pardubický kraj
Okres:	Svitavy
Obec:	Opatovec, Košíře
Adresa:	568 02 Opatovec, Opatovec
Bližší určení místa:	V poli poblíž č.p. 219
GPS souřadnice:	49.7978342N, 16.4708700E

1.2 Údaje o památce

Název památky:	Sousoší Nejsvětější Trojice
Klasifikace památky:	Památka nezapsána v ÚSKP
Autor:	Neznámý
Datace:	1855
Sloh:	Lidové baroko
Materiál:	Jemnozrnný pískovec – Maletín
Technika vzniku díla:	Ručně sekané kamenickým nářadím
Rozměry:	výška: 134 cm, šířka: 115 cm, hloubka: 55 cm

1.3 Údaje o akci

Vlastník:	Město Litomyšl
Investor:	Město Litomyšl
Zhotovitel:	Fakulta restaurování Univerzity Pardubice, Jiráskova 3, 570 01 Litomyšl, email: dekanat.fr@upce.cz
Vypracovala:	Kristýna Bittnerová
Odborný pedagogický dohled:	MgA. Petra Zítková

1.4 Údaje o dokumentaci

Autor dokumentace:	Kristýna Bittnerová
Autor fotografií:	Kristýna Bittnerová
Použitá snímací technika:	Canon EOS 60D, Objektiv Canon EF-S 17-85 mm
Počet stran dokumentace:	117

3 Průzkumová zpráva

Hlavním cílem průzkumu je získání dostatečného množství informací k poznání díla, jeho stavu a následné navržení samotného restaurátorského zásahu. V rámci umělecko-historických souvislostí se průzkum zabývá autorstvím, datací vzniku díla a jeho původní podobou. Některé informace byly zjištěny na základě dohledaných historických fotografií a záznamů v archivovaných dokumentech. Restaurátorský průzkum je zaměřený na posouzení aktuálního stavu díla. Posouzení stavu se bude zabývat hlavně materiálovou, statickou a výtvarně estetickou stránkou. Součástí průzkumu je vyhodnocení největších rizik a navržení jejich řešení.

3.1 Popis

Sloup Nejsvětější Trojice se nachází uprostřed pole v části obce Opatovec – Košíře, poblíž domu č. p. 219. Dříve tudy vedly 2 cesty, sloup stál tedy na jejich rozcestí, později však došlo k jejímu zorání. Sloup se skládá z šesti částí. Základ sloupu tvoří plinta a na ni navazuje patka podstavce s německým nápisem: *Errichtet von Johann u. Theresia Baar im Jahre 1855*. Na patku navazuje podstavec s reliéfním vyobrazením Panny Marie Immaculaty. Na podstavci je umístěn pilastr s reliéfem sv. Jana Evangelisty na oblacích. Na tuto část navazuje bohatě zdobená hlavice s okřídlenými hlavami andílků. Celý sloup zakončuje samotné sousoší Nejsvětější Trojice, které je předmětem restaurátorského zásahu v tomto dokumentu.

3.1.1 Popis Nejsvětější Trojice

Výjev Nejsvětější Trojice zobrazuje dvojici postav Boha Otce s Ježíšem Kristem jako synem Božím, mezi kterými se nachází znamení kříže opřené o nebeskou sféru vynořující se z oblaků a podpíranou dvojicí okřídlených andílčích hlaviček, mezi nimiž se vznáší Duch Svatý v podobě holubice.

Bůh Otec drží v levé ruce žezlo, jeho pravá ruka je pokrčená a položena na hrudi. Postava je celá zahalena v našasené tunice, chodidla má holá. Po pravici Boha Otce sedí Ježíš Kristus, syn Boží s křížem v levé ruce. Pravou ruku má taktéž pokrčenou a položenou na hrudi. Postava má okolo boků obtočenou nabíranou roušku. Za oběma postavami vystupuje v pozadí řasená draperie připomínající tvar křídel. Figury sedí na sféře v podobě koule, pod kterou je znázorněn Duch svatý jako Holubice s roztaženými křídly. Nebeská

sféra se nachází ve středu výjevu a vystupuje z oblak, která jsou doplněna o dvě okřídlené hlavy andílků. Sousoší je připevněno k navazující zdobené hlavici pomocí železného čepu.

3.2 Restaurátorský průzkum

Restaurátorský průzkum v tomto dokumentu je zaměřen pouze na vrcholové sousoší Nejsvětější trojice, nicméně pro celkové vyhodnocení stavu díla budou výsledky porovnány s výsledky restaurátorských průzkumů ostatních částí sloupu, jelikož se jedná o jeden objekt.




3.2.1 Stav díla před restaurováním




Sousoší Nejsvětější Trojice se nachází v havarijním stavu. Nejzávažnějším poškozením je nesoudržnost materiálu a černé depozity na povrchu. Celé dílo je pokryto biologickým napadením, konkrétně lišejníky, řasami a plísněmi. Ve spodní části sochy se nacházejí rozsáhlé praskliny, pravděpodobně díky zkorodovanému čepu ve spodku díla. Materiál ve srážkových stínech je světlý a drolí se, toto je dáno charakterem poškození u silikátových materiálů. Tmavé depozity se usazují na místech omývaných vodou a ve srážkových stínech tak vznikají světlá místa, jak je tomu i v tomto případě. Povrch díla je na více místech nenasákavý až vodoodpudivý. Tyto oblasti se nacházejí jak na černých depozitech, tak na světlém povrchu. Na několika místech jsou nečistoty od ptačího trusu (chodidlo Krista, levý bok Boha Otce).

Úbytek materiálu je patrný na celém díle, zejména ve spodní pravé části sochy chybí menší části oblak patrně vlivem četných prasklin. Také chybí levé koleno a stehno Krista a části prstů jeho levé ruky, stejně jako u totožné ruky Boha Otce. Dále také chybí vrchní část kříže a špička „křídla“ z drapérie nad Bohem Otcem.

Po celém díle jsou znatelné stopy po předchozí barevné úpravě. Tyto fragmenty se odlupují a jsou popraskané. Zbytky se nacházejí ve velmi malém množství v hloubkách modelace.

3.2.2 Tabulka poškození

	<p>Biologické napadení</p> <p>Projevy: výskyt řas a lišejníků na povrchu kamene</p> <p>Příčiny: V důsledku nadměrného zavlhčování kamene došlo v místech hromadění vody, či v místech narušeného materiálu k vytvoření vhodného prostředí pro kolonizaci mikroorganismů.</p>
	<p>Tmavé depozity</p> <p>Projevy: Ztmavlý uzavřený povrch, který se místy může odlupovat, povrch tvoří kontrast se světlým zdravým materiálem.</p> <p>Příčiny: Mikroorganismy tvoří na místech vystavených dopadající vodě biologický povlak, který naleptává pojivo mezi zrny. Narušený povrch s povlakem na sebe snadno váže nečistoty z ovzduší a tím dochází k jeho uzavření a ztmavnutí.</p>
	<p>Chybějící materiál</p> <p>Projevy: I několikacentimetrový viditelný úbytek materiálu.</p> <p>Příčiny: K odlomení dochází zejména v místech, která vyčnívají, a tudíž mohou být snadno odlomena. Další příčinou může být postupná degradace materiálu, tvorba prasklin apod.</p>

	Krakování fragmentů barevné vrstvy
	Projevy: Odlupování a popraskání barevné vrstvy
	Příčiny: Vlivem povětrnostních podmínek nebo kvůli špatnému stavu materiálu pod barevnou vrstvou, či stárnutí samotné barevné vrstvy.
	Praskliny
	Projev: Viditelná puklina různého tvaru i velikosti, která se v důsledku klimatických podmínek zvětšuje.
	Příčiny: Rozpínáním v důsledku degradace železné armatury. Příčinou může být i vada kamene a tvorba prasklin v oslabených místech.
	Nesoudržný materiál
	Projev: Materiál se na povrchu drolí, nebo sprašuje. Ztráta modelace
	Příčiny: Vlivem povětrnostních podmínek a střídání mrazových cyklů dochází k trhání zrn materiálu od sebe, dále také v materiálu dochází ke krystalizačním a rekrystalizačním tlakům a hydrataci solí. Materiál je díky tomu nesoudržný, zrna se vydrolují či vypadávají ve větších kusech.

Tabulka 1 Sumarizace poškození nacházející se na díle

3.2.3 Zadání a cíle následujících průzkumů

Cílem dalšího průzkumu bude především zjištění stavu materiálu, jeho soudržnosti a pevnosti. Na první pohled je povrch kamene na některých místech uzavřený a na některých zase nesoudržný, proto bude nutné provést test kapilární nasákavosti na vybraných místech,

aby se zjistila uzavřenost povrchu s tmavou krustou a uzavřenost okolního kamene. Dále bude třeba provést ultrazvukové měření k zjištění soudržnosti materiálu pod povrchem. Tato informace je důležitá z hlediska možného zpevnění díla, zda je třeba hloubkového zpevnění, popřípadě zda stačí pouze lokální povrchové zajištění.

Pro poznání stavu díla je důležitá informace, zda jsou v díle přítomné soli a popřípadě v jakém množství, vzhledem k místu umístění sloupu (pole). Tyto výsledky také ukáží, zda se na díle nacházejí pouze tmavé povlaky depozitů vázaných v silikátu nebo i sádrovcové krusty. Za tímto účelem bude proveden odběr vzorků z povrchu i z hloubky materiálu pro analýzu vodorozpustných solí, analýzu složení tmavého depozitu a indikační testy na sádrovec.

V rámci průzkumu bude nutné důkladné zmapování všech zbytků barevných úprav a jejich bližší prozkoumání analýzou povrchových vrstev, která bude zkoumat jejich materiálové složení a stratigrafii barevných vrstev.

Po obdržení výsledků z laboratoře dojde ke zkouškám čištění biologického napadení a zkouškám čištění tmavých depozitů. Tyto zkoušky jsou nezbytné pro výběr nejvíce účinné a šetrné metody. Dále by mělo dojít ke zkouškám tmelů. Je potřeba vyhodnotit nejlepší poměr pojiva ku plnivu a směs písků, tak aby výsledný tmel byl nejvíce podobný originálnímu kameni, jak vzhledově, tak svými vlastnostmi.

V rámci historického průzkumu proběhne snaha o dohledání jakýchkoliv informací o vzniku díla (autor) a historických fotek. Tyto informace jsou důležité pro bližší poznání díla a jeho vývoje, nikoliv pro jeho samotné restaurování.

3.2.4 Umělecko-historický průzkum

Umělecko-historický průzkum se věnuje dohledání analogií, historických fotografií a sochařských předloh k celému objektu. Hlavním cílem průzkumu bylo zjistit, kdy došlo k poškození architektonických částí díla a sousoší samotného.

Zabývá se tedy celým sloupem Nejsvětější Trojice, avšak pro samotný průběh restaurování sousoší není výsledek průzkumu zásadní.

3.2.4.1 Úvod do umělecko-historického průzkumu

Jak je uvedeno výše, umělecko-historický průzkum se zabývá všemi částmi díla jako celku. K zjištění informací o díle byla provedena rešerše historických dokumentů a pramenů.

Byla prohledána literatura zabývající se památkami Čech i Moravy (jelikož lokalita se nachází na hranici těchto území), avšak žádná zmínka o díle jako takovém v literatuře nebyla nalezena.¹ Dále byl zkontaktován starosta obce Opatovec Lukáš Kudrna s dotazem na jakékoliv historické fotografie či doplňující údaje o díle. Obec poskytla pouze jednu historickou fotografii z pravé strany viz. *Obrázek 1*.

Následně proběhla rešerše ve fondech Národního památkového ústavu v Pardubicích a Státního okresního archivu Svitavy se sídlem v Litomyšli. Ani toto bádání nebylo úspěšné.

Jako poslední byly prohledány internetové zdroje, které mapují památky po celé republice, taktéž s negativním výsledkem.² Jen v internetovém soupisu památek se nachází jedna historická fotografie sloupu z pravé strany, která je nám známa již od obce Opatovec.³ Na těchto stránkách je ovšem restaurované dílo mylně ztotožňováno se sloupem jiným, který se nachází poblíž.



Obrázek 1 Historická fotografie sloupu (autor a datace neznámá)

¹ POCHE, Emanuel, ed. *Umělecké památky Čech*. Praha: Academia, 1982.

SAMEK, Bohumil a Kateřina DOLEJŠÍ, ed. *Umělecké památky Moravy a Slezska*. 3, O/P. Praha: Academia, 2021.

WIRTH, Zdeněk. *Umělecké památky Čech*. Praha: Československá akademie věd, 1957.

² Okres Svitavy - drobné památky v tabulce. *Drobné památky* [online]. ČR, 2014 [cit. 2022-11-04]. Dostupné z: <https://www.drobnepamatky.cz/taxonomy/term/63>

Soupis památek historických a uměleckých v království českém: Politický okres litomyšlský. 29.. Praha: Archeologická komise při české akademii císaře Františka Josefa pro vědy, slovesnost a umění, 1908.

³ Památky obce Opatovec. In: *Soupis veškerých památek v Čechách, na Moravě a ve Slezsku* [online]. ČR: Jaromír Lenoch, 2002 [cit. 2022-11-04]. Dostupné z: http://www.soupis pamatek.com/okres_litomysl/fotografie/opatovec/opatovec.htm

3.2.4.2 Ikonografie díla

Zobrazení takzvané Nejsvětější Trojice je společný název pro Boha ve třech svých podobách. A to Boha Otce jakožto stvořitele světa, Syna božího jako Ježíše Krista a Ducha Svátého, jako posvětitelce světa, který je nejčastěji zobrazován jako holubice. Tyto tři osoby vycházejí z evangelia podle Matouše, které se o nich zmiňuje: „*Jděte ke všem národům a získávejte mi učedníky, křtíte je ve jménu Otce i Syna i Ducha Svátého a učte je, aby zachovávali všechno, co jsem vám přikázal.* (Mt 28,19–20) “

Restaurované dílo je pojato jako tzv. Žaltářová Trojice, kdy obě postavy, Bůh Otec i Ježíš Kristus, trůní na sféře. Ježíš Kristus se nachází po pravici korunovaného Otce a v ruce drží kříž. Mezi figurami se vznáší holubice jako Duch Svatý. Toto vyobrazení vychází z textů *Žalmů*: „*Ty jsi můj syn a já jsem tě dnes zplodil... (2,7)*“ a „*Zasedni po mé pravici...(110,1)*“. Žaltářová trojice jakožto vyobrazení patří k těm nejrozšířenějším už od raného středověku a hojně se užívalo až do 19. století. ⁴

3.2.4.3 Historie sousoší Nejsvětější Trojice z Opatovce

Celý sloup nechali vytvořit Theresia a Johann Baar roku 1855. Tato informace je uvedena na jednom z dílů sloupu. Sloup byl umístěn na poli, které bylo dle katastrálních map dříve v jejich vlastnictví. Během následujících let muselo na sloupu dojít k poškození, které jsou patrné i dnes. Také došlo k úpadku původní lampy z konzole. Konzole se na díle dochovala, lampa nikoliv. Dále jsou na díle také vidět předchozí opravy viz. *Předchozí restaurátorské zásahy*, tyto opravy nejsou nijak zaznamenané či datované.

3.2.4.4 Technika vzniku díla

Dílo vzniklo sekáním pomocí kamenického náradí. I když stopa po nástrojích není zřetelná kvůli značné degradaci povrchu, rok vzniku díla napovídá, že sloup nemohl vzniknout jinou (moderní) technikou. Dále bylo dílo v minulosti opatřeno povrchovou úpravou, jejíž zbytky se dochovaly v hloubkách modelace.

Materiálem díla je pravděpodobně maletínský nebo mladějovský pískovec. Značí tak poloha díla, datace a jeho vzhled. Mladějovské a maletínské pískovce jsou jemnozrnné, slabě kaolinitické křemenné pískovce. Byly těženy hlavně v lomech v Mladějově (cca 10 km od

⁴ ROYT, Jan. *Slovník biblické ikonografie*. Ilustroval Dagmar JUNEK HAMSÍKOVÁ. Praha: Karolinum, 2006.

Opatovce) a u Starého Maletína (cca 20km od Opatovce). Tyto kameny se hojně používaly pro sochařskou výzdobu od cca 16. století do druhé světové války. Mladějovský pískovec byl těžen v menší míře a používán spíše v užším okolí. Maletínský pískovec byl těžen a hojně používán v širším okolí na výtvarná díla (např. Olomouc). Pískovce těžené v Maletíně jsou křemenné a silně kaolinitické. Mají nepravidelné nažloutlé nebo okrově žluté zabarvení. Jejich zrnitost se pohybuje okolo 0,1–0,2 mm s příměsí hrubších křemenných oblázků 2–5 mm. Charakteristickým rozpoznávacím znakem maletínských pískovců jsou tzv. „broky“. Jedná se o pyritové nebo hematitové konkrece, které časem zvětrávají na limonit. Kolem těchto konkrecí dochází k paprscitému trhání pískovce, způsobenému oxidací pyritu nebo hematitu. Mladějovské pískovce mají jemnozrnnou strukturu a jsou světle žluté nebo nahnědlé barvy. Mají nižší podíl kaolinitického tmelu s absencí konkrecí a „broků“.⁵

Pískovec, ze kterého je zhotoven sloup Nejsvětější Trojice z obce Opatovec na Svitavsku, je nepravidelně nažloutlé barvy a jemnozrnné struktury s drobným výskytem větších křemenných oblázků. Dále jsou v materiálu díla patrné paprscité praskliny neznámé příčiny (např. v místě oblak na sousoší Nejsvětější Trojice). Je možné, že tyto praskliny byly způsobeny oxidací pyritu nebo hematitu. Tyto informace nasvědčují tomu, že se jedná pravděpodobně o pískovec maletínský.

3.2.4.5 Podobné památky

V rámci historického průzkumu byla dohledána pouze jedna historická fotografie pravého boku sloupu. Fotografie není v příliš dobré kvalitě a detaily nejsou zřetelné. Proto se přistoupilo ke snaze o dohledání sousoší podobného zobrazení ze stejné doby, které se nachází v širším okolí. K vyhledávání byl použit online katalog zapsaných památek Národního památkového ústavu.⁶

Vyhledávání přineslo čtyři typově podobné vyobrazení a to: Sousoší Nejsvětější Trojice z Mladějova na Moravě z roku 1839 (*Obrázek 2*), Sousoší Nejsvětější Trojice ve Výprachticích z roku 1863 (*Obrázek 3*), Sousoší Nejsvětější Trojice z Rychnova na Moravě

⁵ RYBAŘÍK, Václav. *Ušlechtilé stavební a sochařské kameny České republiky*. 1. Hořice v Podkrkonoší: Nadace střední průmyslové školy kamenické a sochařské, 1994.

GÁBA, Zdeněk. Maletínský pískovec. *Kámen: exkluzivní časopis pro kameníky, kamenosochaře, restaurátory a ostatní přátele kamene*. Praha: Ota servis, 1994, **1994**(1), 105-110.

ŠRÁMEK, Jan. Maletínské a mladějovské pískovce na čestném sloupu Nejsvětější Trojice v Olomouci. *Zprávy o geologických výzkumech* [online]. Česká geologická služba, 2004, **2004**(37), 158-161 [cit. 2023-05-02]. Dostupné z: <http://www.geology.cz/zpravy/cs/detail/zpravy-o-vyzkumech-2003-str-158-161>

⁶ Vyhledávání proběhlo v rámci pardubického kraje. Hesla vyhledávání: Nejsvětější trojice, socha, sousoší, sloup.

z roku 1858 (*Obrázek 4*) a Sousoší Nejsvětější Trojice z Rybníku u České Třebové z roku 1875 (*Obrázek 5*). Tato díla budou použita jako podklad pro doplnění chybějících částí na restaurovaném sousoší (levá noha Krista).

Nejvíce podobné je sousoší ze sloupu v Rychnově na Moravě, Ježíš Kristus drží kříž podobně jako na restaurovaném díle a celá kompozice postav, oblak a hlav andělíčků je velice blízká.



Obrázek 2 Sousoší Nejsvětější Trojice v Mladějově na Moravě (autor fotografie: Ludmila Nováková, NPÚ)



Obrázek 3 Sousoší Nejsvětější Trojice ve Vyprachticích⁷

⁷ Socha Nejsvětější Trojice. In: *Rajče - místo pro vaše fotky* [online]. Praha [cit. 2023-04-12]. Dostupné z: https://blankastej.rajce.idnes.cz/Lanskroun,_rozhledna_Lazek,_Cotkytle,_Vyprachtice_-_kolo_39_km_8_2022/1551039640



Obrázek 4 Sousoší Nejsvětější Trojice v Rychnově na Moravě (autor fotografie: Petr Arijčuk, NPÚ)



Obrázek 5 Sousoší Nejsvětější Trojice v Rybníku u České Třebové, okres Ústí nad Orlicí (autor fotografie: Jitka Svobodová, NPÚ)

3.2.4.6 Předchozí restaurátorské zásahy

Na díle jsou zřetelné předchozí opravné zásahy. Nebyla nalezena žádná restaurátorská dokumentace týkající se tohoto sloupu. Kvalita a provedení oprav napovídá, že se jednalo o neodborný zásah. Na jednom místě na sousoší se nachází malý tmel v místě oblak a hlava a pravé křídlo holubice je lepeno či injektováno.

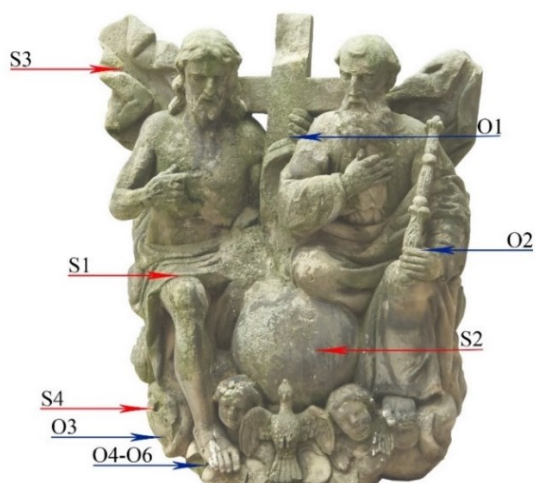
3.2.5 Chemicko-technologický průzkum

3.2.5.1 Úvod do chemicko-technologického průzkumu

Pro ověření některých informací byly zvoleny metody chemicko-technologického průzkumu, ke kterému bylo nezbytné provést odběr 10-ti vzorků. Vzorky O1–O2 byly odebrány pro analýzu povrchových úprav pro zjištění materiálového složení a stratigrafii povrchových vrstev, vzorek O3 byl odebrán kvůli zjištění pomocí prvkové analýzy, zda je v tmavém depozitu obsažen sádrovec,⁸ pro tento účel byly odebrány i vzorky S1–S4. Tyto vzorky sloužily pouze pro zjištění informace, zda se sádrovec nachází po celém povrchu díla. Poslední vzorky O4–O6 byly odebrány vrtem pro analýzu přítomnosti vodorozpustných

⁸ BAYER, Karol. *Analýzy vzorků ze sousoší Nejsvětější Trojice ze sloupu z Opatovce a zjištění jeho stavu metodou ultrazvukové transmise*. [rukopis] Fakulta restaurování Univerzita Pardubice, 2023.

solí v kameni. Analýzu vzorků O1–O3 a S1–S4 provedl Ing. Karol Bayer a analýzu vrtné moučky O4–O6 provedla Ing. Eliška Bečková.⁹



Obrázek 6 Zákresy míst odběru vzorků S1-S4 a O3 identifikace sádrovce, O1-O2 analýza povrchové vrstvy, O4-O6 analýza vodorozpustných solí

3.2.5.2 Měření nasákavosti

V rámci průzkumu bylo nezbytné stanovit a porovnat míru nasákavosti jednotlivých typů povrchu sochy vodou a na jednom místě (E3) i ethanolem. Metoda je zaměřena na měření objemu vsáknuté kapaliny v čase danou plochou. Vyhodnocuje se graficky, graf vyhodnotí množství vsáknuté vody danou měřicí plochou W [kg/m²] za čas T [h=0,5]. Nasákavost je zjišťována pomocí Karstenových trubic, které se připevňují na povrch pomocí Lukoprenu T990.

Měření proběhlo v místech, kde byl možný předpoklad rozdílu nasákavosti. Tato místa byla konkrétně: V1 – místo kde došlo k nalomení plochy, ale povrch se jevil jako zdravý, V2 – obnažený kámen, kde došlo k odpadnutí krusty, V3/E3 – velmi tmavý depozit, V4 – tmavý depozit, V5 – tmavý



Obrázek 7 Zákresy míst měření kapilární nasákavosti

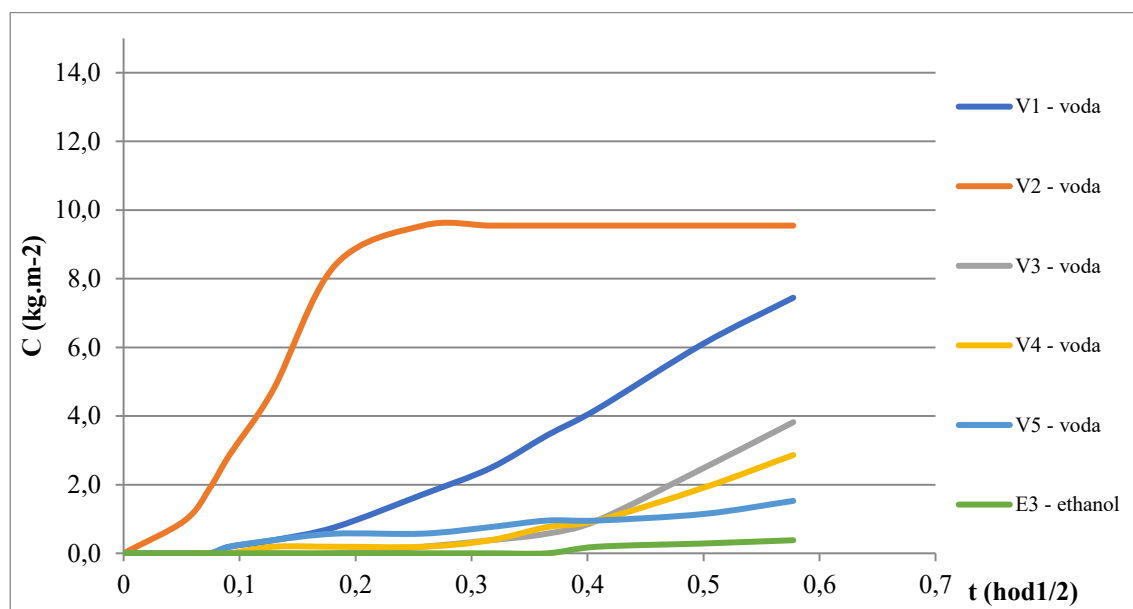
⁹ BEČKOVÁ, Eliška. *Analýza pro přítomnost vodorozpustných solí ze sousoší Nejsvětější Trojice ze sloupu z Opatovce.* [rukopis] Fakulta restaurování Univerzita Pardubice, 2023.

depozit. Místa V3–V5 byla měřena kvůli srovnání nasákavosti při zkouškách čištění viz. *Zkoušky čištění tmavého depozitu na restaurovaném díle*. Měření zjišťovalo, zda je povrch otevřený pro migraci kapalin a zda může docházet ke kumulaci vody pod povrchem, popřípadě k migraci vodorozpustných solí. Výsledky měření přinesou informaci o schopnosti materiálu přijímat konsolidační prostředky ředěné polárními rozpouštědly. Na základě výsledků lze stanovit postup při zpomalení degradace materiálu.

Výsledky měření a grafy nasákavosti se nacházejí níže:

t (s)	V (ml)					
	V1	V2	V3	V4	V5	E3
0	0	0	0	0	0	0
10	0	0,5	0	0	0	0
20	0	1	0	0	0	0
30	0,1	1,5	0	0	0,1	0
60	0,2	2,5	0	0,1	0,2	0
120	0,4	4,4	0	0,1	0,3	0
240	0,9	5	0,1	0,1	0,3	0
360	1,3	5	0,2	0,2	0,4	0
480	1,8	5	0,3	0,4	0,5	0
600	2,2	5	0,5	0,5	0,5	0,1
900	3,2	5	1,3	1	0,6	0,15
1200	3,9	5	2	1,5	0,8	0,2

Tabulka 2 Výsledky měření nasákavosti vodou pomocí Karstenovy trubice míst V1-5 a E3



Graf 1 Grafické znázornění výsledků měření nasákavosti vodou pomocí Karstenovy trubice míst V1-5 a E3

w	V1	V2	V3	V4	V5	E3
[kg/m ² .h ^{0,5}]	9,76	13,23	4,04	3,15	1,92	0,43

Tabulka 3 Hodnoty koeficientu nasákavosti w vypočítané z měření Karstenovou trubicí míst V1-5 a E3

Výsledky měření:

Měření ukázalo, že povrch díla má na různých místech rozdílnou nasákavost, přičemž v některých místech (tmavý depozit) je zcela uzavřen. Měření na místě V1 mělo vcelku dostačující nasákavost s ohledem na stav kamene. U zkoušky V2 byla nasákavost značně vyšší než jinde, ukazuje to na fakt, že v tomto místě byl materiál značně narušený a hodně otevřený. Místa V3–V5 poukázala

na uzavřený, nepropustný povrch.

U zkoušek V3–V5 se bude dále provádět kontrolní měření po zkouškách čištění černého depozitu. Bude porovnáváno zlepšení nasákavosti jako ukazatel otevření povrchu viz. *Zkoušky čištění tmavých depozitů*.

3.2.5.3 Ultrazvuková transmise

Měření ultrazvukovou transmisí se používá pro stanovení míry a rozsahu poškození hmoty objektu. Průzkum UZ transmisí byl proveden v počtu 20 míst měření (viz. *Příloha 1: Chemicko-technologický průzkum, kontrolní ultrazvuk. měření*) na celém povrchu sochy, kvůli zjištění stavu kamene. Důraz byl kladen na předpokládanou rizikovou prasklinu na čelní straně, která vede od spodní části sochy přes zeměkouli a viditelně končí na levém stehnu Boha Otce.

Tato metoda funguje na principu měření doby průchodu ultrazvukového signálu materiálem. Každý materiál má svoji charakteristickou rychlost šíření signálu. Čím kompaktnější a méně poréznější materiál, tím rychlejší je průchodnost signálu. Místa s výskytem prasklin, trhlin či degradovaným povrchem ultrazvukový signál prochází hůře nebo i vůbec. Díky tomu se tato místa měření odhalí. Cílem měření bylo zhodnotit závažnost poškození materiálu a vytipovat rizikové praskliny.

Výsledky měření:

Na základě výsledků měření lze stav sochy hodnotit jako dobrý. Zhoršený signál se ukázal pouze v místech 13 a 14, kde byly okem viditelné praskliny. Na zbytku povrchu

sousoší se důsledky koroze projevují pouze povrchově. Průměrná rychlost longitudálního vlnění je 3,03 km/s, což odpovídá použitému typu horniny.¹⁰

3.2.5.4 Analýza vodorozpustných solí

Přítomnost vodorozpustných solí v kameni (zejména chloridů, dusičnanů a síranů) má velký podíl v urychlení degradace materiálu. Soli narušují jeho soudržnost a pevnost vlivem opakovaných krystalizačních a rekrystalizačních tlaků. Tyto tlaky postupně způsobují mikropraskliny v kameni a přispívají tak k jeho degradaci. Vodorozpustné soli jsou navíc hygroskopické, to znamená, že některé z nich jsou schopny na sebe navázat větší množství vzdušné vlhkosti, což hlavně v zimním období při mrazových cyklech přispívá ve velké míře k narušení soudržnosti materiálu.

Analýza vodorozpustných solí detekuje přítomnost solí v kameni, určí blíže jejich typ a také jejich zastoupení. Jejich obsah je stanovován ve vodních extraktech vzorků demineralizovanou vodou, standartní metodikou pro stanovení obsahu síranů, chloridů a dusičnanů pomocí UV/VIS spektrometru.

V rámci chemicko-technologického průzkumu byly odebrány 3 vzorky z jednoho vrtu. Odběr proběhl v následujících hloubkách: vzorek O4 0–1 cm, vzorek O5 1–2 cm a vzorek O6 2–5 cm. Místo odběru bylo vybráno na levé straně oblak, kde byl povrch narušený odpadnutím menší části hmoty.

Výsledky měření:

Naměřené hodnoty u vzorku O5 a O6 byly nulové u všech měřených druhů solí. Vzorek O4 ukázal přítomnost síranů a dusičnanů a to hodnotou 0,01 (viz. *Obrázek 8*). Tato hodnota podle rakouské normy nevyžaduje žádná opatření. Avšak vrtná drť vzorků byla odebrána z místa, kde došlo k úbytku hmoty na povrchu. Výsledky analýz z ostatních částí sloupu ukázaly zvýšené množství síranů v hloubce 0–1 cm.

¹⁰ BAYER, Karol. *Analýzy vzorků ze sousoší Nejsvětější Trojice ze sloupu z Opatovce a zjištění jeho stavu metodou ultrazvukové transmise*. [rukopis] Fakulta restaurování Univerzita Pardubice, 2023.

2022	říjen/lístopad																																												
místo	Opatovec																																												
akce	SV. TROJICE 4-6																																												
jméno	Sudent Kristýna Bittnerová																																												
Výpočet koncentrace solí z pevného vzorku		Legenda podmíněného zbarvení polí:				1. Podle rakouské normy Önorm B 3355-1																																							
		<table border="1"> <tr> <td>Abs. (absorbance)</td> <td>1,800</td> <td colspan="2">příliš vysoká hodnota absorpce, výsledná koncentrace bude nepřesná - orientační, pro přesné měření je nutné roztok naředít</td> </tr> <tr> <td>c (hm%)</td> <td>0,01</td> <td colspan="2">výsledná koncentrace vodorozpuštěných solí; hodnota, která podle rakouské normy nevyžaduje žádná opatření</td> </tr> <tr> <td>c (hm%)</td> <td>0,19</td> <td colspan="2">výsledná koncentrace vodorozpuštěných solí; hodnota, u které je podle rakouské normy nutné zvážit dílčí opatření</td> </tr> <tr> <td>c (hm%)</td> <td>0,8</td> <td colspan="2">výsledná koncentrace vodorozpuštěných solí; hodnota, u které jsou podle rakouské normy opatření nezbytná</td> </tr> </table>				Abs. (absorbance)	1,800	příliš vysoká hodnota absorpce, výsledná koncentrace bude nepřesná - orientační, pro přesné měření je nutné roztok naředít		c (hm%)	0,01	výsledná koncentrace vodorozpuštěných solí; hodnota, která podle rakouské normy nevyžaduje žádná opatření		c (hm%)	0,19	výsledná koncentrace vodorozpuštěných solí; hodnota, u které je podle rakouské normy nutné zvážit dílčí opatření		c (hm%)	0,8	výsledná koncentrace vodorozpuštěných solí; hodnota, u které jsou podle rakouské normy opatření nezbytná		<table border="1"> <tr> <td>Hodnocení stupně zasolení</td> <td>Sírany (%hm.)</td> <td>Chloridy (%hm.)</td> <td>Dusičniny (%hm.)</td> </tr> <tr> <td>Nejsou nutná žádná opatření</td> <td>< 0,10</td> <td>< 0,03</td> <td>< 0,05</td> </tr> <tr> <td>Je nutné zvážit dílčí opatření</td> <td>0,10 – 0,25</td> <td>0,03 – 0,10</td> <td>0,05 – 0,15</td> </tr> <tr> <td>Opatření jsou nezbytná</td> <td>> 0,25</td> <td>> 0,10</td> <td>> 0,15</td> </tr> </table>								Hodnocení stupně zasolení	Sírany (%hm.)	Chloridy (%hm.)	Dusičniny (%hm.)	Nejsou nutná žádná opatření	< 0,10	< 0,03	< 0,05	Je nutné zvážit dílčí opatření	0,10 – 0,25	0,03 – 0,10	0,05 – 0,15	Opatření jsou nezbytná	> 0,25	> 0,10	> 0,15
Abs. (absorbance)	1,800	příliš vysoká hodnota absorpce, výsledná koncentrace bude nepřesná - orientační, pro přesné měření je nutné roztok naředít																																											
c (hm%)	0,01	výsledná koncentrace vodorozpuštěných solí; hodnota, která podle rakouské normy nevyžaduje žádná opatření																																											
c (hm%)	0,19	výsledná koncentrace vodorozpuštěných solí; hodnota, u které je podle rakouské normy nutné zvážit dílčí opatření																																											
c (hm%)	0,8	výsledná koncentrace vodorozpuštěných solí; hodnota, u které jsou podle rakouské normy opatření nezbytná																																											
Hodnocení stupně zasolení	Sírany (%hm.)	Chloridy (%hm.)	Dusičniny (%hm.)																																										
Nejsou nutná žádná opatření	< 0,10	< 0,03	< 0,05																																										
Je nutné zvážit dílčí opatření	0,10 – 0,25	0,03 – 0,10	0,05 – 0,15																																										
Opatření jsou nezbytná	> 0,25	> 0,10	> 0,15																																										
Rozeznání hodnot absorbance pro přesné měření																																													
skupina solí	hodnota absorbance Abs.																																												
NO ₃ ⁻	do 1,5																																												
(SO ₄) ²⁻	do 0,8																																												
Cl ⁻	do 1,3																																												
Tabulka pro výpočet koncentrace vodorozpuštěných solí bez nutnosti dále ředit filtrát																																													
<ul style="list-style-type: none"> provádíme pouze orientační měření předpokládáme běžnou koncentraci solí měli jsme malé množství vzorku dále jsme neředili filtrát výluh byl připraven s doporučeným množstvím vody 																																													
Vzorek	m _{vzorku} (g)	V _{H₂O} (ml)	Abs. ₁₈₀₄₂	C ₁₈₀₄₂ ⁻ (hm%)	C ₁₈₀₄₂ (mmol/l)	Abs. ₂₀₄	C _{Cl} (hm.%)	C _{Cl} (mmol/kg)	Abs. _{NO₃}	C _{NO₃} (hm.%)	C _{NO₃} (mmol/kg)																																		
O4/O-1	0,701	39,217	0,001	0,01	1	0,008	0,00	0	0,062	0,01	1																																		
O5/1-2	0,691	38,523	0,000	0,00	0	0,001	0,00	0	0,029	0,00	0																																		
O6/2-5	1,084	50,934	0,001	0,00	0	0,006	0,00	0	0,034	0,00	0																																		

Obrázek 8 Výsledky analýzy vodorozpuštěných solí vzorků O4-O5

3.2.5.5 Analýza povrchových vrstev

Pro identifikaci pojiva a pigmentů viditelných zbytků barevné vrstvy bylo nutno odebrat vzorky na detailnější analýzu. Tato analýza je důležitá z hlediska možných residuů (např. olejů) v kameni a dále také přinese stratigrafický přehled o případných historických přetěrech.

Proto byly odebrány vzorky O1 a O2 na analýzu složení barevných pigmentů, minerálních pojiv a kameniv a stratigrafii barevných vrstev. Stratigrafie povrchových úprav byla provedena na připravených nábrusech pomocí optického mikroskopu v dopadajícím viditelném, UV a modrém světle a následně rastrovacím elektronovým mikroskopem.

Identifikace barevných pigmentů, minerálních pojiv a kameniv byla provedena na základě určení prvkového složení vrstev pomocí rastrovací elektronové mikroskopie a energo-disperzního analyzátoru a dále proběhlo určení typu přírodního pojiva pomocí mikrochemických důkazových reakcí.

Výsledky měření:

Stratigrafie povrchových vrstev prokázala dvě rozdílné barevné vrstvy, a to tmavší okrovou, která obsahuje olovnatou bělobu, příměs žlutého okru, zinkové běloby a malé množství permanentní běloby. A šedou vrstvou, která obsahuje olovnatou bělobu, příměs uhlikaté černé, zinkové běloby, zemitého pigmentu a malé množství permanentní běloby.

V obou nalezených vrstvách byl jako pojivo použit vysychavý olej.¹¹ Kvůli stavu barevné vrstvy nebylo možné odebrání vzorků s kamenným podkladem, a proto není možné určit, zda se pod těmito dvěma vrstvami nenacházely starší fragmenty povrchové úpravy.

3.2.5.6 Detekce přítomnosti sádrovce na povrchu kamene

Vzhledem k výsledkům analýz solí bylo nutné odebrat vzorek na zjištění přítomnosti sádrovce v povrchové vrstvě kamene. Vzorky byly odebrány v celkovém počtu 5 vzorků. Z toho 4 vzorky s označením S sloužily pouze na identifikaci přítomnosti sádrovce pomocí kyseliny chlorovodíkové a vzorek s označením O3 byl použit na bližší analýzu tmavého depozitu.

Vzorek O3 byl odebrán v místě předpokládaného výskytu sádrovce. Nejprve byl zalit do akrylátové pryskyřice Spofacryl a následně byl zhotoven příčný řez (nábrus) broušením a leštěním. Nábrus byl zkoumán pod optickým mikroskopem v dopadajícím viditelném světle a následně rastrovacím elektronovým mikroskopem. Pomocí rastrovací elektronové mikroskopie s energo-disperzní analýzou bylo na nábrusu provedeno i zjištění prvkového složení v jednotlivých vrstvách.

Vzorky S1–S4 byly odebrány z různých míst na povrchu viz. *Obrázek 6*. Tato zkouška proběhla pomocí kyseliny chlorovodíkové a mikroskopu. Vzorky se umístily na laboratorní sklíčko a byly zakápnuty kyselinou chlorovodíkovou. Sklíčko se vzorky se následně vysušila nad kahanem a proběhlo pozorování pod mikroskopem při zvětšení 100x. Sádrovec vytváří na sklíčku charakteristické jehličky, které jsou pod mikroskopem jasně viditelné. Tato metoda určí pouze přítomnost, nikoli množství indikovaného sádrovce.

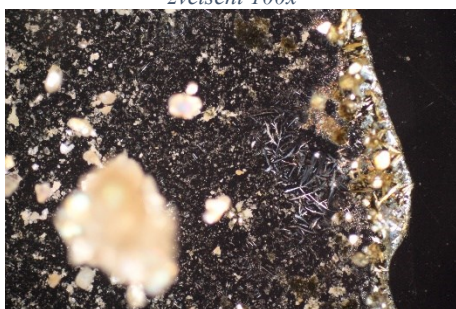
¹¹ BAYER, Karol. *Analýzy vzorků ze sousoší Nejsvětější Trojice ze sloupu z Opatovce a zjištění jeho stavu metodou ultrazvukové transmise*. [rukopis] Fakulta restaurování Univerzita Pardubice, 2023.



Obrázek 9 Vzorek S1 pod optickým mikroskopem
zvětšení 100x



Obrázek 10 Vzorek S2 pod optickým mikroskopem
zvětšení 100x



Obrázek 11 Vzorek S3 pod optickým mikroskopem
zvětšení 100x



Obrázek 12 Vzorek S4 pod optickým mikroskopem
zvětšení 100x

Výsledky měření:

Metoda ukázala, že sádrovec je přítomen na celém povrchu sochy. Potvrdily to jak identifikační vzorky S1 – 4, kde se na všech laboratorních sklíčkách objevily pod optickým mikroskopem charakteristické jehličky, tak vzorek O3, který byl zkoumán i pod elektronovým rastrovacím mikroskopem. Znamky většího poškození na díle způsobené právě sádrovcem nejsou patrné, a tak se při restaurování přistoupí pouze k jeho redukci zábalem.¹²

3.3 Vyhodnocení průzkumu

Sloup Nejsvětější Trojice stojí v poli u obce Opatovec v části Košíře. V roce 1855 nechali sloup na své náklady zhotovit Josef a Theresia Baar, jak je zaznamenáno na spodní části sloupu. Přesto, že se jedná o dílo z poloviny 19. století, jeho charakter a vzhled napovídá, že je ještě produktem doznívajícího lidového baroka. Tento typ sloupu je typickým projevem soudobé vesnické architektury. Materiál díla je maletínský pískovec, lze tak usuzovat z lokality díla, vzhledu kamene a rozsáhlým používáním tohoto typu pískovce na sochařská díla v nejbližším i širším okolí.

¹² BAYER, Karol. *Analýzy vzorků ze sousoší Nejsvětější Trojice ze sloupu z Opatovce a zjištění jeho stavu metodou ultrazvukové transmise*. [rukopis] Fakulta restaurování Univerzita Pardubice, 2023.

O díle se však nepodařilo dohledat více informací. Z jeho minulosti je známa pouze černobílá fotografie neznámé datace, která ukazuje, že okolo díla vedlo dříve rozcestí cest. Na díle jsou patrné drobné snahy o jeho opravu. Pravděpodobně při orbě (nárázem zemědělského stroje), byl sloup poškozen a došlo k narušení stability celého objektu, na všech částech sloupu z čelní strany je patrný větší úbytek hmoty či praskliny.

U vrcholové sochy je patrné narušení ve spodní části, kde se ultrazvukovou transmisí potvrdily praskliny. Mnoho jich je také přítomno na modelaci oblak a na chodidle Ježíše Krista. Velmi poškozené je místo u ložné plochy, kde se materiál ze spodu velmi drolí a je zde také větší množství prasklin. Další riziková prasklina se táhne od spodu levé části do středu sféry. Čep použitý na upevnění sousoší na vrchol sloupu byl zalitý na olovo, a tak železo nezpůsobilo žádné větší praskliny v jeho okolí. Praskliny v kameni a jeho lokální nesoudržnost je pravděpodobně příčinou druhotného poškození nárazem a opakujících se mrazových cyklů za přítomnosti vlhkosti v kameni.

Povrch sousoší je výrazně znečištěn, na skoro celé ploše díla se vyskytuje biologický povlak a tmavý, místy až černý depozit. Materiál je nerovnoměrně nasákavý. Na více místech ukázalo měření velmi nízkou nasákavost, která je zřejmě způsobena přítomností olejů v povrchové vrstvě kamene.

Projevy poškození více nenaznačovaly přítomnost vodorozpustných solí. Jejich výskyt nebyl potvrzen ani laboratorní analýzou z vrtné moučky, nicméně tento odběr nezahrnoval povrchovou vrstvu, ve které byly soli prokázány u dalších částí objektu. Dodatečné odběry z různých míst poukázaly na skutečnost, že se v celé povrchové vrstvě sousoší sádrovec vyskytuje, a zřejmě tedy i přispívá k uzavřenosti povrchu. Zdroj solí se nepodařilo přesně identifikovat, mohlo by se jednat o důsledek původní barevné úpravy, jejíž zbytky se nemusely dochovat, anebo o akumulaci sádrovce na povrchu díla z prachových depozitů ve vzduchu.¹³ Dnes se zachovaly již jen fragmenty barevné úpravy v hloubkách modelace. Z rozboru se dá usuzovat, že sloup byl pojednán v posledních fázích monochromně, na samotném sousoší se našly dvě barevné vrstvy, a to šedá a tmavě okrová. Pojivem pro barvy byl dle mikrochemických důkazových reakcí vysychavý olej, který je pravděpodobně příčinou uzavření kamene na většině povrchu skulptury.

¹³ HENRY, Alison a Jill PEARCE, ed. *Stone conservation: principles and practice*. Dorset: Donhead, 2006. DRDÁCKÝ, Miloš, STEFAN, Simon edd., *European research on cultural heritage, State of the Art Studies, Proceedings of the ARCCHHIP Workshops supported from ETC 5th FP Projets No. ICA1-CT-2000-70013*. Praha 2006

3.3.1 Zkoušky materiálů a technologií

3.3.1.1 Zkoušky čištění

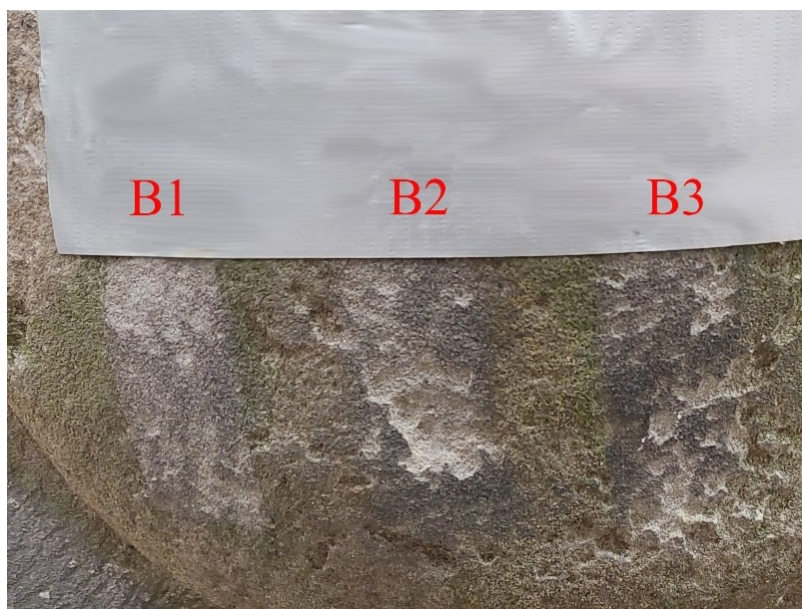
3.3.1.1.1 Zkoušky čištění biologického napadení

Metodika:

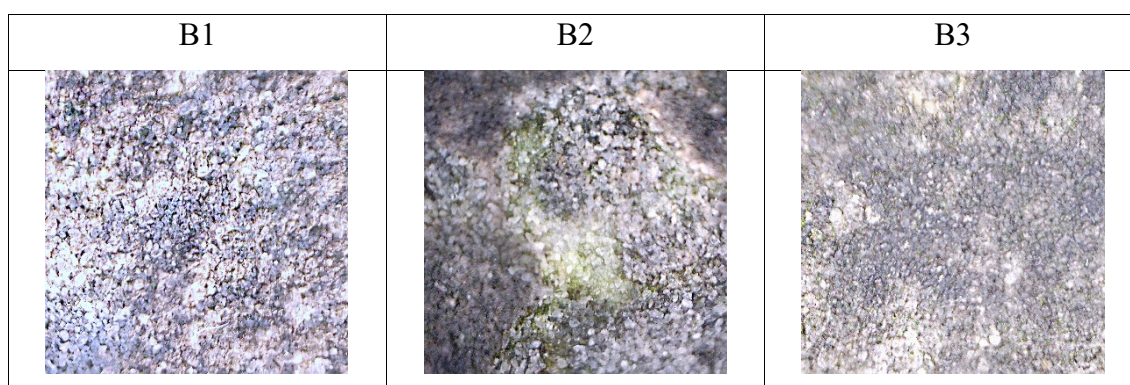
Byly provedeny celkem 3 zkoušky čištění biologického napadení, třemi různými typy prostředků. A to konkrétně: 1 % vodný roztok Ajatinu Plus, líh a přípravek Mechstop v poměru ředění s vodou 1:4. Tyto prostředky byly nanесeny na testovací plochy a po 24 hodinách opláchnuty pomocí páry a umělohmotného kartáče. Zkouška lihем označená B2 byla zakryta fólií, aby nedošlo k odpaření lihu, a prodloužila se tak doba jeho působení na mikroorganismy. Dále byl na těchto plochách sledován efekt čištění jak pod mobilním mikroskopem Levenhuk, tak pouhým okem.

Zkouška	Prostředek	Ředění (díly objemu : demineralizovaná voda)	Výsledek
B1	Ajatin PLUS	1 % roztok	Vyhovující
B2	Lih	100 %	Nevyhovující
B3	Mechstop	1:4	Nevyhovující

Tabulka 4 Zkoušky čištění biologického napadení



Obrázek 13 Zkoušky čištění biologického napadení



Tabulka 5 Výsledky zkoušek čištění biologického napadení pod mikroskopovou kamerou

Vyhodnocení:

Všechny prostředky měly velmi dobrý efekt při pozorování pouhým okem, avšak pod mobilním mikroskopem byly u zkoušek B2 a B3 viditelné zbytky biologického znečištění mezi zrny, u zkoušky B1 byly tyto zbytky minimální. Pro čištění biologického povlaku byl proto vybrán 1 % vodný roztok Ajatinu Plus.

3.3.1.1.2 Zkoušky čištění tmavých depozitů

3.3.1.1.2.1 Rozšířená část: zkoušky chemické redukce tmavého depozitu na pískovcové kuželce

V rámci zkoušek čištění bylo provedeno testování chemických prostředků dostupných na trhu pro zjištění schopnosti odstranění tmavých depozitů přítomných na povrchu silikátového materiálu (pískovec). Tyto zkoušky byly porovnávány s kontrolní zkouškou očištěnou pomocí pulzního laseru.

Metodika:

Zkoušky probíhaly na pískovcové kuželce s tmavým depozitem z hořického pískovce a poté byl dle výsledků vybrán jeden prostředek, který byl použit na samotném restaurovaném díle (sousoší Nejsvětější Trojice) při zkouškách čištění tmavého povlaku.

Pro účel tohoto zkoumání byly vybrány 3 přípravky a to: kyselá čistící pasta Clean FP od firmy Remmers (účinná složka: hydrogendifluorid amonný), čistič kamene SI (účinná složka: kyselina chlorovodíková a hydrogenfluorid amonný) a kyselý čistič FG (účinná složka: hydrogenfluorid amonný) od firmy Aqua Barta. Přípravky FP a FG byly ve formě gelu a čistič SI ve formě tekutiny a také byl smíchán s nosičem Kelzan pro vytvoření gelové konzistence srovnatelné s ostatními přípravky. Přípravky od firmy Aqua Barta byly

aplikovány na povrch nasáklý vodou tak, aby místo působení bylo jen na znečištěném povrchu kamene. Přípravek od firmy Remmers byl aplikován na suchý podklad a po dané době působení byl odmyván vodou.¹⁴

U testovacích ploch se sledovalo případné narušení povrchu (mechanická zkouška pomocí skalpelu), proběhlo vizuální posouzení a sledování povrchu pod mikroskopovou kamerou Levenhuk. Dále byly odebrány vzorky ZCH1–5 a ZCHK (krusta) a zhotoveny nábrusy. Tyto nábrusy byly následně sledovány pod optickým a elektronovým mikroskopem a porovnávány se vzorkem ZCHK – krusta a ZCH3 – kontrolní plocha očištěná laserem. Zde se sledovala míra narušenosti povrchové vrstvy a naleptání křemenných zrn na povrchu viz. *Příloha 2: Výsledky mikroskopického porovnání vzorků ZCHK a ZCH1-5.*¹⁵




Zkoušky stanovení postupu čištění na malých testovacích plochách:

Metodika:



Nejprve došlo k čištění malých testovacích ploch pro stanovení počtu aplikací, koncentrace a doby působení. Po každé aplikaci byly testovací plochy vyfoceny viz. *Tabulka 6*. Po vyčištění byla sledována vizuálně a pod mikroskopovou kamerou Levenhuk míra redukce tmavých depositů, rovnoměrnost čistícího efektu a narušení svrchní vrstvy pískovce.

¹⁴ *Technický list: Fassadenreiniger-Paste, Clean FP.* Remmers. [cit. 2022-11-04]. Dostupné z: https://www.krustashop.cz/fotky27369/fotov/_ps_434Fassadenreiniger-Paste---Technicky-list.pdf
Technický list - pokyny pro aplikaci: Čistič FG. 11.02.2021. Dobrovíz: Aqua Barta, 2021. [cit. 2022-11-04]. Dostupné z: https://www.aquabarta.cz/4_stahuj/tech_listy/Cistic_FG.pdf
Technický list - pokyny pro aplikaci: Čistič kamene SI. 11.02.2021. Dobrovíz: Aqua Barta, 2021. [cit. 2022-11-04]. Dostupné z: https://www.aquabarta.cz/4_stahuj/tech_listy/Cistic_SI.pdf







¹⁵ BAYER, Karol. *Výsledky porovnání vzorků ZCHK a ZCH1-5 pod optickým a elektronovým mikroskopem.* [rukopis] Fakulta restaurování Univerzita Pardubice, 2022

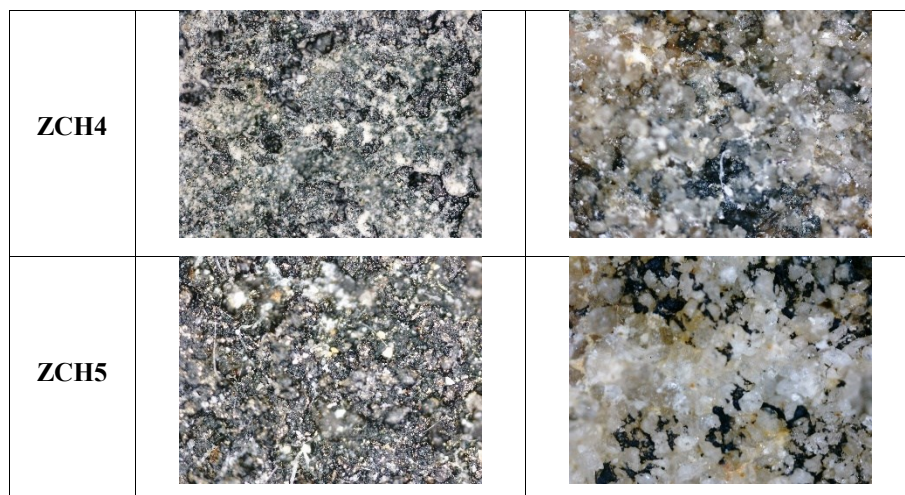
Zkouška	Ředění: díly objemu : demineralizovaná voda	Doba působení	Fotografie
			
1. aplikace			
ZCH1 – SI	1:5	5 minut	
ZCH2 – FP	100 %	3 minuty	
ZCH3 – laser	–	–	
ZCH4 – FG	100 %	5 minut	
ZCH5 – SI+kelzan	1:5	5 minut	
2. aplikace			
ZCH1 – SI	1:5	10 minut	
ZCH2 – FP	100 %	3 minuty	
ZCH3 – laser	–	–	
ZCH4 – FG	100 %	10 minut	
ZCH5 – SI+kelzan	1:5	10 minut	

3. aplikace		
ZCH1 – SI	1:1	5 minut
ZCH2 – FP	–	–
ZCH3 – laser	–	–
ZCH4 – FG	100 %	5 minut
ZCH5 – SI+kelzan	1:1	5 minut
4. aplikace		
ZCH1 – SI	1:1	10 minut
ZCH2 – FP	–	–
ZCH3 – laser	–	–
ZCH4 – FG	–	–
ZCH5 – SI+kelzan	1:1	5 minut

Tabulka 6 Průběh čištění ploch ZCH1-5

Zkouška	Před očištěním	Po očištění
ZCH1		
ZCH2		
ZCH3		



Tabulka 7 Snímky ploch ZCH1-5 pod mikroskopovou kamerou

Vyhodnocení malých testovacích ploch ZCH1–5:

Z provedených zkoušek vyplývá, že přípravek SI i v silné koncentraci není dostatečně účinný, aby byly pozorovatelné viditelné změny v redukci tmavých depozitů. Avšak po smíchání s nosičem Kelzan a vytvoření gelové konzistence je dostatečně účinný cca ve 4 aplikacích. Po provedených zkouškách se ukazuje jako nejvíce šetrné ředění (demineralizovaná voda : díly objemu) 1:5 doporučené výrobcem a doba působení 10 minut. Přípravek však ukázal nerovnoměrnost čištění po 1. aplikaci na ploše ZCH5. Proto byl při 2. aplikaci nanesen jen na nedostatečně vyčištěné plochy pro docílení rovnoměrnějšího efektu v testované ploše.

Přípravek Clean FP, použitý na místě ZCH2, vykazuje nejlepší výsledky při redukci tmavých depozitů. Byl účinný už po 2 aplikacích při době působení 3 minut, a čistící efekt se zdál rovnoměrný. Jeho limitem je použití pouze na suchou plochu. Mezi aplikacemi je tedy nutno počkat do vyschnutí podkladu.

Přípravek FG aplikovaný na ploše ZCH4 byl dle doporučení výrobcem použit v koncentraci 100 %. Byla vyzkoušena doba působení 5 a 10 minut, ale oba časy se ukázaly jako podobně účinné. Uspokojivý čistící efekt nastal po 3 aplikacích, i když byl méně rovnoměrný než u přípravku FP. U 3. aplikace proběhlo už jen dočištění tmavších míst.

Plochy se po aplikaci všech prostředků zdají po očištění dostatečně pevné. Při mechanické zkoušce vrypem pomocí skalpelu se žádný z povrchů nejevil jako více oslabený. Jako srovnávací plocha byla použita zkouška ZCH3, která byla očištěna pomocí laseru. Pod mikroskopovou kamerou Levenhuk se plochy ZCH2 a ZCH4 při porovnání s plochou ZCH3 zdají dobré. Žádné prokazatelné známky poškození pískovce nejsou patrné a míra

čištění je uspokojivá. Na testovací ploše ZCH1 taktéž nejsou patrné známky poškození povrchu pískovce, ale míra očištění povrchu je neuspokojivá. Na zkoušce ZCH5 je patrné větší otevření povrchu, což by mohlo značit lehké poškození povrchu pískovce.

Vyzkoušení přípravků na větší ploše:

Metodika:

Po provedených zkouškách na menších plochách byly přípravky otestovány na větších místech. Doba působení a koncentrace se odvíjela od předchozích výsledků viz. *Tabulka 8*. Na těchto testovacích plochách byla porovnávána změna v nasákavosti a míra čistícího efektu (jeho rovnoměrnost).

Po vyčištění bylo nejprve provedeno měření nasákavosti Karstenovými trubicemi. Před testem byla změřena aktuální teplota a vzdušná vlhkost v bezprostřední blízkosti povrchu. Byly zjištěny následující hodnoty: teplota $T \approx 20 \text{ }^\circ\text{C}$ a relativní vzdušná vlhkost $RV \approx 40 \%$. Výsledné hodnoty měřené nasákavosti na vyčištěných plochách ZCH1–5 byly porovnávány s hodnotou změřenou na tmavém depozitu ZCHK, která se nacházela v blízkosti provedených zkoušek. Je potřeba brát v potaz odchylku v měření a případné oslabení pojiva mezi zrnny v hloubce jednotlivých ploch.

Po provedeném měření byly z testovacích ploch odebrány vzorky (ZCH1–5 a ZCHK) a zhotoveny nábrusy, které byly zkoumány a porovnávány pod optickým mikroskopem a pod elektronovým mikroskopem viz. *Příloha 2: Výsledky mikroskopického porovnání vzorků ZCHK a ZCH1-5*. Sledovala se míra naleptání zrn pískovce. Vzorky z míst, kde byly použity prostředky (ZCH1, ZCH2, ZCH4, ZCH5) byly porovnávány se vzorky z míst ZCH3 – laser a ZCHK - krusta. Pod elektronovým mikroskopem proběhlo také porovnání odebraných vzorků nezalitých pryskyřicí ZCH1, 2, 4 a 5 se vzorky ZCHK – krusta a ZCH3 – laser, pro zkoumání povrchu a případného naleptání křemenných zrn na povrchu materiálu.

Zkouška	Doba působení	Koncentrace	Počet aplikací	Čistící efekt	Změna nasákavosti
ZCH1 – SI	10 minut	1:5	4	Nedostatečný	Dobrá
ZCH2 – FP	3 minuty	100 %	2	Rovnoměrný	Lepší
ZCH3 – laser	–	–	–	Rovnoměrný	Výrazně lepší
ZCH4 – FG	5 minut	100 %	3	Dostatečný	Lepší
ZCH5 – SI+kelzan	10 minut	1:5	4	Dostatečný	Výrazně lepší

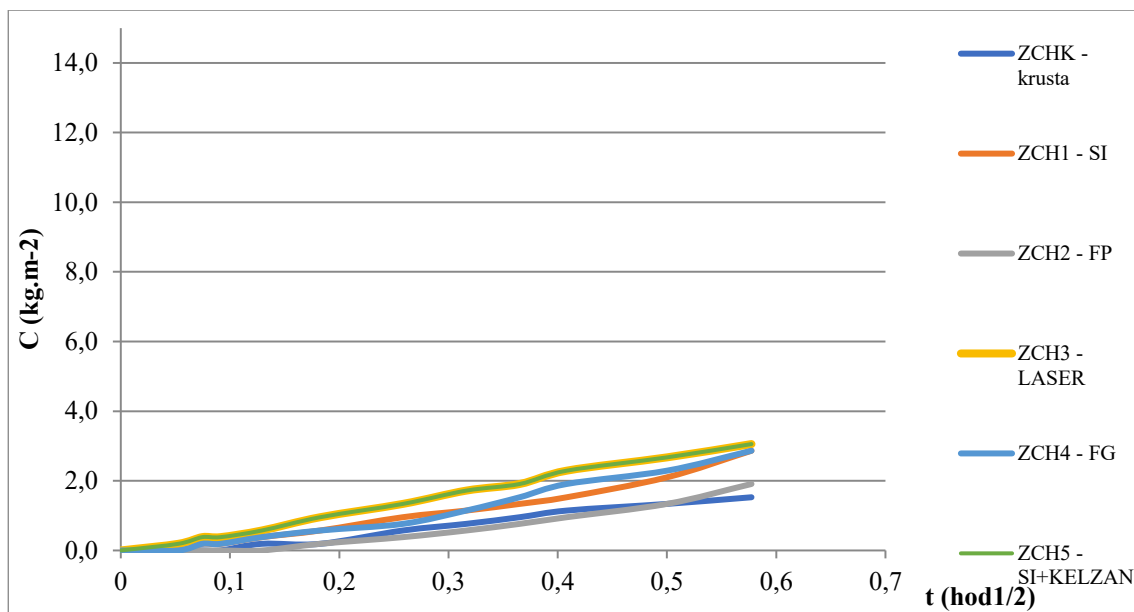
Tabulka 8 Provedené větší zkoušky ZCH1-5



Obrázek 14 Zkoušky chemického čištění na větších plochách ZCH1-5

t (s)	V (ml)					
	ZCH K	ZCH1	ZCH2	ZCH3	ZCH4	ZCH 5
0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0,1	0	0,1
20	0	0,1	0	0,2	0,1	0,1
30	0	0,1	0	0,2	0,1	0,2
60	0,1	0,2	0	0,3	0,2	0,3
120	0,1	0,3	0,1	0,5	0,3	0,5
240	0,3	0,5	0,2	0,7	0,4	0,7
360	0,4	0,6	0,3	0,9	0,6	0,9
480	0,5	0,7	0,4	1	0,8	1
600	0,6	0,8	0,5	1,2	1	1,2
900	0,7	1,1	0,7	1,4	1,2	1,5
1200	0,8	1,5	1	1,6	1,5	1,8

Tabulka 9 Výsledky měření nasákavosti vodou pomocí Karstenovy trubice míst ZCHK a ZCH1-5



Graf 2 Grafické znázornění výsledků měření nasákavosti vodou pomocí Karstenovy trubice míst ZCHK a ZCH1-5

w	ZCH K	ZCH 1	ZCH 2	ZCH 3	ZCH 4	ZCH 5
[kg/m ² .h ^{0,5}]	2,21	3,46	2,36	4,03	3,71	4,42

Tabulka 10 Hodnoty koeficientu nasákavosti w vypočítané z měření Karstenovou trubicí míst ZCHK a ZCH1-5

Výsledky zkoušek ZCH1-ZCH5 ve větší ploše (nasákavost, nábrusy):

U zkoušky ZCH1 byla vyšší míra nasákavosti vyčištěné plochy než u porovnávací zkoušky na tmavém depozitu ZCHK. Tato hodnota však může být způsobena nejednotnou soudržností materiálu, jelikož povrch nebyl dostatečně vyčištěn, aby byla redukce tmavých depozitů důvodem ke změně nasákavosti. Pod mikroskopickými metodami (optickým a elektronovým mikroskopem) se povrch jeví jako celistvý. Znamky narušení či naleptání zde nejsou patrné viz. Příloha 2: Výsledky mikroskopického porovnání vzorků ZCHK a ZCH1-5.

Testovací plocha ZCH2 nejevila po vyčištění žádné změny v absorpci vody v porovnání s plochou ZCHK. Při pozorování pod optickým a elektronovým mikroskopem nebyly znatelné žádné známky většího naleptání způsobující další případné komplikace.

Porovnávací zkouška ZCH3, oproti kontrolní ploše ZCHK, měla po použití laseru mnohem lepší nasákavost. Pozorování pod optickým i elektronovým mikroskopem potvrdilo dobré očištění křemenných zrn od znečišťujícího povlaku bez znatelného poškození samotných zrn.

U plochy ZCH4 byla po aplikaci prostředku absorpce vody lepší než u kontrolní zkoušky ZCHK. Pod optickým, ani pod elektronovým mikroskopem nebylo patrné větší narušení povrchu či zrn křemene.

Zkouška ZCH5 provedená stejným přípravkem jako zkouška ZCH1, ale s použitím nosiče Kelzan, ukázala velmi podobnou změnu nasákavosti jako zkouška ZCH3. Pod optickým mikroskopem nebyly patrné žádné změny v povrchové struktuře kamene, ale pod elektronovým mikroskopem se ukázalo velmi slabé naleptání některých křemenných zrn kamene.

Závěr provedených testů:

Po vyhodnocení všech provedených zkoušek se ukazuje jako nevhodnější použití přípravku Clean FP od firmy Remmers a čističe kamene FG od firmy Aqua Barta. Tyto přípravky měly rovnoměrný čisticí efekt při poměrně nízkém počtu aplikací, efekt čištění byl v testované ploše kontrolovatelný, u prostředku Clean FP byla kontrolovatelnost trochu lepší než u čističe FG. U většiny zkoušek bylo zjištěné zvýšení nasákavosti a lze proto předpokládat, že i mírné odstranění nečistot vedlo k částečnému otevření pórů na povrchu pískovce. Podrobné studium povrchu pískovce po čištění neprokázalo poškození povrchu kamene ve formě naleptání zrn křemene, nebo narušení jejich vzájemné soudržnosti.¹⁶

Přípravek SI se ukázal jako nevhodný pro použití pro velmi těžko kontrolovatelný čisticí efekt a jeho nerovnoměrnost. Dále také kvůli obsahu kyseliny chlorovodíkové, která by mohla zanášet do materiálu nežádoucí rezidua v podobě chloridů a velkému nebezpečí spojeného s používáním tohoto produktu.

Na restaurovaném díle sousoší Nejsvětější Trojce byl pro čištění tmavého depozitu odzkoušen přípravek Clean FP, vzhledem k jeho výše zmíněným výhodám jako např. jeho použití na suchý podklad.

3.3.1.1.2 Zkoušky čištění tmavého depozitu na restaurovaném díle

Metodika:

Pro zkoušky čištění tmavého depozitu na povrchu kamene bylo vybráno celkem 6 testovacích ploch, kde byly odzkoušeny metody čištění s použitím pulzního laseru, mikro pískování s abrazivem Korund F 220, také kombinace těchto dvou technik, dále tři chemické

¹⁶ BAYER, Karol. *Výsledky porovnání vzorků ZCHK a ZCH1-5 pod optickým a elektronovým mikroskopem*. [rukopis] Fakulta restaurování Univerzita Pardubice, 2022

metody, konkrétně 10 % roztok uhličitanu amonného ve vodě, 10 % roztok hydrogenuhličitanu amonného ve vodě (kvůli přítomnému sádrovci v povrchové vrstvě) a prostředek Clean FP od firmy Remmers, který se v předchozích provedených zkouškách ZCH1-5 ukázal jako nejvíce účinný. Na testovacích plochách se sledovala míra otevření povrchu a optické zesvětlení (odstranění) tmavých, povrchových depozitů. Pro ověření otevřenosti sledovaného povrchu byla zvolena zkouška kapilární nasákavosti, která byla provedena před čištěním (místa měření před čištěním viz. *Obrázek 7*) a po čištění.

Zkouška	Metoda	Změna nasákavosti – otevření povrchu	Čistící efekt	Výsledek
K1	Laser	Minimální	Dostatečný	Nevyhovující – minimální otevřenost povrchu
K2	Mikro pískování	Velká otevřenost povrchu	Dobry	Vyhovující
K3	Laser + mikro pískování	Velmi dobré	Velmi dobrý	Vyhovující
K4	(NH ₄) ₂ CO ₃	Minimální	Velmi slabý	Nevyhovující
K5	NH ₄ HCO ₃	Minimální	Velmi slabý	Nevyhovující
K6	Clean FP	Dobré	Velmi dobrý, nerovnoměrn ý	Nevyhovující – nedostatečně rovnoměrný čistící efekt
K7 – kontrolní zkouška	Laser + mikro pískování	Velmi dobré	Velmi dobrý	Vyhovující

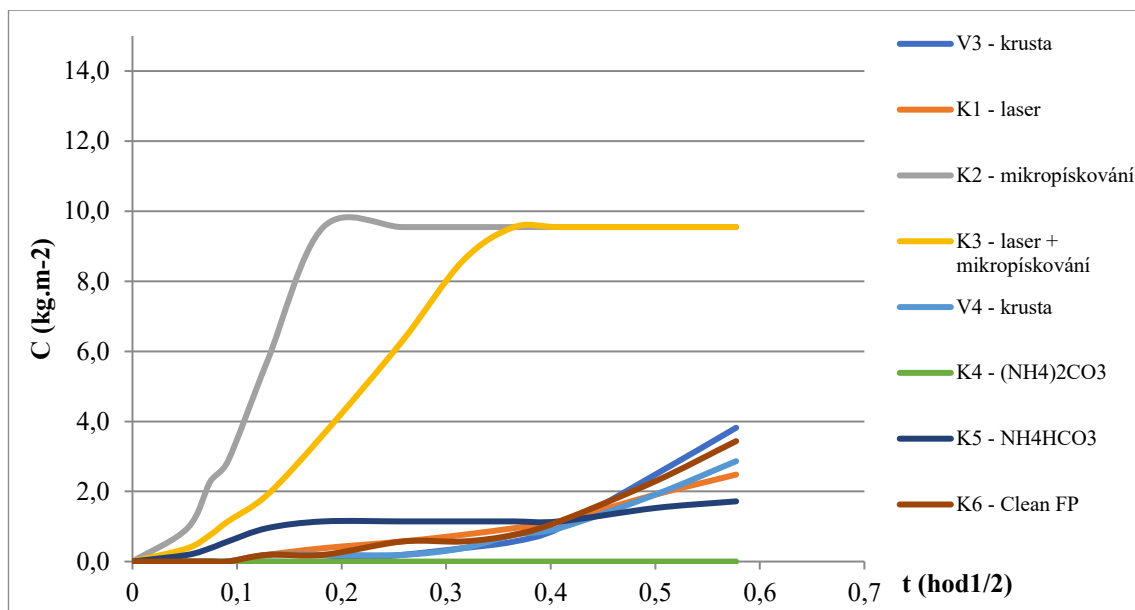
Tabulka 11 Výsledky zkoušek čištění tmavého depozitu



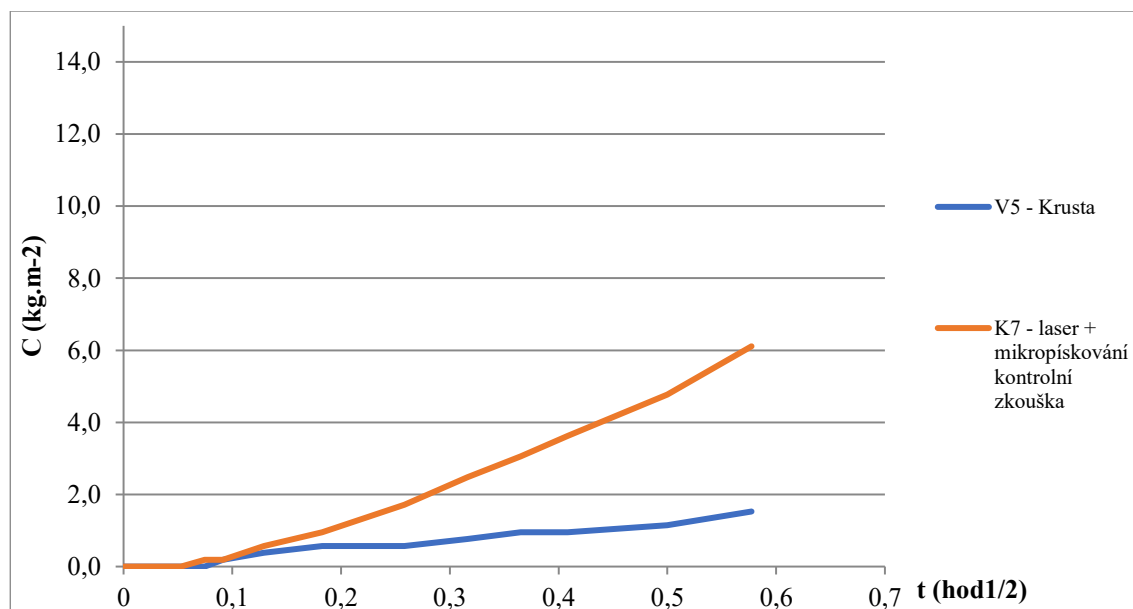
Obrázek 15 Zkoušky čištění tmavých depozitů K1-K7

t (s)	V (ml)									
	V3	K1	K2	K3	V4	K4	K5	K6	V5	K7
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0,5	0,2	0	0	0,1	0	0	0
20	0	0	1,2	0,4	0	0	0,2	0	0	0,1
30	0	0	1,5	0,6	0	0	0,3	0	0,1	0,1
60	0	0,1	3	1	0,1	0	0,5	0,1	0,2	0,3
120	0	0,2	5	1,9	0,1	0	0,6	0,1	0,3	0,5
240	0,1	0,3	5	3,3	0,1	0	0,6	0,3	0,3	0,9
360	0,2	0,4	5	4,5	0,2	0	0,6	0,3	0,4	1,3
480	0,3	0,5	5	5	0,4	0	0,6	0,4	0,5	1,6
600	0,5	0,6	5	5	0,5	0	0,6	0,6	0,5	1,9
900	1,3	1	5	5	1	0	0,8	1,2	0,6	2,5
1200	2	1,3	5	5	1,5	0	0,9	1,8	0,8	3,2

Tabulka 12 Výsledky měření nasákavosti vodou pomocí Karstenovy trubice míst V3-V5 a K1-K7



Graf 3 Grafické znázornění výsledků měření nasákavosti vodou pomocí Karstenovy trubice míst V3-V4 a K1-K6



Graf 4 Grafické znázornění výsledků měření nasákavosti vodou pomocí Karstenovy trubice míst V5 a K7

w	V3	K1	K2	K3	V4	K4	K5	K6	V5	K7
[kg/m ² .h ^{0,5}]	4,03	3,05	12,76	15,34	3,15	3,75	1,88	3,78	1,92	7,91

Tabulka 13 Hodnoty koeficientu nasákavosti w vypočítané z měření Karstenovou trubicí míst V3-V5 a K1-K7

Výsledky:

Zkoušky K1–K3, prokázaly vyhovující čistící efekt. Po kontrolním měření nasákavosti za účelem ověření otevřenosti povrchu se ukázalo, že pouhé čištění laserem (K1)

povrch neotevívá dostatečně a očištění povrchu mikro pískováním (K2) zase otevírá povrch víc, než je žádoucí. Kombinace těchto dvou metod (očištění povrchu laserem a lehké opískování) se ukázala jako nejlepší, pro vyhovující otevřenost povrchu a dostatečný čistící efekt.

Zkoušky K4 a K5 provedené pomocí hydrogenuhličitanu a uhličitanu amonného se ukázaly jako neúčinné. Měly zanedbatelný čistící efekt a nevykazovaly žádnou změnu v nasákavosti. Na testovací ploše K6 byl vyzkoušen produkt firmy Remmers Clean FP, který v předchozích zkouškách čištění pomocí chemických prostředků vycházel nejlépe (viz. *Rozšířená část: zkoušky chemické redukce tmavého depozitu na pískovcové kuželce*). Tento produkt se ukázal nevhodný pro použití čištění tmavého depozitu na restaurovaném díle, kvůli nepravidelnosti efektu čištění. Kontrolní měření nasákavosti ukázalo u této zkoušky mírné zlepšení.

Jako nejvhodnější metoda čištění tmavého depozitu sousoší Nejsvětější trojice se ukázala kombinace pulzního laseru a mikropískování.

3.3.1.2 Zkoušky tmelů

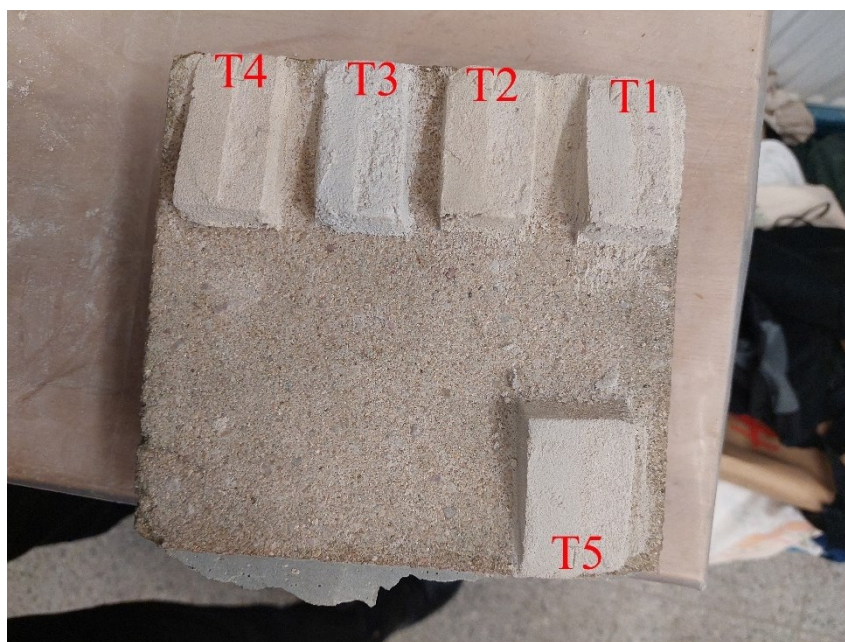
Pro doplnění chybějících částí a drobných poškození je důležité vybrat správný typ tmelu a druh plniva. Ideální tmel by měl mít podobné vlastnosti jako původní materiál, tj. strukturu, barevnost, nasákavost a tvrdost. Výsledný tmel by neměl být tvrdší než originál.

Jako plnivo byly kvůli barevnosti vytipovány 4 druhy písků, a to Černuc světle okrová (frakce <0,25), Černuc šedá (frakce <0,25 a <0,5), Střeleč (St56 a frakce 0,6–1,2) a Záměl (frakce <0,25). Tyto písky byly dále míchány v různých poměrech viz. *Tabulka 14*. Jako pojivo tmelu byl zvolen bílý cement a jako záměsová voda 5 % styren-akrylátová disperze Sokrat 2802.

Do některých výše zmíněných zkoušek byla přidána v malém množství révová čern pro lepší přiblížení se k barevnosti kamene. Do zkoušky T5 byla pak čern přidána ve větším množství pro přiblížení se barevnosti kamene.

Zkouška		T1	T2	T3	T4	T5
Plnivo	Bílý cement	2	2	1	1	1
Pojivo	Střeleč ST56	1	1,5	1		
	Střeleč 0,6-1,2	1	0,5	1		
	Černuc šedý <0,5	2		1	2	2
	Černuc šedý <0,25		2			
	Černuc okr světlý <0,25		1		1	
	Záměl <0,25	1	1			1
Pigmenty	Réвовá čern	✓	✓		✓	✓+

Tabulka 14 Zkoušky tmelů T1-T5



Obrázek 16 Zkoušky tmelů T1-T5

Vyhodnocení zkoušek:

Jako nejvíce vyhovující kombinace plniv a pojiv se ukázal vzorek T4. Barevnost je však velmi světlá, a proto bude nutné do výsledného tmelu přidání většího množství pigmentů do tónu kamene.

4 Restaurátorský záměr

4.1 Koncepce restaurátorského záměru

Restaurovaný objekt sousoší je součástí celku sloupu Nejsvětější Trojice. Ostatní části celého objektu jsou současně restaurovány stejnými postupy jako samotné sousoší, studenty 3. ročníku Matějem Lettem a Anetou Kolaříkovou. Jednotlivé kroky zásahu a jejich míra je vzájemně konzultována.

Objekt bude po zásahu přesunut na nové místo poblíž silnice v části obce Košíře v Opatovci. V místě osazení celého sloupu bude zhotoven nový betonový základ.

Vzhledem k tomu, že objekt restaurování je výtvarné dílo, které je nedílnou součástí vesnické architektury (sloupu) a plní funkci jak duchovní, tak historickou, bude se jednat o komplexní restaurátorský zásah, jehož cílem bude podpořit tyto funkce odstraněním negativních vlivů, doplněním hmoty materiálu a sjednocením povrchu.

Dílo se bude vracet opět do exteriéru, a proto bude v rámci restaurátorského zásahu důležité docílit zpomalení degradace materiálu odstraněním příčin poškození. Mělo by dojít k obnově vlastností původního materiálu, a to hlavně jeho pevnosti zpevněním celého díla a zajištěním rizikových prasklin. Čištění a jeho míra by měla vycházet z předpokladu odstranění nežádoucích vlivů, jakými je např. biologické napadení. Dále zredukování černých depositů do takové míry, aby došlo k otevření povrchu sochy a zabránilo se tak dalšímu úbytku autentické hmoty. V neposlední řadě je čištění a jeho míra důležitá také ze stránky estetické, aby se povrch díla barevně sjednotil a vynikly tak plastické formy, které byly ostrými kontrasty rozbity. V míře doplnění se bude respektovat jeho stáří a přirozená eroze povrchu. Větší úbytky hmoty (břevno kříže, prsty rukou, části oblak a drapérie a koleno Ježíše Krista) budou doplněny tak, aby se obnovilo původní vyznění díla a zcelil se tak jeho vzhled. I přesto, že není dohledána původní podoba originálu, je možné při doplnění chybějících míst vycházet z analogií podobných sousoší z okolí a dochovaného kolene Boha Otce. Dále budou zatmeleny všechna místa, kde hrozí zatékání vody (praskliny či ostré hrany nebo prohlubně zkorodovaného povrchu). Místa s přirozenou erozí povrchu, kde nehrozí žádné další poškození vlivem zatékající vody, budou ponechána v dochovaném stavu. Odlupující se fragmenty barevné vrstvy, které se vizuálně nijak neuplatňují při pohledu na dílo jako takové (nachází se pouze v záhybech drapérie), je možné ponechat v dochovaném stavu a pouze je zajistit tak, aby dokumentovaly pozůstatky barevné úpravy díla, kterou bylo sousoší opatřeno v minulosti.

5 Postup prací

5.1 Transfer díla do ateliéru

Dílo, které se nacházelo uprostřed pole u obce Opatovec, část Košíře, bylo převezeno do ateliéru za účelem restaurování. Přesun památky probíhal pod dohledem restaurátora a celý objekt byl zajištěn tak, aby při jeho přesunu nedošlo k žádnému dalšímu poškození. Práce probíhaly za pomoci lešení a žebříku. Nejprve bylo zajištěno samotné sousoší Nejsvětější Trojice pomocí úvazů, styčné plochy byly vypodloženy kobercí, aby nedošlo k oděru sochy. Následně bylo sousoší zvednuto pomocí auta s hydraulickou rukou do vzduchu. Zkorodovaný čep, kterým bylo dílo připevněno na další část sloupu (zdobenou hlavicí) byl osazen pouze na maltu. Dílo bylo přemístěno na nákladní auto, položeno na paletu s matrací a zajištěno tak, aby při převozu neutrpělo žádné poškození.

Dále následoval přesun ostatních dílů sloupu na nákladní auto stejným způsobem, jako je popisováno výše.

Jako první byl v ateliéru odvrtán zkorodovaný čep na spodku sochy pomocí jádrové vrtačky.

5.2 Fixáž zbytků povrchové úpravy

Než mohl započít samotný proces restaurování, počínaje čištěním povrchu, musely být zafixovány odlupující se zbytky barevné úpravy, které se na díle dochovaly. Fixáž probíhala pomocí tepelné špachtle a voskovaného papíru, přes který byla zažehlována 10 % akrylátová disperze K9. Disperze byla pomocí injekční stříkačky nanesena mezi podklad (kámen) a fragmenty barevné vrstvy a následně došlo k samotnému zažehlení přes voskovaný papír. Zažehlení proběhlo tepelnou špachtlí, která byla zahřáta na 100 °C.

5.3 Čištění

Celý povrch díla byl ošetřen postřikem 1 % vodného roztoku dezinfekčního prostředku Ajatin Plus a po uplynutí 24 hodin se dílo omylo pomocí páry a umělohmotných kartáčků. Problematické plochy v místech Ducha Svatého a chybějícího kolene Krista a jeho trupu byly vynechány a poté byl biologický povlak v těchto místech šetrně odstraněn skalpelem tak, aby došlo k minimálnímu úbytku autentické hmoty.

Po omytí od biologických nečistot proběhlo čištění tmavých depozitů pomocí pulzního laseru s cílem otevřít uzavřený povrch, zmírnit barevné kontrasty a sjednotit tak vzhled díla.

Pulzní laser (typ Thunder Art, Q-switched laser) byl používán při nastavení vlnové délky 1064 nm, energie E se pohybovala v rozmezí 490–800 mJ a velikost bodu byla cca 4–6 mm. Po tomto kroku bylo nutné dílo lokálně zpevnit zpevňujícím prostředkem na bázi organokřemičitanu (viz. Zpevnění povrchu a injektáž prasklin), aby mohlo být provedeno následné čištění mikro pískováním. To bylo provedeno lokálně na místech čištěných laserem a tmavších plochách tak, aby se docílilo ještě lepšího otevření povrchu a sjednocení vzhledu skulptury.

5.4 Zpevnění povrchu a injektáž prasklin

Mezi kroky čištění bylo nutné provést lokální konsolidaci povrchu, a to hlavně spodní části díla, míst namáhaných srážkovou vodou a povrchů, kde došlo k odlomení materiálu. Na zpevnění byla použita škála prostředků na bázi organokřemičitanu od značky Remmers: KSE 100, KSE 300 a KSE 500. Nejnižší koncentrace přípravku byla aplikována na všechny zpevňované plochy, prostřední koncentrace jen na místa úbytku hmoty, spodní část a v okolí prasklin a nejvyšší koncentrace byla použita jen ve spodní části.

Dále byly v rámci této etapy zajištěny všechny praskliny na povrchu sousoší. Injektáž probíhala až po očištění povrchu mikropískováním, aby se docílilo lepší penetrace injektážního prostředku. Na mikropraskliny a drobnější trhlinky byl použit 5 % roztok akrylátové pryskyřice Paraloid B72 v toluenu. Roztok byl aplikován do prasklin pomocí injekčních stříkaček. Větší praskliny byly nejdříve utěsněny pomocí vaty a následně do nich byl pomocí injekční stříkačky vtačován do zaplnění praskliny injektážní prostředek Ledan TA1 ve vodě o poměru 5:4.

Poté bylo v rámci této etapy provedeno kontrolní ultrazvukové měření míst 13 a 14 viz. *Příloha 1: Chemicko-technologický průzkum, kontrolní ultrazvuk. měření*. Měření ukázalo, že zpevnění, injektáž a následné vytmelení bylo úspěšné. Došlo k výraznému zlepšení průchodnosti signálu, a tak není potřeba dalších opatření.

5.5 Odsolování

Pro redukci přítomného sádrovce na povrchu díla byl proveden jeden odsolovací zábal. Zábal byl připraven ze směsi písku, Arbocelu a kaolinu v poměru 6:3:1. Směs se smísila s destilovanou vodou tak, aby se dala nanášet na povrch, a do směsi bylo přidáno menší množství 10 % roztoku Ajatinu Plus, aby se zabránilo tvorbě biologického povlaku na

povrchu zábalu. Zábal byl po aplikaci na dílo překryt fólií tak, aby nedošlo k jeho předčasnému vyschnutí, a byl odebrán vzorek čistého zábalu pro porovnání při analýze vodorozpustných solí. Po 10 dnech byla fólie odstraněna a zábal se ponechal na díle do jeho vyschnutí.

Po vyschnutí zábalu byl odebrán vzorek 10x10 cm na analýzu vodorozpustných solí v zábalu a celý zábal byl šetrně odstraněn z povrchu. Poté se celé dílo opláchno vodou od zbytků zábalu a byl odebrán kontrolní odběr vrtné moučky KO1 z hloubky 0–1 cm KO2 z hloubky 1–2 cm a KO3 z hloubky 2–5 cm.



Obrázek 17 Zákres místa odběru vrtné moučky KO1-3

2023 únor
 Místo: Opatovec
 Objekt: Trojice
 Jméno: Bittnerová K.
 Vedoucí práce: Zítková P.
 Kontakt: st61301@upce.cz
Petra.Zitkova@upce.cz

Výpočet koncentrace solí
 Obkladu

Rozmezí hodnot absorpance pro přesné měření	
skupina solí	hodnota absorpance Abs.
NO ₃ ⁻	do 1,5
(SO ₄) ₂ ⁻	do 0,8
Cl ⁻	do 1,3

Legenda podmíněného zbarvení polí:	
Abs. (absorpance)	2,800 <i>příliš vysoká hodnota absorpance, výsledná koncentrace bude nepřesná - orientační, pro přesné měření je nutné roztok naředit</i>
c (hm%)	0,01 <i>výsledná koncentrace vodorozpustných solí v obkladu</i>

Tabulka pro výpočet koncentrace vodorozpustných solí bez nutnosti dále ředit filtrát										
▶ naměřená absorpance nepřekračuje doporučenou horní hranici absorpance pro daný anion, filtrát nebyl dále ředěn										
vzorek	a (cm)	b (cm)	S (m ²)	V _{H₂O} /ml	Abs _{-(SO₄)₂-}}	C _{(SO₄)₂-}} (gm-2)	Abs _{-(Cl)-}}	C _{Cl-} (gm-2)	Abs _{-(NO₃-)}}	C _{(NO₃-)}} (gm-2)
ZČ	10	10	0,01	200	0,015	0,30	0,229	0,14	0,021	0,01
Z1	10	10	0,01	200	0,256	5,08	1,074	1,63	0,025	0,01

ZČ	zábal před odsolováním
Z1	zábal po odsolování

Obrázek 18 Výsledky analýzy vodorozpustných solí z odsolovacího zábalu

2023
 Místo: březen
 Opatovec
 Objekt: Sv. Trojice po odsolování
 Jméno: Bittnerová K.
 Vedoucí práce: Zitková P.
 Kontakt: st61301@upce.cz

Výpočet koncentrace solí
 z pevného vzorku

Rozmezí hodnot absorbance pro přesné měření	
skupina solí	hodnota absorbance Abs.
NO ³⁻	do 1,5
(SO ₄) ²⁻	do 0,8
Cl ⁻	do 1,3

Legenda podmíněného zbarvení polí:	
Abs. (absorbance)	1,800 příliš vysoká hodnota absorbance, výsledná koncentrace bude nepřesná - orientační, pro přesné měření je nutné roztok naředit
c (hm%)	0,01 výsledná koncentrace vodorozpuštěných solí; hodnota, která podle rakouské normy nevyžaduje žádná opatření
c (hm%)	0,19 výsledná koncentrace vodorozpuštěných solí; hodnota, u které je podle rakouské normy nutné zvážit dílčí opatření
c (hm%)	0,8 výsledná koncentrace vodorozpuštěných solí; hodnota, u které jsou podle rakouské normy opatření nezbytná

1. Podle rakouské normy Önorm B 3355-1

Hodnocení stupně zasažení	Sírany (%hm.)	Chloridy (%hm.)	Dusičnany (%hm.)
Nejsou nutná žádná opatření	< 0,10	< 0,03	< 0,05
Je nutné zvážit dílčí opatření	0,10 – 0,25	0,03 – 0,10	0,05 – 0,15
Opatření jsou nezbytná	> 0,25	> 0,10	> 0,15

Tabulka pro výpočet koncentrace vodorozpuštěných solí bez nutnosti dále ředit filtrát

- ▶ provádíme pouze orientační měření
- ▶ předpokládáme běžnou koncentraci solí
- ▶ měli jsme malé množství vzorku
- ▶ dále jsme neředili filtrát
- ▶ vyluh byl připraven s doporučeným množstvím vody

Vzorek	m _{vzorku} (g)	V _{H₂O} (ml)	Abs. _{(SO₄)²⁻}	C _{(SO₄)²⁻} (hm%)	C _{(SO₄)²⁻} (mmol/kg)	Abs. _(Cl⁻)	C _{Cl⁻} (hm.%)	C _{Cl⁻} (mmol/kg)	Abs. _(NO₃)	C _(NO₃) (hm.%)	C _(NO₃) (mmol/kg)
K01	0,534	24,497	0,006	0,03	3	0,062	0,01	3	0,073	0,00	1
K02	0,474	23,373	0,001	0,00	1	0,037	0,01	2	0,079	0,01	1
K03	1,289	52,074	0,002	0,01	1	0,052	0,01	2	0,072	0,00	1

Obrázek 19 Výsledky analýzy vodorozpuštěných solí z kontrolního vrtu

Výsledky analýzy vodorozpuštěných solí ukázaly, že jeden odsolovací zábal byl dostatečný a v díle se již nachází jen stopové množství vodorozpuštěných solí, takže není třeba dalšího ošetření.¹⁷

5.6 Lepení

Při procesu odstraňování odsolovacího zábalu došlo k odlomení palce levé nohy Boha Otce v místě praskliny. Patrně k tomu došlo kvůli zvlhčení materiálu. Palec byl po vyschnutí díla bodově přilepen epoxidovým lepidlem Akepox 5010.

5.7 Plastické retuše

Při etapě plastických retuší byla všechna místa s větším úbytkem hmoty zatmelena cementovým tmelem. Jako plnivo byly použity kopané písky Černuc šedý frakce <0,5 a Černuc okr světlý frakce <0,250. Písky byly promíchány s bílým portlandským cementem v poměru 3:1 a jako záměsová voda byla použita 5 % styren-akrylátová disperze Sokrat 2802. Do tmelu byly přidávány pigmenty (révová čern a siena přírodní, italská) pro větší přiblížení se do barvy kamene. Tyto tmely byly nejprve nanесeny a poté strženy pomocí kovové špachtle do požadovaného tvaru. Dále byly následující dny kropeny vodou,

¹⁷ BEČKOVÁ, Eliška. *Analýza pro přítomnost vodorozpuštěných solí ze sousoší Nejsvětější Trojice ze sloupu z Opatovce*. Fakulta restaurování Univerzita Pardubice, 2023.

pro správné vyzrání cementu. Následně došlo také k vytmelení větších prasklin, aby nedocházelo k zatékání srážkové vody.

Při rekonstrukci chybějícího kolene Krista byl nejprve použit měkký reverzibilní tmel složený z kaolinu a písku v poměru 1:2. Jako písek byl použit křemenný písek Střeleč ST56. Rekonstrukce vycházela z dohledaných analogií a z dochovaného pravého kolene Boha Otce. Po zkušební modelaci, došlo k nafocení vymodelovaného kolene, tvorbě otisku do hlíny, vytvoření sádrového odlitku jakožto předlohy při tmelení, a k natmelení samotného kolene Krista.

5.8 Barevné retuše

Nakonec došlo k barevnému sjednocení všech tmelů pomocí 2 % roztoku akrylátové pryskyřice Paraloid B72 v lihu a přírodních pigmentů. Byly použity révová čern, siena přírodní, italská a zinková běloba. Aplikace retuší proběhla pomocí štětců různých velikostí tak, aby na první pohled byl celý povrch díla sjednocen. Dále také došlo ke zmírnění kontrastů mezi světlejšími a tmavšími plochami na díle, které se nepodařilo sjednotit čištěním. Pomocí velmi lazurní vrstvy se jemně zpatinovala světlá místa.

Na závěr bude celé sousoší opatřeno nástřikem hydrofobizace, aby se sjednotila nasákavost povrchu a zabránilo se tak nežádoucí kondenzaci vody pod povrchem.

6 Použité materiály a technologie

- Transfer díla: auto s hydraulickou rukou, úvazy
- Odvrtání čepu: Jádrová vrtačka
- Zajištění zbytků povrchové vrstvy: 10 % roztok akrylátové disperze K9, tepelná špachtle, injekční jehly, injekční stříkačka, voskovaný papír
- Čištění:
 - Čištění biologického znečištění: za pomoci páry, umělohmotných kartáčků, 1 % vodný roztok Ajatinu Plus
 - Čištění tmavých depozitů: pulzní laser (typ Thunder Art, Q-switched laser, nastavení: vlnová délka 1064 nm, energie E 490–800 mJ a velikost bodu cca 4–6 mm), pískovač Cobra M, Korund F220
- Injektáž: 5 % roztok akrylátové pryskyřice Paraloid B72 v toluenu (spotřeba 17,5 ml), injektážní maltovina – Ledan TA1 (spotřeba 85 ml), injekční stříkačky a jehly
- Zpevnění povrchu díla: zpevňovač kamene KSE 100 (spotřeba 1 100 ml) , KSE 300 (spotřeba 450 ml), KSE 500 (spotřeba 240 ml)
- Odsolování: písek, kaolin, Arbocel, potravinářská fólie, destilovaná voda, 10 % vodný roztok Ajatin Plus
- Lepení: epoxidové lepidlo Akepox 5010
- Tmelení: písky (Černuc světlý okr (<0,250) a světle šedý (<0,5), bílý cement, 5 % styren-akrylátová disperze Sokrat S2802A, kovové špachtle, révová čern, a siena přírodní, italská
- Barevné retuše: přírodní pigmenty (révová čern a siena přírodní, italská, zinková běloba), 2 % akrylátová pryskyřice Paraloid B72 v lihu, štětce

7 Nová zjištění

I přes všechny provedené úkony v etapě čištění se nepodařilo sjednotit nasákavost na povrchu díla. Některé plochy vsakují vodu více než jiné, a to při smočení povrchu způsobuje tmavší fleky na díle, rušící celkový pohled na památku. Proto se v závěrečné fázi restaurování přistoupilo k tomu, že po skončení prací bude na sousoší Nejsvětější Trojice aplikována hydrofobizace za účelem sjednocení vzhledu památky při kontaktu s vodou a zabránění nežádoucí kondenzaci vody na otevřenějších místech.

8 Doporučený režim památky

Celé dílo bude opět navráceno do exteriéru obce Opatovec a bude tak vystaveno měnícím se klimatickým podmínkám. Je třeba upozornit, že díky tomu, že se dílo bude přemisťovat na nové místo a změní se jeho orientace (bude umístěno naopak), může dojít k rychlejšímu poškození lépe zachovaných povrchů, které předtím nebyly tolik namáhány.

Vzhledem k degradaci materiálu díla je nutno pravidelně kontrolovat jeho stav, a to zejména praskliny ve spodní části sousoší. V případě jejich rozšíření bude nutno rozhodnout o dalším opatření či zákroku.

Pro zpomalení degradace materiálu je zapotřebí zamezit růstu biologického povlaku, například pravidelným ometáním od prachu a hlíny, kterou na něj navane vítr z okolního pole. Tyto nečistoty spolu s vodou tvoří velmi dobré podmínky pro růst rostlin přímo na povrchu díla a tím tak zrychlují jeho degradaci. I přes toto opatření bude nutné povrch pravidelně čistit od biologických zbytků, či jej pravidelně ošetřovat biocidním prostředkem. Dále je také nutno sledovat stav barevných a plastických retuší. Rizikové jsou zejména místa předpokládané kondenzace vody, to znamená hloubky modelace a místa nejvíce omývané vodou.

Všechny výše zmíněné úkony by měla provádět kvalifikovaná osoba. První kontrola prasklin a stavu barevných a plastických retuší by měla proběhnout po první přestálé zimě, a další kontroly by měly následovat v pětiletých intervalech. V rámci těchto kontrol by mělo proběhnout základní očištění od biologického napadení, biocidní postřik a kontrola, případně úprava barevných retuší.

Dodržování tohoto doporučeného režimu zásadně napomůže k prodloužení životnosti díla.

9 Závěr

Tato bakalářská práce dokumentuje komplexní restaurátorský zásah na sousoší Nejsvětější trojice, které je součástí sloupu Nejsvětější Trojice v obci Opatovec na Svitavsku. Vznik tohoto sloupu je datován na podstavci sloupu rokem 1855 a donátoři jeho postavení byli Theresia a Joseph Baar. Ostatní části sloupu byly restaurovány zároveň se sousoším studenty 3. ročníku a k tomuto restaurátorskému zásahu jsou vypracovány samostatné restaurátorské dokumentace.

Součástí práce je i restaurátorský průzkum, umělecko-historický průzkum a chemicko-technologický průzkum s rozšířenými zkouškami čištění tmavých depozitů na pískovcích pomocí produktů dostupných na trhu. Dále práce obsahuje postup provedených prací a doporučený režim památky.

Rozšířené zkoušky proběhly na pískovcové kuželce pomocí prostředků na čištění kamene od firmy Aqua Barta (čistič SI a FG) a firmy Remmers (Clean FP). Prostředek SI byl použit na dvou testovacích plochách. Na jedné byl použit v konzistenci dodávané výrobcem, a na druhé byl smíchán s nosičem Kelzan pro vytvoření gelové konzistence. Toto řešení se jevílo jako velmi účinné v porovnání s použitím prostředku v konzistenci dodávané výrobcem, které prokázalo velmi nízkou účinnost. Avšak oproti ostatním prostředkům se čistič SI ukázal jako nevhodný kvůli nerovnoměrnému čistícímu efektu a většímu riziku poškození kamene. Velmi účinné byly prostředky Clean FP a čistič FG. U prostředku Clean FP se projevil dobrý čistící efekt už po dvou aplikacích, ale bylo problematické, že mezi aplikacemi musel podklad dobře vyschnout. Jelikož u tohoto prostředku není potřeba vlhčit čištěný objekt vodou, byl odzkoušen na restaurovaném objektu. Tato metoda se však po dvou provedených aplikacích projevila jako nevhodná pro nerovnoměrný čistící efekt.

Na díle bylo nejprve provedeno zažehlení odlupujících se zbytků barevné vrstvy a následně bylo očištěno od biologického nánosu. Barevné kontrasty mezi tmavými depozity a světlými plochami byly zmírněny pomocí očištění pulzním laserem. Následně bylo dílo lokálně zpevněno a po uplynutí technologické pauzy potřebné pro vytvrzení organokřemičitanu byl povrch lokálně opískován pro ještě větší zmírnění kontrastů, otevření povrchu a zmírnění nažloutlého odstínu čištěného kamene způsobeného laserem. Po etapě čištění byl proveden jeden odsolovací zábal pro redukci sádrovce, který se vyskytoval na povrchu. Redukci sádrovce přítomného na povrchu úspěšně zajistil jeden odsolovací zábal.

Všechny praskliny na díle byly vyinjektovány, do větších byla aplikována injektážní směs Ledan TA1 a do menších 5 % roztok Paraloidu B72 v toluenu. Po provedené injektáži bylo provedeno kontrolní ultrazvukové měření míst, které byly před restaurováním narušené prasklinami. Měření ukázalo, že zajištění prasklin injektáží bylo úspěšné, došlo k výraznému zlepšení průchodnosti signálu, a tak není potřeba dalších opatření. Všechny větší úbytky byly doplněny minerálním tmelem a zapojeny barevnou retuší do jednotného celku.

Na závěr bude celé sousoší opatřeno hydrofobizací pro sjednocení nasákavosti díla a bude osazeno na nové místo v obci Opatovec – Košíře, pár metrů od původního umístění poblíž silnice.

10 Použitá literatura a prameny

10.1 Použitá literatura

HENRY, Alison a Jill PEARCE, ed. *Stone conservation: principles and practice*. Dorset: Donhead, 2006.

POCHE, Emanuel, ed. *Umělecké památky Čech*. Praha: Academia, 1982.

ROYT, Jan. *Slovník biblické ikonografie*. Ilustroval Dagmar JUNEK HAMSÍKOVÁ. Praha: Karolinum, 2006.

RYBAŘÍK, Václav. *Ušlechtilé stavební a sochařské kameny České republiky*. 1. Hořice v Podkrkonoší: Nadace střední průmyslové školy kamenické a sochařské, 1994.

SAMEK, Bohumil a Kateřina DOLEJŠÍ, ed. *Umělecké památky Moravy a Slezska*. 3, O/P. Praha: Academia, 2021.

WIRTH, Zdeněk. *Umělecké památky Čech*. Praha: Československá akademie věd, 1957.

10.2 Použité prameny

BAYER, Karol. *Analýzy vzorků ze sousoší Nejsvětější Trojice ze sloupu z Opatovce a zjištění jeho stavu metodou ultrazvukové transmise*. [rukopis] Fakulta restaurování Univerzita Pardubice, 2023.

BAYER, Karol. *Výsledky porovnání vzorků ZCHK a ZCH1-5 pod optickým a elektronovým mikroskopem*. [rukopis] Fakulta restaurování Univerzita Pardubice, 2022

BEČKOVÁ, Eliška. *Analýza pro přítomnost vodorozpuštěných solí ze sousoší Nejsvětější Trojice ze sloupu z Opatovce*. [rukopis] Fakulta restaurování Univerzita Pardubice, 2023.

DRDÁCKÝ, Miloš, STEFAN, Simon edd., *European research on cultural heritage, State of the Art Studies, Proceedings of the ARCCHHIP Workshops supported from ETC 5th FP Projets No. ICA1-CT-2000-70013*. Praha 2006

GÁBA, Zdeněk. *Maletínský pískovec. Kámen: exkluzivní časopis pro kameníky, kamenosochaře, restaurátory a ostatní přátele kamene*. Praha: Ota servis, 1994, 1994(1), 105-110.

Soupis památek historických a uměleckých v království českém: Politický okres litomyšlský. 29.. Praha: Archaeologická kommise při české akademii císaře Františka Josefa pro vědy, slovesnost a umění, 1908.

10.3 Použité internetové zdroje

Socha Nejsvětější Trojice. In: *Rajče - místo pro vaše fotky* [online]. Praha [cit. 2023-04-12].

Dostupné z:

<https://blankastej.rajce.idnes.cz/Lanskroun, rozhledna Lazek, Cotkytle, Vyprachtice - kolo 39 km 8 2022/1551039640>

ŠRÁMEK, Jan. Maletínské a mladějovské pískovce na čestném sloupu Nejsvětější Trojice v Olomouci. *Zprávy o geologických výzkumech* [online]. Česká geologická služba, 2004, 2004(37), 158-161 [cit. 2023-05-02]. Dostupné z:

<http://www.geology.cz/zpravy/cs/detail/zpravy-o-vyzkumech-2003-str-158-161>

Okres Svitavy - drobné památky v tabulce. *Drobné památky* [online]. ČR, 2014 [cit. 2022-11-04]. Dostupné z: <https://www.drobnepamatky.cz/taxonomy/term/63>

Památky obce Opatovec. In: *Soupis veškerých památek v Čechách, na Moravě a ve Slezku* [online]. ČR: Jaromír Lenoš, 2002 [cit. 2022-11-04]. Dostupné z:

http://www.souispamatek.com/okres_litomysl/fotografie/opatovec/opatovec.htm

Technický list: Fassadenreiniger-Paste, Clean FP. Remmers. [cit. 2023-04-22]. Dostupné z:

https://www.krustashop.cz/fotky27369/fotov/_ps_434Fassadenreiniger-Paste---Technicky-list.pdf

Technický list - pokyny pro aplikaci: Čistič FG. 11.02.2021. Dobrovíz: Aqua Barta, 2021. [cit. 2023-04-22]. Dostupné z: https://www.aquabarta.cz/4_stahuj/tech_listy/Cistic_FG.pdf

Technický list - pokyny pro aplikaci: Čistič kamene SI. 11.02.2021. Dobrovíz: Aqua Barta, 2021. [cit. 2023-04-22]. Dostupné z:

https://www.aquabarta.cz/4_stahuj/tech_listy/Cistic_SI.pdf

11 Seznam obrázků použitých v textu

Obrázek 1 Historická fotografie sloupu (autor a datace neznámá)	19
Obrázek 2 Sousoší Nejsvětější Trojice v Mladějově na Moravě (autor fotografie: Ludmila Nováková, NPÚ)	22
Obrázek 3 Sousoší Nejsvětější Trojice ve Výprachticích	22
Obrázek 4 Sousoší Nejsvětější Trojice v Rychnově na Moravě (autor fotografie: Petr Arijčuk, NPÚ)	23
Obrázek 5 Sousoší Nejsvětější Trojice v Rybníku u České Třebové, okres Ústí nad Orlicí (autor fotografie: Jitka Svobodová, NPÚ)	23
Obrázek 6 Zákresy míst odběru vzorků vzorky S1-S4 a O3 identifikace sádrovce, O1-O2 analýza povrchové vrstvy, O4-O6 analýza vodorozpustných solí	24
Obrázek 7 Zákresy míst měření kapilární nasákavosti	24
Obrázek 8 Výsledky analýzy vodorozpustných solí vzorků O4-O5	28
Obrázek 9 Vzorek S1 pod optickým mikroskopem zvětšení 100x	30
Obrázek 10 Vzorek S2 pod optickým mikroskopem zvětšení 100x	30
Obrázek 11 Vzorek S3 pod optickým mikroskopem zvětšení 100x	30
Obrázek 12 Vzorek S4 pod optickým mikroskopem zvětšení 100x	30
Obrázek 13 Zkoušky čištění biologického napadení	32
Obrázek 14 Zkoušky chemického čištění na větších plochách ZCH1-5	39
Obrázek 15 Zkoušky čištění tmavých depozitů K1-K7	43
Obrázek 16 Zkoušky tmelů T1-T5	46
Obrázek 17 Zákres místa odběru vrtné moučky KO1-3	50
Obrázek 18 Výsledky analýzy vodorozpustných solí z odsolovacího zábalu	50
Obrázek 19 Výsledky analýzy vodorozpustných solí z kontrolního vrtu	51

12 Seznam tabulek použitých v textu

Tabulka 1 Sumarizace poškození nacházející se na díle	17
Tabulka 2 Výsledky měření nasákavosti vodou pomocí Karstenovy trubice míst V1-5 a E3	25
Tabulka 3 Hodnoty koeficientu nasákavosti w vypočítané z měření Karstenovou trubicí míst V1-5 a E3	26

Tabulka 4 Zkoušky čištění biologického napadení	32
Tabulka 5 Výsledky zkoušek čištění biologického napadení pod mikroskopovou kamerou	33
Tabulka 6 Průběh čištění ploch ZCH1-5.....	36
Tabulka 7 Snímky ploch ZCH1-5 pod mikroskopovou kamerou	37
Tabulka 8 Provedené větší zkoušky ZCH1-5.....	39
Tabulka 9 Výsledky měření nasákavosti vodou pomocí Karstenovy trubice míst ZCHK a ZCH1-5	39
Tabulka 10 Hodnoty koeficientu nasákavosti w vypočítané z měření Karstenovou trubicí míst ZCHK a ZCH1-5	40
Tabulka 11 Výsledky zkoušek čištění tmavého depozitu	42
Tabulka 12 Výsledky měření nasákavosti vodou pomocí Karstenovy trubice míst V3-V5 a K1-K7.....	43
Tabulka 13 Hodnoty koeficientu nasákavosti w vypočítané z měření Karstenovou trubicí míst V3-V5 a K1-K7.....	44
Tabulka 14 Zkoušky tmelů T1-T5	46

13 Seznam grafů použitých v textu

Graf 1 Grafické znázornění výsledků měření nasákavosti vodou pomocí Karstenovy trubice míst V1-5 a E3	25
Graf 2 Grafické znázornění výsledků měření nasákavosti vodou pomocí Karstenovy trubice míst ZCHK a ZCH1-5	40
Graf 3 Grafické znázornění výsledků měření nasákavosti vodou pomocí Karstenovy trubice míst V3-V4 a K1-K6.....	44
Graf 4 Grafické znázornění výsledků měření nasákavosti vodou pomocí Karstenovy trubice míst V5 a K7	44

14 Fotografická dokumentace

Fotodokumentace 1 Grafické zákresy před restaurováním	64
Fotodokumentace 2 Grafické zákresy před restaurováním	65
Fotodokumentace 3 Grafické zákresy po restaurování	66
Fotodokumentace 4 Stav díla před transferem, čelní pohled	67
Fotodokumentace 5 Stav díla před transferem, levá strana.....	68
Fotodokumentace 6 Stav díla před transferem, pravá strana	69
Fotodokumentace 7 Stav díla před transferem, zadní pohled	70
Fotodokumentace 8 Transfer díla.....	71
Fotodokumentace 9 Stav před restaurováním, čelní pohled	72
Fotodokumentace 10 Stav před restaurováním, levá strana.....	73
Fotodokumentace 11 Stav před restaurováním. pravá strana.....	74
Fotodokumentace 12 Stav před restaurováním, zadní strana.....	75
Fotodokumentace 13 Detail chybějících prstů pravé ruky Krista	76
Fotodokumentace 14 Detail spodní části čelní strany sousoší	76
Fotodokumentace 15 Detail hlavy Krista.....	77
Fotodokumentace 16 Detail hlavy Boha Otce	77
Fotodokumentace 17 Detail poškození pravé spodní části díla	78
Fotodokumentace 18 Stav po očištění biologického povlaku, čelní pohled	79
Fotodokumentace 19 Stav po očištění biologického povlaku, levá strana.....	80
Fotodokumentace 20 Stav po očištění biologického povlaku, pravá strana	81
Fotodokumentace 21 Stav po očištění biologického povlaku, zadní strana.....	82
Fotodokumentace 22 Stav po očištění, čelní pohled.....	83
Fotodokumentace 23 Stav o očištění, levá strana	84
Fotodokumentace 24 Stav po očištění, pravá strana	85
Fotodokumentace 25 Stav po očištění, zadní strana	86
Fotodokumentace 26 Stav po tmelení, čelní pohled	87
Fotodokumentace 27 Stav po tmelení, levá strana.....	88
Fotodokumentace 28 Stav po tmelení, pravá strana.....	89
Fotodokumentace 29 Stav po tmelení, zadní strana.....	90
Fotodokumentace 30 Čelní pohled po barevné retuši	91
Fotodokumentace 31 Levá strana po barevné retuši	92

Fotodokumentace 32 Pravá strana po barevné retuši.....	93
Fotodokumentace 33 Zadní strana po barevné retuši.....	94
Fotodokumentace 34 Detail Boha Otce po očištění od biologického povlaku	95
Fotodokumentace 35 Detail Boha Otce po celkovém očištění	95
Fotodokumentace 36 Detail Boha Otce po plastické retuši	95
Fotodokumentace 37 Detail Boha Otce po barevné retuši.....	95
Fotodokumentace 38 Detail kolene Ježíše Krista po očištění od biologického povlaku	96
Fotodokumentace 39 Detail kolene Ježíše Krista po celkovém očištění	96
Fotodokumentace 40 Detail kolene Ježíše Krista po plastické retuši	96
Fotodokumentace 41 Detail kolene Ježíše Krista po barevné retuši.....	96
Fotodokumentace 42 Detail hlav andílků po očištění od biologického povlaku	97
Fotodokumentace 43 Detail hlav andílků po celkovém očištění	97
Fotodokumentace 44 Detail hlav andílků po plastické retuši	97
Fotodokumentace 45 Detail hlav andílků po barevné retuši	97
Fotodokumentace 46 Detail pravé strany oblak po očištění od biologického povlaku.....	98
Fotodokumentace 47 Detail pravé strany oblak po celkovém očištění.....	98
Fotodokumentace 48 Detail pravé strany oblak po plastické retuši.....	98
Fotodokumentace 49 Detail pravé strany oblak po barevné retuši	98
Fotodokumentace 50 Detail ulomeného palce Boha Otce	99
Fotodokumentace 51 Lepení palce Boha Otce.....	99
Fotodokumentace 52 Přilepení palec Boha Otce	99
Fotodokumentace 53 Palec Boha Otce po restaurování.....	99
Fotodokumentace 54 Měření nasákavosti Karstenovou trubicí na zkoušce K7	100
Fotodokumentace 55 Zažehlování fragmentů barevné vrstvy tepelnou špachtlí	100
Fotodokumentace 56 Čištění biologického povlaku parou a umělohmotným kartáčem ...	100
Fotodokumentace 57 Průběh čištění biologického povlaku – pravá strana očištěná, levá neочиštěná.....	100
Fotodokumentace 58 Čištění tmavých depozitů pulzním laserem.....	101
Fotodokumentace 59 Průběh čištění tmavého depozitu pulzním laserem – levá strana očištěná, pravá neočištěná.....	101
Fotodokumentace 60 Dočištění tmavého depozitu mikro pískováním	101
Fotodokumentace 61 Odsolovací zábal	101





Fotodokumentace 62 Injektáž prasklin	102
Fotodokumentace 63 Zkouška modeláže chybějícího kolene Ježíše Krista v reverzibilním tmelu.....	102
Fotodokumentace 64 Tmelení chybějícího kolene Ježíše Krista	102
Fotodokumentace 65 Barevné retuše	102

14.1 Grafická fotodokumentace



Fotodokumentace 1 Grafické zákresy před restaurováním



-  Fragmenty barevné vrstvy (krakeláž)
-  Narušený materiál
-  Chybějící materiál
-  Staré tmely

Fotodokumentace 2 Grafické zákresy před restaurováním



Nerezový čep



Nové tmely



Nově lepené spoje

Fotodokumentace 3 Grafické zákresy po restaurování

14.2 Dílo před transferem



Fotodokumentace 4 Stav díla před transferem, čelní pohled



Fotodokumentace 5 Stav díla před transferem, levá strana



Fotodokumentace 6 Stav díla před transferem, pravá strana



Fotodokumentace 7 Stav díla před transferem, zadní pohled

14.3 Transfer díla



Fotodokumentace 8 Transfer díla

14.4 Stav Trojice před restaurováním



Fotodokumentace 9 Stav před restaurováním, čelní pohled



Fotodokumentace 10 Stav před restaurováním, levá strana



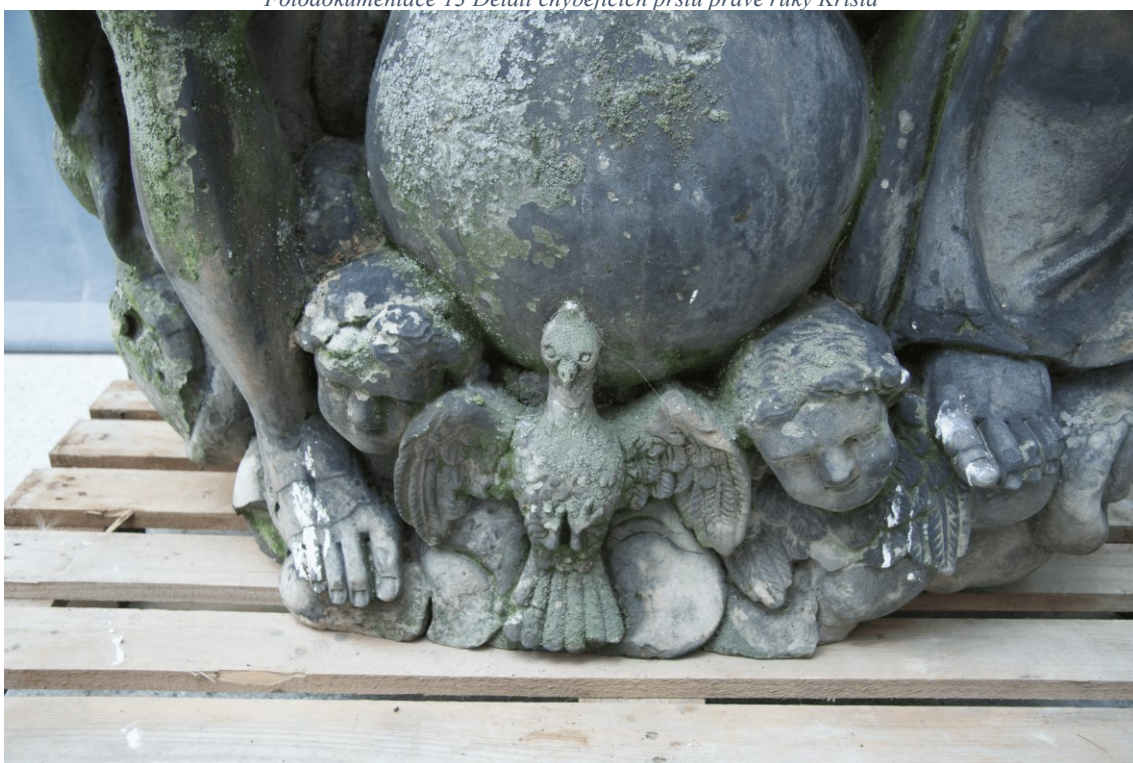
Fotodokumentace 11 Stav před restaurováním. pravá strana



Fotodokumentace 12 Stav před restaurováním, zadní strana



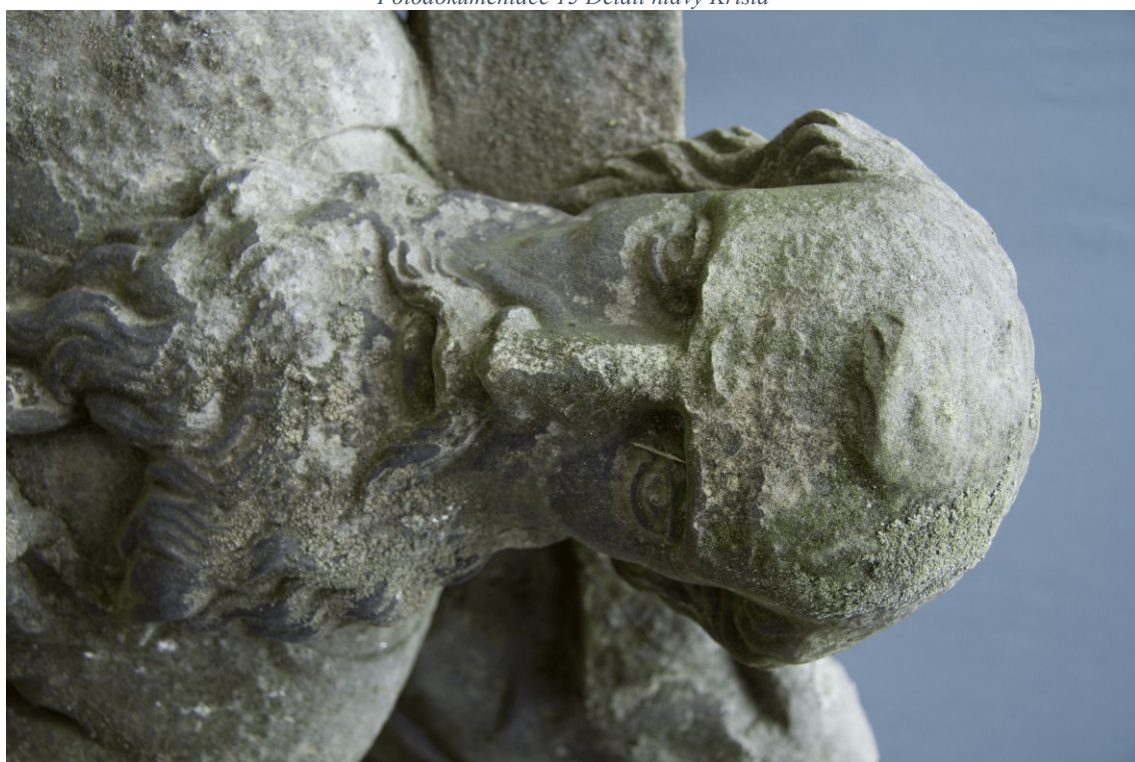
Fotodokumentace 13 Detail chybějících prstů pravé ruky Krista



Fotodokumentace 14 Detail spodní části čelní strany sousoší



Fotodokumentace 15 Detail hlavy Krista



Fotodokumentace 16 Detail hlavy Boha Otce



Fotodokumentace 17 Detail poškození pravé spodní části díla

14.5 Stav po očištění biologického povlaku



Fotodokumentace 18 Stav po očištění biologického povlaku, čelní pohled



Fotodokumentace 19 Stav po očištění biologického povlaku, levá strana



Fotodokumentace 20 Stav po očištění biologického povlaku, pravá strana



Fotodokumentace 21 Stav po očištění biologického povlaku, zadní strana

14.6 Stav po očištění



Fotodokumentace 22 Stav po očištění, čelní pohled



Fotodokumentace 23 Stav o očistění, levá strana



Fotodokumentace 24 Stav po očištění, pravá strana



Fotodokumentace 25 Stav po očištění, zadní strana

14.7 Stav po tmelení



Fotodokumentace 26 Stav po tmelení, čelní pohled



Fotodokumentace 27 Stav po tmelení, levá strana



Fotodokumentace 28 Stav po tmelení, pravá strana



Fotodokumentace 29 Stav po tmelení, zadní strana

14.8 Stav po barevné retuši



Fotodokumentace 30 Čelní pohled po barevné retuši



Fotodokumentace 31 Levá strana po barevné retuši



Fotodokumentace 32 Pravá strana po barevné retuši



Fotodokumentace 33 Zadní strana po barevné retuši

14.9 Průběh restaurování



Fotodokumentace 34 Detail Boha Otce po očištění od biologického povlaku



Fotodokumentace 35 Detail Boha Otce po celkovém očištění



Fotodokumentace 36 Detail Boha Otce po plastické retuši



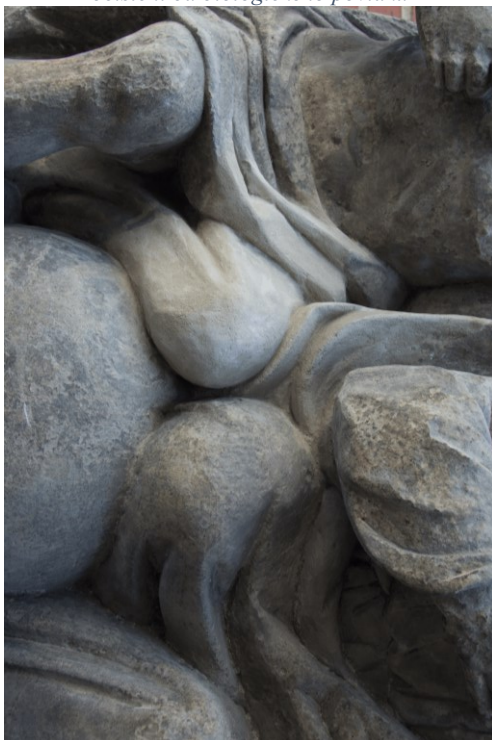
Fotodokumentace 37 Detail Boha Otce po barevné retuši



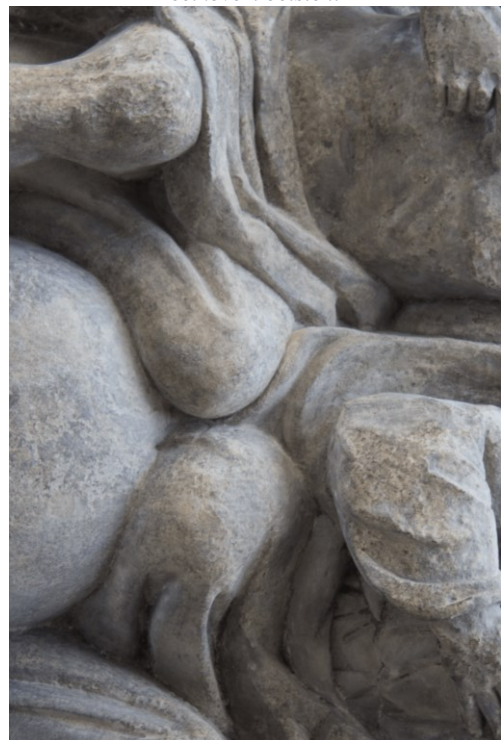
*Fotodokumentace 38 Detail kolene Ježíše Krista po
očištění od biologického povlaku*



*Fotodokumentace 39 Detail kolene Ježíše Krista po
celkovém očištění*



*Fotodokumentace 40 Detail kolene Ježíše Krista po
plastické retuši*



*Fotodokumentace 41 Detail kolene Ježíše Krista po
barevné retuši*



Fotodokumentace 42 Detail hlav andílků po očištění od biologického povlaku



Fotodokumentace 43 Detail hlav andílků po celkovém očištění



Fotodokumentace 44 Detail hlav andílků po plastické retuši



Fotodokumentace 45 Detail hlav andílků po barevné retuši



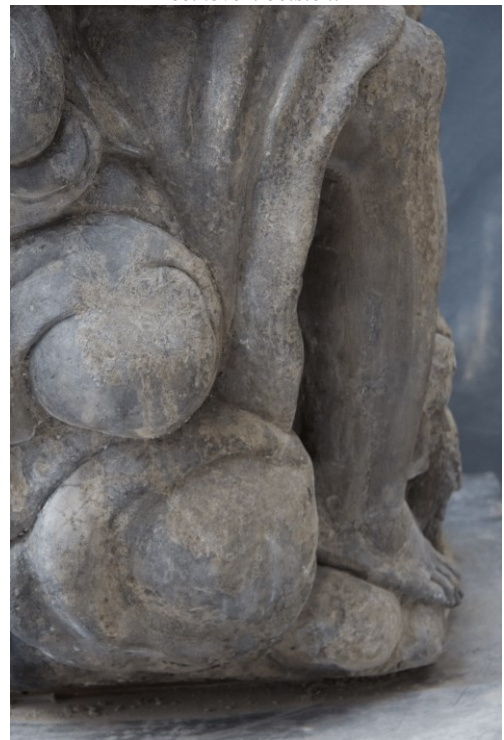
*Fotodokumentace 46 Detail pravé strany oblak po
očištění od biologického povlaku*



*Fotodokumentace 47 Detail pravé strany oblak po
celkovém očištění*



*Fotodokumentace 48 Detail pravé strany oblak po
plastické retuši*



*Fotodokumentace 49 Detail pravé strany oblak po
barevné retuši*



Fotodokumentace 50 Detail ulomeného palce Boha Otce



Fotodokumentace 51 Lepení palce Boha Otce



Fotodokumentace 52 Přilepení palec Boha Otce



Fotodokumentace 53 Palec Boha Otce po restaurování



Fotodokumentace 54 Měření nasákavosti Karstenovou trubicí na zkoušce K7



Fotodokumentace 55 Zažehlování fragmentů barevné vrstvy tepelnou špachtlí



Fotodokumentace 56 Čištění biologického povlaku parou a umělohmotným kartáčem



Fotodokumentace 57 Průběh čištění biologického povlaku – pravá strana očištěná, levá neočištěná



Fotodokumentace 58 Čištění tmavých depozitů pulzním laserem



Fotodokumentace 59 Průběh čištění tmavého depozitu pulzním laserem – levá strana očištěná, pravá neočištěná



Fotodokumentace 60 Dočištění tmavého depozitu mikro pískováním



Fotodokumentace 61 Odsolovací zábal



Fotodokumentace 62 Injektáž prasklin



Fotodokumentace 63 Zkouška modeláže chybějícího kolene Ježíše Krista v reverzibilním tmelu



Fotodokumentace 64 Tmelení chybějícího kolene Ježíše Krista



Fotodokumentace 65 Barevné retuše

15 Seznam použitých příloh

Příloha 1: Chemicko-technologický průzkum, kontrolní ultrazvuk. měření.....	104
Příloha 2: Výsledky mikroskopického porovnání vzorků ZCHK a ZCH1-5.....	112

16 Přílohy

16.1 Příloha 1: Chemicko-technologický průzkum, kontrolní ultrazvuk. měření



Objekt: Nejsvětější trojice Opatovec, socha




Zadání průzkumu:




- stratigrafie povrchových úprav
- identifikace pigmentů v barevných vrstvách
- určení typu pojiva barevných vrstev
- složení krust a povrchových nečistot (sádrovec)
- stanovení obsahu vodorozpustných solí
- posouzení stavu sousoší metodou ultrazvukové transmise

Datum odběru vzorků: 27.11.2022

Vzorky odebral: Kristýna Bittnerová

Místa odběru vzorků:

Vzorek	Popis/detail zadání	Foto místa odběru
1 (11051)	Povrchová úprava – hnědá Stratigrafie barevných vrstev	
2 (11052)	Povrchová úprava žlutá Stratigrafie barevných vrstev Určení typu pojiva barevných vrstev Identifikace pigmentů v barevných vrstvách	
3 (11053)	Krusta – sádrovec? Složení krust a povrchových nečistot (identifikace sádrovce)	

4	Vrt hloubka 0-1 cm Stanovení obsahu vodorozpustných solí v materiálu	
5	Vrt hloubka 1-2 cm Stanovení obsahu vodorozpustných solí v materiálu	
6	Vrt hloubka 2-5 cm Stanovení obsahu vodorozpustných solí v materiálu	

Metody průzkumu:

- optická mikroskopie v dopadajícím světle (mikroskop OPTIPHOT2-POL (Nikon, Japan)
- rastrovací elektronová mikroskopie s energo-disperzní analýzou (elektronový mikroskop Tescan MIRA 3 s energo-disperzním analyzátozem Bruker)
- UV/VIS spektrometrie (spektrometr Beckmann DU 40) – stanovení obsahu anionů vodorozpustných solí (sírany, chloridy, dusičnany) ve vodních extraktech vzorků
- ultrazvuková transmise (USME-C Geotron-elektronik)

Popis metodiky analýz:

Analýzy povrchových úprav, nečistot a krust.

Každý vzorek byl zalitý do akrylátové bezbarvé pryskyřice Spofacryl a následně připraven příčný řez (nábrus) broušením a leštěním. Nábrus byl zkoumán optickým mikroskopem v dopadajícím viditelném, modrém a UV světle a následně rastrovacím elektronovým mikroskopem. Pomocí rastrovací elektronové mikroskopie s energo-disperzní analýzou bylo na nábrusu provedeno i zjištění prvkového složení v jednotlivých vrstvách. Určení typu přírodních pojiv bylo provedeno přímo na úlomcích vzorků pomocí mikrochemických důkazových reakcí.

Stanovení obsahu vodorozpustných solí.

Obsah vodorozpustných byl stanoven ve vodních extraktech vzorků demineralizovanou vodou standardní metodikou pro stanovení obsahu síranů, chloridů a dusičnanů pomocí UV/VIS spektrometru.

Ultrazvuková transmise.

Princip metody spočívá v měření rychlosti přechodu longitudální vlny (p-vlny) zkoumaným materiálem. Rychlost uz-signálu je pro daný materiál charakteristickou veličinou. V masivnějších horninách s vyšší mírou stmelení je rychlost ultrazvuku vyšší než v horninách poréznějších, obvykle méně stmelených. Tato souvislost platí i mezi stejným typem zvětralé a nezvětralé horniny. V poškozených, korodovaných kamenných objektech, jejich částech nebo vrstvách, je proto rychlost ultrazvuku nižší než v nepoškozených objektech, resp. jeho částech. V místech s výraznými poškozeními, nehomogenními zónami nebo trhlinami je uz-signál zpomalený, deformovaný nebo neprochází vůbec.

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

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

$$v = d/t \text{ [m/s] příp. [km/s]}$$

v - rychlost uz

d - měřená vzdálenost

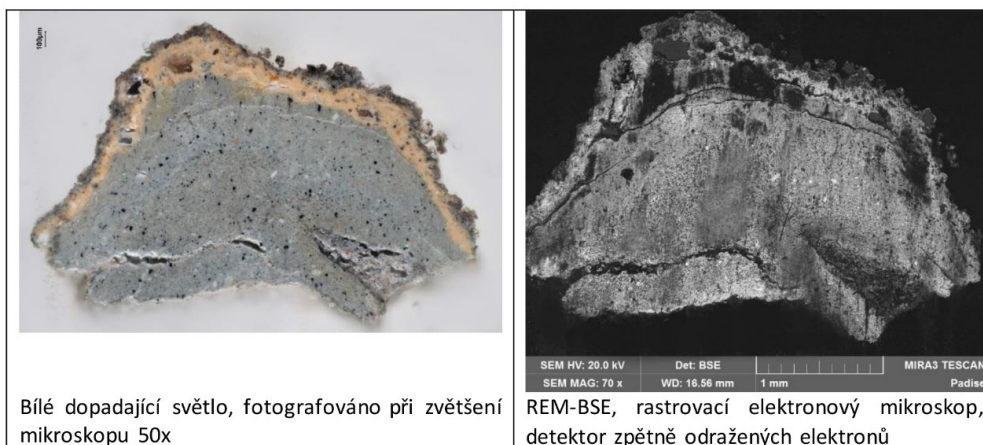
t - čas přechodu signálu

Kromě rychlosti šíření longitudálního vlnění se hodnotí také amplituda a tvar signálu.

Měření bylo provedeno přístrojem USME-C (Geotron-elektronik) s měřicí frekvencí 250 kHz. Jako spojovací materiál pro přiložení sond byl použit trvale plastický tmel na bázi silikonového kaučuku (bez přísady změkčovadel).

Výsledky analýzy:


1 (11051)	Povrchová úprava – hnědá Stratigrafie barevných vrstev	
--------------	---	---

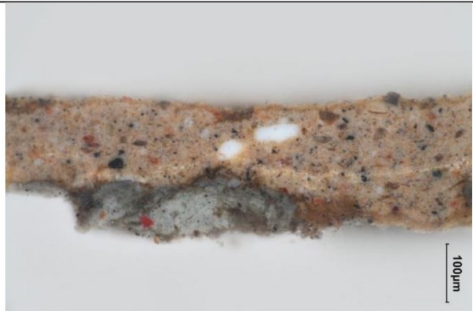
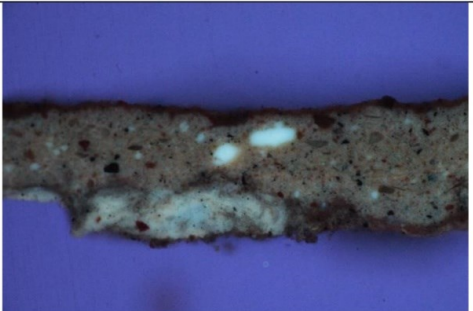
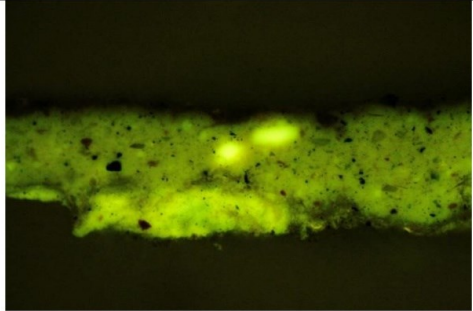
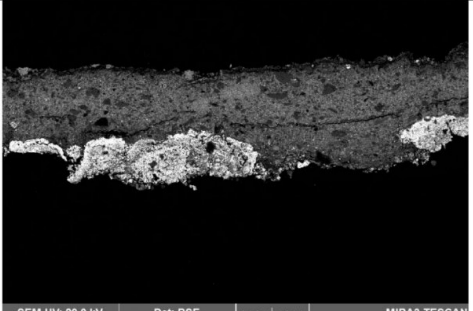


Popis a složení vrstev

Číslo vrstvy	Popis a složení vrstvy
-	Vrstva nečistot
2	Tmavší okrová vrstva – obsahuje olovnatou bělobu, příměs žlutého okru, zinkové běloby a malé množství permanentní běloby *
1	Šedá vrstva – obsahuje olovnatou bělobu, příměs uhlíkaté černě, zinkové běloby a zemitého pigmentu, malé množství permanentní běloby *

* pozitivní mikrochemický důkaz na přítomnost vysychavých olejů (důkaz na alkalické zmydlnění; důkaz na přítomnost glycerolu); hlavním pojivem barevných vrstev je pravděpodobně vysychavý olej


2 (11052)	Povrchová úprava žlutá Stratigrafie barevných vrstev Určení typu pojiva barevných vrstev Identifikace pigmentů v barevných vrstvách	
------------------	--	---



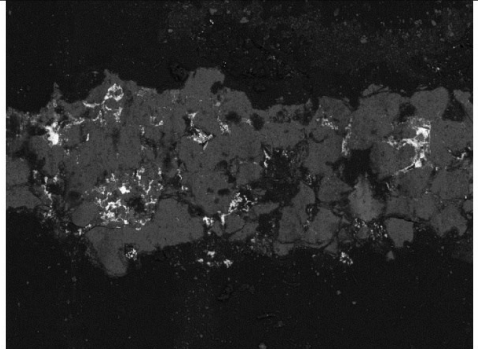
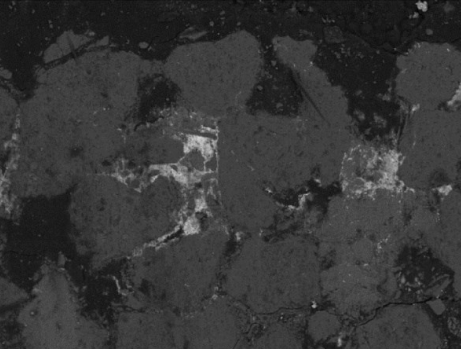
	
Nábrus, bílé dopadající světlo, fotografováno při zvětšení mikroskopu 200x	Nábrus, fluorescence po excitaci UV světlem, fotografováno při zvětšení mikroskopu 200x
	
Nábrus, fluorescence po excitaci modrým světlem, fotografováno při zvětšení mikroskopu 200x	REM-BSE, rastrovací elektronový mikroskop, detektor zpětně odražených elektronů

Popis a složení vrstev

Číslo vrstvy	Popis a složení vrstvy
2	Tmavší okrová vrstva – obsahuje zinkovou bělobu, příměs žlutého okru a malé množství permanentní běloby *
1	Světlešedá vrstva – obsahuje olovnatou bělobu, příměs uhlíkaté černě, lithoponu a malou příměs zemitého pigmentu *

* pozitivní mikrochemický důkaz na přítomnost vysychavých olejů (důkaz na alkalické zmydlnění; důkaz na přítomnost glycerolu); hlavním pojivem barevných vrstev je pravděpodobně vysychavý olej

3 (11053)	Krusta – sádrovec? Složení krust a povrchových nečistot (identifikace sádrovce)	
------------------	--	---

	
Nábrus, bílé dopadající světlo, fotografováno při zvětšení mikroskopu 100x	Nábrus, bílé dopadající světlo, fotografováno při zvětšení mikroskopu 200x
 <p>SEM HV: 20.0 kV Det: BSE SEM MAG: 200 x WD: 16.34 mm 200 µm MIRA3 TESCAN</p>	 <p>SEM HV: 20.0 kV Det: BSE SEM MAG: 500 x WD: 16.37 mm 100 µm MIRA3 TESCAN</p>
Nábrus, REM-BSE, rastrovací elektronový mikroskop, detektor zpětně odražených elektronů	Nábrus, REM-BSE, rastrovací elektronový mikroskop, detektor zpětně odražených elektronů

Popis a složení vrstev

Číslo vrstvy	Popis a složení vrstvy
1	Povrch pískovce – křemenný pískovec, velikost zrn křemene 0,15 – 0,2 mm; v pórech kamene byla prokázána přítomnost síranu vápenatého (sádrovce; $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) a také částic olovnatého pigmentu (pravděpodobně olovnatá běloba; zbytky starší nebo původní povrchové úpravy). Na spodní straně vzorku jsou v pórech zelené řasy. Kolonizace pórů kamene těsně pod povrchem je poměrně častým jevem (vyšší vlhkost a dostatek světelné energie).

Tab.1. Obsah vodorozpuštěných solí

Vzorek	Hloubka [cm]	SO ₄ ²⁻		NO ₃ ⁻		Cl ⁻	
		X [%hm.]	C [mmol/kg]	X [%hm.]	C [mmol/kg]	X [%hm.]	C [mmol/kg]
4	0-1	0,01	1	0,01	2	<0,01	<2,5
5	1-2	<0,01	<1	<0,01	<2	<0,01	<2,5
6	2-5	<0,01	<1	<0,01	<2	<0,01	<2,5

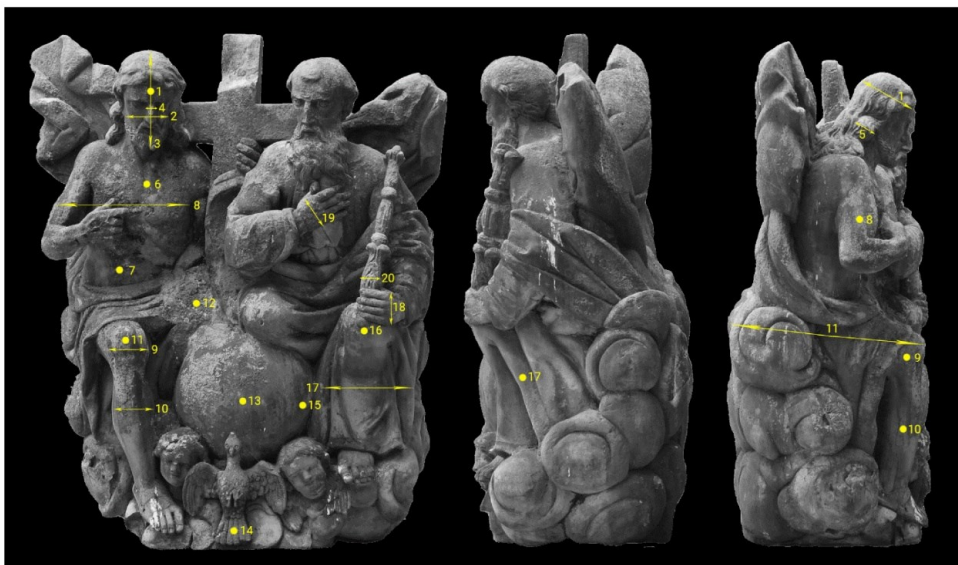
Ve všech analyzovaných vzorcích je obsah vodorozpuštěných solí velmi nízký, v případě vzorků 5 a 6 pod hranicí 0,01 % hm. Lze proto předpokládat, že vliv vodorozpuštěných solí na degradaci pískovce je v místě odběru vzorků zanedbatelný.

Tab.2. Ultrazvuková transmisivita – výsledky měření před konsolidací a injekcemi

V tabulce je uvedeno číslo měření č. m., naměřený čas t , naměřený čas po odečtení korekce pro danou frekvenci t_{kor} , směr měření, vzdálenost d pro dané měření a rychlost šíření p -vlny ultrazvukového signálu v . Směr měření je označen LP - horizontálně zleva doprava nebo naopak, PZ - horizontálně zepředu dozadu nebo naopak, V - vertikálně. Charakteristika tvaru nebo amplitudy uz-signálu: SA - utlučená amplituda; DS - deformovaný signál; NS - neměřitelný signál.

č. m.	Místo měření	směr	t [μs]	t_{kor} [μs]	d [cm]	v [km/s]	poznámka
1	Hlava Kristus - čelo/zátylek	PZ	57,3	55,9	16	2,86	
2	Hlava Kristus - tváře	LP	38,2	36,8	11,5	3,13	
3	Hlava Kristus - temeno/brada	V	80,8	79,4	25,5	3,21	
4	Hlava Kristus - nos	LP	9,7	8,3	3	3,61	
5	Hlava Kristus - vlasy	PZ	21,3	19,9	5,5	2,76	
6	Kristus - pramen vlasů	PZ	111,2	109,8	32	2,91	
7	Kristus - břicho/záda	PZ	103	101,6	28,8	2,83	
8	Kristus - hrud/pravá paže	LP	105,7	104,3	33,2	3,18	
9	Kristus - pravé koleno	LP	36,5	35,1	12,5	3,56	
10	Kristus - pravé lýtko	LP	38	36,6	10,8	2,95	
11	Kristus - koleno/hýždě	PZ	181,1	179,7	52	2,89	
12	Kristus - chybějící levé koleno/záda	PZ	116,4	115	37,5	3,26	
13	Zeměkoule střed	PZ	272,4	271	56,5	2,08	SA; přes prasklinu
14	Hlubice ocas	PZ	352,3	350,9	51,5	1,47	SA; přes prasklinu
15	Zeměkoule levá strana	PZ	228,6	227,2	51,5	2,27	
16	Otec - koleno/hýždě	PZ	196,3	194,9	55,5	2,85	
17	Otec - levé lýtko	LP	73	71,6	21,5	3	
18	Otec - levá ruka	V	28,1	26,7	8,7	3,26	
19	Otec - pravá ruka	V	28,3	26,9	8,5	3,16	
20	Otec - žezlo spodní část	LP	18,1	16,7	4,9	2,93	

Místa měření:



Tab.3. Ultrazvuková transmise – výsledky měření lokální kontroly poškozených míst po konsolidaci a injektáži

č. m.	Místo měření	směr	t [μs]	t _{kor} [μs]	d [cm]	v [km/s]	poznámka
13	Zeměkoule střed	PZ	231,2	229,8	56,5	2,46	SA
14	Holubice ocas	PZ	199,5	198,1	51,5	2,60	SA

Vyhodnocení měření:

Na základě měření rychlostí šíření longitudálního vlnění, tvaru měřených signálů i jejich amplitudy lze stav sochy před restaurováním hodnotit jako dobrý. Výjimkou je pouze zeměkoule, kde měření potvrdilo přítomnost hloubkové praskliny. Na zbytku sousoší se důsledky eroze se projevují prakticky jen na povrchu pískovce. Rychlosti šíření longitudálního vlnění jsou v různých hloubkách (měřících vzdálenostech) poměrně vyrovnané. Průměrná rychlost šíření longitudálního vlnění je 3,03 km/s, co odpovídá použitému typu horniny.

Po konsolidaci sousoší a injektáži prasklin bylo provedeno kontrolní měření na vybraných místech s poškozeními (měřící body 13 a 14). V případě obou měření je amplituda signálu mírně utlumená, ale signál je dobře čitelný a rychlost šíření longitudálního vlnění je vyšší než před konsolidací / injektáží. Proto lze předpokládat, že provedená opatření přispěla ke zvýšení stability dané části sousoší.

Ing. Karol Bayer
 Katedra chemické technologie
 Fakulta restaurování
 Univerzita Pardubice

Litomyšl, 05.04.2023

16.2 Příloha 2: Výsledky mikroskopického porovnání vzorků ZCHK a ZCH1-5



Porovnání vzorků ZCHK a ZCH1-5 pod optickým a elektronovým mikroskopem

Zadání průzkumu:

- Porovnání vzorků očištěných povrchů ZCH1-5 s neočištěným povrchem ZCHK pod optickým a elektronovým mikroskopem

Datum odběru vzorků: 29. 11. 2022

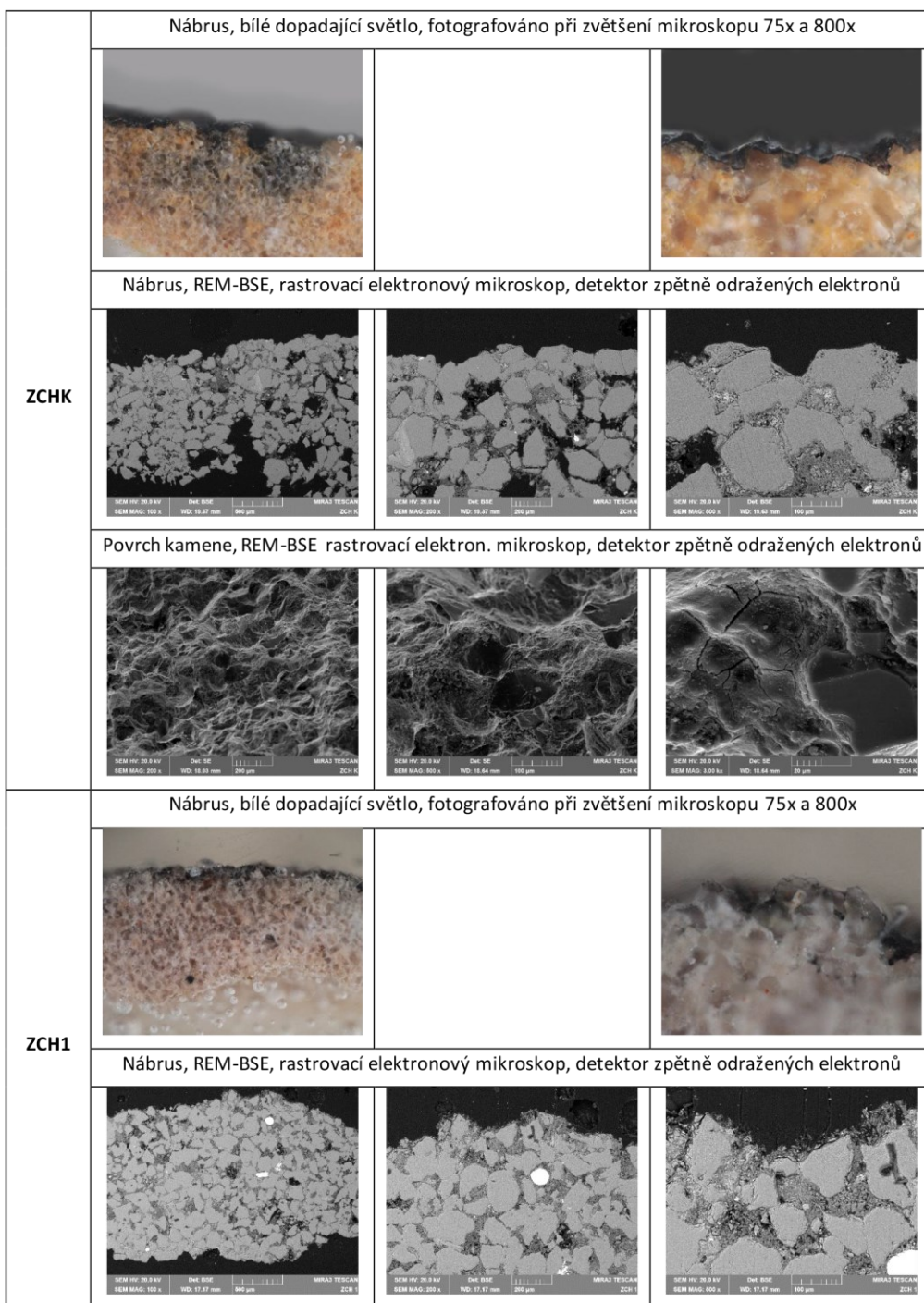
Vzorky odebral: Kristýna Bittnerová

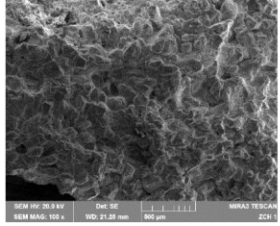
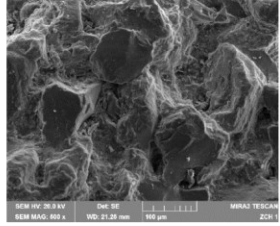
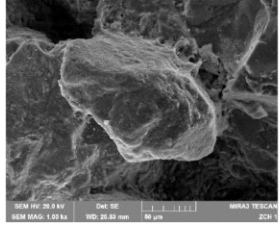


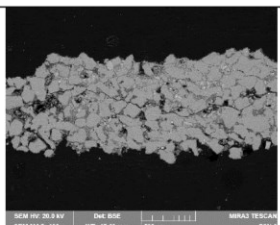
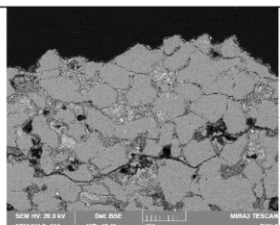
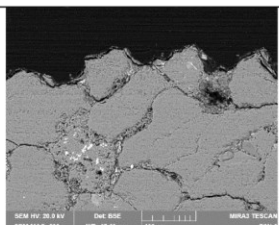
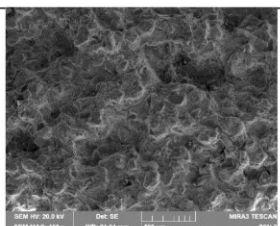
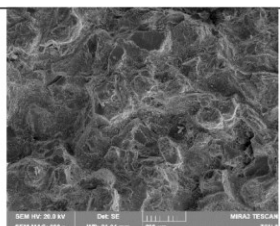
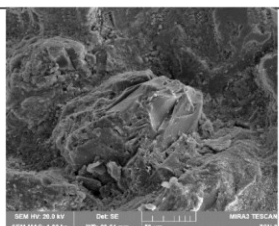


Metody průzkumu:

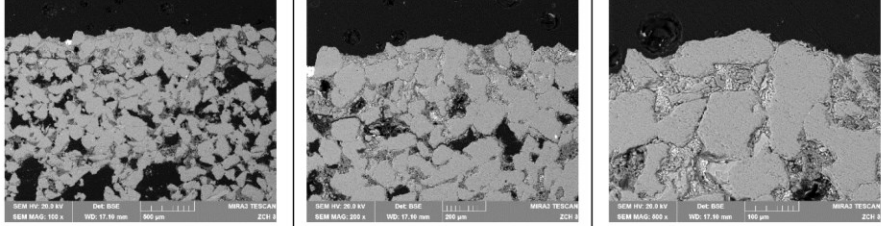
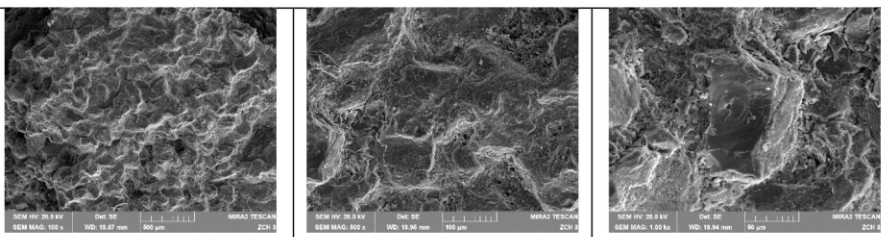

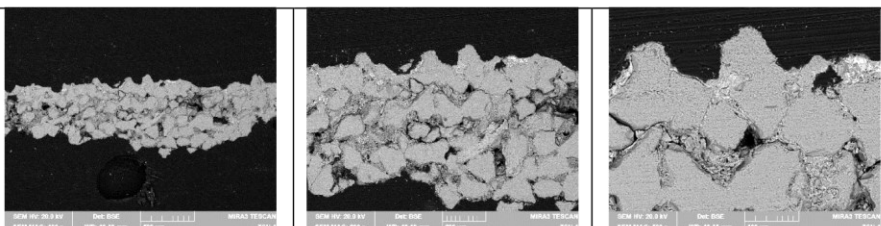
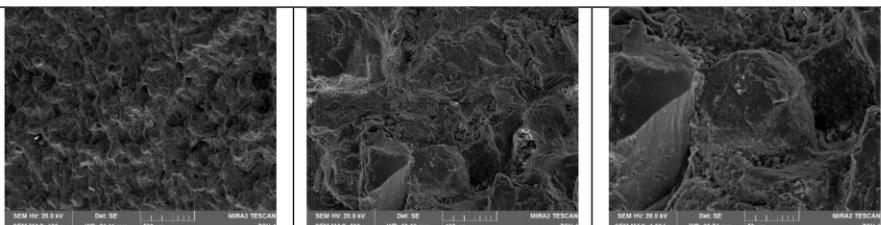
- optická mikroskopie v dopadajícím světle (mikroskop OPTIPHOT2-POL (Nikon, Japan))
- rastrovací elektronová mikroskopie (elektronový mikroskop Tescan MIRA 3; urychlovací napětí 20kV, BSE - detektor zpětně odražených elektronů a SE - detektor sekundárních elektronů)

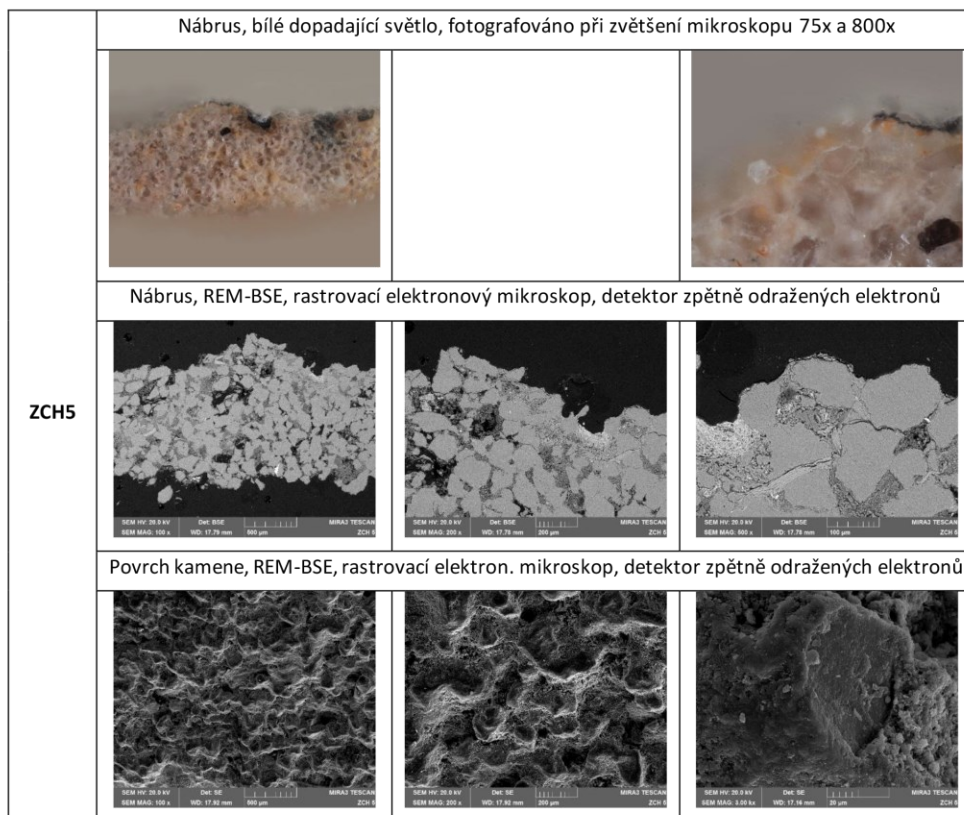
Popis metodiky analýzy:

Každý vzorek byl zalitý do akrylátové bezbarvé pryskyřice Spofacryl a následně připraven příčný řez (nábrus) broušením a leštěním. Nábrus byl zkoumán optickým mikroskopem v dopadajícím viditelném světle a následně rastrovacím elektronovým mikroskopem. Nábrusy byly před analýzou pouhličený a úlomky povrchu pískovce pokoveny zlatem.



	<p>Povrch kamene, REM-BSE, rastrovací elektron. mikroskop, detektor zpětně odražených elektronů</p>   		
	<p>Nábrus, bílé dopadající světlo, fotografováno při zvětšení mikroskopu 75x a 800x</p>  		
ZCH2	<p>Nábrus, REM-BSE, rastrovací elektronový mikroskop, detektor zpětně odražených elektronů</p>   		
	<p>Povrch kamene, REM-BSE, rastrovací elektron. mikroskop, detektor zpětně odražených elektronů</p>   		
	<p>Nábrus, bílé dopadající světlo, fotografováno při zvětšení mikroskopu 75x a 800x</p>  		

	<p>Nábrus, REM-BSE, rastrovací elektronový mikroskop, detektor zpětně odražených elektronů</p> 		
	<p>Povrch kamene, REM-BSE, rastrovací elektron. mikroskop, detektor zpětně odražených elektronů</p> 		
	<p>Nábrus, bílé dopadající světlo, fotografováno při zvětšení mikroskopu 75x a 800x</p> 		
ZCH4	<p>Nábrus, REM-BSE, rastrovací elektronový mikroskop, detektor zpětně odražených elektronů</p> 		
	<p>Povrch kamene, REM-BSE, rastrovací elektron. mikroskop, detektor zpětně odražených elektronů</p> 		



Vyhodnocení:

Mikromorfologie jednotlivých čištěných povrchů byla srovnána také pomocí rastrovací elektronové mikroskopie. Pro hodnocení a srovnání byly studovány leštěné nábrusy a také přímo úlomky vzorků odebraných z povrchu pískovce pro každý typ testovaného způsobu čištění, včetně srovnávacího vzorku neočištěného povrchu.

U všech testovaných způsobech čištění se potvrdilo částečné odstranění tenké vrstvičky nečistot z povrchu pískovce. Na neočištěném povrchu nečistoty vytvářejí relativně kompaktní povlak uzavírající póry kamene. Pozorované a prokazatelné rozdíly mezi jednotlivými povrchy na úlomcích i nábrusech jsou poměrně malé. Ani v jednom případě nebylo zjištěné výraznější poškození (např. naleptání) povrchu pískovce, nebo uvolnění zrn křemene na povrchu. Ve většině případů zůstává na části zrn křemene tenký povlak nečistot a jen část zrn je obnažena úplně. V případě vzorku ZCH 5 je na pouze na některých křemenných zrnech pozorovatelné velmi nepatrné naleptání jejich povrchu. Obecně lze

na základě studia povrchu úlomků i nábrusů konstatovat, že pomocí testovaných způsobů čištění došlo k částečnému odstranění vrstvičky nečistot a tím k otevření pórů. Toto zjištění koresponduje také s výsledky měření nasákavosti. Povrch pískovce, resp. jednotlivých zrn křemene na povrchu nebyl prokazatelně poškozen.

Litomyšl, 05.12.2022

Ing. Karol Bayer
Katedra chemické technologie
Fakulta restaurování
Univerzita Pardubice