

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA
KATEDRA GEOLOGIE

**MOŽNOSTI VYUŽITÍ PŘÍRUČNÍHO RTG –
FLUORESCENČNÍHO SPEKTROMETRU K ZJIŠŤOVÁNÍ
PŮVODNÍ BAREVNOSTI KAMENNÝCH PAMÁTEK**

bakalářská práce

Tereza Čmielová

Geologie a ochrana životního prostředí pro vzdělávání a Chemie pro
víceoborové studium (B1407)

prezenční studium

vedoucí práce: RNDr. Petr Sulovský, Ph.D.

Květen 2015

Bibliografická identifikace:

Jméno a příjmení autora: Tereza Čmielová

Název práce: Možnosti využití příručního RTG – fluorescenčního spektrometru k zjišťování původní barevnosti kamenných památek

Typ práce: Bakalářská

Pracoviště: Univerzita Palackého v Olomouci,
Přírodovědecká fakulta, Katedra geologie

Vedoucí práce: RNDr. Petr Sulovský, Ph.D.

Rok obhajoby práce: 2015

Abstrakt: Teoretická část bakalářské práce se věnuje možnostem využití RTG – fluorescenčního spektrometru v nedestruktivní prvkové analýze na barokních památkách města Olomouce, nastiňuje geologickou situaci České republiky se zaměřením na českou křídovou pánev, popisuje maletínský pískovec a jeho nenahraditelnou roli v sochařství a kamenictví na Moravě. Zabývá se problematikou polychromie a soupisem anorganických pigmentů k ní využívaných. Praktická část je věnována vlastnímu měření v terénu pomocí příručního RTG – analyzátoru a vyhodnocení výsledků, které poskytnou informace o možné kontaminaci pískovce anorganickým nátěrem.

Klíčová slova: baroko, kamenné památky a sochy, anorganické pigmenty, česká křídová pánev, maletínský pískovec, RTG fluorescence, polychromie

Počet stránek: 50

Počet příloh: 0

Jazyk: čeština

Bibliographical identification:

Autor's first name and surname: Tereza Čmielová

Title: Possibilities of using handheld X-ray – fluorescence spectrometer to identify the original color of stone monuments

Type of thesis: bachelor

Institution: Palacký University in Olomouc,
Faculty of Science, Department of Geology

Supervisor: RNDr. Petr Sulovský, Ph.D.

The year of presentatnion: 2015

Abstrakt: The theoretical part of the thesis deals with the possibilities of using X-ray - fluorescence spectrometer in nondestructive elemental analysis in the Baroque monuments of the city of Olomouc, outlines the geological situation of the Czech Republic, focusing on the Czech Cretaceous Basin, describes sandstone of Maletín and its irreplaceable role in sculpture and stonework in Moravia. It deals with issues of polychrome and a list of inorganic pigments used in it. The practical part is devoted to measurements in the field using a handheld X-ray - analyser and evaluation of results, which will provide the information about possible contamination of sandstone by an inorganic coating.

Keywords: Baroque, stone monuments and statues, inorganic pigments, Bohemian Cretaceous Basin, Maletín sandstone, X-ray fluorescence, polychromy

Number of pages: 50

Number of appendices: 0

Language: Czech

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně za pomoci uvedených pramenů a literatury.

V Olomouci dne 11. 5. 2015

.....

Tereza Čmielová

Za odborné vedení mé bakalářské práce, vstřícný a laskavý přístup, cenné rady a připomínky bych chtěla poděkovat RNDr. Petrovi Sulovskému, Ph.D.

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

pro.....Terezu Čmielovou..

obor: Geologie a ochrana životního prostředí pro vzdělávání a Chemie pro víceoborové studium

Název tématu: **Možnosti využití příručního RTG-fluorescenčního spektrometru k zjišťování původní barevnosti kamenných památek**

Zásady pro vypracování:

Příruční RTG-fluorescenční analyzátor InnovX – Delta Premium v majetku KGE umožňuje nedestruktivní analýzu povrchové vrstvy kamene nejrozličnějších artefaktů i stavebního kamene památek. Kromě stanovení většiny majoritních prvků horninotvorných i akcesorických minerálů zkoumaných hornin se mohou v rtg-fluorescenčním spektru ukázat i prvky, které byly složkami původního barevného nátěru, a to i po jeho odstranění při předchozích restaurátorských zásazích. Pro pochopení uměleckého pojetí externího sochařského artefaktu má jeho barevnost velký význam a ten v dnešní době lze zjistit nedestruktivním způsobem jen metodami, nevyžadujícími odběr vzorku kamenného podkladu. Přímé doklady barevnosti zejména u artefaktů z baroka existují jen ojediněle a ze strany restaurátorů je velký zájem o zjištění původního stavu. V Olomouci je řada památek z barokní doby a existují indicie, že nebyly vždy pojety v barevnosti kamene, především pískovce. To nabízí rozsáhlé příležitosti k ověření možnosti zjišťování cizorodých prvků v povrchových vrstvách stavebního i dekoračního kamene či kameniny, a to nejen z doby barokní.

K tomu účelu studentka provede měření na vybraných objektech v Olomouci s pomocí rtg-fluorescenčního analyzátoru, zejména se zaměřením na prvky charakteristické pro pigmenty používané v 17. – 19. století. Pro posouzení použitelnosti metody budou provedeny i pokusy s jednotlivými pigmenty, jejichž výskyt na zkoumaných objektech indikují RTG-fluorescenční měření v terénu. Kusové vzorky maletínského pískovce budou

opatřeny nátěry jednotlivých barev a následně bude provedeno měření profilu na řezu kolmém k natřenému povrchu. Po odstranění nátěru studentka ověří, jaké doby načítání RTG-fluorescenčních spekter je potřeba k odlišení neupraveného kamene od kamene „kontaminovaného“ difundujícím nátěrem.

Rozsah grafických příloh: dle potřeby (grafy)

Rozsah průvodní zprávy: max. 40 stran textu

Seznam odborné literatury:

Manuál k RTG-fluorescenčnímu analyzátoru Delta

Mestek O. (2010): Stanovení prvků pomocí přenosného rentgenově fluorescenčního analyzátoru. Pracovní text pro Podzemní výukové středisko JOSEF, VŠCHT Praha, 20 stran

Kněsl I, Lukeš P., Dempírová L., Kříbek B. (2009): Rychlé stanovení stopových prvků přenosnou rentgen-fluorescenční spektrometrií v geologickém výzkumu, při prospekci a v některých environmentálních aplikacích. Zprávy o geologických výzkumech za rok 2008, ČGS Praha, 161-166 (a literatura zde citovaná)

Fajmanová E. Vybrané možnosti restaurování a rekonstrukce polychromie kamenných barokních plastik. Diplomová práce, AVU Praha, 43 stran

Volavka V. (1959): O soše: úvod do historické technologie a teorie sochařství. SNKLHU, 453 stran

Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Petr Sulovský, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 22. 1. 2014

Termín odevzdání bakalářské práce: duben 2015

Obsah

Úvod	10
1. RTG – fluorescenční spektrometr	11
1.1. Vznik RTG záření	11
1.2. Využití RTG – fluorescenčního spektrometru v praxi.....	12
2. Barokní kamenné památky města Olomouce.....	13
2.1. Kašny a sloupy.....	13
Merkurova kašna	14
Caesarova kašna	14
Kašna Tritónů	14
Jupiterova kašna	14
Herkulova kašna.....	15
Neptunova kašna	15
Sloup Panny Marie	15
Čestný sloup Nejsvětější Trojice.....	16
2.2. Pískovec – základní stavební kámen olomouckého baroka.....	16
2.2.1. Česká křídlová pánev.....	18
2.2.2. Maletínský pískovec	20
3. Barevné podání pískovcových staveb a soch v období baroka	22
3.1. Monochromie.....	22
3.2. Polychromie	22
3.1. Funkce polychromie	25
3.2. Techniky polychromie	26
3.2.1. Mramorování	26
3.2.2. Olejová polychromie	27
4. Pigmenty používané v sochařství.....	28
4.1. Anorganické pigmenty.....	28
4.1.1. Anorganické pigmenty bílé	29
4.1.2. Anorganické pigmenty pestré.....	30
4.1.2.1. Chromanové pigmenty	30
4.1.2.2. Olovnaté pigmenty	31
4.1.2.3. Železité pigmenty	31
4.1.2.4. Ostatní barevné pigmenty.....	32
5. Terénní a laboratorní studium s využitím RTG – fluorescenčního spektrometru.....	34

5.1. Metodika práce v terénu	34
5.1.1. Kalibrace RTG – fluorescenčního spektrometru	34
5.1.2. Vlastní měření vzorků v terénu	35
5.1.3. Výsledky měření.....	36
5.2. Metodika laboratorního výzkumu.....	41
5.2.1. Příprava vzorků	41
5.2.2. Vyhodnocení výsledků	43
Diskuze	45
Závěr.....	47
Použitá literatura.....	49

Úvod

Cílem této bakalářské práce je nedestruktivní prvková analýza maletínských pískovců, které jsou základním stavebním materiálem barokních kamenných památek, vstupních portálů a průčelí v historické části města Olomouce. Výsledky této analýzy v závěru umožní potvrdit nebo vyvrátit přítomnost anorganických pigmentů, které byly součástí nátěrových hmot používaných v minulosti pro účely polychromie. Zároveň získáme ucelený přehled o použití metod polychromie na konkrétních památkách v Olomouci.

Bakalářská práce je členěna do pěti kapitol. První kapitola je věnována stručné charakteristice RTG – fluorescenčního spektrometru a možnostech jeho využití v praxi. V druhé kapitole bude nastíněn vznik kamenných památek v Olomouci v období baroka. Pozornost zde bude zaměřena na historické pozadí vzniku šesti barokních kašen a dvou sloupů. Dále bude popsána geologická situace České republiky s důrazem na českou křídovou pánev a v návaznosti pak objasnění vzniku četných pískovcových nalezišť a charakteristika maletínského pískovce, jenž byl ve své době nenahraditelným materiálem pro stavbu budov a monumentů na severní Moravě. Třetí kapitola se bude věnovat polychromii, jakožto technice, která využívá barev k podtržení osobitého charakteru soch, sousoší, budov či jiných artefaktů. Bude popsán její význam napříč různými historickými obdobími a techniky polychromie, které byly využívány. Čtvrtá kapitola bude představovat přehled anorganických pigmentů se zaměřením na ty, které byly hojně využívány v období baroka a na ty, které jsou využívány dnes, protože je nutno vzít v úvahu i to, že starší nátěrová hmota mohla být později přetřena nátěrovou hmotou novějšího data. Poslední kapitola se bude věnovat prezentaci výsledků měření, která byla provedena v terénu, jejich zhodnocení a závěry. V laboratorní části bude ověřena správnost metody proměření kusových maletínských pískovců opatřených nátěry vybraných pigmentů s následným proměření těchto vzorků po mechanickém odstranění nátěru.

Finálním výsledkem této práce bude pokusit se správně identifikovat pigmenty, které mohly být použity pro účely polychromie na historických objektech v Olomouci a následně získat přehled o konkrétních památkách, které byly těmito nátěry kontaminovány.

1. RTG – fluorescenční spektrometr

Pro praktickou část této práce byl použit příruční RTG – fluorescenční spektrometr značky Innov X – Delta Premium v majetku Katedry geologie Univerzity Palackého v Olomouci. V následujícím textu se pokusím stručně popsat jeho funkčnost a možnosti jeho využití v terénu.

1.1. Vznik RTG záření

Příruční RTG – fluorescenční spektrometr patří mezi tzv. energiově disperzní XRF analyzátory, tj. mezi takové, které identifikují spektrum rtg záření vyvolaného na vzorek dopadajícím primárním zářením na základě energie sekundárních fotonů.

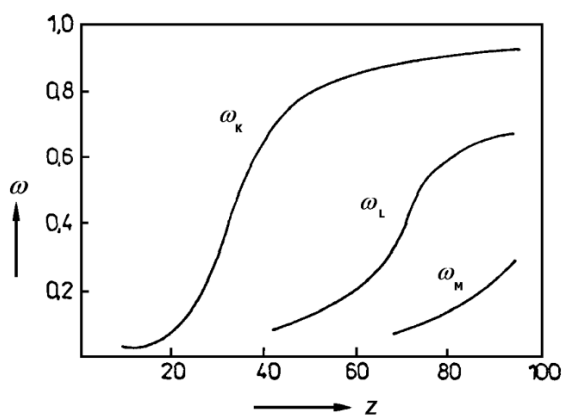
Ozařováním látek rentgenovým (primárním) zářením, které vychází z vhodného budícího zdroje, vzniká tzv. sekundární rentgenové záření. Tento úkaz je obecně označován jako rentgenová fluorescence, na jejímž základě je postavena jak kvalitativní tak kvantitativní analytická metoda označována jako rentgenová fluorescenční spektroskopie (Mestek, 2010).

K excitaci využívá rentgenové záření. To je schopno vyrazit vnitřní elektron z obalu atomu. Ve chvíli, kdy se uvolní vnitřní elektron, elektrony z vyšších slupek deexcitací zaplní jeho místo a uvolní přebytečnou energii ve formě fotonu, která bude nižší (větší vlnová délka), než byla energie původního rentgenového fotonu (menší vlnová délka). Elektrony mohou deexcitovat kaskádovitě, takže se může objevit spektrum různých fotonů (absorpční hrany) a právě toto fluorescenční spektrum se používá k identifikaci atomu.

Důležitým kritériem využití RTG spektrální analýzy je počet zaplněných vakancí při zářivém přechodu. Tento počet se označuje jako rentgenový fluorescenční výtěžek ω_q , jenž je vyjádřen vztahem :

$$\omega_q = n_z/n_q,$$

kde n_z udává počet zářivých přechodů a n_q je celkový počet vakancí na hladině q.



Obr. 1: Hodnoty rentgenového fluorescenčního výtěžku pro některé série (Mestek, 2010)

Z obrázku č. 1 je zřejmé, že fluorescenční výtěžek pro lehké prvky je relativně nízký, a proto je nízká i citlivost jejich stanovení metodami RTG – fluorescenční analýzy.

1.2. Využití RTG – fluorescenčního spektrometru v praxi

Rentgenová fluorescenční spektrometrie je považována za prioritní metodu nedestruktivního stanovení analyzovaných vzorků, které nemusí být výlučně v pevném skupenství. Tato metoda má široké využití zejména v průmyslových technologiích a při kontrole životního prostředí, kde je důležitá, mimo analýzy majoritních prvků, také detekce stopových množství. Právě detekce stopových obsahů je umožněna díky širokému rozsahu měřených koncentrací, který se pohybuje v rozmezí desetitisícin procenta ke stu procentům. Rozsah analyzovaných prvků je podmíněn výběrem rentgenového spektrometru v závislosti na citlivosti jeho detektoru. Spektrometry s vysoce citlivým detektorem dokáží analyzovat prvky od atomového čísla 12, jež patří hořčíku. Takovým detektorem typu SDD (Silicon Drift Detector) je vybaven i XRF analyzátor Innov X – Delta Premium, s nímž jsem pracovala. Detektory s menší citlivostí pak můžeme využít zvláště při analýze těžkých kovů a ostatních prvků s atomovým číslem větším než 20 (Mestek, 2010).

2. Barokní kamenné památky města Olomouce

V období baroka, a to zejména koncem 18. století, zažila Olomouc z architektonického hlediska podstatnou transformaci. Dříve okupované město švédskými vojsky postihlo v letech 1623 – 1709 dvě ničivé tragédie. Jednou z nich byla morová epidemie, druhou pak požár, který měl zvláště devastující následky v centru města. Z obou těchto tragédií se město rázem dokázalo vzchopit, a to zejména díky výtvarným a symbolickým prostředkům tak vystavět moravskou metropoli. Vybudování velkolepých staveb, jako je arcibiskupská rezidence, chrám na Svatém Kopečku, šlechtické paláce a městské domy, soubor barokních kašen a sloupů, dávají městu charakteristický obraz baroka.

V této kapitole se budu věnovat stručné charakteristice barokních kašen a sloupů v historické části města Olomouce, zaměřím se na pozadí jejich vzniku a na druh kamene, který byl pro jejich výstavbu použit.

2.1. Kašny a sloupy

„Olomouc krásná, Olomouc něžná, Tvým městem po špičkách kráčela kněžna. Z vodotrysků kašen kvapí neúprosný čas. Já do tebe jsem zamilován jako včera zas.“ Úryvek básně olomouckého divadelního dramaturga Jiřího Flička ukazuje na fakt, jak historická architektura města, ve kterém člověk stráví svůj život, ovlivňuje historii jeho samotného.

V dnešní době patří kašny mezi jakési kulturní památky, které jsou svým architektonickým řešením obdivovány jak odborníky, tak i laiky, kteří si město bez kašen nedovedou představit. Význam kašen v antickém období, zejména v Římě, byl velice praktický, jelikož byly zdrojem pitné a užitkové vody. V historické části města Olomouce se nachází 25 kašen, z toho pouze šest je zasazených do období baroka a společně se sloupem Nejsvětější Trojice a Mariánským sloupem patří od roku 1995 mezi národní kulturní památky. Barokní olomoucká architektura je přímo spojena s tehdejšími katolickými přesvědčeními. Nasvědčuje tomu fakt vybudování dvou barokních sloupů s duchovními motivy. Jedním z nich je Sloup Panny Marie na Dolním náměstí, druhým je Sloup Nejsvětější Trojice na Horním náměstí, který je svou výzdobou a velikostí mnohem honosnější. Oba sloupy jsou zasazeny do půdorysu náměstí tak, aby ležely v hlavních pohledových osách a tvořily tak jakési centrum pozornosti, přicházejíc na náměstí ze všech

stran. Následující přehled olomouckých barokních kašen a sloupů vychází z publikací Fialy a kol. (2010) a Elbela (1997).

Merkurova kašna

Nejmladší z olomouckých kašen byla vystavěna roku 1727 mezi ulicemi 8. května a 28. října sochařem Filipem Sattlerem. Ten zhotovil sochu Merkura jako mládence zachyceného v letu, dívajícího se vzhůru směrem ke své pozvednuté ruce, ve které drží okřídlenou hůl obtočenou dvěma hady, tzv. caduceus. Andílek u jeho nohou a tři chrliče ve tvaru hadích hlav tvoří určitý piedestal. Vodní nádrž kolem sochy pak zhotovil Václav Render. Merkur, čili bůh obchodu, symbolizuje město Olomouc jako obchodní centrum.

Caesarova kašna

Skalisko, na kterém leží dva muži držící se za ruce, a nad kterými se tyčí sousoší Caesara sedícího na svém koni, představuje kašnu zhotovenou roku 1725 na Horním náměstí, v jeho jihovýchodním rohu. Erby Dolního Rakouska a Moravy, jež drží oba muži ve svých rukou, představují řeky Moravu a Dunaj. Celé sousoší je výjimečné v tom, že je zhotoveno z jednoho kusu kamene Janem Jiřím Schaubegerem, vodní nádrž pak vytvořil se svými spolupracovníky kameník Václav Render.

Kašna Tritónů

Roku 1709 na křižovatce ulic Denisova, Ztracená a Ostružnická vznikla pod vedením kameníka Václava Rendra Kašna Tritónů, která byla přemístěna na náměstí Republiky v roce 1890 a kde se nachází dodnes. Městský syndrik Florian Josef Loucký popisuje sousoší takto: „Na ní stojí dva divocí muži zády k sobě a drží nad sebou velkou mušli. Mezi nimi jsou dvě velké ryby opírající se hlavami o skálu s ocasy stočenými do výše pod mušli, jako by ji chtěly pomáhat držet. Nahoře na mušli stojí dítě, které drží na řetězcích dva draky“.

Jupiterova kašna

Barokní kašna umístěna v jižní části Dolního náměstí vznikla v roce 1709, avšak až v roce 1735 byla původní socha sv. Floriana zaměněna za sochu Jupitera, díla Filipa Sattlera. Na kamenických pracích se kromě Václava Rendra a Jana Jakuba Kniebandla podílel také Francesco Arigone, milánský malíř, jež prvotní sochu sv. Floriana opatřil

nátěrovými barvami, tzn. sochu polychromoval. Z této informace tedy můžeme usuzovat, že období baroka v Olomouci bylo obdobím rozkvětu polychromie.

Herkulova kašna

Druhá z nejstarších kašen, zhotovena v letech 1687 – 1688 sochařem Michaelem Mandíkem a kameníkem Václavem Schüllerem, který zhotovil vanu a piedestal, se nachází na Horním náměstí proti olomouckému orloji. Původně stála tato kašna v severozápadním rohu náměstí, avšak z důvodu výstavby Čestného sloupu Nejsvětější Trojice a po ničivém požáru v roce 1709 musela být zrestaurována a přemístěna na své dosavadní místo. Herkules, který v jedné ruce drží kostkovanou orlici jako symbol města Olomouce a Moravy, v druhé pak v záprahu dřevěný kyj, má být ztotožněn s tehdejším panovníkem Leopoldem I., který má chránit obyvatele Moravy před nepřáteli a odpůrci státu, kteří jsou na plastice vyobrazeni jako sedmihlavá lernská hydra plazící se u jeho nohou.

Neptunova kašna

V roce 1683 na Dolním náměstí měla vzniknout první kašna s barokními motivy. Sochařská část byla vytesána Michaelem Mendíkem, kamenická práce byla zhotovena profesionálním olomouckým kameníkem Václavem Schüllerem. Podle čtveřice želv, které byly z kašny po restaurátorském zásahu v roce 1754 odstraněny, zněl původní název kašny Želví kašna. Centrální postavu zosobňuje mořský bůh Neptun, který se svým trojzubcem bojuje s mořskými koňmi. Neptunova kašna stála u zrodu velmi cílevědomého sochařského projektu inspirovaného římskou barokní architekturou, a který byl ukončen na začátku 18. století.

Sloup Panny Marie

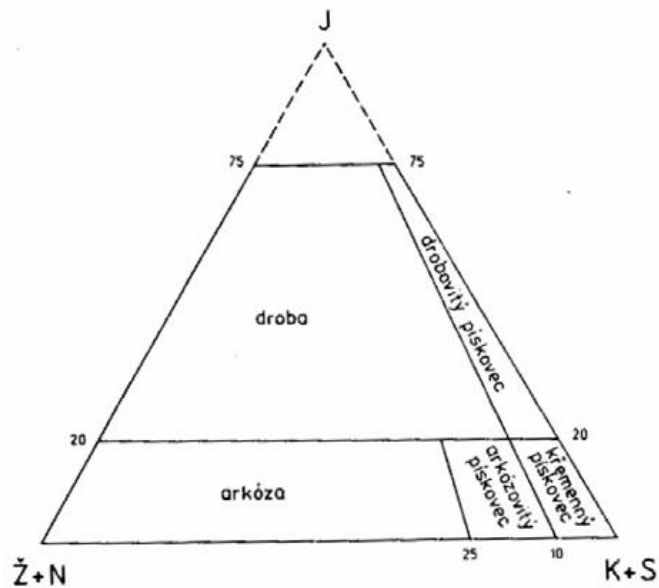
Když v letech 1713 – 1715 postihla české území epidemie moru, která za sebou v Olomouci ponechala asi tři tisíce obětí, byl jako poděkování za záchranu obyvatel města vystavěn na Dolním náměstí sloup zasvěcený Panně Marii. Stavba započala roku 1716 pod vedením olomouckého kameníka Václava Rendera, který na realizaci sochařské výzdoby přizval sochaře Johanna Sturmera. Sloup byl umístěn mezi Jupiterovu a Neptunovu kašnu tak, aby se nacházel v průzoru Laffayetovy ulice. Dokončen byl roku 1723 a jeho vysvěcení proběhlo o rok později.

Čestný sloup Nejsvětější Trojice

Výstavba tohoto monumentálního sloupu byla zahájena v roce 1716 kameníkem Václavem Renderem ve spolupráci se sochařem Filipem Sattlerem. Po sedmnácti letech pečlivé práce olomoucký rodák a považovaný kameník Render zemřel a dokončení projektu se nedožil ani sochař Sattler. Celá stavba se tímto zbrzdila a v roce 1741 byla dokonce ukončena prusko-rakouským válečným konfliktem. V roce 1744 se práce na monumentu znovu započala pod vedením kamenického mistra Augustina Schulze. Ten se však dostavby nedočkal a jeho práci převzal Jan Ignác Rokický, který spolu se sochařem Ondřejem Zahnerem a jeho pokračovatelem Janem Michalem Scherhaufem, zdárně celý sochařský projekt ukončil. Roku 1753 byla celá stavba nakonzervována olejem a natřena bílou barvou malířem Ludvíkem Ignácem Müllerem. O rok později byl sloup slavnostně vysvěcen. Od roku 2000 je zapsán na Seznamu světového kulturního dědictví UNESCO.

2.2. Pískovec – základní stavební kámen olomouckého baroka

Pískovce se svou stavbou a mikroskopickou strukturou řadí mezi zpevněné klastické sedimentární horniny s 25 – 50 % obsahu psamitických zrn. Podle velikosti zrn je dělíme na jemnozrné, kde se velikost zrn pohybuje od 0,05 mm do 0,25 mm; středně zrnité se spodní hranicí zrnitosti 0,25 mm do 0,50 mm a na hrubozrné, u nichž dosahuje velikost zrn do 2 mm. Kromě zrn různé velikosti obsahují pískovce tzv. primární prachovou či jílovou hmotu nebo sekundární tmel, který podle různosti svého složení můžeme označovat jako tmel karbonátový, křemitý, fosfátový, železitý atd. (Svoboda a kol., 1983). Pískovce se nejčastěji dělí do tří skupin a to podle toho jaký objem pefitické, psamitické či pelitické frakce zaujímají. Takového rozdělení názorně zobrazuje trojúhelníkový diagram (Obr.2).



Obr. 2: Klasifikace zpevněných psamitů v trojúhelníkovém diagramu (Zimák, 2005)

J – objem jílových a prachových částic + úlomky slíd

K + S – objem křemene + úlomky stabilních hornin

Ž + N – objem živců + úlomky nestabilních hornin

Jedním ze základních způsobů využití pískovce je jeho zpracování jako stavebního kamene. Stežejní úlohu při výběru použití pískovce hraje především druh a vlastnosti tmelu, který rozhoduje o kompaktnosti horniny. Pískovce obsahující křemité tmel jsou nejodolnější a mají největší soudržnost, proto je jejich využití ve stavebnictví nejhojnější. V sochařském průmyslu má pak nejrozšířenější využití pískovec s křemito-kaolinickým tmelem, který je poddajnější ve své opracovatelnosti. K výrobě šterku a dlažby se dále používají pískovce hrubozrnější jako jsou arkózy, pro něž je charakteristická přítomnost živců a droby, které obsahují zrna tmavých hornin (Svoboda a kol., 1983).

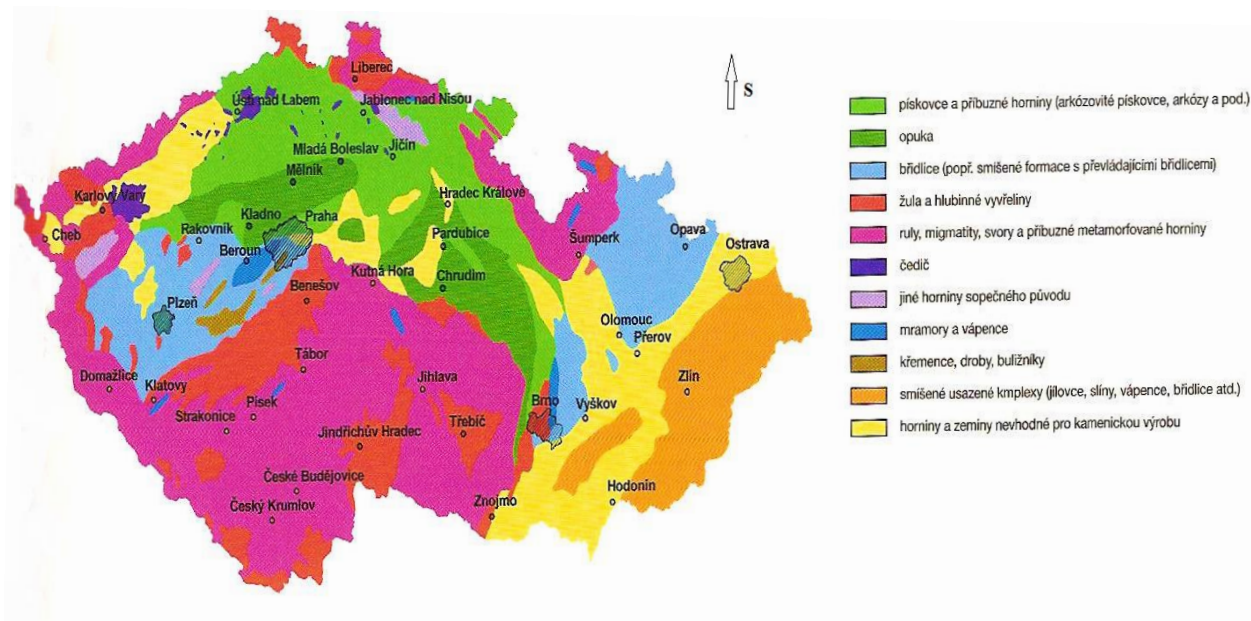
Použití pískovce v sochařství má v mnoha ohledech svá opodstatnění. Jak již bylo zmíněno výše, jedná se o horninu kompaktní a v závislosti na složení tmelu i do jisté míry rezistentní. K dalším výhodám jeho použití, jak se zmiňuje Slouka a kol. (2007), patří zejména jeho nízká cena, která je dána jeho rozšířeným výskytem a také to, že je těžitelný v blocích různé velikosti, což umožňuje vytvářet monolitická díla rozličných proporcí. Bavíme-li se o výhodách použití pískovce jako stavebního kamene, měli bychom se rovněž zmínit o jeho negativěch. Podstatným problémem jsou povětrnostní podmínky, kterým je

hornina vystavena a na jejím povrchu se tak vytváří tmavý povlak. Pro restaurátory pískovcových památek, jakož i pro hlavní výstup této práce, je důležitý fakt, že na povrchu pískovce se dlouhodobě neudrží barva.

2.2.1. Česká křídová pánev

Proč byl vlastně pískovec, a i doposud stále je, tak hojně využívanou horninou pro kamenické a sochařské práce? Odpověď na tuto otázku jsme schopni najít v geologické minulosti České republiky, a to v období, které začalo přibližně před 140 Ma. Název tohoto útvaru, který trval 80 milionů let, je odvozen od horniny, jež byla v této době charakteristická. Podle této horniny byl geology onen útvar nazván jako křída. Hovoří-li se o křídovém období v České republice je pro odborníky samozřejmostí zmínit se především o české křídové pánvi, která svou rozlohou 14 600 km² pokrývá severní část Českého masivu a táhnoucí se od Drážďan na severozápad Moravy (Chlupáč, 2002). Okrajové uložení pánve, které podlely pokřídové erozi ovšem naznačují, že původní rozloha pánve byla mnohem větší a sahala tedy až k nízké elevaci Brd, Hřebenů a do Posázaví. V době velké cenomanské transgrese, po období sladkovodní sedimentace, proniklo do sestupující zóny moře, které až do spodního coniacu zvětšovalo svoji plochu. I když tato mořská inundace trvala pouhých deset milionů let, nechala za sebou svrchnokřídové uložení o mocnosti až několik set metrů. Jak uvádí Chlupáč (2002) je výplň pánve tvořena převážně klastickými sedimenty nestejně zrnitosti a v mořských uloženích se setkáváme i se sedimentací karbonátovou, která dala vznik slínům, slínovcům, opukám ale i vápencům. Za nejstarší část pánevní výplně uvažujeme perucko-korycanské souvrství, kde nejnižší jednotkou jsou vrstvy perucké. Tyto vrstvy jsou reprezentovány několika cykly, které začínají křemennými slepenci a pískovci. Ty pak přes prachovce přecházejí do jílovců. Korycanské vrstvy, dokládající cenomanskou mořskou sedimentaci, jsou uloženy v nadloží vrstev peruckých. Charakteristickými horninami těchto vrstev jsou šedé až rezavé pískovce s diagonální vrstevnatostí a kaolinickou základní hmotou. Glaukonit, vyskytující se v horních vrstvách, ovlivňuje jejich zbarvení typickým nazelenalým odstínem.

Vzhledem k výše popsané geologické situaci české křídové pánve jsme schopni si vysvětlit přítomnost tak rozsáhlého výskytu pískovcových nalezišť na našem území (Obr. 3).



Obr. 3: Mapa surovin využitelných v kamenictví v ČR. Podle Hanzla a kol., zpracoval Slouka a kol.

Jak se zmiňuje Slouka a kol. (2007) největší popularitou se pyšní lomy v okolí Hořic, a to zejména Podhorní Újezd, jenž je zde nejvýznamnější. Za zmínku také stojí lomy Boháňka, Vojice, Doubrava, Březovice a Skála (těžba ukončena dříve). Na této lokalitě existovalo až 145 pískovcových lomů. Další důležitá lokalita se nachází u Budyně nad Ohří, kde se těží mšenský pískovec, jehož název je odvozen od místa naleziště Mšené-lázně. Z důvodů rozsáhlé těžby v průběhu dějin byla většina lomů odkázána k zániku. Takový osud potkal i kdysi slavné lomy Nehvizdy a Zápy nacházející se mezi Prahou, Čelákovici a Brandýsem nad Labem. Pro rekonstrukci památek je v současnosti hojně využíván božanovský pískovec z Božanova na Broumovsku, který svým renomé konkuruje pískovci hořickému. Jedním z nejvýznamnějších moravských nalezišť pískovce je Maletín nedaleko Mohelnice, z něhož je zhotovena právě většina barokních památek v Olomouci, a jemuž se v následující kapitole budeme věnovat. Geograficky i petrografickou charakteristikou je mu podobný pískovec z nedalekého Mladějova, který byl využíván spíše na zhotovování sochařských artefaktů. Region, v němž se těžil maletínský a mladějovský pískovec, patří do orlicko-žďárského vývoje korycanských vrstev.

2.2.2. Maletínský pískovec

Pískovec z Maletína je považován za jednu z nejhodnotnějších hornin v České republice, která je, díky své dobré opracovatelnosti, mechanické a chemické odolnosti a nízké nasákavosti, využívána v sochařském umění již 500 let. Z velikosti zrn, která se pohybuje v rozmezí od 0,1 do 0,2 mm, usuzujeme, že se jedná o jemnozrnný pískovec s jílovitým a křemičitým tmelem. Díky své odlučnosti ve tvaru regulérních rozměrných kvádrů se také označuje jako kvádrový pískovec. Žlutá až žlutohnědá barva maletínského pískovce je ovlivněna přítomností hydroxidů železa. Nerovnoměrné zbarvení se projevuje typickým šmouhováním (Gába, 1994). Pro maletínský pískovec, jak popisuje Šrámek (2003), je charakteristický výskyt železitých „broků“, čili malých pyritových konkrécií, které postupem času zvětrávají na limonit.

Podle Gáby (1994) se tento pískovec objevuje na území čtyř moravských obcí nacházejících se mezi Moravskou Třebovou, Zábřehem a Mohelnicí. Jedná se o obec Starý Maletín, Studenou Loučku, Svojanov a Prklišov (Obr. 4).



Obr. 4: Situační náčrt výskytu maletínského pískovce označeno červeně (Gába, 1994)

Těžba ve Starém Maletíně pravděpodobně začala už ve 13. století a svého maxima pak dosáhla ve století 18. a 19. Ve 20. století, koncem druhé světové války, byla těžba ukončena, avšak roku 1993 byl lom u Maletína obnoven a dodnes je využíván zejména pro těžbu kusového materiálu k restaurátorským účelům. V lomu u Studené Loučky probíhala

těžba v menší míře a také byla ukončena mnohem dříve. Podle dochovaných záznamů a podle dnešního stavu lomů lze usuzovat, že minimální množství vytěženého pískovce bylo zhruba 200 000 m³. Jak Šrámek (2003) tak i Gába (1994) uvádějí, že pískovec z Maletína byl hojně využívaným sochařským materiálem na Moravě, zejména pak na Šumpersku a Olomoucku, ale také v sousední části východních Čech. V období renesance byl kámen používán ve velké míře na náhrobky, v baroku se z něj zhotovovaly sochy světců, v 19. století také portály a schody. Ve 20. století došlo k ústupu používání přírodního kamene, což výrazně ovlivnilo i jeho těžbu a pískovec byl tak nahrazen kamenem umělým či betonem. V dnešní době je využíván pouze pro restaurátorské účely.

Počet sochařských monumentů zhotovených z maletínského pískovce a zapsaných na seznam památkově chráněných objektů je pouze v šumperském okrese 117. K tomuto číslu je nutno připočítat také památníky, které chráněné nejsou, čímž se výsledný počet pískovcových sochařských děl výrazně zvýšil. Jen v Olomouci jsou z maletínského pískovce zhotoveny proslulé barokní kašny, morový sloup Nejsvětější Trojice, části arcibiskupského paláce a kláštera Hradisko. Maletínský pískovec byl na olomouckých měšťanských domech i honosných renesančních i barokních palácích použit na sochařskou výzdobu, na portály, ostění a obklady budov. S architektonicky významnou kamennou křížovou cestou se můžeme setkat v Rudě u Rýmařova. V Moravské Třebové, Lanškrouně či Velkých Losinách byl použit při stavbách tamějších zámků, ale můžeme jej rovněž najít i na stavbách venkovských selských statků (Gába, 1994).

3. Barevné podání pískovcových staveb a soch v období baroka

V období baroka se značná část jak konstrukčních, tak zdobných prvků budov opatřovala nátěrem. Tento přístup byl veden dvěma záměry: u prvků zhotovených z pískovce šlo, zejména u honosnějších objektů, o imitaci ušlechtlejších materiálů, převážně mramoru; druhým účelem byla ochrana povrchu před degradací.

3.1. Monochromie

Jednobarevné úpravy se zpravidla snaží imitovat vzácnější materiál, nebo sjednocují povrch. Můžeme se tak setkat se zeleně natíranými sochami, které imitují bronz pokrytý vrstvou patiny, s napodobením mramorů, alabastru či slonoviny (v interiéru tzv. leštěná běl) často v kombinaci se zlacením (Fajmanová, 2012).

3.2. Polychromie

V mnoha kulturách po celém světě, na mnoha místech a v různých časových obdobích mělo lidstvo touhu zanechat po sobě jakýsi odkaz. Tento odkaz měl být hmatatelný a bylo cíleno k tomu, aby si v průběhu věků co nejvíc zachoval svou původní podobu. Z těchto důvodů bylo používáno různých konzervačních prostředků. Zvláště pak v sochařství se můžeme setkat s technikami povrchových úprav, které soše jednak vtiskly osobitý charakter a podtrhly celkový vjem, tak zvané sochu „oživily“, a jednak chránily její povrch před vlivy vnějšího prostředí. Z těchto technik povrchových úprav můžeme zmínit zejména pozlacování, mramorování či různé techniky polychromních úprav.

V České republice neexistuje mnoho soch či objektů, pocházejících z doby barokní, které by si zachovaly původní polychromii. Barevná socha je typická spíše pro zasazení do interiéru (sochy svatých). V exteriérech se technika polychromie začala hojně využívat v období baroka, a proto je vzácností, když se na našem území objeví několik objektů s původní polychromií.



Jedním z takovýchto unikátů je socha Svatého Jana Nepomuckého z Čáslavic na Třebíčsku, která podle odborníků pochází z poloviny 18. století. Vzácnost této sochy byla objevena až v roce 2008 akademickým sochařem Otakarem Marcinem, který měl původně sochu restaurovat. Na této soše byly použity 4 barvy. (<http://www.radio.cz/cz/rubrika/ceskenej/v-caslavicich-maji-vzacnou-barokni-sochu-sv-jana-nepomuckeho>)

Obr. 6: Sv. Jan Nepomucký z Čáslavic

Další zmínky o původní polychromii sochy Sv. Jana Nepomuckého z období baroka nalezneme ve Svojsčicích. Toto pískovcové sochařské dílo vytvořil František Martin Katterbauer z Kutné Hory už roku 1714. Na rozdíl od sochy z Čáslavic, bylo na této použito i zlacení. (<http://cestyapamatky.cz/kolinsko/svojsice/socha-sv-jana-nepomuckeho>)



Obr. 7: Sv. Jan Nepomucký ze Svojsčic

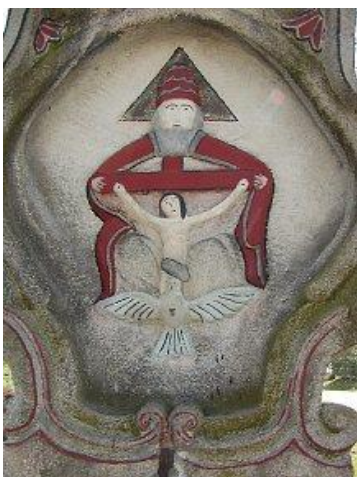


Třetí barokní sochu Svatého Jana Nepomuckého s původní polychromií mají v muzeu v České Lípě. Původní vrstva polychromie byla překryta nekvalitním nátěrem, který byl restaurátory odstraněn. Poškozené části sochy byly opraveny a bez jakýchkoli barevných úprav byla soše ponechána její původní polychromie.

(<http://restaurovanisoch.cz/unnamed/obsah/restaurovani/polychromovana-socha>)

Obr. 8: Sv. Jan Nepomucký z České Lípy

Jak je zřejmé z předchozího textu, na území České republiky je jen velmi málo soch, které jsou opatřeny ještě původní polychromií. Nejčastěji byl, v období baroka, pojat polychromií (a to v různých barvách jak je patrné na obrázcích č. 6, 7 a 8) právě Svatý Jan Nepomucký, což mohlo být způsobeno jeho blahoslavením v roce 1721 a následně jeho svatořečením o osm let později. Polychromie zde měla náboženský ráz a mohla vyjadřovat úctu lidu k tomuto patronu české země a podtrhnout tímto jeho důležitost.



Mimo polychromovaných soch svatých, které se tyčí v krajině už několik století, můžeme zmínit také jednotlivé polychromní objekty, které jsou význačné náboženskou tematikou. Uvedme zde například barokní Boží muka z roku 1769 na návsi v Dobrkovské Lhotě. Na obrázku č. 9 si můžeme všimnout červeného detailu zdobení, který zvýrazňuje motiv Krista na kříži s bílou holubicí u nohou.

(<http://www.selskebaroko.cz/selskebaroko/dobrkovskalhotka/dobrkovskalhotka.htm>)

Obr. 9: Kaplička na návsi (detail barevného zdobení)

Nejen polychromie ale i monochromie měla v barokní architektuře a sochařství své místo. Příkladem může být socha svatého Vojtěcha v Pyšelech z roku 1750 (Obr. 10). Na této soše byla při restaurátorském zásahu v roce 2007 objevena nejspodnější monochromní vrstva světle šedé barvy, kdy bylo použito barytové a zinkové běloby. Další vrstva byla sytě šedá a byla na ní nalezena vrstva hliníku. Hliník byl používán jako levná imitace stříbra. Nanesení této druhé vrstvy proběhlo v roce 1895, což dokazuje dochovaný nápis na soklu.



Další typicky barokní monochromní socha svatého z roku 1756 se nachází v Dolním Žlebu na břehu řeky Labe. Jedná se o sochu svatého Vojtěcha oděného do biskupského roucha. Svatý Vojtěch je patronem plavců, a díky svému strategickému umístění a dobré viditelnosti, kterou způsobuje světle šedý nátěr, byla i dobrým orientačním bodem pro lodníky na Labi. (<http://www.npu.cz/barokni-socha/vsechna-dila-a-mista/vypis/detail/219-pysely-socha-sv-vojtecha/>)

Obr. 10: Svatý Vojtěch v Pyšelech

3.1. Funkce polychromie

Užití techniky polychromie má, kromě umocnění výrazu sochařského díla jak bylo zmíněno výše, i další funkce, které byly mnohdy pro člověka daleko důležitější. Nejvýznamnější z nich byla snad funkce **náboženská**. Náboženství a víra hrála zejména pro olomoucký katolický lid důležitou roli. Barevnost zde byla spjata s určitými ikonografickými a liturgickými pravidly.

Spojení umění a náboženství mělo člověku přiblížit biblické příběhy (znázornění křížové cesty) či osudy světců, kde byl kladen důraz na dodržení realistické podoby. Hovoříme zde o funkci **edukativní**.

Další funkce polychromie vznikla z touhy člověka být obklopen prostředím, ve kterém se cítí dobře. Jedná se o funkci **estetickou**. Vzhled soch a jiných uměleckých děl byl ovlivněn umělcovým přesvědčením finální podoby a do značné míry také finanční situací objednavatele. Barevnost sochařských děl podléhala okolním dobovým vlivům.

Použití polychromie může v mnoha ohledech **imitovat** materiály, které byly u nás málo dostupné (mramor) nebo o materiály, které byly finančně nákladné (drahé kovy, slonovina).

Funkce polychromie mohou mít v některých směrech i praktický charakter, zvláště když má použitý kámen nějakou vadu (barevné skvrny), je možno tuto vadu **zakrýt** barvou.

Další důležitou funkcí polychromie je funkce **ochranná**. Barevná vrstva umožní památce odolávat povětrnostním podmínkám mnohem déle než památce, která není opatřena nátěrem. Zvláště náchylné k degradaci jsou zejména pískovce, které byly nejpoužívanějším sochařským materiálem na severní Moravě (Fajmanová, 2012).

Existuje mnoho dalších funkcí použití polychromie jako techniky, která dodává dílu osobitý charakter. V předchozí kapitole jsem se však zmínila pouze o funkcích, které určitým způsobem ovlivnily vzhled sochařského díla, které bylo zasazeno do konkrétního období.

3.2. Techniky polychromie

Polychromie neboli mnohobarevnost je historický způsob povrchové úpravy různých artefaktů s využitím pestré škály barev. Tuto techniku začali používat již staří Egypťané, což dokládají četné archeologické nálezy polychromovaných masek a sarkofágů faraonů, které pocházejí už ze 14. století př. n. l. Vzhledem k tomu, že sarkofágy byly uloženy v kamenných hrobkách v podzemních katakombách a nebyly tak vystaveny povětrnostním podmínkám vnějšího prostředí, není překvapující, že polychromovaný povrch sarkofágů byl i v době jejich nálezů tak zachovalý. Jinak je tomu u soch, které jsou zasazeny do exteriéru, kde se nanosená barva postupem času vytrácí až dokonce zcela zmizí.

Vývoj polychromních technik se ve velké míře odrazil na současném zdokonalování zpracovávání povrchů. Vcelku uniformní náhled na polychromii, který byl založen na nereálném významu zobrazení, se prosazoval ve 14. století. Socha vytvořená v tomto duchu pak měla zlaté vlasy a oděv, pleť slonovinově bílou a lehce zvýrazněné červené rty. V 15. století se způsoby polychromních technik vrátily zpět k naturalismu, stejně jako tomu bylo ve slohu románském. Období renesance, zejména v Itálii, přineslo objevení kararského mramoru a možnosti jeho opracování. Takto vytvořené sochařské dílo bylo považováno za dokonalé. Technika leštěného bílého polimentu, která byla napodobeninou drahého italského materiálu, byla hojně využívána v 17. století, ale až ve století 18. dosáhla svého vrcholu (Losos, 2005). Jak uvádí Volavka (1959), použití barvy v sochařství ustupuje klasickému „čistému“ projevu sochařské skulptury v období klasicismu.

3.2.1. Mramorování

Pojem mramorování označuje komplexní techniky pro imitaci mramoru. Rozvoj této techniky byl zaznamenán už ve starověku, kdy byl ovlivněn vysokou cenou přírodního mramoru a finanční prostředky kameníka či sochaře tak stačily pouze na použití vhodné techniky kresby charakteristického vzhledu mramoru. Technika imitace mramoru se nejčastěji provádí na dřevěné, štukové a kamenné podložky, které je nutno nejprve vhodně upravit. V případě, že jako podklad zvolíme kámen, bývá jím převážně pískovec, budeme jej upravovat napouštěním zředěným lněným olejem v terpentýnu (Losos, 2005).

3.2.2. Olejová polychromie

Dle Lososa (2005) se jako olejomalby označují malby, kde jsou barvy spojeny vysychavými oleji, to je takovými, které na vzduchu podléhají oxidaci, čímž dochází k polymeraci a vzniku soudržného produktu. Podle zastoupení nenasycených kyselin dělíme oleje na:

- rychle vysychavé – lněný a tungový
- pomalu vysychavé – makový a ořechový
- polovysychavé – sojový, řepkový a sezamový

Olejová polychromie je technikou, která se používá k polychromování sochařských děl v exteriéru, nicméně olejové barvy nejsou jediné, které byly využívány. Ojedinele se tak můžeme setkat s barvami vápennými a kaseinovými.

Před vlastním nanesením olejové barvy musel být použitý kámen (především pískovec, vzácněji vápence, opuka) napuštěn horkým olejem, který zaručoval lepší přilnavost nanášené barvy. Po takovéto úpravě použitého materiálu byl kámen opatřen prvním podkladovým nátěrem, který byl rozetřen v takové vrstvě, aby zaručil homogenitu na celém jeho povrchu. Kromě pojiva se v podkladové vrstvě vyskytují také sušidla (sikativa) ve formě olovnatých pigmentů jako je olovnatá žlut' či běloba. Další nezbytnou součástí podkladů je plnivo, jímž bývá plavená křída. Výsledná barva podkladu závisí na tom, jaké pigmenty použijeme pro jeho dobarvení. Jedná se především o železité pigmenty či hlínky. Na podklad se dále nanáší vlastní barva a to buď polychromní nebo monochromní (Fajmanová, 2012).

Výsledná barevná vrstva je ovlivněna množstvím použitého oleje, přičemž pigment musí být v oleji pečlivě rozmělněn. Charakteristickým znakem pro olejové barvy je jejich pomalé vysychání, což umožňuje nanesenou barvu déle roztírat do požadovaného odstínu. Rychlost vysychání ovlivňují i použité pigmenty, o nichž bude zmínka v následující kapitole (Losos, 2005).

Konečnou úpravou barevné sochy je lakování. To se však na mnohých kamenných sochách nedochovalo. Důvodem je zřejmě to, že poslední vrstva je nejvíce náchylná k povětrnostním podmínkám a také k mechanickému poškození.

4. Pigmenty používané v sochařství

Následující kapitola pojednává o pigmentech, jež byly s největší pravděpodobností používány k polychromování barokních objektů v centru Olomouce. K sepsání této části byly použity práce Kubátové a kol. (2000), Šimůnkové – Bayerové (2014) a Kalendové (2003).

Slovo pigment (z latiny pigmentum) původně označovalo barvu či barevnou látku a také některé druhy rostlinných extraktů. Ve dvacátém století získal pigment další význam, a to jako označení pro barevné prášky nerozpustné v rozpouštědlech a pojivech. Na rozdíl od barviv, která rozpustná jsou, mají dodávat nátěrovým hmotám určitý barevný odstín a kryvost, čili krycí mohutnost pigmentu. Používání pigmentů má bohatou historii a její počátky začínají už v pravěku, což dokazují různé jeskynní kresby, které vznikly za použití přírodních hlinek či dřevěného uhlí. Podle chemického složení dělíme pigmenty na anorganické, organické či směsné. Tyto tři skupiny se podle způsobu vzniku dále dělí na přírodní a umělé. Pigmenty na umělé bázi jsou připravovány chemickou cestou (srážení z vodných roztoků, žihání, tavení, atd.), na rozdíl od pigmentů přírodních, které vnikají mletím a sušením přírodní suroviny.

Důležitou vlastností pigmentů je jejich barevnost, která je vyvolána absorpcí a odrazem záření. U anorganických pigmentů je barevnost způsobena existencí chromoforů, což jsou ionty přechodných kovů jako je mangan, kobalt, nikl, měď, chrom, atd. U organických pigmentů je barevnost vyvolána přítomností násobných vazeb. Mnohem významnější vlastností je však krycí mohutnost pigmentu (kryvost), která je závislá na rozdílu indexu lomu pigmentu a pojiva. Čím je rozdíl vyšší, tím větší má pigment kryvost, čili schopnost zakrýt barvu podkladu. Mimo tyto podstatné charakteristiky pigmentů existuje celá řada dalších vlastností, které určují dobu jeho životnosti v exteriéru. Patří k nim tzv. světlostálost, kdy některé pigmenty, vlivem ultrafialového záření, mění svou barvu. Důležitou úlohu při výběru pigmentu na použití v exteriéru má i jeho odolnost vůči povětrnostním podmínkám, kdy může docházet vlivem dešťů k jeho vymytí.

4.1. Anorganické pigmenty

Porovnáním chemických struktur mezi anorganickými a organickými pigmenty zjišťujeme, že přítomnost organických skupin (-OH, C=O, -N=N-) v molekule pigmentu

není žádoucí vystavujeme-li pigment působení slunečního záření. V tomto případě dochází v molekule k narušení vazeb, což vede k znehodnocení pigmentu. Organické pigmenty jsou pro tuto vlastnost málo využívanými pro venkovní nátěry, a proto se zde budeme věnovat pouze pigmentům anorganickým, které jsou z hlediska náplně této práce zásadním výstupem.

4.1.1. Anorganické pigmenty bílé

Titanová běloba – oxid titaničitý – TiO_2

Pigment s nejvyšší krycí mohutností. Má jemnou, mikrokrytalickou strukturu a je považován za nejbělejší pigment vůbec. Výskyt titanové rudy, kterou označujeme jako ilmenit, byl objasněn už roku 1791. Na trh však byla uvedena po roku 1920, kdy se jako pigment začala hojně využívat. Titanová běloba není jedovatá. Důležitou vlastností je, že na světle nemění svou strukturu.

Zinková běloba – oxid zinečnatý – ZnO

O výskytu tohoto pigmentu je známo už od středověku. V roce 1782 nahradila zinková běloba doposud používanou bělobu olovnatou, která měla pro životní prostředí toxické účinky. Od roku 1834 se začala běloba používat stále častěji a byla známá pod názvem Chinese white. Na světle je stálá. Vlivem nečistot z ovzduší se mění na sulfid zinečnatý, který je ovšem rovněž bílý.

Olovnatá běloba – zásaditý uhličitan olovnatý – $2 \text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb(OH)}_2$

Olovnatá běloba byla od středověku až po 19. století nejpoužívanějším bílým pigmentem, a to do doby, než ji nahradila běloba zinková a později rovněž oxid titaničitý. Tento pigment je na světle velmi stálý. Po reakci se sulfanem, který se vyskytuje ve formě kyselých dešťů v ovzduší, dochází ke zčernání pigmentu za tvorby sulfidu olovnatého. Má antikoroziční účinky a je jedovatá.

Barytová běloba – síran barnatý – BaSO_4

Jako přírodní pigment, sloužící k uměleckým účelům, se barytová běloba začala používat od roku 1782. Teprve v roce 1830 se na trhu objevila její umělá podoba. Síran barnatý nemá vysokou barvivost. Je stabilní na světle a působením sulfidů netmavne, čímž

si vysloužila označení „permanentní běloba“. Pro nízkou rozpustnost síranu barnatého je tento pigment netoxický.

Křída přírodní – uhličitan vápenatý – CaCO_3

Křída, jako jedna z nejstarších surovin používaná do podkladů maleb, byla nalezena na holandských a vlámských malbách z let 1430 – 1816. Pro její nízkou krycí mohutnost se nepoužívala v oleji jako pigment, ale měla využití jako brusidlo k leštění zlata a stříbra. V dnešní době se používá jako podkladový materiál či surovina pro výrobu barev. K výhodám patří její stálost na světle a její netoxické vlastnosti.

4.1.2. Anorganické pigmenty pestré

4.1.2.1. Chromanové pigmenty

Barytová žlut' – chroman barnatý – BaCrO_4

I přesto, že barytová žlut' byla známá už od roku 1804, její použití v souvislosti s uměním začíná až v 2. polovině 19. století. Ze všech chromových pigmentů se barytová žlut' vyznačuje největší stálostí, ale i přesto postupně přechází ze žluté na světle zelenou. Tento pigment je mírně toxický.

Chromová žlut' – chroman olovnatý – PbCrO_4 ($\text{PbCrO}_4 \cdot \text{PbSO}_4$)

Chroman olovnatý byl poprvé uměle vyroben v letech 1803 – 1804, a to v několika různých variantách. V uměleckém průmyslu se začal ve větší míře používat až v roce 1815. Postupem času se barva pigmentu mění na hnědou nebo zelenou. Se sulfanem poskytuje černý PbS . Smícháním s pruskou modří poskytoval chromovou zeleň. V dnešní době se chromová žlut' používá k výrobě inkoustů pro tisk. Pro nízkou rozpustnost v tělních tekutinách není zdraví závadný.

Chromová oranž – $\text{PbO} \cdot \text{PbCrO}_4$ a chromová červeň – $\text{PbCrO}_4 \cdot \text{Pb(OH)}_2$

První zmínka o jejich použití pochází z roku 1809 a je používán do současnosti. Pigment se vyznačuje vynikající krycí mohutností. Oba pigmenty jsou až do teploty $180\text{ }^\circ\text{C}$ stabilní, avšak původní barva pigmentů postupně tmavne. Ze všech chromových pigmentů jsou právě tyto dva svou toxicitou nejnebezpečnější.

Chromová zeleň – PbCrO_4

Vzniká smísením pruské modře a chromové žluti v různém poměru, který určuje výsledný odstín pigmentu. Používání chromové zeleně začalo v roce 1815 a po roce 1940 bylo postupně nahrazováno pigmenty syntetickými. Jako všechny chromové pigmenty je i tento na světle nestálý a s časem tmavne.

4.1.2.2. Olovnaté pigmenty

Olovnatá žlut' (žlutý suřík) – oxid olovnatý – PbO

Oxid olovnatý je znám už od roku 3000 př.n.l. a našel uplatnění zejména jako podklad pod zlacení. V současnosti se, díky jeho toxicitě, od jeho používání ustupuje. Má vysokou kryvost a barvicí schopnost. Na světle hnědne. Ve vlhkém prostředí se mění na olovnatou bělobu.

Suřík (minium) – olovičitan olovnatý – Pb_3O_4

O tomto pigmentu je zmínka už ve starých čínských zápisech z 5. století př.n.l. Byl běžně používán na malbách, obrazech a kamenných plastikách, jejichž stáří se odhaduje na 5. až 9. století n.l. Stejně jako všechny olovnaté pigmenty je i tento toxický, a proto se jej jako pigmentu v umělecké tvorbě už nepoužívá. Vlivem světla, kyslíku a vlhkosti se červená barva suříku mění na hnědou, kdy vzniká oxid olovičitý. Se sírou reaguje za vzniku černého sulfidu olovnatého.

4.1.2.3. Železité pigmenty

Žluté okry – směs goethitu – $\text{FeO}(\text{OH})$, limonitu – $\text{FeO}(\text{OH}) \cdot n \text{H}_2\text{O}$ a hlinek

Tato směs pigmentů je známá už od dob, kdy vznikaly první nástěnné jeskynní malby (jeskyně Lascaux, Francie), jejichž stáří je asi 15 000 let. Žluté okry patřily mezi nejoblíbenější pigmenty používané středověkými evropskými malíři. V dnešní době jsou vyráběny uměle. Odstín pigmentu závisí nejenom na poměru oxidu železitého ve směsi, ale rovněž na tom, z jaké oblasti onen oxid pochází. Na světle nemění své vlastnosti, ztrátou molekul vody však přechází na okr červený. Jejich důležitou vlastností je, že nejsou toxické.

Červené okry – směs goethitu – Fe(OH), hematitu – Fe₂O₃ a hlinek

Přírodní červené okry se používaly od pradávna, společně s okry žlutými. Syntetická příprava těchto pigmentů začala už v 18. století a dnes patří k nejdůležitějším pigmentům vůbec. Červené okry mají vysokou kryvost a barvivost, jsou světlostálé a jejich odstín závisí na stupni hydratace oxidů. Pigmenty největší jakosti se vyskytují ve Španělsku a u Perského zálivu.

Modrý okr (vivianit) – hydratovaný fosforečnan železnatý – Fe₃(PO₄)₂ · 8 H₂O

Poprvé byl tento pigment nalezen v německých a anglických polychromiích v období od 1150 do 1235. Byl také identifikován na rakouských barokních obrazech. Vivianit můžeme nalézt rovněž v České republice a to zejména v Krušných horách, u Chvaletic, u Semil. Je mnoho spekulací, že barva vivianitu se uchovává pouze za vysoké vlhkosti a při určité hodnotě pH, což negativně ovlivňuje jeho identifikaci.

4.1.2.4. Ostatní barevné pigmenty

Azurit – zásaditý uhličitan měďnatý – Cu(OH)₂ · 2 CuCO₃

Tento pigment se získává rozemletím minerálu azuritu. Podle jemnosti rozemletých částic minerálu získáme různé odstíny modré. Nejvýznamnější ložiska azuritu se nachází hlavně v Maďarsku, Francii a na Sardinii. Azurit se začal používat už ve 4. dynastii v Egyptě a byl používán v malířství až do 17. století, kdy byl postupně nahrazován pruskou modří. Na světle a na vzduchu je stálý, hydratací však přechází na zelený malachit.

Malachit – zásaditý uhličitan měďnatý – CuCO₃ · Cu(OH)₂

Vyrábí se stejným způsobem jako azurit, s nímž se také vyskytuje na mnoha místech ve světě. Společně s azuritem byl hojně používán v malířství, kde největší popularitu zaznamenal v 15. až 16. století. V dnešní době se tento pigment v umělecké tvorbě již nepoužívá. Má stejné vlastnosti jako azurit. I na malbách pocházejících ze středověku je barva malachitu stále jasně zelená.

Kobaltová modř – CoO · Al₂O₃

Modrý kobaltový pigment je znám přibližně od 16. století. Je stálý na slunečním světle a odolný vůči kyselinám i zásadám, má však malou kryvost. Velké použití má v modrých keramických glazurách.

Smalt

Většinou v podobě modré barvy - draselného skla obsahující kobalt, poprvé použit mezi 15. a 18. století. Chemické složení smaltu je různé v závislosti na účelu použití výrobku. Základem všech smaltů je křemík a právě ten dává smaltu nejvýraznější vlastnosti. Principem výtvarného užití smaltu je mísení základu smaltu - gritu s různobarevnými pigmenty.

Grafit (tuha) – C

Grafit se jako pigment používal zřídka, ale přesto byl identifikován na peruánských malbách z 1. století n.l. nebo v Böcklinových freskách z Basileje, které pocházejí z 19. století. Spolu s pruskou modří a hlinkou se používal k přípravě černého bolusu, který měl využití pod zlacení. První umělá výroba tohoto pigmentu začala v roce 1891. Kostní čern byla získávána pálením různých druhů kostí za nedokonalého přístupu vzduchu. Pigment vyrobený touto technikou obsahuje 15% amorfního uhlíku a 85% vápenatých a hořečnatých fosfátů. Je to světlostálá barva, která odolává i povětrnostním vlivům. Hodí se tedy pro všechny druhy malířských technik, kromě fresky. Skupina uhlíkových černí obsahuje další černě – podle způsobu přípravy mají různá jména (sloní čern – zuhelnatěním úlomků slonoviny, lampová čern – saze ze spalování přírodních uhlovodíků aj.)

5. Terénní a laboratorní studium s využitím RTG – fluorescenčního spektrometru

5.1. Metodika práce v terénu

5.1.1. Kalibrace RTG – fluorescenčního spektrometru

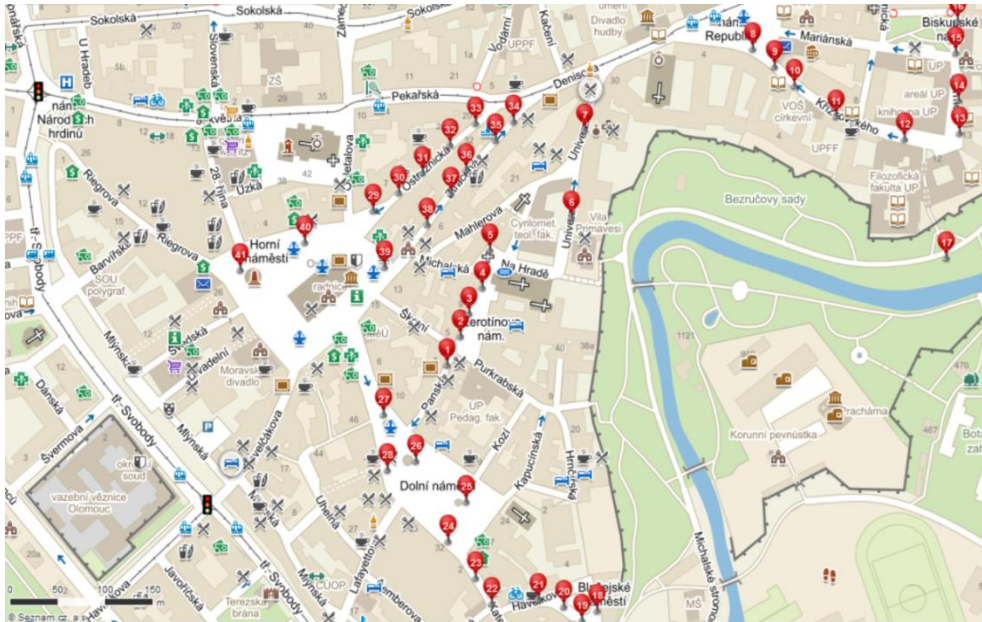
Pro nedestruktivní prvkovou analýzu jednotlivých objektů, se zaměřením na ty, které vznikly v období baroka a byly zhotoveny z maletínského pískovce, jsem použila RTG - fluorescenční spektrometr Innov X – Delta Premium, jenž mi byl zapůjčen Katedrou geologie Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci.

Před zahájením vlastního měření bylo nutno spektrometr nastavit tak, aby pracoval správně a poskytoval výsledky v námi zvolené oblasti. V prvním kroku je proto vždy potřeba přístroj kalibrovat, a to buď standardizačním standardem 316, který je součástí výbavy spektrometru nebo jej můžeme kalibrovat umístěním do stacionární dokovací stanice. Po úspěšné kalibraci byl na přístroji nastaven geochemický mód, se kterým jsem po celou dobu měření pracovala. V tomto módu se stanovují dva tzv. beamy, čili měřící časy pro jednotlivé fáze testu. Beam I pracuje při napětí na RTG lampě rovnému 40 kV; ve vzniklém spektru se projevuje píky v intervalu 1-40 keV a používá se pro určení koncentrace takových prvků jako jsou vanad (V), chrom (Cr), železo (Fe), kobalt (Co), nikl (Ni), měď (Cu), zinek (Zn), wolfram (W), rtuť (Hg), arsen (As), selen (Se), zlato (Au), olovo (Pb), bismut (Bi), rubidium (Rb), uran (U), stroncium (Sr), yttrium (Y), zirkon (Zr), thorium (Th), molybden (Mo), stříbro (Ag), kadmium (Cd), cín (Sn), antimon (Sb), titan (Ti) a mangan (Mn). Beam II pracuje při napětí na RTG lampě rovnému 10 kV v intervalu od 2-10 keV a ve vzniklém spektru se projevuje píky alkalických kovů jako je draslík (K), dále prvky kovů alkalických zemin – hořčík (Mg) a vápník (Ca); a prvky 3. periody z řad nekovů a polokovů, kam patří hliník (Al), křemík (Si), fosfor (P), síra (S) a chlor (Cl). Celková doba měření pro oba beamy byla nastavena na 240 sekund (120s + 120s). Těmto podmínkám odpovídají u prvků vyskytujících se jako složka anorganických pigmentů následující meze stanovitelnosti (3σ) v ppm: As 15; Ca 500; Co 20; Cu 20; Fe 80; Hg 50; Pb 90; S 120; Ti 600; Zn 25 ppm. Baryum ve stávajícím softwaru přístroje Delta Premium lze stanovit jen při značně vysokých obsazích (> 5 hm. %), a to jen za nepřítomnosti titanu.

5.1.2. Vlastní měření vzorků v terénu

V terénu proběhlo celkem 53 měření na 41 různých objektech v historické části města Olomouce (Obr. 11). Objekty pro měření byly vybrány tak, aby ukázaly rozdíly v koncentracích sledovaných prvků u antropogenně kontaminovaného a nekontaminovaného maletínského pískovce. Některé kamenné památky byly proměřovány na více místech, neboť na místech, která jsou přímo vystavena vnějším povětrnostním podmínkám (déšť, slunce, sníh), je koncentrace sledovaných prvků nižší. Naopak je tomu na místech různých záhybů a otvorů, která jsou méně dostupná, a tím pádem méně vystavena nepříznivým vlivům počasí.

Měření jsem zahájila na Blažejském náměstí, kde jsem proměřila vstupní portály u vchodů číslo 3, 11 a 13. Získané výsledky neukazovaly zvýšený obsah prvků, které by mohly ukazovat na případnou kontaminaci pískovce barevným nátěrem. Pokračovala jsem dále ulicí Havelkova (vchod č. 3) a Kateřinská (vchod č. 8 a 10) na Dolní náměstí, kde byl na vstupním portále u vchodu č. 32 zaznamenán zvýšený obsah olova. Na Dolním náměstí jsem pak prioritně proměřila Jupiterovu a Neptunovu kašnu a v neposlední řadě zábradlí a sloupek Mariánského sloupu. Z Dolního náměstí jsem pokračovala ulicí Pánská (vchod č. 6) na Žerotínovo náměstí (vchod č. 5, 7, 9), kde byl spektrometrem na soše Svatého Floriána zaznamenán prudký vzestup koncentrace olova proti normálu. Z Žerotínova náměstí jsem se ulicí Univerzitní (vchod č. 3 a 7) dostala na Náměstí republiky a odtud pak pokračovala ulicí Křížkovského (vchod č. 2, 6, 8 a 12) na ulici Wurmova (vchod č. 13, 11, 9 a 7). V centru zájmu mého měření byly kamenné památky na Horním náměstí, zejména pak Sloup Nejsvětější Trojice, Caesarova a Herkulova kašna, kde u všech zmíněných památek byl detekován zvýšený obsah olova, zinku a mědi. Ze severovýchodní části Horního náměstí vedou dvě na sebe paralelní ulice, Ostružnická a Ztracená, ve kterých jsem proměřovala jednotlivé vstupní portály a některé okenní pískovcové rámy, u kterých byla naměřena zvýšená koncentrace zinku.



Obr. 11: Mapa proměřených míst v centru Olomouce (znázorněno červenými body)

5.1.3. Výsledky měření

Jednotlivé výsledky naměřených hodnot jsou uvedeny v tabulce č. 2. Finální verzi zaznamenaných hodnot udává software analyzátoru v hmotnostních procentech, která se pohybují v řádech tisícin, a proto jsou pro lepší a přehlednější orientaci výsledky přepočteny na jednotky ppm (z latiny pars per milion), kde 1 % odpovídá 10 000 ppm. V tabulce č. 1 jsou uvedeny průměrné hodnoty, zvýšené o tři směrodatné odchylky, pro olovo, chróm, kobalt, arsen, měď a zinek, vypočtené z devíti měření na čistém nekontaminovaném maletínském pískovci přímo z lomu Kubitschek u Maletína. Pokud se hodnoty naměřené na jednotlivých historických objektech pohybují nad rámeček v Tab. 1 uvedené hranici anomaly, dá se s největší pravděpodobností říct, že takto zvýšené koncentrace sledovaných prvků indikují antropogenní původ, jako pozůstatek po nátěrech obsahujících anorganické pigmenty.

Tab. 1: Hranice anomaly (průměr + 3σ , $n = 9$) pro stopové prvky (v ppm) v maletínském pískovci (Šínalová 2012)

Prvek	Pb	Cr	Co	As	Cu	Zn
Průměr + 3σ	15	60	12	10	20	15

Pro zhodnocení výsledků analýzy jsem čerpala z informací, které jsem uvedla ve čtvrté kapitole, jež pojednává o anorganických pigmentech.

Jak je zřejmé z tabulky č. 2, nejmenší koncentrace, a rovněž koncentrace nacházející se v hodnotách pod mezí detekce jsem naměřila u chromu, který byl detekován ve zvýšené koncentraci pouze na dvou měřených objektech, a to na vstupních portálech na Žerotínově náměstí 5 a na ulici Havelkova 3. Jelikož se zvýšenou koncentrací chromu jsou v obou případech zvýšené hodnoty olova, můžeme říct, že použitým pigmentem v tomto případě mohla být chromová zeleň, chromová červeň a oranž nebo chromová žluť, popřípadě mohly být použity i jejich kombinace. Vzhledem k toxicitě chromanů, se od jejich používání postupně ustupovalo.

Tab. 2: Výsledky naměřených hodnot na vybraných objektech v centru Olomouce (světle červené pozadí jednotlivých buněk v tabulce ukazuje na zvýšené hodnoty proti průměru)

	Cu	Zn	Pb	Cr
průměr+3σ [ppm]	20	15	15	60
Ul. Pánská 6	< 0,0074	103	133	< 0,015
Ul. Pánská 6-okno	198	131	104	< 0,015
Žerotínovo náměstí 5	74	90	169	117
Žerotínovo náměstí 7	33	62	101	< 0,015
Žerotínovo náměstí 9	< 0,0074	50	126	< 0,015
Žerotínovo náměstí-Sv. Florián	< 0,0074	22	3581	< 0,015
Ul. Universitní 7-dvere	51	13781	3485	< 0,015
Ul. Universitní 3-okna	19	104	11	< 0,015
Náměstí republiky-portál	24	113	275	< 0,015
Ul. Křížkovského 2	< 0,0074	23	8	< 0,015
Ul. Křížkovského 6	18	27	12	< 0,015
Ul. Křížkovského 8	< 0,0074	40	64	< 0,015
Ul. Křížkovského 12	< 0,0074	76	< 0,0167	< 0,015
Ul. Wurmova 13	< 0,0074	99	16	< 0,015
Ul. Wurmova 11	< 0,0074	15	42	< 0,015

Ul. Wurmova 9	< 0,0074	21	< 0,0167	< 0,015
Ul. Wurmova 9	< 0,0074	17	< 0,0167	< 0,015
Ul. Wurmova 9-arc.	< 0,0074	54	57	< 0,015
Ul. Wurmova 7	88	39	25	< 0,015
Herkules-park	< 0,0074	209	55	< 0,015
Blažejské náměstí 11	< 0,0074	80	< 0,0167	< 0,015
Blažejské náměstí 13	< 0,0074	100	35	< 0,015
Blažejské náměstí 3	< 0,0074	70	16	< 0,015
Ul. Havelkova 3	< 0,0074	20	33	154
Ul. Kateřinská 8	< 0,0074	120	56	< 0,015
Ul. Kateřinská 10	< 0,0074	10	9	< 0,015
Dolní náměstí 32	< 0,0074	60	156	< 0,015
Jupiterova kašna	< 0,0074	80	201	< 0,015
Zábradlí Mariánského sloupu	< 0,0074	100	341	< 0,015
sloupek Mariánského sloupu	< 0,0074	310	559	< 0,015
Neptunova kašna	112	440	64	< 0,015
masné krámy-dveře vlevo	< 0,0074	630	15	< 0,015
masné krámy-sloupek vlevo	< 0,0074	116	310	< 0,015
Ul. Ostružnická 3	31	528	198	< 0,015
Ul. Ostružnická 5	32	22	17	< 0,015
Ul. Ostružnická 14	32	9	9	< 0,015
Ul. Ostružnická 18	17	76	16	< 0,015
Ul. Ostružnická 22-dveře	18	182	176	< 0,015
Ul. Ostružnická 22-okno	24	59	48	< 0,015
Ul. Ztracená 36	21	147	29	< 0,015
Ul. Ztracená 26	22	109	14	< 0,015
Ul. Ztracená 20	5	205	1183	< 0,015
Ul. Ztracená 10	21	197	482	< 0,015
Ul. Ztracená 7	10	118	77	< 0,015
Caesarova kašna	124	218	78	47
Herkulova kašna	56	238	64	< 0,015

Sloup Nejsvětější Trojice-zábradlí	272	97	60	< 0,015
Sloup Nejsvětější Trojice-sloupek	48	70	51	< 0,015
Sloup Nejsvětější Trojice-sloupek 2	29	22	17	44

Druhým prvkem, jehož koncentrace byla ve většině případů nedetekována, je měď. Ta se vyskytuje společně se zinkem a olovem zejména na některých barokních kašnách a její zvýšené koncentrace byly zaznamenány také na Sloupu Nejsvětější Trojice. Největší koncentrace mědi pak byly naměřeny na zábradlí Sloupu Nejsvětější Trojice, na Caesarově kašně ve východní části Horního náměstí a na Neptunově kašně na Dolním náměstí. U ostatních objektů, u nichž byla detekována měď, jako kontaminující prvek, nebyly tyto hodnoty překročeny nad průměr + 3 σ tak razantně, jako u již zmíněných kašen. Toto mírné vychýlení od normálu tak bylo zaznamenáno na vstupních portálech v ulici Wurmova 7, Universitní 7 a na Herkulově kašně. Jak si můžeme všimnout, větší nárůst koncentrace mědi byl naměřen v ulici Pánská 6 na okenním ostění, kdežto na dveřním ostění téhož vchodu nebyla měď vůbec detekována. Zvýšené koncentrace mědi na výše zmíněných objektech mohou indikovat na použití azuritu či malachitu k polychromním účelům; vyloučit nelze ani kontaminaci dřívě použitým parapetním plechem z mědi. Jak azurit, tak malachit jsou pigmenty, které byly používány již v dávných dobách, většího rozmachu použití však zaznamenaly v 15. a 16. století (viz. kapitola 4). V dnešní době se již nepoužívají a jsou nahrazovány pigmenty modernějšími.

Bezmála u všech měřených objektů byla u olova a zinku naměřena jejich zvýšená koncentrace, která v některých případech dosahovala i 1,37 % Zn a 0,35 % Pb. Taková koncentrace byla naměřena na vstupním portále na ulici Universitní 7 a stejná hmotnostní koncentrace olova byla zjištěna i na soše Svatého Floriána na Žerotínově náměstí.

Z těchto výsledků můžeme soudit, že měřené místo je dobře chráněno před vnějšími povětrnostními podmínkami, protože nátěr neměl možnost se z pískovce dostatečně dobře vymýt. V úvahu padá i možnost, že odstranění nátěru nebylo provedeno dokonale, tudíž na místě měření zůstaly zbytky nátěru.

Jak si můžeme všimnout z tabulky č. 2, četné důkazy zvýšených koncentrací olova a zinku na proměřených objektech v centru Olomouce naznačují hojné využívání zinečnatých a olovnatých pigmentů používaných do nátěrových hmot. Jedná se především

o pigmenty bílé barvy s vysokou kryvostí, tj. zejména o olovnatou a zinkovou bělobu. Existují však i barevné olovnaté pigmenty jako je olovnatá žluť a červený suřík, který byl používán zejména jako podklad pod nátěrovou hmotu. Olovnaté pigmenty byly známy už od středověku a jejich používání se v minulosti stalo rutinní záležitostí, zvláště pak olovnatá běloba si získala ve svém použití velkou oblibu. Později však bylo prokázáno, že veškeré sloučeniny olova jsou toxické jak pro člověka tak pro životní prostředí a od jejich používání se postupně ustupovalo. Barevné olovnaté pigmenty byly nahrazeny pigmenty železitými, které toxické nejsou a v dnešní době jsou nejpoužívanějšími pigmenty vůbec. Olovnatá běloba byla postupně nahrazována bělobou zinečnatou, kterou pak od roku 1920 nahradila titanová běloba. V současnosti má titanová běloba prvenství na trhu a je to nejpoužívanější bílý pigment s nejvyšší krycí mohutností. Důležitým kritériem pro její využití je zejména to, že není toxická.

Olovnaté a zinečnaté bílé pigmenty se využívaly zejména jako nátěry vstupních portálů či okenních obložení, čímž bylo dosaženo určitého honosnějšího vjemu. Použitím těchto bílých nátěrů se tak centrum moravského města chtělo přiblížit italským ideálům a italské kultuře města. Dá se říct, že technika polychromie se v Olomouci začala rozšiřovat po návštěvě milánského malíře Francesca Arigone, který polychromoval původní sochu Svatého Floriána na dnešní Jupiterově kašně (od r. 1742 umístěnou v blízké Skrbeni).

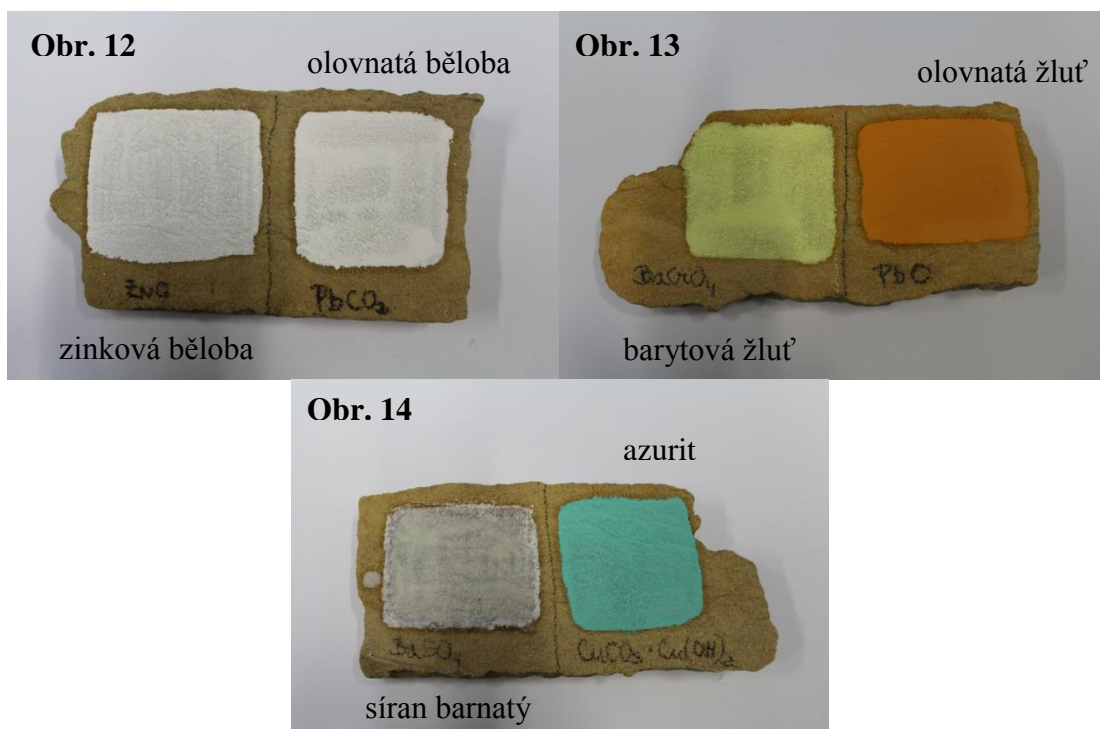
Je nutno zmínit, že výběr míst měření na kašnách byl omezený pouze na vodní nádrže. Při měření soch a sousoší umístěných na piedestalech ve středu kašny bychom s určitou pravděpodobností naměřili vyšší koncentrace stanovovaných prvků. U Mariánského sloupu a Sloupu Nejsvětější Trojice jsem měla možnost měřit pouze v omezené výšce. Ve vyšších pasážích, které jsou přístupné pouze restaurátorům, byly naměřeny hodnoty vyšší (až 2,7 hm.% Pb), než byly naměřeny na místech, která jsou veřejnosti přístupná (Sulovský, 2013).

5.2. Metodika laboratorního výzkumu

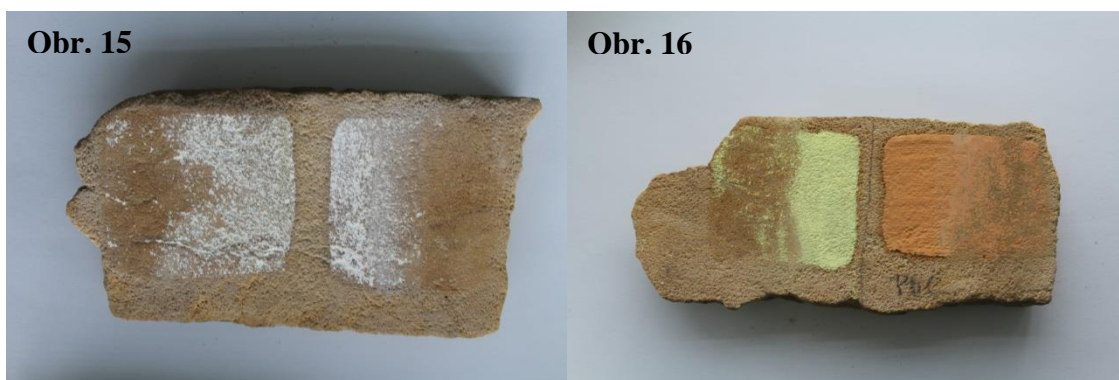
5.2.1. Příprava vzorků

Cílem laboratorní části bylo ověřit, zda po mechanickém odstranění nátěru z povrchu řezů pískovce bude možné identifikovat, které pigmenty byly obsaženy v použitém nátěru.

Pro přípravu nátěrových hmot byly použity pigmenty, jejichž výskyt byl předpokládán na základě výsledků měření v terénu. Jednalo se o zinkovou bělobu – ZnO , olovnatou bělobu – $2PbCO_3 \cdot Pb(OH)_2$, olovnatou žlut' – PbO , azurit – $Cu(OH)_2 \cdot CuCO_3$ a barytovou žlut' – $BaCrO_4$. Tyto pigmenty byly následně rozetřeny v třecí misce na jemný prášek. V případě olovnaté žlutí bylo nutno použít laboratorní vibrační mlýn pro dosažení požadované jemnosti pigmentu. Jednotlivé pigmenty byly následně suspendovány ve lněném oleji, přičemž požadované konzistence nátěrové hmoty bylo dosaženo správným poměrem oleje ku pigmentu. Takto vzniklé nátěrové hmoty z jednotlivých pigmentů byly následně nanесeny štětcem na řezy z maletínského pískovce z lomu Kubitschek (obr. 12, 13 a 14 – nátěrové hmoty pigmentů). Vzorky jsem nechala schnout zhruba dva týdny, tak aby použitý nátěr měl možnost difundovat do hlubších vrstev pískovce. Po vyschnutí barvy byly všechny vzorky proměřeny RTG – fluorescenčním spektrometrem a výsledné hodnoty byly zapsány do tabulky č. 3 (viz. kapitola 5.2.2.).



Po proměření vzorků s nátěrem bylo nutno tyto vzorky proměřit i po odstranění barevné vrstvy, abychom získali porovnání hmotnostních koncentrací sledovaných prvků u pískovce opatřeného nátěrem a u kontaminovaného pískovce po snesení barevné vrstvy. Odstranění nátěru bylo provedeno jak mechanickou tak chemickou cestou (obr. 15, 16 a 17). Po použití brusných kotoučů jak i po použití benzínu však u některých vzorků nedošlo k úplnému odstranění barevné vrstvy. Měření tak bylo v rámci možností prováděno na místech, která byla po odstranění nátěru relativně čistá. Výsledky tohoto měření jsou uvedeny v tabulce č. 3 v následující kapitole.



Obr. 15, 16, 17: Barevné nátěry po jejich mechanickém a chemickém odstranění

5.2.2. Vyhodnocení výsledků

Tab. 3: Výsledky naměřených hodnot na vzorcích opatřených nátěrem a na týchž vzorcích po odstranění nátěru

Pigmenty [koncentrace v hmotnostních %]	Hodnoty naměřené na barevné vrstvě				Hodnoty naměřené po snesení barevné vrstvy			
	Cr	Cu	Pb	Zn	Cr	Cu	Pb	Zn
	Zinková běloba	0,014	0,03	0,0343	12,15	0,0036	0,0164	0,0835
Olovnatá běloba	0,0104	0,19	11,484	0,107	0,0029	0,0123	0,2673	0,1338
Olovnatá žluť	0,0156	0,02	48,61	<0,002	0,0184	0,0082	7,9377	<0,002
Barytová žluť	3,6174	0,00	0,93	<0,002	0,6606	0,0387	0,1154	0,0098
Azurit	0,0066	7,97	0,02	<0,010	0,0031	0,9676	0,0816	0,0956

Tabulka č. 3 názorně ukazuje na změny koncentrací sledovaných prvků v použitém pigmentu před a po odstranění barevné vrstvy. Jak si můžeme všimnout, jednotlivé koncentrace prvků, které byly naměřeny na barevné vrstvě, jsou výrazně ovlivněny koncentrací daného pigmentu, kterou bylo možné vpravit do lněného oleje (patrné z obrázků č. 12, 13, 14). Největší koncentrace byla zaznamenána právě u olovnaté žluti, která má vysokou kryvost, jak je patrné z obrázku č. 13. Koncentrace olova zde činila až 48,61 %. U zinkové a olovnaté běloby se naměřené koncentrace zinku a olova pohybovaly v rozmezí od 11 do 12 %. Vůbec nejmenší koncentrace byly naměřeny u barytové žluti, pouhých 3,62 %. Tento výsledek napovídá o nízké barevné mohutnosti tohoto nátěru, což je zřejmé i z obrázku č. 13. Je nutno podotknout, že jednotlivé pigmenty byly naneseny na pískovec pouze jednou, tzn. nebyly opakovaně přetírány.

Druhá část tabulky č. 3 ukazuje na výsledky naměřených koncentrací prvků týchž pigmentů po odstranění barevné vrstvy. Jak je patrné, tyto koncentrace se po odstranění nátěru výrazně snížily, a to v závislosti na tom, jak důkladně byl nátěr odstraněn.

Největšího rozdílu hodnot jsem zaznamenala u zinkové a olovnaté běloby, kde se nátěr podařilo odstranit mnohem lépe a důkladněji než u ostatních vzorků (patrné z obrázků č. 15, 16, 17). Vzhledem k získaným výsledkům můžeme říct, že i po odstranění barevné vrstvy, bylo možno naměřit zvýšené hodnoty kontaminujících prvků nad rámec průměru $+ 3\sigma$ u nekontaminovaného pískovce přímo z lomu.

Diskuze

Výzkum polychromie barokních kašen, sloupů, paláců a měšťanských domů v historické části města Olomouce je dodnes stále neprobádanou oblastí. Existuje mnoho spekulací, které se zabírají otázkou polychromie, avšak přímý důkaz o polychromních vrstvách byl prokázán pouze na Čestném Sloupu Nejsvětější Trojice restaurátorem Radomírem Surmou, Jiřinou Svobodovou a Davidem Hradilem, kteří prováděli odběr vzorků pro mikroskopickou analýzu. Jak popisuje Surma a kol. (2001) byla první barevná vrstva nanese na už v roce 1754, kdy bylo použito šedého podkladu, který obsahoval olovnatou bělobu, což dokazují i výsledky mých měření. Zvýšené koncentrace mědi, které jsem naměřila na Sloupu Nejsvětější Trojice ukazují na použití azuritu či malachitu. Surma a kol. (2001) se o výskytu zeleného a modrého pigmentu zmiňuje také, přičemž uvádí, že tento pigment byl nalezen mezi vrstvami prvního barevného nátěru. Další barevná olejová vrstva je kromě běloby obohacena o uhlovou čern, smalt a železité hlinky. Zvýšené hodnoty zinku, které jsem na Sloupu Nejsvětější Trojice naměřila (Tab. 2), jsou důkazem použití zinkové běloby. Tento závěr potvrzuje i ve svém výzkumu Surma a kol. (2001), který se kromě zinkové běloby zmiňuje i o použití sádry, křídly a barytu jako sekundárních monochromních nátěrů. O přítomnosti chromu se Surma nezmiňuje, což odpovídá i mým výsledkům, kdy přítomnost chromu nebyla detekována.

Zbytky (monochromního?) nátěru obsahující olovo byly jednoznačně identifikovány Sulovským (2013) v rámci průzkumu před restaurováním mariánského sloupu na Dolním náměstí, a to v celém výškovém rozsahu – viz Tab. 4.

Tab. 4: Výsledky stanovení vybraných stopových prvků a indikátorů znečištění (Ca, S) z měřicích bodů na obr. 18 (Sulovský, 2013) – ve hmot. %.

Bod	Pb	S	Ca	Cr	Cu	Zn
1	0.9438	0.443	<0.07	<0.006	<0.003	<0.003
2	0.4177	2.117	<0.05	<0.006	<0.003	0.008
3	0.628	2.758	0.055	0.011	0.001	0.001
4	1.9939	9.337	10.048	<0.009	<0.005	0.029
5	0.7645	3.688	0.102	<0.006	0.001	<0.003
6	1.0619	5.700	2.213	<0.006	<0.003	0.001
7	4.2086	5.421	1.265	0.01	0.023	0.056
8	1.3492	3.492	0.125	<0.006	<0.003	<0.003
9	0.8588	5.150	<0.08	<0.007	0.002	0.001

Přítomnost olovnaté běloby přitom identifikoval pomocí EDS mikroanalýzy Sulovský (2013) s restaurátorem J. Fingerem na odebraném vzorku z povrchu sloupu v místě krytém proti působení povětrnosti (bod 7 na obr. 18 – spodní část hlavice pod sochou Panny Marie). To je zcela v souladu s mými měřeními, omezenými ovšem jen na výškovou úroveň přístupnou veřejnosti.



Obr. 18: Mariánský sloup s vyznačenými místy měření dr. Sulovským (2013).

Foto P. Sulovský.

Podle Fialy a kol. (2010) je dalším důkazem polychromie socha svatého Floriána, která se kdysi tyčila na piedestalu dnešní Jupiterovy kašny. Od roku 1735 se tato socha nachází na městském dvoře ve Skrbeni a zbytky barev jsou na ní dodnes patrné.

O výzkumech polychromie na barokních kašnách v Olomouci není vedeno mnoho záznamů, tudíž zde můžeme pouze spekulovat, že trend barevného pojetí byl podobný jako u Sloupu Nejsvětější Trojice, což dokazují i výsledky naměřených hodnot (Tab. 2), a tedy, že u všech kašen jsou zvýšené hodnoty stejných prvků jako je tomu u Sloupu Nejsvětější Trojice.

Závěr

Tato bakalářská práce byla zaměřena na výzkum polychromie kamenných památek v historické části města Olomouce. Vlastním měřením, které bylo zaměřeno na barokní kašny a sloupy, jsem zjistila, že tyto historické památky byly v minulosti s největší pravděpodobností opatřeny barevným nátěrem, přičemž se mohlo jednat jak o nátěr monochromní (bílý), tak polychromní (mramorování, barevné doplňky).

Vlastní průzkum byl proveden pomocí RTG – fluorescenčního spektrometru, který umožnil detekovat procentuální zastoupení jednotlivých prvků v povrchové vrstvě pískovce. Z tohoto širokého spektra prvků jsem se zaměřila pouze na prvky, které mohly ukazovat na přítomnost pigmentů používaných k účelům polychromie. Ke sledovaným prvkům tak patřilo olovo, zinek, měď a chrom, u nichž jsem porovnávala jejich naměřené koncentrace s průměrným $+ 3\sigma$ obsahem těchto prvků v nekontaminovaném pískovci z lomu. O měřených objektech, kde procentuální obsah sledovaných prvků výrazně přesahoval průměr $+ 3\sigma$, bylo možno říct, že tyto objekty byly v minulosti opatřeny barevným nátěrem. Zvýšené koncentrace olova tak naznačovaly na přítomnost olovnaté běloby, suříku či chromové žluti; vzhledem k barevnostem v tu dobu běžným šlo zcela jistě povětšinou o olovnatou bělobu. U zinku se jednalo především o zinkovou bělobu (patrně opravy a retuše nátěrů na bázi olovnaté běloby) a u mědi o azurit či malachit. Přítomnost chromu ve vyšších koncentracích by byla ukazatelem pro použití chromové žluti, oranže či barytové žluti jako pigmentu k účelům polychromie, avšak průkazně zvýšené obsahy nebyly na žádném ze studovaných objektů nalezeny.

Z hlediska RTG-fluorescenčního analyzátoru se jeví jako velmi problematické, ne-li nemožné použít jej pro identifikaci pigmentu černých nátěrů, protože ve složení nejběžnějších černých pigmentů převládá uhlík (nejčastěji vzniklý zuhelnatěním organické hmoty, saze, popř. černé uhlí), který nelze RTG-fluorescencí stanovit. V menší míře k přípravě černých barev používané pigmenty ze skupiny oxidů Fe +/- Mn by musely být v místě dřívějšího nátěru přítomny ve výrazně kontrastních množstvích oproti nenatřenému pískovci. V případě maletínského pískovce je ovšem výrazná lokální variabilita v obsahu těchto prvků téměř diagnostickým znakem a nelze na ní tudíž stavět určení původní barevnosti – to se samozřejmě týká i barev na bázi různých okrů a také tzv. zelené hlínky (verdigris).

V laboratorní části byla ověřena správnost použité metody na kusových maletínských pískovcích. U jednotlivých kusů maletínských pískovců, které byly opatřeny barevnými nátěry, byla změřena koncentrace sledovaného prvku. Po odstranění nátěru bylo zjištěno, že koncentrace onoho prvku razantně poklesla, avšak ne natolik, aby byla nedetekovatelná. Tento výzkum dokázal, že i po mechanickém a chemickém odstranění barevné vrstvy se koncentrace stanovovaných prvků pohybovaly nad hodnotou průměr + 3 σ .

To, zda byla či nebyla na jednotlivých kamenných památkách v Olomouci použita technika polychromie, jsem se pomocí nedestruktivní RTG analýzy snažila určit. Na všech barokních kašnách a obou sloupech byly ve zvýšené koncentraci detekovány alespoň dva ze čtyř sledovaných prvků, které jsou součástí pigmentů nátěrových hmot. Detailnější průzkum polychromie těchto památek by vyžadoval použití složitějších technologií, pro které by však byl nutný odběr vzorků.

Použitá literatura

Elbel M. (1998): Čestný sloup Nejsvětější Trojice v Olomouci. – In: Ročenka Státního okresního archivu, pp. 87-97. Státní okresní archiv, Olomouc.

Fajmanová E. (2012): Vybrané možnosti restaurování a rekonstrukce polychromie kamenných barokních plastik. – MS, teoretická diplomová práce, Akademie výtvarných umění v Praze.

Fiala J., Kašpar Z., Štěpán J. (2010): Voda pro Olomouc: z historie zásobování města Olomouce vodou. – Danal, Olomouc.

Gába Z. (1994): Maletínský pískovec. Kámen, 1 (2), 105-110.

Chlupáč I., Brzobohatý R., Kovanda J., Stráník Z. (2002): Geologická minulost České republiky. - Akademie věd České republiky, Praha.

Kalendová A. (2003): Technologie nátěrových hmot I: pigmenty a plniva pro nátěrové hmoty. – Univerzita Pardubice, Pardubice.

Kubátová H. (2000): Nátěry kovů. – Grada Publishing, Praha.

Losos L. (2005): Pozlacování a polychromie. – Grada Publishing, Praha.

Mestek O. (2010): Stanovení prvků pomocí přenosného rentgenově fluorescenčního analyzátoru. – Vysoká škola chemicko-technologická, Praha.

Slouka J. (2007): Kámen: od horniny k soše. – Grada publishing, Praha.

Sulovský P. (2013): RTG-fluorescenční průzkum mariánského sloupu na Dolním náměstí v Olomouci. – MS, posudek pro Sochaři v.o.s., PŘF UP, Olomouc.

Surma R., Svobodová J., Hradil D. (2001): Průzkum polychromie sloupu Nejsvětější Trojice na Horním náměstí v Olomouci. – Zpravodaj Stop, 4, 20–24.

Svoboda J. (1983): Encyklopedický slovník geologických věd N-Ž. - Praha.

Šimůnková E., Bayerová T. (2014): Pigmenty. – Společnost pro technologie ochrany památek – STOP, Praha.

Šínalová V. (2012): Pískovce na historických objektech Olomouce. – MS, diplomová práce, Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého, Olomouc.

Šrámek J. (2004): Maletínské a mladějovské pískovce na čestném sloupu Nejsvětější Trojice v Olomouci. – Zprávy o geologických výzkumech v roce 2003, 158–161

Volavka V. (1959): O soše: úvod do historické technologie a teorie sochařství. 1. díl. – SNKLHU, Praha.

Žimák J. (2005): Petrografie sedimentů. – MS, studijní text, Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého, Olomouc.

<http://cestyapamatky.cz/kolinsko/svojsice/socha-sv-jana-nepomuckeho>

(adresa platná k 8. 5. 2015)

<http://restaurovanisoch.cz/unnamed/obsah/restaurovani/polychromovana-socha>

(adresa platná k 8. 5. 2015)

<http://www.npu.cz/barokni-socha/vsechna-dila-a-mista/vypis/detail/219-pysely-socha-sv-vojtecha/> (adresa platná k 8. 5. 2015)

<http://www.radio.cz/cz/rubrika/ceskenez/v-caslavicich-maji-vzacnou-barokni-sochu-sv-jana-nepomuckeho> (adresa platná k 8. 5. 2015)

<http://www.selskebaroko.cz/selskebaroko/dobrkovskalhotka/dobrkovskalhotka.htm>

(adresa platná k 8. 5. 2015)