



národní
úložiště
šedé
literatury

Doplnění raně barokní štukové výzdoby formou materiálové a technologické rekonstrukce

Válek, Jan
2020

Dostupný z <http://www.nusl.cz/ntk/nusl-432143>

Dílo je chráněno podle autorského zákona č. 121/2000 Sb.

Tento dokument byl stažen z Národního úložiště šedé literatury (NUŠL).

Datum stažení: 26.04.2024

Další dokumenty můžete najít prostřednictvím vyhledávacího rozhraní [nusl.cz](http://www.nusl.cz) .

Památkový postup

Doplnění raně barokní štukové výzdoby formou materiálové a technologické rekonstrukce

Autorský tým

Ing. Jan Válek, Ph.D.

Ing. Olga Skružná

RNDr. Petr Kozlovcev, Ph.D.

Mgr. BcA. Jana Waissarová

MgA. Zuzana Wichterlová

Mgr. Dita Frankeová

Mgr. Kristýna Kotková

Ústav teoretické a aplikované mechaniky AV ČR, v. v. i., Praha, 2020

Oponentní řízení

Návrh Památkového postupu – duben 2020

Verze po zapracování připomínek – červen 2020

Oponenti:

doc. Mgr. Art. Jakub Ďoubal, Ph.D., Fakulta restaurování, Univerzita Pardubice

doc. Jaroslav J. Alt, ak. mal., Fakulta restaurování, Univerzita Pardubice

Certifikace

Certifikační orgán: Ministerstvo kultury, Maltézské náměstí 1, Praha 1, Odbor výzkumu a vývoje

Číslo jednací: MK77997/2020 OVV

Osvědčení číslo: 46

Datum certifikace: 15. 12. 2020

Památkový postup (PP) vznikl na základě výzkumu provedeného v rámci projektu *Vápenné materiály pro restaurování a konzervování autentických prvků historických staveb* (DG161P02H012), financovaného z programu NAKI Ministerstva kultury České republiky v letech 2016-2020.

Na analýzách se spolupodíleli pracovníci Ústavu teoretické a aplikované mechaniky AV ČR v. v. i.: Ing. Alberto Viani, Ph.D., Ing. Ivana Kumpová, Ing. Michal Vopálenský, Ph.D., Mgr. Petra Mácová, Mgr. Radek Ševčík, Ph.D., Marek Eisler, Ing. Jaroslav Valach, Ph.D. a Josef Jiroušek. Analýzu organických látek zajistila laboratoř Vysoké školy chemicko-technologické pod vedením doc. Ing. Štěpánky Kučkové Hrdličkové, Ph.D. Na praktické experimentální části se spolupodíleli MgA. Zdeněk Kovařík a Michal Šrůtek.

OBSAH

1. Cíl Památkového postupu	1
2. Předmět Památkového postupu	2
2.1. Raně barokní štuková výzdoba na zámku Červená Lhota	2
2.2. Vymezení rozsahu Památkového postupu	4
3. Památkový postup	5
3.1. Průzkum a analýza historického originálu	5
3.2. Výběr vhodných surovin pro vytvoření materiálové kopie	10
3.3. Výroba a zpracování surovin	14
3.4. Posouzení surovin	16
3.5. Návrh a odzkoušení opravné směsi	17
3.6. Ověření navržené opravné směsi a pracovních postupů na zkušebních panelech	20
3.7. Realizace doplňků a lepení transferů v Tencallově sálu	25
3.7.1. Zpětné osazení transferovaných ovocných tvarů	25
3.7.2. Doplnění ovoce replikami	27
3.7.3. Osazení malých tvarů – originály a doplňky	28
3.7.4. Další maltové doplňky	30
3.7.5. Sjednocující nátěr – šlikr	30
3.8. Odlišitelnost a reverzibilita doplňků	31
4. Uplatnění znalosti původní techniky	33
5. Závěrečné shrnutí	34
6. Návrh uživatelů památkového postupu	35
7. Literatura	35

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Výsledky materiálového průzkumu štukové výzdoby Tencallova sálu na zámku Červená Lhota

Příloha 2: Analýza vápencových ložisek severně od Červené Lhoty

Příloha 3: Analýza sádrovce z lokality Koberčice a Preinsfeld

Příloha 4: Analýza písků z okolí zámku Červená Lhota

Protokol o ověření v praxi

1. Cíl Památkového postupu

Cílem dokumentu je ukázat způsob opravy, který v maximální míře vychází z detailního poznání původních technik, materiálů a zpracovatelských technologií. Tento postup je popsán na konkrétním případě raně barokního štku Tencallova sálu na zámku Červená Lhota. Výchozím bodem realizovaného postupu je požadavek na využití původních materiálů a technik. Tento předpoklad je podstatný, jelikož určuje přístup k celé problematice hledání vhodného způsobu opravy historické stavby. Ještě výrazněji se tato problematika projevuje u historických umělecko-řemeslných technik, jejichž použité postupy a materiály jsou dnes již zapomenuty. Při jejich studiu se jednoznačně ukazuje, že jsou podstatnou součástí vzhledu, formy a výtvarného působení historických děl. Jde především o studium děl vzniklých před změnou stavební výroby a štukátorských technologií během konce 19. století. Práce se tak nutně zabývá postupy, které nejsou v praxi rozšířené a všeobecně dostupné. Památkový postup ukazuje možnosti, jak za současného stavu diagnostických metod a technologického poznání co nejvěrněji napodobit původní techniku barokního štku včetně materiálového provedení. Zároveň předkládá konkrétní způsob reálného uplatnění nově získaných znalostí a materiálů v praktickém restaurování a památkové péči – opravě štukové výzdoby klenebního žebra.

Poskytnutý metodický návrh se opírá o následující body:

1. Vytvoření kopie původních materiálů, technik a konstrukčních řešení na základě jejich poznání je vhodným řešením pro opravu uměleckého, architektonického a stavebního díla z hlediska zachování jeho funkčnosti, vzhledu a památkových hodnot.
2. Doplněk respektuje estetické působení celého díla zachováním formy zpracování, struktury, finální úpravy a barevného odstínu použitého materiálu. To je založeno na poznání původních materiálů a technologií a vychází z předpokladu, že výsledná forma a výraz díla jsou ovlivněny použitým materiálem a technikou.
3. Materiálová kompatibilita doplňku a originálu je splněna na základě fyzikální a chemické podobnosti materiálů a technologie jejich zpracování. Cílem je snaha o minimalizaci degradace originálu způsobené nevhodně zvoleným doplňkem.
4. Uchování znalostí o vápenných technologiích a jejich specifického využití v rámci stavebních a uměleckých řemesel umožňuje jejich budoucí uplatnění v restaurování a památkové péči. Znalost původních technik a způsobů výroby tradičních materiálů je nejen součástí nehmotného kulturního dědictví, ale ovlivňuje také současné a budoucí restaurátorské postupy. Praktické znalosti práce s tradičními materiály je proto třeba aktivně rozvíjet.

2. Předmět Památkového postupu

Technika obecně shrnovaná pojmem *štuk* či *štukatura* je velkou a rozmanitou skupinou výtvarných projevů provedených v omítce. Specifickou kapitolou v široké oblasti těchto omítkových technik je technika štuky *all'antica*. Renesanční mistry, zejména na území Itálie, díla po vzoru antických štuků fascinovala. Důkazem snah o jejich znovuobjevení je řada dochovaných teoretických traktátů i popisů dobových receptur.¹ Tato řemeslná tradice hojně rozšířená v renesanci i na území střední Evropy plynule pokračovala i v 17. století.²

Kromě uplatnění rozmanitých uměleckých a řemeslných postupů (modelovaný štuk, tažený štuk, ražené formy, odlévání a jinak specificky tvořené tvary) byla důležitá i technologicko-řemeslná stránka. Použití inovativních materiálů umožňovalo výrazové prostředky štukové výzdoby modifikovat, zároveň byly do řemeslné praxe zavedeny nové štukatérské postupy.

Specifickou roli sehraává pro území Čech skupina řemeslníků z oblasti jezer Lugano a Como. Dílenská tradice těchto ticinských mistrů, kterou s sebou nesli zejména rodinné dílny, sehraála významnou roli i ve slavatovské přestavbě Červené Lhoty provedením honosné výzdoby hlavního společenského sálu.

2.1. Raně barokní štuková výzdoba na zámku Červená Lhota

Červená Lhota se z původní středověké tvrze adaptovala na renesanční „*rathauz*“ v polovině 16. století. Rodina Kábů z Rybňan zadala přestavbu italskému staviteli Honzovi Vlachovi, který je spojován se jménem Giovanni de Spazia, polírem doloženým mimo jiné na Letohrádku královny Anny v Praze.³ Roku 1621 byla Červená Lhota víceméně násilně obsazena italským rytmistrem Antoniem Brucciem. V roce 1641 koupil Lhotu pozdější kancléř Království Českého Vilém Slavata z Chlumu a Košumberka, ale stejně jako Bruccio větší úpravy na zámku neprováděl.⁴ Výrazná stavební raně barokní úprava rodinného letohrádku je investorským počinem Vilémova vnuka Jana Jáchyma Slavaty. Z druhé fáze přestavby v letech 1673–1677 pochází i honosně zdobený hlavní společenský sál. Sál na půdorysu nepravidelného lichoběžníku byl začleněn do starší dispozice východního křídla. Francesco Carrati, autor komplikovaného klenebního schématu s deformovanými klenebními poli, opticky vyrovnával nepravidelné půdorysné schéma.⁵

Kolem roku 1755 získal zámek rod svobodných pánů z Gudenusu. František de Paula záhy přikročil k četným stavebním akcím. Stavební aktivity byly roku 1774 přerušeny požárem Červené Lhoty, při němž shořely patrně všechny hospodářské budovy. Další stavební etapa zámku proběhla za majitelů Schönburg - Hartensteinů, kteří se usadili od roku 1823 na panství Černovice a roku 1835 přikoupili Červenou Lhotu. Po roce 1860 majitelé realizovali novogotickou úpravu interiérů, tehdy zanikla větší část štukaturami a malbami okázale zdobeného sálu.⁶

¹ Waisser, Waisserová, Tišlová, Hečková (2020) zejm. s. 7–21, Beard (1983), Millar (2010)

² V průběhu doby se měnila a vyvíjela. Na počátku baroka se v našich zemích začíná nově uplatňovat sádra. Její použití vedlo k novým štukatérským postupům a k novým možnostem. Štuky se oddělují od stěny do prostoru.

³ Horyna (2017) s. 137 a 141

⁴ Ibidem, s. 145 a 149

⁵ Ibidem, s. 152

⁶ Waisserová, Wichterlová (2018)

Z celého sálu se dochovala jeho severní třetina, tedy pouze jedno křížení klenebních žeber s přílehlými klenebními poli. Dochovaný fragment klenby je bohatě zdobený štuky a dle nových restaurátorských průzkumů i figurální výmalbou uvnitř polí.⁷

Autorství štukové výzdoby je připisováno dílně Innocence Comety (1651-1681), která zde podle recentních pramenných opisů pracovala mezi 3. říjnem a 24. prosincem 1675, tedy pouhých osm týdnů.⁸ Jeho autorství je pravděpodobné i s ohledem na další zakázky od J. J. Slavaty v Jindřichově Hradci a okolí.⁹ Jméno Cometa se dále vyskytuje v dodatečně sestaveném přehledu výdajů, kde je zmíněn i jeho otec Giovanni Bartolomeo Cometa (kolem 1620-1687), který byl známým a vyhledávaným štukatérem, v té době již trvale pobývajícím v Praze.

Štuky na klenbě rámuji zrcadla, v nichž se nachází malby připisované Giacomu Tencalovi,¹⁰ odtud tedy pochází i občasné používané označení Tencallův sál. Figurální obrazy v zrcadlech rámuji štukové volutové a florální kartuše, které podpírají putti umístění na náběhu klenby. Klenební žebra jsou tvořena širokými pásy vegetabilních motivů složených z plastického ovoce, plodů, květů a listů, které vycházejí z vaz spočívajících na hlavicích pilastrů, **obr. 1**.



Obrázek 1: Fragment štukové výzdoby původního tzv. Tencalova sálu, po stavební úpravě prostor jídelny. Na snímku jsou vidět různé fáze průzkumu a restaurování nástropních maleb od Giacoma Tencally, které jsou rámovány bohatou štukovou výzdobou z dílny Ticinských štukatérů Inozenca a Giovanni Bartolomea Comety. Zelenobílá štuková arabeska na stěnách pochází ze stavební úpravy provedené v 19. století.

⁷ Waisserová, Wichterlová 2018

⁸ Mádl (2013), Horyna (2017), s. 152

⁹ V r. 1675 uzavřel Jáchym Slavata smlouvu s Inocencem Cometou („*Innocentio Cometa Stuckator Arbeithen von Prag aufgericht*“). Cometa je zmiňován v archiváliích v souvislosti s Rondelem v Jindřichově Hradci až do roku 1681. Během této doby (1675–1681) je zmiňován pouze Innocenc s pomocníkem, jméno Giovanniho Bartolomea se neobjevuje. Vilímková (1976), s. 159-162

¹⁰ Mádl (2013), Waisserová, Wichterlová (2018)

2.2. Vymezení rozsahu Památkového postupu

Restaurování maleb, štuků a omítek Tencallova sálu je několikaletá práce započatá v roce 2017, postupně realizovaná vždy v zimním období, v době uzavření prohlídkových tras. Díky dostatku času probíhal souběžně s restaurátorským zásahem rozšířený materiálový průzkum a výzkum původních technik.¹¹ Stav štukové výzdoby byl relativně dobrý.¹² Pouze na jednom místě ve vrcholu klenby byly jednotlivé tvary oddělené od lůžkové malty a hrozilo tak jejich odpadnutí. Jako nejméně riskantní se jevílo uvolněné tvary transferovat a znovu osadit.

Vzhledem k velmi rozsáhlé škále (technologické i materiálové) se tento výzkum zaměřil pouze na část štukové výzdoby, která zdobí klenební žebra (pás štukového klenebního žebra zdobeného ovocnými plody, lístky, kalichy a dalšími florálními tvary).

Technologický návrh sledoval tyto kroky:¹³

- Průzkum a analýza historického originálu.
- Výběr vhodných surovin pro vytvoření materiálové kopie.
- Výroba, zpracování a posouzení surovin.
- Návrh a odzkoušení opravné směsi na zkušebních panelech.
- Ověření navržené opravné směsi a pracovních postupů na zkušebních panelech.
- Realizace doplňků.

Průzkum a provedené zkoušky tedy vyústily v realizaci doplňků užitých přímo při rekonstrukcích a při restaurování:

- Lepení větších ovocných tvarů (transferů) k podkladu.
- Lepení drobných tvarů (transferů) k podkladu.
- Lepení replikovaných částí k podkladu.
- Doplnění chybějícího osazovaného tvaru (kopie dle předlohy).
- Modelované maltové doplňky lístků a částí větších tvarů.
- Vyplnění drobných defektů v povrchovém štku.

Materiály a technologické postupy, včetně složení navržených opravných směsí, je plánováno využít i ve zbývajících částech sálu při rekonstrukcích, doplňování, lepení i retuších štuků, souběžně s dalšími běžně využívanými restaurátorskými postupy.¹⁴

¹¹ Rozšířený výzkum byl realizován v rámci projektu, jehož výstupem je i tento Památkový postup. Též odborné články: Válek a kol. (2019), Válek a kol. (2020).

¹² Waisserová, Wichterlová (2018) Lokálně, cca ve dvou úsecích, se vyskytují místa s nesoudržnou povrchovou modelovací maltou. Tyto úseky jsou poměrně výrazně ohraničené „denním dílem“. Pravděpodobně jde o původní chybu v namíchání materiálu (místa se nekryjí s lokalitami po zatékání).

¹³ Postup je převzat z metodiky, která byla poprvé publikována v souvislosti s materiálovou a technologickou kopií renesančního pískového sgrafíta Válek a kol. (2018).

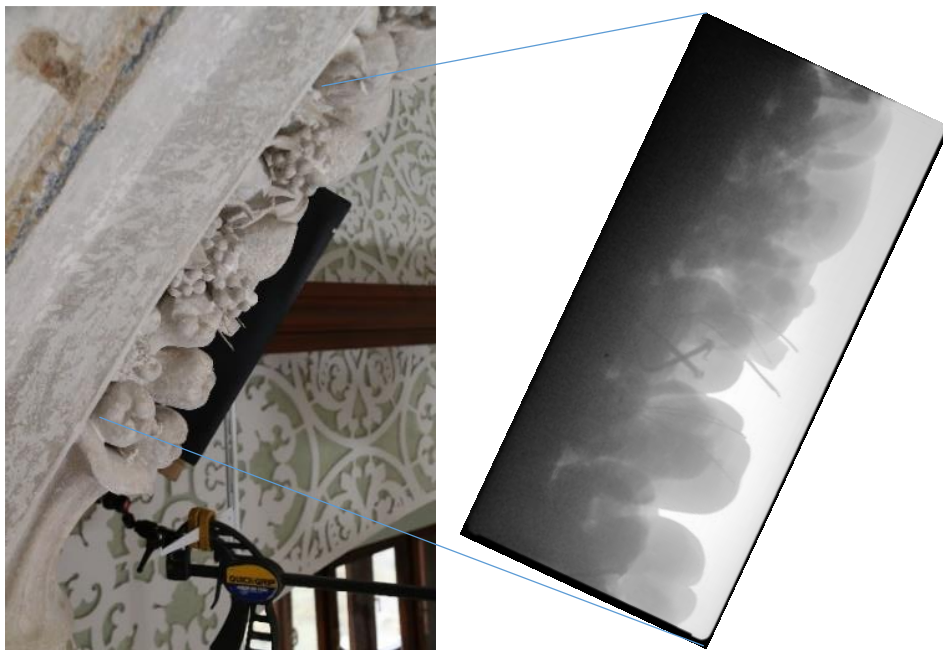
¹⁴ Rozsah dle restaurátorského záměru a schválení památkovým dozorem.

3. Památkový postup

3.1. Průzkum a analýza historického originálu

Před každým restaurátorským zásahem je nezbytné provést restaurátorský průzkum. Jeho součástí je uměleckohistorická rešerše, chemickotechnologický a samotný restaurátorský průzkum. Cílem tohoto komplexního průzkumu je zjistit maximum informací o restaurovaném díle – historický vývoj díla, původní techniku, stav díla a příčiny poškození. Tyto kroky mohou být podle potřeb a možností různého rozsahu a jsou nedílnou součástí předprojektové a projektové přípravy. Památkový postup z takovýchto informací vychází, ale jejich specifikace není jeho předmětem. V rámci Památkového postupu průzkum cílil pouze na původní techniku – to znamená zejména na průzkum původních materiálů, jejich poměrů a jejich zpracování.

K průzkumu in-situ byly nejprve využity neinvazivní metody, tj. pozorování v dopadajícím přímém a v kolmém světle, v UV záření, které pomohlo identifikaci nátěrů, organických příměsí a znečištění. Rentgenové snímkování za pomoci přenosného přístroje umožnilo pro vybraná místa rozeznat zabudovanou kovovou výztuž a kotvící prvky, **obr. 2**. Je zřejmé, že přichycení ovocných tvarů kotvícími prvky bylo využito pouze ve výjimečných případech. Štuky byly původně monochromní, pravděpodobně bílé (lomeně bílé). Vizualně patrné šedé vrstvy byly identifikované jako nečistoty. Tenký bílý sjednocovací nátěr byl prokazatelně aplikován až na závěr, po osazení štuků (nevyskytuje se pod lepícími maltami). Pouze na perlovci, který lemuje žebra s ovocem, je prokázána vícebarevná úprava,¹⁵ **obr. 3**. Jde o zlacené akcenty oblých tvarů perlovce na modrém pozadí, o zlacení jsou také zmínky v dochovaném účetnictví.¹⁶ Celá štuková výzdoba byla v 19. a 20. století opakovaně překryta druhotnými nátěry ve světlých odstínech, na jejichž komplikovaném odstranění se v současnosti odborně pracuje.



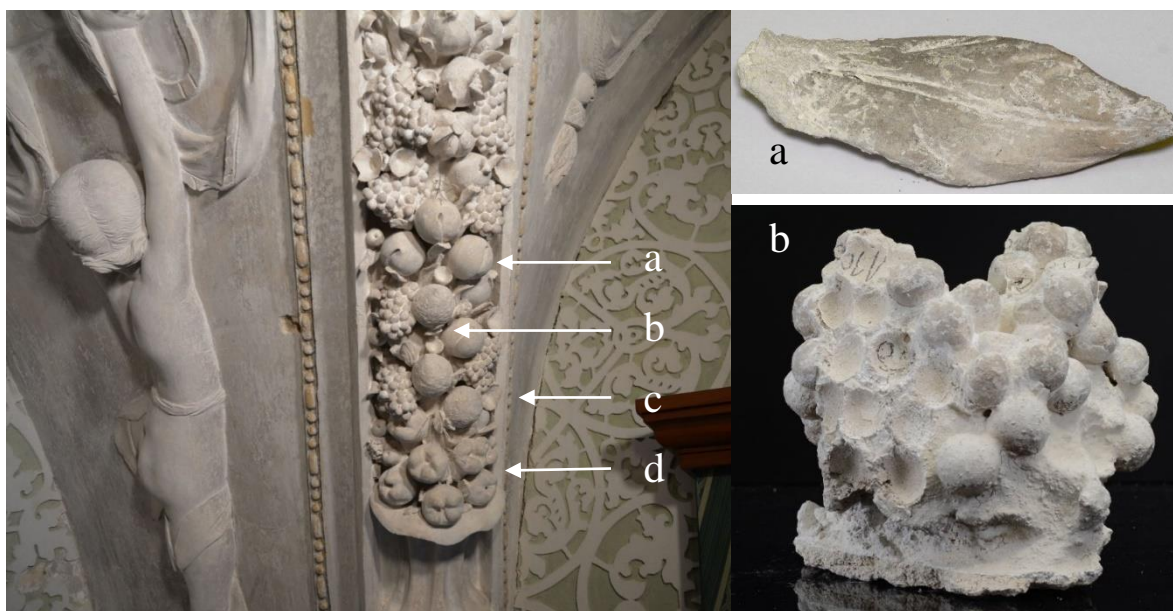
¹⁵ Waissarová, Wichterlová (2018)

¹⁶ Mádl (2013)

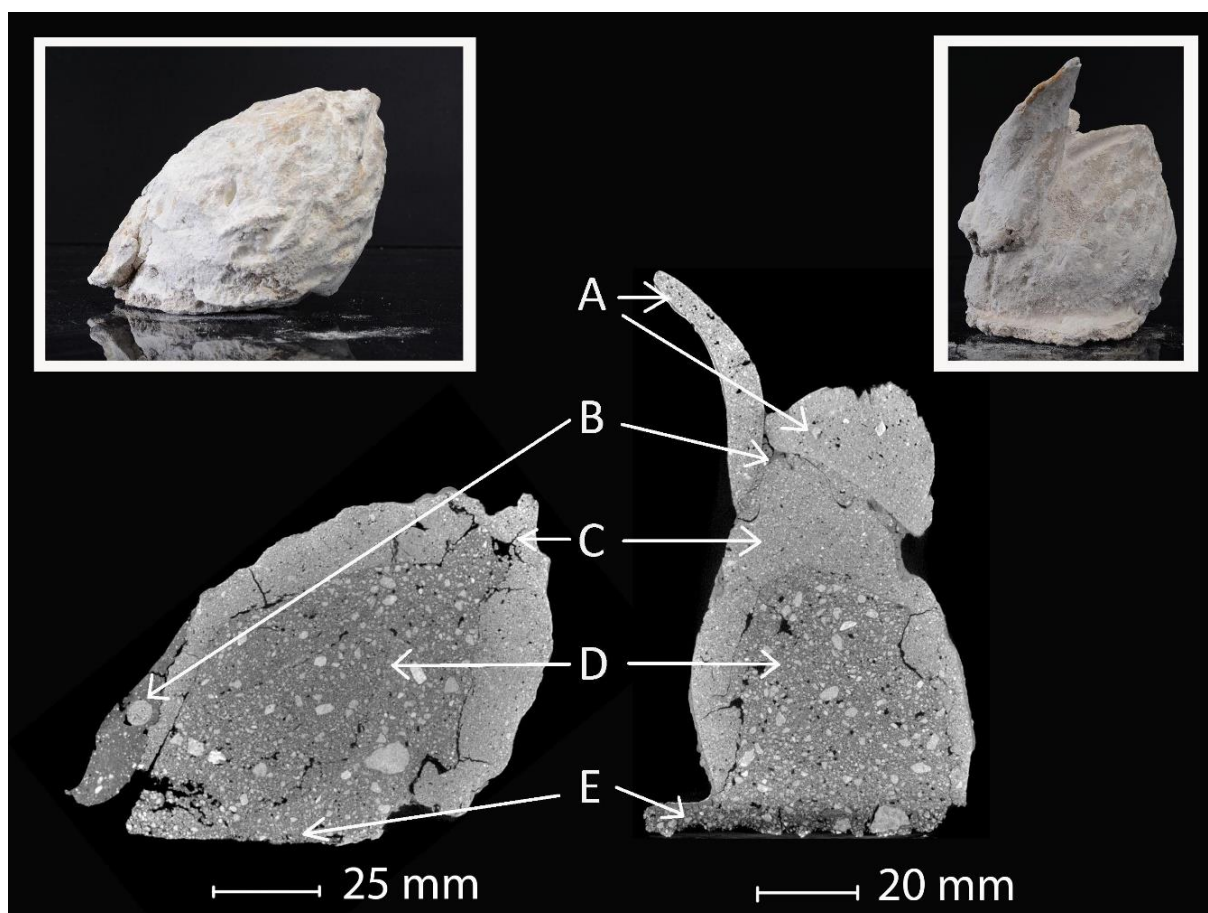
Obrázek 2: Rentgenový snímek ovocné výzdoby klenebního žebra. Kovové prvky ve formě drátků jsou použity v případě třešní (drátek využitý jako stopka). Ovocné prvky jsou ojedinele spojeny s podkladem pomocí kovových hřebů, které byly použity zejména pro upevnění v krajních polohách nebo u lepených svazků různých prvků (hruštičky mezi listy), které nemají rovnou osazovací plochu.

Na základě průzkumu in-situ byly odebrány vzorky z několika konstrukčních prvků, **obr. 3**, tj. z malých tvarů (lístky, hrozny, třešně, kališky), z ovoce (hrozny, mandle, citrony atd.), z lepicí malty (adhezni vrstva pod ovocem, lístky, kališky, kuličkami hroznového vína), perlovce a žebra (plošná omítková/štuková výzdoba). Malé tvary jsou připraveny z jemné vápenné malty (štuková malta), velké tvary jsou obvykle vytvořeny jako dvouvrstvá konstrukce. Ta se skládá z povrchové jemné vápenné vrstvy (štuková malta), která pokrývá hrubozrnné sádro-vápenné jádro (vnitřní jádrová malta), **obr. 4**. Větší tvary, tj. ovoce, jsou k do roviny srovnanému maltovému podkladu klenebního žebra připevněny cca 4–8 mm silnou hrubou lepicí maltou, **obr. 5**. Obdobně je sádro-vápenná lepicí malta využita pro připevnění drobných tvarů k ovoci nebo bočním stranám žebra, popř. je využita jako konstrukční malta pro lepení kuliček vína a modelaci hroznů. Pro tyto účely má lepicí malta jemnější zrnitost všech složek. Sádro štukatéři přidávali do konstrukčních malt, což umožnilo realizaci štuků ve větších hmotách a zároveň rychlejší lepení jednotlivých prvků. Čistě vápenné malty byly použity na modelované viditelné povrchové části štukové výzdoby.

Podle složení byly materiály jednotlivých konstrukčních prvků později rozděleny do tří skupin: vápenný štuk, sádro-vápenná malta a vápenná malta. Jejich stručná charakteristika a zjištěné výsledky chemicko-technologického průzkumu jsou uvedeny v **tabulce 1**. Výsledky vybraných analýz jsou uvedeny v **příloze I**, jejich podrobnější diskuze je rozvedena ve funkčním vzorku Válek a kol. (2019) a v odborném článku Válek a kol. (2020).



Obrázek 3: Detail štukové výzdoby Tencallova sálu a rozdělení na skupiny jednotlivých konstrukčních prvků: a – malé tvary (např. lístek), b – ovoce (např. hroznové víno), c – perlovec, d – žebro.



Obrázek 4: CT snímky a fotografie citronu (vlevo) a mandle (vpravo). Řezy CT modely ukazují strukturu těchto štukových plastik: A – malé tvary (zde dva lístky), B – jemná lepicí malta, C – vnější štuková vrstva, D – vnitřní jádrová malta, E – hrubá lepicí malta. Na snímcích lze pozorovat rozdílnou barevnost pojivové matrice jednotlivých prvků, což naznačuje odlišné složení resp. hustotu materiálu (rozdíl mezi vrstvami D, E). Viditelné jsou též trhliny, póry, větší zrna plniva či pojivových kusů.



Obrázek 5: Detail štukového žebra u vrcholu lunety napojeného na kruhový lem okolo středové růžice. Na snímku je zachycen stav před zpětným osazením transferovaného ovoce. Na maltovém podkladu (**a**) jsou zbytky sádro-vápenné hrubé lepicí malty (**b**), která ho plošně pokryla. Menší tvary byly připevněny ke stranám žeber popř. větších tvarů jemnou lepicí maltou (**c**). Nejvýše osazený tvar byl osazen na kotvící hřeb v místě (**d**).

Tabulka 1: Shrnutí výsledků chemicko-technologického průzkumu jednotlivých maltových směsí, charakteristika pojiva, plniva, organických příměsí a seznam použitých metod. *OM – optická mikroskopie; SEM-EDS – elektronová mikroskopie (druh detektoru); TA – termická analýza; RTG – rentgenová difrakce; GC-MS kapalinová chromatografie s hmotnostním spektrometrem, metoda MALDI-TOF; IČ – infračervená spektroskopie, CT – rentgenová tomografie. P – písek, VH – vápenný hydrát, VK – vápenná kaše, S – sádra.*

	Shrnutí výsledků pro analyzované vzorky			Použité metody
Charakterizace maltových směsí	Skupina	Konstrukční prvky	Charakteristika	Průzkum in-situ CT OM TA Rozpouštění v kyselině Sítová analýza
	Vápenný štuk	Malé tvary Vnější štuková vrstva ovoce	Pouze kalcitické vzdušné vápno a písek < 1 mm	
	Sádro-vápenná malta	Vnitřní jádrová vrstva ovoce Jemná lepicí malta Hrubá lepicí malta	Pojivo tvoří směs vápna a sádry	
	Vápenná malta	Perlovec Žebro	Vápenná malta s nižším obsahem vápna, hrubší písek	
Charakterizace pojiva	<p>Všechny vzorky obsahují vápenné pojivo, které vykazuje vzájemně shodné složení a charakteristiky. Jako surovina byl pravděpodobně použit krystalický vápenec (mramor) s velmi nízkým stupněm znečištění a nízkým obsahem hořčíku. Pojivo lze označit jako vzdušné kalcitické vápno, možné je také minoritní použití pojiva z jiného zdroje (pravděpodobně sedimentárního vápence).</p> <p>Obsažená sádra vykazuje multifázové složení s podílem nerozpustného (termálního) anhydritu. Při výpalu sádry bylo dosaženo poměrně vysokých teplot v porovnání s podmínkami dnešní výroby sádry (zhruba nad 350°C¹⁷). Sádra a vápno jsou v pojivové matici homogenně distribuovány, ale v obou případech jsou četné i pojivové kusy o velikosti několika mm.</p>			OM SEM-EDS TA RTG
Charakterizace plniva	<p>Plnivo tvoří říční písek, pravděpodobně lokální provenience, který nenese známky přirozeného transportu na delší vzdálenost. Mineralogické složení tvoří ortorula (úlomky mateční horniny), křemen, plagioklasy, draselné živce, amfibol, biotit a muskovit. Písek je mírně znečištěn přírodním (úlomky dřeva) a antropogenním materiálem (úlomky keramiky apod.). Maximální velikost zrn se v jednotlivých konstrukčních maltách liší (viz. příloha 1).</p>			OM SEM-EDS Sítová analýza
Poměr pojiva ku plnivu	Hmotnostní dávky	VH : S : P	P : VK : S	Rozpouštění v kyselině OM TA
	Vápenný štuk	1,0 : 0,0 : 1,1	1,0 : 0,0 : 0,5	
	Sádro-vápenná malta	1,0 : 0,9 : 4,2	1,0 : 0,5 : 2,1	
	Vápenná malta perlovec žebro	1,0 : 0,0 : 4,0 1,0 : 0,0 : 3,1	1,0 : 0,0 : 2,0 1,0 : 0,0 : 1,6	
Organické příměsi	<p>Ve všech analyzovaných vzorcích byl detekován kolagen, jehož zdrojem v historických maltách bývá klišová voda. Jiné organické příměsi nebyly použitými metodami identifikovány.</p>			OM GC-MS IČ TA

¹⁷ Nad 350°C dochází k přeměně rozpustného anhydritu na jeho nerozpustnou formu. Freie et al. (2019).

3.2. Výběr vhodných surovin pro vytvoření materiálové kopie

U suroviny pro výrobu vápna byla preferována shoda s originálem v základních charakteristikách – chemické a mineralogické složení určující míru hydraulicity, stupeň dolomitizace, charakter různých vápenných částic.

Vlastnosti vápna jsou ovlivněny druhem výchozí suroviny, a proto by výstupem analýzy pojiva měla být i úvaha o jeho provenienci. Při hledání surovinových zdrojů je vhodné využít archivních a literárních pramenů nebo i souhrnná díla jako je například geodatabáze Calcarius, která obsahuje soupis historických lomů vápenných surovin na území České republiky.¹⁸ Bohužel ve většině případů nelze pouze na základě analýz určit lom nebo místo, ze kterého vápenec pocházel. Pro takovátoto porovnání totiž chybí vhodný srovnávací materiál. Často byl daný lom již v minulosti vytěžen, nebo byl zavezen a odběr vzorků pro srovnávací účely již není možný. Navíc složení suroviny není homogenní ani v rámci lomu, proto i v případě stejného lomu a stejné geologické vrstvy může mít nový vzorek odlišné chemické a mineralogické složení od původně těžené suroviny. I přes tyto objektivní komplikace jsou charakterizace surovin a vymezení možné proveniencie podstatné, jelikož blíže určují použité suroviny a popisují další vztahové vazby mezi samotným dílem, procesem stavby a konkrétními surovinovými zdroji. Jejich znalost pak může zpětně přinést poznatky o použitých materiálech a technologiích. Ve svém důsledku tak může vést ke snížení odběru vzorků ze staveb a zlepšení odhadu vyskytující se přirozené materiálové variability. Upřesnění původu se netýká pouze vápna, ale i dalších použitých surovin. V našem případě tedy zejména písku a sádrovce.

Podle charakteristiky pojiva a rámcových znalostí místní surovinové základny lze stanovit parametry pro výběr vápence pro výrobu vápna. Pouze výjimečně je takovátoto surovina těžena a vápno z ní vyráběné je přímo k dispozici. V mnoha případech je ale možné získat typově obdobný vápenec v aktivně těženém ložisku. Pokud není na trhu dostupné vhodné pojivo a vápenec je možné získat z přístupného zdroje, pak může být vypálen v peci umožňující replikaci tradičních postupů nebo malovýrobu vápna.¹⁹ Takovýto idealizovaný postup byl použit pro Památkový postup jako ukázka současných možností. V běžné praxi o něm lze uvažovat jen ve specificky odůvodněných případech.

Zámek Červená Lhota se nachází v centrální části geologické jednotky Moldanubika, konkrétně v regionální zóně jihočeského Moldanubika. Nejčastějšími horninami v tomto prostoru jsou silně metamorfované hlubinné vyvřeliny a magmatické horniny variského stáří (ruly, migmatity a granity). V těchto horninách se místy vyskytují i polohy karbonátových hornin – krystalických vápenců (mramorů), původně mořských sedimentů silurského a devonského stáří, které byly metamorfovány během variské orogeneze. Nejbližší výskyt těchto hornin se nachází cca. 25 km severně až severozápadně od Červené Lhoty poblíž obce Chýnov na Táborsku, jejich přesnou polohu a analýzy dostupného kamene jsou uvedeny v **příloze II**. Na základě hydraulického charakteru testovaných surovin a množství MgO z nich byla vybrána nejčistší dostupná poloha vápence,²⁰ **obr. 6**. Jeho charakteristika je uvedena v **tabulce 2**.

¹⁸ Calcarius <http://calcarius.maps.arcgis.com/home/index.html>. Databáze obsahuje již dříve zpřístupněné informace i nejnovější poznatky získané průzkumem v terénu a z archeologických nálezů.

¹⁹ V ČR jsou minimálně dvě takové pece v Experimentálním centru ÚTAM v Solvayových lomech a v expozici NTM v Centru stavitelského dědictví v Plasích.

²⁰ Jako pomístní název této suroviny je užíváno označení „Ředřák“.

Tabulka 2: Charakteristika nejčistší dostupné polohy chýnovského vápence na základě mineralogického popisu a chemického složení.

Vápenné pojivo – požadavky	Vápenec Chýnov
Regionálně-geologická příslušnost suroviny	Pacova hora se nachází zhruba 25 km severně od Červené Lhoty.
Krystalický vápenec	Jedná se o hrubozrnný krystalický vápenec – mramor.
Vzdušné vápno	Obsah CaCO ₃ 98 hm. % (vysokoprocentní).
Nízký stupeň dolomitizace	Obsah MgCO ₃ < 0,5 hm. %.
Dostupnost a kvalita materiálu	Materiál byl získán po domluvě se správcem Chýnovských jeskyní v dostatečném množství pro experimentální výpal.

Suroviny použité k přípravě sádry by se měly se sádrovými komponenty originálních štuků shodovat v **chemickém a mineralogickém složení a přítomnosti příměsí**. Chemické složení potenciální suroviny a sádry ve vzorcích štuků lze vzájemně porovnat na základě výsledků XRF a mikrochemických analýz provedených při pozorování pomocí SEM-EDS. Výraznější rozdíly jsou však patrné pouze v případě přítomnosti příměsí (např. jílových minerálů). Ke zhodnocení mineralogického složení surovin lze využít metody OM, SEM-EDS a XRD. Pomocí těchto přístupů lze nejen přesně identifikovat již zmiňované příměsi, ale i odlišit sádrovcovou a anhydritovou složku, a to na základě strukturních vlastností krystalů sádrovce a anhydritu (pomocí OM nebo SEM-EDS). Jejich kvantitativní zastoupení pak lze určit pomocí XDR analýzy. Přítomnost a vzájemný poměr hemihydrátu (CaSO₄ · 1/2 H₂O) a anhydritu (CaSO₄) je však velmi ovlivněn teplotou výpalu, postupem dalšího zpracování a podmínkami zrání/uchování. Velmi vhodnou metodou k určování proveniencí surovin sádry je analýza izotopů síry ($\delta^{34}\text{S}$) a stroncia ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)²¹. Tuto metodu lze využít při rozlišování zdrojových oblastí s výskytem sádrovců. Jejím omezením však je nemožnost přesnějšího rozlišení v případě porovnávání ložisek stejného stáří.

Poměrně zásadním rozdílem mezi vyhledáváním ložisek vápencových surovin a ložisek sádry je četnost jejich výskytu, neboť zdroje sádrovce jsou v našem regionu výrazně vzácnější. Žádná ložiska této suroviny se v bezprostředním okolí zámku Červená Lhota nevyskytují. Ve Střední Evropě se sádrovec nalézá pouze v několika ložiskových oblastech.²² Od Červené Lhoty jsou vzdálenostně nejbližšími ložiskovými oblastmi Opavská pánev (součást karpatské předhlubně, stáří neogén), která se rozkládá na česko-polském pomezí. Další ložiska se nacházejí jižně v oblasti tzv. Severních vápencových Alp (stáří perm-trias) v Rakousku. Potenciální oblastí pro dovoz sádry či sádrovce na Červenou Lhotu může být i region jižních Alp v okolí Lugana, odkud pocházel rod Cometů. Další možné zdroje sádrovců se nacházejí v geologické formaci Zechstein (perm-trias) na území Německa. Vzorky sádrovce použité k bližším analýzám byly odebrány na lokalitách Kobeřice (Opavská pánev) a ložiska z Preinsfeldu (Severní vápencové Alpy), **obr.6**. Výsledky analýz jsou předloženy v **příloze III**, zhodnocení vhodnosti jejich použití je uvedeno v **tabulce 3**.

²¹ Gale et al. (1988)

²² Nejsou počítány ojedinělé výskyty. Ložiska představují místa, která jsou svou velikostí vhodná k těžbě suroviny.

Tabulka 3: Charakteristika sádrovce z lokalit Preinsfeld a Kobeřice.

Sádra – požadavky	Sádrovec Preinsfeld [A]	Sádrovec Kobeřice [ČR]
Regionálně-geologická příslušnost suroviny	Preinsfeld se nachází zhruba 190 km od ČL.	Kobeřice se nachází zhruba 280 km od ČL.
Určení proveniencie – izotopová analýza	Shoda v hodnotách izotopů.	Hodnoty izotopů se liší.
Dostupnost a kvalita materiálu	Hlubinný důl již nečinný, nyní dochází k jeho zavážení. V dolu je možné natěžit větší bloky rostlého sádrovce s minimálním množstvím jílu, ale díky současnému stavu je odběr omezený.	Čistý sádrovec se v tomto aktivním lomu vyskytuje pouze ve formě krystalů v autochtonním horizontu tvořeném jíly. Možný je odběr pouze sádrovce společně s jíly.



Obrázek 6: Krystalický vápenc Chýnov, poloha vysokoprocentní suroviny, tzv. „ředák“, před výpalem (A), sádrovec z lokality Preinsfeld (Severní vápencové Alpy, Rakousko) (B), sádrovec z lokality Kobeřice (Opavská pánev – Česká Republika) (C).

Zásadními parametry plniva jsou jeho **mineralogické složení, granulometrie a tvar zrn, podíl jemné frakce (< 63 μm) a barevnost**. Nejlepší shodu struktury a barevnosti lze ve většině případů docílit použitím suroviny z místních zdrojů. Historické zdroje lze obdobně jako u vápna nalézt v psaných a v mapových historických podkladech.²³

Podle mineralogického složení materiálu použitého ve štukové výzdobě Tencallova sálu byl použit písek z místní proveniencie (obsahující křemenné klasty a úlomky ortoruly). Zkušebně byl proveden odběr písku na několika lokalitách v okolí Červené Lhoty, **obr. 7**, jak ukazuje **příloha IV**, kde jsou uvedeny granulometrické křivky a mineralogický popis analyzovaných vzorků. Všechny vzorky obsahovaly oproti originálům nedostatečné množství jemné frakce (< 63 μm). Pro výrobu maltových směsí byly použity tři písky, jejichž vlastnosti jsou stručně shrnuty v **tabulce 4**. Nejvhodnější granulometrie dosahuje kombinace písku Slavonice a komerčního písku Otradovice 1 : 1 (hmotnostně), dále označená jako písek IP. Písek IP byl použit na přípravu vápenného štku na ovoci a malých tvarů. Písek Červená Lhota byl použit do jemných a hrubých lepicích malt, do malty perlovce a žebra.

²³ Např. Vachtl a kol. 1932-1961.

Tabulka 4: Porovnání písků, které byly vybrány a použity k vytvoření materiálové kopie štukové výzdoby na Červené Lhotě.

Plnivo – požadavky	Písek Červená Lhota	Písek Slavonice	Maltový písek Otradovice 0/1
Regionálně-geologická příslušnost suroviny	Písčité podloží rybníku, který obklopuje zámek. (Obr. 7 B a C)	Kopaný písek pochází ze Slavonic, kde je však obdobné geologické podloží.	U komerčního písku nelze určit, jedná se o říční propraný materiál.
Mineralogické složení	Odpovídá originálu, převažují reliktory ortoruly a křemenná zrna.	Odpovídá originálu, převažují reliktory ortoruly a křemenná zrna.	Dominuje křemen, v menších frakcích jsou přítomny tmavé minerály (Fe, Ti).
Granulometrická křivka	Malé množství jemných frakcí v porovnání s originálním materiálem.	Dostatečné množství jemné frakce. Příliš velké množství frakce 0,5–1 mm.	Dostatečné množství jemné frakce, ale maximální velikost pouze 1 mm.
Tvar zrn	Ostrohranný a neopracovaný charakter.	Ostrohranný a neopracovaný charakter.	Zaoblené, opracované, výjimečně až poloostrohranné klasty.
Podíl jemné frakce < 63 μm	0,4 hm. % z frakce 0-1 mm	2,5 hm. % z frakce 0-1 mm	0,1 hm. %
Barevnost	Odpovídá originálu	Odpovídá originálu	Světlejší, více do žluta (oproti originálu)
Dostupnost a kvalita materiálu	Odběr byl možný pouze ve vypuštěném rybníce během čištění.	Odběr proběhl v rámci předchozích průzkumů, další odběr je možný.	Možnost libovolně velkého množství.



Obrázek 7: V blízkosti zámku se nachází více poloh písčitého materiálu, a to jak v okolním lese (A), tak přímo na dně místního rybníku (B), kde již při odběru proběhla alespoň orientační granulometrická zkouška (C).

Přidávání různých organických látek do štukových malt je známo z literatury a má své technologické opodstatnění.²⁴ V kombinaci se sádrou razantně ovlivňují rychlost jejího tunutí. Identifikace přidaných organických látek je ale značně obtížná pro jejich nízkou koncentraci, kterou zpravidla není možné kvantifikovat. V případě Červené Lhoty byla zjištěna přítomnost kolagenu, který byl potvrzen ve více vzorcích, avšak pomocí analytických metod ho nebylo možné blíže specifikovat. Pro přípravu nových maltových směsí byl použit komerčně dostupný kostní klíž. Dávkování a další technologické postupy byly odvozeny z literatury a experimentálně ověřeny.²⁵

3.3. Výroba a zpracování surovin

Materiálové složení surovin není jediným určujícím faktorem pro výsledné vlastnosti malt. Pojivo podléhá výpalu a dalšímu zpracování, písek lze dále třídít, drtit či upravovat jeho granulometrické složení. Výroba, zpracování a kvalita surovin jsou tedy dalšími faktory, které je potřeba zohlednit při návrhu maltové směsi na základě kopie originálu. Obdobně je třeba zvážit i samotnou přípravu malty a techniky jejího použití. V našem případě tedy techniku štku a využití kombinace vlastností vápenného a sádrového pojiva.

Historické technologické postupy není možné stanovit přímo na základě analýz a pro jejich pochopení je nutné doplnit analytické výsledky o poznatky z historické literatury, ze studia tradičních řemeslných postupů a v neposlední řadě i vlastních experimentálních ověření. Při replikaci historických technik je tak vždy otázkou, do jaké míry je nutné či vhodné replikovat i historické technologie výroby a přípravy surovin (pro výrobu malty) a kdy je možné použít současně nabízené alternativy. Stejným způsobem je nutné uvážit i samotný aplikační postup a využití dobových nástrojů. Toto dilema řeší i předkládaný Památkový postup, který, tam kde to je možné, napodobuje předpokládané historické postupy, popř. uvádí alternativy, které byly v rámci výzkumu ověřovány.

Pro výpal vápna se v 17. století v našich podmínkách používaly periodické vápenné pece, ve kterých se topilo dřevem. Vypálené vápno se dodávalo na stavby, kde se dále skladovalo a zpracovávalo. Historické způsoby výroby vápna a jeho zpracování jsou dlouhodobě studovány autorským kolektivem²⁶ a byly využity pro výrobu vápna z chýnovského vápence, **obr. 8**. V případě využití komerční suroviny je možné zakoupit pálené kusové vápno a vyhasit ho dále doporučeným způsobem. Tradiční hašení vápna má několik podob, pro výrobu malt bylo použito hašení na prach a hašení v nadbytku vody.²⁷ Hašení na prach, kdy produktem byl suchý vápenný hydrát, mělo několik nesporných praktických výhod; zejména jednoduché dávkování (hmotnostně i objemově), možnost suchého promíchání s dalšími surovinami a snadné dávkování vody, které vedlo k minimalizaci smršťovacích trhlin. Množství a maximální velikosti vápenných částic byly upraveny přesátím vápenného hydrátu přes síto o velikosti oka 1 mm. V maltě připravené ze čtyřměsíční vápenné kaše (zrání čtyři měsíce) bylo množství vápenných částic oproti maltě z prachovému hydrátu výrazně menší. Vápenná kaše poskytla obecně jemnější pojivo (hodnoceno vizuálně a na základě zpracovatelnosti). U správně vyhašené a uleželé vápenné kaše lze obecně očekávat jemnější pojivové částice s tím spojené vlastnosti (lepší

²⁴ Různé druhy klišů, arabská guma, rostlinné a obilné výtažky, ocet, mléko, tvaroh, vajíčka, polysacharidy, mýdla a další, viz. Berner M. and Weber J. (1999); Montana, G. and Ronca F. (2002); Rampazzi, L. a kol. (2008).

²⁵ Užití klišu při modelování sádrových štuků je běžná praxe i v současnosti.

²⁶ Válek, (2015).

²⁷ Více o technikách hašení lze nalézt v literatuře, např. Válek (2015). Kromě uvedených je známo také hašení vápna s pískem (tzv. horká malta). Tento postup není pro přípravu jemných štuků ani pro podkladové malty pod nimi vhodný.

plasticita, vyšší retence vody a plocha povrchu). V případě výroby štukové malty z kaše byl důležitý i fakt, že ji nebylo možné vyrobit s hustší konzistencí, než s tou, která byla dána obsahem vody v kaši.



Obrázek 8: Výpal vápna proběhl v experimentální vápenné peci. Kusové vápno bylo vyhašeno v přebytku vody na vápennou kaši a ponořením do vody v koši na vápenný hydrát. Výpal vápna dřevem ve shora otevřené periodické peci (A), kusové vápno pálené z chýnovského vápence (B), přelévání vápenného pačoku do vápenné jámy přes 1 mm síto (C), hašení vápna na prach (D).

Z historických pramenů známe tři způsoby výpalu sádrovce;²⁸ výpal při vysoké teplotě v peci, výpal při střední (směsné) teplotě a výpal při nízké teplotě vařením v kotli nad ohněm. Z technologického hlediska hraje zásadní roli **fázové složení síranu vápenatého**, které je určeno teplotou a podmínkami výpalu sádrovce. Při vaření (sádrovce) je teplota výpalu okolo 130°C a výsledným produktem je rychle tuhnoucí sádrové pojivo. Při vyšších teplotách se hemihydrát síranu vápenatého postupně mění na anhydrit a nad 350°C vzniká tzv. nerozpustný anhydrit. Samotný nerozpustný anhydrit ale není jako pojivo efektivní a proto historický výpal sádrovce při vyšších teplotách cílil na získání vícefázové směsi různých modifikací síranového pojiva.²⁹ Počet experimentálních výpalů byl omezen množstvím získaného sádrovce. Sádrovec z lokality Preinsfeld byl jednou vypálen **v peci na vysokou teplotu** a opakovaně **vařením v kotli** (při nízké teplotě), **obr. 9**. Sádra připravená výpalem v peci (**ozn. HT**) obsahovala vysoký podíl anhydritu, pravděpodobně byla zvolena příliš dlouhá doba výpalu. Sádra připravená vařením v kotli (**ozn. LT**) dosahovala požadovaných vlastností, ovšem neobsahovala potřebné množství anhydritových částic, **tabulka 6**. Po obou výpalech byla sádra nadrcena a použita byla pouze frakce < 1 mm. Obě připravená pojiva byla v porovnání s komerční sádrovou více hrubozrnná. Vzhledem k fázovému složení (poměru dihydrátu a anhydritu) byla k přípravě sádro-vápenných malt použita směs sádrového pojiva LT a HT v poměru 3 : 1. Výsledná suchá směs byla případně obohacena jemnou komerční sádrovou podle použití, např. lepení lístečků na malou lepicí plochu.

²⁸ Götz et al. 2018.

²⁹ Popř. i CaO, který vzniká rozkladem sádrovce při teplotách nad 600°C. Oxid vápenatý následně funguje jako hydratační aktivátor nerozpustného anhydritu AII/E. Schulze et al. (1990).



Obrázek 9: Výpal sádry na nízkou teplotu na dobové ilustraci (Götz et al. 2018; A), při současném experimentu (B) a detail povrchu nadrceného sádrovce, ze kterého při varu uniká voda (C).

Plnivo – místní písek Červená Lhota a písek IP byly přesáty s cílem upravit maximální velikost zrn podle aplikace. Písek IP byl vytvořen smícháním dvou písků pro získání vhodné granulometrie.³⁰

Z **organických přísad** byl prokázán kolagen, jenž pocházel z klišu - tradičního, dlouhodobě známého pojiva. Ten byl patrně přidáván ve formě klišové vody. Pro její přípravu byl zvolen komerčně běžně dostupný granulovaný kostní klíž.

3.4. Posouzení surovin

Požadavky na stavební vápna, používaná v současnosti pro zdění a pro vnitřní a vnější omítky, jsou popsány v normě.³¹ Přestože u vápen vyrobených tradičním způsobem není možné ani žádoucí splnit všechna kritéria a zařadit podle nich produkt do jedné kategorie, je důležité před jejich použitím zjistit některé charakteristické hodnoty zde popsané.

Pro základní představu je nutné stanovit obsahy CaO a MgO a určit základní rozlišení vápen (vzdušná CL, dolomitická DL, přirozená hydraulická NHL).³² Obsah CO₂ (případně CaCO₃) ve vápnu je parametr vypovídající o efektivitě výpalu, proto je užitečné jeho obsah znát zejména u experimentálního výpalu suroviny. Obsah SO₃ by měl být menší než 2 hm. %, jak je stanoveno v normě pro všechny popisované třídy vápna. Připravené vápno z Chýnovského mramoru lze zařadit do kategorie čistých kalcitických vápen CL 90, **tabulka 5**.

Důležitou podmínkou pro bezpečné použití vápenného hydrátu je dodržení požadavku na objemovou stálost. Z dalších užitečných charakteristik, které pomáhají efektivnějšímu využití pojiva, uvádíme reaktivitu a stanovení vydatnosti. U vápenných pojiv vyrobených tradičním postupem zohledňujeme maximální velikost částic podle velikosti vápenných shluků viditelných na originálu.

Sypná objemová hmotnost hydrátu může být u vápen hašených na prach kolísat a v případě přepočtu z hmotnostního na objemové dávkování je nutné vycházet ze stanovených hodnot. Obdobně tomu je s obsahem volné vody (norma připouští obsah do 2 hm. %). U vyššího obsahu volné vody je nutné zohlednit její množství při dávkování jednotlivých složek.

³⁰ Viz. též metodika Michoinová 2016.

³¹ ČSN EN 459-1 ed. 3. popisuje charakteristické hodnoty pro vzdušná, dolomitická, přirozená hydraulická, směsná a hydraulická vápna, na jejichž základě je lze zařadit do příslušné třídy. ČSN EN 459-2 ed 2. obsahuje zkušební postupy pro tato stavební vápna.

³² Kategorie přirozených hydraulických vápen jsou definovány na základě pevnostních charakteristik, jejich složením se norma nezabývá. Přesto pro jejich orientační zařazení je vhodné stanovit obsah Al₂O₃, SiO₂ a Fe₂O₃ a vypočítat cementační index. Boynton, 1979. Kategorie směsných vápen HL a FL nejsou v tomto dokumentu uvažovány.

Tabulka 5: Charakterizace vápna získaného výpalem mramoru Chýnov.

Chemické složení	Obsah CaO + MgO > 90 hm. % Obsah MgO < 0,4 hm. % Obsah SO ₃ < 0,5 hm. %
Reaktivita	t(60°C) = 3 min 10 s t(max) = 5 min 40 s T(max) = 76°C Zbytek po vyhašení 5 hm. %

Normované požadavky³³ na sádrová pojiva pro vnitřní omítky se liší podle použití. Základním požadavkem je obsah síranu vápenatého, který musí být vyšší než 50 %, přičemž norma nerozlišuje, zda je přítomný ve formě anhydritu, hemihydrátu nebo dihydrátu. Tuto podmínku splňují sádry získané experimentálním výpalem v peci i v kotli, **tabulka 6**. U moderních sádrových pojiv jsou hodnoceny akustické vlastnosti, požární odolnost, tepelný odpor či uvolňování nebezpečných látek. Tyto vlastnosti však nejsou při výrobě sádry tradičním způsobem podstatné. U sádrových malt jsou normované hodnoty (podobně jako u vápna) počátek tuhnutí, pevnost v tahu za ohybu, pevnost v tlaku, přídržnost a také tvrdost povrchu. Nejdůležitější charakteristikou při využití pro štukatérské práce je počátek a doba tuhnutí. Zjištěnou hodnotu je potřeba porovnat s dobou tuhnutí celé maltové směsi, obzvláště pokud je použita příměs, která ovlivňuje rychlost tuhnutí (např. klišová voda). V našem případě byla použita obdoba nožové metody popsané v normě ČSN EN 13279-2. Tento zjednodušený pokus byl zároveň použit ke stanovení koncentrace klišové vody, viz dále.

Tabulka 6: Mineralogické složení sádry vypálené na vysokou teplotu **HT** (průměr z pěti stanovení) a na nízkou teplotu **LT** (průměr ze dvou stanovení).

	Křemen	Muskovit	Anhydrit	Sádra	K-živce	Magnesit	Chlorit	Periklas	Kalcit	Dolomit	Amorfní
HT	4,4	4,2	53,7	1,2	3,5	9,1	2,0	2,2	0,6	-	29,0
LT	4,1	6,3	2,7	55,7	4,7	7,3	3,4	-	4,1	0,8	11,0

Požadavky na kamenivo přidávané do malt jsou popsány v normě,³⁴ ovšem většina požadovaných charakteristických hodnot nemusí být z pohledu materiálové rekonstrukce dodržena, protože vyplývají z charakteru plniva, který má být co nejbližší originálu. Důležitým parametrem, který je z hlediska této normy potřeba vždy před použitím písku ověřit, je obsah síranů, dusičnanů a chloridů.

3.5. Návrh a odzkoušení opravné směsi

Vápenný štuk byl připraven ve dvou variantách z vápenné kaše (ozn. **I₁**) a z prachového vápenného hydrátu (ozn. **I₂**), **tabulka 7**. Suroviny byly dávkovány hmotnostně, maximální velikost zrn písku IP byla 1 mm. Barevnost malty připravené z hydrátu a z kaše se po přípravě lišila, malta z hydrátu byla tmavší. Rozdíl v barevnosti pojiva pravděpodobně nesouvisel se způsobem hašení, ale

³³ Požadavky jsou uvedeny v normě ČSN EN 13279-1, zkušební metody jsou popsány v ČSN EN 13279-2.

³⁴ ČSN EN 13139 požaduje geometrické vlastnosti (typická zrnitost, tvar zrn, obsah jemných částí a schráněk živočichů), fyzikální vlastnosti (objemová hmotnost a nasákavost zrn, odolnost proti mrazu) a chemické vlastnosti plniva (obsah chloridů, síranů a složek ovlivňujících tuhnutí a tvrdnutí malty aj.).

byl způsoben přirozenou heterogenitou surovin, kdy se při použití malých dávek různé odchylky od průměru mohou zvýraznit. Po několika dnech odležení byla barevnost srovnatelná, tmavší malta mírně zesvětlala. Dalším výrazným rozdílem byla konzistence, ta byla dána obsahem vody v kaši anebo množstvím vody přidávané při míchání. Použití prachového hydrátu umožnilo připravit maltu s optimální konzistencí. Obecně byl vápenný štuk připravený z odležené kaše o objemové hm. 1350 kg/m³ a množstvím sušiny 45 hm. % shledán příliš řídký a lepivý. Zpracovatelnost takovéto malty byla dále upravována odvodněním, částečně odležením, ale zejména odsáním vody umístěním na suchý, porézní materiál s vysokým kapilárním koeficientem (např. na plnou pálenou cihlu). Obě varianty štukové malty bylo možné pro danou aplikaci využít. Z praktického pohledu je tak možné upřednostnit prachové vápno. Je nutné si ale uvědomit, že jeho kvalita daná velikostí částic může být snížena v závislosti na procesu hašení. Tradiční způsob hašení vápna v nadbytku vody a jeho následné uležení poskytuje obecně větší záruky kvality a vyšší podíl jemnějších částic.

Tabulka 7: Hmotnostní dávkování malt vápenného štku.

Malta	Vápenná kaše Chýnov	Vápenný hydrát Chýnov	Písek IP	Vodní součinitel
I ₁	1,0	-	0,5	-
I ₂	-	1,0	1,1	0,52

Na rozdíl od vápenného štku není možné připravit větší množství mokré sádrové malty najednou. Proto byl zvolen postup, kdy pro hrubou lepicí maltu (označenou **LCL**) a jemnou lepicí maltu (označenou **JCL**) byla navážena suchá směs sádry (sádra LT a HT 3:1), vápenného prachového hydrátu a písku. Připravená směs byla před použitím rozmíchána v 1% klišové vodě podle požadované konzistence, **tabulka 8**. Jako plnivo u obou malt byl použit písek Červená Lhota, pro maltu LCL byl proset přes síto o velikosti 4 mm a poté bylo dodáno snížené množství frakce 4–8 mm.³⁵ Pro směs JCL byl použit komerční maltový písek Otradovice F0-1, tj. se zrny menšími než 1 mm. Pro lepení kuliček vína a dolepování některých lístků byla připravena nejjemnější lepicí malta S-JCL, pro kterou byly všechny sypké suroviny prosety přes síto o velikosti 250 µm.

Tabulka 8: Dávkování pro přípravu malt LCL a JCL. Pro suchou směs jsou uvedené hmotnostní dávky, její dávkování s klišovou vodou je uvedena v objemových dávkách.

Malta	Suchá směs Hmotnostní dávkování			Malta Objemové dávkování		Max. velikost zrn [mm]
	Vápenný hydrát Chýnov	Sádra	Písek Červená Lhota/maltový	Suchá směs	1% klišová voda	
LCL	1,0	0,9	4,2	4,0	1,0	8
JCL	1,0	0,9	4,2	Podle požadované konzistence		1
S-JCL	1,0	0,9	4,2	Podle požadované konzistence		0,25

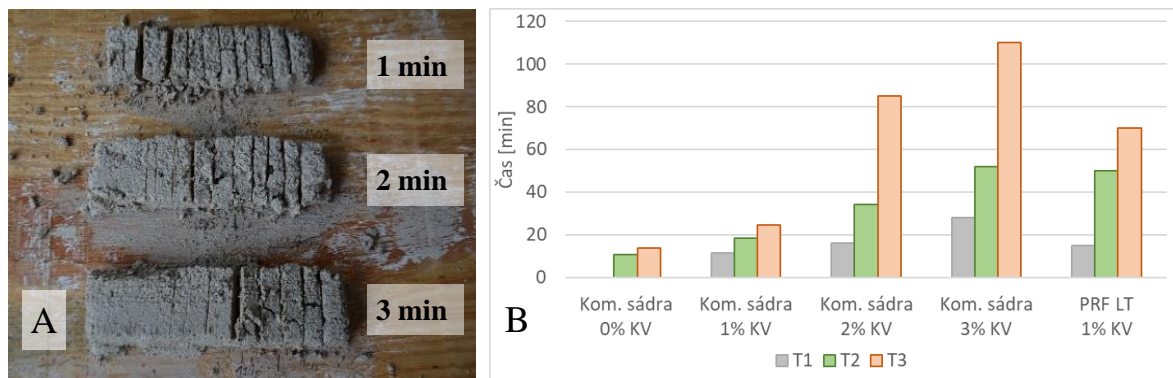
³⁵ Originál obsahuje zrna o velikosti až 8 mm.

Množství přidaného klišu a i koncentraci klišové vody nebylo možné stanovit analytickými metodami, proto byla provedena série jednoduchých pokusů s cílem stanovit množství klišu v klišové vodě pro malty LCL a JCL pro dosažení požadovaných vlastností. Klišová voda byla připravena o koncentraci 1, 2 a 3 hm. %. Kostní klíž³⁶ byl dávkován hmotnostně podle **výpočtu (1)**. Navážka klišu byla zalita daným množstvím vody a ponechána asi 24 hodin nasáknout. Poté byla směs ve vodní lázni zahřívána na teplotu do 50°C a za pravidelného míchání rozpuštěna. Klišová voda byla určena k okamžité spotřebě. Pro přechovávání klišové vody po delší dobu se osvědčilo přidat jako dezinfekci malé množství vápna.

$$w_{klíž} = \frac{m_{klíž}}{m_{klíž} + m_{voda}} * 100 \quad (1)$$

Ze suché směsi LCL, vody a klišové vody o různých koncentracích byly připraveny vždy tři trámečky, které se lišily dobou míchání (ověření vlivu doby zpracování sádry na její tuhnutí) **obrázek 10A**. Trámečky byly v pravidelných intervalech řezány pomocí špachtle. Sledován byl čas T1, kdy se okraje řezu přestaly uzavírat (tento bod je v normě stanoven počátkem tuhnutí),³⁷ čas T2, kdy lze maltu sice stále snadno rozříznout, ale začíná se trhat (konec zpracovatelnosti), čas T3, kdy maltu nelze snadno rozříznout. Experiment ukázal, že s rostoucím množstvím klišu se prodlužuje doba zpracovatelnosti i doba tuhnutí, **obrázek 10B**. Přičemž sádra připravená pálením v kotli začíná tuhnout podobně rychle jako komerční sádra, ale celkovou dobu tuhnutí má delší. Zároveň se ukázalo, že s prodlužující se dobou míchání (zpracování čerstvé směsi) se mírně urychluje doba tuhnutí připravených směsí.

Díky dostatečné době zpracovatelnosti pro modelaci jádra ovoce a zároveň rychlý nástup tuhnutí pro účinnost lepicí malty byla zvolena univerzální koncentrace klišu 1 hm. % pro všechny směsi. Klišová s koncentrací nad 3 hm. % po čase rosolovatěla a nebylo ji možné ji dávkovat bez dalšího zahřívání.³⁸



Obrázek 10: Fotografie z průběhu testování směsi na trámečkách ilustruje vliv doby míchání na tuhnutí malty z komerční sádry (A). Porovnání časů T1, T2 a T3 pro směsi s komerční sádrkou a se sádrkou z lokality Preinsfeld pálenou v kotlíku (PRF LT) s koncentrací klišové vody (KV) 0, 1, 2 a 3 hm.% (B).

³⁶ Z analýz typ klišu nevyplývá, kostní klíž byl zvolen jako nejběžnější a nejdostupnější typ klišu.

³⁷ ČSN EN 13279-2

³⁸ Lze připravit také koncentrovanější roztok bez rosolování. Losos a Gavenda (2010) popisují takovýto postup: na 30 l vody dáme 5 kg klišu, po jeho rozvaření přidáme 1 až 1,5 kg husté vápenné kaše a necháme přejít varem.

3.6. Ověření navržené opravné směsi a pracovních postupů na zkušebních panelech

Během praktických zkoušek bylo nutné ověřit funkčnost jednotlivých maltových směsí – vápenného štku pro vytvoření malých tvarů a vnější štukové vrstvy ovoce; sádro-vápenné malty pro použití na vnitřní jádrovou maltu a lepicí malty; vápenné malty pro perlovec a žebro. Pro ověření byla zvolena výroba repliky části žebra s použitím navržených maltových směsí, která se realizovala mimo vlastní objekt. Zásadní parametry, které je nutné zvážit a zvolit, jsou: zpracovatelnost jednotlivých malt (zejména množství záměsové vody), načasování úprav povrchů a aplikací jednotlivých (návazných) vrstev, způsob modelování větších tvarů a jejich upevnění na podklad, použití nástrojů včetně využití forem. Při praktickém ověřování vzniklo několik možných alternativních postupů, u nichž rozhodujícím vodítkem pro volbu výsledného postupu byla jednoduchost a praktičnost spojená s odpovídající vzhledovou kvalitou výsledku.

Navržený Památkový postup vychází z následujících postupů, které se při rekonstrukci techniky štku podařilo úspěšně prakticky ověřit.

Ověřený postup: Ovocné tvary jsou tvořené z ruky bez použití forem.

U ovocných tvarů se detailním průzkumem prokázala určitá vodítka, která směřovala k řemeslnému postupu bez formování. Některé tvary jsou si velmi podobné velikostí a náklonem, obzvláště porovnává-li se pouze jejich nejbližší okolí a nikoli žebra mezi sebou. První úvaha tedy vedla k možnému použití forem. Při použití sádrového odlitku, který byl kvůli separaci několikrát natřen kličovou vodou, byla nejprve nanášena vrstva vápenného štku I₁ a zbylé jádro je vyplněno řídkou rozmíchanou směsí LCL (**obr. 11A**). Tvar byl odformován zhruba po hodině (**obr. 11B**) a získané polotovary bylo nutné ručně dotvarovat pomocí kovových nástrojů. Díky řídké konzistenci jádra vznikly široké praskliny (**obr. 11C**), které jsme na CT snímcích originálů nepozorovali a které se mohly propisovat až do vnějšího štku. Vymačkaná vrstva vápenného štku se jevila silnější než na historických originálech. Při porovnání širšího kontextu a přeměření většího množství tvarů v celé místnosti je zřejmé, že by musela existovat obrovská škála různých forem. Rozdíly ve velikosti i tvarové formě stejných druhů ovoce jsou natolik výrazné, že použití forem lze považovat za velmi málo pravděpodobné.



Obrázek 11: Ukázky postupu použití forem při modelaci ovocných tvarů.

Ověřený postup: Ovocné tvary jsou vytvořeny z ruky na stole a poté přilepeny k podkladu.

Umístění popř. modelaci ovoce předchází příprava podkladu a dvou souběžných profilů tvořících žebro. Z detailní studie původního provedení vyplývá, že ovocné tvary byly připevněny k vyzrálému maltovému podkladu přes relativně tenkou vrstvu lepící malty (5–8 mm).³⁹ Lepící malta je velmi dobře propojena s jádrovou maltou ovoce, viz. též **obr. 5**. Na CT snímcích je místy rozpoznatelná řidší konzistence lepící malty, která ale není od samotného tvaru oddělena spárou (studeným spojením). K propojení lepící vrstvy a tvaru tak muselo dojít v poměrně rychlém časovém sledu. Z analýz a průzkumů ale nevyplývá, zda byly veškeré ovocné tvary modelovány přímo na klenbě, popř. do jaké míry bylo výhodné připravit si štukové tvary předem na stole a následně je k maltovému podkladu lepit. Po několika experimentech se obě varianty jeví jako možné.

Tvorba z ruky na klenbě, **obr. 12 A–C**.

V případě nanášení vápenné modelovací malty na jádro přímo na klenbě je největší komplikací nepraktičnost při manipulaci s materiálem a modelování nad hlavou. Při větším úsilí však i takto lze, za dodržení přesných postupů, tvary přímo na stěně provést. Nalepené jádro musí být zcela suché, (ve smyslu vyzrálé), ale zároveň důsledně předvlhčené, aby na něm vápenná malta držela. Dotváření kresby a promáčklín v ovoci má však v tomto případě odlišný charakter a vrstva modelovací malty musí být dostatečně silná.

Tvorba z ruky na stole, **obr. 12 D–F**.

Vytvarování jádra (dusáním do dlaně), jeho následné oříznutí a potažení vápennou vrstvou na stole je snadné. Jádro lze jednoduše na stole oříznout do požadovaného sklonu, což kopíruje nálezy řezů na ovocných jádrech z rentgenových snímků. Vpichy a kresbu lze dotvořit na stole nebo přímo na klenbě po osazení tvaru. Celý proces je velmi rychlý, bez větších komplikací s načasováním jednotlivých kroků. Důležitým momentem je nanesení vápenné malty na jádro bezprostředně po zformování jádra. Jedině tak vrstva dobře přilne k podkladu. Z tohoto důvodu musí být jádro pevné, tj. připraveno s minimem vody.

Pro rozřešení uplatnění jedné, druhé či obou variant lze do budoucna dále hledat analogie u jiných staveb. U vinného hroznu je zřejmé, že na stole probíhala pouze část modelace (vytvoření trojhranů z modelovací malty a osazení základním počtem kuliček). Větší část modelace jádra a doplnění kuliček do plného hroznu probíhala přímo na stěně. Zcela jistě byly přímo na stěně do hroznů dolepovány další kuličky, které překrývají některé okolní tvary. V jiných případech se tvorba na stole jeví jako výhodnější. Pro památkový postup je znalost obou přístupů potřebná, zejména technika lepení štuků k podkladu je přímo využitelná při zpětném osazení transferovaných kusů.

³⁹ Jestli byl podklad zcela vyzrálý ve smyslu dokončené karbonatace vápenného pojiva, nelze usoudit. Na základě průzkumu in-situ však lze jednoznačně říct, že podklad byl před lepením vyschlý, pevný a soudržný.



Obrázek 12: Ukázky postupu při modelaci ovocných tvarů z ruky na klenbě (A-C) a na stole (D-F).

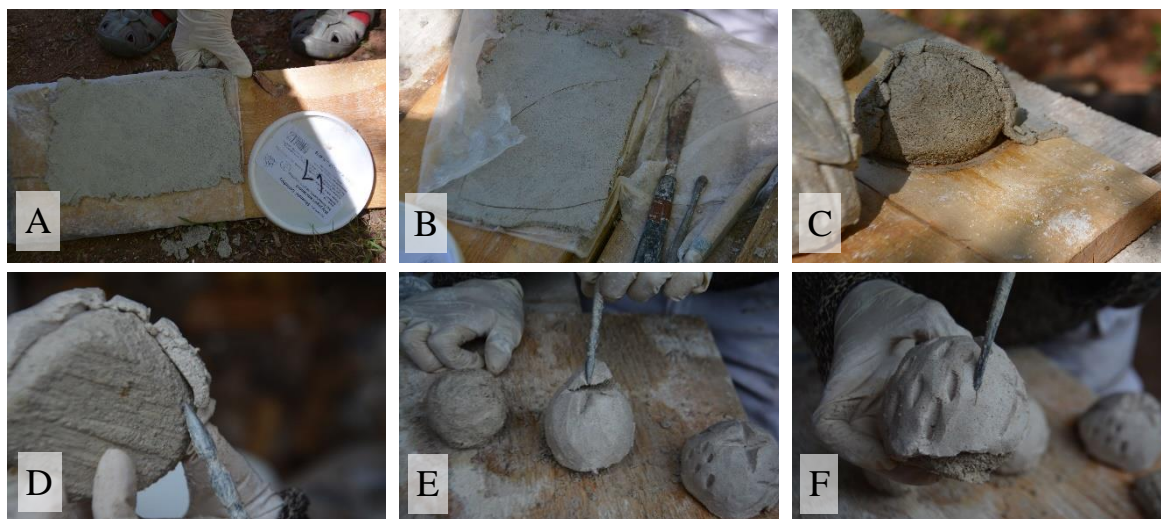
Ověřený postup: Potažení jádra jemným vápenným štukem vyžaduje hustší plastickou směs a má být tzv. „čerstvé do čerstvého“.

Sádro-vápenné jádro je spojovacím prvkem s podkladem a tvoří základní tvar ovoce včetně šikmého osazení. Detailní modelace je ale tvořena jemným vápenným štukem, který je na jádro nanesen jako druhá souvislá vrstva o různé tloušťce. Štuková směs je při složení napodobujícím originál velmi bohatá na vápno a tomu odpovídají i její vlastnosti s ohledem na zpracovatelnost. Pro omezení tvorby smršťovacích trhlin a lepkavosti směsi se osvědčilo připravit štukovou maltu o nízkém vodním součiniteli a zpracovat ji dle následujícího postupu. Vápenný štuk je rozválen do tenké placky (**obr. 13A**), k separaci od podkladu lze využít potravinářskou folii.⁴⁰ Původně k separaci mohly být využity hoblované dřevěné desky, či plocha sádry ošetřená např. klihem, který ve zkouškách separace obstál jako nejlepší varianta. Kovovým nástrojem je následně do plátu vyříznut přibližně trojúhelníkový tvar (**obr. 13B**), který je položen na jádro (**obr. 13C**) a posléze zpracován, dotvarován a uhlazen pomocí dalších nástrojů. K nejlepšímu propojení modelovací malty k jádru dochází v krátkém momentě po vytvarování jádra. Pokud je rozdíl ve vlhkosti u jádra a štuků příliš velký, dochází k popraskání povrchové vrstvy⁴¹ (**obr. 13D a 13E**).

Jestliže je vápenný štuk nedostatečně plastický (např. je zpracováván s větším časovým odstupem), dochází k jeho praskání a drobení během následné modelace (**obr. 13F**). U hlubších vpichů či zářezů ve štukové vrstvě byla plasticita a poddajnost nezatuhlého jádra jednoznačnou výhodou, jelikož tlakem nedocházelo k mechanické separaci ale naopak lepšímu propojení.

⁴⁰ Popř. stačí mít běžně stavebně znečištěný (drobné prachové částice) dřevěný podklad.

⁴¹ Přílnavost vápenné modelovací směsi k vápeno-sádrovému jádru je speciální problém. Vliv hraje obsah kolagenu a sádry, teplota i přesné množství vody ve směsi. Nehorší přílnavost má dle mnoha zkoušek jádrová malta ve chvíli pokročilejšího tuhnutí. Role možná hrají i další parametry, které nejsou dosud objasněny.



Obrázek 13: Ukázky postupu přípravy a nanesení štukové vrstvy (A-C), špatné soudržnosti vrstev (D a E), trhání vápenného štku během modelace vpichováním (F).

Ověřený postup: Po vytvarování specifického tvaru se lístek ponechá ve formě (kopytu) až do vyschnutí.

Jemné lístky jsou vytvořeny ze stejného vápenného štku jako povrchová vrstva na větších tvarech. Jejich pravidelný tvar svědčí o používání pomocné formy, přestože velikostí a prohnutím se v jednotlivých segmentech žeber liší. Pro získání odpovídajícího prohlédho tvaru byl v přípravné fázi hledán optimální tvar formy (pokusné formy **obr. 14A a B**, konečná podoba formy **obr. 14C**). Nejprve je placka nebo váleček přesunut na formu, kde je dotvarován a dozdoben, pokud je s ním však dále manipulováno, tvar praská a praskliny už nelze zcela zahladit. Rubové tvarování lístků evidentně vychází z přípravného tvaru válečku, do kterého je následně vmáčknutá kresba tenkou špachtlí. Bylo ověřeno, že celé vytvarování lístků musí proběhnout na jedné formě, kde je lístky nutné ponechat po celou dobu nezbytně nutnou pro vyschnutí. Při porovnání většího množství původních lístků je zřejmé, že je jejich prohnutí různé, což by mohlo odpovídat formě, či přesněji kopytu ve tvaru negativních balustrádových kuželek (**obr. 14 C**).



Obrázek 14: Ukázky výroby lístků v různých formách (A–C). Vybraná forma (C) má tvar rotačního hyperboloidu (přímkové plochy).

Ověřený postup: Lepení malých tvarů probíhá v suchém stavu, vyžaduje optimální konzistenci lepicí malty a předvlhčení podkladu.

Lístky či další malé tvary je nutné lepit až ve vyzrálém stavu,⁴² jinak zkřehnou a dochází k jejich lámání. Před nalepením je nutné lístek slabě navlhčit, ovšem pokud je provlhlčen příliš, opět praská a také dobře nepřilne k podkladu (nepřisaje se). Lepicí malta musí být poměrně tekutá, avšak nesmí stékat. Přiložení k podkladu musí proběhnout dříve, než z lepicí malty odsaje lístek veškerou vlhkost, **obr. 15**.



Obrázek 15: Ukázka lepení malých tvarů. Výroba repliky drobných štukových doplňků. Repliky vychází ze studia originálů a jejich zakřivení – výběr vhodných lístků (A). Postup lepení lístků (B–C).

Ověřený postup: Hladkého povrchu štuků docílíme závěrečnou úpravou kovovými nástroji a uhlazením začerstva štětcem s vodou. Finální vápenný nátěr s klišovou vodou nanášíme až po osazení všech komponentů.

Originály mají až na výjimky velmi hladkou povrchovou úpravu. Na povrchu je původní tenký bílý nátěr, který se vyskytuje pouze na místech dostupných z přední části. Proto byl zcela jistě nanesen na závěr, až po osazení všech komponentů - ovoce, lístků i dalších tvarů. Hladkého povrchu je možné docílit úpravou pomocí kovových nástrojů. Povrch ovoce lze uhladit dohladka již na stole. Po osazení je možné ho dále upravit, dohladit či jinak dotvarovat. Jemné vpichy či jiné úpravy je lepší dokončovat až po osazení tvaru (**obr. 16 A a B**). Na některých tvarech jsou evidentní tvarové úpravy i v hloubce, v nepohledové části natočené k podkladu. Po osazení jednotlivých tvarů lze povrch ještě začerstva uhladit štětcem a vodou. Celkového sjednocení povrchu štuků lze ve finále dosáhnout řídkým vápenným nátěrem s klišovou vodou, tzv. vápenným šlikrem po osazení (**obr. 16C**), jak bylo provedeno při původní realizaci.



Obrázek 16: Ukázka přilepení ovocného tvaru a jeho následného dotvarování přímo na stěně (A, B). Aplikace vápenného šlikru (C).

⁴² Lístky nejsou vyzrálé ve smyslu plně karbonatace pojiva. K soudržnosti dochází pouze díky vyschnutí hmoty.

3.7. Realizace doplňků a lepení transferů v Tencallově sálu

Památkový postup představuje část vzorové opravy, kde se studium původních technik a materiálů uplatnilo současně v několika aplikacích.

3.7.1. Zpětné osazení transferovaných ovocných tvarů

Očištění transferů a doplnění chybějících částí

Pro kvalitní přilnutí bylo žádoucí nejprve zarovnat lepenou plochu (podstavu) transferovaných tvarů (**obr. 17A**) šetrným odejmutím zbytkové originální lepicí malty mikrogravírovací tužkou. (**obr. 17B**). Pokud nebyla podstava ovoce i podklad rovné, pak ani vzniklý spoj nebyl dostatečně pevný, protože lepení probíhalo na relativně tenkou vrstvu lepicí malty. V případě, chybějící původní jádrové hmoty, byla doplněna sádro-vápennou maltou LCL, o max. velikosti zrn 4 mm (**obr. 17C**). Po doplnění jádra lze lepit ovoce nejdříve za 24 h.



Obrázek 17: Úpravy transferovaných tvarů před zpětným osazením (A). Odstranění zbytků původní lepicí malty (B) a doplnění jádrové malty (C).

Úprava podkladu před osazením transferů

Zároveň s úpravou podstavy byla zarovnána také podkladová plocha (**obr. 18A**). Špachtlí/skalpelem byly odstraněny přebytečné zbytky lepicí malty, aby byla vytvořena co nejrovnější plocha. Zhruba 2 h před lepením byl vymezený prostor navlhčen.

Rozvržení kompozice

Nedílnou součástí procesu lepení je pečlivé vyměření místa umístění (**obr. 18A**), včetně sklonu a natočení jednotlivých tvarů (**obr. 18B**). Pro znovuosazení transferovaných tvarů bylo důležité při vyměřování vzít v úvahu veškeré drobné tvary (lístky, poupata), které měly základní ovocné tvary doplnit (**obr. 18C**).



Obrázek 18: Příprava na zpětné osazení transferovaných tvarů. Kontrola podkladu (A), zkouška umístění jednotlivých tvarů dle fotodokumentace a označení (B, C).

Lepení transferů

Zásadním předpokladem pro zajištění přilnavosti je celoplošné propojení tvaru a podkladu přes lepicí maltu. Podmínkou pro kvalitní spojení je stabilní přidržení tvaru během prvotního tuhnutí lepicí malty vlivem odsátí vody. Z toho vyplynuly požadavky na vlhkost podkladu i transferu a zároveň na konzistenci lepicí směsi ve spojení s časovým omezením.⁴³ Samotný proces lepení jednoho tvaru byl otázkou několika minut. Sádru-vápennou maltu LCL jsme nanášeli zároveň na podkladovou plochu (**obr. 19A**) a na podstavu ovoce (**obr. 19B**). Na podkladové ploše byla malta rovnoměrně rozprostřena na celý vymezený díl a uhlazena špachtlí téměř do hladka. Na podstavě ovoce nemusela být dokonale rozprostřena, stačilo nanést větší množství doprostřed tvaru. Pro hustotu lepicí malty nanášené na styčnou plochu ovoce bylo opět důležité si zvolit správnou konzistenci velmi řídké, ale nestékavé malty. Míru předvlhčení ani konzistenci malty nelze exaktně popsat, je dána zkušeností, kterou je nutné si na místě dále ověřit. Transfer je potřeba jen lehce přitlačit k podkladu. K přitlačení musí dojít dříve, než lepicí malta zmatní díky odsátí vody. Pokud ke zmatnění dojde před přiložením, musí se celý proces opakovat s větším předvlhčením. Při správném provedení všech kroků nastala po přiložení tvaru na podklad téměř okamžitá adheze transferu k podkladové omítce (**obr. 19C**). Tento moment byl velmi zřetelný odlehčeným pocitem v ruce, která tvar přikládá. Dostačující doba k přidržení tvaru po přitisknutí je zhruba 30 s až 2 min a to i u velmi těžkých tvarů (např. hroznový trs o váze cca 900 gramů). Pokud se do této krátké doby, cca do dvou minut tvar „nepřisál“, bylo nutné proces lepení zopakovat.



Obrázek 19: Lepení transferů. Nanesení lepicí malty na podklad (A) a na podstavu zpětně osazovaného ovoce (B). Lepený tvar lze přitlačit a udržet ve stabilní poloze rukou (C).

Ochrana prvku po nalepení

Po přilepení bylo nutné zhruba 10 minut dbát zvýšené bezpečnosti a zajistit prvek před pádem. Může se stát, že lepicí malta se sice dobře „přisála“, ale nepokrývala celou plochu lepeného tvaru a spoj tak nebyl dostatečně pevný. Po dobu 24 h po nalepení, kdy by měla použitá sádra dosáhnout své maximální pevnosti, byla zajištěna ochrana proti rozbití lepeného tvaru při případném pádu krabice vyplněnou měkkou výstelkou (použít lze např. i záchytnou síť nebo jiná dostatečně měkkou podložku). Před odstraněním ochrany byla vyzkoušena přidrženost prvku lehkým tahem a poklepáním.

⁴³ Je zřejmé, že příliš provlhčený podklad neodsaje vodu z lepicí směsi v čase, po který lze zafixovat lepený tvar pouze rukou. Nedostatečně řídká (plastická) lepicí směs se naopak nepropojí s podkladovou částí. Rychlost odsátí vody je také závislá i na tloušťce nanášené vrstvy lepicí směsi.

3.7.2. Doplnění ovoce replikami

Úprava podkladu před osazením nového prvku a vyměření místa pro jeho osazení

Postup osazení nového prvku následoval lepení transferovaných prvků. Podkladová plocha byla co nejlépe očištěna od zbytků staré lepicí malty, s cílem získat co nejrovnější prostor. Zároveň byl podklad zhruba 2 h před lepením navlhčen. Velmi důležitým krokem bylo opět co nejpřesnější vymezení místa lepení včetně sklonu a natočení nového ovoce a malých tvarů patřících k danému tvaru.

Výroba repliky

Výroba repliky předpokládá, že známe, jak má výsledná forma vypadat. V našem případě byla k dispozici část původního tvaru. Při výrobě repliky jsme postupovali následovně:

- (i.) Sádru-vápenná malta byla rozmíchána v klišové vodě v objemovém poměru 1:4. Na jedno jádro stačilo zhruba 250 ml suché směsi. Ihned po rozmíchání bylo v dlaních zformováno jádro. Po jeho vytvarování do základního tvaru vydusáním kulovitého tvaru v dlani byla podkladová plocha jádra oříznuta do roviny tenkou špachtlí. Dále došlo k seříznutí do šikmého tvaru, které jsme pozorovali na CT snímcích. Díky ořezávání byl celkově dotvořen požadovaný tvar (**obr. 20A a 20B**).
- (ii.) Vápenný štuk I₁ (lze použít také I₂) byl nanesen na rovnou podložku a byla z něj vyválena placka, asi 1–2 cm silná (**obr. 20C**). Z placky byly vyříznuty trojúhelníkové tvary. Trojúhelníky byly nanесeny na jádro zhruba do 10 minut od vytvoření (**obr. 20D**) a ihned uhlazeny pomocí špachtle a formovány do tvaru ovoce (**obr. 20E a 20F**). K dotvoření dekoru byly použity různé kovové nástroje, jejichž tvary byly převzaty z historických receptářů.⁴⁴ Na zahlazování byly použity klasické tvary štukatérských špachtlí s rozličným prohnutím. Vpichové a rýhovací nástroje byly jednoduše vyrobeny kovářskou úpravou ocelových profilů tak, aby odpovídaly odpozorovaným původním tvarům vpichů a rýh.



Obrázek 20: Výroba repliky. Výroba jádra (A, B), příprava štukové vrstvy (C) a její nanесení na jádro (D). Modelace tvaru pomocí špachtle (E) a přilepení na plánované místo (F).

⁴⁴ Např. Foliata a Sartor (2004).

Lepení nového tvaru a ochrana prvku po nalepení

Repliku ovoce je nejlepší nalepit zhruba do hodiny od vytvoření. Nově vytvořený čerstvý tvar přilne bezproblémově a téměř okamžitě po přiložení, není tak potřeba příliš vlhčit podklad. I pozdější nalepení tvaru je možné a tento postup se příliš neliší od lepení transferů.

3.7.3. Osazení malých tvarů – originály a doplňky

Příprava transferů pro zpětné osazení

Všechny malé tvary (lístky, poupata, kuličky) byly před zpětným osazením pečlivě očištěny od novějších nátěrů a od zbytků původní lepicí malty mikrogravírovací tužkou. Pohledovou část je nutné očistit na stejný stupeň jako okolí osazovaného prvku, včetně omytí od prachu. V některých případech, kdy se lepí malý tvar na obzvlášť tlustou vrstvu malty, je třeba lepicí maltu částečně ponechat. I v tomto případě však platí pravidlo, že nejlépe se k sobě lepí rovné až hladké plochy, resp. zaoblené hladké plochy.

Výroba replik pro chybějící prvky

Všechny malé tvary byly připraveny z vápenného štku I₁ nebo I₂.

- (i.) Pro vytvoření lístečků byl nejprve na sádrové podložce uválen váleček, který byl po okrajích užší než uprostřed (**obr. 21A**). Tento váleček byl umístěn na formu, kde byly předem vyznačeny požadované rozměry lístečku (**obr. 21B**). Váleček byl rukou vymačkáán podle naznačeného tvaru (**obr. 21C**) a poté uhlazen pomocí kovové špachtle (**obr. 21D**). Po dosažení požadované hladkosti byly pomocí ostrého kovového nástroje vytvořeny ozdobné linie (**obr. 21E**). Horní i spodní konec byly lehce nazdvihnuty nad formu a lísteček byl ponechán na formě po dobu několika hodin, kdy byla malta dostatečně vyschlá a držela svůj tvar (**obr. 21F**).



Obrázek 21: Výroba repliky lístku. Kónický váleček malty odpovídá velikosti modelovaného lístku, která je vyznačena na formě (A–C). Váleček se modeluje kovovou špachtlí včetně uhlazení a rýh (D, E). Po vyschnutí a je možné porovnat výsledek s předlohou (F).

- (ii.) Kuličky byly vytvářeny vyválením válečku a jeho rozdělením na malé části. Každá kulička byla jednotlivě dotvořena v dlaních. Její pravidelnost a velikost odpovídala originálním prvkům v okolí předpokládaného osazení. V jednotlivých částech výzdoby Tencallova sálu se velikost kuliček pohybuje zhruba od 5 do 20 mm (**obr. 22A**).
- (iii.) Poupata (**obr. 22B**) a kalíšky (**obr. 22C**) byly také vytvořeny v dlaních. Jejich velikost odpovídala originálům v okolí.



Obrázek 22: Výroba repliky drobných štukových doplňků zahrnuje kuličky třešni a hroznového vína (A), poupat a malých plodů (B), květů, kalichů a dalších (C).

Rozvržení kompozice a lepení malých tvarů

Nejdříve byly pečlivě rozvrženy sklony, a to včetně natočení a přesného umístění. U malých tvarů, lepených společně s velkým ovocem, je třeba kompozici plánovat společně s ovocem. Při doplňování na jiných místech jsme se řídili podrobnou fotodokumentací, která zachycovala chybějící tvary. Zároveň byla také vyplněna prázdná místa, u kterých se díky otiskům lepicí malty nepochybovalo, že zde nějaký tvar chybí. Bylo vždy nutné brát v potaz celkovou kompozici jednotlivých oblastí. Při dolepování kuliček hroznového vína nebyly doplňovány všechny chybějící části, pouze ty které dotvářely celkový dojem bohatého hroznu. Obdobně postup probíhal i u dalších drobných tvarů.

Lepení transferů a nově vytvořených malých tvarů mělo jednotný průběh. Všechny nové malé tvary byly dolepovány v suchém stavu, tzn. minimálně 24h od vytvoření. Tvar byl před přilepením krátce ponořen do kličkové vody. Suchá směs byla rozmíchána s kličkovou vodou těsně před použitím, spíše v řidší konzistenci, kterou byla případně zahuštěna přísadkou sádry. Podíl sádry ve směsi byl v některých případech záměrně navýšen, např. pokud byla lepená podstava lístečku menšího rozměru nebo bylo obtížnější lepení z jiného důvodu. Na vnitřní část – podstavu tvaru byla nanášena jemná lepicí malta JCL (**obr. 23A**). V případě některých více odkloněných lístečků, bylo nutné nanést maltu JCL také na podklad. Naopak u kuliček vína, kde je třeba množství lepicí malty spíše minimalizovat, byla použita nejjemnější lepicí malta S-JCL. Po té došlo k okamžitému přiložení k podkladu dřívě, než lepicí malta zmatnila díky odsátí vody (**obr. 23B–E**). Tvar bylo nutné přidržet zhruba 30 sekund. Zkouška pevnosti spoje lehkým tahem byla provedena nejdříve 24 hodin po přilepení. Výjimkou mezi malými tvary, které jsme lepili v čerstvém stavu, jsou třešně, které byly ihned po vyválení umístěny na prázdné dráty (**obr. 23F**).



Obrázek 23: Osazování repliky drobných štukových doplňků. Ukázka z lepení lístků (A–C), doplňování kuliček do hroznu vína (D-E) a třešní (F).

3.7.4. Další maltové doplňky

Doplňování pomocí vápenného štku

Malta I₁ nebo I₂ byla také úspěšně použita na domodelování chybějícího povrchového štku na ovocných tvarech (**obr. 24A**) a doplnění ulomených špiček lístků (**obr. 24B**). Tato jemná malta byla také využita na vyplnění a zahlazení prasklin (**obr. 24C**).

Postup se nelišil od klasického doplňování drobných defektů. Po očištění byl originál navlhčen a po krátké pauze byla nanášena štuková vrstva. Tu bylo možné okamžitě upravovat, začišťovat a modelovat do požadovaného tvaru včetně povrchové úpravy.



Obrázek 24: Maltové a štukové doplňky. Ukázka z povrchového doplnění poškozeného ovoce (A), modelace chybějící špičky lístku (B) a úprava širší trhliny v maltovém žeburu (C).

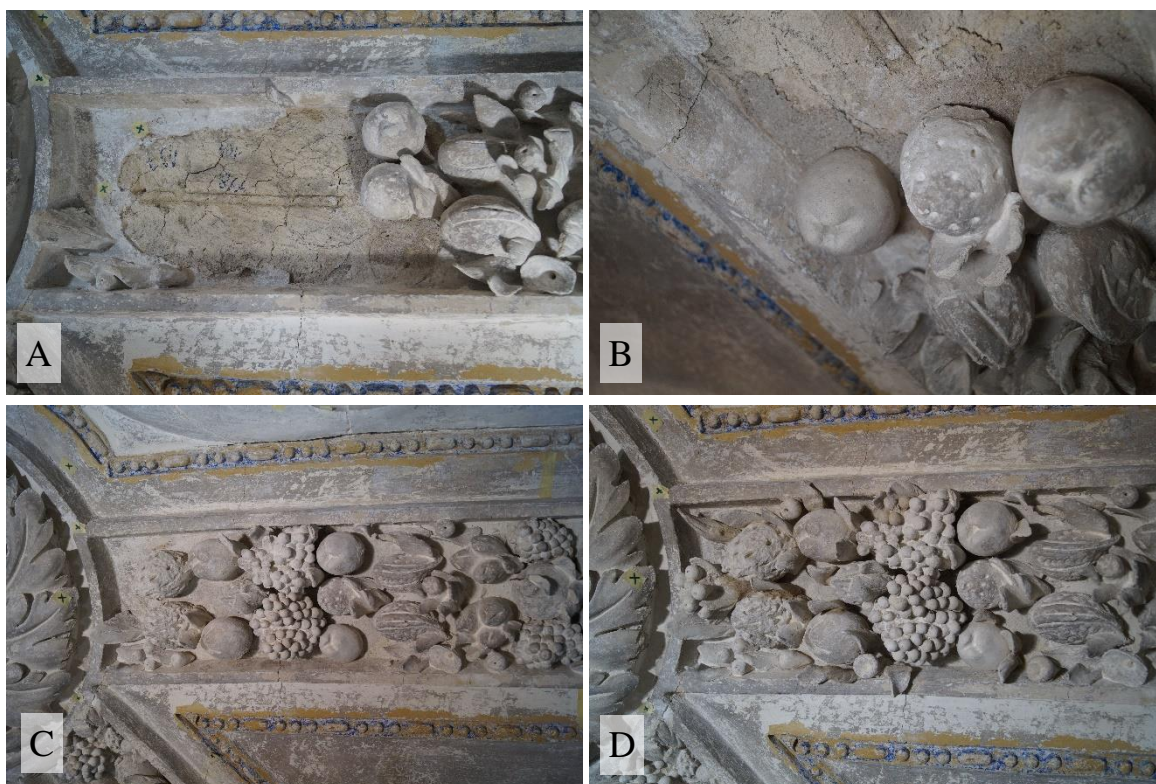
3.7.5. Sjednocující nátěr – šlikr

Na základě zjištění z průzkumu byly všechny nanášené tvary po osazení na klenbu ošetřeny vápenným nátěrem. Luminiscence ploch v ultrafialovém světle napovídá úpravu povrchu štuků s přidávkou organického materiálu, pravděpodobně klihu. Stejně tak byl replikován i nátěr na retuš původních částí. Vápenná kaše však byla výrazně naředěna, tak aby tvořila pouze lehké sjednocení nesourodých povrchů. Na nových částech se do lazury přidaly pigmenty k zatónování, tato retuš byla nanášena tupováním. Podklad pod zatónování nových částí tvoří vápenná vrstva s obsahem zinkové běloby.

3.8. Odlišnost a reverzibilita doplňků

Reverzibilitu doplňků, respektive způsob odtržení tvaru od podkladu jsme vyzkoušeli ručně na menších i větších tvarech po několikaměsíčním vyzrání použitých malt. U větších tvarů (přilepené repliky větších kusů ovoce) bylo k odtržení třeba poměrně vysoké síly a k porušení došlo vždy ve spoji lepicí malty a ovoce. K narušení samotného tvaru nedošlo. Drobné lepené tvary bylo možné odtrhnout též bez poškození, k poruše došlo opět ve spoji. Z tohoto pohledu lze považovat opravu lepením navrženou směsí za reverzibilní, tj. odstranitelnou restaurátorským způsobem.

Základem odlišitelnosti doplňků je podrobná dokumentace. Během realizace Památkového postupu byly dokumentovány jednotlivé pracovní fáze, které jsou stručně shrnuty na [obr. 25](#).



Obrázek 25: Fotodokumentace znovu-osazení transferovaných prvků; stav před začátkem lepení (A), postup při lepení (B), stav po nalepení velkých tvarů (C) a po nalepení drobných tvarů před závěrečnou retuší (D).

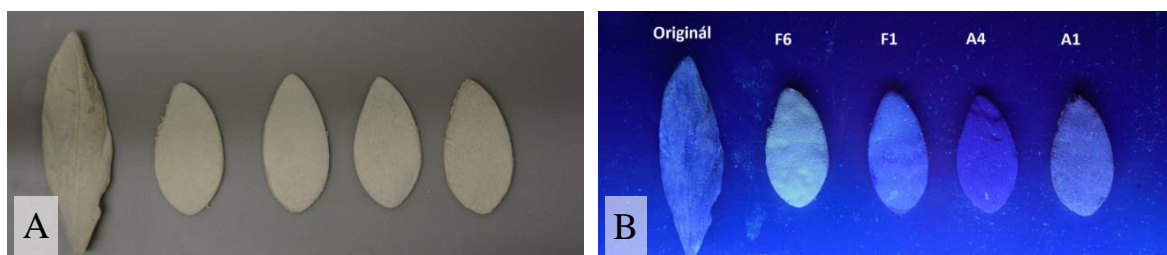
Replikované tvary a doplňkové modelace jsou materiálově i vzhledově velmi podobné původním štukům. Odlišení doplňků je během realizace možné na základě barevnosti, ale po sjednocení nátěrem (šlikrem) je zpětné určení doplňků již obtížné. Doplňky tak musí být průběžně značeny dokumentovány. Vhodným způsobem je fotografická dokumentace, do které lze vyznačit i poměrně malé doplňky a zásahy ([obr. 26](#)).



Obrázek 26: Fotografie žebra s drobnými doplňky lístků a jejich částí (A) a jejich vyznačení do snímku (B).

Pro odlišení doplňků je možné využít „stopovací“ přídavky, které zajistí rozpoznatelnost nových doplňků i v případě ztráty dokumentace skutečného provedení. Při výběru vhodných přídavků pro realizovaný úsek byly zvažovány materiály, které mají schopnost fluorescence v UV záření. Jsou tak viditelné pouze při nasvícení UV světelným zdrojem. Barvy pozorované fluorescence závisí na materiálu a vlnové délce použitého světla. Klíh by měl mít v oblasti dlouhých UV vln nejasně bílou barvu. Zinková běloba (ZnO) fluoreskuje žlutě až nazelenale, zatímco titanová běloba UV světlo pohlcuje čili září tmavě fialově až šedě.⁴⁵

Pro ověření účinnosti zinkové běloby jako stopovače byl proveden jednoduchý pokus, kdy jsme do vápenného štku I₂ přidali různé příměsi. Pro porovnání s originálem byly vybrány vzorky malty s přídavkem Zn (1%): F6 (nátěr 1% Zn), F1 (bez nátěru) a malty bez příměsí: A4 (nátěr klišovou vodou) a A1 (bez nátěru) viz obr. 27. Z obrázku je patrné, že ve viditelném světle není ovlivněna barva vzorku, v UV světle jsou patrné rozdíly ve fluorescenci – zatímco fluorescence originálu se projevuje v několika odstínech, vzorek s nátěrem obsahujícím zinkovou bělobu fluoreskuje stálou nažloutlou barvou. „Čistý“ vzorek (A1) slabě fluoreskuje vlivem vápna, na vzorku A4 je tento efekt zřejmě potlačen klišovým nátěrem. Ve vzorku F1 je fluorescent obsažen pouze ve hmotě malty a zde je patrná slabá nažloutlá fluorescence. U vzorku se Zn nátěrem (F6) je tato fluorescence velmi výrazná.



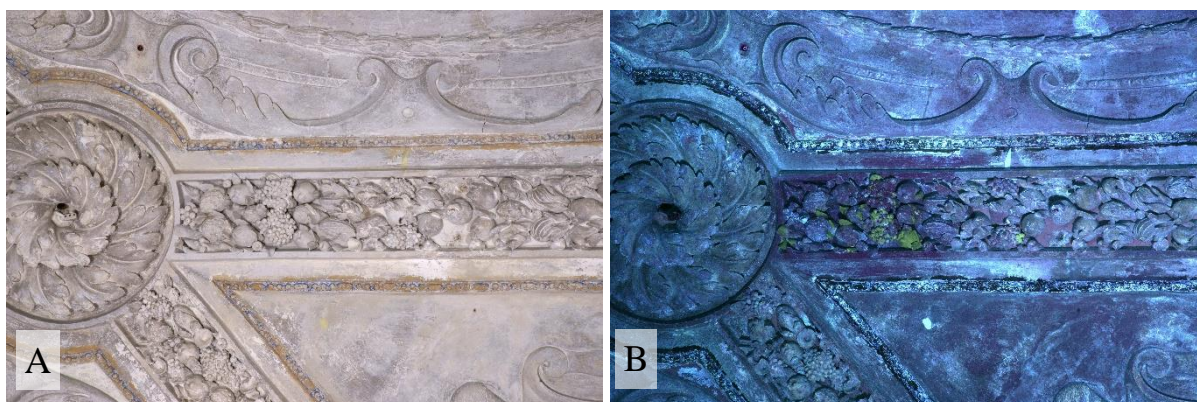
Obrázek 27: Zprava: originál lístku, vzorky z malty I₂ s přídavkem 1 hm.% zinku s 1% Zn nátěrem (F6) a bez nátěru (F1), vzorky z malty I₂ s nátěrem z klišové vody (A4) a bez nátěru (A1) v denním světle (A) a v UV světle (B).

Zkouška odlišitelnosti starých a nových částí byla provedena také in-situ, na části žebra s ovocem. Nátěr nových částí výše popsaným nátěrem s obsahem zinkové běloby umožnil bezpečně

⁴⁵ <https://aiccm.org.au/national-news/summary-ultra-violet-fluorescent-materials-relevant-conservation> (citováno 1. 4. 2020)

rozpoznat v ultrafialové luminiscenci nové části pouhým okem bez invazivních průzkumových metod (**obr. 28**).

Z hlediska budoucích badatelů je však přínosná nejen luminiscence povrchového nátěru. Následné nátěry by totiž mohly v budoucnu povrchovou luminiscenci do značné míry skrýt. Navíc zinková běloba v povrchové vrstvě nemusí nijak přesvědčivě datovat štukovou hmotu pod sebou. Proto je zásadní zejména luminiscence a tedy přítomnost zinkové běloby ve hmotě (i přestože se projevuje vizuálně méně). Pak bude možné z průzkumu v odraženém UV světle, či z prvkové analýzy prokázat ve štku přítomnost novodobého pigmentu (zinková běloba se používá až od roku 1840) a tudíž novodobého doplňku.



Obrázek 28: Celkový pohled na část s přilepenými transfery a doplňky v denním světle (A) a v UV světle (B).

4. Uplatnění znalosti původní techniky

Památkový postup vychází z požadavku využití původních materiálů a technologií a navrhuje jejich uplatnění při úkolech spojených s opravou raně barokní štukové výzdoby. Raně barokní štukatury na Červené Lhotě vychází s obměnami z technologie antického a renesančního štku (*all'antica*). Abychom docílili specifické autentické vizuální formy, zejména při malém odstupu od díla, je třeba následovat nejen tvarosloví, ale i materiálovou skladbu a řemeslné postupy. Uvedený postup popisuje možné odborné řešení, jež musí vždy být v souladu s hledisky památkové ochrany. Estetická prezentace doplňku je na každém jednotlivém díle odlišná a musí být v každém dalším případě diskutována a revidována.

Diskutovány by měly být zejména:

- míra detailu, kterou má materiálová a technologická kopie následovat;
- míra odlišení doplňku a originálu (příklon k analytické či syntetické prezentaci, či kompromis);
- kompatibilita doplňku s historickým materiálem;
- reverzibilita doplňku.

V Památkovém postupu jsou popsány parametry, které byly shledány podstatné pro replikaci štukové výzdoby žebra jídelny zámku Červená Lhota. Míra detailu, kterou by měla materiálová kopie

následovat, se může lišit v závislosti na regionu i časovém období vzniku stavby. Takto detailní opakování původní techniky, včetně použití shodných, tradičně připravených materiálů není při restaurování vždy nezbytné. Avšak při studiu původních technik je naprosto stěžejní, neboť umožňuje se zaměřit na studium řemeslných postupů, aniž by vznikala nejistota, že se materiály v minulosti chovaly odlišně.

Dokument popisuje provedený postup, který lze využít jako celek při řešení obdobného úkolu, nebo je možné použít jen jeho dílčí části. Vlastní výpal vápence či sádrovce není nezbytně nutný, např. lze pracovat i s komerční sádrou s podobnými výsledky. Získání adekvátních materiálů však umožňuje využití regionálně specifických surovin, které se liší od komerčních surovin, například odlišnou barevností. Replikace díky takovým materiálům vede k lepší podobnosti s originálem.

Z praktického hlediska je velmi důležité vyzkoušet si práci na replikách původních tvarů s autentickým řemeslným postupem včetně materiálů a teprve následně materiály a postupy modifikovat a modernizovat. Po mnohých praktických zkouškách tohoto postupu je zřejmé, že vede k výrobě dobové repliky štuk ve všech jeho aspektech. Tento fakt musí být zvážen z hlediska požadavku na sjednocení, či odlišení originálu a doplňku. Takto provedené doplňky jsou velmi podobné originálu a při požadavku na jejich odlišení je tedy nutné přistoupit k dalším opatřením. Z praktického hlediska je nutné zvážit míru materiálového odlišení doplňku zejména s ohledem na budoucí restaurátorské zásahy. Pro vzorovou opravu byl zvolen přídatek zinkové běloby, který umožňuje odlišení doplňků v UV osvětlení.

Materiálová kompatibilita s originálem je splněna na základě fyzikální a chemické podobnosti materiálů. Pro interiérovou štukovou výzdobu je takovýto předpoklad vyhovující. Pro případné rozšíření navrhovaného Památkového postupu na silně degradované materiály je vždy potřeba individuálního přístupu a ověření vzájemného spolupůsobení. Společným požadavkem pro všechny případy je ověření a zajištění minimální přítomnosti vodorozpustných solí v nově použitých materiálech (kromě síranů pocházejících ze sádry).

Požadavek na reverzibilitu je u štukových doplňků na základě materiálové kopie relativně dobře splnitelný. Doplněk je přístupný z povrchu. Tradiční pojiva mají adhezi k podkladu většinou nižší než většina v současnosti využívaných produktů. Síranová pojiva a částečně i vápenná lze navíc změkčit vodou. U spojení s originálem vzniká tzv. studený spoj, který nedosahuje stejných pevností, jako když je aplikace provedena tzv. čerstvý do čerstvého.

5. Závěrečné shrnutí

Památkový postup popisuje studium původní techniky, přípravu a výrobu materiálové kopie (rekonstrukce) raně barokní štukové výzdoby z Tencallovu sálu na zámku Červená Lhota. Na tomto příkladu jsou ukázány postupy, které vedly k možnosti charakterizovat původní suroviny, specifikovat opravné maltové směsi a práci s nimi, odzkoušet pracovní postupy a techniky založené na detailním studiu historických originálů. Dokument následně popisuje, jakým způsobem byly nové poznatky využity při restaurování štukové výzdoby. Opravená část žebra tvoří vzorový příklad, na kterém je ukázáno, jakým způsobem lze znalosti původní techniky a materiálů prakticky využít v současném restaurování barokních štuků.

Zkoumaná raně barokní štuková výzdoba má vrstvenou skladbu a byla připravena za použití dvou anorganických pojivových systémů – čistě vápenného a sádro-vápenného. Sádra se vyskytovala

v jádrech štukového ovoce a lepících maltách. Z průzkumu zároveň vyplývá, že malta z jádra ovoce a hrubá lepící malta mají obdobné složení, ale zřejmě byly užity v odlišných konsistencích (lepící malta byla užita řidší). Replikace postupů ukázala, že je výhodné si sádro-vápennou směs připravit předem ve formě suché maltové směsi.

Ovoce nebylo v tomto studovaném případě kotveno k podkladu armaturami a až na výjimky bylo k podkladu připevněno pouze sádro-vápennou maltou. Praktickými zkouškami se podařilo nalézt způsob lepení k podkladu, který je založen na složení lepící směsi, její konzistenci a kapilárním sání podkladu i lepeného tvaru. Lepení všech prvků (nových i starých) je vhodné provádět na řidší maltu, pouze s omezeným předvlhčením tak, aby mohlo dojít k přisátí obou částí.

Povrchová vrstva na štukovém ovoci je čistě vápenná a má shodné složení jako modelovací malta na lístky a drobné prvky (kuličky, trychtýřky...). Drobné lístky byly modelovány na formě (kopytu).

Z organických aditiv byl využit klíž jako prostředek ke zpomalení tuhnutí sádry, ale i jako příměs řídkého vápenného nátěru. Přítomnost klihu v originálu byla analyticky určena. Vápenný nátěr s klihovou vodou byl nanesen na závěr, až po osazení ovoce do finálního tvaru.

Uspokojivé odlišení doplňku je možné provést přidáním 1% zinkové běloby do materiálu štku, či také do povrchového nátěru.

6. Návrh uživatelů Památkového postupu

Památkový postup je určen pro restaurátory, pro pracovníky NPÚ, pro stavební firmy, pro projektanty, architekty a řemeslníky a také pro vlastníky historických staveb.

7. Literatura

- Beard G. 1983. *Stucco and Decorative Plasterwork in Europe*. Thames & Hudson Ltd.
- Berner M., J. Weber. 1999. *Stucco marble: notes on its preparation according to literature*. C. Wittenburg (ed.) *Baroque Artificial Marble: Environ-mental Impacts, Degradation and Protection 11–20*.
- Boyton R. 1979. *Chemistry and technology of lime and limestone*. 2nd edition. New York: John Wiley & sons Inc.
- ČSN EN 13279-1. *Sádrová pojiva a sádrové malty pro vnitřní omítky - Část 1: Definice a požadavky*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. 2009.
- ČSN EN 13279-2. *Sádrová pojiva a sádrové malty pro vnitřní omítky - Část 2: Zkušební metody*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. 2014.
- ČSN EN 13139. *Kamenivo pro malty*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. 2004.
- ČSN EN 459-1 ed. 3. *Stavební vápno - Část 1: Definice, specifikace a kritéria shody*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. 2015.
- ČSN EN 459-2. *Stavební vápno - Část 2: Zkušební metody*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. 2011.
- Fogliata M., Sartor M.L. 2004. *L'arte dello stucco: Storia, tecnica, metodologie della tradizione veneziana*. 2. vyd. (1. vyd. 1995), Treviso.

- Freire M. T., Silva A. S., Veiga M. R., de Brito J. 2019. Studies in ancient gypsum based plasters towards their repair: Mineralogy and microstructure. *Construction and Building Materials* 196: 512–529. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.11.037>.
- Gale N. H., Einfalt H. C., Wubberten H. W., Jones R. E. 1988. The Sources of Myocenaean Gypsum. *Journal of Archaeological Science* 15: 57-72.
- Götz F. J., Lucas G., Seng G., Galland H. 2018. La production de plâtre basse température, de plâtre multiphase et de surcuit en Bourgogne, à Ferrare et à Stuttgart au tournant du XVIe au XVIIe siècle. [The production of low, mish and high-fire gypsum in Burgundy, Ferrara and Stuttgart around 1600.] Le blog des Plâsters. Accessed February 4, 2020. https://platreblog.files.wordpress.com/2018/10/lucas_schickhardt_gypsum.pdf
- Horyna Tomáš, Červená Lhota, in: Na věčnou paměť, pro slávu a vážnost, Národní památkový ústav, Kroměříž, 2017, s. 135-155
- Losos L., Gavenda M. 2010. *Štukatérství*. Grada Publishing, Praha.
- Mádl. M. 2013. *Tencalla II. Barokní nástěnná malba v Českých zemích*. Artefactum, Ústav dějin umění AV ČR. Praha.
- Montana, G., F. Ronca. 2002. The “recipe” of the stucco sculptures of Giacomo Serpotta. *Journal of Cultural Heritage* 3:133–145. DOI: 10.1016/S1296-2074(02)01169-X
- Michoinová D. 2016. Památkový postup. Příprava vápenných malt na bázi vzdušného vápna. Praha: Národní památkový ústav. Svazek 90.
- Millar W. 2010. *Plastering plain and decorative*. Re-edice, poprvé publikováno 1897. Taylor & Francis Ltd.
- Rampazzi, L., B. Rizzo, C. Colombo, C. Conti, M. Realini, U. Bartoluci, M. P. Colombini, A. Spiriti, and L. Facchin. 2008. The stucco decorations from St. Lorenzo in Laino (Como, Italy): The materials and the techniques employed by the “Magistri Comanchini”. *Analytica Chimica Acta* 630 (1): 91–100. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2008.09.052>
- Schulze et al. 1990. CHULZE, W., Necementové malty a betony. 1. vyd. Praha: SNTL, 1990, 271 s.
- Vachtl a kol. 1932-1961. Soupis lomů ČSR, 55 individuálních svazků vydaných v letech 1932-1961 různými autory a nakladateli.
- Válek J. 2015. Vápenné technologie historických staveb. Příprava specializovaných vápenných pojiv pro obnovu památek s využitím historických technologií. Praha: ÚTAM AV ČR, v. v. i.
- Válek J., Skružná O., Kozlovce P., Waisserová J., Wichterlová Z., Jiroušek J. 2018. Památkový postup. Rekonstrukce renesančních pískových sgrafit na základě materiálové kopie.
- Válek J., Skružná O., Kozlovce P., Frankeová D., Kotková K., Jiroušek J., Viani A. 2019. Funkční vzorek. Malty pro doplňky drobné štukové výzdoby: Technologická kopie raně barokní štukové výzdoby Tencallova sálu na zámku Červená Lhota. Praha: ÚTAM AV ČR, v. v. i.
- Válek J., Skružná O., Kozlovce P., Frankeová D., Mácová P., Viani A., Kumpová I. 2020. Composition and Technology of the 17th Century Stucco Decorations at Červená Lhota Castle in Southern Bohemia. *International Journal of Architectural Heritage*. DOI: 10.1080/15583058.2020.1731627
- Vilímková M, Státní zámek Jindřichův Hradec, I. Dějiny zámku, Stavebně historický průzkum, 1976, uloženo NPÚ Praha
- Waisser P., Waisserová J., Tišlová R., Hečková P. 2020. Renesanční štuková díla na telčském zámku v kontextu dějin umění, technologie a restaurování. Pardubice.
- Waisserová J., Wichterlová Z. 2018. Rozšířený průzkum a odkryv referenčních ploch štukové a malířské výzdoby tzv. Tencallova sálu, státní zámek Červená Lhota. Restaurátorská zpráva, Červená Lhota listopad 2017—březen 2018. Nepublikováno.

Památkový postup

Doplnění raně barokní štukové výzdoby formou materiálové a technologické
rekonstrukce

Příloha 1

VÝSLEDKY MATERIÁLOVÉHO PRŮZKUMU ŠTUKOVÉ VÝZDOBY TENCALLOVA SÁLU NA ZÁMKU ČERVENÁ LHOTA

Ing. Jan Válek, Ph.D.

Ing. Olga Skružná

RNDr. Petr Kozlovcev, Ph.D.

Mgr. BcA. Jana Waissarová

MgA. Zuzana Wichterlová

Mgr. Dita Frankeová

Mgr. Kristýna Kotková

Ústav teoretické a aplikované mechaniky AV ČR, v. v. i.

Praha, červen 2020

1. Použité metody

Rentgenová tomografie

Vybrané transfery byly prozkoumány pomocí tomografu TORATOM. CT skenování bylo provedeno pomocí jednoho páru RTG trubice. CT skenování bylo provedeno pomocí jednoho páru rentgenové trubice, využívající rentgenovou trubici s reflexním typem microfocus (XWT-240-SE, X-Ray WorX, Německo) pracující v režimu mikroostření a amorfní křemík (a-Si) CsI: Ploché panel obrazového senzoru TI (XRD 1622 AP 14, Perkin Elmer, USA) s rozměry 409,6 x 409,6 mm, matice pixelů 2048 × 2048 a velikost 200 μm pixelů. U každého kusu ovoce byla provedena geometrická úprava vzdálenosti detektoru a vzdálenosti zaostřovaného objektu, aby bylo dosaženo nejlepšího možného rozlišení s ohledem na velikost vzorku a detekční plochu. V případě kusu ovoce č. 118 byl získán faktor zvětšení projekce 4,21, což vedlo k rozlišení 47,51 μm na pixel v projekcích. Během rotace vzorku proti CT systému bylo získáno 1800 rentgenových snímků s expozičním časem 1200 ms. Předběžné zpracování a opravy získaných datových sad byly provedeny pomocí původního softwaru. Filtrační zpětná projekce Modul rekonstrukce CT VG Studio MAX 3.2 (Volume Graphics GmbH, Německo) byla použita k získání 3D virtuálních modelů zkoumaných vzorků.

Optická mikroskopie

Pro účely mikroskopického studia byl zhotoven nezakrytý leštěný výbrus standardních rozměrů. Řez vzorkem byl proveden tak, aby vystihoval reprezentativní (zajímavou) oblast daného materiálu. Druhá polovina vzorku byla ponechána jako referenční vzorek pro další srovnání. Pro petrografickou analýzu byl použit mikroskop Olympus BX53M s procházejícím polarizovaným světlem s rovnoběžnými (PPL) a zkříženými nikoly (CP), případně s využitím odraženého světla (RL). Fotografie byly pořízené digitálním fotoaparátem Olympus DP 27. Snímky byly analyzovány v softwaru Olympus Stream Essential.

Elektronová mikroskopie

Studium vzorku pomocí SEM-EDS bylo provedeno na mikroskopu TESCAN vybaveným mikrosondou od firmy Bruker, která umožňuje semi-kvantitativní bezstandartovou prvkovou analýzu (EDS). Při pozorování byl použit nezakrytý výbrus s leštěným povrchem. Studovaný preparát byl pokryt tenkou vrstvičkou uhlíku, který zajišťuje lepší vodivost a zároveň odvádí negativní náboj vznikající na nevodivých plochách vzorků.

Termická analýza

Termická analýza vzorku byla provedena na přístroji SDT Q600 firmy TA v rozmezí teplot 25-1000°C. Přístroj umožňuje simultánní záznam signálu TG (úbytek hmotnosti), DTG (derivace úbytku hmotnosti) a DSC (tepelný tok) během ohřevu vzorku. Na analýzu bylo navažováno zhruba 10 mg rozetřeného vzorku do platinových kelímků, spalování probíhalo ve vzduchové atmosféře rychlostí ohřevu 20°C za min.

Rentgenová difrakce

Před provedením analýzy byl vzorek rozetřen na analytickou jemnost a homogenizován s vnitřním standardem (Al₂O₃ NIST 676a). Standart byl přidán za účelem kvantitativní analýzy včetně zjištění množství amorfního podílu. K provedení analýzy byl použit spektrometr D8 Bruker s měděnou anodou, při nastavení 40 mA a 40 kV. Úhlový rozsah byl 5-80° 2θ při kroku 0,01° 2θ a rychlosti 0,04 s/krok.

Rozpouštění v kyselině a síťová analýza

Před provedením zkoušky byl vzorek vysušen do konstantní hmotnosti při teplotě 60°C. Vysušený vzorek byl rozpouštěn v 10% kyselině octové po dobu několika hodin podle své velikosti. Rozpouštění bylo ukončeno v případě, že po přidavku koncentrované kyseliny octové nedošlo k žádné viditelné reakci. Roztok byl zfiltrován přes jemný filtrační papír a pečlivě promyt destilovanou vodou.

Vzorky, které obsahovaly sádku, byly rozpouštěny v kyselině chlorovodíkové (1 : 3) přivedené do varu zhruba 2 minuty.¹ Po rozpouštění byl nerozpustný zbytek zfiltrován přes jemný filtrační papír a několikrát promyt destilovanou vodou.

Nerozpustný podíl byl po vysušení (při teplotě 60°C) síťován přes sadu standardních sít o velikosti hrany oka 8; 4; 2; 1; 0,5; 0,25; 0,125; 0,063 mm.

¹ Postup převzat z Middendorf, B., J. J. Hughes, K. Callebaut, G. Baronio, and I. Papyianni. 2005. Investigative methods for the characterisation of historic mortars - Part 2: Chemical characterisation. *Materials and Structures* 38: 771–780. <https://doi.org/10.1007/BF02479290>.

Nanokapalinová chromatografie

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

Infračervená spektroskopie

Vzorek byl analyzován pomocí sekundárního modulu iZ10 FTIR mikroskopu iN10 (Thermo Scientific) technikou ATR ve spektrálním rozsahu 4000-525 cm⁻¹. Práškový vzorek byl nanesen na povrch diamantového ATR krystalu a bylo naměřeno infračervené spektrum z celkem 64 scanů za použití spektrálního rozlišení 4 cm⁻¹.

2. Seznam vzorků

Konstrukce	Popis vzorků	Označení
Malé tvary	Lístičky	SCL 1, 2, 4, 5, 8, 12, 13
	Kuličky	SCL 3, 11
	Směs úlomků lístičků a kuliček	SCL 8
Velké tvary – ovoce	Vnitřní jádrová malta	LCL 3, 4, 5, 6, 7, 8
	Vnější štuková vrstva	SCL 9, 10, 14
Jemná lepicí malta	Malta lepicí lístky a kuličky hroznového vína	JCL 1, 2, 3
Hrubá lepicí malta	Malta lepicí velké tvary k podkladu	LCL 1, 2
Jádrová malta	Malta pod ovocným festonem	MCL 1
Perlovec	Malta perlovce, který rámuje zdobená žebra	SCL 6, 15
Žebro	Maltové profily tvarované do písmene L, které tvoří rám ovocných festonů	SCL 7
Zdící malty	Zdící malta z klenby nad Tencallovým sálem (MCL2) a nad vedlejší místností (MCL3).	MCL 2, 3
Starší štuková výzdoba	Štuková výzdoba z arkády vytvořená po roce 1641.	SCL 16

Vysvětlivky označení vzorků:

SCL ... Vápenný štuk

JCL ... Jemná sádro-vápenná malta

LCL ... Hrubá jádrová nebo lepicí sádro-vápenná malta

SCL 1 ... Vápenný štuk a číslo vzorku

SCL 1b ... Vzorek pojiva ze vzorku vápenného štku č. 1, podsítná frakce pod 63 μm

MCL ... Malta

3. Optická mikroskopie

Vápenné malty - SCL 1, 3, 6, 7, 8, 13, 14 a MCL 1

Malta je složená z jemnozrnného šedavého pojiva, minerálních klastů (převaha křemene, živců a tmavých slíd), horninových litoklastů (úlomků ortoruly) a dalších komponent (lime lumps, relikty dřevní hmoty apod.

Plnivo: Plnivo tvoří minerální složky odpovídající svým původem metamorfovaným horninám typu ortorula. Převažují undulózně zhášejí křemenné klasty s drobnými povrchovými prasklinami, dále jsou přítomny výrazněji porušené živce, hnědavé biotity, medově zbarvené (často výrazně protáhlé) klasty muskovitu. Místy jsou tyto minerály spojeny do horninových litoklastů (ortoruly). Některá zrna částečně nesou známky přítomnosti jílových minerálů. Vzácně se pak vyskytují i drobné opakní minerály.

Tvar klastů: většina zrn má poloostrohranný až ostrohranný tvar.

Opracování klastů: místy patrné drobné trhliny a praskliny.

Velikost klastů: nejčastěji 0,3-0,6mm, velké klasty místy až 1 mm.

Pojivo: Pojivo tvoří šedavá jemnozrnná hmota. Místy jsou přítomny světle hnědě zbarvené, velmi jemnozrnné a často výrazněji rozpraskané shluky pojiva (lime lumps). Jsou přítomny i tmavé pojivové shluky – možná přítomnost vápenatých silikátů. Materiál obsahuje značné množství drobných trhlín a prasklin.

Nátěry: Nátěry jsou jemnozrnné, převážně světle šedivé barvy. Na vzorcích SCL 13 a 14 jsou rozeznatelné až 4 rozdílné vrstvy, celkově 0,4 mm silné. Nátěrové vrstvy jsou kompaktní bez přítomnosti prasklin.

Sádro-vápenná malta – vzorky LCL 1, 2, 8

Malta je složená z jemnozrnného šedavého pojiva, minerálních klastů (převaha křemene, živců a tmavých slíd), horninových litoklastů (úlomků ortoruly) a dalších komponent (lime lumps, relikty dřevní hmoty apod., **obr. A a B**).

Plnivo: Plnivo tvoří minerální složky odpovídající svým původem metamorfovaným horninám typu ortorula. Převažují undulózně zhášejí křemenné klasty s drobnými povrchovými prasklinami, dále jsou přítomny výrazněji porušené živce, hnědavé biotity, medově zbarvené (často výrazně protáhlé) klasty muskovitu. Místy jsou tyto minerály spojeny do horninových litoklastů (ortoruly). Některá zrna místy nesou známky přítomnosti jílových minerálů. Vzácně se pak vyskytují i drobné opakní minerály.

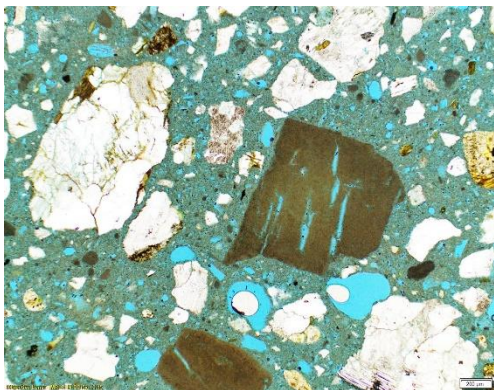
Tvar klastů: většina zrn má poloostrohranný až ostrohranný tvar.

Opracování klastů: místy patrné drobné trhliny a praskliny.

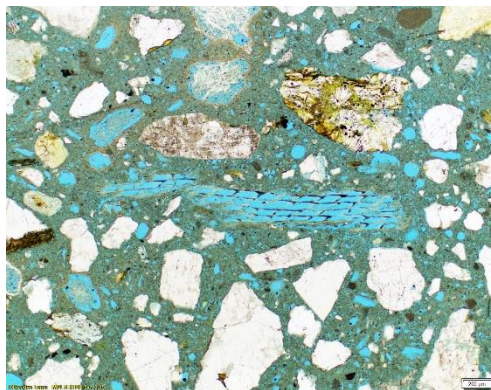
Velikost klastů: nejčastěji 0,3-0,8mm, velké klasty místy až 4 mm (**vzorek LCL 8**).

Pojivo: Matrici tvoří šedavé jemnozrnné pojivo. Místy jsou přítomny světle hnědě zbarvené, velmi jemnozrnné a často výrazněji rozpraskané shluky pojiva (lime lumps). Výrazné příčné trhliny, **obr. A**, ukazují na metamorfovanou krystalickou vápennou surovinu. V matrici se dále nachází shluky sádrového pojiva, které mají podobu oválných částic vláknitého charakteru, **obr. C – F**. Tyto shluky nevznikají pouze špatným rozmícháním pojiva, ale také jako pseudomorfózy sádry po hydrataci původních krystalech anhydritu. Na některých místech jsou viditelná zrna termálního anhydritu (A III – E, **obr. C a D**).

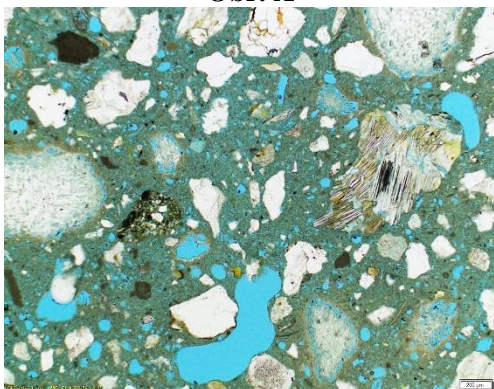
Nátěry: Na vzorcích **LCL 1 a 2** je přítomný až 2 mm silný karbonátový nátěr, lze rozeznat dvě vrstvy. Vzorek LCL 8 je bez nátěru.



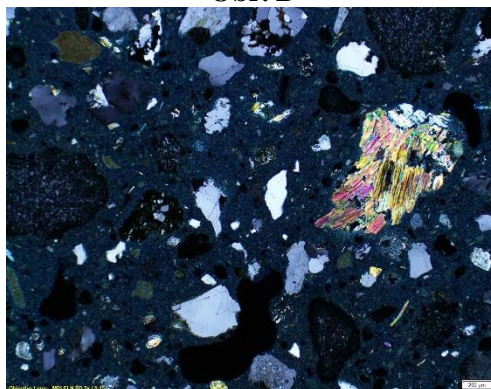
Obr. A



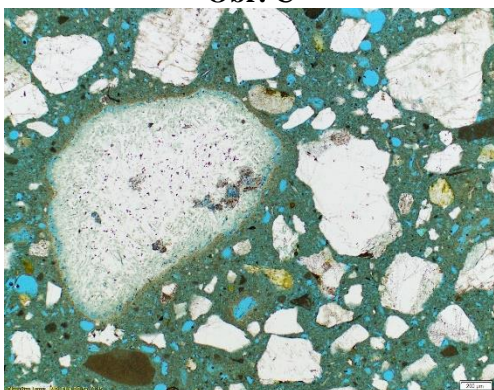
Obr. B



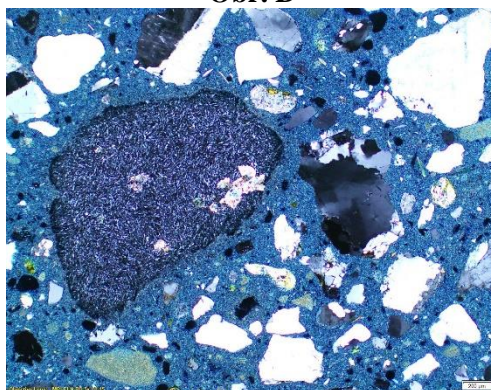
Obr. C



Obr. D



Obr. E

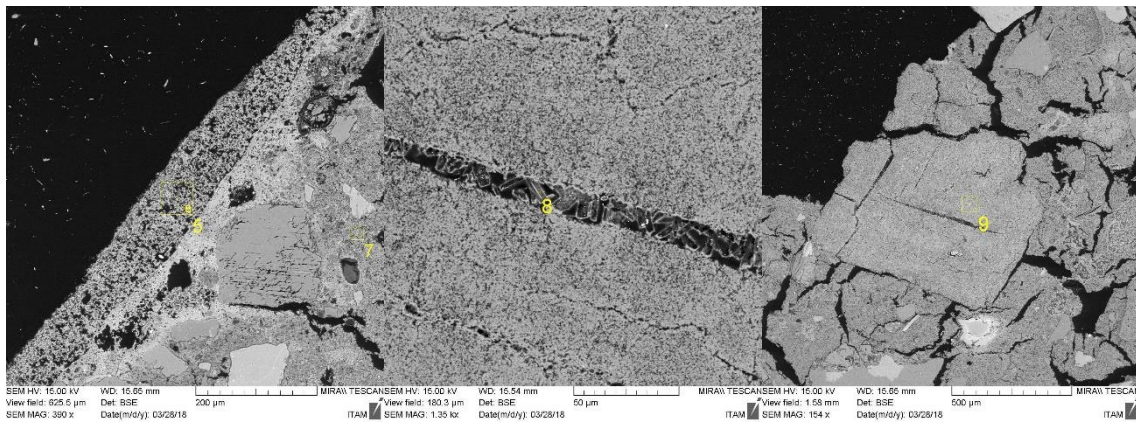
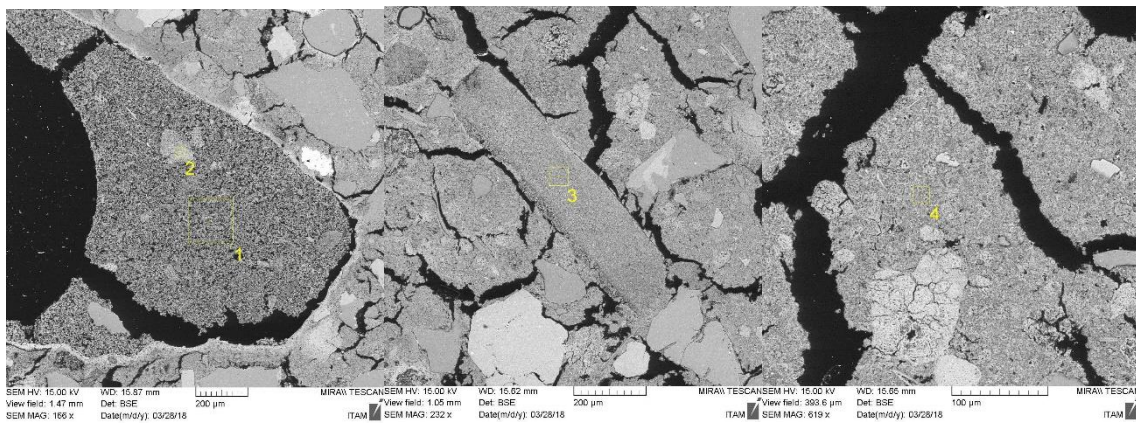


Obr. F

4. Elektronová mikroskopie

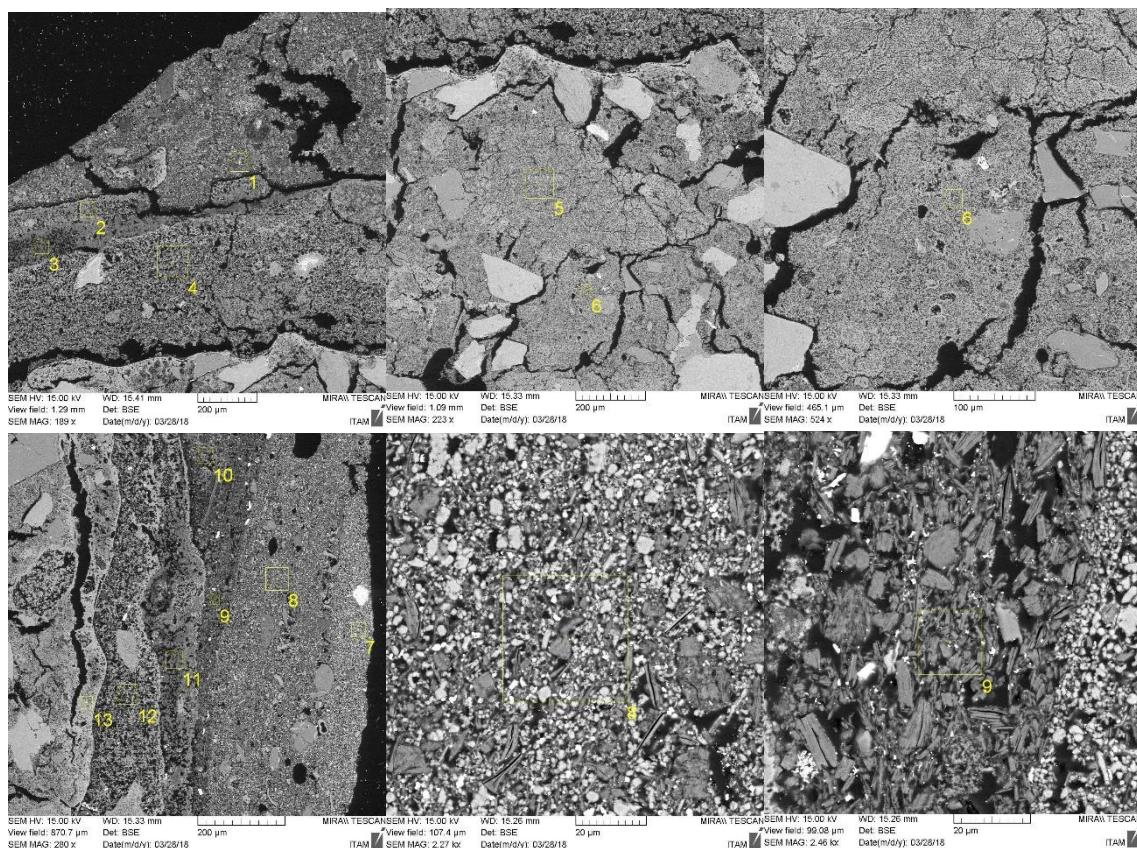
SCL 1

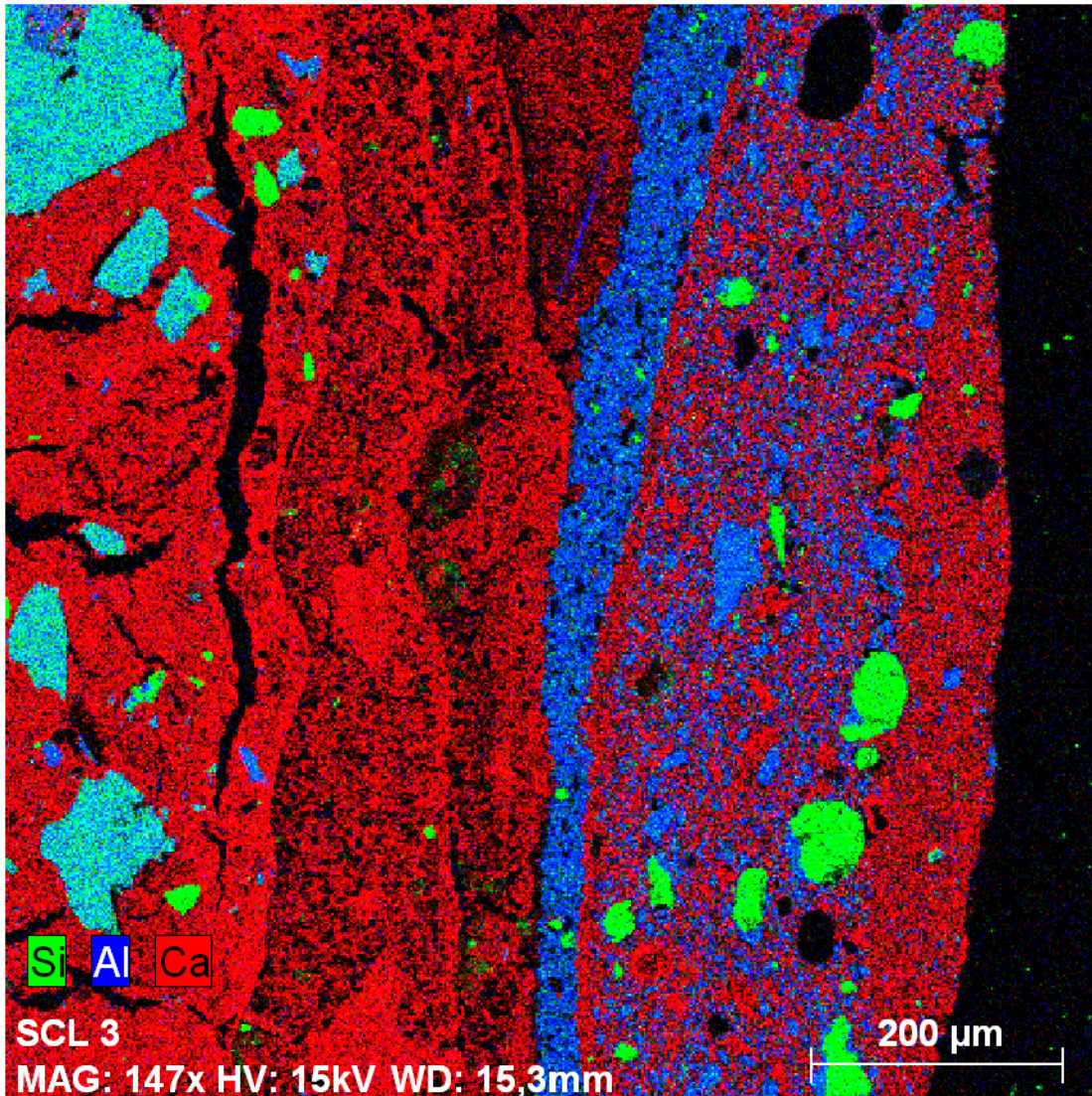
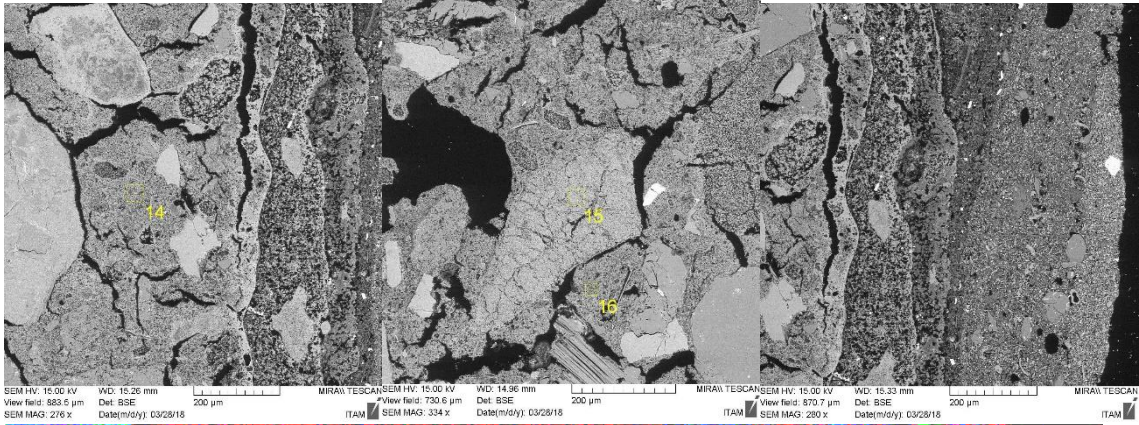
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>
CaO	98,24	99,13	98,75	97,64	94,76	97,95	97,2	48	99,86
SiO₂	1,4	0,4	0,31	0,57	2,23	0,68	0,98	0,42	
Al₂O₃				0,35	0,1	0,06	0,21	0,04	
MgO	0,36	0,46	0,4	0,64	0,49	0,45	0,5		0,14
Na₂O									
K₂O									
SO₃			0,55	0,8	2,43	0,85	1,11	51,54	
FeO									
total	100	99,99	100,01	100	100,01	99,99	100	100	100



SCL 3

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
CaO	68,52	95,58	93,93	97,29	98,43	97,58	72,42	50,79	0,82	76,83	96,41	96,38	97,63	96,74	99,45	97,99
SiO₂	1,3	1,28	1,65	1,97	0,47	1,39	6,85	21,14	49,78	1,56	1,57	1,45	1,26	1,45	0,17	0,97
Al₂O₃	0,14					0,44	5,13	18,13	41,31	0,11		0,12	0,2	0,34		0,33
MgO	28,51	2,71	3,45		0,49	0,6	0,64	0,21		19,68	0,99	0,98	0,58	0,68		0,4
Na₂O										0,7	0,35		0,12			0,08
K₂O							0,27		0,54							
SO₃	1,53	0,43	0,96	0,74	0,61		5,82	3,7	0,5	1,11	0,67	1,08	0,22	0,79	0,38	0,23
FeO																
TiO₂							5,28	3,67	0,68							
ZnO							3,59	2,37	6,38							
total	100	100	99,99	100	100	100,01	100	100,01	100,01	99,99	99,99	100,01	100,01	100	100	100



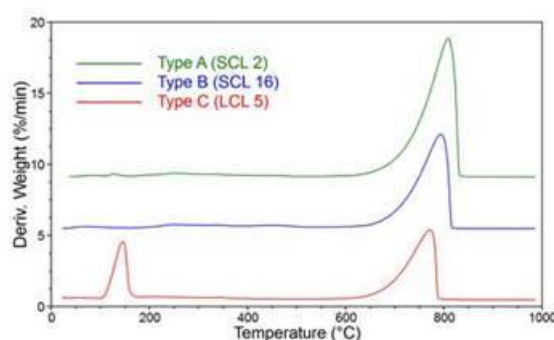
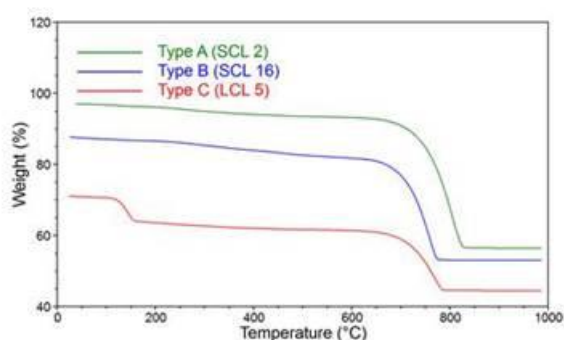


SCL 3
Date:28.3.2018 14:40:12
Image size:512 x 512
Mag:147,013474838183x
HV:15,0kV

5. Termická analýza

Podle výsledků termické analýzy byly vzorky rozděleny do tří kategorií:

- Obsahují velmi malé množství sádry (do 2,5 hm.%). Ztráta hmotnosti v regionu 200-600°C je menší než 3,5 hm.%.
- Obsahují velmi malé množství sádry (do 2,5 hm.%). Ztráta hmotnosti v regionu 200-600°C je větší než 3,5 hm.%.
- Obsahují sádrov v množství větším než 2,5 hm.%. Ztráta hmotnosti v regionu 200-600°C je větší než 3,5 hm.%.



		Kategorie	CaCO ₃	CaSO ₄ .2H ₂ O
Malé tvary	SCL 2b	A	83,4	2,4
	SCL 3b	A	81,4	1,9
Ovoce – vnější štuková vrstva	SCL 9b	A	75,5	1,4
Ovoce – vnitřní jádrová malta	LCL 3b	C	38,4	30,0
	LCL 4b	C	40,2	32,4
	LCL 5b	C	38,2	32,9
	LCL 6b	C	45,5	28,6
	LCL 7b	C	33,6	41,4
Jemná lepicí malta	JCL 1b	C	42,5	39,0
	JCL 2b	C	50,0	13,3
	JCL 3b	C	20,7	72,4
Hrubá lepicí malta	LCL 1b	C	42,3	40,0
	LCL 2b	C	59,5	13,4
Podkladová malta	MCL 1b	B	42,2	-
Perlovec	SCL 6b	B	56,8	-
	SCL 15b	B	63,0	1,9
Žebro	SCL 7b	B	61,2	-

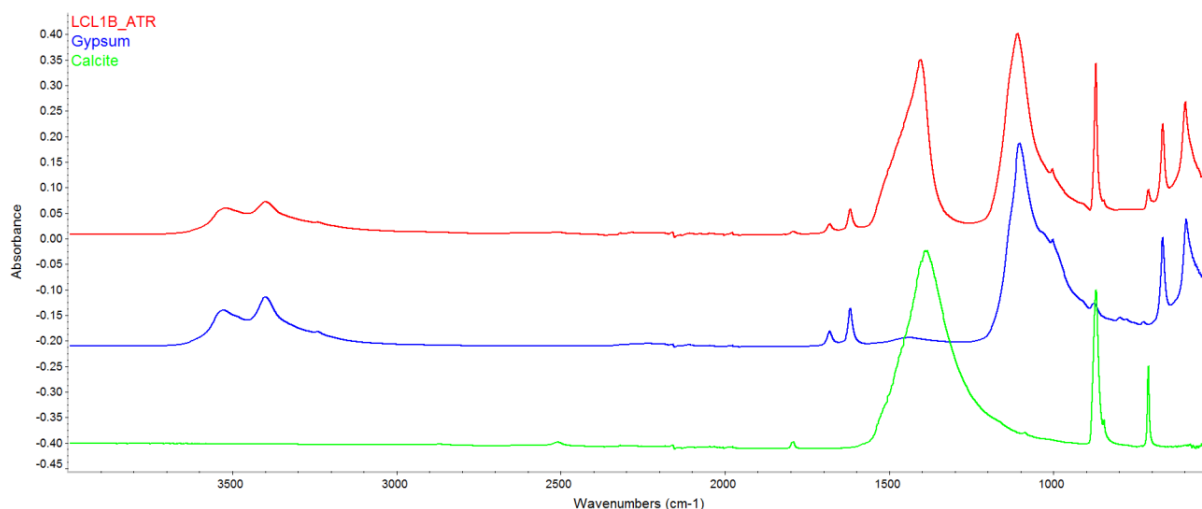
6. Rentgenová difrakce

	Ovoce - vnitřní jádrová malta	Jemná lepicí malta	Hrubá lepicí malta		Podkladová malta
Fáze	LCL 7b	JCL 3b	LCL 1b	LCL 2b	MCL 1b
Křemen	4,1	0,7	1,1	4,0	4,0
Kalcit	29,4	19,1	37,4	53,5	35,7
Albit	1,9	0,7	2,3	3,7	13,9
K-živec	1,7	0,2	0,1	1,8	2,4
Muskovit	0,7	0,4	0,5	0,8	4,5
Sádrovec	41,2	66,7	38,7	13,7	-
Kaolinit	-	-	-	-	15,8
Chlorit	<0,2	-	-	-	-
Amorfní	20,4	13,0	19,8	22,5	23,6

7. Infračervená spektroskopie

Všechny vzorky obsahují kalcit. Vzorek SCL 2b složením odpovídá kalcitu, ve spektru se jsou patrné slabé pásy křemene (popř. křemičitanů) a sádry. Vzorek LCL 1b je směsí kalcitu a sádry. Sádra byla také zjištěna u vzorků LCL 2b, SCL 8-1 a SCL 8-2. Vzorek MCL 1b obsahuje kaolinit. Ve spektrálních oblastech 1200 – 900 cm⁻¹ a kolem 790 cm⁻¹ se u všech vzorků vyskytují pásy křemičitanů/hlinitokřemičitanů, z naměřených infračervených spekter je však nelze více specifikovat.

Kolagen, jehož přítomnost ve vzorcích byla zjištěna pomocí LC-MS, se v infračervených spektrech vzorků neprojevil, což je dáno řádově nižší citlivostí FTIR techniky v porovnání s LC-MS.



8. Nanokapalinová chromatografie

Ve všech uvedených vzorcích byl nalezen klíž (kolagenní pojivo). Vzorky SCL 6, SCL8-1 a 8-2 byly specifikovány jako nátěry, u ostatních se jedná o pojivo. Ve vzorku LCL 5b byl nalezen klíž (kolagenní pojivo), ale pouze jeden kolagenní protein, nelze proto s jistotou potvrdit přítomnost aditiva/pojiva.

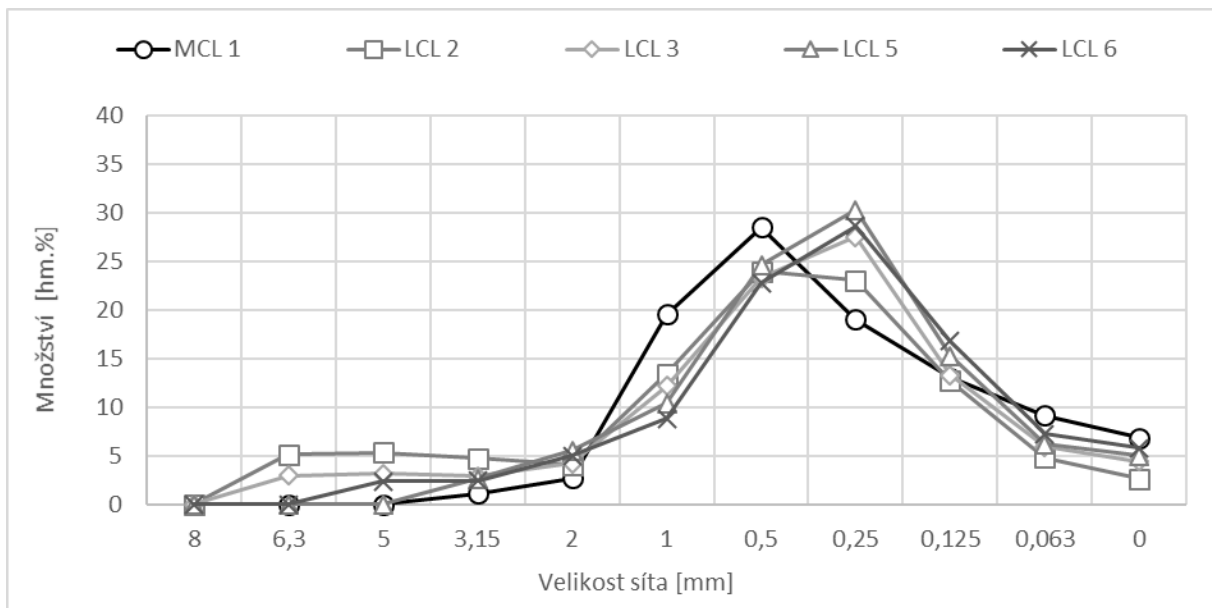
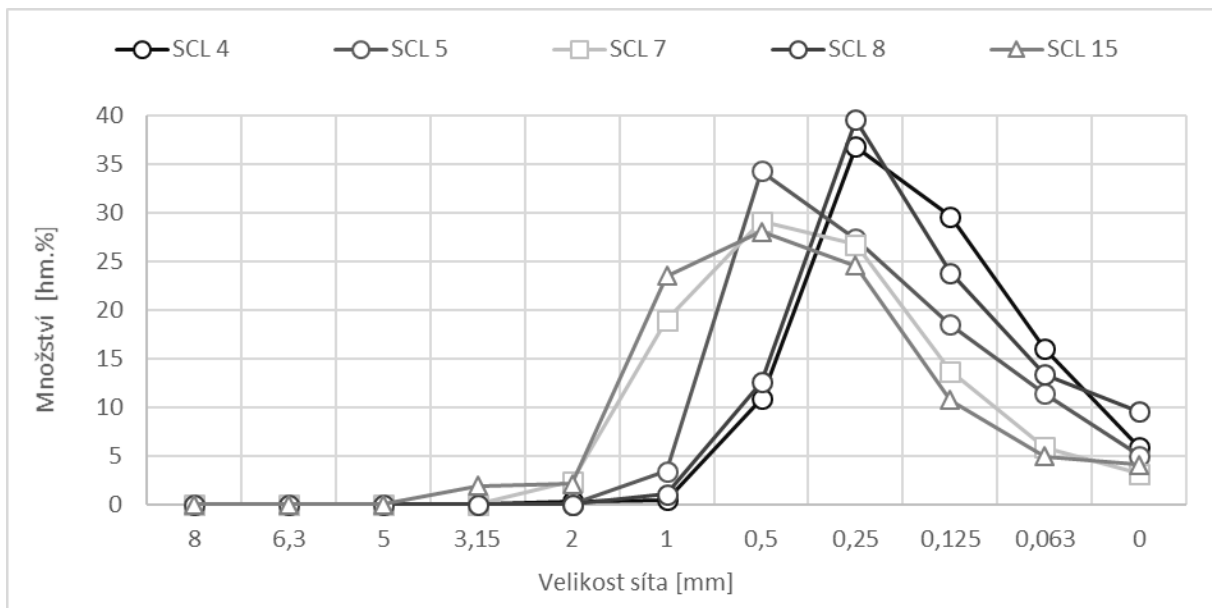
Accession	Protein	SCL2b	SCL3b	SCL6	SCL8-1	SCL8-2	LCL1b	LCL5b
CO1A1_BOVIN	Collagen alpha-1(I) chain	20	17	24	37	29	40	6
CO1A2_BOVIN	Collagen alpha-2(I) chain	20	14	30	22	23	26	
CO1A2_CANFA	Collagen alpha-2(I) chain	13	7	14	10	11	16	
CO2A1_BOVIN	Collagen alpha-1(II) chain	6	5	4	7	6	7	
CO1A2_MOUSE	Collagen alpha-2(I) chain	5	3	7	5	7	6	
CO3A1_BOVIN	Collagen alpha-1(III) chain			4	4			
CO2A1_MOUSE	Collagen alpha-1(II) chain				3			
CO3A1_RAT	Collagen alpha-1(III) chain					2		
CO1A2_CHICK	Collagen alpha-2(I) chain (Fragments)						6	
CO1A2_CHICK	Collagen alpha-2(I) chain (Fragments)						2	
K2C1_HUMAN	Keratin, type II cytoskeletal 1	6	12	16	6	13		15
K1C9_HUMAN	Keratin, type I cytoskeletal 9	2	5	15	9	15	6	5
TRYP_PIG	Trypsin	2	2	2		2	2	2
K22E_HUMAN	Keratin, type II cytoskeletal 2 epidermal		5	8	5	8	5	5
K1C10_HUMAN	Keratin, type I cytoskeletal 10		5	13	4	11	5	13
K2C6B_HUMAN	Keratin, type II cytoskeletal 6B		3		3			
K1C14_HUMAN	Keratin, type I cytoskeletal 14			7		6		6
K2C1_RAT	Keratin, type II cytoskeletal 1			6				
K2C5_RAT	Keratin, type II cytoskeletal 5			4				
K2C5_HUMAN	Keratin, type II cytoskeletal 5				3	5	2	2
K2C6C_HUMAN	Keratin, type II cytoskeletal 6C					5		
HORN_HUMAN	Hornerin					6		
K2C1_PANTR	Keratin, type II cytoskeletal 1						12	
ALBU_BOVIN	Serum albumin						2	
K1C16_HUMAN	Keratin, type I cytoskeletal 16							6
K2C6A_HUMAN	Keratin, type II cytoskeletal 6A							3
ACTA_BOVIN	Actin, aortic smooth muscle							2
K2C5_BOVIN	Keratin, type II cytoskeletal 5							2

9. Rozpouštění v kyselině

	Vzorek	Nerozpustný podíl [hm. %]	Rozpustný podíl [hm. %]	Hmotnostní dávkování písek : váp. hydrát : sádra	Hmotnostní dávkování písek : váp. kaše : sádra
Malé tvary	SCL 2	50,9	49,1	1,4 : 1 : 0	0,7 : 1 : 0
	SCL 3-2	51,4	48,6	1,4 : 1 : 0	0,7 : 1 : 0
	SCL 4	35,3	64,7	0,7 : 1 : 0	0,4 : 1 : 0
	SCL 5	37,9	62,1	0,8 : 1 : 0	0,4 : 1 : 0
	SCL 8	44,0	56,0	1,1 : 1 : 0	0,5 : 1 : 0
Ovoce – vnitřní jádrová malta	LCL 3	66,2	33,8	4,7 : 1 : 0,9	2,4 : 1 : 0,4
	LCL 5	62,8	37,2	4,2 : 1 : 1,0	2,1 : 1 : 0,5
	LCL 6	62,1	37,9	3,6 : 1 : 0,7	1,8 : 1 : 0,4
Hrubá lepicí malta	LCL 2	58,0	42,0	2,7 : 1 : 0,3	1,4 : 1 : 0,1
Podkladová malta	MCL 1	76,4	23,6	4,4 : 1 : 0	2,2 : 1 : 0
Perlovec	SCL 15	74,9	25,1	4,0 : 1 : 0	2,0 : 1 : 0
Žebro	SCL 7	70,0	30,0	3,1 : 1 : 0	1,6 : 1 : 0

10. Sítová analýza (granulometrie)

Sypná hmotnost [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$] LCL 8 1424; LCL 5 1561; LCL 6 1565.



11. Charakteristika písků

Opracování klastů:

Všechny studované vzorky obsahují ostrohranné, málo opracované klasty s nerovným povrchem.

Vytřídění: Vzhledem k nízkému vytřídění, ostrohrannému a nepřilíš opracovanému charakteru klastů nelze předpokládat dlouhý transport studovaného materiálu. Může se jednat o říční písek, znečištěný antropogenními materiály (úlomky pálené keramiky).

Složení vzorků: Složení materiálu mineralogicky odpovídá složení horninového prostředí tvořeného vyvřelými a metamorfovanými horninami, konkrétně granity a leukokratními ortorulami. Ve všech vzorcích dominuje křemen, horninové úlomky a tmavé minerály.

Vzorky obsahují relikty antropogenního znečištění, konkrétně ostrohranné úlomky rezavě až červenavě zbarvené keramiky. Ve vzorcích se dále vyskytují pozůstatky dřevní hmoty (LCL2).

Stručná charakteristika jednotlivých vzorků:

Vzorek SCL 4: vzorek velmi chudý na větší frakce, mineralogicky velmi podobný MCL1 a SCL7. Obsahuje klasty křemene, úlomků ortoruly, a vzácněji i vypálené keramiky, bez reliktní dřeva.

Vzorek SCL 5: vzorek bez větších frakcí materiálu, obsahující vyšší podíl úlomků ortoruly. Dále se zde vyskytují křemenná zrna a relikty tmavých minerálů. Relikty dřeva ani keramiky nebyly zaznamenány. Složením mírně odlišný od ostatních vzorků.

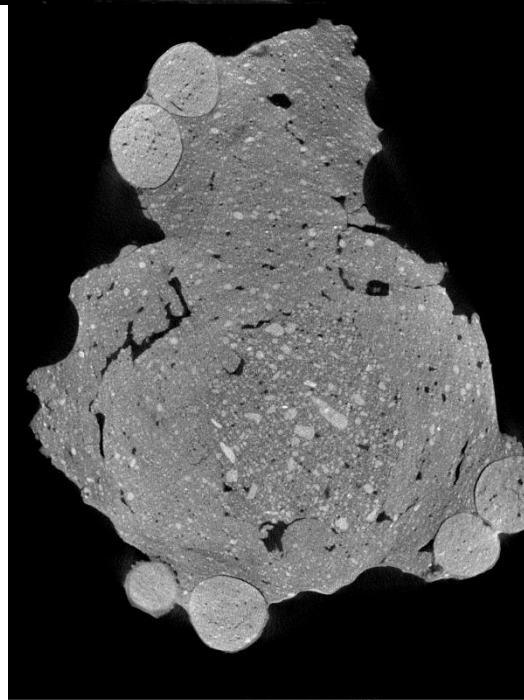
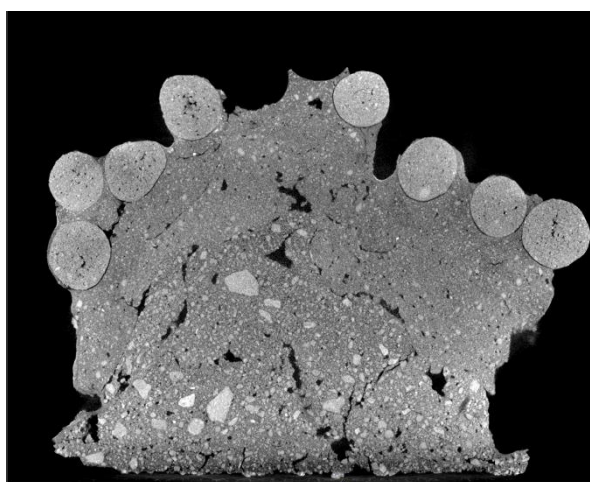
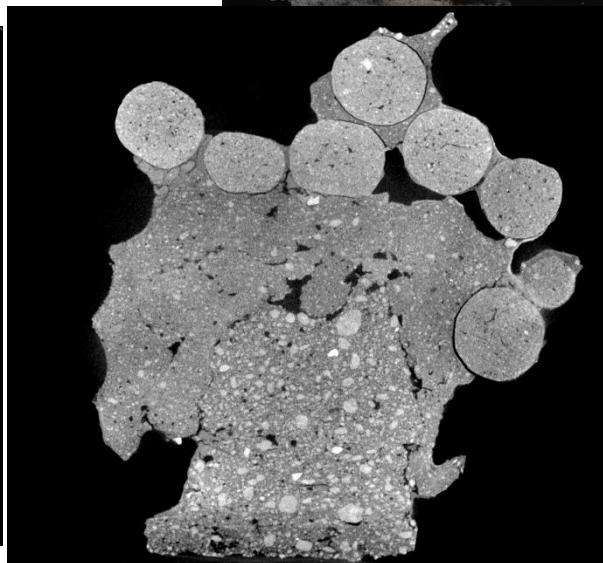
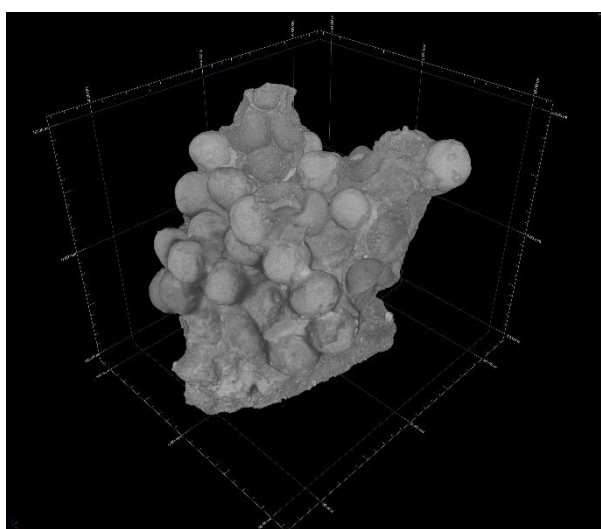
Vzorek SCL 7: dominance křemene a úlomků ortoruly, bez reliktní dřeva. Vzorek navíc vzácně obsahuje drobné kousky vypálené keramiky.

Vzorek LCL 2: dominance křemene (světlých i tmavě zbarvených zrn), méně celé úlomky hornin (ortorula obsahující slídy a tmavé minerály), v drobnějších frakcích vzácně patrné úlomky dřeva a tmavé minerály (tmavé slídy).

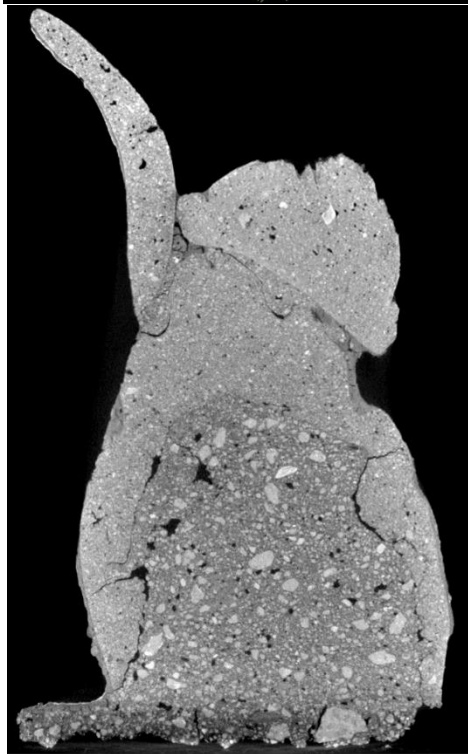
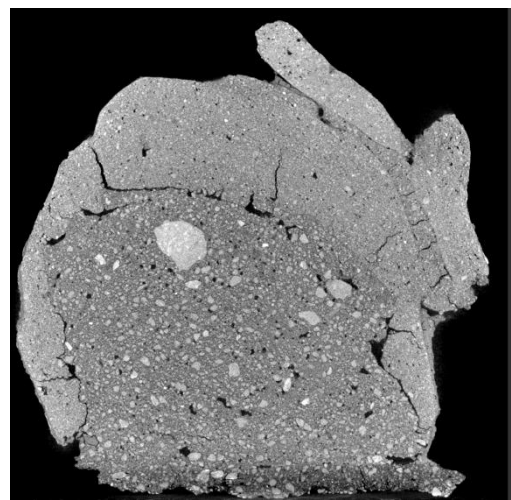
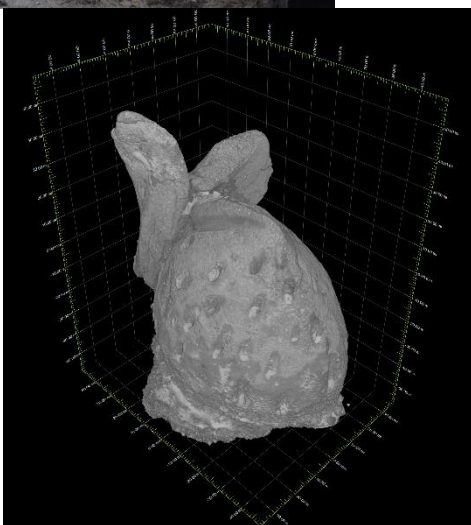
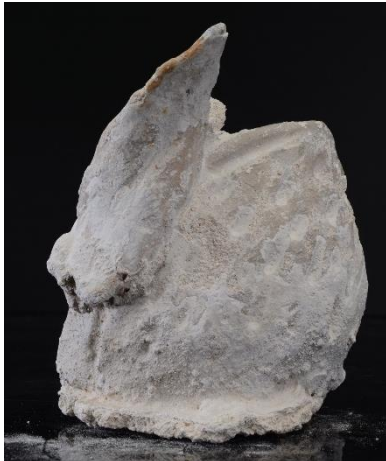
Vzorek MCL 1: dominance křemene a úlomků ortoruly, bez reliktní dřeva. Vzorek je bohatší na ortorulová zrnka než LCL2.

12. Rentgenová tomografie

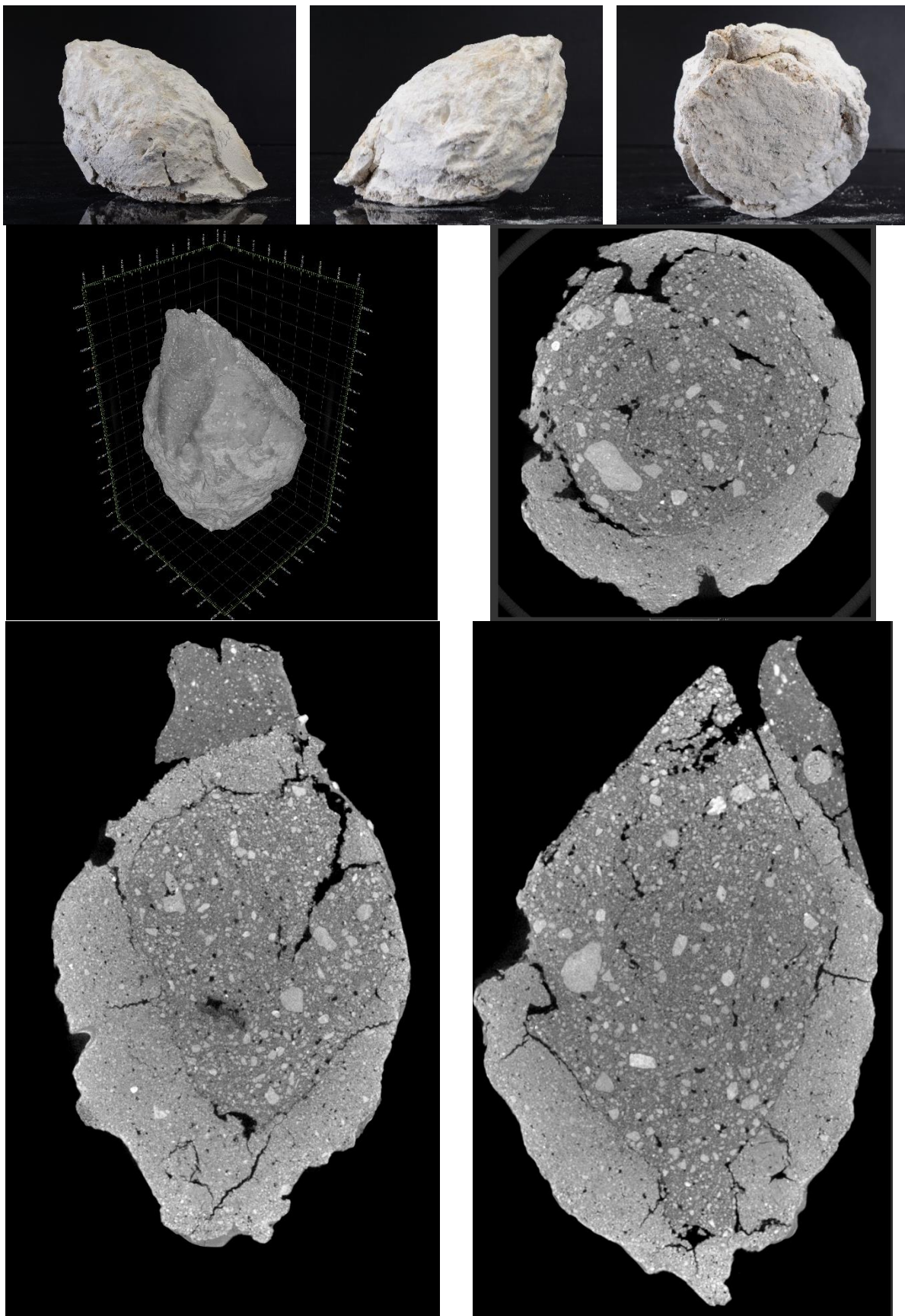
Hrozny, ovoce č. 110



Mandle, ovoce č. 118



Ořech, ovoce č. 137



Památkový postup

Doplnění raně barokní štukové výzdoby formou materiálové a technologické rekonstrukce

Příloha 2

ANALÝZA VÁPENCOVÝCH LOŽISEK SEVERNĚ OD ČERVENÉ LHOTY

Ing. Jan Válek, Ph.D.

Ing. Olga Skružná

RNDr. Petr Kozlovcev, Ph.D.

Mgr. BcA. Jana Waissarová

MgA. Zuzana Wichterlová

Mgr. Dita Frankeová

Mgr. Kristýna Kotková

Ústav teoretické a aplikované mechaniky AV ČR, v. v. i.

Praha, červen 2020

1. Použité metody

Termická analýza

Termická analýza vzorku byla provedena na přístroji SDT Q600 firmy TA v rozmezí teplot 25-1000°C. Přístroj umožňuje simultánní záznam signálu TG (úbytek hmotnosti), DTG (derivace úbytku hmotnosti) a DSC (tepelný tok) během ohřevu vzorku. Na analýzu bylo do platinových kelímků navažováno zhruba 10 mg rozetřeného vzorku, spalování probíhalo ve vzduchové atmosféře rychlostí ohřevu 20°C za min.

Rentgenová fluorescence

Z jemně mletých vzorků byly utaveny perly na elektrické odporové taviče LeNeo Claisse, poměr vzorku ku tavidlu 1:10, použité tavidlo 66:33 ($\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7 / \text{LiBO}_2 / \text{LiBr} = 66,67 \% / 32,83 \% / 0,50 \%$), 40 mm miska. Tavení proběhlo při teplotě 1065°C, program Cement and Raw Materials.

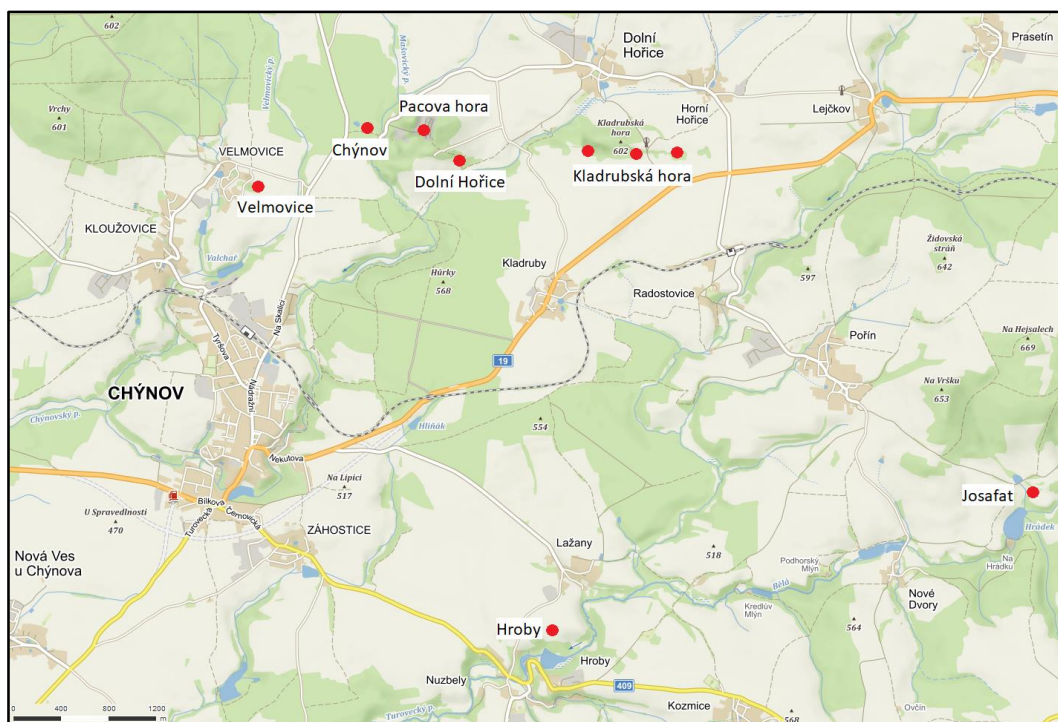
Prvkové složení perel se stanovilo na analytickém přístroji EDXRF X-Supreme 8000 (Oxford Instruments). Měření proběhlo v atmosféře helia, složení je vyjádřeno ve formě oxidů v hm. %.

Reaktivita a vydatnost vápna

Reaktivita a vydatnost vápna byly stanoveny postupem popsáním v normě ČSN EN 459-2 Stavební vápno část 2: Zkušební metody. Nehasitelný podíl po zkoušce reaktivity byl stanoven přepuštěním kaše přes síto o velikosti ok 63 μm pod proudem vody, 3 h po vyhašení u vzorku Chýnov A a 24 h po vyhašení u vzorku Chýnov B. Výška vápna pro stanovení vydatnosti byla měřena 24 hodin od vyhašení vápna.

2. Seznam vzorků

VPH 001	Krystalický vápenec, lom Pacova Hora, II. etáž, proužkatý.
VPH 002	Krystalický vápenec, lom Pacova Hora, tzv. řed'ák. Údajně velmi čistý - jeskyně a kras.
VPH 003	Krystalický vápenec, menší lom, starší otvírka. Pacova Hora. Pod okálem.
VVE 001	Krystalický vápenec. Velmovice. Lom se štolou.
VJS 001	Krystalický vápenec. Josafat - Údolí, Bezdčín.
VKLH 001	Krystalický vápenec. Kladrubská hora - typická surovina.



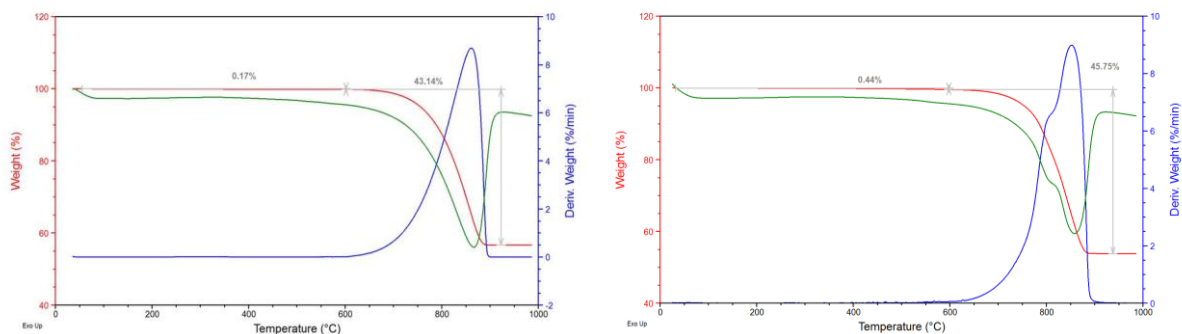
Přehledová mapa okolí Chýnova s vybranými ložisky krystalických vápenců.

3. Termická analýza

	25-600°C	600-900°C	obsah CaCO ₃ *	
VPH 001 bílý	0,20	40,20	91,36	
VPH 001 zelený	0,22	29,80	67,73	
VPH 001 směs	0,26	37,83	85,98	
VPH 002 řed'ák	0,17	43,14	98,05	
VPH 003	0,44	45,75	103,98	Obsah MgCO ₃
VKLH 001	0,76	38,89	88,39	
VVE 001	0,15	41,61	94,57	

* Vypočteno za předpokladu, že veškerý uvolněný CO₂ patřil kalcitu.

Ukázka TG/DTA křivek vzorků VPH 2 a VPH3 (vpravo - obsahuje viditelně větší množství MgO).



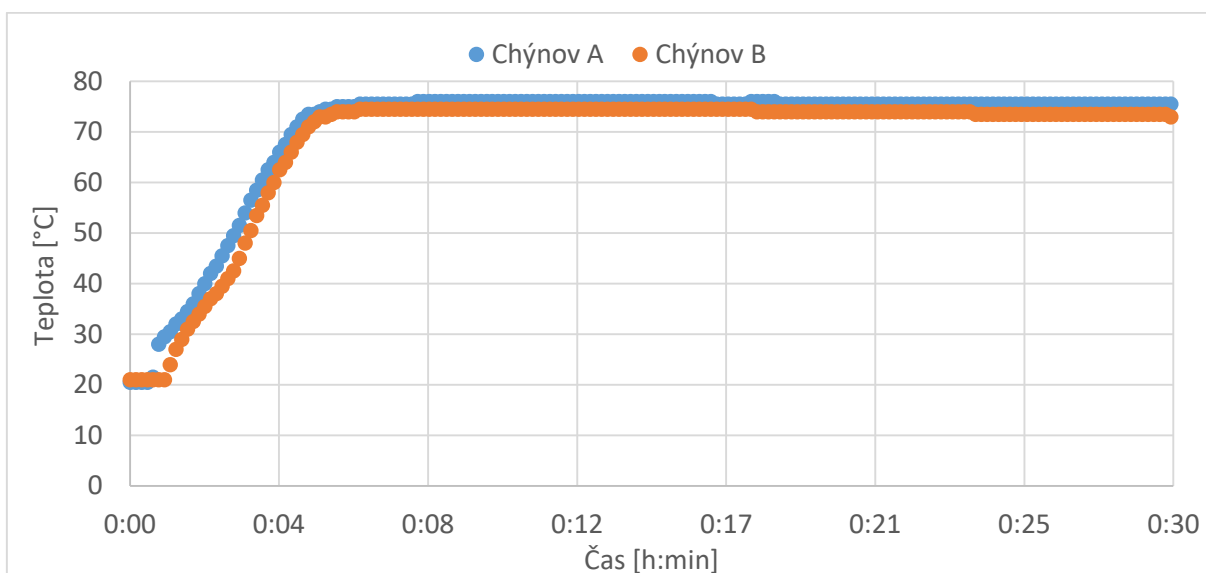
4. Rentgenová fluorescence

Hm.%	VPH 1 bílý	VPH 1 zelený	VPH 1 směs	VVE 1	VKLH 1	VPH 2	VPH 3	VJS 1
MgO	0,785	1,722	1,003	0,310	7,926	0,361	35,498	15,593
Al ₂ O ₃	4,536	4,046	3,963	3,338	4,040	3,408	2,912	3,599
SiO ₂	12,330	30,704	16,781	9,878	12,288	7,145	7,545	45,762
P	0,169	0,126	0,197	0,092	0,037	0,024	0,037	0,052
SO ₃	0,715	0,542	0,688	0,597	0,185	0,293	0,350	0,394
Cl	0,374	0,358	0,355	0,350	0,114	0,185	0,227	0,283
K ₂ O	0,375	0,492	0,512	0,313	0,166	0,199	0,148	0,172
CaO	79,589	60,060	74,957	84,432	72,958	88,114	52,400	32,691
Fe ₂ O ₃	1,128	1,951	1,543	0,690	2,286	0,27	0,883	1,453
CI*	0,50	1,47	0,69	0,37	0,48	0,27	0,24	2,44

*Cementační index: CI = pod 0,3 (nehydraulické suroviny); CI = 0,3-0,5 (slabě hydraulické); CI = 0,5-0,7 (středně hydraulické); CI = 0,7-0,1,1 (silně hydraulické); CI = 1,1+ (přírodní cement)

5. Laboratorní testy vypáleného materiálu VPH 2

Zkouška reaktivity			
Vzorek	t (60°C)	t (max)	Nehasitelný podíl na síti 63 μm
Chýnov A	3 min 40 s	8 min 10 s	5 hm.%
Chýnov B	3 min 10 s	5 min 40 s	19 hm.%



Vydatnost (po 24h)			
Vzorek	[g]	[cm]	dm ³ na 10 kg neh. vápna
Chýnov B1	20,117	7,9	39,5
Chýnov B2	22,019	5,6	28

Památkový postup

Doplnění raně barokní štukové výzdoby formou materiálové a technologické rekonstrukce

Příloha 3

ANALÝZA SÁDROVCE Z LOKALITY KOBEŘICE A PREINSFELD

Ing. Jan Válek, Ph.D.

Ing. Olga Skružná

RNDr. Petr Kozlovcev, Ph.D.

Mgr. BcA. Jana Waissarová

MgA. Zuzana Wichterlová

Mgr. Dita Frankeová

Mgr. Kristýna Kotková

Ústav teoretické a aplikované mechaniky AV ČR, v. v. i.

Praha, červen 2020

1. Použité metody

Optická mikroskopie

Pro účely mikroskopického studia byl zhotoven nezakrytý leštěný výbrus standardních rozměrů. Řez vzorkem byl proveden tak, aby vystihoval reprezentativní (zajímavou) oblast daného materiálu. Druhá polovina vzorku byla ponechána jako referenční vzorek pro další srovnání. Pro petrografickou analýzu byl použit mikroskop Olympus BX53M s procházejícím polarizovaným světlem s rovnoběžnými (PPL) a zkříženými nikoly (CP), případně s využitím odraženého světla (RL). Fotografie byly pořízené digitálním fotoaparátem Olympus DP 27. Snímky byly analyzovány v softwaru Olympus Stream Essential.

Termická analýza s hmotnostním spektrometrem

Termická analýza vzorku byla provedena na přístroji SDT Q600 firmy TA v rozmezí teplot 25-1000°C. Přístroj umožňuje simultánní záznam signálu TG (úbytek hmotnosti), DTG (derivace úbytku hmotnosti) a DSC (tepelný tok) během ohřevu vzorku. Na analýzu bylo do platinových kelímků navažováno zhruba 10 mg rozetřeného vzorku, spalování probíhalo ve vzduchové atmosféře rychlostí ohřevu 20°C za min.

Rentgenová fluorescence

Z jemně rozemletých vzorků byla připravena tableta vylisováním s H_3BO_3 . Prvkové složení tablet se stanovilo na analytickém přístroji EDXRF X-Supreme 8000 (Oxford Instruments). Měření proběhlo v atmosféře helia, složení je vyjádřeno ve formě oxidů v hm. %.

Prášková rentgenová difrakce

Před provedením analýzy byl vzorek rozetřen na analytickou jemnost a homogenizován s vnitřním standardem (Al_2O_3 NIST 676a). Standart byl přidán za účelem kvantitativní analýzy včetně zjištění množství amorfního podílu. K provedení analýzy byl použit spektrometr D8 Bruker s měděnou anodou, při nastavení 40 mA a 40 kV. Úhlový rozsah byl 5-80° 2 θ při kroku 0,01° 2 θ a rychlosti 0,04 s/krok.

Analýza stabilních izotopů

- (i.) Ze vzorků malt rozpuštěných v kyselině chlorovodíkové byl vysrážen nerozpustný síran barnatý. Stanovení $\delta^{34}S$ v získaném síranu barnatém bylo provedeno na Oddělení stabilních izotopů ČGS.
- (ii.) Vzorky malt byly šetrně rozpuštěny v 10% kyselině octové. Z nerozpustného zbytku byly manuálně vybrány kousky nerozpuštěné sádry, jejich složení bylo ověřeno na SEM-EDS. Stanovení $^{84}Sr/^{86}Sr$ v získané sádře bylo provedeno na Oddělení stabilních izotopů ČGS.

2. Seznam vzorků

SK 001	Sádrovec z lomu Kobeřice, typ C
SK 002	Sádrovec z lomu Kobeřice, typ C
SK 003	Sádrovec + slín z lomu Kobeřice, typ A
SSG 001	Sádrovec Seegrotte
SP5 001	Sádrovec Preinsfeld, 5. patro, velký kus (místy narůžovělé krystaly a pyrit)
SP5 002	Sádrovec Preinsfeld, 5. patro, úlomek růžového krystalu z SP5 001
SP7 001	Sádrovec Preinsfeld, 7. patro, menší kusy (místy narůžovělé krystaly)
SP7 002	Sádrovec Preinsfeld, 7. patro, sádrovec se žlutými povrchovými povlaky síry
SP7 003	Sádrovec + jílu, Preinsfeld, 7. patro, sádrovec s příměsí zeleného jílu
SP7 004	Sádrovec + jílu, Preinsfeld, 7. patro, převaha hnědého jílu
SP7 005	Sádrovec Preinsfeld, 7. patro, úlomek růžového krystalu z SP7 001
PRF HT1	Sádra, výpal v peci 2019/2 (21. 5. 2019), reprezentativní vzorek, pod 2 mm
PRF HT2	Sádra, výpal v peci 2019/2 (21. 5. 2019), pozice T3, kus
PRF HT3	Sádra, výpal v peci 2019/2 (21. 5. 2019), pozice T4, kus
PRF HT4	Sádra, výpal v peci 2019/2 (21. 5. 2019), pozice M6, kus
PRF HT5	Sádra, výpal v peci 2019/2 (21. 5. 2019), reprezentativní vzorek, nad 2 mm
PRF LT1	Sádra, výpal v kotlíku 2019/3 (23. 5. 2019), reprezentativní vzorek
PRF LT2	Sádra, výpal v kotlíku 2019/4 (24. 5. 2019), reprezentativní vzorek

3. Makroskopický popis vzorků

Sádrovec lom Kobeřice:

Surovina z lomu Kobeřice (opavská pánev – karpatská předhlubeň) se technologicky dělí na 3 základní typy – A, B a C, a to podle zastoupení sádrovce ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) a příměsí (křemene, živců a kalcitu). Typ A obsahuje nejvyšší podíl příměsí, materiál má jemnozrnnou rozpadavou strukturu s občasným výskytem větších zrn sádrovce. Má šedavou až béžovou barvu. Naopak typ C obsahuje téměř výhradně sádrovec bez významnějšího podílu příměsí. Tvoří ho pevné, bezbarvé, místy šedavé až žlutavé krystaly, často vytvářející typické dvojčatění (vlastovčí ocasy) s výraznou hrubozrnnou strukturou. Surovina typu B pak představuje přechodný materiál mezi typem A a C. Vzorkování a odběr zkušebního materiálu proběhlo výhradně z polohy obsahující surovinu typu C.

Sádrovec důl Preinsfeld

Surovina z dolu Preinsfeld (Severní vápencové Alpy – Dolní Rakousy, Rakousko) představuje sádrovcový materiál z různých etáží podzemního dolu. Jednotlivé vzorky se vzájemně liší podílem příměsí (křemene, živců, muskovitu, magnezitu atd.), které výrazně ovlivňují barvu materiálu (od šedých až zelených odstínů až po hnědou barvu). Typický je pak výskyt velkých růžově zbarvených zrn K-živců ve vzorku SP7 004. Surovina má celkově pevný, nerozpadavý a kompaktní charakter. Jednotlivé krystaly sádrovce jsou ve všech vzorcích menší, než v případě suroviny z ložiska Kobeřice. Materiál se tak vyznačuje výrazně jemnozrnnější strukturou.



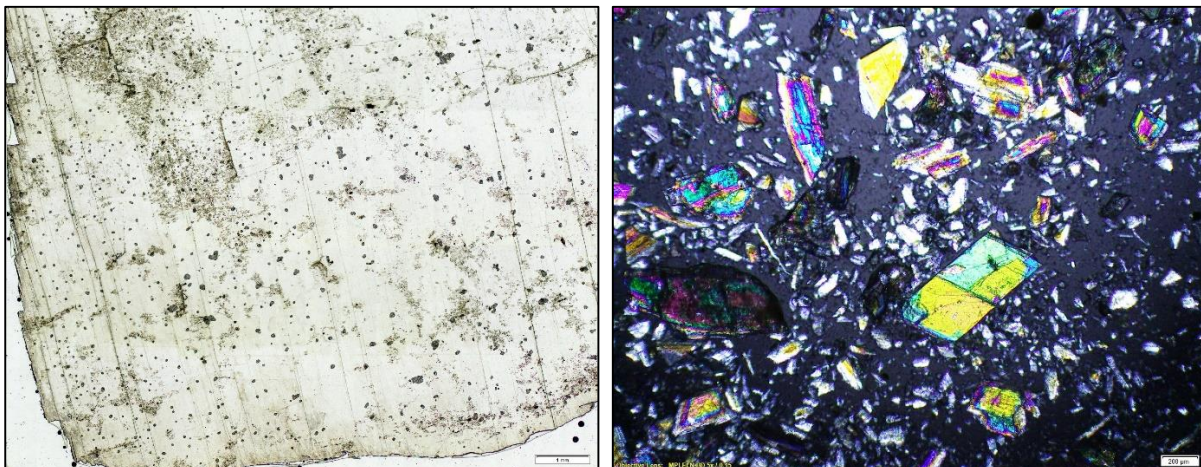
Obrázek 1: Makroskopické snímky sádrovců získaných při vzorkování. Vlevo surovina z lomu Kobeřice s velkými šedo-hnědými krystaly sádrovce a vpravo surovina z dolu Preinsfeld typická jemnozrnější strukturou a výskytem růžových krystalů K-živců

4. Optická mikroskopie

Sádrovec lom Kobeřice:

Označení výbrusů: SK001 a SK003 (surovina typ C)

Vzorky pozorované pomocí optické mikroskopie byly tvořeny jednotlivými destičkovitými či tabulkovitými krystaly sádrovce, které vzájemně prorůstaly a tvořily tak kompaktní masu (Obr. 2 vlevo). Velikost těchto krystalů byla velmi variabilní, pohybovala se od 0,2mm až po 100mm. U jednotlivých agregátů se často vyskytovalo dvojčatění (typický tvar vlaštovčích ocasů) s dokonalou štěpností a pravidelnými krystalovými tvary (Obr. 2 vpravo). Mezi jednotlivými krystaly sádrovce se pak vyskytovaly příměsi dalších minerálů (křemene, muskovitu, K-živců a kalcitu), avšak jen v akcesorickém množství a velikostech krystalů, které nepřesahovaly 0,5mm.

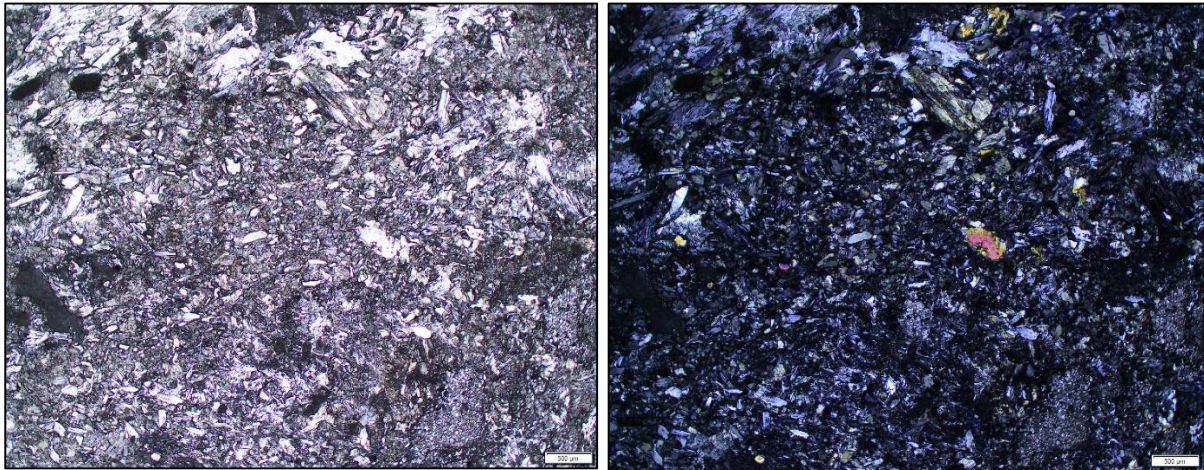


Obrázek 2: Mikroskopické snímky surovin z lom Kobeřice. Vlevo výbrus sádrovce vzorek SK001 (typ C) s výraznými srostlicemi krystalů sádrovce (pozorováno v procházejícím světle). Vpravo typický tvar jednotlivých krystalů sádrovce s výraznými interferenčními barvami při pozorování se zkříženými nikoly.

Sádrovec důl Preinsfeld:

Označení výbrusů: SP5001, SP7001, SP7003, SP7 004 a SP7 005

Vzorky z dolu Preinsfeld byly při mikroskopickém pozorování typické výskytem velmi jemnozrnných, jehličkovitých až vlásečnicovitých agregátů sádrovce (Obr. 3 vlevo). Jejich velikost se pohybovala od 0,1mm do 0,5mm. Především pro větší krystaly byly při pozorování se zkříženými nikoly typické výrazné interferenční barvy (Obr. 3 vpravo). Vzorky z lokality Preinsfeld byly při porovnání s materiálem z lomu Koberice jemnozrnější. Kromě drobných agregátů sádrovce se jako příměsi ve vzorcích vyskytovala zrna K-živců (SP7 004) velká až 10 mm. Další, většinou akcesorické příměsi, tvořil křemen, dolomit, muskovit, Na-živec, magnesit, chlorit a kalcit. Velikost jednotlivých zrn těchto minerálů obvykle nepřesahovala 0,5mm.



Obrázek 3: Mikroskopické snímky suroviny z dolu Preinsfeld. Vlevo výbrus sádrovce, vzorek SP5001, pozorovaný v procházejícím světle s výskytem drobných, jehličkovitě protažených krystalů sádrovce. Vpravo pak stejná část výbrusu při pozorování se zkříženými nikoly, kde jsou patrné větší krystaly sádrovce s typicky výraznými interferenčními barvami.

5. Termická analýza s hmotnostním spektrometrem

vzorek	80-250°C	350-550°C	550-800°C	800-1200°C	Sádrovec CaSO ₄ ·2H ₂ O	Kalcit CaCO ₃ *
SK 2	19,9	0,2	0,8		95,22	1,82
SK 3	12,8	1,3	2,0		61,24	4,55
SSG 1	14,6	0,3	4,5		69,86	10,23
SP5 1	17,2	0,2	2,7		82,30	6,14
SP7 1	11,8	0,5	14,9	10,5	56,46	33,86
SP7 2	18,7	0,2	1,1	3,7	89,47	2,50
SP7 3	5,8	0,9	5,4		27,75	12,27
SP7 4	1,5	1,4		2,4	7,18	0,00
SP7 5	19,4	0,3	0,7	3,8	92,82	1,59

vzorek	80-250°C	350-550°C	550-800°C	800-1200°C	Sádrovec CaSO ₄ ·2H ₂ O	Kalcit CaCO ₃ *
PRF HT1	0,4	0,3	2,9	6,6	1,91	6,59
PRF HT2	0,5	0,5	5,1	9,5	2,39	11,59
PRF HT3	0,5	0,3	0,1	1,5	2,39	0,23
PRF HT4	0,3	0,2	0,2	14,6	1,64	0,52
PRF HT5	0,8	0,4	6,8	14,5	3,98	15,34
PRF LT1	1,0	0,8	5,1	9,8	4,78	11,59
PRF LT2	3,7	0,4	5,5	8,9	17,59	12,61

* Dle výsledků analýz XRD a XRF, surovina Preinsfeld a Seegrotte obsahuje Magnezit MgCO₃. Kalcit byl potvrzen pouze u sádrovce z Koberčic.

6. Rentgenová fluorescence

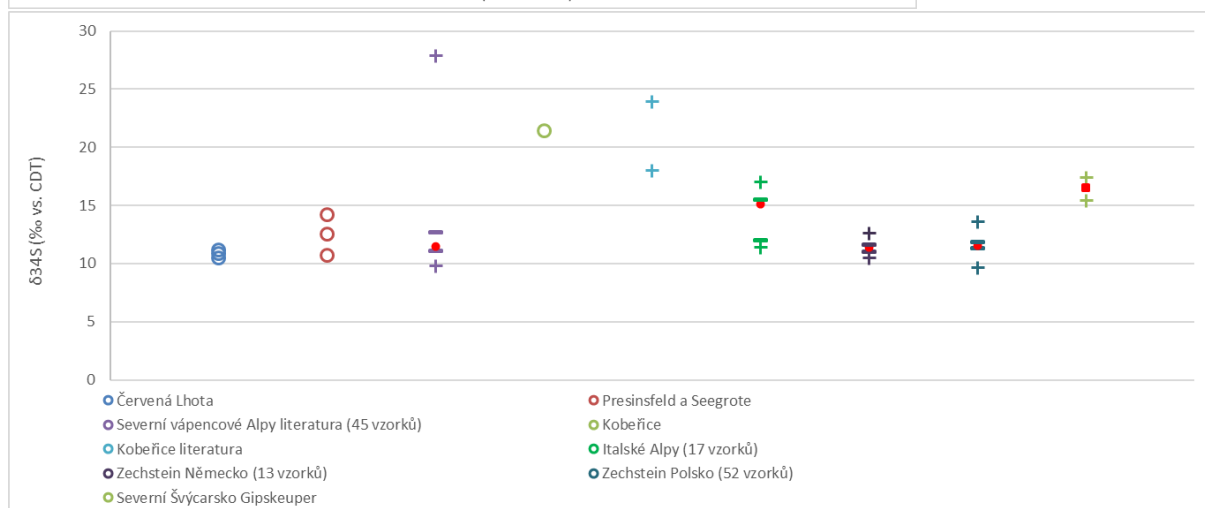
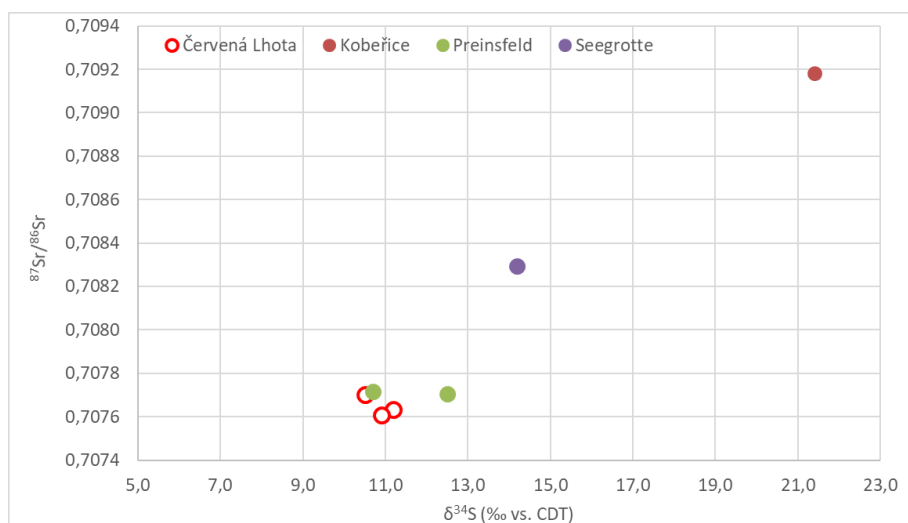
	SK 1	SK 2	SK 3	SSG 1	SP5 1	SP7 1	SP7 2	SP7 3	SP7 4	SP7 5
MgO		1,0	2,4	17,2	8,9	28,9	3,9	15,1	6,6	2,8
Al ₂ O ₃	2,0	0,8	6,2	8,1	4,6	5,7	2,4	16,5	14,3	2,4
SiO ₂	5,7	3,2	19,5	17,5	9,9	10,6	5,7	39,9	62,4	5,5
P ₂ O ₅		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SO ₃	51,2	61,3	45,3	36,9	50,0	36,5	57,6	15,3	8,9	59,0
Cl	0,1	0,2	0,4	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3
K ₂ O		0,1	1,1	1,9	1,0	1,0	0,5	3,5	4,0	0,5
CaO	40,6	33,2	23,5	17,2	24,9	15,9	29,0	7,2	2,4	29,3
TiO ₂		0,0	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,2	0,2	0,0
Cr ₂ O ₃			0,0	0,0				0,0	0,0	
Mn ₂ O ₃		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fe ₂ O ₃	0,1	0,1	1,4	0,8	0,4	1,2	0,6	1,9	1,0	0,1

7. Prášková rentgenová difrakce

	SK 1	SK 3	SSG 1	SP5 1	SP7 1	SP7 2	SP7 3	SP7 4	SP7 5
Křemen	<0,5	7,3	2,1	1,5	2,9	1,0	13,9	44,6	0,8
Muskovit	<0,5	3,5	2,5	3,3	4,6	2,3	12,0	4,5	1,3
Sádrovec	74,8	41,8	51,5	79,8	49,0	73,0	17,6	5,1	85,8
Anhydrit			<0,5	<0,5	<0,5				<0,5
K-živec		0,6		0,6	4,8			8,6	
Na-živec								3,7	
Magnetit			6,9	4,1	34,5		1,8		
Dolomit						1,4	8,0		
Chlorit				1,7		1,9	5,9	1,3	
Kalcit	1,5	3,0							
Basanit	2,1								
Amorfni	21,0	44,0	32,0	9,0	9,0	20,0	41,0	32,0	12,0

	PRF HT1	PRF HT2	PRF HT3	PRF HT4	PRF HT5	PRF LT1	PRF LT2
Křemen	3,5	2,2		7,1	4,6	3,4	4,7
Muskovit	1,5	3,0		5,6	6,8	5,6	6,9
Anhydrit	56,7	53,2	74,5	56,9	27,0	4,0	1,4
Sádra	1,2					48	63,4
K-živec	3,4	3,9	1,2	3,2	5,6	4,2	5,2
Magnetit	5,8	8,9			12,7	6,6	8,0
Chlorit		<0,5			2	4,2	2,6
Periklas				2,2			
Kalcit	0,6	<0,5				3,8	4,4
Dolomit						0,8	<0,5
Amorfni	27,0	28,0	24,0	25,0	41,0	19,0	3,0

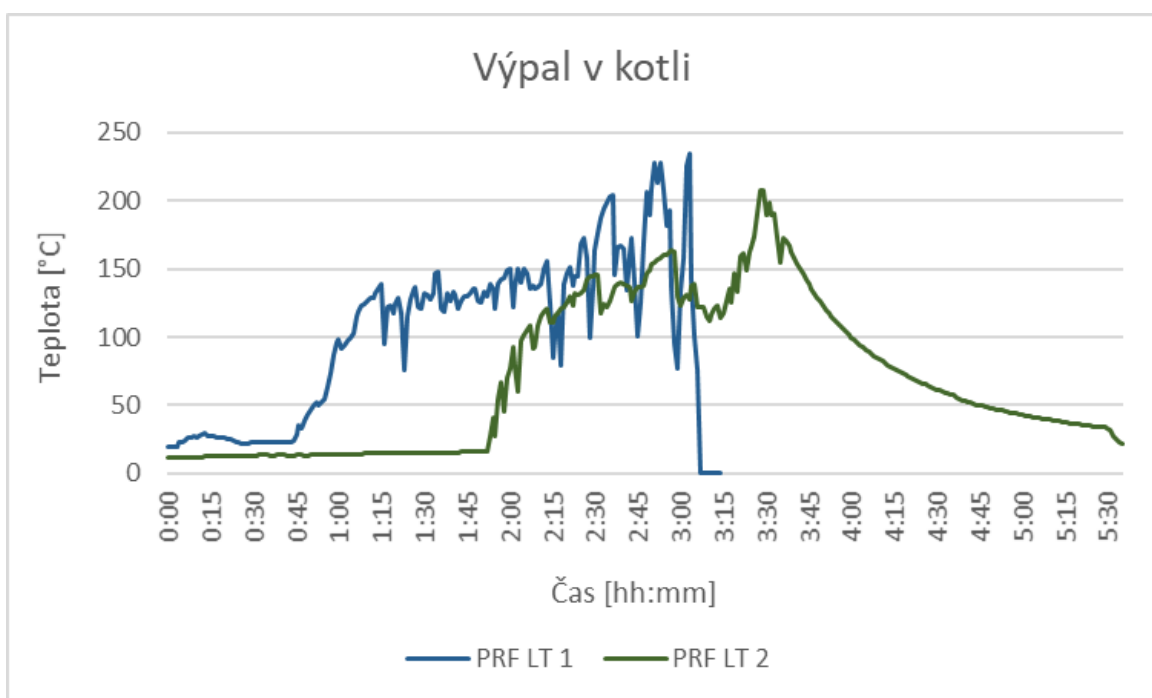
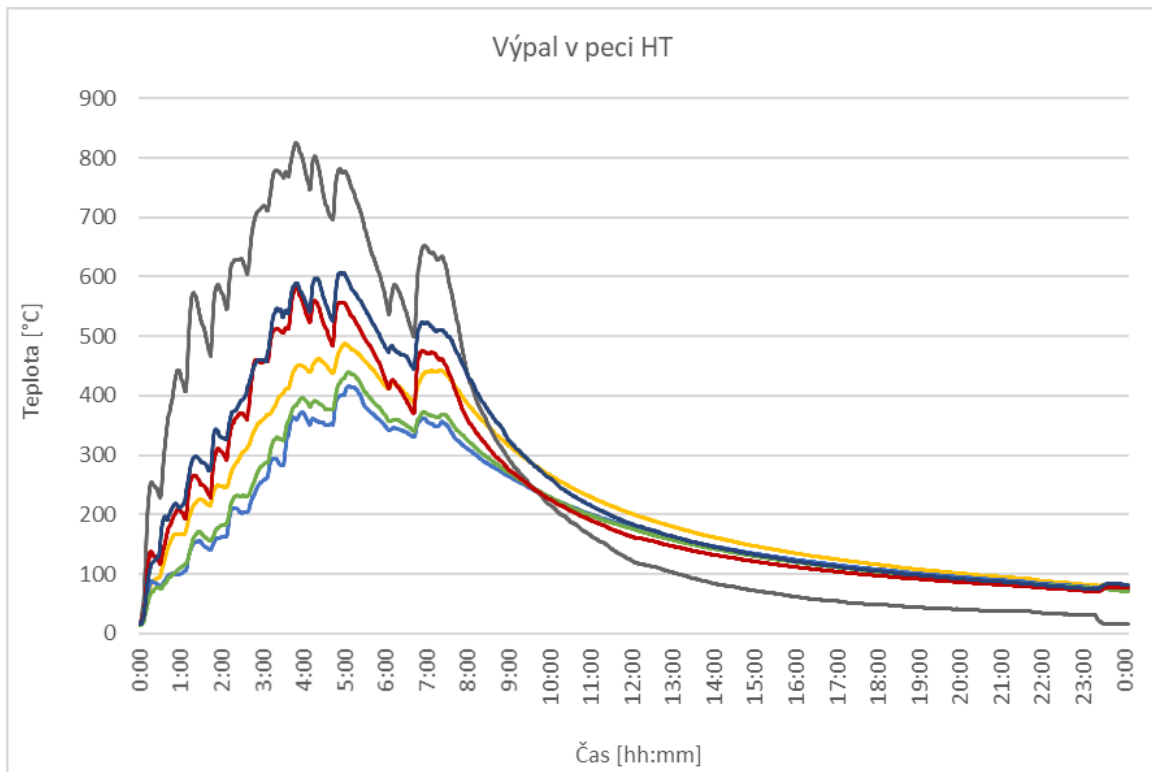
8. Analýza stabilních izotopů



Použitá literatura:

- Severní Vápencové Alpy:** Spötl C., Pak E. 1996. A strontium and sulphur isotopic study of Permo-Triassic evaporates in the Northern Calcareous Alps, Austria. *Chemical Geology* 131: 219-234.
- Boschetti T. et al. 2011. Sulfur and oxygen isotope compositions of Upper Triassic sulfates from northern Apennines (Italy): paleogeographic and hydrogeochemical implications. *Geologica Acta* 9 (2): 129-247.
- Koberžice:** Perryt et al. 1997. Zapis izotopowy zmian środowiskowych podczas depozycji gipsów badeńskich w Koberżicach koło Opawy. *Przegląd Geologiczny* 45 (8): 807-810.
- Italské Alpy:** Longinelli A, Flora O. 2007. Isotopic composition of gypsum samples of Permian and Triassic age from northern-eastern Italian Alps. *Chemical Geology* 245: 275-284.
- Zechstein Německo:** Kampschulte A. et al. 1998. The sulphur and strontium isotopic compositions of Permian evaporates from the Zechstein basin, northern Germany. *Geol Rundsch* 87: 192-199.
- Zechstein Polsko:** Peryt T. M. et al. 2010. Sulphur and oxygen isotope signatures of late Permian Zechstein anhydrites, West Poland: seawater evolution and diagenetic constraints. *Geological Quarterly* 54 (4): 387-400.
- Jaworska J., Wilkosz P. 2012. Oxygen and sulphur isotopes of gypsum from the Mogilno Salt Dome cap-rock (Central Poland). *Geological Quarterly* 56 (2): 249-260.
- Severní Švýcarsko Gipskeuper:** Pearson F. J. et al. 1991. Applied isotope hydrogeology: A case study in Northern Switzerland. *Studies in Environmental Science*: 43.

9. Teplotní průběh jednotlivých výpalů



Památkový postup

Doplnění raně barokní štukové výzdoby formou materiálové a technologické rekonstrukce

Příloha 4

ANALÝZA PÍSKŮ Z OKOLÍ ZÁMKU ČERVENÁ LHOTA

Ing. Jan Válek, Ph.D.

Ing. Olga Skružná

RNDr. Petr Kozlovcev, Ph.D.

Mgr. BcA. Jana Waissarová

MgA. Zuzana Wichterlová

Mgr. Dita Frankeová

Mgr. Kristýna Kotková

Ústav teoretické a aplikované mechaniky AV ČR, v. v. i.

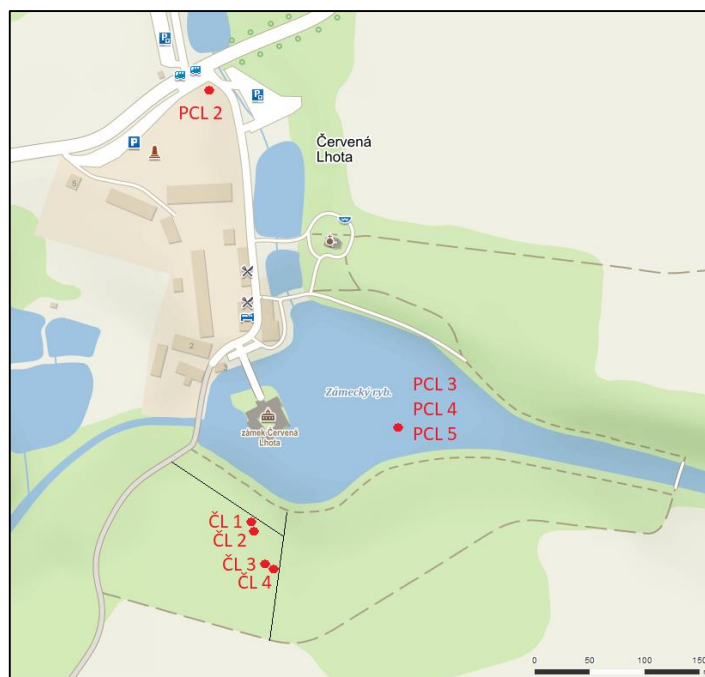
Praha, červen 2020

1. Seznam vzorků

Označení + hloubka vzorkování	Specifikace
ČL 1 0-30	Červená Lhota, u pěšiny, sonda níže po svahu (první v pořadí)
ČL 2 45-65/80	Červená Lhota, u pěšiny, sonda výše po svahu (druhá v pořadí)
ČL 2 65-70/80	Červená Lhota, u pěšiny, sonda výše po svahu (druhá v pořadí)
ČL 2 0-65	Červená Lhota, vykopaná vedle sondy ČL 2
ČL 3 0-30/65	Červená Lhota, u panelové cesty, sonda výše po svahu (první v pořadí)
ČL 3 30-50/65	Červená Lhota, u panelové cesty, sonda výše po svahu (první v pořadí)
ČL 3 50-65/65	Červená Lhota, u panelové cesty, sonda výše po svahu (první v pořadí)
ČL 4 0-30/50	Červená Lhota, u panelové cesty, sonda níže po svahu (druhá v pořadí)
ČL 4 30-50/50	Červená Lhota, u panelové cesty, sonda níže po svahu (druhá v pořadí)
CHOT	Chotěmice lom-pískovna
SVE	Světce
PCL 1	Písek z rybníka Rytíř
PCL 2	Písek z rozcestí hlavní silnice a odbočky k zámku
PCL 3	Červená Lhota, vzorek písku ze dna rybníku kolem zámku.
PCL 4	Červená Lhota, vzorek písku ze dna rybníku kolem zámku.
PCL 5	Červená Lhota, vzorek písku ze dna rybníku kolem zámku.
Písek IP	Směs písku ze dna rybníku kolem zámku a písku ze Slavonic, 1 : 1 hm.



Místa odběru kontrolních písků v okolí Červené Lhoty.



Detailní mapka míst odběrů vzorků písků v bezprostředním okolí zámku Červená Lhota.

2. Použité metody

Sítová analýza a sypná hmotnost

Písky byly po vysušení (při teplotě 60°C) síťovány přes sadu standartních sít o velikosti hrany oka 8; 4; 2; 1; 0,5; 0,25; 0,125; 0,063 mm.

Sypná hmotnost byla stanovena pro písky upravené na velikostní frakci < 8 mm (případně 4 mm). Takto upravený písek byl vsypán do odměrného válce o celkovém objemu 250 ml a 25 lehkými údery o podkladovou plochu byl ztuhněn. Po odečtení objemu a hmotnosti byla vypočtena sypná hmotnost.

Obsah jemné frakce

Do odměrného válce (500 ml) bylo vsypáno zhruba 150 ml písku, objem byl doplněn vodou a písek byl ve vodě rozmíchán skleněnou tyčinkou. Po usazení byl další den odečten objem jemné – jílovité frakce.

Obsah vodorozpustných solí

Navážka $10 \pm 0,5$ g písku byla louhována v destilované vodě po dobu 24 hodin. Po té byl obsah aniontů vodorozpustných solí stanoven semi-kvantitativně pomocí testovacích proužků Quantofix.

3. Charakteristika vzorků

Sonda ČL 1

Hnědý až lehce béžový vzorek písku vzniklého zvětráváním ortorulového masivu.

Hrubozrnnější materiál.

Složení: úlomky ortoruly, křemenná zrna, živce, tmavé slídy.

Sonda ČL 2

Světlejší, béžový až nahnědlý vzorek písku ze zvětralé ortoruly.

Světlejší a jemnozrnnější než vzorek ČL 1.

Složení: úlomky ortoruly, křemenná zrna, živce, tmavé slídy.

Sonda ČL 3

Světle béžový vzorek písku ze zvětralého ortorulového masivu.

Velmi světlý materiál, obsahuje jak značnou část jemnozrnné, tak i hrubozrnné frakce.

Složení: úlomky ortoruly, křemenná zrna, živce, tmavé slídy.

Sonda ČL 4

Hnědý vzorek písku ze zvětralé ortoruly.

Hrubozrnnější materiál velmi podobný vzorku ČL 1.

Složení: úlomky ortoruly, křemenná zrna, živce, tmavé slídy.

Sonda SVE

Tmavě hnědě až rezavě zbarvený písek.

Hrubozrnný charakter.

Složení: úlomky ortoruly, křemenná zrna, tmavé slídy.

Sonda CHOT

Světle béžový vzorek písku.

Směsný charakter vzorku, materiál obsahuje jak jemnozrnné částice, tak i hrubozrnnější klasty.

Primární horninou nemusela být pouze ortorula, mohlo se jednat o žulu či jinou granitickou horninu.

Složení: křemenná zrna, živce, tmavé slídy.

Vzorek PCL 1

Tmavě hnědě až šedavě zbarvený říční písek.

Hrubozrnný charakter bez výskytu jílovitých částic.

Složení: úlomky ortoruly, křemenná zrna, tmavé slídy, živce, úlomky dřeva.

Vzorek PCL 2

Hnědavě až rezavě zbarvený písek s jílovitou příměsí.

Jemnozrnný materiál složený z drobnějších klastů a jílovitých částic s občasným výskytem větších valounů

Složení: úlomky ortoruly, křemenná zrna, tmavé slídy, jílovitá příměs.

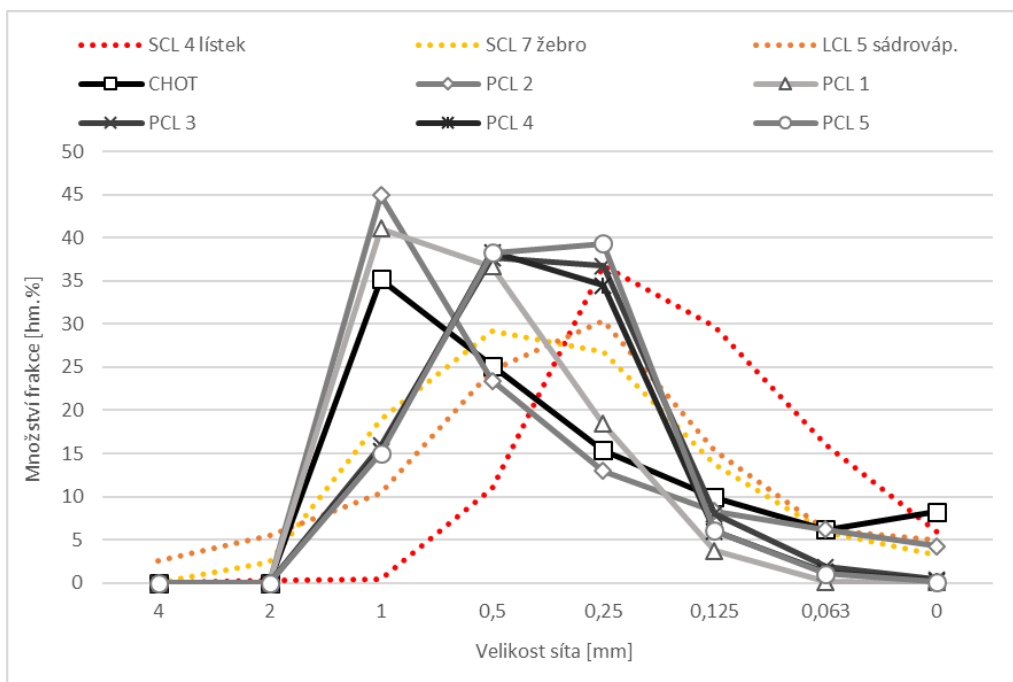
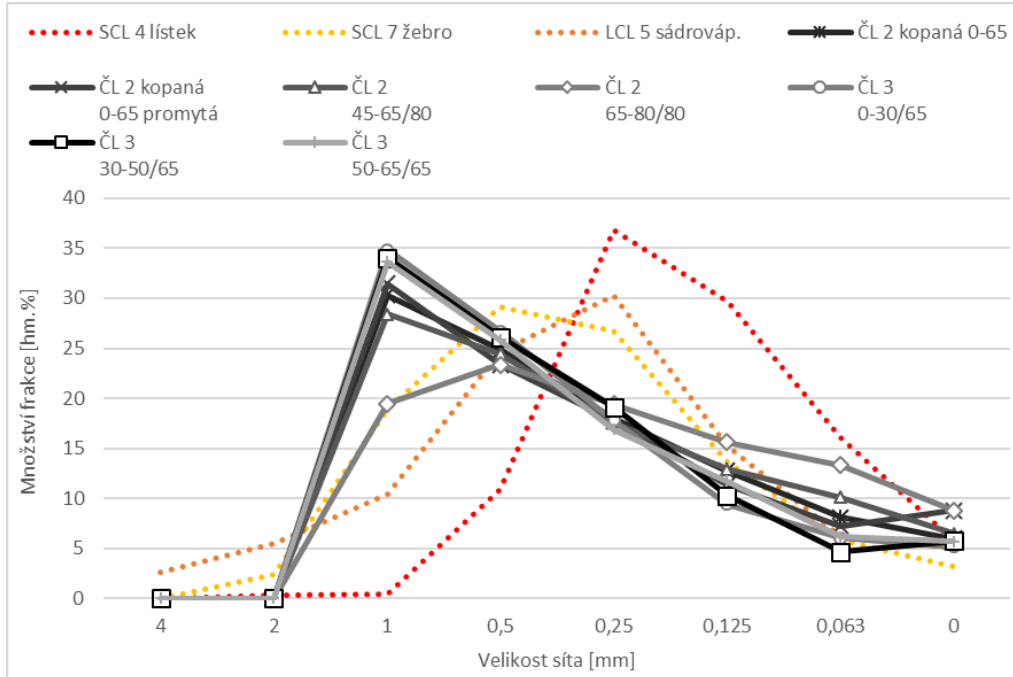
Vzorky PCL 3, PCL 4 a PCL 5

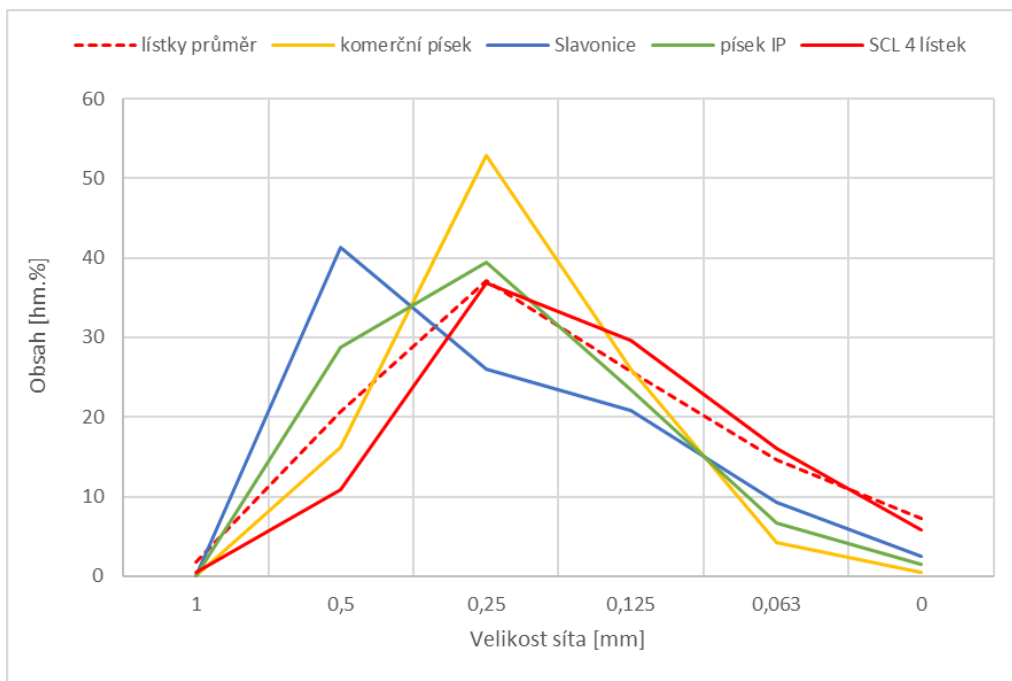
Hnědý až šedavě zbarvený říční písek.

Hrubozrnný charakter s nízkým zastoupením jemnozrnných částic.

Složení: úlomky ortoruly, křemenná zrna, živce, tmavé slídy.

4. Sítová analýza





5. Sypná hmotnost

	ČL 2 kopaná 0-65	ČL 2 kopaná 0-65 promytá	ČL 2 45- 65/80	ČL 2 65- 80/80	ČL 3 0- 30/65	ČL 3 30- 50/65	ČL 3 50- 65/65	CHOT
						lehce podrcené		
sypná hmotnost <4mm	1070							
sypná hmotnost <8mm [kg/m ³]	1114	1074	1192	1162	1166	1139	1157	1231

6. Obsah jemné (jílovité) fáze

Název sondy	Obsah jemné fáze
Světce	15,2 obj. %
ČL 2 kopaná 0-65	8,6 obj. %



7. Obsah vodorozpustných solí

Analyzované písky mají nízký obsah vodorozpustných solí podle ČSN P 73 0610.

		Koncentrace [hm. %]		
Písek	PH	NO₂⁻	SO₄²⁻	Cl⁻
SVĚ	6	0,002	0,479	0,000
CHOT	6	0,002	0,473	0,000
ČL2 k 0-65	5	0,002	0,485	0,000
ČL3 0-30/65	5	0,002	0,486	0,000