

Metodika

Postup při stanovení složení opravné malty pro opravu štukových děl

Obsah

1	Cíle metodiky.....	1
2	Úvod do problematiky.....	1
3	Popis metodiky – postup při návrhu opravných malt štukových děl	2
3.1	<i>Obecné požadavky při doplňování/opravě štukových děl</i>	3
3.2	<i>Poznání/charakterizace originálu.....</i>	4
3.2.1	Stanovení materiálové skladby originálu	4
3.2.2	Stanovení materiálových charakteristik originálu	9
3.3	<i>Návrh opravné malty.....</i>	10
3.3.1	Postup při provádění opravy v podmínkách památky.....	12
4	Návrh uživatelů metodiky	13
5	Seznam použité literatury relevantní k problematice.....	14
6	Seznam publikací, které předcházely metodice a byly publikovány	16

Metodika vznikla v rámci projektu MK ČR NAKI na základě smlouvy č.27/2011/OVV, s identifikačním číslem projektu NAKI DF11P01OVV027 a názvem „**Vybrané památkové postupy pro zkvalitnění péče o sochařské a stavební památky**“. Svým obsahem naplňuje *Dílčí úkol 1, „Historické techniky v renesančním štukatérství“*, dílčí cíl *„Znovuzavedení speciální technologie „taille directe“ používané v renesančním štukatérství do památkové péče.“* Řešiteli projektu je Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování (FR,UPCe), koordinujícím řešitelem je Doc. Jiří Novotný, ak. soch. za UPCe. Na řešení se odborně podílely Ing. Renata Tišlová, PhD., která se výzkumu historických malt a řešení jejich oprav dlouhodobě zabývá. Dále na metodice spolupracovala Ing. Adéla Novotná, FR, UPCe, Thomas Köberle, odborník na mikroskopii historických malt. Vývoj metodiky byl koordinován ve spolupráci s restaurátory, jmenovitě Mgr. Janou Waissarovou. S jejich pomocí mohlo dojít i k závěrečné optimalizaci postupů a materiálů užitých pro opravu referenčního objektu – renesančního štukového reliéfu Poseidona v Horní zahradě SZ Telč.

1 Cíle metodiky

Navržená metodika popisuje postup při návrhu a optimalizaci vlastností opravných malt pro štuky, které představují specifický typ památky, jehož restaurování je v současné restaurátorské praxi značně podhodnoceno. Při současné obnově štukatur nejsou reflektovány vlastnosti originálu - tradiční postupy a technologie zpracování štukových malt, umělecko-řemeslné zpracování a v poslední řadě také využívané materiály, které ovlivňují zpracovatelské i fyzikálně-mechanické vlastnosti. Popis komplexního postupu při návrhu opravné štukové směsi představuje překládaná metodika.

V první části obecně představuje požadavky na opravu štukových dekorací. Hlavním východiskem je mnohvrstevná kompatibilita s originálem, která vychází z charakterizace originálu v daných podmínkách expozice, včetně poznání jeho složení, materiálových vlastností, stavu, ale také umělecko-řemeslného zpracování. V následném kroku diskutuje metodika další východiska, která složení opravné malty ovlivňují. V části modelové studie provádí autoři ověření metodiky při řešení návrhu rekonstrukčních malt pro opravu renesančního štukového reliéfu Poseidona z Horní zahrady SZ v Telči.

2 Úvod do problematiky

Štuk představuje zvláštní, zcela výjimečný výtvarný útvar, který stojí na pomezí tradičních technik - sochařství, architektury i malířství. Význam štukových dekorací se v různých historických obdobích proměňoval. Největšího významu a úrovně však dosáhlo štukatérství v období renesance, která výtvarně i technologicky vyšla z antické tradice. V tomto období teprve vzniká pojem 'štuk', který se neužíval pouze v souvislostech, jak jej užíváme nyní, ale označovala se jím jednoduše tvarovatelná hmota nebo tmel všeho druhu. Označení se tak užívalo např. pro omítky imitující mramor, barevné omítky se sgrafity, plastickou výzdobu grott a samozřejmě zahrnovalo i dekorativní formy. 'Mutaci' pojmu 'štuk' směrem k technickému pojetí urychlilo rychlé šíření této dekorativní techniky z Itálie na sever v průběhu 16. století, kde toto označení (z itl. lomb. 'Stucci') rychle přejímají jiné jazyky (němčina Stuck, angl. stucco), avšak tím význam slova výrazně omezují pouze na dekorativní umělecko-řemeslnou formu. Pokud však pomineme umělecko-řemeslné pojetí štukatur a zaměříme se na skladbu či provedení štukových děl, můžeme štuky definovat jako druh omítky, pomocí které je možno docílit rozmanitý účinek jak hmatový (plastický, strukturální), tak optický (barevná rovnováha, lesk). Připodobnění k tomuto typu památky nahrává i materiálové složení, které je v mnoha případech identické se skladbou omítek, avšak ne vždy. Materiálové složení štukových malt bylo více promyšlené, opírající se o principy technik, jejichž základy byly položeny v antice a následně přejaté renesancí (viz. níže, technika bílého štku) [1-3].

Anticko-renesanční štuková výzdoba je i funkčně zcela odlišná od např. barokního štukatérství, ve kterém je štuk samostatným druhem výtvarného projevu. V renesančních objektech se štuková výzdoba stává součástí tektoniky nebo je i jinak zapojena

do architektonického celku. Renesanční štukové dekorace jsou výjimečné také technikou a materiálovým složením; štukatury jsou vytvářeny v renesanci oživenou antickou technikou tzv. bílého štku *'opus albarium'* nebo *'stucco bianco'*. Techniku charakterizuje bílá barva, která se docílila použitím specifických 'bílých' pojiv a plniv bez následné aplikace celoplošných barevných povrchových úprav, čímž je odlišná od následných slohových období. Také nanášení štukových omítek vycházelo z antické tradice – štuky se buď modelovy přímo z ruky postupným vrstvením štku na místě (*'taille directe'*) či jejich modelací a lepením v kompozici odpovídající autorem navržené koncepci prostoru. Výjimkou není ani tzv. vytlačovaný štuk do forem, který byl po vydusání osazen pomocí trnů a hřebů, příp. uložen do ložné malty [1-5].

Mezi objekty s výjimečnou štukovou výzdobou u nás patří bezesporu zámek v Telči, jehož bohatá a umělecky rozsáhlá renesanční štuková výzdoba provedená na mistrovské úrovni italskými mistry může sloužit jako příklad technické, umělecko-řemeslné i materiálové variability dané techniky. Reliéf Poseidona patří společně s výzdobou kaple Všech svatých, Reliéfu Adama a Evy situovaných na nádvoří zámku i štukovou výzdobou v pokoji Zachariáše z Hradce, mezi doklady postupného stavebního vývoje objektu, ale i individuálního přístupu při tvorbě štukových dekorací. Reliéf Poseidona situovaný v Horní zahradě, na fasádě jižní stěny severního křídla zámku, představuje jen jeden z příkladů renesanční štukatérské sochařské techniky pozorovatelné v areálu zámku. Svým umělecko-řemeslným pojetím však zcela respektuje základní principy anticko-renesančního štukatérství. Jeho restaurování, které proběhlo v rámci projektu NAKI DF11P01OVV027 a názvem „**Vybrané památkové postupy pro zkvalitnění péče o sochařské a stavební památky**“ v roce 2014, předcházelo důkladný průzkumu stavu, rozsahu oprav a jejich kvality, studium renesanční techniky i technologie na originálu. Nedílnou součástí bylo studium stavebně-historického vývoje objektu, sporadicky dostupné dobové literatury či pramenů publikovaných v 19. století. Novodobé snahy o vzkříšení renesančních štukatérských technik jsou patrné i na restaurovaném objektu při dobových rekonstrukcích. Vzhledem k rozsahu poškození štukového reliéfu, které se ukázalo v rámci průzkumu jako rozsáhlé, musela být speciálně řešena problematika složení opravného materiálu, jenž musel splňovat vysoké nároky kompatibility. V tomto případě bylo nutné chápat kompatibilitu v širokém kontextu vůči objektu, tj. autenticity, estetiky, techniky, výtvarného pojetí, nedílnou součástí bylo řešení opravy na bázi materiálové i tzv. technické, které hodnotí složení opravného materiálu na základě fyzikálně-mechanických vlastností.

3 Popis metodiky – postup při návrhu opravných malt štukových děl

Cíle předkládané metodiky lze shrnout v základních bodech takto:

- *Obecně shrnout a popsat požadavky opravy v širokém kontextu hodnot památky.*
- *Navrhnout opravné malty na základě poznání originálu. Metodika se snaží obsáhnout dílčí charakteristiky originálu, které jsou při komponování opravné směsi určující.*

Hlavním kritériem na opravnou maltu je kompatibilita vzhledem k doplňovanému štukovému dílu, kterou je vždy nutné uvažovat v širokém kontextu opravované památky [6-8].

- *Popsat nejvýznamnější požadavky na opravnou maltu.*
- *Popsat postup při návrhu opravné malty ve specifických podmínkách památky.*

3.1 Obecné požadavky při doplňování/opravě štukových děl

Mezi nejdůležitější kritéria při opravě štukových děl patří bezesporu požadavek na zachování hodnot památky a její autenticity a to v mnoha dílčích ohledech (např. požadavek na formu, provedení, techniky a umělecko-řemeslné tradice, materiály, aj.).

Kromě těchto hodnot je neméně důležité i hledisko, které souvisí s pojetím opravy (konceptuální požadavek) ve vztahu k originálu. Oprava by měla být vždy šetrná vůči originálu, v ideálním případě provedená materiály, které lze odstranit, příp. opravit v rámci budoucího zásahu (požadavek na odstranitelnost). Nedílnou součástí tohoto požadavků je i hodnocení vlivu opravy na stav a vlastnosti originálu, často velmi poškozeného; materiál použitý pro opravu by neměl negativně ovlivnit stav objektu a indukovat nová poškození. Tento 'soulad' však může nastat pouze v případě, že se opravná malta v daných podmínkách chová podobně jako originál. Stanovení vlastností originálu je v tomto případě nezbytné včetně popisu jeho stavu, míry poškození, příp. změny vlastností po jeho restaurování (konsolidaci); jeho charakteristika dílčím způsobem vymezí vlastnosti opravného materiálu.

Kromě uvedených požadavků je při provedení opravy vždy nutné myslet na funkci objektu, který má být opraven (funkční požadavek). Funkčnost musí být uvažována jednak z pohledu samotného objektu, avšak také v rámci ostatních materiálů, které jej utváří v souvislostech objektu nebo jeho dílčí částí. Toto hledisko například zahrnuje požadavek na trvanlivost opravy v daných podmínkách (agresivní atmosféra, soli, klima, vztlínající vlhkost). Z těchto důvodů se často přistupuje k použití moderních stavebních materiálů nebo prefabrikovaných směsí se standardizovanými vlastnostmi, které zajistí provedení opravy splňující funkční nároky. Dalším příkladem je provedení opravy, které sleduje ochranou funkci (oprava ochraňuje originální štuk, ale i ostatní materiály, které jsou součástí památky, a tak brání jejich poškození).

Jak již bylo uvedeno, dobré fungování opravy a originálu je založeno na shodě v jejich materiálových vlastnostech (technické hledisko/požadavky). Kompatibilita je tak hodnocena na základě shody ve složení a vybraných vlastnostech, které popisují stav a chování malt originálu i doplňku v různých podmínkách (mikrostruktura, porozita, nasákavost vodou, pevnost, elasticita, teplotní roztažnost, aj.). Její pojetí je však možné rozšířit i na požadavky při zpracování malty (zpracovatelnost, aplikační podmínky, dosažení požadovaného výtvarného efektu), vliv podmínek na zrání, aj. Návrh složení opravného materiálu však nutně souvisí také s koncepcí obnovy i reflexí současné praxe založené na rozvoji nových materiálů

pro obnovu. U obnovy historických štukatur se často můžeme setkat se situací, která vylučuje použití původních materiálů z mnoha důvodů (nedostupnost původně užitých typů materiálů, neschopnost jejich zpracování vycházející z dobové tradice, aj.). Z tohoto hlediska tedy může být správným řešením nejen užití materiálů tradičních, ale i novodobých.

Z popisu výše uvedených hledisek je zřejmé, že při obnově štukových děl je nutné uvažovat v širokém kontextu dané památky. Bezsporně hlavním východiskem je však snaha 'blížit se originálu', kterou je nutné uvažovat v široké škále hodnot památky. Hodnocení opravy na bázi jednoho hlediska, v současné době často prováděné pouze na úrovni porovnání materiálových charakteristik nebo naopak zpracovatelských vlastností s použitím materiálů zcela nereflktující originál, je nepřesné a zcela mimo pochopení dané problematiky.

3.2 Poznání/charakterizace originálu

Při návrhu opravných malt je vždy nutné vycházet z důkladného poznání originálu. Nástrojem pro takové kompletní poznání je restaurátorský i přírodovědný průzkum. Restaurátorský průzkum pomůže při identifikaci originálu, jeho poškození a oprav a jejich zařazení do kontextu stavebního vývoje objektu. Na základě restaurátorského průzkumu lze identifikovat originál, jeho stav dochování a hlavní fenomény poškození. Při průzkumu díla lze popsat původní technologii a přibližnou skladbu materiálu, kterou však lze hodnotit pouze empiricky (např. na základě barvy malty, tvaru a velikosti částic kameniva, posouzením charakteristických znaků jako pevnosti, tvrdosti, aj.) a následně navrhnout požadavky na opravu a opravný materiál (koncepti). Pro upřesnění složení štukových malt a jeho vlastností musí být proveden detailní přírodovědný průzkum, pomocí kterého se stanoví materiálové složení originální malty a určí vybrané fyzikálně-mechanické vlastnosti. Na základě těchto základních charakteristik lze navrhnout složení opravné malty s příbuznými vlastnostmi. Průzkum materiálových vlastností je však možné provést pouze v rozsahu, který je omezen možnostmi odběru vzorků a stavu a podmínek památky.

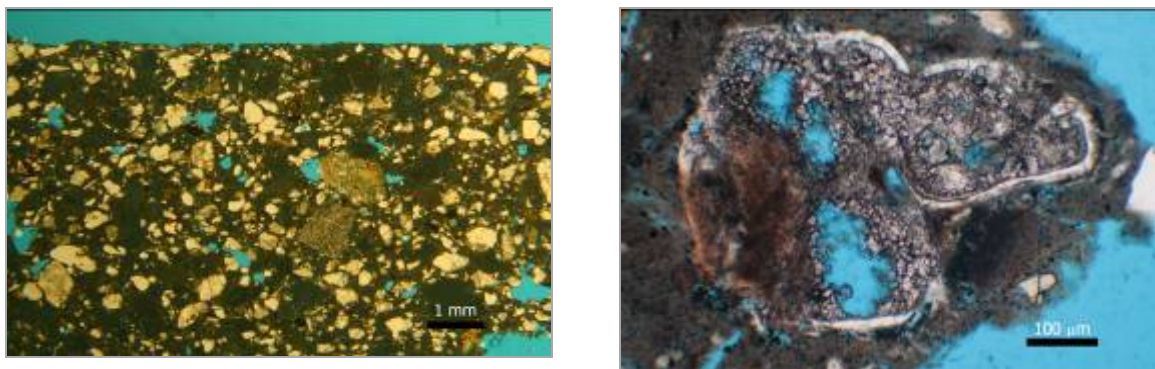
3.2.1 Stanovení materiálové skladby originálu

Charakterizace materiálového složení zahrnuje popis hlavních i vedlejších složek malty, tj. pojiva, kameniva a přísad. Pojivo a kamenivo utvářejí charakteristickou mikrostrukturu i vlastnosti malt [9]. Společně s nimi ovlivňuje vlastnosti i množství vody, které bylo použito do záměsi. Její původní obsah v záměsi nelze zcela přesně v historických maltách určit, pouze orientačně odhadovat, a to na základě vybraných vlastností či charakteru mikrostruktury zatvrdlé malty. Přísady se užívaly pro zlepšení zpracovatelských vlastností čerstvých malt, jejich účinek je však popsán i na vlastnosti malt v zatvrdlém stavu. I při jejich charakterizaci se můžeme setkat se značnými problémy. Přehled metod používaných k materiálovému průzkumu štukových malt uvádí Tab. 1, která je umístěna na konci metodiky.

POJIVO

Při charakterizaci pojiva se stanovuje jeho chemické i mineralogické složení, které spočívá ve stanovení hlavních i vedlejších komponent. Zvláště mineralogická analýza upřesňuje informace o pojivu; na základě důkladného průzkumu lze vybranými metodami zjistit také doplňující informace, které se týkají způsobu jeho přípravy, původu a zpracování. Příkladem může být nález nedopalků suroviny použité pro přípravu pojiva, které umožní bližší identifikaci suroviny.

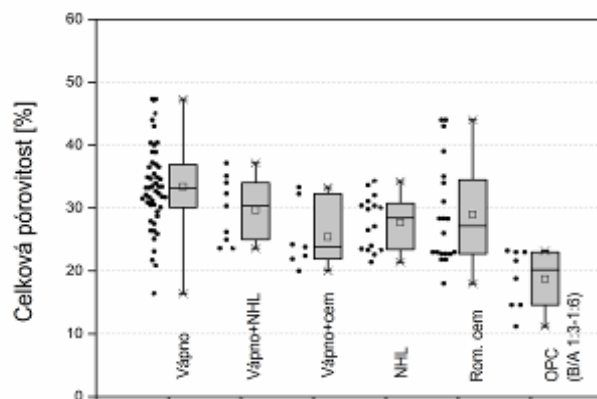
Historicky se pro tvorbu štukatur využívala široká škála pojiv, jejichž použití se proměňovalo v závislosti na historickém období a typu aplikace. V renesanci se pro tvorbu štukatur používala převážně pojiva vápenná – vzdušná nebo hydraulická. Druhá jmenovaná skupina byla využívána zvláště na štukaturách v exteriérech; pojiva byla na bázi přirozeně hydraulického vápna, výjimkou není ani použití tzv. latentně hydraulických pojiv, které vznikají smícháním vzdušného vápna s hydraulickou přísadou (struska, cihla, aj.). Hydraulické maltoviny byly nalezeny např. na reliéfu Poseidona v Horní zahradě SZ Telč, na dekoracích zaklenutí průjezdu jižního křídla SZ v Uherčicích (Obr. 1) nebo u dekorací nadokenních nik v průčelí Rondelu v Jindřichově Hradci.



Obr. 1 Štuková malta na bázi latentně hydraulických maltovin - perlovec, náběh klenby, průjezd jižního křídla. SZ Uherčice. Mikrostruktura malty, PLM, snímek v procházejícím světle (vlevo), detail struskové částice, PLM, procházející světlo, II nikoly (vpravo).

Typ pojiva zásadně utváří vlastnosti a chování malty – mikrostrukturu, pevnost, interakci s vodou či odezvu vůči změnám vnějších podmínek (teplotě, vlhkosti, napětí). Obecně platí, že vzdušná vápenná pojiva vytváří malty s otevřenou, vysoce porézní strukturou (charakteristicky 25 – 35 %, viz. Graf 1), s vysokou nasákavostí vodou a nižší pevností [10-11]. S rostoucím hydraulickým charakterem klesá porozita malt a naopak roste její odolnost při mechanickém namáhání [12-13]. Kromě typu pojiva má na materiálové vlastnosti zásadní vliv také jeho množství v maltě, tj. receptura [14-15]. Malty s vyšším obsahem pojiva, charakteristické pro historické štuky, jsou více pevné v porovnání s klasickými omítkami, které se typicky připravovaly v objemovém poměru pojiva : kameniva 1 : 2 – 1 : 4, obj. Nárůst pevnosti je však patrný jen do určitého množství pojiva; výrazné zvýšení pojiva ve směsi vede k poklesu pevnosti pravděpodobně z důvodu vzniku mikroskopických trhlin, které vznikají v pojivu při tuhnutí a tvrdnutí a to zvláště v maltách s vápennými pojivy (vzdušnými

i slabě hydraulickými). Účinek množství pojiva v maltě však závisí na jeho typu. Zatímco zvýšení obsahu vzdušného vápna se na vlastnostech malt (zejména její porozitě) zásadně neprojeví, u silně hydraulických nebo latentně hydraulických malt, příp. směsí s cementem vyšší obsah pojiva vede ke snížení porozity a změně souvisejících vlastností.



Graf 1 Celková porozita malt s různým typem pojiva. Data reprezentovaná body byla shromážděna z literatury nebo přímo naměřena autory. Šedá oblast reprezentuje hodnoty s nejvyšší četností. V grafu je označena střední hodnota (aritmetický průměr) a tzv. vážený průměr, který počítá průměr v závislosti na četnosti výskytu.

KAMENIVO

Popis kameniva zahrnuje charakterizaci jeho mineralogické skladby a distribuce, tj. zastoupení jednotlivých zrnitostních frakcí v jeho celkovém podílu. Mineralogická skladba může více napovědět o dobové technologii a řemeslném zpracování; příkladem může být použití rozličných typů kameniv v renesančním štuk, který byl koncipován jako sněhově bílý, tzv. *opus albarium*. Této technice odpovídal i výběr plniv; běžně se užívaly drtě krystalického vápence či mramoru. Složení a distribuce kameniva se nejčastěji stanovují mikroskopickými technikami na výbrusu vzorku štukové malty nebo jeho úlomku; stanovení distribuce kameniva lze přesně provést tzv. síťovou analýzou, při které se kamenivo oddělené od pojiva dle velikosti rozděluje do frakcí přesátím před sadu sít s definovanou velikostí ok. Jednotlivé frakce se váží a počítá se jejich poměrné zastoupení v kamenivu, tzv. distribuce. Z hlediska frakcí zastoupených v kamenivu můžeme klasifikovat kamenivo na hrubé (>4 mm) až drobné (0,125-4 mm). Z pohledu návrhu opravných malt je zvláště důležité stanovení jemnozrného, tzv. prachového podílu (<0,125 mm), který může souviset s původem kameniva (vysoký podíl jemných částic je typický pro drcené kamenivo nebo plnivo s jílovým podílem). Jeho vysoký podíl v maltě může ovlivňovat vlastnosti malty v čerstvém i zatvrdlém stavu. Kromě uvedených charakteristik si u kameniva všimáme také charakteru částic, tj. tvaru a hrubosti povrchu, které napomohou při volbě kameniva do opravné malty. Z tohoto hlediska můžeme rozlišovat kameniva angulární až oválná, ostrohranná až zaoblená. Vyhodnocením těchto znaků můžeme přibližně určit původ kameniva nebo jeho úpravu (např.

říční, kopané, drcené, aj.), tyto informace lze také využít při selekci kameniva do opravné malty.

PŘÍSADY

Vlastnosti historických štukových malt byly tradičně modifikovány přísadami organického původu. Z chemického hlediska se využívaly látky na bázi polysacharidů, proteinů i lipidů (oleje). Jejich účinek spočíval zejména ve zlepšení vlastností čerstvých malt – zpracovatelnosti, účinků na plasticitu, dobu zpracování, retenci vody. Jejich přídavek do čerstvé záměsi ovlivňoval i vlastnosti zatvrdlých malt (zejména porozitu, skladbu pórů, nasákavost). Všeobecně je znám i účinek anorganických přísad. Mezi nejvýznamnější patří přídavek sádry, která byla přidávána do štukových malt pro zlepšení zpracovatelnosti a s cílem zkrátit dobu tuhnutí vápenných malt a tak urychlit práci na štukaturách [16]. Dalším jejím pozitivním vlivem je redukce přítomnost trhlin vznikajících při tuhnutí a tvrdnutí vápenných malt (menší smrštění malty). Přídavek látek ze skupiny polysacharidů naopak zpomaloval tuhnutí, v čerstvé maltě cukernaté přísady zadržují vodu, což ve výsledku ovlivňuje karbonatizaci a pevnost malt [17]. Přídavek olejů byl využíván s cílem zvýšit hydrofobní vlastnosti zatvrdlých malt, který se projeví snížením jejich nasákavosti při styku s vodou. Jejich další efekt spočívá v účinku na porézní strukturu; někteří autoři popisují zvýšení porozity zatvrdlých malt v důsledku zadržování vzduchu, který se do čerstvé malty dostává při míchání i v důsledku chemické reakce oleje s vápenatým pojivem (tzv. zmýdelnění, saponifikace). Vyšší porozita takto modifikovaných malt a vyšší četnost větších pórů negativně ovlivňuje pevnost těchto malt v zatvrdlém stavu. U vápenných malt byl také popsán inhibiční účinek olejů na průběh zrání, karbonatizaci, který v konečném důsledku také snižuje pevnost malt v zatvrdlém stavu [18]. Již zmiňovaná studie [17] však popisuje zcela opačný účinek olejů, který spočívá ve snížení porozity a vlivu na snížení průměrné velikosti pórů. Podobné účinky na porozitu malt byly prokázány stejnými autory i u proteinových aditiv. Vysvětlení takového rozdílu v chování i účinku na vlastnosti zatvrdlých malt lze spatřovat v množství modifikační přísady, které se v obou studiích značně odlišuje. Závěry obou citovaných prací se však shodují v potvrzení účinku olejů i proteinů na zpomalení karbonatizace vápenných malt.

Stanovení organických přísad i záměsově vody je v historických maltách velice komplikované. Pro jejich stanovení lze využít metody molekulové analýzy, jejichž přehled uvádí Tab. 1. Nepřímou indikací pro využití aditiv organického původu jsou změny v mikrostruktuře, zejména v porézní struktuře malty.

ZÁMĚSOVÁ VODA

Množství vody použité v záměsi historické štukové malty nelze určit. Tato informace je však při komponování opravné směsi velmi důležitá. Voda kromě pojiva a kameniva výrazně ovlivňuje charakteristické vlastnosti malty v čerstvém stavu (tj. konzistenci, plasticitu a

aplikační vlastnosti malty) i vlastnosti zatvrdlé malty (její mikrostrukturu a zejména její porézní systém). Obecně platí, že malty připravené s vyšším obsahem vody jsou více porézní, a méně pevné, což platí zejména u malt s vápenným pojivem (vzdušnými i hydraulickým). Negativní účinek vyššího obsahu vody v čerstvé maltě spočívá také v účinku na smrštění v průběhu tuhnutí a tvrdnutí [19].

METODY PRO ZJIŠTĚNÍ MATERIÁLOVÉHO SLOŽENÍ

Komplexní materiálovou charakterizaci historických štukových malt lze provést pomocí několika analytických technik, jejichž přehled uvádí (Tab. 1). Z předchozích zkušeností autorů vyplynulo, že komplexní informaci o chemickém a mineralogickém složení jednotlivých komponent malt, je schopna poskytnout kompletní mikroskopická analýza výbrusů vzorků. Další používané metody analýzy malt, jako je např. rentgenová difrakce, termická analýza, infračervená spektroskopie, obvykle poskytnou pouze dílčí informaci o materiálovém složení malty. Ty je pak nutné vzájemně kombinovat a vyhodnocovat. Mezi nejdůležitější metody, které se v současnosti pro charakterizaci složení historických malt využívají, patří:

- *Mikroskopie vzorků malt (výbrusů, nábrusů)* - zahrnuje zejména optickou mikroskopii štku v nepolarizovaném i polarizovaném světle na výbrusu. Měření je možné doplnit o rastrovací elektronovou mikroskopii a EDX mikroanalýzu a provést prvkovou (EDX - energiově disperzivní analýza) (REM-EDX) i obrazovou analýzu. Zvláště polarizační mikroskopie představuje techniku, která je při analýze malt, přes svůj velký potenciál, podceňovaná. Tato metoda je schopna poskytnout detailní informace o mineralogickém složení pojiva, kameniva, příp. jiných komponent malty. Optická mikroskopie se provádí na polarizačním mikroskopu umožňující pozorování v odraženém a procházejícím světle. Metoda se kombinuje s prvkovou a obrazovou analýzou z rastrovacího elektronového mikroskopu (technika REM-EDX). S cílem určit poměr a zastoupení jednotlivých složek malty (receptura) se provádí obrazová analýza z výpočtu poměru ploch jednotlivých komponent (kameniva a pojiva) v definované ploše vzorku. Tento poměr lze, při určitých zjednodušeních (homogenní distribuce složek, pravidelný tvar částic plniva), považovat za poměr objemů jednotlivých složek. Mikroskopické metody lze využít i pro studium mikrostruktury malt, pórovitosti (celková pórovitost, velikost a tvar pórů), případně k identifikaci degradačních produktů vzniklých korozi malty [20].

Požadavky na vzorek: Vzorek malty se zpracovává do formy nábrusu nebo výbrusu. Maximální informaci lze získat z leštěného výbrusu, který lze využít pro všechny typy mikroskopických analýz.

- *Rentgenová difrakční analýza* - pro upřesnění výsledků získaných mikroskopickými technikami se může provádět fázová rentgenová difrakční analýza, která poskytuje informaci o mineralogickém složení malt. U metody lze provádět kvalitativní i kvantitativní fázovou analýzu, tzv. metoda vnitřního standardu, založenou na přidávání přesného množství vnitřního standardu, pomocí kterého lze určit poměrný obsah přítomných mineralogických fází.

Požadavky na vzorek: Vzorek se analyzuje ve formě prášku, množství k analýze je několik gramů, analýzu lze provést i na několika miligramech vzorku. Vzorky se před analýzou mohou upravit oddělením pojiva od kameniva síťováním.

- *Termická analýza* – metoda se užívá pro kvalitativní i kvantitativní fázovou analýzu vzorku malty nebo pojiva. Pro přesnou interpretaci je často potřebné stanovit chemické složení vzorku a určit v jaké mineralogické formě jsou jednotlivé komponenty v maltě přítomny. Výhoda metody spočívá ve schopnosti identifikovat i slabě krystalické či amorfni fáze, které nelze ostatními metodami průzkumu (mikroskopie, rentgenová difrakční analýza) spolehlivě zjistit. Při analýze malt se užívá také pro upřesnění receptury.

Požadavky na vzorek: Vzorek se analyzuje ve formě prášku nebo úlomku s kamenivem nebo bez něj (oddělené síťováním). Množství vzorku je velmi malé, desítky až stovky miligramů. Vzhledem k velikosti vzorku je nutné dbát na reprezentativnost vzorku!

- *Silikátová analýza* – používá se ke zjištění složení či poměru mísení pojiva a kameniva, navíc její nedílnou součástí je rozbor nerozpustného podílu, který napomáhá při identifikaci pojiva malty. Výsledkem této analýzy po rozkladu vzorku je složení vyjádřené v přepočtu na oxidy (rozpustný SiO_2 , tzv. seskvioxydy - R_2O_3 , CaO , MgO , případně další, nerozpustný podíl), zároveň je nutné u vzorku zjistit i ztrátu žháním při $1000\text{ }^\circ\text{C}$, která představuje souhrn hmotnostních změn při rozkladu uhličitánů, úbytek vody či spálení organických příměsí.

Požadavky na vzorek: Vzorek se analyzuje v rozdrcené formě z omítky nebo malty. V případě využití odděleného kameniva (nerozpustného podílu) pro síťovou analýzu je nutné vzorek rozdrtit pouze lehce, aby nedošlo k drcení samotného kameniva. Při vyhodnocování silikátové analýzy je třeba zohlednit možnou přítomnost karbonátového kameniva. Minimální množství vzorku pro určení zastoupení jednotlivých oxidů je 1-5 g.

- *Síťová analýza* – provádí se s cílem určit granulometrii kameniva použitého v maltě. Při jeho provedení se určuje podíl jednotlivých velikostních frakcí kameniva. Analýza se provádí proséváním na sadě sít s velikostí vycházející z normy (ČSN EN 1015-1). Oddělení jednotlivých frakcí kameniva často umožní také přesnou identifikaci typu plniva a jeho původu na základě posouzení charakteru a tvaru částic.
- *Požadavky na vzorek:* Vzorek se analyzuje v sypkém stavu, kamenivo je odděleno od pojiva, např. silikátovou analýzou. Minimální množství kameniva 50 - 100 g.

3.2.2 Stanovení materiálových charakteristik originálu

Kromě charakterizace složení originální štukové malty je nutné originál popsat i na základě tzv. materiálových charakteristik. Jejich stanovení je vodítkem při výběru materiálů doplňku, a to zejména v případech, pokud nelze zcela přesně určit původní složení originálu (nelze odebrat vzorek), je třeba ověřit účinek vody použité do experimentální záměsi nebo jsou pro opravu využity moderní materiály nebo prefabrikované směsi. Ty se historickým materiálům

ve složení a recepturách vzdalují, avšak mají dobré zpracovatelské vlastnosti i trvanlivost, které lze při obnově historických minerálních materiálů v pozitivní smyslu využít. Při obnově může také nastat situace, kdy nelze původní materiály použít z objektivních důvodů (například kvůli jejich neznámému původu, zdroji, lokalitě přípravě apod.). Z ekonomických důvodů se také často přistupuje k využívání lokálně dostupných materiálů. I v těchto případech je nutné jejich účinek ověřit a výslednou maltu porovnat s originálem.

Pro stanovení vlastností originálu není nutné provádět stanovení všech materiálových charakteristik. Pro popis originálu jsou zásadní ty z nich, které charakterizují jeho mikrostrukturu a jeho interakci s vodou a odezvu vůči změnám vnějších podmínek. Nezbytné je také určení chování při mechanickém namáhání, které má blízký vztah k odolnosti materiálu. Na základě těchto vybraných 'určujících' vlastností se provádí srovnání s navrženou opravnou maltou (Tab. 1).

Vlastnosti charakterizující porézní systém: porozita a distribuce pórů. Porozita a skladba pórů ovlivňují transport vody materiálem a jeho schopnost vodu zadržovat nebo naopak propouštět. Voda představuje hlavní faktor, který se podílí na vzniku poškození (účastní se vzniku poškození vodorozpustnými solemi, mrazem, botnáním, působením mikroorganismů aj.).

Odezva materiálu vůči změnám vnějších podmínek: modul pružnosti, deformace v důsledku změny vnějších podmínek (teploty, vlhkosti). Je zásadním parametrem při hodnocení vzniku prasklin a trhlin v důsledku rozdílné elasticity materiálu při změně okolních podmínek. Obecně platí, že čím větší je rozdíl v modulu pružnosti podkladu a opravného materiálu, tím spíše může docházet k výraznějším poškozením – vzniku prasklin, oddělování opravy od podkladu, aj. Modul pružnosti částečně souvisí s pevností materiálu, ale je závislý i na dalších charakteristikách materiálu. Celkově je zajímavé, že modul pružnosti je často pro hodnocení vhodnosti materiálu více určující než samotné hodnoty pevnosti v tlaku nebo ohybu.

Vlastnosti charakterizující odolnost materiálu: pevnost v tahu za ohybu i tlaku. Slouží pro stanovení odezvy materiálu na působení různého typu sil. Odezvou mechanického namáhání je při překonání meze pevnosti porušení materiálu, odezva však poskytuje také informace o kapacitě materiálu danému zatížení odolávat (souvisí s pružností materiálu).

Charakteristiky pro hodnocení stavu materiálu – barva, stav, příčiny poškození. Zahrnuje vlastnosti, které lze vnímat v makroměřítku. Při popisu stavu materiálu je součástí průzkumu stanovení příčin jeho poškození, např. stanovení obsahu vodorozpustných solí, vlhkosti materiálu, obsahu sekundárních látek v maltě vzniklých v důsledku koroze, aj.

3.3 Návrh opravné malty

Hlavním kritériem při komponování opravné malty je kompatibilita s originálem a to ve složení, vlastnostech i typu aplikace s reflexí stávajícího stavu památky. Nezbytným požadavkem je také odolnost a trvanlivost opravy v daných podmínkách [21-22]:

Složení opravné malty by mělo vycházet z originálu. V dílčích požadavcích by mělo respektovat chemické a mineralogické složení pojiva, typ kameniva a jeho distribuci, v neposlední řadě také poměr těchto složek. V ideálním případě by složení opravné malty mělo být v souladu se složením originální malty nebo se jeho složení přibližovat. Možné je také využití moderních nebo průmyslově vyráběných pojiv a maltových směsí, které však reflektují svým složením originál. Jejich použití při rekonstrukci štukových děl a obecně malt a omítek je v praxi běžné; příkladem mohou být situace, kdy jsou identifikované složky originální malty nedostupné či nedosažitelné, případně je požadavkem odlišit opravu od originálu. Dalším případem může být neschopnost restaurátora řemeslně kvalitně zpracovat materiál v původním složení tradiční technologií, která je v současnosti zapomenutá.

Při užití moderních pojiv a maltovin je ale nutné upozornit na problém, který souvisí s jejich vlastnostmi – moderní malty jsou často méně porézní a více pevné vycházející spíše z novodobých požadavků než z charakteru historických materiálů. Poměr složek v původní maltě může podobně posloužit jako nástroj při vytváření receptury opravných směsí. Jejich reflexe však může být jen orientační v míře zvolené koncepce, umělecko-řemeslné schopnosti jejich zpracování, aplikace, aj.

Vlastnosti doplňku by se měly nacházet co nejbližší originálu. Pro pozitivní interakci doplňků s originálem je rozhodující shoda následujících charakteristik.

Mikrostruktura (porozita, skladba pórů, hygrické vlastnosti) – ovlivňuje chování malty ve styku s vodou nebo vodní parou, vysychání. Cílem obnovy je dosažení maximální shody v porozitě i skladbě pórů (opravné materiály mohou mít porozitu a nasákavost vyšší v porovnání se substrátem - voda tak není zadržována doplňkem v originále). Shoda v mikrostruktuře originálu a opravy zajistí podobné hygrické vlastnosti (nasákavost, kapilární nasákavost, vysychání) a dobrou interakci obou materiálů při zatížení v reálných podmínkách prostředí. Jak již bylo zmíněno, na porozitu i skladbu pórů má vliv řada okolností, které lze jen částečně reflektovat při návrhu opravného systému malty. Zejména se jedná o typ pojiva, distribuci kameniva a v neposlední řadě také o obsah vody použité při přípravě malty, případně také o obsah přísad. Také průběh zrání a podmínky rozhodují o mikrostruktuře malty a je nutné zdůraznit, že při návrhu opravných malt je velice komplikované docílit zcela identické mikrostruktury. Přípustnou odchylku porozity opravné malty od originálu se snažilo stanovit několik autorů. Nejkonkrétnější výsledky poskytla studie autorů Delgado Rodrigues a Grossi [22], která byla částečně zrevidována v práci autorů Silva et al. [23]. Zatímco první práce označuje jako neškodnou odchylku v porozitě opravy od originálu o více než 10 %, autoři druhé studie upozorňují, že odchylky v porozitě jsou v praxi ve většině případů vyšší a tento parametr proto nepovažují pro hodnocení za kritický. Zároveň upozorňují na váhu jiných hygrických parametrů jako je nasákavost, kapilární nasákavost, rychlost vysychání, tedy parametry které souvisí spíše s distribucí pórů nežli absolutní hodnotou porozity. Pro kompatibilní opravné malty v těchto parametrech stanovují bezpečnou odchylku max. 10 % oproti od originálu. Jiní autoři, kteří se zabývají návrhem opravných malt, také nehovoří o požadavku na porozitu, ale spíše kladou důraz na shodu v nasákavosti, která souvisí se

skladbou pórů a jejich zastoupením. V práci [24] se proto hovoří o 'stejně nebo vyšší' nasákavosti doplňků. I když se jedná o práci, která se primárně vztahuje k doplňkům kamene, lze i z vlastní zkušenosti autorů, s těmito závěry souhlasit.

Mechanické vlastnosti (pevnost při zatížení tlakem, tahem za ohybu, adheze) – pro mechanické vlastnosti doplňků byly stanoveny různé požadavky. Kompatibilní oprava by neměla pevností převyšovat pevnost originálu a přesněji by se neměla mechanickými vlastnostmi lišit o více než 10 % [23-24]. Vyloučeno je užití 'tvrdších' a houževnatějších malt nežli originál. Do požadavků na mechanické vlastnosti opravy je nutné zařadit i požadavek na dobrou adhezi opravy k podkladu, která zásadně ovlivňuje životnost opravy bez ohledu na její optimální návrh z hlediska složení i vlastností.

Odezva vůči změně vnějších podmínek (elasticita, vlhkostní a teplotní roztažnost) – elasticita souvisí s pevností materiálu v tlaku a vyjadřuje se jako tzv. modul pružnosti. Při dodržení podobného složení opravné malty je možné dosáhnout elasticity podobné originálu. Roztažnost materiálů je zásadní při posuzování schopnosti materiálu reagovat na změnu podmínek okolí, tj. teploty a vlhkosti. Současné práce upozorňují na malý rozdíl v teplotní roztažnosti malt podobného typu. Z hlediska dopadu na kompatibilitu je důležitější vlhkostní roztažnost. Ta je charakteristická pro vápenná (vzdušná, hydraulická) i cementová pojiva, která v závislosti na složení a skladbě porézního systému účinkem vysychání dilatují [24-25]. Optimální fungování opravy vzhledem k roztažnosti je opět zaručeno maximální podobností složení malt opravy a originálu.

Typ aplikace - opravná malta musí vyhovovat typu aplikace, umělecko-řemeslnému zpracování, barvě, textuře, aj. Pro docílení těchto požadavků může být složení opravné směsi modifikováno – úpravou množství záměsové vody, přidáním přísad zlepšující zpracovatelnost a plasticitu (např. mramorové moučky, organických přísad, disperzí, aj.). Barevnost opravné směsi lze adjustovat přidávkem pigmentů.

Odolnost /trvanlivost opravné malty závisí také na podmínkách expozice památky (mikroklima/makroklima). Z tohoto důvodu je nutné v rámci průzkumu provést diagnózu stavu objektu a příčiny jeho poškození, například stanovit obsah vodorozpustných solí, zjistit obsah vlhkosti (působení vzlínající nebo zatékající vlhkosti může dojít ke ztrátě pojivové schopnosti malty nebo vymrzání). Dalším příkladem poškození v silně znečištěných podmínkách atmosféry je přeměna pojiva štukových malt na sádrovec, aj. Důležitá je i odolnost opravy v daných podmínkách atmosféry a to v průběhu aplikace, zrání i následného tvrdnutí. Z tohoto hlediska je např. zcela nevhodné použití sádry nebo dolomitického vápna do exteriérových podmínek.

3.3.1 Postup při provádění opravy v podmínkách památky

Provádění opravy v reálných podmínkách památky je určováno mnoha aspekty [26-29]. Hlavním východiskem je opravná malta, která by měla složením i vlastnostmi vycházet

z originálu (viz. kapitola 3.3). Provedení opravy i složení materiálu pro opravu je však dále určováno dalšími požadavky i podmínkami (viz. kapitola 3.1), ve kterých se památka nachází. Ty nejvýznamnější vyplývají z typu prováděné opravy, provedení opravy, zpracování materiálu, dosažení optimálních aplikačních i zpracovatelských vlastností, pomocí nichž je možné provést opravu v kvalitě i provedení přibližující se originálu. Cestu k finální podobě opravy i složení opravného materiálu lze popsat v krocích takto:

1. Příprava malty o složení, které v základních komponentách (kamenivo, pojivo) odpovídá složení originálu. Obsah vody je stanoven pouze orientačně pro daný typ aplikace. Při užití typu malty odlišného od originálu je nutné provést srovnání na základě vybraných materiálových charakteristik, které by se opět měly maximálně blížit originálu ve stavu po jeho zajištění (např. po provedení jeho konsolidace). V této fázi se lze rozhodnout také pro použití směsí nebo pojiv, se standardizovanými vlastnostmi a zpracovatelností (tj. směsí na bázi moderních pojiv nebo hotových maltových směsí). V této fázi je také nutné zvážit výběr materiálu vzhledem k podmínkám památky.
2. Provedení testů pro ověření aplikačních a zpracovatelských vlastností, zkoušky modelace in-situ v umělecko-řemeslném provedení a technologii odpovídající původnímu zpracování tmeleného štku.
3. Modifikace množství vody na základě testů ad 2, modifikace pomocí přísad upravujících zpracovatelnost a aplikační vlastnosti opravné malty.
4. Další úprava receptury v případě, pokud nelze docílit provedení opravy zpracováním a technologií, která odpovídá originálu. I v této fázi je možné přistoupit k použití moderních materiálů (viz. ad 1), zvláště pokud zkoušené směsi nevyhovují požadavkům originálu nebo je nelze se současnými znalostmi odpovědně zpracovat.
5. Opětovné provedení testů modifikované opravné směsi in-situ.
6. Stanovení materiálových charakteristik opravné směsi, srovnání doplňku s originálem a porovnání jeho kompatibility v dílčích charakteristikách.

4 Návrh uživatelů metodiky

Metodika je určena pracovníkům památkové péče, restaurátorům, architektům při zpracování průzkumu nebo předprojektové přípravě, která předchází obnově štukových děl.

5 Seznam použité literatury relevantní k problematice

- [1] Koller, M.: Stuck und Stuckfassung, zu ihrer historischen technologie und Restaurierung, in: Maltechnik, Restauro, 85, 1979, pp. 157-180.
- [2] Koller, M.: Bemerkung zur Stuckkunst in Oberösterreich, in: Arx. Bd. 11,1, 1989, pp. 441-446. ISSN 0394-0627.
- [3] Wagner-Rieger, R.: Die Renaissancearchitektur in Oesterreich, Boehmen und Ungarn in Ihrem Verhaeltnis zu Italien bis zur mitte des 16. Jahrhunderts, in: Arte e artisti dei laghi Lombardi. I, Architetti e scultori del quattrocento. Editrice Antonio Nosedà, 1959.
- [4] Blažiček O. J.: Dílo komských štukatérů 18. století u nás, Umění, 10, 4, 1962, pp. 351-368.
- [5] Back, F.: Alte und neue Stucktechniken, in: Kunstgewerbliche Rundschau 9, 1894, pp. 69-71.
- [6] Salavessa, Eunice, Jalali, S., Sousa, L.M.O., Fernandes, L., Duarte, A.M.: Historical plasterworks techniques inspire new formulations. Construction and Building Materials, 48, 2013, pp. 858-867.
- [7] Lorenzo Finocchi Ghersi, Alessandro Vittoria, Architettura e scultura decorazione nella Venezia del tardo Rinascimento, Udine 1998, ISBN 88-86756-31-3.
- [8] Nardini, I., Zendri, E., Biscontin, G., Riato, S.: Composition and technology of historical stuccoes coming from Grimani Palace in Venice (Italy), Journal of Cultural Heritage 8 (2007) 61-64.
- [9] Rota Rossi-Doria, P.: Mortars for restoration: basic requirements and quality control. Matériaux et Constructions 19, 6, 1986, pp. 445-448. Kluwer Academic Publishers. 1986-11-01. English
- [10] Bochen, J., Labus, M.: Study on physical and chemical properties of external lime-sand plasters of some historical buildings. Construction and Building materials, 45, 2013, pp. 11-19.
- [11] Pavía, S., Treacy, E.: A comparative study of the durability and behaviour of fat lime and feebly-hydraulic lime mortars. Materials and Structures, 39, 2006, pp. 391-398.
- [12] Lanás, J., Alvarez, J.I.: Masonry repair lime-based mortars: Factors affecting the mechanical behaviour. Cement and Concrete Research, 33, 11, 1867-1876, 2003.
- [13] Marques, S.F., Ribeiro, R.A., Silva, L.M., Ferreira, V.M., Labrincha, J.A.: Study of rehabilitation mortars: Construction of a knowledge correlation matrix. Cement and Concrete Research, 36, 2006, pp. 1894-1902.
- [14] Lanás, J., Pérez Bernal, J.L., Bello, M.A., Alvarez Galindo, J.I.: Mechanical properties of natural hydraulic lime-based mortars. Cement and Concrete research, 34, 2004, pp. 2191-2201.

- [15] Lanás, J., Alvarez, J.I.: Masonry repair lime-based mortars: Factors affecting the mechanical behaviour. *Cement and Concrete research*, 33, 2003, pp. 1867-1876.
- [16] Monatana, G., Ronca, F.: The 'recipe' of the stucco sculptures of Giacomo Serpotta. *Journal of Cultural Heritage*, 3, 2002, pp. 133-145.
- [17] Ventolà, L., Vendrell, M., Giraldez, P., Merino, L.: Traditionl organic additives improve lime mortars; New old materials for restoration and building natural stone fabrics. *Construction and Building Materials*, 25, 2011, pp. 3313-3318.
- [18] Nunes, C., Slížková, Z.: Hydrphobic lime-based mortars with linseed oil: Characterization and durability assessment. *Cement and Concrete research*, 61-62, 2014, pp. 28-39.
- [19] Pozo-Antonio, J.S: Evolution of mechanical properties and drying shrinkage in lime-based and lime cement-based mortars with pure limestone aggregate. *Construciton and Building Materials* 77, 2015, pp. 472-478.
- [20] Waisserová, J., Tislova, R., Waisser, P., Koberle, T., Italský renesanční štuk na zámku v Telči - materiálová charakteristika a jeho technologická rekonstrukce. *Acta Artis Academica*, ISBN 978-80-87108-48-2, Praha, 2014. 5. mezioborová konference ALMA: Interpretace analýz výtvarného umění v různých kontextech, Praha, 20.-21.11.2014.
- [21] Klisińska, A., Tislova, R., Adamski, G., Kozlowski, R.: Pore structure of historic and repair Roman cement mortars to establish their compatibility, *Journal of Cultural Heritage* 11, 404-410, 2010.
- [22] Delgado Rodriguez, J., Grossi, A.: Indicators and ratings for the compatibility assessment of conservation actions. *Journal of Cultural Heritage*, Vol. 8, 2007, pp. 32-43.
- [23] Silva, B.A., Ferreira Pinto, A.P., Gomes, A.: Natural hydraulic lime versus cement for blended lime mortars for restoration works. *Construction and Building Matrials*, 94, 2015, pp. 346-360.
- [24] Isabaert, A., Van Parzs, L., Cnudde, V.: Composition and compatibility requirements of mineral repair mortars for stone – A review. *Construction and Building Materials*, 59, 2014, pp. 39-50.
- [25] Starinieri, V., Hughes, D.C., Wilk, D.: Influence of substrate and sand characteristics on Roman cement mortars. *Construction and Building materials*, 91, 2015, pp. 274-287.[25]
- [26] Groot, C., Ashall, G., Hughes, J.: RILEM TC COM 167: Characterisation of old mortars with respect to their repair. RILEM Report 28, RILEM Publications S.A.R.L., France; 2005.
- [27] Van Balen, K., Papayianni, I., Van Hees, R., Binda, L., Waldum, A.: Introduction to requirements for and functions and properties of repair mortars. *Materials and Structures*, 38, 2005, pp. 781-785.
- [28] Rosário Veiga, M., Aguiar J., Santos Silva, A., Carvalho, F.: Methodolgies for characteristaion and repair of mortars of ancient buildings. *Historical Constructions*, P.B. Lourenço, P. Roca (Eds.), Guimarães, 2001.

[29] Van Hees, R.P.J.: Damage diagnosis and compatible repair mortars. In: International RILEM workshop on Historic mortars: Characterisation and Tests. Ed. P. Bartos, C. Groot, J.J. Hughes, 1999.

6 Seznam publikací, které předcházely metodice a byly publikovány

1. Waisserová, J., Tislova, R., Waisser, P., Koberle, T., Italský renesanční štuk na zámku v Telči - materiálová charakteristika a jeho technologická rekonstrukce. Acta Artis Academica, ISBN 978-80-87108-48-2, Praha, 2014. 5. mezioborová konference ALMA: Interpretace analýz výtvarného umění v různých kontextech, Praha, 20.-21.11.2014.
2. Havlin, J., Tislova, R., Bayer, K., From analysis to a suitable recipe – reconstruction of the authentic material and technology of historic Renaissance stucco decorations in Telč Castle (Czech Republic). Poster. 3rd International Congress Chemistry in Cultural Heritage. Vienna, 2014.)
3. Waisserová J., Havlín J., Krhánková K., Zpráva z průzkumu na reliéfu Poseidóna a kaple Všech svatých v Telči – část II. a část III. 2011- 2013. Archivní dok. - uložen v archivu NPÚ, ÚOP České Budějovice; Waisserová J.: Zpráva z komplexního restaurátorského zásahu Neptuna/Háda v Horní zahradě telčského zámku. 2014. Archivní dok. - uložen v archivu NPÚ, u.p.s. V Českých Budějovicích.
4. Waisserová J. (průzkumy, restaurování tzv. Ložnice a Pracovny Viléma s Krhánková K., Zlatý sál s Brabec J., Zmeškal M., Zpráva z restaurátorských průzkumů a restaurování renesanční interiérové polychromované štukové výzdoby na zámku Kratochvíle u Netolic, 2005-2009. Archivní dok. - uložen v archivu NPÚ, ÚOP České Budějovice.
5. Waisserová J., Bláha J., Restaurování maleb a štuků na zámku Kratochvíle. Sborník z Konference sdružení pro ochranu památek Arte-fakt - Koncepce restaurátorského zásahu, Praha 2011, ISBN 978-80-260-0846-0.
6. Klisińska, A., Tislova, R., Influence of composition of repair Roman cement mortars on their salt weathering susceptibility. 3rd Historic Mortars Conference, Glasgow, 2013.
7. Klisińska, A., Tislova, R., The effect of Composition of Roman Cement Repair Mortars on Their Salt Crystallization Resistance and Adhesion, Procedia Engineering 57, 565-571, 2013.
8. Klisińska, A., Tislova, R., Adamski, G., Kozłowski, R.: Pore structure of historic and repair Roman cement mortars to establish their compatibility, Journal of Cultural Heritage 11, 404-410, 2010.
9. Tišlova, R., Kozłowska, A., Kozłowski, R., Hughes, D.C.: Porosity and specific surface area of Roman cement pastes, Cement and Concrete Research 39, 950–956, 2009.

Charakteristika	Označení měřené veličiny/ jednotka	Normy a doporučení pro zkoušení	
		In labo	In situ
Chemická i mineralogická charakteristika	typ pojiva	PLM, SEM-EDX, RTG	Mikrochemické zkoušky
	typ plniva	Silikátová analýza	
	přítomnost vodorozpustných solí (substrát)*	Termická analýza Infračervená spektrometrie	
	přítomnost jílu	Ramanova spektrometrie Hmotnostní spektroskopie Rentgenová spekrometrie	
Mikrostrukturní vlastnosti	porozita (N)	Optická mikroskopie, PLM, SEM-EDX	-
	distribuce pórů (kapilárních)*	Obrazová analýza Rentgenová tomografie Rtuťová porozimetrie	
Hygrické vlastnosti	Koeficient kapilární adsorpce vody C [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{min}^{-1/2}$]	ČSN EN 1015-18	ČSN EN 16302
	Otevřená pórovitost P_0 [%]*	ČSN EN 1936	-
	Nasákavost A_b [%]	ČSN EN 13755	ČSN EN 15801

Mechanické vlastnosti	pevnost v tlaku R_c [N·mm ⁻²]	ČSN EN 1015-11*, ČSN EN 1926,	ČSN EN 12504-2**, ČSN 73 1371**
	pevnost v tahu za ohybu R_f [N·mm ⁻²]	ČSN EN 1015-11*	-
	ultrazvuková transmise v [km/s]	ČSN EN 12504-4**, ČSN EN 14579	ČSN EN 12504-4**, ČSN EN 14579
	dynamický modul pružnosti E_d [MPa]	ČSN EN 14146	ČSN EN 14146 ČSN 73 2011**, ČSN 73 1371**
Tepelné vlastnosti	součinitel lineární teplotní roztlačnosti α_T	RILEM 25 VI.3 ČSN EN 14581 ČSN EN 14617-11	-
Barva povrchu	L*, a*, b*, nebo celková změna barevnosti ΔE	ČSN EN 15886	vizuální průzkum
Adheze (přídržnost) opravy	f_u [N·mm ⁻²]	ČSN EN 1015-12*	ČSN EN 1015-12*, RILEM TC 177-MDT

Pozn.: * označuje zkušební metody přírodního kamene (pro omítky daná norma neexistuje)

Tab. 1 Přehled materiálových charakteristik a vlastností pro popis originálu, charakteristiky pro srovnání s vlastností opravné malty. Normy a doporučení pro zkoušení.