Vliv rozdílného složení historických omítek na jejich odolnost

The impact of diverse composition of historical plasters on their resistance

Tribulová T., Kotlík P.

Ústav chemické technologie restaurování památek, VŠCHT Praha

E-mail: Tereza.Tribulova@gmail.com

Na základě restaurátorského a technologického průzkumu omítek v kostele sv. Jiljí v Uhlířských Janovicích, který byl prováděn v roce 2010 v rámci projektu obnovy presbytáře kostela, byly zhodnoceny a zobecněny historické technologie a surovinové složení malt zde použité v přibližném časovém rozmezí 1250 – 1954. Pro volbu technologie oprav, techniky zajištění a stabilizaci omítek byl veškerý dochovaný maltovinový materiál rozřazen do několika skupin podle výchozí charakteristiky, stáří, hodnoty a stupně dochování, resp. jejich technického stavu.

Based on the restoration and technological research of plasters in St. Giles Church in Uhřířské Janovice that had been performed in 2010 as a part of the project of the church presbytery renovation, historical technologies and material compositions of plasters used from 1250 until 1954 were assessed and generalized. For the sake of choosing the repair technology, and plaster protection and stabilization technique, the entire preserved material was divided in various groups according to the original characteristics, age, value and grade of preserving, or their technical state.

ÚVOD

Prvním projevem dožívání stavby (přirozeného stárnutí) je ve většině případů chátření vnějšího a vnitřního pláště, tedy omítkového systému [1]. Povrch omítek mění svou texturu, barvu i vlastnosti, objevují se mikrotrhliny, dochází k odprašování povrchu, jednotlivé vrstvy ztrácejí vzájemnou soudržnost i soudržnost s podkladem a v konečném stádiu se vnější vrstva rozpadá v celé hmotě.

Příčiny poruch mají svůj původ především v odolnosti jednotlivých komponent materiálu vůči korozním účinkům prostředí – ve vlastnostech hmot, způsobu jejich zpracování a v komplexním působení prostředí (faktory fyzikální a chemické povahy).

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

V rámci **restaurátorského průzkumu** byly mapovány uměleckohistorické souvislosti, řemeslné a estetické hodnoty a rozsah a stav poškozených omítkových vrstev, projevy a příčiny jejich poškození (koheze a adheze, trhliny, pekování, znečištění, absence omítkových vrstev v plochách, výkvěty solí, zavlhčení, biologické napadení).

Základní informaci o sledu omítkových vrstev, resp. o jejich relativní dataci, podal **stratigrafický průzkum**, při kterém byly jednotlivé vrstvy separovány metodou sond (postupných plošných odkryvů v celém hloubkovém profilu až na podkladové zdivo). Sondáží získaný materiál byl dále analyzován.

Materiálové rozbory pomohly při vzájemné komparaci souborů malt v rámci daného průzkumu. Na základě totožnosti či rozdílnosti materiálové skladby vrstev (pojivo, kamenivo, jejich vzájemný poměr, apod.) lze vytvářet nové nebo upřesňovat dané předpoklady.

Technologický průzkum těchto malt zahrnoval mikroskopické vyšetření, granulometrii, rtuťovou porozimetrii, rentgenovou difrakční analýzu (XRD) a termogravimetrickou a diferenční termickou analýzu (TG, DTA).

Samotné složení omítkových vrstev však není spolehlivým vodítkem pro jejich slohové a časové vymezení a je třeba sledovat další souvislosti [2] (např. mezi složením, výtvarným zpracováním, výrazem, případnou polychromií a samotným stratigrafickým určením). Lze se zaměřit především na strukturu a způsob povrchové úpravy omítky na základě historického vývoje nebo techniku omítání (tzv. **technologie zpracování**). Většinu těchto charakteristik jsme v určité míře schopni sledovat při základní vizuální prohlídce *in situ*.

VÝSLEDKY

V kostele sv. Jiljí bylo možné na základě výše uvedených průzkumů a studia archivních pramenů identifikovat několik typů omítek a omítkových oprav (Obr. 1), které vznikaly v průběhu vývoje stavby a pozdějších přestaveb (1250, konec 14. stol., konec 17. stol., 1869) i novodobějších oprav a restaurování kostela po požáru v roce 1904 (1904, 1908, 1953). V interiéru kostela se objevují omítkové vrstvy v níže uvedeném chronologickém řazení (Tab. 1).

DISKUZE

Poškození způsobená vlivem rozdílného složení a technologie zpracování

Románské omítky

Fragment pravděpodobně nejstarší omítky (Obr. 2) byl objeven v interiéru presbytáře ve spárách lomového zdiva. Usuzuje se na jednoduché hrubé omítnutí nepravidelných kusů místního kamene. Omítka byla nejspíše nahazovaná, jednovrstvá, možná i dřevěným nástrojem srovnaná a uhlazená tak, aby měkce sledovala povrch zdiva. V případě větších nerovností jej pak vyrovnávala. Povrch býval často oličen (natřen vápenným pačokem) [3]. Malta se skládala z prosévaného jemného písku z místních zdrojů s vysokým obsahem vápenného pojiva a jílových příměsí, což potvrzuje i její nahnědlý až načervenalý odstín. Poměr míšení vápenné kaše k písku byl kolem 1 : 1,5 dílů hmotnosti.

Tehdejší primitivní způsob pálení vápna vedl k tomu, že **podíl nevypálených částic vápence** byl ve struktuře těchto malt značný [2]. Pálením vápenců

s vysokým obsahem hlinitých složek, vznikalo přirozeně hydraulické vápno [4]. To je důvod překvapivě **vysoké pevnosti** této malty.

Nezanedbatelným důvodem zvýšené pevnosti vápeno-jílových malt je i přítomnost velmi malých částic do 0,002 mm v jílové složce plniva maltové směsi, které vyplnily zónu na rozhraní pojiva a kamene, a tím podstatně zvýšily hutnost malty po jejím zatvrdnutí. Je třeba respektovat fakt, že jíly, jejichž hlavní složkou je montmorillonit, jsou z technologického hlediska zdánlivě nejvýhodnější, ale malty z nich vyrobené mají **sklon k tvorbě trhlin** při cyklickém nasávání vody a následném vysychání [5]. V případě určitého zdroje vlhkosti omítky absorbují vodu, botnají, měknou a postupně opadávají.

Vápeno-jílové malty se vyznačují značnou kapilární nasákavostí. Procesy rozpadu jílových minerálů souvisejí s prostorovým uspořádáním jejich krystalických mřížek. Voda proniká do tohoto systému, resp. do mezivrství na sebe položených destiček oktaedrů a tetraedrů jílových minerálů, a oddaluje tak tyto útvary od sebe [6]. Do jaké míry budou jílové malty poškozeny, záleží na délce jejich styku s vlhkostí, resp. na množství přijaté vody. Zda bude v těchto omítkách docházet ke kapilární kondenzaci, bude záviset také na tom, do jaké míry budou zhutněny. Spolu s vodou mohou do jílového materiálu pronikat i vodorozpustné soli, obecně nebezpečné pro porézní materiály.

Omítky rané gotiky

Raně gotické malty, resp. malty z první fáze přestavby kostela podle gotických předloh, byly použity při zdění kleneb i při omítání.

Tab. 1. Chronologické řazení identifikovaných omítkových vrstev v interiéru kostela / *The chronological order of identified layers of plasters in the interior of the church*

Druh omítky	Vzorek	Časové vymezení	Charakteristika	Loalizace
románské omítky	R	(2. pol. 12. stol. – 13. stol.)	Spárovací malta ve spodních partiích presbytáře	presbytář
omítky rané gotiky	V12	(konec 13. stol.)	Pravděpodobně původní středověká gotická omítka, I. fáze výstavby	presbytář, sakristie
omítky pozdní gotiky	V4	(konec 14. stol.)	Původní středověká gotická omítka, I. fáze výstavby	presbytář
barokní omítky	–	(konec 17. stol.)	Nedochovaly se	loď
omítky 19. století	–	(1869)	Pravděpodobně jen vrstva vápenného nátěru na barokních omítkách	loď
historizující omítky (Lábler)	V1	1908 – 1909)	Současné pohledové omítky v lodi kostela	loď
novodobá omítková oprava I	V2, 3, 13	(1904, Böhm)	Druhotné pekování, stav po restaurování	presbytář
novodobá omítková oprava II	V10, 11	(1953 – 1954, Terš)	Recentní úprava, druhotné pekování, stav po restaurování	presbytář

Obr. 1. Grafický záznam rozsahu a zastoupení identifikovaných omítek a omítkových oprav z různých historických období na severní a severovýchodní stěně presbytáře kostela sv. Jiljí v Uhlířských Janovicích (T. Tribulová)

Fig. 1. Graphic report of the scale and representation of the identified plasters and plaster repairs from different historical periods on the north and northeast wall of the presbytery of the church St. Giles in Uhlířské Janovice (T. Tribulová)

Zdění kleneb spočívalo v kladení lomových kamenů na výšku do maltového lože na prkenném negativu (formě) klenební kružby. Svrchu pak byly zalaty opět maltou. Složitě bedněné bylo možné odstranit až tehdy, když byla jistota, že malta dostatečně zatvrdla, což často trvalo několik měsíců, a to dobu stavby neúnosně prodlužovalo [7]. Proto se už v té době objevují způsoby vhodné **modifikace malty k urychlení jejího tvrdnutí, ke zvýšení viskozity i její lepivosti**. Byly to většinou bílkoviny, přírodní cukry, pivo, med, atp. [3].

Z dochovaného fragmentu malty v presbytáři (Obr. 3) je patrné, že se jednalo o hrubou jednovrstvou omítku, často bez dalších povrchových úprav, nepravidelně přitaženou ke kamenným článkům ostění. Povrch omítky je nerovný a byl snad jen hrubě orovnan hranou zednické lžice. Vznikly tak měkce zvlněné omítkové plochy, vytvářející na povrchu hru světél a stínů. Tloušťka vrstvy dosahovala místy až 2,5 cm. Jako pojivo bylo určeno vápno s přidavkem sádry. Gotické omítky byly díky přítomnosti sádry výrazně pevné, tvrdé a málo porézní. Přítomnost sádry v počáteční fázi

aplikace malty zaručovala zvýšenou lepivou schopnost, čehož se využilo např. u kamenných žeber na klenbě [5]. Vápno bylo zpravidla vyráběno z místních surovin jako měkce pálené. Tento typ vápna má vysoký specifický povrch a je značně reaktivní [4]. Stále se však v omítkách vyskytují zbytky nedokonale rozhašeného páleného vápna, jehož nebezpečí spočívá v dodatečném dohašení po nahození omítky, kdy přijímá záměsovou vodu, zvětšuje objem (molární objem hydroxidu vápenatého je větší, než molární objem původního oxidu) a rozrušuje povrch omítky již v krátké době po dokončení úpravy objektu. Plnivem byl kopaný písek, pravděpodobně ze zdrojů v blízkosti stavby. Tento písek se vyznačuje ostrohrannými zrny, širokou distribucí velikosti částic, podílem jílových minerálů a přítomností organických příměsí – kořínky rostlin, atp. Pojivo ku kamenivu se v tomto případě mísilo v poměru 1 : 2. V případě **trvalého zavlhčení stavby** a za přístupu oxidu uhličitého je pojivo vápenných malt kapalnou vodou v pórech vyplavováno. Přisun **krystalizujících vodorozpustných solí** do této hmoty je rovněž velice nežádoucí.

Zásaditost vápenné malty v čerstvém stavu (hodnota pH hašeného vápna se pohybuje kolem 12) je jistou zárukou ochrany zdiva před růstem mikroorganismů (plísní a řas) [8]. S průběhem karbonatace vápna však zásaditost klesá, a mizí tím i jeho odolnost proti těmto degradačním činitelům.

Obr. 2. Románská omítka
Fig. 2. Roman plaster

Obr. 3. Omítka rané gotiky (střední pás)
Fig. 3. Plaster of early Gothic (middle strip)

Omítky pozdní gotiky

Z tohoto období se v presbytáři dochovaly dvouvrstvé omítky s hrubozrnným jádrem a štukovou vrstvou opatřenou zcela jemným vápenným intonakem, na němž jsou provedeny nástěnné malby (Obr. 4).

Obr. 4. Omítka pozdní gotiky nesoucí nástěnnou malbu z 90. let 14. stol. (výjev „Bičování Krista“)
Fig. 4. Plaster from late Gothic carrying the mural from the 90th years of the 14th century (scene „Flagellation of Christ“)

Pojivem malt je vápno. V té době se používala odleželá a dobře ošetřená vápenná kaše (v průběhu odležení nesmí dojít k zmrznutí nebo předčasné karbonataci [3]). Vápenná kaše vykazuje dobré reologické vlastnosti, je objemově stálá a její příprava eliminuje možný obsah nevyhašených zrn CaO, což je jedním z důvodů trvanlivosti a dobrého stavu těchto omítek [5]. Kotvicí vrstva na kamenném zdivu byla prováděna z malty obsahující hrubý netříděný kopaný písek o široké distribuci částic. (Někdy bývaly tyto omítky plněny ještě přírodními vláknitými materiály, které v omítce plní funkci výztuže a zajišťují její vyšší pevnost [4].) Vrchní tenčí omítková vrstva obsahuje pouze tříděný písek s maximální velikostí zrn do 2 mm. Poměr mísení pojiva ku kamenivu je u jádrové omítky přibližně 1 : 1,6, štuková omítka, která byla uhlazena tak, aby dobře přijímala nanášenou barvu, byla na vápno ještě bohatší.

Omítky nesoucí nástěnnou malbu v technice *fresco* (malba rozmělněnými minerálními pigmenty smíchanými s vodou do ještě vlhké vápenné omítky [10]) vyžadovaly hladké jemné podklady. Hlazení se provádělo nejčastěji železným nástrojem. Malby byly nanášeny na jemný savý štukový podklad, plněný jemně mletým cihlovým práškem nebo práškem z rozbitých keramických nádob. Poznatek, že příměs porézního plniva urychluje tvrdnutí omítky a zvyšuje její pevnost díky pucolánové reakci s vápnem, vedl k tomu, že se tyto příměsi užívaly hlavně při omítkách pro zvláštní účely [9]. Dokončení nástěnné malby bylo provedeno v technice vápenného *secca* (malba na zavadlou, případně již suchou omítku

disperzí pigmentu ve vápenné vodě s přidávkou mléka nebo kaseinu z tvarohu [10]). Malba v technice secco je obecně méně odolná vůči povětrnosti, zejména vodě než technika fresky. Škála pigmentů, které byly prokazatelně používány v nástěnné malbě, nebyla příliš široká. Rentgenová fluorescenční analýza (XRF) prokázala přítomnost přírodní hlíny, červeného přírodního okru, křídý, kostní černě a malachitu. Výběr pigmentů byl omezen požadavkem na jejich stálost v silně zásaditém prostředí (viz výše) [8].

Poruchy nástěnných a nástropních maleb jsou úzce spjaty s celkovým stavem budovy a s vlastnostmi použitých stavebních materiálů, bezprostředně pak se stavem podloží omítek. Problém vícevrstevných omítek spočívá především v rozdílnosti fyzikálních vlastností každé vrstvy (v modulu pružnosti, pevnosti, Poissonově čísle, tepelné roztažnosti, tepelné vodivosti, navlhavosti, atd.) [11].

V důsledku kombinovaného působení vlhkosti, mrazu, agresivních solí i biologického napadení degradované barevné a omítkové vrstvy **ztrácejí kohezi** v původní kompaktní struktuře, **uvolňují se od zdiva, opadávají**. Hlavní příčinou odpadávání omítky od podkladu je třeba spatřovat ve změně difúzních poměrů vrstevnaté konstrukce („dýchání omítek“). Prvým signálem těchto změn bývá vytvoření povrchové krusty, která je zábranou pro difúzi vodní páry a příčinou vzniku vnitřních (podpovrchových) výkvětů solí chemicky narušujících a mechanicky odtlačujících omítku od podkladu. Vnější projev jsou vypoukliny nejprve lokalizované do centra fyzikálních dějů a nakonec rozšířené na větší plochy, ale to již ve formě odlupování často i velkých ker omítky [11]. V omítkových systémech je i velký výskyt **dutin a trhlin**, které souvisejí se **statickými poruchami** objektu. V místech styku původní gotické stavby s pozdějšími opravami a rekonstrukcemi dochází pravděpodobně k pohybům těchto odlišných částí stavby. Na to lze usuzovat podle velké trhliny v okolí vítězného oblouku oddělující presbytář od lodi kostela. Trhliny lze sledovat i po obvodu klenebních čel. Nebezpečí trhlin je zvláště v tom, že umožňují snadný a rychlý transport vody do zdiva konstrukce se všemi negativními dopady popsanými výše. Statické poruchy stavby mohou souviset i se stavem podloží, případně s obsahem vlhkosti v podloží.

Barevná vrstva je místně zpráškovatělá, se silnou vrstvou suché depozice nečistot. **Prachové částice**, pokrývající nástěnné malby, nejsou vždy chemicky inertní. Mohou na sebe adsorbovat škodlivé plyny, doprovázejí je krystalky solí, kapénky kyselin, částice organického původu, aj. Prachové částice působí i jako kondenzační jádra pro vodní páru obsaženou ve vzduchu. Změny barevnosti maleb způsobuje **světlo**, zvláště sluneční svit. V místě, kde na malbu dlouhodobě dopadají přímé sluneční paprsky (infračervená složka záření), dochází k lokálnímu přehřátí nástěnné malby.

Rozdíly v tepelné roztažnosti pojiva pigmentů a částic omítky vedou k odlupování barevné vrstvy a fixativů nanesených při restaurování. Ultrafialová složka slunečního záření zase způsobuje blednutí případných organických barviv a oxidaci organického pojiva maleb, popř. i starých fixativů (kasein, klíh), které tím žloutnou a křehnou [8]. V pokročilém stavu koroze pak samy z malby opadávají a strhávají s sebou její barevnou vrstvu.

I přesto představují tyto gotické omítky vysoký technický i výtvarný standard.

Barokní omítky a povrchové úpravy z 19. století

Omítky pocházející ze 17. století se do dnešní doby v interiéru kostela nedochovaly. K jejich odstranění došlo v roce 1895 při odhalení nástěnných maleb, které zakrývaly. Ze studia písemných pramenů se však dovídáme, že se jednalo o vápennou omítku zataženou dřevem a líčenou vápnem [12].

Barokní omítky byly většinou připravovány z kvalitního vápna s výraznějšími hydraulickými vlastnostmi. Kusové vápno bývalo velmi pečlivě hašeno v dlouhodobém procesu zrání v jímkách [4]. Plnivem byl praný říční písek se snahou zajistit lepší zpracovatelnost čerstvé malty a její delší životnost. Pojivo s kamenivem bylo míseno přibližně v poměru 1 : 3 hmotnostním dílům [7]. Omítka byla pravděpodobně jednovrstvá, neboť byla aplikována na původní gotickou omítku z II. fáze výstavby kostela, adheze obou vrstev byla podpořena pekováním – tj. vytvořením sítě jamkovitých vrypů špičatým nástrojem (Obr. 5, 6). Spojením vrstvy omítky s podkladem vznikalo souvrství, v němž jednotlivé vrstvy měly velice rozdílné mechanicko-fyzikální vlastnosti a byly vystaveny rozdílnému namáhání, zejména kolísání teplot a vlhkosti. Úroveň zpracování těchto omítek také nebyla nejkvalitnější, proto jejich odstranění nebylo diskutabilní.

Obr. 5. Peky v pozdně gotické omítce, již tmelené novodobou správkovou maltou v denním světle

Fig. 5. Entanglements in the late Gothic plaster already cemented with modern repair mortar in daylight

Obr. 6. Pěky v pozdně gotické omítce, již tmelené novodobou správkovou maltou - zviditelněné metodou UV luminescence

Fig. 6. Entanglements in the late Gothic plaster already cemented with modern repair mortar - visibility using UV luminescence methods

Záznam [13] o obnově kostela na konci 19. století neuvádí žádnou zprávu o nových omítkách. Pravděpodobně došlo pouze k obílení v té době stávajících barokních omítek (Obr. 7).

Obr. 7. Povrchové úpravy z 19. stol. patrné při sondážním průzkumu v lodi kostela

Fig. 7. Finishes from the 19th century apparent at probing survey of nave

Historizující omítky (Lábler)

Po požární katastrofě roku 1904 byl kostel v letech 1908-1909 puristicky obnoven architektem L. Láblrem [14].

Hlavním zásahem týkajícím se omítek bylo opatření zdiva v lodi kostela novou dvouvrstvou omítkou. Opět začal být kladen důraz na kvalitu a přesnost omítkářské práce. Omítky byly nataženy do latí a ručně bylo nahozeno jen hrubozrnné jádro. V této souvislosti docházelo dlouho k zásadním a opakovaným chybám, protože na měkké, jen z vápeno-hliněné malty připravované jádro se

natahoval štuk z hydraulické malty (především proto, že hydraulická pojiva byla dražší a šetřilo se s nimi). To má pochopitelně za následek, že se tyto omítky mohou začít v důsledku rozdílných fyzikálních parametrů (tepelné dilatace a rozdílné paropropustnosti) od jádra oddělovat [11]. Urychlení tohoto procesu je samozřejmě způsobeno přítomností vlhkosti, transportem a krystalizací vodorozpustných solí ve zdivu nebo mikrobiologickým napadením omítek.

V presbytáři se jednalo především o výměnu oken, umístění repliky románského okna nad sedílu na jižní stěně presbytáře a s tím související nové omítnutí špalet a k oknům přiléhajícího zdiva (Obr. 8). Kamenivo těchto malt se svým mineralogickým složením i charakterem blíží maltě z období gotiky z II. fáze výstavby kostela.

V obou případech byly použity vápenné malty modifikované hydraulickým pojivem (pucolány). Průběh jejich koroze se v počátečních fázích shoduje s korozí malt čistě vápenných. Později však přistupují další degradační procesy probíhající v hydraulických fázích těchto malt. Nebezpečná je pro omítky tohoto typu přítomnost vlhkosti a oxidů síry v ovzduší, která se může projevit vznikem sádrovce a v konečném důsledku pak formováním ettringitu ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot3\text{CaSO}_4\cdot32\text{H}_2\text{O}$).

Obr. 8. Historizující omítky (Lábler) ve špaletách oken
Fig. 8. Historic plasters in the reveals of windows (Lábler)

Vliv ettringitu na soudržnost malty lze srovnat s působením jiných krystalizujících solí. Výsledkem opakované hydratace a krystalizace ettringitu v pórech omítky je jejich praskání až úplná destrukce. Současným působením nadbytku vlhkosti, síranů a oxidu uhličitého na hydraulické složky omítek při nízkých teplotách (obvykle 1 až 4 °C) vzniká minerál – thaumasit ($\text{CaSiO}_3 \cdot \text{CaSO}_4 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot 15\text{H}_2\text{O}$). Zvyšování teploty způsobuje ztrátu molekul vody této sloučeniny a vznik krystalických látek, což se opět projevuje praskáním omítky [4].

Podíl na korozi tohoto typu omítek může mít i kamenivo – oxid křemičitý ve formě xerogelu (pod pojmem gel, přesněji lyogel, si lze představit systém, ve kterém porézní síť vzájemně spojených nanočástic přijme a zadrží určitý objem tekutiny. V širším slova smyslu jsou do gelů zahrnovány také xerogely, které vznikají vysoušením lyogelů [15]) – opálu, chalcedonu, tuftů, vulkanických skel, atp. Působením alkálií, které jsou vždy přítomny v těchto typech malt, a vlhkosti na křemenná zrna dochází k tvorbě gelu o větším objemu, než má samotný xerogel [5]. Jeho rozpínání pak může být příčinou vzniku sítě trhlin, na jejichž okrajích někdy bývá nově vytvořený vizuálně patrný bílý gel.

Při průzkumu nástěnných maleb pomocí XRD byla v okolí okenních výklenků identifikována přítomnost kovové (železné) výztuže, což skrývá do budoucna další možnou příčinu poškození omítek v důsledku koroze těchto armatur. Mechanismus karbonatace hydraulického pojiva se odehrává v přítomnosti vlhkosti. Oxid uhličitý atakuje nejen hydroxid vápenatý, ale také hydraulické složky. Produktem těchto reakcí jsou různé modifikace uhličitanu vápenatého (kalcit, aragonit, vaterit) a amorfni gel oxidu křemičitého. Vzniklé krystalové novotvary uhličitanu vápenatého dále rekrystalizují, což v konečné fázi vede k formování početných hrubých a rozměrných krystalů aragonitu a zejména kalcitu prostupujících celým omítkovým systémem. Důsledkem zmíněných pochodů je mimo jiné také snížení hodnoty pH materiálu (z původních asi 12 na 8) [11]. Trhliny jsou přístupovou cestou korozních činitelů (vlhkosti, solí, oxidů síry, mikroorganismů), jejichž synergetický vliv na kov – železo – se projevuje vznikem rzi (hydratované formy železa, zejména goetit). Korozní produkty železa mají podstatně větší objem než původní kov a jejich expanze je proto příčinou propagace dalších trhlin ve stavebním prvku [2].

Novodobé omítkové opravy (I. fáze Böhm, 1904, II. fáze Terš, 1953)

Během dvou restaurátorských zásahů v průběhu 20. století (Obr. 9, 10) bylo provedeno i drobné restaurování omítkových vrstev (především vyplněnípeků, dále zatmelení prasklin a spár ve stávajících omítkových vrstvách).

Nové opravy omítek jsou ve srovnání s původními mnohem náchylnější k poškození. Jakékoli šetření na kvalitě materiálu (hlinitý písek, písek nevhodné zrnitosti, nestejněměrná distribuce velikosti částic, neodleželá vápenná kaše, nízký obsah pojiva, atd.) vedlo ke snížení životnosti těchto doplňků. Na vápno chudé omítky se drolí a snadno sprášují, naopak na vápno bohaté omítky praskají (krakelují). Některé tmelené defekty (trhliny, praskliny, pekování) nejsou provedeny pečlivě, ztrácejí soudržnost s podkladem a odpadávají.

Organická pojiva retuší barevných vrstev degradují (podléhají fotooxidaci) za vzniku barevných produktů a tmelená místa se proto často výrazně barevně liší od okolních částí malby.

Obr. 9. Novodobá omítková oprava I (Böhm)
Fig. 9. Modern plaster repair I (Böhm)

Obr. 10. Novodobá omítková oprava II (Terš)
Fig. 10. Modern plaster repair II (Terš)

Poškození způsobená vlivem okolního prostředí

Vliv na korozi stavebního materiálu mají kromě jeho složení a technologie zpracování také vnější atmosférické vlivy a prostředí, kterému jsou omítky vystaveny (Obr. 11). Malty a omítky, které jsou ve styku s korozními

faktory venkovní atmosféry a prostředí, korodují především v důsledku působení vody, vodorozpustných solí a plyných agresivních složek ovzduší. Působením výše uvedených faktorů se mohou projevit i skryté technologické vady (nevhodné složení, nevhodné či chybné postupy při přípravě omítek, atp.).

Historické omítky v kostele sv. Jiljí jsou v naprosté většině poničeny v důsledku trvalého **zavlhčení objektu**. Vlhkost proniká do zděných konstrukcí především vztlínáním a zatékáním srážkové vody. Následkem takových podmínek se v zavlhčených partiích objevuje i řada dalších typů škod – např. mrazové poškození (trhliny), ztráta pojiva (sprašování), poškození krystalizujícími solemi (eflorescence, subflorescence) či poškození způsobená růstem mikroorganismů (organické povlaky, zabarvení). S rostoucím obsahem vody v pórech stavebních hmot se příkře zvyšuje tepelná vodivost zdiva [11]. Spolupůsobení vlhkosti a oxidu uhlíku nebo síry ze vzduchu by navíc mohlo způsobit u vápenných a modifikovaných vápenných malt chemické přeměny původních pojivových složek na nepojivé, což by mohlo vést až k rozpadu omítky [4].

V interiéru na povrchu stěn pozorujeme **výkvěty vodorozpustných solí**. Jedná se o jednu z hlavních příčin poškození dolních partií stavby. Soli jsou do zdiva transportovány z okolního prostředí stavby (např. z původního hřbitova) vztlínáním z půdy. U novějších oprav omítek mohou být soli přítomné už v materiálu (např. při použití nevhodných surovin). Chování solí v pórech souvisí s množstvím vody. Soli, nad jejichž nasycenými

roztoky je relativní vlhkost vzduchu vyšší než cca 75 %, v běžných podmínkách krystalizují a na povrchu zdiva tvoří efflorescence (výkvěty). Soli mohou zároveň ztrácet krystalickou vodu a za vhodných podmínek ji opět přijímat, a to i ve formě vodní páry. Jestliže se však silně zvýší odpar, např. prouděním okolního vzduchu, pak se voda odpařuje pod povrchem a tvoří se subflorescence. Podobná situace nastává, když je na povrchu zdiva méně propustná vrstva, např. malba. Roztok solí se místně koncentruje až k hranici rozpustnosti solí a soli krystalizují v pórech stavebního materiálu [4]. To vede k porušování materiálu krystalizačními a hydratačními tlaky. Pokud tyto síly překročí pevnost spojení jednotlivých zrn kameniva pojivem, dochází k destrukci struktury materiálu.

Mezi původce **biokoroze** zde patří plísně a řasy v interiéru, mechy, lišejníky i vyšší rostliny v exteriéru. Jejich výskyt souvisí především s vysokým stupněm zavlhčení zdiva a také přístupem světla, které potřebují pro svůj růst. Hlavní nebezpečí řas pro stavební materiály je v produkci CO_2 při dýchání, který může napadat uhličitánové složky materiálu a podporovat jejich rozpouštění ve formě hydrogenuhličitanu. Řasy i plísně mohou navíc produkovat organické kyseliny (citrónovou, šťavelovou, aj.), které rovněž způsobují rozpouštění uhličitánů. Některé z nich mohou být i zdrojem organických barviv [16]. Řasy a plísně pronikají do pórového systému omítek a zdiva, za příznivých podmínek se množí, zvětšují svůj objem a expanzními tlaky narušují materiál. Porosty řas spolu s nečistotami

Obr. 11. Příčiny poškození objektu (T. Tribulová, D. Zeman)

Fig. 11. Causes of damage to the building (T. Tribulová, D. Zeman)

(např. prachovými částicemi) tvoří na povrchu omítek vrstvu produkující sliz a podporující zadržování vody. V prasklinách, prohloubeninách a spárách kamenného zdiva na vnějším plášti budovy, kde se nashromáždilo i jen malé množství humusu, pozorujeme přítomnost mechů, které spolu s lišejníky mají velkou schopnost zadržovat vodu a produkovat některé organické kyseliny nepříznivé pro stavební materiál. Vyšší rostliny v bezprostřední blízkosti objektu poškozují objekt především mechanicky, prorůstáním kořenů do stavebního materiálu. Růstem vyvolané tlaky mohou stavbu staticky poškodit. Stromy a keře zároveň ovlivňují množství vody v podloží i množství vody vztlínající do konstrukce stavby. Opět lze uvést produkci kyselin kořenovým systémem, který nepříznivě působí na materiál. Hnízdící nebo jen usedající ptactvo také přispívá k fyzickým škodám na omítkách. Výměšky reagují s jejich vápennou složkou a jsou i živnou půdou pro působení nižších organismů, dochází k nárůstu salinity zdiva nebo k jeho nežádoucím barevným změnám.

ZÁVĚR

Průzkumy v kostele sv. Jiljí prokázaly existenci několika omítkových vrstev z různých historických etap vývoje této stavby. Za nejstarší, ve větším rozsahu dochovanou omítkovou vrstvu, která je historicky i technologicky nejednodušší, lze považovat gotickou omítku ze 14. století (II. fáze gotické výstavby kostela). Tato omítková vrstva nese cenné nástěnné malby z 14. století. Pokud by tato omítková vrstva nebyla namáhána nejrůznějšími nepříznivými vlivy, které způsobují její poškození, byla by svými fyzikálně-mechanickými vlastnostmi, stejně jako životností a vzhledem, vyhovující. Další omítková vrstva, která se významně podílela na změně charakteru interiéru kostela, byla omítková vrstva vzniklá při barokních úpravách. Do dnešní doby se nedochovala, ovšem zanechala po sobě husté pekování v gotické omítkě, na kterou byla aplikována. V presbytáři kostela jsou rovněž mladší omítkové vrstvy, provedené na novodobých zazdívkách vzniklých během novogotické obnovy. Z tohoto období je také současný pohledový omítkový systém v lodi kostela. Menší vysprávkování vzniklé během restaurátorských zásahů v minulém století nedosahují požadované kvality a jsou značně degradována.

Veškeré dochované malby v kostele sv. Jiljí jsou nositeli informací o vývoji, použitých technologiích a trvání objektu. Proto je nutné při obnově interiéru dbát na jejich zachování, případně dobře uvážit, zda je možné některé vysoce degradované malby opravdu odstranit a nahradit.

Správková malta navržená pro doplňky a opravy historických omítek v kostele sv. Jiljí v Uhlířských Janovicích musí mít nejen potřebné technické a technologické parametry, ale musí být i v souladu s požadavky památkové péče. Její skladba a výběr surovin by měla vycházet ze složení a vlastností gotické omítky ze 14. století.

Poděkování

Doc. Jaroslavu J. Altovi, ak. mal. za nabídku možnosti podílet se na tomto projektu a Davidu Zemanovi, DiS. za výbornou kolegiální spolupráci.

Literatura

1. Solař, M.: *Omítky z hlediska péče o stavební památky – úvod do problematiky*. In: Sborník 26. konference České stavební společnosti. Praha, 2004.
2. Kotlík, P. a kol.: *Stavební materiály historických objektů, materiály, koroze, sanace*. VŠCHT, Praha, 1999. ISBN 80-7080-347-9
3. Kolektiv autorů: *Vápno*. STOP, Praha 2001. ISBN 80-902668-8-6.
4. Rovaničková, P.: *Omítky*. STOP, Praha, 2002. ISBN 80-866657-00-0.
5. Michočinová, D.: *Příprava vápenných malt v péči o stavební památky*. ČKAIT, Praha 2006. ISBN 80-86769-81-X
6. Škvára, F.: *Technologie anorganických pojiv, část 2*, VŠCHT Praha, 1995.
7. Hošek, J., Muk, J.: *Omítky historických staveb*. SPN, Praha 1988. ISBN 80-04-23349-X.
8. Vaněček, I.: *Nástěnné malby*. STOP, Praha, 2000. ISBN 80-902668-3-5.
9. Hošek, J., Losos, L.: *Historické omítky – průzkumy, sanace, typologie*. Grada, Praha 2007. ISBN 978-80-247-1395-3.
10. Slánský, B.: *Technika malby, díl I*. Paseka, Praha a Litomyšl, 2003. ISBN 80-7185-624-X.
11. Bílý, A.: *Kapitoly z obnovy budov I, 2*. Učební texty VOŠ a SPŠ stavební v Náchodě. Náchod, 2000.
12. Podlaha, A.: *Posvátná místa I*. Vydalo Dědictví sv. Jana Nepomuckého, Praha, 1907.
13. Práce veškerého učitelstva okresu: *Kutnohorsko slovem i obrazem II/2*. Nakladatelství Karla Šolce, Kutná Hora, 1914.
14. Poche, E. a kol.: *Umělecké památky Čech T-Ž, svazek čtvrtý*. Academia, Praha, 1982.
15. Kureti, S., Weisweiler, W.: *A new route for the synthesis of high surface area γ -aluminium oxide xerogel*. In: Applied Catalysis A: General, Vol. 225, No. 1, 251-259 (2002).
16. Wasserbauer, R.: *Biologické znehodnocení staveb*. ABF, Praha, 2000. ISBN 80-86165-30-2.