

Společnost pro technologie ochrany památek

odborný seminář

**Románský cement – historie,
vlastnosti a možnosti použití**



**22. září 2011
Národní muzeum**

Obsah

Úvodní slovo	5
<i>Petr Kotlík, předseda společnosti STOP</i>	
Románský cement – téměř zapomenutý historický stavební materiál, Evropské projekty ROCEM a ROCARE	6
<i>Johanes Weber, University of Applied Arts, Vienna</i> <i>Blanka Kolinkeová, Fakulta restaurování Univerzity Pardubice</i>	
Románský cement: výroba, zpracování, složení, hydratace	10
<i>Renata Tišlová, Fakulta restaurování Univerzity Pardubice</i>	
Mikrostruktura a vlastnosti malt z Románského cementu	16
<i>Karol Bayer, Fakulta restaurování Univerzity Pardubice</i>	
Srovnání technických parametrů malt s Románským cementem a s jinými pojivy	21
<i>David Hughes, University of Bradford</i>	
Restaurování fasád na bázi technologií s románským cementem – příklady z Krakova	27
<i>Jacek Olesiak, konservátor, Krakov</i>	
Praktické zkušenosti s restaurováním fasád s prvky z románského cementu v Brně	29
<i>Ema Medková, Michal Durdis, Fakulta restaurování Univerzity Pardubice</i>	
Formy a formování Románského cementu	35
<i>Josef Jiroušek, RABAT ČR a. s.</i>	

Odborní garanti semináře

Petr Kotlík, ÚCHTRP VŠCHT Praha
Technická 5, 166 28 Praha 6
Tel.: 220 443 684, petr.kotlik@vscht.cz

Johannes Weber, University of Applied Arts, Vienna
johannes.weber@uni-ak.ac.at

Karol Bayer, FR Univerzity Pardubice
tel: 466 036 590, dekanat.fr@upce.cz

Organizační garant semináře

Společnost pro technologie ochrany památek
STOP, P. O. Box 101, 274 01 Slaný
Tel.: 312 520 730, 724 029 206,
Sídlo STOP: Valdštejnské nám. 3, 118 01 Praha 1
stop@volny.cz, <http://wstop.colweb.cz/>

Vážení přátelé, kolegyně a kolegové,

tématem dnešního seminář je Románský cement – historické stavební pojivo, které bylo hojně využíváno na stavbách pocházejících z druhé poloviny 19. a počátku 20. století. Svým chováním se řadí mezi hydraulická pojiva. Charakteristickými vlastnostmi danými výběrem surovin i teplotou výpalu je značná rychlost tuhnutí, velmi dobré konečné pevnosti i dobrá odolnost povětrnosti. Tyto vlastnosti Románský cement předurčovaly jako pojivo pro směsi sloužící mimo jiné k odlévání ozdobných prvků fasád, se kterými se často setkáváme na budovách u výše uvedeného období. Fakt, že na mnoha místech jsou artefakty z malty spojené Románským cementem dodnes v dobrém stavu, svědčí o výborné trvanlivosti tohoto materiálu. Postupem doby byl Románský cement vytlačen dnes běžným cementem portlandským (lišícím se výběrem suroviny, ale především teplotou výpalu) a pomalu upadal v zapomnění. I za tohoto stavu však zůstaly některé názvy z této oblasti dále používané, i když mnohdy s mírně odlišným významem. Takovými termíny jsou např. „kurovina“ označující moravskou variantu hydraulického pojiva, vyráběnou z místních vápenců v okolí Kurovic u Tlumačova a „kufštein“ jako obecné označení velmi odolného materiálu štuků, umělého kamene apod.

O obnovení znalostí i možností využití Románských cementů se snažil evropský projekt ROCEM a na něj navazující projekt ROCARE. Základní poznatky v uvedených projektech získané jsou mimo jiné předmětem některých dnešních příspěvků. Spolu s přednášejícími věříme, že Románský cement se postupně znovu stane významným materiálem, využívaným především při obnově stavebních památek a s jehož „účastí“ před lety tyto objekty vznikaly.

Petr Kotlík, předseda společnosti STOP

Seminář byl zorganizován za podpory Ministerstva kultury České republiky

Románský cement – téměř zapomenutý historický stavební materiál, Evropské projekty ROCEM a ROCARE

Johanes Weber, University of Applied Arts, Vienna

Téměř žádná jiná skupina materiálů neprošla během posledních staletí tolika vývojovými etapami jako hydraulická pojiva. S výjimkou několika místních nebo více-méně regionálních produktů, mezi kterými zaujímala významné postavení například pražská hydraulická vápna – „Pasta di Praga“ [pozn. 1], neexistovala v předindustriální době v Evropě žádná systematická výroba a používání hydraulických pojiv maltovin.

Cílené hledání ve vodě tvrdnoucího a vodotěsného maltového systému začalo podle současných vědomostí ještě před polovinou 18. století v Anglii [pozn. 2] a nakonec vedlo k „objevu“ a patentování přírodního cementu J. Parkerem [pozn. 3] v roce 1796. Toto pojivo bylo pojmenováno jako románský cement proto, aby připomínalo dobré vlastnosti římských pucolánových malt, ale vedle toho existovala i řada lokálních označení, které se obvykle vztahovaly k místu výroby. Románský cement, pálený zpočátku jako přírodní cement ze slínů, se šířil z Anglie dál do světa: nejdříve exportem relativně malých množství např. do Německa, Skandinávie nebo do USA, ale brzy i postupným zakládáním vlastních výrobních míst v kontinentální Evropě nebo v Severní Americe.

Vycházejíc z důležitých prací Louis-Josepha Vicata (http://de.wikipedia.org/wiki/Louis-Joseph_Vicat) rozšířila se produkce evropských románských cementů pravděpodobně z Francie a později jihozápadního Německa dále na východ. V polovině 19. století dosáhlo rozšíření výroby země rakousko-uherské monarchie a výrazné stopy zanechala i v baltských zemích a v Rusku. Existence dalších center výroby románského cementu v jihozápadní až jihovýchodní Evropě není vyloučeno, ale nebylo zatím potvrzeno rešeršemi.

V Anglii byla cesta k portlandskému cementu nastoupena již v době, kdy v kontinentální Evropě technologie románského cementu svoje „triumfální tažení“ teprve začínala [pozn. 4]. To vedlo zpočátku k výrobě románských cementů ze směsných surovin až po portlandský cement, který začal od poloviny 19. století románský cement v Anglii poměrně rychle nahrazovat. Na kontinentu se tento vývoj odehrál až o 50 let později a skončil přibližně v čase první světové války, kdy byly románské cementy z trhu prakticky vytěsněny. Souběžně s načrtnutým průběhem byla nepřetržitě používána i rozličná hydraulická vápna – přírodní vápna nebo směsi vápna s cementy – stejně jako i různá pucolánová pojiva.

Zabýváme-li se historickou architekturou, můžeme přicházet do styku s celou řadou rozličných hydraulických maltových pojiv, která byla používána v krátké časové posloupnosti, nebo i současně vedle sebe. Některá z nich se dnes již nepoužívají, jiná jsou nadále v užívání pod stejným jménem, ale definována moderními normami a lišící se

svým složením od historických materiálů. A tak se nelze divit, že pro dnešní odborníky není jednoznačné odlišení a zařazení různých historických materiálů vždy možné, zejména z hlediska jasně definovaných rozlišovacích kritérií nebo jejich charakteristických základních vlastností.

Výše popisované cementy představují velmi dobrý příklad pro zmiňované nesrovnalosti.

Termín „cement“ vyvolává v širokých restaurátorských kruzích značnou nevoli, protože je s ním spojována příliš vysoká pevnost, nízká paropropustnost a nasákavost, vnášení vodorozpustných solí, tedy všechny vlastnosti, které poukazují na nekompatibilitu s většinou historických stavebních materiálů. Označení „cement“ ve významu používaném v 19. století zahrnovalo i nízkopálené přírodní cementy – románské cementy, jejichž vlastnosti jsou prakticky neznámé, i když tvoří významnou součást architektonického dědictví mnoha evropských měst. Jaké jsou charakteristické znaky historických malt z románského cementu? Jak lze vůbec takové malty identifikovat? Jaké mohou být důvody pro jejich použití při restaurování fasád a jaké jsou technické požadavky při jejich přípravě a aplikaci? A nakonec: kde lze podobné typy pojit získat, když víceméně úplně zmizely ze sortimentu produktů výrobců cementu.

Vysvětlení a možnost podrobněji reagovat na výše uvedené otázky, bylo cílem výzkumného projektu ROCEM (2003–2006) podpořeného 5. rámcovým programem EU. Ve spolupráci 10 partnerů ze 6 zemí byly shromážděny základní znalosti o různých aspektech historické produkce a používání románského cementu, z několika objektů z různých částí Evropy byly odebrány a analyzovány vzorky maltovin. Byly prováděny zkušební výpaly z rozličných surovin, aby bylo možné studovat vliv podmínek pálení na vlastnosti cementu a zkoumat složení cementového slínku. Ve finální etapě projektu bylo k dispozici několik nových šarží románského cementu z různých typů pecí pro potřeby zkoušení a testování i pro srovnání podobnosti s historickými pojivy. Široce koncipovaná informační kampaň proběhla v závěru projektu a vzbudila narůstající zájem odborné veřejnosti o daný typ historického pojiva. Najednou byl tento materiál rozpoznáván na odlévaných, tažených nebo i modelovaných prvcích výzdoby mnoha fasád, kde do té doby byl jen velmi nepřesně identifikován.

Neočekávané byly i fyzikálně-mechanické vlastnosti maltovin, změřeny na historických vzorcích v rámci projektu ROCEM: vysoká pevnost až do 50 MPa a současně vysoká pórovitost nad 30 obj. %. První studie pomocí optické a elektronové mikroskopie, napomohly objasnit tyto vlastnosti objevením velmi porézní, specifické struktury – voštinová struktura nebo tzv. struktura domečku z karet. Tím bylo nejen „znovuobjevený“, téměř zapomenutý historický stavební materiál, ale i velmi zajímavá maltovina z hlediska stavebně-fyzikálních vlastností.

Zároveň s projektem ROCEM byla ve Francii provedena řada studií, které byly zčásti iniciovány firmou Vicat v Grenoblu. Vicat je pravděpodobně jediný výrobce speciální variety románského cementu, který je typický pro dané historické pojivo právě v oblasti Grenoblu. I ve Spojených státech se v současnosti probudil zájem o přírodní cementy

známé z 19. století, zejména po zjištění, že z tohoto materiálu stále existuje řada významných budov. Zde byla vydána dokonce ASTM-norma pro přírodní cementy [pozn. 5], přičemž se její specifikace vztahuje na pojivo, které zcela neodpovídá evropským románským cementům. Nejdůležitější publikace z období projektu ROCEM lze nalézt např. na webové stránce www.rocure.eu. Poté, co byly učiněny první kroky k „znovuobjevení“ historického románského cementu, byl v 7. rámcovém programu EU přijat a podpořen další navazující projekt: Projekt ROCARE – Roman Cement for Architectural Conservation to New High Standards (EU-226 898). Tento v současnosti probíhající projekt byl zahájen v roce 2009 a vytyčil si tři hlavní tematické cíle:

1. Přechod od pokusného a pilotního stádia výroby románského cementu k průmyslové produkci.
2. Vytvoření fundovaného, technicky i vědecky podloženého profilu vlastností maltovin z románského cementu opírajícího se o rozsáhlé laboratorní zkoušky.
3. Zvýšení zájmu o románský cement v oblasti restaurování a v souvisejících oblastech, jako stavební obnova a stavební průmysl apod.

Další kroky vycházející z aktuálních vědomostí a technických možností po ukončení projektu ROCEM pokračují v současnosti uvedením románského cementu na trh. V každém ze tří tematických cílů, především v bodě 3., je řada rozličných aktivit, které zahrnují např. pořádání mezinárodních seminářů o mikroskopii maltovin zaměřené na identifikaci maltovin z románského cementu, pořádání informačních akcí, popis a mapování fasád v částech středoevropských měst, nebo modelové restaurování na vybraných fasádách.

Na základě poznatků získaných v projektu ROCEM jsou realizovány další navazující výzkumy, např. k otázkám složení a vlastností románských cementů. Ukázalo se totiž, že se v případě daného typu materiálů jedná o málo probádanou oblast nízko-pálených hydraulických pojiv. K jejímu poznání nelze s větším úspěchem využít současné vědomosti z příbuzných odvětví moderního výzkumu cementu nebo materiálových studií přirozených pucolánů. A pouze dobře prozkoumaný a fundovaně charakterizovaný stavební materiál má šanci na přijetí v oboru restaurování, což je názor řešitelského týmu projektu ROCARE. Ten je složen ze 14 partnerů ze 7 zemí pocházejících z oblasti průmyslu, výzkumu i restaurování. Je podporovaný sítí 25 poradců ze 14 evropských zemí od Portugalska přes Ukrajinu až po Turecko. Tímto způsobem lze shromáždit poměrně rozsáhlé odborné vědomosti, resp. je možno organizovat akce zacílené na šíření informací nebo na zkušební aplikace, které jsou přizpůsobené národním a lokálním podmínkám.

Tento seminář „Románský Cement – historie, vlastnosti, možnosti použití“ organizovaný poprvé v Praze, má poskytnout přehled o technologii románského cementu z různých úhlů, měl by vyvolat další zájem, případně zvědavost a pobídnout k možnému užití tohoto stavebního materiálu. Je to důležité zejména z toho důvodu, že právě Praha, evropské kulturní město světového významu, má velkou část historické architekt-

tury z období 19. a počátku 20. století. I když není přesně známé, v jakém rozsahu se maltoviny z románského cementu podílí na plastické výzdobě nebo omítkách zmiňovaných fasád, je možné konstatovat, že románský cement může být zajímavou alternativou běžných maltových systémů využívaných při restaurování fasád v současnosti.

Poznámky v textu

1. R. Příklad et al., Non-cement hydraulic binders in preindustrial architecture of Prague. IAEG2006 Paper number 537, http://iaeg2006.geolsoc.org.uk/cd/PAPERS/IAEG_537.PDF.
2. 1755 použil John Smeaton hydraulické vápno při stavbě majáku v Eddystonu
3. James Parker, patent z r. 1796 "A certain Cement or Terras to be used in Aquatic and other Buildings and Stucco Work".
4. V Anglii se začalo od roku 1824 postupně přecházet na výrobu románského cementu z uměle smíchaných surovinových směsí, které byly vyvinuty jako tzv. rané „portlandské cementy“ Johnem Aspdinem. V roce 1843 se povedl krok k výrobě vysokopáleného portlandského cementu v kvalitě odpovídající přibližně dnešnímu pojetí portlandského cementu.
5. ASTM C10 / C10M - 10 Standard Specification for Natural Cement.

Jako koordinátor projektu ROCARE jsem velmi vděčný společnosti STOP, zastoupené jejím předsedou doc. Petrem Kotlíkem i našim českým projektovým partnerům za organizaci tohoto semináře.

Úkol Fakulty restaurování Univerzity Pardubice v projektu

Základní úlohou Fakulty restaurování Univerzity Pardubice v projektu ROCARE je v rámci WP2 spolupráce na laboratorních testech a aplikace malt z románského cementu na reálném objektu. Vlastnosti, jejichž měřením se laboratoř UPFR zabývá, jsou vlastnosti spojené s transportem vody v hydraulických maltách. Konkrétními měřnými vlastnostmi jsou nasákavost a paropropustnost jednotlivých typů malt s rozdílnými pojivy. Dalšími úkoly UPFR v projektu jsou: Průzkum konkrétního reálného objektu (dům na J. Uhra č.p. 161/3, Brno – Veveří), vymezení demonstrační plochy na jeho fasádě a provedení aplikace vybraných typů malt na této ploše; shromažďování připomínek a postřehů od tzv. EAP v České Republice – členů vybrané skupiny expertů v oblasti památkové péče; na základě zkušeností s maltami na bázi románského cementu přispět k vytvoření manuálu pro jednotlivé typy pojiv; pořádání workshopů v České Republice na téma „Románský cement“ a celkové rozšíření povědomí o technologii tohoto materiálu mezi odbornou veřejnost ČR.

Blanka Kolinkeová, Fakulta restaurování Univerzity Pardubice

Románský cement: výroba, zpracování, složení, hydratace

Renata Tišlová, Fakulta restaurování, Univerzita Pardubice

Románské cementy patří do skupiny přírodních hydraulických pojiv, které se začaly vyrábět v 19. století jako alternativa ke klasickým stavebním materiálům – kameni, cihlám, sádře. Slovo přírodní (naturální) označuje, že tato pojiva byla připravována pálením přírodních surovin, které měly optimální složení vzhledem k hydraulickým vlastnostem výsledné maltoviny. Nejedná se tedy o starověké pojivo, tzv. římské cementy, které se sice taktéž vyznačovaly hydraulickými vlastnostmi, avšak těch bylo docíleno přidavkem hydraulických přísad převážně sopečného původu – tuffů, trassu, hlín nebo puzzolánů.

Široké použití Románských cementů se odvíjelo od jejich jedinečných vlastností, které byly dány charakteristickým složením suroviny a postupem jeho výroby. Materiál se vyznačoval rychlou dobou tuhnutí, srovnatelnou např. se sádrou, která umožňovala jednoduchou a rychlou produkci odličků a dekorativních prvků fasád i solitérních prvků. Při uplatnění v architektuře hrála důležitou roli i pro tento materiál charakteristická příjemná okrová až hnědá barva malt, která imitovala kamenný vzhled a mohla se na fasádách uplatňovat bez povrchové úpravy a barevně doplňovat ostatní stavební materiály (typická je např. kombinace s cihlou). Vedle těchto vlastností se malty vyznačovaly vysokou tvrdostí, pevností a houževnatostí, což umožňovalo jejich použití v exteriéru pro omítky, zdící malty, tažené profily, ale také doplňky stavebních objektů (doplňky kamenných částí, plastik, architektonických prvků).

Historie

Románský cement byl poprvé patentován v roce 1796 Jamesem Parkem v Anglii, který objevil, že pálením silně znečištěných vápenných útvarů, tzv. vápencových hlíz, druhohorního stáří lze vyrobit hydraulickou maltovinu, která tuhne i pod vodou (*Parker, 1796*). Tento cement byl původně pojmenován jako tzv. *Parkerův cement*, postupně se však rozšířil do celé Evropy pod pojmem Románský nebo Římský cement, neboť svými vlastnostmi připomínal jedinečné vlastnosti cementu starých Římanů. V průběhu 19. století pokračovaly experimenty s výrobou nejen v Anglii, ale Románský cement se rozšířil postupně do celé Evropy. První cementárny na Románský cement vznikaly již od počátku 19. století ve Velké Británii, Francii, později se výroba rozšířila do Německa a dále na východ na území Rakousko-Uherské monarchie. Románský cement byl na trh dodáván pod různými názvy, které většinou odpovídaly názvu lokality, ze které byl cement připraven, popř. jméno jeho objevitele. Tak např. v Londýně se v roce 1810 vyráběl Románský cement pod názvem „*Atkinson cement*“, nebo např. „*ciment grenoblois*“ či „*Ciment Promp*“ označoval Románský cement pálený z vápenců z okolí Grenoble ve Francii (*Cailleux et al., 2007*).

Na území Čech a Moravy se výroba Románského cementu objevila teprve v 70. letech 19. století, i když na území Rakousko-Uherské monarchie vznikly první cementárny již ve 40. letech v Rakousku a jsou spojovány se jménem Franze Kinka. Ten v roce 1842 založil v Kufsteinu v Tyrolsku první cementárnu na Románský cement, *Cementkalk*, jenž byl distribuován po celé monarchii (*Tarnawski, 1887*). Masová výroba Románského cementu však nastala až v poslední třetině 19. století, kdy v habsburské monarchii působilo několik desítek cementáren a Románský cement se stal jednoznačným favoritem mezi stavebními materiály. Prudký rozmach bezpochyby souvisel s rozvojem stavebních aktivit, který v 2. pol. 19. století zasáhl většinu evropských center. Velkorysý stavební rozvoj při budování městských center byl charakteristický architektonickou rozmanitostí stylů bohatých na dekorativní prvky. S rozmachem stavebních aktivit samozřejmě souvisela i potřeba nových kvalitních materiálů, které by vytvořily alternativu ke klasickým stavebním materiálům – kameni, vápnu a sádře. Románský cement tak uspokojil náročné požadavky architektů, zároveň však splňoval požadavek na rychlou a ekonomicky málo náročnou produkci. Na území Rakousko-Uherské monarchie se hlavním stavebním centrem stala Vídeň, jejíž urbanistický vývoj v 2. pol. 19. století výrazně ovlivňoval architektonické dění na celém území Moravy a Slezska. V Čechách poskytl hlavní impulsy především dvě hlavní města – Berlín a Mnichov.

Na poč. 20. století byl Románský cement postupně vytlačován cementem Portlandským, jehož výroba byla ve srovnání s Románským cementem snazší a nevyžadovala neustálou jakostní kontrolu. Také nástup funkcionalistického stylu v architektuře, který směřoval k tvarové jednoduchosti, se na tomto úpadku podepsal. Poslední továrna na výrobu Románského cementu v Tlumačově zanikla v roce 1945.

V Rakousko-Uherské monarchii byl Románský cement na trh uveden již v pol. 40. let 19. století. V roce 1846 vznikla továrna na Románský cement v Kufsteinu v Tyrolsku. Zdejší produkt, pro který se vžil název „*Kufstein*“, vynikal svoji kvalitou, která byla oceňována řadou medailí a diplomů na evropské úrovni. Od pol. 19. století vznikl nedaleko Vídně velký počet cementáren, Románský cement byl odkud následně distribuován na celé území monarchie.

Pod vlivem ohromného stavebního rozmachu na území Čech a Moravy začaly také na našem území pokusy o výrobu Románského cementu. První cementárny vznikly v okolí vhodných surovinových zdrojů v okolí Prahy, Litoměřic a na Moravě v Kurovicích u Tlumačova. Jejich význam však v porovnání s velkými cementárnami v Rakousku můžeme hodnotit spíše jako lokální, o čemž svědčí i to, že se většina z nich specializovala na jiné druhy zboží jako hydraulické vápno nebo od 80. let 19. století již na produkci Portlandského cementu.

První cementárny vznikaly v okolí Prahy v Hlubočepch, Podolí a Radotíně a využívaly pro výrobu hydraulických maltovin vhodné suroviny tzv. barrandienských vápenců. První cementárna Maxe Hergeta vznikla v Praze v roce 1871 ve Zlíchově a v Radotíně. Cementárna využívala barrandienských vápence křídového štáří z Hlubočep a Radotínského údolí pro výrobu hydraulického vápna a později Portlandského cementu. Později

byla cementárna Maxe Hergera prodána Ferdinandu Bártovi, který se specializoval nejdříve na výrobu vysoce hydraulického vápna (pravděpodobně se jednalo o Románský cement), později i Portlandského cementu. V okolí Prahy založil roku 1873 další dvě cementárny v Podolí a Hlubočepch. Z dochovaných pramenů můžeme říci, že pouze Kurovická cementárna hraběte Maxe von Seilem úspěšně konkurovala rakouskému cementu na stavebním trhu. Vyráběla Románský cement již od roku 1873 a až do roku 1945, kdy byla majitelům konfiskována a uzavřena. Románský cement byl vyráběn z jílem silně znečištěných vápenců těžných na nedalekém vrchu Křemenná. Úspěch Románskému cementu z Kurovic, pro který se vžil název „Kurovina“ zajistila i strategická poloha na severní dráze, která zajišťovala spojení mezi Moravou a Čechami (Tarnawski, 1887, Láník a Cikrt, 2001).

Výroba Románského cementu

Románské cementy jsou přírodní pojiva, jejichž přirozeně hydraulické vlastnosti jsou dány složením suroviny a podmínkami výpalu. Surovinou je vápenc, který obsahuje 15–40 % jílových minerálů, jež jsou zdrojem oxidu křemičitého, hlinitého a železitého. Jejich výpalem dochází ke vzniku cementových fází, které mají po semletí hydraulické vlastnosti (Eckel, 1905). Oxid železitý dává Románskému cementu charakteristické okrové až červeno-hnědé zbarvení. Složení suroviny pro přípravu Románského cementu je totožné se surovinou, která se užívá při výpalu Portlandského cementu. Zásadní rozdíl však spočívá v podmínkách výpalu; Románské cementy se páli pod tzv. teplotou slinutí (tj. cca 1400 °C), při které v Portlandském cementu vzniká tzv. cementářský slínek. Teploty výpalu Románských cementů se pohybují ve stejném teplotním intervalu, ve kterém se páli bílé vzdušné vápno (800–1200 °C). Přesné podmínky výpalu závisí od složení výchozí suroviny a podmínkách kalcinace. Po výpalu se vypálený kámen mele na jemný prášek, který při styku s vodou velmi rychle reaguje za vzniku hydratovaných fází, tzv. gelu, který dává materiálu výjimečné vlastnosti.

Pro hodnocení možného použití vápenců při výrobě cementů byl v roce 1905 zaveden tzv. *cementační index* (*CI*) (Eckel, 1905); při jeho výpočtu se počítá se všemi oxidy, které se v surovině vyskytují (viz tabulka 1). Dle autora byly pro výrobu románských cementů vhodné suroviny s *CI* nacházejícím se v intervalu 1,00–2,00.

$$CI = (2.8 \times SiO_2 + 1.1 \times Al_2O_3 + 0.7 \times Fe_2O_3) / (CaO + 1.4 \times MgO)$$

Fázové (mineralogické) složení románských cementů se velmi liší v závislosti na podmínkách výpalu a složení vstupní suroviny. Pro ilustraci, v tabulce 3 je uvedeno fázové složení dvou vzorků Románských cementů označených jako *Typ I* a *II*, které se lišily vstupními podmínkami. *Typ I* byl připraven z vápence z lokality Folwark (nedaleko Krakova) v Polsku, *Typ II* z rakouského vápence z lokality Lillienfeld. Obě lokality byly historicky využívány jako surovinové zdroje pro výrobu Románského cementu, při jejich chemické analýze byl zjištěn optimální *CI* index (tabulka 1).

Tabulka 1 Chemické složení vybraných vápenců, cementační index (CI)

Složení vápenců	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O + K ₂ O	CI
(Typ I)	21,4	5,3	1,8	36,6	1,1	0,5	0,2	1,75
(Typ II)	22,6	7,1	2,9	34,1	1,4	0,1	1,9	2,03

Oba cementy se však výrazně liší podmínkami pálení; *Typ I* byl získán výpalem při velmi mírných podmínkách (nízká teplota 830 °C, dlouhá doba kalcinace 650 min); naopak *Typ II* byl připraven teplotně intenzivnějším a rychlejším výpalem suroviny při 920 °C, po dobu 300 min. Hlavní minerální fázi, která se vyskytuje ve všech Románských cementech, je tzv. belit, dicalcium silikát, který vzniká reakcí oxidu křemičitého z jílové složky suroviny a oxidu vápenatého, který vzniká rozkladem kalcitu ve vápenci. Belity tvoří přibližně 40–50 % celkového fázového složení cementu. Další fázi, která hraje důležitou roli v procesu tuhnutí a tvrdnutí, jsou amorfni nebo velmi slabě krystalické hlinitanové fáze nebo se jedná o dehydroxylované (výpalem tepelně rozložené) hlíny. Složení nelze vzhledem k jejich amorfnímu charakteru určit. Tyto fáze tvoří přibližně 30–40 % složení cementů a ovlivňují především rychlé počáteční tuhnutí malt po smíchání cementu s vodou. V cementech pálených při vyšších teplotách (*Typ II*) přecházejí tyto amorfni fáze na fáze krystalické (gehlenit), které inaktivují počáteční tuhnutí. Vysoká teplota také podporuje vyšší stupeň rozkladu kalcitu ze vstupní suroviny. Tyto fáze, které se vyskytují v portlandských cementech a jsou důvodem pomalého počátečního tuhnutí jejich malt, nejsou pro tuhnutí a tvrdnutí románských cementů důležité.

Tuhnutí a tvrdnutí malt z Románského cementu

Jako ostatní hydraulické maltoviny, Románské cementy tuhnou a tvrdnou pouze v přítomnosti vody. Minerální fáze přítomné v cementech reagují s vodou za vzniku hydratovaných fází; nejdříve reagují velmi drobně krystalické nebo amorfni fáze. V Románských cementech jsou to především hlinitanové složky nebo minerály, které vznikají rozkladem vápence při výpalu, popř. se může též jednat o vysoce reaktivní tepelně rozložené jílové minerály obsažené v surovině. Jejich hydratací vznikají hydratované hlinitany vápenaté s různou stechiometrií (pro ilustraci viz tabulka 2).

Tabulka 2 Hydratované fáze románských cementů – hydratované hlinitany vápenaté o různém složení způsobují u malt rychlé počáteční tuhnutí a vysokou počáteční pevnost

Hydratované fáze ¹	Složení	¹ Poznámka:
C ₄ A \bar{C} _{0,5} H ₁₂	2[Ca ₂ Al(OH) ₆]·0.5CO ₃ ·OH. 5.5H ₂ O	C = CaO \bar{C} = CO ₂
C ₄ AH ₁₃	2[Ca ₂ Al(OH) ₆]·2OH·6H ₂ O	A = Al ₂ O ₃
C ₄ A \bar{C} H ₁₁	2[Ca ₂ Al(OH) ₆]·CO ₃ ·11H ₂ O	H = H ₂ O

Tyto reakce jsou zodpovědné za rychlé počáteční tuhnutí cementů, které se většinou odehrává během několika minut. V pozdější fázi, při tvrdnutí, je nejdůležitější reakcí hydratace belitu – dikalcium silikátu. Jeho reakcí s vodou vzniká C-S-H gel (C-CaO, S-SiO₂, H-H₂O). Tato reakce a vznik C-S-H gelu probíhá od počátku, avšak teprve s postupem času (po tzv. době spánku) začne tato reakce převládat a zásadně ovlivňovat vlastnosti malt – pevnost, mikrostrukturu, porozitu (Taylor, 1990, Vyskočilová et al., 2007, Tišlová, 2009).

Popsaný hydratační mechanismus určoval základní vlastnosti malt z románských cementů – rychlé tuhnutí, vysoká počáteční pevnost malt a odlitků, které umožňovaly rychlou a ekonomicky nenáročnou produkci dekorativních prvků pro fasády budov; na druhé straně vysoká finální pevnost a vysoká porozita, díky kterým mají historické malty dodnes vysokou trvanlivost a odolnost vůči působení atmosférických podmínek.

Popsaný hydratační mechanismus je patrný na naměřených hodnotách doby tuhnutí (tabulka 3) a profilech pevností v tlaku (Graf 1). Patrná je vysoká počáteční pevnost malt, která dosahuje hodnot kolem 1 (Typ I), resp. 4 MPa (Typ II). Rychlé tuhnutí (1,5 min) a vyšší počáteční pevnost těchto malt souvisí s vyšším obsahem amorfního podílu, který je aktivní v počáteční fázi hydratace. Mezi tuhnutím a tvrdnutím malt nastává tzv. spící perioda, která je dobře patrná v pevnostním profilu u Typu II (po dobu cca 2 měsíců nedochází ke změně pevnosti a hydratace je inaktivní). V průběhu 6 měsíců tvrdnutí malt pod vodou získávají obě malty vysoké finální pevnosti kolem 20 MPa, srovnatelné s pevností historických malt.

**Tabulka 3: Fázové (mineralogické) složení vybraných románských cementů
Rozdíl ve složení v závislosti na podmínkách výpalu**

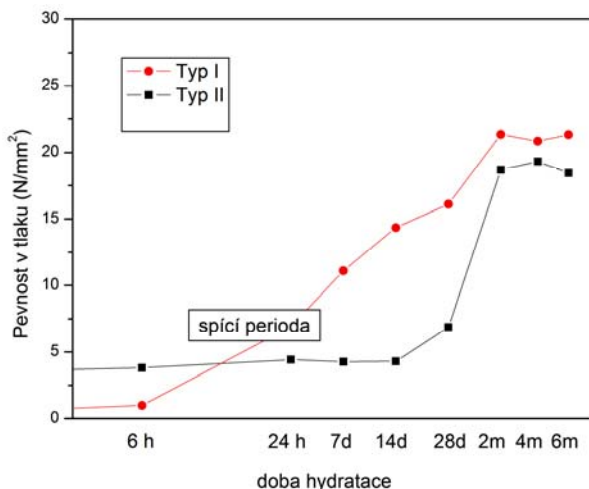
	Typ I <i>Nízké teploty výpalu</i> <i>(820 °C / 400 min)</i>	Typ II <i>Vysoké teploty výpalu</i> <i>(920 °C / 300 min)</i>
Křemen (SiO ₂)	5	4
Kalcit (CaCO ₃)	16	6
Portlandit (Ca(OH) ₂)	10	0
α'-belit (2CaO · SiO ₂ , C₂S) (reaktivnější modifikace)	36	30
β-belit (2CaO · SiO ₂ , C₂S)	4	20
Gehlenit (2CaO · Al ₂ O ₃ · SiO ₂ , C₂AS)	0	4
Krystalická fáze	71	63
Amorfni fáze (hlinito-křemičitany vápenaté, tepelně rozložené hlíny)	29	37
Doba tuhnutí (min)	3	1,5

Z laboratorně zjištěných poznatků se zdá, že pro restaurátorskou praxi je použití románských cementů velmi komplikované a technologicky náročné. Složitě vědecké studie lze však pro praxi zjednodušit do následujících závěrů:

Pro zatuhnutí a kvalitní ztvrdnutí malt je nezbytná vlhkost. Záměsová voda přidávaná do malty je dostatečná pro ztuhnutí malty, avšak pro získání trvanlivých malt s dostatečnou pevností je potřeba následný přístup vlhkosti (dostatečně dlouhé vlhčení malt; při expozici vnějším podmínkám vystačí srážky a vysoká vzdušná vlhkost).

Hydratace je proces „živý“. I když se v důsledku vyschnutí zastaví, při následném zavlhčení se obnoví. Tento jev je patrný i u historických malt; některé jsou dokonale vyzrálé, jiné naopak.

Graf 1: Vývoj pevnosti malt v průběhu hydratace



Literatura

- Parker, J. (1796): A certain Cement or Terras to be used in Aquatic and other Buildings, and Stucco Work, British Patent 2120, dated July 1796 to James Parker of Northfleet.
- Cailleux, E., Marie-Vicotire, E., Sommain, D. (2007): A study of natural cement from the French Rhone-Alps region, Proceedings of the International Heritage, Weathering and Conservation Conference, Vol 1, Taylor and Francis, London, 77–84.
- Tarnawski, A. (1887): Kalk, Gyps, Cementkalk und Portland-Cement in Oesterreich-Ungarn, Wien, Selbstverlag.
- Eckel, E. C. (1905): Cements, limes and plasters, 2nd ed., John Wiley & Sons, New York.
- Láník, J., Cikrt, M. (2001): Dvě tisíciletí vápenictví a cementárenství v českých zemích. Svaz výrobců cementu a vápna Čech, Moravy a Slezska, Praha.
- Taylor, H. F. W. (1990): Cement chemistry, Academic Press, New York.
- Tišlová, R. (2009): Hydration of Natural Cements, Tribun EU, Brno.
- Vyskocilova, R., Schwarz, W., Mucha, D., Hughes, D. C., Kozłowski, R., Weber, J., (2007): Hydration Processes in Pastes of Roman and American Natural Cements, J ASTM Int 4 (2).

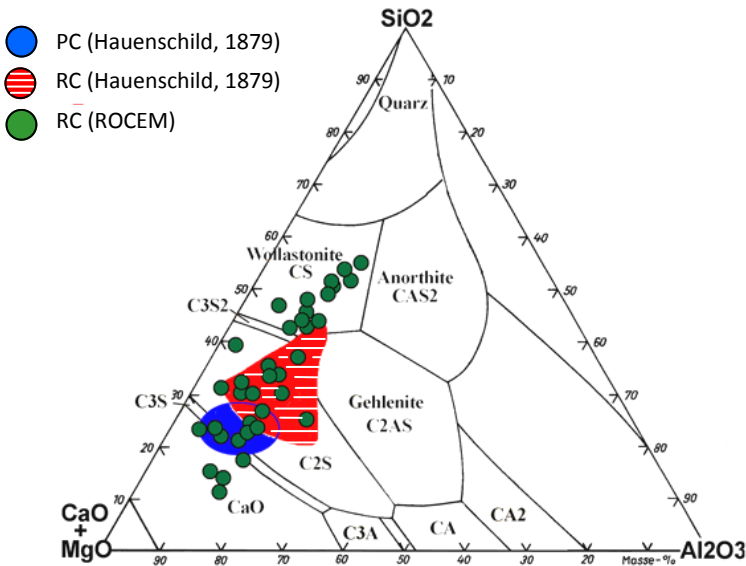
Mikrostruktura a vlastnosti malt z Románského cementu

Karol Bayer, Fakulta restaurování Univerzity Pardubice

Maltoviny pojené románským cementem mají ve srovnání s jinými maltovinami resp. anorganickými pojivy některé osobité vlastnosti. K těmto vlastnostem lze zařadit nejen historicky známé rychlé tuhnutí románského cementu, což umožňovalo poměrně rychlou výrobu odlévaných prvků z románského cementu, ale také charakteristickou barvu většiny románských cementů od nažloutlých až po hnědočervené odstíny i jejich specifické fyzikálně-mechanické vlastnosti a dobrou odolnost vůči korozi.

V rámci projektu ROCEM byly zkoumány historické maltoviny na bázi románského cementu z hlediska jejich složení i složení reziduí slínekových částic a současně byly měřeny i některé základní petrofyzikální vlastnosti.

Podle složení lze románské cementy zařadit mezi hydraulická vápna a portlandský cement. Neobsahují prakticky žádné tzv. volné vápno – nezreagovaný oxid vápenatý CaO (nebo jen velmi malý podíl), ale na druhé straně mají vysoký obsah amorfních fází, které zásadně ovlivňují jejich vlastnosti. Složení, přepočteno na oxidy, je ilustrováno v trojúhelníkovém grafu na obr. 1.



Obr. 1 Chemické složení evropských portlandských a románských cementů vyráběných v 19. století (Hauenschild, 1879) a analýz historických malt na bázi románského cementu

Analýzami širšího souboru vzorků maltovin pojených románským cementem z mnoha historických objektů z několika evropských zemí bylo prokázáno, že pojivo (románský cement) má poměrně variabilní celkové složení a stejně tak i proměnlivé složení reziduí slínekových částic. Tato variabilita vyplývá jednak z rozmanitosti používaných vstupních surovin, dále pak z odlišných podmínek pálení jednotlivých cementů nebo jednotlivých šarží a významný vliv mají i rozdíly teploty v samotné peci v průběhu pálení. V románském cementu pak lze nalézt optimálně vypálené slínekové částice, nedopálené slínekové částice, nebo dokonce ojediněle zbytky původní suroviny a současně tzv. přepálené slínekové částice.

Jak již bylo zmíněno výše, maltoviny z románského cementu mají i exteriéru pozoruhodnou odolnost vůči korozi a to i v urbánním prostředí zatíženém atmosférickými polutanty. Dokládá to velmi dobrý stav zachování odlévaných dekorativních prvků, tažené nebo modelované výzdoby nebo i omítek na fasádách mnoha budov z 19. století, co představuje více než stoletou expozici v exteriérových podmínkách. Na základě měření fyzikálně-mechanických vlastností souboru historických maltovin pojených románským cementem, lze maltoviny na bázi románského cementu obecně charakterizovat jako poměrně křehký stavební materiál s vysokou pevností a tvrdostí, s vysokou nasákovostí, porositou a propustností pro vodní páry. Je zároveň zřejmé, že výsledné vlastnosti jednotlivých malt se mohou významně lišit a nejsou determinovány pouze vlastnostmi a složením pojiva, ale i dalšími faktory jako např. poměr míchání pojiva a kameniva, typ kameniva, obsah záměsové vody atd. Sumarizace a přehled výsledků měření vybraných fyzikálně-mechanických vlastností je uvedený v následující tabulce. Velmi zjednodušeně je možné říci, že maltoviny na bázi románského cementu se svou pevností přibližují maltovinám pojeným portlandským cementem (pevnosti historických malt z románského cementu až kolem 50 N/mm²) a z hlediska porosity, nasákovosti nebo propustnosti pro vodní páry spíše k vápenným maltám (nasákovost mezi 19–25 % hm., porosita 30–37 % obj.).

Tabulka1: Fyzikálně-mechanické vlastnosti historických maltovin na bázi románského cementu (RC)

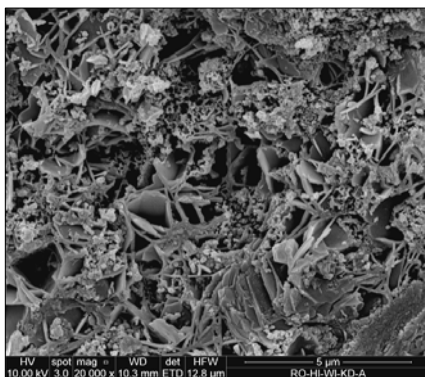
Historické malty na bázi RC	Pevnost						Propust- nost pro	
	Pevnost v tlaku	Pevnost v tahu za ohybu	Modul pružnosti	Objemová hmotnost	*Otevřená porosita	Nasá- kovost	Koeficient nasákovosti	vodní páry.10 ⁻¹⁰
	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[kN/m ²]	[g/cm ³]	[% obj.]	[% hm.]	[kg/m ² Vh]	[kg/m ² sPa]
Omítka [C/A=10]	56.8	1.6±0.8	11.4	1.47	37.1	25.0	12.75	4
Odlévané prvky [C/A=2.4±1]	47.9±2.5	2.0±0.7	18.2±1.7	1.62	30.7±2.1	18.6±1.7	7.0±0.7	3

* Pórovitost přístupná vodě

Fyzikálně mechanické vlastnosti maltovin připravených z nově vyrobených románských cementů jsou předmětem rozsáhlé studie v rámci probíhajícího projektu ROCARE. Součástí tohoto programu je i zkoumání mikrostruktury historických i nově připravených maltovin z románského cementu s využitím optické a zejména rastrovací elektronové mikroskopie.

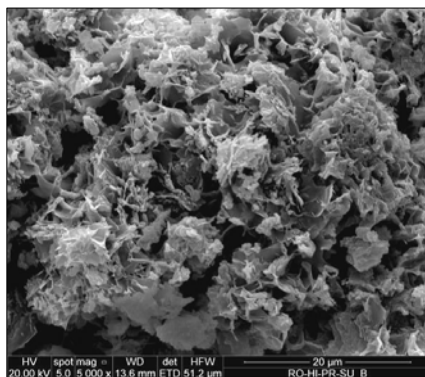
Podrobné zkoumání mikrostruktury může do jisté míry přispět k objasnění popisovaných vlastností románského cementu. Na několika následujících fotografiích jsou ilustrovány charakteristické znaky mikrostruktury historických i nově připravených maltovin z románského cementu a pro srovnání i jednoho vzorku historického portlandského cementu.

Struktura historických i „nových“ malt z románského cementu vykazuje některé společné rysy. Na fotografiích z rastrovacího elektronového mikroskopu je zcela zřejmá porézní struktura základní hmoty maltovin (matrix). Je tvořena z velké části destičkovitými produkty hydratace románského cementu, které vznikají poměrně rychle v raném stádiu tuhnutí. Navzájem propojené destičky vytvářejí strukturu tzv. domečku z karet (někdy nazývanou voštinovou strukturou). Nalezený porézní typ struktury dobře koreluje nejen s vysokými hodnotami nasákavosti, pórovitosti přístupné vodě a propustnosti pro vodní páry, ale může být i vysvětlením vysoké pevnosti těchto maltovin. Hlavní produkty hydratace jsou podle analýz převážně CSH-fáze, průměrná velikost destiček se pohybuje v rozmezí 1 až 5 μm .



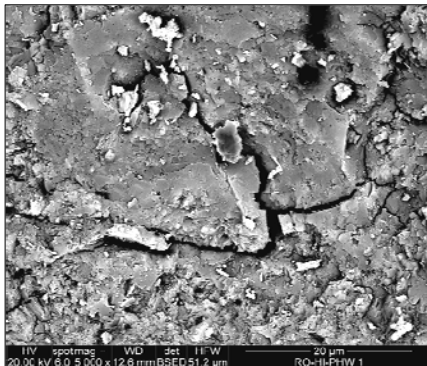
Obr. 2 REM/SE

Fotografie z rastrovacího elektronového mikroskopu, lomová plocha vzorku (omítka z objektu Kulissendepot ve Vidni, 1870), foto v režimu sekundárních elektronů, vzorek pokoven zlatem. Porézní mikrostruktura základní hmoty (matrix) historické malty z románského cementu s poměrně velkými destičkovitými produkty hydratace (CSH-fáze) vytvářejícími tzv. strukturu domečku z karet (cardhouse-like structure).



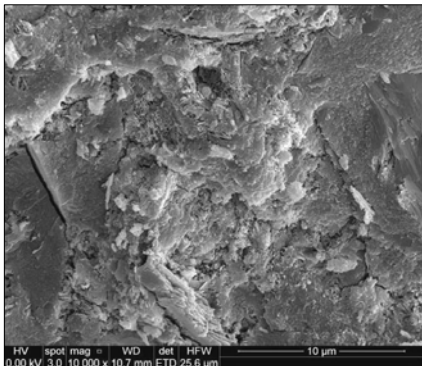
Obr. 3 REM/SE

Fotografie z rastrovacího elektronového mikroskopu, lomová plocha vzorku (odlěvaný prvek z fasády domu na Šumavské ul. 16, vznik po 1905), foto v režimu sekundárních elektronů, vzorek pokoven zlatem. Porézní mikrostruktura základní hmoty (matrix) podobného složení jako vzorek na obr. 2.



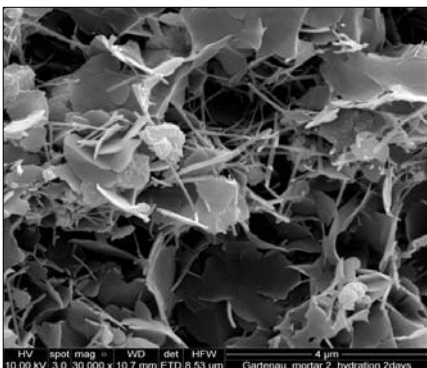
Obr. 4 REM/BSE

Fotografie z rastrovacího elektronového mikroskopu, lomová plocha povrchu vzorku (omítka z objektu Palais Hansen ve Vídni, 1873), foto v režimu odražených elektronů, vzorek pokoven zlatem. Velmi kompaktní struktura základní hmoty (matrix) s četnými prasklinami. Povrch omítky je silně sulfatizovaný a sulfatizace je i důvodem výrazné změny mikrostruktury.



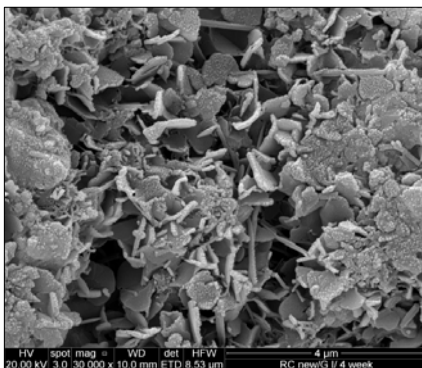
Obr. 5 REM/SE

Fotografie z rastrovacího elektronového mikroskopu, lomová plocha vzorku (umělý kámen, mauzoleum Hinze, Frauendorf, Německo), foto v režimu sekundárních elektronů, vzorek pokoven zlatem. Kompaktní základní hmoty (matrix) je tvořená jemnozrnnými částicemi nepravidelného tvaru.



Obr. 6 REM/SE

Fotografie z rastrovacího elektronového mikroskopu, lomová plocha vzorku (nově připravená malta z románského cementu Gartenau), foto v režimu sekundárních elektronů, vzorek pokoven zlatem. Vysoce porézní mikrostruktura základní hmoty (matrix) s destičkovitou strukturou po dvou dnech hydratace.



Obr. 7 REM/SE

Fotografie z rastrovacího elektronového mikroskopu, lomová plocha vzorku (nově připravená malta z románského cementu Gartenau), foto v režimu sekundárních elektronů, vzorek pokoven zlatem. Porézní mikrostruktura základní hmoty (matrix) s destičkovitou strukturou po

V historických maltách lze nalézt často i kompaktnější zóny, což souvisí jednak s dlouhodobými podmínkami hydratace (zejména obsahem vlhkosti v maltě a okolní relativní vzdušnou vlhkostí), na druhé straně i s možnou proměnou základní hmoty v důsledku koroze např. vlivem oxidů síry, což má za následek sulfatizaci základní hmoty – vznik síranu vápenatého.

Závěrem

Jednotlivá zjištění a souvislosti mezi mikrostrukturou maltovin z románského cementu a jejich vlastnostmi lze shrnout následovně:

- vysoká pórovitost a současně vysoká pevnost těchto maltovin je dána specifickou strukturou základní hmoty tvořenou vzájemně propojenými destičkovitými hydratačními produkty,
- struktura je významně ovlivněna podmínkami tvrdnutí, přičemž zcela zásadní vliv má vlhkost a delší kontakt s vodou vede ke vzniku kompaktnější, méně porézní struktury.

Literatura

- Bayer, K., Gosselin, C., Hilbert, G., Weber, J.: Microstructure of historic and modern Roman cements to understand their specific properties. Proc. 13th Euroseminar on Microscopy Applied to Building Materials, Ljubljana, 14–18 June 2011.
- Gosselin, Ch., Vergès-Belmin, V., Royer, A., Martinet, G.: Natural cement and monumental restoration. *Materials and Structures*, 42, pp 749–763, 2009.
- Michael P. Edison, ed.: *Natural Cement*, ASTM International, 190 p. 2008.
- Hauenschild, J.: *Katechismus der Baumaterialien – II. Teil, Die Mörtelsubstanzen*, Lehmann und Wentzel, Wien, 1879.
- Weber, J., Gademayr, N., Bayer, K., Hughes, D. C., Kozłowski, R., Stillhammerova, M., Ulrich, D., Vyskocilova, R.: Roman cement mortars in Europe's architectural heritage of the 19th century, - *Journal of ASTM International*, Vol. 4, No 8, Paper ID JAI100667, 2007
- Weber, J., Gademayr, N.: *Materialwissenschaftliche Charakterisierung von Romanzementen des 19. Jahrhunderts*. *Naturwissenschaft & Denkmalpflege* (A. Diekamp, ed.), pp 157–165, Innsbruck, 2007.
- Cailleux, E., Marie-Victoire, E., Sommain, D., Brouard, E.: Microstructure and weathering mechanisms of natural cements used in the 19th century in the French Rhône-Alpes region. *Proceedings pro 067 Rilem TC 203-RHM, Repair Mortars for Historic Masonry*, January, 2005, pp 82–93, 2009.
- Kozłowski, R., Hughes, D., Weber, J.: Roman cements – key materials of the built heritage of the nineteenth century. *Materials, Technologies and Practice in Historic Heritage Structures*, M. Botenaru Dan, R. Přikryl, Á. Török (Eds.), Springer, Berlin, 2010.
- Weber, J., Bayer, K., Pintér, F.: 19th century “novel” building materials: examples of various historic mortars under the microscope. *Preprints of 2nd Historic Mortars Conference & Rilem TC 203-RHM, Repair Mortars for Historic Masonry, Final Workshop*, Prague, 2010.

Srovnání technických parametrů malt s Románským cementem a s jinými pojivy

Dave Hughes, University of Bradford, UK

Projekt ROCARE se věnuje jak zkoumání základních vlastností Románských cementů a jejich malt, tak porovnávání malt připravených z cementů vyrobených v rámci projektu ROCARE s maltami na bázi současně dostupných alternativních pojiv. Systém porovnávání malt je rozdělen do dvou programů. Prvním z nich je výroba malt podle standardních receptur, což umožňuje přímé porovnání jednotlivých pojiv, zatímco druhý program umožňuje porovnání malt připravených podle receptur vhodných ke konkrétnímu praktickému užití. Právě druhý program je na semináři STOP prezentován; zkoušky a testy stále probíhají, proto nejsou data kompletní, ale i přesto podávají důležité informace o existujících rozdílech.

Pojiva, která byla použita, jsou NHL 5, dodáváno firmou RÖFIX, FIX-Zement (Prompt) vyráběn firmou Vicat, Portlandský cement CEM 1 (42.5 N) a 3 „ROCARE“ cementy vyrobené z vápenného slínu z ložisek Gartenau a Peggau v Rakousku. Gartenau cement byl vyroben jak v malé rotační peci, tak v malé tradiční šachtové peci (není zde uvedeno), zatímco surovina z ložiska Peggau byla vypálena ve velké rotační peci firmy Weitersdorfer & Peggau (W&P).

Z každého typu pojiva byly připraveny malty vhodné na výrobu odlévaných prvků (1 : 0.5 & 1 : 1 objemově) i základní omítky a tažených profilů (1:1.5 & 1:2.5 objemově) s užitím speciálně namíchaného vápenného plniva (viz Schéma 1).

Schéma 1: Porovnávané malty

Odlévací malty	Poměr pojivo/plnivo	0.5 a 1:1 objemově
	Rozliv	19,5 cm
	Doba zpracovatelnosti	15–30 min
	Retardér	kyselina citronová
Omítkové malty / malty na tažené profily	Poměr pojivo/plnivo	1:1.5 and 1:2.5 objemově
	Rozliv	15,5 cm
	Doba zpracovatelnosti	1–2 hod
	Retardér	kyselina citronová (Fix)
		Proces deaktivace cementu („ROCARE“ cementy)

Odlévací malty byly umíchány tak, aby měly lepší zpracovatelnost a kratší dobu tuhnutí než malty pro výrobu tažených profilů. Zvýšená pozornost věnovaná době zpracovatelnosti vzešla z enormně krátké doby tuhnutí Románského cementu, a proto nebyla sledována u malt s NHL 5 a CEM 1 nebo výrobků RÖFIX Gussmörtel a Feinschlämme, které ve svém složení obsahují retardér. Doba tuhnutí odlévacích malt s Fix a „ROCARE“ cementy byla prodloužena přidávkem kyseliny citronové. Zatímco byl stejný postup úspěšný v případě FIX cementu i u omítkových malt, selhal u „ROCARE“ cementů, u nichž chemické retardéry značně snižují pevnost malt. Byla vyvinuta nová technika podle historické praxe ve Francii, ve které je cement smíchán s vlhkým pískem s přesně kontrolovaným obsahem vlhkosti a je nechán krátkou dobu odležet (zpravidla 30 min.). Následné míchání malty musí být pečlivě kontrolováno pro dosažení požadované doby zpracovatelnosti. Tento produkt byl nazván jako „Deaktivovaný Románský cement“ (DARC).

Kompletní program

Schéma 2 vyobrazuje kompletní program, nicméně časové možnosti dovolují zmínit pouze stručně výsledky vybraných vlastností.

Schéma 2: Přehled prováděných zkoušek

Konzistence

Doba zpracovatelnosti

Obsah vzduchu

Pevnost

Youngův modul pružnosti

Objemová hmotnost

Koeficient nasákavosti

Paropropustnost

Adheze

Objemová kontrakce

Odolnost vůči krystalickým solím

Odolnost sulfátům

Mrazuvzdornost

Porozita

Obsah vzduchu

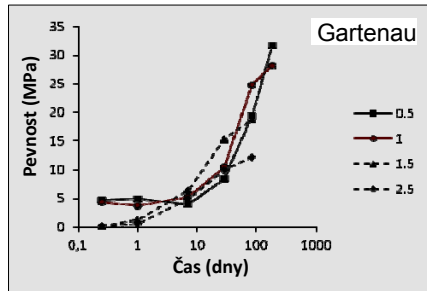
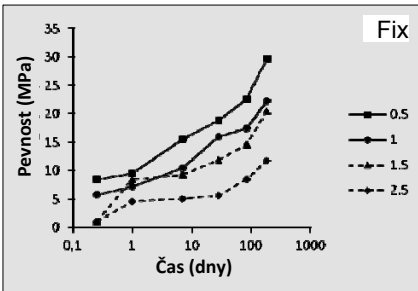
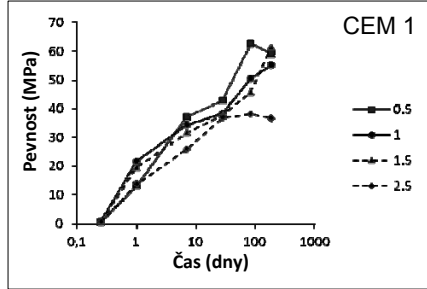
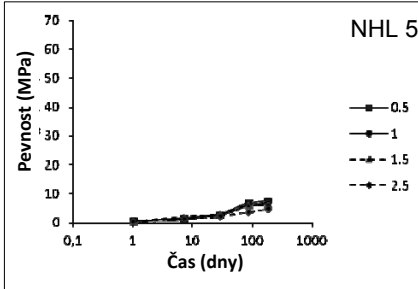
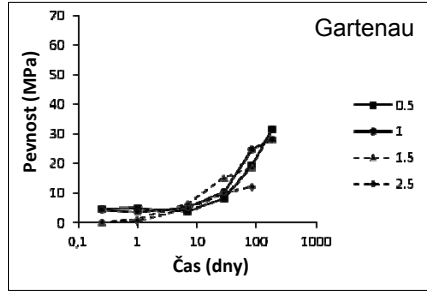
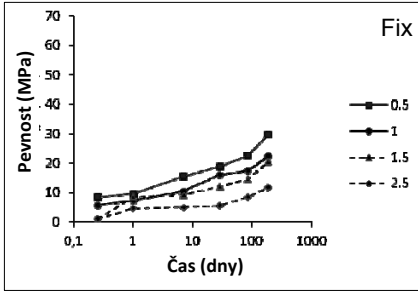
Obsah vzduchu v čerstvé maltě obecně roste s rostoucím podílem plniva, zatímco typ pojiva jej nijak neovlivňuje. V další práci v laboratoři se však ukázalo, že kombinace standardního křemenného písku CEN a FIX cementu vede ke zvýšenému obsahu vzduchu v maltě. Toto kvalitativní zjištění bude dále podrobeno kvantitativnímu zkoumání.

Tabulka 1: Obsah vzduchu

Cement	Cement / písek	Retardér	Obsah vzduchu (%)
Gartenau	1 : 0.5	1 % kys. citronová	2.2
Gartenau	1 : 1	1 % kys. citronová	2.1
Gartenau	1 : 1.5		
Gartenau	1 : 2.5		
CEM1	1 : 0.5	–	1.9
CEM1	1 : 1	–	2.9
CEM1	1 : 1.5	–	4.6
CEM1	1 : 2.5	–	5.3
FIX	1 : 0.5	0.5 % kys. citronová	2.2
FIX	1 : 1	0.5 % kys. citronová	2.2
FIX	1 : 1.5	1.5 % kys. citronová	4.5
FIX	1 : 2.5	1.5 % kys. citronová	5.4
ROFIX NHL5	1 : 0.5	–	2.3
ROFIX NHL5	1 : 1	–	1.8
ROFIX NHL5	1 : 1.5	–	4.4
ROFIX NHL5	1 : 2.5	–	5.4
Rofix Feinschlamme	–	–	2.5
Rofix Gussmortel	–	–	1.8

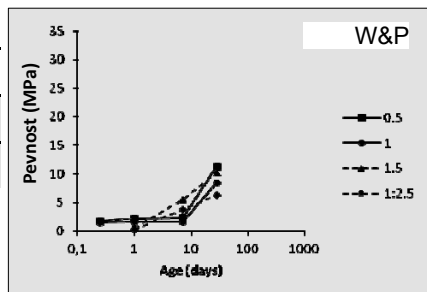
Pevnost v tlaku

Přestože pevnost možná není nejdůležitějším technickým parametrem, je pravděpodobně nejsnáze měřitelnou a nejčastěji citovanou vlastností. Na obr. 1–4 jsou prezentovány relativní pevnosti Románských cementů, NHL 5 a CEM 1 a je možné zde pozorovat několik rozdílných trendů. Profil pevnostního nárůstu Románských cementů je podobný jako u NHL, kde z hlediska dlouhodobého časového horizontu jsou hodnoty počátečních pevností poměrně nízké. Některé receptury malt z Románských cementů vykazují jisté latentní období, které může trvat až 28 dní. Po něm začne být pozorovatelný výrazný nárůst pevnosti. Z tohoto důvodu není u těchto materiálů zcela vhodné uvádět hodnoty pevností po 28 dnech jakožto výchozí hodnoty pro porovnávání s jinými pojivy. Jednoznačná výhoda počátečních pevností odlévacích malt je v možnosti vyjmout odlitek z formy již po relativně krátké době. Pozice pevností Románských cementů je v rozmezí krajních hodnot NHL 5 a CEM 1.



Obr. 5–7 znázorňují tři Románské cementy. Zatímco hodnoty relativních pevností jednotlivých malt s FIX cementem (např. po 28 dnech) narůstají víceméně podle očekávání, pevnosti malt s Gartenau a W&P mají nezvyklý průběh; malty 1 : 1.5 vykazují nejvyšší pevnost z uvedených čtyř typů malt a to po 28 dnech pro Gartenau a po 7 dnech pro W&P. Tato anomálie může být způsobena odlišnou metodou zpomalování tuhnutí na odlévané prvky a tažené profily. U zmíněných cementů není pro omítkové malty (1 : 1.5 a 1 : 2.5) užito chemického retardéru.

1	2
3	4
5	6
7	

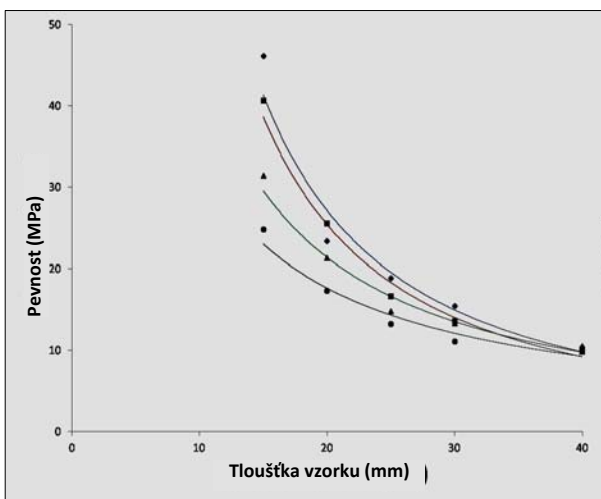


Je důležité pamatovat na to, že tyto pevnosti byly měřeny na standardních laboratorních vzorcích (16 cm x 4 cm x 4 cm) zhotovených v ocelových formách (obr. 8). V praxi jsou omítkové nebo spojovací malty aplikovány na cihly nebo mezi ně a při odběru vzorku z objektu nemají tloušťku 4 cm. Také práce na vyhodnocení absorpčního koeficientu těchto materiálů vzhledem k tomu, že kompaktnost povrchu v kontaktu s cihlou bude pravděpodobně ovlivňovat také transport vody.

Obr. 8 Ocelová forma na přípravu laboratorních vzorků



Obr. 9 znázorňuje pevnosti po 28 dnech pro stejný maltový odlitek odlitý mezi cihly různé nasákavosti a odlitek z ocelové formy. S ohledem na prezentované výsledky je nutné při odběru vzorku historických malt za účelem výběru vhodného tmelu přihlídnout k vlivu savého podkladu a k síle vzorku, pro porovnávání s citovanými pevnostmi moderních malt. Je také pravděpodobné, že i kvalita písku a velikost jeho částic bude pevnost malt ovlivňovat. Probíhají také práce na vyhodnocení absorpčního koeficientu těchto materiálů vzhledem k tomu, že kompaktnost povrchu v kontaktu s cihlou bude pravděpodobně ovlivňovat také transport vody.



Obr. 9:

Nasákavost cihel

◆ Vysoká

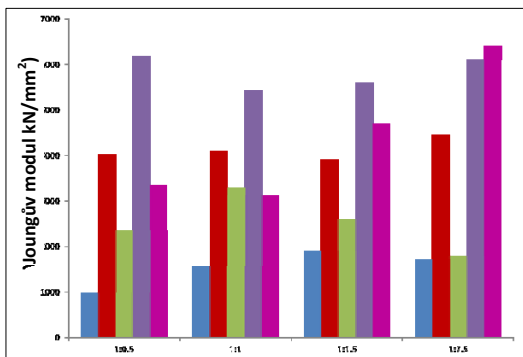
■ Střední

▲ Nízká

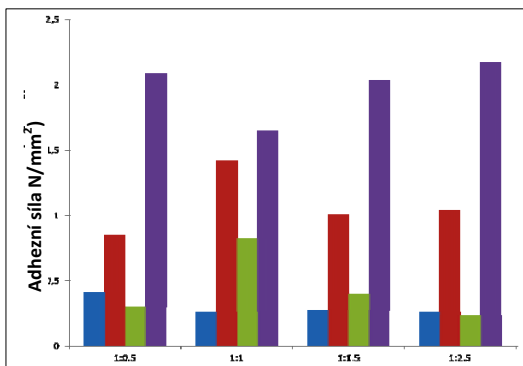
● Ocel

Tuhost

Podle očekávání nejnižší Youngův modul pružnosti (28 dní) vykazuje NHL 5 (992–1909 kN/mm²), zatímco CEM 1 vykazuje nejvyšší modul E (5435–6181 kN/mm²). Obrazové přílohy. Obecně je možno říci, že hodnoty modulů pružnosti malt z Románských cementů jsou v rozmezí mezi krajními hodnotami NHL 5 a CEM 1 s výjimkou malty 1 : 2,5 s W&P cementem. Při tomto poměru jsou mezi moduly pružnosti třech Románských cementů velké rozdíly. Zatímco u malt z Románských cementů 1 : 0,5 je zřejmá závislost mezi pevností a modulem pružnosti, u malt 1 : 2,5 tomu tak není. Pro vysvětlení je zapotřebí provést další analýzy. (Obr. 10)



Obr. 10



Obr. 11

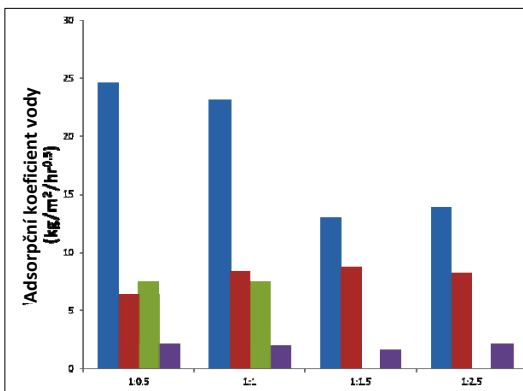


Přilnavost

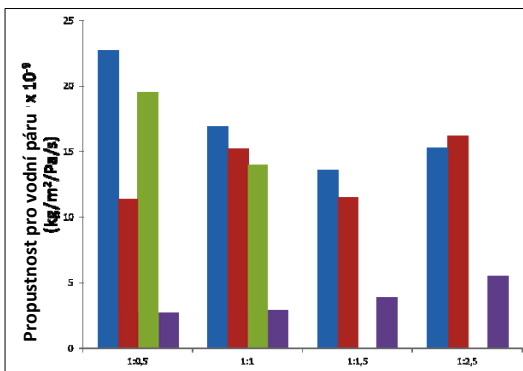
Opět je adhezivní síla NHL 5 malt nejnižší (0,26–0,41 N/mm²) a CEM 1 malt nejvyšší (1,65–2,17 N/mm²) – viz obr. II. Malty z Románských cementů vykazují střední hodnoty adheze. Nicméně FIX cement vykazuje vyšší přilnavost než Gartenau cement. Dodatečně musí být prozkoumána retence vody obou pojiv v kontaktu s použitým podkladem v tomto experimentu. (Obr. 11)

Transport vody a vodní páry

Klíčovou vlastností, zvláště pro omítkové malty, je schopnost propouštět vodu a tak odolávat s vodou spojeným degradacím fasády. O této schopnosti se ve Velké Británii často mluví jako o schopnosti materiálu „dýchat“ (termín, který není přesně definován). Nicméně je možné zhodnotit schopnost absorbovat vodu určením adsorpčního koeficientu vody (WAC) – obr. 12 a propustnost pro vodní páru určením paropropustnosti (WVP) – obr. 13. Malty NHL 5 jsou podle očekávání vysoce absorbující (13,03–24,58 kg/m²/h^{0.5}) a malty CEM 1 vykazují velice nízkou absorpci (1,57–2,08 kg/m²/h^{0.5}). Zatímco omítkové malty NHL mají nižší WAC než odličky stejného pojiva, CEM malty v podstatě nejsou na změnu kompozice citlivé. Také malty Románských cementů se nezdají být závislé na složení (údaje jsou zatím neúplné) a jejich WAC se pohybují ve střední oblasti hodnot. V případě paropropustnosti mají opět nejnižší prostupnost malty CEM 1; nicméně malty NHL 5 a Románských cementů vykazují velice podobně zvýšené hodnoty paropropustnosti.



Obr. 12



Obr. 13



Praktický význam těchto výsledků je, že budou-li omítky z Románských cementů vystaveny dešťovým srážkám, budou absorbovat méně vody než NHL omítky, ale více než CEM omítky. Nicméně mají schopnost transportovat více vody, např. při selhání okapového systému, než by dokázaly omítky CEM 1. Vysoká paropropustnost bude mít za následek mnohem rychlejší vysychání než by tomu bylo u CEM 1 omítek podobně i NHL 5 omítek. Stručně se dá říci, že malty Románských cementů jsou dobře „prodyšné“.

Prozatímní závěry

Románské cementy tvoří malty, které jsou odlišné jak od NHL, tak od CEM produktů. Kombinují vynikající prodyšnost se značnou mechanickou pevností. Výsledky stálosti budou dostupné na webových stránkách projektu (www.rocare.eu) jakmile budou k dispozici. Probíhají také doplňkové zkoušky zaměřené na interakci malt Románských cementů a reálných podkladů zdíva pro porovnání zkušebních malt s laboratorními vzorky.

Restaurování fasád na bázi technologií s románským cementem – příklady z Krakova

Jacek Olesiak, restaurátor, Krakov

Přírodní cementy, všeobecně užívané v 19. století jako materiál dekorací fasád, byly historicky označovány několika termíny: *Roman Cement*, *Roman Zement*, *romancement*, v Polsku *cement romański* nebo *cement rzymski*. Největší rozvoj ve výrobě nastal v 2. pol. 19. století v souvislosti s objevením vhodných surovinových zdrojů a zvládnutí výrobní technologie. Na území Polska se největší producenti nacházeli na území Haliče, která byla v této době součástí Rakousko-Uherské monarchie, a na území Polského království, které v té době náleželo k Rusku. Cementárna na výrobu Románského cementu existovala v okolí Slawkowa, kterou založil Stanislaw Ciechanowski. V knize z roku 1933 „Cementy a jejich použití” (*Cementy i ich zastosowanie*) autora Romana Ciesielského se píše: „Římský cement získal svůj název díky podobnému chování s puzzolánovými hlinami, získává se výpalem slínovce obsahujícího do 30 % hlin při teplotách nižších, než je teplota slinutí. Obsahuje kyselý oxid křemičitý, oxid železitý a hliníty v množství kolem 50 %, barvu má žlutou až šedohnědou, avšak ta není ukazatelem kvality cementu.“ Krátká doba tuhnutí, vysoká odolnost a trvanlivost malt umožňovala rychlou produkci umělecko řemeslných prvků a jejich montáž na fasádu. Další výhodou byla barva materiálu, který dokonale imitoval vzhled kamene, materiálu v porovnání s ostatními stavebními materiály dražšího (románské cementy v Polsku se vyznačují teplou okrovo-růžovou barvou). V 2. pol. 19. století nastoupil v Rakousko-Uherské monarchii, stejně jako v ostatních evropských metropolích, obrovský stavební rozvoj. V Polsku, od Krakova na jih až k Jaderskému moři, se zachovala celá řada objektů provedených v technologii románského cementu, některé z nich se dodnes dochovaly v původním stavu, aniž by došlo ke zničení dekorativní výzdoby, příp. přemalování povrchu.

I když byla výroba tohoto stavebního materiálu obnovena a románský cement se dostal do povědomí architektů a památkářů jako materiál vhodný pro obnovu historických budov z období 19. a 20. století, stále se setkáváme s použitím nevhodných stavebních materiálů a technologií. Běžné je agresivní čištění, odstraňování poškozených omítek i architektonických detailů nebo celoplošné použití různých omítek používaných ve stavebnictví, a to často v kombinaci s použitím plošných armatur (sítek) majících eliminovat pro tento materiál charakteristické popraskání. V mnoha případech pak vzhled fasád nemá nic společného s původním vzhledem vycházejícím z projektu a představ tvůrců objektu. Je zřejmé, že zachování optimálního vzhledu a dojmu lze docílit pouze použitím pojiv, které se podobají historickému materiálu, aplikovaných v původních recepturách a původními technologiemi.

Unikátní vlastnosti románských cementů však byly prostudovány teprve nedávno v rámci výzkumných projektů ROCEM a ROCARE, které byly financované z fondů

Evropské unie. Díky těmto projektům došlo k navrácení románských cementů mezi stavební materiály určené pro restaurování architektury 19. a 20. století. Poprvé byly odzkoušeny na fasádě *Akademie Handlowe* v Krakově (obr. 1). Několikofázový projekt renovace zahrnoval aplikaci celoplošné štukové vrstvy scelující povrch. Hlavním problémem, který se zde vyskytoval, bylo „zaslepení“ štukových dekorací vrstvou pozdějších nátěrů a přebarvení omítek, které byly původně prezentovány v barvě románského cementu. V rámci restaurátorských prací byly také lokálně nahrazovány původní dožitě dekorace. V obou případech byly použity pouze maltové směsi připravené výhradně z románského cementu, plnivem byl barvený písek Remmers Farbsand. Tento způsob konzervace – aplikace štukové vrstvy na očištěnou fasádu z románského cementu, byl použit ještě na několika jiných objektech v Polsku – v Krakově, Katovicích a Tarnově. Na všech byly použity speciální směsi románského cementu s plnivem a zpomalovačem tuhnutí – Remmers Fugen und Ergänzugs Mörtel RZ. Malty byly použity pro doplnění omítek, štuků i odlítků. V letech 2008-2010 byla provedena renovace fasády *Domu Ubogich im. Helclów* v Krakově, kde byla použita speciální směs románského cementu, plniva a pigmentu, připravená firmou Remmers na základě historických receptur. V roce 2011 byla ukončena další renovace obytného domu v Krakově, na ulici *Đlugiej*. Vzhledem k vysokému stupni dochování byly provedeny pouze lokální retuše v místech okenních portálů a ornamentů, které se nacházely pod okny; fasáda je zachována v původním vzhledu, což je svým způsobem zcela výjimečné.

Výzvou pro všechny restaurátory, pracovníky památkové péče, historiky, architektky a obecně ty, kteří jsou svázáni s budoucími projekty obnov architektury 19. a 20. století, zůstává snaha o to, přesvědčit investory, aby tam, kde je románský cement použit a je v dobrém stavu, použili minimální a citlivou konzervaci, která by zahrnovala v ideálním případě pouze doplnění chybějících částí, popř. odstranění takových částí,



kteří by měly vliv na trvanlivost renovace. V tomto duchu minimalistického zásahu je v současnosti prováděna např. renovace bytových domů v Krakově, paláci *Sanoka* na jihovýchodě Polska. Je prováděna tak, aby zůstaly patrné stopy času a přirozeného stárnutí; zachovává se pro tento materiál charakteristická nerovnoměrná síť prasklin, nerovnoměrné znečištění omítek i dekorací v důsledku expozice povětrnostním podmínkám i jako následek předchozích stavebních úprav.

Nabídkou románského cementu na trhu se rozrostla rodina historických pojmů a renovace architektury 19. a 20. století může být komplexnější.

Akademie Handlowa v Krakově

Praktické zkušenosti s restaurováním fasád s prvky z románského cementu v Brně

Michal Durdis, Ema Medková, Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování

V rámci evropského projektu ROCARE, do něhož je Fakulta restaurování zapojena, byl vytipován objekt, na jehož fasádě zdobené románskými cementy bylo možné v první řadě provést restaurátorský průzkum a posléze provést zkoušky technologií a materiálů pro restaurování. Další fází by mělo být komplexní restaurování fasády vycházející ze stanovené koncepce.

Hlavním cílem je vzorová realizace obnovy historické fasády s využitím všech poznatků a vhodných materiálů. Odborné restaurování fasády by mohlo naznačit optimální přístupy k obnově dalších historických fasád z přelomu 19. a 20. století.

Seznámení s objektem

Objekt podrobený průzkumu se nachází v ulici J. Uhra č. p. 161/3, v městské části Veveří, vystavěné převážně v poslední třetině 19. století v historizujícím stylu. Samotný dvoupatrový řadový dům byl postaven roku 1885 v neorenesančním stylu. Jednotlivá patra fasády vykazují rozdíly v pojetí výzdoby. Zatímco přízemí je traktováno rustikálním členěním ploch s výraznějším dozdobením pouze okenními a dveřními šambránami, vyšší patra jsou zdobena bohatěji. Nad kordonovou římsou tvoří dekor zejména maskaróny a reliéfy s rostlinnými motivy nad okny. Fasáda je v horní části zakončena výrazně plastickou korunní římsou. Vstup do objektu chrání dekorativní kované mříže.



1 | 2

Obr. 1 Celkový pohled na fasádu

Obr. 2 Detail výzdoby suprafenestry v patře

Cíle a metody restaurátorského průzkumu

Smyslem analýzy celku fasády bylo zjištění jejího stavu s ohledem na viditelná i latentní poškození. Dalším důležitým cílem bylo stanovení typů maltovin, popřípadě způsoby jejich aplikace. Jednalo se zejména o zjištění podílu románských cementů na výzdobě fasády. Průzkum také analyzoval to, zda byl povrch fasády po dokončení stavby ponechán bez nátěru nebo byl nátěrem opatřen.

Průzkum byl zaměřen především na přízemí a levou část prvního patra. Fasáda druhého patra nebyla prozatím průzkumu podrobena.

Vizuální nedestruktivní a chemicko-technologický průzkum byly dvě hlavní metody rozboru fasády. Vizuální průzkum byl prohlídkou v běžném denním osvětlení s viditelným určením stavu objektu. Jeho výstupem jsou zákresy stavu fasády a fotodokumentace. Chemicko-technologický průzkum byl zaměřen na laboratorní analýzy odebraných vzorků pro upřesnění technologie provedení obnovy fasády.

Restaurátorský průzkum

Podrobný průzkum odhalil řadu menších či větších poškození fasády. Ta jsou spojena s existencí objektu v čase i lidským faktorem.

Celek fasády je zanesen silnou vrstvou prachových depozitů a lokálně pokryt načernalými depozity. Barevné úpravy provedené v několika fázích se místy olupují a celkově zaslepují modelaci odlévaných i tažených prvků. Novodobé vysrávky maltou a přemalby přízemních partií jsou nevhodné jak z estetického, tak i funkčního hlediska. Jedná se o nevhodné cementové stěrky a neprodyšné nátěrové systémy nekompatibilní s původními vápennými nátěry. Přízemí fasády dlouhodobě trpí vzlínající vlhkostí. Další poškození fasády, vzniklá zanedbáním údržby objektu, jsou způsobena především špatným odváděním srážkové vody. Následkem jsou dutiny, praskliny a především výrazné úbytky originální hmoty fasády, kdy dochází až k obnažování cihlového zdiva. Destrukcí podléhají zejména podkladové vápenné omítky.



Obr. 3 Detail degradace omítek – diletantsky provedená ochrana proti zatékání

Součástí průzkumu byl odběr vzorků a jejich analýzy, dále pak také zkoušky technologií a aplikací. Plocha fasády byla pro přehlednost rozdělena na jednotlivé pracovní úseky. Rozbor byl zaměřen na zjištění skladby maltovin a jejich nasákovosti, stav kamene na schodech, vývoj barevných úprav a v neposlední řadě na obsah vodorozpuštěných solí a sádrovcových krust. Zkoušková etapa průzkumu byla zaměřena na možnosti čištění, respektive odstraňování starých nátěrů a aplikace malt na bázi románského cementu.

Co se týče složení maltovin, v zásadě je možné říci, že podkladová vápenná omítka je hrubší struktury s možnou příměsí hydrauliky. Rovné plochy a lisované profily byly opatřeny tenkou vrstvou červeno-hnědé malty na bázi románského cementu, pravděpodobně natíranou či kletovanou (horní část obr. 4). Ze stejné hmoty jsou zhotoveny tažené profily. Dílenské odlitky jsou celé z okrové hrubší malty z románského cementu (spodní část obr. 4). Odlitky z hrubšího typu malty jsou zpravidla kotveny na železné hřeby a pracovní otvory po nich i výrobní nedokonalosti jsou zataženy jemnou tmavší maltou. Zřejmá je snaha především o dobré tvarové provedení bez ohledu na barevnost. Celá fasáda byla v konečné fázi přetřena vápenným podkladovým nátěrem a sjednocena finálním nátěrem okrové barvy – pravděpodobně vápenocementový nátěr. Tloušťka finálního nátěru se liší podle způsobu a místa aplikace.



Obr. 4 Dva typy malt na bázi románského cementu

V nižších partiích fasády byla zjištěna výrazná kontaminace vodorozpuštěnými solemi, zejména anionty dusičnanů a síranů. Vizuelní průzkum a naměřené hodnoty poukazují na jejich dlouholetý ničivý účinek v omítkách. Kamenné schody jsou pokryty vrstvou nežádoucích sádrovcových krust, které se uvolňují i s autentickým pemřovaným povrchem.

Zkoušky čištění měly naznačit vhodné přístupy k odstranění silné vrstvy barevných úprav s obnažením maltovin. Bylo vyzkoušeno několik metod čištění. Jednalo se o suché a mokré čištění s mechanickým dočišťováním. Výchozím prostředkem byla nízkotlaková horká vodní pára doplňovaná čištěním skalpely a kartáčky. V další fázi bylo odzkoušeno čištění rotační abrazivní metodou (JOS) v kombinaci s regulovanou tlakovou vodou s různými abrazivy (jemně mletý dolomit, skleněná moučka, korund). Horká pára v kombinaci s ostrým mechanickým nástrojem se ukázala jako vhodná metoda, zejména pak při odstraňování moderních syntetických nátěrů v přízemní části (obr. 5). Nicméně v kontextu restaurování celkové plochy fasády by byl tento způsob na celoplošné využití neefektivní. K tomu se ukázala jako vhodná i relativně šetrná metoda kombinace tlakové vody s abrazivem a mechanickým dočišťováním. Jako abrazivum se osvědčila drčená skleněná moučka (obr. 7), naopak dolomit byl příliš měkký a na čištění časově náročnější (obr. 6), byť svůj účel splnil.



5 | 6 | 7

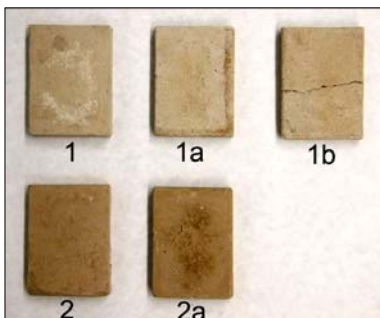
Obr. 5 Zkouška čištění parou

Obr. 6 Zkouška čištění s JOS – dolomit jako abrazivum

Obr. 7 Zkouška čištění s JOS – skleněná moučka jako abrazivum

Před zkouškami aplikací malt z románského cementu byly zhotoveny odlitky jejich vzorků. Na základě vzhledu obnažených původních omítkovin byly k odliť vzorků zkoušeny dva zvolené produkty – polský Folwark a rakouský W&P. První série byla kombinací těchto materiálů v poměru 1 : 1 a to celé 1 : 2 objemově s vápenným pískem. Vzorky 1a a 1b pak byly připraveny jako deaktivovaný románský cement, přičemž 1a obsahoval ještě kyselinu citrónovou jako retardér tuhnutí. Druhá série vzorků byla připravena ze stejné kombinace materiálů, ovšem v hmotnostním poměru 1 : 2 s pískem.

Po posouzení průběhu tuhnutí a vlastností vzorků bylo namícháno větší množství malty z první série zkoušek na zkouškové doplnění chybějící části fasády.



8 | 9

Obr. 8 Zkoušky malt z románského cementu

Obr. 9 Vzorová aplikace zvolené malty

Koncepce restaurování fasády

Po vyhodnocení průzkumu je předně nutné zmínit, že fasáda se nachází ve stavu vyžadujícím komplexní zásah. Přízemní partie trpí dlouhodobě vlivem vlhkosti a výraznou kontaminací vodorozpuštěnými solemi. Modelace fasády je zaslepená nánosy barevných úprav a nečistot, oplechování je špatně provedené, čímž dochází k zatékání srážkové vody, výrazná část omítkovin fasády je hloubkově degradovaná či neadekvátně vyspravena v minulosti. Po estetické stránce fasáda nepůsobí dobře především kvůli přemalbám v přízemí.

Důležitým aspektem obnovy je skutečnost, že fasáda provedená dvěma typy malt na bázi románských cementů byla od počátku prezentována jednotlívým nátěrem v barvě románského cementu. Při konzultaci s památkovým úřadem bylo předběžně odsouhlaseno úplné odstranění všech barevných nátěrů až na tyto maltoviny, neboť zde není technicky možné odstranit všechny vrstvy a ponechat pouze první nátěr, který je navíc zcela sulfatizovaný, a tudíž poměrně nevhodný.

Další dvě varianty připadající v úvahu, jako je šetrnější, lehčí čištění s ponecháním zaslepené modelace, nebo ošetření fasády jen nejnütnejším čištěním, by nebyly dostačtěně funkční. Omítka hladké přízemní soklové partie by měla být zcela odstraněna, zdívu ponechána možnost vysychání a poté omítka nahrazena první obětovanou odsolovací vrstvou či sanační omítkou, kterou bude nutné po čase s ohledem na vysoké zasolení opakovat. To ovšem v kontextu efektivitě práce souvisí s odstraněním příčin další degradace. Bylo by tedy vhodné odizolovat zdívu od chodníku a sanovat také suterén objektu. Sejmuty by měly být všechny silně degradované části omítky i novodobé rekonstrukce modelace, budou-li v průběhu čištění vyhodnoceny jako nevyhovující. Kromě zmíněného přízemního soklu se jedná o četné drobné vysprávky, či profil kordonové římsy.

Po celkovém očištění fasády by měly být odborně vyměněny veškeré klempířské prvky a zrevidována funkčnost novějšího odvodu srážkových vod ze střechy. Dalším krokem bude konsolidace narušených maltovin či jejich zajištění injektáží tak, aby již nedocházelo k zatékání a uvolňování modelace. K tomu by mohly být vhodné prostředky na bázi esterů kyseliny křemičité i samotný románský cement. Následně musí být vhodně rekonstruována veškerá chybějící modelace a obnovy povrchové úpravy.

Závěrem bude proveden fasádní nátěr vhodnou technologií (románský cement, nebo nátěr na vápenné bázi) v barevnosti navazující na původní zpracování. S největší pravděpodobností se bude jednat o jednotlívý monochromní nátěr jak aktivních, tak pasivních částí fasády.

Plastické vysprávky musí být složením, strukturou, barevností i úpravou povrchu co nejpodobnější autentičtěm materiálům, stejně jako podkladové vápenné omítky. Obnova by měla počítat s užitím malt podobných autentičtěmu červeno-hnědému typu a okrovému finálnímu nátěru. Neměly by být opomenuty ani kamenné schody, které jsou nedílnou součástí celku fasády a v případě ponechání vyžadují rovněž zásah,

zejména odstranění sádrovcových krust a hloubkovou konsolidaci. Jelikož jsou ale schody především funkčním a velmi namáhaným prvkem fasády a původní stupně již vykazují četné známky opotřebení a degradace, je možné zvážit jejich výměnu za nové, opět pískovcové. Vstupní mřížové dveře je potřeba nechat vyspravit, případně ošetřit zinkovou ochranou a opatřit nátěrem kovářské barvy.

Zvolený přístup k obnově fasády bude časově i ekonomicky náročnější. Na základě plánovaných úkonů bylo odhadnuto, že celkové restaurování zabere čtyřem restaurátorem 5 pracovních měsíců. Jednotlivé fáze rekonstrukce fasády budou konzultovány s památkovým dozorem a dalšími odborníky prostřednictvím realizace vzorových částí. Je potřeba citlivě reagovat na eventuelní operativní průzkumová zjištění.

Poděkování

Za spolupráci při realizaci průzkumu in situ děkujeme Mag. Art. Christianu M. Gurtnerovi a Mag. Art. Josefu Čepelkovi, Ing. Blance Kolinkeové za technologickou spolupráci, Ing. Karolu Bayerovi za koordinaci a Mgr. Zoje Matulíkové za umožnění analyzování fasády.

Formy a formování Románského cementu

Josef Jiroušek, RABAT ČR a. s.

Románské cementy v dekorativní sféře dosahují největšího rozšíření od poloviny 19. stol., přičemž lze říci, že tato epocha se kryje s rozmachem historizujících či eklektických slohů, s bohatým dekorativním plastickým aparátem s potřebou rychlé, levné, opakovatelné zdobnosti, jež bouřlivý rozvoj měst doprovází. Styl následující, secesní, v podstatě ještě dynamičtější, stále ještě využívá mocného aparátu stovek firem specializovaných na tuto manufakturní produkci, avšak přechodem k novému typu dekoru posouvá těžiště výroby od odlitků k taženým prvkům a modelaci z volné ruky, či prvkům tento typ technologie zdařile imitujícím. Doba geometrické secese, plastické dekorativnosti již více či méně zbavená, využívá ještě románského cementu ve formě některých speciálních technik (teraca, pemřovaného teraca a větších rovnoměrně pojednaných ploch převážně tažením či metodami zednickými). Je to již doba stagnace a počátku odklonu od tohoto materiálu. Válečná doba, nový pohled na svět, konečně nové metody výroby portlandského cementu znamenají jen jeho završení. Z toho vyplývá i časové vymezení zkoumaného období.

Štukatéři a restaurátoři se na fasádách setkávají s prvky často vysoké pevnosti a překvapivé odolnosti z těchto poživ.

Tvorba modelu v tomto období se prováděla jak pomocí náhledu a kopií z různých vzorníků, sestavených pro architekty, sochaře a štukatéry na základě sběru a překreslování na místech historických, tak kopírováním katalogů již vydaných, či sestavováním sbírek zcela nových, vniklých hlavně pro potřeby dekorování a štukatérství.

Tvorba modelu

Po výběru vhodného prvku v daném vzorníku jej štukatér přenáší do žádané velikosti na papír, z toho pak (konturou či vypichováním) na hliněnou destičku potřebné tloušťky, kterou si předem připravil. Pomocí tvarovacího nářadí vytváří trojrozměrný model. Jde-li o prvek komplikovaný jako girlanda, který je zapotřebí rozložit, přenáší jednotlivé dvou- a trojrozměrné obrazy na pauzovací papír, které pak sestavuje v celky často za pomoci armování rákosem či organtýnem. Dílo při práci přiměřeně rosí, aby nevyschlo a nedošlo k jeho deformaci. Složitě hlavice sloupů jsou vytvářeny buď skládáním jednotlivých listů či jako volná plastika. Některé modely jsou vytvářeny tažením pomocí šablony zakládané do tzv. vozíku. Jedná se o plech s vystřiženým profilem, přibitý na překližku, která je upevněna klínem ve zdvojené spodní desce vozíku, bočně zpevněna vzpěrami a na protilehlé straně opatřena „šlapkou“ – příčným dílem, který pojiždí na odlehle straně pracovníkově. Tažení modelů je prováděno zpravidla na jádře pro úsporu váhy a nákladů, přičemž jádro může být hliněné nebo skládané. Hliněné jádro se opatří nátěrem šelaku, aby šlo vyjmout, a zářezy zamezujícími klouzání taženého profilu po jádře. První je taženo jádro pomocí „předplechu“, po jeho úpravě pak samotný profil modelu.

Je třeba mít na paměti, že jde o model, proto jeho hrany musí být lehce kónické. Při druhém tažení je odstraněn předplech.

Kruhové modely se vytahují otáčením šablony kolem středu, čtvercové modely se vytahují přes roh stolu. Kuželky jsou vytáčeny na kónickém hřídeli otáčejícím se v dřevěné stoličce, přičemž šablona se přikládá vodorovně. Modely velkých váz a čučků se vytáčejí na rozměrném stojanu, kde šablona je upevněna na trnu svislém a model obíhá dokola. Konzole se sestavují z předem připravených boků vyřezaných ze sádrové desky, spojených rovnoběžně latěmi, na něž se nanáší vrstva juty namočené v sádře, která ponese spodní stranu konzole, vytaženou ze sádry pomocí šablony.

Želatinový otisk

Formy jednoduché lité slouží k otiskům modelů jednoduchých, různých růžic, čoček apod., kdyma sádrový či hliněný model natřený šelakem do vysokého lesku se nanáší separační vrstva stearinu rozpuštěnému v terpentýnu či petroleji, ohrádka kolem modelu musí rovněž být natřena separační směsí. Příprava želatiny probíhá vařením ve vodní lázni, po rozpuštění a zchladnutí je do ní vmíchán glycerin, který ji zvláčňuje. Na model lze ji nalévat po zchladnutí na teplotu, kterou ponořený prst snese. Je třeba lít bez bublin, případně je propíchnout připraveným drátem. Po zchladnutí lze formu sejmout, zapráší se klouzkem a vytrže roztokem kamence k vytvrzení. Před odléváním je třeba vytrít ji separační hmotou – roztokem stearinu.

Vysoké modely se odlévají do jednoduché formy kombinované s kadlubem, to znamená vnější sádrovou formou. Postup spočívá v přípravě kadlubu pomocí mezivrstvy hlíny opatřené zátkou pro lití a vzdušnicemi, nanesené na modelu. Okraj vrstvy hlíny je podélně otočen hliněnou páskou seříznutou směrem k modelu, nazývaným „pasr“. Jeho funkcí je přidržet formu ke kadlubu. Na vrstvu hlíny se vzdušnicemi a licí zátkou se nanáší sádra. Po zatvrdnutí je třeba formu očistit, vyhladit a natřít separátorem. Mezivrstva hlíny je odstraněna a do prostoru mezi sádrou a modelem se vlévá želatina. Hotová forma se následně upravuje způsobem výše uvedeným.

Složitější tvary se odlévají do dělených forem, kdy na začátku práce je třeba rozvrhnout, kde budou dělicí linie. Ty se pak nalepí na hliněný plášť svrchu dolů k základně, na níž model stojí, k nim se připevní pasr; hliněný plášť se výše uvedeným způsobem pokryje sádrou. Po jejím zatvrdnutí se hliněný pásek s pasrem musí odstranit, vyříznout zámký, separovat a stejně postupovat k dalšímu dílu. Do sádry je třeba vkládat dle velikosti modelu armaturu. Pak se kadlub rozebere, vyčistí, separuje, sestaví a stáhne kramlemi, do licího otvoru se nalije želatina. Po zchladnutí jej lze rozebrat, želatinu podle spáry kadlubu rozřezat. Jednotlivé díly ošetřit, jak bylo uvedeno. Složitostí modelu stoupá počet dílů, z nichž je forma složena.

Formy klínové

Do zavedení běžné výroby pomocí forem želatinových, které je spojeno s průmyslovou výrobou glycerinu, se používalo sádrových forem klínových. Klínové formy jsou tvarově

složitější, neboť se skládají z klínů a pláště, přičemž ten se může rovněž skládat z klínů. Postupuje se od místa na povrchu modelu nejvpadlejšího, které je třeba dorovnat do povrchu kónického, pro zajištění návaznosti s dalšími klíny. Klíny v proláklínách je třeba opatřit drátěnými očky – „majetkami“, která slouží k upevnění klínu a jejího vyjmutí. Klíny se oddělují plíšky vsazenými do modelu, prostor klínu se zakládá sádrou. Postupně se model pokrývá jednotlivými klíny. Pokud se jedná o složitý tvar, je někdy nezbytné provést klínování pláště. Na dosedacích plochách jednotlivých klínů je třeba provést zámky, tak aby po stažení byly k sobě fixovány bez možnosti posunu.

Formy ztracené

Slepé formy slouží k odlévání sochařských prací z hlíny. Pro výrobu dekorativních prvků se příliš nepoužívaly.

Formy dřevěné

Užívaly se již v dobách historických, pro práci s románskými cementy nacházely své uplatnění při fasádní tvorbě, otiskování – kvečování.

Odlévání

Odlévání do želatinových forem musí být dostatečně rychlé, aby působením vody nedošlo k bobtnání formy, zároveň je třeba uhlídat hydratační teplo. To jsou požadavky trochu protichůdné, avšak lze říci, že lze pracovat za běžných teplot tj. do 25 °C s pomocí zpozdovačů. Průtažné formy bylo možné odformovat, aniž by ještě odlitek dosahoval vysoké pevnosti, zůstal pak na stavbě vyskladněn k dozrání většinou ve sklepní místnosti s dostatečnou vlhkostí. Sádrové formy se využívaly na větší kusy (kuželky, čučky, velké konzole, atlanti a karyatidy), masa vytvářela hydratační teplo, které tato forma lépe snesla. Pro hrubé kusy se využívalo pomalejších verzí pojiva, byly-li na trhu. Velké sochy obsahovaly mnohdy všelijaké kameny, dlaždice, ohořelá polena apod., ne snad pro pouhou úsporu, ale ze snahy o zamezení smrštivých pohybů v čerstvém odlitku.

Na specifických rozměrných zakázkách se užívalo forem dutých, rotačních, tak jako se pracuje se sádrou. Rotací s postupným tuhnutím směsi byla odlita Zeměkoule Atlantova ve vstupu do Vrtbovské zahrady.

Dnešní situace

Dnes jsou rozšířeny zvláště formy silikonové s kadmíkem sádrovým nebo laminátovým. Oblíbené jsou místní silikony z kolínských závodů, dále pak silikony dovozové s vysokou mezí průtažnosti a nastavitelnou zatékavostí v celé škále pevností.

Nové materiály, které přitahují pozornost restaurátorů, jsou samoodpařovací separační hmoty jako cyklohexan, dále termoplastické materiály – tzv. umělé želatiny na bázi polyvinylchloridu: gelflex, dále termosety: melamin-formaldehydové, melamin-polyester-formaldehydové a polyester-formaldehydové pryskyřice.

Shrnutí

V období rozkvětu přírodních cementů je využívali zadavatelé i zhotovitelé ke komunikaci jak obecných vzorníků architektury, tak vzorníků firemních s ceníky, které velmi urychlovaly výrobu těchto prvků. Ta probíhala jednak na stavbě multiplikováním odlitků, jednak přípravou modelů a forem v dílně, či ještě dříve u stolu architektova. Obrovský rozmach nastal se zavedením průmyslové výroby glycerinu, který umožnil použití želatinových forem. Souběžně s odlišky se na stavbách provádějí dekorace tažené a otisky. Změny ekonomické, technologické i společenské po světové válce přispěly k odklonu od těchto pojmů. Z dnešního pohledu by si zdobnost slohu vyžádala neúměrnou pracnost a s ní spojené náklady.

Použitá literatura

Ludvík Losos, Miloš Gavenda: Štukatérství, Grada, Praha

Ottův naučný slovník

Martin Weber: Das Schleifen, Polieren, Farben und künstlerische Verzieren des Mramors wie auch aller andere Steinarten

Friedrich Schulze, Fritz Theilmann: Über das Stukateur Handwerk

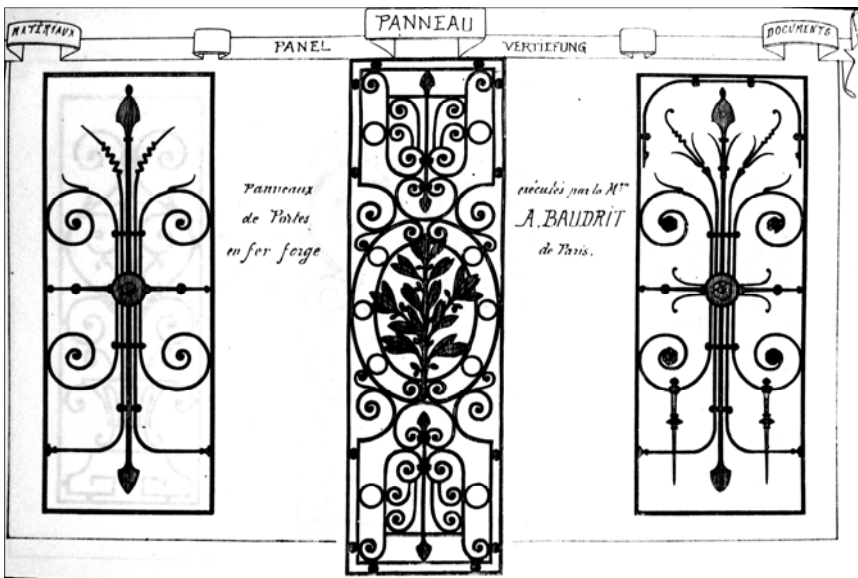
A. E. Gromov: Rabota štukatora modelščika

A. Raguenet: Matériaux et documents d'architecture classés par ordre alphabétique

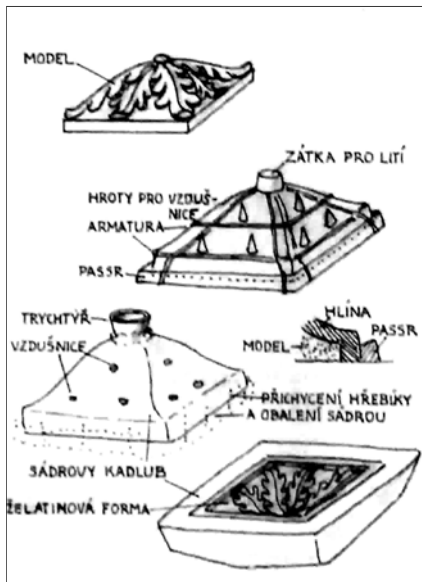
Obrazová příloha



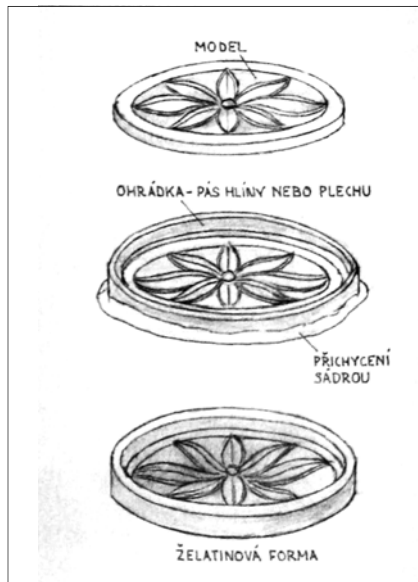
Vzorníky



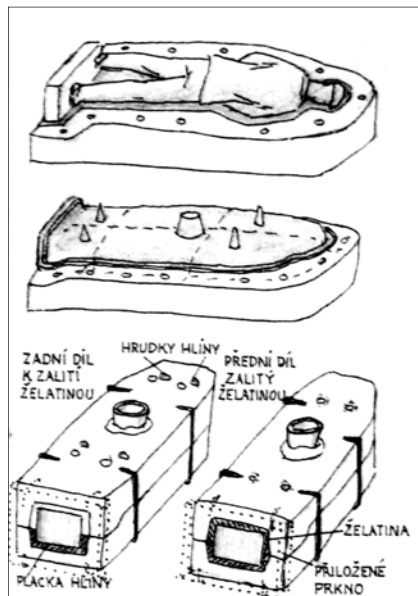
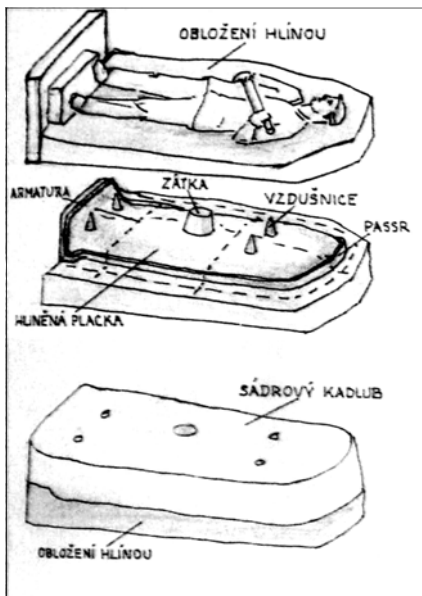
Ukázky ze vzorníku



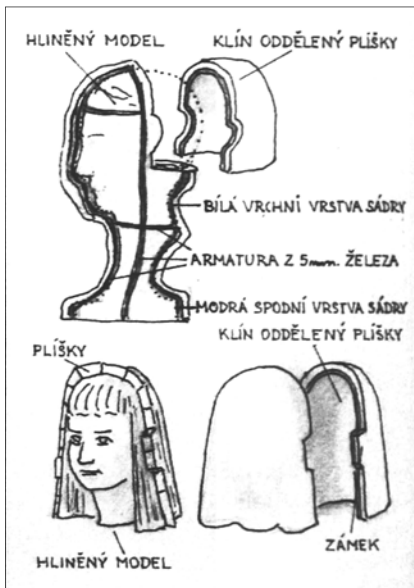
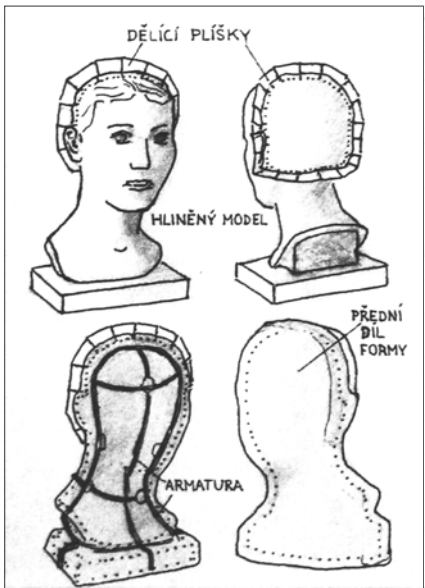
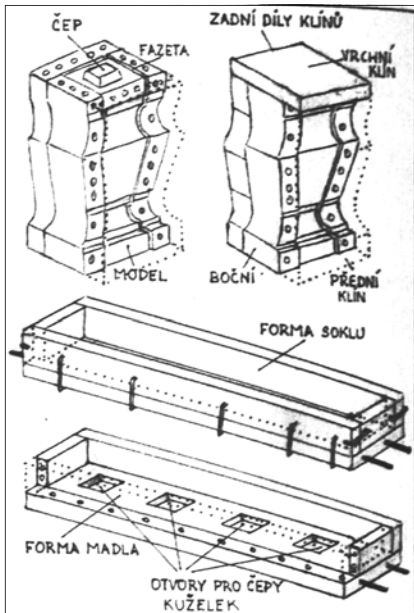
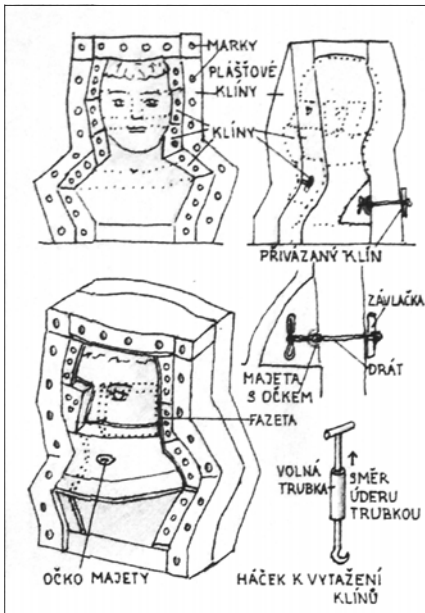
Jednoduchá želatinová forma s kadlubem



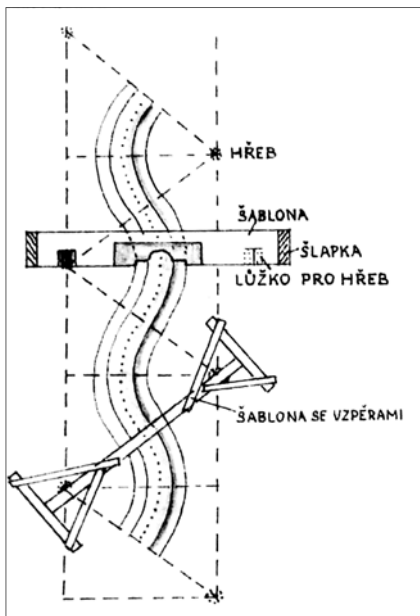
Jednoduchá želatinová forma



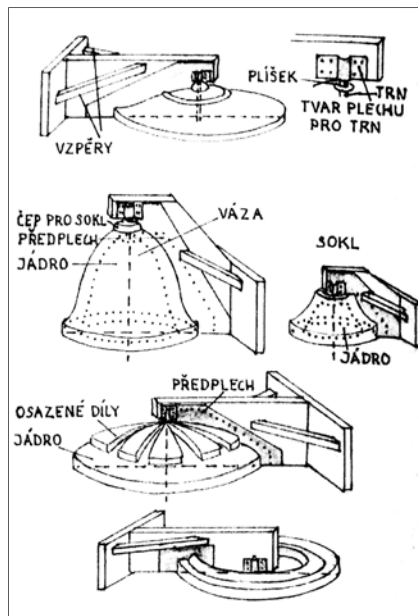
Kombinovaná želatinová forma se sádrová forma



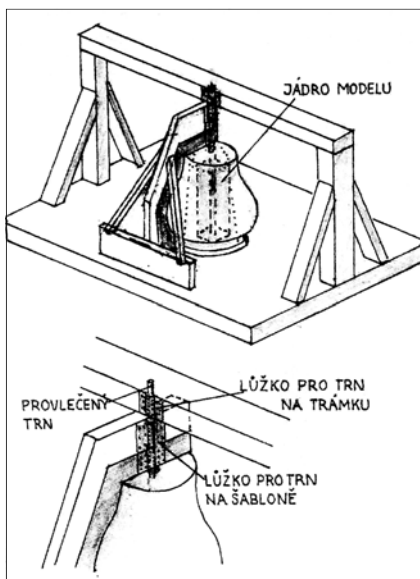
Sádrové klínové formy



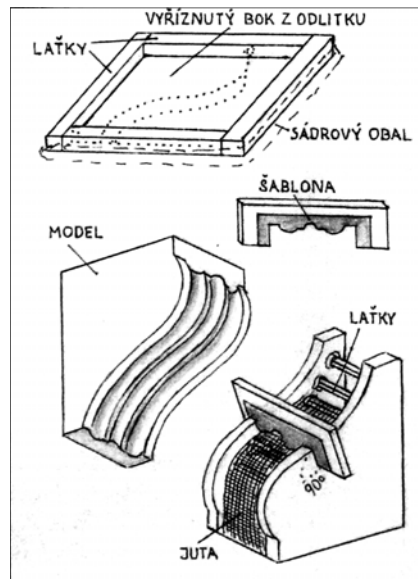
Tažení vlnovky



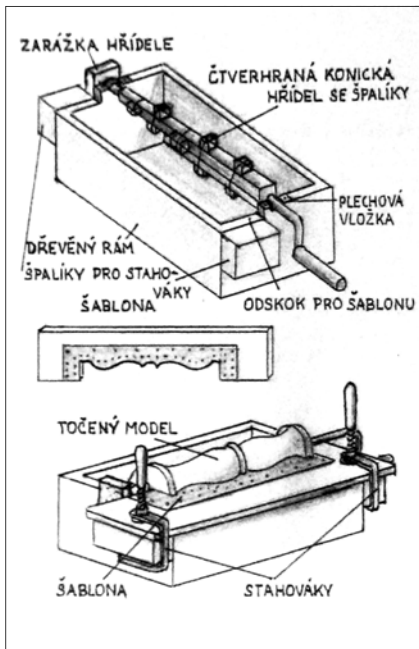
šablony pro kruhové trny



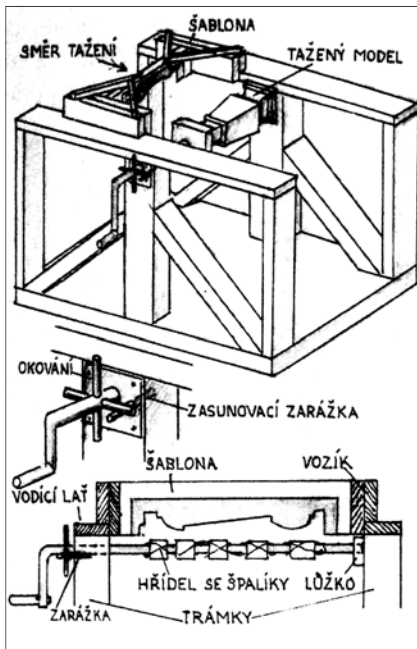
Stolice na vytočení větší vázy



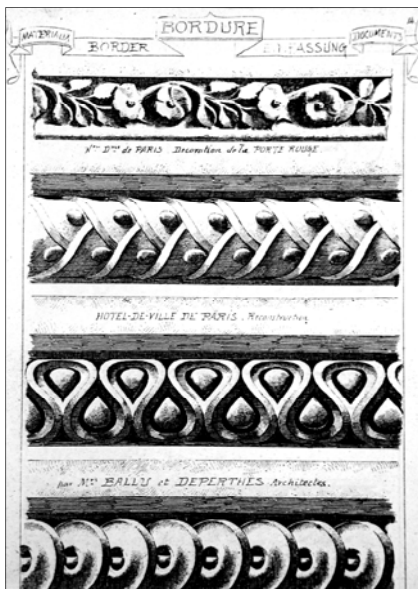
Zhotovení konzoly



Točení modelů kuželek



Stolice pro točení kubických těles



Ukázky bordur ze vzorníku

Činnost STOP v roce 2011

Semináře STOP 2011

<i>Název semináře</i>	<i>Datum konání</i>	<i>Místo konání</i>
Hydrofobizace stavebních památek – možnosti a rizika	17. 03.	Národní muzeum
Zateplení historických budov – nové trendy, zkušenosti, rizika	21. 04.	Národní muzeum
Sgrafita – možnosti a rizika restaurování	19. 05.	Národní muzeum
Možnosti financování restaurování a konzervování památek, praktické zkušenosti	15. 09.	Národní muzeum
Románský cement – historie, vlastnosti, možnosti použití	22. 09.	Národní muzeum
Opravy fasád historických budov – památkářské principy vs technická praxe	20. 10.	Národní muzeum
Povrchové úpravy kovů – preventivní ochrana proti korozi, umělá patina	24. 11.	Národní muzeum

Workshopy 2011

Restaurování a konzervování skla – problémy aplikovaných postupů při restaurování či konzervování skla, 5. října 2011, VŠCHT Praha

Nanotechnologie – základní informace o systémech využívajících „nanočástice“, jejich význam při ochraně památek

Geopolymery – shrnutí informací o možnostech využití v památkové péči

Program a přihlášky na setkání budou cca 3–4 týdny před termínem jejich konání zveřejněny na: <http://wstop.colweb.cz/aktual.html>

Publikace STOP 2011

Čtvrtletní časopis Zpravodaj STOP, roč. 13, (2011)

č. 1: Pórovitá a slinutá keramika – II. část

č. 2: Restaurování ostatků Sv. Reparáta a relikviářů z kláštera minoritů v Č. Krumlově

č. 3: Restaurování Filosofického sálu Strahovské knihovny

č. 4: Téma v přípravě

Ročenka STOP 2010

Sborníky ze seminářů STOP

Připravované monografie:

Petr Kotlík: Čištění kamene

Pavel Fára: Vlhkost v památkových objektech

Pavla Rovnaníková: Omítky

Sborník přednášek z odborného semináře
Společnosti pro technologie ochrany památek

Editor Olga Kotlíková

© STOP 2011