

Inovační zkušební postupy v péči o architektonické dědictví

Miloš Drdáký

Ústav teoretické a aplikované mechaniky AV ČR, Centrum excelence Telč
Institute of Theoretical and Applied Mechanics AS CR, Centre of Excellence Telč
drdacky@itam.cas.cz

Abstract

Innovative Testing Solutions for Safeguarding Architectural Heritage

The contribution presents several innovated or newly developed techniques for testing historic materials which enable a material to acquire characteristics not achievable in another way due to specific constraints posed by the conservation policies. It will show an assortment of methods – from very simple and affordable to rather sophisticated ones available with special equipment only. As an example of the affordable methods let us present one for the testing of surface quality and material sorption of liquids in situ, which represents one of the very basic and indispensable techniques in conservation practice. An innovated device has been developed within the research programme of the EC FP6 STONECORE project. The system is based on a micro tube outlet and takes advantage of continuous electronic measurement of water infusion into the surface. The system includes the storage of digital data, enabling semi-automatic long term measurement and recording of the water sorption from the onset. The method of measurement reduces the number of operators, is more precise, more effective and faster than the older Karsten tube method. Furthermore, non-standard testing of surface cohesion, materials strengths and the reinforcing effects of various consolidation agents will be described and illustrated. In contrast, the presentation also includes methods supported by modern equipment, e.g. digital image correlation measurements, X-ray microtomography and methods where rather simple physical principles are combined with numerical analysis, thereby enhancing their potential.

Klíčová slova: zkoušení materiálů a konstrukcí, mechanické vlastnosti, nasákavost, mikro-tomografie

Keywords: testing of materials and constructions, mechanical characteristics, water absorption, micro-tomography

1. Úvod

Terénní zkoušení historických materiálů či hodnocení efektivnosti konzervačních a restaurátorských zásahů *in situ* vyžaduje vývoj a aplikaci speciálních nestandardních zkušebních metod a technik. V současné době tento přístup typicky využívá kombinaci jednoduchých fyzikálních principů a postupů s moderními technologiemi a technikami záznamu dat a jejich vyhodnocování. Samozřejmě jsou navrhovány a využívány i mnohem sofistikovanější metody a nástroje. Článek krátce informuje o vývoji v této oblasti a na příkladech představuje novou výzkumnou infrastrukturu pro interdisciplinární výzkum problémů kulturního dědictví.

2. Investičně nenáročné zkušební metody *in situ*

2.1 Měření povrchové nasákavosti

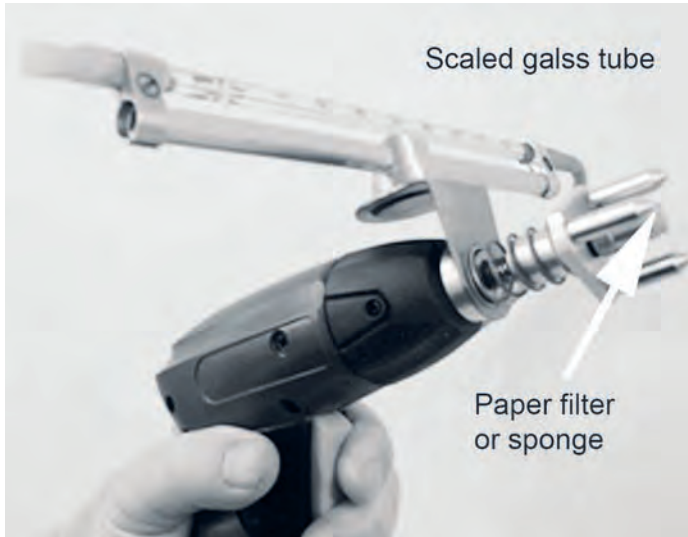
Jako první představme jednoduchou metodu měření povrchové nasákavosti. Navrhli jsme ji pro terénní měření místo používané metody tzv. Karstenovy trubice. Karstenova trubice byla před několika lety zavedena do restaurátorské praxe jako průzkumná metoda měření koeficientu nasákavosti *in situ*. Metoda byla vyvinuta pro jiné účely a má řadu nevýhod a aplikačních obtíží. Hlavním problémem je fixace těžké skleněné trubice na vertikální povrchy, zejména pokud je jejich soudržnost značně narušena. Měření na skloněných površích a na stopech je zcela vyloučeno. Použití vyžaduje práci dvou operátorů – jeden pozoruje pohyb vody proti stupnici na skleněné trubici a závislosti na čase a druhý zaznamenává měřená data. Dalším problémem je znečištění povrchu měřených objektů těsnícími tmely i vlastní zajištění dokonalého těsnění.

Inovovaný systém s mikrotrubicí využívá možnosti elektronického záznamu měřených dat, schopnosti měřit nasákavost od samého počátku dosažení kontaktu kapaliny s povrchem a dále schopnosti provádět kontinuální měření pronikání vody do povrchu. Metoda umožňuje měřit na skloněných plochách, například na klenbách, a na velmi zakřivených površích, typických na sochách, neboť plocha kontaktu s povrchem je velmi malá – průměr výtoku měří jenom několik mm. Mikrotrubice nemusí být k povrchu upevněna a nevyžaduje ani speciální těsnění tmelem (Drdácký et al. 2011,¹ Drdácký et al. 2013 (in press a)²).

Verze pro měření *in situ* je ukázána na obr. 1. Mechanická část přístroje ve tvaru pistole

- 1 DRDÁCKÝ, Miloš; ČERNÝ, Miloš; SLÍŽKOVÁ, Zuzana; ZÍMA, Pavel. Micro tube device for innovative digital water uptake measurements. In M.Krüger (ed.), *Cultural Heritage Preservation; Proceedings of the European Workshop, Berlin, 26-28 September 2011*. 2011, Stuttgart, Fraunhofer IRB Verlag, pp. 126–130. ISBN 978-3-8167-8560-6.
- 2 DRDÁCKÝ, Miloš; HASNÍKOVÁ, Hana; LESÁK, Jaroslav; ZÍMA, Pavel (in press a). Innovated water uptake measurements on historic stone surfaces. In *Proc. of the 12th Congress on Deterioration and Conservation of Stone, 22-26 October 2012*, New York, 2013.

sestává z kapilární trubice, případně jiné trubice se stupnicí, protože zařízení lze použít i pro měření pomocí Karstenovy trubice či trubice Mirowského a otočně připojeného vertikálně nebo horizontálně upevnitelného držáku trubice. Mikrotrubice je spojena hadičkou s výtokovou hubicí, kloubově podepřenou opěrou ve tvaru trojnožky. Přístroj má spoušť pro manuální záznam dat a je spojen kabelem s programovatelnou záznamovou jednotkou s pamětí.



*Obr. 1 Přístroj ve tvaru pistole se záznamovou jednotkou.
(Foto M. Drdácý, 2010)*

Jednotka zaznamenává časové intervaly odpovídající definovanému objemu vody absorbované zkoušeným materiálem. Rychlost vsakování je sledována na mikrotrubici se stupnicí. Vodorovná kapilární trubice se výhodně používá pro měření na skloněných površích. Spoušť na pistolí je mikrospínačem, který je ovládán operátorem a řídí ukládání okamžitých časových dat do paměti počítače v odpovídajícím otevřeném souboru aktuálního měření. Operátor stiskne spoušť v okamžiku přechodu menisku v kapiláře přes čáru na stupnici, což v typickém případě odpovídá nasáknutí objemu 0,01 ml vody. Samozřejmě mohou být použity trubice s různým objemem vody. Spoušť je spojena kabelem s elektronickou částí přístroje pomocí konektoru. Přístroj je programován pro záznam 40 skupin měření, to znamená, že lze měřit na 40 místech bez vyprázdnění paměti. Paměť se vymazává při exportu měřených souborů do počítače a přístroj je pak připraven k další sérii měření. Měření je velmi rychlé a přístroj je velmi operativní i v komplikovaných situacích, např. při měření na tvarově složitých objektech (sochách) nebo v obtížných situacích (horolezecká měření na útesech apod.).

Pro laboratorní měření je mikrotrubice se stupnicí nahrazena kalibrovanou nádržkou s plovákem, který je spojen elektrickým snímačem, což umožňuje dlouhodobé spojitě měření průniku vody do materiálu. Během měření je nádržka doplňována vodou a pohyb plováku je zaznamenáván. Výtoková hubice s cigaretovým filtrem je spojena s nádržkou hadičkou jako v předchozím případě.

2.2 Zkoušení konsolidace odtrhem plastového pásku (peeling test)

Zkoušení odtrhem se používá pro určení povrchové soudržnosti materiálu. Může být využito pro odhad degradace povrchu a/nebo pro odhad změny kvality povrchových vlastností po aplikaci konsolidačního prostředku nebo po jiném restaurátorském zásahu, např. čištění povrchu. V průběhu zkoušky je lepidlo opakovaně přiloženo ve stejném místě na zkoušený povrch a odtrháváno³. Měří se množství materiálu, které po odtržení ulpělo na pásku, nejlépe pomocí vážení na laboratorních vahách.

Proces předpokládá, že po skončení testu je možno určit asymptotickou hodnotu množství odtrhávajícího materiálu, v grafu na obr. 2 je označena jako A [g]. Tato hodnota charakterizuje kohezní podpovrchovou pevnost a může být vztažena k dalším pevnostním charakteristikám materiálu (Drdáček et al. 2012).⁴ Základní aplikační strategie využívá opakovaného odtrhávání na stejném místě povrchu, aby se vyloučil vliv přirozeně snížené přilnavosti degradovaných povrchových zrn a ker materiálu k podpovrchovým vrstvám materiálu, což by mohlo být při měření po restaurátorském zásahu chybně interpretováno jako konsolidační efekt. Procedura měření a diskuse různých faktorů ovlivňujících měření je detailně popsána např. v (Drdáček et al. 2012⁵). Kohezní charakteristika je počítána aproximační funkcí hmotností odtrhávajícího materiálu $m(n)$ ve tvaru

$$m(n) = A + B e^{-Cn} \quad (1)$$

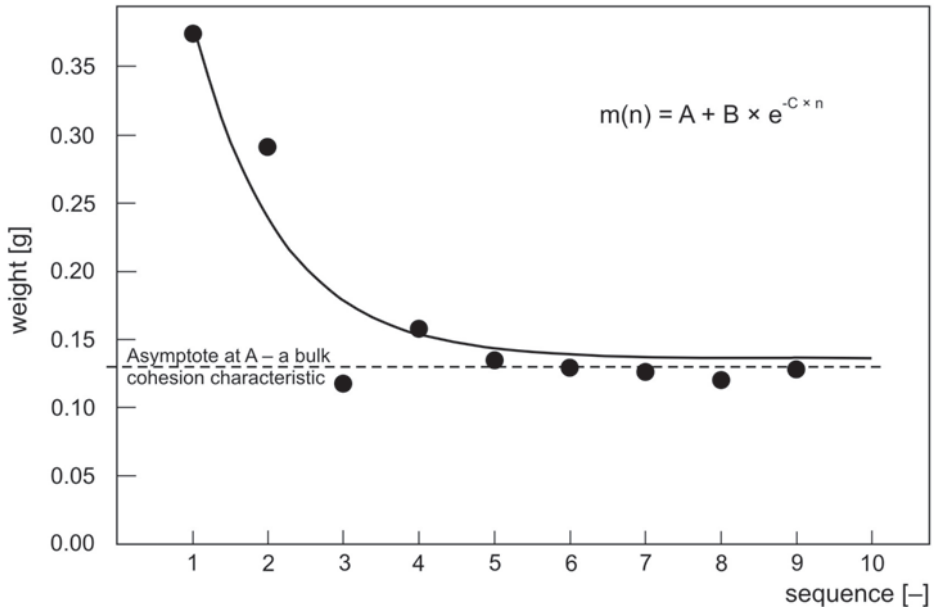
kde n je pořadí měření v daném místě, $m(n)$ hmotnost (váha) uvolněného materiálu z povrchu při tomto n -tém odtrhu a A , B , C konstanty.

Odrhová zkouška (peeling test, „Scotch Tape Test“) byla v restaurátorské a konzervační praxi používána již více než 40 let pro odhad efektivnosti konsolidace kamene bez podpory jakékoli normy nebo ověřeného doporučení pro její aplikaci. Její použitelnost byla přeceňována a užívání bez adekvátních znalostí a dostatečného porozumění vedlo k neporovnatelným, nereprodukovatelným a v mnoha případech i nesprávným a zkráceným výsledkům a odhadům. Proto byla vypracována a ověřena spolehlivá metodika a standardizován protokol pro zkoušení kohezních charakteristik křehkých a kvazikřehkých materiálů, zejména malt a kamene.

3. Nestandardní zkoušky mechanických charakteristik

Velmi dobře známá omezení odběru vzorků historických materiálů z existujících budov nebo památkových objektů a konstrukcí nutí badatele používat jednak destruktivní zkoušky na malých nestandardních tělesech, jednak vyvíjet nové přístroje pro mikrozatěžování materiálů *in situ*. Několik metod takto bylo nedávno vyvinuto a zavedeno do výzkumné i inženýrské praxe.

- 3 DRDÁČEK, Miloš; SLÍŽKOVÁ, Zuzana. Lime-Water Consolidation Effects on Poor Lime Mortars. *APT Bulletin: Journal of Preservation Technology*. 2012, 43(1): 31-36. ISSN 00449466.
- 4 DRDÁČEK, Miloš; HASNÍKOVÁ, Hana; VALACH, Jaroslav. Complex comparative tests on historic stone. In *EUROMED 2012 4th International Conference "Progress in Cultural Heritage Preservation" - Short Papers* (M. Ioannides, D. Fritsch, J. Leissner, R. David, F. Remondino, R. Caffo - eds.), 2012, Multi-Science Publishing Co. Ltd., Brentwood, Essex, UK, pp. 337–341. ISBN 978-1-907-132-414.
- 5 DRDÁČEK, Miloš; LESÁK, Jaroslav; RESCIC, Silvia; SLÍŽKOVÁ, Zuzana; TIANO, Piero; VALACH, Jaroslav. Standardization of peeling tests for assessing the cohesion and consolidation characteristics of historic stone surfaces. *Materials and Structures*, 2012, 45 (4) : 505-520. ISSN 1359-5997.



Obr. 2 Typický graf závislosti odlučovaného množství materiálu při odtrbové zkoušce pomocí lepidelného plastového páska.

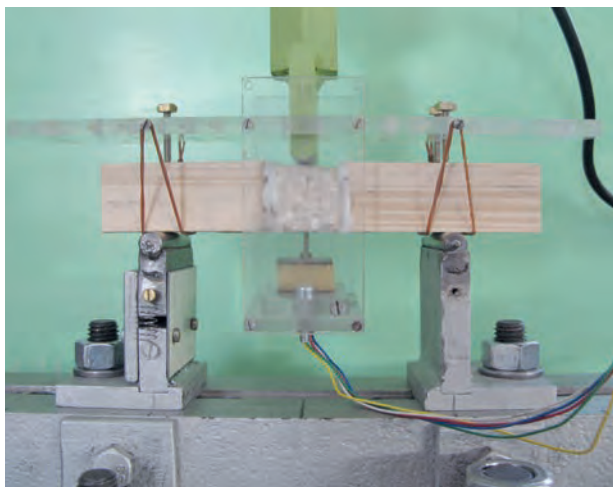
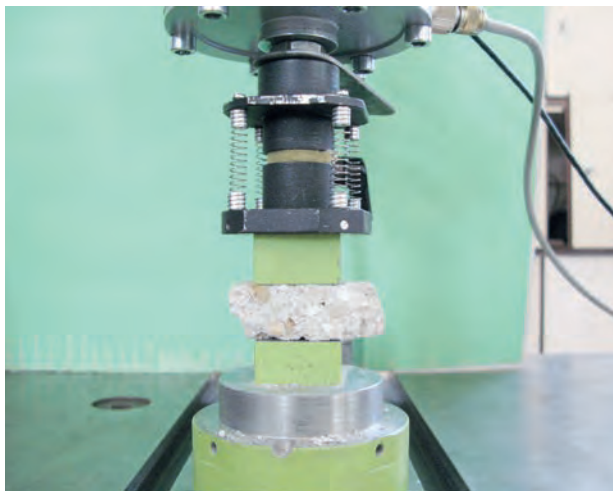
3.1 Nestandardní zkoušení malt

U destruktivních zkoušek se zaměříme zejména na kvazikřehké materiály (malty), přestože zkoušení malých zkušebních těles odebraných i z jiných materiálů je v posledních letech silně rozvíjeno, např. u dřeva (Binda et al. (eds.), 2007)⁶ či kamene (Drdácý & Slížková, 2008).⁷

Zkoušky historických malt se provádí na zkušebních tělesech, vyrobených ze vzorků odebraných na historických objektech, a jejich menší rozměr obvykle nepřesahuje 20 mm, neboť se malty odebírají především ze spár zdiva. Nelze tedy vyrobit standardní zkušební tělesa podle odpovídajících norem. Pevnosti v tlaku naměřené na plochých zkušebních tělesech jsou vždy vyšší, než pevnosti zjištěné na krychlích nestandardních i standardních rozměrů. V inženýrské praxi je však zavedeno určovat kvalitu malty podle standardních pevností. Proto autor tohoto článku odvodil poloempirický korekční vzorec, kterým lze přepočítat experimentálně zjištěné tlakové pevnosti na plochých nestandardních vzorcích na ekvivalentní standardní pevnosti. Níže uvedený vzorec platí pro vápenné malty nízkých pevností (degradované či chudé na pojivo)

6 BINDA, Luigia; DRDÁČKÝ, Miloš; KASAL Bo (eds.). *In-Situ Evaluation & non-destructive testing of historic wood and masonry structures*. Praha : NSF/MŠMT/RILEM, ITAM, 2007. ISBN 978-80-86246-36-9.

7 DRDÁČKÝ, Miloš; SLÍŽKOVÁ, Zuzana. Performance of glauconitic sandstone treated with ethylsilicate consolidation agents. In J.W.Lukasiewicz, P.Niemcewicz (eds.), *Proceedings of the 11th Int. Congress on deterioration and conservation of stone*, Vol.2, 2008, Nicolaus Copernicus University Press, Toruń, pp.1205–1212. ISBN 978-83-231-2237-1.



Obr. 3 a, b V levé části je ukázána zkouška tlakové pevnosti na plochém vzorku malty, v pravé části zkouška protězané malty – obě tělesa byla vyrobená z římské vápenné malty Augustova mostu v Narni (Itálie). (Foto P. Zima, 2010)

o charakteristické normové pevnosti kolem 0,365 MPa, čemuž odpovídá poměr vápna ku písku v množství přibližně 1 : 9 (obj.). Pro jiné pevnosti malt se mění mocnitél ve vzorci

$$f_c = f_c / (h/a)^{-1,9} \quad (2)$$

kde f_c označuje vypočítanou ekvivalentní tlakovou pevnost, f_e je experimentálně zjištěná tlaková pevnost a h/a je štíhlost zkušebního tělesa (a je menší délka hrany základny a h tloušťka tělesa). Vzorec dále platí pro tělesa s délkou základny a okolo 40 mm.

I ohybové zkoušky lze provádět na vzorcích malých rozměrů, odebraných z historických objektů. Délka maltového tělesa může být nastavena symetricky přilepenými protězami z jiného materiálu, nejlépe dřeva, protože je levné, dobře se obrábí i lepí. Maltový vzorek je třeba prodloužit na délku splňující Navierův **předpoklad lineárního rozložení napětí po průřezu při ohybu, tedy na délku rovnou nejméně pětinašobku výšky zkušebního trámečku**. Zjištěné pevnosti dobře korelují se standardními pevnostmi, měřenými na standardních vzorcích. Nicméně i zde je

třeba provádět korekce vzhledem k malé velikosti vzorku (Drdácký 2010⁸, Drdácký et al. 2013⁹). Obr. 3 ukazuje typické zkoušky plochých vzorků v tlaku a protézovaných vzorků v ohybu.

3.2 Zkoušení mechanických vlastností dřeva *in situ*

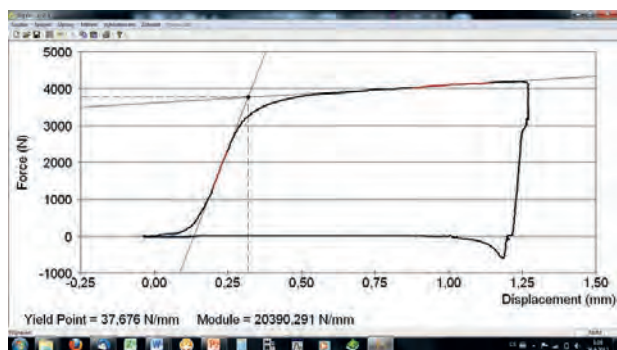
U historických dřevěných konstrukcí v poslední době preferujeme zjišťování mechanických vlastností *in situ* bez extrakce vzorků materiálu. Je to ovlivněno zejména tím, že mechanické vlastnosti historického dřeva na povrchu se dostí liší od vlastností uvnitř profilu jak z důvodů morfologických, tak z důvodů případné degradace. Vedle nového zařízení na protlačování trnu celým profilem, které je navíc kombinováno s možností vytrhávání vrutu (Kloiber et al. 2011¹⁰, Tannert et al. in press¹¹, Kloiber et al. 2012¹²), obr. 4, stojí za zmínku především nový mikrolis pro měření tlakové pevnosti i deformačních charakteristik uvnitř vyvrtaného otvoru o průměru 10 mm (Kloiber & Drdácký 2012¹³), obr. 5. Toto zařízení umožňuje měřit tlakovou pevnost dřeva podél celé výšky profilu trámu a tak dává restaurátorovi nebo inženýrovi potřebné informace pro výpočet bezpečnosti dřevěného prvku, případně pro návrh jeho opravy nebo zesílení. Otvor má zanedbatelný vliv na únosnost a deformaci zkoušeného prvku a může být snadno opraven vlepáním dřevěného kolíku. Jedná se o velmi šetrně destruktivní zkoušku.

4. Počítačově podporované metody

Přestože výše zmíněné metody a přístroje využívají počítačem podporovaný záznam dat nebo vyhodnocování, nejsou závislé na sofistikovaných numerických řešeních nebo na masivních výpočtech. Nicméně počítače otevřely dveře vývoji a zavádění nových vysoce pokročilých experimentálních přístupů a metod i do oblasti výzkumu a průzkumu kulturního dědictví a do studia chování historických materiálů, vystavených účinkům rozmanitých vlivů a zatížení.

Cílem článku není provedení detailního rozboru a přehledu takových moderních metod. Záměrem je pouze na možnost aplikace upozornit a odkázat čtenáře na další literaturu, která

-
- 8 DRDÁCKÝ, Miloš. Non-Standard Testing of Mechanical Characteristics of Historic Mortars, In *Journal of Architectural Heritage*. 2011, 5 (4-5) : 383-394. ISSN 1558-3058 (print) / 1558-3066 (online).
 - 9 DRDÁCKÝ, Miloš; FRATINI, Fabio; FRANKEOVÁ, Dita; SLÍŽKOVÁ, Zuzana. The Roman mortars used in the construction of the Ponte di Augusto (Narni, Italy) – A comprehensive assessment. *Construction and Building Materials*. 2013, 38, pp. 1117–1128. ISSN: 0950-0618 (<http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.09.044>).
 - 10 KLOIBER, Michal; TIPPNER, Jan; DRDÁCKÝ, Miloš. Semi-destructive Tool for „In-situ“ Measurement of Mechanical Resistance of Wood. In *Structural Health Assessment of Timber Structures; Proceedings SHATIS '11 International Conference June 2011*. 2011, Lisboa, Portugal, LNEC, pp. 231–233 (plná verze na CD).
 - 11 TANNERT, Thomas; ANTHONY, Ron; KASAL, Bo; KLOIBER, Michal; PIAZZA, Maurizio; RIGGIO, Mariapaola; RINN, Frank; WIDMANN, R.; YAMAGUCHI, N. (in press). Recommendation of RILEM TC 215-AST: In-situ assessment of structural timber using Semi Destructive Techniques. *Materials and Structures*. ISSN: 1359-5797.
 - 12 KLOIBER, Michal; TIPPNER, Jan; HRIVNÁK, J.; PRAUS, L. Experimental verification of a new tool for wood mechanical resistance measurement. *Wood Research*. 2012, 57(3). ISSN: 1336-4561.
 - 13 KLOIBER, Michal; DRDÁCKÝ, Miloš. *Patent application PV 2012-460 (In situ measurement of compressive strength and modulus of deformation in a hole)*. 2012.



Obr. 5 a, b Mikrolis pro měření tlakové pevnosti dřeva uvnitř vyvrtaného otvoru a typický pracovní diagram zkoušky pevnosti. (Foto M. Kloiber, 2012)



se k tématu vztahuje, např. (Drdácký et al., 2008).¹⁴ Jedním z neúčinnějších nástrojů je digitální korelace obrazu, která umožňuje sledovat odezvu materiálu v ploše nebo provádět zkoušky na přírodních vláknech (Valach & Drdácký, 2008).¹⁵ Obecně jsou takové metody a techniky, které zobrazují 2D chování materiálů, preferovány před bodovým měřením, neboť většinou zkoumáme nehomogenní a neizotropní materiály, často i s defekty, a plošné odezvy mohou jednak tyto defekty odhalit, jednak lépe popsát charakteristické chování materiálu.

Počítačové zpracování velkých objemů měřených dat je základem počítačové tomografie, která umožňuje pohled do 3D struktury materiálů a je vhodná pro sledování šíření defektů či pro popis skutečného tvaru a propojení pórů, což není možné zjistit jinými metodami. Příklad je demonstrován na obr. 6.

14 DRDÁCKÝ, Miloš F; VALACH, Jaroslav; JANDEJSEK, Ivan; JIROUŠEK, Ondřej; VAVŘÍK, Daniel. Advanced surface and tomography measurements on materials and structures. In L.Binda, M. di Prisco, R.Felicetti (eds.), *On Site Assessment of Concrete, Masonry and Timber Structures S.ACoMaTis 2008; Proceedings of the First International RILEM Symposium*, 2008, RILEM Publications S.A.R.L., Bagneux, pp.389–400. ISBN 978-2-35158-062-2 (Vol.1).

15 VALACH, Jaroslav; DRDÁCKÝ, Miloš, F. An effective method for monitoring and optical characterization of degraded historic stone and mortar surfaces, In P.Tiano and C.Pardini (eds.), *Proceedings of the International Workshop*. 2008, ICVBC Florence, Edifir – Edizioni Firenze, pp. 37–44. ISBN 978-88-7970-390-1.



Obr. 6 a, b Levá část ukazuje příklad počítačové tomografie pórové struktury bentonitové odsolovací omítky, pravá část příklad biologicky poškozeného dřeva.

5. Nové Centrum excellence Telč pro výzkum interdisciplinárních problémů kulturního dědictví

V roce 2012 bylo otevřeno v Telči – městě světového kulturního dědictví pod ochranou UNESCO – nové výzkumné centrum Ústavu teoretické a aplikované mechaniky AV ČR, vybudované s podporou tzv. strukturálních fondů a národního příspěvku MŠMT v rámci operačního programu VaVpI, prioritní osa 1, které je primárně zaměřeno na pokročilý interdisciplinární výzkum kulturního dědictví.

Centrum excellence Telč (CET) je zřízeno pro výzkum materiálů a konstrukcí, zejména historických. Je vybaveno jedinečnou infrastrukturou speciálně navrženou a vyrobenou pro získávání základních poznatků i pro ověření aplikačního a inovačního potenciálu nově vyvinutých technologií diagnostiky, prodloužení životnosti, preventivní ochrany a záchrany i dlouhodobě udržitelného užívání stávajícího stavebního fondu. Tato infrastruktura sestává zejména z klimatického větrného tunelu „Čeňka Strouhala“ ekologicky a ekonomicky optimalizované velikosti pro výzkum stavebních materiálů a technologií a vybaveného v ústavu vyvinutými měřicími a simulačními nástroji. Dalším prvkem je unikátní pracoviště pro rentgenovou velkoplošnou mikro a nano tomografii s vysokým rozlišením. CET provozuje i modul specifických databází a nástrojů pro výzkum a monitorování vlivu klimatu a jeho změn na chování a životnost materiálů a konstrukcí, včetně architektonického dědictví. Vlastní i jedinečný mobilní systém pro specifické úkoly záchrany kulturního dědictví v nouzových situacích.

Významnou náplní CET je modelování chování historických i moderních materiálů a konstrukcí při synergickém působení klimatických činitelů. Zde je vědeckým cílem řešených úloh vytvoření modelů interakcí těles s okolním prostředím. Využívá se znalostí, získaných numerickým i experimentálním modelováním působení větru na stavební objekty, včetně památek, s uvážením vlivů dalších povětrnostních faktorů – teploty a jejích náhlých nebo cyklických změn i deště. Dalším cílem je získání nových poznatků a znalostí pomocí dlouhodobého a udržitelného monitoringu a modelování chování reálných konstrukcí, vystavených dlouhodobě účinkům povětrnosti a náchylných ke kmitání a poškození vysoko cyklovou únavou. Výstupy vědeckých projektů jsou návrhy na řešení otázek aeroelastického a aerodynamického chování

konstrukcí, modely a návrhy opatření na zvýšení pohody prostředí v sídelních útvarech a v okolí dopravních staveb při uvážení poznání a simulace nejvýznamnějších klimatických parametrů jako je vítr, teplota, solární radiace, déšť a vlhkost působící na budovy, historické objekty a památky. Klimatický tunel umožňuje modelovat rychlost větru do 30 m/s při současném působení deště nebo slunečního záření, případně při cyklických změnách teploty od -5°C do $+5^{\circ}\text{C}$.

Vědeckým cílem studia životnosti a degračních procesů v konstrukčních materiálech a jejich povrchových úpravách pokročilými experimentálními metodami je získání nových poznatků o stárnutí a korozi materiálů, zejména kovů, kamene a anorganických kompozitů a nalezení optimálních způsobů jejich povrchových ochran. Budou vytvořeny modely degradace materiálů a kalibrovány a verifikovány pomocí infrastruktury centra, dlouhodobého monitoringu a studia chování materiálů v reálných klimatických podmínkách. Dalším cílem je získání dat o životnosti historických materiálů, návrh metodiky a realizace monitorování chování materiálů a konstrukcí včetně sledování poruch na památkách. Dílčím cílem je vytvoření inovované a udržované databáze stavebních vad a poruch. S ohledem na naplnění zmíněných vědeckých cílů CET vybuduje odpovídající unikátní experimentálně analytickou infrastrukturu, která bude využitelná i pro obecnější úlohy. Tento výzkumný balík proto plánuje vývoj nových experimentálních metod včetně vypracování návrhu nových nebo inovovaných metodik, přístrojů a zařízení, zejména pro zkoušení dřeva a anorganických kompozitů. Výzkumné úlohy využívají laboratoř rentgenové a neutronové radiografie a mikrotomografie se světově unikátním polovodičovým senzorem o velikosti 6,5 MB pixelů na ploše 150 x 150 mm a speciálních klimatických a analytických laboratoř, vybavených klimatickými komorami všech typů.

Další soubor laboratoř a výzkumných týmů se zabývá návrhem, vývojem a ověřením nových materiálů a technologií, kompatibilních s historickými materiály a technologiemi, zaměřených na konsolidaci a restaurování degradovaných historických materiálů, na prodloužení jejich životnosti a životnosti památkových objektů. Zvláštním cílem je návrh systému analýzy dopadů přírodních katastrof a jiných hrozeb na stavební fond se zvláštním zřetelem k udržitelnosti kulturního dědictví a navržení postupů a technologií vedoucích ke zmírnění škod způsobených tímto nebezpečím. Mezi přírodní nebezpečí (zejména zemětřesení, povodně a sesuvy půdy) jsou zahrnovány i účinky povětrnostních faktorů. Tento balík se bude zabývat i vývojem metodiky optimalizace záchranných zásahů za použití mobilních diagnostických laboratoř v případech nouzových situací. Významným cílem je i vytvoření metodik a nástrojů pro posuzování a hodnocení dopadů rozvojových programů (cestovní ruch, lokalizace, nová architektura apod.) na udržitelnost památkových a socio-ekonomických kvalit historických sídel a nástrojů pro integraci památek do urbanizovaného prostředí.

6. Závěr

Pokrok ve vědeckém výzkumu ve všech oborech je dnes neodmyslitelně spjat nejen s novými velmi pokročilými technologickými nástroji, ale také s novými možnostmi řešení problémů s využitím interdisciplinárních, transdisciplinárních i multidisciplinárních metodických pohledů, přístupů a postupů. To vyžaduje vysoce kvalifikované výzkumníky s přiměřenými teoretickými znalostmi i hlubokými zkušenostmi a zejména odpovídající výzkumnou infrastrukturu. Nově vybudované evropské Centrum excelence Telč je takovou výzkumnou infrastrukturou, primárně zaměřenou na výzkum interdisciplinárních problémů kulturního dědictví. Je otevřené výzkumníkům, pedagogům, studentům i pracovníkům praxe z ČR i ze zahraničí pro řešení nových problémů, výzev a společných projektů.



Obr. 7 Centrum excelence Telč pro výzkum interdisciplinárních problémů kulturního dědictví. (Foto M. Kloiber, 2012)

7. Poděkování

Autor děkuje za podporu projektu GAČR P105/12/G059 a projektu CET CZ.1.05/1.1.00/02.0060.

