

newsletter

PROJEKTY
PUBLIKOVANÉ ČLÁNKY
VÝZKUM
UDÁLOSTI

 Akademie věd
České republiky

 ITAM ARCCHIP
ÚSTAV TEORETICKÉ
A APLIKOVANÉ MECHANIKY

2 / 2021

ÚVODNÍK

Vážení čtenáři,
druhé letošní číslo zpravodaje ÚTAM, které před Vámi leží, přináší opět novinky z teoretického i aplikovaného výzkumu, které připravili pracovníci našeho ústavu na základě řešení rozličných projektů. Dozvíte se například o konstrukci unikátního generátoru sněhu, vzniklého v oddělení dynamiky a aerodynamiky, který lze využít mimo jiné pro produkci zatížení modelů. S vlivem klimatu souvisí i příspěvek týkající se agresivních chemických látek, které narušují pevnost betonu a způsobují jeho degradaci.



Nahoře: Úvodní slovo p. ředitele ÚTAM, prof. S. Pospíšila. Dole: Pokřtění nové knihy předsedkyní AV ČR, prof. E. Zažímalovou. Foto: J. Bryscejn.



Nezmiňuji beton náhodou. Výzkum tohoto klíčového stavebního materiálu stál vlastně na počátku existence našeho ústavu, který vznikl před sto lety a nesl název „Výzkumný a zkušební ústav hmot a konstrukcí stavebních při Českém vysokém učení technickém v Praze“. Ano, čtete správně, letos ÚTAM slavil 100 let! My jsme to řádně oslavili na slavnostním večeru za přítomnosti předsedkyně AV ČR prof. Evy Zažímalové, místopředsedů AV ČR Dr. Ilony Millerové, prof. Jana Řídkého a řady dalších vzácných hostů z akademické i profesní sféry. Jak je patrné z obrázků, oslava se vydařila. Byla plná projevů, diskusí i hudby a dobrého vína. Byla zde ale především také pokřtěna kniha s názvem „Stavbám na kloub“. Toto v skutku poutavé dílo sestavené na základě dlouhodobé detektivní práce autorského kolektivu pod vedením Dr. Věry Dvořáčkové z Masarykova ústavu a Archivu AV ČR stojí rozhodně za přečtení. Pojednává totiž nejen o stavbách a kloubech, ale popisuje na příkladu významné vědecké instituce i dějiny společnosti. A ty rozhodně není radno ignorovat!

Jako vždy, přeji pěkné čtení.

Stanislav Pospíšil, ředitel ÚTAM

SHATIS'22 - MEZINÁRODNÍ KONFERENCE O DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍCH V PRAZE

Ústav teoretické a aplikované mechaniky AV ČR, v. v. i. bude v září 2022 pořádat mezinárodní konferenci zaměřenou na dřevěné konstrukce SHATIS'22 - International Conference on Structural Health Assessment of Timber Structures.

Hlavními tématy jsou:

- Základy navrhování dřevěných konstrukcí
- Vlastnosti dřeva
- Monitoring a průzkum dřevěných konstrukcí
- Konstrukční zásahy
- Případové studie; výzkum & praxe

První konference SHATIS byla uspořádána v roce 2011 v Lisabonu a od té doby se pravidelně opakuje. Úspěšnost konference tkví v setkávání výzkumníků z celého světa s odborníky z praxe a v otevřenosti, se kterou přistupují k diskuzím nad aktuálními tématy spojenými s dřevěnými konstrukcemi, moderními i historickými.

Na nadcházející ročník, který proběhne v Praze, jste srdečně zváni. Více na shatis22.itam.cas.cz.

H. Hasníková

SHATIS 22

structural health assessment of timber structures

PRŮZKUM OBRAZU KORUNOVANÉ PANNY MARIE Z MUZEA V TELČI

V roce 2021 probíhal na ÚTAM AV ČR průzkum deskového obrazu Korunované Panny Marie z muzea v Telči (inventární č. Te-25/C/195, Muzeum Vysočiny Jihlava, pobočka Telč). Jedná se o jedinečně dochovanou regionální památku deskového malířství, dosud ne zcela objasněné provenience, která pochází z doby okolo roku 1500. Díky zájmu o obraz k provedení výzkumu neinvazivními zobrazovacími metodami bylo na telčském pracovišti ÚTAM AV ČR možné získat podklady pro detailnější zhodnocení díla po technologické stránce a přezkoumat novodobé úpravy, které byly na obraze dodatečně provedeny zřejmě po jeho zařazení do sbírek telčského muzea. Studium díla bylo zahájeno již roku 2019. Navazující výzkum završený v letošním roce se vedle důkladného popisu obrazu, zhodnocení míry druhotných zásahů a zjištění technologie provedení malby díky úzké spolupráci specializací na Oddělení památkové vědy mohl soustředit také na doplnění souvislostí vzniku této pozoruhodné památky.

V průběhu roku 2021 bylo dílo analyzováno pomocí rentgenového snímkování a metodou výpočetní tomografie v Laboratoři rentgenové tomografie v Telči. Pracovníci Oddělení diagnostiky a konzervace památek pak sledovali a vyhodnocovali reakce objektu na tepelný podnět a na ozáření v infračervené oblasti spektra. Syntéza poznatků dovolila studovat skladbu podkladu pro malbu, který – jak se ukázalo – byl zhotoven ze dvou prken spojených čtyřmi trny, ale dokonce i kazy dřeva a způsob, jakým se s nimi tvůrci obrazu v 16. století vypořádali. Dále bylo možné sledovat dobovou technologii přípravy dřevěné podložky a na základě odlišných vlastností materiálů určit přesnou míru jejího poškození a druhotných



Obraz Panny Marie v tomografu TORATOM v Telči. Foto: J. Novotný.

oprávek. Výzkum zároveň umožnil popsat některé aspekty vzniku výjevu studiem ryté i štětcové podkresby zčásti překryté barevnými pigmenty. Zjištění podporují předpoklad, že dílo vzniklo adaptací grafických předloh zahraničního původu vázaných na prostředí různorodých bratrstev. Průzkum pomocí radiografie, na jehož základě byla porovnávána technika malířského rukopisu v místech předpokládaných retuší, přispěl k ověření rozsahu novodobých zásahů do malby.

Ačkoli přesné určení původu obrazu z telčského muzea bez přímých pramenných zmínek prozatím zůstává úkolem dalšího bádání, stejně jako potvrzení zvažovaných vazeb na příslušníky rodu pánů z Hradce, zjištění technologických aspektů vzniku obrazu lze považovat za podstatný pokrok v adekvátním docenění tohoto výjimečného díla a je konkrétním výsledkem přístupu „digital humanities“ přispívajících k rozšíření poznatků společenských věd prostředky z oblasti fyziky a digitálních technologií.



Sestava lamp s termokamerou a IR kamerou pro dokumentaci obrazu v telčské Laboratoři optických metod. Foto: J. Valach.

M. Ramešová, J. Valach

TOMOGRAFICKÝ PRŮZKUM UNIKÁTNÍCH DRUHOHORNÍCH FOSILÍÍ

Laboratoř rentgenové tomografie v Centru Telč ve spolupráci s Biologickým centrem AV ČR v Českých Budějovicích provedla pilotní tomografické skenování unikátních druhohorních fosilií. Jedná se o zkameněliny nymfálního stádia vyhynulého řádu hmyzu Coxoptoptera. Tento létavý hmyz příbuzný dnešním jepicím žil před zhruba 100 miliony lety na území dnešní Brazílie. Fosilie nymf hmyzu Coxoptoptera jsou zcela jedinečné mimo jiné tím, že jich dosud bylo zdokumentováno přibližně dvacet, přičemž všechny pocházejí z brazilského naleziště Crato v Araripské pánvi. Cílem experimentu bylo zjistit, zda by tomografické skenování v našem jedinečném zařízení TORATOM poskytlo dostatečně přesné a kontrastní obrázky z různé části zkameněliny. V září tohoto roku totiž vyšel v Journal of Arachnology společný článek britských a amerických vědců, ve kterém byla prezentována tomografie pavouků z téhož brazilského naleziště, pořízená precizním tomografem FEI HeliScan na univerzitě v Kansasu. Samotné vzorky zkamenělin mají podobu plochých výřezů sedimentu o velikosti zhruba 100x100 mm a tloušťce kolem 10 mm. Z jedné strany je pak vidět zkamenělý exemplář Coxoptoptera, dlouhý kolem 20 mm a široký zhruba 10 mm. Jak se později ukázalo, zkamenělý hmyz zasahuje do sedimentu pouze velmi mělce. Tloušťka sedimentu je tak výrazně větší, než tloušťka zkamenělého hmyzu, což má

samozejmě negativní vliv na dosažitelný kontrast, takže nebylo předem jasné, zda bude vůbec možné získat uspokojivá data pro tomografickou rekonstrukci. Díky variabilní geometrii tomografu TORATOM bylo možné měření provést s detektorem umístěným blízko zdroji rentgenového záření, což v kombinaci s velkým počtem projekcí, dostatečným výkonem zdroje záření a použitím pokročilých nástrojů během rekonstrukce umožnilo získat poměrně kvalitní 3D model zkamenělé nymfy. V odpovídajících řezech jsou dobře patrné zachovalé části těla nymfy na její straně přivrácené k sedimentu. Prvotní výsledky jsou tedy velmi slibné. Tomografický model nyní zkoumá tým odborníků z Biologického centra AV ČR a obě pracoviště jsou předběžně domluvena na další spolupráci. Tomograf TORATOM, vyvinutý na ÚTAM AV ČR, tak může významně přispět k primárnímu výzkumu v oblasti paleontologie.

M. Vopálenský



Zkamenělá nymfa hmyzu z řádu *Coxoplectoptera*. Foto: M. Vopálenský

GENERÁTOR SNĚHU V KLIMATICKÉM TUNELU V CENTRU TELČ

V klimatickém větrném tunelu „Vincenc Strouhal“ v Centru Telč (ÚTAM AV ČR) je již plně zprovozněno nové zařízení vyvíjené v rámci končícího projektu Technologické agentury ČR „Výzkum parametrického generátoru sněhu“. Jedná se o pokročilý generátor sněhu s integrovaným měřicím zařízením pro stanovení parametrů (velikost, množství) vyráběných sněhových vloček, který umožňuje experimentální testování uvnitř aerodynamických tunelů v podmínkách blízkých reálným zimním podmínkám.

Tvorba sněhu v kontrolovaných laboratorních podmínkách je jedním z velmi náročných problémů simulace počasí. Závisí totiž na celé řadě faktorů prostředí. Obvykle se k vytváření sněhu používají speciální klimatické aerodynamické tunely s pracovní sekci o délce 40 metrů a více. Tak velká délka pracovního úseku je nutná proto, aby se zajistilo, že doba letu kapky vody je dostatečně dlouhá pro její krystalizaci.

Generátor sněhu vyvinutý v rámci projektu TAČR využívá vedené (orientované) vodní a vzduchové trysky a cyklonový princip k udržení částic vody/sněhu v jádru generátoru po dobu potřebnou ke krystalizaci. Do vstupu generátoru je vstříkván hluboce přechlazený vzduch (až do $-35/-40^{\circ}\text{C}$) vyrobený ve výměníku tepla umístěného v nádobě s technickým alkoholem a suchým ledem, což výrazně zkracuje dobu krystalizace částic

bez nutnosti chlazení celého objemu vzduchu cirkulujícího v tunelu. Zařízení tedy umožňuje dosáhnout požadovaných parametrů vyrobeného sněhu v relativně malých klimatických tunelech či klimatických komorách a s výrazně nižší spotřebou energie. Vyvinutý přístroj rozšiřuje portfolio klimatického větrného tunelu v Centru Telč o studium například sněhových závějí v městských oblastech, zatížení sněhem na střechách, námrazy na kovových konstrukcích, a o možnosti testování produktů automobilového a leteckého průmyslu.

A. Trush, S. Pospíšil



Akumulace generovaného sněhu na modelech kulturních památek - Sloup Nejsvětější Trojice, Olomouc. Foto: A. Trush

NOVÝ PROJEKT GAČR SE ZABÝVÁ ÚNOSNOSTÍ ZÁŘEZU V DŘEVĚNÝCH NOSNÍCÍCH

V roce 2021 byl zahájen projekt "Experimentální a numerický odhad únosnosti zářezu v nosnících z konstrukčního dřeva v obecném místě pomocí LEFM" podpořený Grantovou agenturou ČR. ÚTAM AV ČR jako hlavní řešitel na něm spolupracuje s Univerzitním centrem energeticky efektivních budov ČVUT v Praze a Lesnickou a dřevařskou fakultou Mendelovy univerzity v Brně. Hlavním řešitelem projektu je Jiří Kunecký z Oddělení aplikované mechaniky a konstrukcí.

Cílem projektu je vytvořit predikční model únosnosti dřevěného nosníku se zářezem v libovolném místě. Při řešení bude vytvořen numerický model iniciace trhliny pomocí kombinace FEM a LEFM. Cílem je také posoudit použitelnost lomových materiálových charakteristik získaných z laboratorních experimentů na nosnících s reálnými průřezy. V letošním roce probíhá především experimentální část - určení hodnot pro tahový, smykový a smíšený mód.



Sestava experimentu pro smíšený mód je označena aruco markery pro zjištění celkové tuhosti optickými metodami.

H. Hasníková

NÁSLEDKY PŮSOBNÍ AGRESIVNÍHO PROSTŘEDÍ NA STRUKTURU CEMENTOVÉHO KAMENE

Jeden z nejčastěji používaných stavebních materiálů, beton, je v řadě případů vystaven chemicky agresivnímu okolnímu prostředí, které časem způsobuje jeho degradaci. Takové prostředí se nalézá například v okolí hlubokých betonových základů budov, dále třeba u cementobetonových krytů vozovek vystavených rozmrazovacím solím anebo u malt ve zděných konstrukcích, které jsou vystaveny působení agresivní podzemní vody.

Skupina z Oddělení materiálového výzkumu ve spolupráci s Laboratoří rentgenové tomografie (Oddělení památkové vědy) provedla podrobnou studii týkající se mikrostrukturálních změn ve ztvrdlých cementových pastách vyrobených na bázi Portlandského cementu s příměsí vápence, kdy dané vzorky byly vystaveny agresivnímu působení sírano-hořečnatého roztoku za nízké teploty.

Nasimulované podmínky způsobily silnou degradaci hlavních pojivových složek v cementové matici a vedly ke vzniku korozních produktů, které narušily strukturální integritu daného materiálu. Práce byla provedena s využitím pokročilých experimentálních technik zahrnujících, mimo jiné, rentgenovou počítačovou tomografii a nukleární magnetickou rezonanční spektroskopii.

Chemické změny ve fázovém uspořádání mikrostruktury byly numericky ověřeny pomocí termodynamických simulací.

Tato práce je již druhou sekvenčně navazující studií zveřejněnou v nejprestižnějším odborném časopise (Cement and Concrete Research) v oboru „Building and Construction“, spojenou s výzkumným grantem GAČR 18-26056Y. Výzkumníci shromáždili a analyzovali velké množství kvantitativních dat popisujících chování daného materiálu, které propojují mikrostrukturální změny s jeho makroskopickým chováním. Získané informace budou následně využity pro vývoj numerického mikromechanického modelu za účelem předpovězení mechanických vlastností cementových past s příměsí vápence za podmínek podobných chemickému napadení materiálu; model bude k dispozici v blízké budoucnosti.

Související článek: K. Sotiriadis, M. Hlobil, A. Viani, P. Mácová, M. Vopálenský. Physical-chemical-mechanical quantitative assessment of the microstructural evolution in Portland-limestone cement pastes exposed to magnesium sulfate attack at low temperature. Cement and Concrete Research 149 (2021) 106566. DOI: 10.1016/j.cemconres.2021.106566.

Obrázek: Aplikovaný analytický přístup: (a) Příčný tomografický snímek; (b) fázové uspořádání (Ramanova spektroskopie) na okraji poškozené matrice; (c) struktura silikátových hydrátů (ssNMR spektroskopie); (d) mechanická odezva – modul pružnosti (nanoindentace).

K. Sotiriadis

