



CTLAB
X-ray Computed Tomography



**VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ
V BRNĚ**



NEWSLETTER

LÉTO 2017

Převzato z Li et al., The FASEB Journal, vol. 31, no. 3, 1067-1084 (2017)

ÚVODNÍ SLOVO

Vážení a milí čtenáři našeho newsletteru,

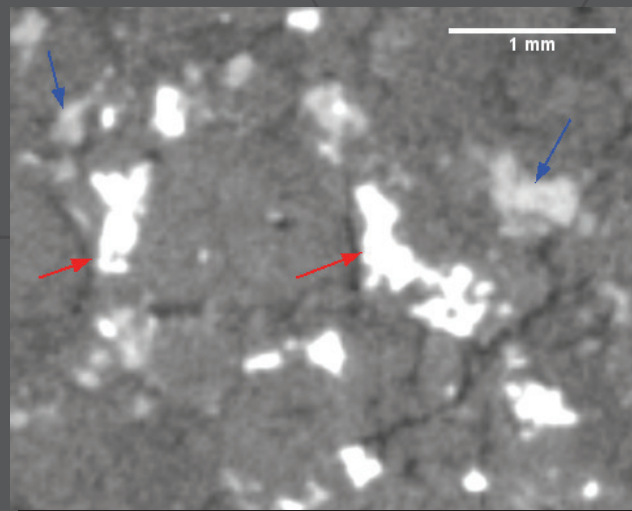
za poslední půlrok se v naší laboratoři počítačové tomografie odehrála spousta důležitých událostí, se kterými bychom vás rádi touto cestou seznámili. Nejvýznamnější novinkou je bezesporu akreditace naší laboratoře. Osvědčení o akreditaci vydané Českým institutem pro akreditaci, o.p.s. naší laboratoři umožňuje – jako první v České republice provádět zkoušku pomocí rentgenové počítačové tomografie. Díky tomu se nám otevírají nové možnosti měření, zejména při měření průmyslových vzorků. Co se týká našich vědeckých projektů, rádi bychom vás seznámili s výsledky našich měření, které byly v poslední době publikovány ve vědeckých časopisech. V sekci Edukace je popsáno zobrazování s využitím fázového kontrastu a na závěr jedna horká novinka, a sice spolupráce naší laboratoře na vývoji nového modelu studentské formule.

Tomáš Zikmund
Vedoucí tomografické laboratoře

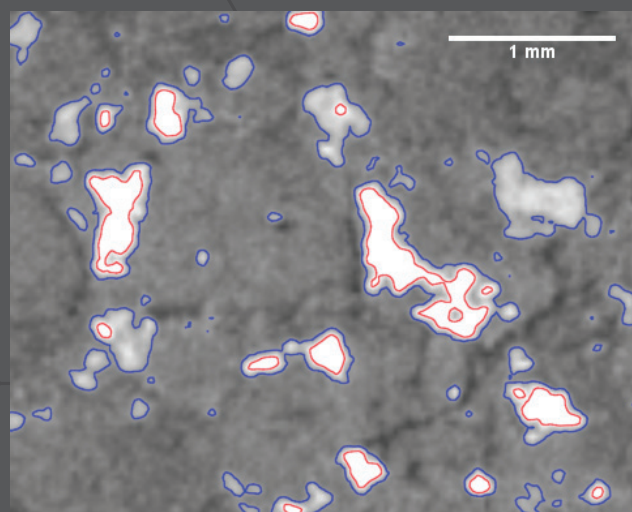
■ Využití trénovatelné segmentace pro analýzu CT dat

Analýza tomografických dat zahrnuje segmentaci vzorku od pozadí, případně určitého materiálu od okolí. Pro tento účel je nejjednodušší a nejpoužívanější metodou globální prahování, které kategorizuje obraz na základě jedné jasové hodnoty určené z histogramu dat. Globální prahování však selhává v případech, kdy hledaná část nemá dostatečný kontrast v porovnání se zbytkem vzorku.

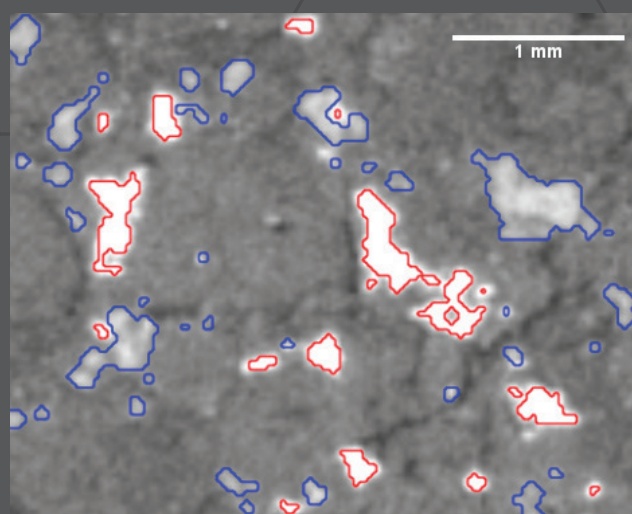
Takovým případem je například vzorek meteoritu, o kterém jsme informovali v Newsletteru na jaře 2016 (řez meteoritem s vyznačenými kovy a sulfidy je na obr. 1). Zejména sulfidy nebylo možné pomocí globálního prahování odsegmentovat vzhledem k chybnému označení okolí kovů (obr.2). Spolu s kolegy z Fakulty elektroniky a komunikačních technologií jsme na tyto části aplikovali trénovatelnou segmentaci (obr. 3), která patří do kategorie strojového učení. Tato metoda dokázala určit hranice jednotlivých složek přesněji a ukazuje velký potenciál využitelnosti pro geologické vzorky. Výsledky této práce byly v únoru prezentovány na mezinárodní konferenci ICT2017 (Leuven, Belgie), <https://www.ict2017.org/>.



Obr. 1: Tomografický řez meteoritem. Červenou šipkou jsou označeny kovy, modrou sulfidy.



Obr. 2: Tomografický řez meteoritem, segmentace kovů (červená) a sulfidů (modrá) pomocí globálního prahování.

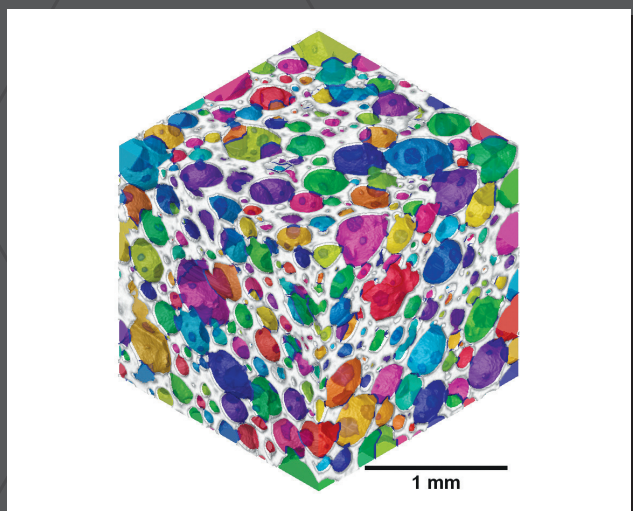


Obr. 3: Tomografický řez meteoritem: segmentace kovů (červená) a sulfidů (modrá) pomocí trénovatelné segmentace.

■ Nové moduly v softwaru VG Studio MAX 3.0

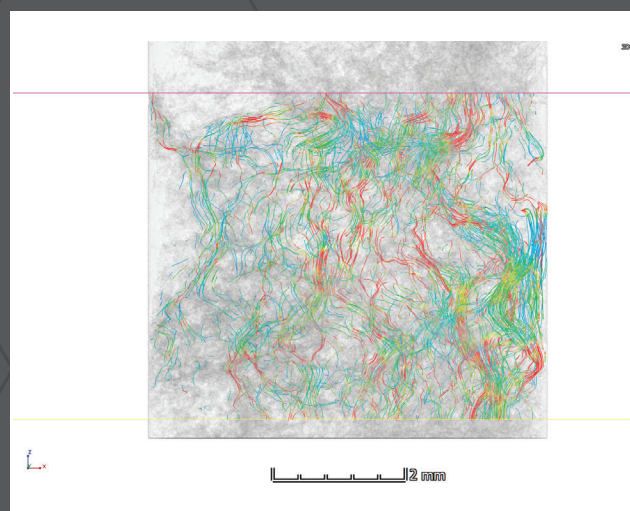
Možnosti analýzy dat v rámci softwaru VG Studio byly nově rozšířeny o moduly *Foam Structure Analysis* a *Transport Phenomena*, které byly testovány s cílem jejich následného pořízení ke stávajícímu softwarovému vybavení.

Modul *Foam Structure Analysis* umožňuje charakteristiku pórovitosti u struktur, ve kterých jsou póry vzájemně propojeny. Mezi takové vzorky patří například různé druhy pěny, guma, keramika nebo polymerní struktury. Modul rozdělí vnitřní strukturu na jednotlivé póry a následně je schopen stanovit objemy pórů, jejich kontaktní plochy a konektivitu.



Obr. 4: 3D model vzorku hydroxyapatitové pěny s provedenou analýzou. Jednotlivé póry jsou zobrazeny barevně.

Modul *Transport Phenomena* zobrazuje transportní procesy v pórovitém nebo dvousložkovém materiálu pro několik fyzikálních jevů. Jednou z analýz modulu je výpočet Reynoldsova toku nestlačitelných tekutin porézním materiálem. Pomocí něho jsme schopni vypočítat průtok vzorkem a také gradient tlaku tekutiny v části vzorku, případně v celém jeho objemu. Tímto způsobem mohou být určena místa, kde by případně mohlo docházet k defektům vlivem vysokého tlaku a průtoku. Jako další lze provádět výpočty stacionárního elektrického proudu, stacionární difuze, distribuce pórů a kapilární odtokové křivky.



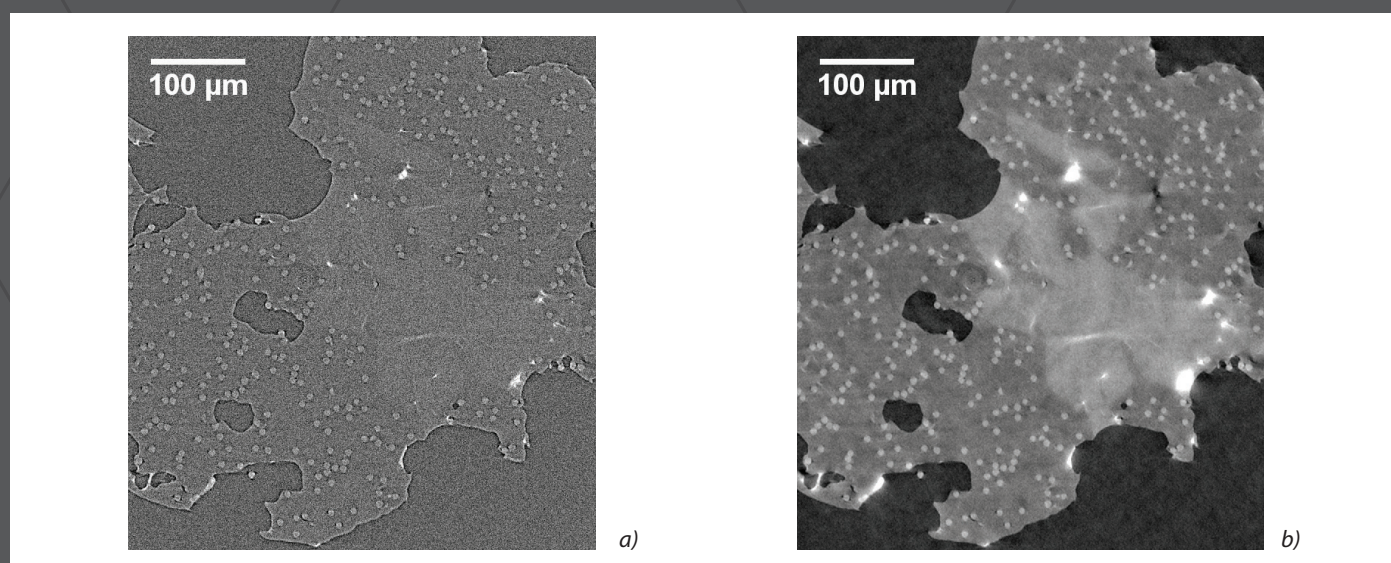
Obr. 5: 3D model vzorku půdy v květináči se zobrazením proudů tekutiny ve vzduchových pórech půdy.

■ Využití fázového kontrastu v počítačové tomografii

Klasická počítačová tomografie je založená na absorpci rentgenového záření během interakce se vzorkem. Tato technika ale není dostatečná pro zobrazení vzorku vykazujícího malou absorpci nebo při pozorování struktur, které mají absorpci velmi podobnou. Takovými vzorky jsou například biologické materiály, měkké tkáně, uhlíkové kompozity, polymery aj. Záření vzorkem sice projde s nezměněnou nebo pro různá místa obdobnou intenzitou, nicméně dojde i ke změně jeho fáze. Fázi nelze detekovat přímo, neboť detektor zaznamenává intenzitu záření.

Proto byly vyvinuty metody zobrazování ve fázovém kontrastu, které umožní zobrazit buď přímo fázi, nebo změnu fáze způsobenou průchodem záření přes objekt. Pozorování ve fázovém kontrastu může přinést nové informace nebo snadněji segmentovatelná data.

Zobrazení ve fázovém kontrastu je standardně dostupná technika na synchrotronových systémech díky vysoce koherentnímu zdroji záření. S technickým vývojem rentgenových trubíc a snímačů rentgenového záření se tato technika stává přístupnou také v laboratorních zařízeních. CT data, ve kterých jsou výrazné projevy fázového kontrastu, jsou zpracovávána algoritmy pod názvem phase retrieval, které jsou založeny na filtraci ve frekvenční doméně.



Obr. 6: Tomografický řez vzorkem PE s uhlíkovými vlákny; a) originální data, b) data s aplikací algoritmu phase retrieval.

Výhody pozorování ve fázovém kontrastu jsou demonstrovány na tomografickém řezu PE tyčinky s uhlíkovými vlákny (viz. Obr. 6), který byl na měřen na nanoCT zařízení Rigaku Nano3DX. Na původní data byl aplikován ANKAphase algoritmus, který je dostupný v rámci programu ImageJ. Na takto zpracovaných datech je oproti původním datům větší poměr signál-šum a kontrast fází materiálů s podobnou absorpcí je výrazně větší.

Publikace v časopise FASEB

Vědecký tým z Karolinska Institutet pomocí in vivo genetických přístupů charakterizoval progenitorové buňky povrchové části chrupavky na experimentálním modelu myši. Naše laboratoř se na tomto výzkumu podílela zobrazováním a charakterizací změny morfologie chrupavky kolenního kloubu. CT analýzou byla provedena kvantifikace nárůstu objemu chrupavky během vývoje myši, která významně upřesnila původní odhady založené na měření obvodu kostní epifyzy. Díky 3D modelům z CT dat byla také nově zaznamenána změna hemisférické tvaru chrupavky na plochý tvar mezi mladým věkem myši, resp. dospělým jedincem. Navíc byl náš snímek 3D modelu chrupavky (obr. 7) vybrán na titulní stranu tohoto prestižního časopisu.



Obr. 7: 3D model chrupavky, převzato z [1].
[1] Li et al., *The FASEB Journal*, vol. 31, no. 3, 1067-1084 (2017)

Publikace v časopise eLife

Dalším velmi významným výsledkem spolupráce naší laboratoře s vědci z Karolinska Institutet je publikace zabývající se vývojem a formováním obličeje u obratlovců. Po zveřejnění části výsledků v minulém roce v časopise *Science Advances* byla publikována další část společného výzkumu, nyní v prestižním časopise *eLife*. Tento článek (Kaucka et al., *eLife* 2017; 6:e25902) je zaměřen na vysvětlení formování chrupavky v embryonálním vývoji. Z CT dat byly vytvořeny 3D modely chrupavky, díky kterým byly nalezeny nejdrobnější změny v jejich tvaru, přesně určena tloušťka stěny lebky nebo růstové a osifikační zóny.

Spolupráce na vývoji nového modelu studentské formule

Tým studentů TU Brno Racing působící na VUT v Brně 28. dubna představil nový monopost studentské formule, se kterým během léta plánuje absolvovat mezinárodní závody v rámci soutěže Formula Student v Maďarsku, Německu a České republice. Letos se rozhodl výrazně zasáhnout do základní kostry vozu, když trubkový ocelový rám nahradili monokokem z uhlíkových vláken. Tento samonosný systém, standardně využívaný ve vozech Formule 1, přináší vozidlu vyšší torzní tuhost, která ovlivňuje stabilitu celého vozu. U vozu je také nově řešeno kompletní zavěšení kol pomocí trubek z karbonových vláken. Tento typ zavěšení přináší hmotnostní úsporu a také větší přesnost zavěšení kol.

Naše CT laboratoř spolupracuje na vývoji těchto kompozitních dílů v podobě nedestruktivní analýzy lepených spojů mezi kompozitním materiálem a hliníkovou koncovkou. Tyto analýzy jsou aplikovány na jednotlivé díly před a po dynamických zkouškách, aby bylo možné zhodnotit stav vnitřní struktury spojů po zatížení. Tímto způsobem je ověřen jak technologický postup výroby trubek, tak jsou případně vyřazeny vadné díly. Tyto zkoušky zvyšují spolehlivost a bezpečnost celého vozu.



■ FR-CZ Workshop

Pod záštitou francouzského velvyslanectví v České republice se na konci dubna konal na půdě CEITEC VUT v Brně historicky první francouzsko-český workshop s názvem **French-Czech «Barrande» Nano and Advanced Materials Workshop: Advancing Science through Bilateral Collaborations**. Cílem tohoto workshopu bylo posílit či navázat spolupráci CEITEC s francouzskou stranou. Naše laboratoř se aktivně účastnila a v rámci workshopu jsme se setkali s kolegy z Institut Pasteur v Paříži a Institut Lumiere Matiere v Lyonu, se kterými již dlouhodobě spolupracujeme. Doktor Tomáš Zikmund prezentoval společné biologické projekty v prezentaci s názvem „**X-ray Computed Tomography as a powerful tool in biology**“. Zahraniční kolegové také navštívili naše laboratoře, kde jsme měli možnost diskutovat společné projekty a připravovat podklady k chystaným publikacím.