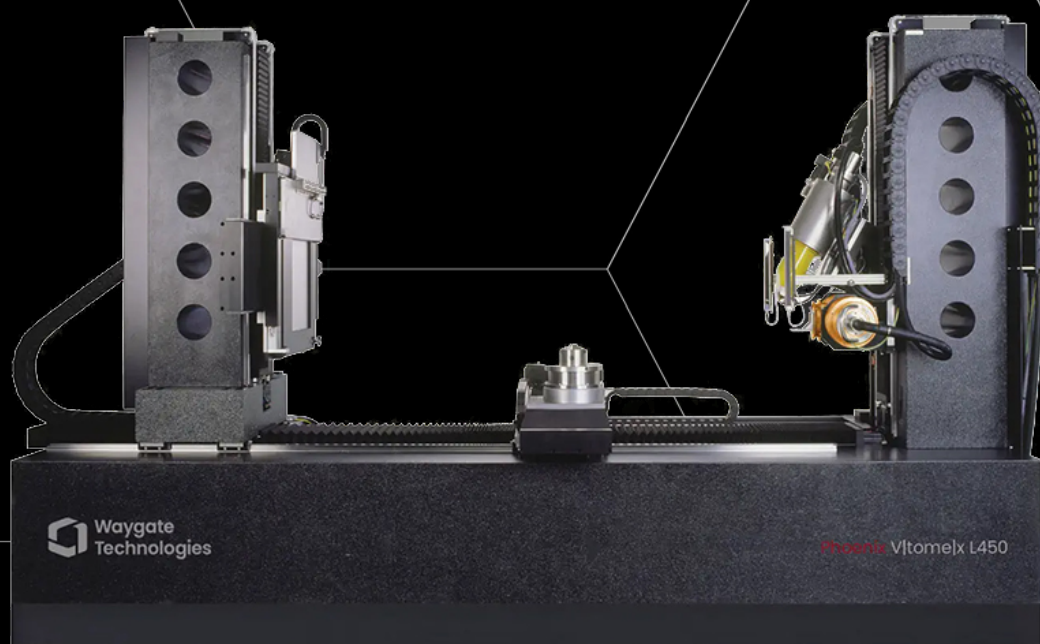




Více informací o Phoenix v|tome|x L450 na str. 2.

NEWSLETTER PODZIM 2025

Je mi potěšením představit Vám nové číslo newsletteru naší Laboratoře rentgenové počítačové mikro a nano tomografie na CEITEC VUT. Můžete si zde přečíst o některých našich nedávných aktivitách, včetně představení nového CT se 450 kV zdrojem.

Příjemné čtení!

Tomáš Zikmund
Vedoucí laboratoře

NOVÝ PŘÍSTROJ SE 450 KV ZDROJEM

V minulém vydání newsletteru jsme sdíleli měření studentské formule v přístroji Waygate Technologies Phoenix v|tome|x L450 u výrobce v Německu. Nyní máme to potěšení oznámit, že tento přístroj již stojí v Brně, a to ve zcela unikátní konfiguraci, zaměřené na posunutí našich možností směrem k větším a těžším vzorkům. Namátkou lze zmínit 7-osý manipulátor s nosností vzorku až do 200 kg, vnitřní prostor téměř tři metry, možnost až 3x virtuálně rozšířit snímanou oblast pohybem detektoru, a hlavně hned dva zdroje s urychlovacím napětím 450 kV (Obr.1).

První rentgenová trubice je z kategorie mini-fokusační a nabídne výkon až 1 500 W. Stane se tak nejvýkonnějším zdrojem z našeho portfolia, schopným prozářit až 7 cm oceli v kumulativní tloušťce. Druhá rentgenka disponuje poměrně novou mezo-fokusační technologií, která umožňuje i při vyšších energiích zachovat relativně malé ohnisko. Díky tomu je i při maximálním užitém napětí možné dosáhnout rozlišitelnosti v řádu desítek mikrometrů. Podrobnější srovnání s naším doposud největším přístrojem naleznete v tabulce níže.

Instrument parameters	L240	L450
Maximal voltage / power	240 kV / 320 W	450 kV / 1500 W
Minimal spot size	~1 μm	63 μm
Maximal focus detector distance	1580 mm	2810 mm
Flat panel detector shift	2×	3×
Cabinet dimensions	4100×2600×2800 mm	6400×3900×4300 mm
Maximal cumulative wall thickness of materials:		
Steel / Inconel	40 mm	70 mm
Al, Ti, Zn, Mg	<150 mm	<250 mm
Plastic Composites	<250 mm	<450 mm

Maximal scanned volume:

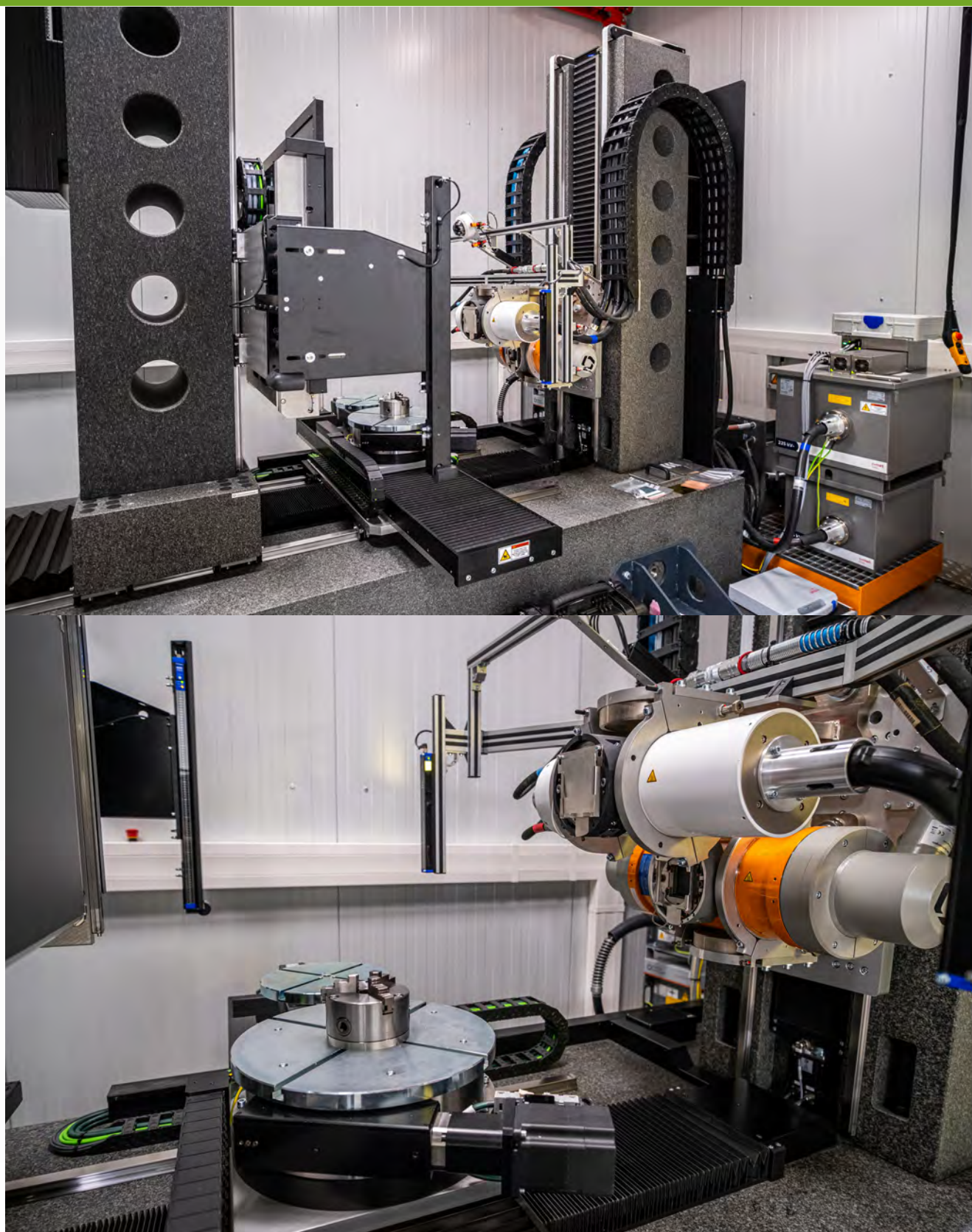


Tab. 1: Porovnání klíčových limitů doposud největšího CT systému naší laboratoře (L240) s nově pořízeným (L450).

Pro manipulaci s většími vzorky přístroj disponuje bezbariérovým vchodem a vlastním jeřábem uvnitř stínícího kabinetu. Přístroj také vybaven extra okénkem spojující vnitřní a vnější prostor kabinetu, které umožní připojit zkoumaný vzorek na zařízení navozující provozní podmínky.

Dalšími zajímavými funkcemi nového přístroje jsou pokročilé trajektorie skenování nebo pokročilé hardwarové korekce rozptýleného záření, ale o tom zase příště.

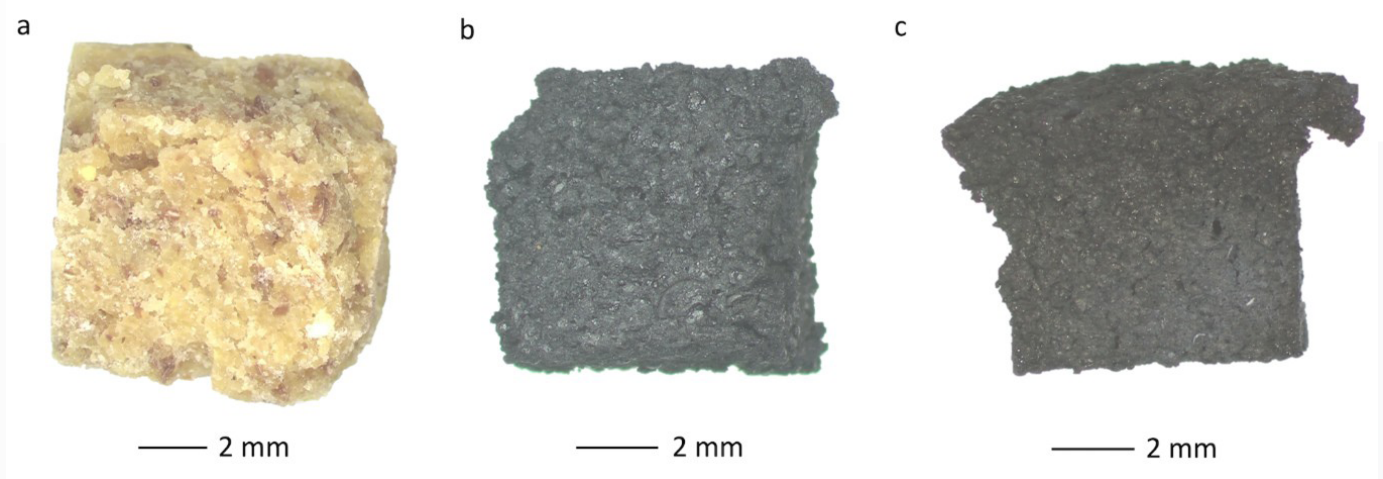
NOVÝ PŘÍSTROJ SE 450 KV ZDROJEM



Obr. 1: Jak to vypadá uvnitř ochranného kabinetu Phoenix v|tome|x L450.

CT STUDIE ZUHELNATĚLÝCH ZBYTKŮ Mayských POTRAVIN S VYSOKÝM ROZLIŠENÍM

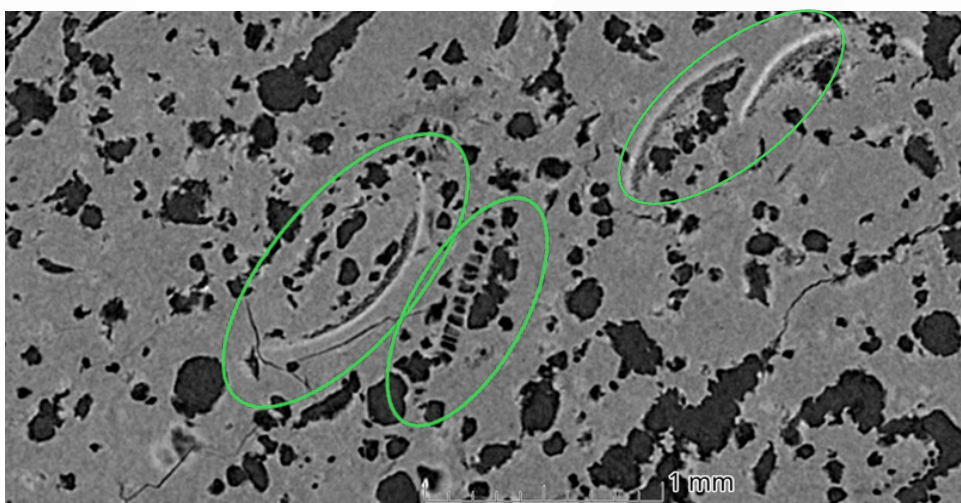
V archeologii studium pozůstatků jídla odhaluje, jak se z jednoduchých ingrediencí stávaly složité pokrmy, a osvětluje starověké kulinářské tradice. Analýza jejich mikrostruktury nám může pomoci rekonstruovat recepty a získat širší pochopení prostředí, společenství a zdraví dávných kultur.



Obr. 2: Experimentální vzorek složený z kukuřičného těsta a fazolové mouky, zahříváný při různých teplotách: a) 80 °C po dobu 24 hodin; b) 300 °C po dobu 60 minut; 500 °C po dobu 15 minut.

Tato studie se zaměřila na potraviny zpracovávané starověkými Mayy v období 250–900 n. l. Cílem naší CT analýzy bylo identifikovat přítomnost kukuřičných zrn a dalších semen v malých, amorfních karbonizovaných organických fragmentech (viz obr. 3). Porovnali jsme jak archeologické pozůstatky, tak experimentální vzorky potraviny složené z kukuřičného těsta, které prošlo několika typy tepelného zpracování, aby simulovalo podmínky vzniku archeologických vzorků (viz Obr. 2). I když podrobnější závěry budou teprve analyzovány, tato studie potvrzuje, že technologie mikro-CT (s nano-fokusační trubicí) může dosáhnout dostatečného rozlišení k nahrazení synchrotronových systémů pro obdobné aplikace.

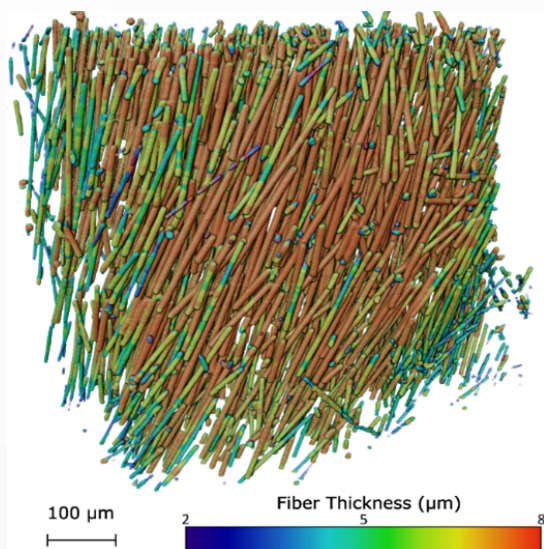
Tato měření byla provedena v rámci projektu Excite, který propojuje vědce a nejmodernější laboratoře, jako je ta naše, aby uchazečům poskytl vysoce kvalitní vědecké techniky. Děkujeme doktorce Clarisse Cagnato z Univerzity Ca' Foscari v Benátkách za umožnění podělit se s vámi o tyto poznatky.



Obr. 3: Tomografický řez zobrazující charakteristické struktury dobových potravin.

SUBMIKRONOVÁ CT ANALÝZA POLYMERŮ

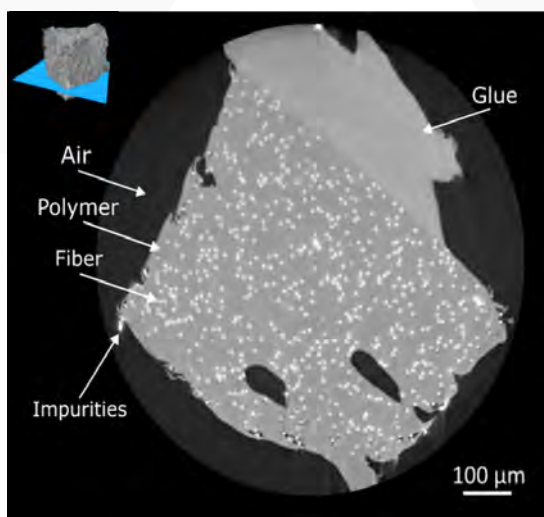
Plastové polymery a kompozitní materiály hrají klíčovou roli v mnoha moderních průmyslových odvětvích, od automobilového sektoru po medicínské aplikace. Jejich mikrostruktura zásadně ovlivňuje mechanické vlastnosti, a proto je detailní analýza nezbytná pro výzkum, vývoj i kontrolu výrobních procesů. Submikronová počítačová tomografie (submicron CT) se ukazuje jako ideální a výkonná metoda pro tuto náročnou úlohu. Konvenční metody analýzy polymerů často narážejí na významná omezení. Tradiční CT systémy mají nedostatečné rozlišení pro detekci mikrostruktur v řádu mikrometrů. Polymery navíc často vykazují podobné hodnoty útlumu rentgenového záření, což ztěžuje jejich rozlišení.



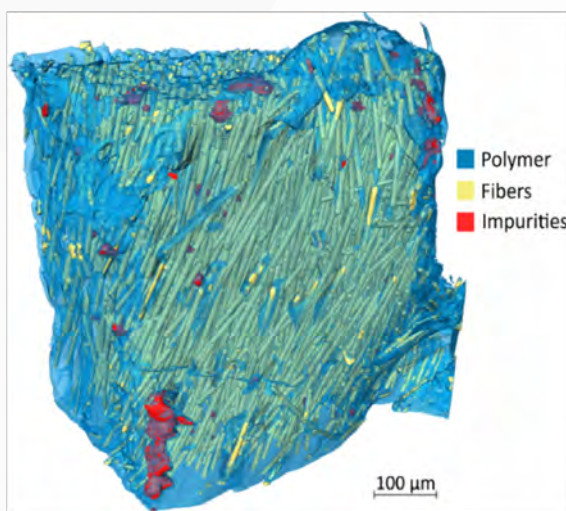
Obr. 4: Analýza tloušťky vláken – tloušťka vláken ve vzorku CFRP.

Díky rentgenovému mikroskopu Rigaku nano3DX s využitím fázového kontrastu dokážeme u kompozitů vyztužených karbonovými vlákny (CFRP) analyzovat tloušťky vláken v rozmezí 2 až 8 μm se submikronovým rozlišením (viz Obr. 4) a dle hodnot šedi identifikovat ve vzorku až čtyři různé materiály (viz Obr. 5 a Obr. 6). Nano3DX nám dokonce umožňuje rozlišit polymery s velmi podobnými hustotami, jako jsou HDPE ($0,93 \text{ g/cm}^3$) a LDPE ($0,91 \text{ g/cm}^3$), což bylo dříve pro konvenční CT systémy výzvou.

Tato úroveň detailu přináší možnost kontroly kvality, predikci mechanických vlastností i vývoj nových polymerních směsí a kompozitů. Umožňuje nejen detekovat defekty a nehomogenity, ale také kvantifikovat mikrostrukturní parametry, jako je orientace vláken, přítomnost nečistot, trhlin a nehomogenit. Submikronová CT analýza se tak stává klíčovým nástrojem pro materiálový vývoj a výzkum.



Obr. 5: CT průřez vzorkem CFRP zobrazující pět různých fází (vzduch, polymer, vlákna, nečistoty a lepidlo).

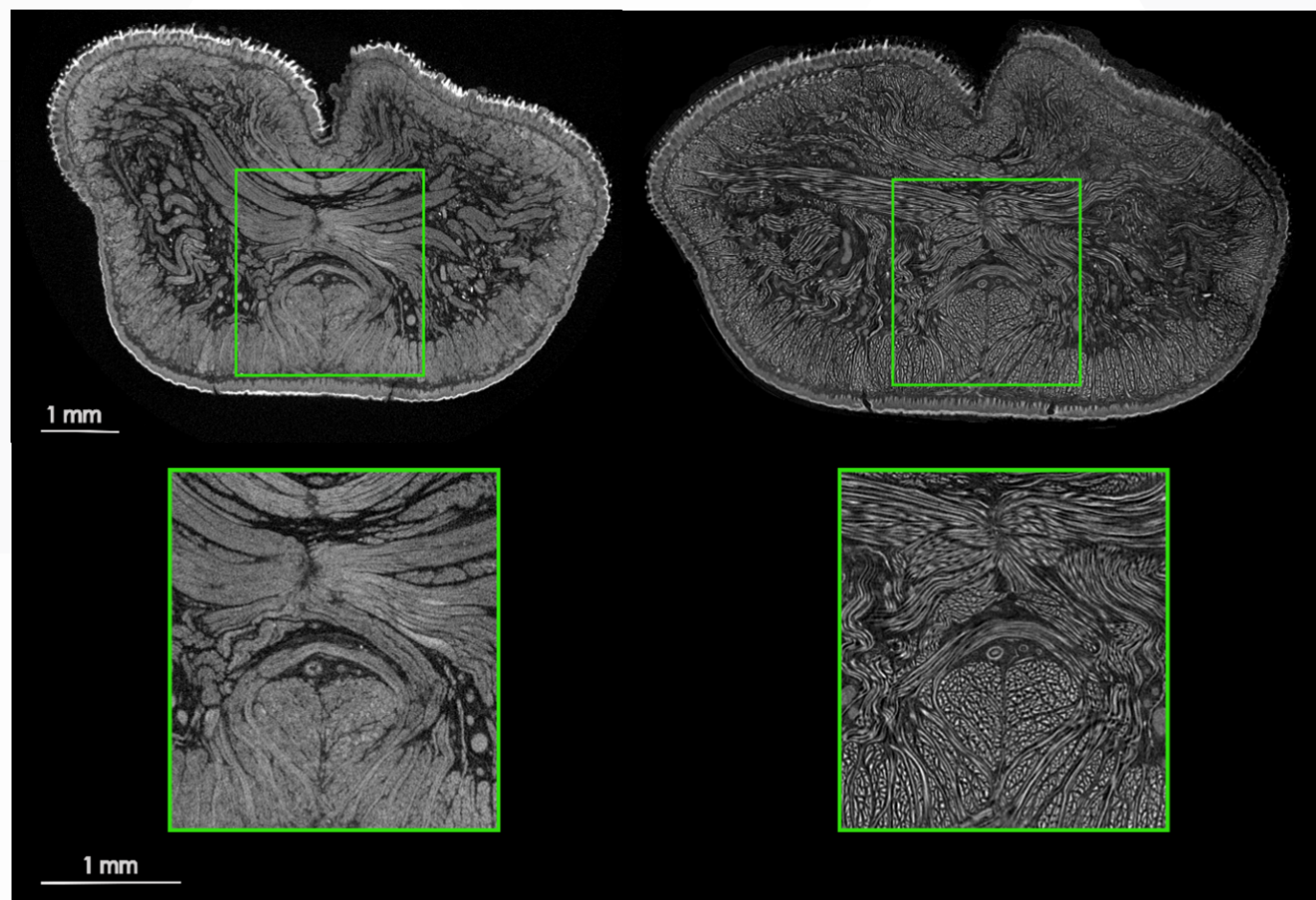


Obr. 6: 3D render vzorku CFRP (polymerního kompozitu) rozděleného na poloprůhlednou polymerní matici, vlákna a nečistoty.

KRYOGENNÍ CT PRO ZOBRAZENÍ SVALOVÝCH VLÁKEN

Svalová vlákna jsou základní funkční jednotkou svalové tkáně. Jejich prostorová organizace, průměr a vzájemné uspořádání přímo určují mechanické vlastnosti a funkci tkáně. Jakékoliv změny v jejich architektuře proto mají zásadní význam pro fyziologický vývoj, ale i pro vznik a průběh onemocnění. Problémem je, že běžně používané metody nedokážou tuto architekturu věrně zachytit – histologické řezy poskytují pouze omezený 2D pohled, a ani konvenční microCT nedokáže svalová vlákna dostatečně zobrazit (Obr. 7).

Velký posun přinesla metoda využívající nízké teploty neboli tzv. kryoCT, která propojuje standardní postupy s rychlým zmrazením vzorku a následným skenováním za nízkých teplot. Výsledný sken pak umožňuje zobrazit jednotlivá svalová vlákna ve věrném 3D obraze a poskytuje tak nejen kvalitativní vhled do struktury biologických vzorků (Obr. 7), ale umožňuje i kvantitativní analýzu vybraných morfologických parametrů, jako je jejich průměr, hustota, nebo orientace, a to téměř v nativním stavu, kdy je zachována přirozená architektura tkáně. Pro to, aby bylo možné tuto metodu zavést u nás v laboratoři, byl ve spolupráci s firmou [CactuX](#), s.r.o. upraven jejich [in-situ box](#), který umožňuje měření vzorku ve zmrazeném stavu a udržení teploty po celý čas skenu na -35°C . KryoCT tak umožňuje detailně studovat vývoj a strukturální změny svalové tkáně a nachází uplatnění při studiích regenerace, degenerativních změn, vlivu genetických zásahů, farmakologických terapií i fyziologických či biomechanických analýzách.



Obr. 7: Řez s detailem jazyka potkana ve standardním CT (vlevo) a kryoCT při -35°C (vpravo). Voxel size $3\text{ }\mu\text{m}$.

ROZŠÍŘENÍ KVALIFIKACE PRO RENTGENOVÁNÍ V LETECKÉM PRŮMYSLU

V posledních letech je snahou naší laboratoře poskytnout expertizu na základě známých standardů. Kromě samotných hodnotících norem je k jejímu stanovení rovněž nutné dodržet požadované postupy a parametry nedestruktivní rentgenové zkoušky. K dosavadní kvalifikaci dle **ČSN EN ISO 9712**, pokrývající nedestruktivní zkoušení obecně napříč různými aplikacemi, nyní disponujeme také kvalifikací dle **ČSN EN 4179**, zaměřenou na hodnocení svarů a odlitků z oblasti letectví a kosmonautiky. Díky oběma těmto certifikacím jsme schopni exaktněji hodnotit přípustnost defektů v dílu a stanovit jeho výslednou klasifikaci do příslušné jakostní třídy. Snímkování lze provádět jak na tomografických stanicích, tak také na specializovaném přístroji Microme|x, o jehož pořízení jsme psali v minulém čísle.

Autor: Martin Kareš

EXPO OSAKA 2025

V českém národním pavilonu na EXPO 2025 v Osace, kterou navštívil doc. Zikmund (Obr. 8), bylo klíčovým bodem obnovení Memoranda mezi firmou Rigaku a CEITEC VUT.

Naše laboratoř slouží již 10 let jako jejich aplikační laboratoř, toto partnerství bylo nyní prodlouženo o další tři roky – dohoda zahrnuje společný výzkum a výměnný pobyt studentů. Podepsání proběhlo ve slavnostním prostředí Českého domu na zmíněném EXPO 2025.



Obr. 8: Zleva T. Zikmund, K. Omote, P. Oberta, Y. Takeda.

Autor: Michaela Škaroupková

WOOSUK UNIVERSITY NA CEITEC VUT

FEKT, Vysoké učení technické v Brně podepsala pětileté memorandum o spolupráci s Woosuk University (Korea). Dohoda otevírá nové možnosti pro výzkum, vzdělávání a technologický rozvoj. V rámci své návštěvy korejská delegace navštívila také CEITEC - Středoevropský technologický institut, kde CTLAB prezentoval možnosti spolupráce v oblasti nedestruktivního testování (NDT). Organizaci této návštěvy zajišťoval Strojírenský zkušební ústav (SZÚ). Partnerství se zaměří především na vodíkové technologie, baterie a další pokročilé oblasti v energetice a elektronice – oblasti, které jsou klíčové pro globální přechod k čisté energii a špičkovým řešením.



Obr. 9: : Delegace z Woosuk univerzity, členové SZÚ a členové CTLABu.

Autor: Michaela Škaroupková

KONTAKTUJTE NÁS

doc. Ing. Tomáš Zikmund, Ph.D.
tomas.zikmund@ceitec.vutbr.cz
+420 541 142 846

www.ctlab.ceitec.cz
ctlab@ceitec.vutbr.cz
+420 541 142 875

CEITEC VUT

Vysoké učení technické v Brně, Středoevropský technologický institut
Purkyňova 656/123, 612 00 Brno