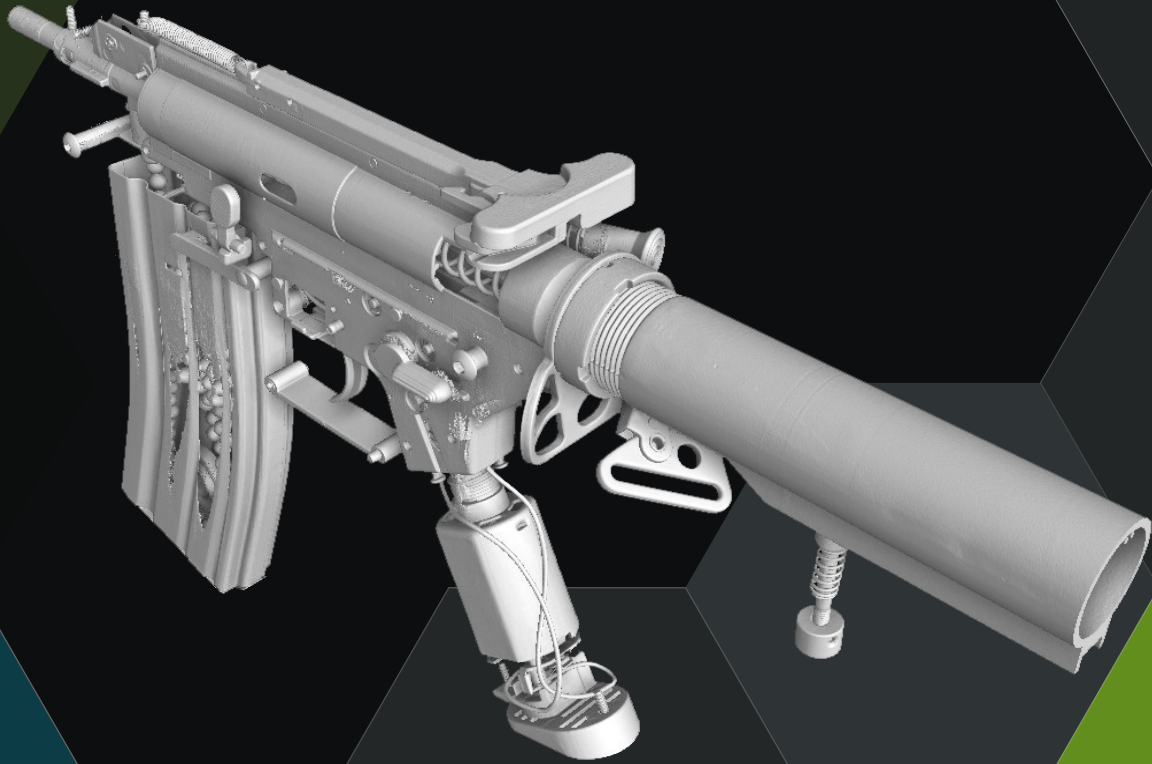




CEITEC
CTLAB



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ
V BRNĚ



Více informací o rentgenové kontrole sportovních zbraní najdete na straně 4.

NEWSLETTER JARO 2026

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 nedestruktivní CT inspekce sportovní zbraně nebo prezentace činnosti naší laboratoře na tomografické konferenci v Linci.

Příjemné čtení!

Tomáš Zikmund
Vedoucí laboratoře

CT JAKO NÁSTROJ PRO KONTROLU VELKÝCH ADITIVNÍCH DÍLŮ

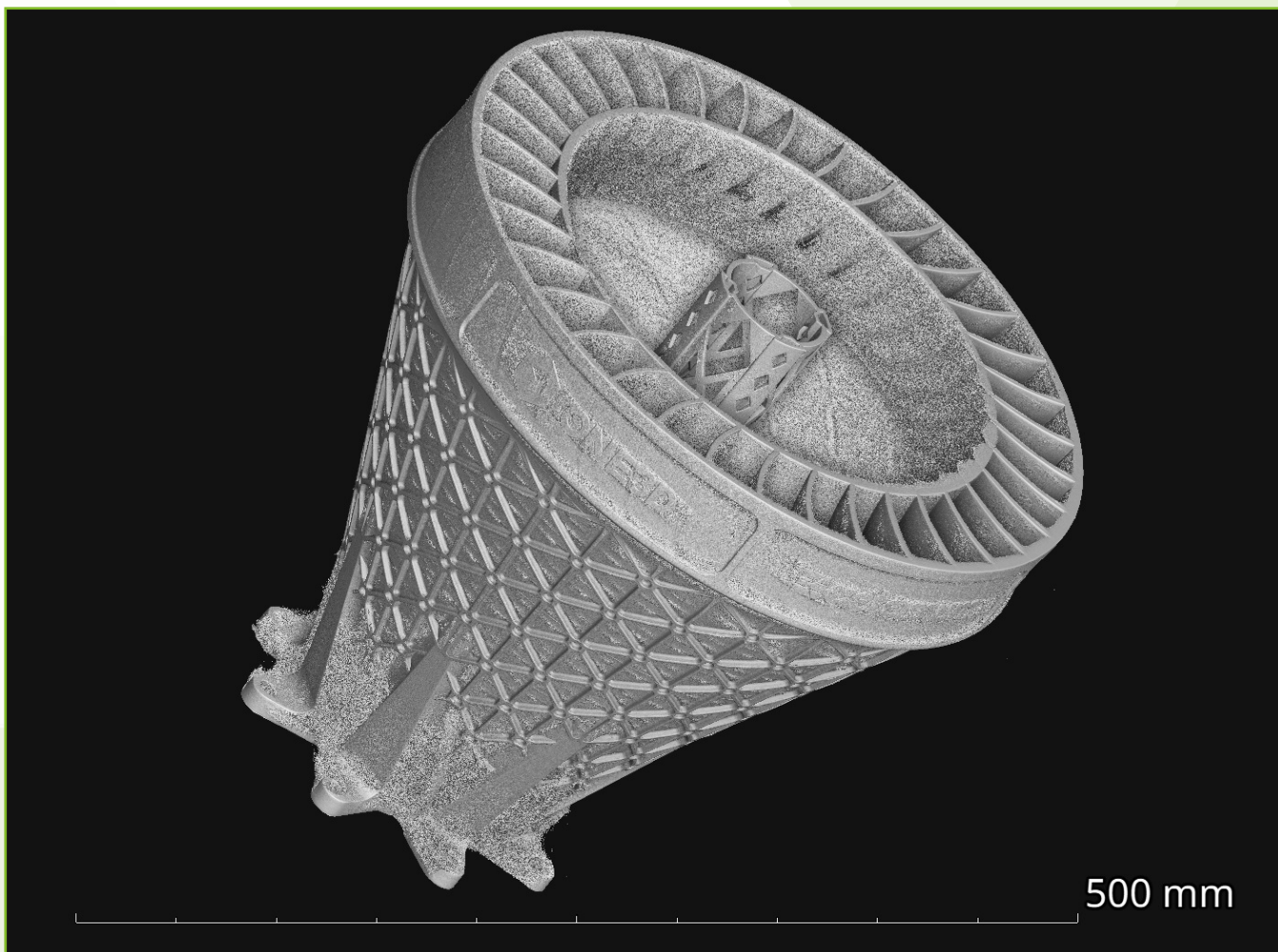
Snaha o zvýšení flexibility se současným snížením nákladů při vývoji průmyslových součástí stála za velkým rozšířením výroby kovových dílů a prototypů pomocí aditivních technologií. Tento výrobní proces ([SLM](#)), kdy se kovový díl tvoří postupně vrstvu po vrstvě pomocí velmi výkonných laserů, umožňuje rychlou výrobu prototypů i malosériovou produkci.

V tomto konkrétním případě se jednalo o díl představující část proudového motoru (Obrázek 1), vyrobený na zařízení EOS M400 z materiálu Inconel 718 ve firmě [ONE3D](#), specializované na kovový 3D tisk. Samotná výroba probíhala ve vrstvách o tloušťce pouhých 40 mikrometrů, přičemž celková doba stavby dosáhla úctyhodných 85 hodin. Výsledný díl vyniká nejen použitým materiálem a výrobní náročností, ale i kombinací geometrických prvků jako tloušťky stěn dosahují minimálně 2,85 mm, zatímco celkový průměr komponenty činí až 370 mm.



Obrázek 1: Foto aditivního dílu uvnitř CT systému.

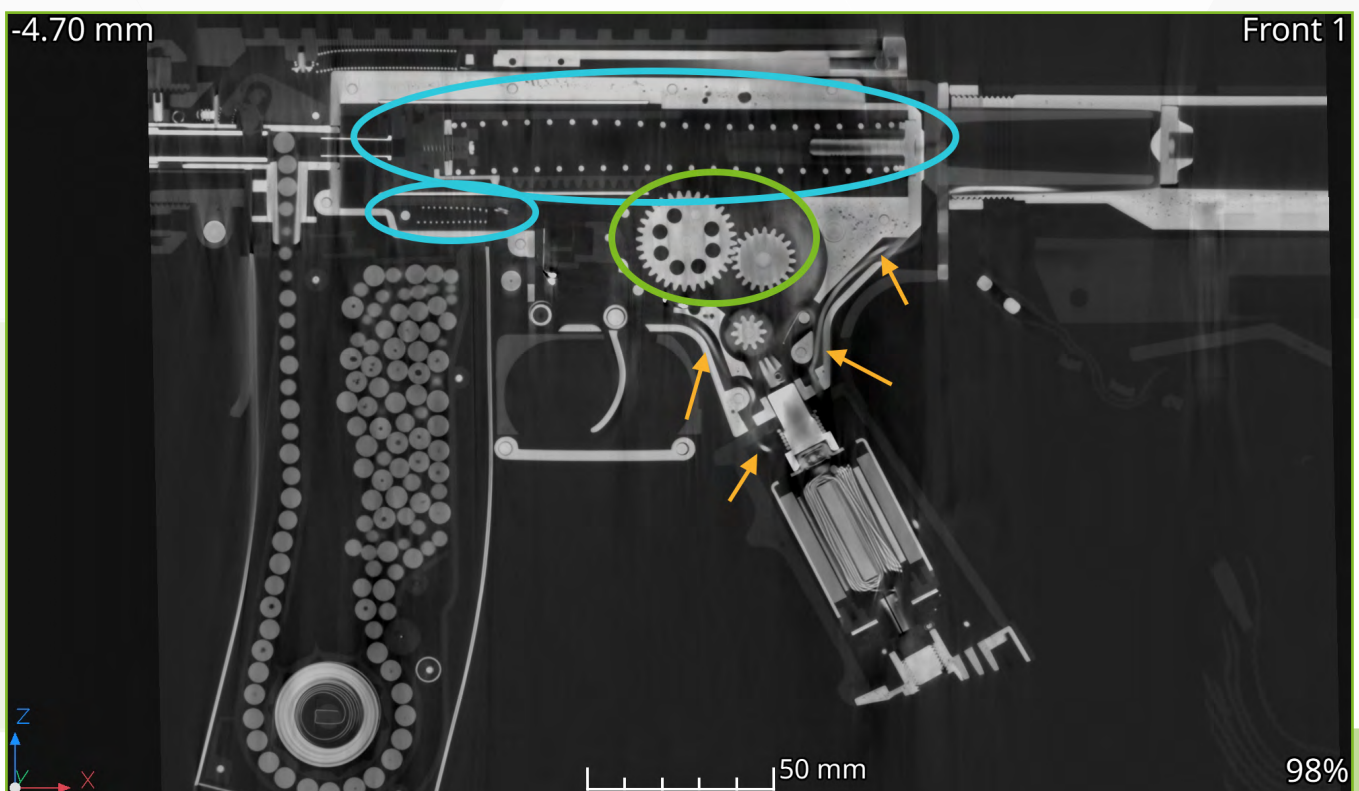
S posouváním limitů výroby kovových dílů pomocí 3D tisku, zejména jejich velikosti a komplexity, se zároveň zvyšují nároky na inspekční techniku pro detekci vnitřních defektů či geometrických odchylek (obrázek 2). Díky svým vlastnostem se díl stal ideálním kandidátem pro ukázkou schopností nově instalovaného CT systému L450 od společnosti [Waygate Technologies](#), který disponuje mini-focus trubicí s maximálním napětím 450 kV a výkonem 1 500 W. Kvalitě výsledných dat pomohla také patentovaná technologie [Scatter|Correct](#), využívající anti-difuzní mřížky pro pohlcení nežádoucího rozptýleného záření. Široký vstup do CT kabinetu a zabudovaný jeřáb pak dovolují manipulovat s dílem do hmotnosti až 200 kg.



Obrázek 2: 3D vizualizace automaticky detekovaného povrchu dílu v prostředí programu VGStudio MAX.

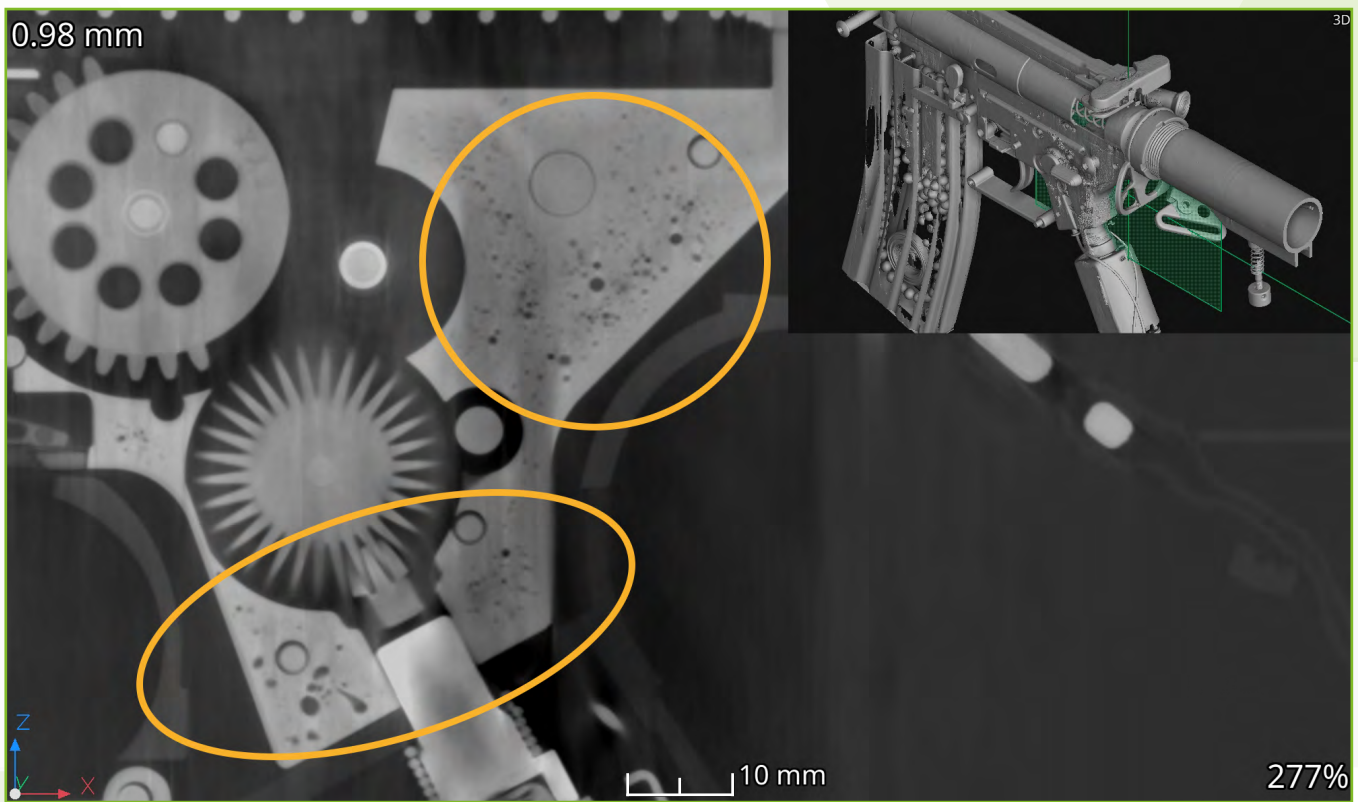
PŘESNOST NA MUŠCE: NEDESTRUKTIVNÍ CT INSPEKCE SPORTOVNÍ ZBRANĚ

V laboratoři jsme nahlédli pod povrch profesionální airsoftové pušky bez použití jediného šroubováku. Výsledek této inspekce slouží jako dokonalá demonstrace možností průmyslové tomografie v praxi. Moderní sportovní zbraně jsou složitá zařízení kombinující přesnou mechaniku a pneumatiku, kde tradiční kontrola vyžaduje rozebrání. To však nese riziko poškození těsnění nebo změny pečlivého ladění. Průmyslové CT nám umožňuje provést hloubkovou inspekci zcela nedestruktivně a s mikronovou přesností.



Obrázek 3: Tomografický řez mechanickou částí zbraně. Modrá barva ukazuje umístění pružin, oranžová kabeláž.

Na příkladu skenu této zbraně můžeme demonstrovat klíčové aplikace našich přístrojů, především kontrolu kompletní sestavy zbraně (viz Obrázek 3). Díky CT vidíme reálnou polohu součástí, aniž bychom museli zbraň rozebírat. Mohli jsme ověřit, zda do sebe ozubená kola v převodech správně zapadají, zda nejsou deformované pružiny a jestli kabeláž, vedoucí od elektromotoru do mechaniky zbraně, nezasahuje do pohyblivých částí. Zároveň jsme se zaměřili na odhalení skrytých vad materiálu, protože těla zbraní jsou často tlakové odlitky náchylné k tvorbě pórů. CT spolehlivě detekuje tuto porozitu (viz Obrázek 4) i případné trhliny v materiálu, které by v namáhaném místě mohly vést k prasknutí dílu. Pro přesnost střelby jsou zase kritické jemné detaily jako usazení těsnících O-kroužků a sousost hlavně s komorou.



Obrázek 4: Porozita detekovaná v rámu zbraně.

ANALÝZA MECHANICKÉ DEGRADACE POWERBANKY

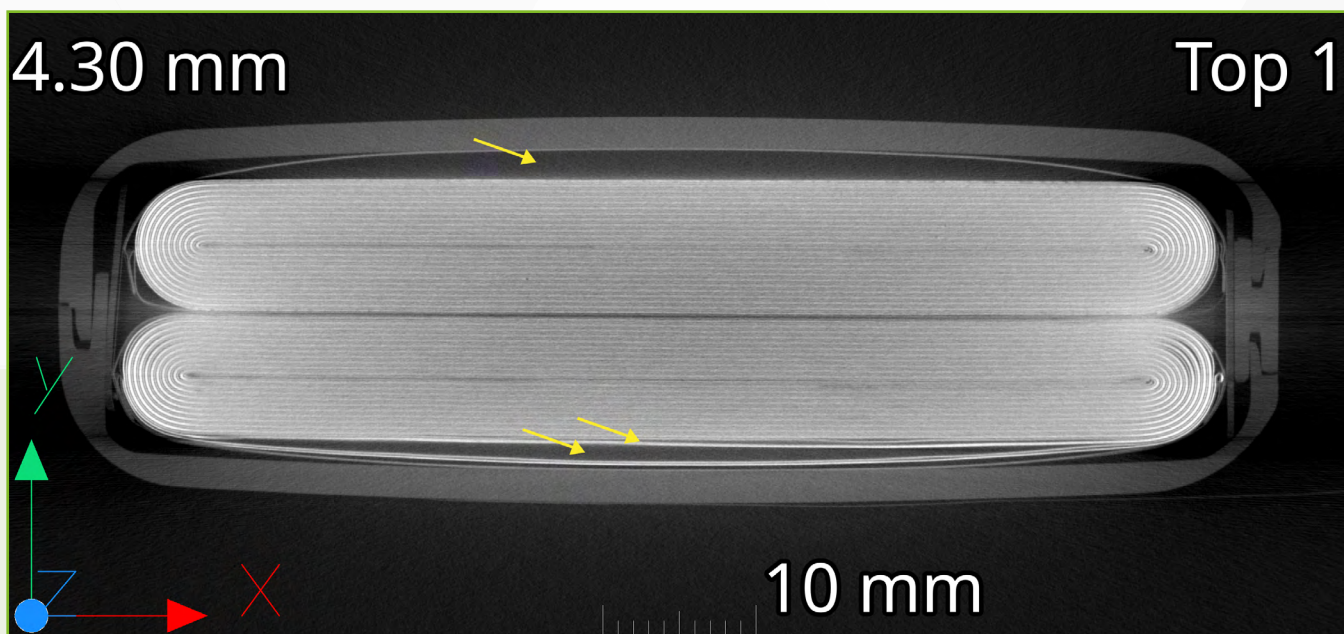
V jednom z [minulých čísel](#) jsme popisovali SW analýzu přesahu anody jako klíčový parametr pro posouzení přesnosti výroby baterie. Geometrická symetrie a dokonalé slícování nově vyrobeného článku jsou však pouhým výchozím bodem. Během životního cyklu baterie dochází k různým strukturálním změnám, které mohou ovlivnit její provozní a mechanické vlastnosti. Moderní nedestruktivní metody jako rentgenová tomografie dokáží analyzovat články i pod zátěží a poskytnout detailní informace o zde probíhajících procesech.



Obrázek 5: Fotografie analyzované powerbanky. Pro dosažení lepšího rozlišení byla naskenována pouze její střední část.

Ilustrativním příkladem diagnostiky bateriových systémů je případová studie expandované powerbanky. Tomografický řez (Obrázek 6) zachycuje zařízení integrující dva prizmatické články, které navzdory značné objemové expanzi zůstává elektricky funkční. Zatímco standardní elektrické testování by tuto jednotku chybně klasifikovalo jako provozuschopnou, 3D tomografie odhaluje vážně narušenou vnitřní architekturu charakterizovanou mezifázovou delaminací.

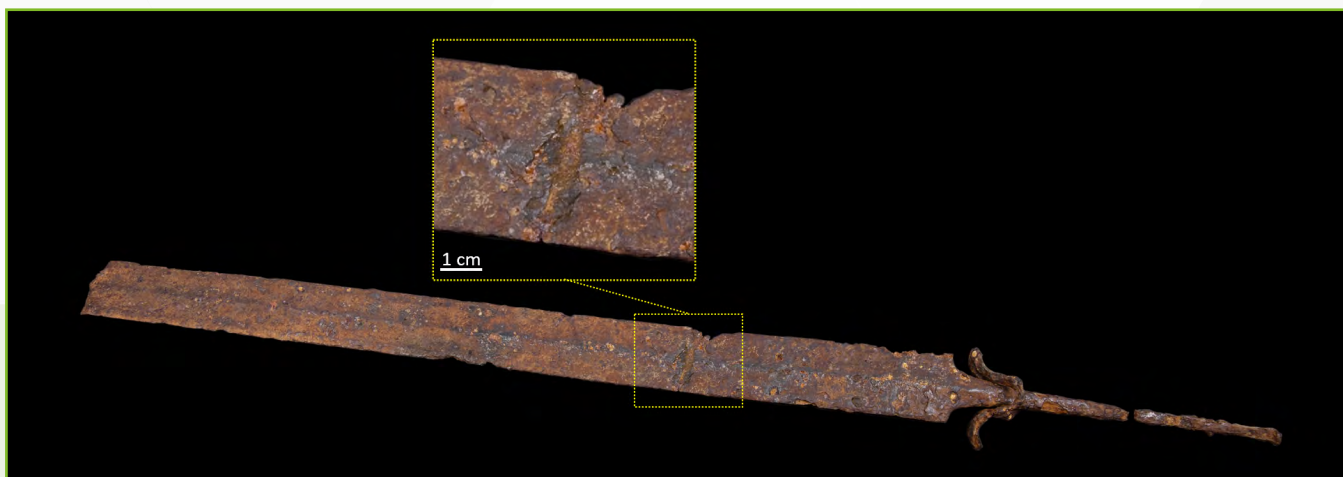
Získaná tomografická data umožňují kromě samotné vizualizace také vytipovat vhodné místo k následné destruktivní analýze, které by pomohla zjistit příčinu pozorované degradace. Delaminace může být způsobena nejčastěji plynováním vlivem elektrochemického rozkladu při opakovaném nabíjení a vybíjení článku, teplotním namáháním nebo pouhým stárnutím. Další možnou příčinou je mechanická únava materiálu. Oba případy mohou vést k vnitřním zkratům a představují bezpečnostní riziko.



Obrázek 6: Tomografický řez poškozenou baterií se dvěma prizmatickými články. U horního článku je patrné nafouknutí obalu. U spodního článku vidíme delaminaci dvou krajních vrstev elektrod. Nafouknutá místa jsou označena.

STRUKTURNÍ ANALÝZA ARCHEOLOGICKÝCH OBJEKTŮ JAKO ZÁSADNÍ SOUČÁST PÉČE O KULTURNÍ DĚDICTVÍ

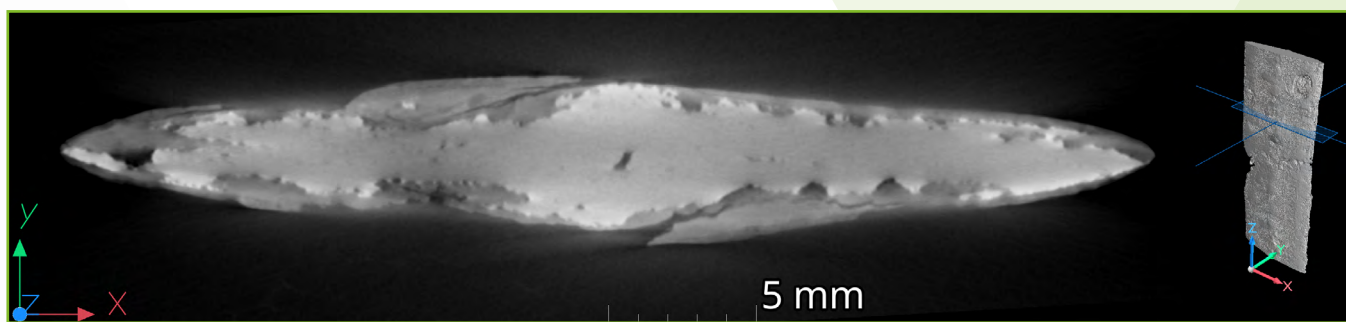
Konzervace archeologických objektů je náročná disciplína, kterou komplikuje výrazná změna okolních podmínek, jíž jsou archeologické předměty po vyzvednutí vystaveny. Zatímco odstranění vnějších korozních produktů může pomoci zhodnotit celkový stav předmětu, jeho vnitřní stav zůstává, i přes nápovědy často patrné na povrchu, neznámý. Zapojení rentgenové výpočetní tomografie (CT) umožňuje 3D zobrazení vnitřní struktury, což poskytuje informace klíčové k nastavení procesu konzervace.



Obrázek 7: Meč z období mladší doby železné před konzervací, se stopami důlkové koroze a druhotného defektu (označeno žlutě).

Část meče, starého přibližně dva tisíce let, z Muzea Blanenska byla analyzována právě za účelem materiálového průzkumu před započítím konzervace, aby se v jejím průběhu předešlo vzniku druhotných poškození, popřípadě poškození možných dekorativních prvků či značek na povrchu meče. Meč, který byl muzeu předán amatérským archeologem, byl neobyčejně zachovalý - s jílcem o délce 17 cm a zvonovitou záštitou, díky které ho lze zařadit mezi charakteristické exempláře mladší doby železné, spojované s historickými Kelty.

Z předběžného ohledání byly na povrchu meče patrné stopy důlkové koroze. Čepel dále nese výrazný defekt, způsobený zásahem z vnějšku (Obrázek 7). Celkový rozsah koroze a reálný stav železného jádra bylo nicméně možné určit teprve s pomocí CT analýzy. Ta odhalila neočekávané dutiny v celé délce předmětu (Obrázek 8). Na druhé straně nebyla odhalena přítomnost žádných dekorací či značek. Tyto skutečnosti významně ovlivní budoucí manipulaci s předmětem i rozsah odsolení. Nespornou výhodou 3D skenování je také zachování detailních informací o vzhledu a stavu předmětu před konzervací pro budoucí badatele.



Obrázek 8: Příčný řez čepelí meče. Železné jádro (ve světlejších odstínech) je značně poškozeno se dvěma patrnými delaminacemi zkorodovaného materiálu (žluté šipky) a neočekávanou dutinou ve středu objektu (červená šipka).

PREZENTACE ČINNOSTI LABORATOŘE NA TOMOGRAFICKÉ KONFERENCI V LINCI

Studenti a členové našeho týmu se nedávno zúčastnili 15. konference o průmyslové výpočetní tomografii v centru Horních Rakous, Linci. Mezi 10. a 13. únorem tato mezinárodní událost spojila výzkumné pracovníky, odborníky z průmyslu a uživatele CT přístrojů, a představila nejnovější výzkum, přístroje a aplikace v této neustále se rozvíjející oblasti. Členové naší laboratoře představili svůj výzkum ve třech konferenčních příspěvcích (viz níže) na témata od hlubokého učení po spektrální tomografii a optimalizaci snímací geometrie rentgenového zobrazování pro detekci defektů.



Obrázek 9: Tým účastníků konference. Zleva: Ing. Jakub Lázňovský, PhD, Ing. Pavel Blažek, Ing. Marek Zemek.

Ing. Pavel Blažek:

[Method for Optimizing Sample Orientation to Maximize Defect Visibility in X-ray Projections](#)

Ing. Pavel Mikuláček:

[Spectral Computed Tomography Based on Semi-Monochromatic Imaging](#)

Ing. Markéta Tkadlecová:

[Synthetic X-ray Projections Generation from CT Data for Deep Learning Applications](#)

NOVÁ LABORATOŘ SE ŠPIČKOVÝM CT VYBAVENÍM JE V PROVOZU!

Koncem listopadu 2025 jsme za účasti významných hostů z průmyslu i akademické sféry slavnostně otevřeli naši novou laboratoř. Její dominantou je nejmodernější systém Waygate Technologies phoenix v|tome|x L450, který nám otevírá zcela nové možnosti pro výzkum a inovace v oblasti nedestruktivního testování (NDT). Přístroj určený pro testování velkých dílů nám umožní kontrolovat až 2,5m vzorky s hmotností do 200 kg.



Obrázek 10: Slavnostní otevření systému Waygate Technologies phoenix v|tome|x L450.

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