

NEWSLETTER JARO 2022

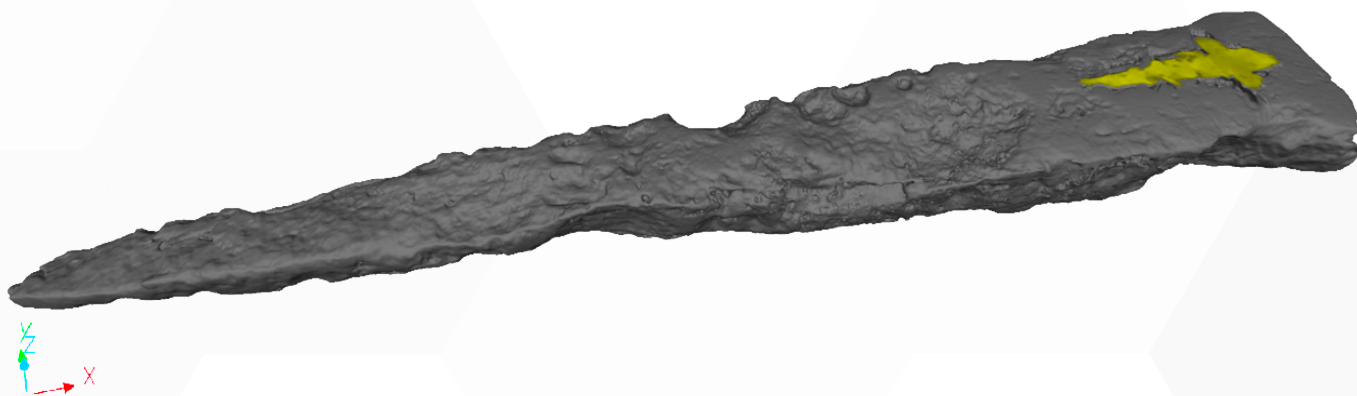
Je mi potěšením představit Vám nové číslo newsletteru naší Laboratoře rentgenové počítačové mikro a nano tomografie na CEITEC VUT. Můžete si zde přečíst o některých našich nedávných průzkumech, včetně inspekce hřebu, který mohl být použit u ukřižování Ježíše Krista, kontroly vnitřní kvality materiálu podle normy ASTM E 155 a analýzy skeletové helmy na míru. Popíšeme Vám 3D rekonstrukcí vaskulárních systémů orgánů u hlodavců, podělíme se o některé novinky z našich zařízení a poskytneme informace o kompletním portfoliu xy motorizovaných polohovacích stolků.

Příjemné čtení!

Tomáš Zikmund
Vedoucí laboratoře

CT ANALÝZY

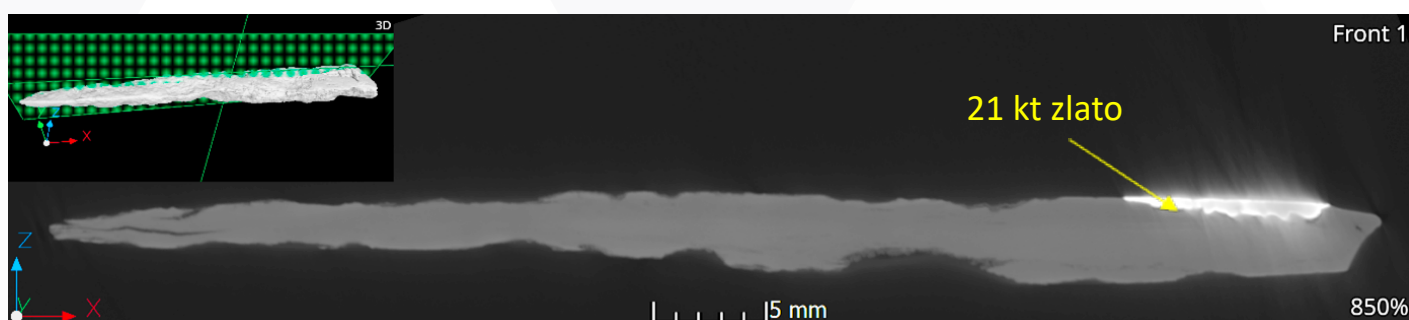
CT INSPEKCE HŘEBU, KTERÝ MOHL BÝT POUŽIT U UKŘIŽOVÁNÍ JEŽÍŠE KRISTA



Obrázek 1: 3D vizualizace hřebu.

Naše laboratoř měla loni příležitost analyzovat kovaný hřeb, který byl nalezený ve skryté schránce uvnitř severní zdi Milevského kostela sv. Jiljí. Hřeb zde byl ukrytý v době husitské spolu s dalšími historickými artefakty uvnitř menší dřevěné schránky označené písmeny IR (pravděpodobný význam je Iesus Rex = Ježíš král). Vědci se domnívají, že by tento hřeb mohl být součástí tzv. Pravého kříže, na kterém byl ukřižovaný Ježíš Kristus.

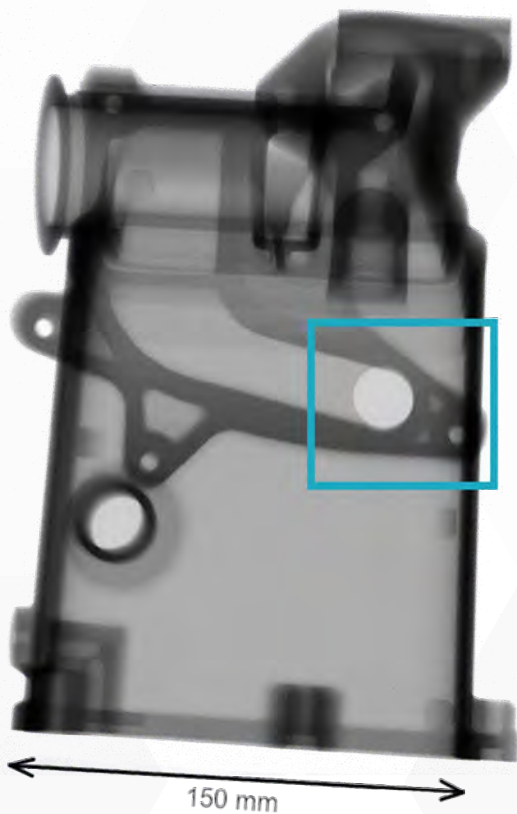
Ačkoli tomografické měření bylo realizováno na celém hřebu, hlavní oblastí zájmu se stal křížek z 21 kt zlata na povrchu širšího konce hřebu. Zde se archeologové domnívali, že by pod křížkem mohla být umístěna malá liturgická schránka. Naše CT data s rozlišením 33 $\mu\text{m}/\text{voxel}$ ovšem tuto teorii nepotvrdila. Podařilo se nicméně lépe charakterizovat rozložení materiálu v této vzácné křesťanské relikvii.



Obrázek 2: Podélný tomografický řez hřebem ukazující umístění zlatého křížku; poloha řezu je znázorněná zelenou barvou ve 3D náhledu.

KONTROLA VNITŘNÍ JAKOSTI MATERIÁLU DLE ASTM E 155

Při analýze plastových či hliníkových průmyslových dílů se setkáváme s požadavkem kontroly vnitřní jakosti materiálu za pomoci rentgenových snímků. K tomuto účelu vlastníme standard ASTM E 155, který na základě referenčních rentgenových snímků rozřazuje vnitřní jakost hliníkových a plastových výrobků do 8 kategorií podle charakteru vnitřních defektů daného materiálu.

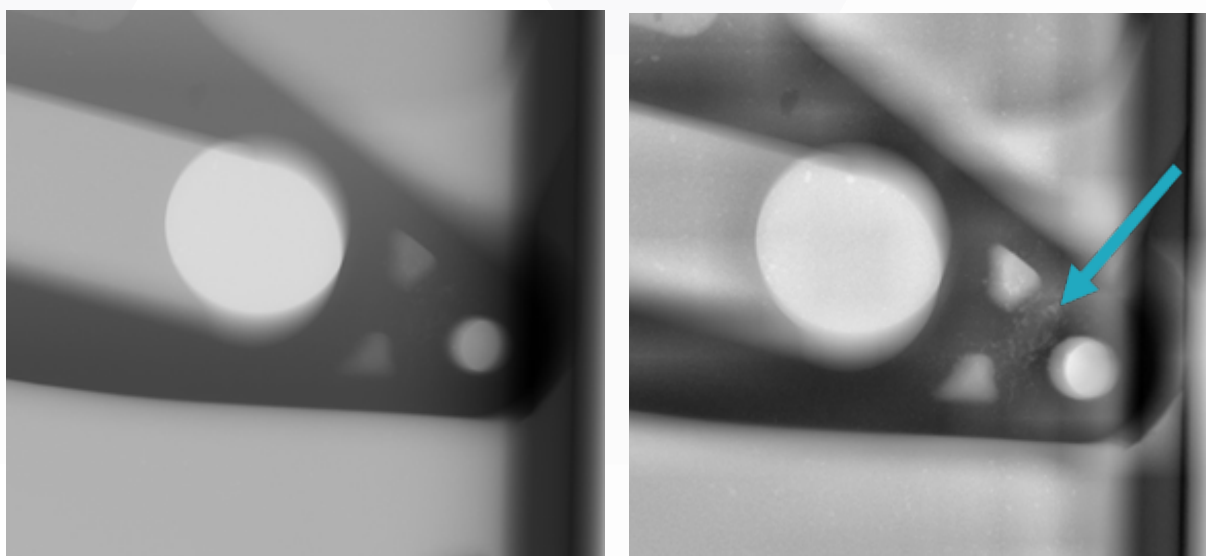


Obrázek 3: Rentgenový snímek hliníkového pouzdra.

U tohoto druhu analýzy není potřeba kompletní CT sken, ale pouze rentgenové snímky zachycující stěnu zájmové oblasti. Takovéto snímání je časově méně náročné i přesto, že je v některých případech vzorek členitý, a je tak potřeba nasnímat výrobek z více úhlů. Jde tedy o finančně méně nákladnou metodu hodnocení oproti CT analýze.

Výsledné rentgenové snímky jsou porovnány s referenčními snímky z normy a ke každé zájmové oblasti je pak přiřazena patřičná kategorie v závislosti na velikosti a tvaru vnitřních defektů. U většiny výrobků jsou již z výroby stanoveny kategorie (velikost a tvar defektů), do kterých výrobek může, nebo naopak nesmí spadat. Výrobky se tak díky těmto požadavkům často třídí na OK a NOK kusy. Výsledek analýzy vždy obsahuje kód přítomného typu defektu (porozita, staženina, inkluze) a míru jeho výskytu. Výrobky navíc mohou mít tyto požadavky stanoveny pro každou stěnu zvlášť, a může se tak stát, že výrobek stanoveným požadavkům vyhovuje pouze z části.

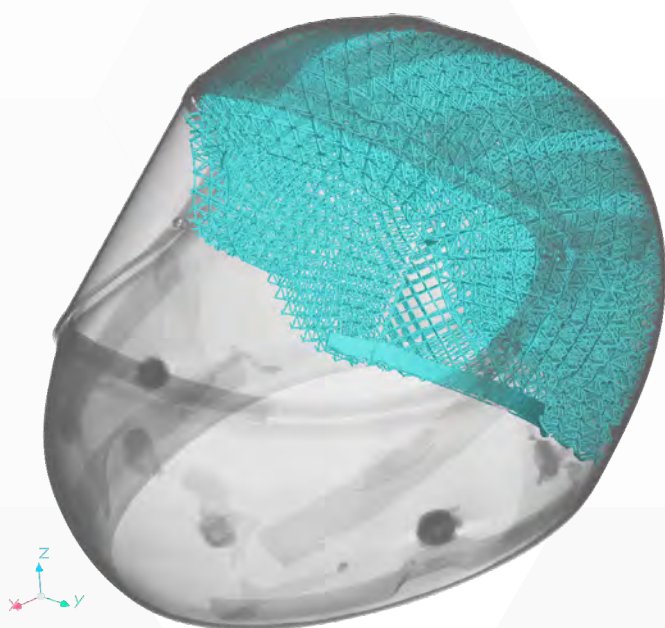
Důležitou součástí procesu vyhodnocení v naší laboratoři je také úprava kontrastu rentgenových snímků. Tuto úpravu provádíme ještě před vyhodnocením kategorií, abychom objevili vady v materiálu, které by při klasickém zobrazení rentgenového snímku mohly být přehlédnuty.



Obrázek 4: Vlevo – rentgenový snímek; vpravo – tentýž rentgenový snímek po úpravě kontrastu. Modrá šipka ukazuje vnitřní vady, které by při klasickém zobrazení mohly být přehlédnuty.

CT ANALÝZA SKELETONOVÉ HELMY NA MÍRU

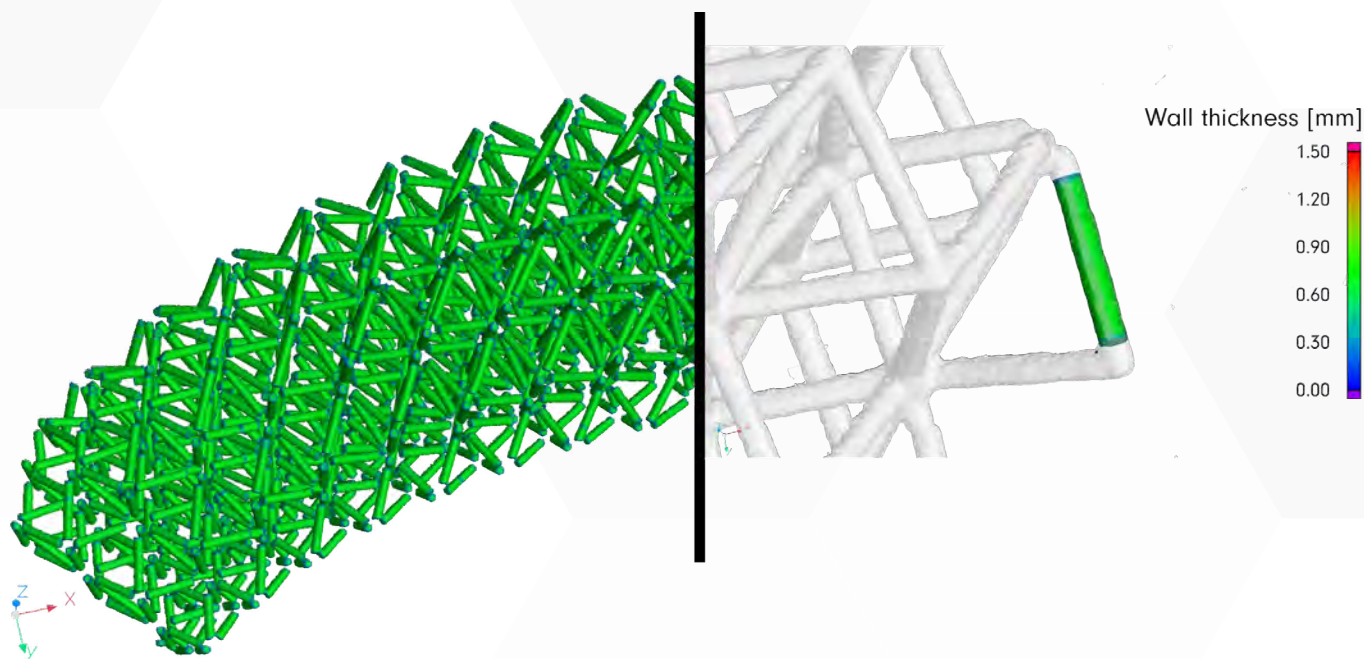
Z úzké spolupráce mezi značkou [Vagus](#) a firmou [One3D](#) vznikl tým, kterému se podařilo vyvinout a vyrobit vnitřní mřížkovou strukturu helmy ušitou na míru české reprezentační závodnici ve skeletonu. K zajištění maximálního možného komfortu byl sportovkyni naskenován přesný tvar hlavy a pomocí těchto dat byla metodou 3D tisku následně zhotovena potřebná finální struktura helmy (viz. obr. 5). Výsledkem je helma, perfektně sedící na hlavě, u které nedochází k žádným rušivým pohybům a posunům. Samozřejmostí je dostatečná pevnost helmy tak, aby chránila lebku jezdce při nárazech, a také dostatečně nízká hmotnost pro minimalizaci zátěže vznikající při přetíženích 5G.



Obrázek 5: Obrys helmy s vnitřní mřížkovou strukturou.

Pro splnění těchto podmínek je třeba velmi pevný materiál u vnější skořepiny helmy, u vnitřní struktury je naopak třeba materiál, který je schopen tlumit nárazy. Vnitřní struktura helmy bývá v mnoha případech řešena pomocí silného polstrování, které ale často funguje podstatně hůře ve srovnání s těmito pokročilými a flexibilními materiály. Mřížkové struktury jsou tvořeny vzájemně propojeným materiálem, který lze přesně navrhout a vytisknout. Při velké flexibilitě tak tento materiál dokáže poskytnout vysokou odolnost před nárazy, a to z něj činí ideální řešení pro dosažení na míru padnoucích a pohodlných návrhů. Úkolem týmu CTLAB bylo nahlédnout do podoby finální mřížkové struktury a ověřit její skutečnou geometrii. Bylo zkontrolováno správné napojení všech segmentů konstrukce a bylo také ověřeno, že všechny dosahují stanoveného průměru (viz obr. 6). Tým rovněž zkoumal napojení samotné konstrukce na tělo helmy.

Na video z CT analýzy se můžete podívat [zde](#).



Obrázek 6: Analýza tloušťky stěny mřížkové struktury segmentu.

3D REKONSTRUKCE VASKULÁRNÍCH SYSTÉMŮ ORGÁNŮ U HLODAVCŮ

Mnoho soustav v těle, jako například krevní systém nebo dýchací soustava, obsahují tubulární struktury. Zobrazování těchto komplexních tubulárních struktur ve 3D je pak poměrně složitý proces. Tradiční mikroskopické zobrazování daného vzorku se odehrává ve 2D prostoru, kdy je potřeba vzorek nakrájet. Tímto postupem se dostaneme k zobrazení řezu tubulárními strukturami, informace o jejich propojení a interakcích se však ztrácí. Alternativou k tomuto klasickému zobrazování je pak využití mikro počítačové tomografie, která využívá rentgenu k analýze vzorku ve 3D.

Zobrazování měkkých tkání (tubulární struktury spadají do této kategorie) metodou micro CT má však zadrhel v jejich nízkém absorpčním kontrastu. Jedním z řešení tohoto problému je naplnění tubulárních struktur pryskyřicí, což vytvoří odlitek celé struktury. Celý vzorek je naplněn radiodenzní pryskyřicí a v momentu, kdy pryskyřice vytuhne, je vzorek připraven na analýzu. V některých případech je ale potřeba zobrazit a odlišit od sebe 2 tubulární systémy v rámci jednoho skenu, z tohoto důvodu pak může být metoda upravena tak, že každý systém je naplněn pryskyřicí s odlišnou radiodenzitou. Tento přístup pak umožní oba systémy od sebe odlišit na základě jejich odlišného útlumu rengenového záření.

Data z následujícího micro CT skenu umožnily precizní zobrazení 3D struktury (obrázek 7) a také měření objemu, větvení a dalších interakcí. Tento nový způsob zobrazování nám pomůže vylepšit porozumění defektů, které se vyskytují u zvířecích modelů různých onemocnění. Představená 3D analýza už byla aplikována v rámci výzkumu [Allagilova syndromu](#), který postihuje tvorbu krevního a žlučového systému jater.

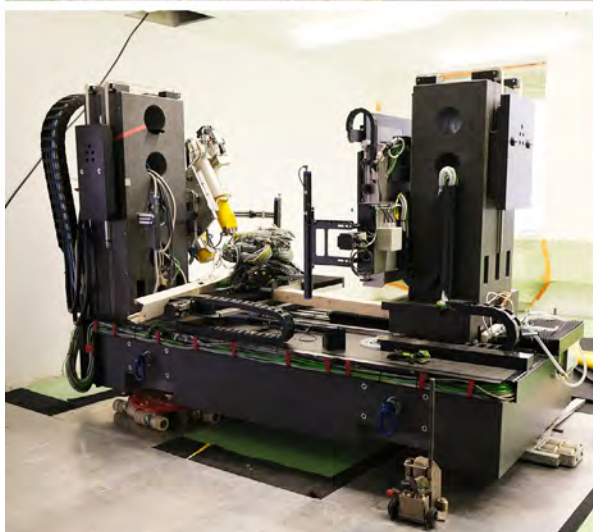


Obrázek 7: Příklad 3D zobrazení tubulární struktury: krevní systém (červená) a žlučový systém (žlutá) laloku myších jater.

NOVINKY

NOVÉ CT LABORATOŘE

Náš největší CT přístroj GE phoenix v|tome|x L240, který byl umístěn na Fakultě strojního inženýrství, byl přesunut na nové místo. Původní laboratoř, kde bylo zařízení umístěno, byla založena ještě před existencí budov CEITEC. Nyní jsou všechna CT zařízení umístěna v nových prostorách v rámci komplexu CEITEC VUT. Stěhování bylo poměrně komplikované, několikátunovou olověnou skříň musel vyzvednout jeřáb. Na novém místě bylo nutné demontovat kus vnějšího pláště budovy a v místnosti vyztužit betonové základy podlahy, aby vydržely tíhu přístroje.



Obrázek 8: Přesouvání GE phoenix v|tome|x L240 do nového prostoru.

MOTORIZOVANÉ POLOHOVACÍ STOLKY PRO MANIPULACI CT VZORKŮ

Představujeme rozšířené produktové portfolio motorizovaných dvouosých polohovacích stolků. Tyto stolky slouží k rychlému upevnění a přesnému centrování vzorku během CT analýzy. Stolky byly, pro potřeby manipulace specifických vzorků, navrženy s vyšší nosností. Jsou bezdrátové a kompaktní a ovládány jsou z vnějšku CT kabinetu. K dispozici jsou 3 různé velikostní varianty, které se hodí do většiny CT systémů a umožňují zkoumat vzorky různých rozměrů a hmotností.

Impulzem k vytvoření SaguarioX byl problém s centrováním a umístováním vzorků, se kterým jsme se potýkali v naší laboratoři. Protože na trhu nebylo k dispozici žádné obdobné komerční řešení, které by vyhovovalo našim potřebám, rozhodli jsme se jej v roce 2019 vyvinout sami a komercializovat jej prostřednictvím vytvoření společnosti CactuX, kde bylo toto řešení také dotaženo do podoby prodejného produktu.

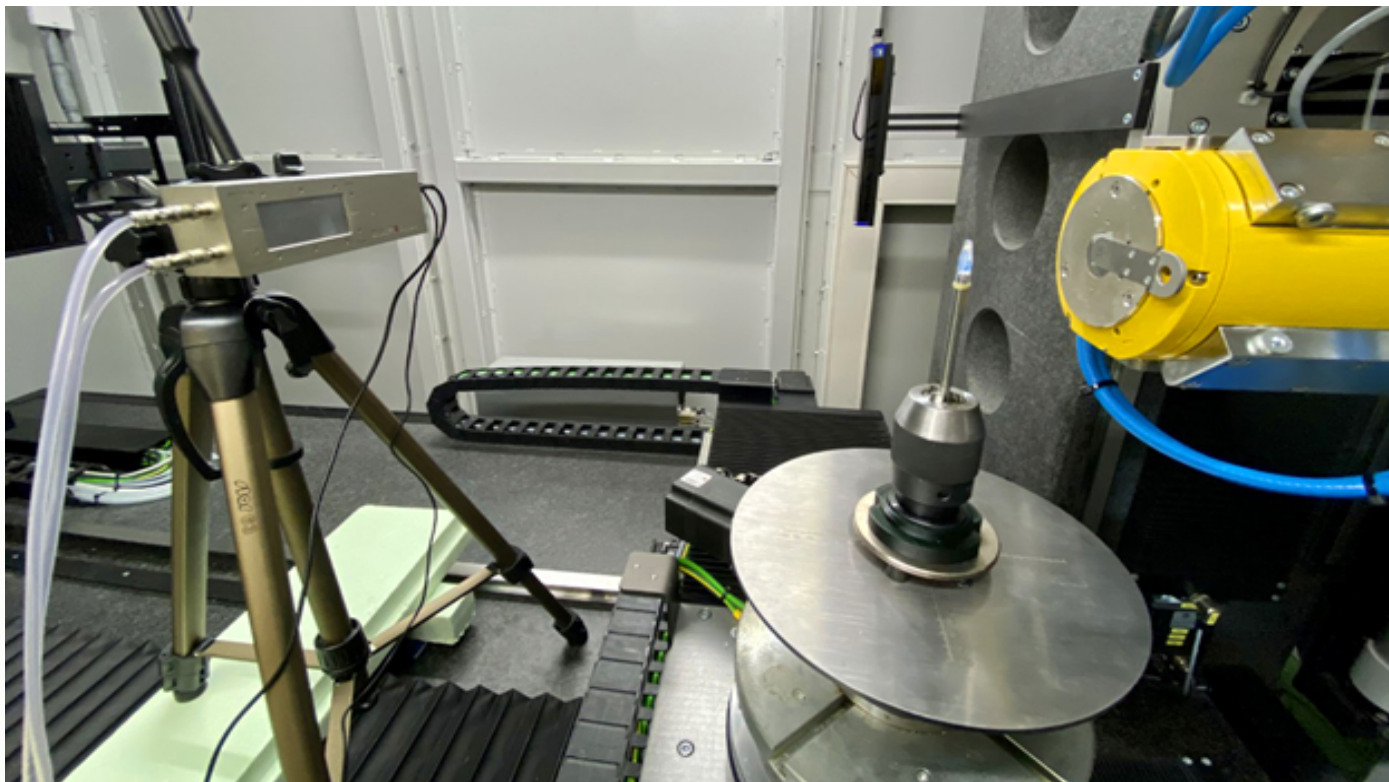


	SaguarioX M Heavy	SaguarioX M	SaguarioX S
X, Y - rozsah os:	100 mm x 100 mm	100 mm x 100 mm	50 mm x 50 mm
Plocha:	220 mm x 220 mm	220 mm x 220 mm	135 mm x 135 mm
Kapacita:	30 kg	15 kg	7 kg

Obrázek 9: Portfolio bezdrátových manipulátorů a jejich parametry.

CHYTRÉ RENTGENOVÉ DETEKTORY OTEVÍRAJÍ NOVÉ OBZORY V CT

Naše laboratoř měla příležitost vyzkoušet detektor firmy ADVACAM založený na technologii počítání jednotlivých kvant dopadajícího záření (tzv. photon-counting detekce, PCD). PCD je velmi zajímavá moderní technologie v CT a rentgenových zobrazovacích technikách obecně. Jejimi přednostmi jsou nízký šum, vyšší účinnost či možnost detekovat energii jednotlivých fotonů. Tímto se PCD odlišuje od konvenčních detektorů, u kterých je zaznamenán pouze celkový signál dopadající na citlivou plochu detektoru během jeho expozice. Možnost měřit nejen množství, ale i energii dopadajícího záření, otevírá nové možnosti pro oblast duálně-energievých a spektrálních CT, které je v posledních letech rovněž věnována velká pozornost. Jsme velmi vděční za možnost testování této přelomové technologie pro průmyslové i biologické vzorky přímo v našem CT systému.



Obrázek 10: Detektor ADVACAM (vlevo) upevněný a připravený k testování uvnitř měřicí komory našeho CT systému.

KONTAKTUJTE NÁS

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