

Zpráva o realizaci nových laboratorních úloh umožňujících výuku vzdáleným přístupem na UETE



Autoři textu

Ing. Tomáš Binar, Ph.D.

Ing. Pavel Šafl

Brno

31. 12. 2023

Předložený text je výstupem projektu NPO_VUT_MSMT-16609/2022 v rámci specifického cíle A1: Digitalizace vzdělávací činnosti a studijních agend. Tento výstup byl realizován na Fakultě elektrotechniky a komunikačních technologií.

CÍLE REALIZACE LABORATORNÍCH ÚLOH

Cílem aktivity A1 na Fakultě elektrotechniky a komunikačních technologií (FEKT) je uskutečnění rozsáhlé digitalizace ve vzdělávání, což povede k implementaci možnosti vzdáleného přístupu k laboratorním FEKT pro studenty.

Na Ústavu elektrotechnologie (UETE) Fakulty elektrotechniky a komunikačních technologií (FEKT) byla nedávno dokončena výstavba nové laboratoře, specializované pro využívání 3D tiskáren. Tato moderní laboratoř představuje nový a inovativní prostor, který umožňuje studentům a výzkumníkům využívat nejnovější technologie v oblasti trojrozměrného tisku. S vybavením moderními 3D tiskárnami poskytuje tato nová laboratoř inspirativní výukové prostředí pro zkoumání a rozvoj inovativních nápadů a projektů v oblasti tisku a výroby.

V nově vybudované laboratoři pro 3D tisk na Fakultě elektrotechniky a komunikačních technologií (FEKT) byla úspěšně implementována možnost vzdáleného přístupu k 3D tiskárnám. Tato inovativní funkce je zvláště významná v situacích, kdy je osobní přístup omezen, jako například během epidemie nebo jiné mimořádné události a současně také při realizaci distanční výuky nebo při zpracování závěrečných bakalářských či diplomových prací. Díky této technologické výhodě mohou uživatelé efektivně využívat laboratoř a pracovat s 3D tiskárnami, i když je osobní přístup omezen. Tím se zajišťuje kontinuita vzdělávání a podporuje resilience jak v oblasti výuky, tak v oblasti technologického vývoje.

Pro aktivní podporu online výuky bylo celkem připraveno/upraveno sedm laboratorních úloh umožňujících částečný nebo úplný vzdálený přístup. Vedle zlepšení konektivity a automatizace laboratorních úloh došlo k aktualizaci počítačového vybavení ve vybraných učebnách. Tato modernizace umožňuje provoz moderního softwaru, včetně aplikací pro 3D skenery, a zajišťuje dálkový přístup k lokálním softwarovým licencím. Mimo samotné přístrojové vybavení jsme se také zaměřili na posílení pedagogických dovedností v oblasti 3D tisku a mechanických vlastností prostřednictvím školení pro pedagogický personál, který v rámci laboratoře povede výuku. Cílem školení bylo detailní seznámení s možnostmi a s možným využitím nainstalované technologie v rámci výuky.

Adaptace na individuální vzdělávací potřeby studentů byla posílena organizačními opatřeními, která zvyšují dostupnost vybavení mimo běžný výukový plán. To umožňuje studentům flexibilně využívat zařízení pro samostatnou práci, sebevzdělávání a práci na svých závěrečných projektech. Při plánování nákupů nového vybavení do vybraných učeben byl kladen důraz na to, aby vybavení současně přispělo ke snížení energetické náročnosti výuky.

Posílená podpora moderních výukových přístupů, konkrétně metody blended learning, zahrnuje možnost, aby studenti v rámci individuálního studia pracovali na digitálních modelech přímo ze svých domácích počítačů. Tento postup umožňuje využití bezplatných licencí, ačkoliv mohou být omezeny funkcemi nebo časem. Fyzické nebo hybridní modely, které jsou vybaveny licencemi odpovídajícími výukovým potřebám, budou k dispozici v laboratořích.

Nadto, až budou studenti hotovi s vytvářením svých modelů, budou mít možnost požádat pedagoga o virtuální spuštění modelů na přístrojích. Tímto způsobem budou moci začít prakticky realizovat své nápady a koncepty přímo v prostředí laboratoře, což podporuje praktickou aplikaci jejich teoretických znalostí.

POPIS PRACOVIŠŤ A JEJICH REALIZACE

V laboratoři FDM 3D tisku a 3D skenování (místnost 0.58) byla vytvořena za podpory projektu celkem 3 pracoviště využívající 3D tiskárny, dále pracoviště zaměřené na modelování a návrh 3D objektů a modernizováno bylo pracoviště umožňující 3D skenování. Současně také na Ústavu elektrotechnologie vznikla dvě nová pracoviště zaměřená na výuku mechanických vlastností materiálů umožňující vzdálenou správu a vzdálený přístup. Celkem tak bylo vytvořeno/modernizováno 7 výukových pracovišť.

PRACOVIŠŤE 3D TISKOVÝCH TECHNOLOGIÍ

Pracoviště 3D tisku s FDM (Fused Deposition Modeling) a SLA (Stereolithography) 3D tiskárnami vytváří multifunkční prostor, kde se kombinují technologie tisku pro dosažení široké škály výsledků. Následující popis představuje zakoupené klíčové prvky tohoto pracoviště přímo na určených aktivitách výuky.

1) Návrh Digitálního Modelu:

V rámci našeho projektu NPO jsme uskutečnili nákup stolních počítačů, což poskytlo výrazné zlepšení pracovních podmínek. Tyto nové počítačové konfigurace jsou optimalizovány pro práci s CAD systémem, což představuje klíčový prvek pro kreslení a návrh v oblasti 3D tisku. Ukázkové pracoviště je zobrazeno na obr. 1. Na tomto pracovišti budou spolupracovat vždy dva studenti, kteří budou vést odbornou debatu na základě které budou rozhodovat o konečném vizuálu daného tělesa. Studenti budou postupovat dle návodu k laboratorní úloze viz obr 2.



Obr. 1 Ukázka pracoviště pro kreslení v 3D prostoru

Zpráva o realizaci nových laboratorních úloh umožňujících výuku vzdáleným přístupem na UETE

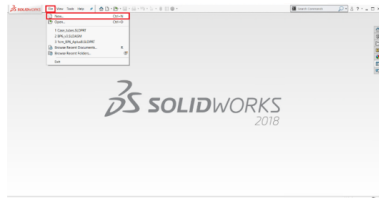
1. Část – Vytvoření modelu v Solidworks



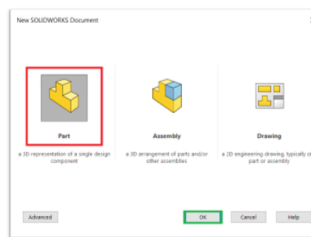
Solidworks je pokročilý CAD program, který se používá k návrhu a modelování 3D objektů. Umožňuje uživatelům vytvářet velmi detailní a složité modely, které mohou být následně využity pro 3D tisk.

Podrobný popis:

Spustíte SolidWorks na vašem počítači.



Klikněte na "File" v levém horním rohu obrazovky a vyberte "New".



Zvolte "Part" pro vytvoření nového dílu a klikněte na "OK".

Následuje vytvoření libovolného jednoduchého modelu, vhodného pro FDM 3D tisk. Je nutné brát v úvahu tloušťku stěny a detailů, které tiskárna není schopna pojmout.

Krok 1: Nastavení Pracovní Plochy

- V pravé části obrazovky vyberte požadovaný pohled (např. "Top" pro pohled shora).
- Ujistěte se, že měřítko v pravém dolním rohu je nastaveno správně (např. 1:1).

Krok 2: Vytvoření Základní Skici

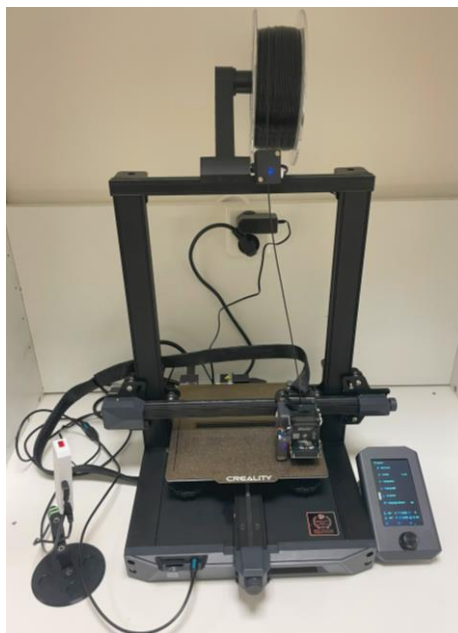
- Klikněte pravým tlačítkem myši na jednu z hlavních rovin (Front, Top, Right) a vyberte "Sketch".
- Použijte nástroje jako "Line", "Rectangle", "Circle", atd. k vytvoření základního tvaru vašeho modelu.
- Použijte nástroj "Smart Dimension" k přesnému nastavení rozměrů vaší skici.

Obr. 2 Ukázka z návodu laboratorní úlohy FDM tisku

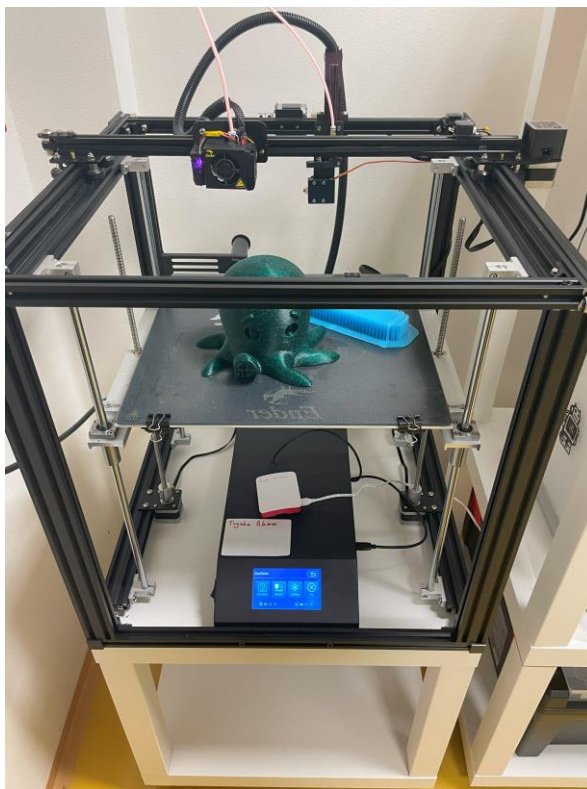
2) Příprava tisku a samotný tisk:

Pro naše potřeby třírozměrného tisku jsme provedli důkladný výběr a nakoupili dvě kvalitní 3D tiskárny od společnosti Creality. Mezi nimi patří model Ender 3, který se vyznačuje svou rychlostí a cenovou dostupností. Tato tiskárna nabízí efektivní tisk s vynikající přesností a je ideální pro tvorbu rychlých prototypů a funkčních modelů.

Dále jsme do naší výbavy zařadili model Ender 5 Plus od Creality, který přináší další úroveň výkonu a možností. Tato tiskárna disponuje rozsáhlým tiskovým prostorem a nabízí vylepšenou stabilitu a přesnost. S moderními funkcemi a snadnou ovladatelností umožňuje tvorbu komplexních a rozsáhlých tisků s vysokou kvalitou výsledného produktu tyto tiskárny lze vidět na obr. 3 a 4.



Obr. 3 Ukázka pracoviště FDM tisku s Ender 3



Obr. 4 Ukázka pracoviště FDM s Ender 5

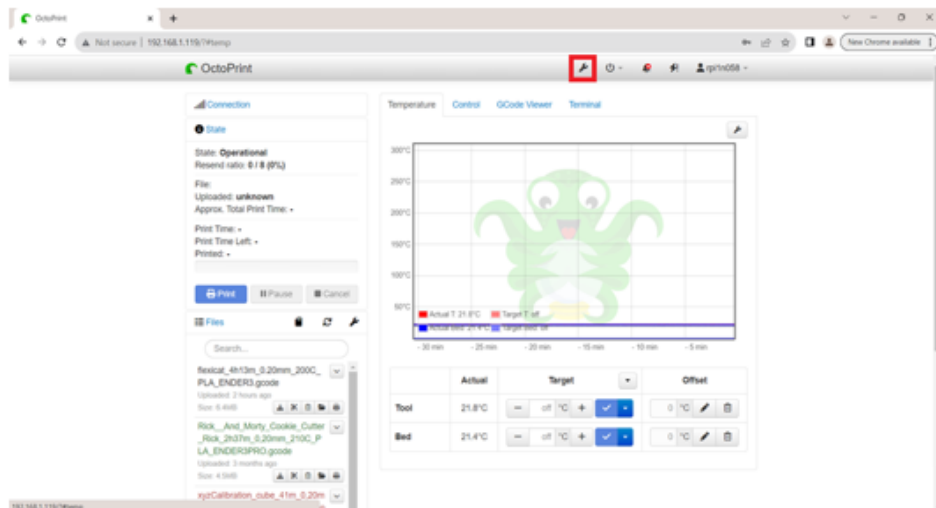
3) Vzdálená správa 3D tiskáren:

V rámci našeho projektu jsme úspěšně implementovali systém OptoPrint pro efektivní ovládání našich 3D tiskáren. Tato pokročilá platforma umožňuje lektorům i studentům intuitivní správu tiskových procesů a přináší značné vylepšení v interaktivitě s tiskárnami. S OptoPrint můžeme tiskárny ovládat a monitorovat z libovolného zařízení připojeného k síti, což zajišťuje flexibilitu a pohodlí v procesu výuky a experimentování s třírozměrným tiskem. Tato implementace OptoPrint do naší tiskové infrastruktury přispívá k efektivitě našich výukových aktivit a umožňuje lepší sledování a správu tiskových úloh v reálném čase. Tento systém běží na zakoupených Raspberry Pi, která slouží jako tiskové servery. Tento systém nám umožní, například v předmětu Úvod do iniciativy Průmysl 4.0, aby studenti mohli pracovat na projektech, které jsou výstupem tohoto předmětu i z domácích PC.

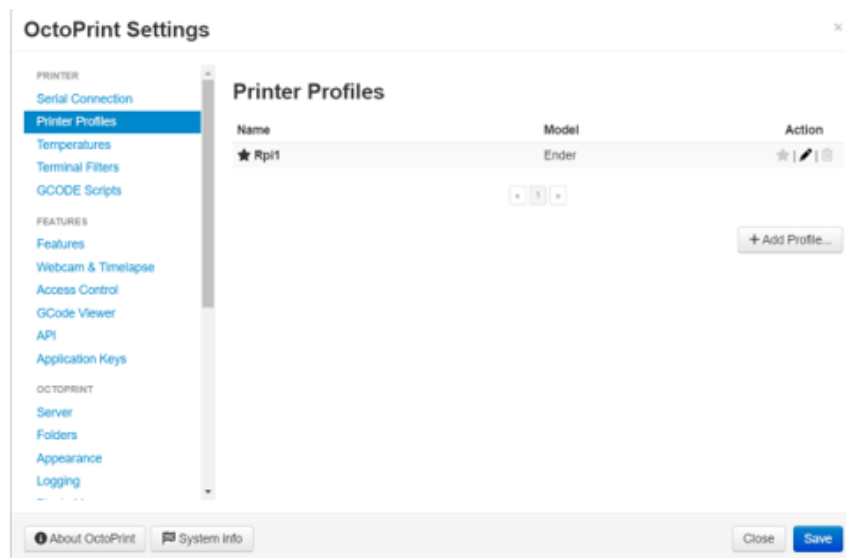
V rámci implementace systému OptoPrint pro ovládání našich 3D tiskáren jsme využili zakoupené minipočítače Raspberry Pi. Tyto kompaktní a výkonné jednotky nám umožnily efektivně integrovat OptoPrint do naší tiskové infrastruktury. Raspberry Pi poskytly spolehlivý a přenosný základ pro správu tiskáren, což nám umožňuje ovládat tiskové procesy a monitorovat stav tisku z libovolného zařízení připojeného k síti. Tato inovativní kombinace technologií posiluje naši schopnost poskytovat interaktivní a přizpůsobivou výuku v oblasti třírozměrného tisku, a to s důrazem na jednoduchost ovládání a spolehlivý provoz. Ukázka daného návodu je na obr. 5.

Konfigurace

V případě prvotního zapnutí a připojení nové tiskárny je nutné nastavit parametry tiskárny.



Nejprve je zapotřebí nastavit profil 3D tiskárny.



Což zahrnuje nastavení rozměrů tiskárny a zvolený typ trysky

Obr. 5 Ukázka návodu vzdáleného přístupu pro úlohy 3D tisku

PRACOVÍŠTĚ SLA TISKU

Pro precizní a detailní tisky jsou k dispozici SLA 3D tiskárny, které využívají technologii tvorby objektů pomocí tuhnutí fotocitlivých pryskyřic pod vlivem UV světla. SLA tisk je ideální pro vytváření detailních a složitých geometrických struktur. V budoucnu bude práce s technologií SLA (Stereolithography) tiskáren klíčovým prvkem pro zvyšování digitálních kompetencí pedagoga. Následující jsou způsoby, jaké výhody a dovednosti lze očekávat:

Poznání moderních technologií, vzdělávání v technickém designu, řešení technických výzev, podpora kreativity a inovací, pedagogická praxe s moderními nástroji a spolupráce s průmyslem.

V rámci našeho inovačního projektu NPO (Název Projektu) jsme úspěšně vybudovali dvě nová pracoviště specializovaná na technologii SLA (Stereolithography) tisku. Tato pracoviště jsou plně vybavena SLA tiskárnami a doprovodnou infrastrukturou, včetně myčky a vytvrzovací stanice. Tato zařízení poskytují studentům komplexní prostředí pro praktickou práci s tímto pokročilým způsobem třírozměrného tisku.

Pracoviště (viz obr. 6) jsou navržena tak, aby studenti mohli tiskárny ovládat dvěma způsoby. Za prvé, prostřednictvím vzdálené plochy, což je ideální pro hybridní výuku a umožní studentům pracovat na svých projektech odkudkoli. Za druhé, tiskárny mohou být ovládány přímo na zařízení pod dohledem lektora, což umožní interaktivní a individuální podporu při procesu tisku. Tímto způsobem projekt NPO zajistí flexibilitu a různorodost ve výuce třírozměrného tisku a podpoří moderní pedagogické přístupy. To umožní studentům plně využít potenciálů SLA technologie.



Obr. 6 Ukázka pracoviště SLA tisku

Realizace pracovišť 3D tisku:

Realizace tohoto projektu započala pečlivým výběrem vhodné místnosti pro nová pracoviště, kde by mohla probíhat výuka v oblasti pokročilého 3D tisku. Tento první krok zahrnoval nejen návrh prostorového uspořádání, ale také analýzu potřebných technických specifikací a infrastruktury. Po úspěšném návrhu místnosti bylo nutné určit optimální počet zařízení, což vyžadovalo pečlivý průzkum trhu a hodnocení dostupných technologických možností.

Dalším krokem bylo rozhodování o konkrétních zařízeních, přičemž klíčovým aspektem byla efektivita využití z hlediska pedagogických potřeb. Po konečném vybrání vhodných zařízení následoval proces poptávání a nakupování.

Při dodání zařízení byly provedeny adaptace prostoru laboratoří, zahrnující úpravy stolů, skříní a dalšího nábytku, aby bylo zajištěno optimální pracovní prostředí. Úpravy elektroinstalace a kabeláže byly nezbytné pro bezproblémový chod nově instalovaných technologií.

Následně bylo nutné implementovat vzdálené přístupy pro SLA tiskárny a FDM tiskárny. Pro SLA tiskárny byl preferován vzdálený přístup přes pevná PC a tato konfigurace byla implementována. Pro FDM tiskárny byla zvolena alternativa ovládání přes tiskové servery, které byly speciálně naprogramovány pro tuto účelovou konfiguraci.

Po fázi implementace následovala důkladná etapa testování a školení zaměstnanců, aby byli schopni plně využívat nové technologie v rámci výuky. V případě tiskových serverů byly využity minipočítače Raspberry Pi, na nichž běží softwarové platformy, jako jsou OptoPrint nebo Karmen. Celkově tyto kroky vedly k vytvoření plně funkčního a efektivního pracoviště, přispívajícího k rozvoji vzdělávacích aktivit instituce a nových možností v oblasti výuky.

PRACOVIŠTĚ PRO ZKOUMÁNÍ MECHANICKÝCH VLASTNOSTÍ

V rámci rozvoje naší stávající laboratoře jsme v projektu NPO úspěšně integrovali nové prvky, kterými jsou trhačka a technologie akustické emise. Tyto inovace výrazně rozšiřují schopnosti laboratoře, přinášejí nové možnosti v oblasti výuky mechanických vlastností materiálů. Trhací zařízení umožňuje provedení přesných a standardizovaných tahových testů, zatímco technologie akustické emise poskytuje prostředky pro sledování a analýzu mikroskopických změn v materiálech během testování. Tato rozšíření přináší studentům a akademickým pracovníkům jedinečnou příležitost pro provádění detailních experimentů a zkoumání chování materiálů za různých podmínek.

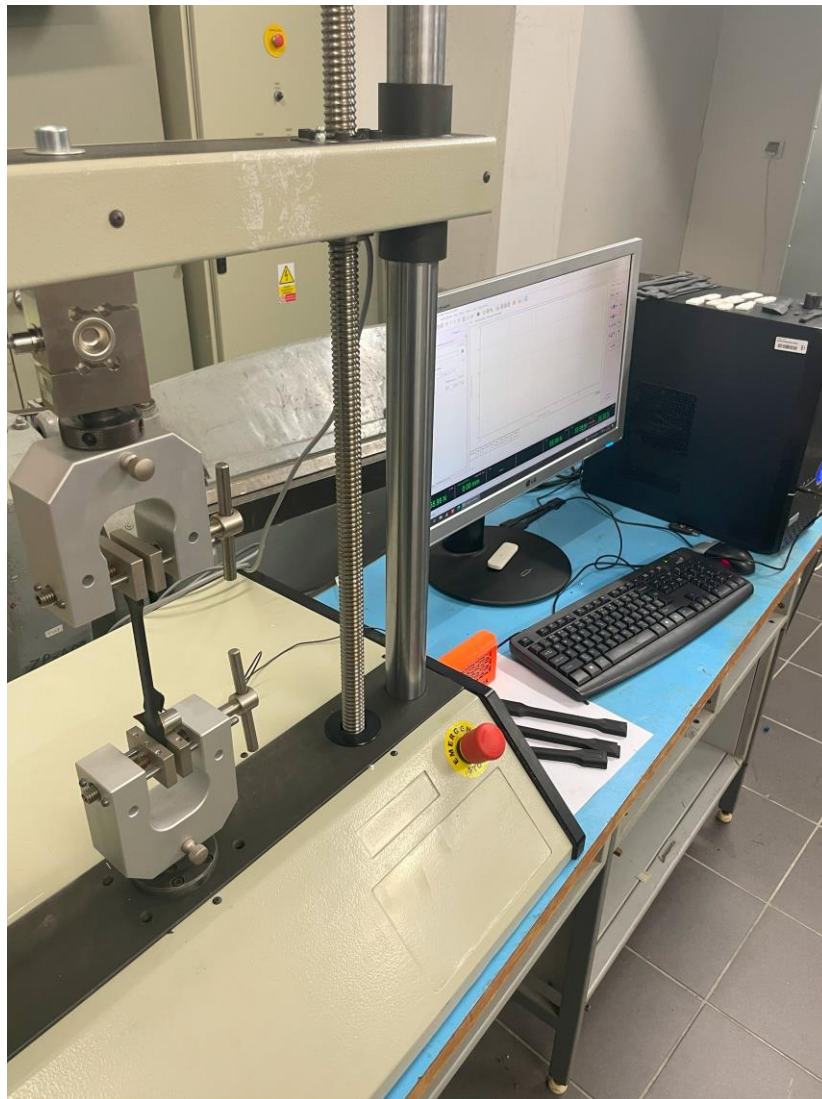
Připravená pracoviště vytváří zázemí pro realizaci bakalářských a inženýrských prací studentů. Vytvoření těchto nových laboratorních pracovišť poskytne studentům nejen možnost hlubšího porozumění materiálovým vlastnostem, ale také podnítí jejich tvůrčí přístup k probírané látce.

1. PRACOVIŠTĚ PRO TRHACÍ ZKOUŠKY

Trhací zařízení bude pro studenty budoucí jedinečnou příležitostí pro praktické zkoumání a porozumění mechanickým vlastnostem materiálů. Jeho využití studentům umožní provádět tahové zkoušky na různých materiálech a analyzovat jejich chování pod zátěží. Studenti budou získávat

praktické dovednosti v přípravě materiálních vzorků, nastavení zařízení pro konkrétní zkoušky a interpretaci výsledků. Trhací zařízení tak bude poskytovat prostor pro rozvoj kompetencí v oblasti materiálového inženýrství a zkoumání fyzikálních aspektů materiálů.

Studenti budou na těchto zařízeních vykonávat laboratorní úlohy, které budou navazovat na výrobu vzorků pomocí 3D tisku. Tato synergická kombinace technologií jim umožní nejen teoreticky porozumět, ale také prakticky aplikovat získané znalosti v oblasti materiálových věd. Budou moci sledovat reálné výsledky a chování materiálů v průběhu tahových zkoušek, což přispěje k jejich celkovému vývoji a připraví je na úspěšné uplatnění v budoucí praxi. Instalované trhací zařízení je patrné z obr. 7.



Obr. 7: Snímek instalovaného trhacího zařízení.

Studenti budou nejprve připravovat materiální vzorky, které budou podrobeny tahovým zkouškám. Poté, co budou vzorky pečlivě připraveny, budou připevněny k trhacímu zařízení tak, aby bylo zajištěno rovnoměrné rozložení tahové síly.

Během měření trhacím zařízením budou studenti monitorovat a zaznamenávat tahovou sílu, deformaci vzorku a další relevantní parametry. V průběhu měření budou moci studenti pozorovat tahový diagram, což jim poskytne přehled o chování materiálu za různých zátěží.

Po dokončení tahových zkoušek budou studenti analyzovat získaná data a interpretovat výsledky. Tato fáze procesu umožní porozumění mechanickým charakteristikám zkoumaných materiálů, jako je tahová pevnost, mez kluzu a modul pružnosti. Celkově bude měření na trhacím zařízení interaktivním a vzdělávacím procesem, který propojí teoretické znalosti s praktickým zkoumáním materiálů v reálném prostředí laboratoře.

2. PRACOVNÍŠTĚ PRO AKUSTICKOU EMISI

V rámci výuky bude prvním klíčovým prvkem akustické emise možnost monitorovat tahové zkoušky na různých materiálech. Během samotné tahové zkoušky budou mít možnost poslouchat zvukové signály generované materiálem a pozorovat, jak se tyto zvuky mění v reakci na zvyšující se zátěž.

Tímto způsobem budou studenti aktivně sledovat a zaznamenávat akustickou emisi spojenou s deformací a trhem materiálu. Tato praktická část výuky jim umožní nejen teoreticky porozumět mechanismům tahových zkoušek a akustické emise, ale také získat konkrétní dovednosti v přípravě a monitorování materiálních vzorků. V neposlední řadě tato aktivita propojí teoretické znalosti se skutečnými experimenty a přispěje k jejich komplexnímu porozumění materiálového inženýrství. Tyto zařízení jsou na obr. 8.



Obr. 8: Ukázka akustické emise.

ZÁVĚREČNÉ SHRnutí

V rámci projektu byla zřízena specializovaná laboratoř, která je schopna pracovat v hybridním stylu výuky. Laboratoř je zaměřená na 3D tiskové technologie a systematické zkoumání mechanických vlastností polymerních materiálů. Přínos projektu spočívá v tvorbě čtyř nových laboratorních úloh pro vzdálený přístup, které jsou navrženy k poskytnutí studentům hlubšího vhledu do oblastí moderní výrobní technologie. Tato iniciativa nejenom zahrnuje vytvoření specifických úloh pro 3D tisk, ale také posílení těchto aktivit prostřednictvím nově akvizovaného počítačového vybavení, což poskytuje studentům přístup k moderním nástrojům a technologiím. Tyto úlohy mohou simulovat budoucí pracoviště, kde si student bude moct vyrobit daný produkt bez jeho fyzického zásahu na dálku.

Vytvoření laboratorních úloh, které zahrnují zkoumání mechanických vlastností polymerních materiálů, představuje další dimenzi vzdělávacího procesu. Tyto úlohy využívají vzdáleného přístupu přes TeamViewer a upraveného programu pro ovládání strojů. Úlohy jsou zaměřené na detailní analýzu mechanických vlastností polymerních materiálů. První úloha využívá trhací zařízení, zatímco druhá se zabývá akustickou emisí. Tyto úlohy poskytnou studentům praktické zkušenosti v oblasti výroby a umožní jim získat komplexní pohled na procesy spojené s polymerními materiály.

Tímto způsobem se studenti nejenom seznámí s konkrétními technologiemi 3D tisku, ale také se aktivně zapojí do experimentů, které zkoumají fyzikální a mechanické charakteristiky materiálů. Projekt nejen posílí jejich praktické dovednosti v oblasti výroby, ale též podpoří jejich analytické a budoucí výzkumné schopnosti. Navíc tato iniciativa umožní studentům rozvíjet se ve virtuálním prostředí, které je nyní hojně využíváno v Průmyslu 4.0.