

**Univerzita Hradec Králové**  
**Přírodovědecká fakulta**

**Bakalářská práce**

**Univerzita Hradec Králové**  
**Přírodovědecká fakulta**  
**Katedra aplikované kybernetiky**

Alternativní využití 3D tiskáren (využití  
mechanické části 3D tiskárny při konstrukci  
strojů)

**Bakalářská práce**

Autor: Marek Zítka  
Studijní program: B0114A140003  
Studijní obor: Informatika a Základy techniky se zaměřením na vzdělávání  
Vedoucí práce: RNDr. Bc. Radek Němec, Ph.D.





## Zadání bakalářské práce

**Autor:** Marek Zítka  
**Studium:** S20IN020BP  
**Studijní program:** B0114A140003 Informatika se zaměřením  
na vzdělávání  
**Studijní obor:** Informatika se zaměřením na vzdělávání,  
Základy techniky se zaměřením na vzdělávání  
**Název bakalářské práce:** Alternativní využití 3D tiskáren (využití mechanické  
části 3D tiskárny při konstrukci strojů)

Název bakalářské práce AJ: The Alternative use of 3D printer

### **Cíl, metody, literatura, předpoklady:**

Tato bakalářská práce se zabývá shromážděním informací o postupném vývoji a stárnutí jednotlivých komponent 3D tiskáren, jejich následném využití v nových školních projektech, i mimoškolního využití. Využity jsou metody sběru dat informací, jejich ověřování, případně uvádění dat do praxe. Jsou využity různé zdroje, tedy internetové články, knihy, ale i výsledky z praktické činnosti. Cílem této bakalářské práce je uvést směr nového možného využití 3D tiskáren a jejich součástí pro konstrukci nových strojů, projektů a poznání.

**Garantující pracoviště:** Katedra aplikované kybernetiky,  
Přírodovědecká fakulta

**Vedoucí práce:** RNDr. Bc. Radek Němec, Ph.D.

**Oponent:** Ing. Petr Voborník, Ph.D.

**Datum zadání závěrečné práce:** 9.4.2022

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a že jsem v seznamu použité literatury uvedl všechny prameny, z kterých jsem vycházel.

V Hradci Králové dne 6.7.2023

Marek Zítka

## Poděkování:

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu této bakalářské práce, RNDr. Bc. Radku Němcovi, Ph.D. za jeho dohled a odborné připomínky k této bakalářské práci. Dále bych rád poděkoval Mgr. Štěpánovi Majorovi, Ph.D. z Katedry technických předmětů UHK za odbornou informační pomoc při provádění praktické části této bakalářské práce.

## **Anotace**

ZÍTKA, Marek. *Alternativní využití 3D tiskáren (využití mechanické části 3D tiskárny při konstrukci strojů)*. Hradec Králové, 2023. Bakalářská práce. Přírodovědecká fakulta Univerzity Hradec Králové. Vedoucí bakalářské práce Radek Němec. 90 s.

Cílem této práce je vypracování návrhu alternativního využití pohybového mechanismu 3D tiskárny v konstrukci laserového gravírovacího stroje, plotteru nebo CNC frézky případně i dalších zařízení využitelných ve školní laboratoři. Studenti středních škol technických dnes dost často využívají 3D tiskáren ve výuce předmětů jako konstruování, průmyslový design, informatika, výpočetní technika, robotika a dalších. Často dochází k tomu, že jsou studenty intenzivně využívaná zařízení poškozena a učitel má tak k dispozici mnoho starších, ne již plně funkčních tiskáren či jejich prvků. Tyto součásti mohou učitelé využít pro práci studentů na technických projektech sloužících k rozvoji studentské tvořivosti. Podpora rozvoje kreativity žáků a studentů se řadí k hlavním úkolům učitele a práce na projektech patří k neefektivnějším metodám výuky. Úkolem studenta je návrh a realizace vzorových studentských projektů pro podporu výuky s využitím částí 3D tiskáren. V rámci práce student vytvoří a zdokumentuje technické zařízení dle své volby. Práce bude obsahovat veškerou technickou dokumentaci a návod použitelný ve výuce na střední škole.

## **Klíčová slova**

3D tiskárna, laser, gravírovací přístroj, alternativní využití, technologie

## **Annotation**

The main goal of this bachelor's thesis is to create a concept of alternative use of 3D printer motion system to create laser engraver machine, plotter, or CNC milling machine, etc., suitable and usable in school laboratories. Current students of vocational schools of technology often use 3D printers in various subjects, such as construction, industry design, IT, ICT, robotics, etc. Damage and obsolescence are a very common things, so schools have a lot of broken machines available. Good parts can be used in new projects by teachers and students. Encouraging the development of students' creativity is one of the main tasks of teacher and project work is one of the most effective teaching methods. Author's main task is to create new projects and alternative usage with old 3D printer parts. This work will contain full documentation and instructions applicable to a high school teaching.

## **Keywords**

3D printer, laser, engraver machine, alternative use, technology

# Obsah

Úvod .....	10
1 3D tiskárny .....	11
1.1 Historie .....	11
1.2 Konstrukce rámu 3D tiskárny .....	12
1.2.1 Vytváření točivého kroučícího momentu .....	13
1.2.2 Přenos síly .....	14
1.3 FDM Tiskárna .....	16
1.3.1 Extruder .....	16
1.3.2 Umístění extruderu .....	18
1.3.3 Hotend .....	19
1.4 Základní deska .....	20
1.4.1 Firmware .....	22
1.5 SLA tiskárna .....	23
2 Rozdělení 3D tiskáren z hlediska kinematiky .....	25
2.1 3D tiskárny kartézské soustavy .....	25
2.2 3D tiskárny s kinematikou Core XY .....	26
2.3 3D tiskárny s Delta kinametikou .....	27
3 Speciální 3D tiskárny a jejich využití .....	29
3.1 3D tisk v lékařství .....	29
3.2 3D Tisk v industriálním prostředí .....	29
3.3 Finanční rentabilnost 3D tisku a přestavby 3D tiskáren .....	29
4 Hlavní výzkumný problém .....	32
4.1 Hypotézy .....	32
4.2 Další možné hypotézy .....	32
4.3 Metody postupu ověření hypotéz .....	33

5	Co smíme na 3D tiskárně upravit? .....	34
5.1	Úprava teoretická .....	34
5.2	Je technicky možné měnit účel 3D tiskáren?.....	34
5.3	Laserový gravírovací přístroj.....	35
5.4	Plotter z 3D tiskárny.....	36
5.5	CNC frézka z 3D tiskárny .....	37
6	Praktická část.....	38
6.1	Úvod.....	38
6.2	Představa stárnutí 3D tiskárny .....	38
6.3	Jak v praxi vypadá rozdíl kvality tisku a jak si ho představit .....	39
6.4	3D Tiskárna pro praktickou část .....	44
6.5	Jaké úpravy tato 3D tiskárna teoreticky vyžaduje .....	45
6.6	Výběr laserového modulu .....	45
6.7	Vlastní systém přichycení a rychlý systém výměny nástroje .....	46
6.8	Hlavní nosný díl, základna .....	47
6.9	Přiléhající díl mechanismu pro laser.....	48
6.10	Přiléhající díl mechanismu pro tiskovou hlavu.....	50
6.11	Držák pro aktuálně nevyužívaný nástroj .....	51
6.12	Celkový model 3D tiskárny .....	52
6.13	Držák ochranných brýlí.....	53
6.14	Možné úpravy pro další využití.....	53
7	Závěr.....	55
8	Bibliografie.....	56
8.1	Seznam použitých obrázků .....	60
9	Příloha.....	61
9.1	Pracovní postup k instalaci gravírovacího laseru D-B500F na 3D tiskárnu Anet A8.....	61

9.2	Technický výkres systému pro snadnou změnu nástroje.....	86
-----	--	----

# Úvod

Cílem této bakalářské práce je uvést různé možnosti 3D tisku, jeho rozdělení a využití, následné modifikace a alternativní využití v nových školních, ale i mimoškolních projektech.

Na začátku bude zmapována a vysvětlena problematika 3D tisku, tedy základní princip této technologie a její spojitosti s technologiemi z jiného odvětví, avšak fungující na podobném principu.

Následně bude zhodnoceno, zda je reálné a případně vhodné upravit konstrukci 3D tiskárny do formy daného alternativního stroje. Důležité je také položit si otázku, jestli takováto úprava neovlivní negativně stabilitu konstrukce daného zařízení, nedojde k neúměrnému opotřebení některých součástí, či jestli se uživateli ve výsledku daná úprava finančně a časově vyplatí.



# 1 3D tiskárny

3D tiskárna je elektrické zařízení, které pomocí předem definovaného programu fyzicky vytváří 3D objekt aditivním způsobem výroby. Narozdíl od CNC zařízení (kde se postupně ubírají jednotlivé části objektu) se u této technologie materiál přidává (po jednotlivých vrstvách).

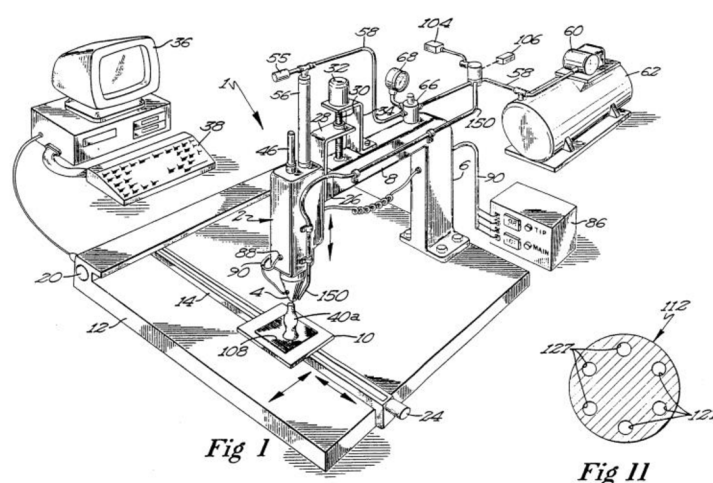
Z hlediska kompletního principu 3D tisku rozlišujeme 2 základní druhy: FDM a SLA/DLP/MSLA.

## 1.1 Historie

Jak uvádí Zdeněk Indra [1], první zmínka o 3D tisku pochází již z 80. let. V roce 1980 představil doktor Hideo Kodamy svou práci, která měla za cíl vyvinout rychlejší výrobní metodu prototypů. Díky tomu se zavedl termín SLA, tedy proces vytvrzování tekutých polymerů pomocí UV laseru.

V polovině 80. let následně Charles W.Hull vynalezl a nechal si patentovat svou vlastní SLA 3D tiskárnu, díky čemuž v roce 1986 založil firmu 3D Systems a začal prodávat tuto 3D tiskárnu pod označením SLA-1.

Technologie SLA (dále popsána v této práci) je tedy mnohem starší, než dnes nejpobulárnější a neznámější technologie FDM.



U.S. Patent  
June 9, 1992  
Sheet 1 of 3  
5,121,329

Obrázek 1 - Patent US5121329A [2]

Jak je tedy popsáno, FDM 3D tisk byl určitým stupněm vývoje frézky, tedy zařízení používaného pro obrobení materiálu, neboli tzv. subtraktivní výrobu. 3D tisk je principiálně přesný opak, tedy aditivní výroba. Zatímco frézka materiál po určitých vrstvách objektu ubírá, 3D tisk naopak postupně (po vrstvách) přidává.

V roce 2004 se poprvé objevuje zmínka o „Replicationg Rapid-prototyper“, tedy open-source projekt RepRap od profesora jménem Adrian Bowyer [3].

Idea tohoto projektu spočívá v dostupném 3D tisku, kdy je tiskárna schopna z podstatné části vytisknout části nového přístroje. Stroje vycházející z RepRap se vyznačují velmi jednoduchými, zato účinnými technickými řešeními a velmi nízkou cenou. Postupem času se tyto 3D tiskárny zformovaly do podoby kitů, tedy stavebnic, které si může kdokoli sestavit. Je využíváno zejména závitových tyčí, tištěných dílů a open-source elektroniky [4].

## **1.2 Konstrukce rámu 3D tiskárny**

Konstrukci rámu, tedy hlavního nosného prvku 3D tiskárny, dnes nejčastěji tvoří šroubově spojovaný komplet z hliníkových profilů (či jiných hliníkových dílů), laserem řezané akrylátové desky, anebo již vytištěné plastové díly. Klíčová vlastnost, které každý výrobce musí dosáhnout, je celková pevnost konstrukce. U všech druhů 3D tiskáren (ať už se jedná o dělení z hlediska celkové funkčnosti, anebo kinematiky), je klíčové zamezení nechtěného přenosu vibrací z jakékoli mechanické části přístroje, tedy zejména výkyvy a vůle, které mohou kdekoli na přístroji vzniknout. Prakticky každý přenos vibrací je schopen negativně ovlivnit výsledný výtisk.

Zde se poprvé setkáváme s určitým zastaráváním. Navzdory rychlému vývoji konstrukcí 3D tiskáren se dnes stále můžeme setkat s 3D tiskárnami, jejichž konstrukci tvoří řezané polykarbonátové části s vlastností zpevnit konstrukci přístroje zcela nedostatečnou. Výtisky z takovýchto 3D tiskáren obsahují defekty, špatně spojené vrstvy, nehezký vzhled i pevnostní problémy.

Náprava konstrukcí 3D tiskáren se dnes (zejména z ekonomických, ale i časových důvodů) prakticky neprovádí.

### 1.2.1 Vytváření točivého kroutícího momentu

Pro pohyb mechanických částí 3D tiskárny se využívá krokových motorů, díky kterým lze dosáhnout vysoké přesnosti otáčení.

Jak uvádí Hanzlíček [5], jedná se o synchronní motor, jenž po dosažení vstupního impulzu provede pootočení o určitý úhel a znovu se zastaví. V případě sériového přivedení impulzů k tomuto motoru dojde ke stálému otáčení.

Rotor tohoto elektromotoru je složen z magnetů, které jsou vystaveny točivému elektromagnetickému poli. To je vytvářeno ve statoru, za pomoci napájení jednotlivých dvojic pólů (cívky, dále jen jako „pólů“) z budiče. Postupným přepínáním impulzů do jednotlivých pólů lze získat velmi stabilní točivý moment.

V 3D tiskárnách se v současné době využívá lineárních krokových elektromotorů, které se vyznačují velmi přesným otáčivým pohybem. Díky tomu lze přesně (ve firmwaru) definovat, kolik impulzů je třeba k přesnému pootočení rotoru [4]. Je následně možné přesně nastavit posun konkrétní osy s přesností až na desetiny (mnohdy i setiny) milimetrů.

Na trhu existuje velké množství krokových motorů. Jejich velikost a případný kroutící moment je ve světě 3D tisku zásadní. Jedním z nejčastějších krokových motorů na 3D tiskárnách je např. Nema 14, Nema 17, anebo krokové motory typu „pancake“, které z těchto krokových motorů vychází.

I zde narážíme na (byť pomalé, zato viditelné) zastarávání technologie. Krokové motory se neustále miniaturizují, zlepšují (zejména v oblasti poměru kroutícího momentu na hmotnost), čemuž odpovídá i následná, neustále se lepšící, kvalita tisku u nových modelů 3D tiskáren.

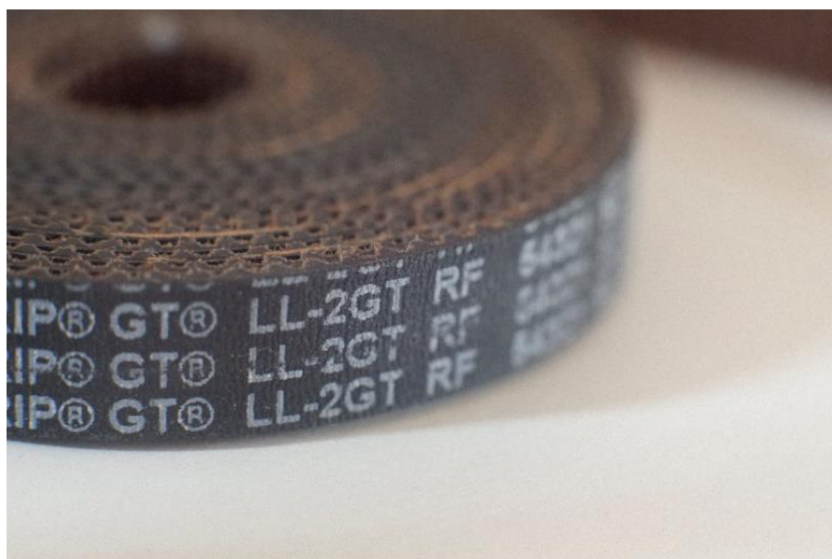
Narozdíl od konstrukce 3D tiskárny, krokové motory jsou mnohem jednodušší pro případnou výměnu.

### 1.2.2 Přenos síly

Od krokových motorů je pohyb přenášen zejména pomocí ozubených řemenů (obsahujících pro své zpevnění skelná kompozitní vlákna, anebo ocelové dráty). V minulosti bylo častým problémem velmi rychlé opotřebení (zejména pak vytahání) těchto řemenů, což mělo za následek porušení rozměrové kalibrace tiskárny, tedy rozměry modelů neodpovídaly skutečným výtiskům. Výběr vhodného typu řemenu je klíčový pro správnou funkci a životnost stroje.

Dnešnímu trhu dominují řemeny typu GT-2. Označení GT-2 udává vzdálenost mezi jednotlivými vrcholy zubů (tzv. „Pitch“ – tedy 2 mm). Klíčový je výběr tloušťky řemenu. U menších 3D tiskáren je možno využívat tloušťku 6 mm, avšak u větších strojů výrobci zpravidla volí 9 mm, anebo 10 mm [6].

Nejznámějším výrobcem kvalitních řemenů pro 3D tiskárny je společnost Gates Corporation, která se kromě výrobou řemenů GT-2 zabývá zejména vývojem a produkcí kvalitních časovacích řemenů a konstrukce pro automobilový průmysl [7]. Nejznámějším druhem řemenu ve světě 3D tisku od této společnosti je Gates PowerGrip LL-2GT. Jedná se o velmi kvalitní řemen, který je vyztužen pomocí skelných vláken, zalitých ve směsi nylonu a neoprenu. Tyto řemeny využívá ve svých tiskárnách velké množství výrobců z důvodu dlouhé životnosti a kvality zpracování.



Obrázek 2 - Řemen Gates PowerGrip GT-2. Autor: [autor]

Druhým způsobem přenášení točivého momentu z krokových motorů je využití trapézových závitových tyčí a matic. Na rozdíl od řemenů, tyto tyče dokáží přenést velmi velký silový moment, aniž by došlo k jejich poškození. Nevýhoda trapézových závitových tyčí je zejména násobně vyšší hmotnost (oproti řemenovému přenosu) a pomalejší pohyb. Jsou velmi hojně využívány pro pohyb osy Z.

Pro 3D tiskárny se mezi výrobci nejvíce osvědčily trapézové tyče o průměru 8 mm, se stoupáním 8 mm a roztečí mezi závity 2 mm. Lze ale na trhu nalézt 3D tiskárny s jiným stoupáním závitu, což (pozitivně i negativně) ovlivňuje kvalitu výtisků. [8]

## 1.3 FDM Tiskárna

**FDM** tisk (Fused Filament Fabrication), také někdy jako FFF, je druh 3D tisku, kdy tavením materiálu (filamentu, tedy plastové struny) postupnými pohyby tzv. hotendu v osách (X, Y, Z) nanášíme materiál do podoby 3D objektu po jednotlivých vrstvách [9].

Každá FDM 3D tiskárna se skládá z několika komponent. Extruder, tisková hlava, konstrukce přístroje (záleží na vhodně zvolené kinematice), zdroj, ovládací deska.

Pochopitelně, do této práce není možno jednoznačně definovat specifické konstrukce jednotlivých přístrojů. Jednotliví výrobci vyvíjí tiskárny různých konstrukcí a s vlastními technickými řešeními. Lze ale vycházet z konceptů RepRap a obecně popsat a pojmenovat jednotlivé části 3D FDM tiskárny.

### 1.3.1 Extruder

**Extruder** je část 3D tiskárny, která za pomoci krokového motoru, převodu s přesným převodovým poměrem, ozubených koleček a jejich napínacího mechanismu, vtlačí materiál (filament) směrem k tiskové hlavě.

Na trhu se nachází velké množství extruderů od různých firem. Nejznámější firmou, vyvíjející součásti 3D tiskáren, je firma E3D. Tato firma v minulosti vyvinula velmi populární extrudery, jakými je například Titan Extruder (využívaný mimo jiné na špičkových 3D tiskárnách Trilab Deltiq a Azteq). Velké oblibě se ale těší také vylepšený extruder Hemera.



Obrázek 4 - E3D Titan Extruder [10]



Obrázek 3 - E3D Hemera extruder [11]

Další nejznámější extruder je například Bondtech BMG (vyskytující se v opravdu velkém množství tiskáren), Orbiter 2.0 a 3.0, a další.

Naprosto vlastní unikátní cestou se aktuálně vydává společnost Průša Research. V aktuálně nabízených modelech Original Prusa mk4 a Original Prusa XL se využívá unikátního systému krokového motoru s redukovanými vibracemi a planetovou převodovkou, zvaný „Nextruder“. Tento systém se zdá být velmi efektivní, protože by teoreticky měl redukovat defekty na povrchu výtisků, které jsou charakteristické zejména u extruderů, využívající dvojici ozubených koleček (například od firmy Bondtech). Kvůli velkému ozubenému kolu se dosahuje perfektní kontaktní plochy s filamentem a přenáší se větší moment směrem k hotendu tiskárny, což je jeden z klíčových prvků pro velmi rychlý tisk. Nevýhoda tohoto systému je zejména vyšší pořizovací cena a větší váha [12].

Z hlediska výběru extruderu je nejdůležitější údaj množství filamentu za sekundu, který je schopen extruder vytlačit v součinnosti s hotendem. Zde narážíme na první oblast, u které dochází ke stárnutí a velmi rychlému vývoji. Společnosti vyvíjející extrudery pro 3D tiskárny neustále přichází s inovovanými ozubenými kolečky svých extruderů, novými silnějšími krokovými motory a řešeními pro co největší přenos točivého momentu z ozubených koleček extruderu na plastovou strunu.

Jak uvádí Stefan Hermann [13] ve svém článku, na trhu se dnes nachází velké množství extruderů moderní koncepce – s dvojitými ozubenými kolečky přitlačující na sebe, malými kolečky, velkými kolečky atd. Výsledkem jeho odborné publikace bylo vyhotovení přesného testu, tedy změření síly, kterou je extruder schopen přenést na filament. Limitujícím prvkem bylo buď přeskočení kroků v krokovém motoru, anebo protočení ozubeného kolečka z důvodu nedostatečného přítlaku na filament.

Z výsledků jeho testování jasně vyplynulo, že rozdíly využitých extruderů jsou obrovské. Například 3D tiskárna Ender 3 s původním extruderem nemá dostatečnou sílu na to, aby se dala využít pro vysokorychlostní tisk. Toto je jeden z příkladů, kdy dochází k zastarávání technologie.

Velmi důležitým aspektem je také druh ozubeného kolečka, které podává tiskovou strunu. Na trhu je aktuálně nejoblíbenější DUAL Drive (BMG) extruder od firmy Bondtech, anebo Orbiter v3 od LDO motors. Oba dva typy extruderů disponují ozubenými kolečky, které jsou mezi sebou mechanicky spojené. Jejich přesnost velmi ovlivňuje kvalitu výsledných výtisků.

### **1.3.2 Umístění extruderu**

**Z hlediska umístění extruderu** rozlišujeme 3D tiskárny s přímým extruderem (Direct Drive Extruder), anebo nepřímým extruderem (často označovaným jako Bowden Extruder).

Umístění samotného extruderu je klíčové. Konstrukce tiskárny musí maximálně eliminovat přenos otřesů, způsobených všemi krokovými motory. S tímto faktem se ale váže i váha celé tiskové hlavy. Čím těžší tisková hlava, tím větší otřesy se budou (s narůstající tiskovou rychlostí a zrychleními) projevovat na kvalitě výsledného výtisku.

Na trhu existuje velké množství modelů 3D tiskáren, u kterých se hojně využívá konstrukce s nepřímým extruderem. Takovými tiskárnami jsou například Creality Ender 3, Original Průša Mini, ale i špičkové tiskárny Trilab Deltiq 2 a Azteq.

Princip nepřímého extruderu spočívá nejen v jeho umístění mimo tiskovou hlavu, ale zároveň jeho spojením s tiskovou hlavou pomocí PTFE trubičky [14]. Díky tomuto řešení odpadá náročnost na přesnost ozubených koleček uvnitř extruderu, protože případné nepřesnosti přenosu kroutícího momentu na vtlačování filamentu jsou eliminovány vůlí vzniklou v samotné PTFE trubičce. Další výhodou tohoto druhu umístění je například menší váha tiskové hlavy, a tedy i lepší kvalita výtisků.

Nevýhodou nepřímého extruderu je nemožnost tisknout z pružných materiálů (např. materiálů TPU a TPE), protože vzniklá vůle v PTFE trubičce pružnou strunu zamotá (anebo její pohyb výrazně zpomalí) a nedovolí jí v pohybu k hotendu.



3D tiskárny s přímým extruderem jsou aktuálně předmětem aktivního vývoje. Díky moderní konstrukci krokových motorů lze rapidně snížit celkovou váhu extruderu. V kombinaci s moderním Klipper firmwarem (který dokáže svým chytrým algoritmem eliminovat vady vzniklé vibracemi) lze dnes získat velmi kvalitní výtisky i s tímto systémem.

### 1.3.3 Hotend

**Hotend** je součást tiskové hlavy. Skládá se z několika specifických komponent. Těmito komponentami je: heatbreak, heater (topné těleso), block, nozzle (tryska), termistor, cooler (chladič).

**Funkce hotendu** je velmi specifická. Tisková struna (neboli filament) nejdříve prochází studenou částí, přičemž musí náhle přejít do topné části. Teplotní rozdíl mezi oběma částmi musí být ideálně co největší. V topné části teplota dosahuje bodu teploty tání daného materiálu. Ten následně prochází tryskou a je extrudován mimo hotend.

**Heatbreak** je komponenta připomínající trubičku s vnějším závitem, jejíž vývoj za posledních několik let zaznamenal velkých změn.

První heatbreak se skládal z ocelové kulatiny s vnitřní dírou a vnějším závitem. Uvnitř se nacházela PTFE trubička. PTFE (Polytetrafluorethen) je materiál, který je velmi teplotně odolný. Vzhledem k faktu, že je materiál PTFE i poměrně kluzký, jednalo se o ideální řešení pro tento účel. Bohužel, s vývojem nových materiálů se tento druh heatbreaku ukázal jako nevhodný, protože nedokáže dlouhodobě odolávat vyšším teplotám, při kterých se nové materiály (např. ABS, ASA, PC Blend) taví.

Druhý typ heatbreaku je tzv. „Titan Heatbreak“. Tento heatbreak je vyroben skutečně z titanu, díky čemuž odolává mnohem vyšším teplotám. Je velmi oblíbenou volbou u některých výrobců 3D tiskáren.

Třetí (nejnovější) druh heatbreak je bi-metal heatbreak. Jedná se opět principiálně o trubičku, uvnitř které prochází (a následně se v ní i taví) filament. Tento heatbreak je ale vyroben ze dvou specificky vybíraných kovů, které mají různou tepelnou

vodivost. Díky tomu je možné zajistit mnohem větší teplotní rozdíl mezi chladnou a teplou částí.

## **1.4 Základní deska**

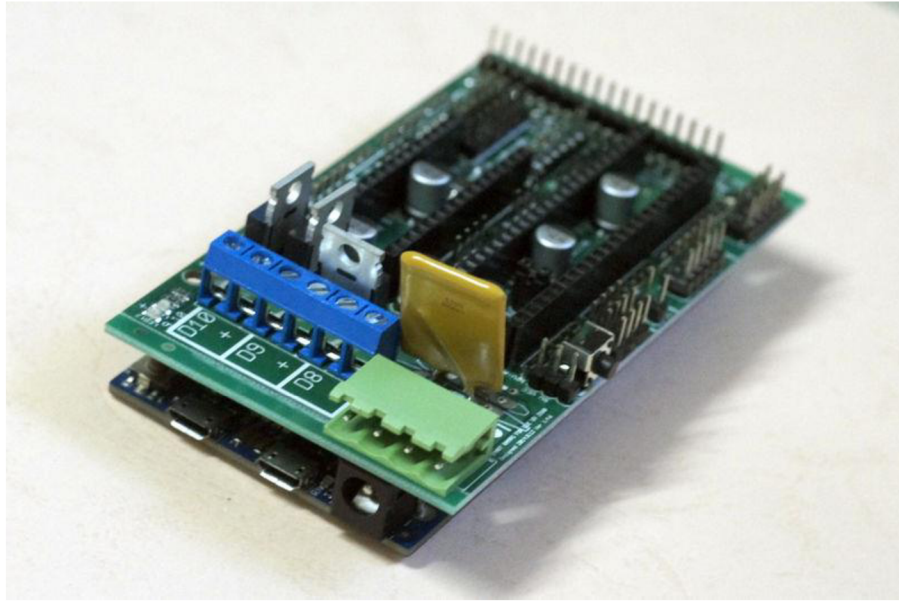
Základní řídicí deska 3D tiskárny je velmi důležitým komponentem. V dnešní době se na trhu vyskytuje množství výrobců 3D tiskáren, kteří neustále zlepšují své návrhy a přizpůsobují je k využití s novinkami na trhu (zejména s novými firmware).

V praxi řídicí deska 3D tiskárny řídí veškeré pohyby kinematiky na základě příkazů, které získává. Stará se také o správný chod a řízení napájení topných částí (topné tělísko tiskové hlavy, vyhřívaná tisková podložka, anebo například vyhřívaná komora). Dále se také stará o případnou další komunikaci s uživatelem (ať už přímo pomocí displeje, anebo pomocí externího zařízení).

Na základní desce se kromě řídicí a napájecí elektroniky nachází také drivery krokových motorů. Tyto drivery jsou k desce buď připojeny externě, anebo jsou výrobcem základní desky již přímo připájeny a integrovány.

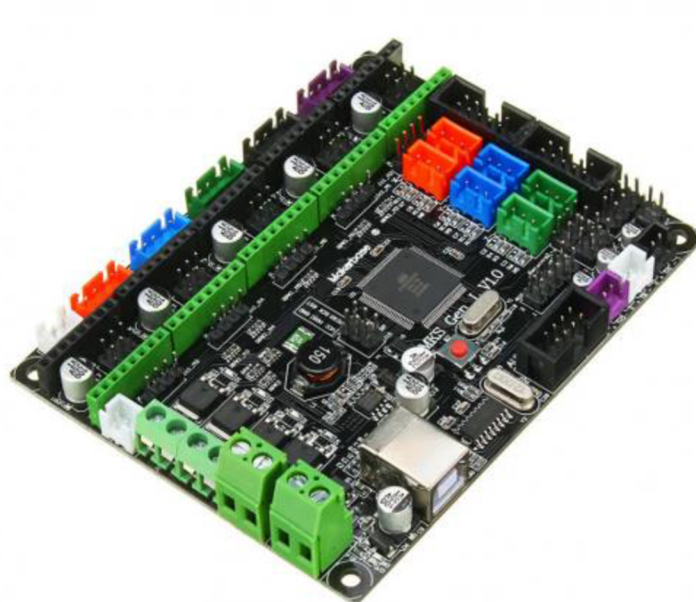
Driver krokového motoru je velmi důležitá součást 3D tiskárny. Jedná se o čip, který řídí jednotlivé impulzy spínání daného krokového motoru. Tyto impulzy musí být spínány přesně, volba kvalitního driveru krokových motorů je proto naprosto klíčová. Při volbě méně kvalitních driverů může docházet k nesprávné funkci krokového motoru, což se (v případě 3D tiskáren) výsledně ukazuje zejména v podobě defektů a artefaktů na výtiscích. Důležitá je také proudová zatížitelnost. Nedodržení správné proudové zatížitelnosti driveru (což souvisí také s jeho chlazením) může vést ke spálení čipu.

V minulosti se řídicí elektronika 3D tiskáren vyvíjela z konceptů řídicích desek CNC zařízení. Jednou z nejznámějších, které se používaly (a některými uživateli stále využívají), je RAMPS 1.4. Jedná se o koncept řídicí desky od projektu RepRap, která ale potřebuje připojené další součásti pro svůj plnohodnotný chod.



Obrázek 5 - Smart RAMPS 1.4 [15]

Z této řídicí desky open-source designu se později vyvinula dnes nejznámější MKS Gen V1.4 a MKS Gen L, využívající osmibitový procesor AtMega 2560. Tato deska může být napájena 12V i 24V, obsahuje již SMD součástky. [16]. Tyto desky jsou naprosto nejznámější a v minulosti na trhu prakticky nejvyužívanější.



Obrázek 6 - MKS Gen L [17]

Řízení moderních 3D tiskáren je dnes směřováno k trendu využití 32-bit architektury. Různými společnostmi jsou aktuálně prodávány nové řídicí desky s touto architekturou. Některé modely podporují i chytré funkce webových rozhraní pro snazší ovládání přístroje.

Řada výrobců také stále provozuje osmibitové systémy, jejichž procesor ale přímo nezpracovává kód programu, tedy tzv. gcode. Ten je zpracován v externím zařízení (dnes nejčastěji pomocí malého počítače Raspberry Pi a jeho převzatých verzí), které pomocí vhodné komunikace tyto již zpracované příkazy dodává. Tímto způsobem komunikace disponuje například firmware Klipper.

### **1.4.1 Firmware**

Firmware 3D tiskáren je dnes jednou z nevíce vyvíjených oblastí. Firmware je programové vybavení každé 3D tiskárny, které zajišťuje správné řízení a komunikaci případných jednotlivých částí. Na trhu existuje více druhů firmwaru. Již od samotných počátků jasně vede trend open-source řešení.

V minulosti dominoval trhu firmware Marlin, který byl původně vytvořen pro 3D tiskárny RepRap konstrukce. Tyto tiskárny využívaly osmibitové procesory typu AVR. Firmware Marlin je dodnes (byť ve velmi modifikované podobě) využíván společnostmi, jako je např. Průša Research, anebo Ultimaker [18].

V roce 2019 přišel na trh přepracovaný Marlin 2.0, který obsahoval podporu i novějších a modernějších 32-bit řídicích desek typu ARM. Dodnes je firmware Marlin vyvíjen pod open-source licenci.

Posledních několik měsíců se do popředí 3D tisku dostává firmware Klipper. Narozdíl od Marlin firmware, Klipper dokáže využívat a propojovat více řídicích desek a komunikovat s nimi. Díky tomu dosahuje většího výpočetního výkonu [19].

Klipper firmware přišel na trh s novými a velmi zajímavými schopnostmi. Jednou z nejznámějších je například Input Shaping. Jedná se o několik algoritmů, které (při správném nastavení) dokáží rozpoznat a kompenzovat vibrace vzniklé pohybovým systémem zařízení. Díky tomu lze dosáhnout mnohem vyšších rychlostí a akcelerací při zachování stejné kvality tisku.

Další zajímavostí moderních firmware (nejenom tedy Klipperu) je schopnost komunikovat a být uživatelem plně kontrolován pomocí webových rozhraní. U Klipper firmware má uživatel dokonce na výběr mezi rozhraním Mainsail a Fluid, tedy dvěma různými verzemi. Uživatel má díky tomu možnost velmi rychle měnit základní nastavení (tzv. config) tiskárny bez toho, aby musel znovu kompilovat celý firmware (jako tomu je například u Marlin firmware).

## 1.5 SLA tiskárna

Dle Ondřeje Stříteského, Josefa Průši a Martina Bacha [20]: *„SLA technologie je založena na principu vytvrzování světlocitlivé pryskyřice pomocí světla. Podložka se při každé vrstvě posune a proběhne vytvrzení fotopolymeru na požadovaných místech. Tisk je v porovnání s FFF tiskárnami detailnější, ale typicky trvá déle a tisková plocha je menší. Tyto tiskárny si najdou uplatnění především v medicíně a šperkařství. Tisk je takřka ideálně hladký, detailní a nejsou na něm tak patrné vrstvy materiálu, jako jsme tomu zvyklí u FFF tiskáren. Nevýhodou této technologie může být menší tisková plocha oproti FFF tiskárnám a především toxicita pryskyřice. Je třeba se vyvarovat kontaktu pryskyřice s pokožkou a dýchání výparů během tisku.“*

Použití tiskárny SLA je ve výsledku jednoduché. Nádobka (tvořící většinu konstrukce) se naplní fotocitlivou pryskyřicí (zvanou „resin“). Na kolejnici, anebo trapézové tyči osy Z se nachází tisková podložka, která se do této pryskyřice ponoří. Vespodu nádoby se nachází laser, anebo LCD displej s UV podsvícením. V programu zvaném „Slicer“ se tedy vytvoří jednotlivé vrstvy, které se budou zobrazovat na displeji invertně a omezí světlo v místech, kde nemá materiál ztuhnout, anebo rozsvítí laser na určité vrstvě a v určitém bodě. Kolejnice osy Z při tisku postupně vyjíždí nahoru, čímž uvolňuje prostor pro další vrstvy. Tento způsob tisku je mnohem přesnější než tiskárny typu FDM, avšak také dražší.



Obrázek 7 - FDM tiskárna Prusa i3 MK3S+ [21]



Obrázek 8 - SLA tiskárna Prusa SL1S SPEED s umývací stanicí [22]

## 2 Rozdělení 3D tiskáren z hlediska kinematiky

3D FDM tiskárny je možno rozdělit z hlediska jejich kinematiky. V rámci vývoje 3D tiskáren byla v začátcích nejvíce preferována jednoduchá kartézská soustava (zejména 3D tiskárny typu Mendel vycházející z projektu RepRap), kterou následně nejvíce proslavil a rozvinul Josef Průša se svými 3D tiskárnami Prusa Mendel, Original Prusa mk1, mk2, mk2.5, mk3, mk3s, mk3s+ a mk4. Postupným vývojem ve sféře RepRap komunity ale došlo k mnohem dokonalejším technologickým řešením.

### 2.1 3D tiskárny kartézské soustavy

3D tiskárny kartézské soustavy jsou dnes nejrozšířenějším druhem kinematiky u 3D tiskáren. Jejich oblíbenost je podmíněna velmi jednoduchou stavbou konstrukce tiskárny. Je prostorově nenáročná a velmi lehce uživatelsky opravitelná.

Kartézská soustava vychází z oné matematické soustavy. Tedy rovina obsahuje osu X, osu Y, případně do prostoru osu Z.

Tiskárny nazývané „Cartesian XYZ“ mají výhody velmi jednoduché stavby a poměrně velké efektivity tiskové plochy v poměru s rozměry konstrukce tiskárny.

Ta se v drtivé většině případů skládá ze dvou rámu, navzájem spojených. Rám pro osu Y je souběžný s povrchem, na kterém tiskárna stojí. Na tomto rámu se nachází pohybová soustava pro osu Y s tiskovou podložkou. Zpravidla v polovině tohoto rámu se nachází (na kolmo orientovaný) druhý rám. Na tomto rámu se nachází systém osy X a její následné zvedání v ose Z.

Pro pohyby osy X a osy Y se dnes nejčastěji využívá systém hlazených tyčí s lineárními ložisky, anebo lineární vedení s vozíky. Pro pohyb osy Z se téměř výhradně využívá trapézových závitových tyčí s trapézovými maticemi.

Mezi největší nevýhody této konstrukce patří zejména pohyblivá tisková podložka, pohybující se v ose Y. Díky tomuto faktu vzniká s vyšší výškou tisku (v ose Z) ztráta tiskové kvality z důvodu chvění materiálu a následná nutnost zmenšit rychlost tisku.

## 2.2 3D tiskárny s kinematikou Core XY

Tiskárny s Core XY kinematikou jsou stále více populární a vyhledávané. Ve světě 3D tisku tuto kinematiku velké množství jedinců považuje za nový vývojový stupeň kinematiky 3D tiskáren (od kartézské). Díky této kinematice se vytrácí problémy kartézské soustavy s pohyblivou podložkou.

Pro 3D tiskárny Core XY je charakteristický design konstrukce, který je téměř vždy ve tvaru kvádru, anebo krychle.

Vývoj této kinematiky byl prováděn vcelku intenzivně, což zformovalo dva druhy Core XY rozložení. Oba ale spojují charakteristické prvky.

Pohyb os X a Y vykonává sama tisková hlava. Tisková podložka se pohybuje pouze ve směru osy Z. Pro pohyb ve směru X a Y nenáleží samostatně jeden krokový motor, vždy se vykonává pohyb současně. Pokud jeden krokový motor stojí a druhý se otáčí, pak pohyb tiskové hlavy probíhá pouze v diagonálním směru (konkrétní směr je závislý na konkrétním rozmístění krokových motorů) [23].

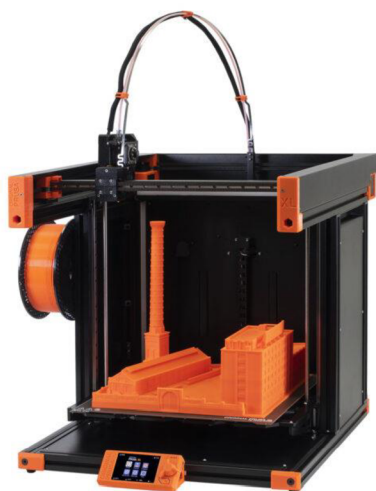
Z hlediska konkrétních rozložení se jedná o dvě verze. První verze využívá křížení dvou řemenů, zatímco u druhé jsou dva řemeny nad sebou.

Obě rozložení Core XY kinematiky spojuje schopnost provádět velmi rychlé akcelerace a dosahovat velmi dobrých rychlostí.

Mezi praktické (a již na první pohled dobře viditelné) výhody této kinematiky patří zejména připravenost pro případné zakrytování tiskárny. Díky zakrytování je takováto tiskárna schopna tisknout i pokročilé industriální materiály (např. ASA, ABS, Polykarbonát).

Mezi nejznámější 3D tiskárny s touto kinematikou patří například Bambulab X1C, anebo Original Prusa XL.





Obrázek 9 - Original Prusa XL [24]



Obrázek 10 - Bambulab X1C [25]

### 2.3 3D tiskárny s Delta kinematikou

3D tiskárny s delta kinematikou vznikly na základě projektu RepRap, který definoval několik designů, ovšem v praxi se využívá jen jeden, tzv. „Linear Delta“.

Konstrukce této 3D tiskárny se skládá z trojúhelníkové podstavy, v jejíž rozích jsou připevněny 3 sloupy. Ty jsou následně v horní části tiskárny opět konstrukčně spojeny. Na těchto sloupech se nachází (zpravidla) lineární vedení. Každý vozík lineárního vedení obsahuje díl, na který je pohyblivě přichycen pár ramen. Uprostřed se nachází tisková hlava, která je těmito rameny spojena (nosnému dílu této tiskové hlavy se říká „effector“) [26].

Pro spojení ramena a vozíku, anebo vozíku a effectoru, se využívá kloubového spojení. Tento kloub je zpravidla uchycen s kuličkou pro pevné (ale zároveň pohyblivé) spojení. Existují ale i například rychlé a jednoduché magnetické uchycení od společnosti Haydn Huntley. Takovéto spojení využívají například 3D tiskárny Kossel, anebo Trilab [27].

Effector obsahuje vnitřní otvor, kterým je prostrčen hotend. Na delta tiskárnách lze provozovat jak přímý extruder (direct drive), tak i nepřímý (bowden extruder). Užití nepřímého umístění extruderu mimo tiskovou hlavu pozitivně ovlivňuje kvalitu tisku z důvodu malé váhy tiskové hlavy.

Vozíky na lineárních vedeních jsou pohybovány ve vertikálním směru pomocí krokových motorů a řemenů GT-2. Krokové motory lze umístit jak do základny konstrukce, tak i do jejího vrchu (záleží na konkrétní preferenci výrobce). Pohyb každého vozíku ovlivňuje výsledný pohyb hlavy.

Pro řízení této kinematiky se využívá složitých matematických vzorců, neustále se vykonávajících řídicí deskou. Ta musí vypočítat přesný pohyb všech tří motorů na základě použité délky ramen, roztečí mezi dvojicí ramen a případné rozměrové kalibrace. Tyto výpočty jsou značně obtížné pro osmibitové procesory, proto se s výhodou využívají 32-bit systémy [26].

Tisková plocha je kulatého průřezu. Její velikost závisí na rozteči sloupů, případně délky použitých ramen.

Mezi hlavní výhodu této kinematiky patří možnost tisku velmi vysokých modelů. Díky pevné podložce je zajištěna stálá kvalita tisku. Konstrukci těchto 3D tiskáren lze také velmi snadno uzavřít (zkonstruovat obal), případně i vyhřívat pro tisk pokročilých materiálů (například ABS, ASA, Polykarbonát).

Nevýhody této kinematiky jsou zejména nevyužitelnost celé tiskové plochy při tisku objektů s čtvercovou podstavou, nutnost většího výpočetního výkonu k řízení pohybů, výšková využitelnost tisku je omezena na cca polovinu celé výšky vnitřního prostoru tiskárny (závisí na více faktorech ovlivňující maximální výšku tisku).

Z hlediska opravitelnosti, využitelnosti a postupného zastarávání je delta kinematika ve značné výhodě. Jednotlivé části těchto 3D tiskáren jsou dobře dostupné a servisovatelné.

## **3 Speciální 3D tiskárny a jejich využití**

### **3.1 3D tisk v lékařství**

V lékařství se započalo pracovat s 3D tiskem ve velké míře. Vznikají speciální 3D tiskárny pro tisk biotkáně.

V roce 2019 se vědcům podařilo vytisknout několik prvních prototypů orgánů [28]. Tyto stroje jsou ale velmi odlišné od dnešních hobby tiskáren, které se na trhu objevují.

Technologii 3D tisku využívá také například Nemocnice Liberec. Pro vývoj modelů z oddělení ortopedie a chirurgie využívají 3D FDM tiskárny pro tvorbu preoperativních modelů, které se následně využívají při plánování operačních zákroků [29].

### **3.2 3D Tisk v industriálním prostředí**

3D tisk v industriálním prostředí je trh, ve kterém dominují značně odlišné stroje, než ty, které známe v rámci hobby sféry. Mezi výrobce 3D tiskáren pro industriální prostředí patří například firmy jako Markforged, Stratasys, anebo Trilab.

V industriálním prostředí je poptávka po naprosto jiném druhu 3D tisku. Trhu dominují pokročilé a kompozitní materiály. Tyto materiály postupem času prostupují i do světa hobby 3D tisku, avšak jejich tisk je na hobby 3D tiskárnách velmi složitý. Těmito materiály jsou například ASA, PC Blend, ABS, ale i více pokročilé, např. Nylon, Fluorodur. Tyto materiály se obvykle tisknou s vyhřívanou tiskovou komorou za velmi vysokých teplot tiskové hlavy.

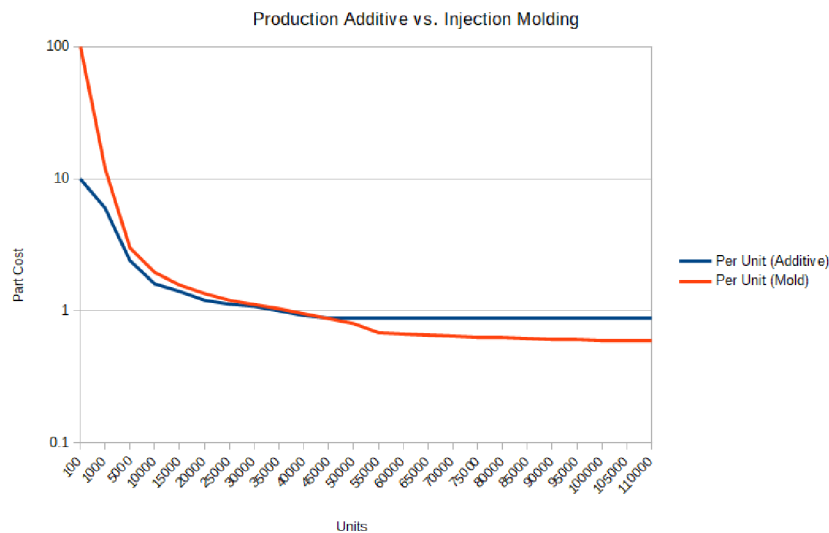
### **3.3 Finanční rentabilnost 3D tisku a přestavby 3D tiskáren**

Finanční rentabilnost 3D tisku plastických materiálů je lehce sporadická. V praxi totiž existují dvě technologie výroby plastových výrobků, tedy 3D tisk a vstřikování plastu.

V minulosti se hojně využívalo právě vstřikování plastu do připravených forem, protože tato metoda byla při produkci mnoha tisíc kusů jednoho druhu výrobku ve výsledku velmi levná. Tato technologie výroby se v masové produkci používá stále.

Obecně totiž platí, že náklady na vývoj formy pro vstřikování plastických polymerů jsou velmi vysoké, avšak následná produkce je již efektivní a při velkém množství kusů je cena produktu snížena.

Díky vývoji 3D tisku a zejména jeho rychlosti cena jednotlivých výtisků neustále klesá. Razantními faktory jsou zejména množství tiskáren a vlastnosti tištěných produktů. Jak vyplývá z dat serveru Slant [30], stejně jako se s množstvím vyrobených kusů jejich výrobní náklady snižují u vstřikování plastů, 3D tisk ve velkoobjemovém tisku tuto křivku velmi úzce následuje. Tento graf se týká předpokládaných nákladů výrobku, který je vyroben ze 40g materiálu.



Obrázek 9- Graf vývoje ceny výrobků metodou vstřikování vs. 3D tiskem v masové výrobě [31]

Zatímco úprava 3D tiskárny na (domácí) plotter je velmi jednoduchá a levná, úprava tiskárny na laserový gravírovací přístroj je velmi diskutabilní. Samotná cena laserových řezaček a gravírovaček se v dnešní době neustále snižuje. Je také pravda, že 3D tiskárny nedokáží zaujmout takovou operační plochu, jako jednoúčelové laserové přístroje. I tak se ale koupě laseru pro 3D tiskárnu velkému počtu uživatelů 3D tiskáren z prostorových, ale i finančních důvodů, vyplatí.

Úprava na CNC frézovací přístroj je pak velmi nákladné, a hlavně komplikované řešení. Narozdíl od laseru, zakoupit frézu na 3D tiskárnu nelze tak jednoduše.

Tyto součástky se často musí shánět jako náhradní díly pro jiné přístroje, anebo přímo jako součásti pro CNC. Cena takových dílů je pak velmi vysoká (v závislosti na výrobci).

## **4 Hlavní výzkumný problém**

Hlavní výzkumný problém bude tedy využití 3D tiskáren alternativními způsoby, pro účely jiné, než bylo původně zamýšleno vývojáři současných strojů. Zároveň se pokusím seskupit cíle, kterými se celý tento sektor vydává a uceleně tyto informace podat. V rámci praktického bádání se pokusím vylepšit jednu z nejlevnějších 3D tiskáren na trhu, tedy Anet A8. Tato tiskárna je již vcelku zastaralá jak technicky, tak i softwarově. V rámci bádání chci analyzovat a najít způsoby, jak jednotlivé součásti tiskárny využít pro alternativní účely (stavba laserového gravírovacího stroje, plotteru a malé CNC frézky). I tyto komponenty (laser, motor k CNC stroji) se pokusím analyzovat a zjistit, jestli je jejich využití v takových případech vhodné.

### **4.1 Hypotézy**

Je legální měnit účel 3D tiskáren.

Je technicky možné měnit účel 3D tiskáren.

Je finančně rentabilní měnit účel 3D tiskáren pro jiná využití.

Je možné upravit konstrukci 3D tiskárny pro účely laserového gravírovacího stroje.

Je možné upravit konstrukci 3D tiskárny pro účely plotteru.

Je možné upravit konstrukci 3D tiskárny pro účely CNC frézky.

### **4.2 Další možné hypotézy**

Není složité změnit konstrukci 3D tiskáren.

Výrobci 3D tiskáren podporují přestavby jejich strojů pro alternativní využití.

Je možné tyto změny provádět ve školním prostředí.

Je možné vymyslet systém pro rychlou změnu jednotlivých využití tiskárny.

### **4.3 Metody postupu ověření hypotéz**

K ověření hypotéz bych chtěl využít explanační typ metod, konkrétně empirický a obecně teoretický druh. K ověření některých hypotéz bych chtěl dosáhnout i za pomoci praktického bádání. Využiji tedy metodu pozorování, následně určitou analýzu celé problematiky, případné stručné srovnání jednotlivých pozorování, praktické bádání v podobě úpravy 3D tiskárny do podoby stanovených cílů a následnou dedukci.

## 5 Co smíme na 3D tiskárně upravit?

### 5.1 Úprava teoretická

V základu vývoje všech dnešních FDM 3D tiskáren se nachází projekt RepRap. Jinými slovy, „**RepRap je mezinárodní komunitní projekt 3D tiskárny vyvíjené na principu otevřeného hardware**“.

RepRap prakticky definoval základní myšlenku tavení plastu a jeho následné nanášení ve vrstvách v moderní společnosti. K dnešnímu dni se díky tomuto konceptu vytvořilo několik modelů těchto zařízení. Nejznámější a našemu vnímání nejvíce blízký je však Prusa Mendel, jehož konstrukce je nejvíce intuitivní pro různé komunitní modifikace.

Slovo „komunitní“ je však u projektu RepRap klíčové. Celá koncepce je totiž kompletně open source, což znamená, že ji může kdokoli legálně přetvořit ke svému účelu. Tato skutečnost nejen významně zrychlila vývoj segmentu 3D tiskáren, zároveň ale dovoluje komukoli přijít se svým vlastním novým nápadem k vylepšení již existující koncepce a beztrešně ji vylepšit k obrazu svému. Znamená to tedy, že je naprosto legální do koncepce konstrukce drtivé většiny 3D tiskáren zasahovat.

### 5.2 Je technicky možné měnit účel 3D tiskáren?

Technické možnosti konstrukce 3D tiskáren jsou obecně vhodné pro jakékoli úpravy. Jedná se velmi často o univerzální součástky, které (i díky historii vynálezu FDM 3D tisku) sdílí své využití s jinými přístroji (nejčastěji s CNC frézky, plottery apod.) Díky této univerzálnosti jsme schopni takové přístroje velmi lehce upravit, vylepšit, ale i opravit.

Možnosti popsané v následující kapitole, ukazují jen některé přestavby těchto zařízení. Jak v praktické části dokáže tato bakalářská práce, upravit konstrukci konkrétního přístroje pro nový zamýšlený účel je ve výsledku velmi jednoduché. Díky celkové jednoduchosti jsou takovéto přestavby vhodné pro využití ve školním prostředí.



### 5.3 Laserový gravírovací přístroj

První velkou a velmi rozšířenou úpravou 3D tiskáren je přeměna na laserový gravírovací stroj. Obecně platí, že díky laseru je teoreticky umožněno vypalovat do vybraných materiálů obrazce, anebo je dokonce celé propálit, čímž je dosaženo velmi přesného řezu (samozřejmě za předpokladu, že je paprsek správně zaostřen a pohyblivé ústrojí stroje přesně nastaveno).

Na některých 3D tiskárnách je umožněno připojit laser jakožto dokoupitelné příslušenství. Takovýto laserový modul je nejčastěji připojen k napájení tiskového ventilátoru. Spínání tiskového ventilátoru je ale dimenzováno na velmi malý spínací elektrický proud (respektive výkon). Tento fakt znemožňuje připojení silnějších laserů, schopných propálit tlustší materiály. Pro instalaci silnějších laserů je nutno přikoupit (pokud již není součástí balení) externí plošný spoj se zapojením, které je dimenzováno ke spínání vyššího výkonu. Nutno také dodat, že se nejedná pouze o jednoduché sepnutí a vypnutí. Výkon laseru je řízen za pomoci pulzně šířkové modulace, tedy neustálého spínání a vypínání laseru v periodických časových intervalech.

Samotná instalace není zcela jednoduchá. Samostatně se tyto lasery dají zakoupit zejména na internetových portálech, jako například Aliexpress, Ebay, Gearbest atp. Ve většině případů se nejedná o přímé rozšíření 3D tiskáren, ale pouze o laserový modul, pro který je nutné navrhnout přichycení na konkrétní 3D tiskárně. Toto uchycení ale lze vcelku jednoduše navrhnout a vytisknout. Také se musí (je-li to nutné) vymyslet uchycení výrobku a ochrana tiskové plochy proti případnému propálení.

Ani kalibrace není zcela jednoduchá. Je nutné pevně nastavit osu Z důvodu jednotného zaostření laserové optiky. Dále se musí paprsek správně zaostřit (dle instrukcí výrobce laseru) a nalézt vhodný software pro ovládání laseru. Pokud se ale vše zmíněné podaří zajistit, není problém vyrobit z tiskárny laserový gravírovací stroj, aniž bychom zásadně zasahovali do konstrukce přístroje.

Díky snaze různých výrobců je takováto přestavba možná už i dnes ve školních zařízeních. 3D tisk a další odvozené stroje (jakými je například laserová gravírovačka) se s příchodem trendů dnešní doby neustále více dostávají do škol a do výuky. Důvodem pro přestavbu 3D tiskárny do podoby laserového gravírovacího stroje může být zejména úspora pořizovacích nákladů. Je obecně mnohem méně nákladné využít existující kinematiku zařízení, nežli pořizovat nový přístroj s novou, téměř stejnou mechanikou.

Ve školním prostředí (zejména na střední průmyslové škole) by mohl potenciálně růst zájem o podobné přestavby z důvodu využitelnosti laserového vypalování pro výrobu plošných spojů.

Jak dokládá například uživatel Quattro na fóru mcu.cz [32], výroba takových plošných spojů není extrémně náročná, nevyžaduje (také částečně nebezpečné) leptání tradiční cestou výroby plošných spojů a pro studenty středních škol by znalost a možnosti takovéto výroby plošných spojů mohla velmi prospět v seberozvoji a možnému následnému zájmu i o 3D tisk.

#### **5.4 Plotter z 3D tiskárny**

Jedná se o jednu z nejjednodušších úprav, tedy o připevnění obyčejné tužky, lihového fixu, anebo propisovačky na speciální odpružený držák místo tiskové hlavy.

Samotná instalace je ve školním prostředí velmi vhodná, protože se nejedná o nijak nebezpečnou úpravu (narozdíl od již zmíněného laserového modulu).

Pokud by se ve školním zařízení nacházelo ve výuce větší množství 3D tiskáren, bylo by teoreticky možné vymýšlet různé projekty nejen pro přestavbu 3D tiskárny a připevnění obyčejné tužky, propisovačky, anebo fixy, ba dokonce by se takováto přestavba dala v praxi pravidelně využívat.

Například pro výuku grafických designů, kdy by se výsledný design mohl dát zajímavým způsobem přetvořit (vykreslit) na různé materiály, na které by klasická tiskárna nebyla schopná nic vyobrazit.

### **5.5 CNC frézka z 3D tiskárny**

Z 3D tiskárny lze různými způsoby vyrobit také jednoduchý CNC přístroj. Jedná se o zařízení, které s pomocí nástroje zvaném „fréza“ opracovává materiál různými způsoby. Fréza vykonává točivý pohyb, pomocí kterého postupně opracuje daný materiál.

Ačkoli 3D FDM tiskárna vznikla z přestavby frézky, její konverze zpět může být náročná. Záleží na následném využití a očekávání.

## **6 Praktická část**

### **6.1 Úvod**

V teoretické části bylo objasněno, jakým vývojovým směrem se dnešní 3D tiskárny ubírají. Je ale velmi důležité položit si otázku, jakým způsobem lze využít starší zařízení, které již (zejména důvodu limitace některých HW prvků, ale i rentabilních důvodů) nelze vylepšit. Ve školních laboratořích a dílnách se v České republice nachází (a nebo jistě nacházejí v budoucnosti bude) velké množství tiskáren, které jsou již buď (vlivem intenzivního používání) rozbité, anebo zastaralé.

Většina 3D tiskáren je vyrobena z univerzálních dílů. To znamená, že výrobce 3D tiskárny daný přístroj vyrobil za pomoci univerzálních komponent, které následně doplnil o své vlastní know-how a uvolnil na trh.

### **6.2 Představa stárnutí 3D tiskárny**

Nejdříve bychom si měli definovat, co vše je schopno na 3D tiskárnách technologicky zastarávat. Možností je více.

Dle teoretické části je možno považovat za nedostatečně slabou konstrukci rámu. Jedná se o prvek, jehož vylepšení se ve většině případů nevyplatí provádět z důvodu časové náročnosti, ale i finanční stránky věci.

Další aktuálně nejvíce zastaralou komponentou je řídicí deska a použitý firmware. Některé starší řídicí desky v dnešní době již není možné žádným způsobem vylepšit tak, aby dokázaly provozovat nejnovější verze firmwaru (zejména firmware Marlin 2 a Klipper). Řídicí desku je možno demontovat a zcela vyměnit, nicméně, i tato akce aktuálně naráží na finanční rentabilitu, zejména pokud se nejedná o jediné nutné vylepšení.

System extruze je aktuálně dalším klíčovým aspektem. Některé starší 3D tiskárny není možno (pro své konstrukční řešení) osadit novějším a modernějším druhem extruderu.

Na systému extruderu je principiálně závislý i systém extruze, tedy hotend. Hotend (a zejména využitý heatbreak) může být velký problém při vylepšování tohoto ústrojí. Tyto dvě součásti společně tvoří relativně nerentabilní vstupní náklady.

### **6.3 Jak v praxi vypadá rozdíl kvality tisku a jak si ho představit**

V praxi kvalita výtisků mezi staršími a novějšími stroji, ale i mezi levnějšími a dražšími 3D tiskárnami, zaznamenává obrovské rozdíly ve výsledné kvalitě a rychlosti tisku.

Pro získání určitého nadhledu při tvorbě této bakalářské práce jsem v dubnu 2022 oslovil firmu Trilab, vyrábějící špičkové 3D tiskárny s delta kinematikou, sídlící ve Wonkově ulici v Hradci Králové a spadající pod společnost Průša Research. Tato firma aktuálně na trhu nabízí dvě modelové řady 3D tiskáren: Deltiq 2 a Azteq.

Praktické rozdíly mezi 3D tiskárnami společnosti Trilab a běžně dostupnými „hobby“ 3D tiskárnami je obrovský. Zatímco běžné hobby tiskárny (například Prusa mk3s+, Ender, Anet A8 atd.) jsou (stále) ovládány řídicími deskami s osmibitovou architekturou, 3D tiskárny novější koncepce (například Trilab, ale dnes i Prusa mk4) jsou řízeny 32-bit architekturou, díky čemuž tyto 3D tiskárny disponují mnohem větším výpočetním výkonem.

Dalším rozdílem je užitá kinematika a kvalita konstrukce rámu i užitých komponent. 3D tiskárny Trilab využívají delta kinematiku, díky čemuž je zajištěna vysoká přesnost vytištěných objektů. Z důvodu pevné nepohyblivé podložky je zajištěna vysoká kvalita výtisků po celé výšce objektu. Tyto 3D tiskárny využívají originální E3D Titan extruder v kombinaci s E3D V6 hotendem, zajišťující výbornou kvalitu tisku.

Výtisky budu porovnávat s hobby 3D tiskárnou Original Prusa mk3s+, jejíž kinematika je odlišná (kartézská), sdílí stejný hotend, ale zároveň je osazena přímým extruderem. Tato 3D tiskárna je velice populární pro svou snadnou opravitelnost a kvalitu výtisků.

Další výtisky budou pocházet z hobby 3D tiskárny Original Prusa Mini +, obsahující nepřímý extruder a obecně spadající pod levnější přístroje.

Stěžejní výtisky budu pocházet z 3D tiskárny Anet A8 (dále využita v praktické části), která je mnohem levnější a modelově starší, než výše zmiňované. Tisk zajišťuje jednoduchý extruder s hotendem, jehož počátek je přišroubován do chladiče, souběžně s chladícím systémem extruderu. Tento extruder je mnohem starší koncepce. Narozdíl od Trilab Deltiq 2 a Original Prusa i3 mk3s+, je tato tiskárna napájena 12V systémem. Zároveň je nutno dodat, že tato 3D tiskárna neobsahuje původní firmware (z důvodu nemožnosti zajistit bezpečný provoz) a bylo tištěno s pomocí nově vytvořeného tiskového profilu (u této tiskárny prakticky neexistují výrobem vytvořené oficiální tiskové profily, jako tomu je u Trilab a Průša Research).

Vzhledem k nemožnosti porovnávat kvality výtisků laboratorně, naprosto stejných materiálů a identických nastavení i profilů, jsou výsledky porovnání výtisků zkesleny o tyto rozdílnosti. Pro získání představy, jaké parametry se při porovnávání zkoumají a jaké rozdílnosti mohou vzniknout odlišnou stavbou 3D tiskárny a kvality využitých komponent, budou ale tato porovnání dostačující.

Pro určení kvality se v 3D tisku využívá různých 3D objektů. Tyto objekty obsahují specifické části, jejichž obtížnost tisku je výrazně větší, než u většiny ostatních objektů. Jedná se zejména o převisy, mosty, hladké povrchy, oblouky.

Pro porovnání kvality povrchu tisku jsem zvolil model astronauta od MatterHackers [35]. Jedná se o známý model, u kterého jsou velmi dobře viditelné různé nedokonalosti povrchu výtisku.



Obrázek 10 - Porovnání výtisků astronauta: vlevo Prusa mk3s+, uprostřed Anet A8, vpravo Trilab Deltiq 2. Autor: [autor]

Jak můžeme z obrázku usoudit, již na první pohled jsou viditelné značné defekty povrchu astronauta na výtisku z 3D tiskárny Anet A8. Tyto defekty vznikly s největší pravděpodobností špatným podáním tiskové struny extruderem. 3D tiskárna Anet A8 pro podávání struny využívá jednoduchého mosazného kolečka s drážkami (připevněného přímo na hřídel krokového motoru), na které je přitlačována tisková struna pomocí přitlačného kolečka a pružinového mechanismu. Tento systém se zdá být v praxi značně nedostatečný. 3D tiskárna Original Prusa mk3s+ obsahuje direct drive extruder s Bondtech dual drive kolečky a Trilab Deltiq 2 E3D titan extruder (bowden extruder).

Pro další porovnání kvality tisku v náročných podmínkách jsem si vybral druhý model, tzv. 3D Benchy. Jedná se o velmi známý model lodičky, obsahující celou řadu velmi náročných prvků pro 3D tisk. Mezi takové prvky patří například hladká příd' (testující kvalitu zejména konstrukce stroje a extruze), okénka (testující tzv. retrakci, tedy vzdálenost zajetí filamentu zpět do trysky před přejezdem), anebo například komínek (testující účinnost chlazení tiskového ventilátoru).

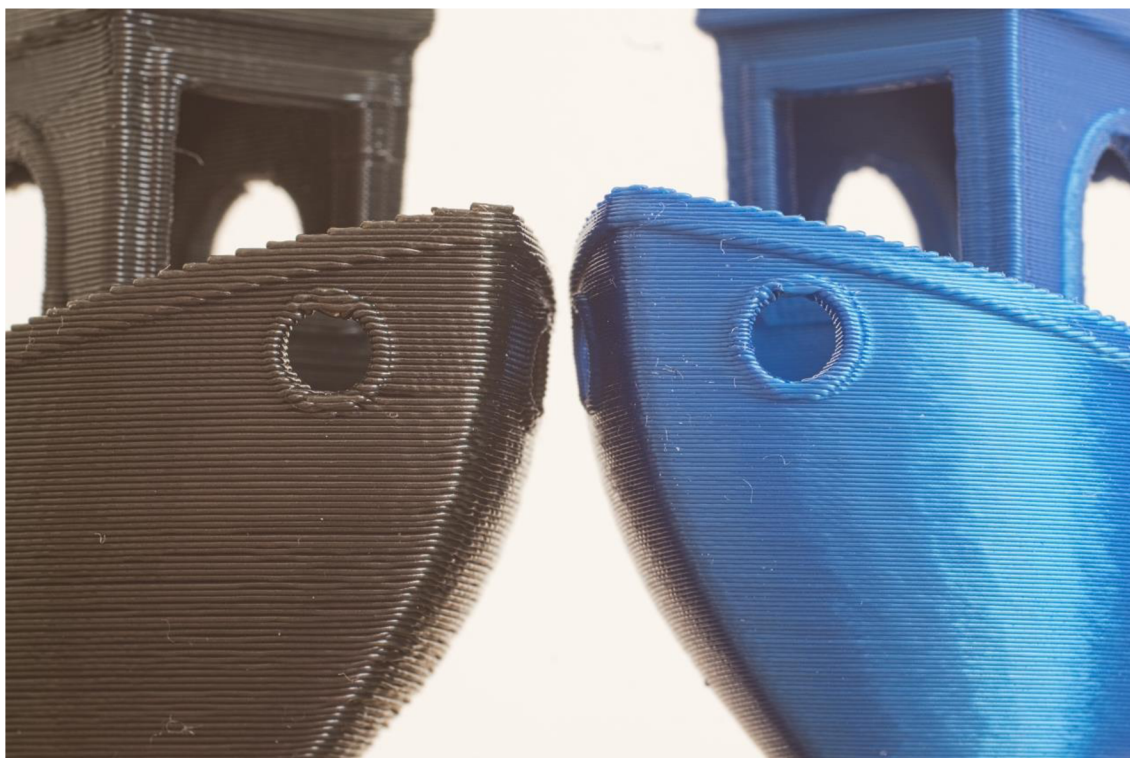
Oproti předchozímu testu byla nahrazena 3D tiskárna Original Prusa mk3s+ za Original Prusa Mini+. Materiál zůstává PLA, tisk při standartním tiskovém profilu.



Obrázek 11 - Lodička Benchy: vlevo Prusa Mini +, uprostřed Anet A8, vpravo Trilab Deltiq 2. Autor: [autor]

Jak si z obrázku můžeme všimnout, všechny tři 3D tiskárny dokázaly vytisknout tento testovací model, avšak objevují se výrazné rozdíly v tiskové kvalitě. Original Prusa Mini+ a Trilab Deltiq 2 vykazují velmi kvalitní povrch přídě lodičky, avšak Anet A8 obsahuje tiskové defekty. Tyto defekty jsou s největší pravděpodobností způsobeny nedostatečnou robustností rámu, spojenou s problémem s extruzí, viz. test modelu astronauta.





Obrázek 12 - porovnání kvality tisku 3D benchy: vlevo Anet A8, vpravo Trilab Deltiq 2. Autor: [autor]

Zajímavý výsledek vykazuje okénko lodičky, které jak u Anet A8, tak i u Original Prusa Mini+ obsahuje drobné defekty (viditelné na první společné fotografii). U Anet A8 jsou vrstvy tisku velmi vidět. V převisech materiál přetékal, což může značit nedostatečné chlazení tištěného dílu. 3D tiskárna Original Prusa Mini + vytiskla převisy správně, zato uprostřed sloupku okénka je jasně viditelný defekt v jedné vrstvě. Dále výtisk obsahuje drobné „stringování“, tedy problém s již zmíněnou retrakcí. S ohledem k faktu, že Original Prusa Mini + obsahuje nepřímý (bowden) extruder, jsou takového problému očekávatelné.

Důležitost zmíněných defektů je sice v praxi a u jednodušších 3D modelů malá, avšak v některých specifických situacích se tyto problémy mohou ukázat jako velmi závažné a důležité.

## 6.4 3D Tiskárna pro praktickou část

Pro tuto praktickou část byla vybrána jedna z nejstarších, ale zároveň velmi rozšířených 3D tiskáren, Anet A8. Tato 3D tiskárna byla (a v novějších verzích stále je) velmi populární, zejména kvůli své velmi nízké pořizovací ceně. Této ceně ale odpovídá i kvalita. Pro potřeby této bakalářské práce byla vybrána verze tiskárny z roku 2016, která zcela viditelně volně vycházela z open source designu velmi známé kartézské 3D tiskárny Original Prusa mk2 od společnosti Průša Research.

Rám této 3D tiskárny je tvořen řezanými polykarbonátovými deskami, které (na dnešní poměry) nezajišťují dostatečnou kvalitu tisku. Dále se některé 3D tištěné díly rovněž nevyznačují dostatečnou kvalitou, což způsobuje defekty na výsledných výtiscích.

Tisková podložka této 3D tiskárny je vyhřívána, dosahuje rozměrů 210 x 210 mm a byla konstruována zejména pro tisk méně náročných materiálů, jakými jsou například PLA a PETG. Bohužel tato tisková podložka nedisponuje odnímatelným tiskovým plátem, tisk probíhá na již předinstalovanou papírovou podložku s povrchovou úpravou. Tento fakt je obrovskou nevýhodou při tisku a následně také po tisku, kdy z takovéto podložky lze výtisk odlepit jen velmi špatně.

Základní deska této 3D tiskárny byla vyvinuta přímo výrobcem tohoto stroje. Jedná se o osmibitovou architekturu, která obsahovala od výrobce předinstalovaný firmware. Využívání tohoto firmware bylo život ohrožující, zejména z důvodu absence ochrany (tzv. funkce „TRERMAL\_RUNAWAY“), tedy případného upadlého termistoru tiskové hlavy. Jednalo se o 100 K $\Omega$  termistor, po jehož možném upadnutí (z důvodu povolení jeho přidržovacího šroubku) docházelo k maximálnímu nažhavení tiskové hlavy. To způsobovalo roztavení hotendu, následný kontaktu s papírovou podložkou a jistý požár.

Dalšími nedostatky této řídicí desky byly poddimenzované propojovací konektory s příliš velkým elektrickým přechodovým odporem, v kombinaci s poddimenzovanými spínacími MOSFET tranzistory.

Testovací kus, který byl použit v této bakalářské práci, obsahuje externí spínací prvky (MOSFET), společně s vylepšenými propojovacími konektory.

S doinstalovaným firmware Marlin 1.8.8 se jedná o jediná vylepšení, která byla u této tiskárny aplikována. Avšak lze předpokládat, že tato vylepšení někteří uživatelé dosud neprovedli. Zejména instalace externích spínacích MOSFET tranzistorů vyžaduje drobný zásah do elektroinstalace zařízení. I toto je důvod přestavby zařízení například pro účel laserového gravírování, které tyto spínací tranzistory nevyžaduje.

## **6.5 Jaké úpravy tato 3D tiskárna teoreticky vyžaduje**

Pro zlepšení tiskových vlastností této 3D tiskárny by teoreticky bylo třeba kompletně změnit vybraný materiál rámu. Řezané polykarbonátové desky je nutno nahradit za hliníkové extrudované profily, kterými disponuje například Original Prusa mk3s+. Tato přestavba znamená kompletní rozebrání a zpětnou kompletaci celého stroje. Jedná se o vcelku náročnou přestavbu (zejména pro zpětnou kalibraci prvků), avšak bezpečnou a jistě realizovatelnou ve školním prostředí.

Další vylepšení by se potenciálně týkalo elektroniky. Již zmíněná osmibitová řídicí deska této 3D tiskárny nedosahuje dostatečných kvalit, zejména problémy nastávají u výrobcem poddimenzovaných propojovacích konektorů.

S tímto faktem souvisí i další případné vylepšení napájecího zdroje, který se při tisku velmi zahřívá. Tato tiskárna disponuje základním 12V napájecím zdrojem, což již nekoresponduje s dnešním obecným standardem výrobců, kteří užívají 24V systém napájení. Přestavba na takovýto systém by znamenala (kromě již zmíněné změny řídicí desky) také výměnu celé tiskové vyhřívané podložky a topného tělesa na tiskové hlavě. Tyto komponenty jsou totiž dimenzovány (z důvodu své konstrukce) pouze na 12V.

## **6.6 Výběr laserového modulu**

Pro potřeby této bakalářské práce byl k této tiskárně přikoupen laserový modul D-B500F, který se prodává jako možný upgrade pro 3D tiskárny Creality Ender 3 a lze ho zakoupit i v České Republice. Jedná se o 0.5 W laserový modul s možností manuálního zaostření a schopností vypalovat libovolné vlastní nápisy a obrazce, zejména do dřevěných materiálů.

Společně s laserovým modulem se v balení nachází také ochranné brýle, sada neodymových magnetů pro uchycení k tiskové hlavě, návod a 3 kusy testovacích prkének.



Obrázek 13 - Balení laserového modulu D-B500F. Autor: [autor]

Původní zamýšlená montáž tohoto modulu je velmi jednoduchá. Neodymové magnety jsou přichyceny pomocí přibalených šroubků M3 k tělu laserového modulu, který je následně magneticky nasazen k tiskové hlavě tiskáren Creality Ender. Tento systém jsem vyhodnotil jako velmi nebezpečný z důvodu možného zaseknutí přívodního kabelu laserového modulu o konstrukci přístroje při vykonávání pohybu a možného nebezpečného kontaktu laserového paprsku s osobami. Toto by mohlo zapříčinit velmi vážná poranění kůže, anebo dokonce kompletní oslepnutí jedince.

## 6.7 Vlastní systém přichycení a rychlý systém výměny nástroje

Z důvodu nebezpečného originálního uchycení laseru byl v rámci této bakalářské práce vyhotoven univerzální rychlý systém výměny nástroje.

Rychlý systém výměny nástroje se skládá z hlavního nosného dílu, obsahující speciální drážku, navrženou pro velmi pomalé opotřebení z důvodu případné časté výměny nástrojů. Na tuto drážku přiléhá další díl, který je připevněn na daném nástroji, díky čemuž dovoluje jeho rychlou a jednoduchou výměnu.

Tento rychlý systém výměny nástroje byl vymodelován v 3D programu Autodesk Fusion 360. Celý systém je navržen pro maximální využití spojovacího materiálu, který je již na této 3D tiskárně osazen. Pro celý projekt si uživatel musí zakoupit pouze: 3ks šroub M3, délka 6 mm a 4 ks šroub se zapuštěnou hlavou M3, délka 6 mm.

Dále byla při návrhu zamýšlena co nejmenší potřeba modifikace firmware tiskárny. Výsledný díl tedy nijak nenarušuje původní konfiguraci v ose X, ani v ose Z. V ose Y tento tištěný díl posune konfiguraci osy Y o 10 mm, což však nijak nelimituje tiskový prostor podložky a pro většinu dalších tisků ani není třeba upravit firmwarové hodnoty.

Výsledné díly (ve formátu .step), i projektové soubory (ve formátu .f3d) jsou veřejně (pod open source licencí) vystaveny na webových stránkách [Printables.com](https://www.printables.com).

Všechny díly tohoto rychlého vyměňovacího systému jsou navrženy pro 3D tisk bez podpěr, doporučeno je využití materiálu PETG se 100% výplní.

Pro potřeby testování byly tyto díly vytisknuty na 3D tiskárně Original Prusa Mini+ a na upravené Tronxy X5s s Klipper firmware. Materiál: Prusament PETG Urban Grey.

## **6.8 Hlavní nosný díl, základna**

Hlavním nosným prvkem tohoto řešení je základna, spojující hliníkové obaly lineárních ložisek na ose X s protilehlým kusem, nacházejícím se na vybraném nástroji.

Rozměry této základny jsou 80 x 60 x 5 mm. Obsahuje 6 otvorů M5, které obsahují zkosení pro možné využití šroubů se zapuštěnou hlavou velikosti M5. Tyto šrouby uživatel nemusí dokoupit, lze využít originální šrouby dodané výrobcem.

Dále se na této základně nachází 2 otvory pro originální šrouby M3, které slouží pro uchycení konců 6 mm řemenů GT-2. Tyto šrouby jsou uchyceny pomocí dvou matic M3, které zaručují dostatečnou pevnost šroubů s tištěným dílem. Konce řemenů GT-2 jsou kolem těchto šroubů omotány a zachyceny pomocí stahovacích pásek (toto řešení uchycení řemenů je převzato z originálního designu 3D tiskárny Anet A8).

Pro spojení tohoto nosného dílu s protilehlým přiléhajícím dílem (nacházejícím se na nástroji) je využito nasouvacího mechanismu, jehož vnější zkosená hrana se postupně zvětšuje, čímž je dosaženo velké pevnosti celého mechanismu a odolnosti vůči opotřebení.



Obrázek 14 - Hlavní nosný díl rychlého vyměňovacího systému. Autor: [autor]

## 6.9 Přiléhající díl mechanismu pro laser

Přiléhající díl univerzálního mechanismu je již zmíněný protikus k základně, tedy hlavnímu nosnému dílu. Rozměry tohoto dílu jsou 50 x 35 x 5 mm.

Tento díl obsahuje druhou část nasazovacího mechanismu, jehož vnitřní úhel stěny přesně kopíruje úhel na vnější stěně mechanismu hlavního nosného dílu. Rozměry tohoto systému na vzdálené (nejširší) straně jsou ale rozdílné s hlavním nosným dílem tak, aby existovala velká styčná plocha mezi těmito zkosenými hranami, zabraňující samovolnému pohybu mechanismu a zvyšující jeho životnost. Hodnota této odchylky byla zjištěna experimentálními metodami na dvou různých 3D tiskárnách, s různým firmware, rozdílnou kinematikou a s různými materiály.

V balení laserového modulu se nacházel systém uchycení pomocí magnetických kroužků, přichycených pomocí malých šroubků na tělo tiskové hlavy. Toto uchycení se zdá být velmi nebezpečné, zejména v případném školním prostředí. Pokud uvážíme fakt, že je laserový modul (zcela logicky) propojen s řídicí deskou pomocí vodiče, existuje nezanedbatelné riziko možného zaseknutí vodiče při posunu samotných os a následného odklonění laserového paprsku mimo zamýšlenou gravírovací plochu, což může vést k vážným zraněním dětí, anebo personálu, nacházejících se v blízkosti tohoto zařízení.

Pro správné a bezpečné uchycení laserového modulu bylo zvoleno pevné konstrukční řešení pomocí původních závitových otvorů laserového modulu a šroubů, které jsou přichyceny k tištěnému dílu. Tento tištěný díl pro uchycení laseru obsahuje devět otvorů o průměru 3 mm. Díky malé hmotnosti modulu není třeba využít všech šroubových uchycení. Uživateli je umožněno vybrat si uchycení dle toho, jakými druhy šroubů aktuálně disponuje. Vnějších šest otvorů obsahuje zkosení, tyto otvory jsou tedy zamýšleny pouze pro využití šroubů se zápustnou hlavou M3, délkou 6 mm. Vnitřní 3 otvory neobsahují zhloubení a jsou zamýšleny pro využití libovolných šroubů bez zápustné hlavy, opět velikosti M3 a délky 6 mm.

Tento díl je chytře navržen k další možné úpravě pro jiné nástroje. Znamená to, že si uživatel může stáhnout soubor s příponou .f3d, který byl k těmto modelům uvolněn. Jedná se o zdrojový kód modelu ve 3D modelovacím programu Autodesk Fusion 360. Díky volné přístupnosti programu veřejnosti v „kutilské verzi“ a snadné dostupnosti pro školy díky přítomné a zvýhodněné školní licenci, se jedná o velmi dostupnou možnost a cestu k upravitelnosti tohoto modelu ke své vlastní potřebě.



Obrázek 15 - Přiléhající díl k tělu laserového modulu. Autor: [autor]

### **6.10 Přiléhající díl mechanismu pro tiskovou hlavu**

Přiléhající díl mechanismu pro tiskovou hlavu vychází z designu přiléhajícího dílu pro laserový modul. I design této komponenty je dostupný ve formátu projektu s koncovkou .f3d pro další případnou uživatelskou změnu.

Tento díl sdílí stejné rozměry jako model přiléhajícího dílu pro laser. Jeho rozměry tedy jsou 50 x 35 x 5 mm a disponuje identickou drážkou pro uchycení k hlavnímu nosnému dílu. Dále obsahuje rozdílné umístění otvorů, které jsou rozmístěny pro montáž na originální držák tiskové hlavy. Do těchto otvorů je možno využít pouze šrouby se zápusťnou hlavou M3 a délce 6 mm. Z důvodu absence závitů v původním kovovém držáku hlavy je uživatel nucen využít matic M3 k zajištění obou dílů k sobě.



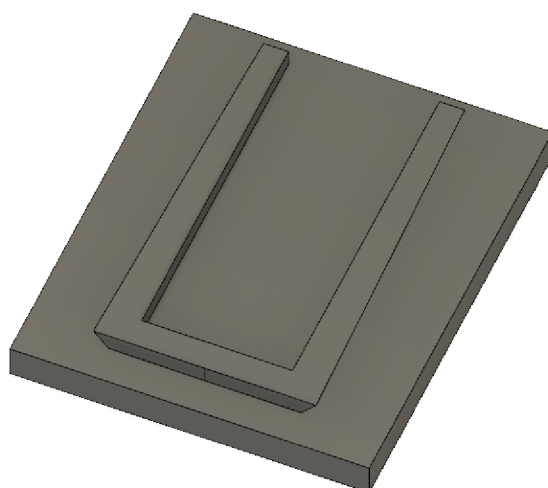


Obrázek 16 - Přiléhající díl pro tiskovou hlavu. Autor: [autor]

### **6.11 Držák pro aktuálně nevyužívaný nástroj**

Držák pro aktuálně nevyužívaný nástroj byl vytvořen z nutnosti bezpečně odložit nástroj, který se aktuálně aktivně nevyužívá. Z důvodu velké rozdílnosti konstrukce jednotlivých verzí tiskárny Anet A8 nebylo snadné nalézt vhodné místo pro tento tištěný díl tak, aby nezasahoval do případné tiskové plochy. Jako nejvhodnější místo byla po dlouhém zkoumání vybrána boční strana napájecího zdroje. Uchycení tohoto dílu je umožněno pouze za pomoci oboustranné lepicí pásky (v ideálním případě pěnové oboustranné lepicí pásky). I tento díl je nicméně velmi dobře uživatelsky upravitelný pro případné individuální uchycení.

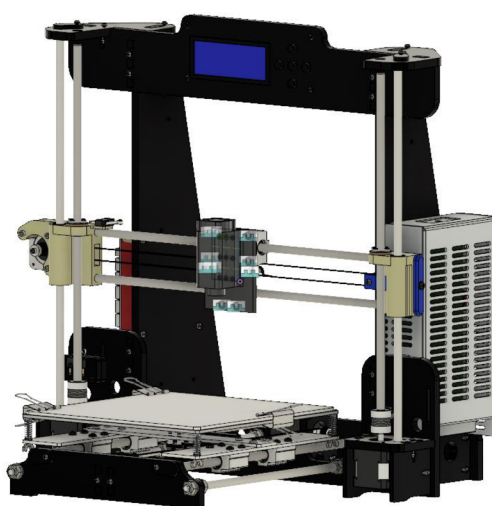
Díky jednoduchosti modelu tohoto dílu lze ve školním prostředí využít tento návrh k výuce s programem Fusion 360. Pedagogovi je umožněno žákům připravit zadání o neoriginálnější a nejlepší uchycení tohoto tištěného dílu. Narozdíl od online modelovacího programu Tinkercad je Fusion 360 založen na tradičním pokládání skic a tvorbě 2D objektů, následně přetvořených (vysunutých) do 3D prostoru.



Obrázek 17 - Držák aktuálně nepoužívaného nástroje. Autor: [autor]

## 6.12 Celkový model 3D tiskárny

Pro lepší ilustraci tohoto systému byla vytvořena sestava těchto modelů na 3D model celé 3D tiskárny Anet A8 od uživatele TH, legálně získaného z archivu 3D modelů Grabcad [33]. Model laserového modulu byl rovněž získán ze stejné knihovny od uživatele Max Armstrong [34].



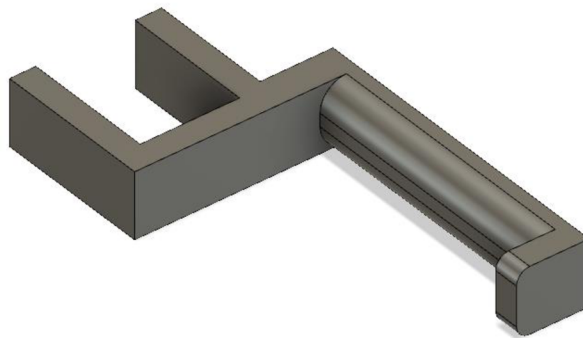
Obrázek 18 - Vizualizace připevněného laserového modulu na tiskárně.

Autor: [autor]

### 6.13 Držák ochranných brýlí

Jako doplněk k tomuto projektu byl vymodelován držák ochranných brýlí. Tento držák je možno připevnit na jakékoli místo 3D tiskárny. Jedná se o systém, kopírující tloušťku polykarbonátových desek, využitých v originálním hlavním nosném rámu této 3D tiskárny. Jednoduše se tedy nasune na jakoukoli horizontální část rámu (ideálně do prostoru nad základní deskou, anebo nad zdrojem).

Tento díl je (díky nízkým nárokům na mechanickou odolnost) možno vytisknout z jakéhokoli materiálu. Nejvhodnější variantou je PLA, anebo PETG.



Obrázek 19- Držák ochranných brýlí. Autor: [autor]

### 6.14 Možné úpravy pro další využití

Tento univerzální systém výměny nástroje je zveřejněn na webu [Printables.com](https://www.printables.com) pod licencí CC0. Tato licence (mimo jiné) opravňuje ostatní uživatele k jakékoli úpravě tohoto modelu pro své vlastní účely.

K dispozici jsou soubory jednotlivých 3D modelů ve formátu .step, zároveň jsou zveřejněny i originální soubory projektu ve formátu .f3d, které jsou spustitelné a dále upravitelné ve 3D modelovacím softwaru Fusion 360.

Díky jednoduchosti jednotlivých modelů může kdokoli upravit tyto modely pro své vlastní účely. Navržený systém je vhodný i pro úpravu 3D tiskárny pro potřeby dalších přestaveb, například uchycení obyčejné tužky, anebo fixu na pružinovém mechanismu, čímž lze vytvořit jednoduchý plotter. Tento projekt je potenciálně vhodný pro využití ve školním prostředí.

Tento systém lze také využít i pro konstrukci jednoduché frézky. Z důvodu mého záměru vymyslet systém co nejtenčí (pro minimální zásah do softwarové konfigurace 3D tiskárny) je ale robustnost tištěných dílů omezena.

## 7 Závěr

Účel teoretické části této bakalářské práce bylo zmapovat různé druhy 3D tiskáren z hlediska kinematiky, samotného principu funkčnosti tiskárny, jejich výhod a nevýhod. Dále proběhlo uvedení a zhodnocení návrhů a cest k alternativnímu využití 3D tiskáren, a to nejen jakožto úpravy stroje, ale také využitelnosti v různých sférách (hobby, industriální prostředí, nástroje pro výzkumníky). V rámci této části byly probrány také jednotlivé komponenty, jejich postupné stárnutí, vývoj, zlepšení.

V praktické části této bakalářské práce byla vybrána jedna z dnes již zastaralých tiskáren, byly uvedeny důvody nerentabilnosti a nemožnosti úprav této 3D tiskárny, dále byl navrhnout, vytisknut a otestován systém rychlé změny nástroje, který je open source a dále modifikovatelný. Pro využití ve školním prostředí, jakožto projektu, byl vyhotoven návod – metodický list pro instalaci rychlého systému pro změnu nástroje, zprovoznění laserového modulu D-B500F a gravírování jednoduchých objektů pomocí počítačového programu CrealityWorkshop.

## 8 Bibliografie

- [1] INDRA, Zdeněk. *Multifunkční modulární 3D FDM tiskárna*. www.vut.cz [online] © 2019 [cit. 23.10.2021]. Dostupné z: [https://www.vut.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=195451](https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=195451)
- [2] STRATASYS INC. *Apparatus and method for creating three-dimensional objects*. Původci: S. Scott Crump. Spojené státy americké. Patentový spis US5121329A 9.6.1992. Dostupné také z: <https://patents.google.com/patent/US5121329A/en>
- [3] REPRAP. *RepRap project* [online]. © 25 June 2023 RepRap [cit. 1.7.2023]. Dostupné z: <https://reprap.org/wiki/RepRap>
- [4] WIKIPEDIA. *RepRap* [online]. © 4.9.2021 Wikipedia [cit. 23.10.2021]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/RepRap>
- [5] HANZLÍČEK, Martin. *Stavba 3D tiskárny*. Vysoké učení technické v Brně. www.vut.cz [online]. © 2019 [cit. 23.10.2021]. Dostupné z: [https://www.vut.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=191946](https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=191946)
- [6] SHARPLAYERS. *Řemeny*. Shaplayers [online]. © 2023 [cit. 28.6.2023]. Dostupné z: <https://eshop.sharplayers.cz/remeny>
- [7] LIM, Anthony. *Gates Corporation – 100 years of experience as a leading OE belt supplier* [online]. © 2011 paultan.org [cit. 12.5.2023]. Dostupné z: <https://paultan.org/2011/06/15/gates-corporation-powering-progress/>
- [8] VSEPRO3DTISK. *Mechanické díly*. Vsepro3dtisk.cz [online]. ©2023 [cit. 28.6.2023]. Dostupné z: <https://www.vsepro3dtisk.cz/mechanicke-dily>
- [9] FOR3DTISK. *FDM tiskárna pro 3D tisk a co byste o ní měli vědět* [online]. © 2022 for3dtisk.cz [cit. 6.7.2023]. Dostupné z: <https://for3dtisk.cz/fdm-tiskarna-blog/>
- [10] E3D. *Titan Extruder*. e3d-online.com [obrázek]. © 2023 E3D Company [cit. 7.7.2023]. Dostupné z: <https://e3d-online.com/products/titan-extruder>

- [11] E3D. *E3D Hemera: A 3D printer extrusion systém you will worship*. e3d-online.com [obrázek]. © 2023 E3D Company [cit. 7.7.2023]. Dostupné z: <https://e3d-online.com/blogs/news/e3d-hemera-a-3d-printer-extrusion-system>
- [12] FREY, Shawn. *The Nextruder: Prusa XL Deep Dive*. All3dp.com [online]. © May 16 2023 All3DP [cit. 7.7.2023]. Dostupné z: <https://all3dp.com/1/nextruder-prusa-xl-deep-dive/>
- [13] HERMANN, Štefan. *Which is the strongest 3D printing Extruder?*. cnckitchen.com [online]. © March 19, 2023 CNCKitchen [cit. 25.5.2023]. Dostupné z: <https://www.cnckitchen.com/blog/which-is-the-strongest-3d-printing-extruder>
- [14] 3DJAKE. *Přímý extruder vs. bowdenový extruder* [online]. © 2013 niceshops GmbH [cit. 7.7.2023]. Dostupné z: <https://www.3djake.cz/info/poradce/primy-extruder-vs-bowdenovy-extruder>
- [15] REPRAP. *SMART RAMPS*. reppap.org [obrázek]. © 4 March 2018 RepRap [cit. 7.7.2023]. Dostupné z: [https://reprap.org/wiki/SMART\\_RAMPS](https://reprap.org/wiki/SMART_RAMPS)
- [16] REPRAP. *RAMPS 1.4*. reppap.org [online]. © 11 December 2022 RepRap [cit. 7.7.2023]. Dostupné z: [https://reprap.org/wiki/RAMPS\\_1.4](https://reprap.org/wiki/RAMPS_1.4)
- [17] MAJKL3D. *Základní deska MKS GEN V1.4*. majkl3d.com [obrázek]. © 2023 Majkl3D- Technology s.r.o [cit. 7.7.2023]. Dostupné z: <https://www.majkl3d.cz/p/zakladni-deska-mks-gen-v1-4>
- [18] WIKIPEDIA. *Marlin (firmware)* [online]. © 21.3.2023 Wikipedia [cit. 7.7.2023]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Marlin\\_\(firmware\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Marlin_(firmware))
- [19] TAJDUŠ, Pavel. *Klipper firmware*. 3dpédie [online]. © 2023 Pavel Tajduš [cit. 8.7.2023]. Dostupné z: <https://www.3dpédie.cz/navody/klipper-firmware/>
- [20] STŘÍTESKÝ, Ondřej, Josef PRŮŠA a Martin BACH. *Základy 3D tisku s Josefem Průšou*. Praha. © Prusa research, 2020. ISBN 978-80-907798-0-8.

- [21] PRUSA RESEARCH. *Prusa i3 MK3S+* [obrázek]. © 2021 Prusa Research [cit. 23.10.2021]. Dostupné z: <https://shop.prusa3d.com/en/3d-printers/181-original-prusa-i3-mk3s-3d-printer.html>
- [22] PRŮŠA, Josef. *Představujeme Original Prusa SL1 – novou open-source SLA tiskárnu*. josefprusa.cz [obrázek]. © 2018 Prusa Research [cit. 23.10.2021]. Dostupné z: <https://josefprusa.cz/original-prusa-sl1-nova-sla-3d-tiskarna/>
- [23] HOOPER, Shane. *CoreXY Kinematics*. 3ddistributed.com [online]. © 3D Distributed [cit. 7.7.2023]. Dostupné z: <https://3ddistributed.com/corexy-3d-printer/corexy-kinematics/>
- [24] PRŮŠA, Josef. *Original Prusa XL: CoreXY 3D tiskárna s perfektní první vrstvou a hromadou novinek!*. blog.prusa3d.com [obrázek]. © Prusa Research [cit. 7.7.2023]. Dostupné z: <https://blog.prusa3d.com/cs/original-prusa-xl-corexy-3d-tiskarna-s-perfektni-prvni-vrstvou-a-hromadou-novinek-58312/>
- [25] BAMBULAB. *Bambu Lab X1 Series*. Bambulab.com [obrázek]. © Bambu Lab [cit. 7.7.2023]. Dostupné z: <https://bambulab.com/en-eu/x1>
- [26] REPRAP. *Delta geometry*. Reprap.org [online]. © 2019 RepRap [cit. 7.7.2023]. Dostupné z: [https://reprap.org/wiki/Delta\\_geometry#Geometry\\_of\\_a\\_linear\\_delta](https://reprap.org/wiki/Delta_geometry#Geometry_of_a_linear_delta)
- [27] HAYDN HUNTLEY. *Haydn Huntley's MagBalls and MagBallArms for Delta/Kossel 3D Printers*. [www.magballarms.com](http://www.magballarms.com) [online]. © 2023 Haydn Huntley [cit. 7.7.2023]. Dostupné z: <https://www.magballarms.com/>
- [28] LOUKOTA, Ladislav. *Medicína dělá krůčky od sci-fi k realitě: k 3D tisku orgánů*. Nedd.cz [online]. © 29.12.2019 Nedd.cz [cit. 23.10.2021]. Dostupné z: <https://nedd.tiscali.cz/medicina-dela-krucky-od-sci-fi-k-realite-k-3d-tisku-organu-337792>
- [29] DUŠKOVÁ, Veronika. *Lékařům v liberecké nemocnici pomáhá 3D tisk. Mohou navrhovat implantáty, tisknout kosti i nádory*. Liberecka.drba.cz [online]. © 8. listopadu 2022 Liberecká DRBNA [cit. 5.1.2022]. Dostupné z: <https://liberecka.drba.cz/zpravy/zdravi/31135-lekarum-v-liberecke-nemocnici-pomaha-3d-tisk-mohou-navrhovat-implantaty-tisknout-kosti-i-nadory.html>



[30] SLANT. *The Cost of 3D Printing vs Injection Molding* [online]. © Jul 31, 2019 Slant 3D [cit. 12.7.2023]. Dostupné z: <https://www.slant3d.com/slant3d-blog/the-cost-of-3d-printing-vs-injection-molding>

[31] SLANT. *The Cost of 3D Printing vs Injection Molding* [obrázek]. © Jul 31, 2019 Slant 3D [cit. 12.7.2023]. Dostupné z: <https://www.slant3d.com/slant3d-blog/the-cost-of-3d-printing-vs-injection-molding>

[32] QUATTRO. *Jak na plošné spoje pomocí laseru a 3D tiskárny - praktické zkušenosti* [online]. 22.01.2021 MCU.CZ [cit. 5.7.2023]. Dostupné z: <http://mcu.cz/news.php?extend.4482.15>

[33] TF. 3D Drucker Zusammenbauzeichnung [online]. © March 27th, 2021 Stratasys Inc. [cit. 10.7.2023]. Dostupné z: <https://grabcad.com/library/anet-a8-4>

[34] ARMSTRONG, Max. D-B500F 500mW Laser [online]. grabcad.com. © November 27th, 2021 Stratasys Inc. [cit. 10.7.2023]. Dostupné z: <https://grabcad.com/library/d-b500f-500mw-laser-1>

[35] MATTERHACKERS. MatterHackers' Mascot Phil A Ment. [thingiverse.com](https://www.thingiverse.com) [online]. ©2023 MakerBot Industries, LLC [cit. 10.7.2023]. Dostupné z: <https://www.thingiverse.com/thing:2557603>

## 8.1 Seznam použitých obrázků

Obrázek 1 - Patent US5121329A [2].....	11
Obrázek 2 - Řemen Gates PowerGrip GT-2. Foto: autor.....	14
Obrázek 3 - E3D Titan Extruder [10].....	16
Obrázek 4 - E3D Hemera extruder [11].....	16
Obrázek 5 - Smart RAMPS 1.4 [15].....	21
Obrázek 6 - MKS Gen L [17] .....	21
Obrázek 7 - FDM tiskárna Prusa i3 MK3S+ [21] .....	24
Obrázek 8 - SLA tiskárna Prusa SL1S SPEED s umývací stanicí [22] .....	24
Obrázek 9 - Bambulab X1C [25] .....	27
Obrázek 10 - Original Prusa XL [24] .....	27
Obrázek 11- Graf vývoje ceny výrobků metodou vstřikování vs. 3D tiskem v masové výrobě [31] .....	30
Obrázek 12 Porovnání výtisků astronauta: vlevo Prusa mk3s+, uprostřed Anet A8, vpravo Trilab Deltiq 2. Foto: autor.....	41
Obrázek 13 - Lodička Benchy: vlevo Prusa Mini +, uprostřed Anet A8, vpravo Trilab Deltiq 2 .....	42
Obrázek 14 - porovnání kvality tisku 3D benchy: vlevo Anet A8, vpravo Trilab Deltiq 2.....	43
Obrázek 15 - Balení laserového modulu D-B500F .....	46
Obrázek 16 - Hlavní nosný díl rychlého vyměňovacího systému.....	48
Obrázek 17 - Přiléhající díl k tělu laserového modulu.....	50
Obrázek 18 - Přiléhající díl pro tiskovou hlavu .....	51
Obrázek 19 - Držák aktuálně nepoužívaného nástroje .....	52
Obrázek 20 - Vizualizace připevněného laserového modulu na tiskárně.....	52
Obrázek 21- Držák ochranných brýlí .....	53

## 9 Příloha

### 9.1 Pracovní postup k instalaci gravírovacího laseru D-B500F na 3D tiskárnu Anet A8

Tento pracovní postup vás provede instalací systému pro snadnou změnu nástroje na 3D tiskárně Anet A8 a instalací laserového gravírovacího modulu D-B500F.

Z důvodu bezpečnosti doporučujeme před provedením tohoto upgradu provést kompletní přeinstalaci firmwaru na firmware Marlin. Pokud neprovedete instalaci firmwaru Marlin, hrozí vám při používání této tiskárny nebezpečí. Originální firmware od výrobce neobsahuje funkci „Thermal Runaway“, která dokáže detekovat defekt termistoru u topného článku tiskové hlavy.

Gravírovací laser D-B500F je 0.5 W laserový modul, přímo určený k instalaci na 3D tiskárnách. Z důvodu poměrně malého vypalovacího výkonu je tento laserový modul vhodný spíše pro gravírování nápisů a obrázků, než pro řezání materiálů.

Před instalací tohoto laserového modulu si detailně přečtěte tento návod. Autor tohoto návodu nenesе žádnou právní zodpovědnost za ujmu na zdraví, způsobenou neodborným zacházením s tímto zařízením.

Při aktivaci laserového modulu buďte mimořádně ostražití! Nevypalujte na lesknoucí se povrchy! Vždy mějte nasazené ochranné brýle! Neopouštějte aktivní přístroj bez dozoru!

Ve školním prostředí nesmí žák/student sám manipulovat a pracovat se zařízením. Nutný stálý dozor ze strany vyučujícího!

Potřebné nástroje: Šroubovák křížový, oboustranná lepicí páska, nůžky, kleště, anebo stranový klíč velikost 6, originální USB Type-B propojovací kabel

Potřebný spojovací materiál: 3ks šroub M3, délka 6 mm, 4 ks šroub se zapuštěnou hlavou M3, délka 6 mm

1. Stáhněte si z Printables modely pro upgrade tiskárny a vytiskněte je. Tiskněte z materiálu PETG s nastavením: 2 perimetry, 2 vrchní vrstvy a 2 spodní vrstvy, 100% výplň.



Obrázek 1. QR kód ke stažení potřebných dílů.

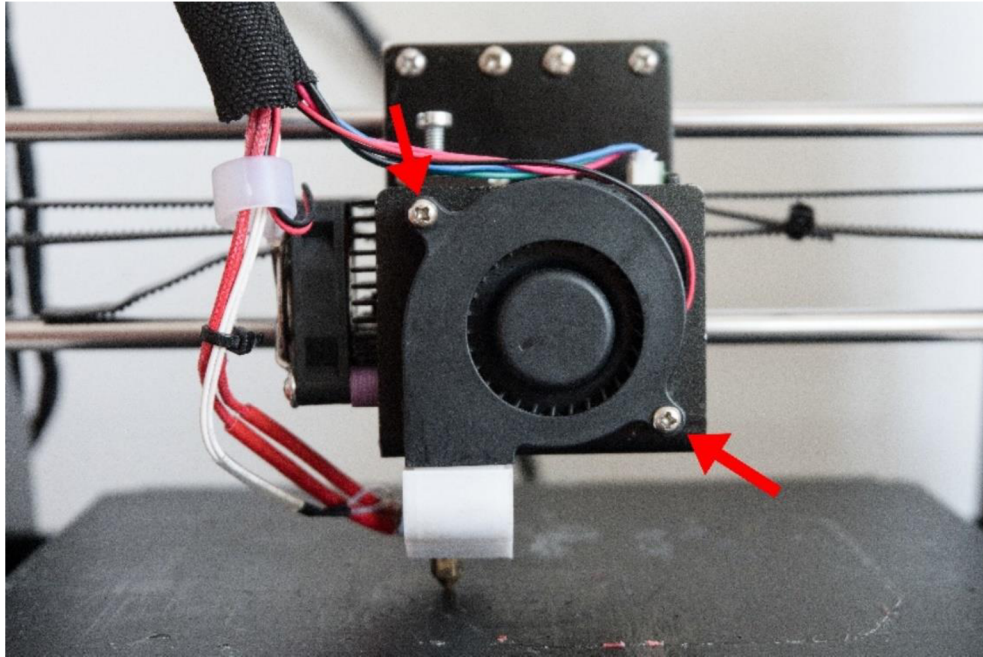
Odkaz URL:

<https://www.printables.com/cs/model/521866-anet-a8-and-d-b500f-laser-engraver-quick-change-sy>



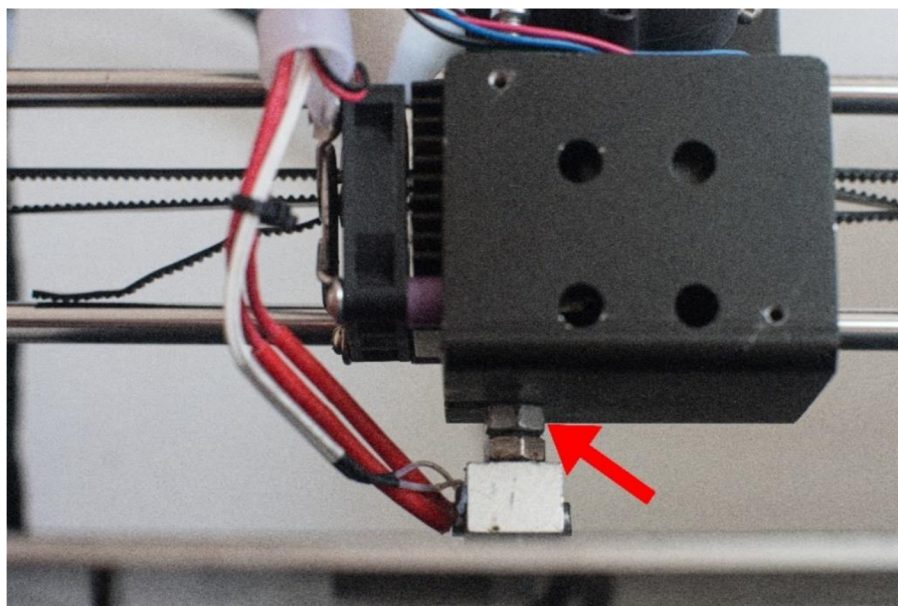
Obrázek 2. Tištěné díly. Autor: [autor]

2. Vyšroubujte šrouby držící tiskový ventilátor a položte (stále připojený) ventilátor stranou.



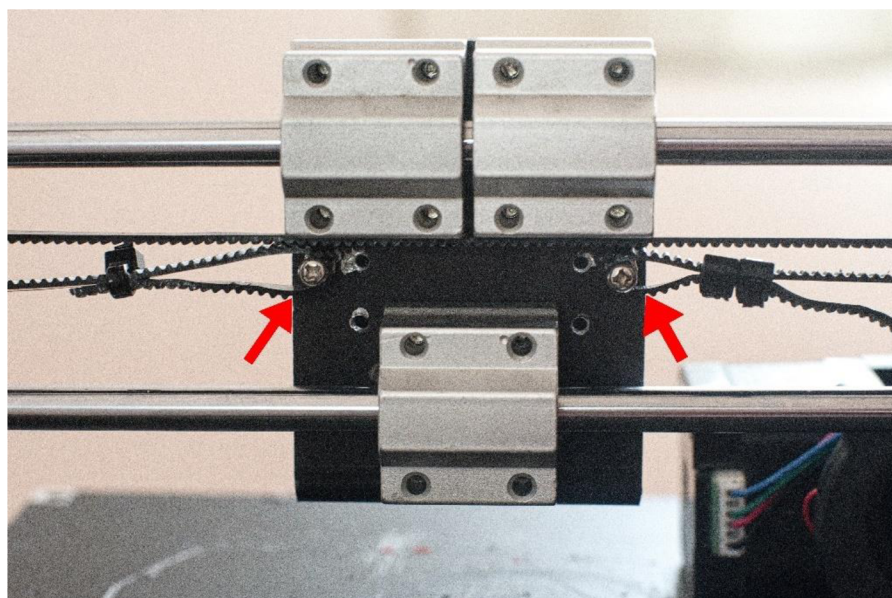
Obrázek 3. Záběr na ventilátor a šrouby. Autor: [autor]

3. Odšroubujte matici, držící heatbreak a zbytek tiskové hlavy. Tu následně vysuňte pohybem doleva a položte vedle tiskárny.



Obrázek 4. Spodní část tiskové hlavy a matice. Autor: [autor]

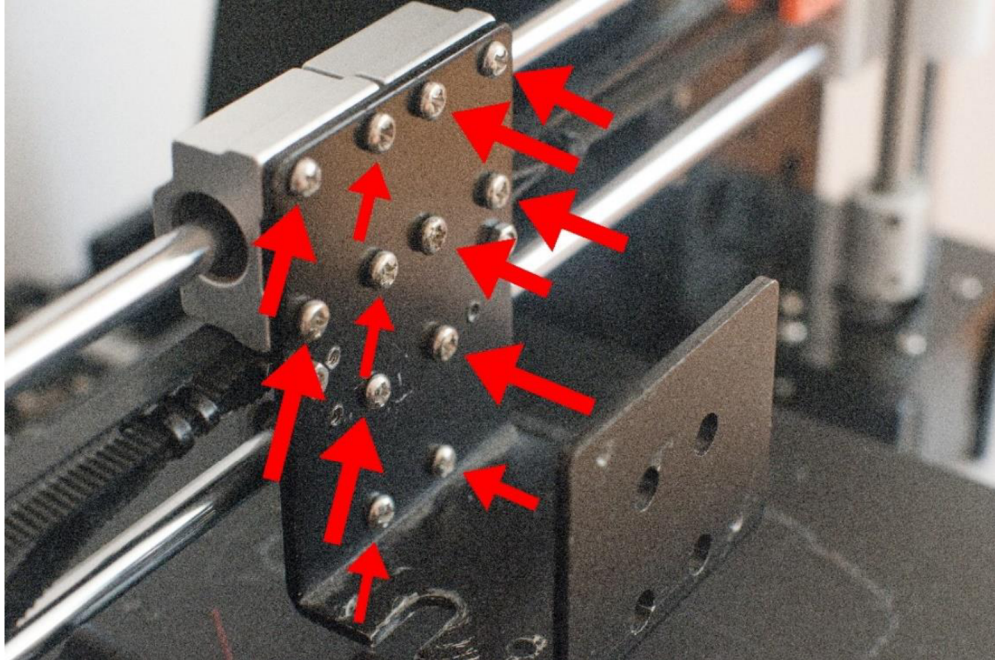
4. Povolte řemen osy X a odejměte ho ze šroubů na nosné konstrukci tiskové hlavy.



Obrázek 5. Šrouby držící řemen osy X. Autor: [autor]

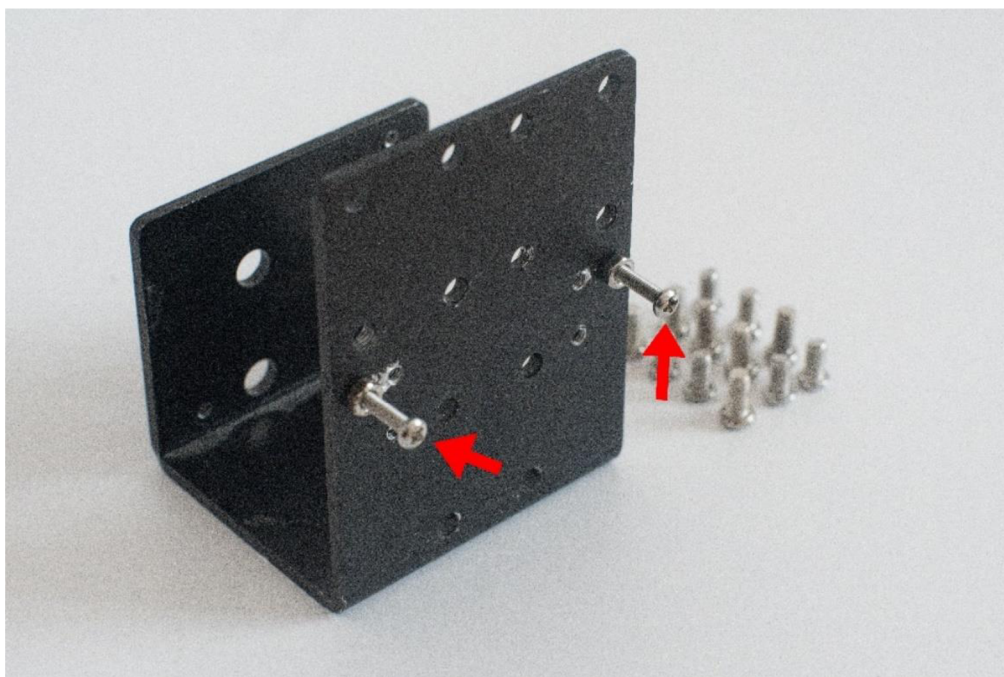


5. Vyšroubujte všech 12 šroubů spojující zbytek konstrukce tiskové hlavy s hliníkovými obaly lineárních ložisek. Těchto 12 šroubů neztraťte, budeme je ještě potřebovat.



Obrázek 6. Šrouby spojující konstrukci hlavy s obaly lineárních ložisek. Autor:  
[autor]

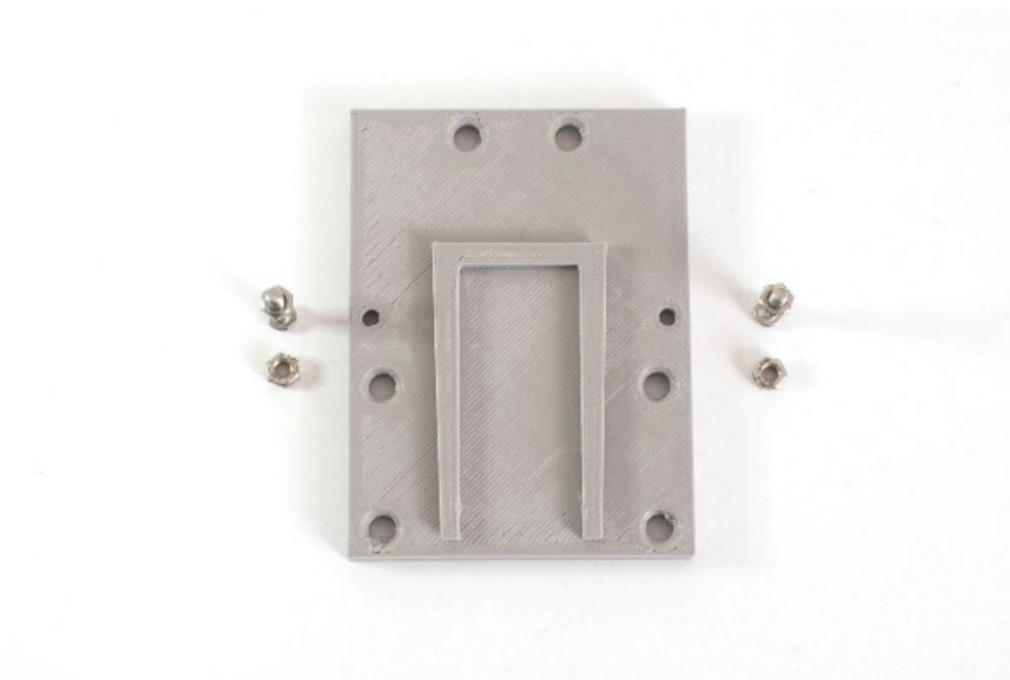
6. Nyní z demontovaného dílu hlavy odšroubujeme šrouby M3, připojující řemeny osy X. Tyto šrouby jsou zajištěny 2 ks matic M3, které rovněž budeme dále potřebovat.



Obrázek 7. Šrouby připojující řemen osy X. Autor: [autor]



7. Nyní přišroubujeme šrouby z předchozího kroku k tištěnému dílu (viz. Obrázek 8 a 9)

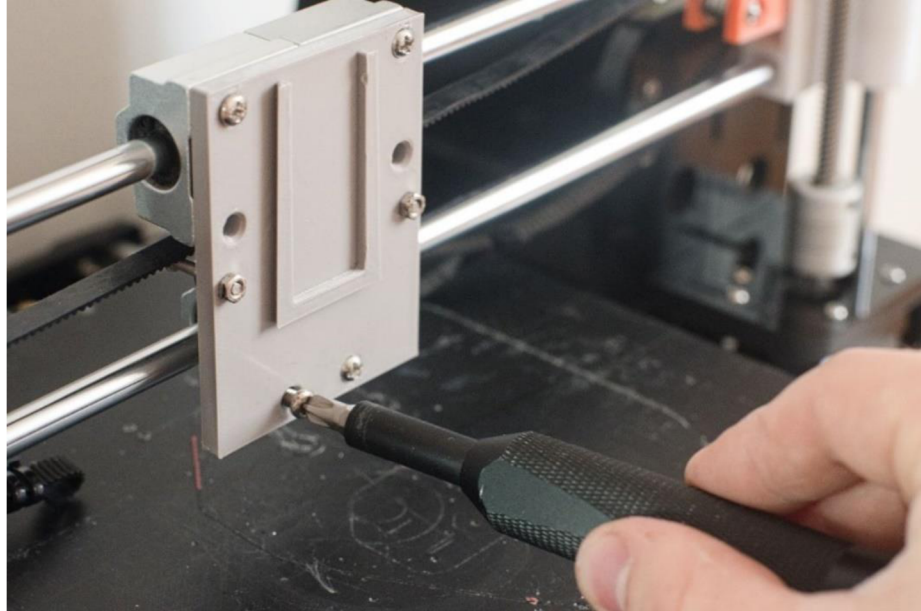


Obrázek 8. Tištěný díl. Autor: [autor]



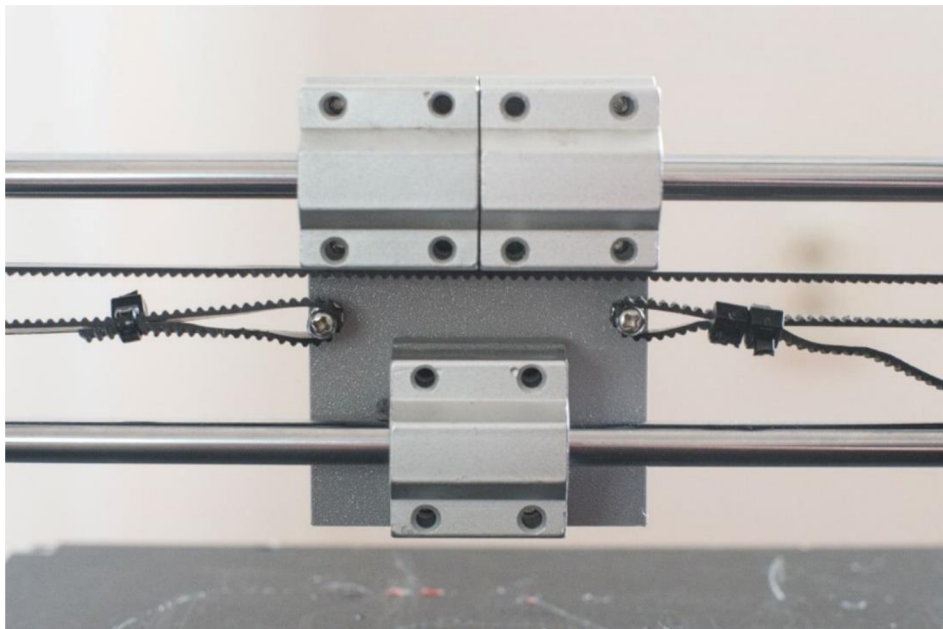
Obrázek 9. Připevněné šrouby pro řemeny osy X. Autor: [autor]

- Nyní přišroubujeme tištěný díl na hliníková pouzdra lineárních ložisek. K tomu využijeme 6 ks šroubů, které se původně nacházely kuchyeni originálního držáku tiskové hlavy.



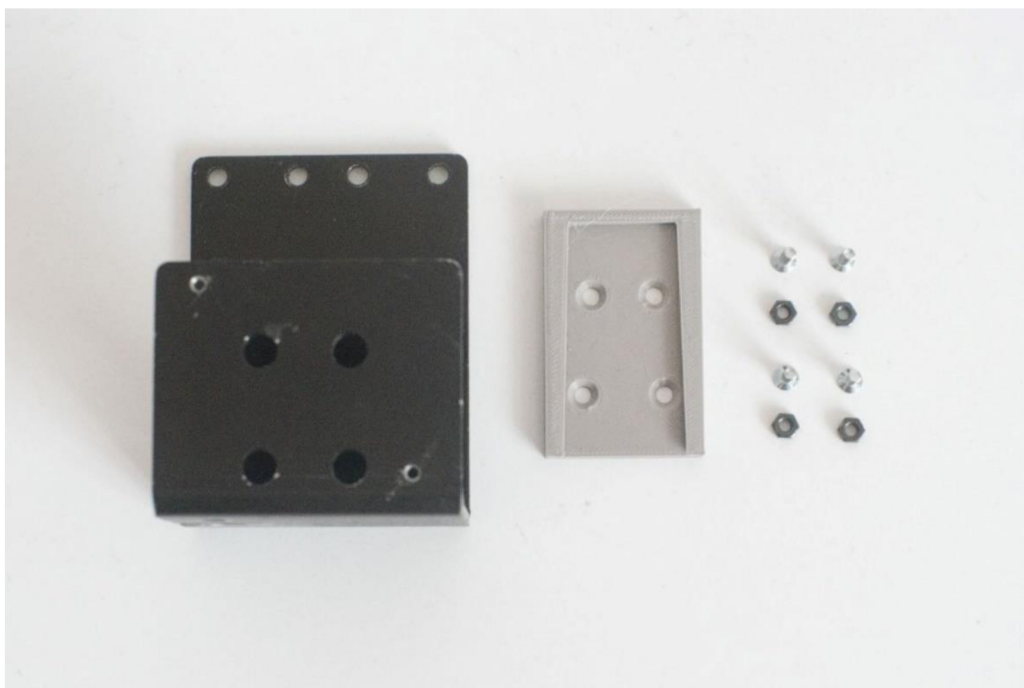
Obrázek 10. Instalace tištěného dílu k pouzdrům lineárních ložisek. Autor: [autor]

- Připecvníme řemeny osy X ke šroubům na tištěném dílu a znovu je napneme.



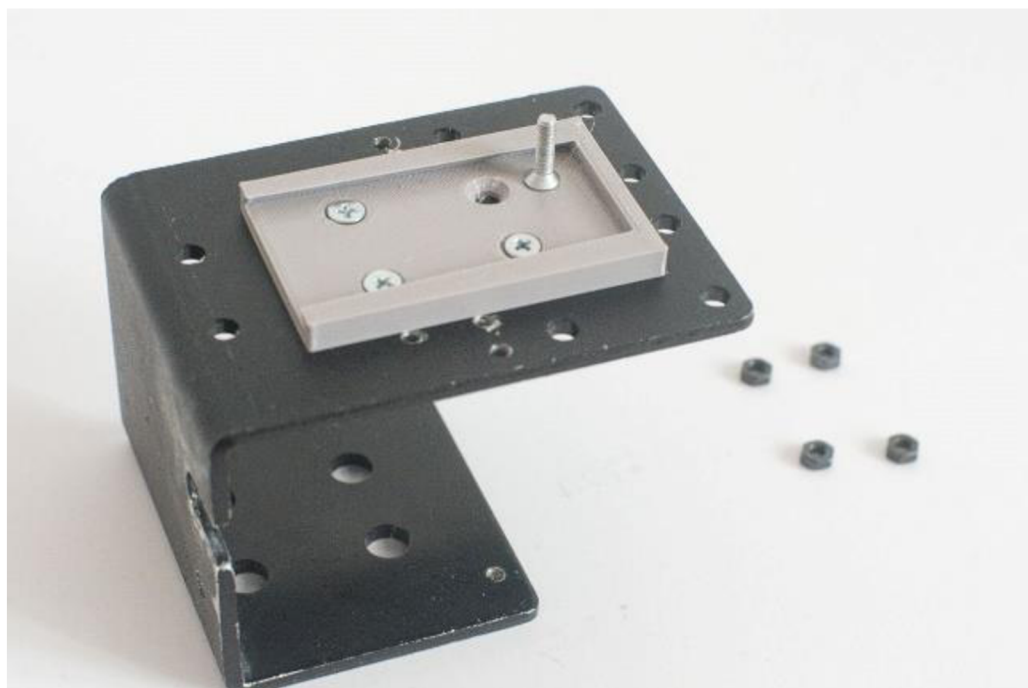
Obrázek 11. Připecvněný a napnutý řemen osy X. Autor: [autor]

10. Nyní provedeme instalaci tištěného držáku pro extruder a zbytek tiskové hlavy. K tomu využijeme originální otvory na původním držáku tiskové hlavy. Budeme potřebovat 4 ks šroubů M3 s kuželovou hlavou, délky 6 mm a 4 ks matice M3.

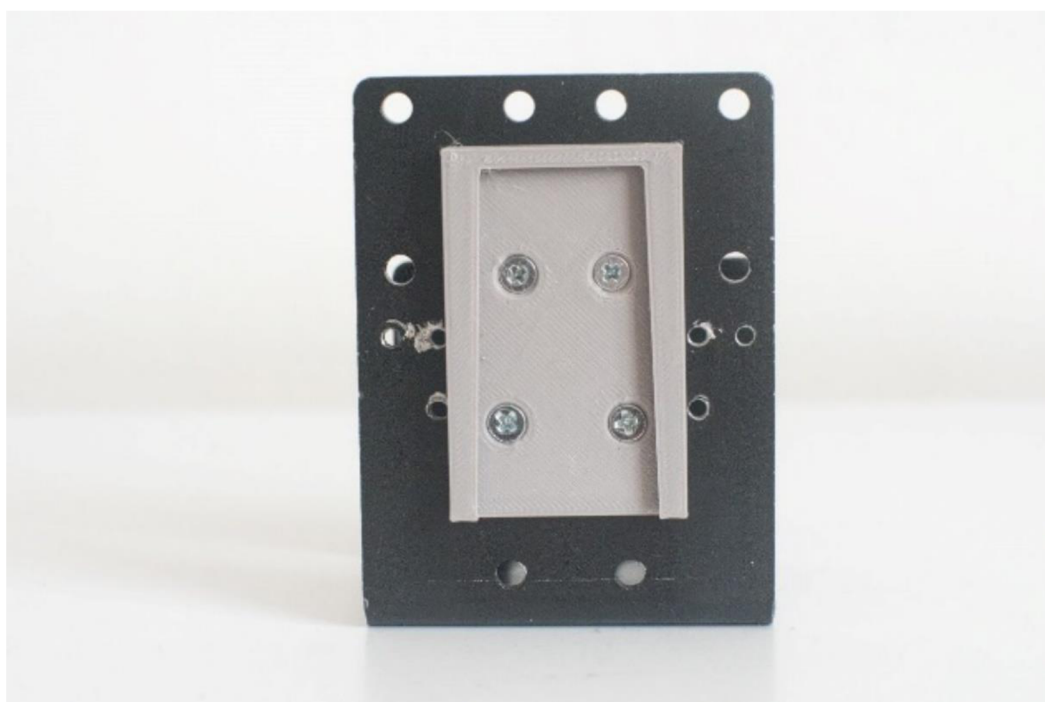


Obrázek 12. Díly potřebné k instalaci držáku hlavy. Autor: [autor]

11. Do otvorů v tištěném dílu vložíme šrouby M3, prostrčíme originálními otvory držáku hlavy (viz. Obrázek 13) a přitáhneme z druhé strany maticemi M3.

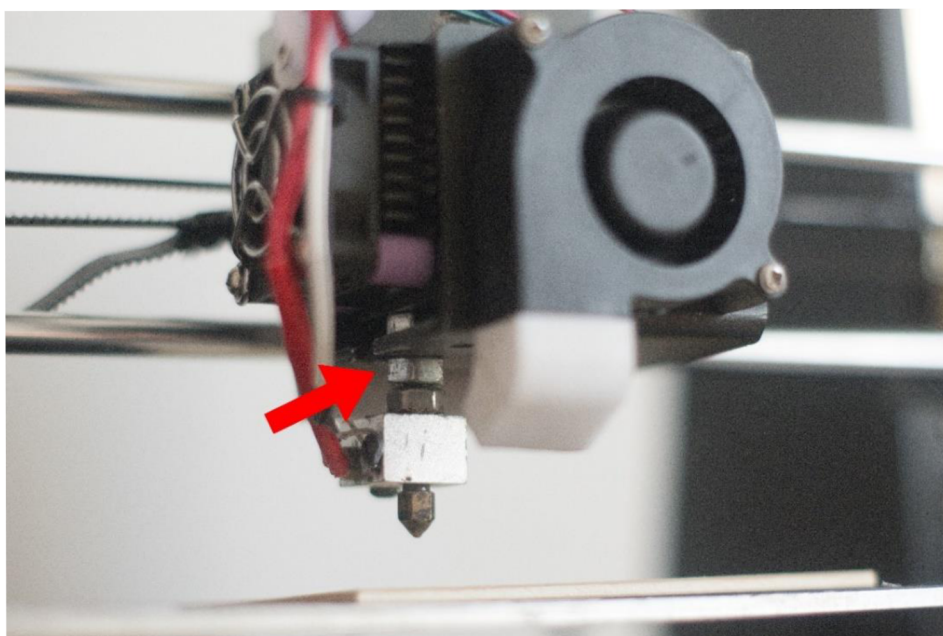


Obrázek 13. Instalace šroubů pro spojení dílů. Autor: [autor]

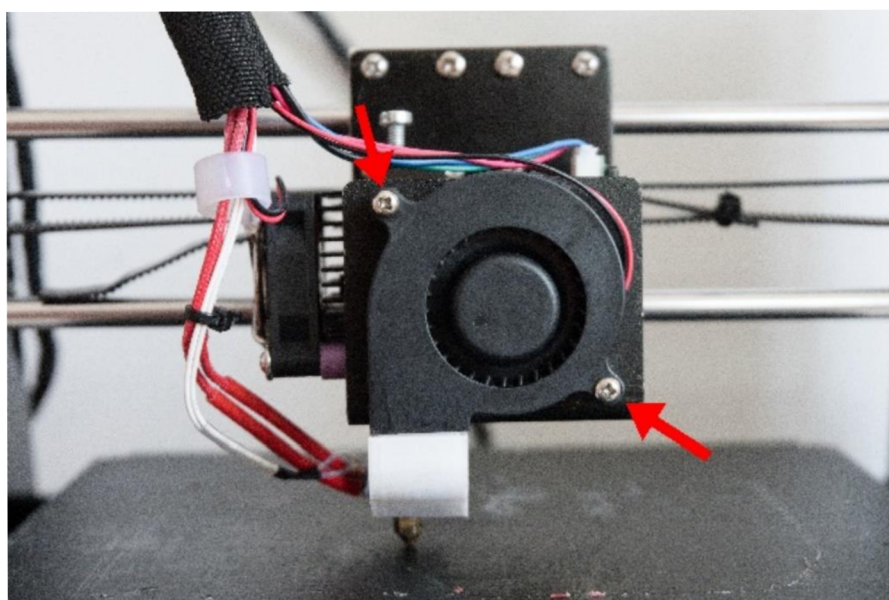


Obrázek 14. Nainstalované a spojené díly. Autor: [autor]

12. Složený díl nasadíme na protikus, který je již nainstalován na tiskárně. Následně připevníme zpět zbytek tiskové hlavy. Nejdříve vnitřek, který na heatbreak opět zajistíme maticí. Poté tiskový ventilátor, který opět osadíme původními šrouby.



Obrázek 15. Matice na heatbreak. Autor: [autor]



Obrázek 16. Připevnění tiskového ventilátoru. Autor: [autor]



Nyní si pomocí oboustrané lepicí pásky připevníme druhý držák (aktuálně nevyužívaného) nástroje. Umístění je libovolné. Zvolte ho vhodně tak, aby při tisku nezasahoval do tiskové plochy. Jedno z vhodných míst je například na obalu zdroje.



Obrázek 17. Umístění druhého držáku na obal zdroje. Autor: [autor]

13. Příprava laserového modulu. Laserový modul D-B500F je zabalen v balení společně s ochrannými brýlemi, základním návodem k obsluze, 3 ks testovacích dřevěných destiček a magnetů, jejichž původní záměr je připevnit laser k tiskové hlavě na tiskárnách Creality Ender. Tento způsob připevnění je velmi nebezpečný. Magnety k tomuto účelu nepoužívejte.



Obrázek 18. Balení laserového modulu D-B500F. Autor: [autor]

14. Nyní připevníme tištěný díl k laserovému modulu. Tištěný díl je navržen tak, aby se k jeho uchycení daly použít buď 3 ks M3 šroubů, délka 6 mm s kulatou hlavou, anebo 6 ks M3 šroubů se zapuštěnou hlavou, délka rovněž 6 mm. Nepoužívejte šrouby s kulatou hlavou u krajních, zapuštěných děr. Hrozí možné zaseknutí při prvním usazení do držáku hlavního nosného dílu.



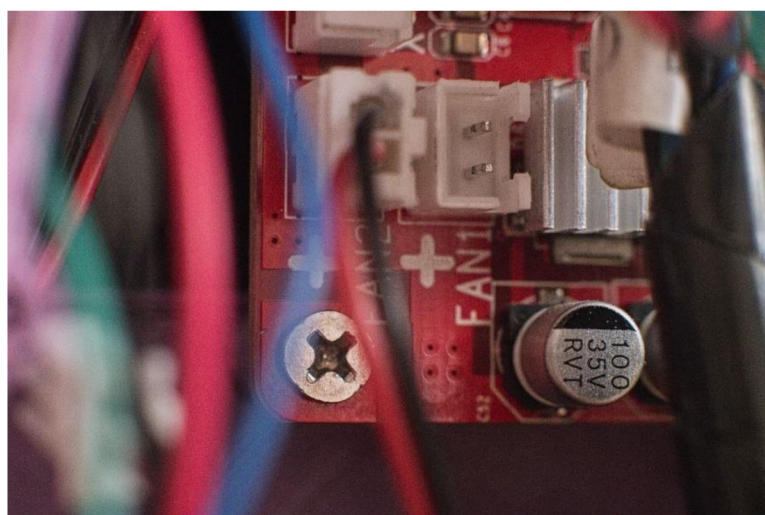
Obrázek 19. Připravený laserový modul. Autor: [autor]





Obrázek 20. Připevněný díl k laserovému modulu. Autor: [autor]

15. Následně musíme na základní desce tiskárny nalézt konektor FAN1. Jedná se o dvoupinový konektor pro napájení tiskového ventilátoru. Do tohoto konektoru bude zapojen konektor laseru. Avšak zatím tento konektor nepřipojujte.



Obrázek 21. Konektor FAN1 pro tiskový ventilátor. Autor: [autor]

16. Nyní uchopte konektor laserového modulu tak, aby zámek konektoru směřoval stejným směrem, jakým směřuje na základní desce.

Jak si můžete povšimnout na předchozí fotografii, spodní pin je kladný pól, vrchní pin záporný pól. Zkontrolujte, zda je takto zapojen i konektor laserového modulu

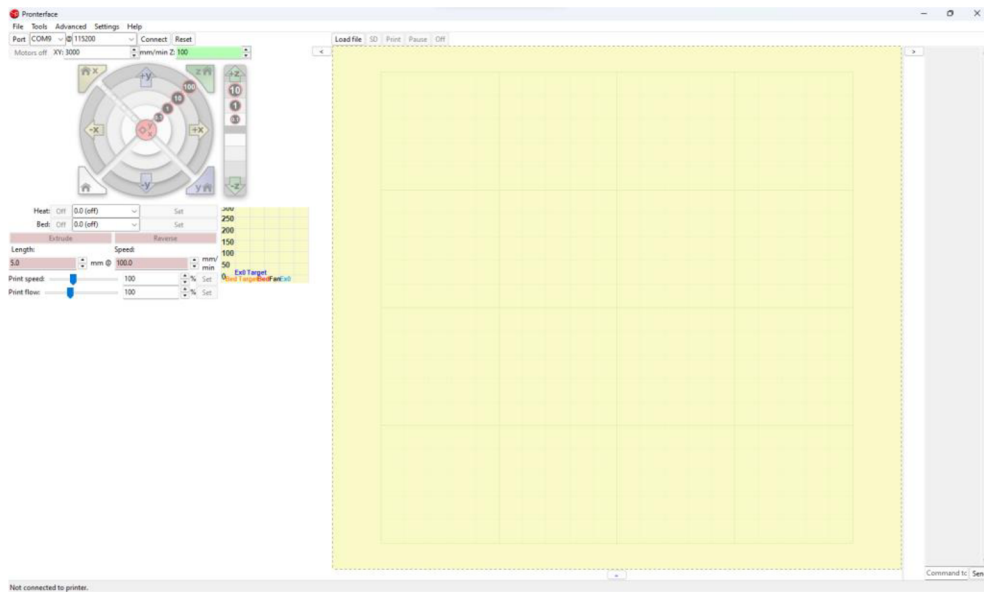
Pakliže je připojení vodičů na konektoru laseru opačné, je nutné piny v konektoru prohodit. Položte konektor na pevnou podložku tak, aby stříbrné části pinů v konektoru směřovaly nahoru. Nyní jakýmkoli ostrým předmětem zatlačte na toto místo (čímž odblokujete západku pinu) a potažením za daný vodič opatrně vytáhněte pin z konektoru. Toto proved'te i u druhého pinu. Následným vložením zpět opět zachytíte pin v konektoru. Zkontrolujte, zda je pin opravdu správně zasazený do konektoru.

**Konektor laserového modulu ale stále ještě nepřipojujte!**

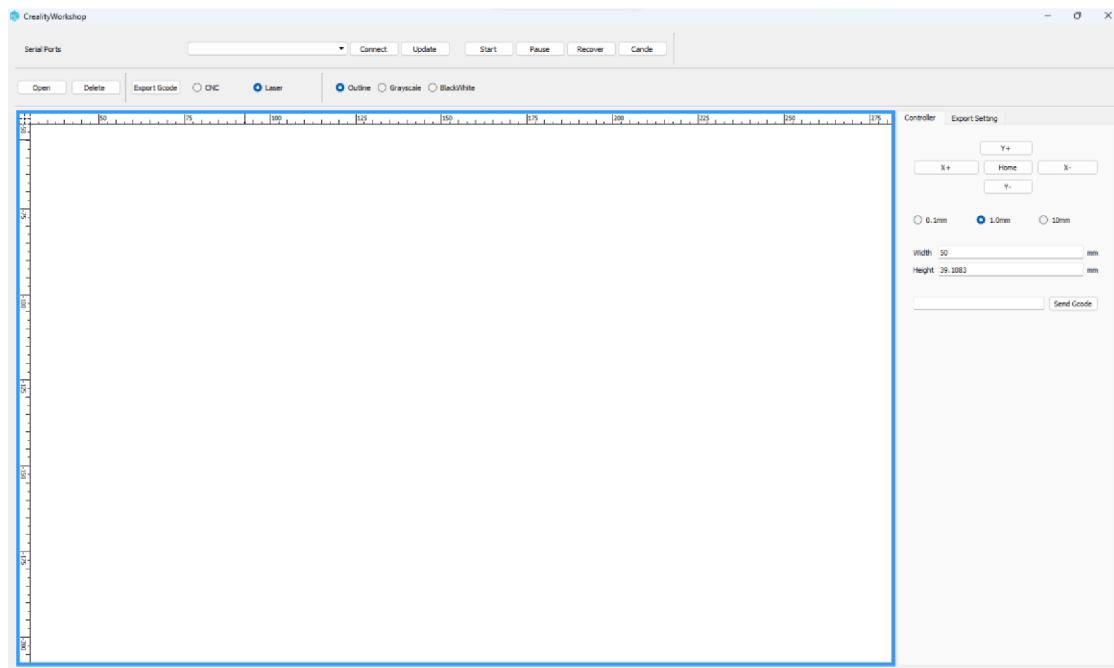


Obrázek 22. Správně orientovaný konektor laserového modulu. Autor: [autor]

17. Nyní si připravíme USB type B datový kabel pro propojení tiskárny s počítačem a samotný počítač. Do něho nainstalujeme 2 programy. 1) Prostředí Pronterface (dostupné zdarma na GitHub) a 2) Aplikaci Creality Workshop (dostupnou dle návodu k laserovému modulu na webových stránkách Creality, případně lze stáhnout i na webových stránkách společnosti Sovol).



Obrázek 23. Prostředí Pronterface. Autor: [autor]



Obrázek 24. Prostředí Creality Workshop. Autor: [autor]

18. Pomocí USB kabelu propojíme základní desku 3D tiskárny s počítačem. Zapneme program Pronterface a **(se stále vypojeným konektorem FAN1!)** zapneme tiskárnu. Až po naběhnutí firmwaru 3D tiskárny zapojíme konektor laserového modulu do FAN1.

**Laserový modul vždy připojujte až po plném naběhnutí tiskárny. Při startu firmwaru se zapojeným napájecím konektorem laseru se laserový modul krátce spustí plným výkonem!**

Vyberte správný USB port a komunikační rychlost (dle nastavení ve firmwaru). Klikněte na Connect. V pravé části obrazovky (ve výpisu sériové komunikace) se nám potvrdí připojení tiskárny.

19. Nyní si **zaostříme čočku laseru**. Při tomto procesu buďte mimořádně opatrní! Tento proces nesmí provádět neproškolený personál, anebo děti!

Nejprve v Pronterface zadejte do komunikace příkaz **G28**, čímž se provede Auto Home, tiskárna najde Xmin, Ymin, Zmin endstop a dojde do domovské pozice (dle konfigurace ve firmwaru).

Nasad'te si ochranné brýle, pod připevněný laser umístěte dřevěnou destičku a zadejte příkaz **M106 S100**, čímž aktivujete laserový modul (respektive FAN1 výstup) na méně než poloviční výkon (maximální výkon je při hodnotě S255).

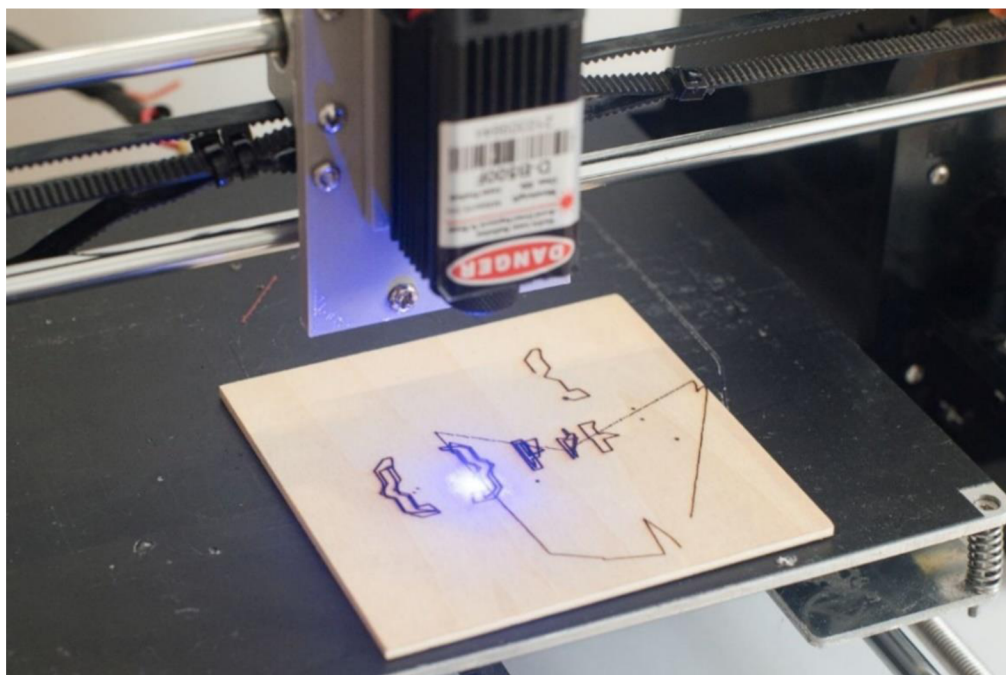
V případě problému laserový modul vypnete příkazem **M107**, anebo vypojením zařízení z elektrické sítě.

20. Nyní opatrně otočte s kolečkem na optice laserového modulu tak, aby byl bod, který vrhá laser na destičku, co nejmenší. Po několika vteřinách také posouvejte dřevěnou destičku, protože by se mohla od laseru propálit a poškodit vyhřívanou podložku tiskárny.

Po správném doostření vypněte laser příkazem **M107**.

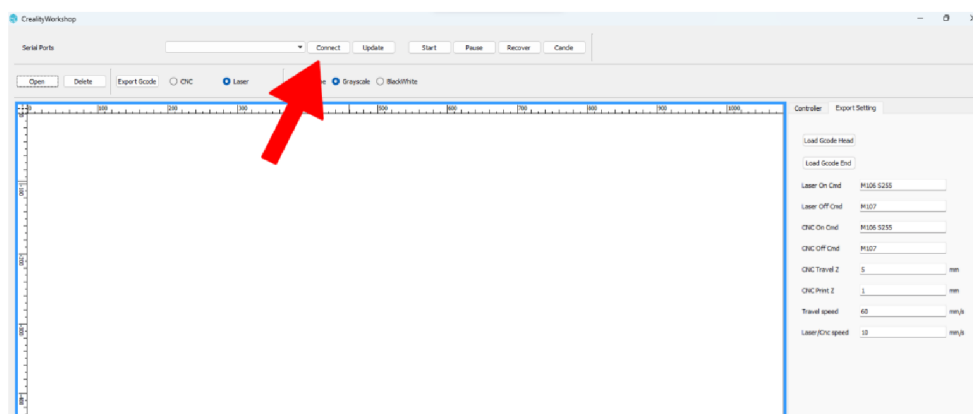


Obrázek 25. Detail na kolečko ostření optiky laseru. Autor: [autor]



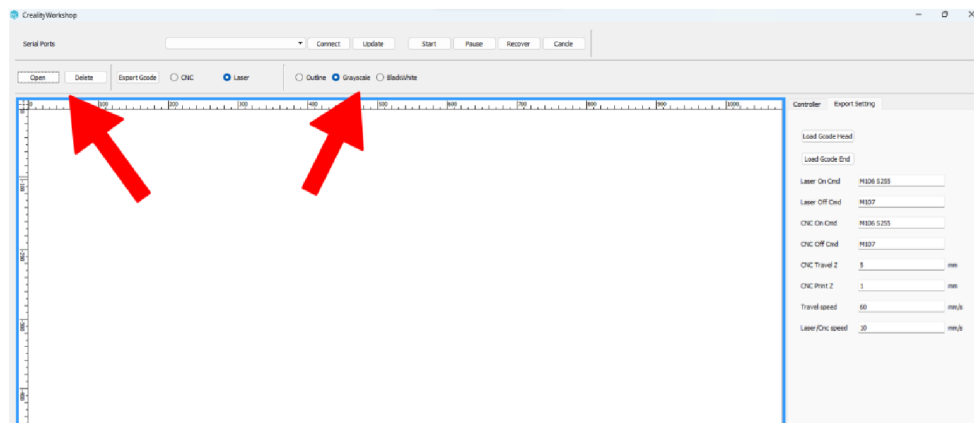
Obrázek 26. Příklad nesprávně zaostřeného laserového paprsku (stopa na dřevě je příliš silná). Autor: [autor]

21. Téměř poslední krok je příprava souboru pro gravírování. Zavřete Pronterface a otevřete CrealityWorkshop. V horní části obrazovky nalezneme (stejně jako v Pronterface) možnost připojení přes USB COM port.



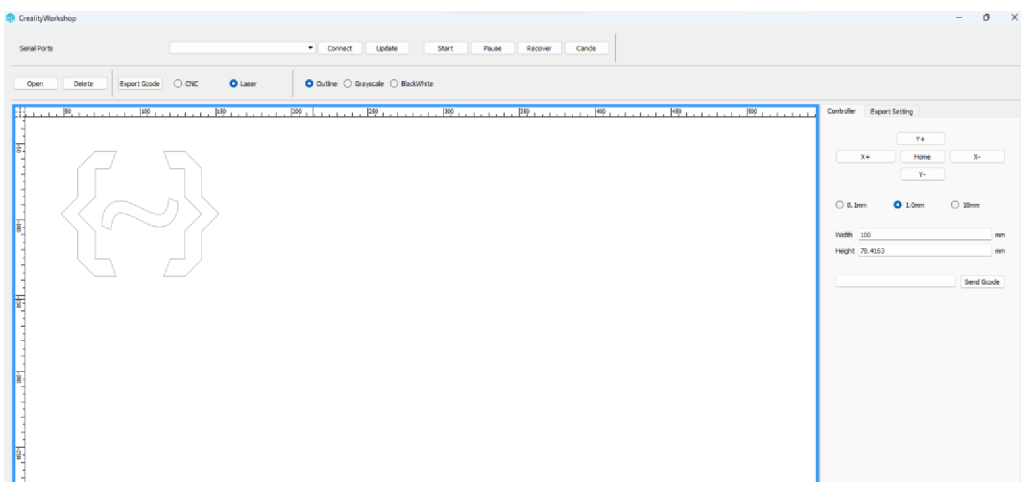
Obrázek 27. Výběr připojení v CrealityWorkshop. Autor: [autor]

Trochu nelogicky musíme následně vybrat, jaký režim vypalování budeme preferovat. „Outline“ vypaluje pouze vnější hranu objektu, „Grayscale“ umí pracovat s intenzitou (tedy pro vypalování z fotografií), BlackWhite vypálí celý objekt. Pomocí tlačítka „Open“ vybereme bitmapový obrázek, který je následně převeden do vektorového formátu.



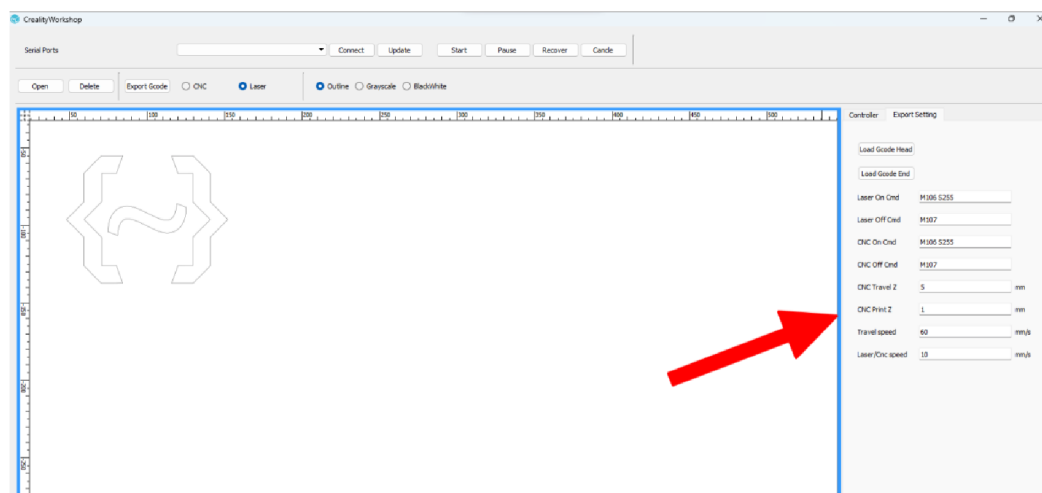
Obrázek 28. Výběr režimu a otevření obsahu v CrealtyWorkshop. Autor: [autor]

Po vložení objektu ho musíme umístit na správné souřadnice, tedy pozici na tiskové podložce. Program neví, jak moc velkou tiskovou plochou disponujeme. V našem případě nesmíme překročit 200 mm. Objekt musíme tedy zmenšit (panel vpravo) a přemístit na požadované souřadnice.



Obrázek 29. Správně umístěný objekt v CrealtyWorkshop. Autor: [autor]

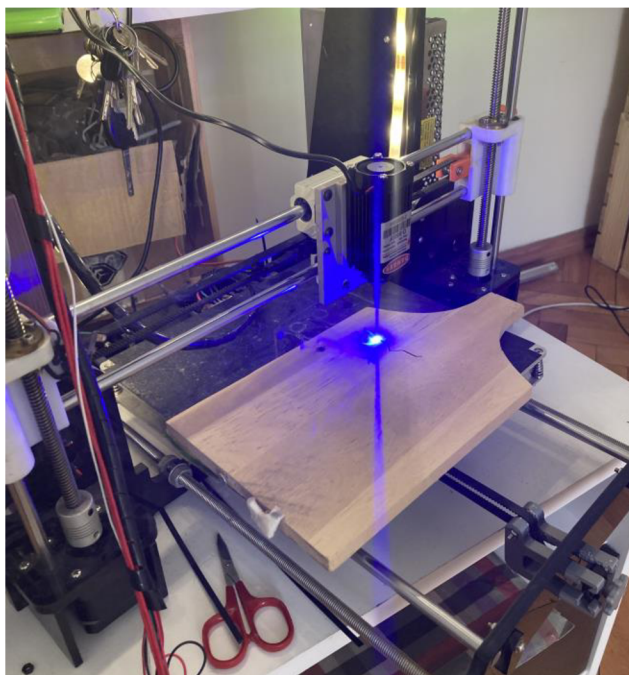
Následně musíme vybrat, jak moc rychle se bude gravírovat. Tato hodnota je závislá na použitém materiálu. Vždy je tedy třeba udělat zkušební pokus.



Obrázek 30. Výběr parametrů gravírování. Autor: [autor]



22. Poslední krok je samotné gravírování. Umístěte materiál na vytyčené místo (dle pozice v programu). Nejdříve stiskněte tlačítko Cancel, které automaticky provede příkaz G28, tedy Auto Home. Následně stiskněte tlačítko Start. Tiskárna dojde do daných souřadnic a začne gravírovat s vybranými parametry.



Obrázek 31. Gravírování s 3D tiskárnou Anet A8 a laser modulem D-B500F. Autor:  
[autor]

23. Součástí projektu poskytnutých 3D modelů je také držák na brýle. Tento držák je navržen pro rychlou instalaci na polykarbonátovou konstrukci rámu. Jeho umístění je na uvážení uživatele.



Obrázek 32. Držák na brýle. Autor: [autor]

## **Závěr**

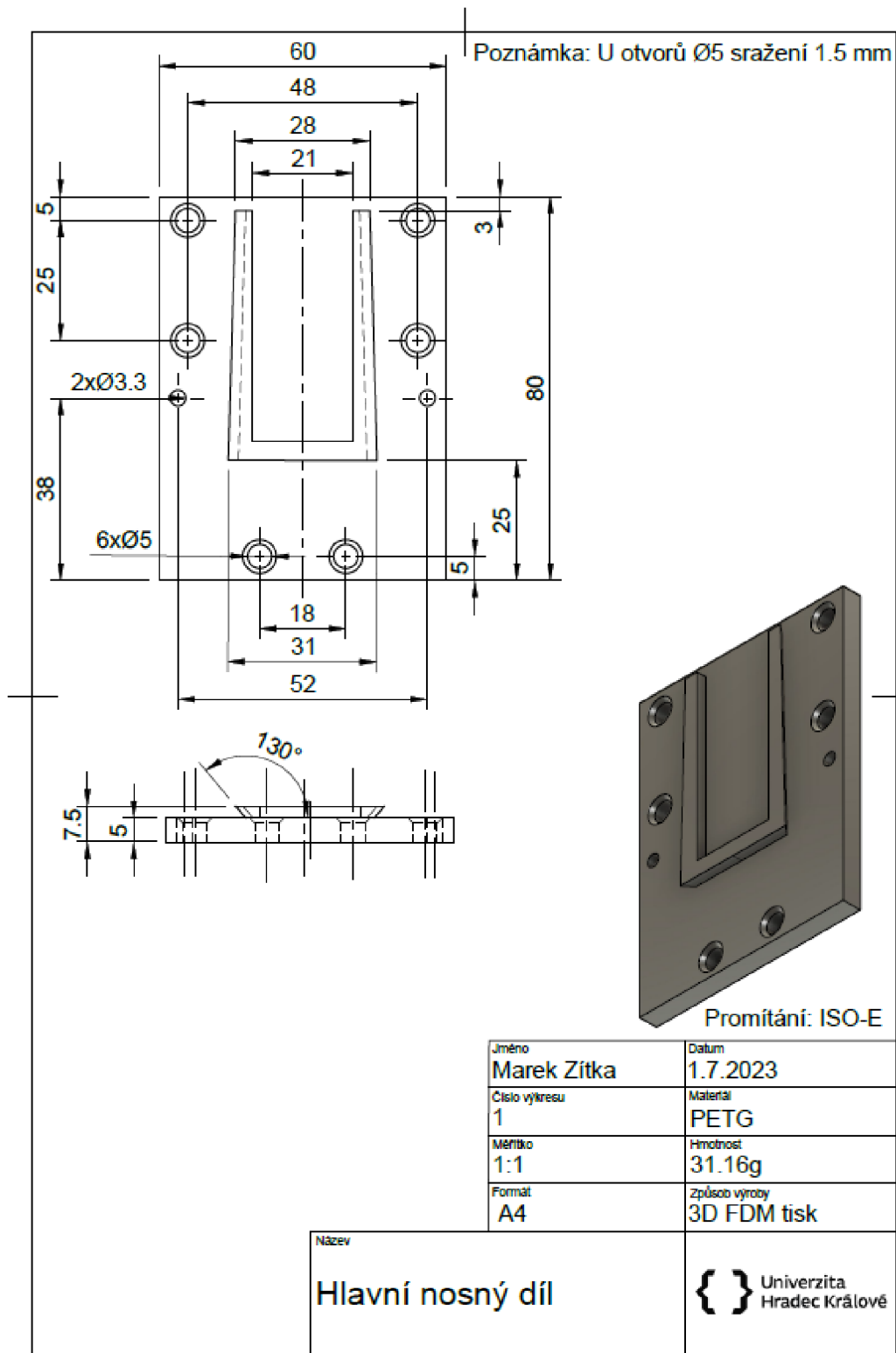
V tomto návodu jste se dozvěděli postup k instalaci gravírovacího laseru D-B500F na 3D tiskárnu Anet A8, společně se systémem rychlé změny nástroje od autora Marka Zítky, sloužící jako projekt k praktické části bakalářské práce na UHK, Katedry kybernetiky.

Jak již bylo zmíněno v úvodu, instalace tohoto modulu je pouze na vlastní nebezpečí. Autor se distancuje od právní odpovědnosti, způsobené neodborným zacházením se zařízením. Při instalaci pracujte s maximální obezřetností. Nikdy nevystavujte sebe, ani osobu blízko, přímému kontaktu s laserovým paprskem!

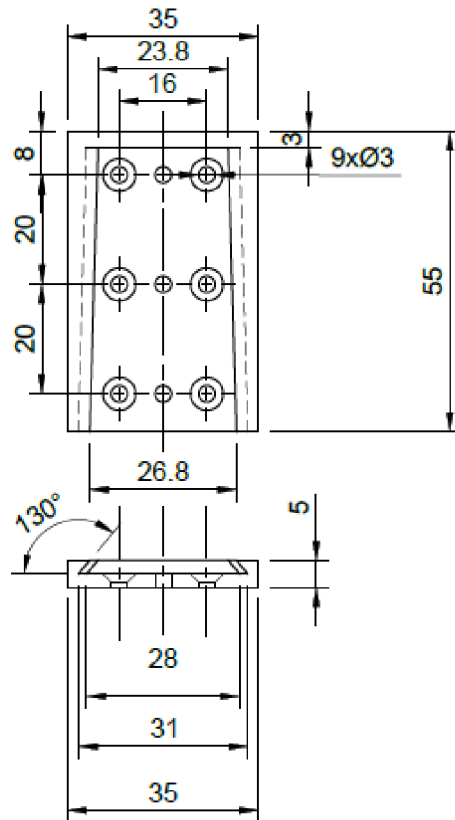
Ve školním prostředí nesmí žák samovolně ovládat zařízení bez dozoru!

Tento projekt pro rychlou změnu nástroje je volně přístupný na serveru [Printables.com](https://printables.com) pod licencí CC0. Zdrojové soubory projektu jsou volně dostupné ke stažení ve formátu .f3d pro případnou uživatelskou úpravu. Projekt je vytvořen v programu Autodesk Fusion 360.

## 9.2 Technický výkres systému pro snadnou změnu nástroje




Poznámka: U otvorů Ø3 s vyznačeným úkosem sražení 1.5 mm

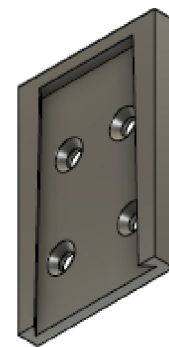
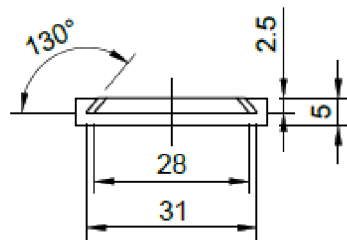
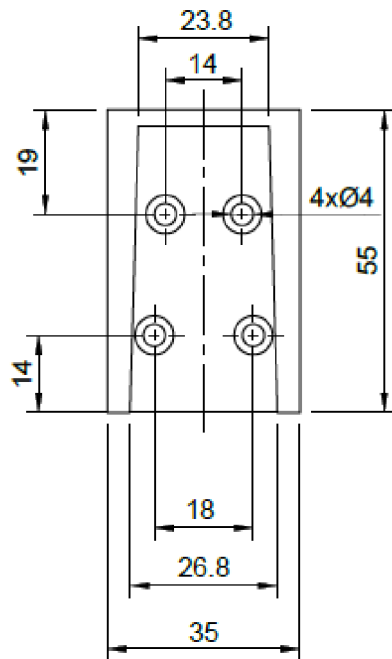


Promítání: ISO-E

Jméno <b>Marek Zítka</b>	Datum <b>1.7.2023</b>
Číslo výkresu <b>2</b>	Materiál <b>PETG</b>
Měřítko <b>1:1</b>	Hmotnost <b>7.79g</b>
Formát <b>A4</b>	Způsob výroby <b>3D FDM tisk</b>

Název <b>Držák laserového modulu</b>	 <b>Univerzita Hradec Králové</b>
---	--

Poznámka: U otvorů Ø4 sražení 1.5 mm



Promítání: ISO-E

Jméno Marek Zítka	Datum 1.7.2023
Číslo výkresu 3	Materiál PETG
Měřítko 1:1	Hmotnost 7.83g
Formát A4	Způsob výroby 3D FDM tisk

Název Držák tiskové hlavy	{ } Univerzita Hradec Králové
------------------------------	----------------------------------

