



## Středoškolská technika 2016

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

# Konstrukce 3D tiskárny využívající technologii FDM

Jan Čančík

Integrovaná střední škola,

Kumburská 846, 509 31 Nová Paka



Integrovaná střední škola Nová Paka, Kumburská 846, 509 31 Nová Paka

## ROČNÍKOVÁ PRÁCE

Konstrukce 3D tiskárny využívající FDM technologii

Autor práce:	Jan Čančík
Obor studia:	26-41-L/01 Mechanik elektrotechnik
Třída:	R3
Školní rok:	2015/2016
Konzultanti:	Ing. Luboš Malý za teoretickou výuku Petr Lízr za praktickou výuku

Nová Paka 2016

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem svou ročníkovou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze uvedené podklady a literaturu.

Prohlašuji, že tištěná verze a elektronická verze ročníkové práce jsou shodné.

Nemám závažný důvod proti zpřístupňování této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) v platném znění.

V Nové Pace dne.....

podpis.....

## Anotace

Cílem práce je představit vlastní konstrukci 3D tiskárny. Základem pro tuto práci jsou zkušenosti získané při stavbě a provozování již dříve mnou postavené 3D tiskárny, ale také zkušenosti konstruktérů se kterými jsem měl možnost tuto práci konzultovat a kteří v daném oboru již léta pracují a mají v tom také hodně zkušeností. Chtěl bych zde také upozornit na výhody a nevýhody různých variant konstrukcí i na možnosti, které jsem nakonec ani třeba nevyužil.

## Annotation

The aim of this work is to introduce a new 3D printer construction. The foundation for this work is not only my experience gained from building my first 3D printer, but also experience of designers that I have had the chance to consult it with and that have been working in this field already for many years. I would like to highlight the advantages and disadvantages of different constructions and also mention the options that I did not use in the end.

---

## Obsah

Úvod .....	6
Zprovoznění.....	18
Závěr.....	18
Poděkování.....	19
Použitá literatura a odkazy.....	19

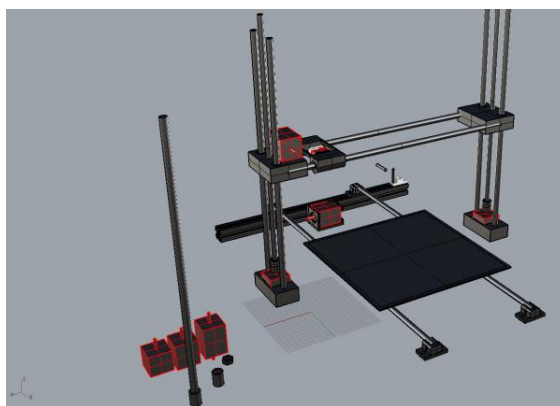
## Úvod

### Konstrukce 3D tiskárny.

V dnešní době se dá na světě najít mnoho různých open source 3D tiskáren různých konstrukcí se spoustou výhod a nevýhod. Proto jsem se rozhodl vytvořit vlastní konstrukci, která bude založena na mých dosavadních zkušenostech s jinými tiskárnami, především konstrukcí Rebelix, kterou jsem již jednou realizoval. Cílem této práce je popsat vývoj, stavbu a problémy stavby mojí tiskárny.

Poprvé jsem se setkal s 3D tiskem u mého švagra, který si podle konstrukce Rebell sestavil vlastní tiskárnu. Velice mne to inspirovalo a na základě prohlížení internetu jsem začal stavět konstrukci Rebelix. Jak to u rep-rap tiskáren funguje, nechal jsem si tak u švagra vytisknout některé díly podle předlohy stažené z internetu. Samotné shánění dílů, sestavování a seřizování mně trvalo přibližně půl roku. Tak jsem pronikl do problematiky 3D tisku, navázal jsem kontakty s dalšími podobně zaměřenými lidmi, rozšířily se mi obzory a podnítilo mne to k budování techniky na vyšší úrovni, větších rozměrů a lepší kvalitě.

Jedním z důležitých podnětů pro mne bylo v Holandsku setkání s výrobky firmy ZMORPH, které se v mnoha věcech ztotožňovaly s mými ideami.



(obr. 1)

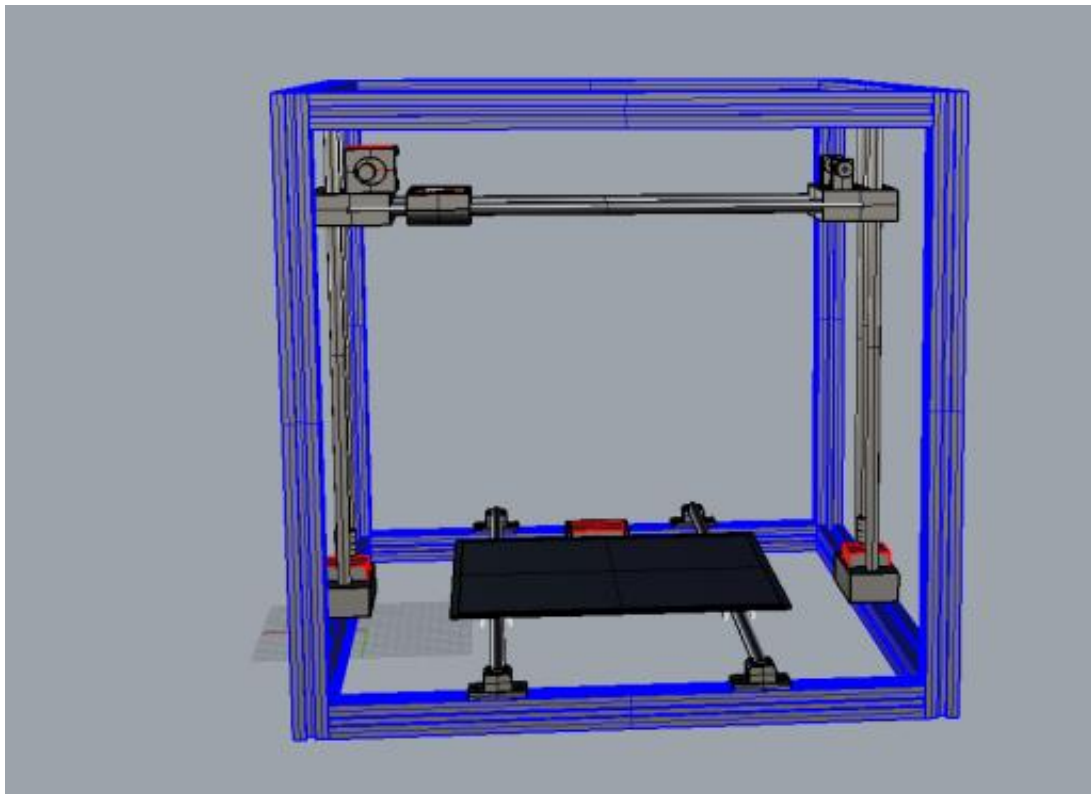
## Například

- vodící tyče byly většího průměru,
- tyče v ose x byly umístěny horizontálně vedle sebe, čímž bylo vyřešeno stabilnější uchycení extruderu,
- extruder bylo možno flexibilně vyjmout a místo něj osadit nástroj, např. frézu na plošné spoje, laserovou gravírku anebo zařízení pro tisk keramiky nebo čokolády.

Realizaci získaných podnětů ve mně nastartovala výzva školy vytvořit ročníkovou práci na konkrétní téma. Tím se mi vše ujasnilo.

## Popis procesu stavby

1. První nejdůležitější bylo zakreslení představy o tiskárně do počítače v programu Rhinoceros, kde jsem začal rozkreslovat a umísťovat součástky, abych mohl určit rozměry a parametry celé tiskárny.



2. Na internetu jsem vyhledal a objednal dvojitou trysku pro souběžný tisk dvou barev nebo dvou materiálů. Překreslil jsem výrobek do programu a podle toho jsem nakreslil velikost vozíku a rozteč vodicích tyčí na ose X.



Dvojitá tryska se společným chladičem (obr. 2)



Topná deska (obr. 3)

3. Podobně jsem vyhledal a objednal topnou desku, která určuje velikost tiskové plochy. Na základě velikosti této plochy jsem určil posun stolu v ose Y i výšku tiskového prostoru Z.

**Al profil - Kombi stojka**

Kč bez DPH/kg	Kč bez DPH/m	L (mm)	Čís. prof.	Norma	Sklad
140,00	128,80	6000	710874	EN 573-3 AW 6060 T66 EN 755-1,2,9	ok

Zadání rozměrů a kalkulace ceny pro Al profil - Kombi stojka

Délka jednoho kusu (min.: 50 mm)	Počet kusů (min.: 1 ks)	Specifikace délky (+/- 5mm) *
<input type="text" value="550"/> mm	* <input type="text" value="4"/> ks	<input type="radio"/> může být o prořez kratší (5mm)
<input type="text" value="640"/> mm	* <input type="text" value="4"/> ks	<input checked="" type="radio"/> dodržet požadovanou délku
<input type="text" value="520"/> mm	* <input type="text" value="4"/> ks	

[další rozměr](#) - odebrat rozměr

4. Pro základní konstrukci jsem navrhnul hliníkový profil Kombi, který zajistí tuhost konstrukce a jednoduchost montáže. Když se tyto profily koupí nařezané na míru, řez není dostatečně přesný pro montáž čela k boku, aby byla zajištěna pravoúhlost. Proto jsem tyto plochy za pomoci mého švagra zarovnal na frézce a navrtal jsem díry potřebné k vzájemnému propojení. Během spojování profilů jsem do drážek vkládal matky M6 s límečkem, aby byly připraveny pro budoucí připevnění ostatních konstrukčních prvků tiskárny. V tuto chvíli je velmi důležité mít promyšleno, kde co bude připevněno, protože v pozdější fázi se už žádné matice vkládat nedají.





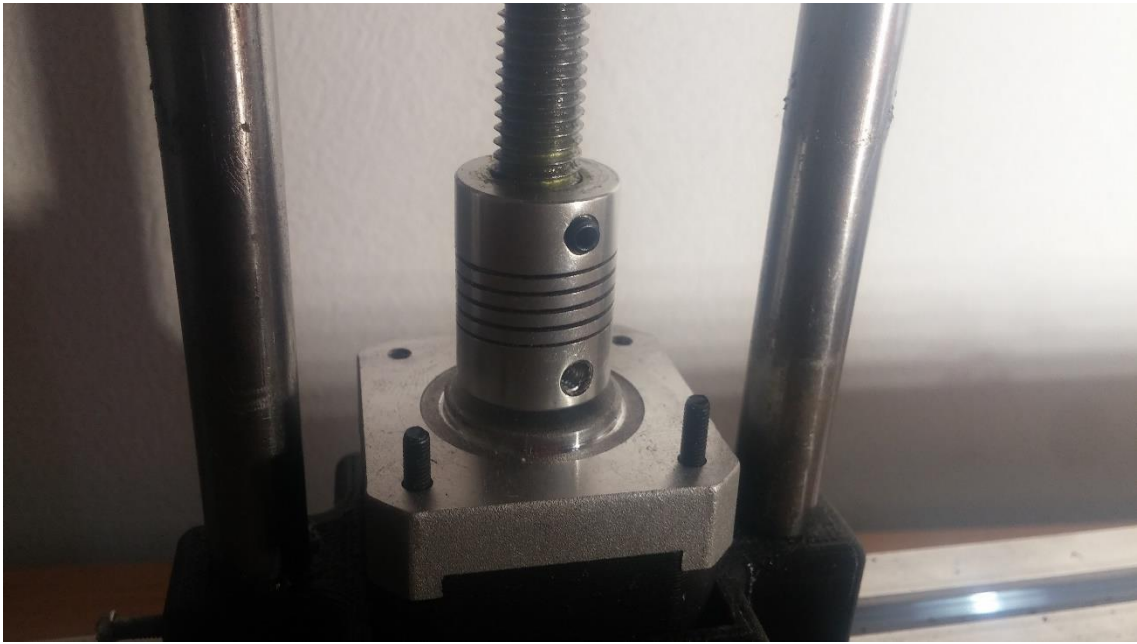
5. Pohon v ose Z jsem navrhl zdvihem matice závitovou tyčí M10. Pro osu X a Y jsem chtěl předejít nežádoucí pružnosti a tím i nepřesnosti tisku osazením dvou řemenů o šířce 10 mm (běžně se používá šířka 6 mm). Nesehnal jsem ale jednoduchou elektroniku podporující připojení dvou souběžných krokových motorů na pohon osy X i v ose Y. Našel jsem však řešení u české firmy Microcon, která nabízí krokový motor s hřídelí vyvedenou na obě strany o velkém točivém momentu.



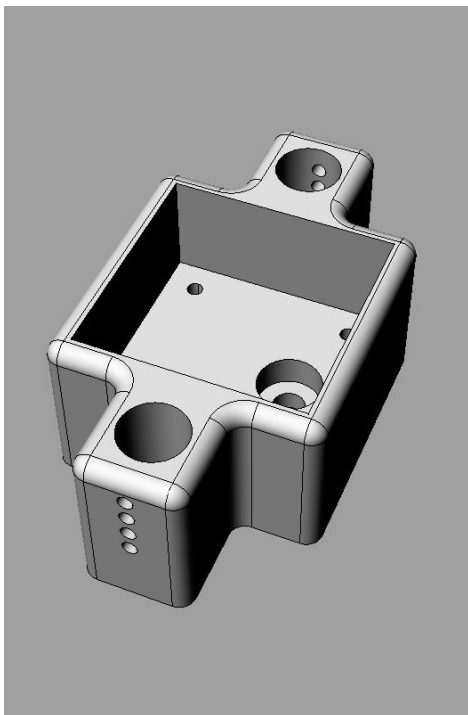
6. Tryskové hlavy potřebují přísun materiálu (filamentu), a k tomu jsem opatřil dva poháněče pro pravý a levý motor. Mají jednoduché zavádění materiálu a celkově pracují jednoduchým způsobem.



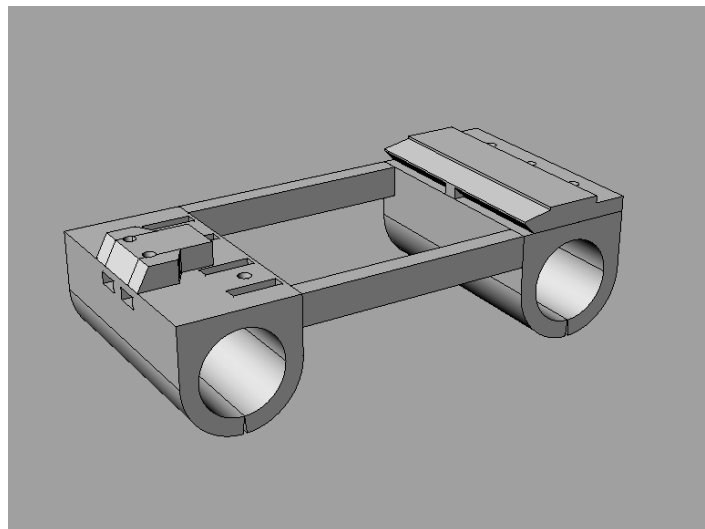
7. Aby se nepřenášelo chvění z převodních mechanismů v ose Z na tiskovou hlavu, propojil jsem motor se zdvihovou závitovou tyčí M10 speciálními pružnými spojkami. Ve výsledku jsem velmi rád za toto řešení, protože se tím značně zvýšila přesnost tisku.
8. Navrhl jsem součásti pro uchycení motorů a hlazených tyčí na spodní část osy Z, podobně i na vrchní část, ve které je místo motoru prostor na ložisko a vše jsem vytisknul na stávající tiskárně. U těchto součástek bylo důležité vymýšlet způsoby pro uchycení k hliníkovému rámu a pro vyvedení kabelů od motorů.
9. Řešil jsem uchycení pohybového mechanismu v ose X. V jedné součástce je uložen motor, ložiska a matice M10 pro pohyb po ose Z, jsou do ní vsunuty hlazené tyče osy X. Ve druhé součástce jsou uložena ložiska pro hladké otáčení závitové tyče M5, na které jsou umístěny napínací kladky pro ozubený řemen.
10. Další dvě součástky jsou na ose X. První je samotný vozík, který má v sobě axiální ložiska a jsou k němu přichyceny napevno řemeny na obou stranách. Druhou součástkou je úchyt trysky a motorů pohánějících materiál do trysek. Filament musí plynně projít skrze toto těleso bez jakéhokoli většího odporu. Tato součástka je k první přichycena velice jednoduchým způsobem, což mi bude v budoucnu umožňovat vyměnit ji za jinou s jiným nástrojem, který by ze 3D tiskárny mohl udělat například laserovou gravírku nebo frézu na plošné spoje.



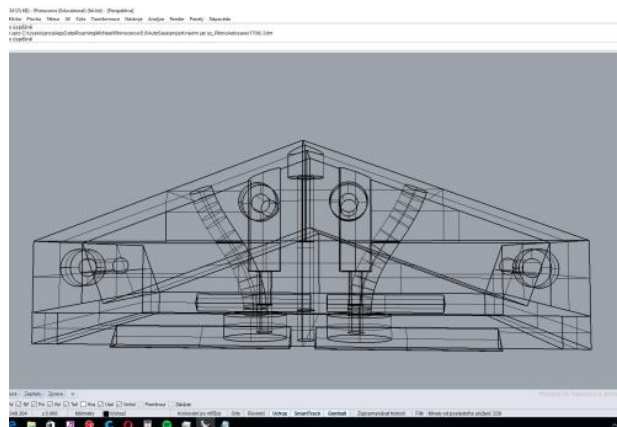
Pružná spojka

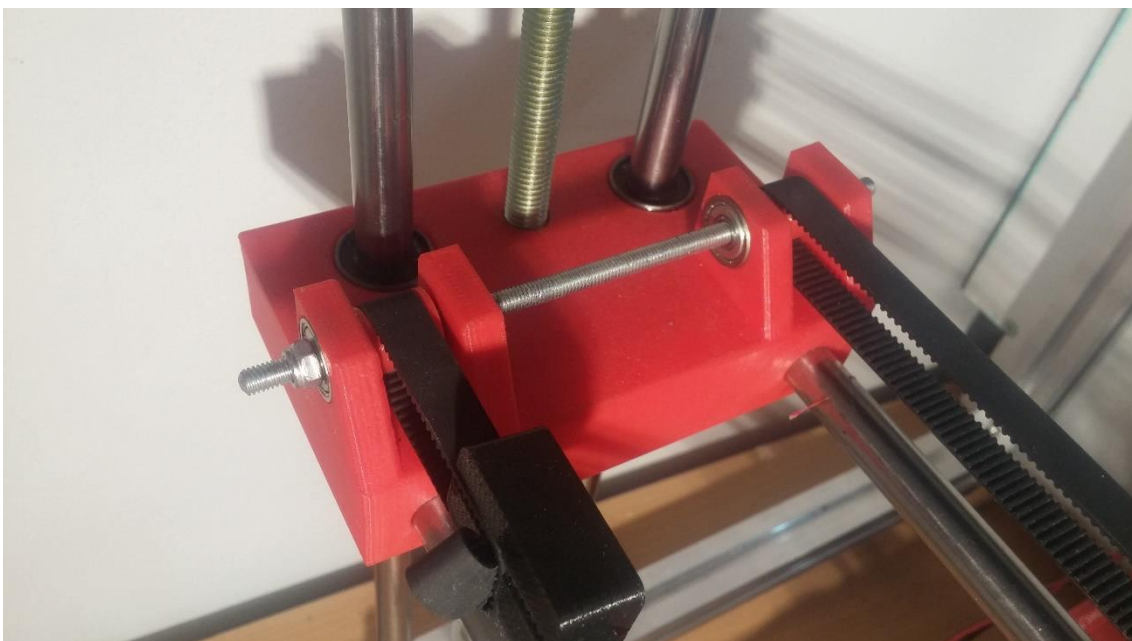
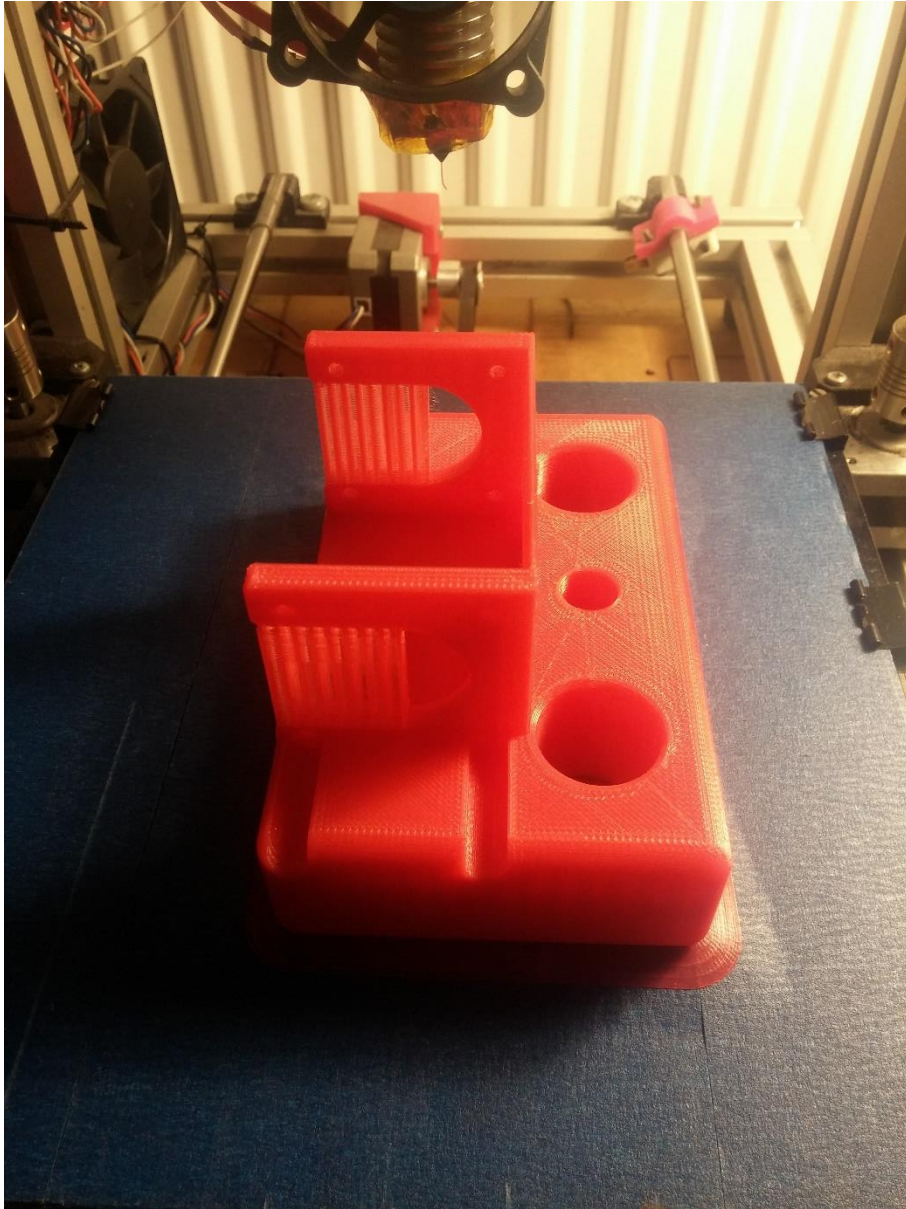


Z úchyt



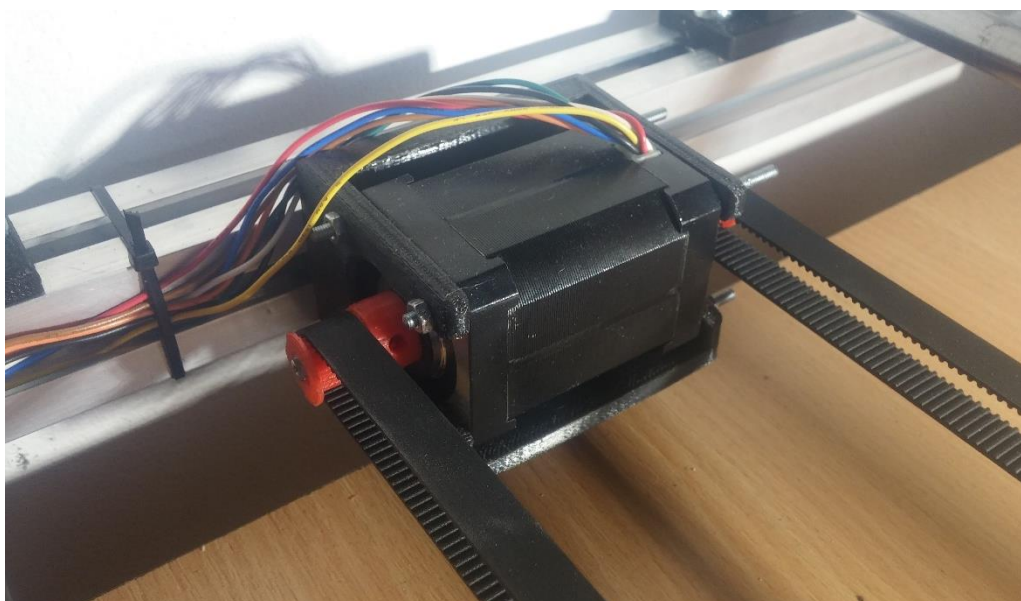
X vozík





11. Další výzva přišla při řešení osy Y. Vycházel jsem z 12mm hlazených tyčí, pro které jsem nakreslil a vytiskl úchyty na přední a zadní stranu tiskárny. Tyto součástky jsou navrženy tak, aby v nich byla tyč dobře připevněna, přitom aby se dala při použití větší síly vyjmout. Je v ní také otvor, do kterého se dá vložit stahovací pásek, který tyč napevno zajistí.
12. Pohybovou částí osy Y jsou tři desky. Spodní je konstrukční deska spojující plastová vytištěná pouzdra na lineární ložiska s topnou deskou vyrobenou z vyfrézovaného plošného spoje. Konstrukční deska je ze 3 mm vysoké hliníkové desky. Nejprve jsem pro tuto desku vytvořil počítačový návrh ve formátu .dxf a odeslal jsem ho na zpracování firmě Ehlinik.cz. Podle mého využití jsme vybrali slitinu AlMg3 a z té podle mého návrhu vyřezali vodním paprskem finální tvar. Doma jsem vyvrtal díry, do kterých se vodní paprsek nedostal a zabrousil ostré hrany a otřepy. S pomocí šroubků M3 jsem k ní připevnil topnou desku. Topná deska byla čínské výroby, jejíž cena byla mnohem nižší oproti ceně. Funguje velice jednoduchým způsobem. Měděné trasírky rozprostřené po desce mají celkový odpor přibližně  $1,6 \Omega$ , což znamená, že při napájení ze 12V zdroje přes ní teče proud kolem 5A který způsobuje silný ohřev, což eliminuje kroucení plastu při tisku náročnějších objektů.

13. Poslední součástí osy Y je to, co s ní pohybuje. K tomu se použije plastový držák, do kterého se šrouby upevní velký krokový motor s hřídelí na obě strany. Na hřídele se nasadí plastová ozubená kolečka GT2, za něž vděčím panu Jandovi, který mi na ně vytvořil originální 3D návrh. Těmito kolečky se potom pohání řemen, který je na druhé straně přetažený přes kolečko otáčející se na závitové tyči uložené v ložiscích 625.



Y motor

14. Využívám mechanické koncové spínače od firmy Geetech. Jsou velice přesné a spolehlivé. Jsou stavěné na 5A při 250V. takže předpokládám, že něco vydrží.

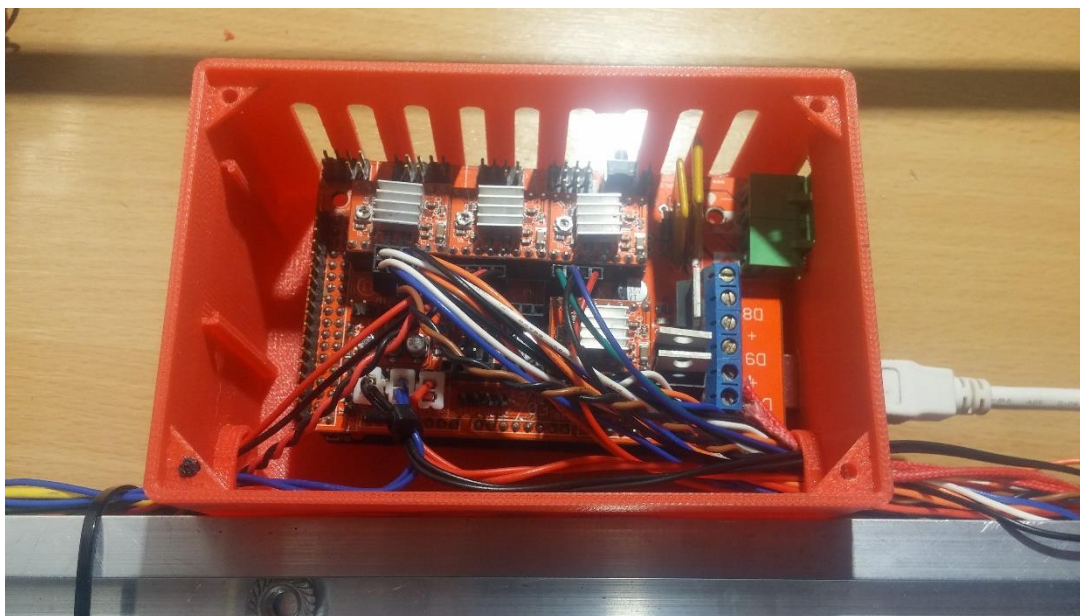


15. Když jsem měl přibližně rozmyšlené, jaké elektrické spotřebiče bude tiskárna obsahovat, začal jsem počítat, jaký budu potřebovat zdroj. Z jednoduchých součtů odběrů různých součástek, jsem byl schopen určit, jaký zdroj si pořídit. Většina elektroniky je napájena dvanácti volty stejnosměrného napětí, na což jsem vybral průmyslový spínaný zdroj o výkonu 600 W, to znamená, že při maximálním zatížení by měl být schopen dodat až 50 A. Někomu se to zdá až příliš nadsazené, ale já počítám s nějakými rezervami nebo dalšími modifikacemi. Menší problémy nastávají při připojování zdroje. Průmyslové spínané zdroje mají jednu svorkovnici pod jedním krytem, na které se z jedné strany připojuje síťové napětí 230 V střídavých a z druhé strany se připojuje výstupních 12 V. Svorkovnici však bylo nutné připravit i s veškerou kabeláží a přídatným krytem. Jelikož nemám dostatečné oprávnění, požádal jsem certifikovanou osobu na zapojení a první ozkoušení. Dnes je zdroj bezpečně uzavřený vytištěným krytem který má v sobě zabudovaný vypínač, napájecí svorkovnici a jsou v něm otvory pro přívod vzduchu a pro kabely s výstupním (bezpečným) napětím.



Zdroj (obr. 4)

16. V konečné fázi bylo nutné zapojit to nejdůležitější, což je elektronika. Pro tuto tiskárnu jsem si stejně jako u své první zvolil ovládání elektronikou Arduino s rozšiřujícím modulem pro ovládání rebrap 3D tiskáren Ramps 1.4. Tato možnost je vůbec nepoužívanější u RepRap. Skládá se to z běžně používané desky Arduino s procesorem ATmega2560, který má za úkol přijímat soubory odeslané počítačem, přepočítávat je s předem naprogramovaným firmwarem a posílat jednotlivé pulzy do druhé desky ramps která s pomocí driverů zesílí signály, a tím ovládá přesné krokové motory. Arduino je tedy takový chytrý mozek napájený napětím 5 V, což by nestačilo pro operace, které tiskárna vykonává, takže využívá Ramps, který snese vysoké proudy, a funguje na napětí 12 V nebo 12+24 V.



17. Tato ovládací elektronika však nemůže viset za změť kabelů na straně tiskárny, proto jsem začal hledat, jaké se používají krabičky. Našel jsem jednu variantu, která se mi líbila. Upravil jsem si ji tak, aby se vešla do tiskárny, dala se tam dobře připevnit a aby měla správné otvory na správném místě, a pak jsem si ji vytiskl.



## Zprovoznění

Zprovozňování nebylo až tak problematické. Jelikož jsem si dal pozor na všechny drobnosti už při samotné stavbě, spoustě problémů jsem předešel. Navíc mám elektronické rozvržení, takže si můžu jakoukoliv míru virtuálně změřit a ověřit se skutečností. Většina mechanických nebo pohybových částí tiskárny fungovala bez problémů, ale bylo to na úkor dlouhého testování. Spoustu dílů jsem tiskl i vícekrát, protože digitální a fyzická podoba je většinou jiná. Když byla tiskárna téměř dostavěná a mělo začít programování, tak se přestalo dařit. Základní program se všemi pohyby se mi podařilo zprovoznit, ale nepodařilo se mi nahrát do Arduina firmware s druhou tryskou. V dnešní době se 3D tiskárny se dvěma tryskami teprve rozvíjí. Z toho důvodu se mi seřízení a zprovoznění druhé trysky dosud nepodařilo - to bude mým příštím úkolem.

## Závěr

Na závěr bych rád zmínil, že tato práce byla více náročná, než jsem předem očekával. Netušil jsem, kolik času strávím vytvářením 3D návrhů všech součástek, peněžní rozpočet se během stavby také rozrostl proti mým původním předpokladům, a nakonec nastaly i nějaké potíže s programováním.

Jsem však za to rád, hodně jsem se při tom naučil, dozvěděl, a i konzultace s některými odborníky byly pro mě velice přínosné.

Jednou z nejvýznamnějších věcí, kterou mě stavba této tiskárny naučila, bylo zvyknout si řešit problémy a celkově nahlédnout více do 3D tisku jako takového.

## Poděkování

Úplně nakonec bych chtěl poděkovat všem, kteří mě v tomto projektu podporovali. Primárně jsem měl podporu rodiny kde, když jsem s čímkoliv potřeboval pomoci, tak byla hned nějaká ruka k dispozici.

Dále chci poděkovat všem učitelům, kteří mi radili nebo měli jiným způsobem co do činění s touto prací. Jmenovitě chci poděkovat mým konzultantům, Panu Lízrovi a panu Malému za průběžnou podporu.

## Použitá literatura a odkazy:

(obr. 1) - Zmorph: <http://zmorph3d.com/wp-content/uploads/2014/09/Zmorph-2.0-S1.png>

(obr. 2) - Tryska: <http://i.ebayimg.com/images/g/07sAAOSwT5tWGL2t/s-11600.jpg>

(obr. 3) - Deska: <http://i.ebayimg.com/images/g/dSEAAOSwyQtVvGgz/s-11600.jpg>

(obr. 4) - Zdroj: <http://i.ebayimg.com/images/g/EPgAAOSw9mFWMChf/s-11600.jpg>

Všechny více nezminěné obrázky jsou moje vlastní.