

0 Úvod

Nápad na zostrojenie vlastnej 3D tlačiarne mi dala vízia rozvíjania svojich vedomostí v oblasti návrhu a konštrukcie súčiastok.

Táto technológia mi umožňuje zhmotniť moje nápady a myšlienky za pár hodín či dokonca minút a to bez takmer žiadneho odpadu. Už od začiatku som mal v hlave návrh 3D tlačiarne s čo najmenšími rozmermi a s čo najväčšou tlačovou plochou. Ďalším z predností môjho návrhu bolo spektrum využitia iných technológií využívajúce pohyb v troch osách ako gravírovanie, kreslenie, prípadne frézovanie do dreva. Takéto rozšírenie tlačiarne na trhu zatiaľ nenájdeme. Avšak ako aj každá iná technológia, aj táto má svoje výhody a nevýhody.

Touto cestou by som sa rád poďakoval hlavne svojmu otcovi Ing. Petrovi Antalovi za výrobu niektorých častí prvých návrhov tlačiarne pomocou laserového rezania plechov vo firme Pöttinger s.r.o.

1 Problematika a prehľad literatúry

3D tlač je aditívny spôsob výroby, kedy postupným nanášaním a spájaním materiálu vo vrstvách vzniká požadovaný objekt a zároveň pri ňom nevzniká nijaký alebo len minimálny odpad. V súčasnosti je využitie 3D tlače rozdelené do niekoľkých oblastí a to hlavne na základe použitej technológie. Priemyselné tlačiarne sa používajú na vytváranie prototypov alebo malých sérií výrobkov, v medicíne sú to rôzne typy protéz a implantátov alebo domáce hobby tlačiarne na výrobu plastových predmetov. Výhodou 3D tlače je možnosť vytvoriť objekty, ktoré sa klasickými technológiami - napr. obrábaním, nedajú vyrobiť (vnútorné dutiny, porézne výplne a pod.).

3D tlač bola vyvinutá ako technológia prototypovania, čiže prípravy na sériovú výrobu. Medzi najčastejšie využitie 3D tlače dnes patrí prototypovanie, vzdelávanie, výskum, vývoj, výroba alebo propagácia.

Trojrozmerná tlačiareň. 2018. In *Wikipédia.sk* [online]. © 2018 [cit. 2018-10-23]. Dostupné na: https://sk.wikipedia.org/wiki/Trojrozmern%C3%A1_tla%C4%8Diare%C5%88

2 Ciele práce SOČ

Mojím hlavným cieľom bolo zostrojenie funkčnej 3D tlačiarne s čo najmenšími rozmermi a s čo najväčšou tlačovou plochou. Rozpočet na toto zariadenie som si stanovil do 250€. Ďalším mojím vedľajším cieľom bolo dokázať, že postaviť si vlastnú tlačiareň v domácich, polo-amatérskych podmienkach dokáže takmer každý s trochou strojárskych vedomostí a trpezlivosti. Návrh a zostavenie som dokázal aj napriek tomu, že v odbore mechatronika som bol absolútny laik. Uvedením sa do tejto problematiky CNC strojov som bol schopný postupne vylepšovať jednotlivé hardwarové aj softwarové prvky.

3 Teoretický rozbor

Pojem 3D tlač, typy materiálov a tlačiarní

3.1 3D tlač

3D tlač je technológia aditívneho nanášania vrstiev materiálu na seba s cieľom vytvoriť reálny trojdimenzionálny objekt.

Aditívna metóda tzv. sčítavacia znamená, že materiál sa pridáva vrstvami na podložku. Pri aditívnej metóde nevzniká odpad.

Pri subtraktívnej metóde sa z bloku materiálu uberá, odčítava. Napríklad frézovaním, obrábaním a pod. Vtedy vzniká nepoužiteľný odpad.

3.2 3D tlačiareň

Je zariadenie ktoré dokáže vytvoriť trojrozmerný objekt do hmotného stavu podľa digitálneho modelu.

3.3 Technológie 3D tlačiarní

3D tlačiarnie podľa technológie rozdeľujeme na:

3.3.1 Nanášanie nataveného materiálu tryskou

Materiál sa v tlačovej hlave zahrieva do polotekutého stavu. Následne sa vytláča cez trysku na tlačiacu plochu. Chladnutím materiál tuhne. Po stuhnutí sa môže naniesť ďalšia vrstva. Ja som sa rozhodol pre tento typ tlače, pretože ide o najefektívnejší a cenovo najdostupnejší variant (materiál ABS, PLA, PETG atď.)

3.3.2 Spekanie práškoveho materiálu

Nanesenie vrstvy prášku a následné spekanie v určitých bodoch. Toto sa opakuje v každej ďalšej vrstve. (konštrukčné plasty, kompozity s vysokou tuhosťou, gumové materiály atď.)

3.3.3 Technológia fotopolymerizácie

Využíva sa materiál citlivý na fotóny. Po dopade fotónov sa kvapalný materiál mení na pevné skupenstvo (materiál citlivý na fotóny)

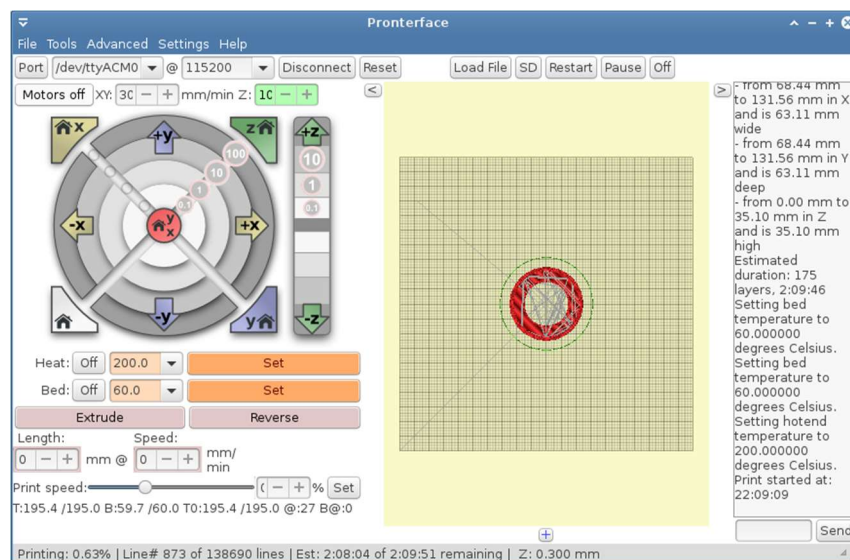
4 Konštrukcia mojej 3D tlačiarne

Tlačiareň ako celok vrátane softwarových a hardwarových prvkov.

4.1 Software

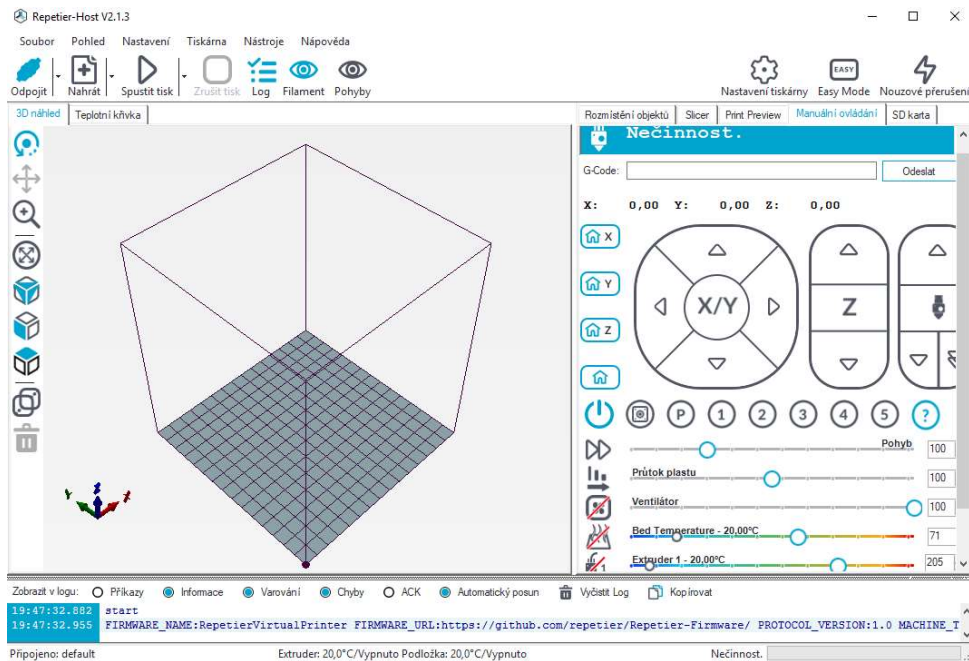
Voľba softwaru pre spracovanie dát tlačiarne je kapitola sama o sebe, pretože ich na webe nájdeme veľa a každý ponúka viac menej to isté. Drvivá väčšina je úplne zadarmo. Záleží teda už len od prostredia, to musí byť rýchle a intuitívne. Stabilita celého softwaru je tiež podstatná, aby nedochádzalo k výpadkom signálu medzi počítačom a tlačiarňou.

Ponuka softwarov pre riadenie tlačiarne na internete je veľká preto som sa zameral len na tie najlepšie hodnotené. Pri výbere som hodnotenia čerpal od skúsenejších ľudí na webovej platforme youtube.com. Začal som preto používať program s názvom *Pronterface*. Na začiatky a na prvé tlačenie postačujúci ale nedostatočná škála nastavení mi postupom času znepríjemňovala prácu s tlačiarňou. Samozrejme všetky funkcie a pokyny pre tlačiareň sa dajú písať priamo g-kódom ale rýchlosť práce to značne obmedzuje. Taktiež bol občas problém so stabilitou.



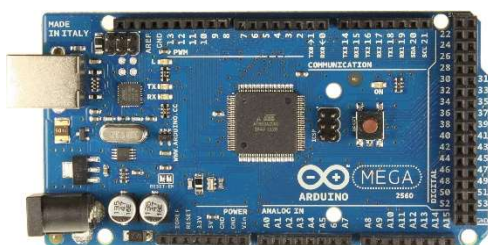
Preto som sa rozhodol pre druhú možnosť, program s názvom *Repetier*. Ide o podobný program, avšak grafické spracovanie je omnoho modernejšie a taktiež ponúka aj zopár funkcií naviac, ktoré sa nemusia písať len pomocou g-kódu ale stačí jednoducho kliknúť na príslušnú ikonu. Tento program zvláda aj zásahy do procesu

priamo počas tlače a dokáže nadviazať prácu aj po náhlej strate signálu zo základnej dosky tlačiarne, spomalením tlače na cca 10 viet kódu za sekundu. Táto rýchlosť udrží aktívnu vyrovnávajúcu pamäť základovej dosky tlačiarne.



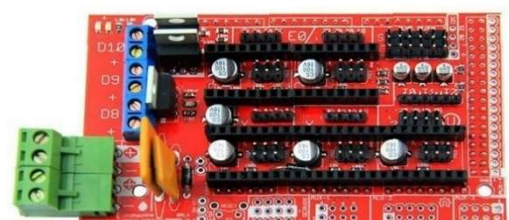
4.2 Riadiaca elektronika

Riadiaca elektronika slúži ako člen medzi počítačom a funkčnou časťou (motory, koncové snímače, ohrev trysky atď.) Na trhu je množstvo výrobcov a hlavne cenových kategórií, čím drahší riadiaci člen je, tým má väčšinou rýchlejšie spracovanie dát a tým umožňuje tlačiť rýchlejšie a kvalitnejšie. Niekedy je ponúkaných aj viac portov a konektorov pre multifunkčnosť zariadenia.



Ja som sa rozhodol pre základnú dosku *Arduino Mega 2560*, nejedná sa o originál ale o lacnejší kompatibilný klon s rovnakou funkcionalitou. Cena približne 8€ z Číny a 15€ na slovenskom trhu.

Základnú dosku som osadil elektronickou doskou *RAMPS 1.4*, ktorá v kombinácii s *Arduinom* zabezpečuje riadenie 3D tlačiarne a

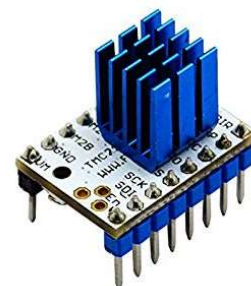


umožňuje lepšiu konektivitu s ďalším hardwarom. Je možné na ňu pripojiť až 5 na sebe nezávislých krokových motorov (umožňuje ovládať X, Y, Z osi a 2 extrudery) a 3 výkonové členy. Cena tejto dosky na čínskom trhu je zhruba 5€ a na slovenskom 11€.

Na dosku *Ramps* sa ešte pripájajú pomocou pinov radiče krokových motorov. Každá os si vyžaduje vlastný tento obvod a ich úlohou je spracovávať signály pre krokové motory. V mojom prípade sú ovládané 3 osi (X, Y, Z) + motor extrúdera. Lacný variant radiča typu *Pololu A4988* je



síce voľbou za nižšiu cenu zhruba 0,80€ z Číny a 2,30€ zo Slovenska, ale nedokáže tak plynule hýbať krokovými motormi a spôsobuje hlučnosť. Preto som sa rozhodol vymeniť tieto radiče za drahšie a kvalitnejšie, ktoré ponúkajú dvojnásobný počet krokov a vďaka nim samotné motory nevydávajú takmer žiadny zvuk ani vibrácie. Týmto vylepšením sa značne zlepšila kvalita tlače a tlačiareň je príjemne tichá. Cena jedného radiča typu *Pololu TMC 2208* sa pohybuje okolo 11€. Cena za 4 takéto radiče je teda 44€. Táto položka predražila tlačiareň o zhruba 40€.



S doskou môže ešte spolupracovať LCD displej cez ktorý je možné tlačiareň ovládať bez pripojenia PC. Displej obsahuje aj slot na SD kartu, z ktorej je možné potom tlačiť a tlačidlo pre núdzové zastavenie. Ja som si ho obohatil ešte o vypínač LED osvetlenia vnútorného priestoru. Cena displeja je 10€.

4.3 Krokové motory



Krokové motory sú dôležitou súčasťou tlačiarne, pretože vykonávajú každý jeden pohyb ktorý sa v tomto zariadení udeje. Pohyb rotora je pri nízkych rýchlostiach nespojitý, rotor sa pohybuje medzi stabilnými polohami vždy v určitom uhle, hovoríme teda o pohybe v krokoch. Počet krokov je daný počtom pólových dvojíc. Vyznačujú sa veľkou

mechanickou odolnosťou a dlhou životnosťou.

Pri výbere krokových motorov som siahol po asi najpoužívanejšom variante a to motor *NEMA 17*. Tieto motory sa vyrábajú vo viacerých rozmeroch a výkonoch avšak upínacia príruka je v tejto rade 17 je vždy rovnaká a tak nie je problém motory podľa potreby nahradiť za slabšie alebo silnejšie. Ja som nakúpil 5 krokových motorov typu *NEMA 17HS8401*, ktoré sú najsilnejšie v rade. Najsilnejšie som volil pre ich využiteľnosť. V budúcnosti by som chcel tlačovú hlavu obohatiť o malú frézu. Cena za jeden motor *NEMA 17HS8401* sa pohybuje okolo 11€ z Číny a približne 15€ zo Slovenska. Za 5 motorov som tak zaplatil zhuba 55€.

4.4 Zdroj

Zdroj je potrebný pre napájanie všetkej elektroniky v tlačiarni. Pre napájanie riadiacej elektroniky bolo potrebné napätie o veľkosti 5V a pre napájanie ventilátorov, hotendu, vyhrievanej podložky a ďalších zariadení pripojených na dosku, bolo potrebné napätie 12V.

Rozhodol som sa preto pre 12V zdroj s prúdom 20A a výkonom 240W, ktorý by mal na bežnú prevádzku 3D tlačiarne postačovať. Cena takéhoto zdroja sa pohybuje okolo 20€.



4.5 Ozubené remene

Ozubený remeň v spolupráci s krokovým motorom a remenicou umožňuje pohyb jednej osi v dvoch smeroch. U 3D tlačiarňach, ozubené remene väčšinou zaisťujú pohyb dvoch osí, X a Y. Pohyb osi Z je zaistený pohybovou skrutkou.



Dostupných je niekoľko rozmerov ozubených remeňov ale pre nízku mechanickú náročnosť som sa rozhodol pre najmenší a to 6mm široký remeň. Prečo práve remeň pre pohyb osí X a Y? Tento typ pohybu pomocou remeňa má oproti pohybovým skrutkám výhodu. Pri zmene smeru otáčania nedochádza takmer k žiadnej vôli ale u pohybových

skrutkách v matici áno. Ďalšími výhodami sú nižšia hmotnosť, cena a dosiahnutie väčších rýchlostí. Cena za dve sady približne 6€.

4.6 Pohybové skrutky

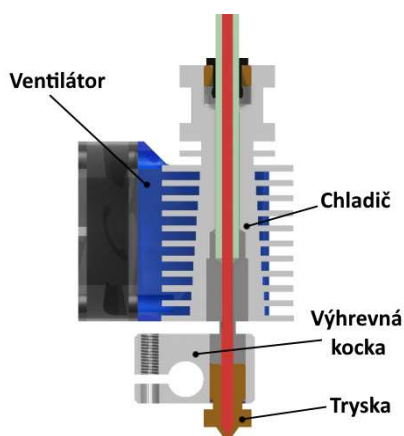
Pohybové skrutky sú tvorené skrutkovicou, po ktorej vykonáva priamočiary-vratný pohyb matica. Skrutka vykonáva otáčavý pohyb, ktorý je prenášaný z motora pomocou spojky.

Pohybových skrutiek je na výber hneď niekoľko. Je možné si ju vytvoriť aj doma pomocou obyčajnej závitovej tyče s metrickým závitom a pre lineárny pohyb použiť maticu príslušného rozmeru závitovej tyče. Toto riešenie má ale viac negatív ako pozitív. Závitové tyče sú väčšinou z mäkkých materiálov a vyrábané s veľkou nepresnosťou. To má za následok rýchle opotrebenie a nepresnosť celého stroja. Z tohto dôvodu som zvolil skrutku s trapézovým závitom. Tento závit je určený práve pre toto použitie lebo v zásade je tvorený z pevnejších materiálov a povrch býva kalený.



U 3D tlačiarňach je pohybová skrutka používaná pri pohybe v osi Z. Môže to byť buď dvoma skrutkami z oboch strán alebo jednou. Cena približne 3€ za jednu sadu skrutky a matice.

4.7 Hot-end



Hot-end, voľný preklad „horúci koniec“ je časť 3D tlačiarne, v ktorej dochádza k samotnému taveniu príslušného materiálu. Tento materiál je následne nanášaný tryskou na tlačovú plochu. Hot-end je tvorený z troch častí. Z chladiča, výhrevnej kocky a trysky. Chladič má za úlohu odoberať prebytočné teplo z výhrevnej kocky tak, aby kocka vyhrievala len samotnú trysku

a nedochádzalo nežiadúcemu taveniu materiálu skôr ako je potrebné.

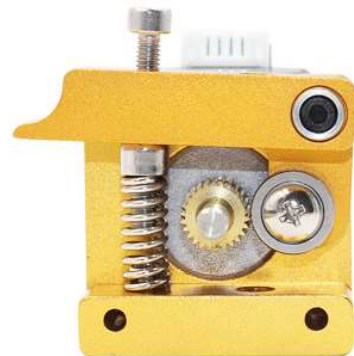
Pri výbere hot-endu veľmi nezáleží na tvare chladiča alebo výhrevnej kocky, v princípe to vždy funguje rovnako. Výber trysky ale už podstatný je treba si položiť otázku, čo sa bude na tlačiarňi najčastejšie tlačiť. Priemer trysky zásadne ovplyvňuje kvalitu a rýchlosť tlače objektu. Čím menší priemer trysky, tým krajší výsledný povrch objektu ale aj nutnosť použitia nižších rýchlostí vzhľadom na prietok. Materiál trysky je väčšinou mosadz ale na trhu nájdeme trysky vyrobené z tvrdených ocelí, ktoré sa vyznačujú vysokou životnosťou.



Výhrevná kocka je ohrievaná pomocou 12V topného telieska ktoré v spolupráci s termistorom (snímačom teploty) zaisťujú konštantnú teplotu počas celej tlače. Celý hot-end aj s topným telieskom a ventilátorom stojí približne 10€.

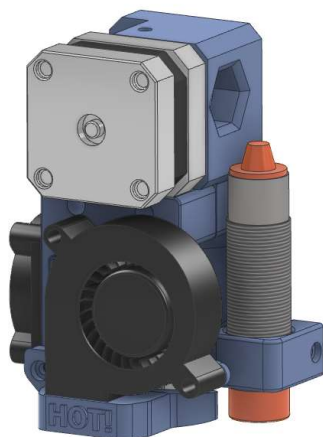
4.8 Extrúder

Úlohou extrúdera je vtláčať tlačovú strunu (filament) do hot-endu za pomoci krokového motoru. Toto prebieha tak, že struna je pritláčaná kladkou ku drážkovanému záberovému koliesku a tým dochádza k posúvaniu filamentu v smere otáčania. Kladka sa zároveň odvaľuje po strune a vytvára prítlak. Posuv struny za jednu otáčku podávacieho kolieska sa rovná jeho priemeru. Prítlak kladky je zabezpečený pružinou.



Pri stavbe 3D tlačiarne sú na výber dve riešenia extrúderov. Každý sa svoje výhody a nevýhody. Prvým takým najpoužívanejším je bodenový. Tento extrúder je externe pripevnený na konštrukcii tlačiarne a pomocou teflónového bodenu je filament z extrúdera vedený do hot-endu. Tým že je extrúder s ťažkým krokovým

motorom upevnený k rámu, nezaťažuje sa tým tlačová hlava a nevznikajú veľké zotrvačné sily pri zmenách smeru. Preto som toto riešenie použil aj na svojej tlačiarňi.



Druhý typ, priamy extrúder je používaný prevažne v drahších a lepších tlačiarniach, pretože vyžaduje zložitejšiu konštrukciu. Pri tomto type je extrúder namontovaný na tlačovej hlave a strunu vtlača priamo do hot-endu. Výhodou je hlavne presnejšie korigovanie posuvu struny a výrazne nižšia potrebná sila na tlačenie. Keďže pri bodnenom tlačení vzniká odpor v bodene a dĺžke vedenia. Toto riešenie ponúka tlač tvrdších materiálov.

4.9 Chladenie

Pre zabezpečenie nežiaduceho odvodu tepla na ostatné časti tlačiarne z hot-endu sa používa ventilátor. Ďalej sa ventilátor môže používať aj na chladenie výtlačku čo zabezpečuje rýchle stuhnutie plastu po nanosení vrstvy.

Ja som použil dva 12V ventilátory. Jeden na hot-end a druhý na chladenie výtlačku. Oba fungujú nezávisle na seba a sú plne automatizované. Ventilátor hot-endu sa automaticky spína po prekročení teploty 50°C a taktiež sa aj sám vypne. Ventilátor chladenia výtlačku sa zopne až v druhej vrstve tlače aby prvá vrstva poriadne chytila na podložku.

Používal som obyčajné 40mm 12V ventilátory za približne 3€/kus, avšak ich hlučnosť bola neporovnateľne vyššia oproti krokovým motorom. Preto som sa rozhodol pre kúpu značkových, na trhu najtichších ventilátorov *Noctua*. Viac ako trojnásobná cena oproti obyčajným avšak hlučnosť prakticky žiadna aj pri plnom výkone.

Cena jedného 40mm ventilátora značky *Noctua* je 12€. Za dva kusy počítam teda 24€.

4.10 Lineárne vedenia

Slúžia predovšetkým na presné vedenie jednej osi v priamom smere. Kľzavý pohyb po vedení zabezpečujú lineárne ložiská alebo trecie puzdrá.

Gulôčkové lineárne ložiská patria asi k najrozšírenejšími v oblasti CNC mechanizmov. Ich výhodou je hladký chod pri vysokých zaťaženiach a pripúšťajú mierne nepresnosti vedení. Rozhodol som sa pre použitie týchto ložísk na vedenia v osi Z, ktorá zabezpečuje horizontálny pohyb tlačovej podložky po oceľových tyčiach. Tlačová podložka má v mojom prípade hmotnosť približne 0,5kg, čo má za následok zvýšené namáhanie v ložiskách.



Pre os Y som zvolil trecie medené puzdrá, taktiež na oceľový profil s priemerom 8 mm. Tieto trecie puzdrá sa vyznačujú veľmi nízkym trením a tichým chodom. Sú takmer bezúdržbové a nemusia sa mazať. Nevýhodou je vysoká presnosť a nutnosť rovnobežnosti oboch profilov. Pre vedenie tlačovej hlavy po osi X som bol nútený použiť hliníkový valcovaný profil pretože oceľový by bol až príliš ťažký a vznikali by veľké zotrvačné sily. Pre nepresnosť valcovaných profilov som nemohol použiť medené puzdrá. Urobil som teda kompromis a vyrobil som si vlastné puzdrá vytlačené na 3D tlačiarňi. Tie majú hmotnosť 4g a relatívne vysokú presnosť. Nie je ich potrebné mazať.

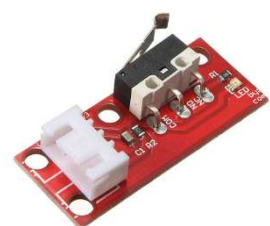


Cena gulôčkových lineárnych ložísk sa pohybuje okolo 2€ za kus. Medené puzdrá vychádzajú približne rovnako.

4.11 Koncové spínače a snímače

Koncové spínače a snímače sa používajú na polohovanie ôs stroja do východiskovej polohy tzv. nulového bodu. Pri tomto procese sa každá z osí pohne v naprogramovanom smere a po zopnutí snímača okamžite zastaví. Týmto si software určí nulové body, od ktorých sa bude odvíjať tlačový program.

Na trhu nájdeme mechanické, optické, magnetické, indukčné alebo kapacitné snímače. Je to naozaj bohatá ponuka



ale mechanické snímače bývajú spravidla lacnejšie než tie bezdotykové kvôli ich nízkej presnosti. Pre osi X a Y sú mechanické snímače viac než postačujúce. Cena dvoch týchto spínačov je približne 4€.



Pre koncový bod osi Z som volil bezdotykový snímač uchytенý na tlačovej hlave. Toto riešenie je veľmi presné a umožňuje plne automatické korigovanie krivosti tlačovej podložky. Avšak rozdiely medzi jednotlivými bezdotykovými snímačmi sú veľké. Magnetické snímače majú najmenšie rozmery ale vyžadujú si buď magnetickú podložku alebo magnety pod ňou a to je konštrukčne náročnejšie. Indukčné snímače sú najpoužívanejšie, dokážu nasnímať kovové materiály ako sú oceľ a hliník, takže umožňujú použitie hliníkovej platne ako podložku. Ja som si obľúbil tlač na sklo, však ani jeden z týchto snímačov nedokáže zaregistrovať sklo. Preto som siahol po poslednej možnosti a to kapacitnom snímači. Ten dokáže registrovať objekty akéhokoľvek materiálu zo vzdialenosti do 10 mm. Nevýhodou je ich veľkosť. Preto som sa rozhodol pre toto riešenie, ktoré mi umožňuje tlač na sklo. Cena kapacitného snímača sa pohybuje okolo 8€.

4.12 Tlačová plocha

Rovná plocha, ktorá poskytuje horúcemu plastu oporu v prvej vrstve tlače. Táto plocha musí byť dokonale rovná pre čo najpresnejšie výtlačky.

Najčastejšie sa používa sklenená platňa, pretože sklo je asi najrovnejší dostupný materiál. Na sklo je možné tlačiť aj bez použitia výhrevnej podložky, avšak sklo treba potrieť lepidlom chemickým roztokom na báze alkoholu. Napríklad tyčinkovým lepidlom alebo tužidlom na vlasy.

Ja som sa rozhodol pre kombináciu výhrevnej podložky, na ktorej je osadené sklo. Výhrevných podložiek nájdeme na trhu niekoľko, buď v podobe ako samolepka, ktorá sa jednoducho nalepí pod sklo, alebo ako plastová doska. Tie ponúkajú väčšinou vyšší výkon a rýchlejšie



zahriatie.

Dôležitou súčasťou celej podložky je izolácia od spodnej časti aby nedochádzalo k nežiaducemu úniku tepla. Toto som zabezpečil kusom polystyrénu. Ten má výborné termoizolačné vlastnosti. Sklo je na podložke upevnené pomocou kancelárskych spôn.

Cena podložky s rozmermi 214x214mm ktorú som použil sa pohybuje okolo 15€, plus platňa skla cca 4€.

4.13 Rám 3D tlačiarne

Na ráme stroja je pripevnená väčšina pohybových častí preto je dôležitá celková tuhosť a schopnosť odolávať rázom a chveniam.

Prvá verzia mojej tlačiarne mala oceľový rám vyrezaný na CNC lasery. Tento rám bol veľmi ťažký a rezonoval.



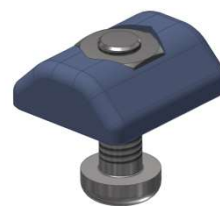
Preto som si vytvoril rám z hliníkových stavebnicových profilov tvaru X s rozmermi 20x20mm. Tieto profily majú výhodu v univerzálnosti použitia vďaka T-drážkam pozdĺž profilu. Na rozdiel od klasických profilov štvorcového prierezu, do ktorých sa musia vŕtať diery, tieto umožňujú upevniť súčiastky na akomkoľvek mieste profilu pomocou T-matic. Tvar celého rámu je v tvare kocky s rozmermi 370x370x340mm. Cena týchto profilov je dosť vysoká ale bral som to ako dobrú investíciu. Cena sa pohybuje okolo 7€ za meter, takže celý rám ma vyšiel približne na 30€.

4.13.1 T-matice

Špeciálne matice ktoré sa nasúvajú do T-drážok profilu .

K profilom som plánoval zakúpiť aj originál T-matice ktoré k nemu patria. Avšak odradila ma cena pretože tá sa pohybuje okolo 0,60€ za kus. To mi prišlo za malý kúsok kovu až príliš, pretože by som ich potreboval cca 60.

Vyrobil som si teda vlastné, vytlačené z plastu a jednoducho som do nich nalisoval obyčajnú metrickú maticu. Výsledok? Cena približne 0,02€ za takto vyrobenú maticu. Pevnosť a presnosť pre tento typ použitia úplne postačujúca.



4.13.2 Spájanie profilov

Narezané profily bolo potrebné spojiť do výsledného tvaru, toto som zabezpečil vytlačenými rohovými L spojkami. Taktiež kvôli úspore financií. Tie sú zoskrutkované v T-maticiach.



4.13.3 Dizajn

Môj cieľ dosiahnuť tichú 3D tlačiareň vhodnú do kancelárskeho prostredia musí reprezentovať aj dizajn. Ten som navrhoval čo najjednoduchší a minimalistický.

Dôležité bolo zakryť čo najviac kabeláže, toto som dosiahol vyrezanými plastovými doskami. Použil som dva materiály bielych dosiek. PVC penenú dosku pre pokrytie väčšej časti tlačiarne a biele plexisklo s priepustnosťou svetla len 20%, ktoré som použil na bočné steny tlačiarne. Vnútorný priestor tlačiarne je osvetlený LED pásom. Plexisklo po stranách vďaka tomu svieti.

Zadný aj bočné panely sú jednoducho odnímateľné.

Na pokrytie rámu som kúpil PVC dosku s rozmermi 1250x500mm s hrúbkou 3mm a plexisklo rozmeru 1000x500mm s hrúbkou 2,5mm. Za tieto dosky som zaplatil 25€.

Vyrezanie požadovaných tvarov som dosiahol orezávačom, pretože PVC doska je veľmi mäkká. S plexisklom to išlo ťažšie ale orezať sa dalo aj to.

5 3D návrh tlačiarne

Pri návrhu tlačiarne som použil program *Autodesk Inventor Professional 2019*, ktorý ponúka študentskú licenciu zdarma. V tomto programe som sa naučil pracovať už ako 12 ročný, preto som bol v ňom pri návrhu ako doma.

Všetky komponenty použité na tlačiarni som sa snažil prekonvertovať aj do grafickej podoby, aby som následne vedel modelovať diely na tlač a prispôbovať ich na mieru. Toto mi ušetrilo presné merania na reálnej stavebnici.

Tlačené diely ako sú rôzne držiaky, puzdrá, spojky, kryty, som musel všetky navrhovať podľa seba, keďže sa nejedná o zlepšovanie existujúcej tlačiarne ale o celý môj návrh. Návrh dielov som začínal v 3D programe, následne som model pripravil na tlač pomocou programu *Cura*, ktorý vygeneroval g-code. Ten bol neskôr spracovaný do tlačiarne pomocou programu *Repetier*. Vytlačený diel som zmeral a prípadne opravoval. Takto pripravený diel som mohol aplikovať na určené miesto.

6 Celková hodnota 3D tlačiarne

Položka	Počet	Cena	Spolu
Arduino Mega 2560	1	8 €	8 €
Ramps 1.4	1	5 €	5 €
Pololu TMC 2208	4	11 €	44 €
Displej RepRap	1	10 €	10 €
Nema 17 HS8401	4	11 €	44 €
12V Zdroj	1	20 €	20 €
Sada remeňa a remenice	2	3 €	6 €
Pohybová skrutka	1	3 €	3 €
Hot-end	1	10 €	10 €
Ventilátor Noctua	2	12 €	24 €
Gulôčkové lineárne ložisko	4	2 €	8 €
Broznové kĺzne puzdro	4	2 €	8 €
Spínač	2	2 €	4 €
Kapacitný senzor	1	8 €	8 €
Heat-bed	1	15 €	15 €
Sklo	1	4 €	4 €
1m hliníkového profilu	4	7 €	28 €
Guľatina - oceľ 1m	2	1 €	2 €
Guľatina - hliník 1m	1	3 €	3 €
Kabeláž/drobná elektronika	1	25 €	25 €
Tlačový materiál	1	25 €	25 €
Skrutky/matice	1	8 €	8 €
CELKOVÁ HODNOTA			312 €

7 Záver

Vývoj a skonštruovanie tohto zariadenia mi dodalo veľmi veľa vedomostí v oblasti mechaniky, automatizácie ,elektroniky, termodynamiky a programovania CNC strojov. Naučil som sa, že nie všetko ide podľa predstáv tak ako som si navrhol. Realita je vždy odlišná a s tým treba rátať už pri návrhu. Pri vývoji 3D tlačiarne do stavu v akom je teraz, som spotreboval veľa materiálu, času a hlavne financií. Tlačiareň som si dokázal hrať s vlastných finančných prostriedkov a všetky informácie som čerpal s internetu. Prekonal som množstvo prekážok, ako napríklad skrat a spálenie riadiacej dosky, nestabilný rám, rôzne problémy tlače a mnoho ďalšieho. Trvalo mi pol roka zostrojiť celkovo 4 verzie tlačiarne, aby som dokázal využiť poznatky z predchádzajúcich verzií. Nakoniec sa mi to podarilo a som právom hrdý na svoj výtvor. Pravdupovediac, keby si mám vytvoriť novú 3D tlačiareň od A do Z, určite by vyzerala inak ako teraz. V budúcnosti by som sa chcel naďalej venovať návrhu a konštrukcie stojov a zariadení nielen z oblasti automatizácie. Taktiež plánujem ešte zopár úprav na mojej 3D tlačiarňi, prípadne presadenie sa na trhu v podobe vlastnej značky.

8 Zhrnutie

Cieľom mojej práce bolo vytvoriť funkčnú 3D tlačiareň. Počas návrhu a postupného konštruovania som prichádzal na rôzne zistenia a problémy ktorými táto technológia disponuje. Po čase sa moje priority menili, už som nechcel len obyčajnú 3D tlačiareň ktorá tlačí a je jedno ako. Stále som mal potrebu dosahovať lepšie a lepšie výsledky, čo sa samozrejme odzrkadlilo aj na výslednej cene. Po úpravách ktoré som vykonal, som naďalej zisťoval čo všetko sa dá ešte vylepšovať.

Zásadným krokom pri zlepšovaní bola prestavba 3D tlačiarne z ocelového rámu na hliníkový. Neskôr som si stanovil cieľ čo najtichšej tlačiarne, to som dosiahol novými radičmi krokových motorov a ultra tichými ventilátormi.

Dokúpil som si LCD displej cez ktorý môžem robiť jednoduché korekcie počas tlače.

Vytvoril som odnímateľnú tlačovú hlavu, ktorá obsahuje jeden konektor. Toto riešenie mi ušetrí čas pri navrhovaní ďalšieho príslušenstva, ktoré jednoducho napojím už na existujúci kábel.

Indukčný senzor na osi Z mi umožňuje automatické vyrovnanie podložky pomocou softwarových korekcií a tým pádom absenciu ručného vyrovňovania pred každou tlačou.

Nakoniec som celej tlačiarne dal dizajn vo forme plastových krytov. V spolupráci s LED osvetlením vytvára tlačiareň vo vnútri ale aj z vonka krásne divadielko.

9 Zoznam použitej literatúry

Tabuľky:

- Strojnícke tabuľky pre SPŠ Strojnícke (Pavel Vávra a kolektív)

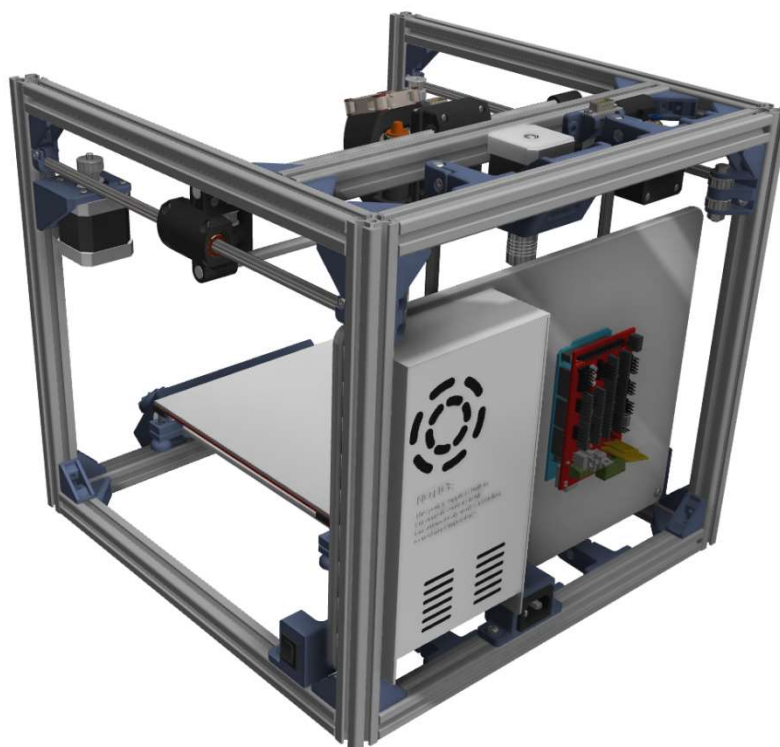
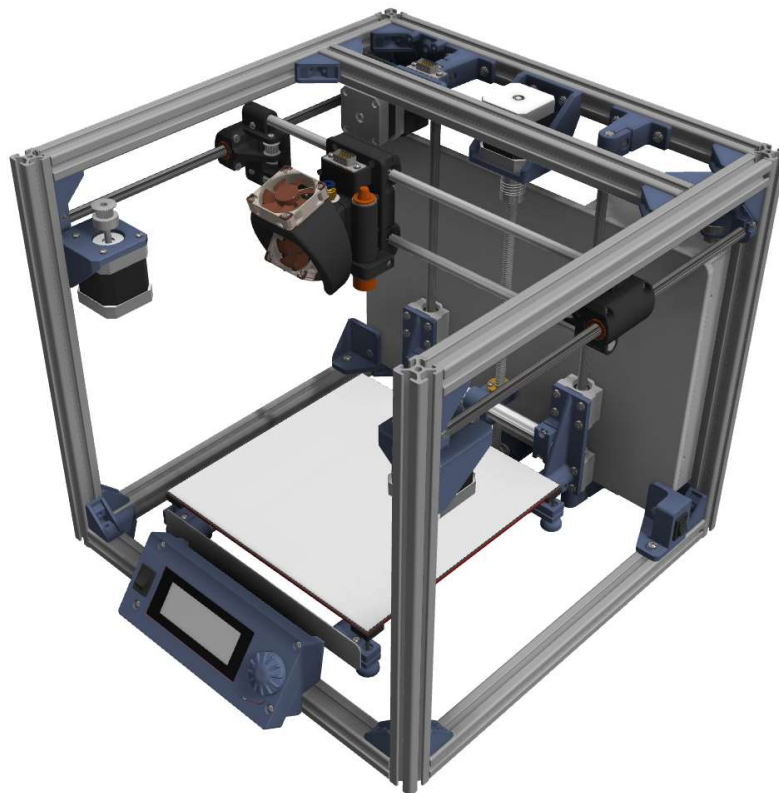
Internet:

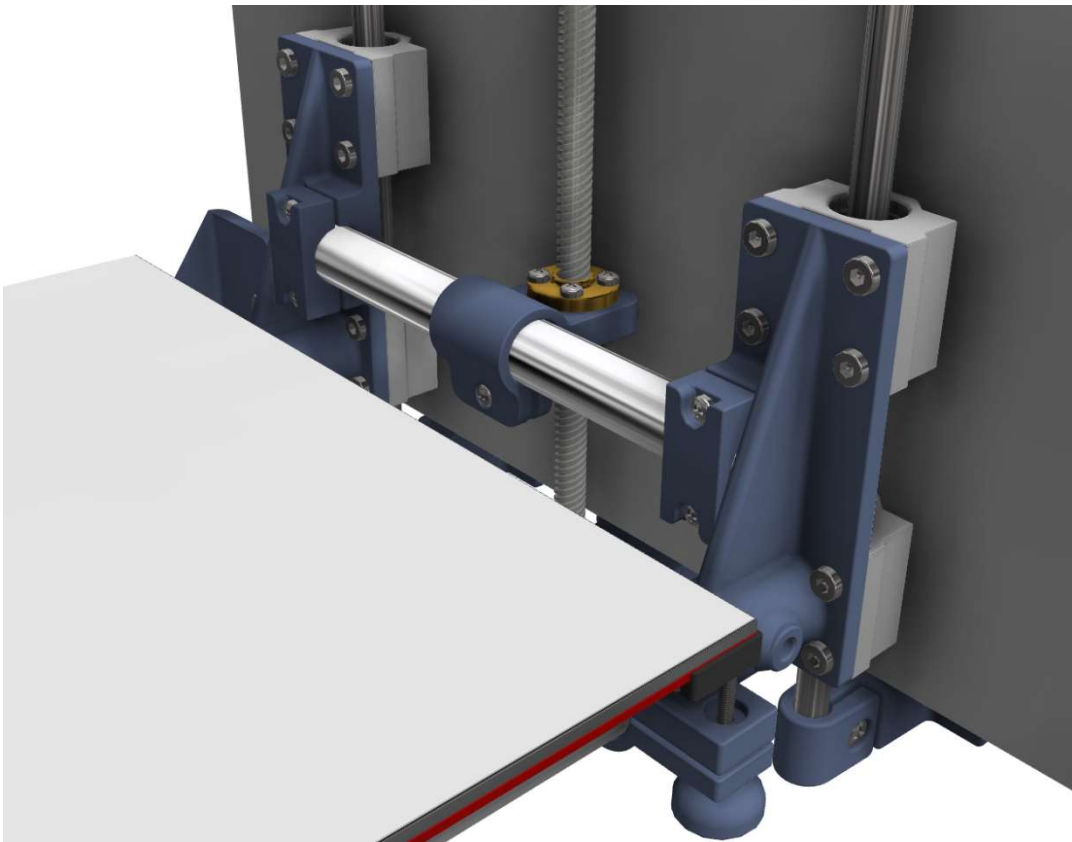
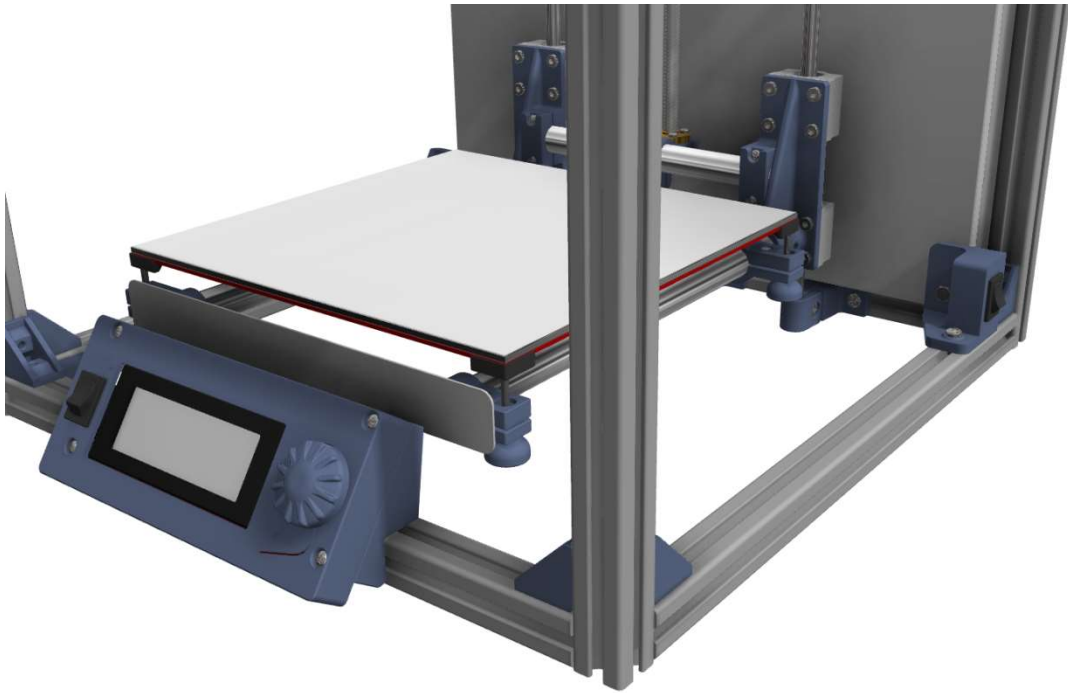
- <https://www.wikipedia.org/>
- <https://www.tlcv3d.sk/>
- <https://www.aliexpress.com/>
- <https://www.youtube.com/>

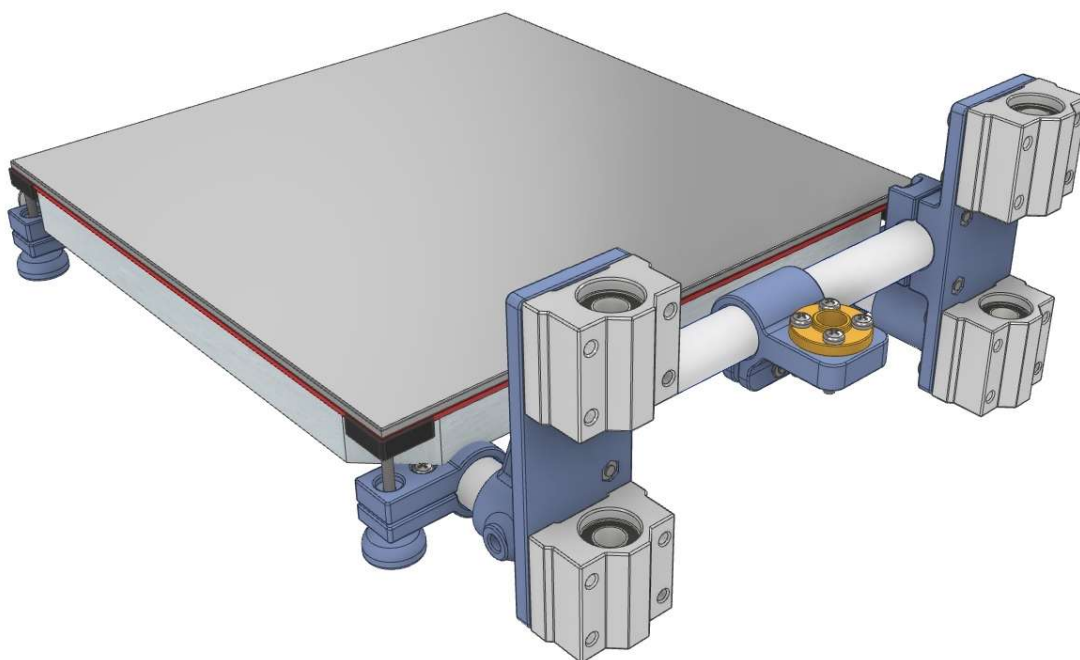
10 Prílohy práce SOČ

10.1 Príloha A (3D zobrazenie)

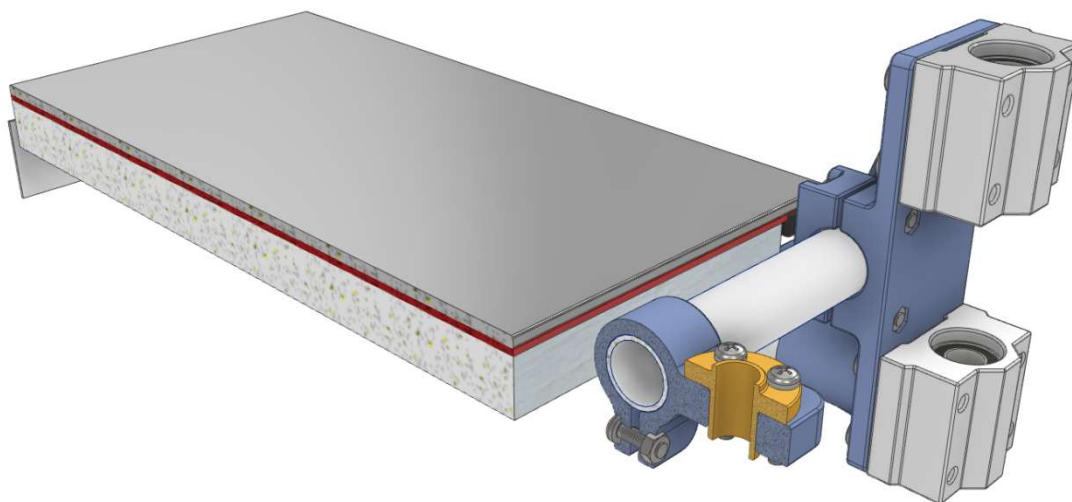
Zostava tlačiarne bez krytov:



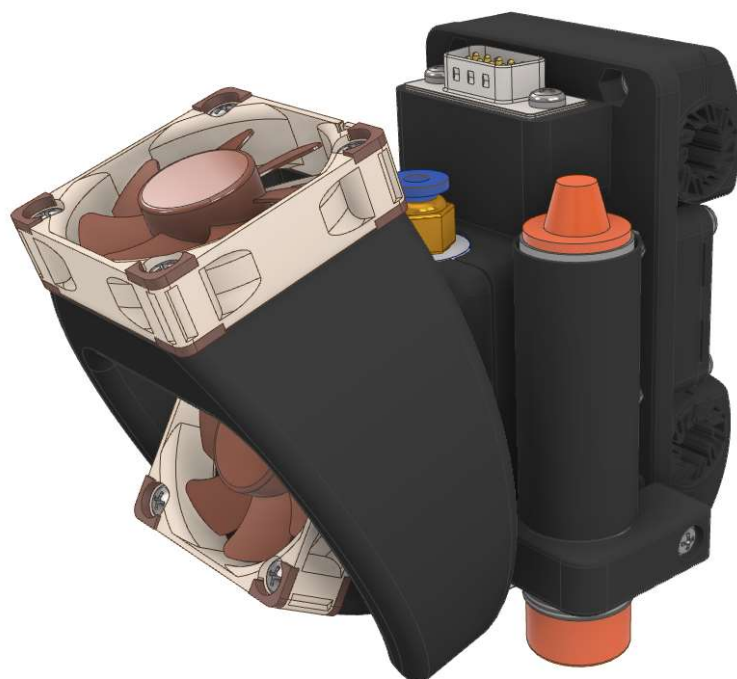




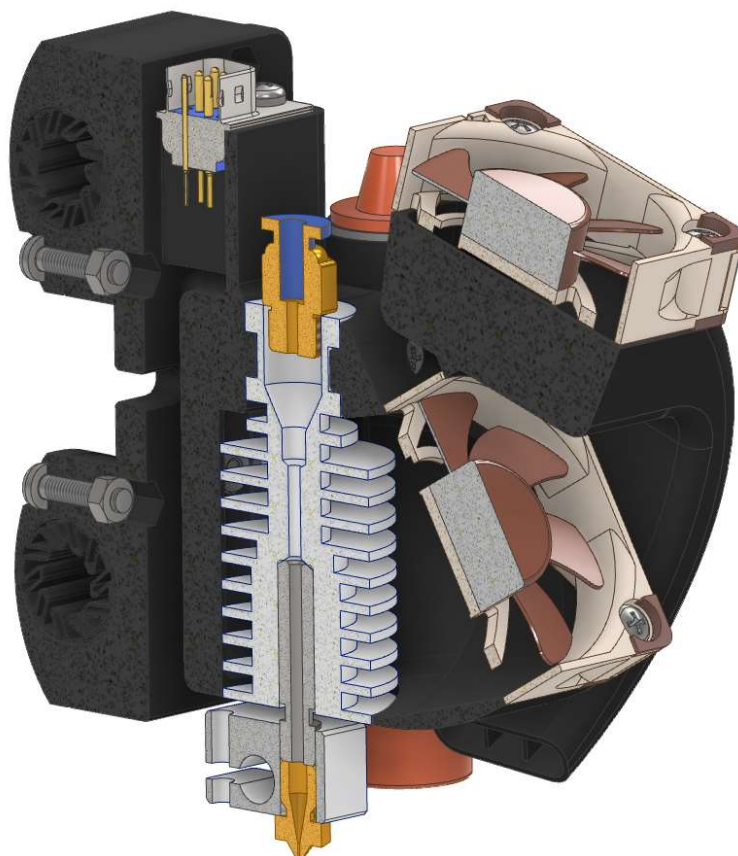
Tlačová plocha / os Z



Pozdĺžny rez



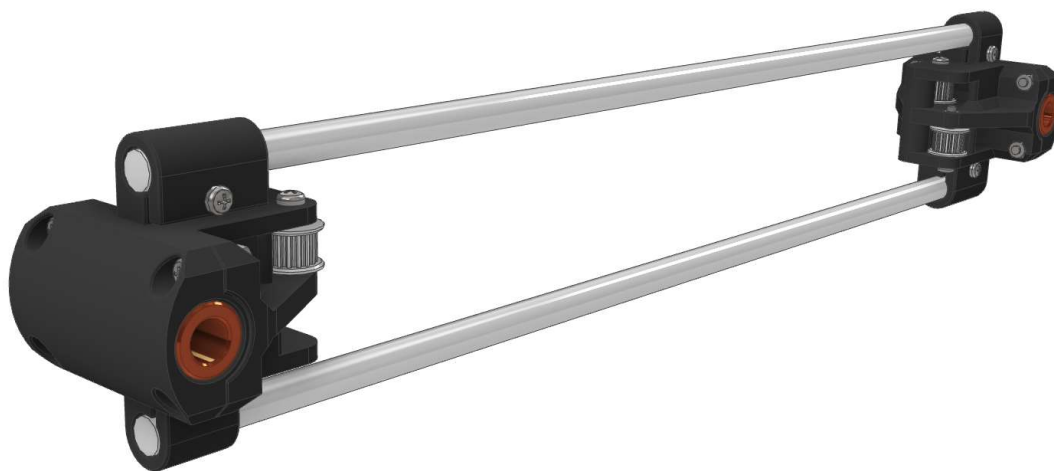
Zostava tlačovej hlavy



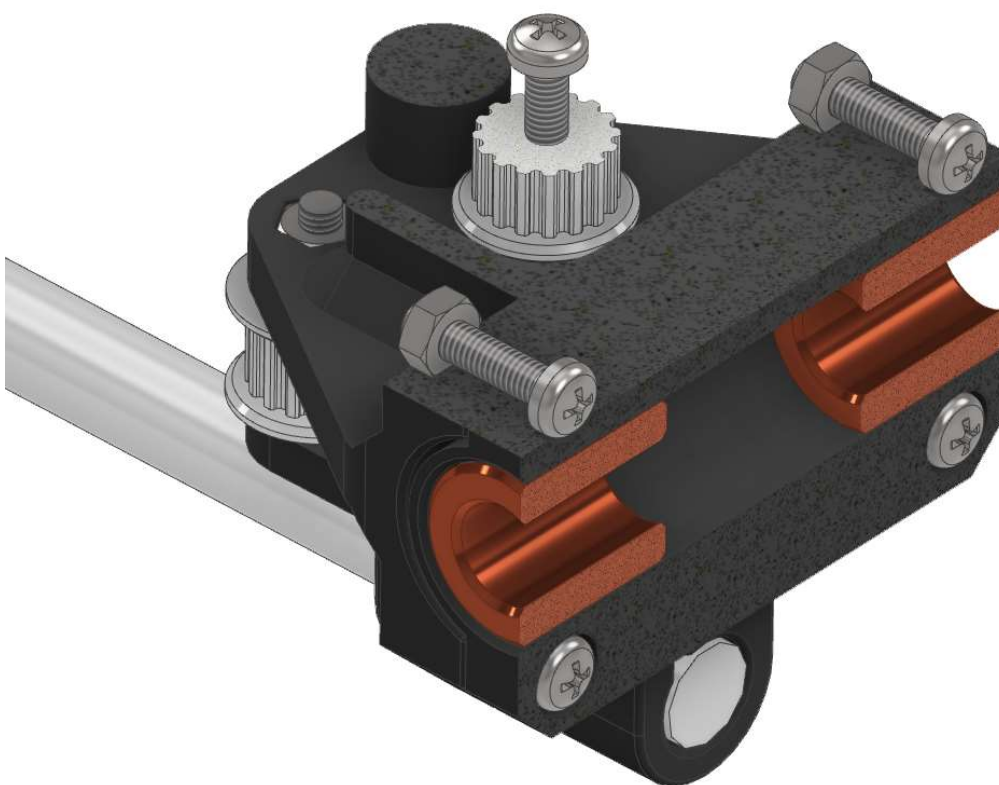
Vertikálny rez tlačovej hlavy



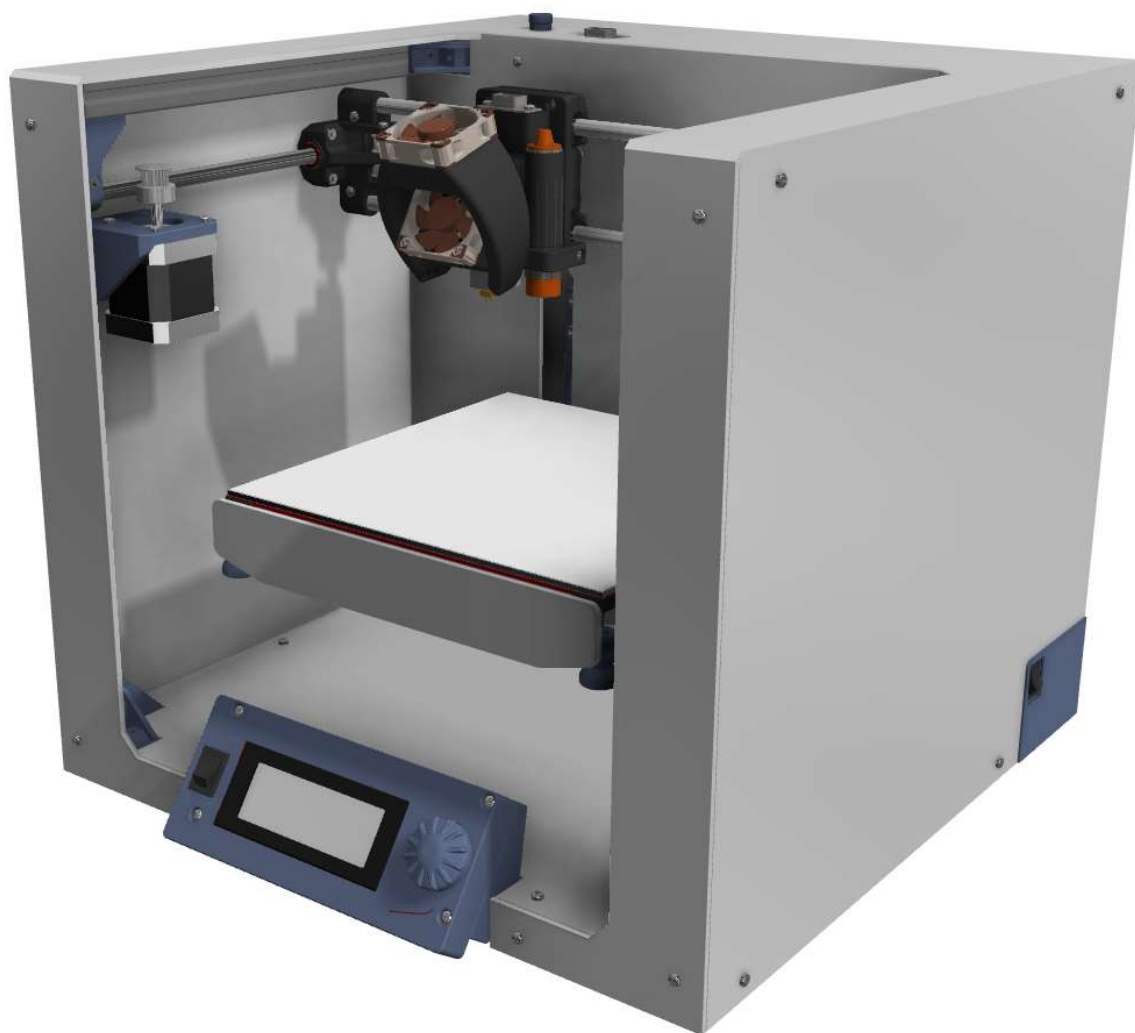
Horizontálny rez tlačovej hlavy



Zostava osi Y



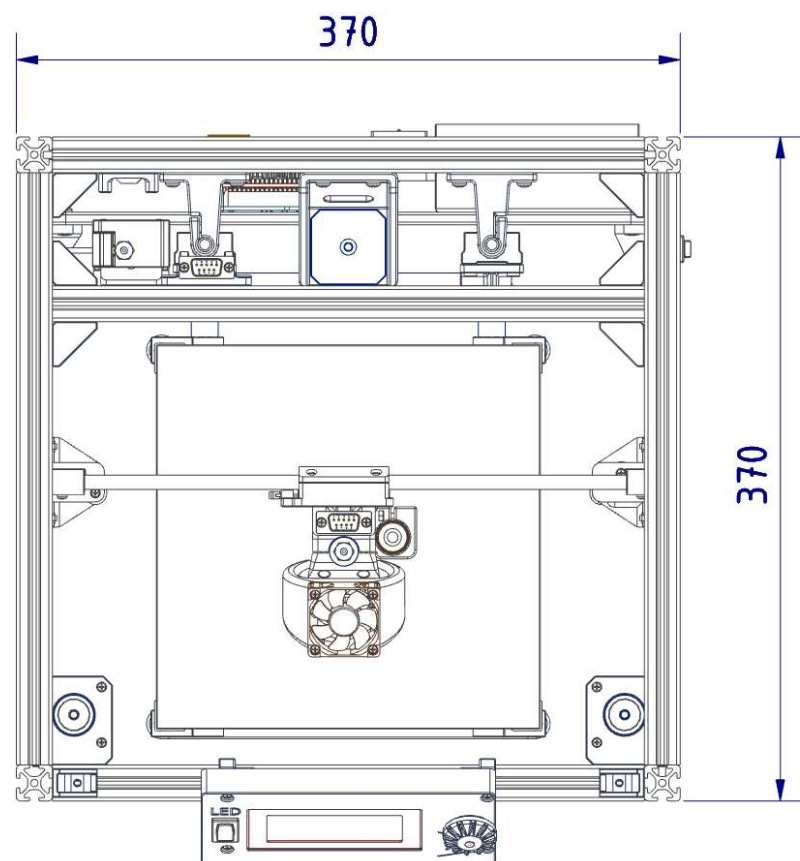
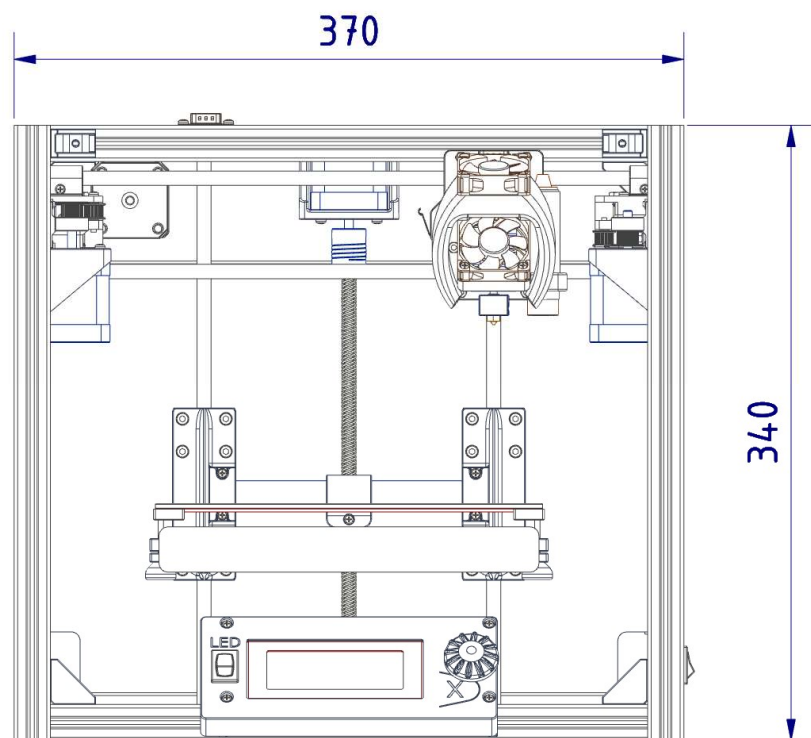
Rez pracovnej časti osi Y

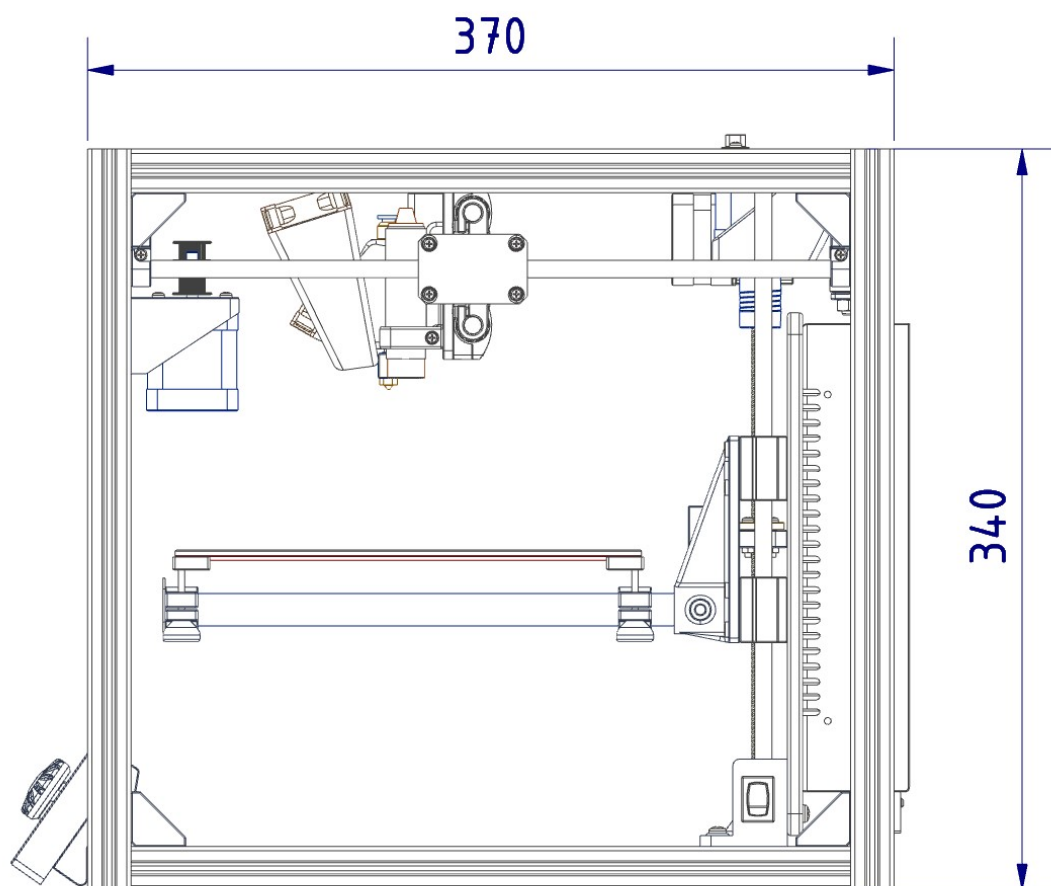


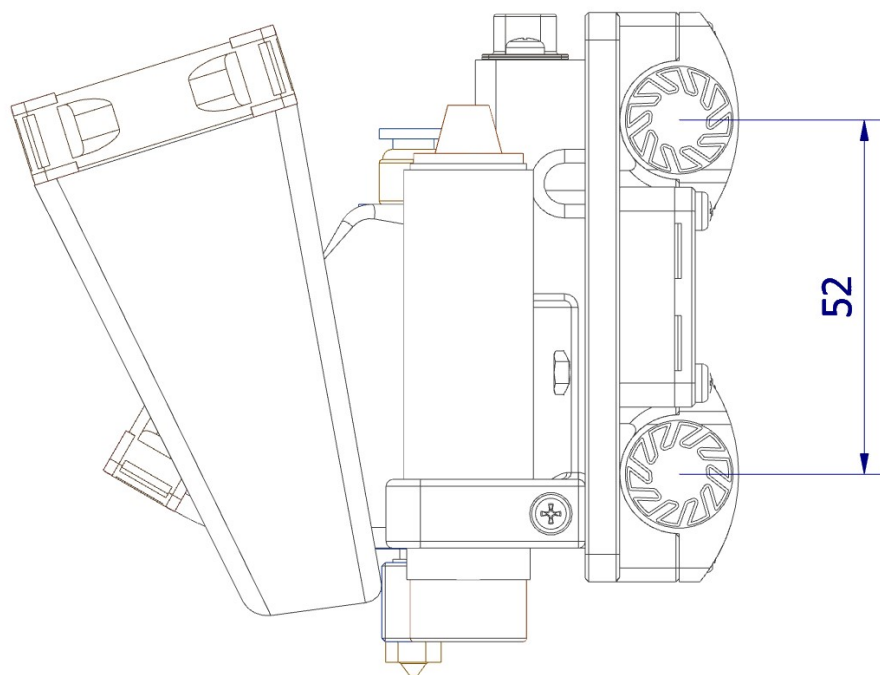
Kompletná zostava 3D tlačiarne

10.2 Príloha B (výkresové pohľady)

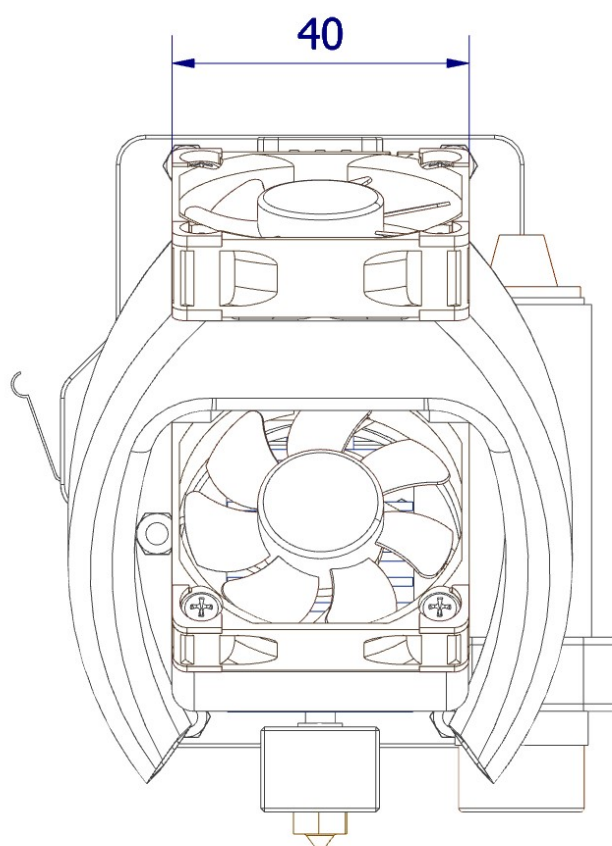
Rám 3D tlačiarne a zakótované hlavne rozmery:



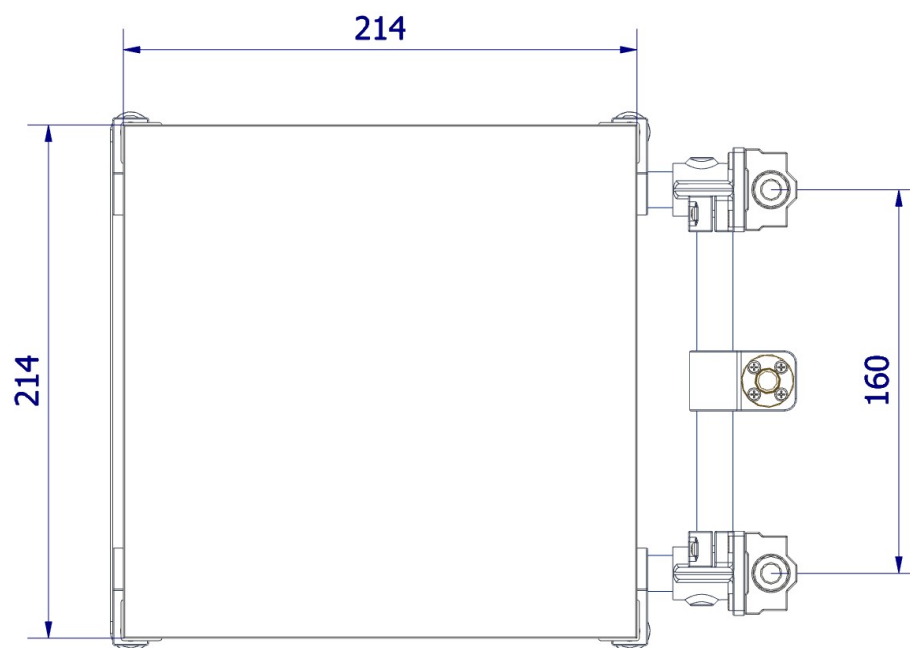




Tlačová hlava a rozstup vedení



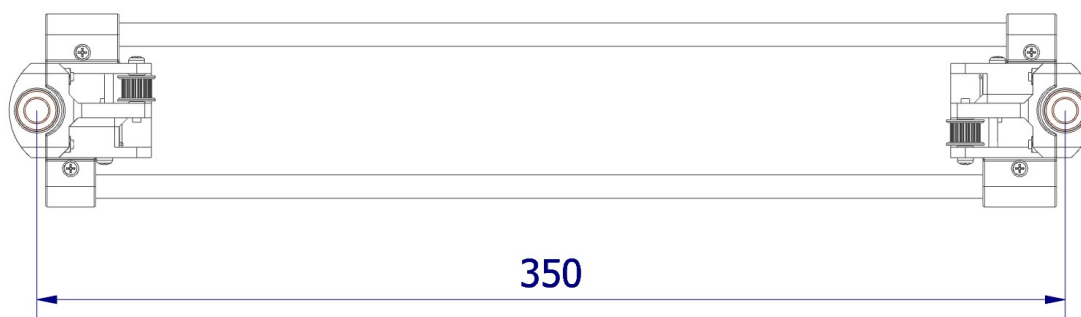
Veľkosť ventilátora tlačovej hlavy



Rozmery tlačovej podložky a rozstup lineárnych vedení osi Z



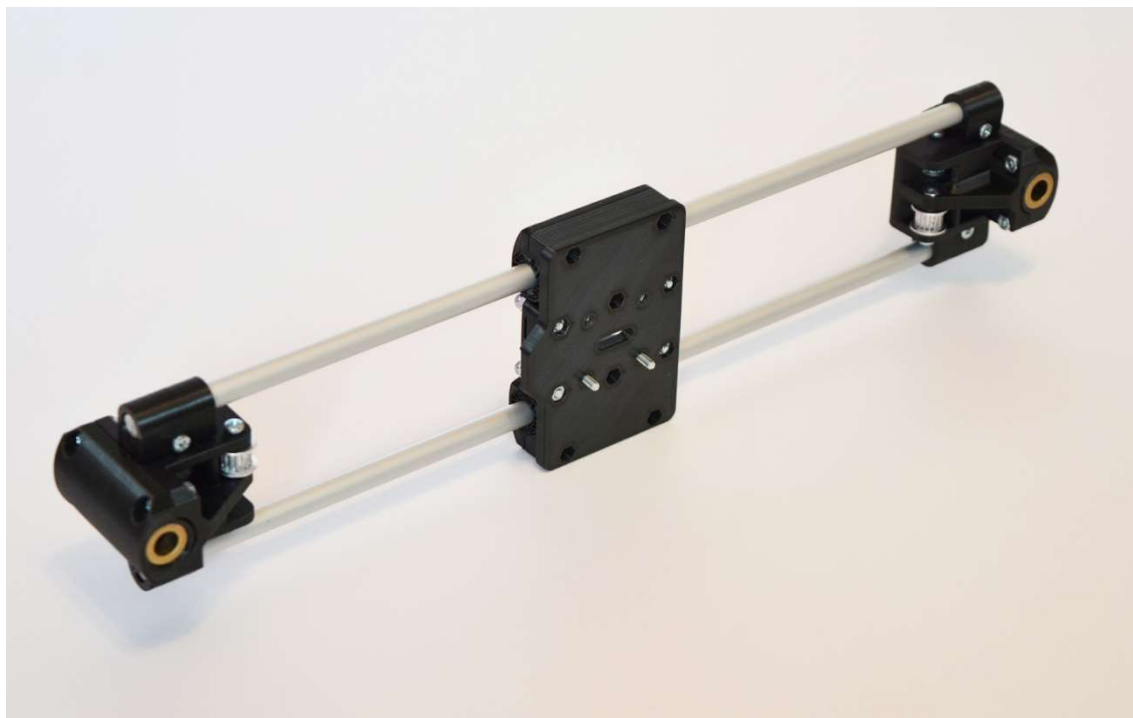
Bočný pohľad



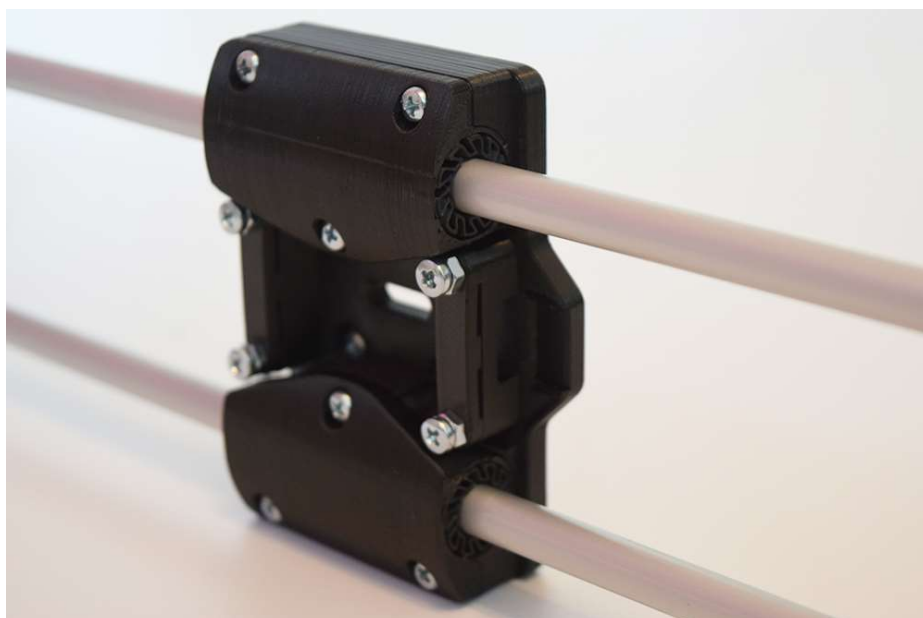
Rozstup lineárnych vedení osi Y

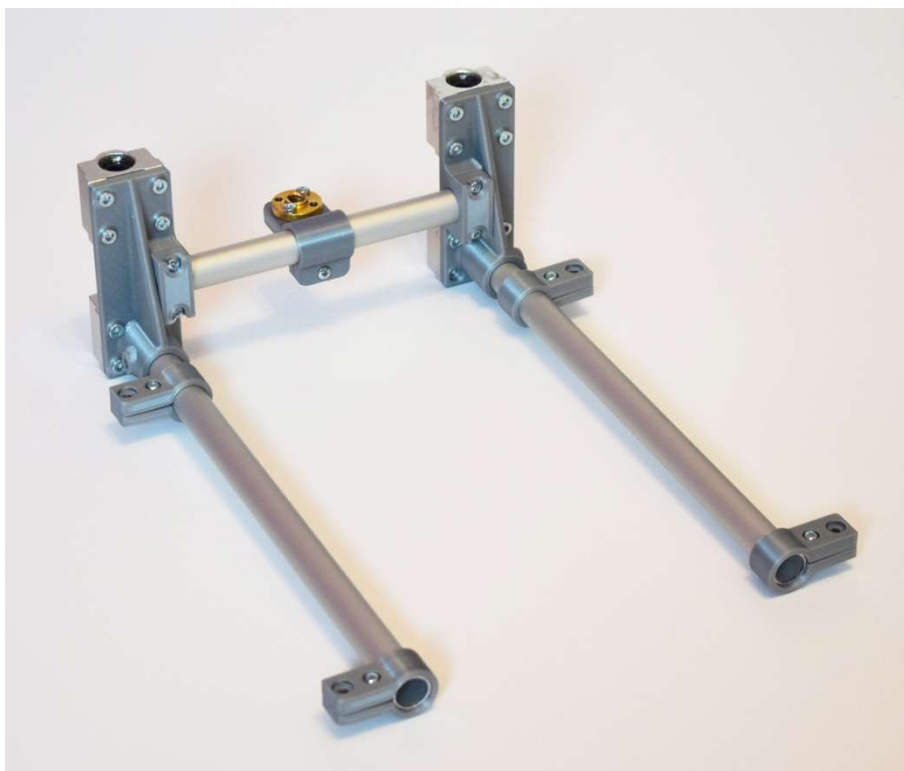
10.3 Príloha C (reálne fotky tlačiarne)

Jednotlivé časti tlačiarne:

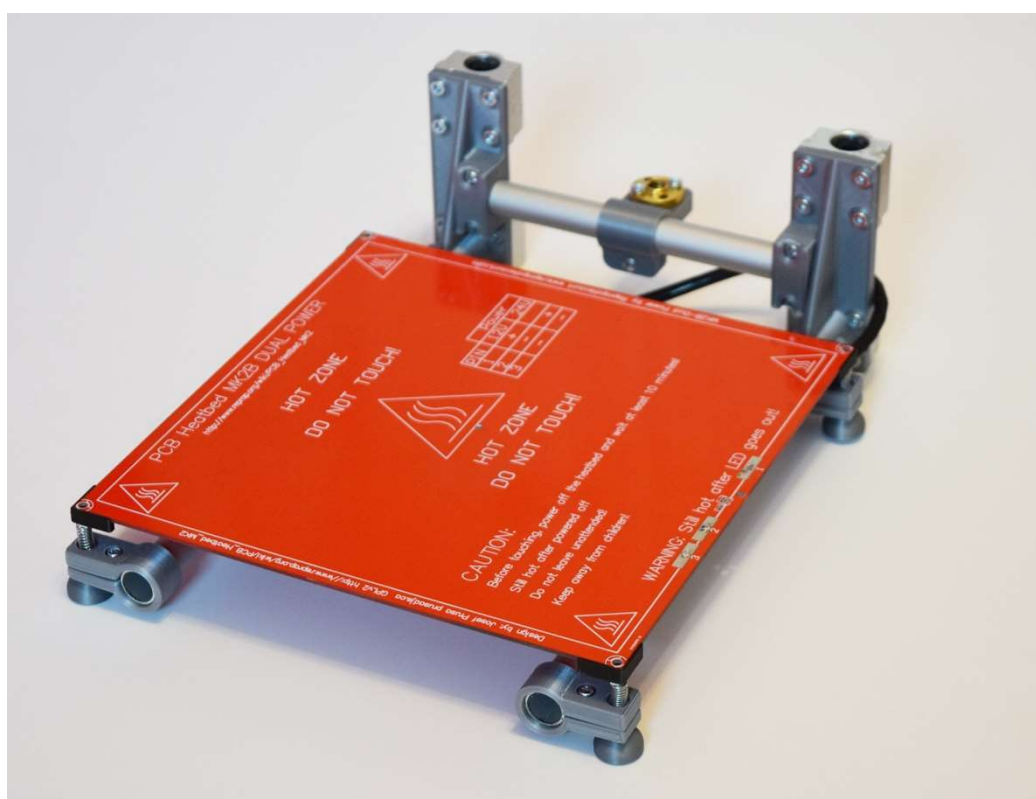


Os Y





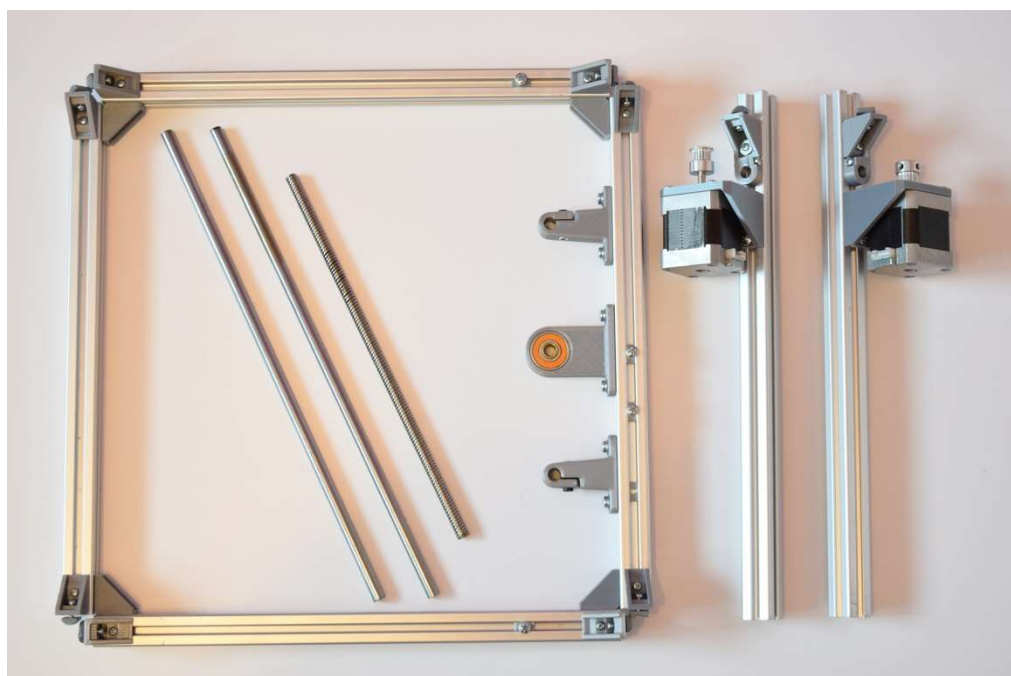
Držiak tlačovej podložky



Výhrevná podložka



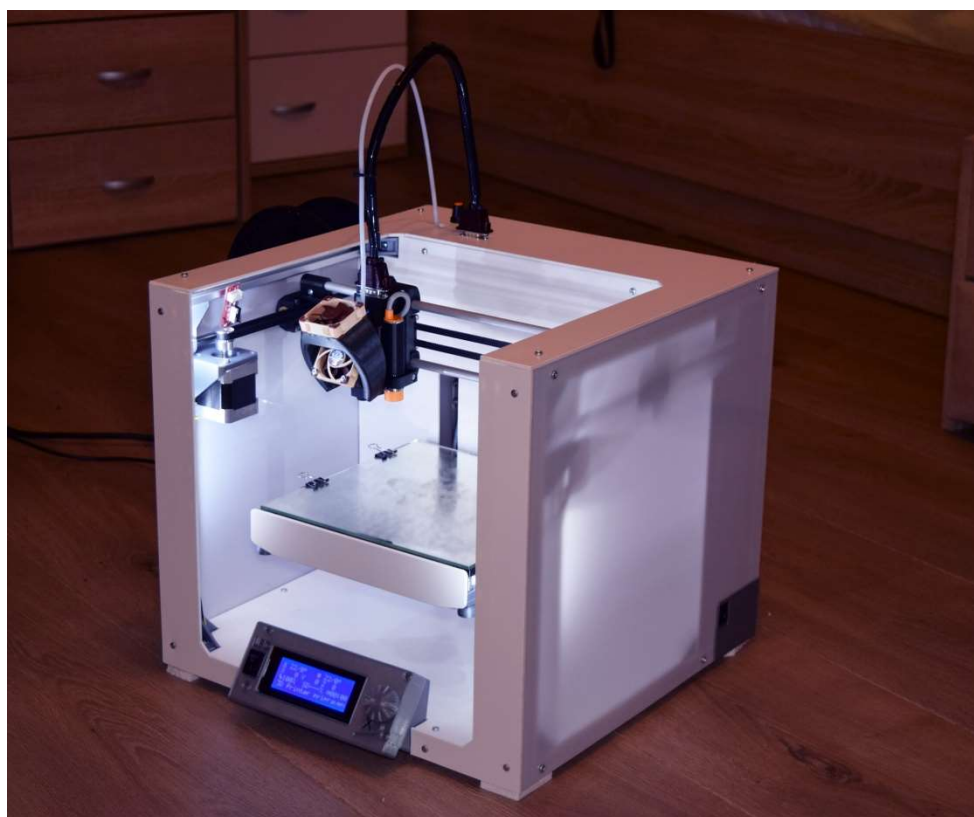
Tlačová hlava



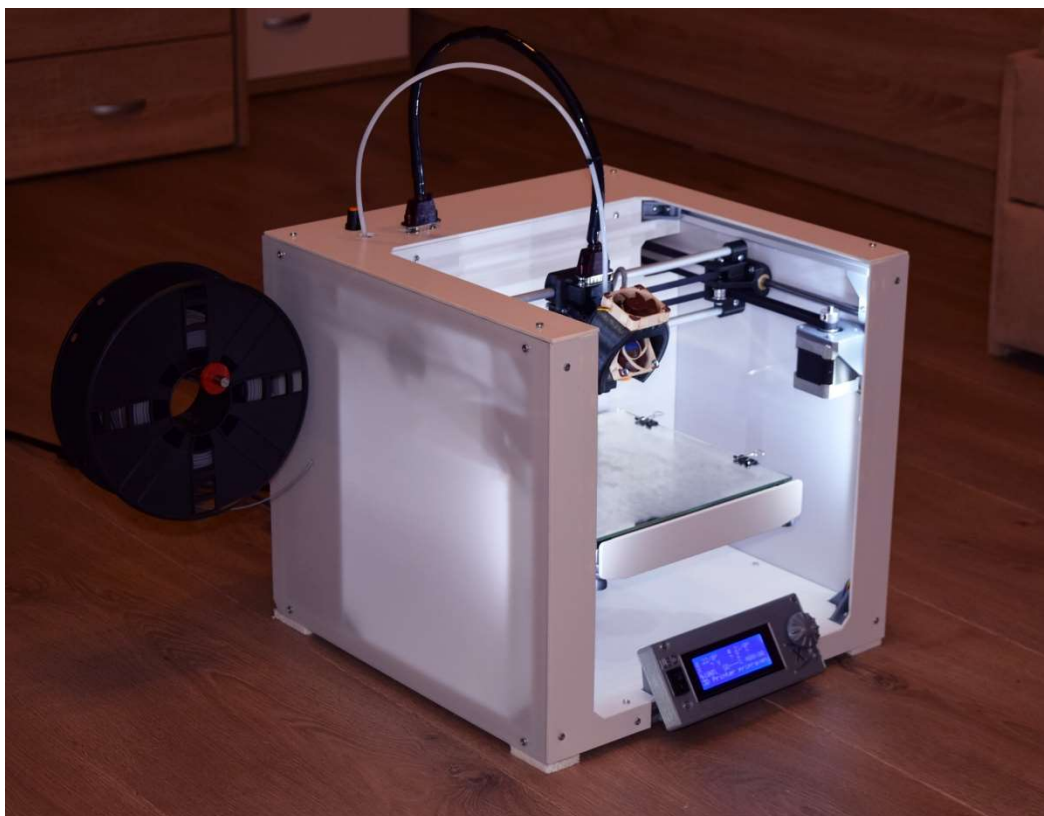
Prvky rámu



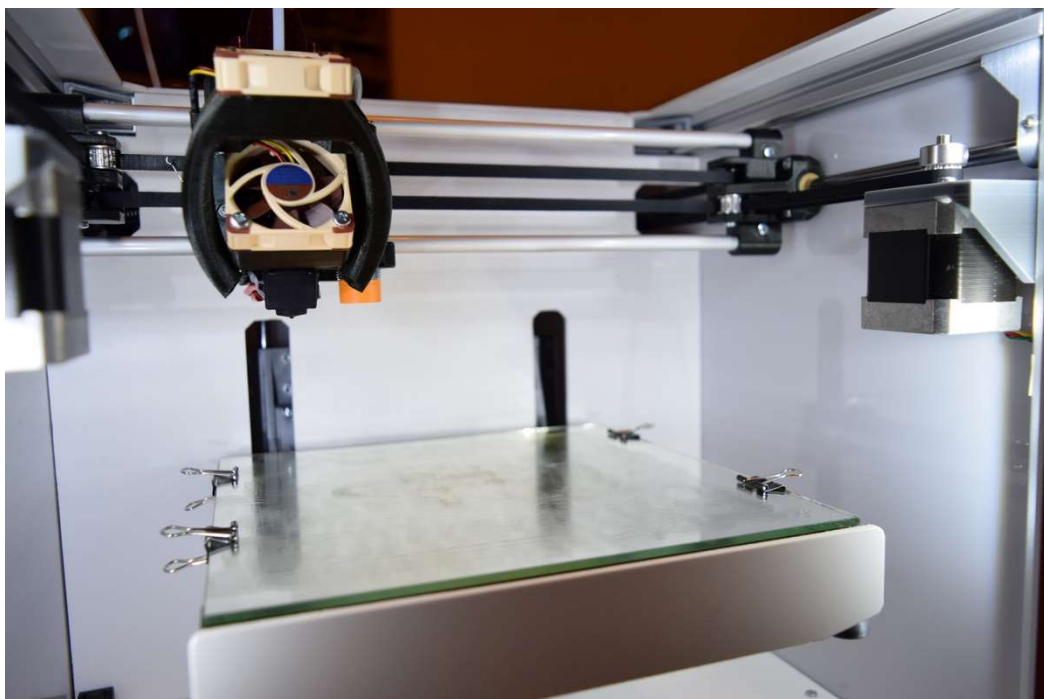
Rám mojej úplne prvej 3D tlačiarne



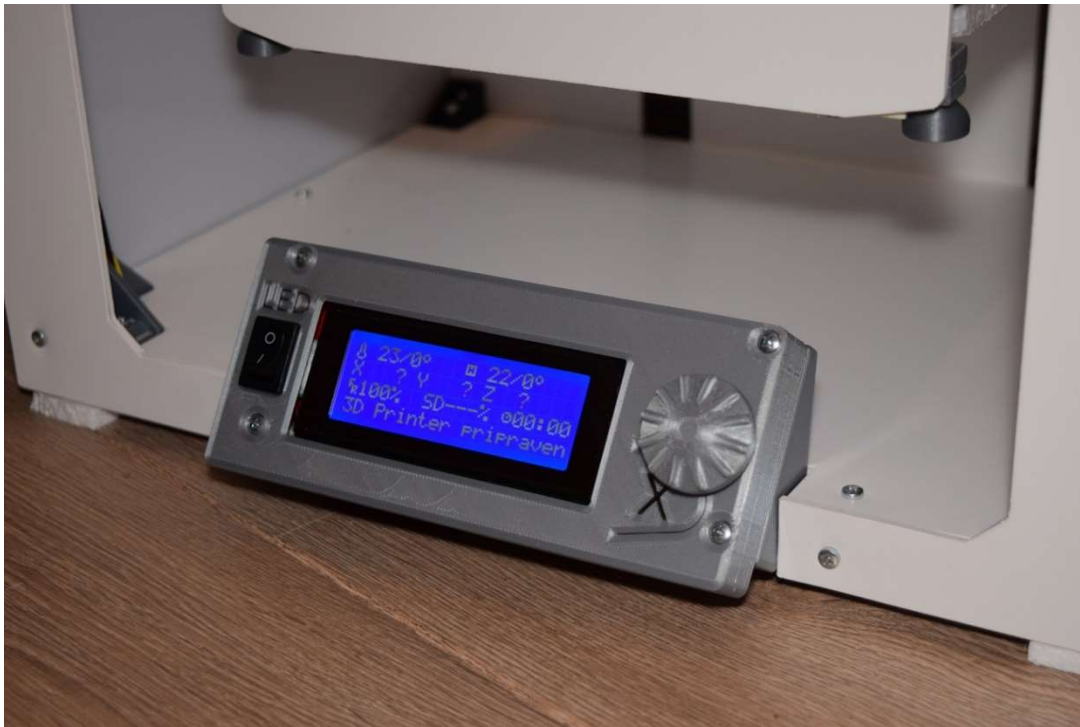
Komplet zložená finálna verzia tlačiarne



Pohľad z druhej strany



Vnútorý priestor



Displej umiestnený vo vytlačenom kryte



Umiestnenie 3D tlačiarne v mojej izbe