

Šolski center Celje

Srednja šola za strojništvo, mehatroniko in medije

# **SNOVANJE, KONSTRUIRANJE IN IZDELAVA 3D-TISKALNIKA**

**RAZISKOVALNA NALOGA**

Avtorja:

Gregor KUŠAR, M- 4. c

Alen KLEVŽE, M- 4. c

Mentor:

Robert OJSTERŠEK, mag. inž.

Mestna občina Celje, Mladi za Celje

Celje, 2016

## **POVZETEK**

3D-tiskanje je vse popularnejše, saj si lahko marsikdo privošči tiskalnik in tiska doma. Drugod po svetu uporabljajo to metodo v gradbeništvu, medicini in proizvodnji, zato lahko rečemo, da je 3D-tiskanje v zadnjih letih v velikem porastu. To je sistem, ki je računalniško voden. Ta metoda je uporabljena povsod, kjer potrebujejo kakršnekoli prototipne izdelke.

## KAZALO

1	UVOD .....	1
2	HIPOTEZE.....	2
3	ZGODOVINA 3D-TISKALNIKOV.....	3
4	POSTOPEK IZDELAVE .....	5
4.1	NAKUP MATERIALA.....	5
4.2	OHIŠJE.....	6
4.3	NOSILCI TISKALNIKA - NOGICE.....	8
4.4	NOSILEC ZA NAVOJNE IN DRSNE PALICE .....	10
4.5	SPODNJI NOSILCI ZA MOTORČKE.....	12
4.6	SPODNJI NOSILCI ZA MOTORČKE.....	13
4.7	DRSNE PALICE Ø6.....	14
4.8	PALICE S TRAPEZNM NAVOJEM.....	14
4.9	ZGORNJI NOSILCI ZA PALICE .....	15
4.10	VODILA ZA TISKALNO POVRŠINO – MIZO .....	16
4.11	NOSILEC ZA GLAVO.....	17
4.12	ZGORNJI NOSILEC DRSNIH PALIC IN PALIC S TRAPEZNM NAVOJEM .....	18
4.13	KORAČNI MOTORČKI NEMA-17 .....	19
4.14	TISKALNA GLAVA – »EKSTRUDER«.....	20
4.15	TISKALNA POVRŠINA – »MIZA«.....	21
4.16	JERMENICE IN JERMEN .....	22
5	MOŽNOSTI NADGRAJEVANJA .....	23
6	ZAKLJUČEK.....	24
7	VIRI.....	25

## KAZALO SLIK

SLIKA 1: PRVI 3D TISKALNIK .....	3
SLIKA 2: NATISKAN HULLOV PORTRET V NACIONALNI DVORANI SLAVNIH IZUMITELJEV.....	3
SLIKA 3: SAMOREZNI VIJAKI Z MATICO (LASTNI VIR) .....	6
SLIKA 3: PROFILI ZA SESTAVO OHIŠJA (LASTNI VIR).....	7
SLIKA 4: OHIŠJE TISKALNIKA (LASTNI VIR).....	7
SLIKA 6: NOSILEC Z NOGICO (LASTNI VIR) .....	8
SLIKA 5: NOGICA, PRIVITA NA NOSILEC (LASTNI VIR) .....	9
SLIKA 6: NA OKVIR PRITRJENI NOSILCI Z NOGICAMI (LASTNI VIR).....	9
SLIKA 9: NARISANI NOSILEC V PROGRAMU SOLIDWORKS (LASTNI VIR) .....	10
SLIKA 7: NATISKANI NOSILEC ZA NAVOJNE IN DRSNE PALICE (LASTNI VIR) .....	10
SLIKA 11: : LEŽAJI ZA PALICE Z TRAPEZNM NAVOJEM (LASTNI VIR).....	11
SLIKA 8: LEŽAJ ZA DRSNE PALICE (LASTNI VIR) .....	11
SLIKA 13: NARISANI NOSILEC ZA MOTORČKE V PROGRAMU SOLIDWORKS (LASTNI VIR).....	12
SLIKA 9: IZDELANI NOSILEC ZA MOTORČKE (LASTNI VIR) .....	12
SLIKA 15: NARISANI NOSILEC ZA MOTORČKE V PROGRAMU SOLIDWORKS (LASTNI VIR).....	13
SLIKA 10: NATISKANI NOSILEC ZA MOTORČKE (LASTNI VIR) .....	13
SLIKA 11: DRSNA PALICA (LASTNI VIR) .....	14
SLIKA 12: PALICA S TRAPEZNM NAVOJEM (LASTNI VIR).....	14
SLIKA 19: MODEL ZGORNJEGA NOSILCA ZA PALICE V PROGRAMU SOLIDWORKS (LASTNI VIR) .....	15
SLIKA 13: NATISKANI MODEL ZGORNJEGA NOSILCA ZA PALICE (LASTNI VIR) .....	15
SLIKA 21: MODEL VODILA ZA MIZO V PROGRAMU SOLIDWORKS (LASTNI VIR) .....	16
SLIKA 14: NATISKANI MODEL VODILA ZA MIZO (LASTNI VIR) .....	16
SLIKA 15: MODEL NOSILCA ZA TISKALNO GLAVO V PROGRAMU SOLIDWORKS (LASTNI VIR) .....	17
SLIKA 16: NATISKAN NOSILEC ZA MOTORČEK S TISKALNO GLAVO (LASTNI VIR) .....	17
SLIKA 26: NOSILEC ZA PALICE V PROGRAMU SOLIDWORKS (LASTNI VIR) .....	18
SLIKA 17: NATISKANI NOSILEC PALIC (LASTNI VIR) .....	18
SLIKA 27: MODEL KORAČNEGA MOTORČKA V PROGRAMU SOLIDWORKS (LASTNI VIR).....	19
SLIKA 18: KORAČNI MOTORČEK NEMA-17 (LASTNI VIR).....	19
SLIKA 29: NARISANA TISKALNA GLAVA V PROGRAMU SOLIDWORKS (LASTNI VIR).....	20
SLIKA 19: TISKALNA GLAVA OZIROMA EKSTRUDER (LASTNI VIR).....	20
SLIKA 20: MODEL PRVEGA DELA TISKALNE MIZE V PROGRAMU SOLIDWORKS (LASTNI VIR).....	21
SLIKA 21: TISKALNA POVRŠINA .....	21
SLIKA 33: ZOBATI JERMEN G2 (LASTNI VIR) .....	22
SLIKA 22: JERMENICI G2 (LASTNI VIR) .....	22
SLIKA 23: ROČAJA S TEČAJI IN PLASTIČNIMI POKROVČKI ZA PROFILE (LASTNI VIR) .....	23

## 1 UVOD

Na trgu so se pred kratkim pojavili prvi 3D-tiskalniki. Njihov namen nas je takoj navdušil in sklenili smo, da bomo naredili svojega. Cilj raziskovalne naloge je, da naredimo 3D-tiskalnik, ki bo lahko tiskal kar se da velike dele iz plastike. Ker je ta projekt zelo obširen, smo se z mentorjem dogovorili, da ga razdelimo na mehanski del in del, povezan z elektroniko. Zamislili smo si okvir tiskalnika z vrati in malo drugačnim sistemom tiskanja, kot ga imajo običajni tiskalniki. Zamisel je namreč, da ima tiskalnik gibljivo tiskalno mizo na z-osi, grelna glava pa se premika po y in x-osi. Naprave nismo izdelovali po kakršnemkoli načrtu že nastalega tiskalnika, pač pa smo načrt skonstruirali sami s pomočjo programa SolidWorks. Še v največjo pomoč pri celotnem postopku izrisovanja so nam bile slike, ki smo jih našli na medmrežju. Te so nam pomagale pri obliki našega izdelka, ne pa tudi pri njegovih merah. Za tiskanje posameznih elementov našega konstrukta smo uporabljali manjši in preprostejši 3D-tiskalnik, ki tiska PLA-plastiko.

## 2 HIPOTEZE

Takšen princip 3D-tiskalnika je trenutno drag. Za napravo takšne kakovosti trenutno odštejemo 2500–5000 evrov. Tiskalniki z enostavnejšim principom tiskanja so cenejši. Izziv nam je bilo narediti enako zmogljiv, natančen in uporaben tiskalnik, kot jih uporabljajo manjša podjetja, toda cenovno mnogo ugodnejši.

Postavili smo si naslednje hipoteze:

- Zgraditi delujoč sistem, podoben drugim.
- Zgraditi sistem, ki se lahko primerja z drugimi, dražjimi tiskalniki.
- Porabiti čim manj denarja.
- Izdelati čim več elementov.

### 3 ZGODOVINA 3D-TISKALNIKOV

O 3D-tehnologiji se je prvič začelo govoriti leta 1980. Danes ne tako prepoznaven Američan Charles (Chuck) Hull je leta 1983 predstavil javnosti prvi 3D-tiskalnik. Vreden je bil približno 100.000 dolarjev.



Slika 1: prvi 3D tiskalnik



Slika 2: Natiskan Hullov portret v nacionalni dvorani slavnih izumiteljev

Leta 1990 je 3D-tiskanje doživelo vzpon. Družba imenovana 3D-systems je razvila tiskalnik pod imenom SLA. Ta tiskalnik je bil prvi, ki je bil praktičen, uporaben. Čez dve leti so razvili Laser Sintering (SLS). Nato so naslednje leto razvili tiskalnik CJP, ki je lahko tiskal z več barvami hkrati. 1996 so razvili tako imenovani MultiJet 3D, ki je tiskal podobno, kot tiskajo danes tiskalniki nižjega cenovnega razreda. Tiskal je plasti, uporabljal pa je tudi plasti, ki so podpirale plasti. leta 2000 je 3D-tiskanje postalo popularno v industriji, toda še zmeraj je bilo predrago za množično uporabo. Nato so sistem skozi leta nadgrajevali in izboljšali natančnost in čas tiskanja. Nato se je leta 2007 na trgu pojavil prvi sistem, ki je stal manj kot 10 000 dolarjev. To je omogočilo več podjetjem in celo nekateri posameznikom, da so si lahko privoščili 3D-tiskalnik. Nato so sledile razne nadgradnje in eksperimenti, kot so: prva natisnjena umetna noga (leta 2008), prvi natisnjen avto (leta 2011) in prva natisnjena delujoča puška (leta 2013). »Danes se 3D-tiskanje še vedno dojema kot tehnološko rešitev, vendar je prihodnost 3D-tiskanja bolj poslovna rešitev.« (Joe Allison, predsednik SDM-Stratasys Direct Manufacturing).

## 4 POSTOPEK IZDELAVE

### 4.1 NAKUP MATERIALA

Za izdelavo mehanskega dela 3D-tiskalnika sva naredila raziskavo in ugotovila, da potrebujeva naslednje mehanske komponente:

- 7,5 m aluminijastih profilov 30 x 30 (cena:57.72 €)
- 16 kotnih matic z vijaki 30CF (cena:45.60 €)
- 10 samoreznih vijakov M6 (cena:0.85 €)
- 4 nogice M8 (cena:18.00 €)
- 4 nosilci za nogice (cena:53.60 €)
- 16 drsnih ležajev (cena:5.70 €)
- 4 Matice za trapezne navoje (cena:3.53 €)
- 6 m drsnih palic Ø6 (cena:100.15 €)
- 2 m palic s trapeznim navojem (cena:42.35 €)
- 10 m zobatega jermena G2 (cena:10.10 €)
- 5 jermenic G2 (cena:6.13 €)

## 4.2 OHIŠJE

Najprej sva na medmrežju izbrskala 3D-tiskalnik, ki sva ga imela za vzorec našega novega tiskalniku. Nato sva izrisala 3D-načrt oziroma shemo ohišja v programu SolidWorks, v katerem sva določila mere in izgled ogrodja. Ko sva bila zadovoljni z dolžinami stranic ohišja, sva naročila profile, vijake, matice, gumijaste tačke, nosilce za nogice, tečaje in ročke pri podjetju Minitec. Ko so elementi prispeli, sva začela s sestavo ogrodja.

Ohišje 3D-tiskalnika sva sestavila iz aluminijastih profilov s T-utorom 30 x 30, zaradi katerih je celoten konstrukt kompaktnjši in čvrst, a zato tudi težji. Ti so sklenjeni s samoreznimi vijaki in maticami, ki so sestavljeni z vzmetmi in tako omogočajo lažjo montažo. Na profile sva privila aluminijaste nosilce za motorčke, vodila za navojne in drsne palice, ki sva jih natisnila s pomočjo manjšega tiskalnika.



Slika 3: Samorezni vijaki z matico (lastni vir)



Slika 4: Profili za sestavo ohišja (lastni vir)



Slika 5: Ohišje tiskalnika (lastni vir)

### 4.3 NOSILCI TISKALNIKA - NOGICE

Na spodnjo stran ohišja sva privijačila nogice, zaradi katerih je naš tiskalnik samostoječ. Že vnaprej sva razmišljala, da bova s pomočjo teh pridobila nekaj centimetrov prostora za ostale elemente. Garantirajo stabilnost tiskalnika in omogočajo njegovo delovanje ne glede na položaj površine na stoji. S tem sva zaščitila tudi obrabo profilov.



Slika 6: Nosilec z nogico (lastni vir)



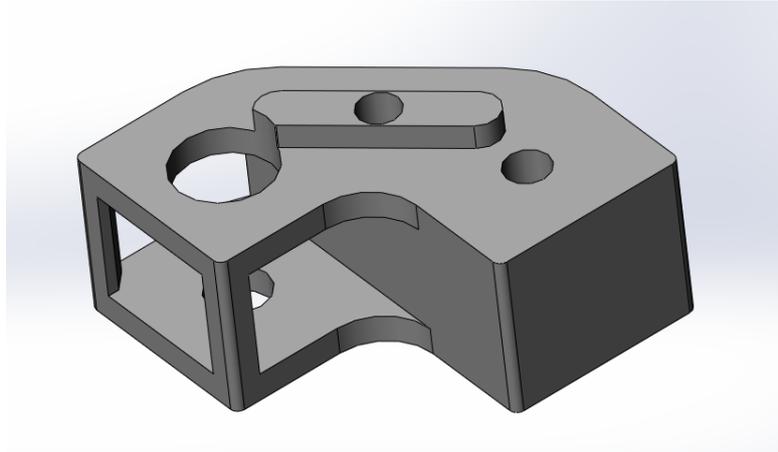
Slika 7: Nogica, privita na nosilec (lastni vir)



Slika 8: Na okvir pritrjeni nosilci z nogicami (lastni vir)

#### 4.4 NOSILEC ZA NAVOJNE IN DRŠNE PALICE

Na podlagi nosilcev za nogice sva skonstruirala model, s katerim bi fiksirala navojne palice in palice s trapeznim navojem. V natiskani nosilec za navojne in drsne palice sva vstavila vodila, ki omogočajo stabilnost navojnih in drsni palic ter kakovostno in enakomerno drsenje vodil s tiskalno glavo.



Slika 9: Narisani nosilec v programu SolidWorks (lastni vir)



Slika 10: Natiskani nosilec za navojne in drsne palice (lastni vir)



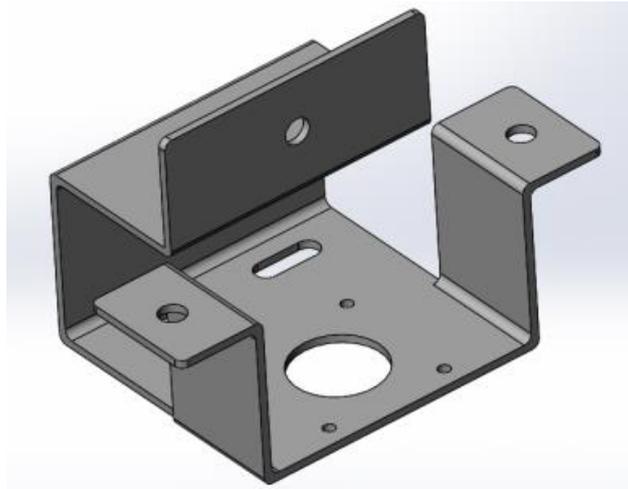
Slika 11: : Ležaji za palice z trapeznim navojem (lastni vir)



Slika 12: Ležaj za drsne palice (lastni vir)

## 4.5 SPODNJI NOSILCI ZA MOTORČKE

S pomočjo programa SolidWorks sva narisala nosilce za koračne motorčke, ki sva jih pritrdila na spodnjo levo in spodnjo desno stran okvirja. Motorčki na teh nosilcih bodo pomikali grelni mizo v smeri z-osi. Plošče aluminija sva lasersko izrezala in polizdelek zakrivila s pomočjo stroja za ukrivljanje.



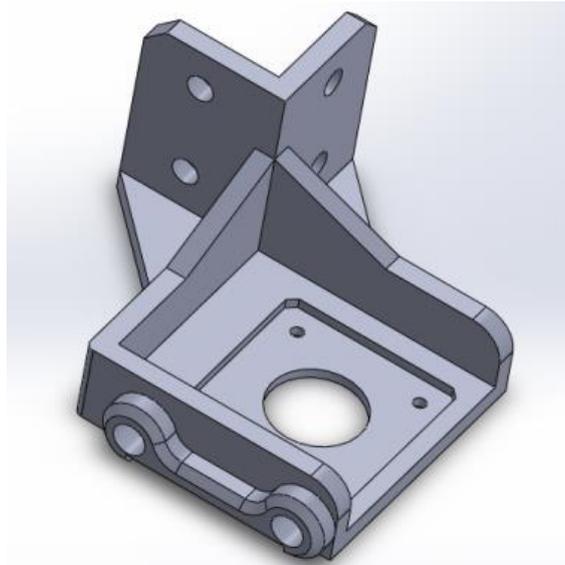
Slika 13: Narisani nosilec za motorčke v programu SolidWorks (lastni vir)



Slika 14: Izdelani nosilec za motorčke (lastni vir)

## 4.6 SPODNJI NOSILCI ZA MOTORČKE

Narisala sva tudi nosilca za koračne motorčke, ki sva ju privila v desna zgornja kota okvirja. Motorčki na teh nosilcih bodo pomikali nosilce z grelno glavo v smeri y-osi. Tudi ta dva elementa sva natisnila z manjšim tovrstnim tiskalnikom.



Slika 15: Narisani nosilec za motorčke v programu SolidWorks (lastni vir)



Slika 16: Natiskani nosilec za motorčke (lastni vir)

#### 4.7 DRSNE PALICE Ø 6

Drsne palice sva naročila pri dobavitelju Intercom Celje. Ko so elementi prispeli, sva jih s kotnim brusilnikom narezala na ustrezne dolžine. Ker so palice kaljene, sva namesto ročne žage uporabila kotni brusilnik. Da bi se palice lažje prilegale vodilom, sva jih na robovih pobrusila s kolutnim brusilnim strojem. Palice sva uporabila za gladek in natančen pomik nosilcev z grelno glavo v smeri x, y in z-osi.



Slika 17: Drsná palica (lastni vir)

#### 4.8 PALICE S TRAPEZNIM NAVOJEM

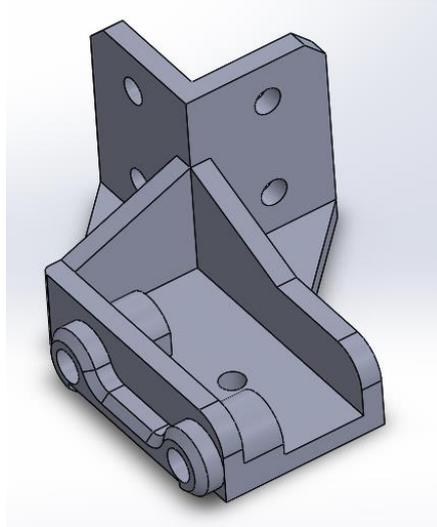
Pri istem dobavitelju sva naročila tudi palice s trapeznim navojem. Elemente sva narezala na ustrezne dolžine po istem postopku kot drsne palice. Da bi se palice lažje prilegale vodilom, sva jih na robovih pobrusila s kolutnim brusilnim strojem. Palice sva uporabila za natančen pomik grelne mize po z-osi.



Slika 18: Palica s trapeznim navojem (lastni vir)

## 4.9 ZGORNJI NOSILCI ZA PALICE

Narisali sva tudi nosilca za drsne palice in palice s trapeznim navojem, ki sva ju namestila vzporedno z zgornjimi nosili za motorčka. Nosilca sta ožja kot natiskana nosilca za motorčke, ker nista namenjena nosilnosti motorjev temveč nosilnosti palic. Tudi ta dva elementa sva natisnili z manjšim tovrstnim tiskalnikom.



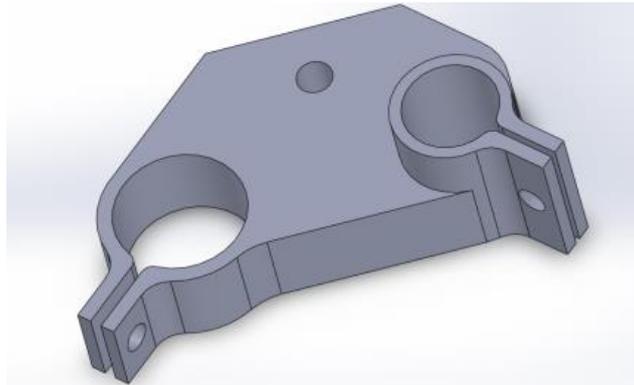
Slika 19: Model zgornjega nosilca za palice v programu SolidWorks (lastni vir)



Slika 20: Natiskani model zgornjega nosilca za palice (lastni vir)

#### 4.10 VODILA ZA TISKALNO POVRŠINO – MIZO

Natiskani vodili za tiskalno površino sva vpela na drsne palice in palice s trapeznim navojem. Ta štiri vodila so namenjena nosilnosti tiskalne mize, ki drsi vzporedno z osjo. V te modele sva vstavila drsne kroglične ležaje in matice za trapezne navoje, zaradi katerih potuje vodilo z veliko natančnostjo.



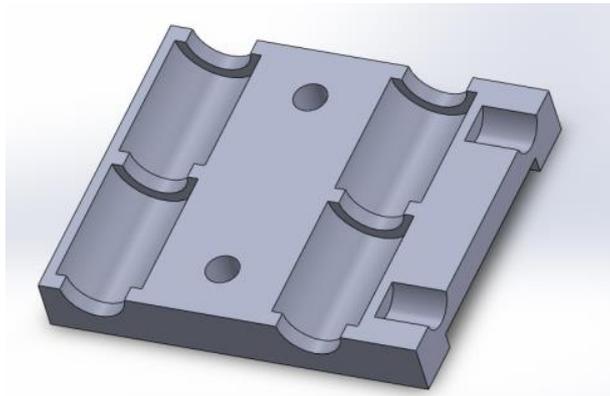
Slika 21: Model vodila za mizo v programu SolidWorks (lastni vir)



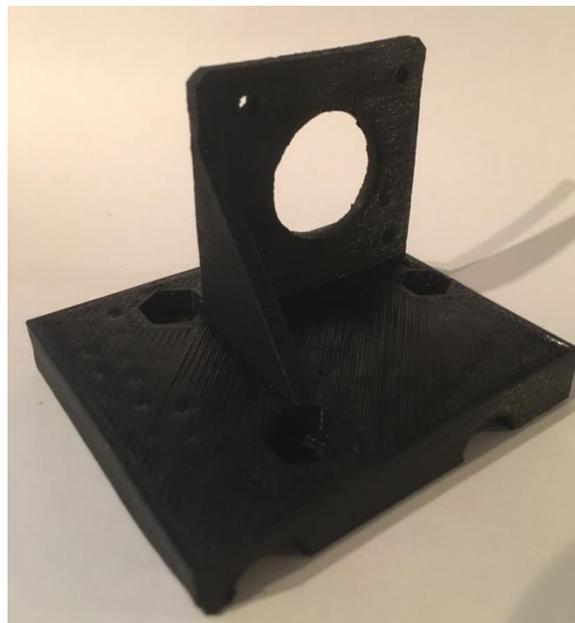
Slika 22: Natisnani model vodila za mizo (lastni vir)

#### 4.11 NOSILEC ZA GLAVO

Nosilce za tiskalno glavo sva skonstruirala tako, da se ta element sestavi iz dveh delov. V natiskani element sva vstavila štiri drsne kroglične ležaje za bolj gladek pomik nosilca po drsni palici, ki sva jih pred tem vstavila v zgornje nosilce za palice. Hkrati pa sva vstavila tudi dve drsni palici, ki povezujeta oba tovrstna nosilca z leve in desne strani okvirja. Celoten konstrukt sva spojila z vijaki, ki so se prilagajali izvrtinam.



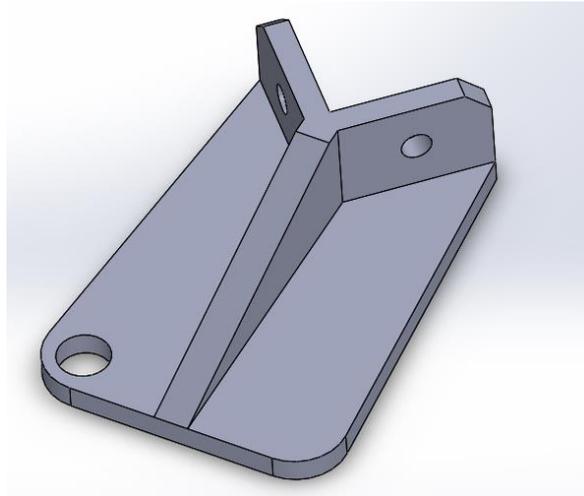
Slika 23: Model nosilca za tiskalno glavo v programu SolidWorks (lastni vir)



Slika 24: Natiskan nosilec za motorček s tiskalno glavo (lastni vir)

#### 4.12 ZGORNJI NOSILEC DRSNIH PALIC IN PALIC S TRAPEZNYM NAVOJEM

Nosilec je natiskan z namenom, da so nanj pričvrščene drsne palice in palice s trapeznim navojem. Natisnila sva ga z že omenjenim tiskalnikom in ga z vijaki in maticami za profile privila na zgornja robova okvirja.



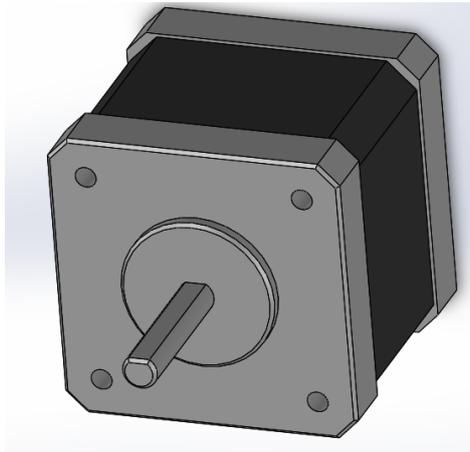
Slika 25: Nosilec za palice v programu SolidWorks (lastni vir)



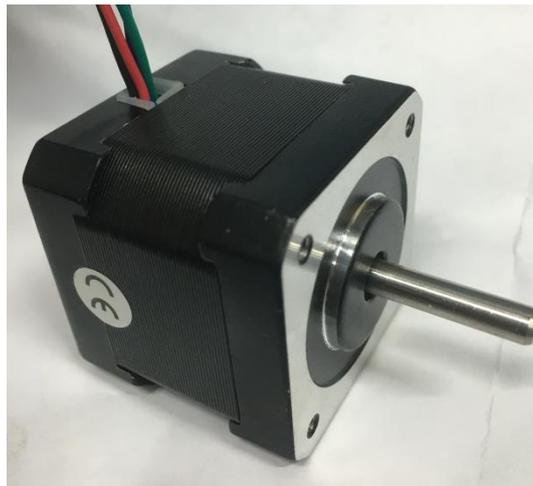
Slika 26: Natiskani nosilec palic (lastni vir)

### 4.13 KORAČNI MOTORČKI NEMA-17

Po sestavi nosilcev za palice in vstavljanju palic v ležaje sva na vse našete nosilce za motorčke privila koračne motorčke NEMA-17, ki sva jih naročila preko spleta. Ti motorčki imajo dvesto korakov in omogočajo večjo natančnost pri pomiku osi in posledično večjo natančnost samega tiskanja tiskalnika.



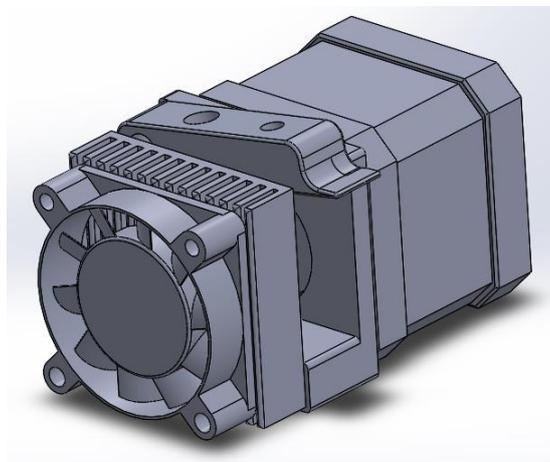
Slika 27: Model koračnega motorčka v programu SolidWorks (lastni vir)



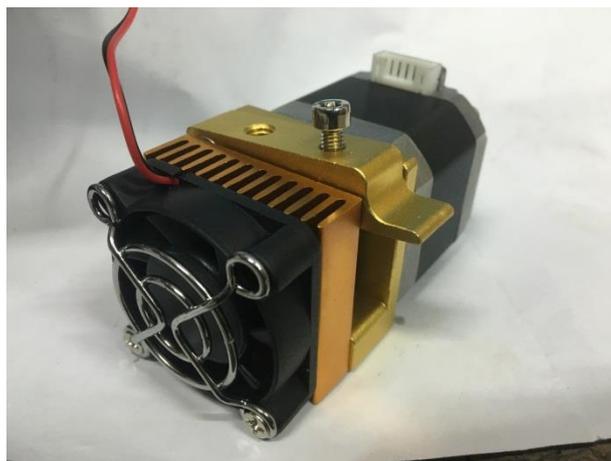
Slika 28: Koračni motorček NEMA-17 (lastni vir)

#### 4.14 TISKALNA GLAVA – »EKSTRUDER«

Tiskalna glava je namenjena segrevanju in enakomernemu dodajanju plastike na tiskalno površino. Ta element sva naročila preko spleta, zato sva imela problem le v tem, kako ga primerno namestiti v sistem. Zaradi lažje predstave sva morala izrisati tudi tiskalno glavo oz. ekstruder. S pomočjo tega elementa sva skonstruirali še vse potrebne nosilce, ki sva jih potrebovala za pričvrstitev tiskalne glave v sistem.



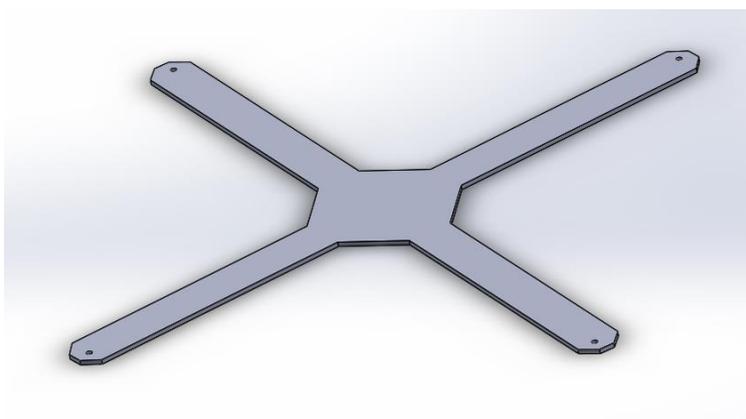
Slika 29: Narisana tiskalna glava v programu SolidWorks (lastni vir)



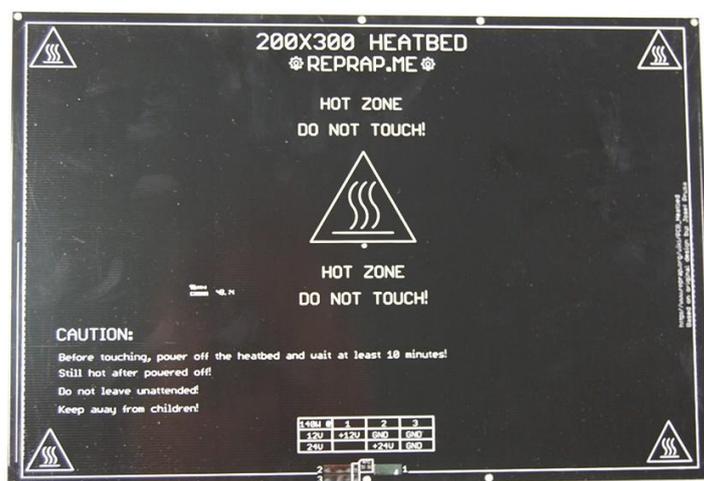
Slika 30: Tiskalna glava oziroma ekstruder (lastni vir)

## 4.15 TISKALNA POVRŠINA – »MIZA«

Ko sva se prepričala, da se glava giblje tako, kot sva želela, sva nadaljevala z izdelavo tiskalne mize. Miza je sestavljena iz dveh delov. Prvi del ima obliko x in je pritrjen na vodila. Drugi del mize, na katerem tiskamo, je snemljiv, saj lahko zelo enostavno vzamemo stiskani del z mizo iz tiskalnika.



Slika 31: Model prvega dela tiskalne mize v programu SolidWorks (lastni vir)



Slika 32: Tiskalna površina

#### 4.16 JERMENICE IN JERMEN

Jermenice in jermen sva nameravala kupiti v prodajalni Intercom Celje, vendar nama elementi niso ustrezali. Zato sva morala zelene elemente poiskati in naročiti preko spleta. Na paket smo dolgo čakali in izgubili veliko časa za nadaljevanje našega projekta. Na osi motorjev sva pritrdila jermenice z dvajsetimi zobmi. Za povezavo celotnega sistema sva porabila 10 m zobatega jermena.



Slika 33: Zobati jermen G2 (lastni vir)



Slika 34: Jermenici G2 (lastni vir)

## 5 MOŽNOSTI NADGRAJEVANJA

Načrtujemo, da bi dodali še eno grelno glavo, s katero bomo lahko tiskali v več barvah. Pod grelno mizo nameravamo pritrđiti ventilatorje, ki bodo hladili plastiko. Posledica teh nadgradenj je hitrejše in kvalitetnejše tiskanje izdelkov. Za večjo zaščito pred morebitnimi poškodbami bi namestili pleksi steklo na okvir tiskalnika. V tem šolskem letu smo nakupili ročke za nošenje tiskalnika, ročke za odpiranje sprednjih vrat in tečajje, ki smo jih nameravali dograditi. Zaradi primanjčovanja časa smo bili primorani te elemente opisati v sklopu možnosti nadgrajevanja.



Slika 35: Ročaja s tečajji in plastičnimi pokrovčki za profile (lastni vir)

## 6 ZAKLJUČEK

Naloga je bila zahtevnejša, kot smo pričakovali. Ker smo veliko naročali preko e-baya, smo preveč časa čakali na sestavne dele. Tudi tisti deli, ki smo jih natisnili v šoli, so se morali tiskati štiriindvajset ur na dan. Zaradi omenjenega smo imeli velik časovni zaostanek. Pri hipotezi o denarju in izdelavi komponent smo se ušтели. Načrtovali smo, da porabimo čim manj denarja in da naredimo sami čim več delov. Ti dve hipotezi smo ovrgli, ker smo porabili več denarja, kot smo predvidevali. Prav tako smo večino delov kupili in jih nismo toliko izdelali sami, kot smo na začetku predvidevali. Kljub temu smo zgradili sistem, ki je podoben že obstoječim. Lahko se primerja s tiskalniki, ki so natančnejši in so v višjem cenovnem razredu.

## 7 VIRI

[1] *Citat* (online). (citirano 23. 2. 2016). Dostopno na naslovu:

<http://fortune.com/2015/09/17/3d-printing-future-of-manufacturing/>

[2] *Slika tiskalne površine* (online). (citirano 23. 2. 2016). Dostopno na naslovu:

[https://www.google.si/search?q=printing+bed&biw=1920&bih=963&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKewjtl8eN\\_K7LAhXqKJoKHeVFCscQsAQIGQ#imgrc=OAILjHt\\_Z1QupM%3A](https://www.google.si/search?q=printing+bed&biw=1920&bih=963&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKewjtl8eN_K7LAhXqKJoKHeVFCscQsAQIGQ#imgrc=OAILjHt_Z1QupM%3A)

[3] *Splošno o 3D-tiskalnikih* (online). (citirano 23. 2. 2016). Dostopno na naslovu:

[https://en.wikipedia.org/wiki/3D\\_printing](https://en.wikipedia.org/wiki/3D_printing)

[4] *Zgled 3D-tiskalnika* (online). (citirano 23. 2. 2016). Dostopno na naslovu:

<http://3dprintersuperstore.com.au/collections/frontpage/products/3dfactories-profi3dmaker-3d-printer>

[5] *Zgodovina tiskanja* (online). (citirano 23. 2. 2016). Dostopno na naslovu:

<http://www.avplastics.co.uk/3d-printing-history>

[6] *Zgodovina tiskanja2* (online). (citirano 23. 2. 2016). Dostopno na naslovu:

<http://www.3dsystems.com/about-us>