

# Razvoj, proračun i modeliranje tro-osne CNC glodalice

---

Švegović, Mario

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Technical College in Bjelovar / Visoka tehnička škola u Bjelovaru**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:144:700923>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-04-02**



Repository / Repozitorij:

[Digital Repository of Bjelovar University of Applied Sciences](#)



**VISOKA TEHNIČKA ŠKOLA U BJELOVARU**

ZAVRŠNI RAD br: 01/MEH/2017

**Razvoj, proračun i modeliranje tro-osne CNC  
glodalice**

Mario Švegović

Bjelovar, travanj 2017

**VISOKA TEHNIČKA ŠKOLA U BJELOVARU**

ZAVRŠNI RAD br: 01/MEH/2017

**Razvoj, proračun i modeliranje tro-osne CNC  
glodalice**

Mario Švegović

Bjelovar, travanj 2017



**Visoka tehnička škola u Bjelovaru**

**Trg E. Kvaternika 4, Bjelovar**

## 1. DEFINIRANJE TEME ZAVRŠNOG RADA I POVJERENSTVA

Kandidat: **Šveговиć Mario** Datum: 27.02.2017.

Matični broj:000912

JMBAG: 0314008969

Kolegij: **PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM**

Naslov rada (tema): **Razvoj, proračun i modeliranje tro-osne CNC glodalice**

Područje: **Tehničke znanosti**

Polje: **Strojarstvo**

Grana: **Proizvodno strojarstvo**

Mentor: **Tomislav Pavlic, mag.ing.mech.**

zvanje: **viši predavač**

**Članovi Povjerenstva za završni rad:**

1. **mr.sc. Stjepan Golubić, predsjednik**
2. **Tomislav Pavlic, mag.ing.mech., mentor**
3. **Božidar Hršak, mag.ing.mech., član**

## 2. ZADATAK ZAVRŠNOG RADA BROJ: 01/MEH/2017

Na temelju specifičnih zahtjeva kupca, potrebno je izraditi tro-osnu CNC glodalicu, radnih hodova X-osi 800 mm, Y-osi 800 mm, Z-osi 200 mm. Opisati modeliranje sklopa glodalice, izraditi dokumentaciju za izradu stroja. Objasniti postupak odabira mehaničkih komponenata te proračune prema kojima su komponente odabrane. Prema navedenoj dokumentaciji i proračunima izraditi stroj, testirati i pustiti stroj u pogon. Kao pogonski sustav koristiti koračne motore Nema23, kao upravljačku jedinicu koristiti osobno računalo i programski alat Mach3. Testirati radne karakteristike stroja u stvarnoj obradi.

Zadatak uručen: 27.02.2017.

Mentor: **Tomislav Pavlic, mag.ing.mech.**



Zahvaljujem se svome mentoru profesoru mag.ing.mech. Tomislavu Pavlic, na korisnim savjetima, pomoći i trudu pri izradi završnog rada.

# Sadržaj

<b>1. UVOD</b> .....	<b>4</b>
<b>2. CNC GLODALICA OPĆENITO</b> .....	<b>5</b>
2.1 <i>Prednosti CNC glodalice</i> .....	6
2.2 <i>Nedostaci CNC glodalica</i> .....	7
<b>3. PRORAČUN KOMPONENTI</b> .....	<b>9</b>
3.1 <i>Režimi rada stroja</i> .....	9
<b>4. MEHANIČKE KOMPONENTE</b> .....	<b>14</b>
4.1 <i>Kuglično navojno vreteno</i> .....	16
<b>5. ELEKTRONIČKE KOMPONENTE</b> .....	<b>23</b>
5.1 <i>Koračni motori</i> .....	23
5.2 <i>Driver za koračni motor</i> .....	25
<b>6. PROGRAM MACH 3</b> .....	<b>28</b>
<b>7. ZAKLJUČAK</b> .....	<b>34</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>37</b>

## POPIS SLIKA

Slika 1.1. Model sklopa CNC glodalice .....	4
Slika 2.1. Istosmjerno glodanje .....	5
Slika 2.2. Protusmjerno glodanje.....	6
Slika 4.1. Aluminijski profil.....	14
Slika 4.2. Linearne vodilice HIWIN 15 .....	14
Slika 4.3. Klizač HIWIN 15CC ZA.....	15
Slika 4.4. Klizač HIWIN HGH 15CA ZO .....	15
Slika 4.5. Kuglična navojna vretena .....	16
Slika 4.6. Navojno vreteno 1610 .....	16
Slika 4.7. Navojna matica ISEL M16.....	17
Slika 4.8. Blok kućišta navojne matice Y-osi .....	17
Slika 4.9. Blok kućište navojne matice X-osi .....	18
Slika 4.10. Blok kućište navojne matice Z-osi .....	18
Slika 4.11. Bočni nosači X i Z osi .....	19
Slika 4.12. Nosač vodilice X-osi .....	19
Slika 4.13. Nosač koračnog motora.....	20
Slika 4.14. Kućište ležaja .....	20
Slika 4.15. Nosač blok kućišta matice Y-osi .....	21
Slika 4.16. Nosač Z-osi .....	21
Slika 4.17. Nosač obradne glave .....	22
Slika 5.1. Koračni motor .....	23
Slika 5.2. Dimenzije koračnog motora .....	24
Slika 5.3. Driver .....	25
Slika 5.4. Shema drivera DM542 .....	26
Slika 5.5. Shematski prikaz spajanja drivera, koračnog motora i napajanja .....	27
Slika 5.6. Konektor za paralelni port.....	27
Slika 6.1. Odabir mjernog sustava.....	28
Slika 6.2. Engine Configurator meni .....	28
Slika 6.3. Motor Output submeni .....	29
Slika 6.4. Input signal submeni .....	29
Slika 6.5. Sklop stroja .....	33

## POPIS TABLICA

Tablica 3-1 Navojno vreteno HIWIN1610-R 3E.....	9
Tablica 3-2 Režimi rada CNC glodalice.....	10
Tablica 6-1 G funkcije.....	30
Tablica 6-2 M funkcije.....	32



## POPIS OZNAKA

CAD - dizajn potpomognut računalom (*eng. Computer-Aided Design'*)

CAM - proizvodnja potpomognuta računalom (*eng. Computer-Aided Manufacturing*)

$C_0$  -statička nosivost [N]

$C_d$  -dinamička nosivost [N]

$d_0$ - nazivni promjer navojnog vretena [mm]

F- sila [N]

$F_m$ - prosječna sila [N]

$f_{FC}$ -korektivni faktor ležajeva

$f_{n,kr}$ -korektivni faktor uležištenja

G - pripremna funkcija koja najčešće određuje vrstu gibanja (brzo, sporo, kružno...)

L-životni vijek [okr]

l-radni hod matice [mm]

$L_h$ -životni vijek [h]

$L_{h,izr}$ -izračunati životni vijek u satima [h]

$L_{izr}$ -proračunati životni vijek [okr]

$l_{kr}$ -kritični radni hod matice [mm]

M – pomoćne funkcije, najčešće za funkcije stroja

M-moment [Nm]

$n_{dop}$ -dopuštena brzina vrtnje

$n_{kr}$ -kritična brzina vrtnje

P-korak vretena [mm]

STL - standardni mozaički jezik (*eng. Standard Tessellation Language*)

$\mu$ -faktor trenja

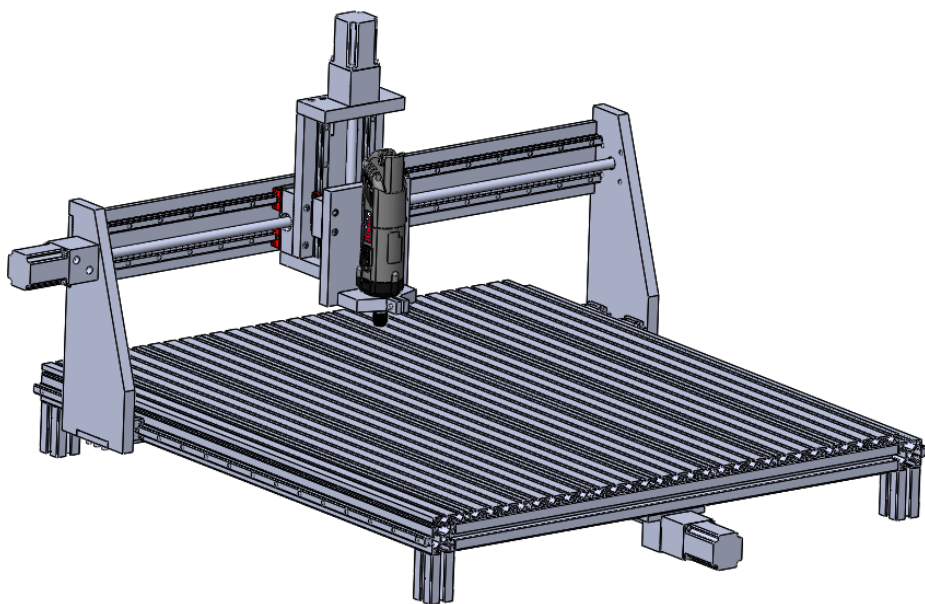
$\mu_t$ - teorijska efikasnost

$\eta$ - efikasnost

## 1. UVOD

Tema ovog rada je razvoj, proračun i modeliranje tro-osne CNC glodalice prema narudžbi kupca. Zahtjevi kupca podrazumijevaju korištenje koračnih motora, modularne mehaničke komponente te program za upravljanje CNC glodalice kako bi bio pristupačan široj populaciji. Na osnovu ovog rada planira se izrada CNC glodalice istih karakteristike. Kao pogonski sklop koriste se koračni motori NEMA 23 koji su upravljani programom MACH 3. Okvir stroja sastavljen je od aluminjskih profila. Linearne vodilice sa klizačima koriste se zbog veće nosivosti u odnosu na okrugle vodilice te mogućnosti većih brzina obrade materijala. Princip rada CNC glodalice ovisi o nekoliko faktora, a to su vrsta pogona, dimenzije navojnih vretena te brzini obrade materijala. Program ili jezik koji se koristi za upravljanje zajednički je za sve strojeve koji su upravljani računalom, a to je G-code. Odgovarajući 3D model generira se u G-code pomoću CAM programa kao što su SolidCam-a, MasterCam itd., gdje se definira vrsta obrade i sa kojim alatom će se obradak obrađivati. G-code se može pisati ili postojeće programe mijenjati i prilagođavati potrebama obrade. G-code ustvari sadrži kordinate koje računalo šalje u obliku impulsa na svaku pojedinačnu os odnosno na koračne elektromotore.

U današnje vrijeme industrija bez CNC glodalica i tokarilica je nezamisliva. Potreba za većim brojem komada pojedinih proizvoda u što kraćem roku i sa zadovoljavajućom kvalitetom moguća je jedino na ovakav način.[1]

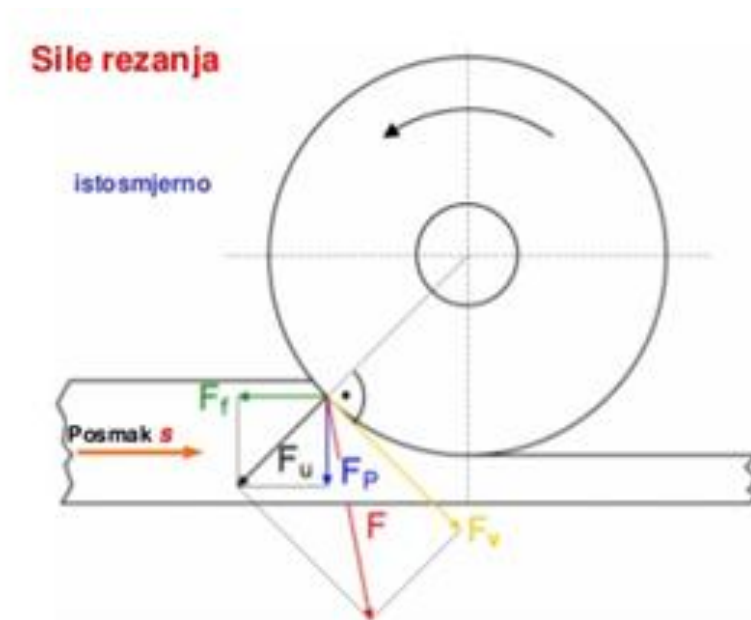


Slika 1.1. Model sklopa CNC glodalice

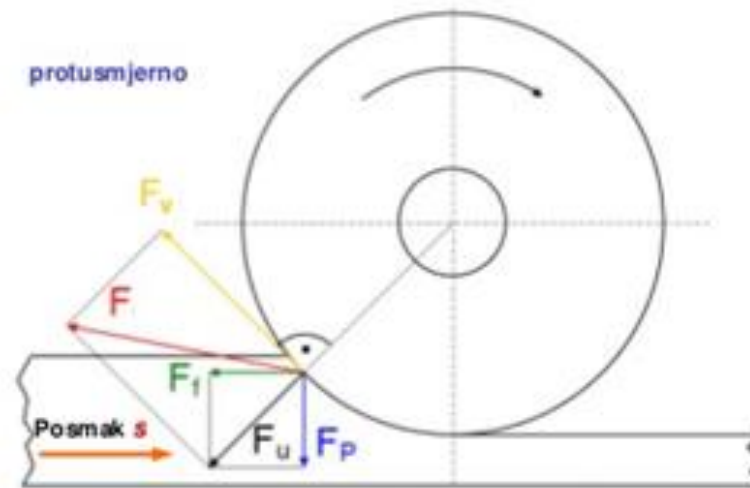
## 2. CNC GLODALICA OPĆENITO

**CNC glodalica** je alatni stroj koji služi za obradu materijala. Upravljanje se vrši automatski preko računala (CNC - engl. *Computer Numerical Control*). Korištenjem novih tehnologija moguće je izraditi CNC glodalice sa 3 osi, 4 osi i 5 osi. Tim postupkom mogu se obraditi ravne plohe, prizmatični žljebovi i utori, zupčanici, navoji, te uzdužno i prostorno profilirati površine do najzahtjevnijih 3D oblika (npr. izrada lopatica turbine s pet osnom glodalicom). Glodanje je postupak obrade skidanjem čestica kod kojeg alat obavlja glavno gibanje. Posmično gibanje je uvijek pod nekim kutom u odnosu na os rotacije alata i obavlja ga ili obradak ili alat. Obavlja se alatima s više jednakih oštrica ili sa sastavljenim alatima. Sve oštrice toga alata nisu istodobno u zahvatu. Zato je CNC glodanje složenija operacija od tokarenja ili bušenja zbog većeg broja oštrica alata i zbog promjenjivog presjeka strugotine koju skida pojedini zub za vrijeme obrade. Zubi glodala dolaze jedan za drugim u zahvat s materijalom i za vrijeme zahvata jako se mijenja opterećenje zuba.

Prema načinu gibanja alata i obratka postoje dvije vrste glodanja. Na slici 2.1[2] prikazano je protusmjerno glodanje, a na slici 2.2[2] i istosmjerno glodanje.



Slika 2.1. Iistosmjerno glodanje



Slika 2.2. Protusmjerno glodanje

U industriji numeričko upravljanje započinje šezdesetih godina dvadesetog stoljeća, a široka primjena u obliku računalnoga numeričkog upravljanja(CNC) počinje 1972. godine, odnosno desetak godina kasnije razvojem mikroprocesora[1].

## 2.1 Prednosti CNC glodalice

- Prilagodljivost (stroj može izrađivati veću ili manju seriju proizvoda ili samo jedan proizvod, a nakon toga se jednostavno učitava drugi G-code i izrađuje se drugi proizvod).
- Mogućnost izrade vrlo složenog oblika (izrada trodimenzionalnih složenih oblika na klasičnim strojevima je skupa, a ponekad i nemoguća. Uporaba CNC stroja omogućuje izradu složenih oblika i proizvoda koje prije nije bilo ekonomično proizvoditi).
- Točnost i ponovljivost (pomoću CNC stroja moguće je proizvesti veću količinu (100, 1000 ili više) potpuno jednakih proizvoda odjednom ili povremeno. Razlike koje mogu nastati između proizvoda obično su zanemarive, a nastaju zbog trošenja alata i dijelova stroja. Na klasičnim strojevima to nije moguće. Dio proizvoda čak neće zadovoljiti ni potrebnu kvalitetu).
- Uz današnju tehnologiju moguće je izbjeći manu trošenja alata na način da moderni CNC stroj ima mogućnost automatske kompenzacije alata.

- Smanjenje ili potpuno uklanjanje troškova skladištenja da bi zadržali svoju funkciju, strojeve je potrebno redovito održavati. Nakon određenog vremena pojedine dijelove je potrebno zamijeniti. Te dijelove mora osigurati proizvođač stroja. Ako dijelove izrađuje na klasičnim strojevima, proizvođač ih mora proizvesti i uskladištiti kako bi ih nakon pet ili više godina dostavio kupcu. Držanje dijelova na skladištu čini trošak. Neki od tih dijelova se nikad i ne isporučuje kupcu jer se dizajn stroja u međuvremenu promijeni pa dijelovi postanu zastarjeli. Uporabom CNC strojeva potrebno je sačuvati, tj. uskladištiti samo programe, a dijelovi se u kratkom roku izrade po narudžbi kupca. Pri tome je trošak znatno manji od skladištenja gotovih dijelova.
- Smanjenje pripremno-završnih vremena i troška izrade (pri uporabi klasičnih strojeva često su potrebne specijalne naprave za pozicioniranje predmeta te šablone za vođenje alata po konturi. Izrada naprava je trošak, a vrijeme do početka proizvodnje proizvoda produžuje se za vrijeme izrade naprava. Za CNC strojeve to nije potrebno jer se alat vodi mikroprocesorom po bilo kojoj složenoj putanji).
- Mali zahtjevi za vještinama operatera (operateri CNC strojeva trebaju znati postaviti predmet u stroj, postaviti, izmjeriti i izmijeniti odgovarajuće alate te se koristiti odgovarajućim CNC programom. To su kudikamo manji zahtjevi za vještine i znanja nego što ih treba imati operater na klasičnim strojevima koji treba znati voditi izvršavanje pojedinačnih operacija obradbe.)
- Jednostavniji alati (na CNC strojevima alati su standardizirani te obično nema potrebe za uporabom specijalnih alata ili ručno izrađenih.)
- Stvaranje uvjeta za točnu realizaciju planova proizvodnje i povećanje produktivnosti (primjenom CNC strojeva za izradu većih serija moguće je vrlo precizno planiranje proizvodnje, rezultat su puno manji gubici proizvodnog vremena, a time i veća produktivnost izrade).
- Smanjenje vremena potrebnog za kontrolu točnosti[1].

## **2.2 Nedostaci CNC glodalica**

- Veliko investicijsko ulaganje (početna ulaganja su znatno veća nego za klasične strojeve. To podrazumijeva dobru iskorištenost kapaciteta stroja kako bi se on isplatio u razumnom roku).
- Potreba programiranja CNC stroja (programeri su visoko obrazovani pojedinci koji moraju imati specijalistička znanja iz više područja. Takvih pojedinaca nema mnogo pa su vrlo dobro plaćeni)[1].

- Visoki troškovi održavanja (CNC strojevi su vrlo složeni. Stroj se mora redovito održavati kako bi zadržao svoje prednosti, a posebno točnost. Za održavanje su potrebna znanja iz elektronike i strojarstva.)
- Neisplativost izrade pojedinačnih predmeta (predmete jednostavne geometrije u pojedinačnoj proizvodnji ili malim serijama često je jeftinije i brže izraditi na klasičnom stroju u traženoj kvaliteti. Za njih nije potrebno pisati program, testirati ga i tek onda izrađivati proizvod)[1].

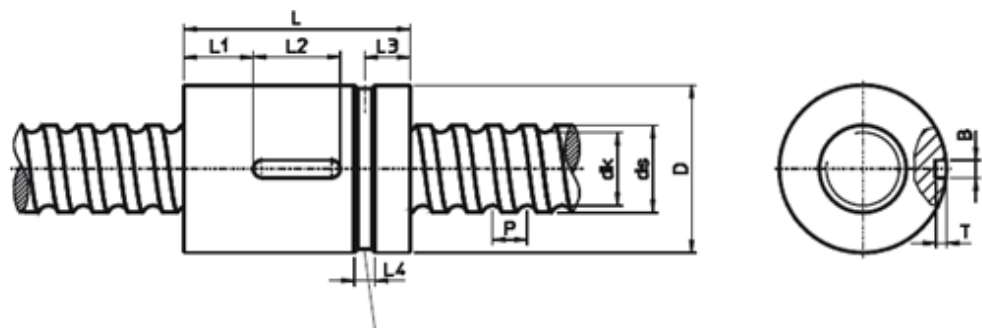
### 3. PRORAČUN KOMPONENTI

Prije izrade bilo kojeg stroja ili glodalice potrebno je znati što očekujemo od nekog stroja tj. koje sile će se javiti kod obrade, koje brzine obrade materijala trebamo, a najvažnije od svega koju vrstu materijala mislimo obrađivati. U današnje vrijeme uz sve ove parametre bitno je ukalkulirati i faktor ekonomičnosti.

Sa ovom CNC glodalicom obrađivat će se meki materijali, drvo, plastika i aluminij. Tablica 3.1 prikazuje nam karakteristike odabranog navojnog vretena dok su na slici 3.2[3] prikazane oznake za mjere navojnog vretena i navojne matice[3]

Tablica 3.1. Navojno vreteno HIWIN1610-R 3E

Article number	ds	P	D g7	$L \pm 0,2$	L1	L2	L3	L4	T+0,1	B P9	dk	Dyn. load $C_{dyn}$ [N]	Stat. load $C_0$ [N]	Axial clearance max. [mm]	Mass [kg/pc.]
ZE1605-R-3EF	16	5	28	40	12	16	9	4	2,4	4	13,5	9600	12700	0,02	0,1
ZE1610-R-3EP	16	10	28	60	8	20	9,5	5	2,5	4	12,6	6230	11000	0,04	0,15



Slika 3.1. Kuglično navojno vreteno

#### 3.1 Režimi rada stroja

Prikazana su tri režima rada stroja.

Prvi režim pozicioniranje ili brzi hod.

Drugi režim gruba obrada. U tom režimu troši se najviše vremena te se najviše troše vreteno i pogon. Također se javljaju najveća opterećenja.

Treći režim je fina obrada gdje je omjer brzina i sila srednje vrijednosti u odnosu na prva dva režima obrade. Kako bi mogli napraviti proračun važan je broj radnih sati stroja  $L_{h, stroj} = 20000$  h), a toga se uzima postotak radnog vretena koji iznosi  $t_{vret} = 60\%$  [8]. U tablici 3.2[8] prikazani su režimi rada.

Tablica 3.2. Režimi rada CNC glodalice

	<b>q</b>	<b>n[<math>min^{-1}</math>]</b>	<b>F[N]</b>
<b>Brzi hod</b>	<b>15%</b>	<b>500</b>	<b>500</b>
<b>Gruba obrada</b>	<b>50%</b>	<b>200</b>	<b>1000</b>
<b>Fina obrada</b>	<b>35%</b>	<b>350</b>	<b>750</b>
<b>Životni vijek stroja</b>	<b><math>L_{h, stroj} = 20\ 000h</math></b>		
<b>Rad vretena u <math>L_{h, stroj}</math></b>	<b><math>t_{vret} = 60\%</math></b>		

**Prosječna brzina rada stroja:**

$$n_m = \frac{n_1 * q_1 + n_2 * q_2 + n_3 * q_3}{100\%} = \frac{500 * 15 + 200 * 50 + 350 * 35}{100} = 297.5 \text{ min}^{-1} \approx 297 \text{ min}^{-1} \quad (1)$$

**Prosječno opterećenje tokom rada:**

$$F_m = \sqrt[3]{F_1^3 * \frac{n_1}{n_m} * \frac{q_1}{100} + F_2^3 * \frac{n_2}{n_m} * \frac{q_2}{100} + F_3^3 * \frac{n_3}{n_m} * \frac{q_3}{100}} \quad (2)$$

$$F_m = \sqrt[3]{500^3 * \frac{500}{297} * \frac{15}{100} + 1000^3 * \frac{200}{297} * \frac{50}{100} + 750^3 * \frac{350}{297} * \frac{35}{100}}$$

$$F_m = 815.46 \text{ N} \approx 816 \text{ N}$$

**Životni vijek vretena:**

$$L_{h, izr} = L_{h, stroj} * \frac{t_{vret}}{t_{stroj}} = 20000 * \frac{60}{100} \quad (3)$$

$$L_{h, izr} = 12000 \text{ h}$$

**Broj okretaja vretena:**

$$L_{izr} = L_h * n_m * 60 = 12000 * 297 * 60 \quad (4)$$



$$L_{izr} = 213840000 = \mathbf{213.84 * 10^6}$$

Sa ovako dobivenim rezultatima životnog vijeka navojnog vretena i prosječne sile možemo izračunati dinamičku nosivost navojnog vretena. Prema dobivenim rezultatima možemo odabrati navojno vreteno iz kataloga HIWIN[3].

$$C_{a,izr} = F_m * \sqrt[3]{\frac{L}{10^6}} = 816 * \sqrt[3]{\frac{213.84 * 10^6}{10^6}} = 4879.62 \text{ N} \approx \mathbf{4880 \text{ N}} \quad (5)$$

Prema katalogu tvrtke **HIWIN** odabrano je navojno vreteno **ZE 1610-R-3EP**[3].

Navojno vreteno HIWIN **ZE 1610-R-3EP**:

-promjer:	$d_o = 16 \text{ mm}$
-korak:	$P = 10 \text{ mm}$
-radni hod:	$l = 1000 \text{ mm}$
-dinamička nosivost:	$C_d = 6230 \text{ N}$
-statička nosivost:	$C_0 = 11000 \text{ N}$

Pomoću ovih karakteristika odabranog navojnog vretena možemo provjeriti da li će odgovarati zahtjevu životnog vijeka od 20000 h.

$$L = \left(\frac{C_d}{F_m}\right)^3 * 10^6 = \left(\frac{6230}{816}\right)^3 * 10^6 \approx \mathbf{445 * 10^6} \quad (6)$$

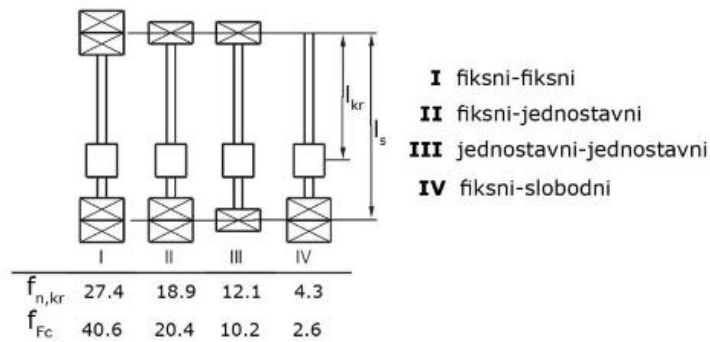
$$L > L_{izr}$$

$$L_h = \frac{L}{n_m * 60} = \frac{445 * 10^6}{297 * 60} \approx \mathbf{24971 \text{ h}} \quad (7)$$

$$L_h > L_{h,izr}$$

Prema ovom izračunu odabrano navojno vreteno može raditi 24 971 h što je cca dvostruko duže od početno postavljenih parametara i omogućuje izbor parametara koji su veći od prosječnih.

Krajevi navojnog vretena biti će uležišteni u fiksnim jednostavnim osloncima. Sa slike 3.1[5] možemo vidjeti korektivni faktor ovisan o uležištenju navojnog vretena, korektivni faktor ovisan o ležajevima te kritična duljina hoda matice na navojnom vretenu izražena u mm.



Slika 3.2. Korektivni faktori ovisno o uležištenju

**Izračun kritične brzine navojnog vretena sa fiksnim-jednostavni, uležištenjem:**

$$n_{kr} = f_{n,kr} * \frac{d_0}{l_{kr}^2} * 10^7 = 12.1 * \frac{16}{1000^2} * 10^7 \quad (8)$$

$$n_{kr} = 1936 \text{ okr/min}$$

$$n_{kr} = 1936 * 0.01 = 19.36 \text{ m/min}$$

**Dopuštena radna brzina vretena:**

$$n_{dop} = n_{kr} * 0.8 = 1936 * 0.8 \approx 1548.8 \text{ okr/min} \quad (9)$$

$$n_{dop} = 15.48 \text{ m/min}$$

**Teorijska i praktična efikasnost:**

$$\eta_t = \frac{1}{1 + \frac{\pi * d_0}{P} * \mu} = \frac{1}{1 + \frac{\pi * 16}{10} * 0.955} \approx 0.97 \quad (10)$$

$$\eta = \eta_t * 0.9 = 0.97 * 0.9 \approx 0.873$$

$$\eta = 0.87$$

Ovim parametrom možemo izračunati potrebnu snagu pogona.

**Izračun potrebnog okretnog momenta koračnog motora:**

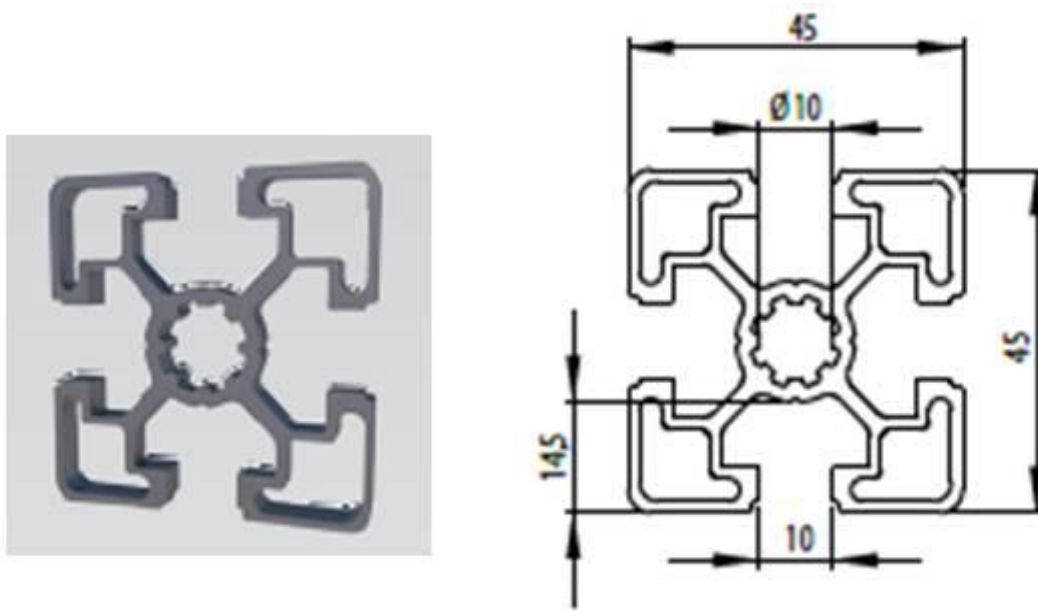
$$M_2 = \frac{F_2 * P}{2000 * \eta * \pi} = \frac{1000 * 10}{2000 * 0.87 * \pi} = 1.83 \text{ Nm} \quad (11)$$

$$\mathbf{M_2 = 1.83 Nm}$$

Koračni motor NEMA 23 ima moment od 1.89 Nm tako da po proračunu odgovara za potrebu CNC glodalice.

## 4. MEHANIČKE KOMPONENTE

Kod odabira mehaničkih komponenti posebna pažnja posvećena je odabiru kvalitetnih komponenti. Okvir stroja sastavljen je od aluminijskih profila dimenzije 45x45 mm sa utorom NUT 10. Ovom modularnom tehnikom ubrzava se izrada glavnog dijela CNC stroja. Profili su povezani kutnicima pod 90° kako bi se dobilo na krutosti.



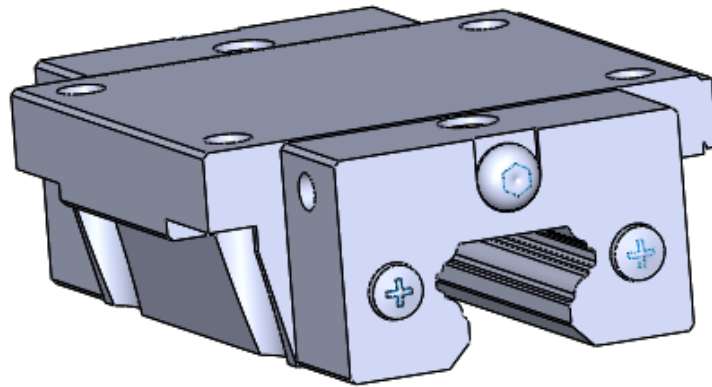
Slika 4.1. Aluminijski profil

Linearne vodilice služe za kretanje mehanizma po X, Y i Z osi. S obzirom da koristimo četiri klizača po svakoj osi sustav je pouzdan i precizan tako da je moguća kvalitetna i precizna obrada. Vodilice i klizači također su odabrani od tvrtke HIWIN[3]. Linearne vodilice su dimenzije i oznake HIWIN 15, izrađene od čelika, cementirana 62HRC[3].

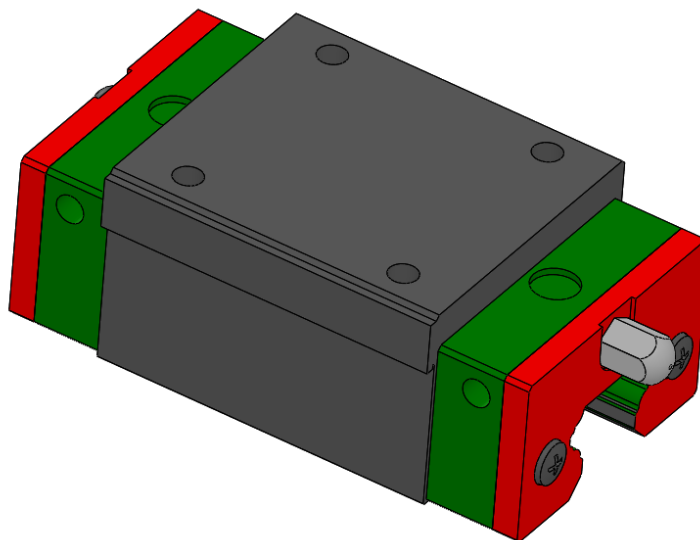


Slika 4.2. Linearne vodilice HIWIN 15

Korištena su dva tipa klizača. Na Y osi su korišteni širi klizači sa kojima se dobiva veća stabilnost mosta na kojoj se nalaze X i Z os. Šire klizače, oznake HIWIN HGW 15CC ZA[3] koristimo na Y osi, na svakoj strani po dva klizača. Kod osi X također koristimo četiri klizača, ali uže koji su oznake HIWIN HGH 15 CA ZO[3]. Da bi dobili veću radnu dužinu Z-osi koristimo samo jedan par užih klizača. Ukupan hod Z osi iznosi 200 mm. Ukoliko bi stavili dva para klizača morali bismo povećati ukupnu visinu mosta na Z osi što bi rezultiralo većim inernim silama.



Slika 4.3. Klizač HIWIN 15CC ZA



Slika 4.4. Klizač HIWIN HGH 15CA ZO

#### 4.1 Kuglično navojno vreteno

Za potrebe izrade CNC glodalice koristimo kuglična navojna vretena oznake 1610. Oznaka 16 označava promjer vretena koji iznosi 16mm, a oznaka 10 označava korak navojnog vretena odnosno koliko se pomakne matica za jedan puni okret. Matica iz kataloga ISEL M16, prikazana na slici 4.6[4] sljedećih karakteristika montira se u blok kućište fi 28H7x50, ima mogućnost podešavanja zračnosti, podešavan centričnosti, mogućnost podmazivanja i dinamičke nosivosti 4500N[3]. Navojna vretena obrađena su na krajevima tako da sa jedne strane imamo dio koji se spojkom spoji na koračni motor[7].



Slika 4.5. Kuglična navojna vretena

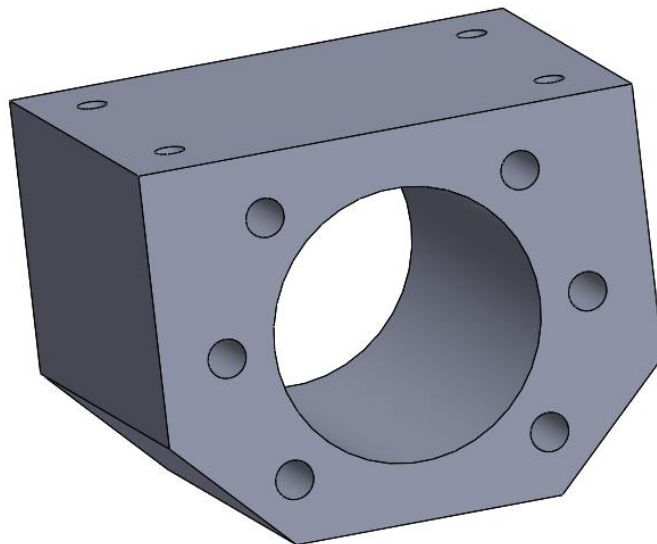


Slika 4.6. Navojno vreteno 1610



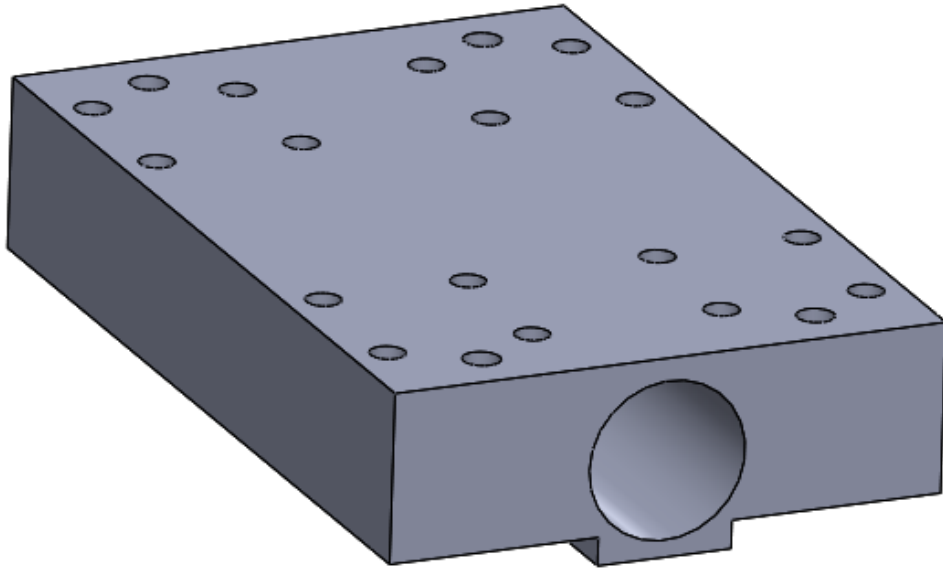
Slika 4.7. Navojna matica ISEL M16

Blok kućišta za navojnu maticu izrađena su iz jednog komada aluminija. Udovoljava dimenzijama navojne matice po dosjedu H7. Za svaku os kućište je drugačijeg oblika i vanjskih dimenzija.



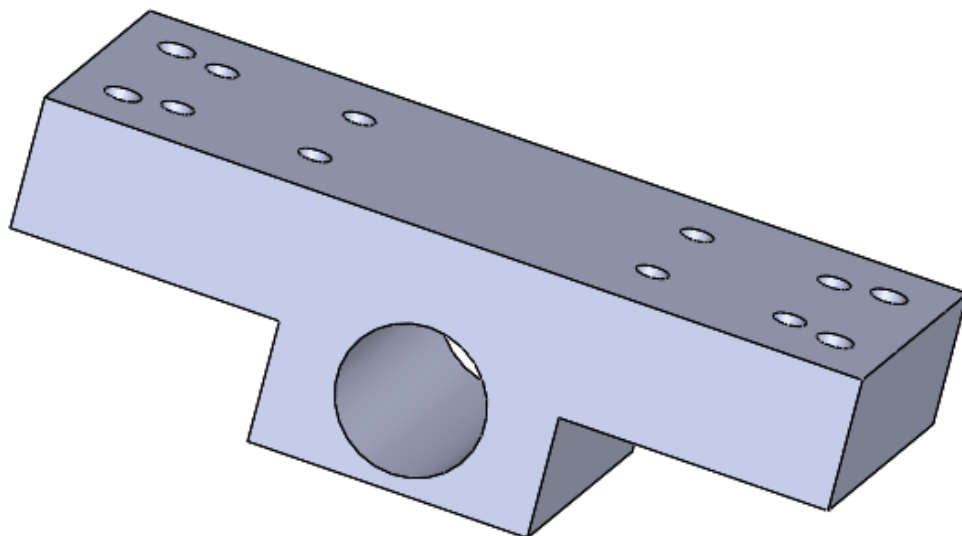
Slika 4.8. Blok kućišta navojne matice Y-osi

Kućište za navojnu maticu na X-osi većeg je formata, jer se istovremeno koristi kao i nosač za klizače. Izrađena je iz jednog komada kako bi se dobilo na preciznosti vođenja.



Slika 4.9. Blok kućište navojne matice X-osi

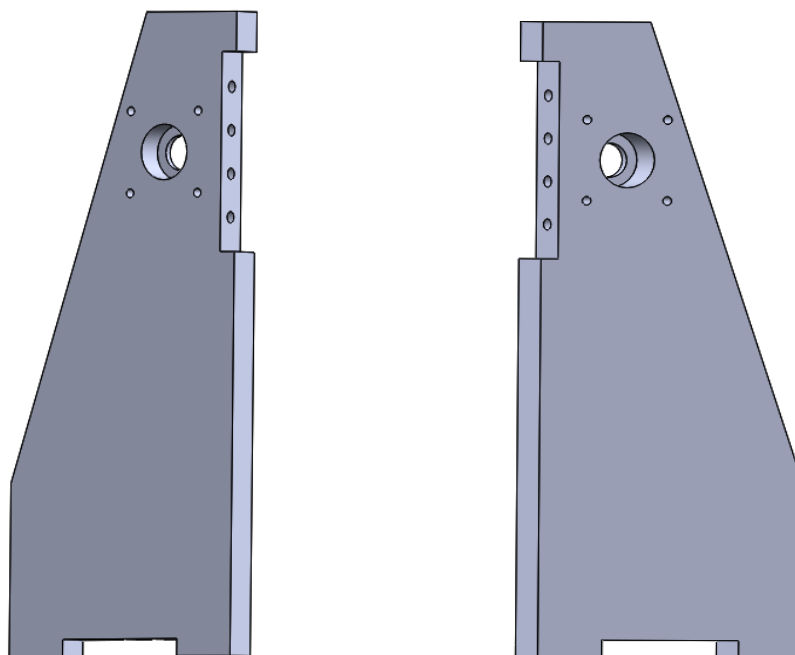
Blok kućište za navojnu maticu Z-osi užeg je profila. Izrađeno je iz jednog komada kako bi se dobila veća točnost i preciznost vođenja. Na gornjem dijelu nalaze se provrti za učvršćenje klizača. Koristimo jedan par klizača da bi povećali radnu dužinu Z-osi.



Slika 4.10. Blok kućište navojne matice Z-osi



Bočni nosači učvršćeni su na klizačima Y-osi. Obje strane povezane su aluminijskom pločom koja služi kao nosač vodilica X osi. Zbog smanjenja troškova u njima su kućišta ležajeva. Na slikama se vidi da se radi o dvije različite ploče.

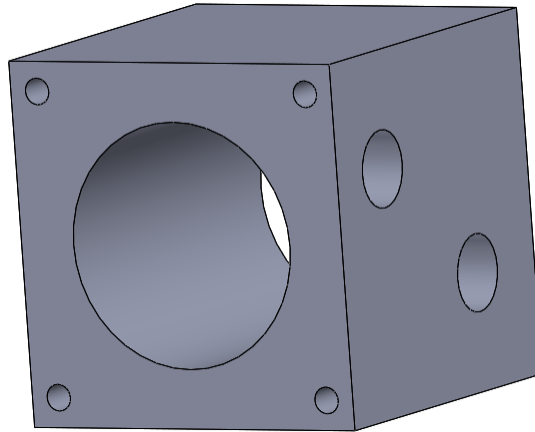


Slika 4.11. Bočni nosači X i Z osi



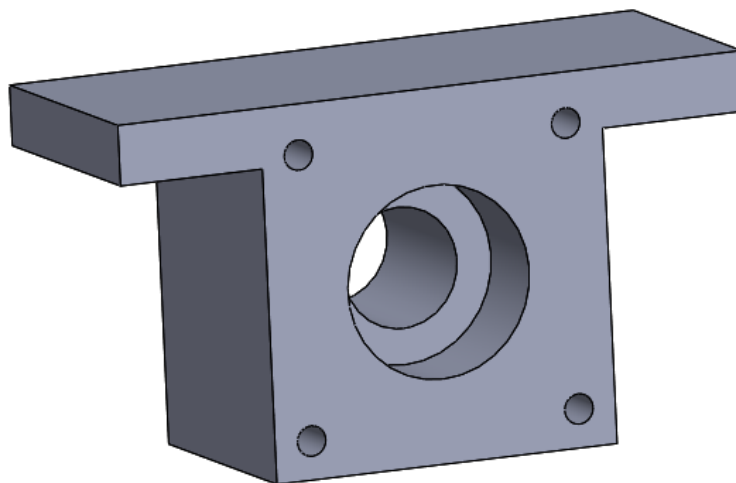
Slika 4.12. Nosač vodilice X-osi

Kućište nosača koračnih motora izrađeno je iz jednog komada aluminija. Na slici se vide dvije bočne rupe koje služe za pritezanje vijaka na spojci motora i navojnog vretena. Ukupno ima tri komada nosača za svaku os po jedan.



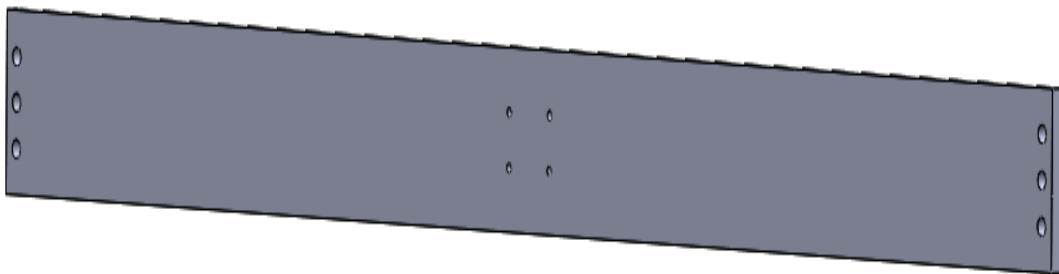
Slika 4.13. Nosač koračnog motora

Na osi Y imamo navojno vreteno koje se postavlja u kućište sa ležajem. Ovo kućište napravljeno je iz aluminija te je prilagođeno svojim dimenzijama okviru konstrukcije kako bi odgovaralo aluminijskom profilu 45x45. Svrha ovakove izrade i projektiranja bila je modularna tehnika spajanja svih dijelova.



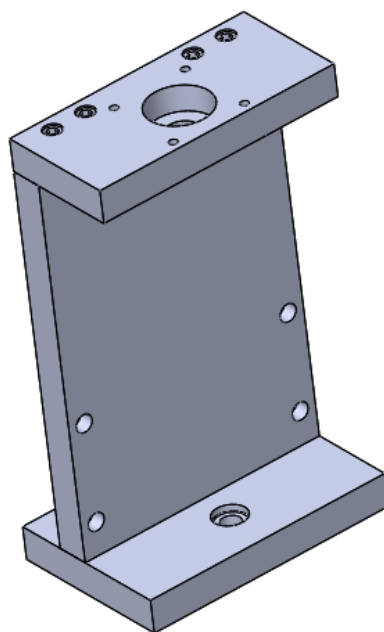
Slika 4.14. Kućište ležaja

Gornji dio CNC glodalice na kojima se nalaze X i Z os povezane su bočnim nosačima i nosačem blok kućišta matice Y osi. Svi ovi elementi povezani su u jednu cjelinu kako bi kompletna konstrukcija dobila na krutosti. Na nosaču se nalazi blok kućište za maticu navojnog vretena Y-osi.



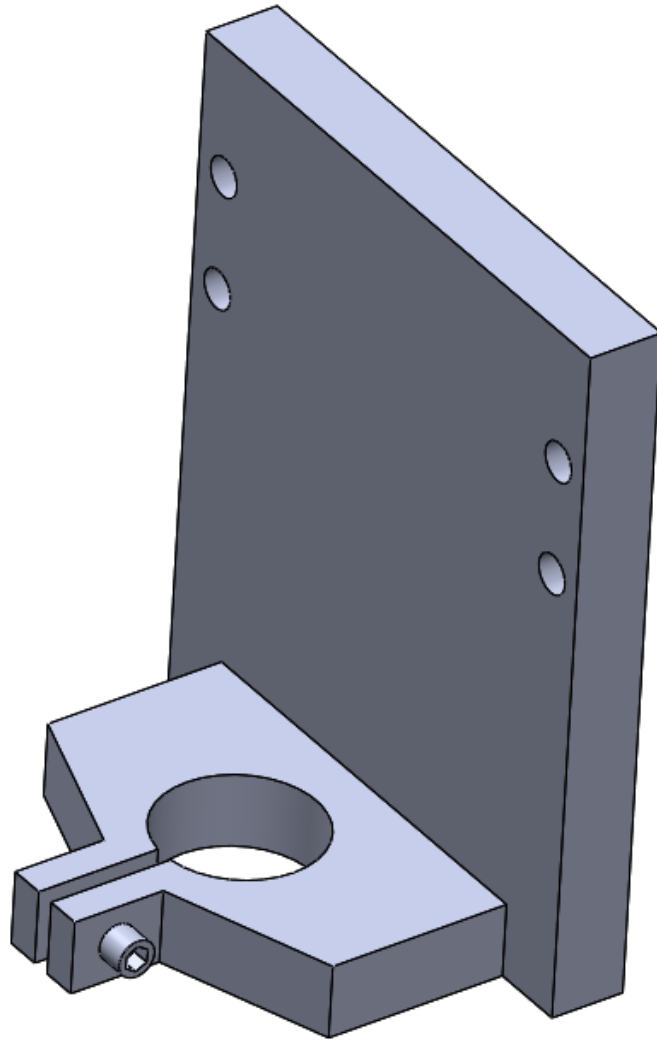
Slika 4.15. Nosač blok kućišta matice Y-osi

Cjelina koja je sastavljena iz tri dijela služi kao nosač Z osi. Na gornjem i donjem dijelu nalaze se otvori koji služe za smještanje ležajeva. I u ovom primjeru išlo se na što jednostavnije modularno sastavljanje kako bi se smanjili ukupni troškovi izrade CNC glodalice.



Slika 4.16. Nosač Z-osi

Zadnji dio koji služi kao nosač obradne glave sastavljen je iz dva dijela. Radni hod Z-osi iznosi 200 mm. Cijela ploča učvršćena je na dva uža klizača gdje se nalazi i matica navojnog vretena. S obzirom da je aluminij lako obradiv, relativno jeftin i lagan svi dijelovi izrađeni su iz aluminija.



Slika 4.17. Nosač obradne glave

## 5. ELEKTRONIČKE KOMPONENTE

### 5.1 Koračni motori

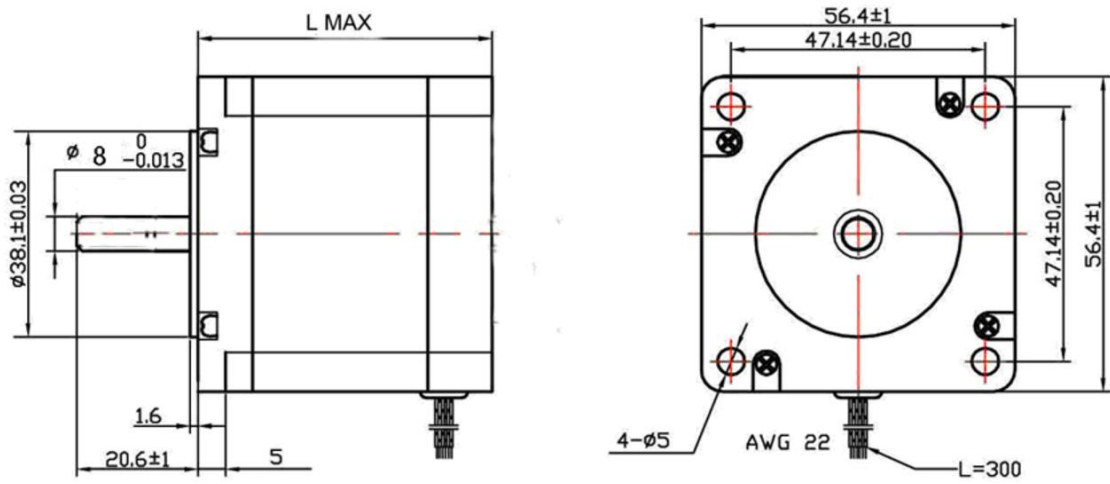
Koračni motor ili stepper motor je vrsta elektromotora koja ne koristi četkice. Za rotaciju koristi digitalne impulse struje koji zakreću rotor za određeni kut. Upravljanje koračnih motora vrši se direktno preko računala ili mikrokontrolerom. Brzinu okretanja određuje frekvencija takta. Koračni motor obično se zakrene za neki kut. U ovom slučaju kut zakreta iznosi  $1.8^\circ$ . Zahvaljujući svojoj konstrukciji koračni motori su pouzadni, ne zahtijevaju nikakvo održavanje i izdržljivi su. Nedostaci kod koračnih motora javljaju se kod velikih brzina gdje je moment najmanji, sklonost rezonanciji te zagrijavanje.

Postoje unipolarni i bipolarni koračni motori. Kod bipolarnog koračnog motora statorski namotaji nemaju srednji izvod na pojedinom statorskom izvodu. Za promjenu magnetskog toka kod bipolarnog motora dovoljna je promjena vrijednosti napona na oba kraja namota[9].

Za ovaj CNC stroj odabran je koračni motor NEMA 23. Po svakoj fazi raspolaže se strujom od 3A. Sa ovim motorom dobit će se dovoljno okretnog momenta i snage za pokretanje bilo koje osi ove CNC glodalice[9].



Slika 5.1. Koračni motor



Slika 5.2. Dimenzije koračnog motora

Na slici 5-2[7] prikazane su dimenzije koračnog motora NEMA 23.

## 5.2 Driver za koračni motor

Za pokretanje koračnog motora koristimo DRIVER koji šalje impulse u motor i zakreću rotor. Zbog struje po namotu od 3A moramo primjeniti odgovarajući driver kako nebi došlo do oštećenja istog. Kod ove cnc glodalice koristimo model Microstep driver DM542.

Izvor napajanja: 24-48 V DC

Izlazna struja: 1A-4.2A

Max. Temp.: 65°



Slika 5.3. Driver

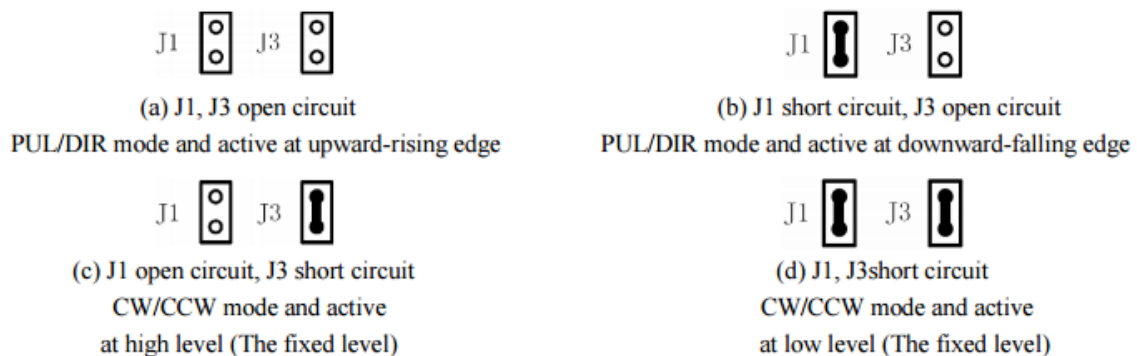
Odabrani driver sa slike 5-3[8] zadovoljava uvjet potrebne snage za odabrani motor i proizvodi manje buke i manje topline od konkurentnih drivera, isto tako odlikuje ga visoka točnost i brzina. U driver su ugrađene zaštite od prevelike struje i napona. Može se koristiti na modelima koračnih motora od modela NEMA 17 do modela NEMA 23, gdje može raditi

sa motorima koji koriste 2 ili 4 faze. Maksimalna ulazna frekvencija impulsa može biti 200 kHz.

Ožičenje drivera je podijeljeno na dvije grupe.

- Grupa ožičenja se sastoji od dolaznih signala sa upravljačke jedinice (PC) preko paralelnog porta

Konektori PUL+ i PUL- na koje se dovode impulsi koji po preporuci proizvođača trebaju trajati duže od 2.5  $\mu$ s. Driver će reagirati na padajući ili rastući brid ovisno kako se postavi jumper 3 koji je prikazan na slici 5-4[8] Naponski nivoi ulaza samog pina su od 0-0,5 V te će se prepoznati kao signal LOW, a naponi od 5-24 V će se prepoznati kao signal HIGH.



Slika 5.4. Shema drivera DM542

Konektori DIR+ i DIR- na koje se dovodi signal koji određuje smjer vrtnje motora. Naponske razine su iste kako i kod ulaza PUL. Jumper 1 mijenja smjer rotacije motora, ali rotacija isto ovisi i o samom ožičenju.

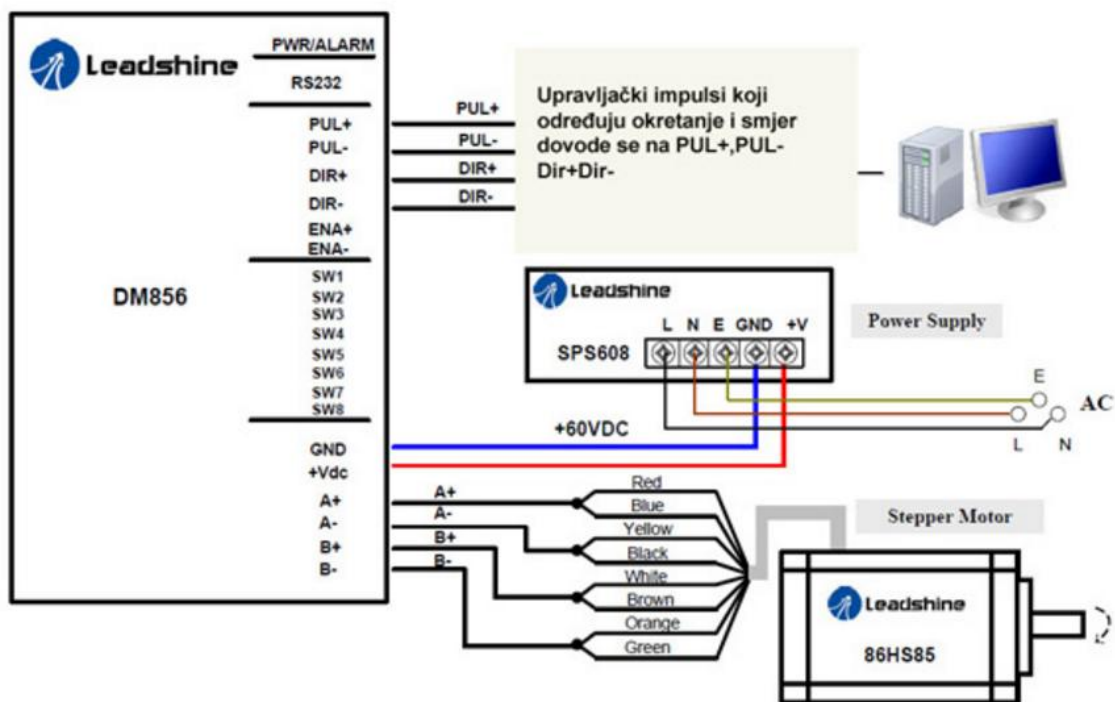
Konektori ENA+ ENA- služe kao signal koji uključuje odnosno isključuje driver. Visoka naponska razina koristit će se za uključivanje, a niska za isključivanje. Postoji i mogućnost da se svi ulazi ne spajaju i driver će biti uključen. Ovaj tip se najčešće korisiti.

- Grupa ožičenja se sastoji od napajanja drivera i izlaznih signala prema motoru

Konektori +V i GND su ulazi napajanja.

Konektori A+, A- i B+, B- se koriste za izlaze prema motorima gdje se slovom A označuje 1 faza motora, a slovo B označuje 2. fazu motora[8].





Slika 5.5. Shematski prikaz spajanja drivera, koračnog motora i napajanja

Za povezivanje driver potreban nam je paralelni port na računalu kao i kabel sa kojim ćemo povezati driver i računalo.



Slika 5.6. Konektor za paralelni port

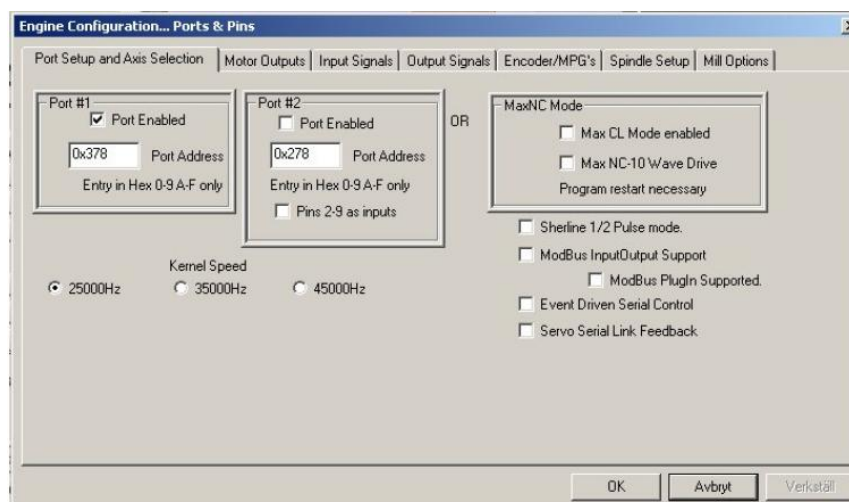
## 6. PROGRAM MACH 3

Program Mach3 koristi se za upravljanje CNC strojem. Kada se prvi puta pokrene program odabire se između metričkog i colnog mjernog sustava. Ova postavka može se kasnije promijeniti.



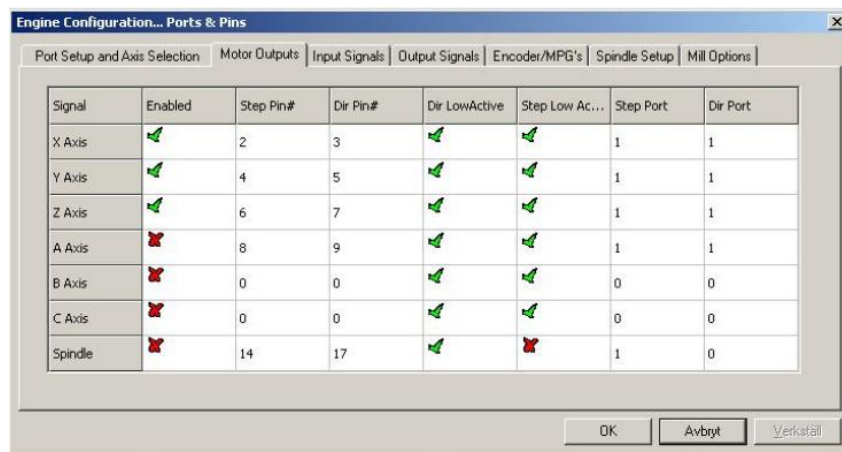
Slika 6.1. Odabir mjernog sustava

U izborniku pod opcijom Engine Configuration. Kada se otvori prozor o konfiguraciji motora potrebno je odabrati podopciju Port and Pins. Prva stavka Port #1 koji govori koji port se koristi za paralelni port. Ove postavke su najčešće već postavljene. Samo treba provjeriti da je 1. port omogućen i da je adresa 0x378 što je adresa paralelnog porta na matičnoj ploči PC-a. Dalje u ovom podizborniku potrebno je Kernel speed koji govori kojom frekvencijom će se slati impulsi prema driveru. Kod uključivanja ova postavka će biti postavljena na 25000Hz. Ova frekvencija može i ostati ali se može koristiti i 35000Hz.



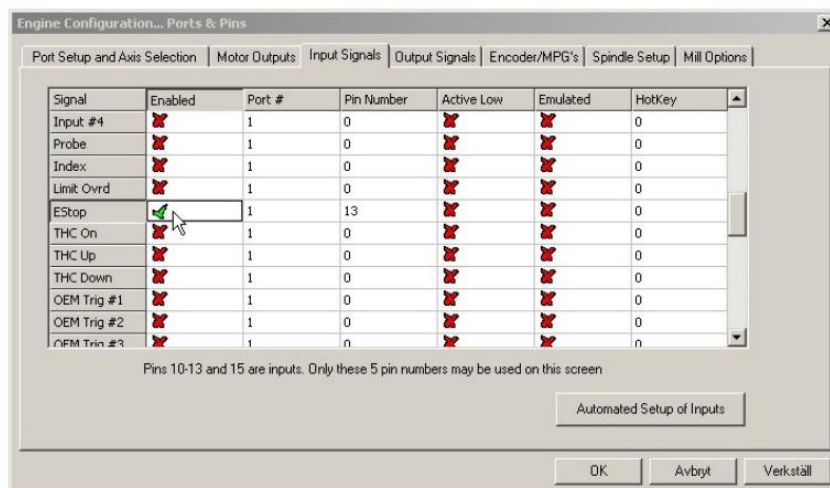
Slika 6.2. Engine Configurator meni

Sljedeća stavka je izbornik Motor Output. U ovom izborniku se postavljaju koji pinovi i koji portovi će se koristiti na izlazu iz paralelnog porta. Na primjer za postavljanje samo jedne osi, npr X osi (postoje 3 osi u slučaju ovog stroja). Prvo treba omogućiti X os pod podjelom Enabled. Step i Dir Pin određuje koji se pinovi koriste za impulse i smjer vrtnje. Pod podjelom Dir LowActive i Step Low Active odabire se pozitivna ili negativna logika za upravljanje. Zadnje dvije podjele Step i Dir Port odabiru se koji port se koristi u ovom slučaju, a i najčešće se koristi samo jedan port tako da se postavlja broj porta 1. Postoje mogućnos za postavljanjem još osi i upravljanje glavnim vretenom ali za izradu ovog stroja se to neće koristiti.



Slika 6.3. Motor Output submeni

Dalje se postavljaju ulazni signali. U ovom slučaju se postavlja samo sigurnosna gljiva za zaustavljanje cijelog sustava (Estop). Ovaj ulazni signal postavljen je na pin 13.



Slika 6.4. Input signal submeni

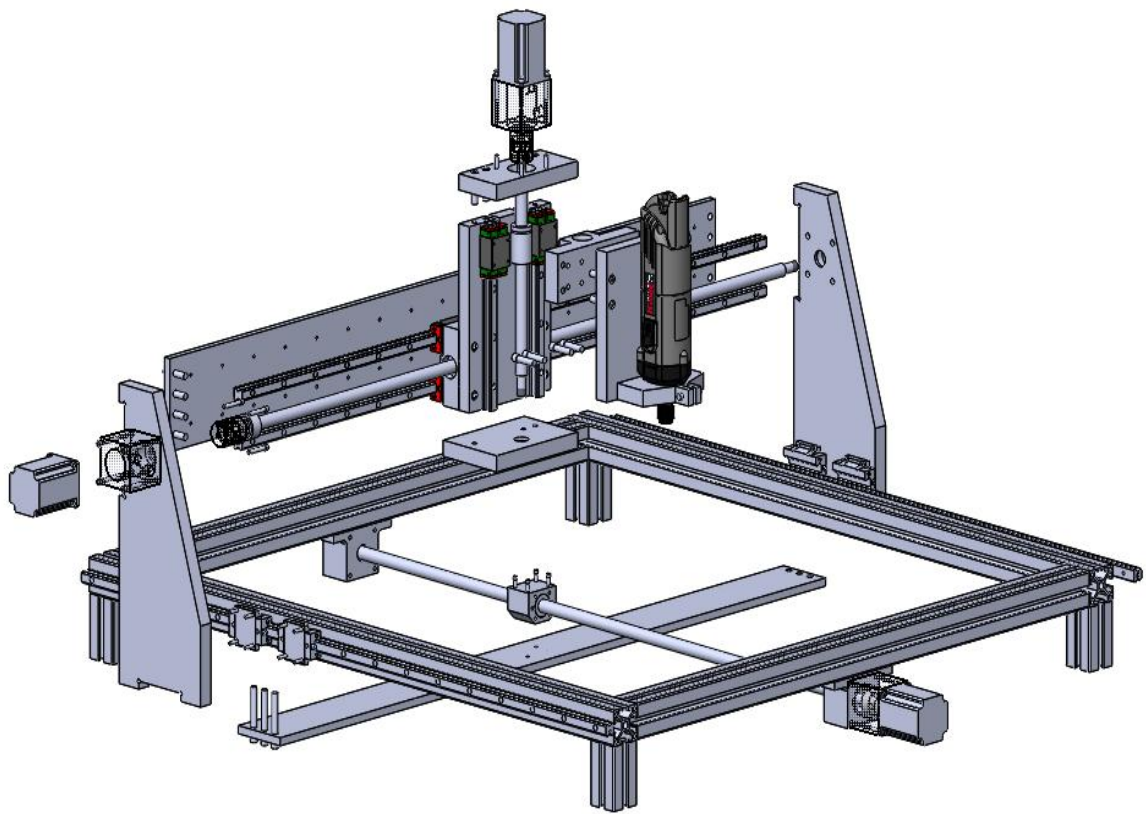
Tablica 6.1. G funkcije

Code	Grupa	Značenje
G00	01	Brzi hod
G01*	01	Radni hod
G02	01	Kružna interpolacija u smjeru CW
G03	01	Kružna interpolacija u smjeru CCW
G04	00	Čekanje u 1/1000 Sekunde Čekanje u sekundama
G09	00	Točno zaustavljanje
G10	00	Programabilno premještanje
G12	00	Ciklus glodanje kruž. džepa CW
G13	00	Ciklus glodanje kruž. džepa CCW
G17*	02	Radna XY-Ravnina
G18	02	Radna XZ- Ravnina
G19	02	Radna YZ- Ravnina
G20	06	Mjerni sistem u colima
G21*	06	Mjerni sistem u milimetrima
G28	00	Povratak u Referentnu točku Povratak u Referentnu točku u poziciju
G29	00	Referentna točka
G31#	00	Linearna interpolacija s probom
G35#	00	Autom. Mjerenje promjera alata
G36#	00	Autom. Mjerenje nulte točke obradka
G37#	00	Autom. Mjerenje dužine alata
G40*	07	Poništenje kompezacije promjera alata
G41	07	Korekcija promjera alata u lijevo
G42	07	Korekcija promjera alata u desno
G43	08	Korekcija dužine alata u +
G44	08	Korekcija dužine alata u -
G47	00	Graviranje teksta Graviranje serijskih brojeva
G49*	08	Poništenje kompezacije dužine alata
G50*#	11	Prekid skaliranja
G51#	11	Skaliranje
G52	00	Lokalni koordinatni sistem YASNAK Poništenje lokalnog koordinatnog sistema
G53	00	Referentna točka stroja
G54*	12	Nulta točka radnog komada. 1
G55	12	Nulta točka radnog komada. 2
G56	12	Nulta točka radnog komada. 3
G57	12	Nulta točka radnog komada. 4
G58	12	Nulta točka radnog komada. 5
G59	12	Nulta točka radnog komada. 6
G60	00	Pozicioniranje u jednom smjeru
G61	13	Točno zaustavljanje ( modal )
G64*	13	Točno zaustavljanje (G61) poništenje
G65#	00	Makro-Podprogram
G68#	16	Rotacija koordinatnog sistema
G69*	16	Poništavanje rotacije koordinatnog sis.
G70	00	Geometrijski uzorak rupe po kružnici
G71	00	Geometrijski uzorak rupe po luku
G72	00	Geometrijski uzorak rupe po liniji
G73	09	Ciklus bušenja s lomom strugotine
G74	09	Ciklus rezanja nareza lijevi
G76	09	Ciklus finog istokarivanja
G77	09	Ciklus natražnog istokarivanja

Code	Grupa	Značenje
G80*	09	Prekid ciklusa točkaste obrade
G81	09	Ciklus bušenja
G82	09	Ciklus zabušivanja
G83	09	Ciklus dubokog bušenja(Standard) Ciklus dubokog bušenja ( Degresivno)
G84	09	Ciklus rezanja nareza desni
G85	09	Ciklus razvrtavanja
G86	09	Ciklus razvrtavanja (Vreteno stop )
G87	09	Ciklus istokarivanja, ručno
G88	09	Ciklus istokarivanja, ručno
G89	09	Ciklus istokarivanja, ručno
G90*	03	Apsolutno programiranje
G91	03	Inkrementalno programiranje
G92	00	Promjena koordinatnog sistema
G93	05	Obodna posmična brzina
G94*	05	Posmak u mm/min
G98*	10	Vraćanje na prvi Z iznad ciklusa
G99	10	Vraćanje na sigurnosnu ravninu
G100	00	Prekid zrcaljenja
G101	00	Zrcaljenje
G102	00	Slanje vrijednosti koordinata kroz RS-232C
G103	00	Maximalni broj blokova za look ahead
G107	00	Cilindrično mapiranje(za 4. Os)
G110	12	Nulta točka radnog komada. 7
G111	12	Nulta točka radnog komada. 8
G112	12	Nulta točka radnog komada. 9
G113	12	Nulta točka radnog komada. 10
G114	12	Nulta točka radnog komada. 11
G115	12	Nulta točka radnog komada. 12
G116	12	Nulta točka radnog komada. 13
G117	12	Nulta točka radnog komada. 14
G118	12	Nulta točka radnog komada. 15
G119	12	Nulta točka radnog komada. 16
G120	12	Nulta točka radnog komada. 17
G121	12	Nulta točka radnog komada. 18
G122	12	Nulta točka radnog komada. 19
G123	12	Nulta točka radnog komada. 20
G124	12	Nulta točka radnog komada. 21
G125	12	Nulta točka radnog komada. 22
G126	12	Nulta točka radnog komada. 23
G127	12	Nulta točka radnog komada. 24
G128	12	Nulta točka radnog komada. 25
G129	12	Nulta točka radnog komada. 26
G136#	00	Autom. Mjerenje nulte točke
G141	07	3D+ kompezacija alata
G143#	08	Kompezacija alata 4te Osi
G150	00	Ciklus glodanja džepa
		G150 X.

Tablica 6.2. M funkcije

M00	Obavezni programski stop
M01	Uvjetni programski stop
M02	Kraj programa
M03	Okretanje vretena u desno
M04	Okretanje vretena u lijevo
M05	Zaustavljanje vretena
M06	Promjena alata
M08	Uključivanje hlađenja
M09	Isključivanje hlađenja
M10	Blokiranje 4 osi
M11	Deblokiranje 4 osi
M12	Blokiranje 5 osi
M13	Deblokiranje 5 osi
M16	Promjene alata isto kao M06
M19	Orijentacija vretena
M19 P..#	Orijentacija vretena pod nekim kutem
M21-M28	Korisničke M funkcije ( Option )
M30	Kraj programa s vraćanjem na početak programa
M31	Konvejer strugotine naprijed
M32	Konvejer strugotine natrag
M33	Konvejer strugotine stop
M34	Pomak cijevi za hlađenje prema gore
M35	Pomak cijevi za hlađenje prema dolje
M36	Odgoda promjena palete
M39	Rotacija magazina alata bez promjene alata M39 T..
M41	Brzina 1
M42	Brzina 2
M50	Promjena palete
M51-M58	Korisničke M funkcije ( Opcija )
M61-M68	Korisničke M funkcije ( Opcija )
M75	
M76	Monitor isključen
M77	Monitor uključen
M78	Generira alarm
M79	Generira alarm
M82	Otpušta alat
M86	Steže alat
M88	Hlađenje kroz vreteno uključeno
M89	Hlađenje kroz vreteno isključeno
M95	Slip model
M96	Preskoči ako nema signala
M97	Pozivanje lokalnog podprograma M97 P..
M98	pozivanje podprograma M98 P..
M99	Kraj podprograma



Slika 6.5. Sklop stroja

## **7. ZAKLJUČAK**

Kod izrade ovog CNC stroja, odnosno proračuna, odabira mehaničkih komponenti, električnih komponenti i parametriranje programa MACH 3 uloženo je mnogo vremena. Unatoč svemu tome dolazi se do zaključka da je u današnje vrijeme lako doći do svih informacija koje su potrebne za izradu, u ovom slučaju, CNC glodalice. Najvažniji dio od kuda se polazi su želje i zahtjevi kupca. Uz pomoć proračuna odabrane su sve komponente koje su nam potrebne za izradu stroja. Izračunate vrijednosti pomnožene su sa faktorom sigurnosti 2 tako da ukoliko kupac poželi raditi sa većim brzinama stroj će i dalje izvršavati svoje funkcije. Za jednostavne stolne pa čak i hobi strojeve potrebna su manja novčana sredstva u odnosu na izradu profesionalnih CNC strojeva.



## LITERATURA

- [1] <http://cadalati.blogspot.com/2010/12/cnc-numericko-upravljani-aratni.html>
- [2] [https://www.google.hr/search?q=istosmjerno+glodanje&espv=2&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi87c-95KnTAhXEJZoKHdmWAcUQ\\_AUIBigB&biw=1920&bih=974&dpr=1#imgrc=D1xeZFm0yNXBWM](https://www.google.hr/search?q=istosmjerno+glodanje&espv=2&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi87c-95KnTAhXEJZoKHdmWAcUQ_AUIBigB&biw=1920&bih=974&dpr=1#imgrc=D1xeZFm0yNXBWM):
- [3] [file:///C:/Users/Mario/Downloads/HIWIN\\_compact\\_catalogue\\_\(English\).pdf](file:///C:/Users/Mario/Downloads/HIWIN_compact_catalogue_(English).pdf)
- [4] <http://www.trolist.hr/>
- [5] [http://repositorij.fsb.hr/2121/1/07\\_02\\_2013\\_Marko\\_Klinec\\_-\\_Diplomski\\_rad.pdf](http://repositorij.fsb.hr/2121/1/07_02_2013_Marko_Klinec_-_Diplomski_rad.pdf)
- [8] <http://www.leadshine.com/UploadFile/Down/M542d.pdf>
- [9] [https://www.veleri.hr/arhiva/files/datoteke/page\\_privitak/UpravljanjeKoracnimMotorimaPute  
mArduinoPlatforme.pdf](https://www.veleri.hr/arhiva/files/datoteke/page_privitak/UpravljanjeKoracnimMotorimaPute<br/>mArduinoPlatforme.pdf)

## Sažetak

Početak izrade CNC stroja započeo je razgovorom sa kupcem. Zahtjevi koji su postavljeni bili su temelj za proračun dimenzija navojnog vretena, koračnih motora i linearnih vodilica. Nakon proračuna pristupilo se istraživanju po katalogu proizvođača HIWIN i ISEL kako bi se zadovoljili proračuni parametara komponenti potrebnih za izgradnju stroja. Prema projektu naručeni su dijelovi od istih. Većina problema nastala je kada se pristupilo izradi komponenti kako bi se smanjili ukupni troškovi. Kod prototipa CNC stroja dosta vremena utrošeno je na izradu radioničkih crteža po kojima se trebaju izraditi svi vitali dijelovi istog stroja. Troškovi izrade tro-osne CNC glodalice iznosi cca 21 000,00 (dvadeset jednu tisuću kn).

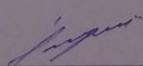
Ključne riječi: CNC, MACH 3, SolidWorks.

## **Abstract**

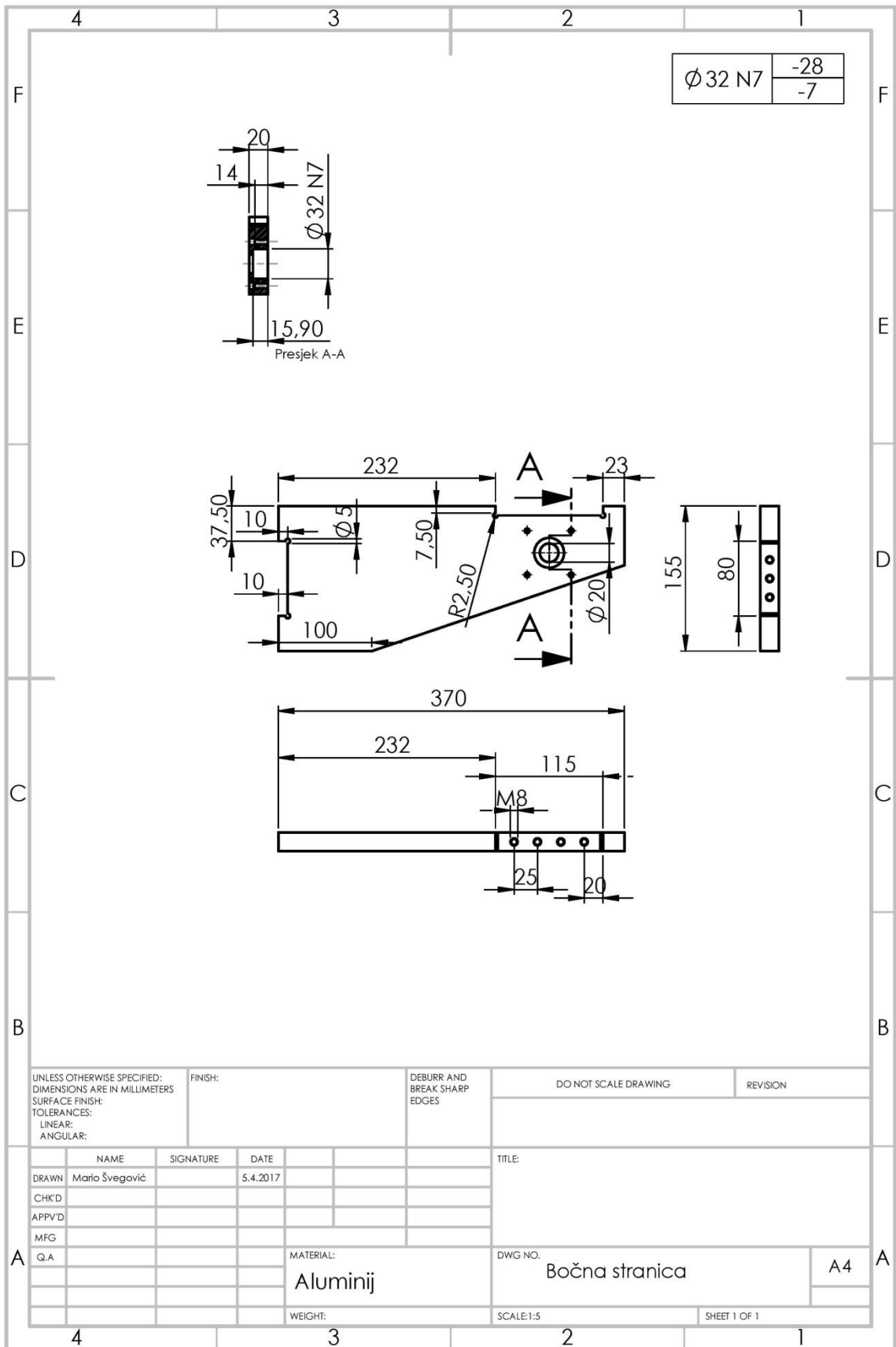
Start making CNC began a conversation with the customer. The requirements are set formed the basis for calculating the dimensions of the screw spindle, stepper motors and linear guides. After a research budget of the catalog producer HIWIN and ISEL in order to meet budgets parameters of components required to build the machine. According to the project were ordered parts of the same. Most problems arose when drafting components to reduce total costs. In the prototype CNC lot of time was spent on the preparation of workshop drawings for which should make all Vitali parts of the same machine. The price of three-axis CNC milling machines is approximately 21 000,00 (twenty one thousand).

KEY WORD: CNC, MACH 3, SolidWorks.

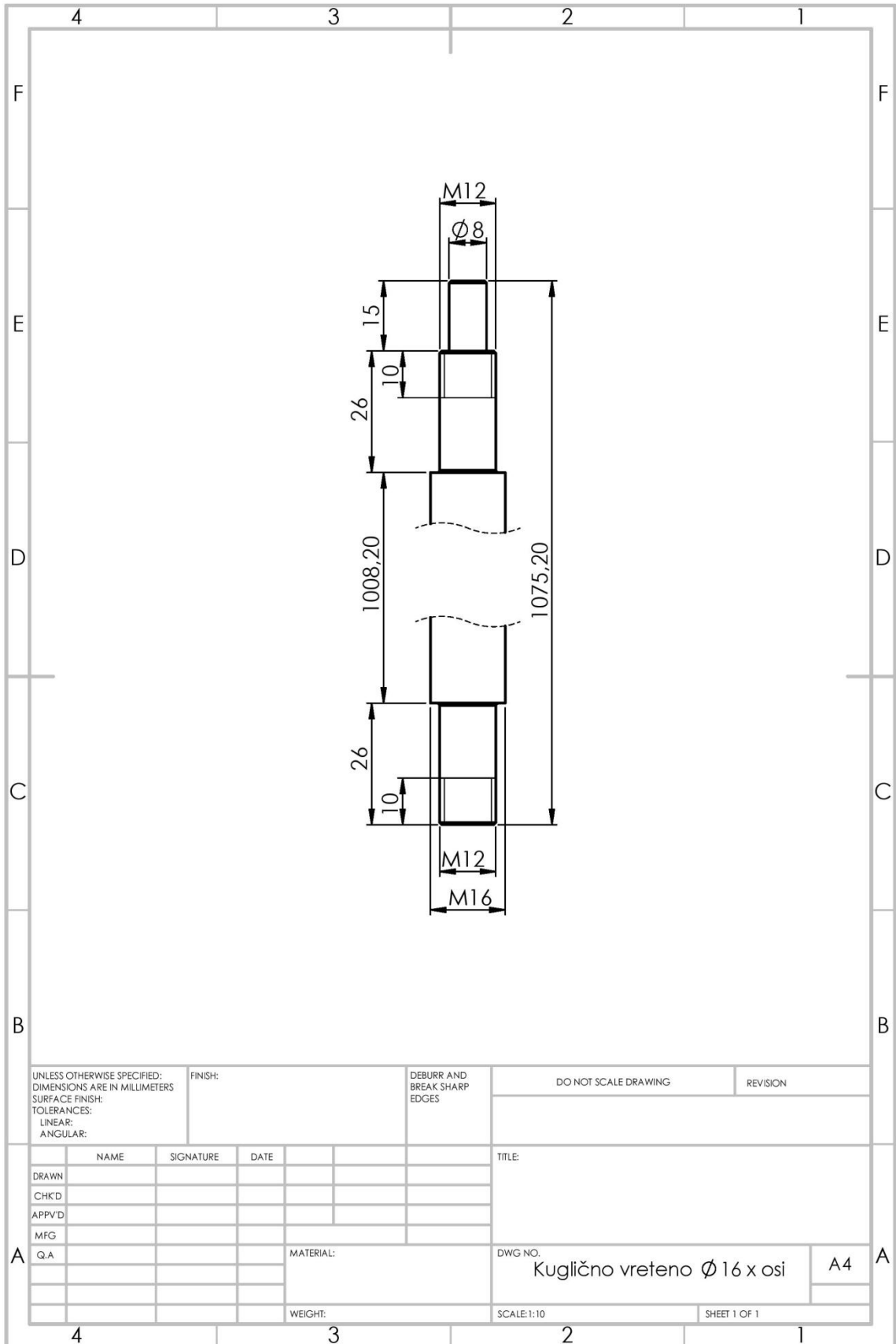
Završni rad izrađen je u Bjelovaru, 10.04.2017

  
\_\_\_\_\_  
(Potpis studenta)

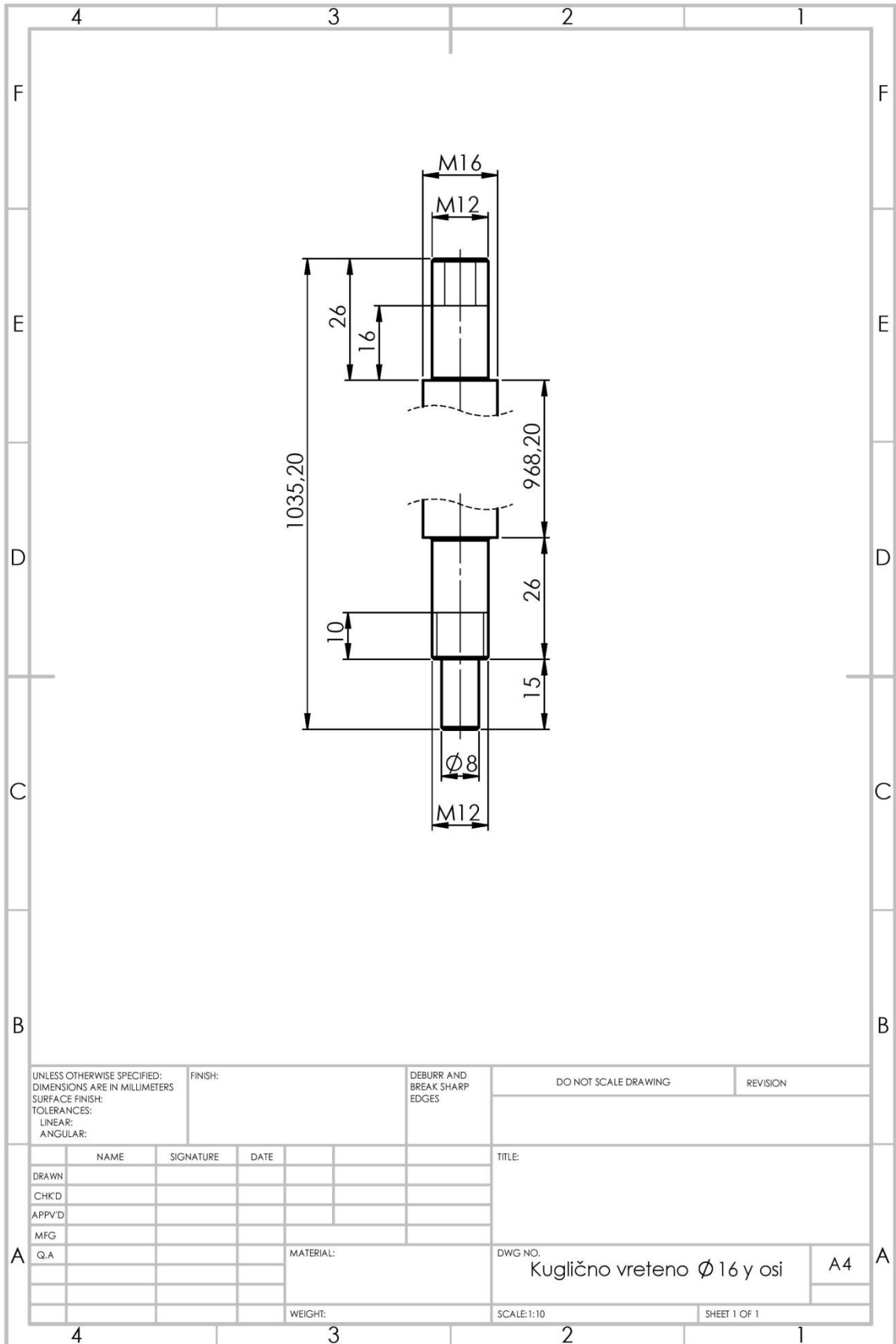
## **2D dokumentacija dijelova za izradu mehaničkog sklopa**











UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
 SURFACE FINISH:  
 TOLERANCES:  
 LINEAR:  
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND  
 BREAK SHARP  
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN			
CHKD			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:

MATERIAL:

DWG NO.

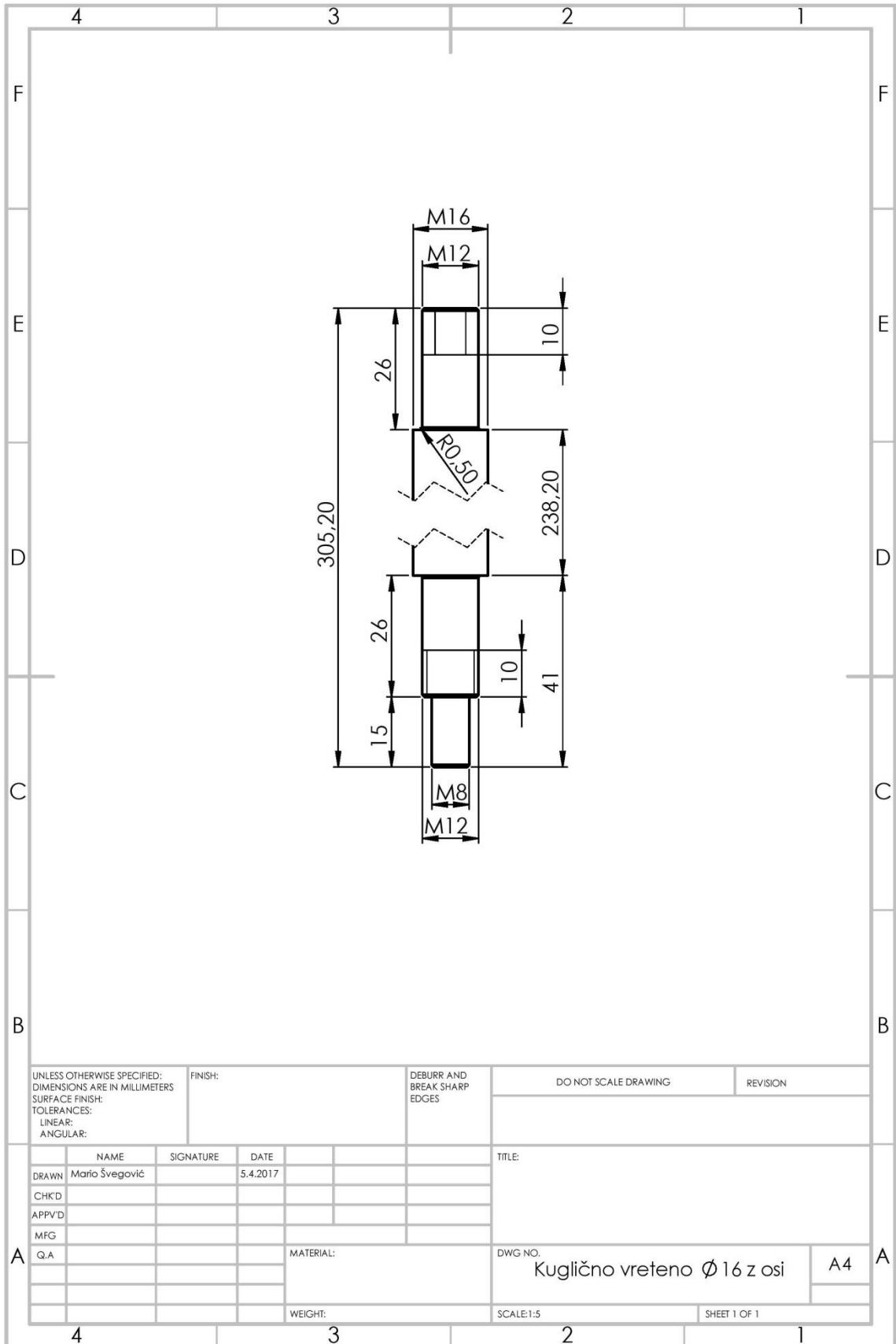
Kuglično vreteno Ø 16 y osi

A4

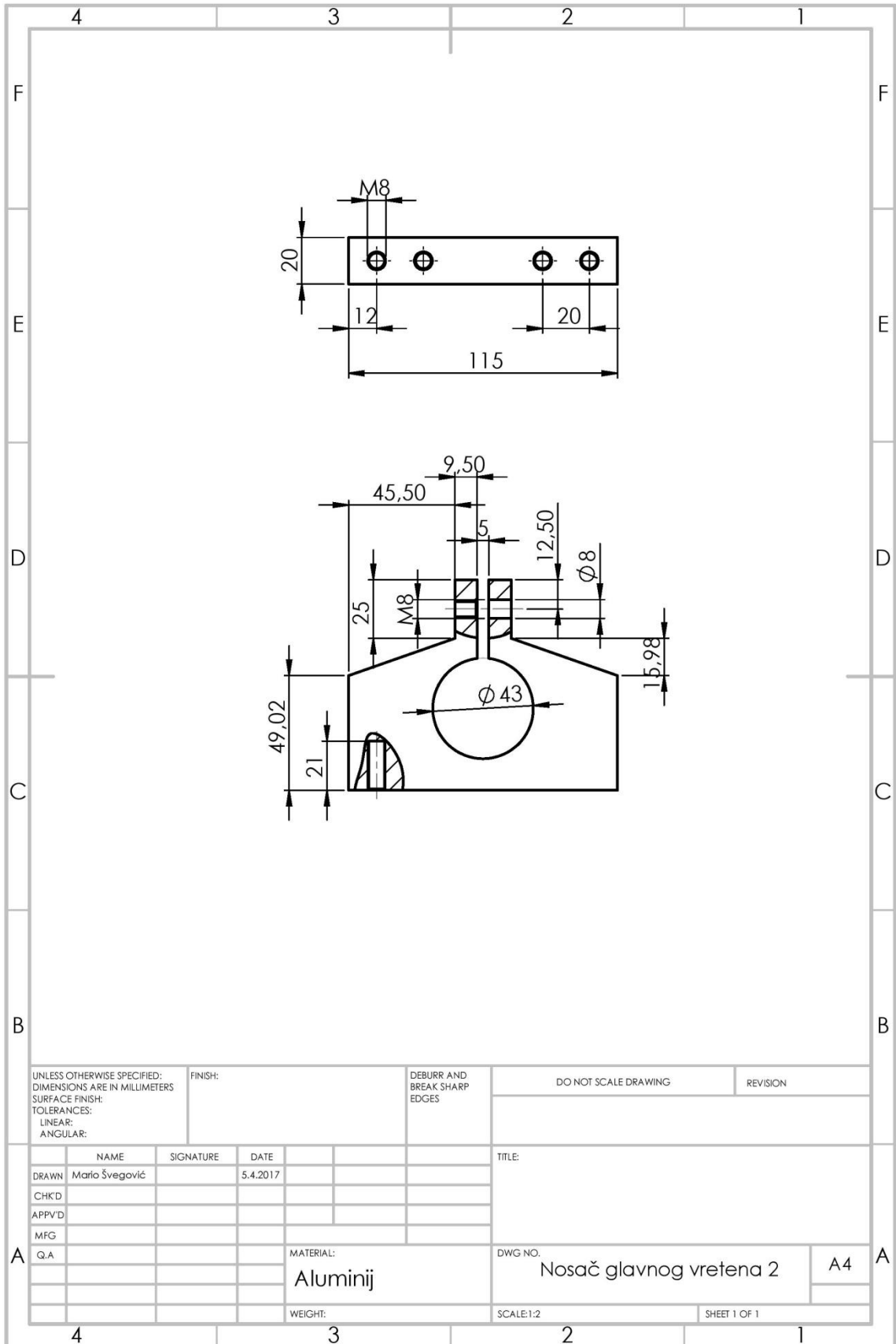
WEIGHT:

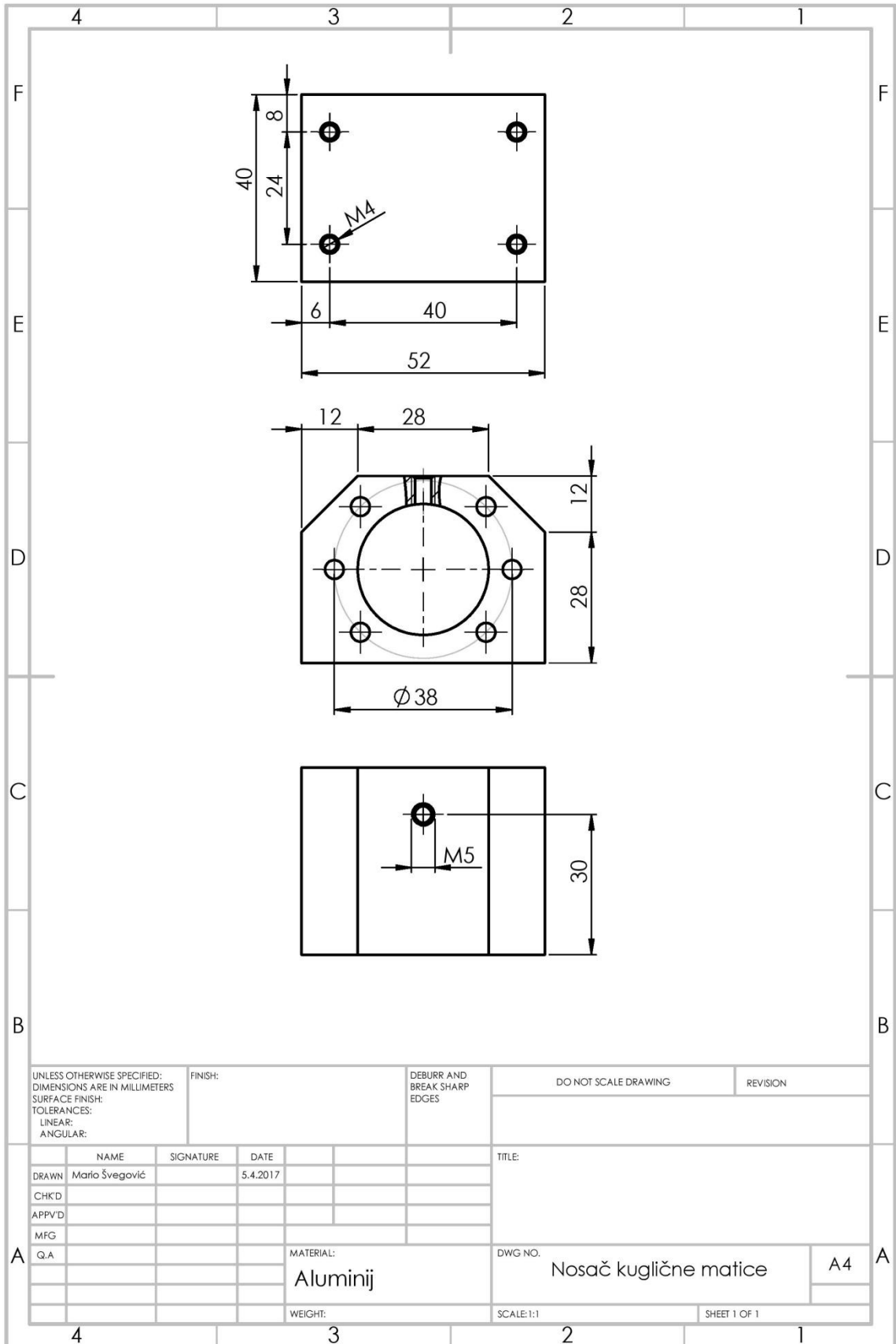
SCALE: 1:10

SHEET 1 OF 1









UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
 SURFACE FINISH:  
 TOLERANCES:  
 LINEAR:  
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND  
 BREAK SHARP  
 EDGES

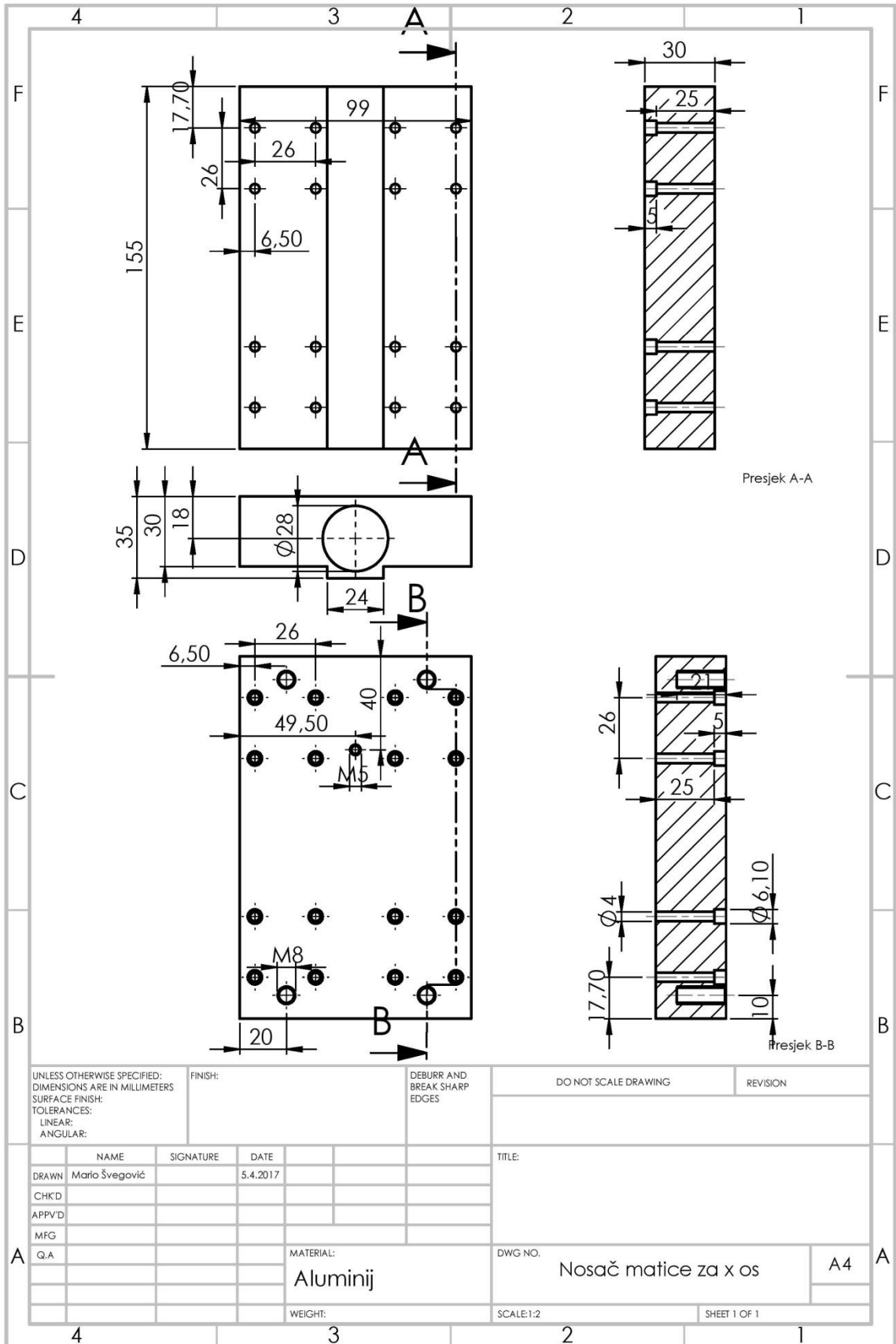
DO NOT SCALE DRAWING

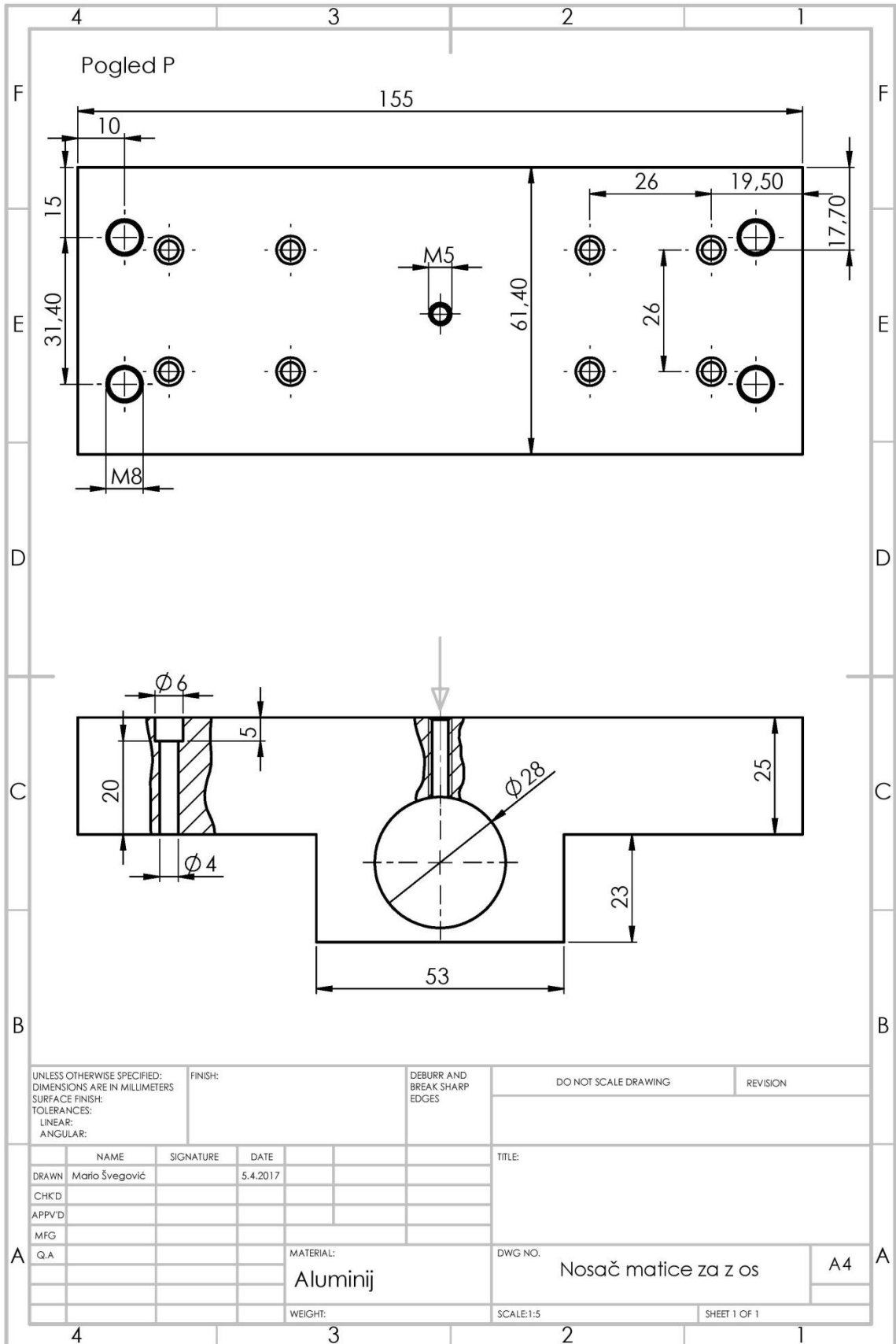
REVISION

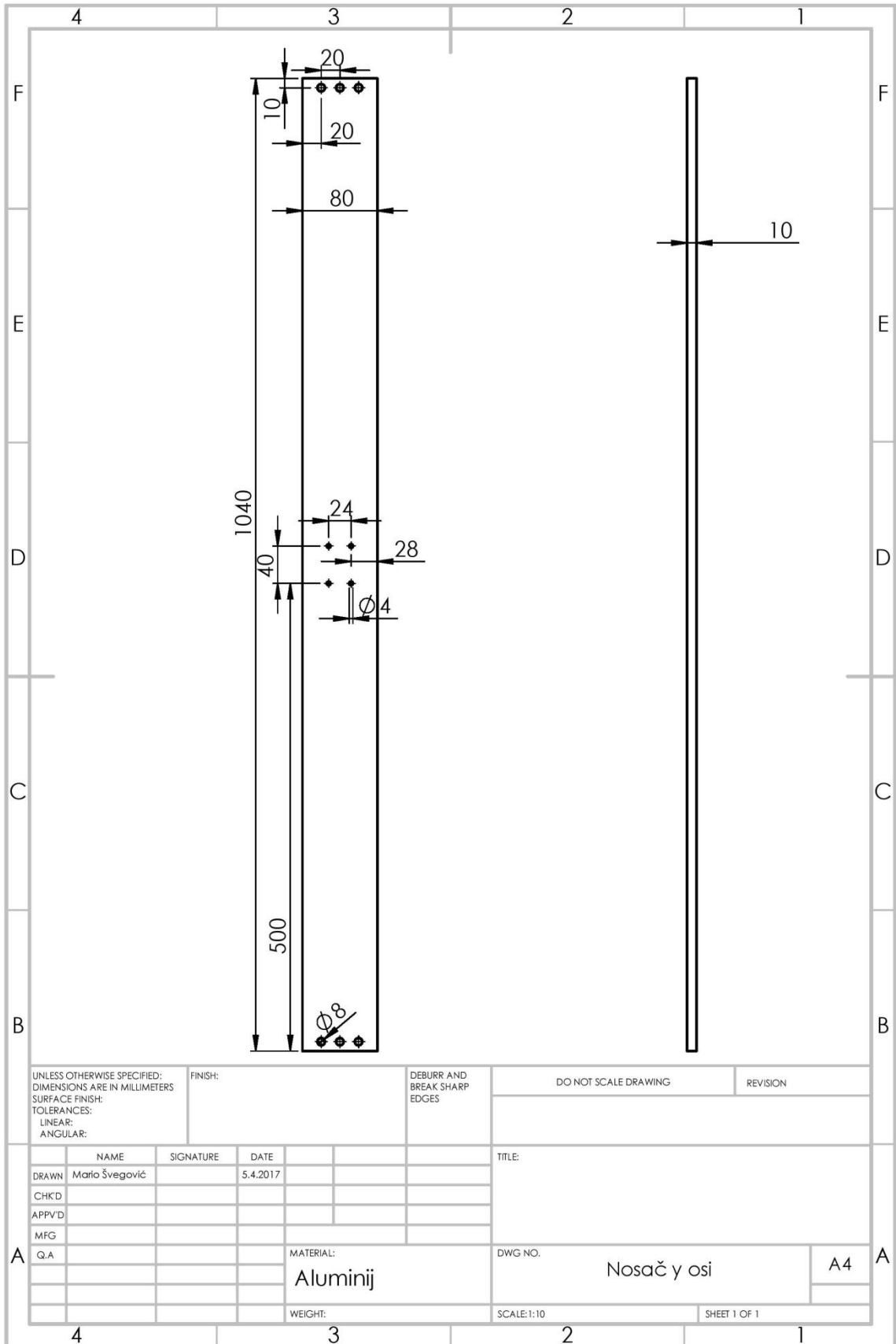
	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Marlo Švegović		5.4.2017
CHKD			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:	
MATERIAL:	DWG. NO.
Aluminij	Nosač kuglične matice
WEIGHT:	SCALE: 1:1
	SHEET 1 OF 1

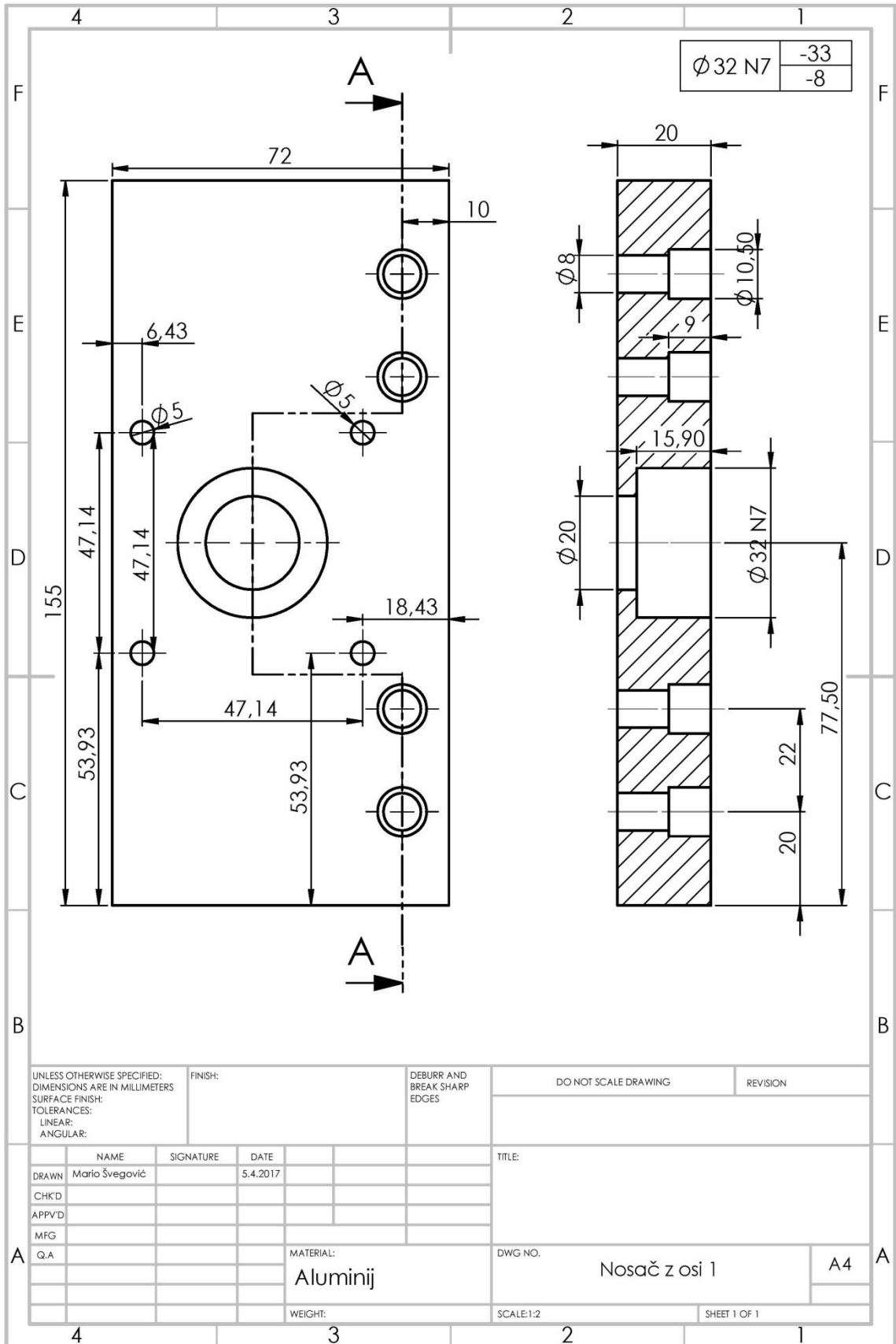
A4

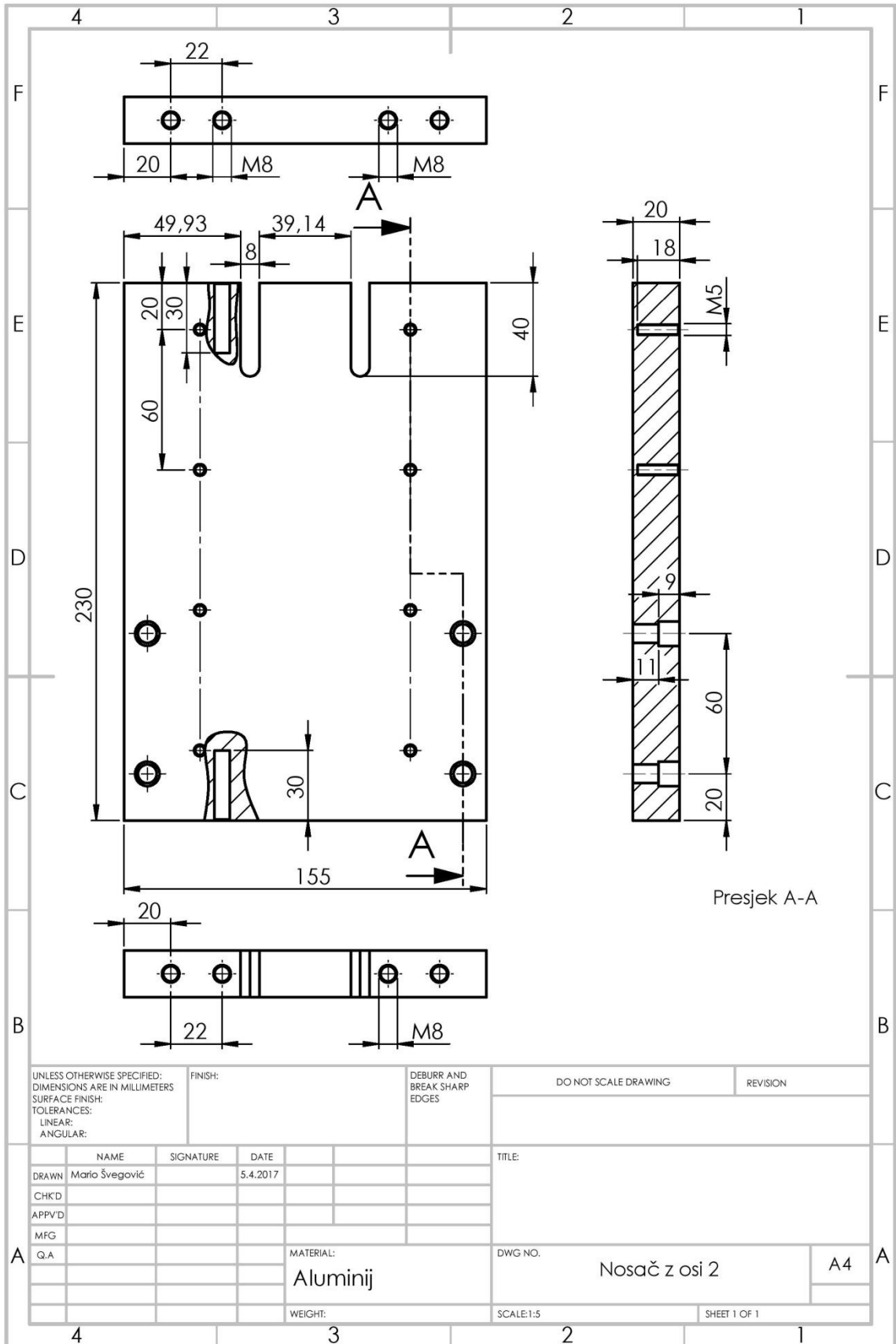


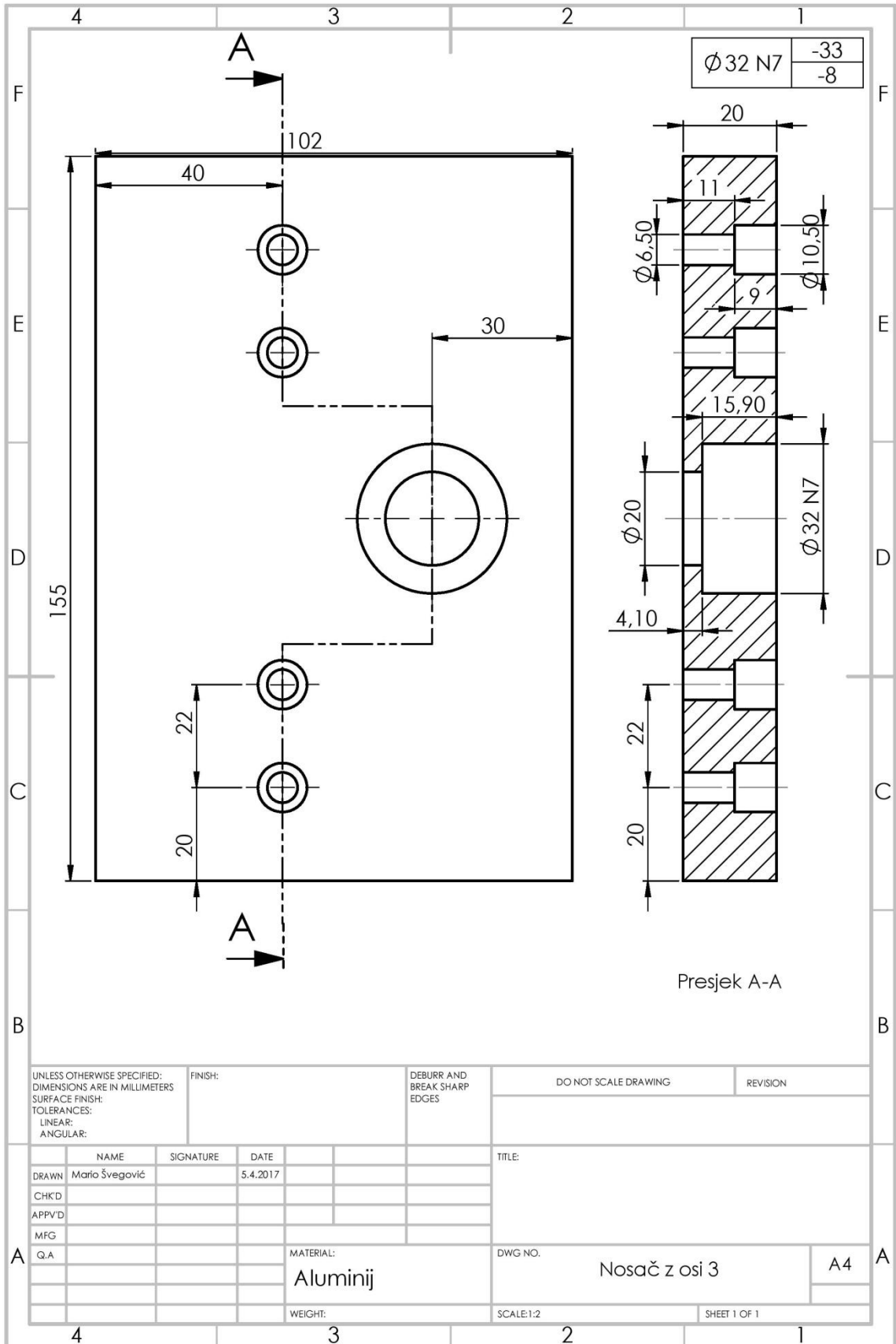












UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
SURFACE FINISH:  
TOLERANCES:  
LINEAR:  
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

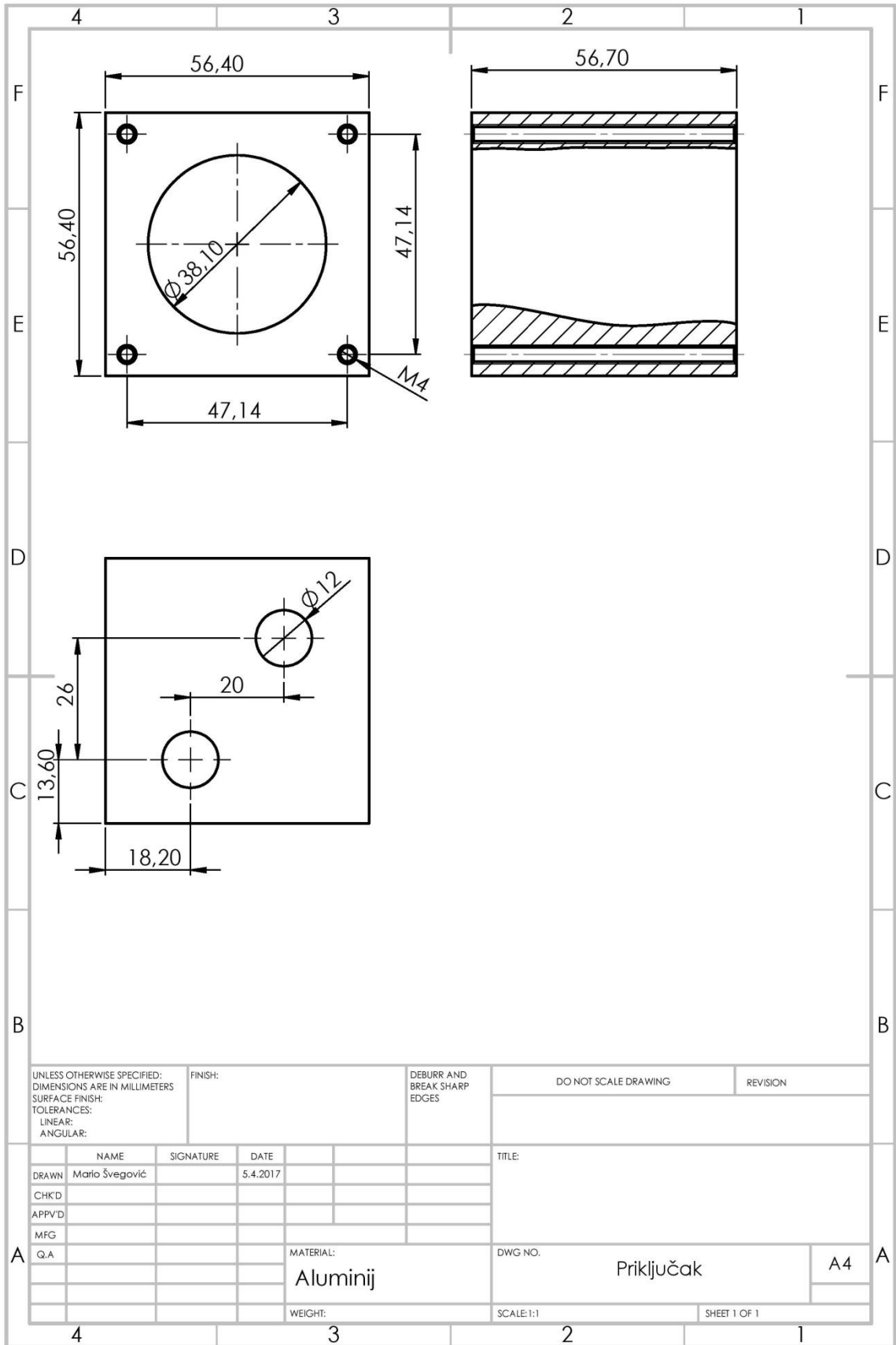
REVISION

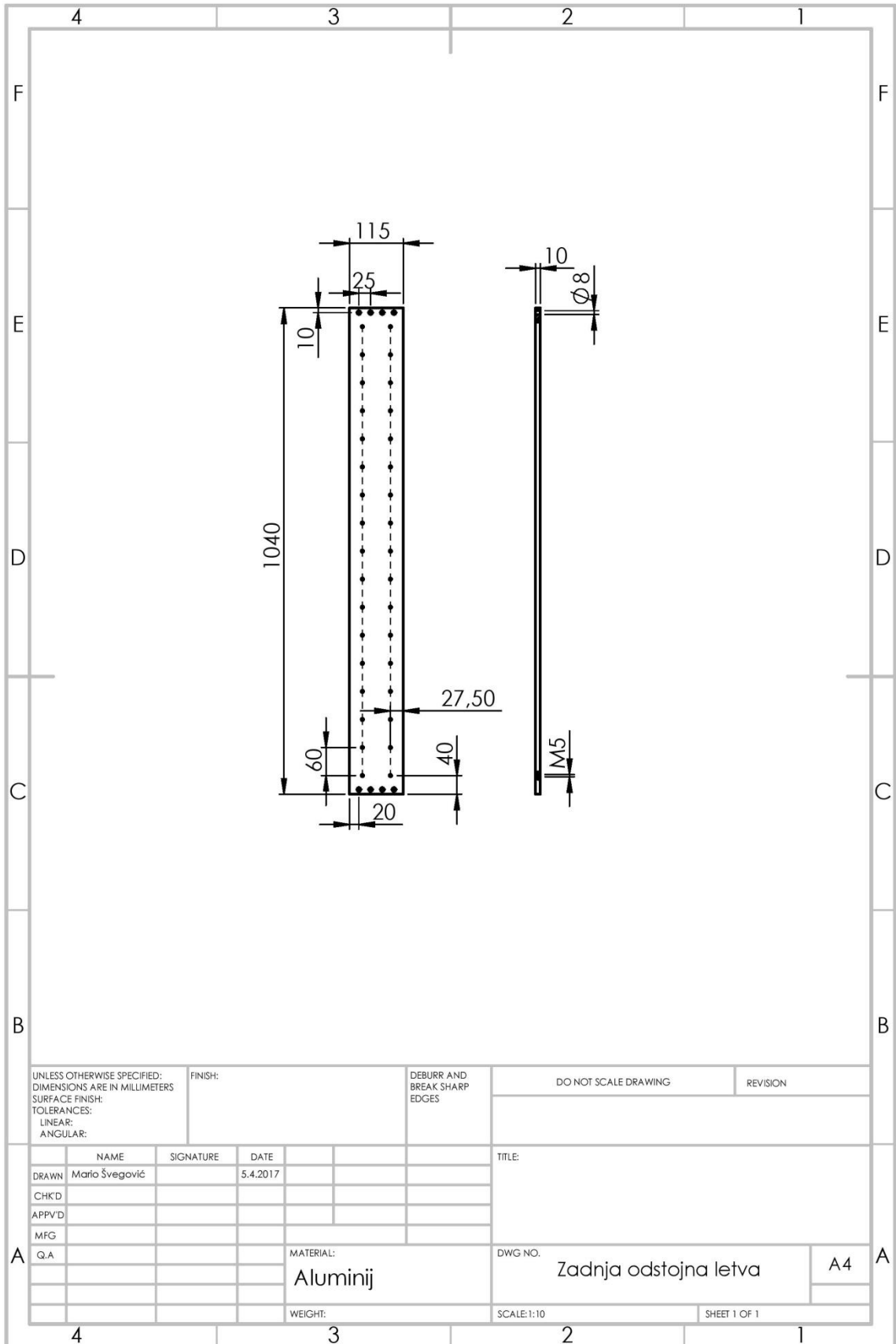
	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Mario Švegović		5.4.2017
CHKD			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:	
DWG. NO.	Nosač z osi 3
SCALE:1:2	SHEET 1 OF 1

MATERIAL:  
**Aluminij**

A4





UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
 SURFACE FINISH:  
 TOLERANCES:  
 LINEAR:  
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND  
 BREAK SHARP  
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Mario Švegović		5.4.2017
CHKD			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:	
MATERIAL:	DWG. NO.
Aluminij	Zadnja odstojna letva
WEIGHT:	SCALE: 1:10
	SHEET 1 OF 1

A4

Prema Odluci Visoke tehničke škole u Bjelovaru, a u skladu sa Zakonom o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju, elektroničke inačice završnih radova studenata Visoke tehničke škole u Bjelovaru bit će pohranjene i javno dostupne u internetskoj bazi Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu. Ukoliko ste suglasni da tekst Vašeg završnog rada u cijelosti bude javno objavljen, molimo Vas da to potvrdite potpisom.

Suglasnost za objavljivanje elektroničke inačice završnog rada u javno dostupnom nacionalnom repozitoriju

MARIO ŠVEGOVIĆ

*ime i prezime studenta/ice*

Dajem suglasnost da se radi promicanja otvorenog i slobodnog pristupa znanju i informacijama cjeloviti tekst mojeg završnog rada pohrani u repozitorij Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu i time učini javno dostupnim.

Svojim potpisom potvrđujem istovjetnost tiskane i elektroničke inačice završnog rada.

U Bjelovaru, 19.04.2017.

  
*potpis studenta/ice*

## IZJAVA O AUTORSTVU ZAVRŠNOG RADA

Pod punom odgovornošću izjavljujem da sam ovaj rad izradio/la samostalno, poštujući načela akademske čestitosti, pravila struke te pravila i norme standardnog hrvatskog jezika. Rad je moje autorsko djelo i svi su preuzeti citati i parafraze u njemu primjereno označeni.

Mjesto i datum	Ime i prezime studenta/ice	Potpis studenta/ice
U Bjelovaru, <u>19.04.2017.</u>	MARIO ŠVEGOVIĆ	