

Ručna zupčanička preša s kućištem u zavarenoj izvedbi

Ivankov, Matej

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:140634>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-24**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Matej Ivankov

Zagreb, 2022. godina.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Izv. prof. dr. sc. Dragan Žeželj, dipl. ing.

Student:

Matej Ivankov

Zagreb, 2022. godina.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se mentoru izv. prof. dr. sc. Draganu Žeželju, dipl. ing. stroj. na stručnim savjetima i pomoći tijekom izrade ovog rada. Isto tako se zahvaljujem svima ostalima koji su mi pomogli sa svojim savjetima tijekom izrade ovog rada.

Posebno se zahvaljujem svojoj obitelji na podršci i razumijevanju tokom trajanja studija.

Matej Ivankov



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za završne i diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:
Procesno-energetski, konstrukcijski, inženjersko modeliranje i računalne simulacije i brodstrojarski

Sveučilište u Zagrebu	
Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa: 602 – 04 / 22 – 6 / 1	
Ur.broj: 15 - 1703 - 22 -	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Matej Ivankov**

JMBAG: **0035213031**

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Ručna zupčanička preša s kućištem u zavarenoj izvedbi**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Hand press with gears and welded housing**

Opis zadatka:

Ručne preše nude dobru kontrolu prilikom prešanja ili uprešavanja uz mogućnost postizanja značajnih opterećenja po prihvatljivoj cijeni. Među mnogim postojećim rješenjima zastupljena je i ručna zupčanička preša gdje se opterećenje na podlogu prenosi pomoću pogonskog zupčanika i zubne letve.

Potrebno je načiniti konstrukcijsko rješenje ručne zupčaničke preše s kućištem u zavarenoj izvedbi. Tijekom razmatranja rješenja i potrebe proračuna u obzir uzeti i sljedeće:

- sva opterećenja su statička,
- prešom treba biti moguće primijeniti opterećenje u iznosu od 5 kN,
- potreban radni prostor opisuje cilindar promjera 150 mm i visine 130 mm čija se os podudara s srednjom linijom profila zubne letve,
- zupčanički dio treba biti pristupačan radi održavanja,
- radi smanjenja gubitaka zubna letva mora klizati po podlozi od materijala dobrih kliznih svojstava koji s materijalom zubne letve čini tribološki kompatibilan par,
- faktor sigurnosti kućišta, gdje je primjenjivo, treba približno biti jednak 2,
- gdje je moguće treba koristiti komercijalno dobavljive dijelove i sklopove.

Vrijednosti potrebne za proračun i odabir pojedinih komponenti usvojiti iz postojećih rješenja sličnih sustava, iskustvenih vrijednosti te u dogovoru s mentorom.

Računalni model odabranog rješenja uređaja izraditi u 3D CAD sustavu, cjelovito konstrukcijsko rješenje prikazati sklopnim crtežom, a dijelove odabrane u dogovoru s mentorom razraditi do razine radioničkih.

U radu je potrebno navesti korištenu literaturu, norme kao i eventualnu pomoć.

Zadatak zadan:

30. 11. 2021.

Zadatak zadao:

Izv. prof. dr. sc. **Dragan Žeželj**

Datum predaje rada:

- 1. rok: 24. 2. 2022.
- 2. rok (izvanredni): 6. 7. 2022.
- 3. rok: 22. 9. 2022.

Predviđeni datumi obrane:

- 1. rok: 28. 2. – 4. 3. 2022.
- 2. rok (izvanredni): 8. 7. 2022.
- 3. rok: 26. 9. – 30. 9. 2022.

Predsjednik Povjerenstva:

V Soldo
Prof. dr. sc. **Vladimir Soldo**

SADRŽAJ

SADRŽAJ	I
POPIS SLIKA	II
POPIS TABLICA.....	III
POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE	IV
POPIS OZNAKA	V
SAŽETAK.....	VIII
SUMMARY	IX
1. UVOD.....	1
2. PREGLED POSTOJEĆIH PROIZVODA NA TRŽIŠTU	2
2.1. Tvrtka Dake, model 1-1/2B	2
2.2. Tvrtka AGME, model 5500 CL	3
2.3. Tvrtka EMG, model 14HR.....	4
2.4. Tvrtka Jiangsu Yishou Machinery Technology, model 0.5T.....	5
2.5. Odabir ručne preše za funkcijsko modeliranje.....	6
3. FUNKCIJSKA DEKOMPOZICIJA	7
4. MORFOLOŠKA MATRICA	8
5. KONCEPTI	10
5.1. Koncept 1	10
5.2. Koncept 2	13
5.3. Koncept 3	17
6. VREDNOVANJE I ODABIR KONCEPTA	22
7. PRORAČUN	23
7.1. Dimenzioniranje zupčanika.....	23
7.2. Određivanje sile u opruzi za povratak preše	25
7.3. Kontrola zupčanika	26
7.4. Određivanje potrebnog kraka poluge za postizanje pogonske sile	28
7.5. Kontrola vratila	29
7.6. Kontrola kritičnih zavara	34
7.6.1. Kontrola prvog kritičnog zavara	34
7.6.2. Kontrola drugog kritičnog zavara	36
7.6.3. Kontrola trećeg kritičnog zavara.....	39
7.6.4. Kontrola četvrtog kritičnog zavara	42
7.7. Odabir zupčanika za prijenos momenta s poluge na vratilo	43
7.8. Kontrola ručke na poluzi.....	44
7.9. Kontrola šipke za polugu	45
8. ZAKLJUČAK.....	46
LITERATURA.....	47
PRILOZI.....	48

POPIS SLIKA

Slika 1.	Preša 1-1/2B	2
Slika 2.	Preša 5500 CL	3
Slika 3.	Preša 14HR.....	4
Slika 4.	Preša 0.5T	5
Slika 5.	Funkcijska dekompozicija preše	7
Slika 6.	Morfološka matrica 1. dio	8
Slika 7.	Morfološka matrica 2. dio	9
Slika 8.	Kombinacija za koncept 1 (1. dio)	10
Slika 9.	Kombinacija za koncept 1 (2. dio)	11
Slika 10.	Koncept 1 (1.dio).....	12
Slika 11.	Koncept 1 (2.dio).....	13
Slika 12.	Kombinacija za koncept 2 (1. dio)	14
Slika 13.	Kombinacija za koncept 2 (2. dio)	15
Slika 14.	Koncept 2 (1. dio).....	16
Slika 15.	Koncept 2 (2. dio).....	17
Slika 16.	Kombinacija za koncept 3 (1. dio)	18
Slika 17.	Kombinacija za koncept 3 (2. dio)	19
Slika 18.	Koncept 3 (1. dio).....	20
Slika 19.	Koncept 3 (2. dio).....	21
Slika 20.	Određivanje pogonske sile	24
Slika 21.	Određivanje sile u opruzi za povratak preše	25
Slika 22.	Opruga GZ – 15 – 50 – BB – 50	26
Slika 23.	Određivanje potrebne pogonske sile na zupčaniku	27
Slika 24.	Određivanje kraka poluge	28
Slika 25.	Dužinske mjere vratila.....	30
Slika 26.	Opterećenja vratila	30
Slika 27.	Opterećenja vratila u vertikalnoj ravnini.....	31
Slika 28.	Opterećenja vratila u horizontalnoj ravnini.....	31
Slika 29.	Dijagrami momenata savijanja i uvijanja vertikalnoj ravnini	32
Slika 30.	Dijagrami momenata savijanja horizontalnoj ravnini	33
Slika 31.	Dimenzije prvog zavara.....	34
Slika 32.	Opterećenja prvog zavara	35
Slika 33.	Dimenzije drugog zavara.....	36
Slika 34.	Opterećenja drugog zavara	37
Slika 35.	Dimenzije trećeg zavara	39
Slika 36.	Opterećenja trećeg zavara	40
Slika 37.	Dimenzije četvrtog zavara.....	42
Slika 38.	Opterećenja četvrtog zavara	43
Slika 39.	Opterećenje ručke.....	44
Slika 40.	Opterećenje šipke za polugu.....	45

POPIS TABLICA

Tablica 1. Specifikacije preše 1-1/2B.....	3
Tablica 2. Specifikacije preše 5500 CL.....	4
Tablica 3. Specifikacije preše 14HR	5
Tablica 4. Specifikacije preše 0.5T	6
Tablica 5. Kriteriji odabira i vrednovanje koncepata	22

POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

S-2022-06	Ručna preša
S-2022-02	Sklop postolja i donjeg dijela kućišta
R-2022-19	Sklop postolja i donjeg dijela kućišta
S-2022-04	Donji dio kućišta
S-2022-03	Gornji dio kućišta
R-2020-20	Gornji dio kućišta
R-2022-09	T-profil (50x50x70)
R-2022-11	T-profil (250x60x60)
R-2022-17	Postolje
R-2022-16	Nosač vratila
R-2022-12	Prirubnica 1
R-2022-13	Prirubnica 2
R-2022-15	Poklopac
R-2022-14	Oklop
R-2022-10	Stup vodilice
R-2022-07	Ukrućenje
S-2022-01	Sklop poluge
R-2022-21	Sklop poluge
R-2022-01	Prihvat ručke
R-2022-02	Šipka poluge
S-2022-07	Sklop protuutega
R-2022-06	Protuuteg
R-2022-24	Zaustavnik
R-2022-18	Kolo
R-2022-23	Prsten
R-2022-22	Radno postolje
R-2022-08	Tlačna pločica
R-2022-05	Nosač cilindra
R-2022-04	Vratilo
R-2022-03	Zubna letva

POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
A_i	mm ²	površine zavara za izračun težišta zavara
A_{zav}	mm ²	ukupna površina zavara
$A_{//zav}$	mm ²	površina zavara paralelna sa silama koje uzrokuju smično naprezanje
b	mm	širina zupčanika ili zavara
c	mm	tjemena zračnost
d	mm	promjer vratila ili nekog drugog okruglog dijela
D	mm	unutrašnji promjer šipke
d_{a1}	mm	tjemeni promjer pogonskog zupčanika
d_{b1}	mm	promjer temeljne kružnice pogonskog zupčanika
d_{f1}	mm	podnožni promjer pogonskog zupčanika
d_{vr}	mm	promjer vratila
d_z	mm	promjer zupčanika za prijenos momenta sa poluge na vratilo
d_1	mm	diobeni promjer pogonskog zupčanika
d_2	mm	diobeni promjer gonjenog zupčanika
e	mm	krak momenta protuutega
F	N	sila prešanja ili pogonska sila
F_{iH}	N	horizontalne reaktivne sile u osloncima vratila
F_{iH}	N	vertikalne reaktivne sile u osloncima vratila
F_{opr}, F_{opr1}	N	sila u opruzi
F_r	N	radijalna sila zupčanika
F_R	N	ručna sila
F_t	N	pogonska ili tangencijalna sila zupčanika
F_{tr}	N	sila trenja
g	$\frac{m}{s^2}$	ubrzanje sile teže
G_{kolo}	N	težina ručnog kola
G_{zub}	N	težina zubne letve
h	mm	visina zavara
h_a	mm	tjemena visina zuba
h^*	mm	faktor tjemene visine zuba
I_y, I_{yi}	mm ⁴	aksijalni moment tromosti presjeka oko osu y
I_z, I_{zi}	mm ⁴	aksijalni moment tromosti presjeka oko osu z
K_I, K_V		vanjsko odnosno unutrašnje dodatno dinamičko opterećenje
$K_{F\alpha}$		faktor raspodjele opterećenja kod opteretivosti korijena
$K_{F\beta}$		faktor raspodjele opterećenja po uzdužnoj liniji boka zuba

l	mm	duljina ili krak sile
L	mm	krak sile
m	mm	modul zupčanika
m_{uteg}	kg	masa protuutega
M_{h}	Nm	moment savijanja vratila u horizontalnoj ravnini u kritičnom presjeku
M_{v}	Nm	moment savijanja vratila u vertikalnoj ravnini u kritičnom presjeku
$M_{1\text{h}}, M_{2\text{h}} \dots M_{\text{ih}}$	Nm	moment savijanja vratila u pojedinom presjeku u horizontalnoj ravnini
$M_{1\text{v}}, M_{2\text{v}} \dots M_{\text{iv}}$	Nm	moment savijanja vratila u pojedinom presjeku u vertikalnoj ravnini
M_{y}	Nm	moment savijanja oko osi y koordinatnog sustava zavara
M_{z}	Nm	moment savijanja oko osi z koordinatnog sustava zavara
p	mm	diobeni korak
p	$\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	naprezanje na tlak
p_{dop}	$\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	vrijednost dopuštenog tlaka za čelik S235
q_{L}		pomoćni faktor raspodjele
r	mm	polumjer djelovanja pogonske sile
R	mm	krak djelovanja ručne sile
R_{t}	$\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	granica razvlačenja za čelik 20MnCr5
s	mm	duljina nalijeganja
S_{F}		sigurnost protiv loma zuba
S_{post}		postojeća sigurnost
S_{potr}		potrebna sigurnost
$T, T_{\text{R}}, T_{\text{z}}$	Nm	moment uvijanja vratila
T_{dop}	Nm	dopušteni okretni moment
T_{t}	Nm	moment uvijanja zavara
t_2	mm	dubina utora glavine
$T_{1\text{max}}$	Nm	maksimalni okretni moment
$T_{1\text{naz}}$	Nm	nazivni okretni moment
V	m^3	volumen zubne letve
W	mm^3	aksijalni moment otpora presjeka
W_{t}	mm^3	torzijski moment otpora presjeka
$W_{\text{y}}, W_{\text{z}}$	mm^3	aksijalni momenti otpora presjeka zavara
x, y, z		koordinatne osi u Kartezijevom koordinatnom sustavu
x_1		faktor pomaka profila
$y_{\text{S1}}', y_{\text{S2}}', y_{\text{Si}}'$	mm	udaljenost težišta pojedine površine zavara po y osi referentnog koordinatnog sustava
Y_{F}		faktor oblika zuba
Y_{e}		faktor stupnja prekrivanja

z_1		broj zuba pogonskog zupčanika
z_S'	mm	udaljenost težišta zavora po z osi od referentnog koordinatnog sustava
$z_{S1}', z_{S2}', z_{Si}'$	mm	udaljenost težišta pojedine površine zavora po z osi referentnog koordinatnog sustava
α	°	kut zahvatne crte
ε_α		stupanj prekrivanja zupčanika
η_L		gubitak u osloncima zbog trenja
λ		odnos širine zuba
μ		faktor trenja mirovanja za par materijala čelik na čelik u slučaju podmazivanja
π		matematička konstanta
$\rho_{\text{čelika}}$	$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	gustoća čelika
σ	$\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	normalno naprezanje
σ_{dop}	$\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	dopušteno naprezanje
σ_{ekv}	$\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	ekvivalentno naprezanje zavora
σ_F	$\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	naprezanje korijena zuba
σ_{Flim}	$\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	čvrstoća korijena zuba
σ_{FP}	$\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	dopušteno naprezanje korijena zuba
σ_{red}	$\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	reducirano naprezanje
σ_s	$\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	naprezanje na savijanje
σ_t	$\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	tlačno naprezanje
σ_y	$\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	svojno naprezanje oko osi y
σ_z	$\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	svojno naprezanje oko osi z
τ	$\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	tangencijalno naprezanje
τ_s	$\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	smično naprezanje
τ_t	$\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	torzijsko naprezanje

SAŽETAK

Ovim završnim radom je napravljena konstrukcijska razrada ručne zupčaničke preše s kućištem u zavarenoj izvedbi.

Prvo je obavljen pregled postojećih proizvoda na tržištu u svrhu odabira modela za funkcijsku dekompoziciju. Na temelju dekompozicije se radi morfološka matrica. Drugim riječima, izdvajaju se određene podfunkcije i opisuju parcijalna rješenja za njih. Različitim kombinacijama parcijalnih rješenja su dobivena tri koncepta. Zatim je provedeno vrednovanje konceptata, čime je odabran najbolje ocijenjen koncept za daljnju konstrukcijsku razradu.

Za odabrani koncept je proveden proračun i izrađena tehnička dokumentacija.

Ključne riječi: konstrukcijska razrada, ručna zupčanička preša, koncept

SUMMARY

With this final paper, the design development of the manual gear press with a welded casing was made.

First was performed an overview of existing products on the market in order to select a model for functional decomposition. Based on the decomposition, a morphological matrix is created. In other words, certain subfunctions are singled out and partial solutions for them are described. Three concepts were obtained by different combinations of partial solutions. Then the evaluation of the concepts was carried out, which selected the best-rated concept for further design development.

For the chosen concept, the calculation was carried out and the technical documentation was created.

Key words: design development, manual gear press, concept

1. UVOD

Ručna zupčanička preša je uređaj kojim se, preko načela rada poluge i primjenom ručne sile, postiže sila kojom se pritišće obradak ili strojni dio. Sastavni dijelovi preše su metalni okvir, zubna letva, vratilo sa zupčanicom i neka vrsta poluge. Metalni okvir se može podijeliti na postolje, stup i kućište. Postolje ima oblik ploče, te se njime ostvaruje postavljanje i prihvat preše na radni stol. Kod nekih od izvedbi preša, postolje ima i funkciju prihвата radne podloge za obradu lima. Na postolje se nastavlja stup, npr. T-profil, kojim se postiže željena visina radnog prostora, odnosno volumen istog. Kućište ima funkciju oslonca za vratilo i prihвата zubne letve.

Princip rada ovakve preše je vrlo jednostavan. Na vratilu se nalazi zupčanik koji je u zahvatu sa zubnom letvom. Primjenom sile na polugu se ostvaruje okretni moment koji se prenosi na vratilo. Okretanjem vratila zajedno sa zupčanicom, moment ostvaren polugom se sredstvom zahvata zupčanika i zubne letve pretvara u silu. Zubna letva se tada linearno giba, te pritišće predmet na kojem se želi izvršiti prešanje.

Ručne preše se primjenjuju za razna oblikovanja lima, poput rezanja, provlačenja, savijanja, istiskivanja itd. Osim toga koriste se i za montažu i skidanje ležajeva, spajanje strojnih dijelova (ćahura, zupčanika i drugih), zakivanje itd. Mnogo izvedbi omogućuje dodavanje nastavka na zubnu letvu, u svrhu izvođenja neke od navedenih primjena. U sljedećem poglavlju će se izvršiti pregled različitih izvedbi ručnih preša dostupnih na tržištu. Jedna od izvedbi će se odabrati kao model za pravljenje funkcijske dekompozicije.

2. PREGLED POSTOJEĆIH PROIZVODA NA TRŽIŠTU

Pregledom tržišta su se pokušale obuhvatiti otprilike sve verzije zupčaničkih preša u smislu načina izvođenja operacije prešanja, te pozicioniranja preše na određenoj visini prije same operacije. U zadatku je zadano kućište preše u zavarenoj izvedbi, iako se na tržištu može pronaći samo u lijevanoj izvedbi. Kod većine proizvođača je pokriven širok raspon zahtjeva za silom prešanja i radnim prostorom. Pregledom postojećih proizvoda na tržištu će se odabrati jedna od postojećih izvedbi ručnih zupčaničkih preša, te će se na njoj izvršiti funkcijska dekompozicija.

2.1. Tvrтка Dake, model 1-1/2B

Opisati će se jedan od modela ručne preše tvrtke Dake, prikazane na Slici 1.



Slika 1. Preša 1-1/2B

Preša 1-1/2B je konstruirana za provlačenje, ali se može koristiti i za druga oblikovanja lima. Ručno kolo omogućuje brzo i fluidno podizanje, odnosno spuštanje zubne letve. Također omogućuje manje pomake u svrhu pozicioniranja zubne letve na komad prije prešanja. Polugom se postiže bolja kontrola prešanja, kao i veća sila, te je moguće namještanje početnog položaja.

Protutuateg vraća polugu u početni položaj brzo nakon pritiska. Rotacija uslijed težine je sprječena oprugom. U Tablici 1. su ispisane specifikacije ove preše.

Tablica 1. Specifikacije preše 1-1/2B

Specifikacije	
Sila prešanja	30 kN
Dimenzije radnog prostora /mm	Ø336,5 × 444,5
Dimenzije preše /mm	533,4 × 209,55 × 711,2
Masa	88,9 kg
Cijena	12789,94 kn

2.2. Tvrtnka AGME, model 5500 CL

Slična prethodnoj ručnoj preši, ali s drukčijim pristupom pozicioniranju preše na komad, opisać će se preša tvrtke AGME, prikazana na Slici 2.



Slika 2. Preša 5500 CL

Preša tvrtke AGME se može koristiti za montažu čahura, ležajeva, oblikovanje limova itd. Moguća brza i poudana promjena visine preko stupa. Polugom se postiže željena sila prešanja, te je osiguran povratak iste pomoću opruge. Istovremeno se i preša vraća u početni položaj.

Također je moguće namještanje početne pozicije poluge u svrhu optimiziranja ergonomije. Rotacija uslijed težine je sprječena oprugom. Tablica 2. prikazuje neke od specifikacija ove preše.

Tablica 2. Specifikacije preše 5500 CL

Specifikacije	
Sila prešanja	5 kN
Dimenzije radnog prostora /mm	290 × 290 × 530
Dimenzije preše /mm	420 × 290 × 760
Masa	78 kg
Cijena	-

2.3. Tvrтка EMG, model 14HR

Sljedeće opisana je ručna preša tvrtke EMG, koja koristi ručno kolo u svrhu pozicioniranja i primjene sile prešanja na komad. Prikazana je na Slici 3.



Slika 3. Preša 14HR

Preša 14HR ima čvrstu konstrukciju, te se koristi za ostvarivanje spojeva, montažu, te za primjene gdje je potreban duži put prešanja. Upravlja se pomoću kola kojem se može sprječiti rotacija pritezanjem vijka koji se nalazi u osi kola.

Tablica 3. Specifikacije preše 14HR

Specifikacije	
Sila prešanja	14 kN
Dimenzije radnog prostora /mm	Ø238 × 420
Dimenzije preše /mm	862 × 620 × 328
Masa	45 kg
Cijena	-

2.4. Tvrtka Jiangsu Yishou Machinery Technology, model 0.5T

Posljednja opisana je preša tvrtke Jiangsu Yishou Machinery Technology, prikazana na Slici 4.



Slika 4. Preša 0.5T

Preša 0.5T je jednostavne konstrukcije i uglavnom se koristi montažu strojnih dijelova i ležajeva. Može se koristiti i za različita oblikovanja lima. Rotacija pogonskog zupčanika, odnosno operacija uprešavanja se vrši okretanjem šipke kojoj je moguće mijenjati položaj u svrhu povećanja momenta. Pomicanje zubne letve uslijed njezine težine je sprječeno trenjem između zubne letve i pločice pritisnute na istu. Normalna sila se ostvaruje pritezanjem vijaka.

Tablica 4. Specifikacije preše 0.5T

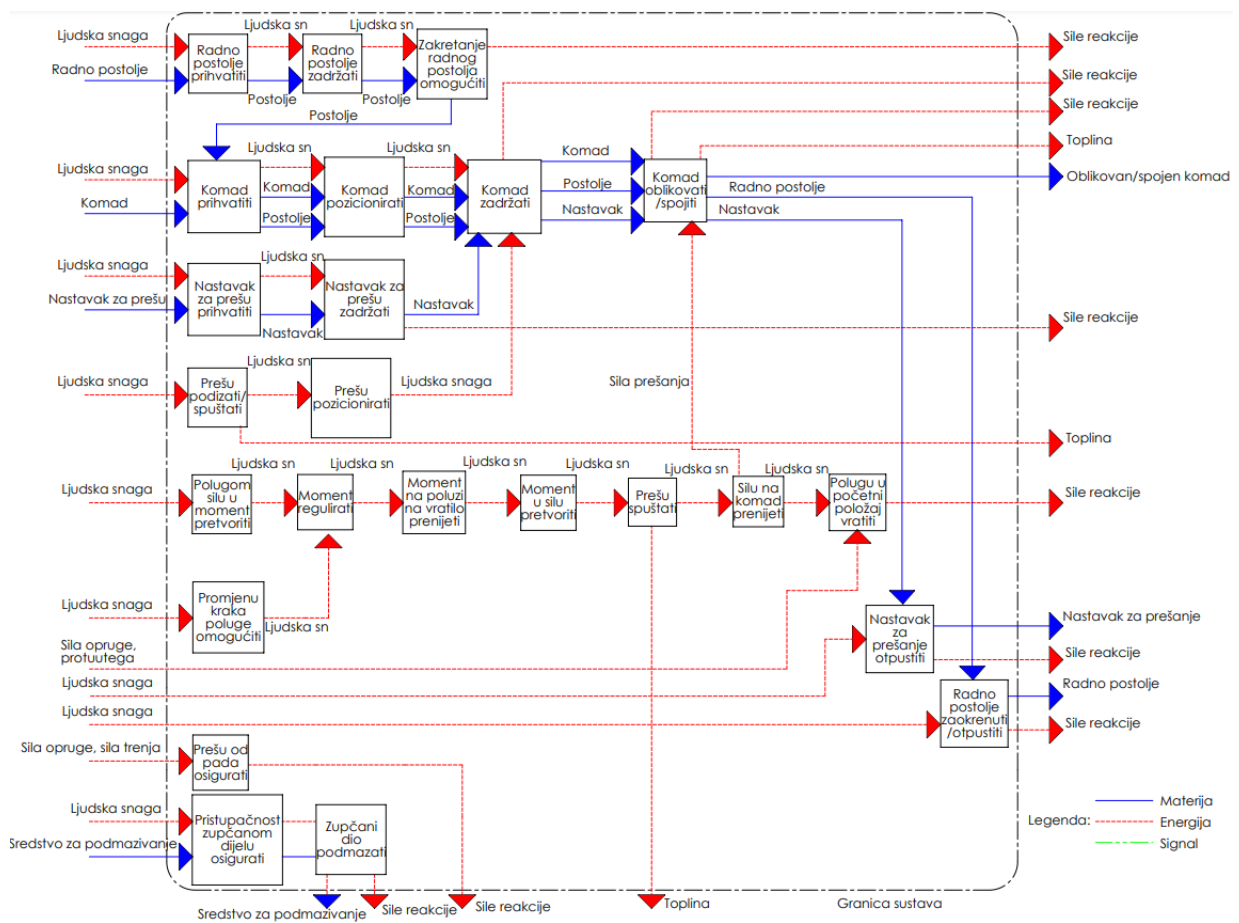
Specifikacije	
Sila prešanja	5 kN
Dimenzije radnog prostora /mm	Ø90 × 114
Dimenzije preše /mm	235 × 160 × 263
Masa	8,5 kg
Cijena	-

2.5. Odabir ručne preše za funkcijsko modeliranje

Funkcijska dekompozicija će se izvršiti na preši tvrtke Dake. Ova zupčanička ručna preša koristi ručno kolo za pozicioniranje preše s obzirom na komad koji se spaja odnosno oblikuje. Sila prešanja se postiže pomoću poluge. Izvedba kao što je ova, moment ostvaren polugom prenosi na vratilo pomoću zupčanika i zaglavljivača. Funkcijskom dekompozicijom će se pokušati prikazati glavna funkcija proizvoda preko podfunkcija koje zajedno doprinose izvršavanju glavne. Osim podfunkcija, napraviti će se formulacija tokova energije, materije i signala. Konačni prikaz će se dobiti kombinacijom tokova i podfunkcija.

3. FUNKCIJSKA DEKOMPOZICIJA

Slika 5. prikazuje funkcijsku dekompoziciju ručne zupčaničke preše.



Slika 5. Funkcijska dekompozicija preše

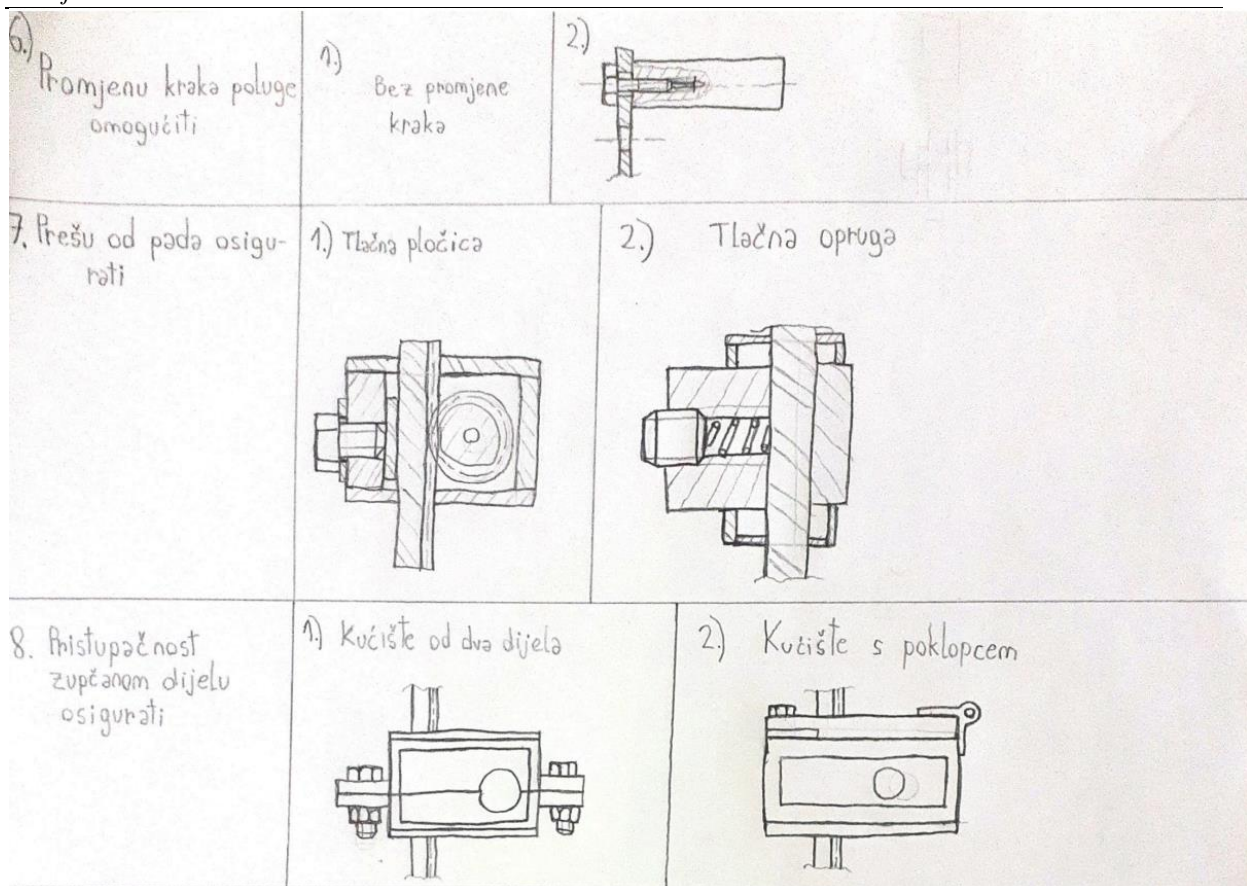
4. MORFOLOŠKA MATRICA

Na Slici 6. je prikazan prvi dio morfološke matrice. Morfološka matrica je napravljena od nekoliko podfunkcija predstavljenih u funkcijskoj dekompoziciji, te su one ispisane u prvom stupcu. Za svaku podfunkciju u tablici su opisana odnosno skicirana parcijalna rješenja.

1. Radno postolje prihvatiti	1.)	2.)	3.)	
2. Prešu podizati/spuštati	1.)	2.)	3.)	4.)
3. Polugom silu u moment pretvoriti	1.)	2.)	3.)	
4. Moment na poluzi na vratilo prenijeti	1.)			
5. Polugu u početni položaj vratiti	1.) Vlačna opruga 	2.) Protuteg 		
	1.) Bez prigušenja	2.) Sa prigušenjem		
	1.) Bez povrata preše	2.) Sa povratom preše		

Slika 6. Morfološka matrica 1. dio

Slika 7. prikazuje drugi dio morfološke matrice.



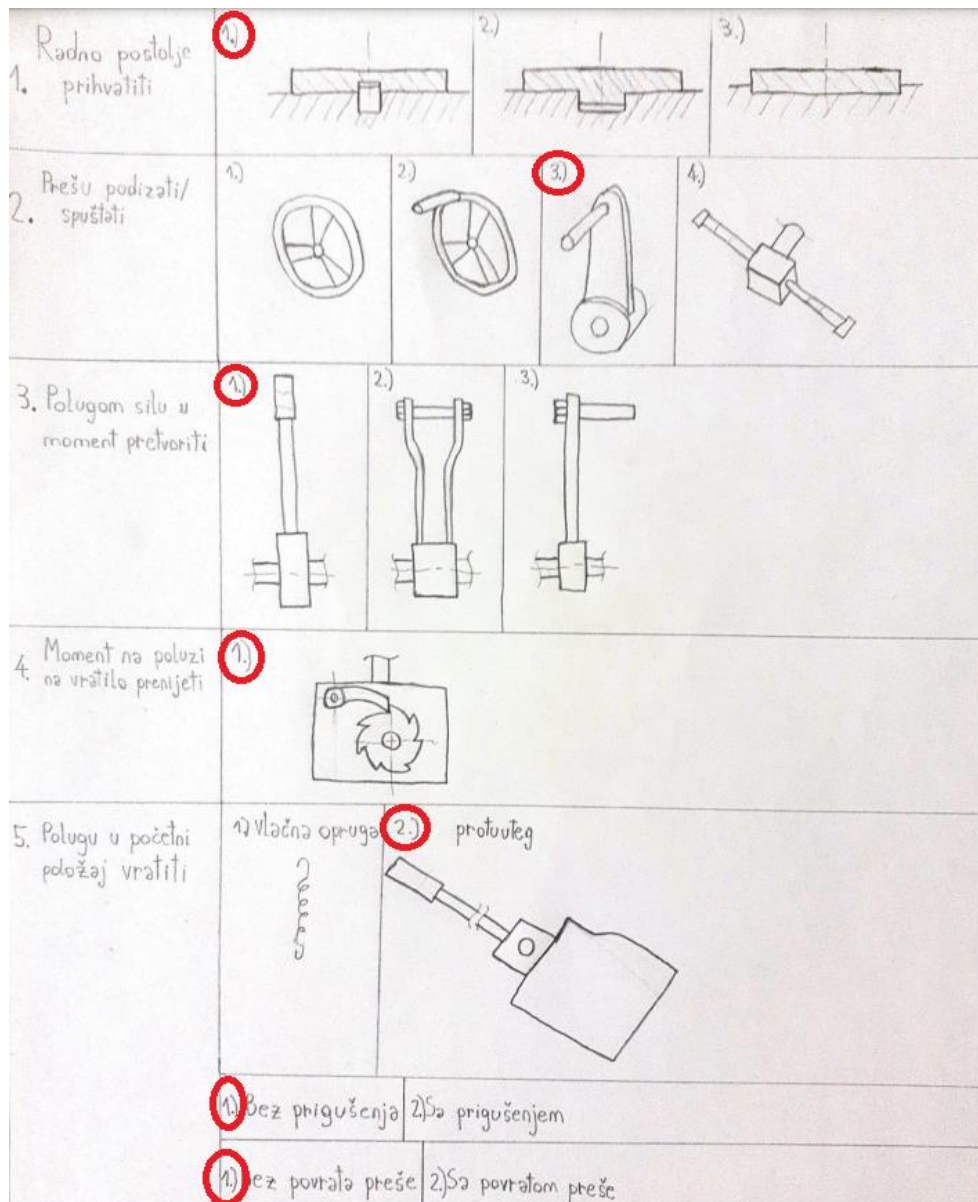
Slika 7. Morfološka matrica 2. dio

5. KONCEPTI

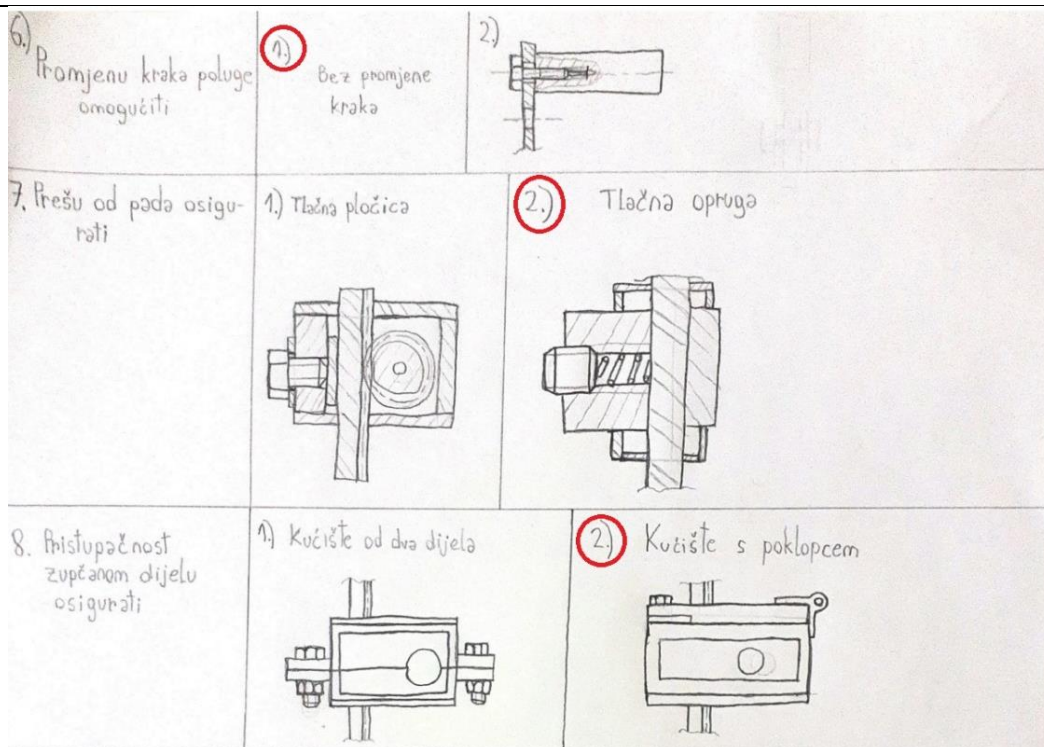
Kombinacijama parcijalnih rješenja pojedinih podfunkcija generirana su tri koncepta. Svi koncepti se sastoje od postolja, radnog postolja, kućišta, vratila s pogonskim zupčanikom, zubne letve, poluge i kola.

5.1. Koncept 1

Na Slici 4. i 5. je prikazana kombinacija parcijalnih rješenja za koncept 1.



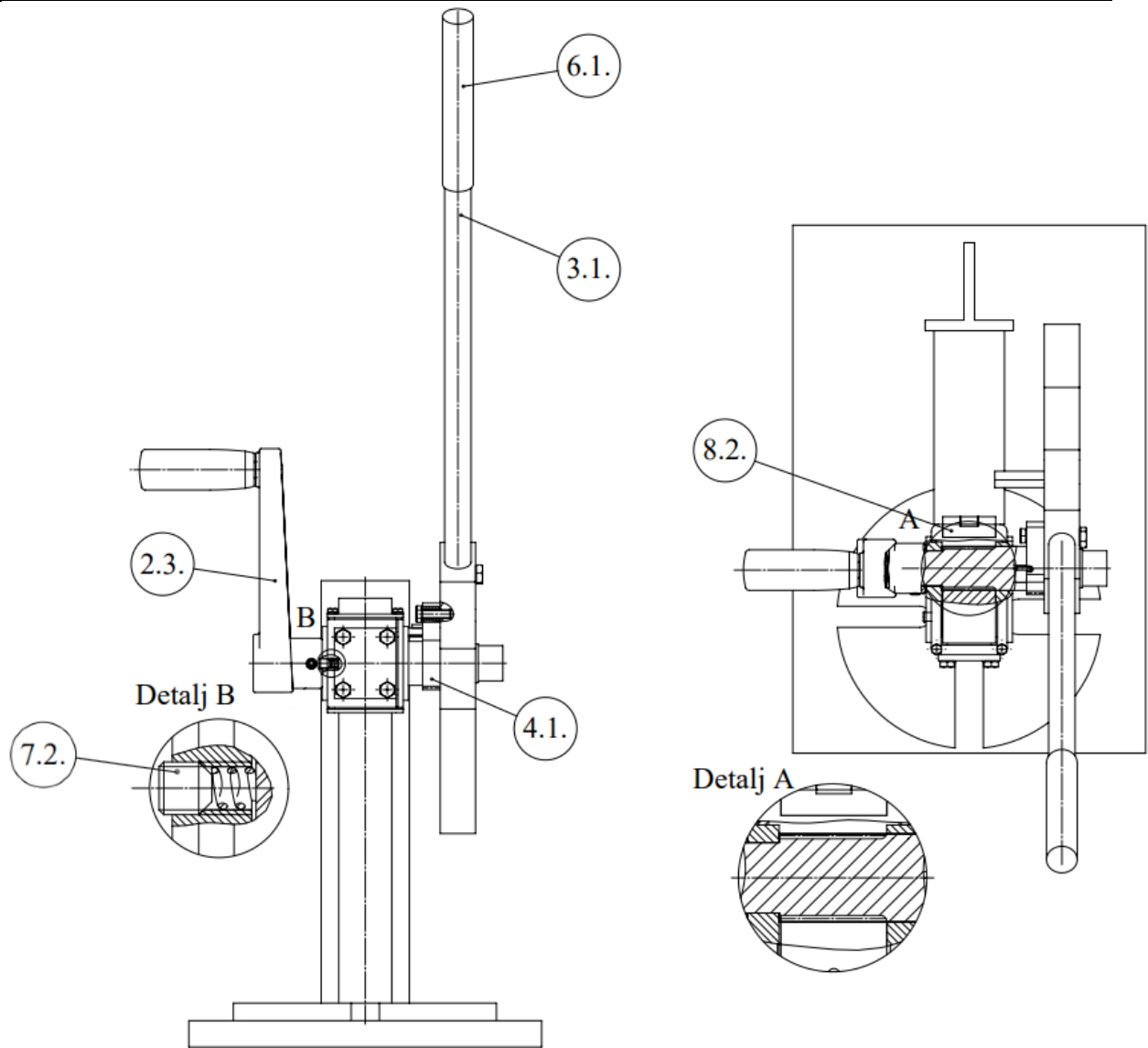
Slika 8. Kombinacija za koncept 1 (1. dio)



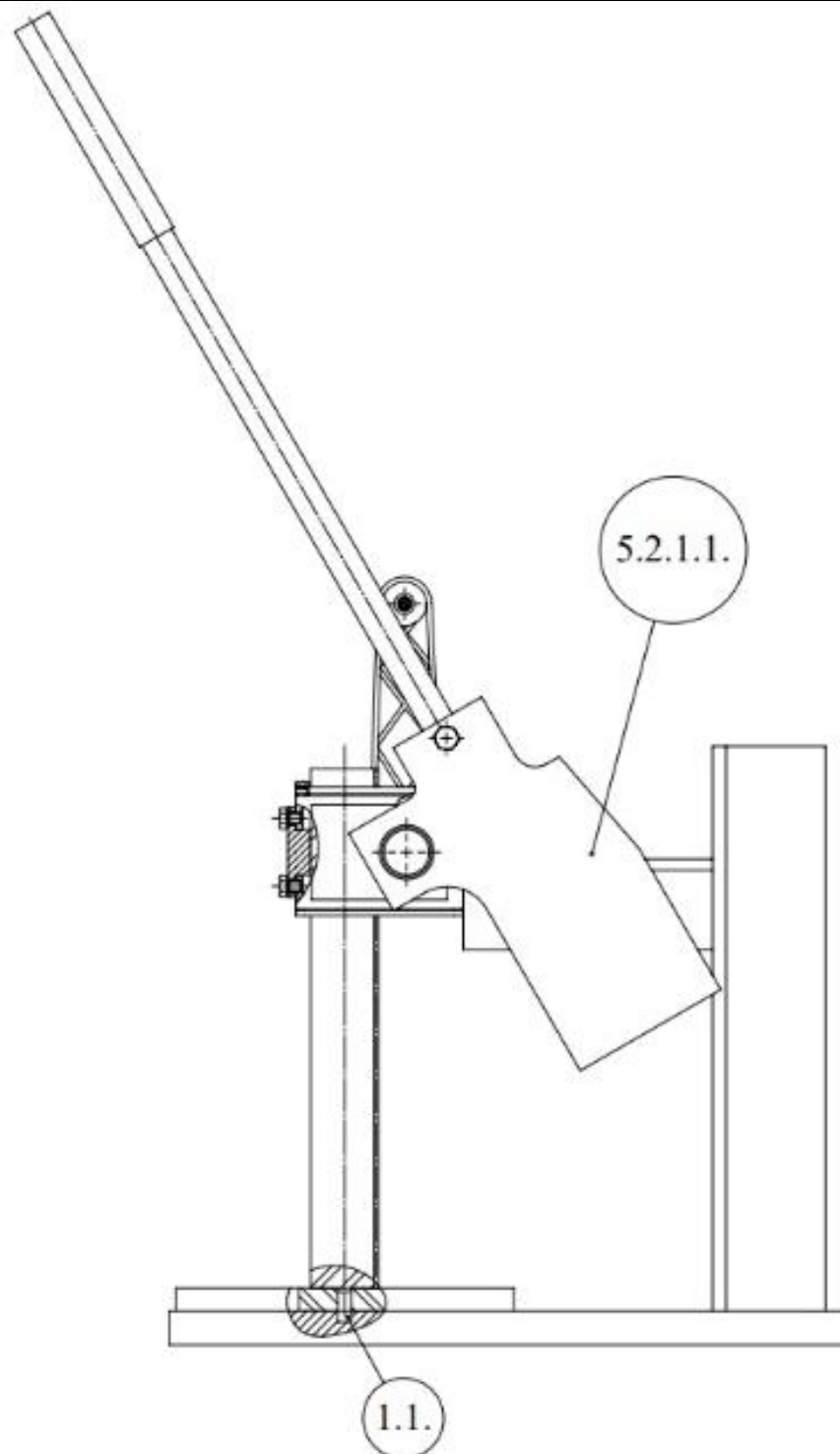
Slika 9. Kombinacija za koncept 1 (2. dio)

Koncept 1 za prihvat radnog postolja koristi zatik (1.1.). Umjesto kola za postavljanje preše u željeni položaj (dizanje i spuštanje), ima ručku povezanu s vratilom preko stupa (2.3.). Poluga je napravljena sa ručkom okomitom na uzdužnu os vratila (3.1.). Moment se s poluge prenosi na vratilo preko zupčanika sa zapinjačem (4.1.). Povrat poluge u početni položaj nakon prešanja se ostvaruje momentom protutege, i to bez prigušenja i povrata zubne letve (5.2.1.1). Prilikom mirovanja preše postoji mogućnost spuštanja iste uslijed vlastite težine, što je ovdje spriječeno pomoću trenja ostvarenog normalnom silom tlačne opruge, koju je moguće kontrolirati zatezanjem i otpuštanjem vijka (7.2.). Pristup zupčanom dijelu u svrhu održavanja je osiguran poklopcem (8.2.) na gornjem dijelu kućišta, kojeg je moguće podignuti.

Kombinacije na konceptu 1 prikazane na Slici 10. i Slici 11. su označene brojevima iz morfološke matrice.



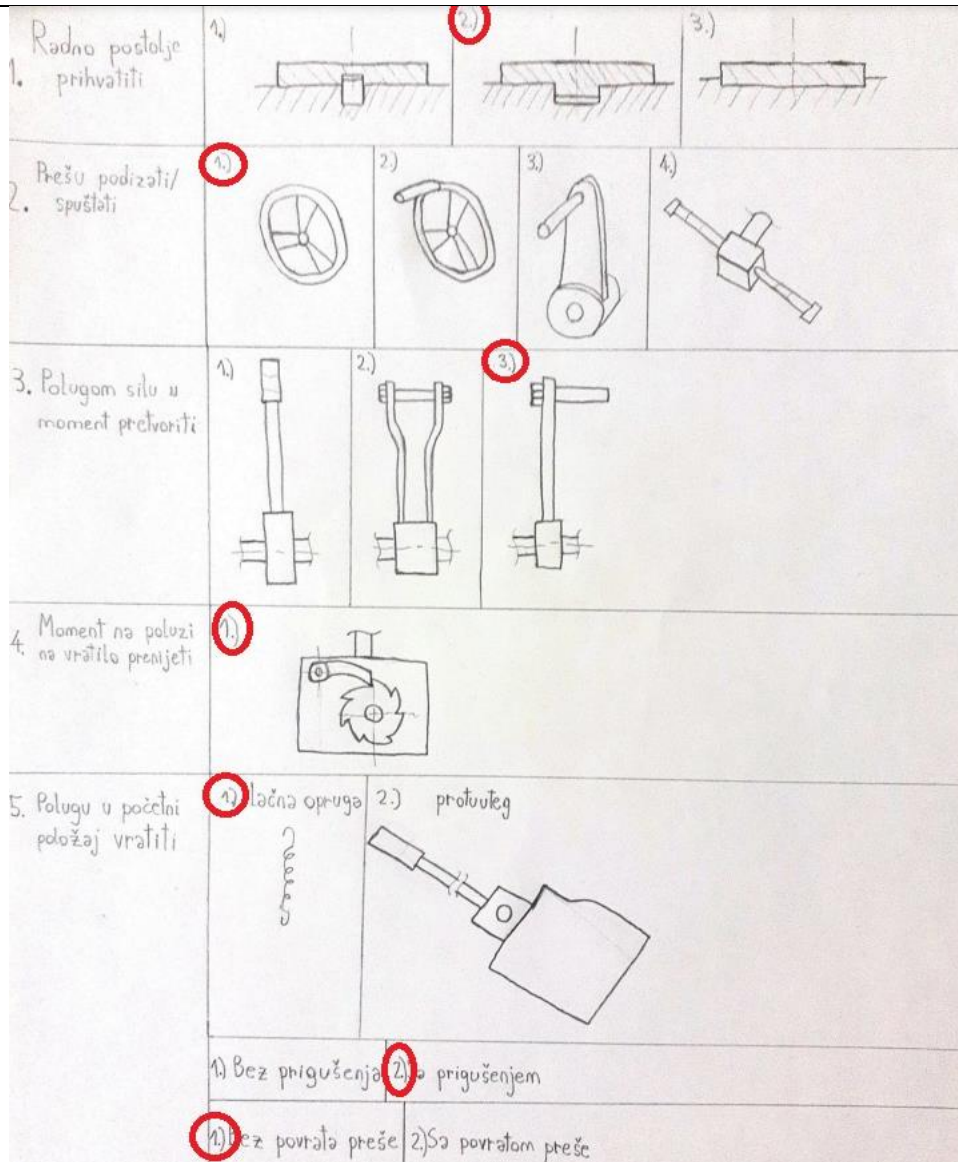
Slika 10. Koncept 1 (1.dio)



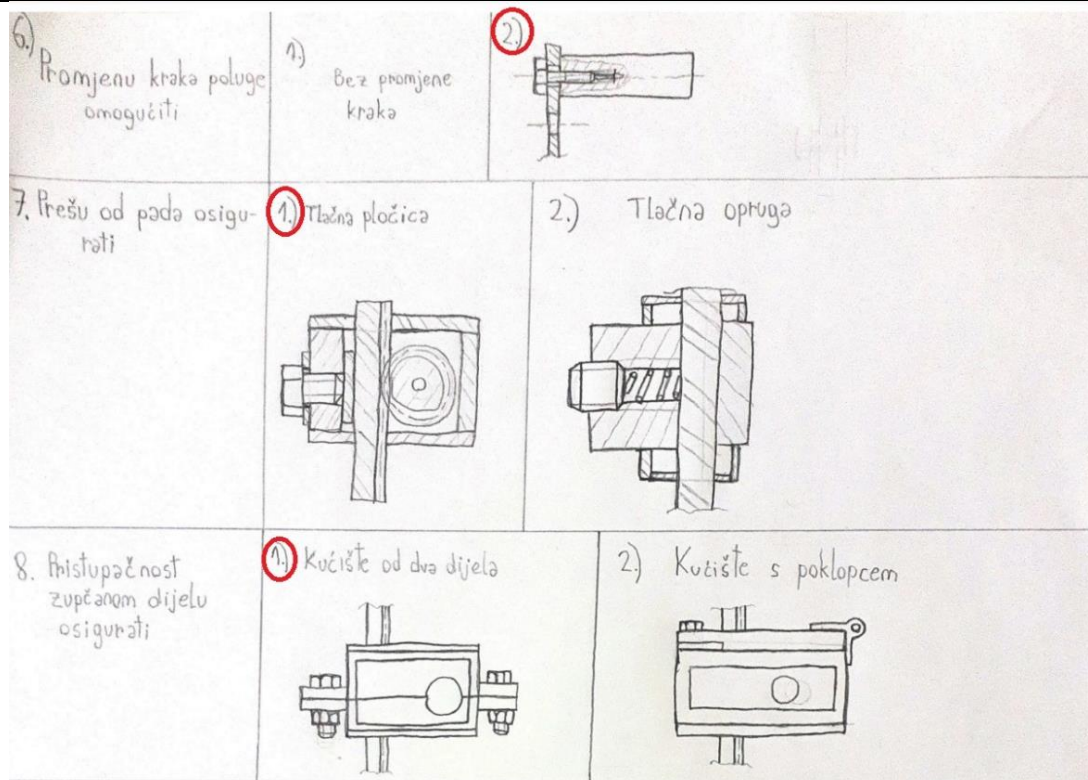
Slika 11. Koncept 1 (2.dio)

5.2. Koncept 2

Na Slici 6. i 7. je prikazana kombinacija parcijalnih rješenja za koncept 2.



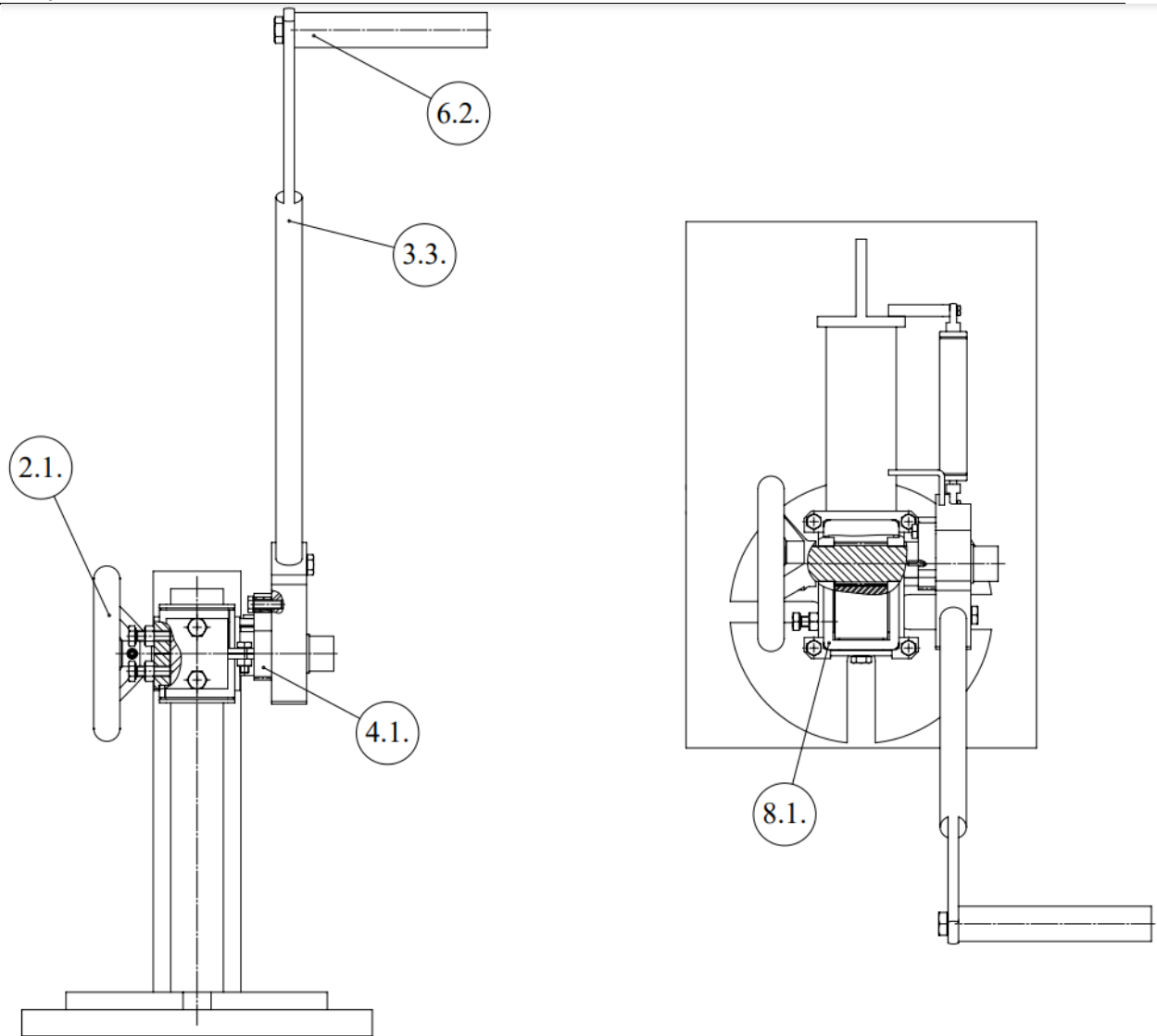
Slika 12. Kombinacija za koncept 2 (1. dio)



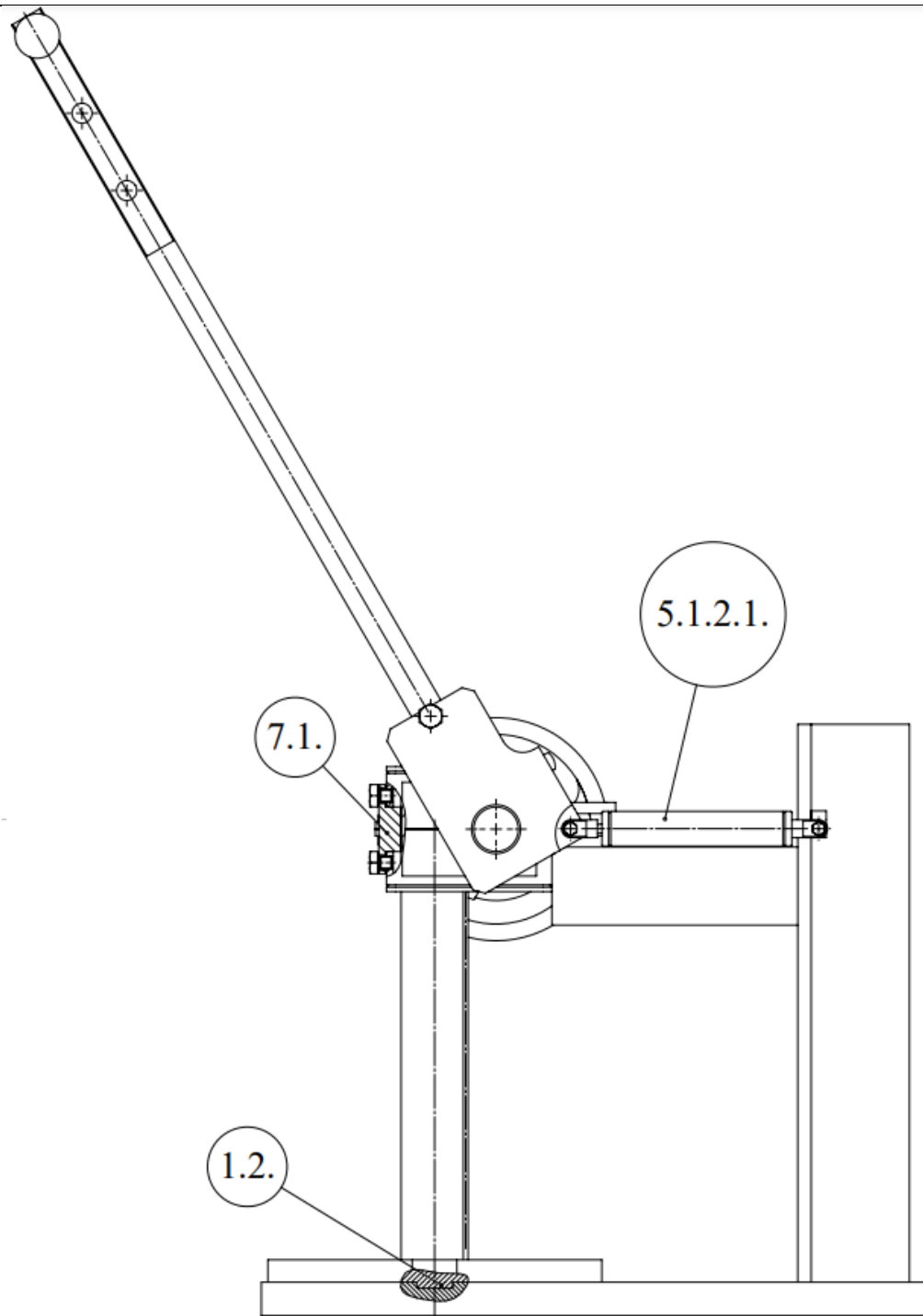
Slika 13. Kombinacija za koncept 2 (2. dio)

Kod koncepta 2 prihvat radnog postolja se ostvaruje preko rukavca na radnom postolju i provrta u postolju preše (1.2.). Koristi se kolo (2.1.) za postavljanje preše u željeni položaj (dizanje i spuštanje). Poluga je napravljena s ručkom paralelnom s uzdužnom osi vratila (3.3.). Krak momenta ostvarenog polugom je moguće promijeniti mijenjanjem položaja ručke. Moment se s poluge prenosi na vratilo preko zupčanika sa zapinjačem (4.1.). Povrat poluge u početni položaj nakon prešanja se ostvaruje vlačnom oprugom, i to s prigušenjem i bez povrata zubne letve (5.1.2.1). Prilikom mirovanja preše postoji mogućnost spuštanja iste uslijed vlastite težine, što je ovdje riješeno pomoću trenja ostvarenog uzdužnom silom u vijku, koju je moguće kontrolirati zatezanjem i otpuštanjem (7.1.). Pristup zupčanom dijelu u svrhu održavanja je osiguran izvedbom kućišta iz dva dijela (8.1.).

Kombinacije na konceptu 2 prikazane na Slici 14. i 15. su označene brojevima iz morfološke matrice.



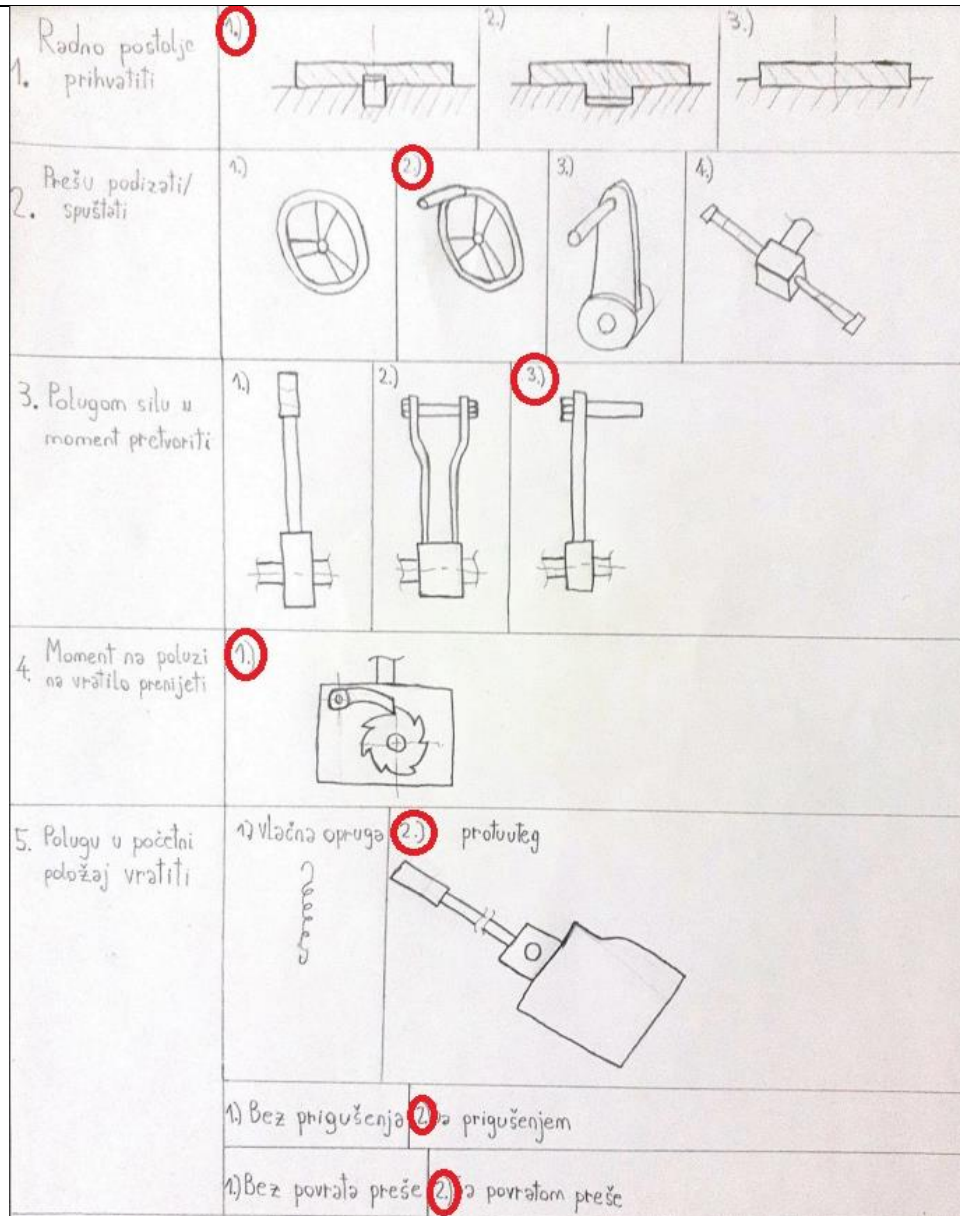
Slika 14.



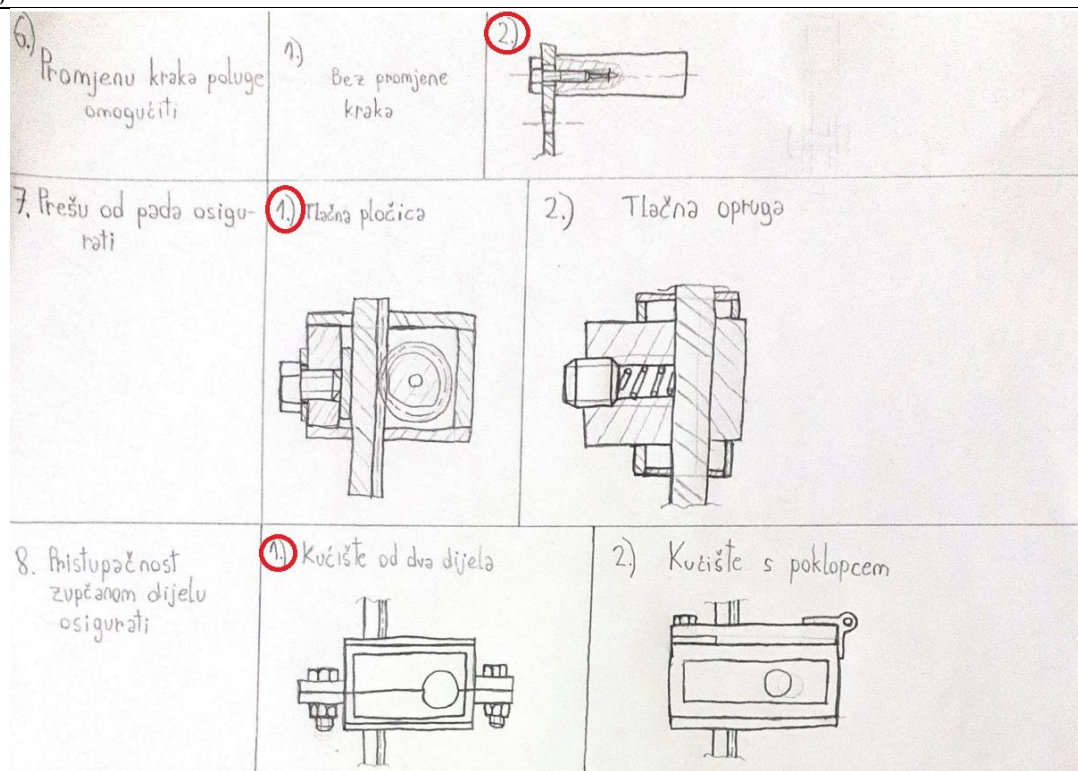
Slika 15. Koncept 2 (2. dio)

5.3. Koncept 3

Na Slici 8. i 9. je prikazana kombinacija parcijalnih rješenja za koncept 3.



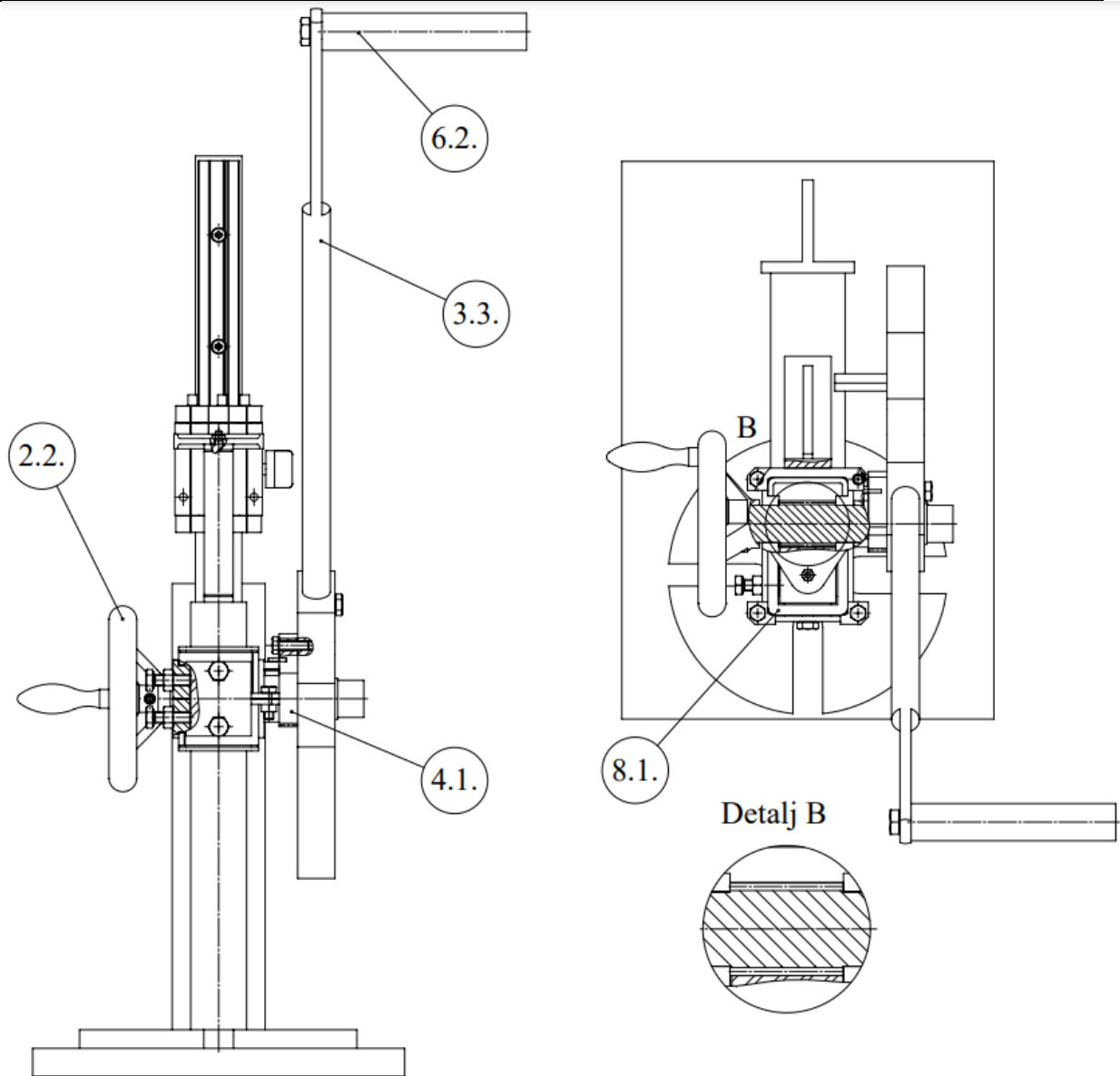
Slika 16. Kombinacija za koncept 3 (1. dio)



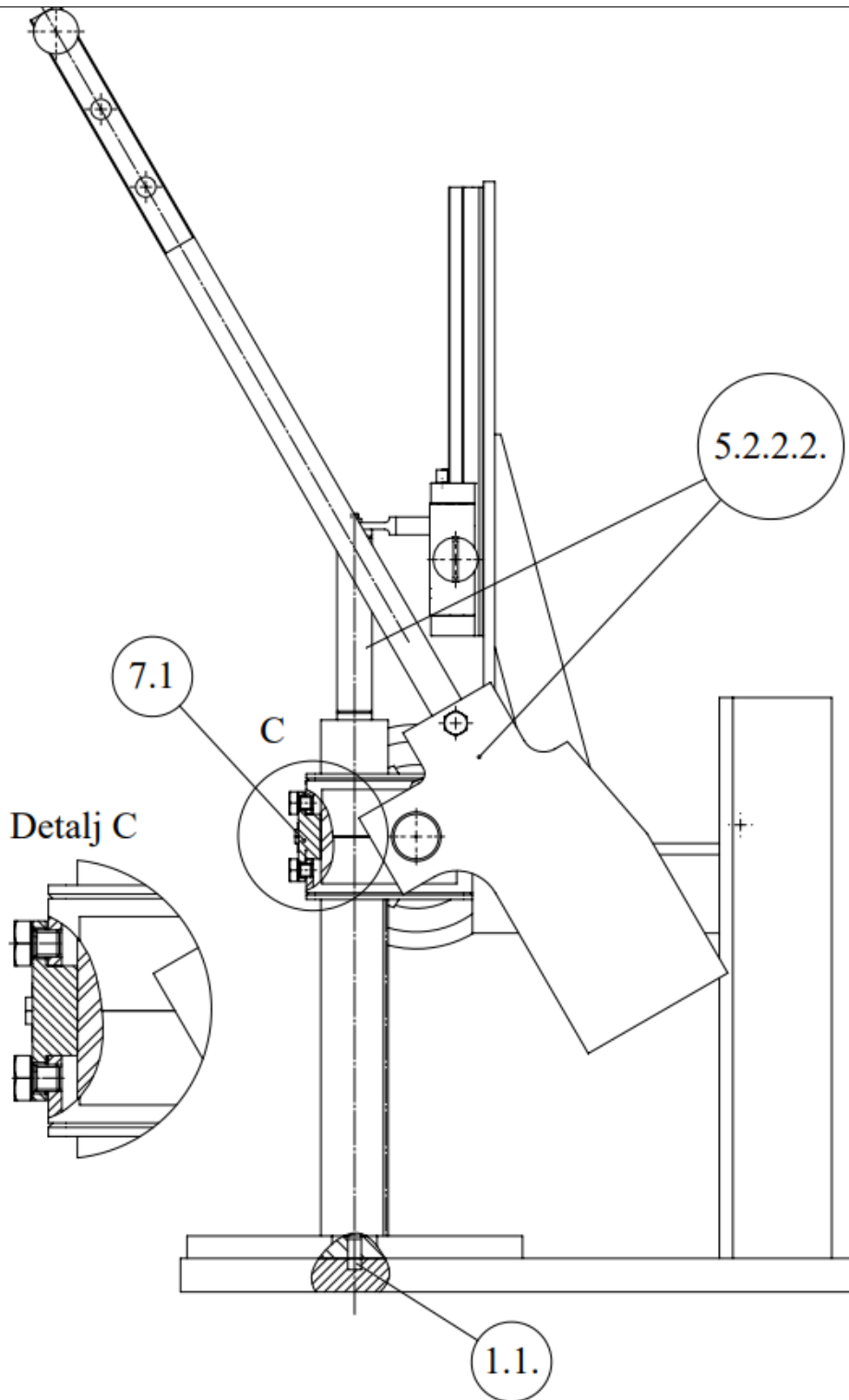
Slika 17. Kombinacija za koncept 3 (2. dio)

Koncept 3 za prihvat radnog postolja koristi zatik (1.1.). Postavljanje preše u željeni položaj (dizanje i spuštanje) se ostvaruje upotrebom kola s ručkom paralelnom s osi vratila (2.2.). Poluga je napravljena s ručkom paralelnom s uzdužnom osi vratila (3.3.). Krak momenta ostvarenog polugom je moguće promijeniti mijenjanjem položaja ručke. Moment se s poluge prenosi na vratilo preko zupčanika sa zapinjačem (4.1.). Povrat poluge u početni položaj nakon prešanja se ostvaruje momentom protutege, i to s prigušenjem i uz povrat zubne letve pomoću vlačne opruge (5.2.2.2). Prilikom mirovanja preše postoji mogućnost spuštanja iste uslijed vlastite težine, što je ovdje spriječeno pomoću trenja ostvarenog uzdužnom silom u vijku, koju je moguće kontrolirati zatezanjem i otpuštanjem (7.1.). Pristup zupčanom dijelu u svrhu održavanja je osiguran izvedbom kućišta iz dva dijela (8.1.).

Kombinacije na konceptu 3 prikazane na Slici 18. i 19. su označene brojevima iz morfološke matrice.



Slika 18. Koncept 3 (1. dio)



Slika 19. Koncept 3 (2. dio)

6. VREDNOVANJE I ODABIR KONCEPTA

U prvom stupcu u Tablici 5. su navedeni kriteriji odabira koncepta za daljnju konstrukcijsku razradu. Nakon određivanja kriterija odabira, potrebno je odabrati koji će od tri koncepta služiti kao referentni u odnosu na kojeg će se ocjeniti ostali koncepti. Kao referentni koncept je odabran koncept 1 budući da je najjednostavniji i dobro poznat. Zatim se konceptima dodjeljuje relativna ocjena u odnosu na referentni. Ocjene mogu biti: „bolje od referentnog koncepta“ (+), „jednako kao referentni koncept“ (0) i „lošije od referentnog koncepta“ (-).

Tablica 5. Kriteriji odabira i vrednovanje koncepata

Kriteriji odabira	Koncept 1 (referentni)	Koncept 2	Koncept 3
Cijena	0	-	-
Jednostavnost izvedbe	0	-	-
Kontrola sile prešanja	0	+	+
Veličina	0	0	0
Produktivnost	0	0	+
Održavanje	0	0	0
Sigurnost rukovanja	0	+	+
Suma	0	0	1
Rang	2	2	1

Usporedbom koncepata u Tablici 5. se može vidjeti da koncept 3 ima najbolje ocjene odnosno rang. Za koncept 3, kao najbolje ocijenjen, će se provesti konstrukcijska razrada.

7. PRORAČUN

U zadatku je zadano:

sva opterećenja su statička,

- prešom treba biti moguće primjeniti opterećenje u iznosu od 5 kN i
- faktor sigurnosti kućišta približno jednak 2.

7.1. Dimenzioniranje zupčanika

Prvo će se odrediti modul zupčanika pomoću formule za orijentacijski proračun modula na osnovi opteretivosti korijena zuba, prikazana sljedećom jednačbom:

$$m = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot T_{1\max}}{\lambda \cdot z_1 \cdot \sigma_{\text{FP}}} \cdot Y_F \cdot Y_\varepsilon \cdot K_{F\alpha} \cdot K_{F\beta}}, \quad (1)$$

gdje je:

m – modul

$T_{1\max}$ – maksimalni nazivni okretni moment

λ – odnos širine zuba

z_1 – broj zuba

σ_{FP} – dopušteno naprezanje korijena zuba

Y_F – faktor oblika

Y_ε – faktor stupnja prekrivanja

$K_{F\alpha}$ – faktor raspodjele opterećenja kod opteretivosti korijena

$K_{F\beta}$ – faktor raspodjele opterećenja po uzdužnoj liniji boka zuba

Pri računanju orijentacijskog modula se za faktore odabiru sljedeće vrijednosti:

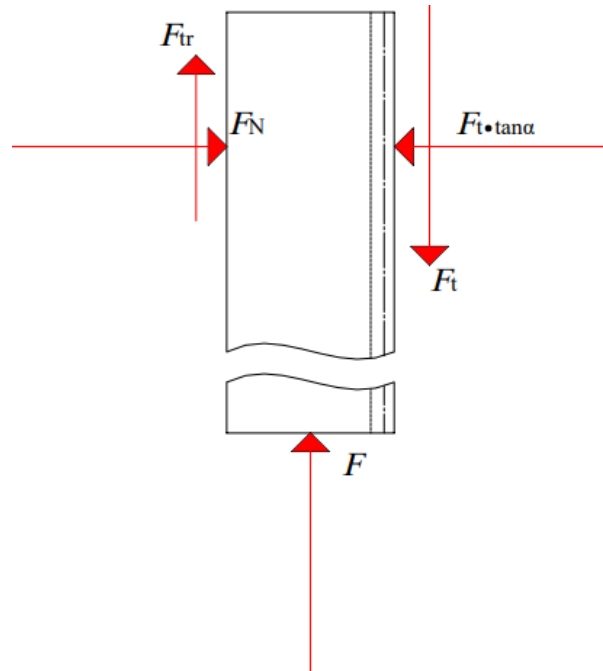
$$Y_F = 2,2, Y_\varepsilon = 1, K_{F\alpha} = 1 \text{ i } K_{F\beta} = 1.$$

Za odnos širine zuba je odabrana vrijednost $\lambda = 15$, a za broj zubi je odabrana vrijednost $z_1 = 20$. Materijal zupčanika je čelik 20MnCr5 u kaljenom stanju, kojem je čvrstoća korijena zuba $\sigma_{\text{Flim}} = 480 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$. Stoga, dopušteno naprezanje korijena zuba iznosi:

$$\sigma_{\text{FP}} = \frac{\sigma_{\text{Flim}}}{S_F} = \frac{480}{1,3} = 369,23 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}, \quad (2)$$

pri čemu je S_F sigurnost protiv loma zuba.

Prema Slici 20. vrijednost pogonske sile će biti zbroj sile prešanja $F = 5000$ N i sile trenja između zubne letve i tlačne pločice.



Slika 20. Određivanje pogonske sile

Pogonska sila je izračunata sljedećim izrazom:

$$F_t = F_{tr} + F = F_N \cdot \mu + F = F_t \cdot \tan \alpha \cdot \mu + F \quad (3)$$

$$F_t = \frac{F}{1 - \mu \cdot \tan \alpha} = \frac{5000}{1 - 0,1 \cdot \tan 20^\circ} = 5188,9 \text{ N}, \quad (4)$$

gdje je faktor trenja mirovanja za par materijala čelik na čelik u slučaju podmazivanja jednak $\mu = 0,1$ i $\alpha = 20^\circ$ kut zahvatne crte.

Pogonska sila djeluje na polumjeru $r = 15$ mm, pri čemu će maksimalni moment iznositi:

$$T_{1\max} = T_{1\text{naz}} \cdot K_I \cdot K_V = F \cdot r \cdot K_I \cdot K_V = 5188,9 \cdot 15 \cdot 1 \cdot 1 = 77833,5 \text{ Nmm}, \quad (5)$$

gdje je K_I vanjsko dodatno dinamičko opterećenje i K_V unutrašnje dodatno dinamičko opterećenje.

Unošenjem prethodno izračunatih i odabranih vrijednosti u jednadžbu (1) se dobiva vrijednost modula, što je prikazano sljedećim izrazom:

$$m = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot 77833,5}{15 \cdot 20 \cdot 369,23}} \cdot 2,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,46 \text{ mm}. \quad (6)$$

Odabire se modul $m = 1,5$ mm.

Dimenzije zupčanika iznose:

$$d_1 = m \cdot z_1 = 1,5 \cdot 20 = 30 \text{ mm}, \quad (7)$$

$$d_{a1} = d_1 + 2 \cdot m = 30 + 2 \cdot 1,5 = 33 \text{ mm}, \quad (8)$$

$$d_{f1} = d_1 - 2 \cdot m - 2 \cdot c = 30 - 2 \cdot 1,5 - 2 \cdot 0,375 = 26,25 \text{ mm}, \quad (9)$$

$$c = 0,25 \cdot m = 0,25 \cdot 1,5 = 0,375 \text{ mm}, \quad (10)$$

$$b = \lambda \cdot m = 15 \cdot 1,5 = 22,5 \text{ mm}, \quad (11)$$

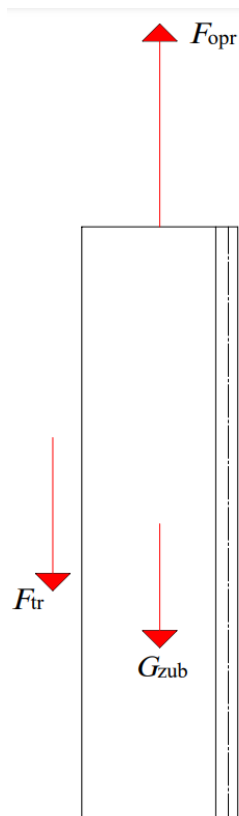
$$d_{b1} = d_1 \cdot \cos \alpha = 30 \cdot \cos 20^\circ = 28,19 \text{ mm}, \quad (12)$$

gdje je d_1 diobeni promjer, d_{a1} tjemeni promjer, d_{f1} podnožni promjer, c tjemena zračnost, b širina zupčanika, α kut zahvatne crte i d_{b1} promjer temeljne kružnice.

Odabrane dimenzije zubne letve su 22,5 x 22,5 x 215. Materijal zubne letve je odabran 20MnCr5. Kontrola zupčanika će se izvršiti nakon određivanja sile opruge i sile trenja između zubne letve i tlačne pločice, zbog njihovih utjecaja na pogonsku silu zupčanika.

7.2. Određivanje sile u opruzi za povratak preše

Sila u opruzi treba moći savladati silu trenja između zubne letve i tlačne pločice, te težinu zubne letve. Na Slici 21. su prikazani odnosi navedenih sila.



Slika 21. Određivanje sile u opruzi za povratak preše

Težina zubne letve se izračunava na sljedeći način:

$$G_{\text{zub}} = V \cdot \rho_{\text{čelika}} \cdot g = \frac{108843,75}{1000^3} \cdot 7800 \cdot 9,81 = 8,33 \text{ N}, \quad (13)$$

gdje je $V = 22,5 \cdot 22,5 \cdot 215 = 108843,75 \text{ mm}^3$ i $\rho_{\text{čelika}} = 7800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

Vrijednost postavljene sile trenja će se uzeti približno dvostrukoj vrijednosti težine zubne letve, što u ovom slučaju iznosi $F_{\text{tr}} = 20 \text{ N}$. Stoga potrebna sila u opruzi se određuje na sljedeći način:

$$F_{\text{opr}} \geq G_{\text{zub}} + F_{\text{tr}} = 8,33 + 20 = 28,33 \text{ N}, \quad (14)$$

te se odabire $F_{\text{opr}} = 50 \text{ N}$.

Koristiti će se plinska opruga proizvođača ACE model GZ – 15 – 50 – BB – 50 čija je sila otprilike konstantna tokom razvlačenja odnosno ima mali koeficijent krutosti. Opruga je prikazana na Slici 22.



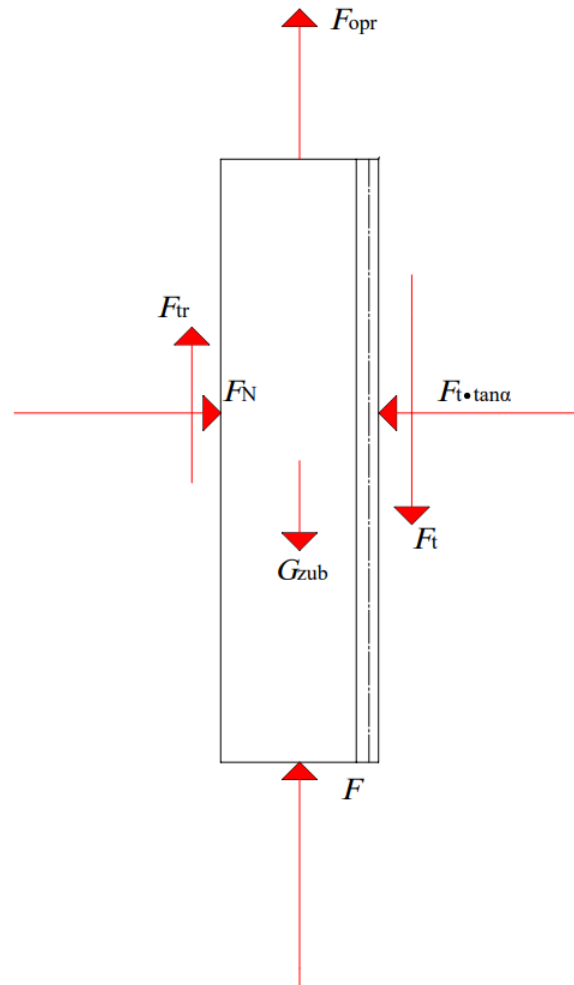
Slika 22. Opruga GZ – 15 – 50 – BB – 50

Najveća moguća promjena sile kod ove opruge koju navodi proizvođač je 22%, te će se s njom provesti proračun. U tom slučaju sila u opruzi iznosi:

$$F_{\text{opr1}} = 50 \cdot 1,22 = 61 \text{ N}. \quad (15)$$

7.3. Kontrola zupčanika

Pogonska sila koja opterećuje zupčanik određuje se iz Slike 23. koja osim pogonske prikazuje silu u opruzi, težinu zubne letve, silu trenja i silu prešanja koju je potrebno ostvariti.



Slika 23. Određivanje potrebne pogonske sile na zupčaniku

Pogonska sila određena je sljedećim postupkom:

$$F_t = F_{opr} + F_{tr} + F - G_{zub}, \quad (16)$$

$$\text{gdje je } F_{tr} = F_t \cdot \tan(20^\circ) \cdot \mu. \quad (17)$$

Uvrštavanjem (15) u (14) se dobiva potrebna pogonska sila:

$$F_t = \frac{F_{opr} + F - G_{zub}}{1 - \tan(20^\circ) \cdot \mu} = \frac{61 + 5000 - 8,33}{1 - \tan(20^\circ) \cdot 0,1} = 5243,5 \text{ N}, \quad (18)$$

gdje je faktor trenja mirovanja za par materijala čelik na čelik u slučaju podmazivanja jednak $\mu = 0,1$.

Provjera zupčanika se vrši sljedećom jednačinom:

$$\sigma_F = \frac{2 \cdot T_{1max}}{m^3 \lambda \cdot z_1} \cdot Y_F \cdot Y_\epsilon \cdot K_{F\alpha} \cdot K_{F\beta} \leq \sigma_{FP}. \quad (19)$$

Faktor oblika zuba je $Y_F = 2,9$ za $z_1 = 20$, $\beta = 0^\circ$ i $x_1 = 0$ mm.

Za faktor stupnja prekrivanja je potrebno odrediti stupanj prekrivanja ε_α zupčanika i zubne letve, pomoću sljedeće jednadžbe:

$$\varepsilon_\alpha = \frac{\sqrt{\left(\frac{d_{a1}}{2}\right)^2 - \left(\frac{d_{b1}}{2}\right)^2} + \frac{h_a}{\sin \alpha} - \sin \alpha \cdot \frac{d_1}{2}}{p \cdot \cos \alpha}, \quad (20)$$

gdje je p korak i h_a tjemena visina zuba.

Izračunavanje koraka i tjemene visine:

$$p = m \cdot \pi = 1,5 \cdot \pi = 4,712 \text{ mm i} \quad (21)$$

$$h_a = m \cdot h^* = 1,5 \cdot 1 = 1,5 \text{ mm}, \quad (22)$$

gdje je $h^* = 1$ faktor tjemene visine zuba.

Uvrštavanjem izračunatih vrijednosti u (18) se dobiva stupanj prekrivanja:

$$\varepsilon_\alpha = \frac{\sqrt{\left(\frac{33}{2}\right)^2 - \left(\frac{28,19}{2}\right)^2} + \frac{1,5}{\sin 20^\circ} - \sin 20^\circ \cdot \frac{30}{2}}{4,712 \cdot \cos 20} = 1,769. \quad (23)$$

Faktor stupnja prekrivanja se određuje na sljedeći način:

$$Y_\varepsilon = \frac{1}{\varepsilon_\alpha} = \frac{1}{1,769} = 0,5653. \quad (24)$$

Za određivanje faktora raspodjele opterećenja kod opteretivosti korijena $K_{F\alpha}$ je prvo potrebno odrediti pomoćni faktor raspodjele q_L . Prema podacima $m = 1,5 \text{ mm}$, $d_2 \rightarrow \infty$ (odabrano 800...1600mm), kvaliteti ozubljenja 8 i $\frac{F_t}{b} = \frac{5243,5}{22,5} = 233,02 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$ se dobiva $q_L = 0,79$. $K_{F\alpha}$ se određuje iz sljedeće jednadžbe (za slučaj $\varepsilon_\alpha \leq 2$ i $q_L > \frac{1}{\varepsilon_\alpha}$):

$$K_{F\alpha} = q_L \cdot \varepsilon_\alpha = 0,79 \cdot 1,769 = 1,398. \quad (25)$$

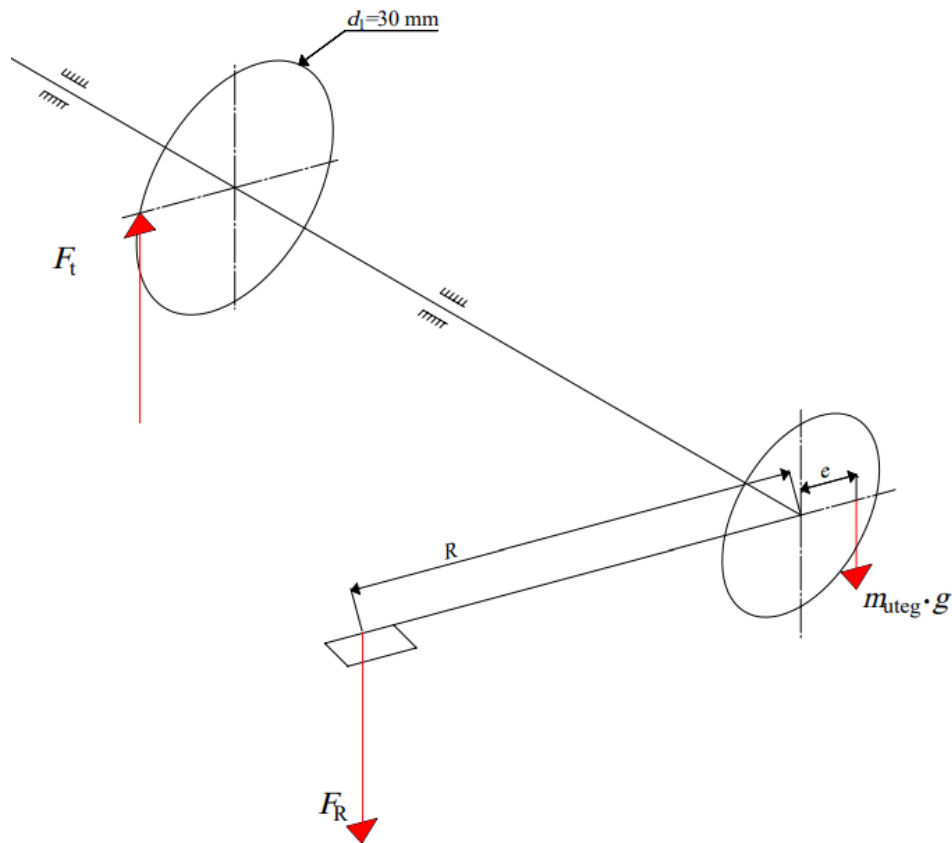
Sada se može izvršiti kontrola zupčanika, što je prikazano sljedećim izrazom (vrijednost faktora raspodjele opterećenja po uzdužnoj liniji boka zuba se uzima $K_{F\beta} = 1$):

$$\sigma_F = \frac{2 \cdot 5243,5 \cdot 15}{1,5^3 \cdot 15 \cdot 20} \cdot 2,9 \cdot 0,5653 \cdot 1,398 \cdot 1 = 356,07 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq \sigma_{FP} = 369,23 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}, \quad (26)$$

što znači da zupčanik zadovoljava.

7.4. Određivanje potrebnog kraka poluge za postizanje pogonske sile

Skica prikazana na Slici 24. prikazuje položaj poluge za slučaj najvećeg momenta kojeg je potrebno savladati korištenjem iste.



Slika 24. Određivanje kraka poluge

Vrijednost mase protuutega iznositi će $m_{\text{uteg}} = 4,2$ kg, te će u položaju prema Slici 24. krak momenta protuutega iznositi $e = 27$ mm.

Krak poluge se izračunava na sljedeći način:

$$F_R \cdot R = F_t \cdot \frac{d_1}{2} \cdot \frac{1}{\eta_L^2} + m_{\text{uteg}} \cdot g \cdot e, \quad (27)$$

gdje je η_L gubitak u osloncima zbog trenja, a F_R ručna sila. Uzet će se vrijednost $\eta_L = 0,99$ za gubitke u osloncima, a za ručnu silu se uzima da je $F_R = 175$ N.

Unošenjem potrebnih vrijednosti u jednadžbu (27) i dijeljenjem s vrijednosti ručne sile, dobiva se sljedeći izraz:

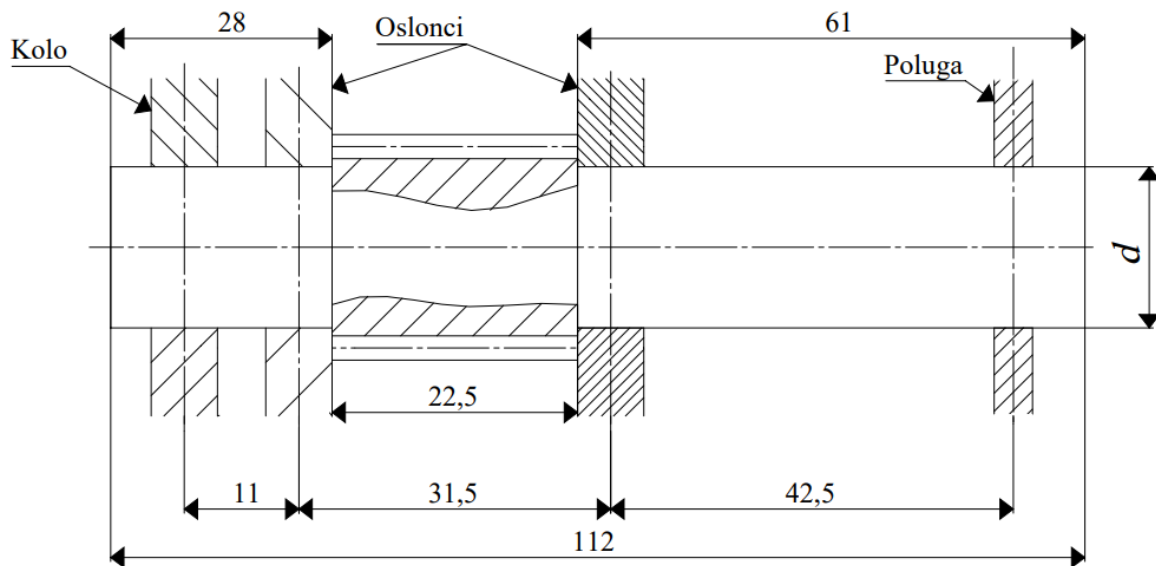
$$R = \frac{5243,5 \cdot \frac{30}{2} \cdot \frac{1}{0,99^2} + 4,2 \cdot 9,81 \cdot 27}{175}, \quad (28)$$

$$R = 464,93 \text{ mm}, \quad (29)$$

odabrano $R = 465$ mm.

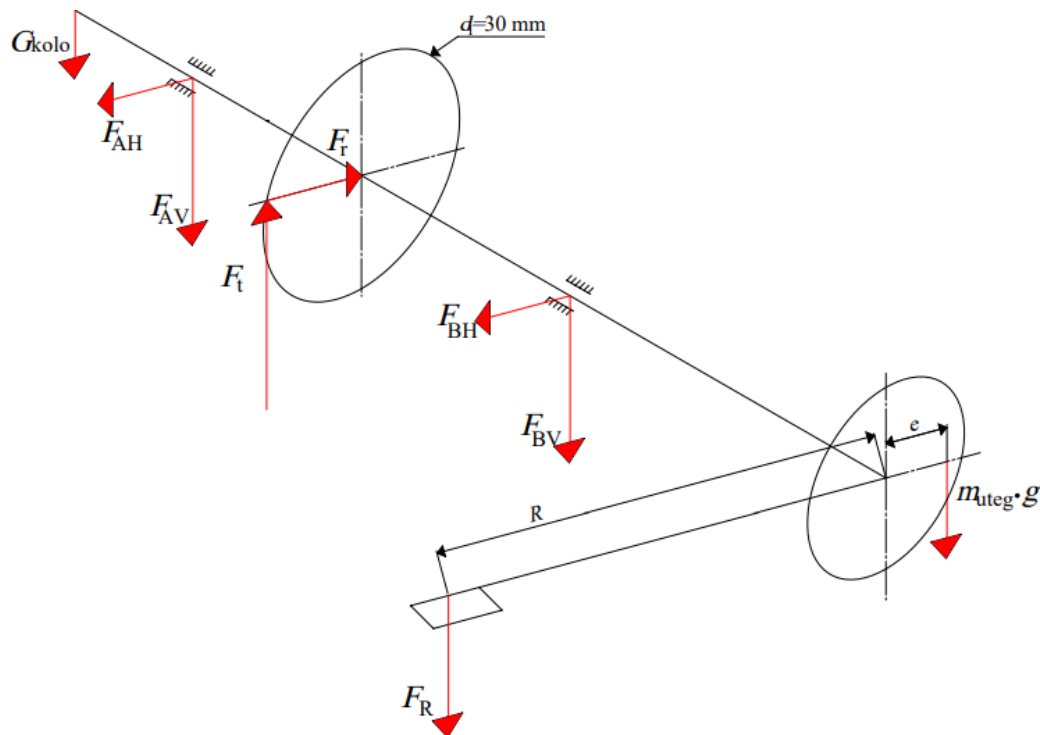
7.5. Kontrola vratila

Procijenjene dužinske mjere vratila prikazane su na Slici 25.



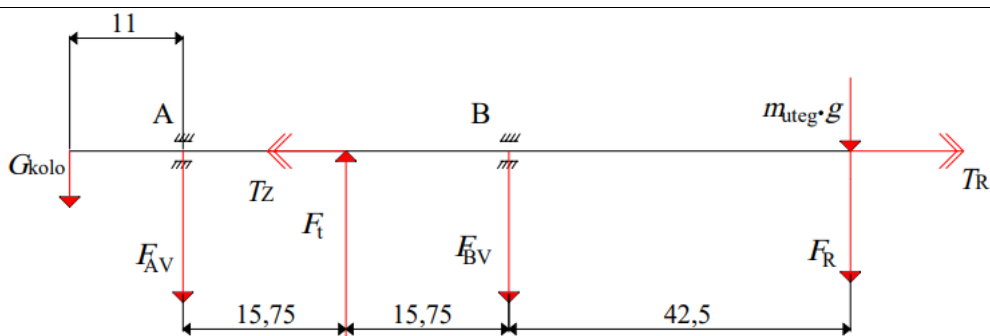
Slika 25. Dužinske mjere vratila

Slika 26. prikazuje izometrijsku skicu vratila s opterećenjima.



Slika 26. Opterećenja vratila

Prvo će se izračunati sile u vertikalnoj ravnini, a zatim u horizontalnoj. Na Slici 27. su prikazana opterećenja vratila u vertikalnoj ravnini.



Slika 27. Opterećenja vratila u vertikalnoj ravnini

Sile u vertikalnoj ravnini su dobivene na sljedeći način:

$$F_{AV} \cdot 31,5 + G_{kolo} \cdot (31,5 + 11) - F_t \cdot 15,75 - (F_R + m_{uteg} \cdot g) \cdot 42,5 = 0, \quad (30)$$

$$F_{AV} = \frac{-4,905 \cdot (31,5 + 11) + 5243,5 \cdot 15,75 + (175 + 4,2 \cdot 9,81) \cdot 42,5}{31,5}, \quad (31)$$

$$F_{AV} = 2906,8 \text{ N}, \quad (32)$$

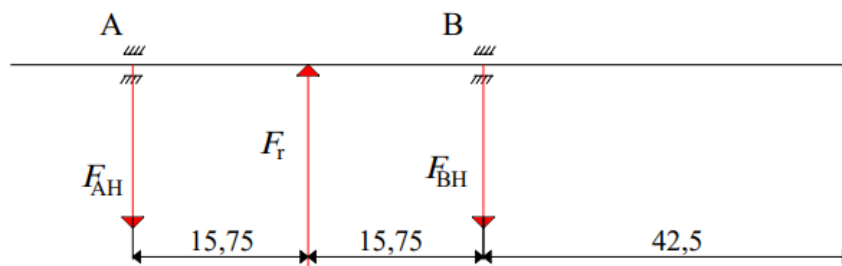
$$F_{BV} = -F_{AV} - G_{kolo} + F_t - F_R - m_{uteg} \cdot g, \quad (33)$$

$$F_{BV} = -2906,8 - 4,905 + 5243,5 - 175 - 4,2 \cdot 9,81 = 2115,6 \text{ N}. \quad (34)$$

Moment uvijanja vratila iznosi:

$$T_z = T_R = F_t \cdot \frac{d_1}{2} = 5243,5 \cdot \frac{30}{2} = 78652,5 \text{ Nmm} = 78,653 \text{ Nm}. \quad (35)$$

Na Slici 28. prikazana su opterećenja vratila u horizontalnoj ravnini:



Slika 28. Opterećenja vratila u horizontalnoj ravnini

Sile u horizontalnoj ravnini su dobivene na sljedeći način:

$$F_{AH} \cdot 31,5 - F_t \cdot 15,75 = 0, \quad (36)$$

$$F_{AH} = \frac{5243,5 \cdot \tan(20^\circ) \cdot 15,75}{31,5} = 954,2 \text{ N}, \quad (37)$$

$$F_{BH} = F_t - F_{AH} = 5243,5 \cdot \tan(20^\circ) - 954,2, \quad (38)$$

$$F_{BH} = 954,2 \text{ N}. \quad (39)$$

Jednadžbe za određivanje momenata savijanja vratila u pojedinom presjeku u vertikalnoj ravnini (prema Slici 29.) izražene su na sljedeći način:

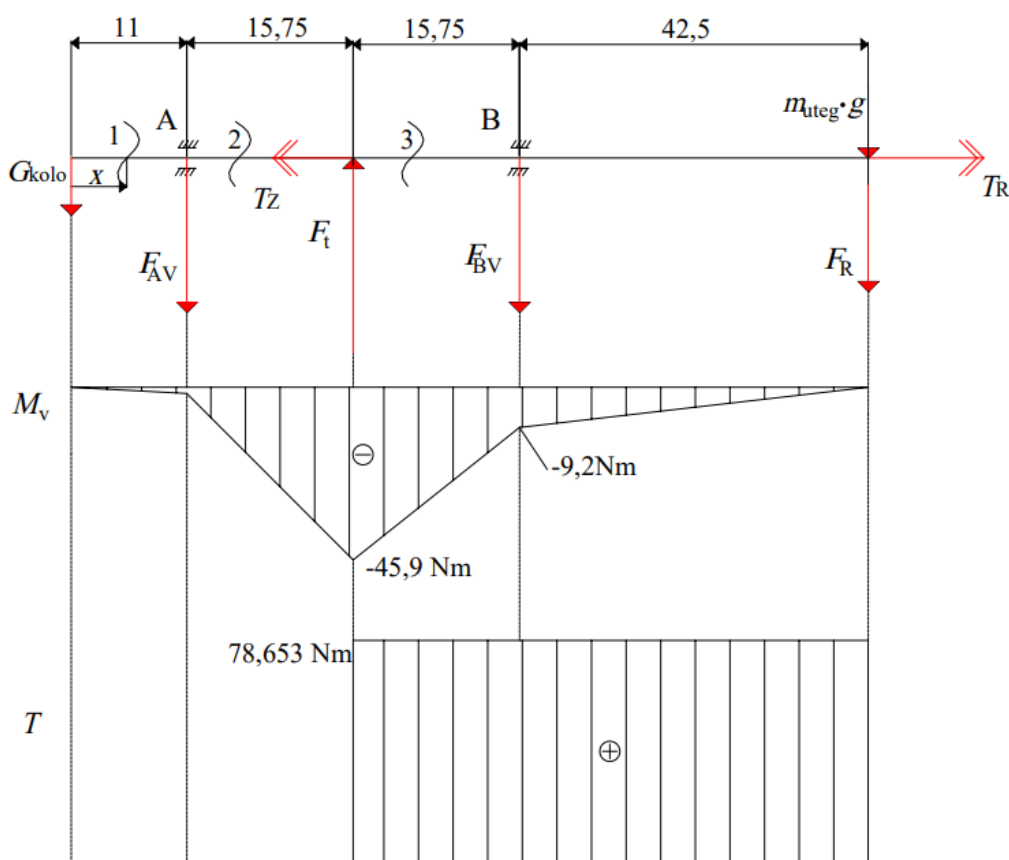
$$M_{1v} = -G_{\text{kolo}} \cdot x = -4,905 \cdot x, \quad (40)$$

$$M_{2v} = -G_{\text{kolo}} \cdot x - F_{AV}(x - 11) = -4,905 \cdot x - 2906,8(x - 11), \quad (41)$$

$$M_{3v} = -G_{\text{kolo}} \cdot x - F_{AV}(x - 11) + F_t \cdot (x - 26,75), \quad (42)$$

$$\text{odnosno } M_{3v} = -4,905 \cdot x - 2906,8(x - 11) + 5243,5 \cdot (x - 26,75). \quad (43)$$

Na Slici 29. su dobiveni dijagrami momenata savijanja u vertikalnoj ravnini vratila prema prethodnim jednadžbama. Osim dijagrama momenata savijanja prikazan je i dijagram momenata uvijanja.



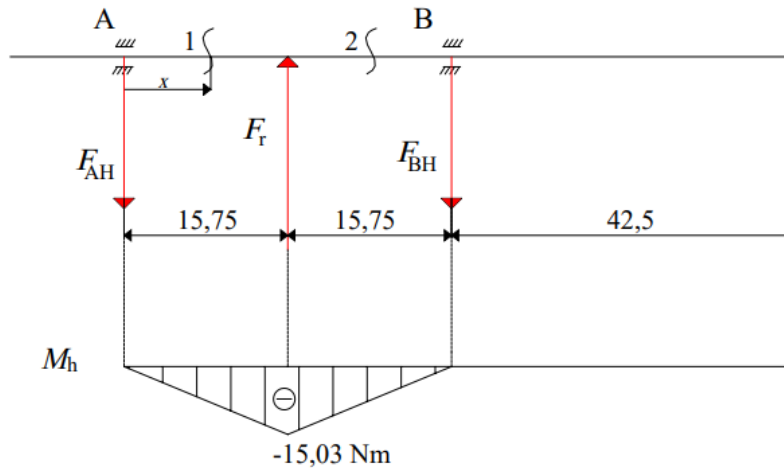
Slika 29. Dijagrami momenata savijanja i uvijanja vertikalnoj ravnini

Jednadžbe za određivanje momenata savijanja vratila u pojedinom presjeku u horizontalnoj ravnini (prema Slici 30.) izražene su na sljedeći način:

$$M_{1h} = -F_{AH} \cdot x = -954,2 \cdot x, \quad (44)$$

$$M_{2h} = -F_{AH} \cdot x + F_t(x - 15,75) = -954,1 \cdot x + 5243,5 \cdot \tan(20^\circ) (x - 15,75), \quad (45)$$

Na Slici 30. su dobiveni dijagrami momenata savijanja u horizontalnoj ravnini vratila prema prethodnim jednadžbama.



Slika 30. Dijagrami momenata savijanja horizontalnoj ravnini

Iz prethodnih slika (Slika 29. i Slika 30.) se može zaključiti da je najveće opterećenje vratila na sredini zupčanika. Materijal vratila je isti kao i kod zupčanika s obzirom da će se izraditi iz jednog dijela (20MnCr5), te se zbog toga uzima da je $\sigma_{\text{dop}} = R_t = 700 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$. Stoga će se vratilo dimenzionirati prema opterećenju u tom presjeku, sljedećim jednadžbama:

$$\sigma_{\text{red}} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq \sigma_{\text{dop}}, \quad (46)$$

$$\sigma_{\text{red}} = \sqrt{\left(\frac{\sqrt{M_v^2 + M_h^2}}{0,1 \cdot d^3}\right)^2 + 3\left(\frac{T}{0,2 \cdot d^3}\right)^2} \leq \sigma_{\text{dop}}, \quad (47)$$

$$d \geq \sqrt[3]{\sqrt{\left(\frac{\sqrt{M_v^2 + M_h^2}}{0,1}\right)^2 + 3\left(\frac{T}{0,2}\right)^2} \cdot \frac{1}{\sigma_{\text{dop}}}}, \quad (48)$$

$$d \geq \sqrt[3]{\sqrt{\left(\frac{\sqrt{45900^2 + 15030^2}}{0,1}\right)^2 + 3\left(\frac{78653}{0,2}\right)^2} \cdot \frac{1}{700}} = 10,61 \text{ mm}, \quad (49)$$

odabrano $d = 16 \text{ mm}$.

Budući da su vratilo i zupčanik izrađeni iz istog dijela, potrebno je zadovoljiti sljedeći uvjet:

$$d_1 \geq 1,2d_{\text{vr}}, \quad (50)$$

$$d_1 = 30 \text{ mm} \geq 1,2d_{\text{vr}} = 1,2 \cdot 16 = 19,2 \text{ mm}, \text{ što znači da je uvjet zadovoljen.} \quad (51)$$

Postojeća sigurnost vratila izračunava se sljedećim izrazima:

$$S_{\text{post}} = \frac{\sigma_{\text{red}}}{\sigma_{\text{dop}}}, \quad (52)$$

$$\sigma_{\text{red}} = \sqrt{\left(\frac{\sqrt{M_v^2 + M_h^2}}{0,1 \cdot d^3}\right)^2 + 3 \left(\frac{T}{0,2 \cdot d^3}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{\sqrt{45900^2 + 15030^2}}{0,1 \cdot 16^3}\right)^2 + 3 \left(\frac{78653}{0,2 \cdot 16^3}\right)^2},$$

(53)

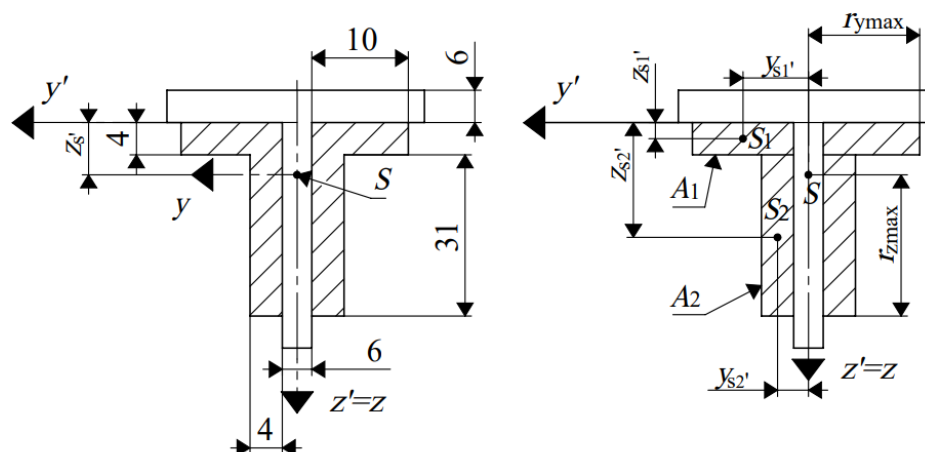
$$\sigma_{\text{red}} = 203,86 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}, \quad (54)$$

$$S_{\text{post}} = \frac{700}{203,86} = 3,43. \quad (55)$$

7.6. Kontrola kritičnih zavora

7.6.1. Kontrola prvog kritičnog zavora

Slika 31. prikazuje dimenzije zavora potrebne za računanje aksijalnih momenata inercije i aksijalnih momenata otpora.



Slika 31. Dimenzije prvog zavora

Izračun položaja težišta zavora:

$$z_{S'} = \frac{2 \cdot A_1 \cdot z_{S1'} + 2 \cdot A_2 \cdot z_{S2'}}{2 \cdot A_1 + 2 \cdot A_2}, \quad (56)$$

$$z_{S'} = \frac{2 \cdot 4 \cdot 10 \cdot 2 + 2 \cdot 4 \cdot 31 \cdot 19,5}{2 \cdot 4 \cdot 10 + 2 \cdot 4 \cdot 31} = 15,23 \text{ mm}. \quad (57)$$

Izračun aksijalnog momenta inercije presjeka za os y :

$$I_y = 2 \cdot (I_{y1} + (z_{S'} - z_{S1'})^2 \cdot A_1) + 2 \cdot (I_{y2} + (z_{S2'} - z_{S'})^2 \cdot A_2), \quad (58)$$

gdje je $I_{yi} = \frac{b \cdot h^3}{12}$,

$$I_y = 2 \cdot \left(\frac{10 \cdot 4^3}{12} + (15,23 - 2)^2 \cdot 4 \cdot 10 \right) + 2 \cdot \left(\frac{4 \cdot 31^3}{12} + (19,5 - 15,23)^2 \cdot 4 \cdot 31 \right). \quad (59)$$

$$I_y = 38491,72 \text{ mm}^4. \quad (60)$$

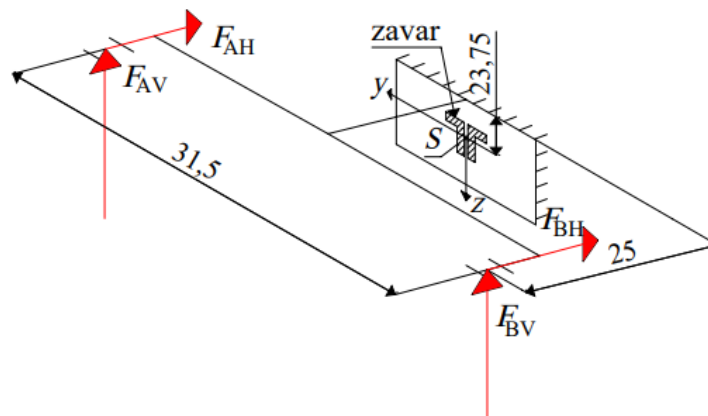
Izračun aksijalnog momenta inercije presjeka za os z:

$$I_z = 2 \cdot (I_{z1} + y_{S1}^2 \cdot A_1) + 2 \cdot (I_{z2} + y_{S2}^2 \cdot A_2), \quad (61)$$

gdje je $I_{zi} = \frac{h \cdot b^3}{12}$,

$$I_z = 2 \cdot \left(\frac{4 \cdot 10^3}{12} + 8^2 \cdot 4 \cdot 10 \right) + 2 \cdot \left(\frac{31 \cdot 4^3}{12} + 5^2 \cdot 31 \cdot 4 \right) = 12317,33 \text{ mm}^4. \quad (62)$$

Na Slici 32. je prikazan način opterećenja zavara.



Slika 32. Opterećenja prvog zavara

Izračun naprezanja na savijanje oko osi y:

$$M_y = (F_{BH} + F_{AH}) \cdot 23,75 + (F_{BV} + F_{AV}) \cdot 25, \quad (63)$$

$$M_y = (954,2 + 954,2) \cdot 24,23 + (2115,6 + 2906,8) \cdot 25 = 171800,5 \text{ Nmm}, \quad (64)$$

$$\sigma_y = \frac{M_y}{W_y} = \frac{M_y}{I_y} \cdot r_{z\max} = \frac{171800,5}{38491,72} \cdot 19,77 = 88,2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}, \quad (65)$$

gdje je $r_{z\max} = 34 - z_{S'} = 35 - 15,23 = 19,77 \text{ mm}$ (prema Slici 31.).

Izračun naprezanja na tlak:

$$\sigma_t = \frac{F_{BH} + F_{AH}}{A_{zav}} = \frac{954,2 + 954,2}{2 \cdot 4 \cdot 10 + 2 \cdot 31 \cdot 4} = 5,82 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}, \quad (66)$$

Izračun naprezanja na smik:

$$\tau_s = \frac{F_{BV} + F_{AV}}{A_{//zav}} = \frac{2115,6 + 2906,8}{2 \cdot 31 \cdot 4} = 20,25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}, \quad (67)$$

gdje je $A_{//zav}$ površina zavara paralelna sa silama koje uzrokuju smično naprezanje.

Izračun naprezanja na torziju:

$$\tau_t = \frac{T_t}{W_t} = \frac{(F_{AV} - F_{BV}) \cdot \frac{31,5}{2}}{I_y + I_z} r_{z\max} = \frac{(2906,8 - 2115,6) \cdot \frac{31,5}{2}}{38491,72 + 12317,33} \cdot 19,77 = 4,85 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}. \quad (68)$$

Izračun ekvivalentnog naprezanja zavara:

$$\sigma_{ekv} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq \sigma_{dop}. \quad (69)$$

Ekvivalentno naprezanje zavara iznosi:

$$\sigma_{ekv} = \sqrt{(\sigma_y - \sigma_t)^2 + 3(\tau_t + \tau_s)^2}, \quad (70)$$

$$\sigma_{ekv} = \sqrt{(88,2 - 5,82)^2 + 3(4,85 + 20,25)^2} = 93,15 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}. \quad (71)$$

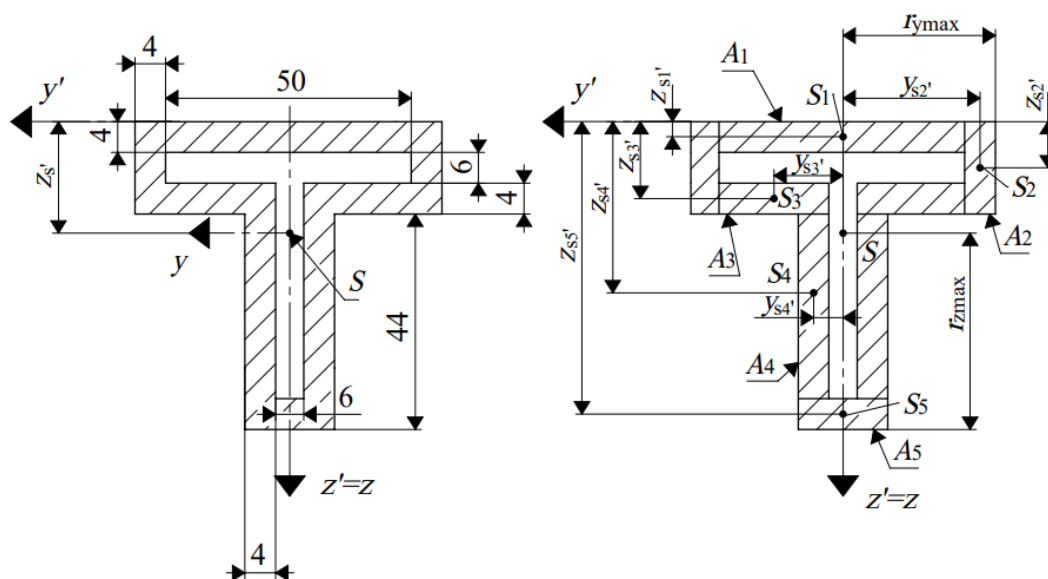
Zavar će se kontrolirati s obzirom na dopušteno ekvivalentno naprezanje koje za kutni zavar, materijal čelika S235 i kvalitetu zavara II iznosi $\sigma_{dop} = 190 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$. Kontrola zavara s obzirom na potrebnu sigurnost $S_{potr} = 2$:

$$\sigma_{ekv} = 93,15 \cdot 2 = 186,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq \sigma_{dop} = 190 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}, \quad (72)$$

što znači da zavar zadovoljava.

7.6.2. Kontrola drugog kritičnog zavara

Slika 33. prikazuje dimenzije zavara potrebne za računanje aksijalnih momenata inercije i aksijalnih momenata otpora.



Slika 33. Dimenzije drugog zavara

Izračun položaja težišta zavara:

$$z_S' = \frac{A_1 \cdot z_{S1}' + 2 \cdot A_2 \cdot z_{S2}' + 2 \cdot A_3 \cdot z_{S3}' + 2 \cdot A_4 \cdot z_{S4}' + A_5 \cdot z_{S5}'}{A_1 + 2 \cdot A_2 + 2 \cdot A_3 + 2 \cdot A_4 + A_5}, \quad (73)$$

$$z_S' = \frac{4 \cdot 50 \cdot 2 + 2 \cdot 4 \cdot 14 \cdot 7 + 2 \cdot 4 \cdot 22 \cdot 12 + 2 \cdot 4 \cdot 40 \cdot 34 + 4 \cdot 14 \cdot 56}{4 \cdot 50 + 2 \cdot 4 \cdot 14 + 2 \cdot 4 \cdot 22 + 2 \cdot 4 \cdot 40 + 4 \cdot 14}, \quad (74)$$

$$z_S' = 20 \text{ mm}. \quad (75)$$

Izračun aksijalnog momenta inercije presjeka za os y :

$$\begin{aligned} I_y &= (I_{y1} + (z_S' - z_{S1}')^2 \cdot A_1) + 2 \cdot (I_{y2} + (z_S' - z_{S2}')^2 \cdot A_2) \\ &+ 2 \cdot (I_{y3} + (z_S' - z_{S3}')^2 \cdot A_3) + 2 \cdot (I_{y4} + (z_{S4}' - z_S')^2 \cdot A_4) \\ &+ (I_{y5} + (z_{S5}' - z_S')^2 \cdot A_5), \end{aligned} \quad (76)$$

gdje je $I_{yi} = \frac{b \cdot h^3}{12}$,

$$\begin{aligned} I_y &= \left(\frac{50 \cdot 4^3}{12} + (20 - 2)^2 \cdot 50 \cdot 4 \right) + 2 \cdot \left(\frac{4 \cdot 14^3}{12} + (20 - 7)^2 \cdot 4 \cdot 4 \right) \\ &+ 2 \cdot \left(\frac{22 \cdot 4^3}{12} + (20 - 12)^2 \cdot 4 \cdot 22 \right) + 2 \cdot \left(\frac{4 \cdot 40^3}{12} + (34 - 20)^2 \cdot 4 \cdot 40 \right) \\ &+ \left(\frac{14 \cdot 4^3}{12} + (56 - 20)^2 \cdot 14 \cdot 4 \right) = 275359 \text{ mm}^4. \end{aligned} \quad (77)$$

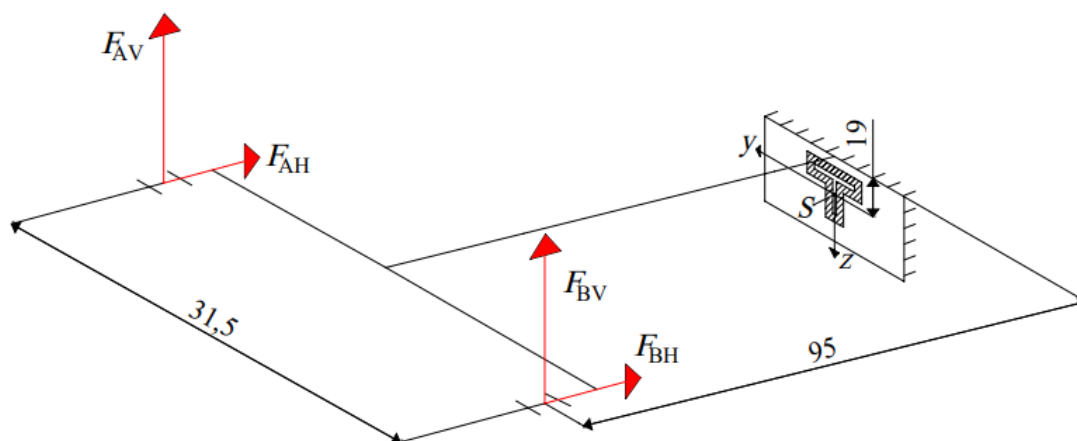
Izračun aksijalnog momenta inercije presjeka za os z :

$$I_z = I_{z1} + 2 \cdot (I_{z2} + y_{S2}'^2 \cdot A_2) + 2 \cdot (I_{z3} + y_{S3}'^2 \cdot A_1) + 2 \cdot (I_{z4} + y_{S4}'^2 \cdot A_4) + I_{z5}, \quad (78)$$

gdje je $I_{zi} = \frac{h \cdot b^3}{12}$,

$$\begin{aligned} I_z &= \frac{4 \cdot 50^3}{12} + 2 \cdot \left(\frac{14 \cdot 4^3}{12} + 27^2 \cdot 4 \cdot 14 \right) + 2 \cdot \left(\frac{4 \cdot 22^3}{12} + 14^2 \cdot 4 \cdot 22 \right) \\ &+ 2 \cdot \left(\frac{40 \cdot 4^3}{12} + 5^2 \cdot 40 \cdot 4 \right) + \frac{4 \cdot 14^3}{12} = 174400 \text{ mm}^4. \end{aligned} \quad (79)$$

Na Slici 34. je prikazan način opterećenja zavora.



Slika 34. Opterećenja drugog zavara

Izračun naprezanja na savijanje oko osi y :

$$M_y = (F_{BH} + F_{AH}) \cdot 19 + (F_{BV} + F_{AV}) \cdot 95, \quad (80)$$

$$M_y = (954,1 + 954,1) \cdot 19 + (2115,6 + 2906,8) \cdot 95 = 513383,8 \text{ Nmm}, \quad (81)$$

$$\sigma_y = \frac{M_y}{W_y} = \frac{M_y}{I_y} \cdot r_{z\max} = \frac{513383,8}{275359} \cdot 38 = 70,85 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}, \quad (82)$$

gdje je $r_{z\max} = 58 - z_{S'} = 58 - 20 = 38 \text{ mm}$ (prema Slici 33.).

Izračun naprezanja na tlak:

$$\sigma_t = \frac{F_{BH} + F_{AH}}{A_{zav}} = \frac{954,2 + 954,2}{50 \cdot 4 + 2 \cdot 14 \cdot 4 + 2 \cdot 4 \cdot 22 + 2 \cdot 40 \cdot 4 + 4 \cdot 14} = 2,2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}, \quad (83)$$

Izračun naprezanja na smik:

$$\tau_s = \frac{F_{BV} + F_{AV}}{A_{//zav}} = \frac{2115,6 + 2906,8}{2 \cdot 48 \cdot 4 + 2 \cdot 4 \cdot 14} = 10,13 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}, \quad (84)$$

gdje je $A_{//zav}$ površina zavara paralelna sa silama koje uzrokuju smično naprezanje.

Izračun naprezanja na torziju:

$$\tau_t = \frac{T_t}{W_t} = \frac{(F_{AV} - F_{BV}) \cdot \frac{31,5}{2}}{I_y + I_z} \cdot r_{z\max} = \frac{(2906,8 - 2115,6) \cdot \frac{31,5}{2}}{275359 + 174400} \cdot 38 = 1,05 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}. \quad (85)$$

Izračun ekvivalentnog naprezanja zavara:

$$\sigma_{ekv} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq \sigma_{dop}, \quad (86)$$

Ekvivalentno naprezanje zavara iznosi:

$$\sigma_{ekv} = \sqrt{(\sigma_y - \sigma_t)^2 + 3(\tau_t + \tau_s)^2}, \quad (87)$$

$$\sigma_{ekv} = \sqrt{(70,85 - 2,2)^2 + 3(1,05 + 10,13)^2} = 71,33 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}. \quad (88)$$

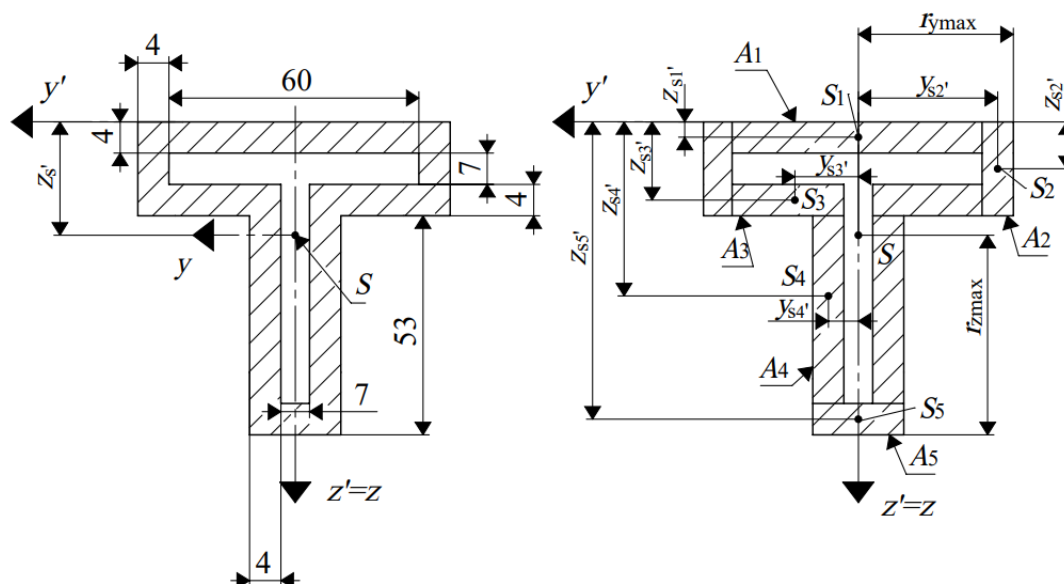
Zavar će se kontrolirati s obzirom na dopušteno ekvivalentno naprezanje koje za kutni zavar, materijal čelika S235 i kvalitetu zavora II iznosi $\sigma_{\text{dop}} = 190 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$. Kontrola zavora s obzirom na potrebnu sigurnost $S_{\text{potr}} = 2$:

$$\sigma_{\text{ekv}} = 71,33 \cdot 2 = 142,7 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq \sigma_{\text{dop}} = 190 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}, \quad (89)$$

što znači da zavar zadovoljava.

7.6.3. Kontrola trećeg kritičnog zavora

Slika 35. prikazuje dimenzije zavora potrebne za računanje aksijalnih momenata inercije i aksijalnih momenata otpora.



Slika 35. Dimenzije trećeg zavora

Izračun položaja težišta zavora:

$$z_S' = \frac{A_1 \cdot z_{S1}' + 2 \cdot A_2 \cdot z_{S2}' + 2 \cdot A_3 \cdot z_{S3}' + 2 \cdot A_4 \cdot z_{S4}' + A_5 \cdot z_{S5}'}{A_1 + 2 \cdot A_2 + 2 \cdot A_3 + 2 \cdot A_4 + A_5}, \quad (90)$$

$$z_S' = \frac{4 \cdot 60 \cdot 2 + 2 \cdot 4 \cdot 15 \cdot 7,5 + 2 \cdot 4 \cdot 26,5 \cdot 13 + 2 \cdot 4 \cdot 49 \cdot 39,5 + 4 \cdot 15 \cdot 66}{4 \cdot 60 + 2 \cdot 4 \cdot 15 + 2 \cdot 4 \cdot 26,5 + 2 \cdot 4 \cdot 49 + 4 \cdot 15}, \quad (91)$$

$$z_S' = 23 \text{ mm}. \quad (92)$$

Izračun aksijalnog momenta inercije presjeka za os y :

$$\begin{aligned} I_y = & (I_{y1} + (z_S' - z_{S1}')^2 \cdot A_1) + 2 \cdot (I_{y2} + (z_S' - z_{S2}')^2 \cdot A_2) \\ & + 2 \cdot (I_{y3} + (z_S' - z_{S3}')^2 \cdot A_3) + 2 \cdot (I_{y4} + (z_{S4}' - z_S')^2 \cdot A_4) \\ & + (I_{y5} + (z_{S5}' - z_S')^2 \cdot A_5), \end{aligned} \quad (93)$$

gdje je $I_{yi} = \frac{b \cdot h^3}{12}$,

$$\begin{aligned}
 I_y &= \left(\frac{60 \cdot 4^3}{12} + (23 - 2)^2 \cdot 60 \cdot 4 \right) + 2 \cdot \left(\frac{4 \cdot 15^3}{12} + (23 - 7,5)^2 \cdot 15 \cdot 4 \right) \\
 &+ 2 \cdot \left(\frac{26,5 \cdot 4^3}{12} + (23 - 13)^2 \cdot 4 \cdot 26,5 \right) + 2 \cdot \left(\frac{4 \cdot 49^3}{12} + (39,5 - 23)^2 \cdot 4 \cdot 49 \right) \\
 &+ \left(\frac{15 \cdot 4^3}{12} + (66 - 23)^2 \cdot 15 \cdot 4 \right) = 454896,6 \text{ mm}^4.
 \end{aligned} \tag{94}$$

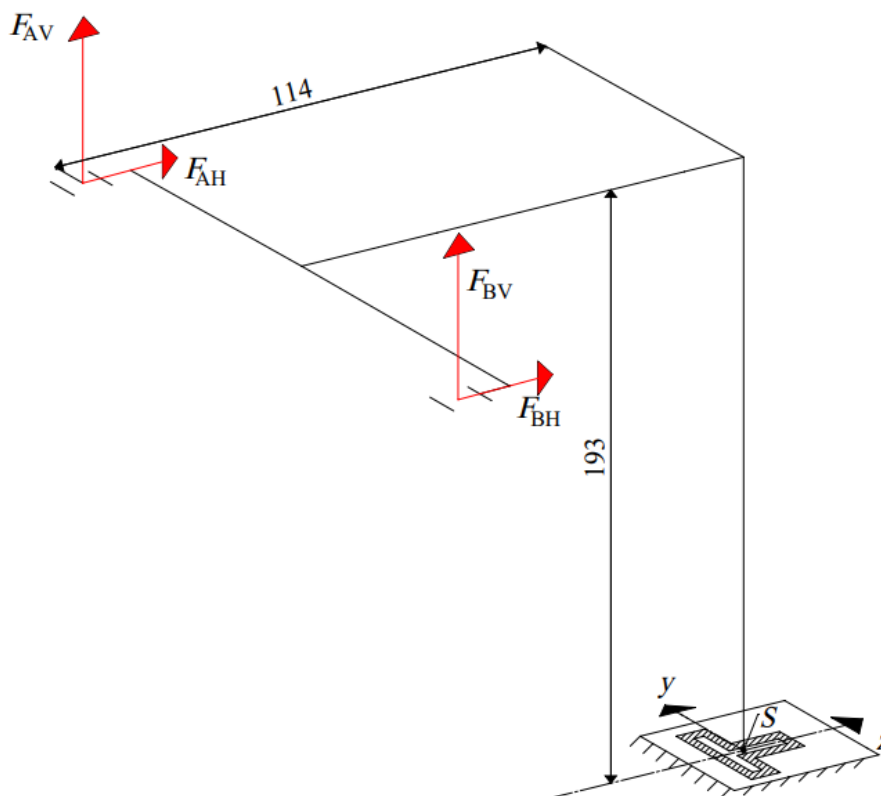
Izračun aksijalnog momenta inercije presjeka za os z:

$$I_z = I_{z1} + 2 \cdot (I_{z2} + y_{S2}'^2 \cdot A_2) + 2 \cdot (I_{z3} + y_{S3}'^2 \cdot A_1) + 2 \cdot (I_{z4} + y_{S4}'^2 \cdot A_4) + I_{z5}, \tag{95}$$

gdje je $I_{zi} = \frac{h \cdot b^3}{12}$,

$$\begin{aligned}
 I_z &= \frac{4 \cdot 60^3}{12} + 2 \cdot \left(\frac{15 \cdot 4^3}{12} + 32^2 \cdot 4 \cdot 15 \right) + 2 \cdot \left(\frac{4 \cdot 26,5^3}{12} + 16,75^2 \cdot 4 \cdot 26,5 \right) \\
 &+ 2 \cdot \left(\frac{49 \cdot 4^3}{12} + 5,5^2 \cdot 49 \cdot 4 \right) + \frac{4 \cdot 15^3}{12} = 280431,3 \text{ mm}^4.
 \end{aligned} \tag{96}$$

Na Slici 36. je prikazan način opterećenja zavora.



Slika 36. Opterećenja trećeg zavora

Izračun naprezanja na savijanje oko osi y:

$$M_y = (F_{BH} + F_{AH}) \cdot 193 + (F_{BV} + F_{AV}) \cdot 114, \tag{97}$$

$$M_y = (954,2 + 954,2) \cdot 193 + (2115,6 + 2906,8) \cdot 114 = 940874,8 \text{ Nmm}, \quad (98)$$

$$\sigma_y = \frac{M_y}{W_y} = \frac{M_y}{I_y} \cdot r_{z\max} = \frac{940874,8}{454896,6} \cdot 45 = 93 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}, \quad (99)$$

gdje je $r_{z\max} = 68 - z_s' = 68 - 23 = 45 \text{ mm}$ (prema Slici 35.).

Izračun naprezanja na savijanje oko osi z:

$$M_z = (F_{AV} - F_{BV}) \cdot \frac{31,5}{2} = (2906,8 - 2115,6) \cdot \frac{31,5}{2} = 12461,4 \text{ Nmm}, \quad (100)$$

$$\sigma_z = \frac{M_z}{W_z} = \frac{M_z}{I_z} \cdot r_{y\max} = \frac{12461,4}{280431,3} \cdot 34 = 1,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}, \quad (101)$$

gdje je $r_{y\max} = 34 \text{ mm}$ (prema Slici 35.).

Izračun naprezanja na vlak:

$$\sigma_v = \frac{F_{BV} + F_{AV}}{A_{zav}} = \frac{2115,6 + 2906,8}{4 \cdot 60 + 2 \cdot 4 \cdot 15 + 2 \cdot 4 \cdot 26,5 + 2 \cdot 4 \cdot 49 + 4 \cdot 15} = 4,9 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}, \quad (102)$$

Izračun naprezanja na smik:

$$\tau_s = \frac{F_{BH} + F_{AH}}{A_{//zav}} = \frac{954,2 + 954,2}{2 \cdot 57 \cdot 4 + 2 \cdot 4 \cdot 15} = 3,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}, \quad (103)$$

gdje je $A_{//zav}$ površina zavara paralelna sa silama koje uzrokuju smično naprezanje.

Izračun ekvivalentnog naprezanja zavara:

$$\sigma_{ekv} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq \sigma_{dop}, \quad (104)$$

s obzirom na to da je donji rub zavara kritičan, vrijednost σ_z će imati drugu vrijednost, jer je r_y manji. Tada će naprezanje σ_z biti još manje, stoga se neće uzeti u obzir.

Ekvivalentno naprezanje zavara iznosi:

$$\sigma_{ekv} = \sqrt{(\sigma_y - \sigma_v)^2 + 3 \cdot \tau_s^2}, \quad (105)$$

$$\sigma_{ekv} = \sqrt{(93 - 4,9)^2 + 3 \cdot 3,3^2} = 88,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}. \quad (106)$$

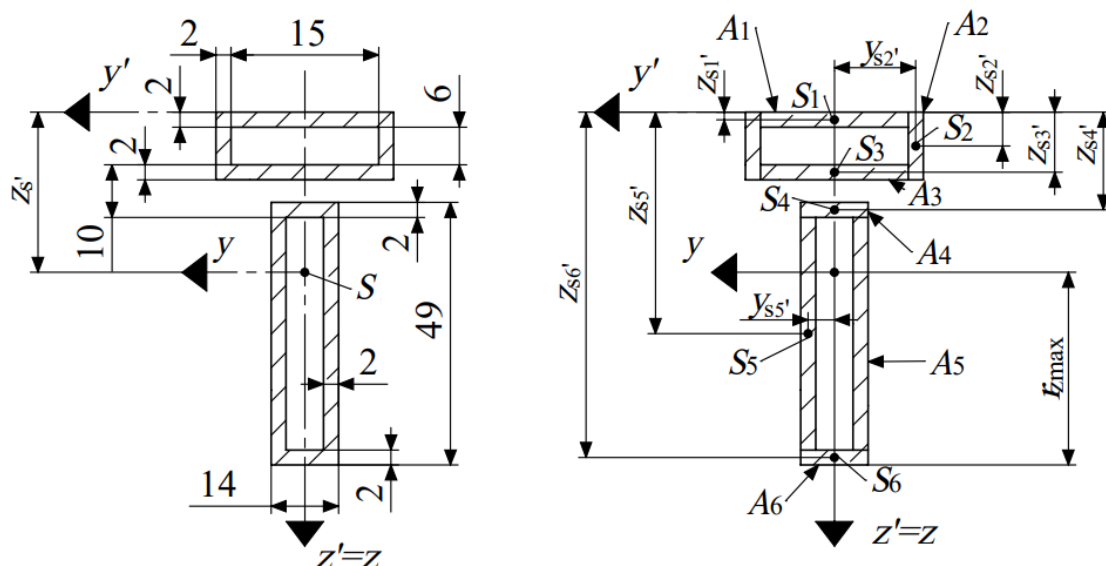
Zavar će se kontrolirati s obzirom na dopušteno ekvivalentno naprezanje koje za kutni zavar, materijal čelika S235 i kvalitetu zavara II iznosi $\sigma_{dop} = 190 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$. Kontrola zavara s obzirom na potrebnu sigurnost $S_{potr} = 2$:

$$\sigma_{ekv} = 88,3 \cdot 2 = 176,6 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq \sigma_{dop} = 190 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}, \quad (107)$$

što znači da zavar zadovoljava.

7.6.4. Kontrola četvrtog kritičnog zavora

Slika 37. prikazuje dimenzije zavora potrebne za računanje aksijalnih momenata inercije i aksijalnih momenata otpora.



Slika 37. Dimenzije četvrtog zavora

Izračun položaja težišta zavora:

$$z_{S'}' = \frac{A_1 \cdot z_{S1}' + 2 \cdot A_2 \cdot z_{S2}' + A_3 \cdot z_{S3}' + A_4 \cdot z_{S4}' + 2 \cdot A_5 \cdot z_{S5}' + A_6 \cdot z_{S6}'}{A_1 + 2 \cdot A_2 + 2 \cdot A_3 + 2 \cdot A_4 + A_5}, \quad (108)$$

$$z_{S'}' = \frac{2 \cdot 15 \cdot 1 + 2 \cdot 2 \cdot 10 \cdot 5 + 2 \cdot 15 \cdot 9 + 2 \cdot 14 \cdot 17 + 2 \cdot 2 \cdot 45 \cdot 40,5 + 2 \cdot 14 \cdot 64}{2 \cdot 15 + 2 \cdot 2 \cdot 10 + 2 \cdot 15 + 2 \cdot 14 + 2 \cdot 2 \cdot 45 + 2 \cdot 14}, \quad (109)$$

$$z_{S'}' = 29,9 \text{ mm}. \quad (110)$$

Izračun aksijalnog momenta inercije presjeka za os y :

$$\begin{aligned} I_y = & (I_{y1} + (z_{S'}' - z_{S1}')^2 \cdot A_1) + 2 \cdot (I_{y2} + (z_{S'}' - z_{S2}')^2 \cdot A_2) + (I_{y3} + (z_{S'}' - z_{S3}')^2 \cdot A_3) \\ & + (I_{y4} + (z_{S'}' - z_{S4}')^2 \cdot A_4) + 2 \cdot (I_{y5} + (z_{S5}' - z_{S'}')^2 \cdot A_5) \\ & + (I_{y6} + (z_{S6}' - z_{S'}')^2 \cdot A_6), \end{aligned} \quad (111)$$

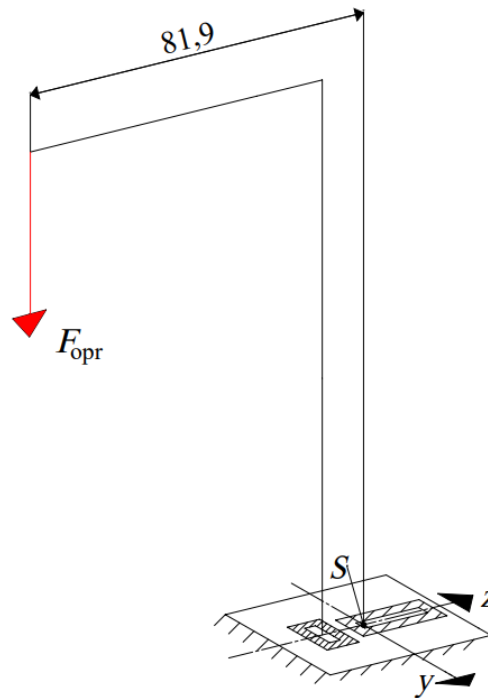
gdje je $I_{yi} = \frac{b \cdot h^3}{12}$,

$$\begin{aligned} I_y = & \left(\frac{15 \cdot 2^3}{12} + (29,9 - 1)^2 \cdot 15 \cdot 2 \right) + 2 \cdot \left(\frac{2 \cdot 10^3}{12} + (29,9 - 5)^2 \cdot 2 \cdot 10 \right) \\ & + \left(\frac{15 \cdot 2^3}{12} + (29,9 - 9)^2 \cdot 15 \cdot 2 \right) + \left(\frac{14 \cdot 2^3}{12} + (29,9 - 17)^2 \cdot 14 \cdot 2 \right) \end{aligned}$$

$$+2 \cdot \left(\frac{2 \cdot 45^3}{12} + (40,5 - 29,9)^2 \cdot 2 \cdot 45 \right) + \left(\frac{14 \cdot 2^3}{12} + (64 - 29,9)^2 \cdot 14 \cdot 2 \right) \quad (112)$$

$$I_y = 151151 \text{ mm}^4. \quad (113)$$

Na Slici 38. je prikazan način opterećenja zavara.



Slika 38. Opterećenja četvrtog zavara

Izračun naprezanja na savijanje oko osi y prilikom maksimalne sile u opruzi $F_{opr} = 61 \text{ N}$:

$$M_y = F_{opr} \cdot 81,9 = 61 \cdot 81,9 = 4995,9 \text{ Nmm}, \quad (114)$$

$$\sigma_y = \frac{M_y}{W_y} = \frac{M_y}{I_y} \cdot r_{zmax} = \frac{4995,9}{151151} \cdot 35,1 = 1,16 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}, \quad (115)$$

gdje je $r_{zmax} = 65 - z_S' = 65 - 29,9 = 35,1 \text{ mm}$ (prema Slici 37.).

S obzirom da je naprezanje na savijanje zanemarivo malo, kao što će biti i tlačno naprezanje, a dopušteno ekvivalentno naprezanje za kutni zavar, materijal čelika S235 i kvalitetu zavara II iznosi $\sigma_{dop} = 190 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$, zaključuje se da zavar zadovoljava.

7.7. Odabir zupčanika za prijenos momenta s poluge na vratilo

Zupčanik će se nabaviti od proizvođača KHK Gears. Prema proizvođaču odabir se vrši s obzirom na okretni moment koji zupčanik treba prenijeti. Moment koji zupčanik treba prenijeti je izračunat jednadžbom (35), te iznosi $T_R = 78,6438 \text{ Nm}$. Na temelju vrijednosti momenta odabran je model SRTB3-30 J 16, čiji je dopušteni moment jednak $T_{dop} = 92,6 \text{ Nm}$.

Odabir duljine pera prema dopuštenom bočnom tlaku:

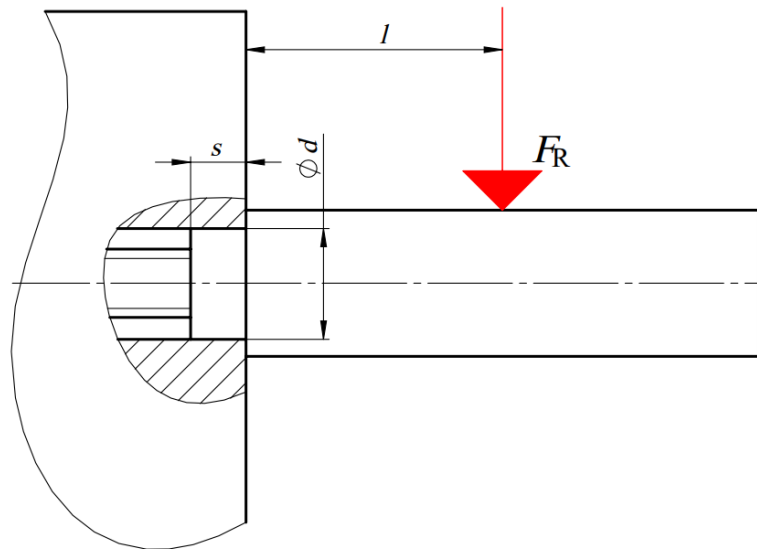
$$l \geq \frac{F_t}{t_2 \cdot p_{\text{dop}}} = \frac{T_R}{t_2 \cdot p_{\text{dop}}} \cdot \frac{2}{d_z} = \frac{78,653}{2,3 \cdot 100} \cdot \frac{2}{0,08} = 8,55 \text{ mm}, \quad (116)$$

gdje je p_{dop} dopušteni bočni tlak za pero od čelika, t_2 dubina utora glavine i d_z promjer zupčanika.

Odabrana je duljina $l = 10 \text{ mm}$.

7.8. Kontrola ručke na poluzi

Slika 39. prikazuje ručku opterećenu ručnom silom.



Slika 39. Opterećenje ručke

Dimenzije sa Slike 18. su $l = 42,5 \text{ mm}$, $d = 20 \text{ mm}$ i $s = 10,5 \text{ mm}$.

Izračun i kontrola naprezanje na savijanje:

$$\sigma_s = \frac{F_R \cdot l}{0,1 \cdot d^3} = \frac{175 \cdot 42,5}{0,1 \cdot 20^3} = 9,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}, \quad (117)$$

$$\sigma_s = 9,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq \sigma_{\text{dop}} = 330 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}, \quad (118)$$

znači da zadovoljava. σ_{dop} je dopušteno naprezanje na savijanje za čelik S235.

Izračun i kontrola naprezanja na tlak:

$$p = \frac{F_R}{d \cdot s} \cdot \left(1 + 6 \cdot \frac{L}{s}\right) = \frac{175}{20 \cdot 10,5} \cdot \left(1 + 6 \cdot \frac{47,75}{10,5}\right) = 23,6 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}, \quad (119)$$

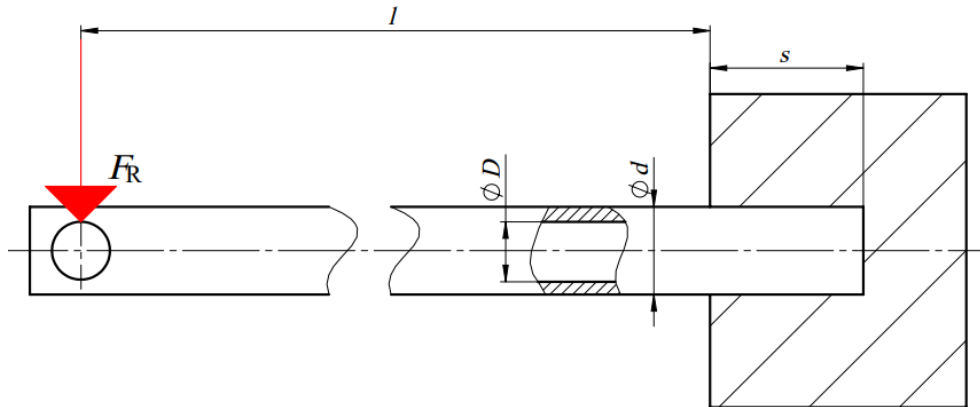
gdje je $L = \frac{s}{2} + l = \frac{10,5}{2} + 42,5 = 47,75 \text{ mm}$.

$$p = 23,6 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq p_{\text{dop}} = 100 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}, \quad (120)$$

znači da zadovoljava. p_{dop} je dopušteni tlak za čelik S235.

7.9. Kontrola šipke za polugu

Slika 40. prikazuje šipku za polugu opterećenu ručnom silom.



Slika 40. Opterećenje šipke za polugu

Dimenzije sa Slike 19. su $l = 400$ mm, $d = 20$ mm i $s = 20$ mm.

Izračun i kontrola naprezanje na savijanje:

$$\sigma_s = \frac{F_R \cdot l}{W} = \frac{175 \cdot 432}{0,1 \cdot \frac{d^4 - D^4}{d}} = \frac{175 \cdot 432}{0,1 \cdot \frac{15^4 - 11^4}{15}} = 315,1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}, \quad (121)$$

$$\sigma_s = 315,1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq \sigma_{\text{dop}} = 330 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}, \quad (122)$$

znači da zadovoljava. σ_{dop} je dopušteno naprezanje na savijanje za čelik S235.

Izračun i kontrola naprezanja na tlak:

$$p = \frac{F_R}{d \cdot s} \cdot \left(1 + 6 \cdot \frac{L}{s}\right) = \frac{175}{15 \cdot 20} \cdot \left(1 + 6 \cdot \frac{442}{20}\right) = 77,9 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}, \quad (123)$$

gdje je $L = \frac{s}{2} + l = \frac{20}{2} + 432 = 442$ mm.

$$p = 77,9 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq p_{\text{dop}} = 100 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}, \quad (124)$$

znači da zadovoljava. p_{dop} je dopušteni tlak za čelik S235.

8. ZAKLJUČAK

Ovaj završni rad prikazuje razvoj ručne zupčaničke preše, od pregleda postojećih izvedbi proizvoda na tržištu, modeliranja funkcijske dekompozicije i sastavljanja morfološke matrice, vrednovanja koncepta, proračuna i konstruiranja, pa sve do izrade tehničke dokumentacije. Pregledom postojećih izvedbi proizvoda na tržištu, je obavljeno pretraživanje različitih konstrukcijskih rješenja kako bi se ustanovio početni model proizvoda za izradu funkcijske dekompozicije. Izvedbe proizvoda su se razlikovale s obzirom na način prijenosa i sredstva za ostvarivanje sile prešanja, te načina povrata poluge u početni položaj. Razmatranjem različitih ručnih zupčaničkih preša određena je izveba iz koje će se modelirati funkcijska dekompozicija. Glavna funkcija proizvoda se dijeli na podfunkcije. Zatim se formuliraju tokovi energije materijala i signala za svaku podfunkciju. Konačno, kombinacijom podfunkcija i tokova u smislenu cijelinu se dobiva funkcijska struktura proizvoda. Temeljem izvedenih podfunkcija iz odabranog proizvoda, napravljena je morfološka matrica. Za izvedene podfunkcije su opisana ili skicirana parcijalna rješenja. Integracijom parcijalnih rješenja za pojedine podfunkcije su generirana tri koncepta. Vrednovanjem konceptata je odabran jedan za daljnju konstrukcijsku razradu.

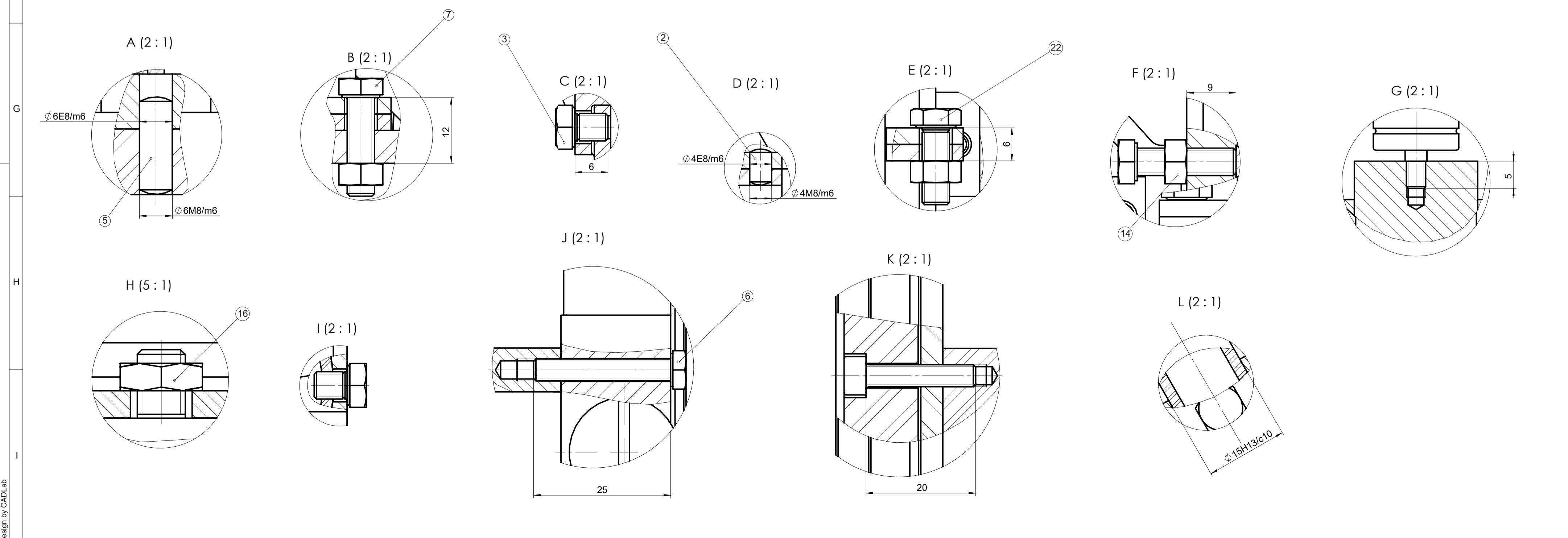
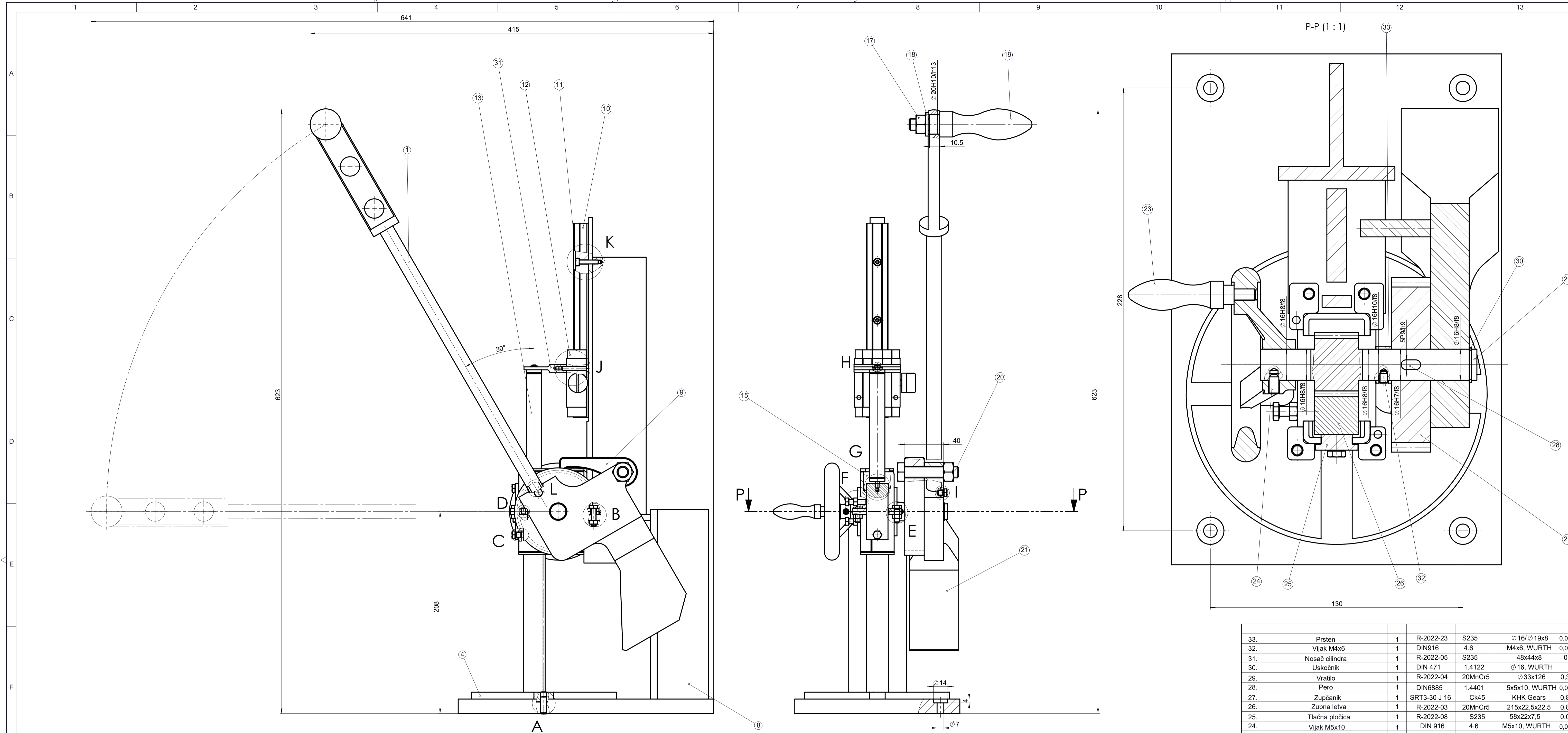
Proračunom su dobivene potrebne dimenzije strojnih dijelova, poput poluge, zupčanika i vratila. Osim toga je izvršena i provjera kritičnih zavara i spojeva. Rezultat konstrukcijske razrade je ručna zupčanička preša s polugom, s mogućnošću povrata zubne letve u početni položaj nakon izvođenja operacije prešanja.

LITERATURA

- [1] Kraut, B.: Strojarski priručnik, Tehnička knjiga Zagreb, 1970.
- [2] Decker, K. H.: Elementi strojeva, Tehnička knjiga Zagreb, 1975.
- [3] Herold, Z.: Računalna i inženjerska grafika, Zagreb, 2003.
- [4] <https://www.dakecorp.com/products/arbor-presses/ratchet-lever-arbor-press-4m>
- [5] <https://www.agme.net/en/presses/other-presses/rack-and-percussion-presses>
- [6] <https://www.directindustry.com/prod/emg-long/product-8470-413579.html>
- [7] <http://www.yishoumachinery.com/en/pr.jsp?libId=-1&groupId=5>
- [8] Oberšmit, E.: Ozubljenja i zupčanici, SNL Zagreb, 1982.
- [9] Vratila, podloge uz predavanja, FSB, Zagreb, 2020.
- [10] https://www.ace-ace.com/media/acedownloads/ACE_Main-Catalogue-2017-EN_20210826.pdf
- [11] https://www.norelem.com/xs_db/DOKUMENT_DB/www/NORELEM/DataSheet/en/06/06273_MFG_Datasheet_3521_Handwheels_DIN_950_aluminium_with_fixed_grip--en.pdf
- [12] <https://www.jwwinco.com/en-us/products/1.1-Operating-with-handles-and-knobs/revolving-handles/DIN-98-Steel-Aluminum-or-Plastic-Revolving-Handles-with-Plain-or-Threaded-Shaft>
- [13] https://www.wermac.org/steel/dim_tee.html
- [14] <https://khkgears.net/pdf/srt%20srtb%20srt-c.pdf>

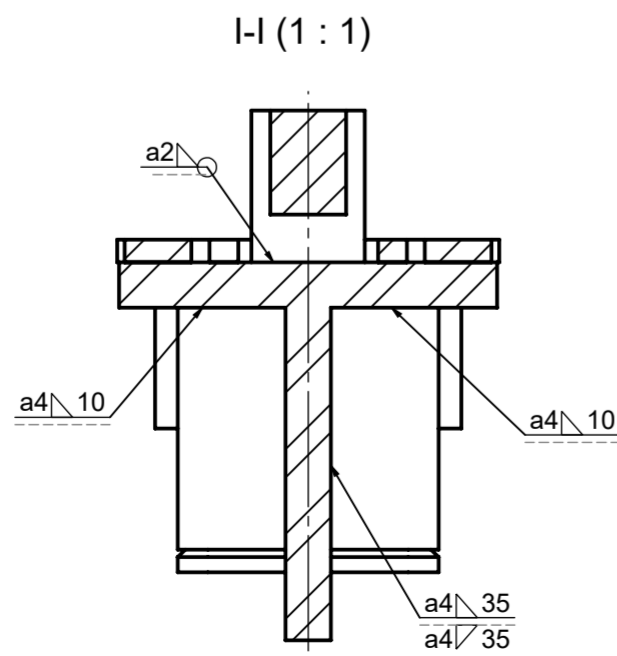
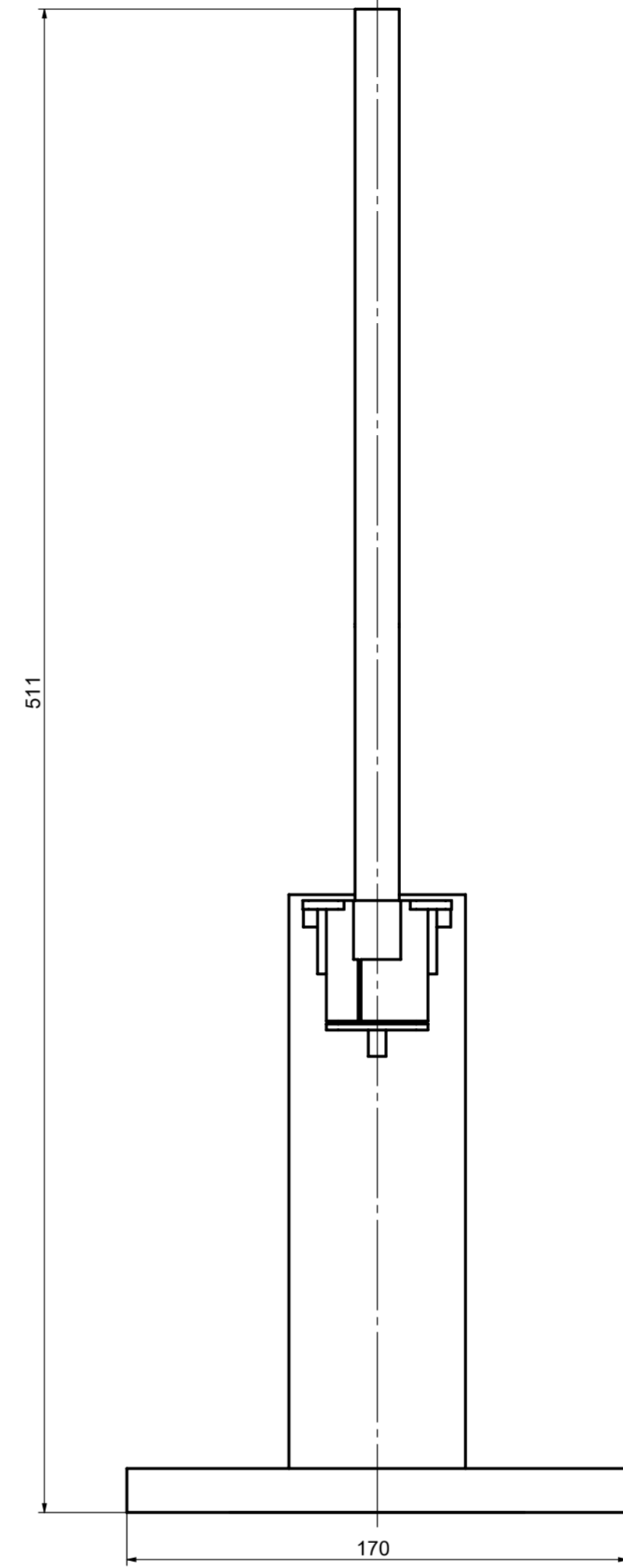
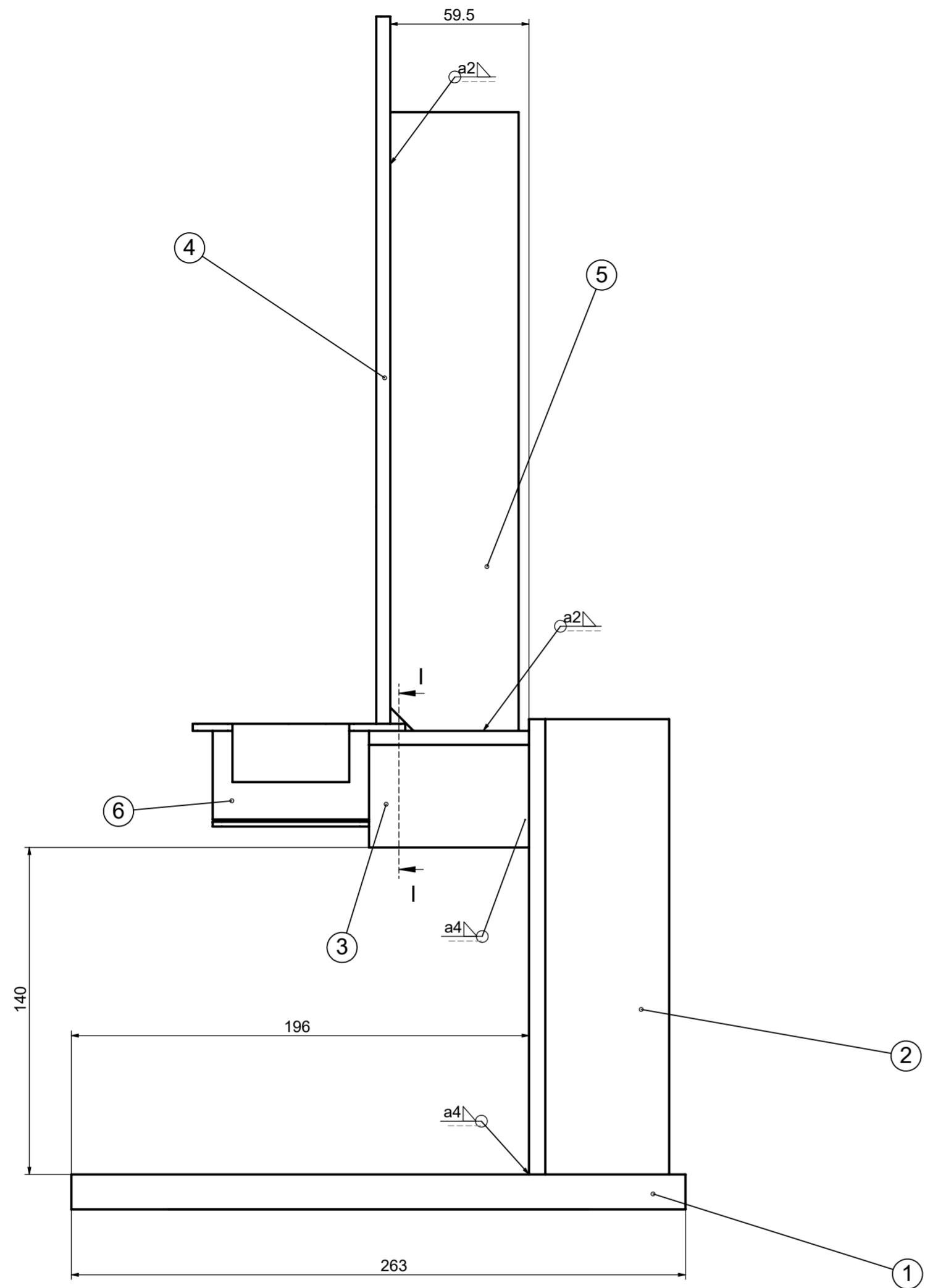
PRILOZI

- I. CD-R disc
- II. Tehnička dokumentacija

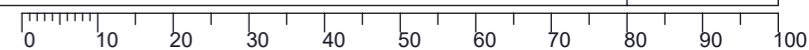


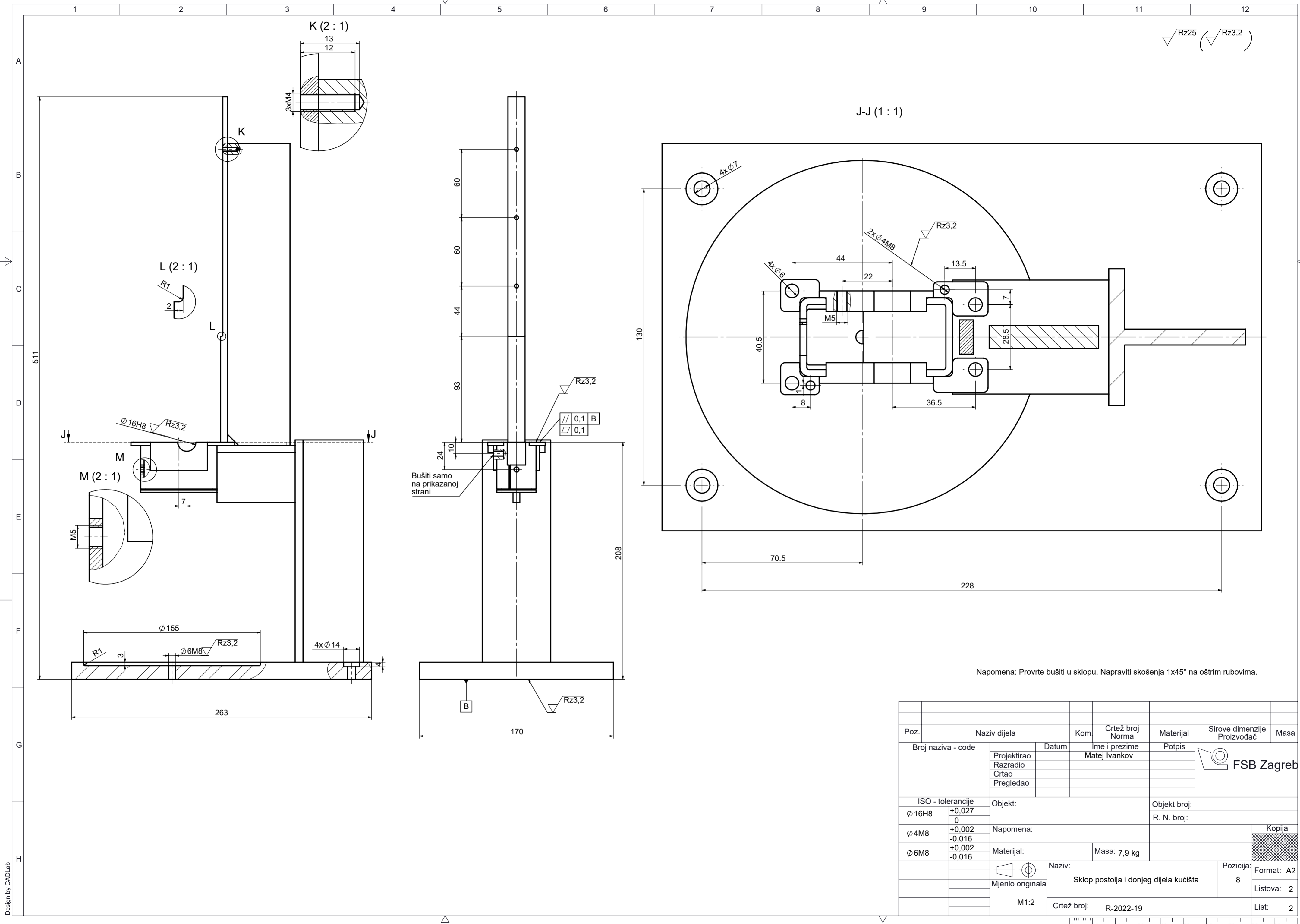
33.	Prsten	1	R-2022-23	S235	∅ 16/∅ 19x8	0,005kg	
32.	Vijak M4x6	1	DIN916	4.6	M4x6, WURTH	0,001kg	
31.	Nosač cilindra	1	R-2022-05	S235	48x44x8	0,08	
30.	Uskočnik	1	DIN 471	1.4122	∅ 16, WURTH		
29.	Vratilo	1	R-2022-04	20MnCr5	∅ 33x126	0,3kg	
28.	Pero	1	DIN6885	1.4401	5x5x10, WURTH	0,013kg	
27.	Zupčanik	1	SRT3-30 J 16	Ck45	KHK Gears	0,86kg	
26.	Zubna letva	1	R-2022-03	20MnCr5	215x22,5x22,5	0,85kg	
25.	Tlačna pločica	1	R-2022-08	S235	58x22x7,5	0,05kg	
24.	Vijak M5x10	1	DIN 916	4.6	M5x10, WURTH	0,001kg	
23.	Kolo	1	DIN 950		06273-4100X10,norelem	0,327kg	
22.	Vijak M5x14	2	DIN 933	4.6	M5x14, WURTH	0,003kg	
21.	Sklop protuutega	1	S-2022-07		192x116x150	3,5kg	
20.	Vijak M12x55	1	DIN 933	4.6	M12x55, WURTH	0,07kg	
19.	Ručka poluge	1	DIN 98		DIN98-AL-32-E.J.W.Wincej	0,2kg	
18.	Podloška M12	1	DIN 125	1.4301	M12, WURTH	0,006kg	
17.	Matica M12	2	DIN 934	4	M12, WURTH	0,017kg	
16.	Matica M3,5	1	DIN 439	4	M3,5, WURTH		
15.	Gornji dio kućišta	1	R-2022-20		91x44x50,5	0,3kg	
14.	Matica M5	6	DIN 934	4	M5, WURTH	0,001kg	
13.	Cilindar	1	GZ-15-50-BB-50		ACE	0,098kg	
12.	Kližač	1	TW-01-15-HKA		Igus	0,58	
11.	Vijak M4x20	3	DIN912	4.6	M4x20, WURTH	0,002kg	
10.	Vodilica	1	TS-01-15		duljina:200 mm, Igus	0,42	
9.	Zaglavljivač	1	SRT3-C	Ck45	KHK Gears	0,23kg	
8.	Sklop postolja i donjeg dijela kućišta	1	R-2022-19		511x256x170	7,9kg	
7.	Vijak M5x18	4	DIN 933	4.8	M5x18, WURTH	0,004kg	
6.	Vijak M4x25	2	DIN 933	4.8	M4x25, WURTH	0,003kg	
5.	Zatik 2	1	DIN 7	1.4305	∅ 6x18, WURTH	0,001kg	
4.	Radno postolje	1	R-2022-22	S235	∅ 150x10	1,1kg	
3.	Vijak M5x6	3	DIN933	4.8	M5x6, WURTH	0,002kg	
2.	Zatik 1	2	DIN 7	1.4305	∅ 4x6, WURTH	0,001kg	
1.	Sklop poluge	1	R-2022-21		∅ 30x467	0,5kg	
Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj	Norma	Materijal	Sirove dimenzije	Masa[kg]

Broj naziva - code	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projekтираo		Matej Ivankov	
Razradio			
Crtao			
Pregledao			
ISO - tolerancije	Objekt:	Objekt broj:	
∅ 16H8/f8 +0,070		R. N. broj:	
+0,016	Napomena:		
∅ 16H7/f8 +0,061			
+0,016	Materijal:	Masa: 17,5kg	Kopija
∅ 15H13/c10 +0,435			
+0,095			
+0,330	Naziv:	Ručna preša	Format: A1
0	Mjerilo originala:	M1:2	Lista: 1
∅ 20H10/h13 +0,034	Crtež broj:	S-2022-06	Lista: 1
+0,016			
∅ 16H10/f8 +0,034			
+0,008			
∅ 6E8/m6 +0,008			
∅ 4E8/m6 +0,034			
∅ 4E8/m6 +0,008			



6	Donji dio kućišta	1	S-2022-04		91x44x50,5	0,3kg
5	Ukrućenje	1	R-2022-07	S235	265x55x10	1,1kg
4	Štup vodilice	1	R-2022-10	S235	306x15x6	0,2kg
3	T-profil (50x50x70)	1	R-2022-09	S235	50x50x70	0,3kg
2	T-profil (250x60x60)	1	R-2022-11	S235	250x60x60	1,5kg
1	Postolja	1	R-2022-17	S235	263x170x15	5,2kg
Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime Matej Ivankov		Potpis	
Projektirao						
Razradio						
Crtao						
Pregledao						
ISO - tolerancije		Objekt:	Objekt broj:			
			R. N. broj:			
Napomena:						Kopija
Materijal:		Masa: 8,6 kg				
Mjerilo originala		Naziv: Sklop postolja i donjeg dijela kućišta			Pozicija:	Format: A2
M1:2		Crtež broj: S-2022-02				Listova: 2
						List: 1





Rz25 (Rz3,2)

J-J (1:1)

K (2:1)

L (2:1)

M (2:1)

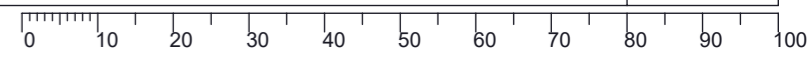
Bušiti samo na prikazanoj strani

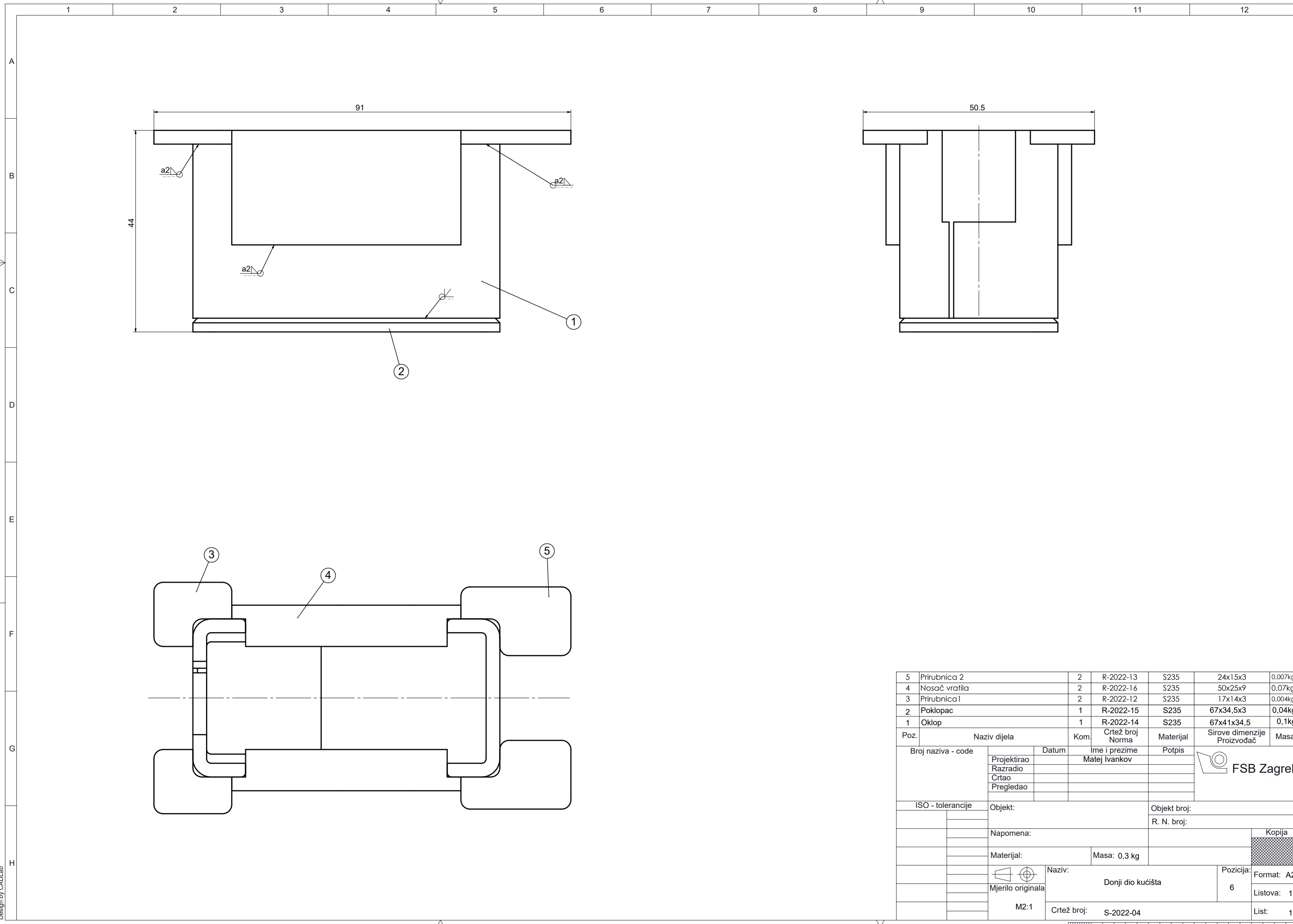
Napomena: Provrtite bušiti u sklopu. Napraviti skošenja 1x45° na oštrim rubovima.

Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime Matej Ivankov	Potpis	Kopija	
ISO - tolerancije		Objekt:		Objekt broj:		
Ø 16H8	+0,027 0	Napomena:		R. N. broj:		
Ø 4M8	+0,002 -0,016	Materijal:		Masa: 7,9 kg	Kopija	
Ø 6M8	+0,002 -0,016	Mjerilo originala		Format: A2		
M1:2		Naziv: Sklop postolja i donjeg dijela kućišta		Listova: 2		
		Crtež broj: R-2022-19		List: 2		



Design by CADLab

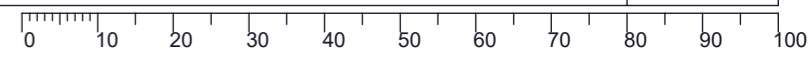


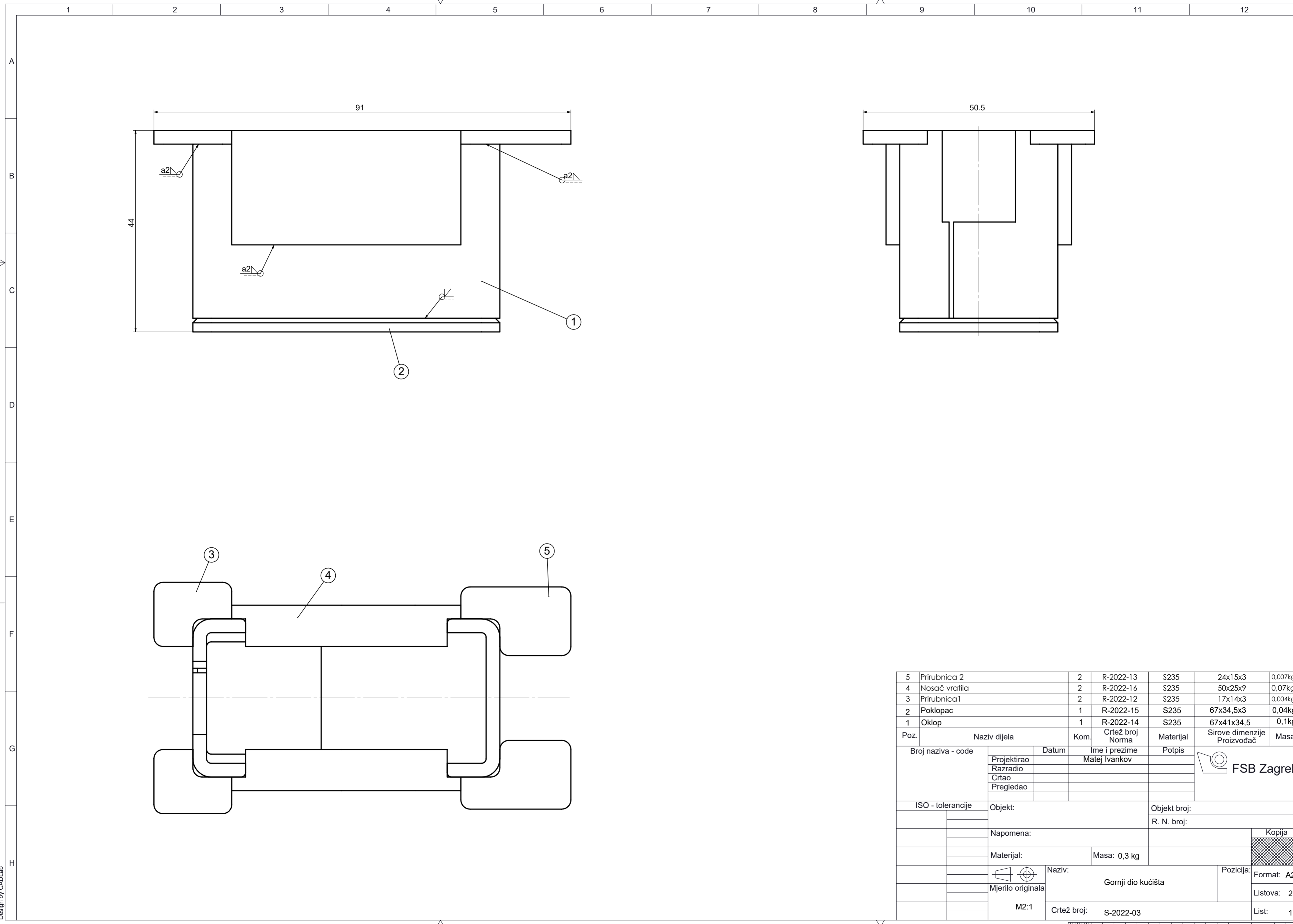


Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
5	Prirubnica 2	2	R-2022-13	S235	24x15x3	0,007kg
4	Nosač vratila	2	R-2022-16	S235	50x25x9	0,07kg
3	Prirubnica 1	2	R-2022-12	S235	17x14x3	0,004kg
2	Poklopac	1	R-2022-15	S235	67x34,5x3	0,04kg
1	Oklop	1	R-2022-14	S235	67x41x34,5	0,1kg

Broj naziva - code	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projekтирао		Matej Ivankov	
Razradio			
Crtao			
Pregledao			

ISO - tolerancije	Objekt:	Objekt broj:
		R. N. broj:
	Napomena:	Kopija
	Materijal:	Masa: 0,3 kg
	Mjerilo originala	Naziv: Donji dio kućišta
	M2:1	Pozicija: 6
	Crtež broj: S-2022-04	Format: A2
		Listova: 1
		List: 1

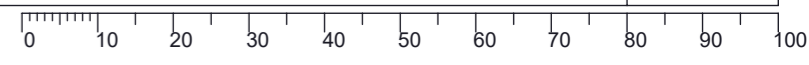




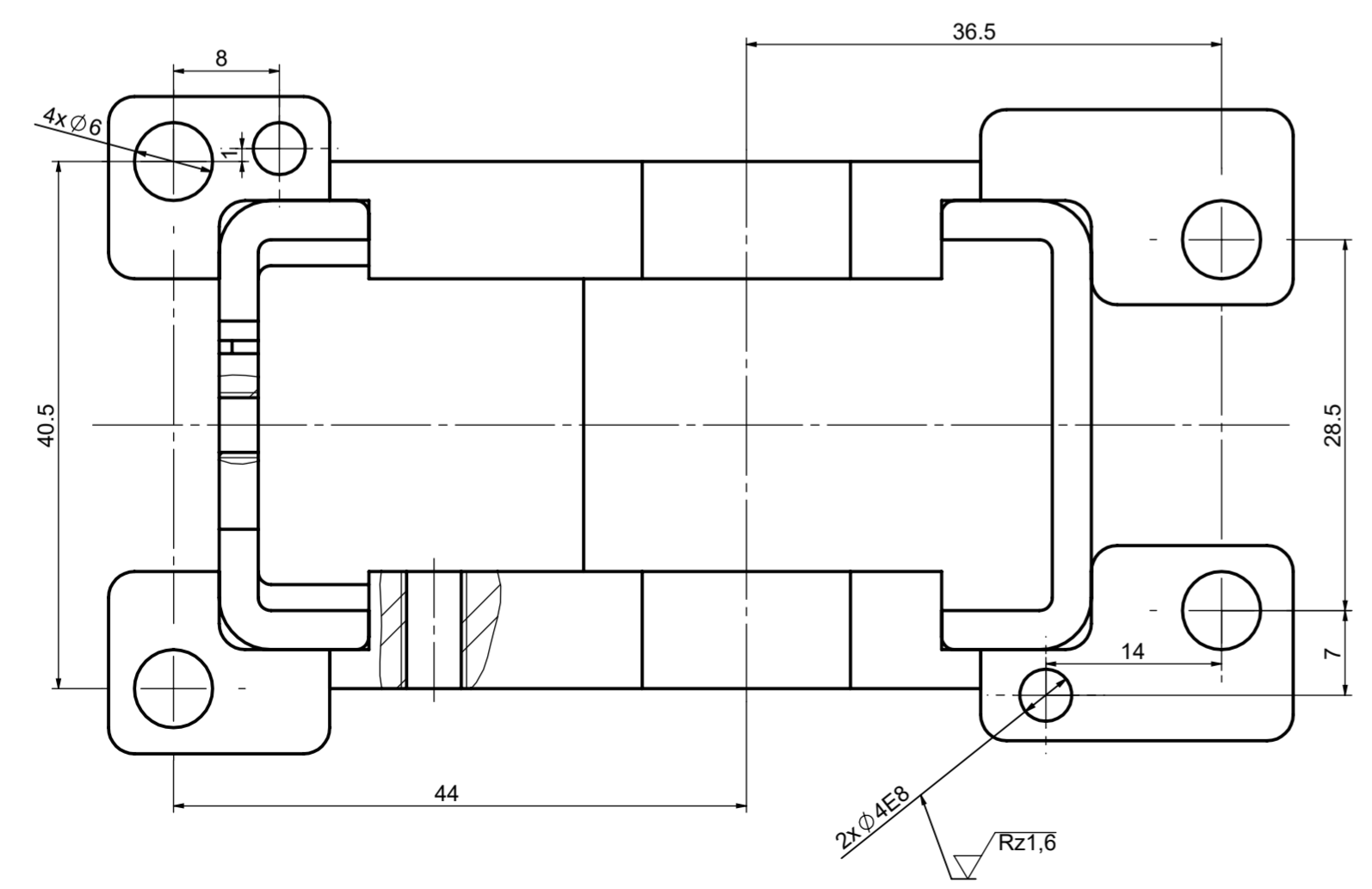
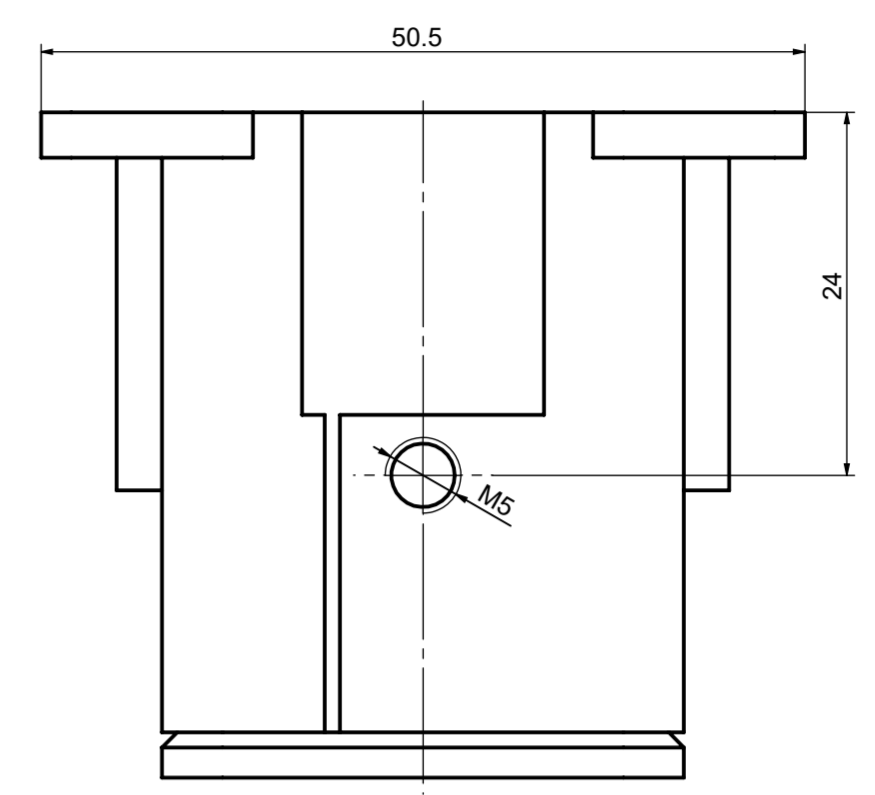
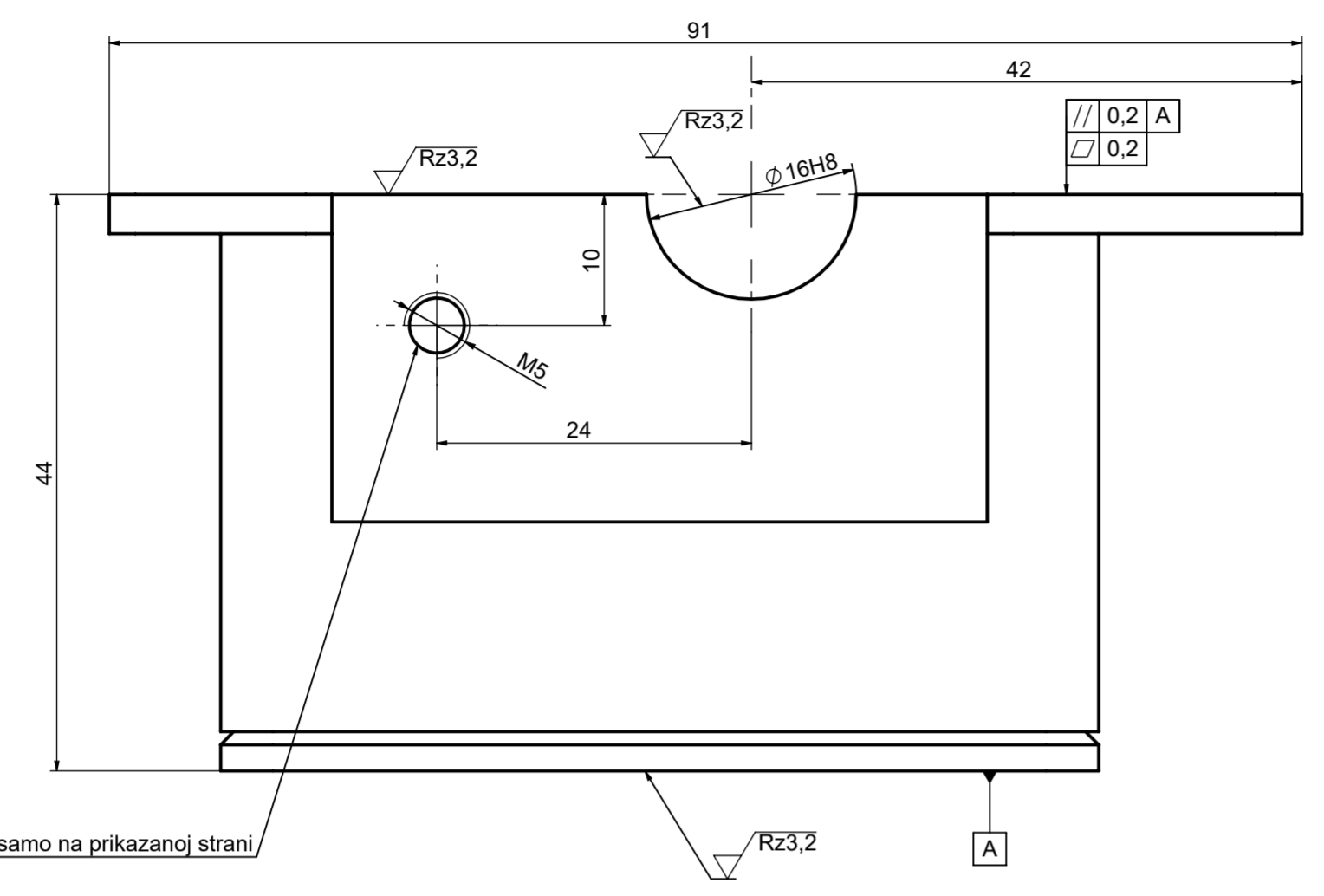
Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
5	Prirubnica 2	2	R-2022-13	S235	24x15x3	0,007kg
4	Nosač vratila	2	R-2022-16	S235	50x25x9	0,07kg
3	Prirubnica 1	2	R-2022-12	S235	17x14x3	0,004kg
2	Poklopac	1	R-2022-15	S235	67x34,5x3	0,04kg
1	Oklop	1	R-2022-14	S235	67x41x34,5	0,1kg

Broj naziva - code	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projekтираo		Matej Ivankov	
Razradio			
Crtao			
Pregledao			

ISO - tolerancije	Objekt:	Objekt broj:
		R. N. broj:
	Napomena:	Kopija
	Materijal:	Masa: 0,3 kg
	Mjerilo originala	Naziv: Gornji dio kućišta
	M2:1	Pozicija: Format: A2
		Listova: 2
	Crtež broj: S-2022-03	List: 1

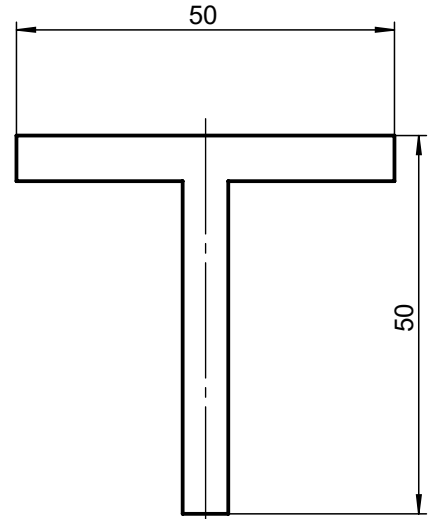
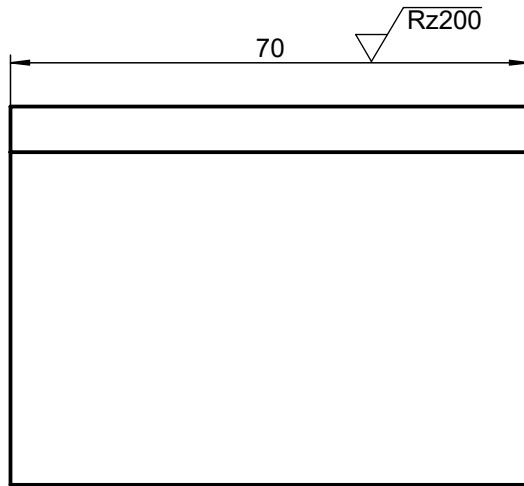
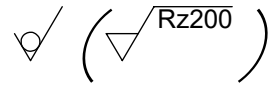


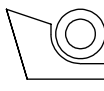
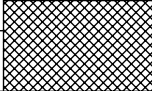


Rz25 (Rz3,2, Rz1,6)

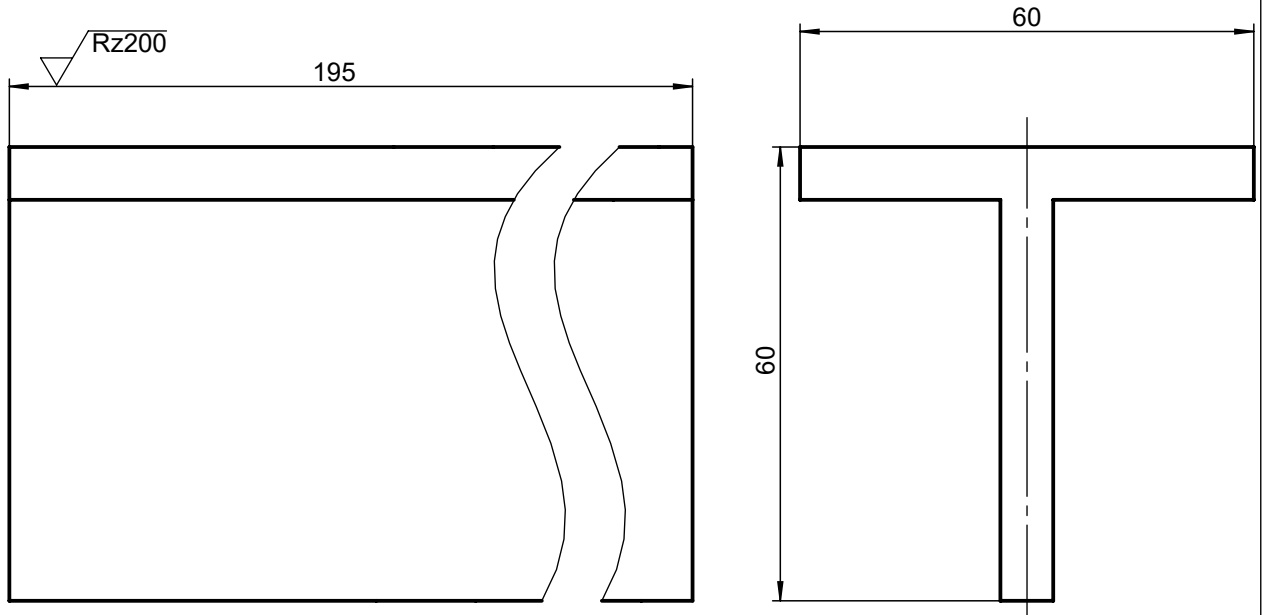
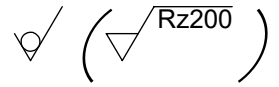


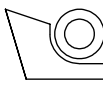
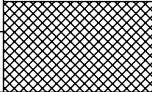

Napomena: 1)Provrte bušiti u sklopu zajedno s donjim dijelom kućišta.
2)Provrt s navojem na oklopu bušiti u sklopu zajedno s donjim dijelom kućišta i tlačnom pločicom.

Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
Broj naziva - code	Datum	Ime i prezime	Matej Ivankov	Potpis		
Projektirao						
Razradio						
Crtao						
Pregledao						
ISO - tolerancije	Objekt:	Objekt broj:		R. N. broj:		
Ø 16H8 +0,027 0						
Ø 4E8 +0,038 +0,020	Napomena:			Kopija		
	Materijal:	Masa:	0,3 kg			
	Mjerilo originala	Naziv:	Gornji dio kućišta		Pozicija:	Format: A2
	M2:1				15	Listova: 2
		Crtež broj:	R-2020-20			List: 2

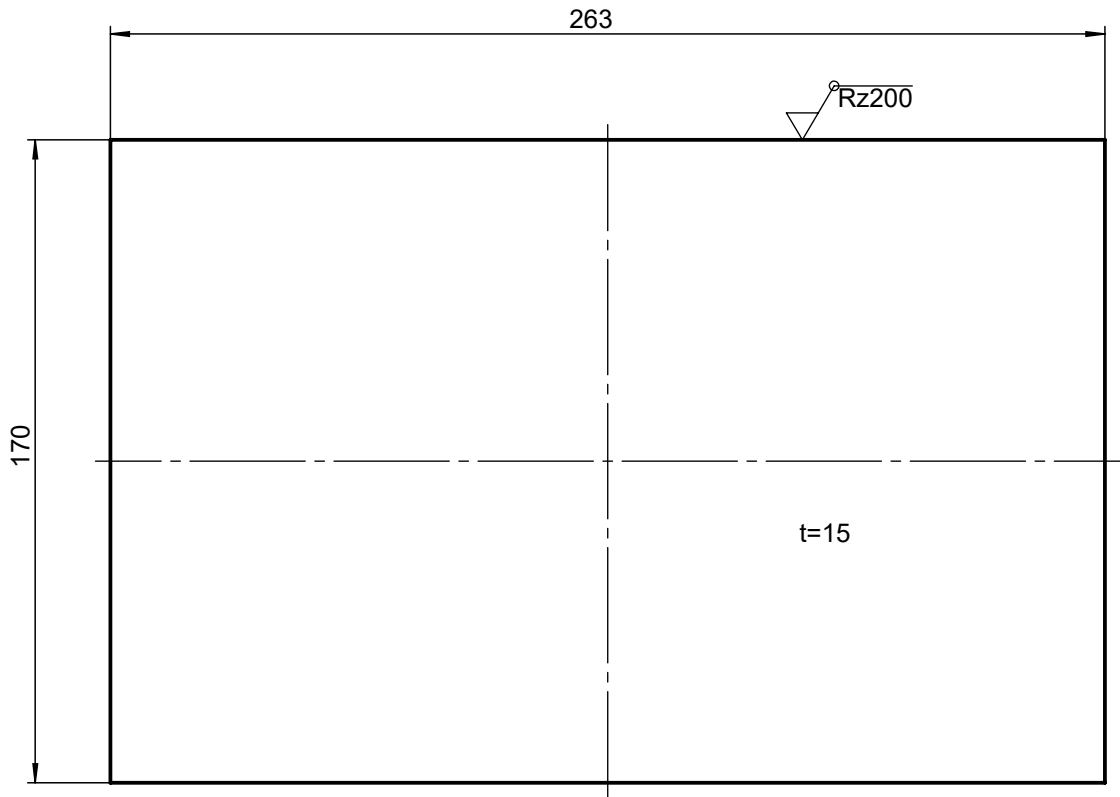
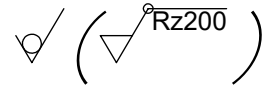


Broj naziva - code	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
	Projektirao	Matej Ivankov		
	Razradio			
	Crtao			
	Pregledao			
ISO - tolerancije	Objekt:		Objekt broj:	
			R. N. broj:	
	Napomena:			Kopija
	Materijal: S235	Masa: 0,3 kg		
Design by CADLab	 	Naziv:	Pozicija:	Format: A4
	Mjerilo originala	T-profil (50x50x70)	3	Listova: 1
	M1:1	Crtež broj: R-2022-09		List: 1

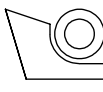
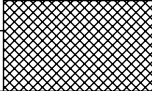




Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb	
	Projektirao		Matej Ivankov			
	Razradio					
	Crtao					
	Pregledao					
ISO - tolerancije	Objekt:			Objekt broj:		
				R. N. broj:		
	Napomena:				Kopija	
	Materijal: S235			Masa: 1,2 kg		
	Mjerilo originala					
		Naziv:			Pozicija:	Format: A4
	M1:1	T-profil (195x60x60)			2	Listova: 1
		Crtež broj: R-2022-11				List: 1

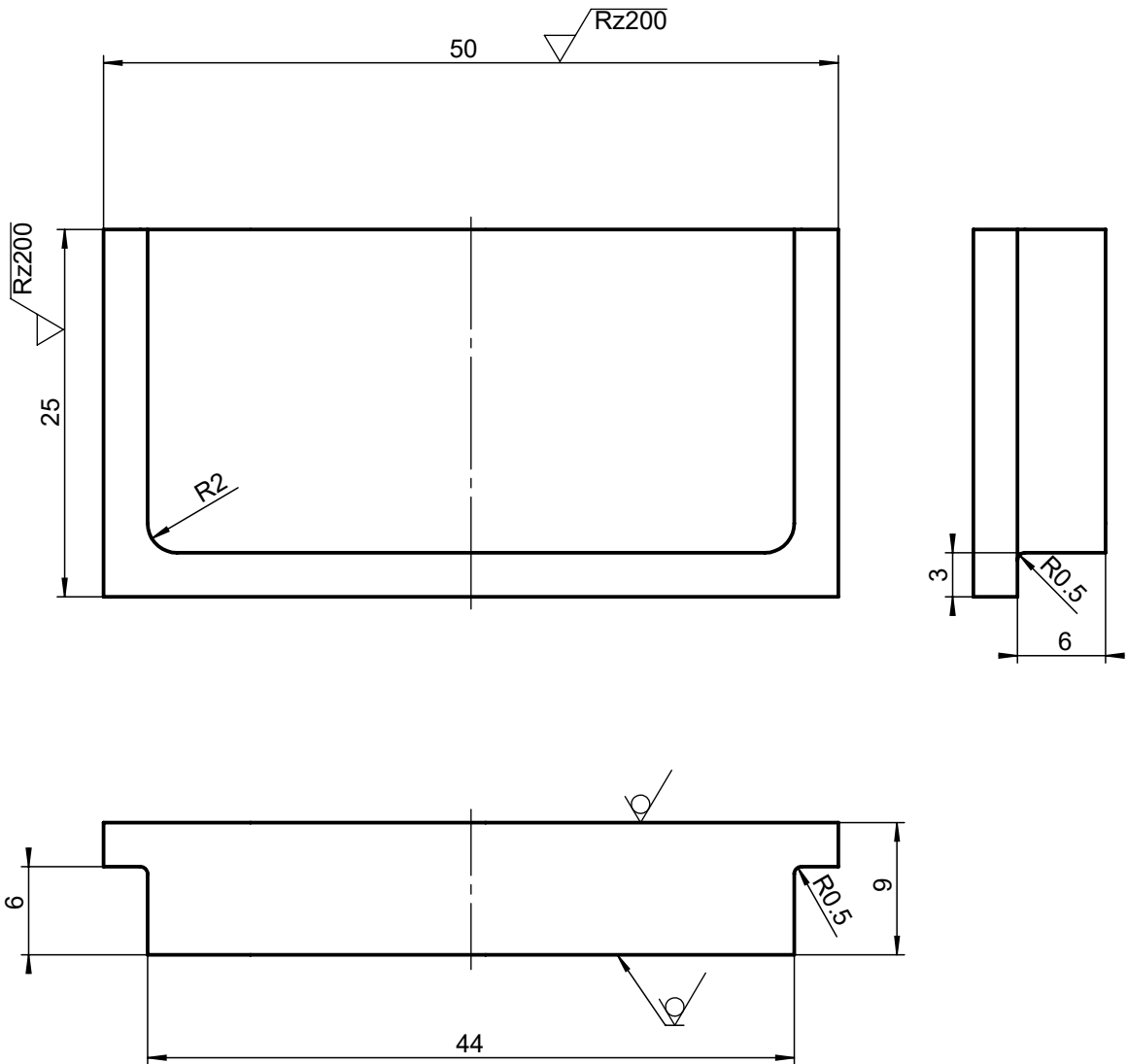
Design by CADLab



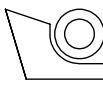
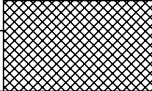

Napomena: Na svim oštrim rubovima napraviti skošenja 1x45°

Broj naziva - code	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
	Projektirao	Matej Ivankov		
	Razradio			
	Crtao			
	Pregledao			
ISO - tolerancije	Objekt:		Objekt broj:	
			R. N. broj:	
	Napomena:			Kopija
	Materijal: S235	Masa: 5,2 kg		
Design by CADLab	 	Naziv:	Pozicija:	Format: A4
	Mjerilo originala	Postolje	1	Listova: 1
	M1:2	Crtež broj: R-2022-17		List: 1

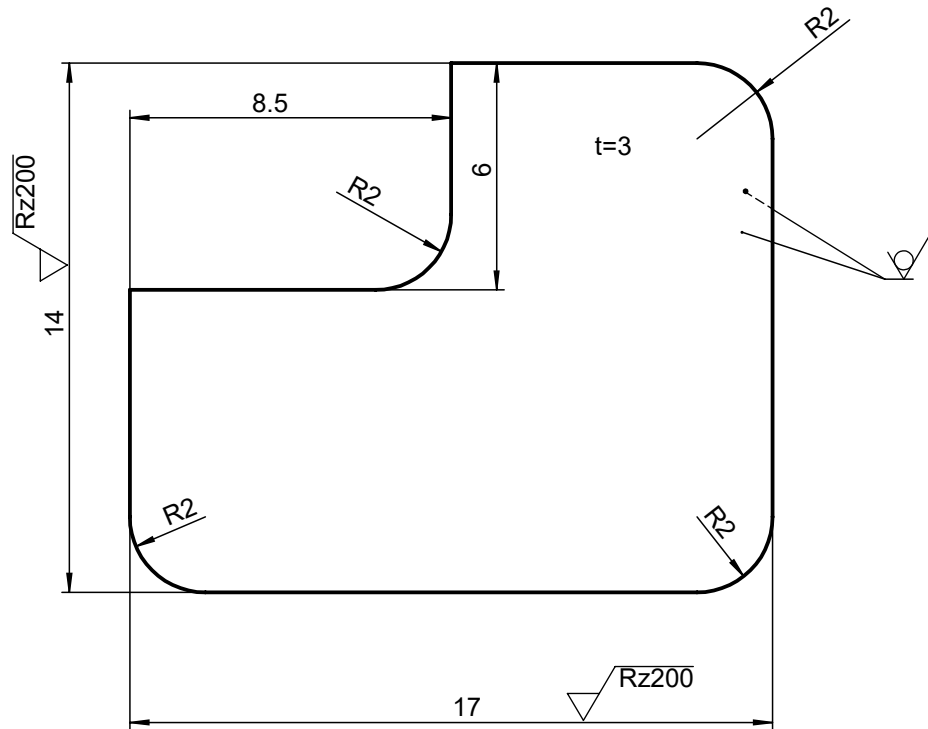
$\sqrt{Rz50}$ ($\sqrt{Rz200}$)



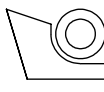
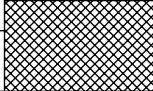


Napomena: Na svim oštrim rubovima napraviti skošenja 1x45°

Broj naziva - code	Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
	Razradio		Matej Ivankov		
	Crtao				
	Pregledao				
ISO - tolerancije	Objekt:			Objekt broj:	
				R. N. broj:	
	Napomena:				Kopija
					
	Materijal: S235	Masa: 0,07 kg			
Design by CADLab		Naziv:			Pozicija:
	Mjerilo originala	Nosač vratila			4
	M2:1	Crtež broj: R-2022-16			Format: A4
					Listova: 1
					List: 1

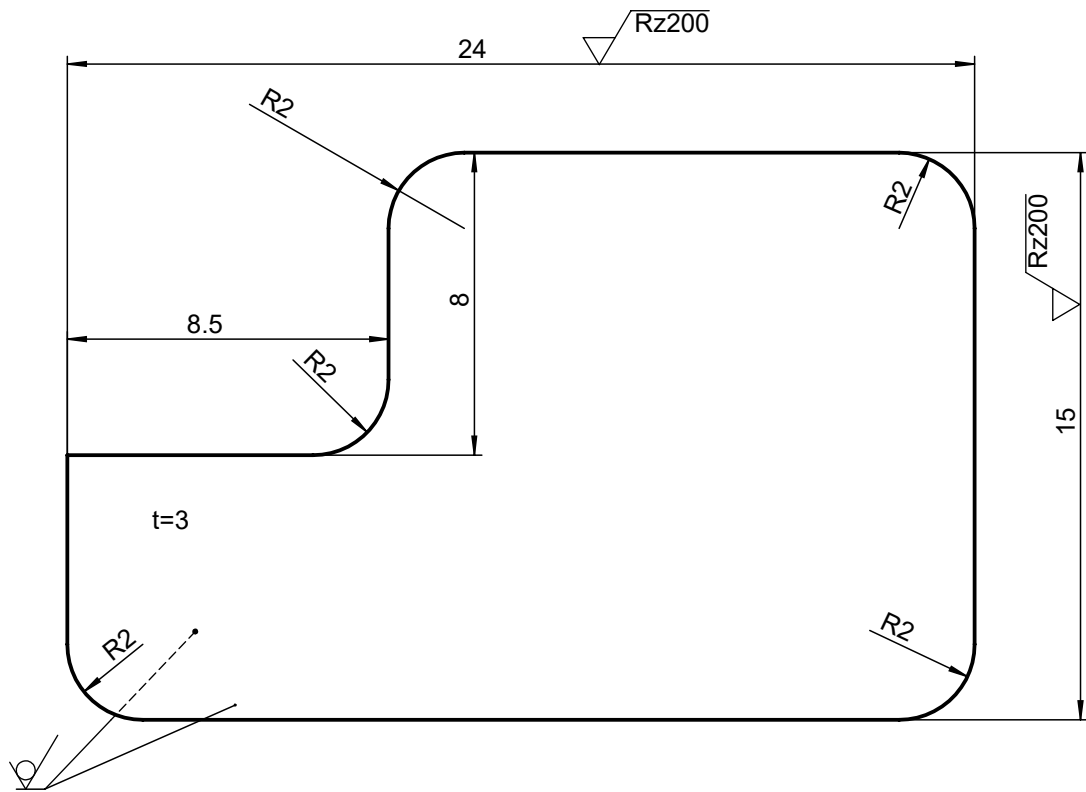
$\sqrt{Rz50}$ ($\sqrt{\quad}$, $\sqrt{Rz200}$)



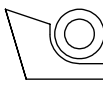
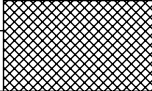

Napomena: 1) Na svim oštrim rubovima napraviti skošenja $1 \times 45^\circ$.

Broj naziva - code	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
	Projektirao	Matej Ivankov		
	Razradio			
	Crtao			
	Pregledao			
ISO - tolerancije	Objekt:		Objekt broj:	
			R. N. broj:	
	Napomena:			Kopija
	Materijal: S235		Masa: 0,004 kg	
Design by CADLab	 	Naziv:		Pozicija:
	Mjerilo originala	Prirubnica 1		3
	M5:1	Crtež broj: R-2022-12		Format: A4
				Listova: 1
				List: 1

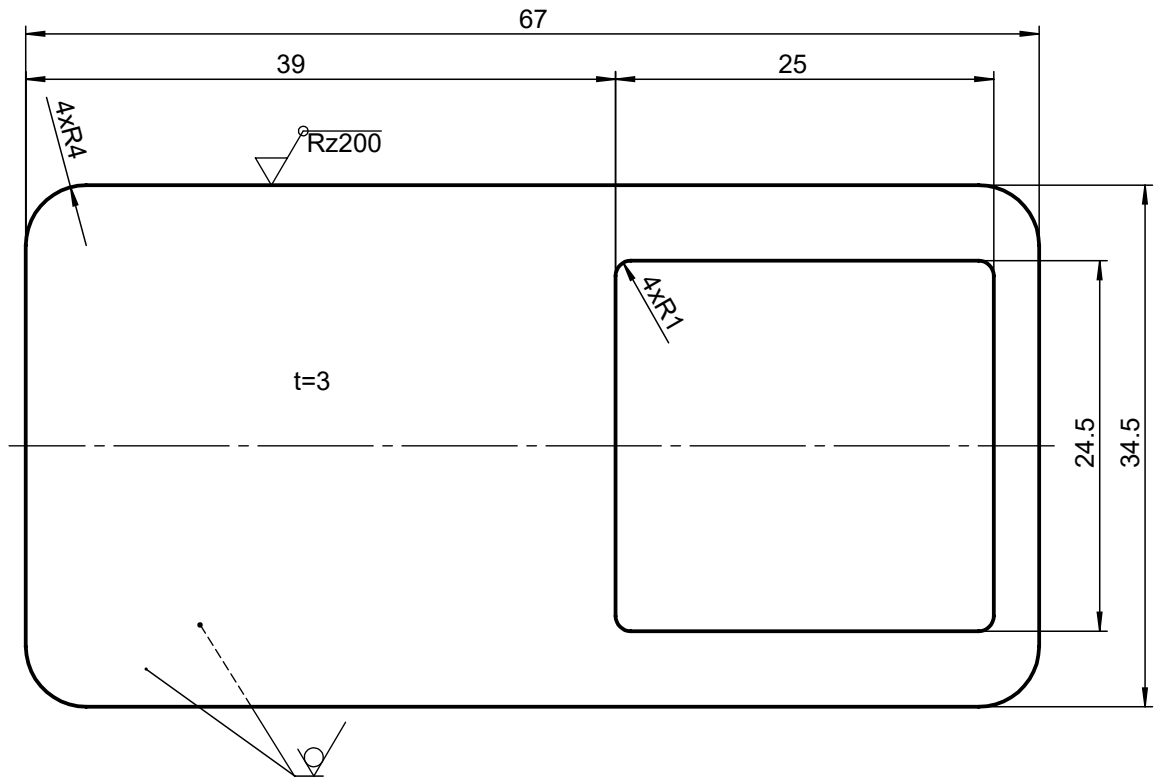
$\sqrt{Rz50}$ ($\sqrt{\quad}$, $\sqrt{Rz200}$)



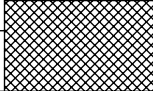

Napomena: 1) Na svim oštrim rubovima napraviti skošenja $1 \times 45^\circ$.

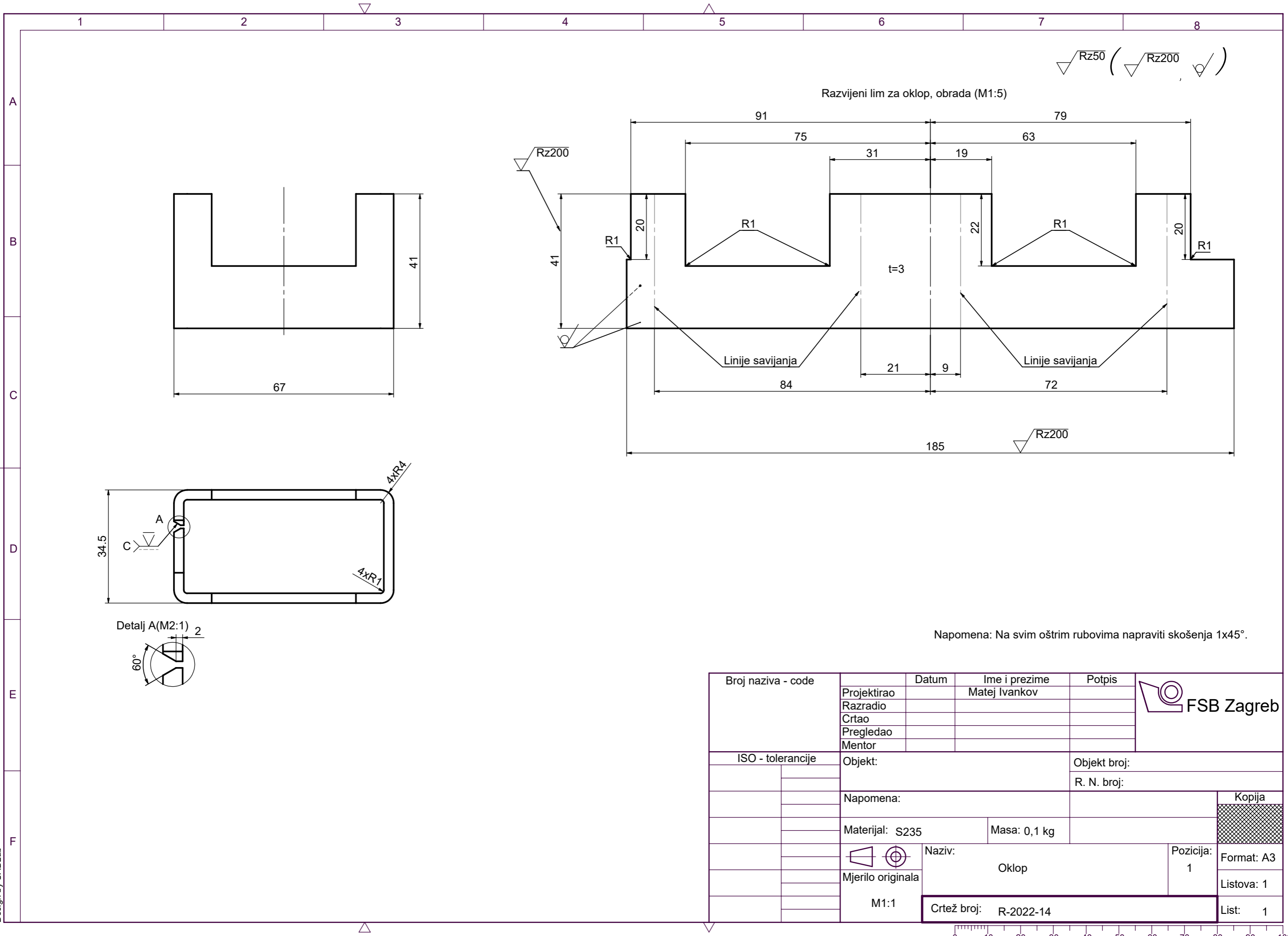
Broj naziva - code	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
	Projektirao	Matej Ivankov		
	Razradio			
	Crtao			
	Pregledao			
ISO - tolerancije	Objekt:		Objekt broj:	
			R. N. broj:	
	Napomena:			Kopija
				
	Materijal: S235	Masa: 0,007 kg		
Design by CADLab		Naziv:		Pozicija:
	Mjerilo originala	Prirubnica 2		5
	M5:1	Crtež broj: R-2022-13		Format: A4
				Listova: 1
				List: 1

$\sqrt{Rz50}$ ($\sqrt{Rz200}$)



Napomena: Na svim oštrim rubovima napraviti skošenja 1x45°

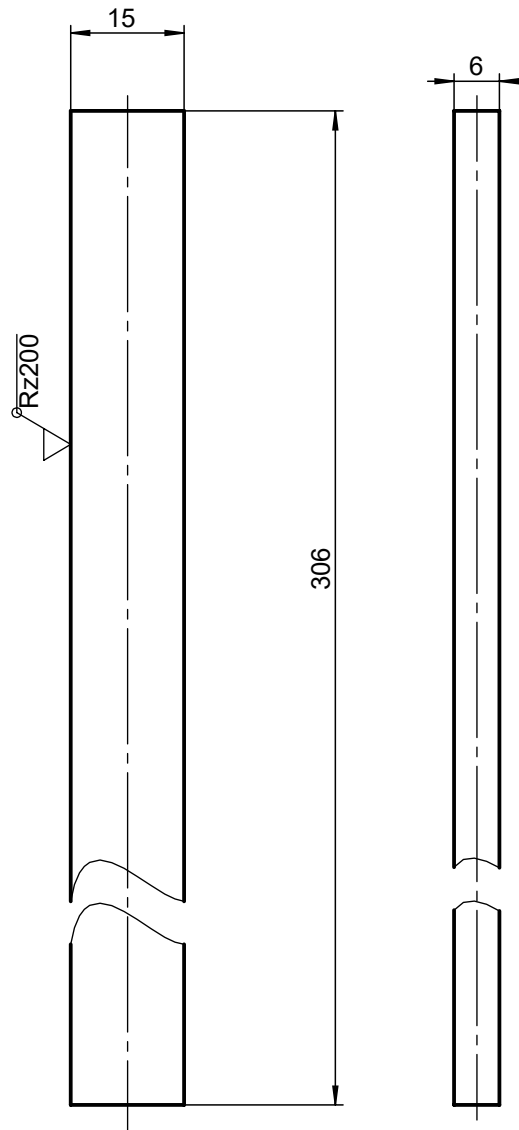
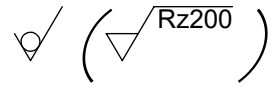
Broj naziva - code	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
	Projektirao	Matej Ivankov		
	Razradio			
	Crtao			
	Pregledao			
ISO - tolerancije	Objekt:		Objekt broj:	
			R. N. broj:	
	Napomena:			Kopija
	Materijal: S235	Masa: 0,04 kg		
Design by CADLab		Naziv:	Pozicija:	Format: A4
	Mjerilo originala	Poklopac	2	Listova: 1
	M2:1	Crtež broj: R-2022-15		List: 1



Design by CADLab

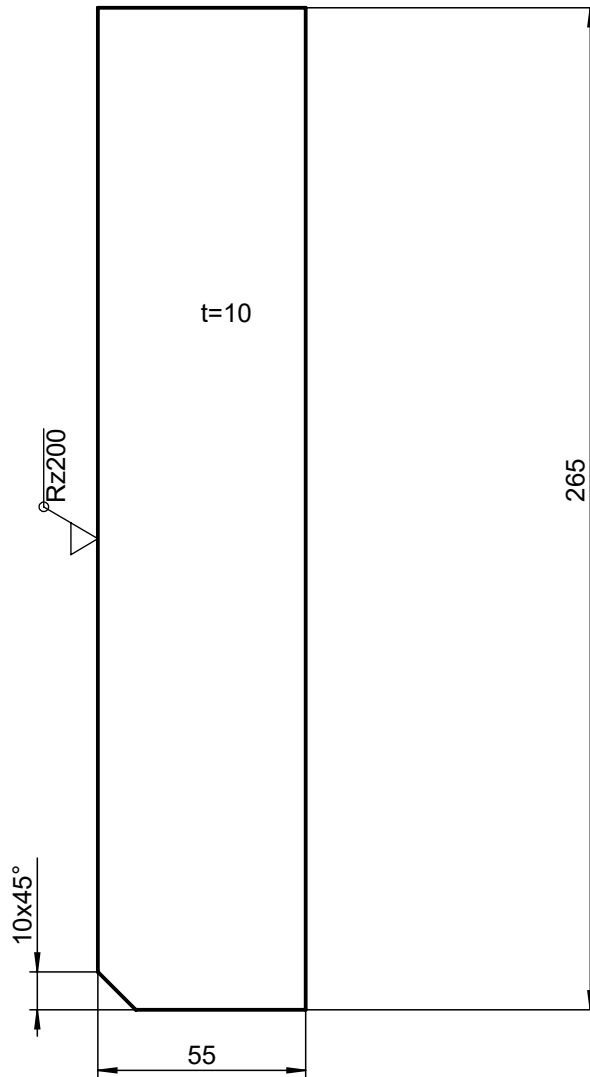
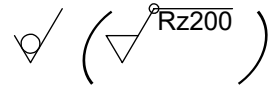
Broj naziva - code	Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	
	Razradio		Matej Ivankov		
	Crtao				
	Pregledao				
	Mentor				
ISO - tolerancije	Objekt:			Objekt broj:	
				R. N. broj:	
	Napomena:				Kopija
	Materijal: S235	Masa: 0,1 kg			
		Naziv:		Pozicija:	<div style="background-color: #cccccc; width: 20px; height: 20px; margin-bottom: 5px;"></div> Format: A3
	Mjerilo originala	Oklop		1	
	M1:1	Crtež broj: R-2022-14			List: 1



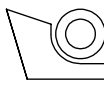
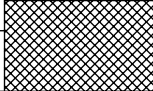



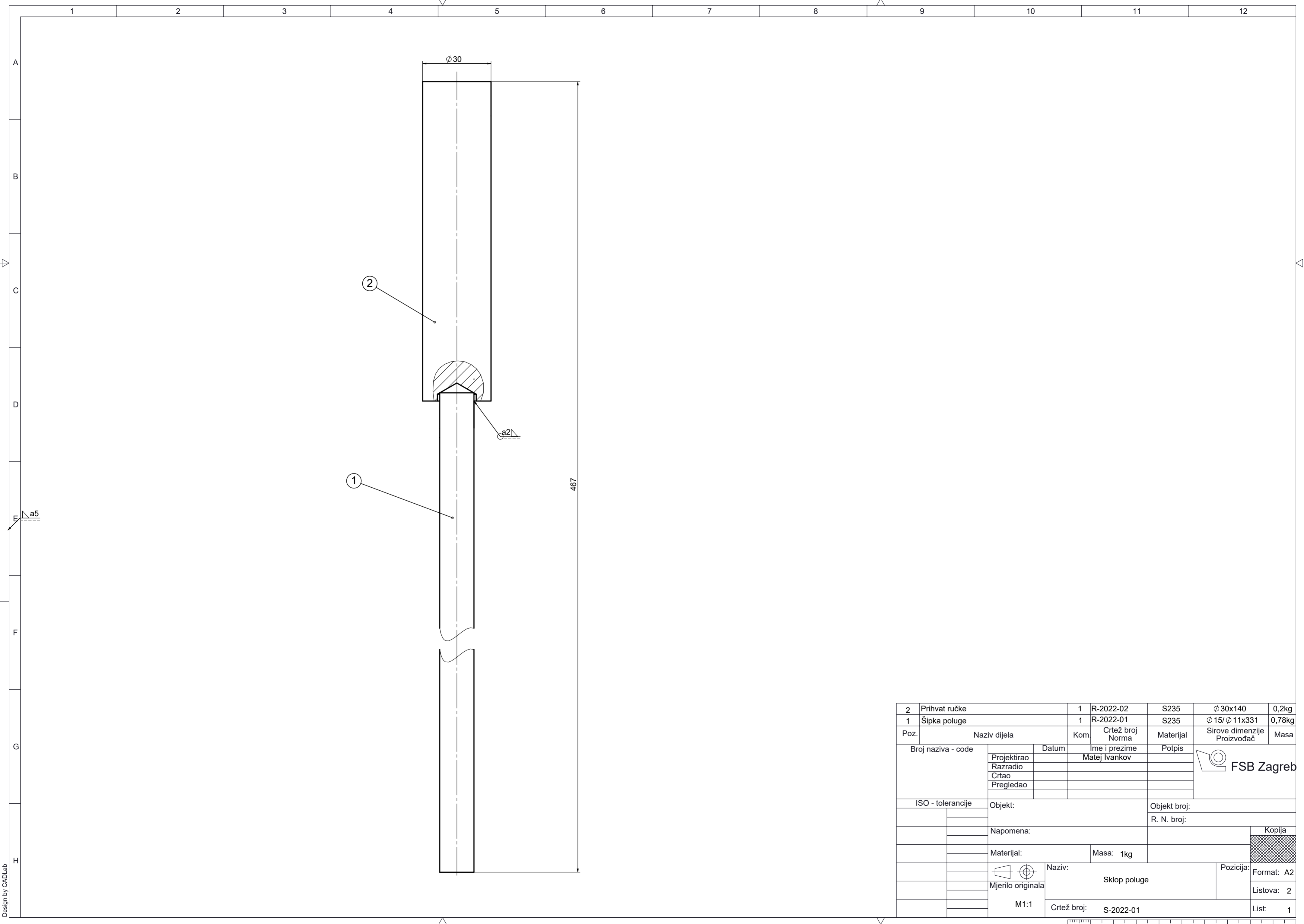
Napomena: Na svim oštrim rubovima napraviti skošenja 1x45°

Broj naziva - code	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
	Projektirao	Matej Ivankov		
	Razradio			
	Crtao			
	Pregledao			
ISO - tolerancije	Objekt:		Objekt broj:	
			R. N. broj:	
	Napomena:			Kopija
	Materijal: S235	Masa: 0,2 kg		
Design by CADLab		Naziv:	Pozicija:	Format: A4
	Mjerilo originala	Stup vodilice	4	Listova: 1
	M1:1	Crtež broj: R-2022-10		List: 1



Napomena: Na svim oštrim rubovima napraviti skošenja 1x45°

Broj naziva - code	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
	Projektirao	Matej Ivankov		
	Razradio			
	Crtao			
	Pregledao			
ISO - tolerancije	Objekt:		Objekt broj:	
			R. N. broj:	
	Napomena:			Kopija
	Materijal: S235	Masa: 1,1 kg		
Design by CADLab		Naziv:	Pozicija:	Format: A4
	Mjerilo originala	Ukrućenje	5	Listova: 1
	M1:2	Crtež broj: R-2022-07		List: 1



2	Prihvata ručke	1	R-2022-02	S235	Ø 30x140	0,2kg
1	Šipka poluge	1	R-2022-01	S235	Ø 15/ Ø 11x331	0,78kg
Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
Broj naziva - code	Datum	Ime i prezime	Potpis			
Projektirao		Matej Ivankov				
Razradio						
Crtao						
Pregledao						
ISO - tolerancije	Objekt:	Objekt broj:		R. N. broj:		
	Napomena:			Kopija		
	Materijal:	Masa: 1kg		Format: A2		
	Mjerilo originala	Naziv: Sklop poluge		Pozicija:	Listova: 2	
	M1:1	Crtež broj: S-2022-01			List: 1	

Design by CADLab

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

Rz25 (Rz12,5, Rz6,3)

A

B

C

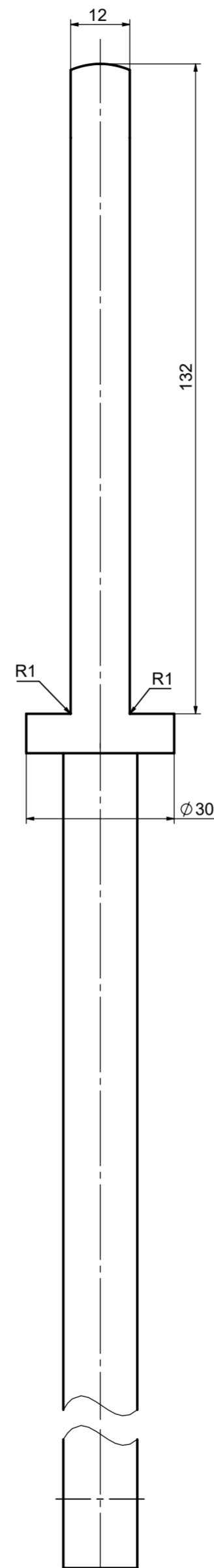
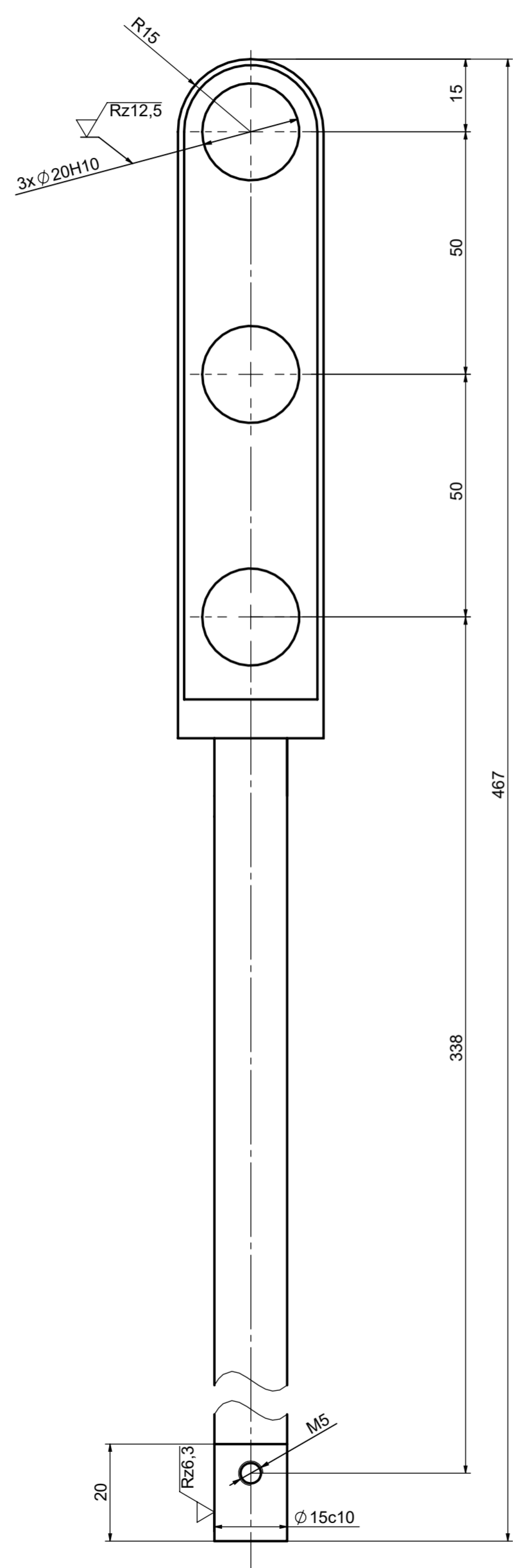
D

E

F

G

H

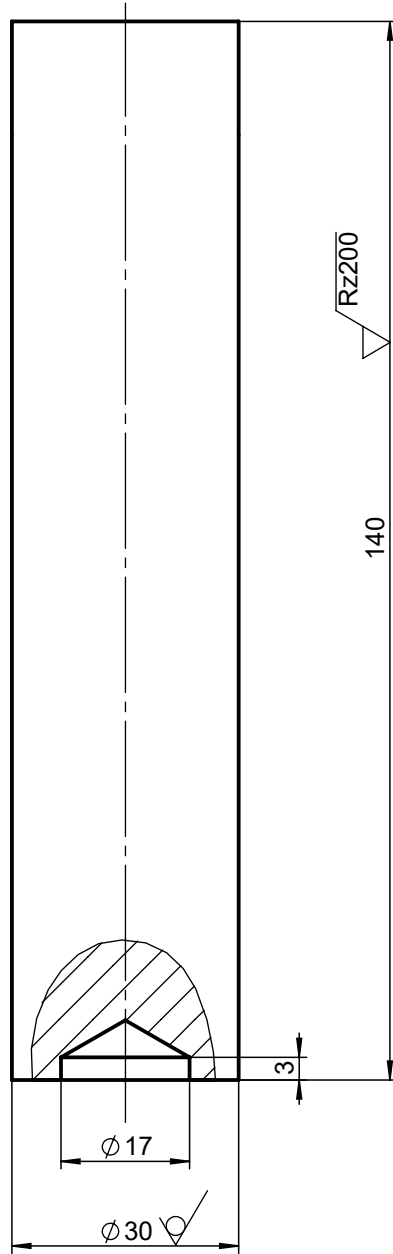


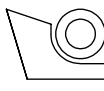


Napomena: Napraviti skošenja 1x45° na svim oštrim rubovima.

Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
	Broj naziva - code	Datum	Ime i prezime Matej Ivankov	Potpis		
	Projektirao					
	Razradio					
	Crtao					
	Pregledao					
	ISO - tolerancije	Objekt:		Objekt broj:		
	Ø 20H10 +0,084 0			R. N. broj:		
	Ø 15c10 -0,095 -0,165	Napomena:				Kopija
		Materijal:		Masa: 0,5 kg		
			Naziv:		Pozicija:	Format: A2
		Mjerilo originala	Sklop poluge		1	Listova: 2
		M1:1	Crtež broj: R-2022-21			List: 2

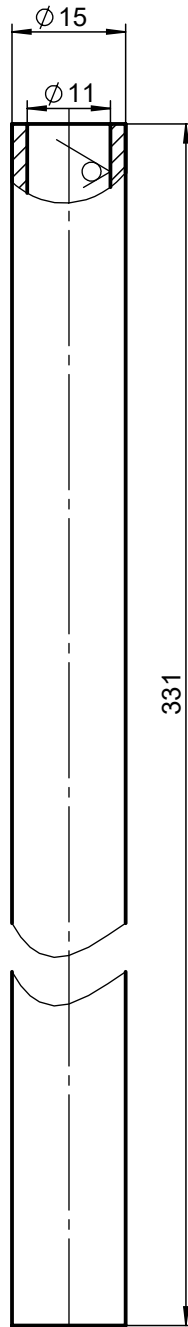
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

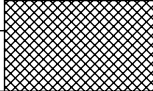
√Rz25 (√ , √Rz200)

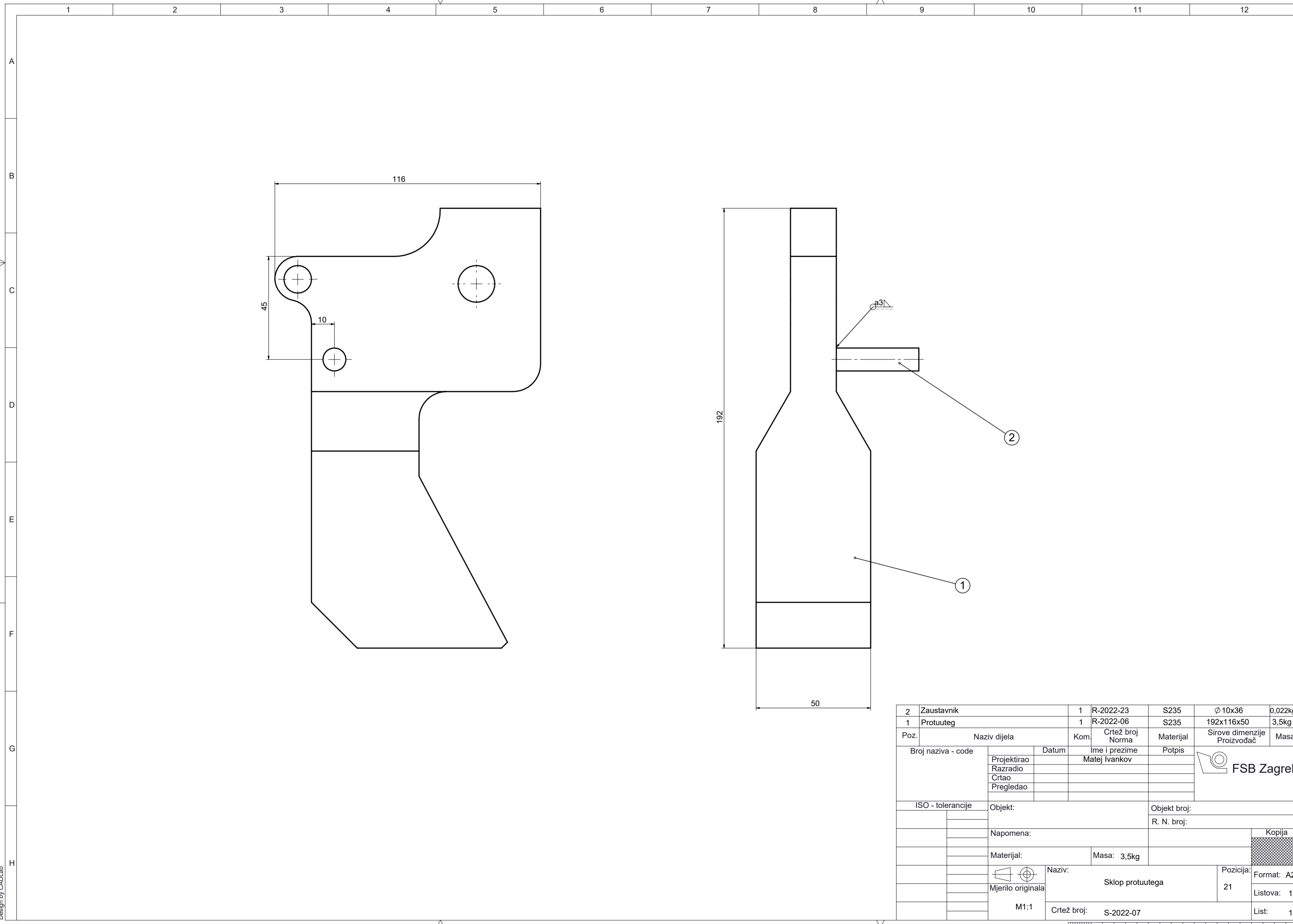


Broj naziva - code	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
	Projektirao	Matej Ivankov		
	Razradio			
	Crtao			
	Pregledao			
ISO - tolerancije	Objekt:		Objekt broj:	
			R. N. broj:	
	Napomena:			Kopija
	Materijal: S235		Masa: 0,78 kg	
Design by CADLab	 	Naziv:		Pozicija:
	Mjerilo originala	Prihvat ručke		2
	M1:1	Crtež broj: R-2022-01		Format: A4
				Listova: 1
				List: 1

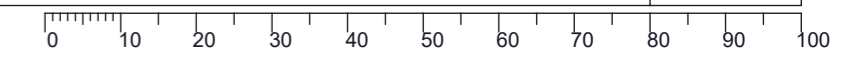
Rz200 (✓)



Broj naziva - code	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
	Projektirao	Matej Ivankov		
	Razradio			
	Crtao			
	Pregledao			
ISO - tolerancije	Objekt:		Objekt broj:	
			R. N. broj:	
	Napomena:			Kopija
	Materijal: S235	Masa: 0,2kg		
Design by CADLab	 	Naziv:		Pozicija:
	Mjerilo originala	Šipka poluge		1
	M1:1	Crtež broj: R-2022-02		Format: A4
				Listova: 1
				List: 1

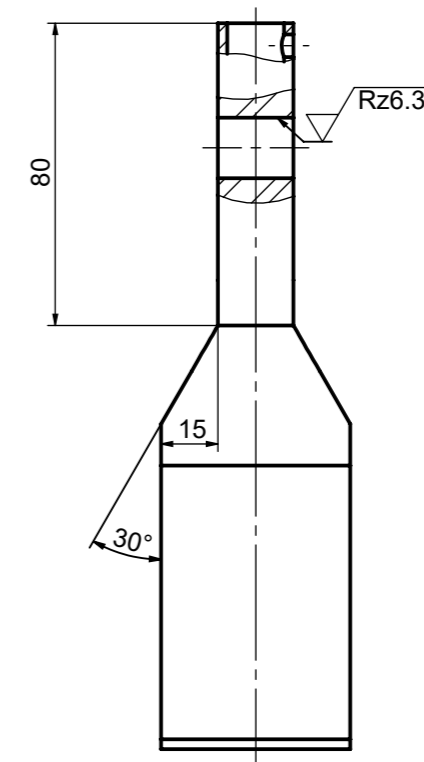
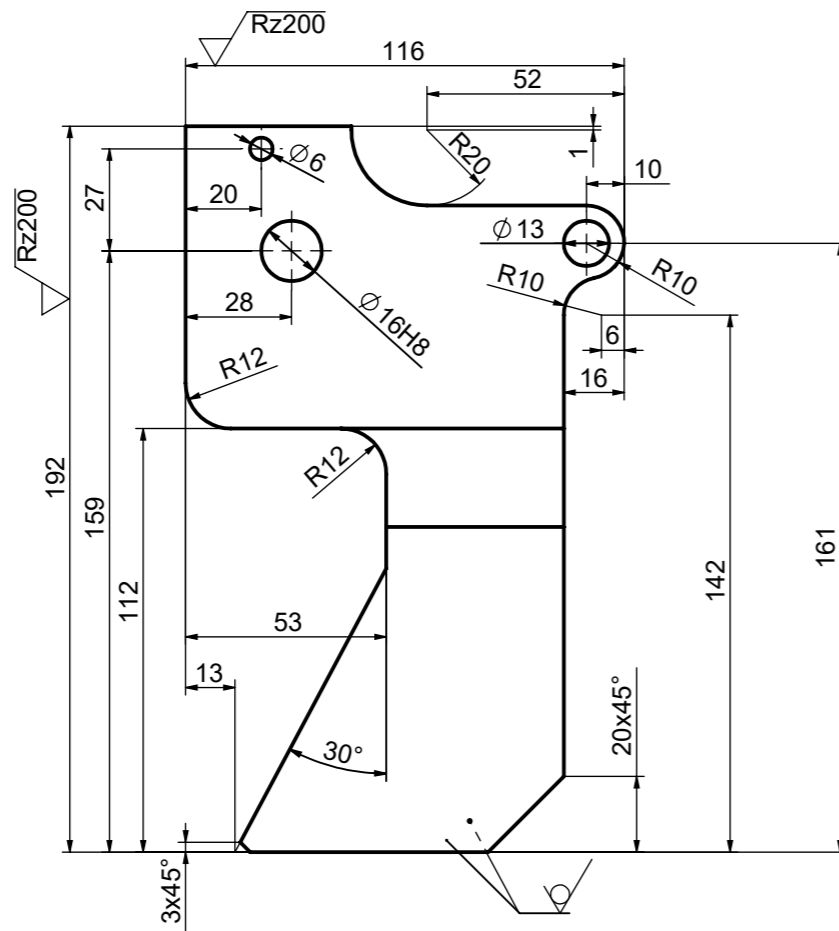


2	Zaustavnik	1	R-2022-23	S235	Ø 10x36	0,022kg
1	Protuuteg	1	R-2022-06	S235	192x116x50	3,5kg
Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis		
	Projektirao		Matej Ivankov			
	Razradio					
	Crtao					
	Pregledao					
ISO - tolerancije		Objekt:		Objekt broj:		
				R. N. broj:		
Napomena:						Kopija
Materijal:		Masa: 3,5kg				
Mjerilo originala		Naziv:			Pozicija:	Format: A2
M1:1		Sklop protuutega			21	Listova: 1
		Crtež broj: S-2022-07			List: 1	

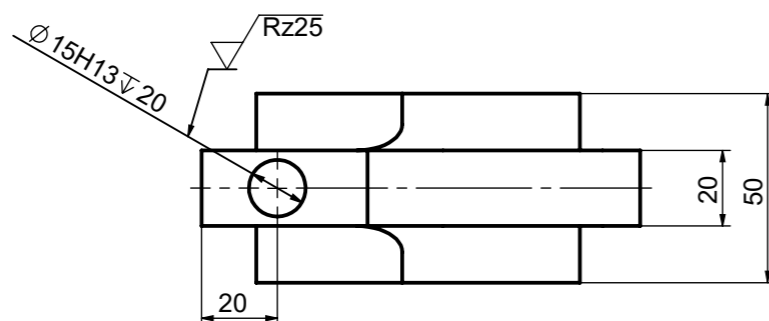


1 2 3 4 5 6 7 8

Rz50 (Rz6.3 , Rz200 , Rz25)



Napomena: Na svim oštrim rubovima napraviti skošenja 1x45°.

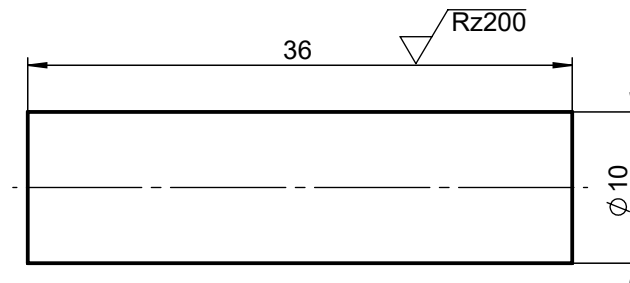
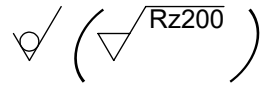


Broj naziva - code	Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	
	Razradio		Matej Ivankov		
	Crtao				
	Pregledao				
	Mentor				
ISO - tolerancije		Objekt:		Objekt broj:	
$\phi 16H8$	+0,027 0			R. N. broj:	
$\phi 15H13$	+0,270 0	Napomena:			
		Materijal: S235	Masa: 3,5 kg		
			Naziv:	Pozicija:	Kopija
		Mjerilo originala	Protuuteg	1	
		M1:2	Crtež broj: R-2022-06	List: 1	

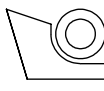
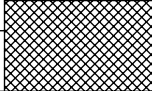


Design by CADLab

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

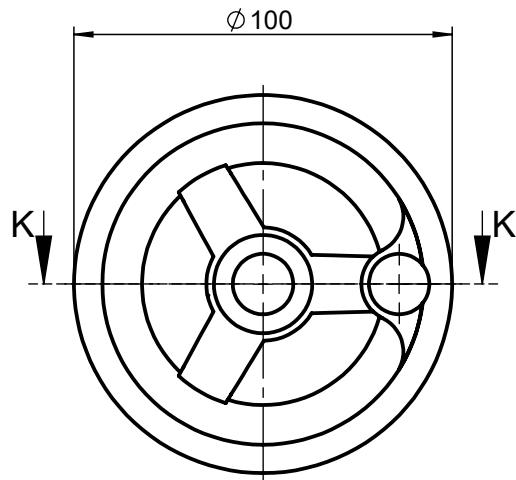
Rz50



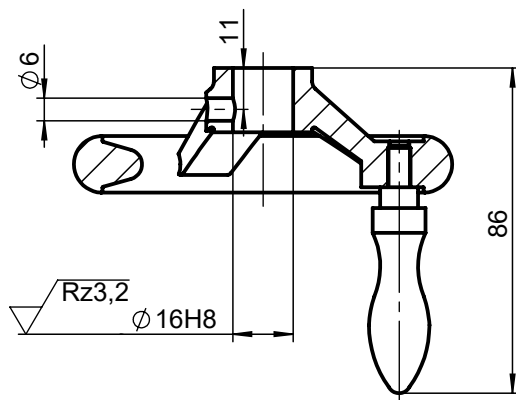
Napomena: Na svim oštrim rubovima napraviti skošenja 1x45°

Broj naziva - code	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
	Projektirao	Matej Ivankov		
	Razradio			
	Crtao			
	Pregledao			
ISO - tolerancije	Objekt:		Objekt broj:	
			R. N. broj:	
	Napomena:			Kopija
	Materijal: S235	Masa: 0,022 kg		
Design by CADLab	 	Naziv:	Pozicija:	Format: A4
	Mjerilo originala	Zaustavnik	2	Listova: 1
	M2:1	Crtež broj: R-2022-24		List: 1


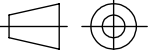
√ Rz25 (√ Rz3,2)



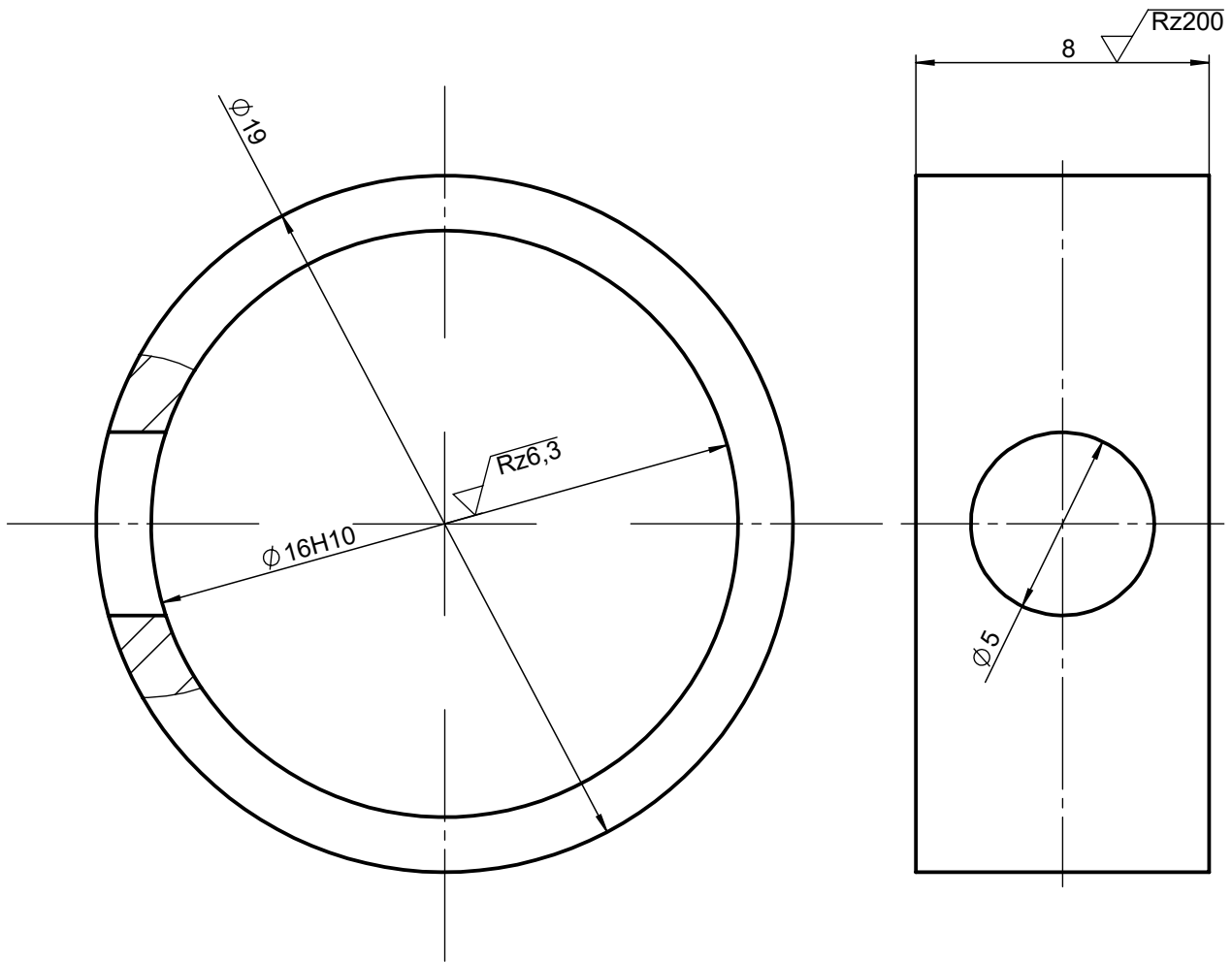
K-K (1 : 2)



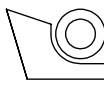
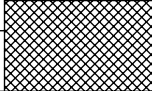


Napomena: Nabaviti od proizvođača *norelem* (broj za narudžbu:06273-4100X10)

Broj naziva - code	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb		
	Projektirao	Matej Ivankov				
	Razradio					
	Crtao					
Pregledao						
ISO - tolerancije	Objekt:		Objekt broj:			
$\phi 16H8$ <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td>+0,027</td></tr> <tr><td>0</td></tr> </table>	+0,027	0			R. N. broj:	
+0,027						
0						
	Napomena:			Kopija		
	Materijal:		Masa: 0,5 kg			
	 Mjerilo originala	Naziv:		Pozicija:		
		Kolo		23		
	M1:2	Crtež broj: R-2022-18		Format: A4		
				Listova: 1		
				List: 1		

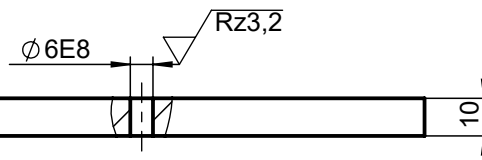
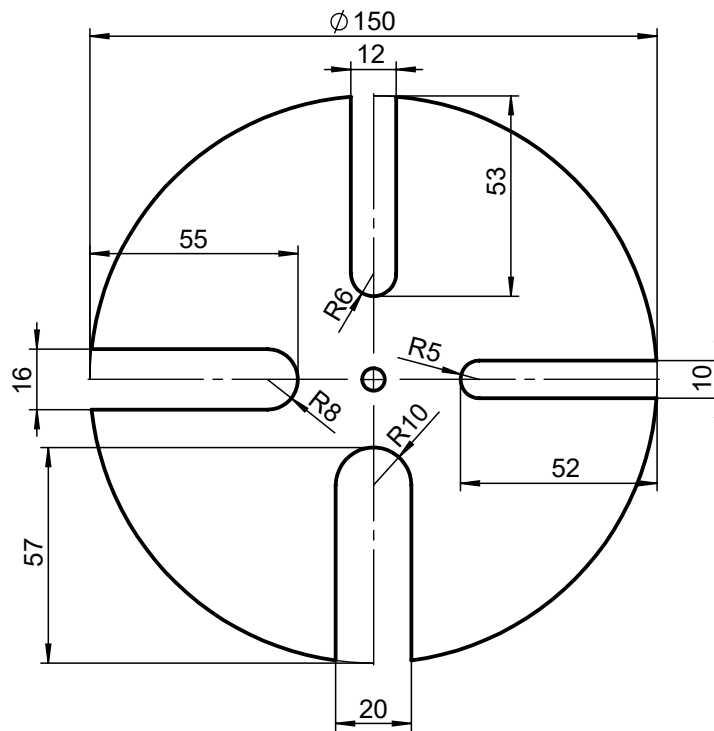
√Rz50 (√Rz6,3 , √Rz200)




Napomena: Na svim oštrim rubovima napraviti skošenja 1x45°

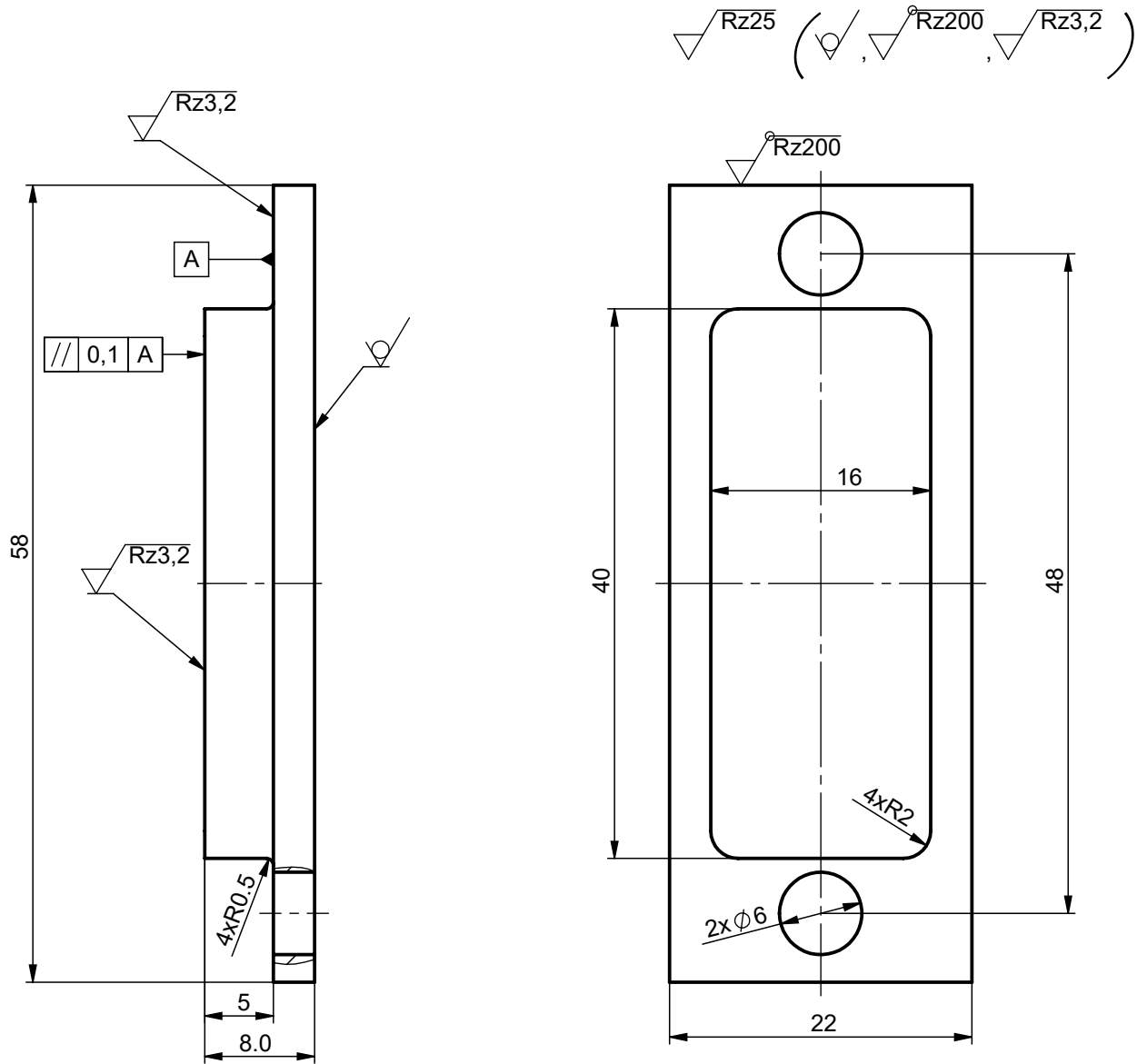
Broj naziva - code	Datum		Ime i prezime		Potpis	 FSB Zagreb
	Projektirao		Matej Ivankov			
	Razradio					
	Crtao					
	Pregledao					
ISO - tolerancije		Objekt:			Objekt broj:	
Ø16H10	+0,070 0				R. N. broj:	
		Napomena:				
		Materijal: S235		Masa: 0,005 kg		
Design by CADLab	 		Naziv:			Pozicija:
	Mjerilo originala		Prsten			33
	M5:1		Crtež broj: R-2022-23			Format: A4 Listova: 1 List: 1

√ Rz25 (√ Rz3,2)

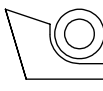
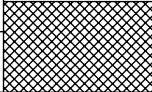



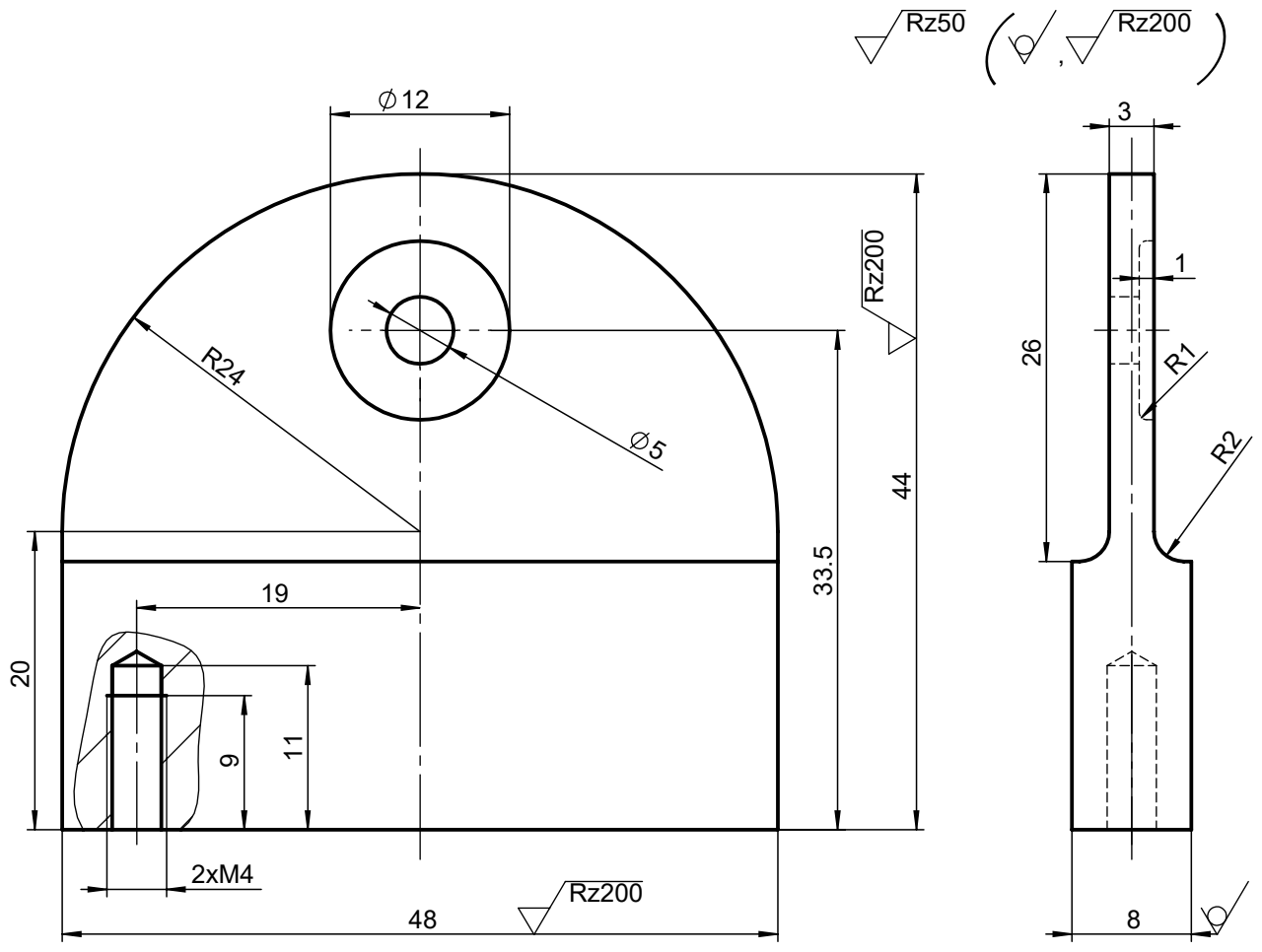
Napomena: Nabaviti od proizvođača *norelem* (broj za narudžbu:06273-2100X10)

Broj naziva - code	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
	Projektirao	Matej Ivankov		
	Razradio			
	Crtao			
Pregledao				
ISO - tolerancije	Objekt:		Objekt broj:	
∅6E8	+0,038		R. N. broj:	
	+0,020			
	Napomena:			Kopija
	Materijal: S235		Masa: 1,1 kg	
	 	Naziv:		Pozicija:
	Mjerilo originala	Radno postolje		4
	M1:2	Crtež broj: R-2022-22		Format: A4
				Listova: 1
				List: 1

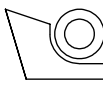
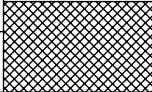
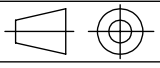


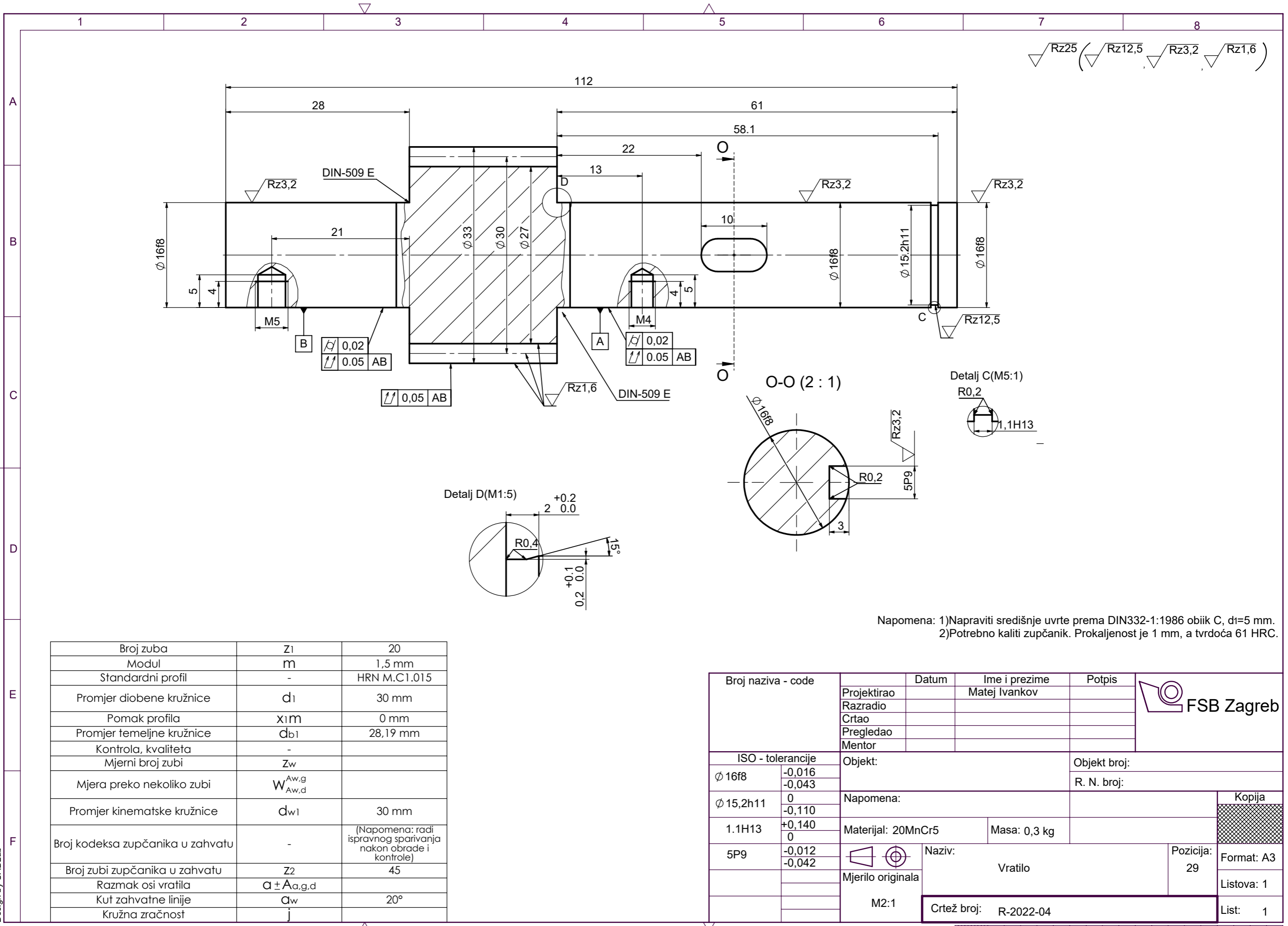
- Napomena: 1) Na svim oštrim rubovima napraviti skošenja 1x45°.
2) Provrte bušiti u sklopu.

Broj naziva - code	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
	Projektirao	Matej Ivankov		
	Razradio			
	Crtao			
	Pregledao			
ISO - tolerancije	Objekt:		Objekt broj:	
			R. N. broj:	
	Napomena:			Kopija
	Materijal: S235	Masa: 0,05 kg		
Design by CADLab		Naziv:	Pozicija:	Format: A4
	Mjerilo originala	Tlačna pločica	25	Listova: 1
	M2:1	Crtež broj: R-2022-08		List: 1



Napomena: Na svim oštrim rubovima napraviti skošenja 1x45°

Broj naziva - code	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
	Projektirao	Matej Ivankov		
	Razradio			
	Crtao			
	Pregledao			
ISO - tolerancije	Objekt:		Objekt broj:	
			R. N. broj:	
	Napomena:			Kopija
	Materijal: S235			
	Masa: 0,08			
Design by CADLab		Naziv:		Pozicija:
	Mjerilo originala	Nosač cilindra		31
	M2:1	Crtež broj: R-2022-05		Format: A4
				Listova: 1
				List: 1



Rz25 (Rz12,5 Rz3,2 Rz1,6)

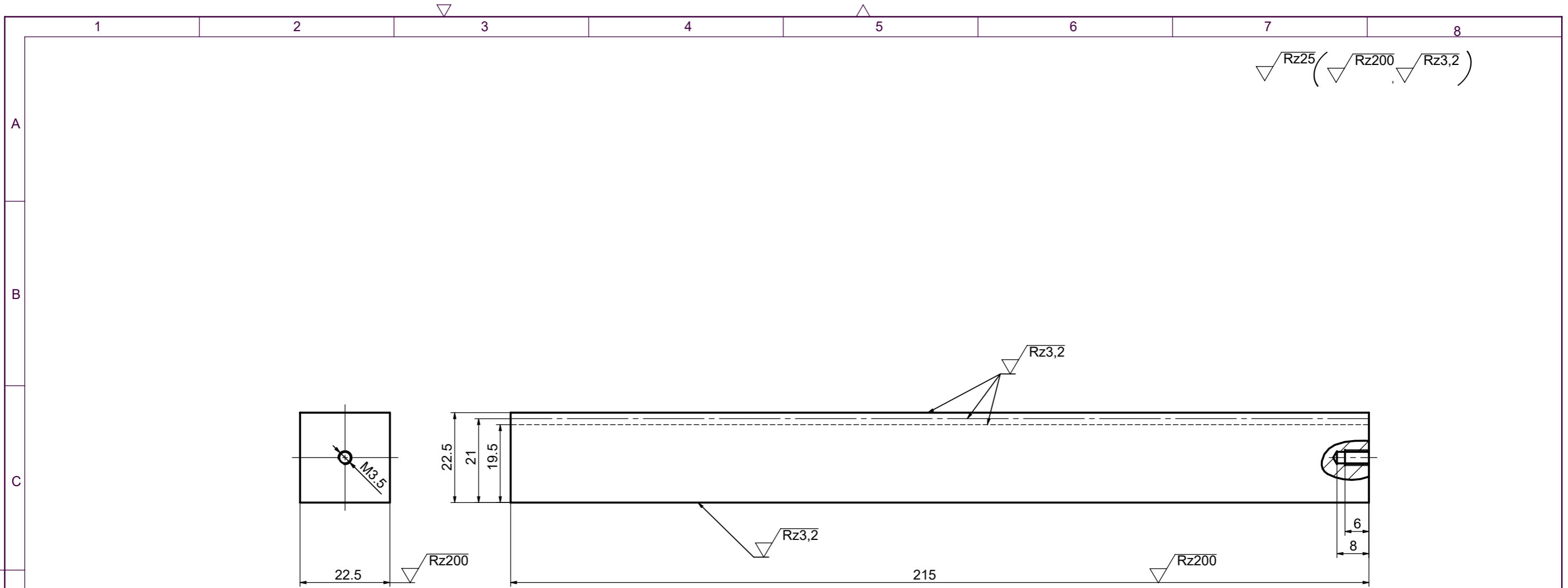
Napomena: 1) Napraviti središnje uvrte prema DIN332-1:1986 oblik C, d1=5 mm.
2) Potrebno kaliti zupčanik. Prokaljenost je 1 mm, a tvrdoća 61 HRC.

Broj zuba	Z1	20
Modul	m	1,5 mm
Standardni profil	-	HRN M.C1.015
Promjer diobene kružnice	d1	30 mm
Pomak profila	x1m	0 mm
Promjer temeljne kružnice	db1	28,19 mm
Kontrola, kvaliteta	-	
Mjerni broj zubi	Zw	
Mjera preko nekoliko zubi	W ^{Aw,g} Aw,d	
Promjer kinematske kružnice	dwl	30 mm
Broj kodeksa zupčanika u zahvatu	-	(Napomena: radi ispravnog sparivanja nakon obrade i kontrole)
Broj zubi zupčanika u zahvatu	Z2	45
Razmak osi vratila	a ± Aa,g,d	
Kut zahvatne linije	αw	20°
Kružna zračnost	j	

Broj naziva - code	Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	
	Razradio		Matej Ivankov		
	Crtao				
	Pregledao				
	Mentor				
ISO - tolerancije		Objekt:		Objekt broj:	
∅ 16f8	-0,016 -0,043			R. N. broj:	
∅ 15,2h11	0 -0,110	Napomena:			
1.1H13	+0,140 0	Materijal: 20MnCr5	Masa: 0,3 kg		
5P9	-0,012 -0,042	Naziv: Vratilo			
		Mjerilo originala			Format: A3
		M2:1	Crtež broj: R-2022-04		Listova: 1
					List: 1



Design by CADLab



Napomena: Kaliti. Prokaljenost je 1mm, a tvrdoća treba biti 61HRC.

Broj zuba	Z2	45
Modul	m	1,5 mm
Standardni profil	-	HRN M.C1.015
Pomak profila	X2M	0 mm
Kontrola, kvaliteta	-	
Mjerni broj zubi	Zw	
Mjera preko nekoliko zubi	$W_{Aw,g}^{Aw,d}$	
Broj kodeksa zupčanika u zahvatu	-	(Napomena: radi ispravnog sparivanja nakon obrade i kontrole)
Broj zubi zupčanika u zahvatu	Z1	20
Razmak osi	$a \pm A_{a,g,d}$	
Kut zahvatne linije	α_w	20°

Broj naziva - code	Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	
	Razradio		Matej Ivankov		
	Crtao				
	Pregledao				
	Mentor				
ISO - tolerancije	Objekt:			Objekt broj:	
				R. N. broj:	
	Napomena:				Kopija
	Materijal: 20MnCr5	Masa: 0,85 kg			
		Naziv:		Pozicija:	
	Mjerilo originala	Zubna letva		26	
	M1:1	Crtež broj: R-2022-03			List: 1