

# Konstrukcija prednjeg utovarivača za traktore snage od 30 do 50 kw

---

Presečan, Ivan

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

*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:235:142266>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-12-02**

*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# ZAVRŠNI RAD

**Ivan Presečan**

Zagreb, 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Dr. sc. Rudolf Tomić, dipl. ing.

Student:

Ivan Presečan

Zagreb, 2024.

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

Zahvaljujem se mentoru, dr. sc. Rudolfu Tomiću, na svom trudu, izdvojenom vremenu i savjetima te suradnji prilikom pisanja ovoga rada.

Zahvaljujem se svim svojim prijateljima i prijateljicama koji su mi bili potpora tijekom studiranja.

Posebne zahvale idu mojoj obitelji i rodbini od kojih sam imao veliku podršku te što su bili tu za mene tijekom teških perioda tokom studiranja.

Ivan Presečan



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 / 24 – 06 / 1	
Ur.broj: 15 – 24 –	

## ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Ivan Presečan** JMBAG: **0035226533**

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Konstrukcija prednjeg utovarivača za traktore snage od 30 do 50 kW**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Design of a front loader for tractors of a power rating from 30 to 50 kW**

Opis zadatka:

U radu je potrebno konstruirati prednji utovarivač za traktore raspona snage od 30 do 50 kW. Dimenzije i nosivost prednjeg utovarivača u najvećoj mjeri su ograničene dimenzijama i masom kategorije traktora za koju je namijenjen. Za predmetnu kategoriju traktora granično opterećenje utovarivača je 2600 daN, a visina istovara mora biti veća od 2400 mm.

U sklopu rada potrebno je:

- utvrditi zahtjeve i rubne uvjete koji uvjetuju dimenzije, materijal i tehnologiju izrade utovarivača,
- predložiti nekoliko koncepata utovarivača koji podrazumijevaju izvedbe kinematike mehanizma za okretanje radnog alata utovarivača i način ugradnje utovarivača na traktor,
- utvrditi kriterije za vrednovanje koncepata te odabrati najpogodniji koncept utovarivača,
- konstrukcijski razraditi odabrani koncept, a konstrukcijsku razradu popratiti skicama, proračunima i odgovarajućim analizama,
- izraditi potrebnu tehničku dokumentaciju prema dogovoru s mentorom.

Pri izradi rada treba se pridržavati uobičajenih pravila za izradu završnog rada. U radu navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

30. 11. 2023.

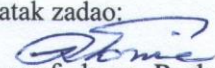
Datum predaje rada:

1. rok: 22. i 23. 2. 2024.  
2. rok (izvanredni): 11. 7. 2024.  
3. rok: 19. i 20. 9. 2024.

Predviđeni datumi obrane:

1. rok: 26. 2. – 1. 3. 2024.  
2. rok (izvanredni): 15. 7. 2024.  
3. rok: 23. 9. – 27. 9. 2024.

Zadatak zadao:

  
Izv. prof. dr. sc. Rudolf Tomić

Predsjednik Povjerenstva:

  
Prof. dr. sc. Vladimir Soldo

## SADRŽAJ

SADRŽAJ.....	I
POPIS SLIKA .....	IV
POPIS TABLICA.....	VII
POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE .....	VIII
POPIS OZNAKA .....	IX
SAŽETAK.....	XI
SUMMARY .....	XII
1. UVOD .....	1
2. TEHNIČKA ISPRAVNOST TRAKTORSKOG UTOVARIVAČA.....	2
2.1. Upute za upotrebu .....	3
3. SADAŠNJA KONSTRUKCIJSKA RJEŠENJA NA TRŽIŠTU .....	4
3.1. Stoll .....	4
3.2. Quicke .....	6
3.3. Strojometal Faić .....	8
4. KONCIPIRANJE PROIZVODA .....	10
4.1. Lista zahtjeva.....	10
4.2. Funkcijska struktura .....	12
4.3. Morfološka matrica .....	12
4.4. Dodatno pojašnjenje određenih parcijalnih rješenja .....	14
4.4.1. Konstrukcija prihvata polužnog mehanizma na nosač .....	15
4.4.2. Konstrukcija nosača polužnog mehanizma .....	17
4.4.3. Vrsta potporne noge .....	18
4.4.4. Konstrukcija mehanizma okretanja radnog alata .....	20
4.5. Vrednovanje i odabir koncepta .....	21
5. KARAKTERISTIKE TRAKTORA.....	23
5.1. Ugradnja prednjeg traktorskog utovarivača .....	23

5.2.	Tehnički podaci Torpeda TD 4506 .....	24
6.	KONSTRUKCIJSKA RAZRADA .....	27
6.1.	Rubni uvjeti .....	27
6.2.	Nosač polužnog mehanizma.....	27
6.2.1.	Glavni nosač .....	28
6.2.2.	Način povezivanja glavnih nosača .....	29
6.2.3.	Sporedni nosač .....	31
6.2.4.	Držač zaštitnog lima.....	32
6.2.5.	Zaštitni lim .....	34
6.3.	Polužni mehanizam .....	35
6.3.1.	Izbor hidrauličkih cilindara .....	35
6.3.2.	Konstrukcija ruke polužnog mehanizma.....	41
6.3.3.	Konstrukcija prihvata polužnog mehanizma na nosač.....	43
6.3.4.	Konstrukcija prihvata radnog alata .....	44
6.3.5.	Konstrukcija potporne noge .....	45
6.3.6.	Mehanizam za okretanje radnog alata .....	47
6.3.7.	Veza dijelova polužnog mehanizma sa svornjakom .....	48
6.3.8.	Prikaz polužnog mehanizma .....	49
7.	PRORAČUN NESTANDARDNIH DIJELOVA.....	50
7.1.	Opterećenje ruke polužnog mehanizma .....	50
7.2.	Proračun nosivog elementa .....	53
7.3.	Proračun svornjaka između ruke polužnog mehanizma i konstrukcije prihvata polužnog mehanizma na nosač.....	54
7.4.	Proračun svornjaka između ruke polužnog mehanizma i konstrukcije prihvata radnog alata .....	55
8.	KARAKTERISTIKE UTOVARIVAČA IP 2600.....	57
9.	ZAKLJUČAK .....	59
	LITERATURA .....	60

PRILOZI..... 61



## POPIS SLIKA

Slika 1.	Kategorizacija traktora [3].....	2
Slika 2.	Stoll utovarivači [4].....	4
Slika 3.	Oznake dimenzija utovarivača Stoll CompactLine FC 550 P [4] .....	6
Slika 4.	Prvi prednji traktorski utovarivač [5] .....	6
Slika 5.	Quicke utovarivači [5].....	7
Slika 6.	Strojometal Faić utovarivači [6].....	9
Slika 7.	Funkcijska struktura .....	12
Slika 8.	Euro kopčanje polužnog mehanizma .....	15
Slika 9.	Direktni prihvat cilindra i "ruke" polužnog mehanizma na nosač .....	16
Slika 10.	Polužni mehanizam povezan rastavljivom vezom s nosačem.....	16
Slika 11.	Prihvat nosača s pojačanjem pomoću kvadratnog profila kroz traktor .....	17
Slika 12.	Prihvat nosača s pojačanjem na donjoj strani podvozja traktora .....	18
Slika 13.	Prihvat nosača bez dodatnih pojačanja.....	18
Slika 14.	Rastavljajuća potporna noga .....	19
Slika 15.	Potporna noga pričvršćena na polužni mehanizam .....	19
Slika 16.	Mehanizam okretanja radnog alata s posrednim djelovanjem hidrauličkog cilindra na nosač radnog alata .....	20
Slika 17.	Mehanizam okretanja radnog alata s izravnim djelovanjem hidrauličkog cilindra na nosač radnog alata .....	21
Slika 18.	Torpedo TD 4506.....	23
Slika 19.	Prikaz uvrta za ugradnju prednjeg traktorskog utovarivača na traktor (dio ispod zaštitnog poklopca motora).....	23
Slika 20.	Prikaz uvrta za ugradnju prednjeg traktorskog utovarivača na traktor (prednja strana traktora).....	24
Slika 21.	Prikaz uvrta za ugradnju prednjeg traktorskog utovarivača na traktor (središnji dio traktora).....	24
Slika 22.	Prikaz uvrta za ugradnju prednjeg traktorskog utovarivača na traktor (bočna strana traktora).....	24
Slika 23.	Nosač polužnog mehanizma.....	28
Slika 24.	Glavni nosač .....	29
Slika 25.	Veza glavnog nosača i traktora .....	29
Slika 26.	Kvadratni profil .....	30

Slika 27.	Veza kvadratnog profila i traktora .....	30
Slika 28.	Veza kvadratnog profila i glavnog nosača .....	31
Slika 29.	Sporedni nosač .....	31
Slika 30.	Veza sporednog nosača i traktora.....	32
Slika 31.	Veza sporednog nosača i glavnog nosača .....	32
Slika 32.	Držač zaštitnog lima.....	33
Slika 33.	Veza držača zaštitnog lima i traktora .....	33
Slika 34.	Veza držača i zaštitnog lima.....	34
Slika 35.	Zaštitni lim .....	34
Slika 36.	Početni model polužnog mehanizma.....	35
Slika 37.	Maksimalni kut otkolona radnog alata na zemlji (prije odabranih hidrauličkih cilindara).....	36
Slika 38.	Maksimalna dubina ispod zemlje (prije odabranih hidrauličkih cilindara).....	36
Slika 39.	Maksimalni kut otklona radnog alata na najvišoj visini (prije odabranih hidrauličkih cilindara) .....	37
Slika 40.	Konačni model polužnog mehanizma .....	39
Slika 41.	Maksimalna dubina ispod zemlje (nakon odabranih hidrauličkih cilindara) .....	39
Slika 42.	Maksimalni kut otkolona radnog alata na zemlji (nakon odabranih hidrauličkih cilindara).....	40
Slika 43.	Maksimalni kut otklona radnog alata na najvišoj visini i maksimalna visina podizanja tereta (nakon odabranih hidrauličkih cilindara).....	40
Slika 44.	Ruka polužnog mehanizma .....	41
Slika 45.	SKF PBM 5060100 M1G1 .....	41
Slika 46.	SKF PBM 455580 M1G1 .....	42
Slika 47.	Zavareni dio prihvata nosača radnog alata .....	43
Slika 48.	Spoj ruku polužnog mehanizma .....	43
Slika 49.	Prihvat polužnog mehanizma na nosač .....	44
Slika 50.	Dimenzije euro kopčanja.....	44
Slika 51.	Prihvat radnog alata.....	45
Slika 52.	Mehanizam za osiguranje od neispadanja .....	45
Slika 53.	Potporna noga.....	46
Slika 54.	Uvučene potporne noge.....	46
Slika 55.	Mehanizam za okretanje radnog alata .....	47
Slika 56.	Poluga 1 .....	47

Slika 57.	Prikaz svornjaka pozicija 1 .....	48
Slika 58.	Prikaz svornjaka pozicija 2 .....	48
Slika 59.	Polužni mehanizam pozicija 1 .....	49
Slika 60.	Polužni mehanizam pozicija 2.....	49
Slika 61.	Prikaz dimenzija grede na modelu .....	50
Slika 62.	Prikaz ruke polužnog mehanizma kao grede na dva oslonca.....	52
Slika 63.	Dijagram poprečnih sila .....	52
Slika 64.	Dijagram momenata savijanja.....	52
Slika 65.	RHS 200x80x8 [13] .....	53
Slika 66.	Prikaz svornjaka između ruke polužnog mehanizma i konstrukcije prihvata polužnog mehanizma na nosač.....	54
Slika 67.	Prikaz svornjaka između ruke polužnog mehanizma i konstrukcije prihvata radnog alata.....	56
Slika 68.	Sklop traktora i utovarivača kod maksimalnog povratnog kuta zakreta na zemlji.....	57
Slika 69.	Sklop traktora i utovarivača kod maksimalnog kuta zakreta na maksimalnoj visini.....	58

**POPIS TABLICA**

Tablica 1.	Karakteristike utovarivača Stoll CompactLine FC 550 P [4] .....	5
Tablica 2.	Karakteristike utovarivača Quicke X2 [5] .....	8
Tablica 3.	Karakteristike utovarivača Strojometal Faić TUS 2 [6].....	9
Tablica 4.	Lista zahtjeva.....	10
Tablica 5.	Morfološka matrica .....	13
Tablica 6.	Vrednovanje koncepata .....	21
Tablica 7.	Tehnički podaci Torpedo TD 4506 .....	25
Tablica 8.	Rubni uvjeti .....	27
Tablica 9.	Hidraulički cilindar Rosi Teh Hole 70/40-550 [10] .....	38
Tablica 10.	Hidraulički cilindar Rosi Teh Hole 45/25-700 [10] .....	38
Tablica 11.	Mehanička svojstva čelika S355J2H.....	50
Tablica 12.	Tehničke karakteristike profila RHS 200x80x8 [9] .....	54
Tablica 13.	Dopuštene vrijednosti za materijal svornjaka Č 0545.....	55
Tablica 14.	Karakteristike utovarivača.....	57

## **POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE**

- IP-24-00-00 Sklop traktora i utovarivača
- IP-24-01-00 Sklop utovarivača IP 2600
- IP-24-01-01 Sklop ruku polužnog mehanizma

## POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
$A_{RHS}$	mm <sup>2</sup>	Površina poprečnog presjeka profila RHS 200x80x8
$A_{s1}$	mm <sup>2</sup>	Površina poprečnog presjeka svornjaka između ruke polužnog mehanizma i konstrukcije prihvata polužnog mehanizma na nosač
$A_{s2}$	mm <sup>2</sup>	Površina poprečnog presjeka svornjaka između ruke polužnog mehanizma i konstrukcije prihvata radnog alata
$a_{s1}$	mm	Širina lima konstrukcije prihvata polužnog mehanizma na nosač u spoju sa svornjakom
$a_{s2}$	mm	Širina lima konstrukcije prihvata radnog alata u spoju sa svornjakom
$b_{s1}$	mm	Dužina ležaja konstrukcije na mjestu prihvata polužnog mehanizma na nosač
$b_{s2}$	mm	Dužina ležaja na mjestu konstrukcije prihvata radnog alata
$d_{s1}$	mm	Promjer svornjaka između ruke polužnog mehanizma i konstrukcije prihvata polužnog mehanizma na nosač
$d_{s2}$	mm	Promjer svornjaka između ruke polužnog mehanizma i konstrukcije prihvata radnog alata
$E$	MPa	Modul elastičnosti
$F_{opt}$	N	Opterećenje utovarivača
$F_A$	N	Sila cilindra za dizanje ruke polužnog mehanizma
$F_{vA}$	N	Vertikalna sila na mjestu prihvata hidrauličkog cilindra za dizanje ruke polužnog mehanizma
$F_{hA}$	N	Horizontalna sila na mjestu prihvata hidrauličkog cilindra za dizanje ruke polužnog mehanizma
$F_{vB}$	N	Vertikalna sila na mjestu između ruke polužnog mehanizma i konstrukcije prihvata polužnog mehanizma na nosač
$F_{hB}$	N	Horizontalna sila na mjestu između ruke polužnog mehanizma i konstrukcije prihvata polužnog mehanizma na nosač
$G$	kg/m	Masa po metru dužine profila RHS 200x80x8
$l_1$	m	Horizontalna udaljenost između sile opterećenja utovarivača i vertikalne sila na mjestu prihvata hidrauličkog cilindra za dizanje ruke polužnog mehanizma
$l_2$	m	Horizontalna udaljenost između sile opterećenja utovarivača i vertikalne sila na mjestu između ruke polužnog mehanizma i konstrukcije prihvata polužnog mehanizma na nosač
$M_B$	Nm	Moment savijanja na mjestu prihvata hidrauličkog cilindra za dizanje ruke polužnog mehanizma
$p_{dop}$	N/mm <sup>2</sup>	Dopušteni tlak za materijal svornjaka Č 0545 i jednosmjerno promjenjivo opterećenje
$p_{u1}$	N/mm <sup>2</sup>	Unutarnji tlak svornjaka između ruke polužnog mehanizma i konstrukcije prihvata polužnog mehanizma na nosač

$p_{v1}$	N/mm <sup>2</sup>	Vanjski tlak svornjaka između ruke polužnog mehanizma i konstrukcije prihvata polužnog mehanizma na nosač
$p_{u2}$	N/mm <sup>2</sup>	Unutarnji tlak svornjaka na mjestu između ruke polužnog mehanizma i konstrukcije prihvata radnog alata
$p_{v2}$	N/mm <sup>2</sup>	Vanjski tlak svornjaka na mjestu između ruke polužnog mehanizma i konstrukcije prihvata radnog alata
$r_{s1}$	mm	Promjer svornjaka između ruke polužnog mehanizma i konstrukcije prihvata polužnog mehanizma na nosač
$r_{s2}$	mm	Promjer svornjaka između ruke polužnog mehanizma i konstrukcije prihvata radnog alata
$R_{p0,2}$	MPa	Granica tečenja materijala S355J2H
$W_y$	mm <sup>3</sup>	Moment otpora presjeka profila RHS 200x80x8
$W$	mm <sup>3</sup>	Potrebni moment otpora presjeka
$\sigma_{dop}$	MPa	Dopušteno dinamičko tlačno naprezanje pri naizmjeničnom promjenjivom opterećenju materijala S355J2H
$\sigma_{dop s}$	MPa	Dopušteno naprezanje na savijanje za materijal svornjaka Č 0545 i jednosmjerno promjenjivo opterećenje
$\sigma_f$	MPa	Naprezanje na savijanje uslijed težine tereta
$\sigma_v$	MPa	Naprezanje na vlak uslijed djelovanja horizontalne sile
$\sigma_{uk}$	MPa	Ukupno naprezanje profila RHS 200x100x8
$\sigma_{fs1}$	MPa	Naprezanje svornjaka na mjestu između ruke polužnog mehanizma i konstrukcije prihvata polužnog mehanizma na nosač
$\sigma_{fs2}$	MPa	Naprezanje svornjaka na mjestu između ruke polužnog mehanizma i konstrukcije prihvata radnog alata
$\tau_{dop s}$	MPa	Dopušteno smično naprezanje za materijal svornjaka Č 0545 i jednosmjerno promjenjivo opterećenje
$\tau_{a s1}$	MPa	Smično naprezanje svornjaka na mjestu između ruke polužnog mehanizma i konstrukcije prihvata polužnog mehanizma na nosač
$\tau_{a s2}$	MPa	Smično naprezanje svornjaka na mjestu između ruke polužnog mehanizma i konstrukcije prihvata radnog alata

## SAŽETAK

Poljoprivredni poslovi temelje se na prenošenju raznih tereta. Potreba za prenošenjem teških tereta javlja se još početkom 1950-tih godina. Tako Karl-Ragnar Aström izumljuje prvi koncept prednjeg traktorskog utovarivača kako bi olakšao utovar sijena na prikolicu. U današnje vrijeme upotreba prednjeg traktorskog utovarivača je raznolika kao na primjer prenošenje stajskog gnoja, pijeska, paleta, šljunka...

U ovom radu predstavljen je pregled današnjih konstrukcijski rješenja prednjeg traktorskog utovarivača na tržištu. Proučeni su pravilnici prema kojima poljoprivredno vozilo mora poštovati ograničenja dimenzija i težine kako bi se moglo homologirati. Provedeno je koncipiranje proizvoda tako što je na osnovi utvrđene liste zahtjeva izrađena funkcijska struktura. Na temelju odabranih funkcija iz funkcijske strukture izrađena su parcijalna rješenja te su navedena u morfološkoj matrici. Izborom različitih parcijalnih rješenja koncipirana su 3 različita koncepta. Najbolji koncept je odabran na temelju utvrđenih kriterija za odabir koncepta. Nakon što je odabran najbolji koncept određeni su rubni uvjeti. Uzimajući u obzir rubne uvjete konstruiran je i dimenzioniran nosač polužnog mehanizma. Rubni uvjeti i dimenzije nosača polužnog mehanizma uzeti su za određivanje dimenzija hidrauličkih cilindara te samog polužnog mehanizma. Odabirom navedenih dimenzija izrađena je konstrukcijska razrada polužnog mehanizma. Proveden je proračun poluproizvoda polužnog mehanizma i kritičnih elementa. Na kraju su navedene sve tehničke karakteristike prednjeg traktorskog utovarivača.

Konstrukcija prednjeg traktorskog utovarivača modelirana je u programskog paketu SolidWorks 2020 te je u istom programu izrađena tehnička dokumentacija.

Ključne riječi: prednji traktorski utovarivač, polužni mehanizma, hidraulički cilindar, konstrukcijska razrada



## SUMMARY

Agricultural work is based on the transportation of various loads. The need for transporting heavy loads began in the 1950s. Karl-Ragnar Aström invented the first concept of a front-end loader to make it easier to load hay onto a trailer. Today, the use of a front-end loader is varied, including tasks such as transporting manure, sand, pallets, gravel, and more.

This paper presents an overview of current design solutions for front-end loaders on the market. Regulations that agricultural vehicles must respect to regarding size and weight limits for homologation were studied in this paper. Product conceptualization was carried out by creating a functional structure based on a specifically defined list of requirements. Partial solutions were developed based on the selected functions from the functional structure and were listed in a morphological matrix. By selecting different partial solutions, three different concepts were devised. The best concept was chosen based on established selection criteria. After the best concept was selected, boundary conditions were defined. Considering these boundary conditions, a lever mechanism bracket was designed and dimensioned. The boundary conditions and dimensions of the lever mechanism bracket were used to determine the dimensions of hydraulic cylinders and the lever mechanism itself. Based on these dimensions, the detailed design of the lever mechanism was developed. Calculations for the lever mechanism's semi-finished products and critical elements were conducted. Finally, all technical specifications for the front-end loader are listed.

The design of the front-end loader was modeled using SolidWorks 2020, and the technical documentation was also created in the same software.

Keywords: front-end loader, lever mechanism, hydraulic cylinder, detailed design

## 1. UVOD

U poljoprivredi uvijek se pokušavalo kroz razne strojeve i alate pomoći poljoprivrednicima da što kvalitetnije izvršavaju svoj zadatak. Jedan od tih strojeva je i utovarivač koji svakako pomaže u dizanju i prenošenju raznih tereta. Isto tako za obavljanje poslova u poljoprivredi neophodno je imati jedan traktor koji je multifunkcionalan. Multifunkcionalnost traktora očituje se u vuči prikolice, prenošenju snage s traktora pomoću kardanskog vratila na različite strojeve te ugradnji nošenih alatnih strojeva čije funkcije mogu biti različite. Zbog rasta cijena strojeva poput utovarivača i stope korištenja tih strojeva izumljen je prednji traktorski utovarivač koji nije fiksiran, nego se može stavljati i skidati s traktora. Njegova zadaća je utovarivanje i prenošenje raznih vrsta tereta u koji spadaju na primjer trupci, bale, palete i tako dalje. Jedna od temeljnih karakteristika je velika podizna moć. Zahvaljujući hidraulici može podići i vrlo teške terete uz minimalni utrošak snage traktora.

Polužni mehanizam, hidraulička instalacija i utovarna lopata tri su osnovna dijela prednjeg traktorskog utovarivača.[1] Pražnjenje, podizanje i punjenje utovarne lopate ostvaruje se pomoću polužnog mehanizma. On se sastoji od dva mehanizma: mehanizma za dizanje nosača lopate i mehanizma za okretanje utovarne lopate. Hidraulički cilindri kontroliraju visinu podizanja nosača lopate te stupanj okretaja utovarne lopate. Regulacija hidrauličkih cilindara postiže se pomoću hidrauličnog razvodnika koji dozira i usmjerava količinu hidraulične tekućine. Protok hidraulične tekućine kroz cijevi ostvaruje se pomoću traktorske hidraulične pumpe.

Ovaj rad sastoji se od konstrukcijske razrade i dimenzioniranja polužnog mehanizma prednjeg traktorskog utovarivača za traktore od 30 do 50 kW. Visina podizanja traktorskog utovarivača bit će veća od 2400 mm, a maksimalno opterećenje 2600 kg.

## 2. TEHNIČKA ISPRAVNOST TRAKTORSKOG UTOVARIVAČA

Proučavanjem Pravilnika o tehničkim uvjetima vozila u prometu na cestama [3] utvrđena je kategorizacija traktora i prikolica dok za ostale radne strojeve koji se priključuju na traktor nije donesena kategorija s dopuštenim ograničenjima. Slika 1. prikazuje kategorizaciju traktora prema gore navedenom pravilniku.

	<p>TRAKTORI</p> <p>svako motorno vozilo s kotačima za poljoprivredu i šumarstvo, koje ima barem dvije osovine i najveću konstrukcijski određenu brzinu najmanje 6 km/h, a čija je glavna funkcija u njegovoj vučnoj snazi i koje je posebno konstruirano za vuču, guranje, prijenos i pokretanje pojedine priključne vučene opreme konstruirane za rad u poljoprivredi i šumarstvu, ili za vuču prikolica ili opreme za poljoprivredu i šumarstvo; može se prilagoditi za vuču tereta pri radu u poljoprivredi i šumarstvu i/ili može biti opremljeno jednim putničkim sjedalom ili s više njih.</p>
T1	Traktori na kotačima, s razmakom kotača na osovini najbližoj vozaču većim od 1150 mm, mase neopterećenog traktora u voznom stanju veće od 600 kg i zračnosti do tla koja nije veća od 1 000 mm
T2	Traktori na kotačima, s razmakom kotača većim od 1150 mm, mase neopterećenog traktora u voznom stanju veće od 600 kg i zračnosti do tla koja nije veća od 600 mm; kad je omjer visine težišta traktora (mjereno od tla) i srednje vrijednosti razmaka kotača svake osovine veći od 0,90, najveća konstrukcijska brzina je ograničena na 30 km/h.
T3	Traktori na kotačima s masom neopterećenog traktora u voznom stanju koja nije veća od 600 kg.
T4	Traktori na kotačima s posebnom namjenom.
T4.1	Traktori na kotačima s velikom zračnošću od tla, obuhvaća traktore konstruirane za rad s visoko naraslim kulturama kao što su biljke povijuše. Oni imaju uzdignutu šasiju ili dio šasije što im omogućuje kretanje prema naprijed usporedno s biljnom plodinom s lijevim i desnim kotačima sa svake strane jednog ili više redova ploda. Namijenjeni su za alate za prenošenje ili obradu koji se mogu pričvrstiti sprijeda između osovine, odostraga ili na platformu. Kada je traktor u radnom položaju zračnost od tla okomito na red s plodom prelazi 1000 mm. Ako je omjer visine težišta traktora mjereno od tla, pri uporabi uobičajenih pneumatika, i srednje vrijednosti razmaka kotača svake osovine veći od 0,90, najveća konstrukcijska brzina ne prelazi 30 km/h.
T4.2	Vrlo široki traktori na kotačima, obuhvaća traktore za koje su značajne široke dimenzije i prvenstveno su namijenjeni za obrađivanje velikih poljoprivrednih površina.
T4.3	Traktori na kotačima s malom zračnošću od tla, obuhvaća traktore s pogonom na četiri kotača čija je priključna oprema namijenjena za uporabu u poljoprivredi ili šumarstvu i koji su značajni po nosećem okviru, i opremljeni s jednim priključnim pogonskim vratilom čija tehnički dozvoljena masa nije veća od 10 tona ili s više takvih vratila, kod kojih je omjer te mase i najveće mase neopterećenog vozila u voznom stanju manji od 2,5, i imaju težište, izmjereno od tla pri uporabi uobičajenih pneumatika, na visini od najmanje 850 mm.
a	Traktori na kotačima s najvećom konstrukcijski određenom brzinom manjom ili jednakom 40 km/h
b	Traktori na kotačima s najvećom konstrukcijski određenom brzinom većom od 40 km/h
T5	Traktori na kotačima najveće konstrukcijske brzine veće od 40 km/h
C	<p>TRAKTORI GUSJENIČARI</p> <p>Traktori gusjeničari kojima se kategorija definira analogno kategorijama T1 do T4</p>

Slika 1. Kategorizacija traktora [3]

## 2.1. Upute za upotrebu

Prema Pravilniku o određenim sastavnim dijelovima i značajkama traktora na kotačima za poljoprivredu i šumarstvo TPV 322 [2] u članku 10. pod rednim brojem 4.5 navedene su upute koje treba sadržavati priručnik za uporabu prednjeg utovarivača. U navedenom članku propisano je objasniti opasnosti pri rukovanju s prednjim utovarivačem te kako iste opasnosti ukloniti ukoliko se korisnik nađe u takvoj situaciji. Nadalje potrebno je označiti otvore na traktoru prema kojima će se prednji utovarivač pričvrstiti na šasiju traktora te vrstu i veličinu opreme koja će se upotrijebiti. S obzirom da pomak prednjeg utovarivača ovisi o pomaku klipa hidrauličnog cilindra potrebno je provjeriti ograničenja za provođenje hidrauličnih cijevi kroz traktor prema gore navedenom pravilniku. Članak 10. s rednim brojem 2.3.12 propisuje razmještaj hidrauličnih cijevi na takav način da ne dođe do eventualnih toplinskih i mehaničkih oštećenja. Ukoliko u neposrednoj blizini vozačevog sjedala prolaze hidraulične cijevi potrebno ih je dodatno zaštititi na način da u slučaju pucanja cijevi nema opasnosti za vozača. Savitljive hidraulične cijevi moraju sadržavati sljedeće: proizvođača cijevi, najveći dopušteni dinamički tlak u radu i datum proizvodnje. Odredbe prema kojima bi se ograničile dimenzije, masa ili nosivost nisu nađene u nijednom pravilniku.

### 3. SADAŠNJA KONSTRUKCIJSKA RJEŠENJA NA TRŽIŠTU

Do današnjeg datuma ima nekoliko tvrtki koje se bave proizvodnjom prednjeg traktorskog utovarivača za traktore snage od 30-50 kW. U nastavku ovog rada bit će predstavljeno nekoliko različitih proizvođača te neke osnovne karakteristike samog utovarivača. Svaki proizvođač ima u ponudi više vrsta i kategorija snage prednjih utovarivača.

#### 3.1. Stoll

Stoll je njemački proizvođač, prednjih traktorskih utovarivača i dodatnih priključaka za utovarivače, sa sjedištem u gradu Lengede. Kada je tvrtka osnovana davnih 1878. godine, njezina proizvodnja i razvoj se bazirao na kombajnu za šećernu repu te strojevima za spremanje sijena. Sa proizvodnjom utovarivača počeli su 1965. godine, a tek nakon 1999. godine njihova proizvodnja se bazira isključivo na prednje traktorske utovarivače. Trenutno u ponudi imaju 4 različite vrste utovarivača: Stoll ProfiLine ISOBUSConnected (60-300 KS), Stoll ProfiLine FS/FZ (50-300 KS), Stoll Solid (45-135 KS) i Stoll CompactLine FC (15-60 KS).[4] SDF grupacija (Hurliman, Same, Deutz-Fahr i Lamborghini) tvornički ugrađuju Stoll-ove prednje traktorske utovarivače na svoje traktore. Na slici 2. prikazane su vrste utovarivača tvrtke Stoll.



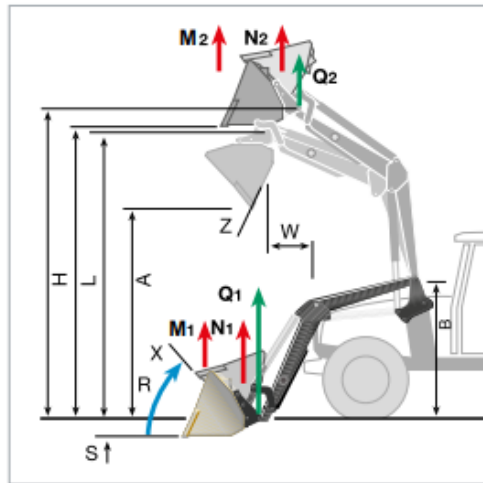
Slika 2. Stoll utovarivači [4]

Tablica 1. prikazuje tehničke karakteristike utovarivača Stoll CompactLine FC 550 P i potrebne karakteristike traktora.

**Tablica 1. Karakteristike utovarivača Stoll CompactLine FC 550 P [4]**

Snaga traktora	29-44	kW	
Težina traktora	1800-2300	kg	
Snaga dizanja na mjestu okretanja alata	1170	daN	Q1
	1120	daN	Q2
Kapacitet dizanja (kapa) 300 mm ispred točke okretanja	1050	daN	N1
	1010	daN	N1
Kapacitet dizanja (paleta) 700mm ispred točke okretanja	990	daN	M1
	950	daN	M2
Izlazna sila 750 mm ispred točke okretanja	1430	daN	R
Maksimalna visina podizanja u točki okretanja alata	2800	mm	H
Visina utovara	2630	mm	L
Visina odlagališta	2020	mm	A
Širina odlaganja	500	mm	W
Dubina kopanja	120	mm	S
Točka zaokreta ljuljačke	1276	mm	B
Kut nagiba	41	°	X
Kut odlaganja	70	°	Z
Performanse pumpe	40	l/min	
Vrijeme dizanja	3,2	sec	
Vrijeme nagiba, alat	1,1	sec	
Vrijeme odlaganja, alat	1,8	sec	
Težina utovarivača, utovarna ruka bez alata	290	kg	

Slika 3. sadrži oznake mjera utovarivača Stoll CompactLine FC 550 P, dok se vrijednosti mjera nalaze u tablici 1.



Slika 3. Oznake dimenzija utovarivača Stoll CompactLine FC 550 P [4]

### 3.2. Quicke

Prvi prednji traktorski utovarivač konstruirao je Karl-Ragnar Aström 1947. godine u Švedskoj. Jedanaest godina kasnije osnovao je tvrtku Quicke. Slika 4. prikazuje prvi prednji traktorski utovarivač.



Slika 4. Prvi prednji traktorski utovarivač [5]

Danas tvrtka ima u ponudi 3 vrste utovarivača: Q-serija (od 60 do >160 KS), X-serija (od 30 do 120 KS) i C-serija (od 15 do 65 KS). Slika 5. prikazuje vrste utovarivača tvrtke Quicke.



Q-series front loader



X-series front loader



C-series front loader

Slika 5. Quicke utovarivači [5]

Tablica 2. prikazuje karakteristike utovarivača Quicke X2 i potrebne karakteristike traktora kako bi se navedeni utovarivač mogao ukopčati na traktor.



**Tablica 2. Karakteristike utovarivača Quicke X2 [5]**

Snaga traktora	29-51	kW
Težina traktora	< 3000	kg
Kapacitet podizanja do maksimalne visine – 800 mm od svornjaka	870	kg
Kapacitet podizanja, 1,5 m visine – 800 mm od svornjaka	1210	kg
Maksimalna sila podizanja – 800 mm od svornjaka	1450	kg
Maksimalna visina podizanja – mjerena od svornjaka	3100	mm
Maksimalna visina podizanja – ispod utovarne lopate	2900	mm
Maksimalni kut otklona kod odlaganja pri maksimalnoj visini	50	°
Maksimalni povratni kut na zemlji	42	°
Širina između dva nosača	1040	mm
Težina prednjeg utovarivača	310	kg
Dubina kopanja	150	mm

### 3.3. Strojometal Faić

Davne 1986. godine osnovana je u hrvatskoj tvrtka Strojometal Faić, sa sjedištem u Mačkovcu. U početku tvornica je vršila usluge obrade odvajanjem čestica i popravak poljoprivredne mehanizacije. Danas nude široki asortiman poljoprivredne mehanizacije kao što su podrivači, tanjurače, malčeri, sjetvospremači, prednji traktorski utovarivači itd.. Strojometal Faić trenutno u ponudi ima tri vrste utovarivača: TUS 1 (do 50 KS), TUS 2 (od 50 do 105 KS) i TUS 3 (od 90 do 140 KS). Slika 6. prikazuje vrste utovarivača gore navedene tvrtke.

TUS 1 (bez paralelograma)/(without parallel guidance)

TUS 1P (sa paralelogramom)/(with parallel guidance)



TUS 2 (bez paralelograma)/(without parallel guidance)

TUS 2P (sa paralelogramom)/(with parallel guidance)



TUS 3 (bez paralelograma)/(without parallel guidance)

TUS 3P (sa paralelogramom)/(with parallel guidance)



Slika 6. Strojometal Faić utovarivači [6]

Tablica 3. prikazuje karakteristike utovarivača Strojometal Faić TUS 2 i potrebne karakteristike traktora za navedeni utovarivač.

Tablica 3. Karakteristike utovarivača Strojometal Faić TUS 2 [6]

Snaga traktora	36-77	kW
Masa podizanja u točki kopčanja radnog tijela dolje	1800	kg
Masa podizanja na paleti sa paletnim vilicama mase 150 kg dolje	1600	kg
Masa podizanja u točki kopčanja radnog tijela gore	1500	kg
Masa podizanja na paleti sa paletnim vilicama mase 150 kg gore	1300	kg
Maksimalna snaga zatvaranja pri rubu korpe	2050	kg
Visina podizanja	3500	mm
Masa utovarivača bez radnog tijela	510	kg

## 4. KONCIPIRANJE PROIZVODA

Za stvoriti jedan postojeći tehnološki jednostavniji i pristupačniji proizvod, potrebno je proći kroz nekoliko etapa s ciljem unaprjeđenja proizvoda koji postoji na tržištu. Svaki proizvod mora ispunjavati određene zahtjeve od korisnika i zakonodavca. Stoga najprije je potrebno napraviti tablicu sa listom zahtjeva prednjeg traktorskog utovarivača. Za lakše razumijevanje funkcioniranja samog proizvoda radi se funkcijska struktura. Na temelju funkcijske strukture određuje se morfološka matrica s nekoliko rješenja za svaki zahtjev uzet iz funkcijske strukture. Od tih različitih rješenja radi se nekoliko koncepata proizvoda. Kako bi se odabrao najbolji koncept potrebno je napraviti kriterij vrednovanja koncepata te svaki pojedinačni koncept vrednovati prema odabranim kriterijima. Nakon toga rangiraju se koncepti te se izabire onaj najbolji za daljnju konstrukcijsku razradu.[7]

### 4.1. Lista zahtjeva

Proučavanjem proizvoda utvrđeno je nekoliko zahtjeva koje je potrebno ispuniti za sigurno i očekivano funkcioniranje prednjeg traktorskog utovarivača. Tablica 4. prikazuje listu zahtjeva prednjeg traktorskog utovarivača.

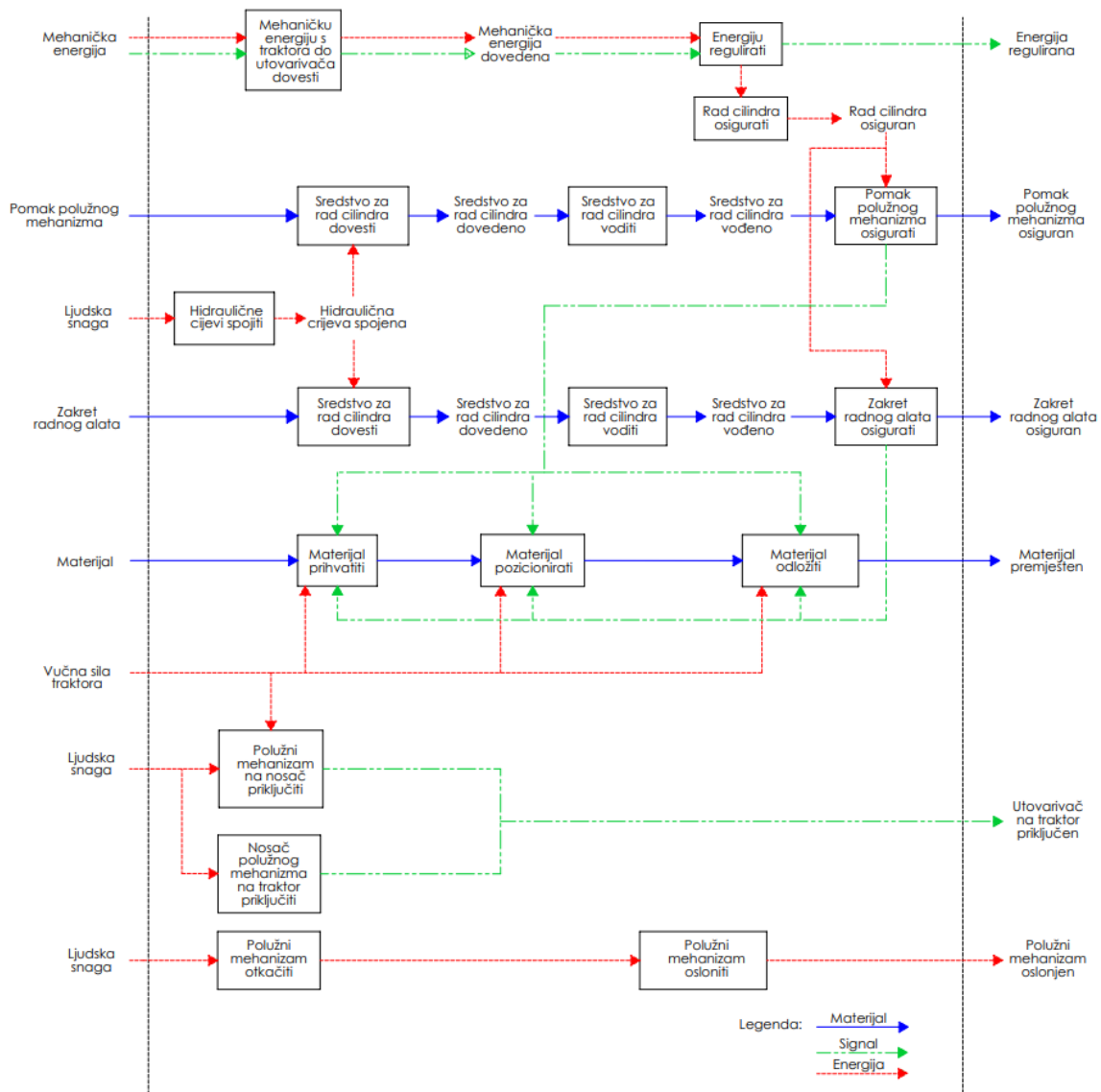
Tablica 4. Lista zahtjeva

Redni broj	Zahtjev	Opis
1.	Krutost polužnog mehanizma	Potrebna je što veća krutost polužnog mehanizma kako ne bi došlo do plastične deformacije prilikom podizanja tereta.
2.	Krutost nosača polužnog mehanizma	Nosač polužnog mehanizma mora biti dimenzioniran na način da preuzme sve sile koje djeluju na polužni mehanizam s ciljem samo elastičnog deformiranja materijala.

3.	Podizanje/spuštanje polužnog mehanizma	Podizanje/spuštanje objekta potrebno je ostvariti pomoću mehanizma koji će na zahtjev operatora podići/ispustiti teret prema željenoj visini.
4.	Zakret radnog alata utovarivača	Prilikom punjenja/praznjenja radnog alata utovarivača potreban je određeni kut otklona radnog alata.
5.	Mogućnost skidanja polužnog mehanizma s nosača	Traktor se koristi za raznovrsna obavljanja poljoprivrednih operacija, stoga je potrebno osigurati jednostavno i sigurno skidanje polužnog mehanizma u slučaju kada se ne upotrebljava.
6.	Mogućnost skidanja nosača polužnog mehanizma s traktora	Potreba za rastavljivosti nosača polužnog mehanizma s traktora u slučajevima neupotrebe utovarivača ili određenih smetnji prilikom rada s drugom poljoprivrednom mehanizacijom.
7.	Potporne noge	Osigurati poziciju polužnog mehanizma nakon skidanja s traktora.
8.	Mogućnost promjene radnog alata utovarivača	Prilikom rada s različitim tipom tereta potrebno je rukovati određenom vrstom radnog alata.

## 4.2. Funkcijska struktura

Na temelju liste zahtjeva napravljene u tablici 4. potrebno je napraviti model za lakše razumijevanja načina funkcioniranja proizvoda. Definiranjem podfunkcija proizvoda te njihova međusobna povezanost pomoću tokova energije, signala i materije naziva se funkcijska struktura.[7] Slika 7. prikazuje funkcijsku strukturu prednjeg traktorskog utovarivača.



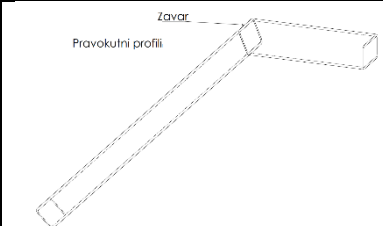
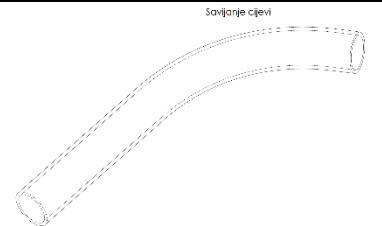



Slika 7. Funkcijska struktura

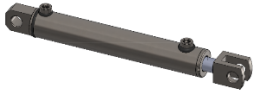











## 4.3. Morfološka matrica

Kreiranjem funkcijske strukture slijedi faza u kojoj se radi morfološka matrica. Podfunkcije identificirane u funkcijskoj strukturi na slici 7. ispisuju se u isti stupac. Svakoj podfunkciji predlaže se nekoliko različitih rješenja obzirom o vrsti funkcije koju je potrebno ispuniti. Uzimajući različita rješenja iz morfološke matrice dobije se jedan koncept proizvoda. Pema tome moguće je načiniti veliki broj različitih koncepata, ali treba biti oprezan u vidu tehnološke izvedivosti pojedinih koncepata. Kako bi se olakšao odabir najprikladnijeg

koncepta poželjno je odbaciti ona rješenja čija kombinacija donosi rezultat neisplativosti ili neizvedivosti. Tablica 5. prikazuje morfološku matricu za prednji traktorski utovarivač.

Tablica 5. Morfološka matrica

Funkcije	Karakteristike	Parcijalna rješenja		
Polužni mehanizam na nosač priključiti	Konstrukcija ruke polužnog mehanizma	 <p>Pravokutni profili</p>	 <p>Cijev</p>	
	Konstrukcija prihvata polužnog mehanizma na nosač	Euro kopčanje (Slika 8.)	Direktni prihvata cilindra i "ruke" polužnog mehanizma na nosač (Slika 9.)	Polužni mehanizam povezan rastavljivom vezom s nosačem (Slika 10.)
Nosač polužnog mehanizma na traktor priključiti	Konstrukcija nosača polužnog mehanizma	Prihvata nosača s pojačanjem pomoću kvadratnog profila kroz traktor (Slika 11.)	Prihvata nosača s pojačanjem na donjoj strani podvozja traktora (Slika 12.)	Prihvata nosača bez dodatnih pojačanja (Slika 13.)
Polužni mehanizam osloniti	Vrste potporne noge	Rastavljajuća potporna noga (Slika 14.)	Potporna noga pričvršćena na polužni mehanizam (Slika 15.)	
Zakret radnog alata osigurati	Vrste hidrauličnih cilindara	 <p>Dvoradni</p>	 <p>Jednoradni</p>	 <p>Teleskopski</p>
	Konstrukcija mehanizma okretanja radnog alata	Mehanizam okretanja radnog alata s posrednim djelovanjem hidrauličkog cilindra na nosač radnog alata (Slika 16.)	Mehanizam okretanja radnog alata s izravnim djelovanjem hidrauličkog cilindra na nosač radnog alata (Slika 17.)	

Pomak polužnog mehanizma osigurati	Vrste hidrauličnih cilindara	 ● Dvoradni ● ●	 Jednoradni	 Teleskopski
Sredstvo za rad cilindra voditi	Vrste hidrauličnih crijeva	 Bešavna cijev	 ● Pleteno hidrauličko crijevo	Kombinacija pletenih hidrauličkih crijeva i bešavnih cijevi ● ●
Rad cilindra regulirati	Konstrukcija razvodnika	Klipni ●	Pločasti ●	Razvodnik sa sjedištem ●
	Način aktiviranja razvodnika	 ● ● Elektromagnetni	 ● Hidraulički	 Ručni
Sredstvo za rad cilindra dovesti	Vrste spojke	 Brza ●	 Flat-Face ●	 ● Uvrtna
Promjenu radnog alata osigurati	Konstrukcija prihвата radnog alata	●  Euro kopčanje radnog alata	Prihvat radnog alata sa svornjacima ● ●	

Koncept 1 ●

Koncept 2 ●

Koncept 3 ●

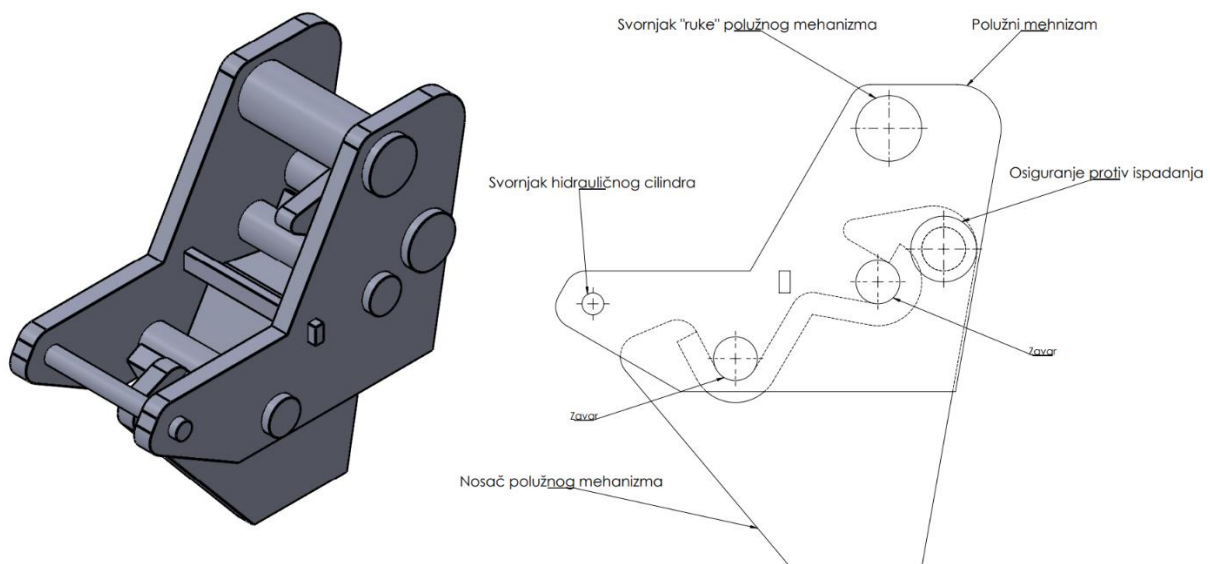
Kombiniranjem različitih parcijalnih rješenja iz tablice 5. dobivena su 3 različita koncepta. Za odabir najboljeg rješenja potrebno je provesti vrednovanje svakog koncepta.

#### 4.4. Dodatno pojašnjenje određenih parcijalnih rješenja

Kako bi se što bolje razumjela pojedina rješenja iz tablice 5., dodatno će se objasniti navedena rješenja pomoću skica i teksta.

#### 4.4.1. Konstrukcija prihvata polužnog mehanizma na nosač

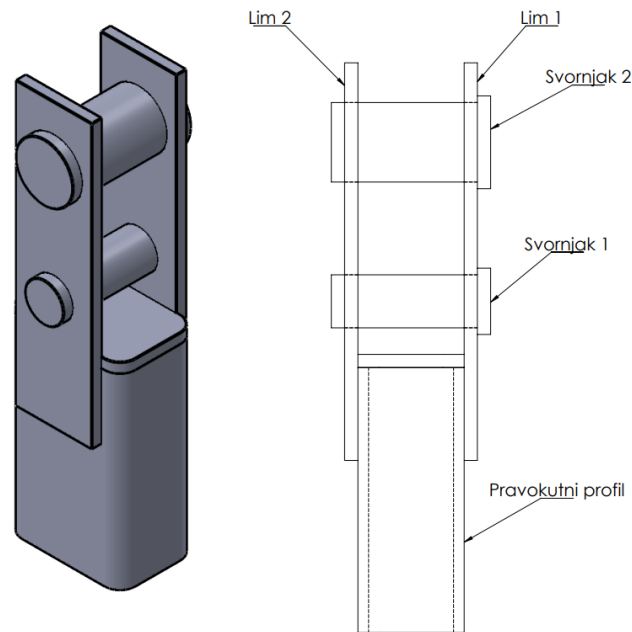
U tablici 5. navedena su 3 parcijalna rješenja. Slika 8. prikazuje rješenje euro kopčanja. Nosač polužnog mehanizma oblikovan je na način da primicanjem traktora prema polužnom mehanizmu nije potrebna značajna ljudska snaga za njegovo kopčanje na nosač. Na dva čelična lima urezuje se 5 cilindričnih provrta. Kroz 2 cilindrična provrta provlače se 2 svornjaka koji se na krajevima zavaruju kako ne bi došlo do okretanja. Zavareni svornjaci uležištaju se na mjesto nosača koja su oblikovana prema odabranim svornjacima. Kako bi se postigla sigurnost protiv otkapčanja polužnog mehanizma od nosača potrebno je kroz oba lima i nosač urezati cilindrične provrte. Svornjak se provuče kroz tri provrta te se na njegovim krajevima osigura protiv ispadanja. Ostali provrti služe za prihvat hidrauličnog cilindra i ruke polužnog mehanizma.



**Slika 8. Euro kopčanje polužnog mehanizma**

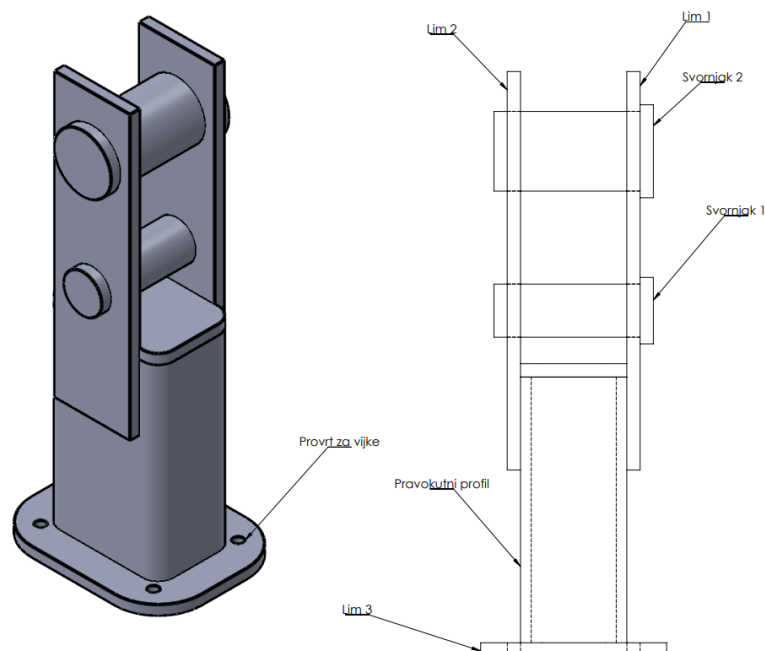
Sljedeće konstrukcijsko rješenje prikazuje direktnu vezu između hidrauličnog cilindra i ruke polužnog mehanizma na nosač (slika 9.). Dva čelična lima zavarena su na pravokutni profil te oni čine dio nosača polužnog mehanizma. Pravokutni profil povezan je s nastavkom nosača nerastavljivom vezom. Na oba lima urezuju se cilindrični provrti kroz koje prolaze svornjak 1 i svornjak 2. Povezivanje polužnog mehanizma i nosača ostvaruje se preko svornjaka. Ruke polužnog mehanizma povezuju se sa svornjakom 1, a hidraulični cilindar sa svornjakom 2. Kako bi se osiguralo neispadanje svornjaka na jednom kraju svornjak je zadebljan dok je na drugom izbušen provrt i stavljena rascjepka.





**Slika 9. Direktni prihvat cilindra i "ruke" polužnog mehanizma na nosač**

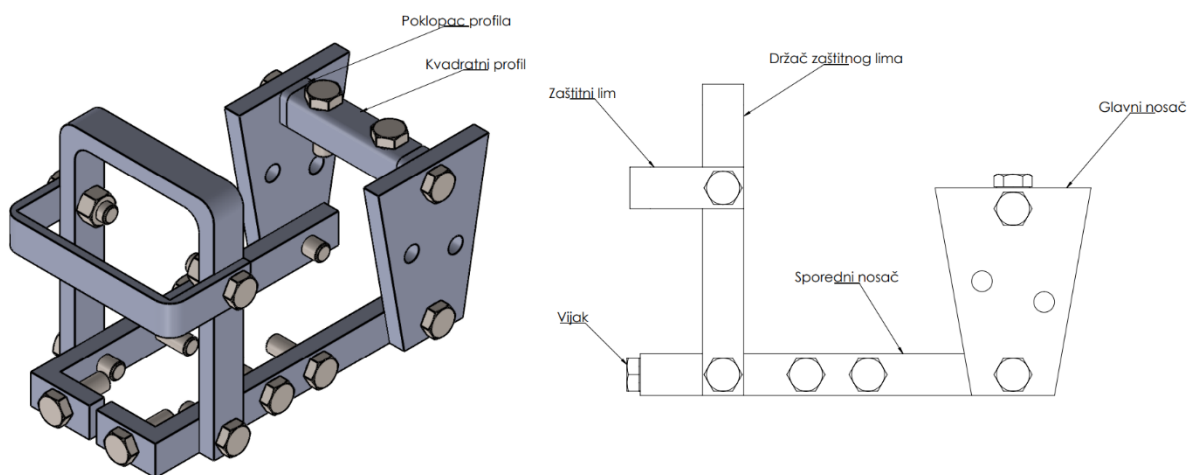
Slika 10. prikazuje polužni mehanizam povezan rastavljivom vezom s nosačem. Navedeno rješenje sadrži identičan redoslijed sklapanja, osim što je na kraju pravokutnog profila potrebno zavariti dodatan lim s provrtima za vijke. Povezivanje između polužnog mehanizma i nosača ostvaruje se preko vijaka i matice. Za razliku od rješenja na slici 9., gdje je cijela konstrukcija predstavljala dio nosača, ovdje (slika 10.) predstavlja dio polužnog mehanizma.



**Slika 10. Polužni mehanizam povezan rastavljivom vezom s nosačem**

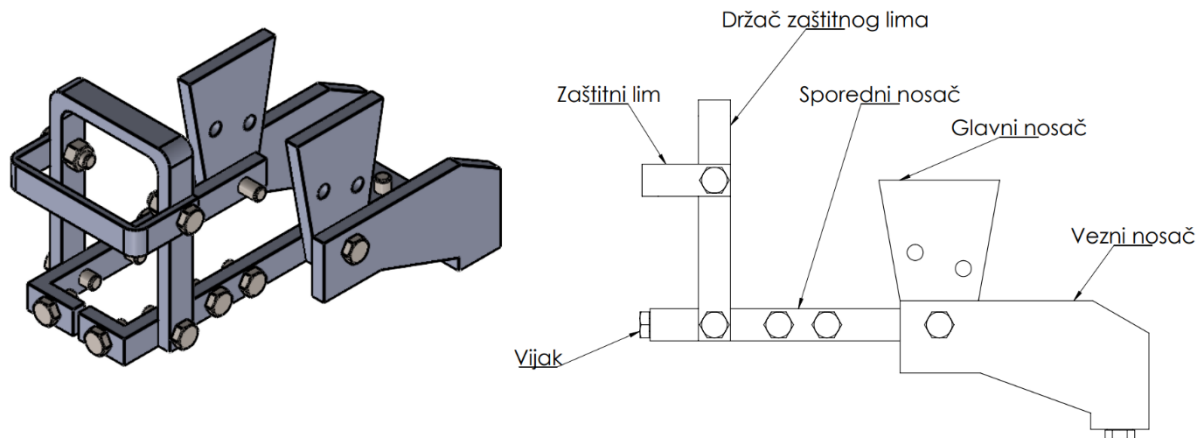
#### 4.4.2. Konstrukcija nosača polužnog mehanizma

Različiti proizvođači traktora sadrže različita konstrukcijska rješenja podvozja traktora pa je potrebno dijelove nosača polužnog mehanizma oblikovati prema odabranom traktoru. Slika 11. prikazuje prihvat nosača s pojačanjem pomoću kvadratnog profila kroz traktor. Vrsta rješenja koja sadrži 3 glavna dijela: glavni nosač, sporedni nosač i kvadratni profil. Glavni nosač izrađuje se od čeličnog lima na kojem su urezani provrti ovisno o veličini i mjestu provrta na bočnoj strani odabranog traktora. Ovo rješenje primjenjuje se samo na traktorima koji imaju mogućnost prolaska kvadratnog profila kroz prednji dio traktora. Kvadratni profil pričvršćen je sa dva ili više vijaka na predviđenim mjestima konstrukcije traktora. Kako bi se postiglo pojačanje nosača, kvadratni profil je također povezan s glavnim nosačem vijčanom vezom. Sporedni i glavni nosač povezani su vijčanom vezom na šasiju traktora. Držać zaštitnog lima, koji osigurava zaštitu haube traktora ukoliko dođe do ispadanja predmeta s utovarivača, pričvršćen je vijcima na sporedni nosač.



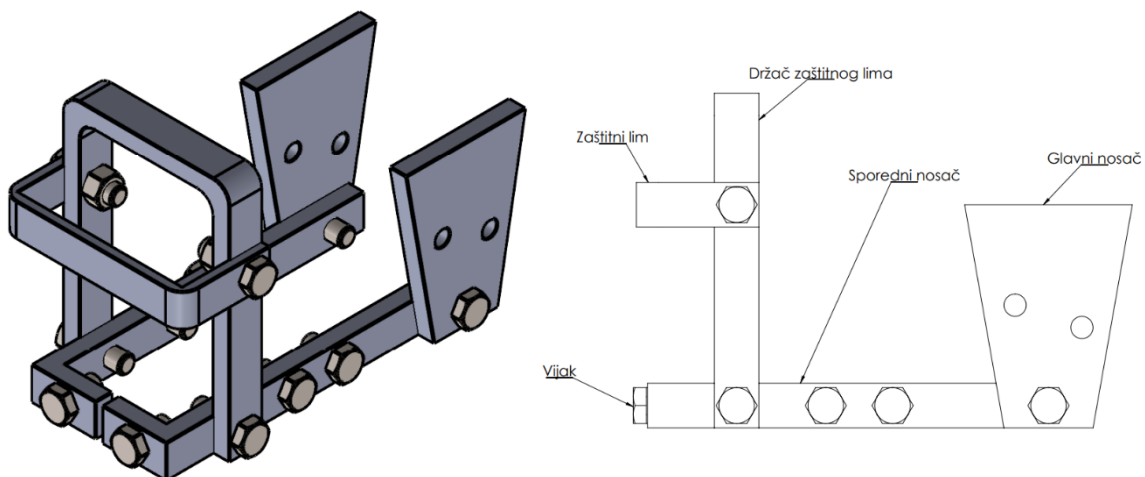
Slika 11. Prihvat nosača s pojačanjem pomoću kvadratnog profila kroz traktor

Sljedeće predloženo rješenje konstrukcijski je sličan prethodnom rješenju. Jedina razlika je u načinu povezivanja glavnih nosača. Slika 12. prikazuje prihvat nosača s pojačanjem na donjoj strani podvozja traktora. Glavni nosači su povezani čeličnim limom koji su savijeni i oblikovani prema podvozju traktora. Ispod podvozja traktora vezni nosač je učvršćen vijčanom vezom. Vezni nosač i glavni nosač povezuju se vijčanim vezama na odabrana mjesta traktora.



Slika 12. Prihvat nosača s pojačanjem na donjoj strani podvozja traktora

Slika 13. prikazuje koncept nosača polužnog mehanizma bez dodatnih pojačanja. Način ugradnje dijelova čiji su nazivi identični kao u prvom rješenju neće se ovdje dodatno objašnjavati (slika 11.). Glavni nosači nisu povezani oblikom. Konstrukcija glavnog nosača oblikuje se ovisno o odabiru rješenja iz retka „Konstrukcija prihвата polužnog mehanizma na nosač“. Ukoliko zahtjevi traktora ne dozvoljavaju prihvat glavnog nosača, moguće ga je izbaciti te prihvat polužnog mehanizma na nosač povezati sa sporednim nosačem.

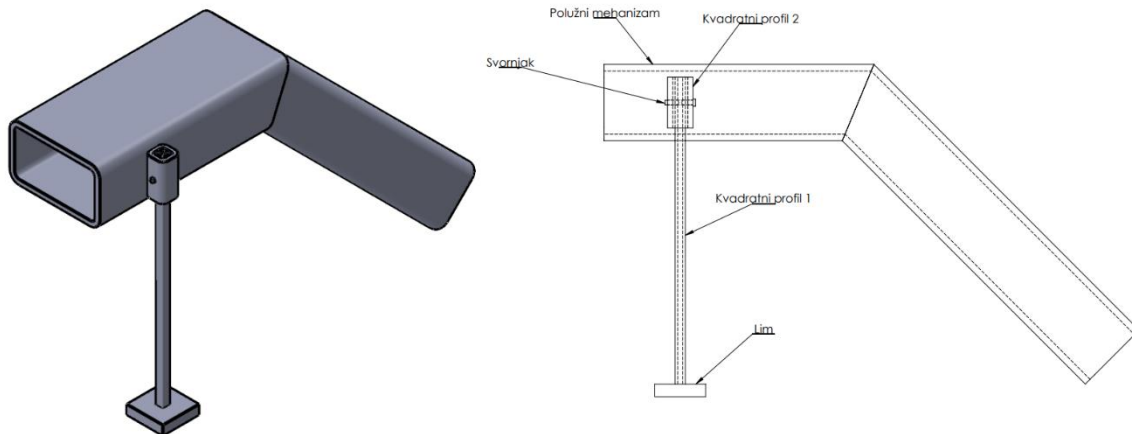


Slika 13. Prihvat nosača bez dodatnih pojačanja

#### 4.4.3. Vrsta potporne noge

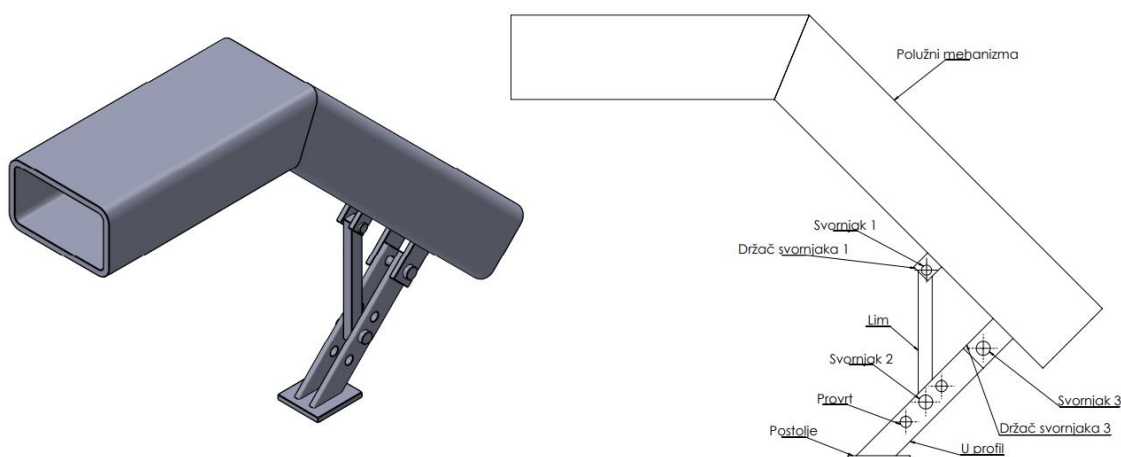
Kako bi se osiguralo jednostavno priključivanje polužnog mehanizma potrebno je osmisliti potporne noge koje će zadržati polužni mehanizam nakon skidanja s nosača polužnog mehanizma. Slika 14. prikazuje koncept potporne noge koja se rastavlja nakon priključivanja polužnog mehanizma na nosač traktora. Na polužni mehanizma zavaren je kvadratni profil 2. Potporna noga proizvedena je zavarivanjem kvadratnog profila 1 i lima. Kroz kvadratni profil

1 i 2 probušeni su provrti kroz koje se stavlja svornjak. Oba kraja svornjaka sadrže provrte kroz koje se provlače rascjepke kako ne bi došlo do ispadanja svornjaka.



**Slika 14. Rastavljajuća potporna noga**

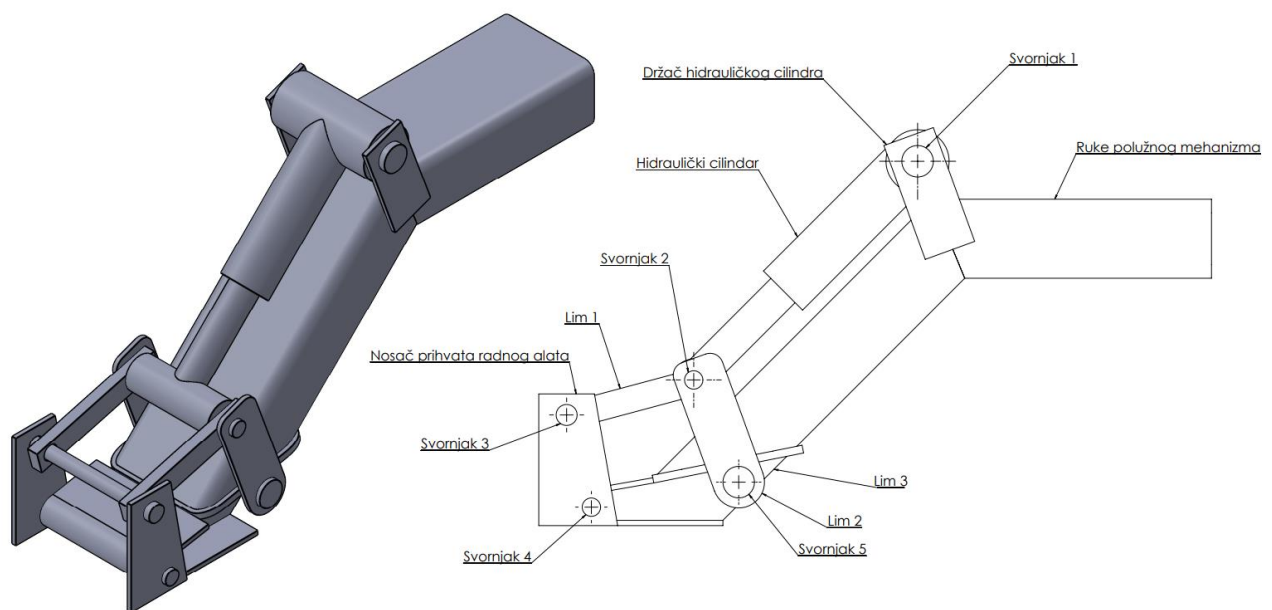
Konstrukcija potporne noge koju nije potrebno rastavljati već je pričvršćena na polužni mehanizma prikazana je na slici 15. Potporna noga proizvedena je zavarivanjem U profila i postolja. Dva držača svornjaka 3 zavarena su na polužni mehanizma te su probušeni provrti kroz njih. Držači svornjaka 3 i U profil povezani su svornjakom 3. Izrezan je lim odgovarajućih dimenzija te su na njegovim krajevima napravljeni provrti. Jedan kraj lima povezan je preko svornjaka 1 s držačima svornjaka 1. Nasuprotni kraj lima povezan je preko svornjaka 2 s U profilom koji na sebi sadrži nekoliko provrta za regulaciju visine. Kada se želi potporna noga rasklopiti potrebno je izvaditi svornjak 2 te U profil i lim zarotirati prema polužnom mehanizmu.



**Slika 15. Potporna noga pričvršćena na polužni mehanizam**

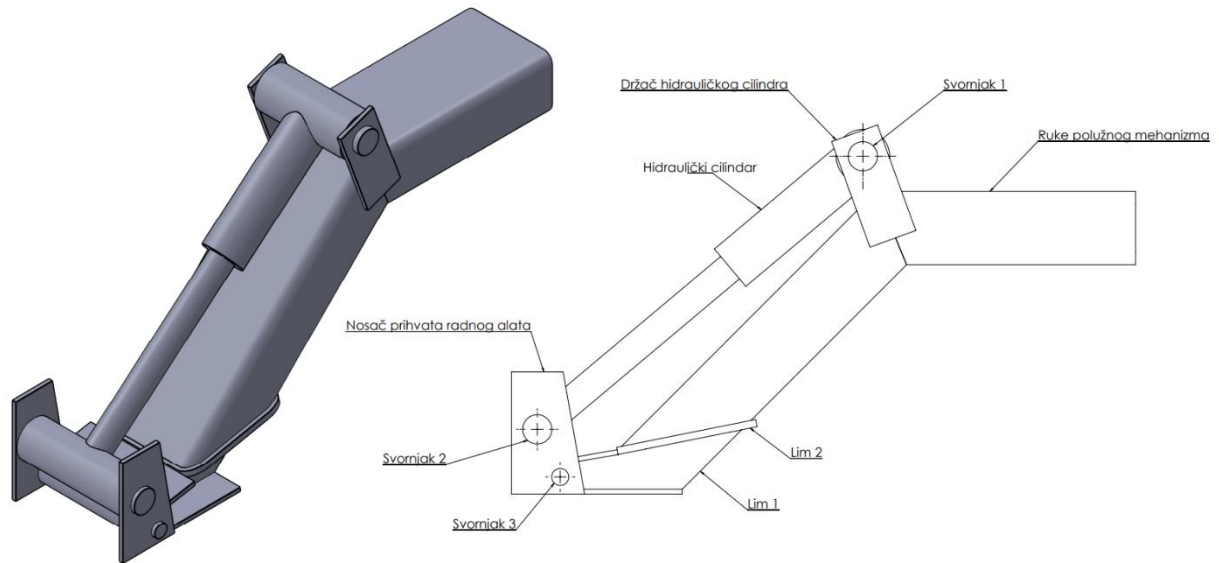
#### 4.4.4. Konstrukcija mehanizma okretanja radnog alata

Slika 16. prikazuje konstrukciju mehanizma okretanja radnog alata s posrednim djelovanjem hidrauličkog cilindra na nosač radnog alata. Na ruku polužnog mehanizma zavarena su dva držača hidrauličkog cilindra s urezanim provrtima. Hidraulički cilindar povezan je svornjakom 1 s držačima hidrauličkog cilindra. Na krajevima svih svornjaka stavljene su rascjepke za osiguranje protiv ispadanja svornjaka. Između svakog svornjaka i provrta umetnuti su klizni ležajevi kako bi se izbjeglo trošenje svornjaka. Lim 3 zavaren je na kraj ruke polužnog mehanizma te su probušena dva provrta. U provrte su stavljene cijevi koje su postupkom zavarivanja povezane sa limom 3. Postupkom rezanja izrađeni su lim 1 i lim 2 s odgovarajućim provrtima na njihovim krajevima. Svornjakom 5 povezana su dva lima 2 s rukom polužnog mehanizma. Krajevi lima 1, lima 2 i hidrauličkog cilindra povezani su svornjakom 2. Drugi kraj lima 1 povezan je preko svornjaka 3 s nosačem prihvata radnog alata. Preostali kraj nosača radnog alata pričvršćen je sa svornjakom 4 na ruku polužnog mehanizma.



**Slika 16. Mehaniizam okretanja radnog alata s posrednim djelovanjem hidrauličkog cilindra na nosač radnog alata**

Jednostavnije, ali skuplje rješenje (potreban veći hidraulički cilindar) prikazano je na slici 17. Držači hidrauličkog cilindra zavareni su na ruku polužnog mehanizma te su povezani s hidrauličnim cilindrom preko svornjaka 1. Nosač prihvata radnog alata sadrži dva provrta koji su povezani, svornjacima 2 i 3, s hidrauličnim cilindrom i rukom polužnog mehanizma.



**Slika 17. Mehанизam okretanja radnog alata s izravnim djelovanjem hidrauličkog cilindra na nosač radnog alata**

#### 4.5. Vrednovanje i odabir koncepta

Odabir koncepta provodi se na temelju kriterija odabira koncepta. Kriteriji prema kojima će se odabrani koncepti vrednovati su:

- krutost nosača polužnog mehanizma
- jednostavnost ugradnje polužnog mehanizma na nosač
- jednostavnost promjene radnog alata utovarivača
- jednostavnost održavanja
- cijena
- jednostavnost uporabe
- funkcionalnost

Tablica 6. prikazuje ocjene kriterija pridružene svakom konceptu. Najniža ocjena je 1 dok najviša iznosi 5.

**Tablica 6. Vrednovanje koncepta**

Kriterij odabira	Koncept 1	Koncept 2	Koncept 3
Krutost nosača polužnog mehanizma	3	4	5
Jednostavnost ugradnje polužnog mehanizma na nosač	3	5	4

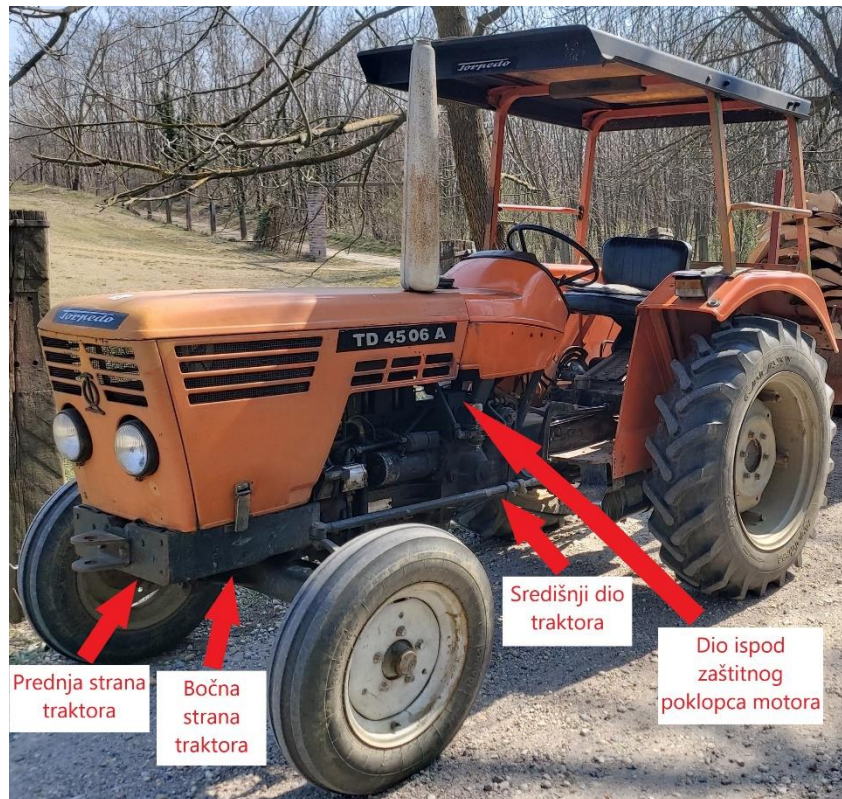
Jednostavnost promjene radnog alata utovarivača	4	5	4
Jednostavnost održavanja	5	4	4
Cijena	5	4	4
Jednostavnost uporabe	3	5	4
Funkcionalnost	4	5	5
<b>Ukupna ocjena</b>	27	32	30
<b>Rang</b>	3	1	2
<b>Nastaviti</b>	NE	DA	NE

Konstruktivna razrada provest će se prema konceptu 2 pošto je on dobio najvišu ocjenu tokom vrednovanja koncepta iz tablice 6.



## 5. KARAKTERISTIKE TRAKTORA

Prednji traktorski utovarivač je dimenzioniran i oblikovan za traktor Torpedo TD 4506. Slika 18. prikazuje Torpedo TD 4506.



Slika 18. Torpedo TD 4506

### 5.1. Ugradnja prednjeg traktorskog utovarivača

Na temelju izabranog koncepta 2, pronađena su mjesta ugradnje traktorskog utovarivača. Prikazani su uvrta na traktoru u koje je urezan navoj. Prednji traktorski utovarivač povezan je vijčanom vezom s traktorom. Slika 19., 20., 21. i 22. prikazuju spomenuta mjesta na traktoru preko kojih je ugrađen utovarivač.

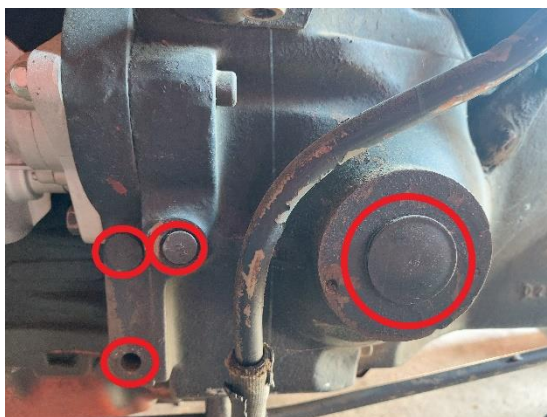


Slika 19. Prikaz uvrta za ugradnju prednjeg traktorskog utovarivača na traktor (dio ispod zaštitnog poklopca motora)





Slika 20. Prikaz uvrta za ugradnju prednjeg traktorskog utovarivača na traktor (prednja strana traktora)



Slika 21. Prikaz uvrta za ugradnju prednjeg traktorskog utovarivača na traktor (središnji dio traktora)



Slika 22. Prikaz uvrta za ugradnju prednjeg traktorskog utovarivača na traktor (bočna strana traktora)

## 5.2. Tehnički podaci Torpeda TD 4506

Tablica 7. prikazuje tehničke podatke Torpeda TD 4506.

Tablica 7. Tehnički podaci Torpedo TD 4506

<b>Motor</b>	Tip motora	F3L 912 – zrakom hlađen diesel motor
	Broj cilindara	3
	Snaga/br. Okretaja	33/2300 kW/min <sup>-1</sup> (45/2300 KS/min <sup>-1</sup> )
	Promjer/hod klipa	100/120 mm
	Radni volumen	2826 cm <sup>3</sup>
	Zakretni moment max.	154 Nm kod 1600 min <sup>-1</sup>
	Potrošnja goriva	217-220 g/kWh (160-165 g/KSh)
<b>Spojka</b>	Tip	Dvostruka, tarna
<b>Mjenjač</b>	Tip	TW 35,4
	Broj stepeni prijenosa naprijed/nazad	8/4
	Brzina gibanja naprijed	1,9 – 25 km/h
	Brzina gibanja nazad	2,4 – 9,5 km/h
<b>Kotači</b>	Prednje gume	7,5 - 16"
	Stražnje gume	12,4 - 26"
<b>Priključno vratilo</b>	Promjer x dužina	1 <sup>3/4</sup> " x 75 mm
	Dozvoljeni zakretni moment	1472 Nm
	Brojevi okretaja	540 min <sup>-1</sup>
<b>Hidraulični sistem</b>	Hidraulični podizač tip	K 35 Deutz-transfermatic-sistem
	Radni pritisak	175 bar
	Radni moment	10006 Nm
	Podizna sila	15306 N
	Pogon pumpe	Sa motora
	Pomoćni hidraulični priključci	max. 3
	Veličine priključnog polužja	1 kat.

<b>Dimenzije i težine</b>	Dužina ukupna	3470 mm
	Širina ukupna	1660 mm
	Visina do upravljača	1550 mm
	Razmak osovina	2000 mm
	Trag prednjih kotača	1260 – 1880 mm
	Trag stražnjih kotača	1220 – 1720 mm
	Klirens na prednjem-stražnjem mostu	460 – 550 mm
	Radijus zakretanja bez/sa kočenjem	3,6 – 3,3 m
	Težina praznog traktora	2070 kg
	Težina potpuno opterećenog traktora	3500 kg

## 6. KONSTRUKCIJSKA RAZRADA

Konstrukcija prednjeg traktorskog utovarivača podijeljena je u tri dijela. U prvom dijelu prikazani su rubni uvjeti, dok je u drugom dijelu prikazano oblikovanje nosača polužnog mehanizma. Zadnji dio sadrži konstrukcijsko oblikovanje i proračun nestandardnih dijelova polužnog mehanizma. Prije konstrukcijske razrade potrebno je utvrditi rubne uvjete prednjeg traktorskog utovarivača.

### 6.1. Rubni uvjeti

Materijal, dimenzije, mase i tehnologija izrade osnova su za postavljanje rubnih uvjeta. Tablica 8. prikazuje rubne uvjete

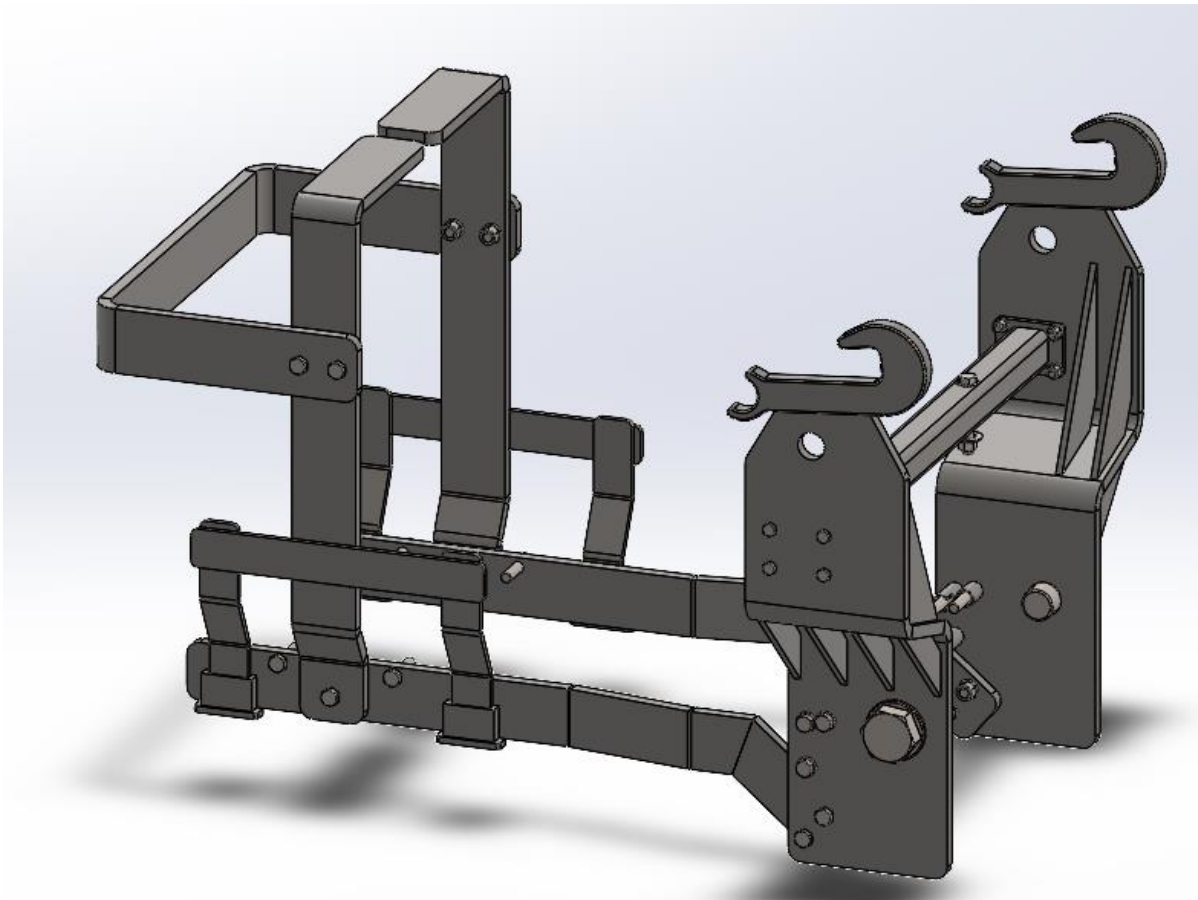
**Tablica 8. Rubni uvjeti**

Snaga traktora [kW]	30 - 50
Maksimalno opterećenje traktora [kg]	3500
Maksimalno opterećenje prednje osovine traktora [kg]	970
Maksimalno opterećenje stražnje osovine traktora [kg]	2500
Minimalna visina podizanja utovarivača [mm]	2400
Maksimalno opterećenje utovarivača [daN]	2600
Maksimalna širina utovarivača [mm]	1660
Minimalna udaljenost između radnog alata i prednjeg dijela traktora [mm]	500
Minimalna udaljenost između zemlje i mjesta prihvata polužnog mehanizma [mm]	1000
Minimalna dubina kopanja ispod zemlje [mm]	50
Materijal	Konstrukcijski čelici (povišene vrijednosti udarne žilavosti, otpornost na krti lom...)

### 6.2. Nosač polužnog mehanizma

Na temelju izabranog koncepta nosača polužnog mehanizma (slika 11.) provedena je konstrukcijska razrada prema odabranom traktoru. Svi dijelovi od kojih je proizveden nosač,

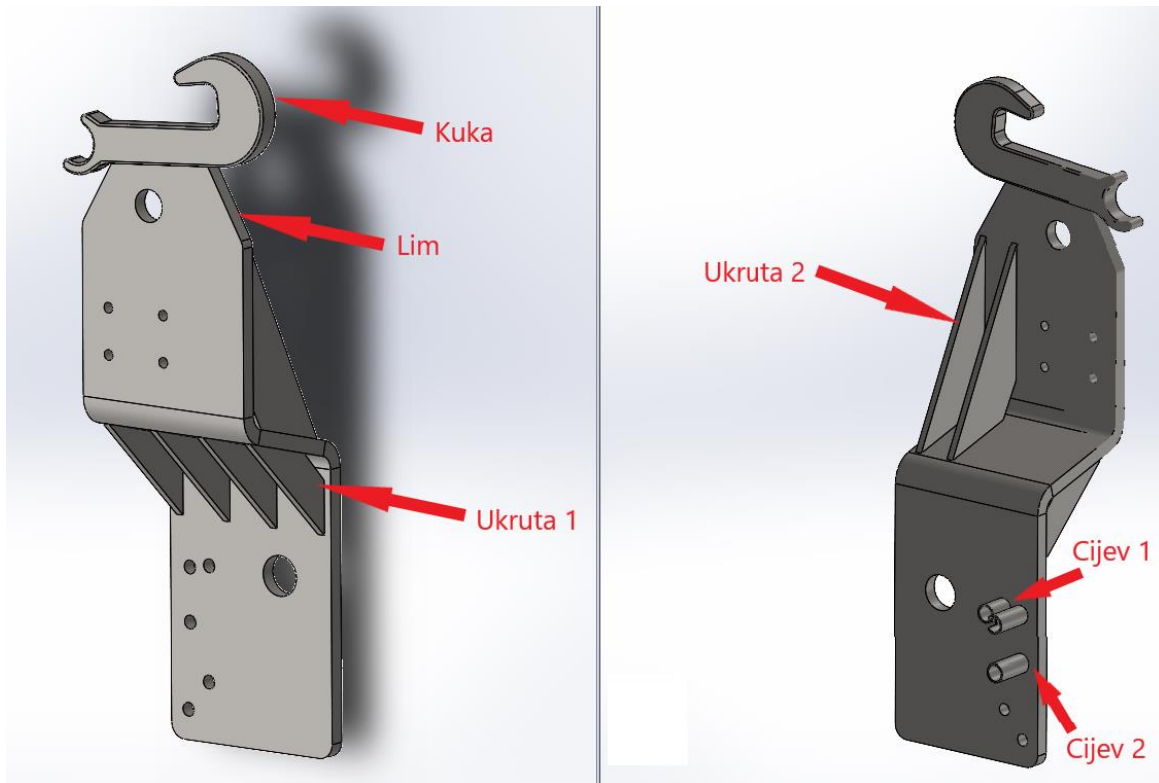
izrađeni su od čelika oznake S355J2H. Slika 23. prikazuje 3D model nosača polužnog mehanizma za Torpedo TD 4506.



Slika 23. Nosač polužnog mehanizma

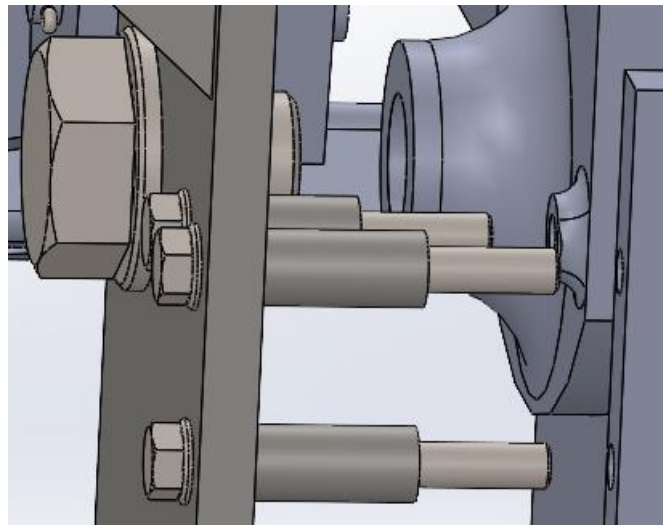
### 6.2.1. Glavni nosač

Nosač polužnog mehanizma sadrži 2 glavna nosača prikazana na slici 24. Na limu debljine 20 mm napravljeni su provrti koji služe za prihvata na traktor, na kvadratni profil i na sporedni nosač. Ispod kuke nalazi se provrt za svornjak, koji osigurava polužni mehanizam od neispadanja. Oblik lima dobiven je savijanjem pravokutnog čelika debljine 20 mm. Prihvat polužnog mehanizma i nosača polužnog mehanizma ostvaruje se pomoću kuke i 2 svornjaka na polužnom mehanizmu (slika 8.). Oblik kuke dobiven je rezanjem čelika debljine 30 mm prema zadanim dimenzijama kuke te je zavarena na lim glavnog nosača. Kako bi se povećala krutost glavnog nosača, iz čelika debljine 10 mm rade se ukrute 1 i 2 te se zavaruju na lim. Iz kataloga [9] uzeta je standardna dimenzija cijevi koja je zatim razrezana na 2 iste dužine i jednu različitu. Cijevi su zavarene na lim zbog različitih ravnina prihvatnih mjesta na traktoru.



Slika 24. Glavni nosač

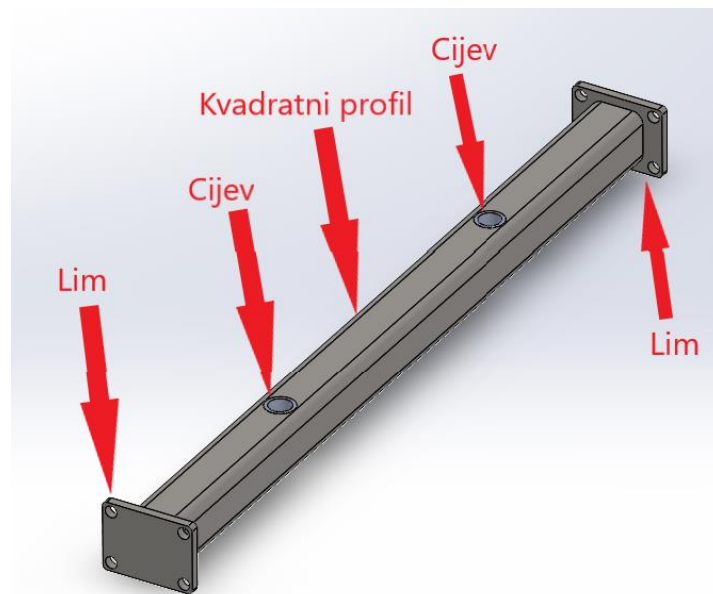
Veza između glavnog nosača (slika 24.) i traktora (slika 21.) prikazana je na slici 25.



Slika 25. Veza glavnog nosača i traktora

### 6.2.2. Način povezivanja glavnih nosača

Iz kataloga [9] izabran je kvadratni profil 60 mm te su izbušena 2 provrta prema dimenzijama provrta na traktoru. U provrte su stavljene cijevi te su zavarene s kvadratnim profilom (slika 26.). Na krajevima kvadratnog profila zavarena su 2 lima debljine 10 mm. Na limovima su izbušeni provrti za vijke.



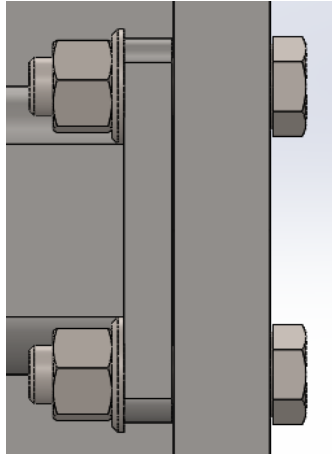
**Slika 26. Kvadratni profil**

Veza između kvadratnog profila (slika 26.) i traktora (slika 19.) prikazana je na slici 27.



**Slika 27. Veza kvadratnog profila i traktora**

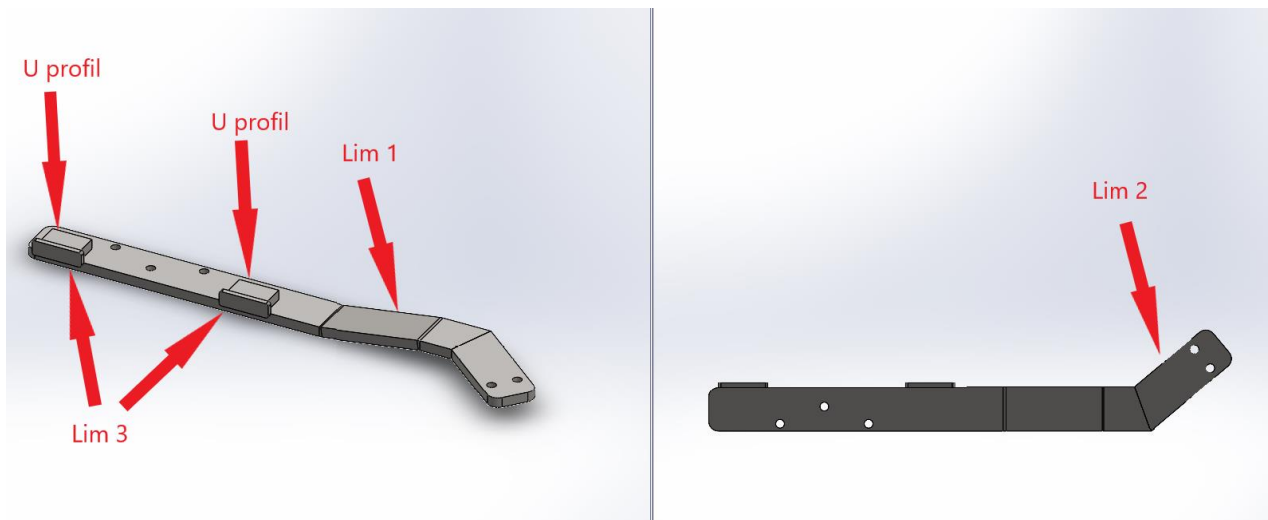
Spoj glavnog nosača (slika 24.) i kvadratnog profila (slika 26.) prikazan je na slici 28.



Slika 28. Veza kvadratnog profila i glavnog nosača

### 6.2.3. Sporedni nosač

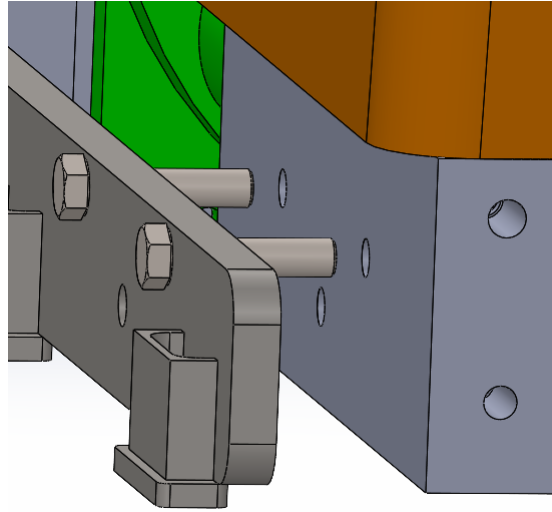
Lim 1 dobiven je savijanjem pravokutnog čeličnog profila debljine 20 mm i širine 100 mm prema Strojarskom priručniku[8]. Lim 1 i lim 2 povezani su zavarivanjem te su izbušeni provrti za vijke (slika 29.) Iz b2 metal kataloga[9] uzet je profil UPE 80 te je nakon modificiranja zavaren na lim 1. Na jednom kraju U profila zavaren je lim 3. Lim 3 i U profil služe za pozicioniranje držača zaštitnog lima.



Slika 29. Sporedni nosač

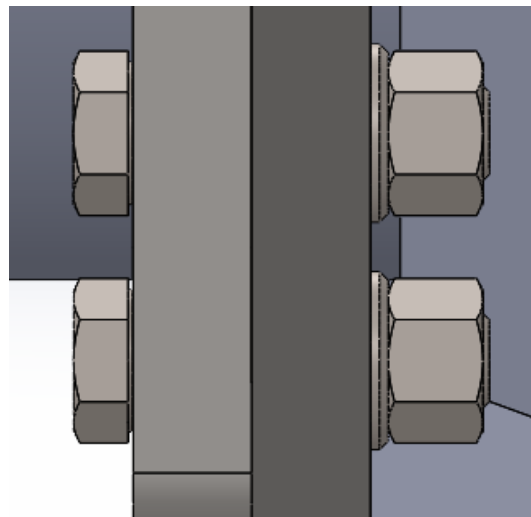
Veza između traktora (slika 22.) i sporednog nosača prikazana je na slici 30.





**Slika 30. Veza sporednog nosača i traktora**

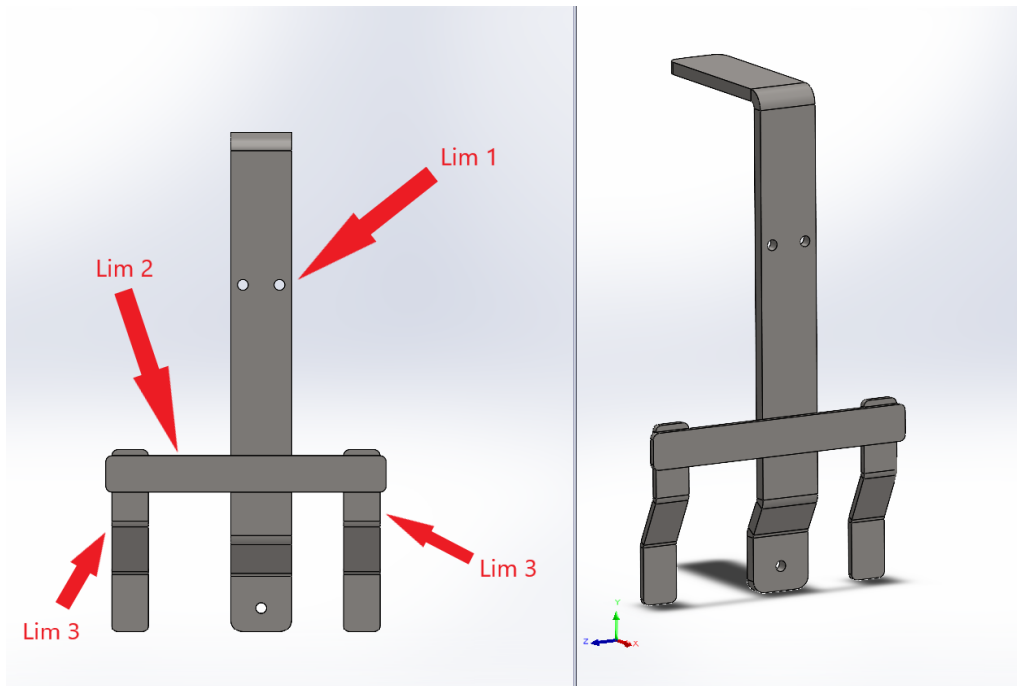
Spoj sporednog nosača(slika 29.) i glavnog nosača(slika 24.) prikazana je na slici 31.



**Slika 31. Veza sporednog nosača i glavnog nosača**

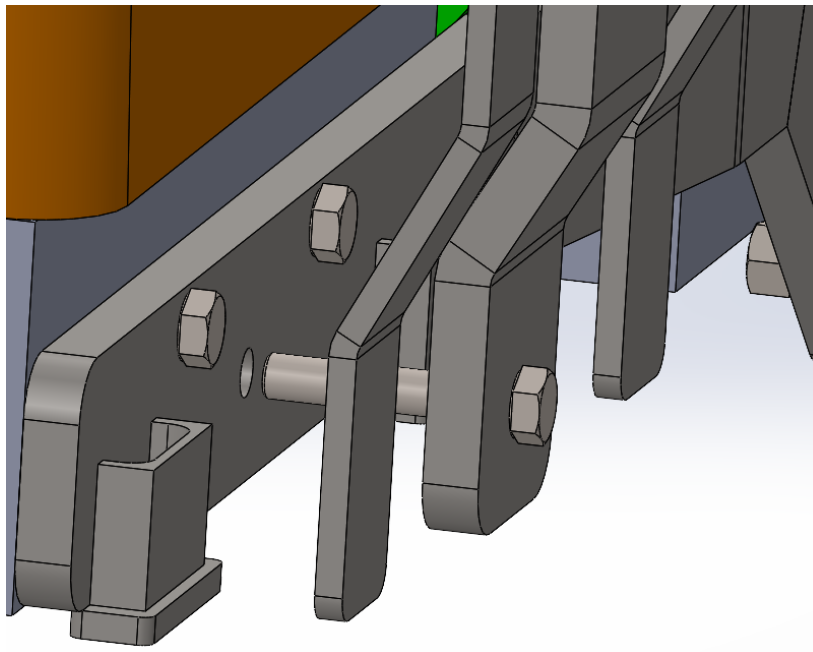
#### **6.2.4. Držać zaštitnog lima**

Zaštitni lim ugrađuje se radi zaštite poklopca motora traktora ukoliko dođe do ispadanja predmeta s radnog alata utovarivača. Lim 1 izrađen je savijanjem plosnatog čelika debljine 20 mm i širine 100 mm. Plosnati čelik debljine 10 mm i širine 60 mm korišten je za izradu lima 2 i savijanje lima 3. Na krajevima lima 2 zavareni su limovi 3. Lim 1 i lim 2 povezani su zavarivanjem(slika 32.). Za povezivanje držača zaštitnog lima s traktorom i zaštitnim limom probušeni su provrti za vijke na limu 1.



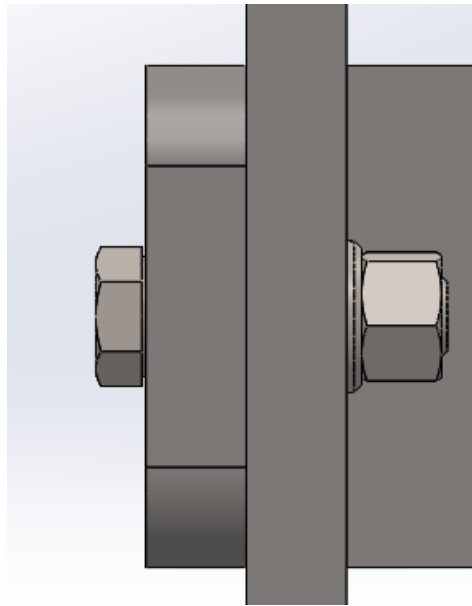
Slika 32. Držać zaštitnog lima

Slika 33. prikazuje ugradnju držača zaštitnog lima na traktor(slika 22.).



Slika 33. Veza držača zaštitnog lima i traktora

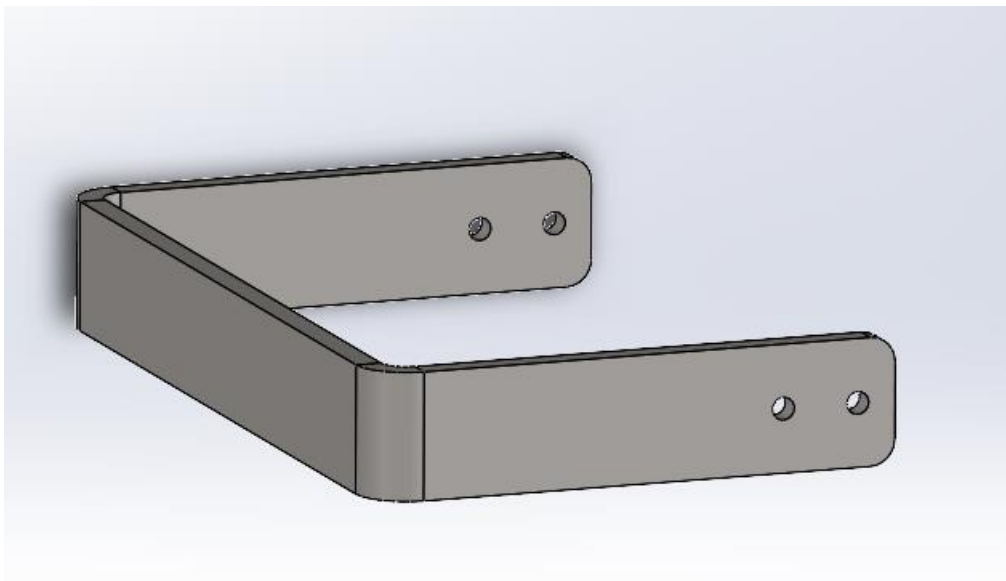
Veza držača(slika 32.) i zaštitnog lima(slika 35.) prikazana je na slici 34.



Slika 34. Veza držača i zaštitnog lima

### 6.2.5. Zaštitni lim

Plosnati čelik debljine 20 mm i širine 100 mm savija se na određenim mjestima kako bi se dobio zaštitni lim (slika 35.).



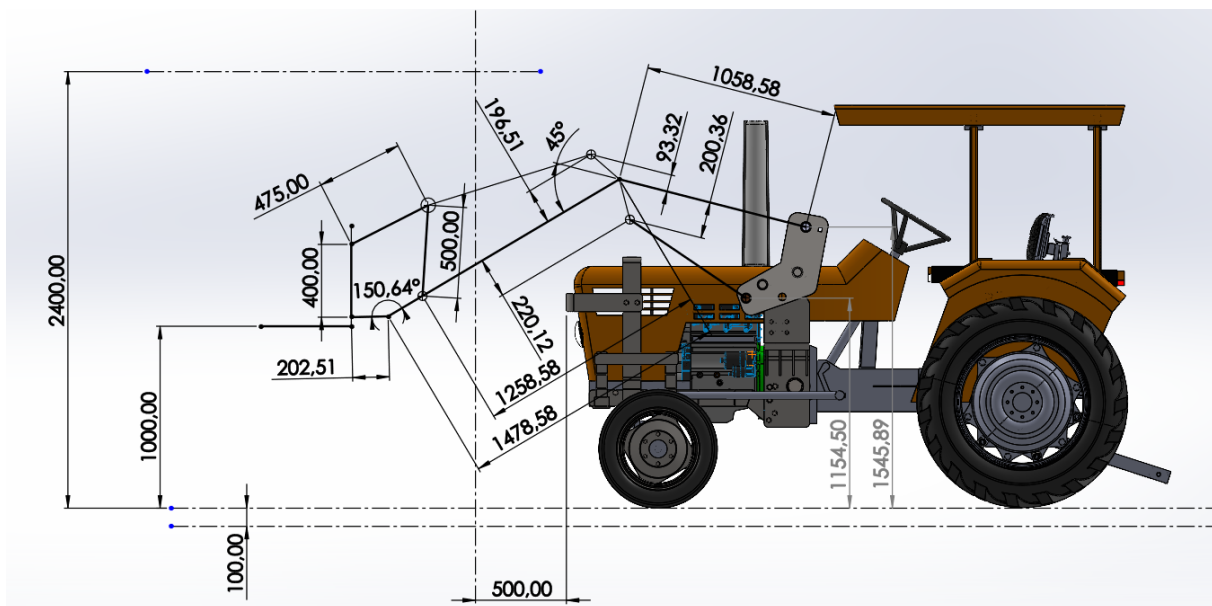
Slika 35. Zaštitni lim

### 6.3. Polužni mehanizam

Mjesto ugradnje polužnog mehanizma na nosač ulazi u ulazne parametre za dimenzioniranje polužnog mehanizma. Konstrukcija polužnog mehanizma provedena je na način da je prvo napravljen model polužnog mehanizma s rubnim uvjetima. Zatim je rađen oblik konstrukcije od mjesta prihvata polužnog mehanizma na nosač. Dimenzije konstrukcije prilagođavaju se na temelju određenih rubnih uvjeta. Nakon obuhvaćenih rubnih uvjeta slijedi izbor hidrauličkih cilindara. Zbog toga što hidraulični cilindri imaju svoje rubne uvjete treba biti oprezan da ne dođe do nepodudaranja između hidrauličnih cilindara i konstrukcije polužnog mehanizma. Nakon izbora cilindara i eventualnih promjena konstrukcije slijedi konstrukcijska razrada polužnog mehanizma.

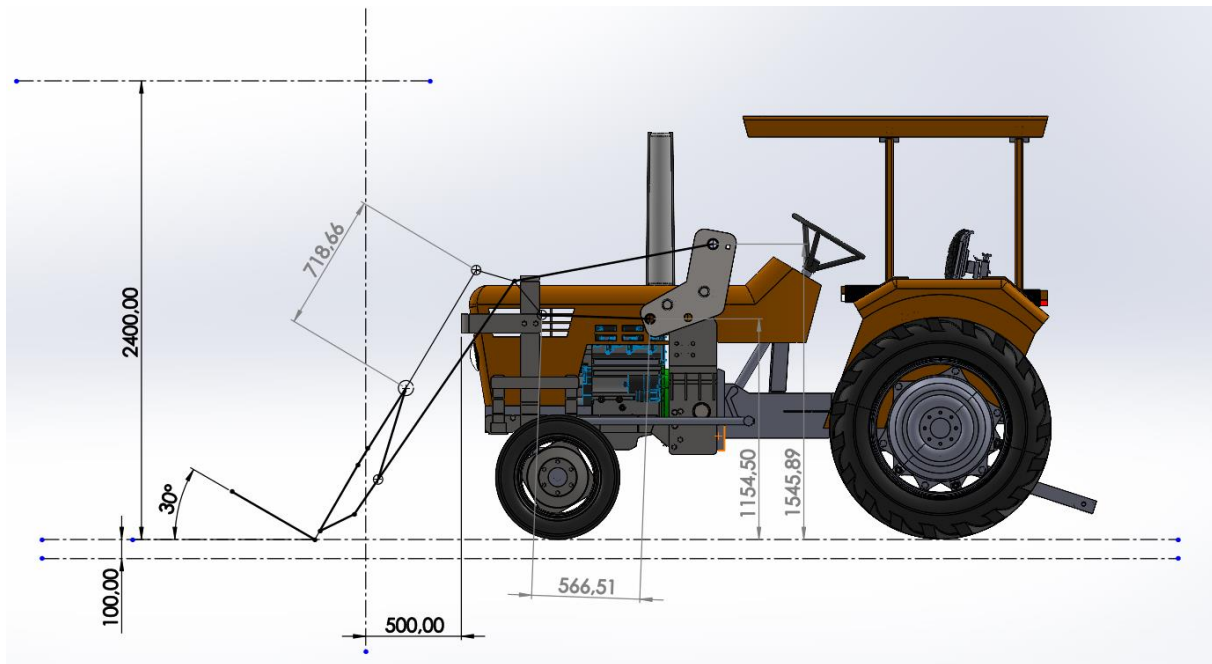
#### 6.3.1. Izbor hidrauličkih cilindara

U programskom 3D programu SolidWorks napravljen je približan model konstrukcije polužnog mehanizma u kojem su obuhvaćeni svi određeni rubni uvjeti (tablica 8.). Slika 36. prikazuje početni model polužnog mehanizma.

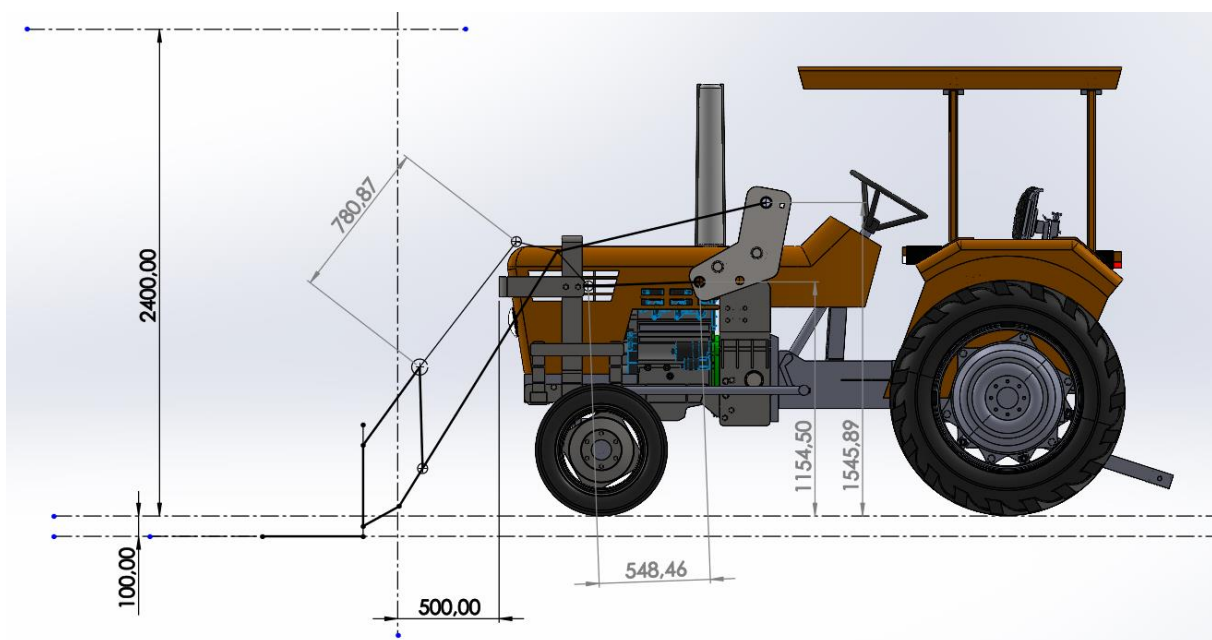


Slika 36. Početni model polužnog mehanizma

Nakon što su definirane dimenzije konstrukcije potrebno je odrediti maksimalnu i minimalnu dimenziju hidrauličkih cilindara. Ukupno konstrukcija sadrži 4 hidraulička cilindra: 2 za mehanizam okretanja radnog alata i 2 za dizanje ruku polužnog mehanizma. Minimalna duljina cilindra za mehanizam okretanja radnog alata dobivena je pri maksimalnom zakretu radnog alata na zemlji. Slika 37. prikazuje minimalnu duljinu hidrauličkog cilindra za mehanizam okretanja radnog alata.



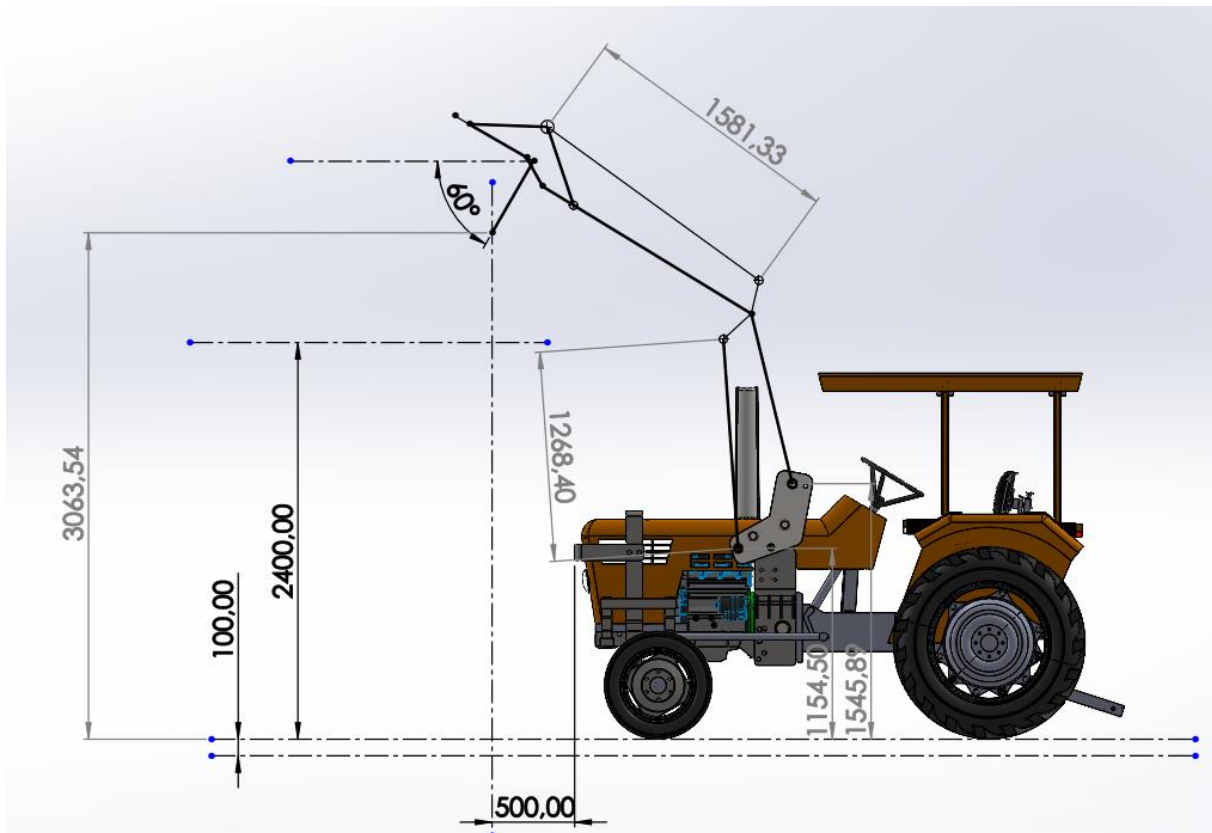
**Slika 37.**      **Maksimalni kut otkolona radnog alata na zemlji (prije odabranih hidrauličkih cilindara)**  
 Minimalna duljina cilindra za dizanje ruke polužnog mehanizma dobivena je pri minimalnoj dubini kopanja. Slika 38. prikazuje minimalnu duljinu hidrauličkog cilindra za dizanje ruke polužnog mehanizma.



**Slika 38.**      **Maksimalna dubina ispod zemlje (prije odabranih hidrauličkih cilindara)**

Maksimalna duljina cilindra za dizanje ruke polužnog mehanizma dobivena je pri maksimalnoj visini radnog alata, dok je maksimalna duljina hidrauličkog cilindra za mehanizam okretanja radnog alata dobivena pri maksimalnom zakretu radnog alata na maksimalnoj visini. Slika 39.

prikazuje maksimalnu duljinu cilindra za dizanje ruke polužnog mehanizma i za mehanizam okretanja radnog alata.



Slika 39. Maksimalni kut otklona radnog alata na najvišoj visini (prije odabranih hidrauličkih cilindara)

Prema dobivenim vrijednostima dimenzija hidrauličkih cilindara iz slike 37., 38. i 39. uočeno je da ne postoji cilindar na tržištu, a da zadovoljava prikazane dimenzije cilindara. Prema tome metodom pokušaja i pogreške izabrani su hidraulički cilindri te se je prema njima dimenzionirala konstrukcija polužnog mehanizma. Iz kataloga tvrtke Rosi Teh [10] odabrani su hidraulički cilindri. Osim dimenzija, za izbor cilindara potrebna nam je sila koju je potrebno savladati. Maksimalna sila potreban za dizanje ruku polužnog mehanizma izračunata je u poglavlju 7.1 te njezina vrijednost iznosi  $F_A = 50449$  N. Izabran je cilindar Rosi Teh Hole 70/40-550 te su njegovi tehnički podaci predstavljeni u tablici 9.

Tablica 9. Hidraulički cilindar Rosi Teh Hole 70/40-550 [10]

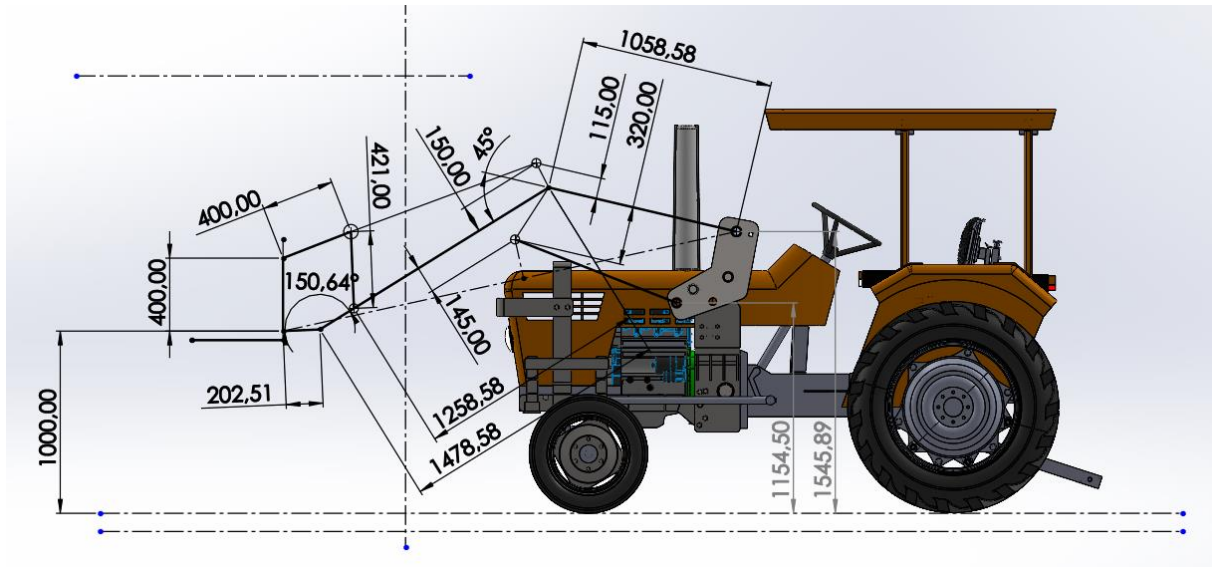
<b>Minimalna duljina cilindra između 2 provrta [mm]</b>	760
<b>Hod cilindra [mm]</b>	550
<b>Vanjski promjer cilindra [mm]</b>	80
<b>Promjer klipa [mm]</b>	40
<b>Maksimalna brzina [m/s]</b>	0,5
<b>Maksimalni pritisak [bar]</b>	250
<b>Snaga izvlačenja cilindra kod 250 bara [t]</b>	9,62
<b>Snaga izvlačenja cilindra kod 180 bara [t]</b>	6,92
<b>Snaga skupljanja cilindra kod 180 bara [t]</b>	4,66
<b>Snaga skupljanja cilindra kod 250 bara [t]</b>	6,48

Sila za okretanje radnog alata uzeta je tako da se maksimalno dozvoljeno opterećenje (26000 N) podijeli na 2 cilindra. Tako za jedan cilindar maksimalna sila iznosi  $F_{opt}/2 = 13000$  N. Prema tome izabran je Rosi Teh Hole 40/25-700 [10]. Tehnički podaci cilindra navedeni su u tablici 10.

Tablica 10. Hidraulički cilindar Rosi Teh Hole 45/25-700 [10]

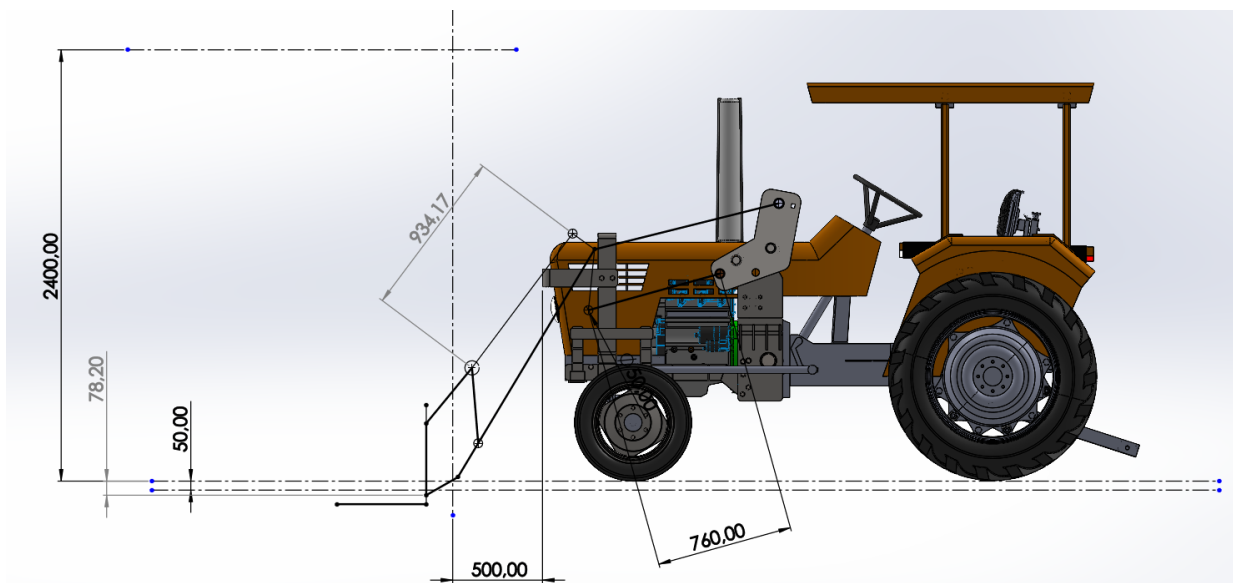
<b>Minimalna duljina cilindra između 2 provrta [mm]</b>	870
<b>Hod cilindra [mm]</b>	700
<b>Vanjski promjer cilindra [mm]</b>	50
<b>Promjer klipa [mm]</b>	25
<b>Maksimalna brzina [m/s]</b>	0,5
<b>Maksimalni pritisak [bar]</b>	250
<b>Snaga izvlačenja cilindra kod 250 bara [t]</b>	3,14
<b>Snaga izvlačenja cilindra kod 180 bara [t]</b>	2,26
<b>Snaga skupljanja cilindra kod 180 bara [t]</b>	1,38
<b>Snaga izvlačenja cilindra kod 250 bara [t]</b>	1,91

Hidraulički cilindri imaju veću nosivost od potrebnih sila za granično opterećenje polužnog mehanizma stoga njihov proračun nije potreban. Konačne dimenzije konstrukcije polužnog mehanizma nakon ugradnje izabranih hidrauličnih cilindara prikazane su na slici 40..



Slika 40. Konačni model polužnog mehanizma

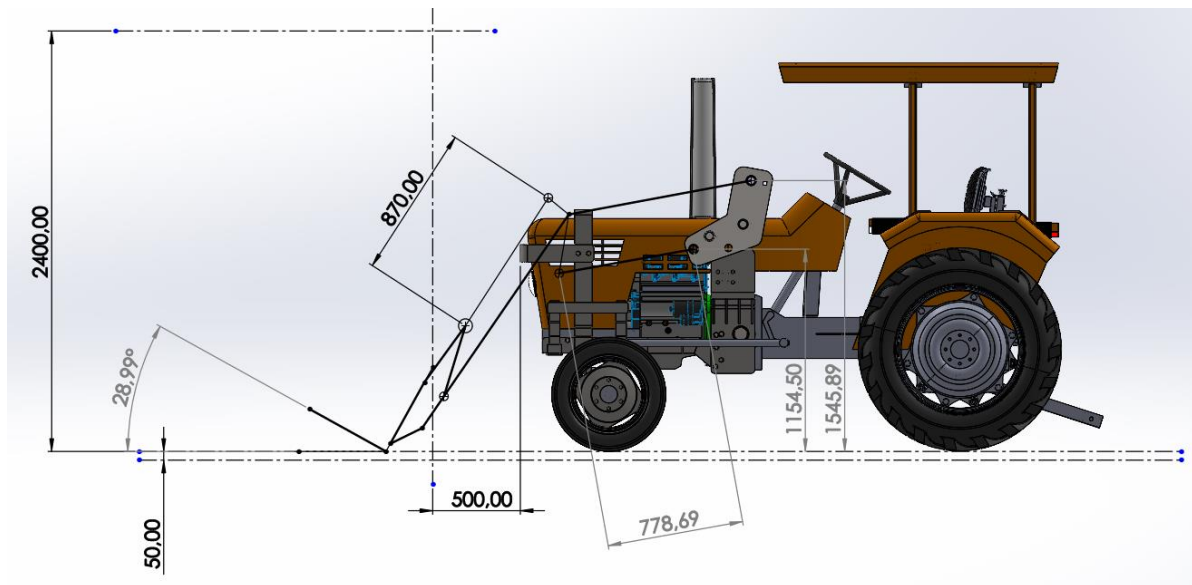
Prema definiranoj konstrukciji očitana je maksimalna dubina ispod zemlje, maksimalni zakret radnog alata na zemlji, maksimalni zakret radnog alata na maksimalnoj visini i maksimalna visina podizanja tereta. Slika 41. prikazuje maksimalnu dubinu ispod zemlje od oslonca mehanizma okretanja radnog alata pri minimalnoj duljini hidrauličkog cilindra za dizanje ruke polužnog mehanizma.



Slika 41. Maksimalna dubina ispod zemlje (nakon odabranih hidrauličkih cilindara)

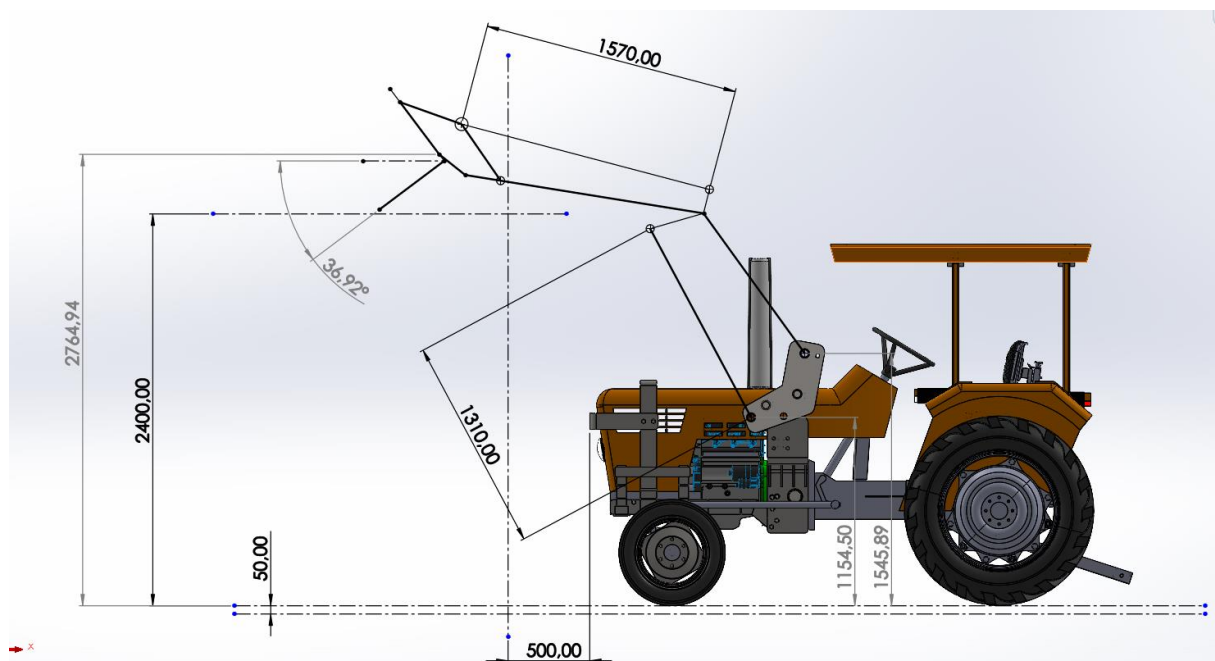


Slika 42. prikazuje maksimalni kut zakreta radnog alata na zemlji pri minimalnoj duljini hidrauličkog cilindra za mehanizam okretanja radnog alata.



Slika 42. Maksimalni kut otkolona radnog alata na zemlji (nakon odabranih hidrauličkih cilindara)

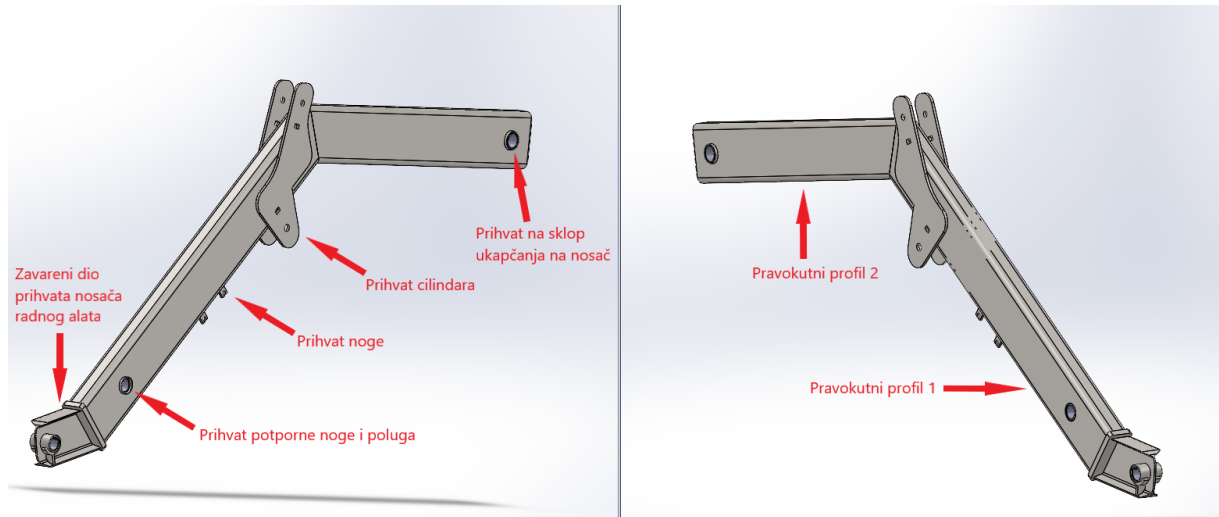
Slika 43. prikazuje maksimalni kut zakreta radnog alata na maksimalnoj visini podizanja tereta pri maksimalnoj duljini oba hidraulička cilindra. Maksimalna visina podizanja tereta mjerena je s obzirom na svornjak okretanja mehanizma radnog alata.



Slika 43. Maksimalni kut otklona radnog alata na najvišoj visini i maksimalna visina podizanja tereta (nakon odabranih hidrauličkih cilindara)

### 6.3.2. Konstrukcija ruke polužnog mehanizma

Polužni mehanizam sastavljen je od nekoliko dijelova koji su spojeni zavarivanjem. Slika 44. prikazuje jednu ruku polužnog mehanizma i mjesta prihvata dijelova koji su povezani rukom polužnog mehanizma.



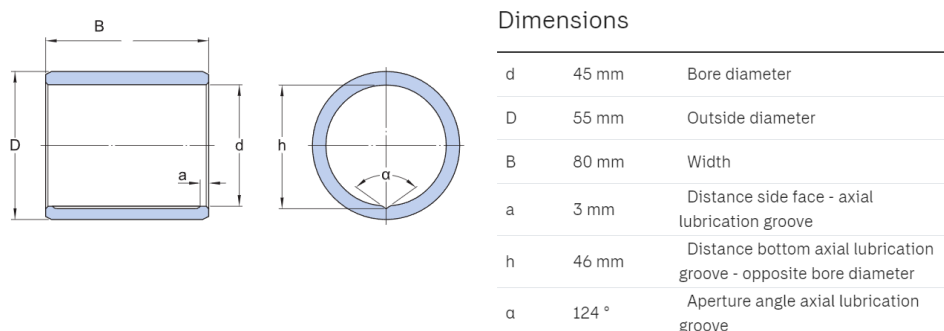
Slika 44. Ruka polužnog mehanizma

Dva pravokutna profila dimenzije 200x80 i debljine 8 mm (pravokutni profil 1 i 2 uzeti iz kataloga b2 metal [9]) međusobno su zavarena pod određenim kutom. Na jednom kraju pravokutnog profila 2 probušen je provrt te je u njega stavljena i zavarena precizna cijev (vanjskog promjera 65 mm i debljine 3,5 mm) koja je uzeta iz kataloga tvrtke Strojopromet [12]. Prije zavarivanja cijev je obrađena na potrebnu dimenziju. Ruka polužnog mehanizma i sklop prihvata polužnog mehanizma na nosač povezani su svornjakom. U cijev je uprešan klizni ležaj kako bi se smanjilo trošenje svornjaka. Klizni ležaj odabran je prema SKF katalogu s obzirom na promjer svornjaka. Slika 45. prikazuje podatke o odabranom ležaju SKF PBM 5060100 M1G1.

Dimensions		
d	50 mm	Bore diameter
D	60 mm	Outside diameter
B	100 mm	Width
a	3 mm	Distance side face - axial lubrication groove
h	51 mm	Distance bottom axial lubrication groove - opposite bore diameter
$\alpha$	124 °	Aperture angle axial lubrication groove

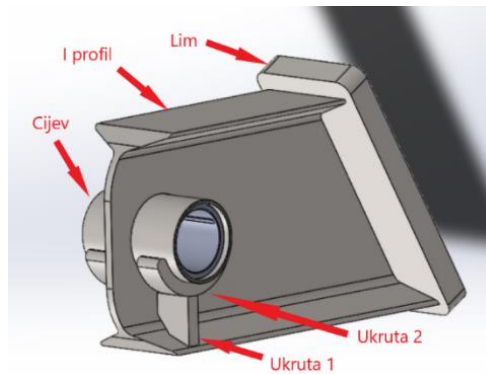
Slika 45. SKF PBM 5060100 M1G1

Kraj pravokutnog profila 2 (bliže zavarenoj cijevi) sadrži zavareni lim kako ne bi došlo do ulaska nečistoća u ruku polužnog mehanizma. Prihvat cilindra konstruiran je na način da su 2 plosnata čelika debljine 10 mm izrezana prema zadanim dimenzijama te su izbušeni provrti za prihvat cilindra. Limovi za prihvat cilindra zavaruju se u blizini spoja dva pravokutna profila svaki s jedne strane. Za osiguranje položaja hidrauličkog cilindra stavljaju se distantni prstenovi. Između hidrauličkog cilindra za mehanizam okretanja radnog alata i lima za prihvat cilindra, distantni prsten izrađen je od cijevi vanjskog promjera 26,9 i debljine 2,3 mm [13]. Između hidrauličkog cilindra za dizanje ruke polužnog mehanizma i lima za prihvat cilindra, distantni prsten izrađen je od cijevi vanjskog promjera 42,4 i debljine 2,6 mm [13]. Tijekom ne korištenja potpornih nogu potrebno je prihvatiti potporne noge kako ne bi smetale tokom rada s utovarivačem. Stoga se na donjoj strani pravokutnog profila zavaruju 2 oblika koja su izrađena savijanjem limova. Spomenuti prihvat sadrže provrte u koje se provlače svornjaci. Pravokutni profil 1 sadrži također provrt u koji je zavarena precizna cijev vanjskog promjera 60 mm (uzeta iz kataloga Strojoprometa [12]). Prije ugradnje u provrt cijev je obrađena te je također uprešan ležaj. Slika 46. prikazuje odabrani ležaj SKF PBM 455580 M1G1.



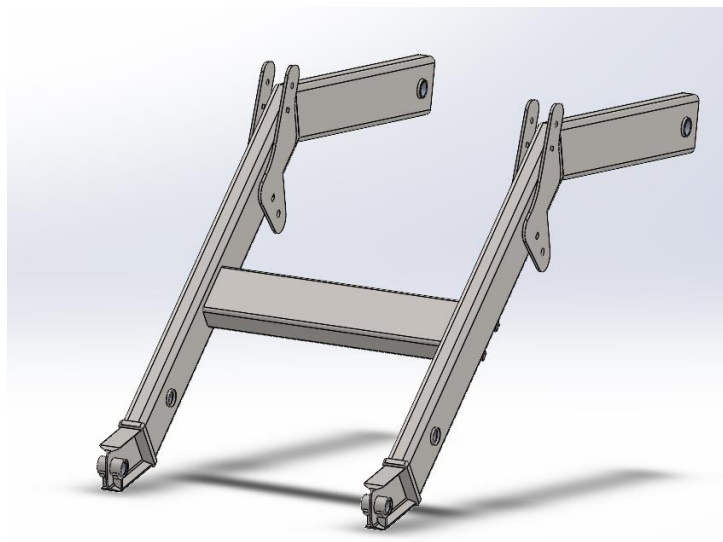
**Slika 46. SKF PBM 455580 M1G1**

Zavareni dio prihвата nosača radnog alata izvedena je na način da je na čelični lim debljine 20 mm zavaren I profil oznake I 160 (uzet iz kataloga b2 metal [9]). Slika 47. prikazuje zavareni dio prihвата nosača radnog alata.



**Slika 47. Zavareni dio prihvata nosača radnog alata**

U I profil napravljen je provrt te je zavarena cijev vanjskog promjera 60 mm. U cijev je uprešan ležaj SKF PBM 455580 M1G1 (slika 46.). Ukruta 2 izrađena je savijanjem čelika debljine 10 mm te je zavarena na cijev. Ukruta 1 proizvedena je rezanjem čelika debljine 10 mm te je zavaren na I profil i ukrutu 2. Stavljanjem ukruta povećala se krutost cijevi. Tako zavareni pod sklop zavaren je na kraj pravokutnog profila 1. Polužni mehanizam sadrži dvije ruke koje je potrebno povezati. Za povezivanje ruku uzet je pravokutni profil 200x100 mm i debljine 6 mm te su na definiranoj poziciji njegovi krajevi zavareni za pravokutni profil 1 i 2. Slika 48. prikazuje spoj ruku polužnog mehanizma i pravokutnog profila 200x100 mm.

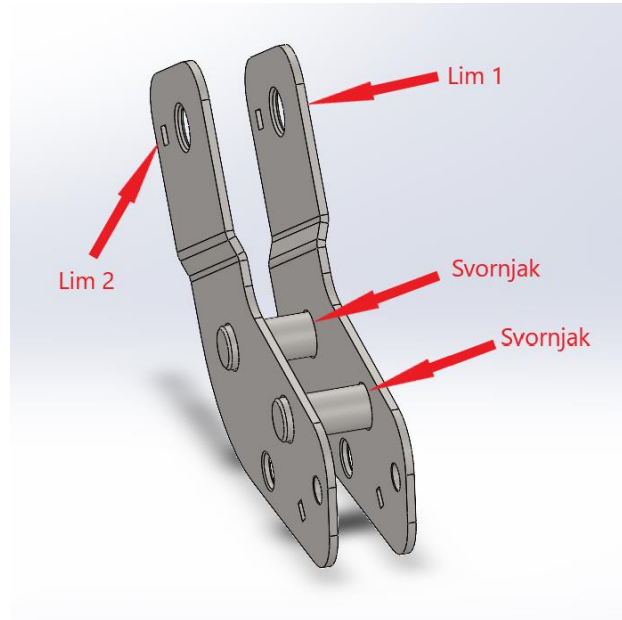


**Slika 48. Spoj ruku polužnog mehanizma**

### **6.3.3. Konstrukcija prihvata polužnog mehanizma na nosač**

Spajanje ruku polužnog mehanizma i hidrauličkog cilindra za dizanje ruku polužnog mehanizma povezani se preko prihvata polužnog mehanizma na nosač. Lim 1 i 2 debljine 10 mm izrezani su i savijeni prema zadanim dimenzijama. Na limu 1 i 2 napravljeni su provrti koji služe za prolazaka svornjaka. Dva svornjaka provučena su kroz provrt te su na svakom kraju

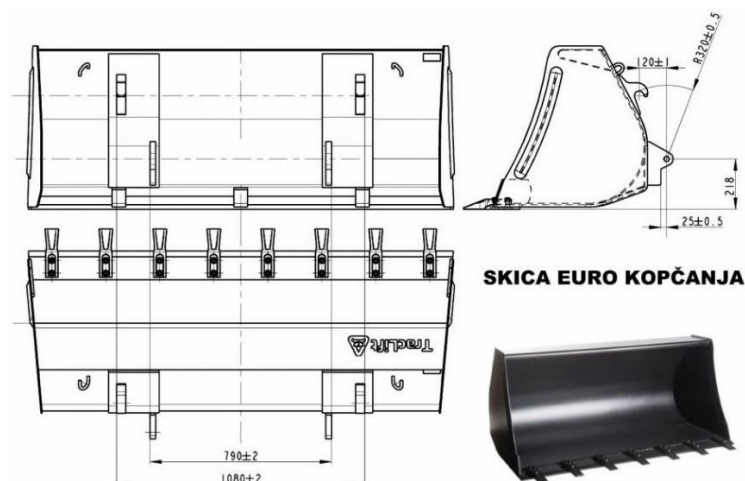
zavareni za lim 1 i 2. Provrti za spajanje prihvata polužnog mehanizma s hidrauličnim cilindrom i rukom polužnog mehanizma buše se nakon zavarivanja svornjaka. Također je potrebno urezati još jedan provrt koji služi za osiguranje od neispadanja polužnog mehanizma s nosača. Na limu 1 i 2 urezuju se urezi koji služe za osiguranje svornjaka od okretanja.



Slika 49. Prihvat polužnog mehanizma na nosač

#### 6.3.4. Konstrukcija prihvata radnog alata

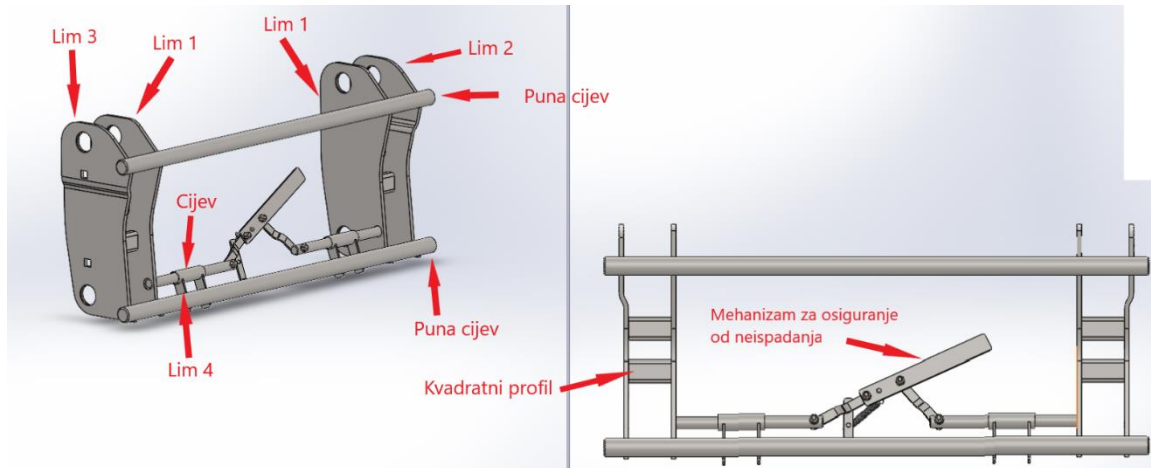
Za lagano ukapčanje i otkapčanje radnog alata konstruiran je mehanizam euro kopčanja. Slika 50. prikazuje dimenzije prihvata radnog alata. Prema navedenim dimenzijama potrebno je dimenzionirati konstrukciju prihvata radnog alata.



Slika 50. Dimenzije euro kopčanja

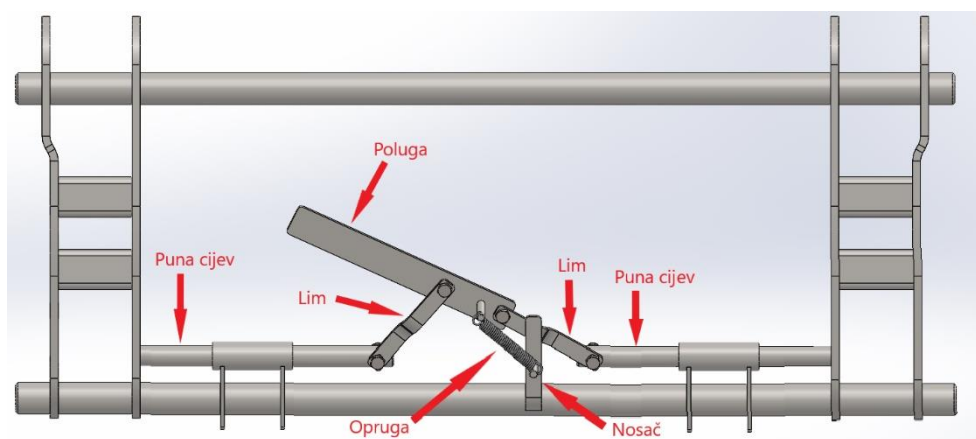
Limovi 1, 2 i 3 debljine 10 mm izrezani su i savijeni prema zadanim dimenzijama te su probušeni provrti za prihvat mehanizma za okretanje radnog alata i ruke polužnog mehanizma.

Limovi 1 i 3 te limovi 1 i 2 povezani su zavarom s 2 pravokutna profila 50x30 mm. Na limove 1, 2 i 3 zavarene su dvije pune cijevi promjera 40 mm. Na donjoj punoj cijevi zavarena su po 2 nosača mehanizma za osiguranje od neispadanja. Spomenuti nosači izrađeni su zavarivanjem dva lima 4 i jedne cijevi. Slika 51. prikazuje konstrukciju prihvat radnog alata.



Slika 51. Prihvat radnog alata

Osiguranje radnog alata od neispadanja osigurano je preko dvije pune cijevi promjera 25 mm. Na svakom kraju pune cijevi probušen je provrt te su cijevi povezane vijčanom vezom s limovima. Limovi su također vijčanom vezom spojeni na polugu. Nosač sprečava rotaciju mehanizma. Poluga i nosač sadrže zavarene šipke koje su povezane preko opruge. Opruga služi da vrati pune cijevi u početni položaj prilikom ne djelovanja sile na polugu. Slika 52. prikazuje mehanizam za osiguranje radnog alata od neispadanja.



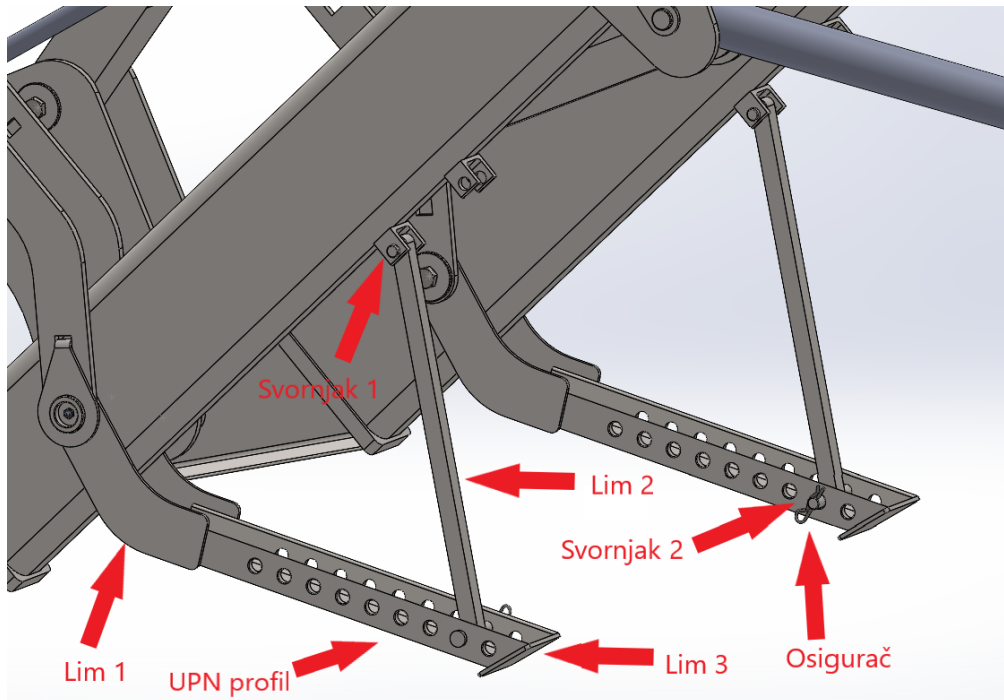
Slika 52. Mehanizam za osiguranje od neispadanja

### 6.3.5. Konstrukcija potporne noge

Potporna noga proizvedena je zavarivanjem profila UPN 80 sa po dva lima 1 na svakoj strani UPN profila. Na kraju UPN profila zavaren je lim 3. Svornjak 1 provučen je kroz provrt nosača lima 2 te je na krajevima zavaren. Lim 2 proizveden je od plosnatog čelika debljine 20 mm, a

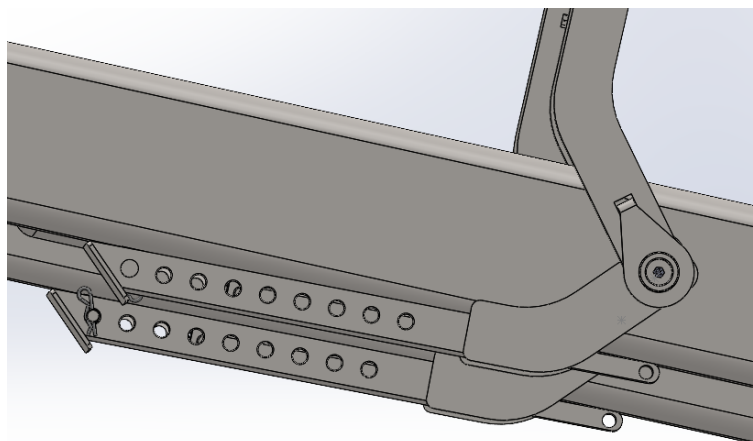


na krajevi su izrađeni provrti za prolazak svornjaka 1 i 2. Svornjak 2 povezuje lim 2 i UPN profil te je na jednom kraju zadebljan dok je na drugom osiguran osiguračem od neispadanja. UPN profil sadrži provrte pomoću kojih se može podešavati visina polužnog mehanizma. Slika 53. prikazuje konstrukciju potporne noge.



Slika 53. Potporna noga

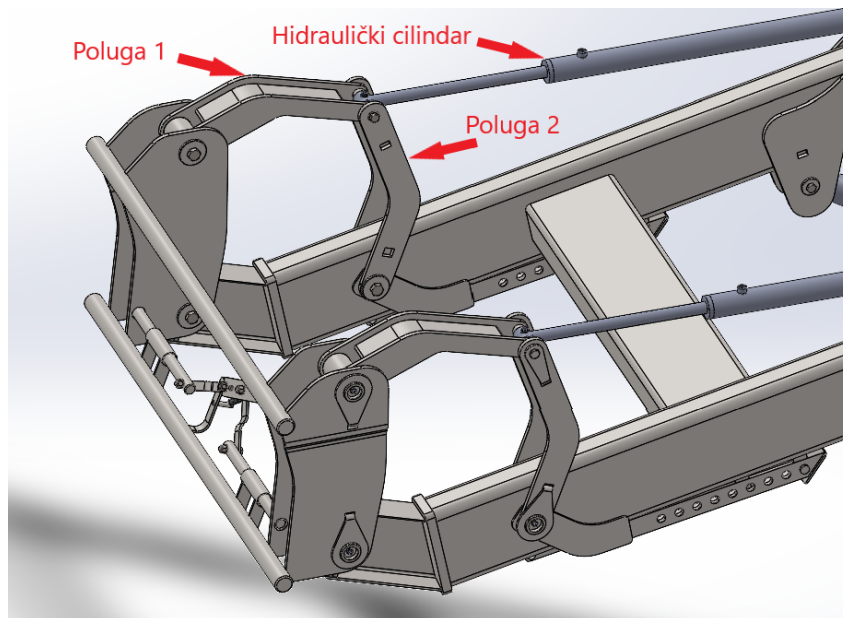
Slika 54. prikazuje potporne noge kada su uvučene kako ne bi ometale rad s utovarivačem.



Slika 54. Uvučene potporne noge

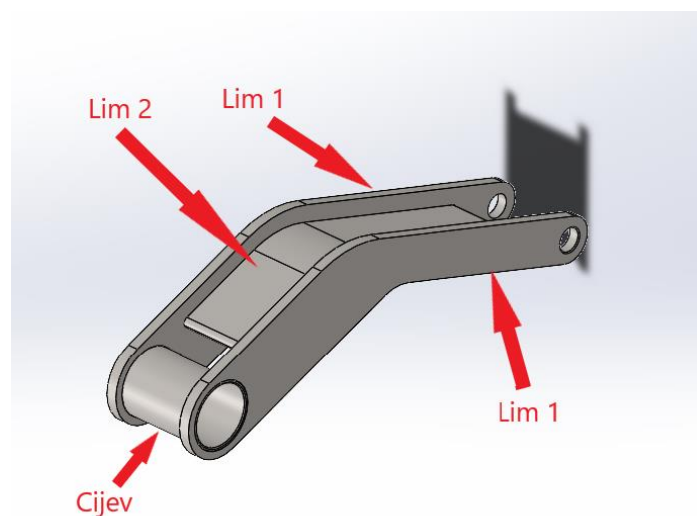
### 6.3.6. Mehanizam za okretanje radnog alata

Mehanizam za okretanje radnog alata konstruiran je tako da su poluga 1 i dvije poluge 2 povezane s hidrauličkim cilindrom preko svornjaka. Poluga 2 izrađena je od čelika debljine 10 mm. Slika 55. prikazuje mehanizam za okretanje radnog alata.



Slika 55. Mehanizam za okretanje radnog alata

Poluga 1 izrađena je zavarivanjem dva lima 1 (debljine 10 mm) s limom 2 (debljine 10 mm). Na svakom kraju poluge 1 probušeni su provrti. U provrt koji je bliži konstrukciji prihвата radnog alata, zavarena je cijev te je u nju uprešan ležaj SKF PBM 455580 M1G1. Slika 56. prikazuje konstrukciju poluge 1.

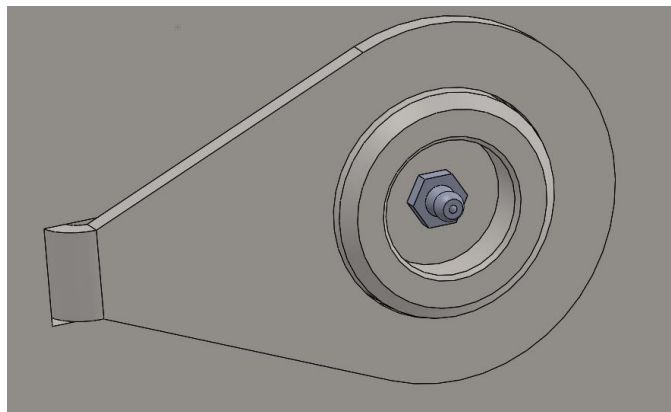


Slika 56. Poluga 1



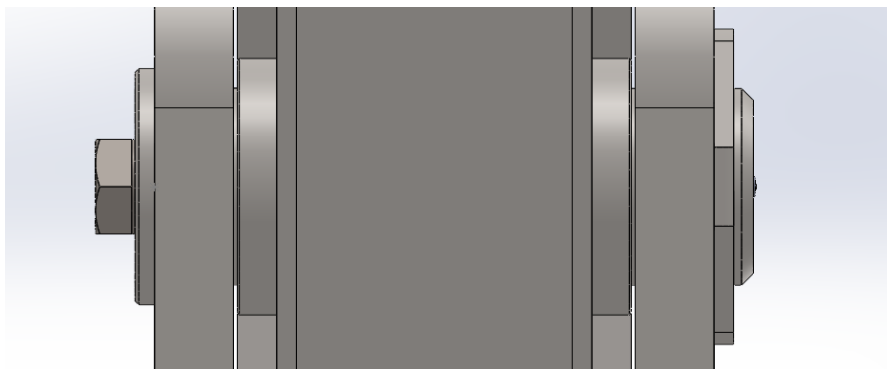
### 6.3.7. Veza dijelova polužnog mehanizma sa svornjakom

Svaki svornjak na polužnom mehanizmu povezan je na isti princip. Lim debljine 5 mm na jednom kraju je savijen dok je na drugom probušen provrt. Kroz provrt lima se provlači svornjak te se na kraju zavaruje. Kraj svornjaka na kojem se zavario lim sadrži navoj M10 u koji se ubacuje prihvat za mazalicu izabranu prema DIN 71412. Prihvat za mazalicu se ugrađuje kako bi se omogućilo podmazivanje kliznih ležajeva. Stoga kroz svornjak je potrebno izbušiti provrte koji vode do ležajeva. Na drugi kraj svornjaka urezan je navoj. Kako bi se na primjer povezala ruka polužnog mehanizma s konstrukcijom prihvata polužnog mehanizma na nosač, potrebno je najprije osigurati njihove pozicije na način da svornjak može slobodno ulaziti. Zatim se provlači svornjak do dodira lima s drugom površinom te se savijeni dio ubacuje u urez kako se svornjak ne bi okretao. Na drugi kraj ubacuje se vijak s pločicom te se ključem zategne kako ne bi došlo do ispadanja svornjaka. Slika 57. prikazuje spoj lima sa svornjakom te spoj prihvata za mazalicu i svornjaka.



Slika 57. Prikaz svornjaka pozicija 1

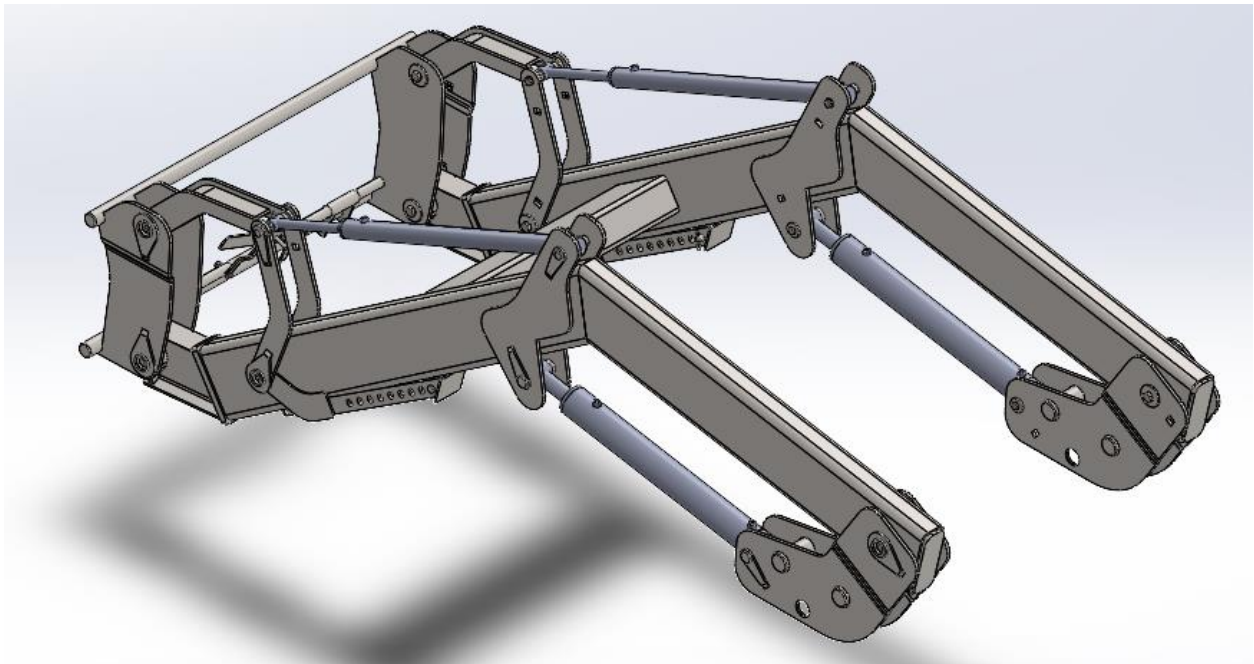
Slika 58. prikazuje jedan primjer spajanja svornjaka s odgovarajućim dijelovima polužnog mehanizma.



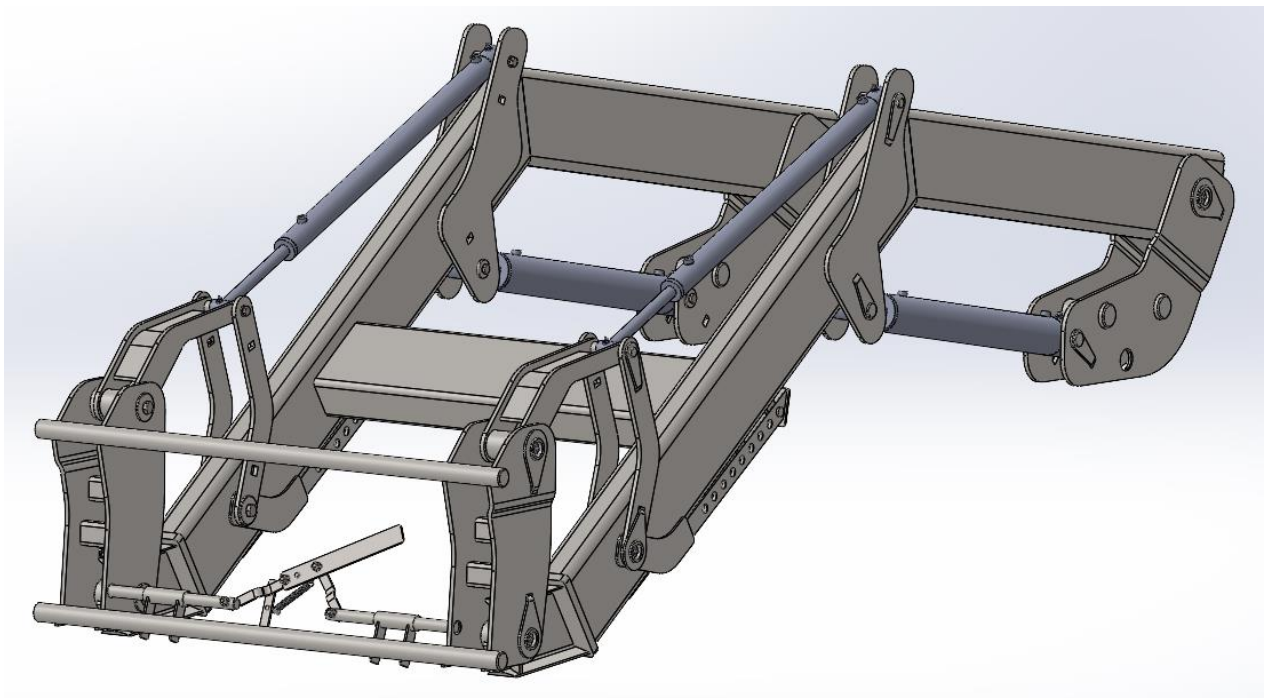
Slika 58. Prikaz svornjaka pozicija 2

### 6.3.8. Prikaz polužnog mehanizma

Prikaz cijele konstrukcije polužnog mehanizma s hidrauličnim cilindrima prikazan je na slikama 59. i 60.



Slika 59. Polužni mehanizam pozicija 1



Slika 60. Polužni mehanizam pozicija 2

## 7. PRORAČUN NESTANDARDNIH DIJELOVA

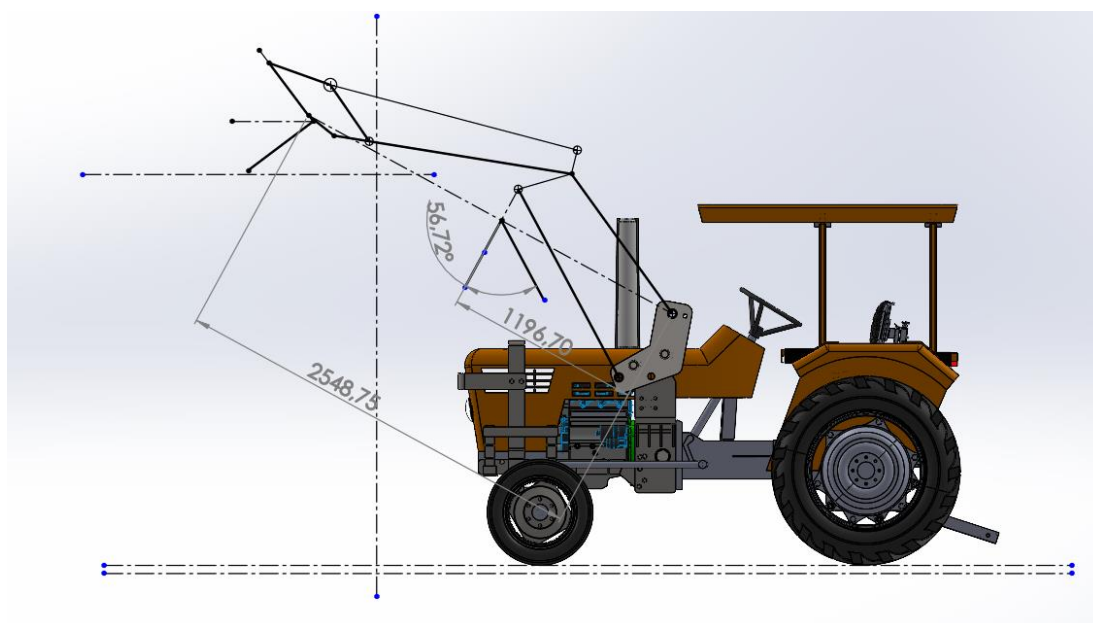
Prilikom izrade konstrukcije razrade korišteni su čelični poluproizvodi. Odabrani materijal čeličnih poluproizvoda je opći konstrukcijski čelik S355J2H (Č 0562). Materijal je izabran prema preporukama knjige Građevinski strojevi [1], a i s obzirom na dostupnost poluproizvoda na tržištu. Mehanička svojstva čelika S355J2H prikazana su u tablici 11., a vrijednosti su izvučene iz strojarskog priručnika [8].

Tablica 11. Mehanička svojstva čelika S355J2H

Dopušteno dinamičko tlačno naprezanje pri naizmjeničnom promjenjivom opterećenju $\sigma_{dop}$ [MPa]	130
Granica tečenja $R_{p0,2}$ [MPa]	380
Modul elastičnosti $E$ [MPa]	210000

### 7.1. Opterećenje ruke polužnog mehanizma

Polužni mehanizma sastoji se od dvije ruke koje su međusobno povezane profilom. Ruka polužnog mehanizma opterećena je polovicom težine tereta na radnom alatu raspoređenog na dva oslonca. Oslonac prihvata hidrauličkog cilindra za dizanje i ruke polužnog mehanizma je čvrsti (oslonac A), također čvrsti oslonac je na mjestu prihvata ruke polužnog mehanizma i konstrukcije prihvata polužnog mehanizma na nosač (oslonac B). Slika 61. prikazuje dimenzije grede na modelu koja se koristi za proračun.



Slika 61. Prikaz dimenzija grede na modelu

U rubnim uvjetima zadano je maksimalno opterećenje utovarivača koje iznosi  $F_{opt} = 26000$  N za kategoriju traktora od 30-50 kW. Prema tome jedna ruka polužnog mehanizma maksimalno smije biti opterećena silom iznosa  $F_{opt}/2 = 13000$  N.

Uvjeti ravnoteže:

$$\sum F_x = 0; \quad F_{hA} + F_{hB} = 0, \quad (1)$$

$$\sum F_z = 0; \quad \frac{F_{opt}}{2} - F_{vA} - F_{vB} = 0, \quad (2)$$

$$\sum M_B = 0; \quad \frac{F_{opt}}{2} \cdot (l_1 + l_2) - F_{vA} \cdot l_2 = 0. \quad (3)$$

Nakon uvrštavanja poznatih veličina:

$$\sum F_z = 0; \quad \frac{26000}{2} - F_{vA} - F_{vB} = 0, \quad (4)$$

$$\sum M_B = 0; \quad \frac{26000}{2} \cdot 2,549 - F_{vA} \cdot 1,197 = 0. \quad (5)$$

Iz izraza (3) i (4) izračunate su reakcije u osloncima:

$$F_{vA} = 27683 \text{ N}, \quad (6)$$

$$F_{vB} = -14683 \text{ N}, \quad (7)$$

$$F_{hA} = -F_{hB}. \quad (8)$$

Pomoću slike 61. očitamo kut između sile u cilindru ( $F_A$ ) i vertikalne sile  $F_{vA}$ . Stoga sila u cilindru  $F_A$  iznosi:

$$\cos 56,72 = \frac{F_{vA}}{F_A}, \quad (9)$$

$$F_A = \frac{F_{vA}}{\cos 56,72} = \frac{27683}{\cos 56,72}, \quad (10)$$

$$F_A = 50449 \text{ N}. \quad (11)$$

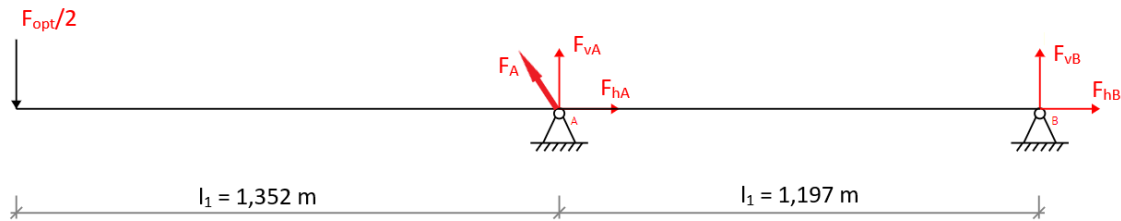
Horizontalna sila iznosi;

$$\sin 56,72 = \frac{F_{hA}}{F_A}, \quad (12)$$

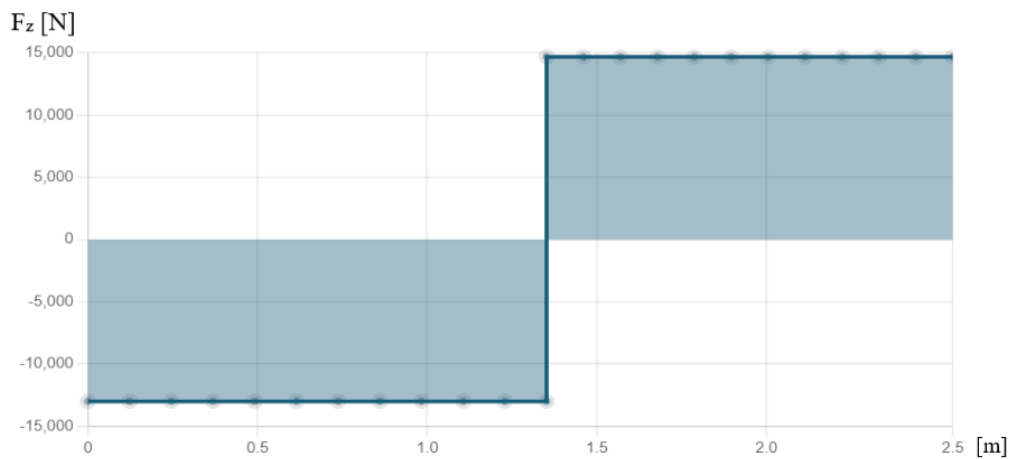
$$F_{hA} = F_A \cdot \sin 56,72 = 50449 \cdot \sin 56,72 , \quad (13)$$

$$F_{hA} = 42176 \text{ N}. \quad (14)$$

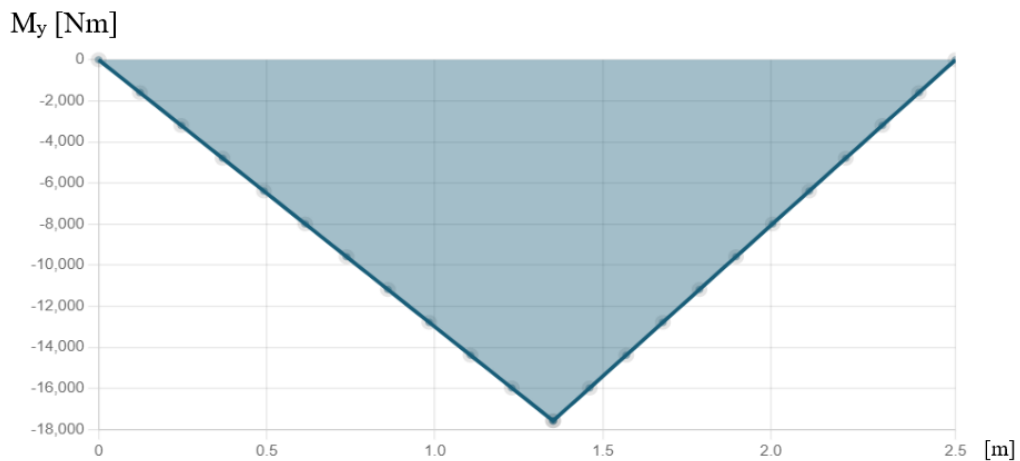
Slika 62. prikazuje ruku polužnog mehanizma kao gredu na dva oslonca. Raspodjela poprečnih sila i momenata savijanja prikazani su na slikama 63. i 64..



**Slika 62. Prikaz ruke polužnog mehanizma kao grede na dva oslonca**



**Slika 63. Dijagram poprečnih sila**



**Slika 64. Dijagram momenata savijanja**

## 7.2. Proračun nosivog elementa

Utovarivač podiže teret iznad uzdužne osi ruku polužnog mehanizma pa se prema tome najveća opterećenja javljaju u vertikalnoj ravnini. U horizontalnoj ravnini opterećenje je znatno manje nego u vertikalnoj pa se neće provoditi proračun u horizontalnoj ravnini. Profil ruke polužnog mehanizma opterećen je na savijanje uslijed maksimalnog opterećenja utovarivača. Najveći moment savijanja nalazi se u osloncu B prema dijagramu na slici 64. Moment u osloncu B iznosi:

$$M_B = \frac{F_{opt}}{2} \cdot 1,352, \quad (15)$$

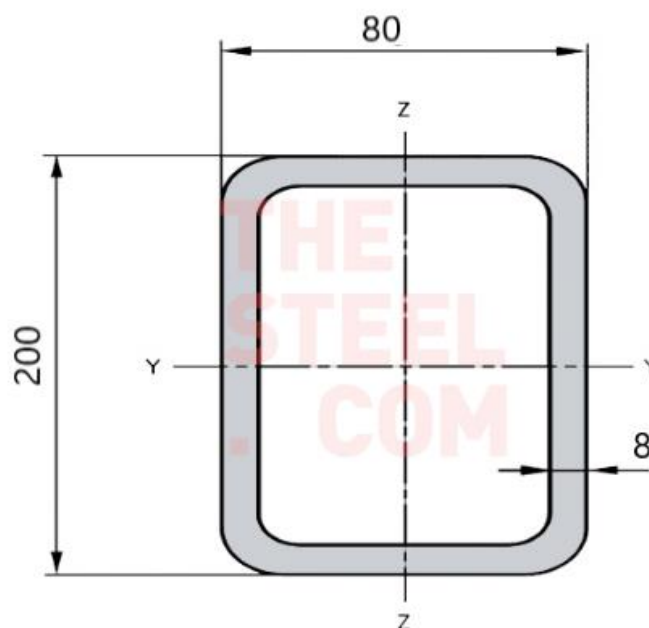
$$M_B = 17576 \text{ Nm}. \quad (16)$$

Odabir profila provodi se prema momentu otpora, a izračunava se na sljedeći način:

$$\sigma_f = \frac{M_B}{W} \leq \sigma_{dop}, \quad (17)$$

$$W = \frac{M_B}{\sigma_{dop}} = \frac{17576 \cdot 1000}{130} = 135200 \text{ mm}^3. \quad (18)$$

Prema izrazu (18) odabran je pravokutni profil RHS 200x80x8. Slika 65. prikazuje odabrani profil, a u tablici 12. prikazane su tehničke karakteristike odabranog profila.



Slika 65. RHS 200x80x8 [13]

Tablica 12. Tehničke karakteristike profila RHS 200x80x8 [9]

Moment otpora presjeka $W_y$ [mm <sup>3</sup> ]	179580
Površina presjeka $A_{RHS}$ [mm <sup>2</sup> ]	4004
Masa po metru dužine $G$ [kg/m]	31,4

Provjera naprezanja:

- naprezanje na savijanje uslijed težine tereta:

$$\sigma_f = \frac{M_B}{W_y} = \frac{17576 \cdot 1000}{179580} = 97,87 \text{ MPa}, \quad (19)$$

- naprezanje na vlak uslijed horizontalne sile:

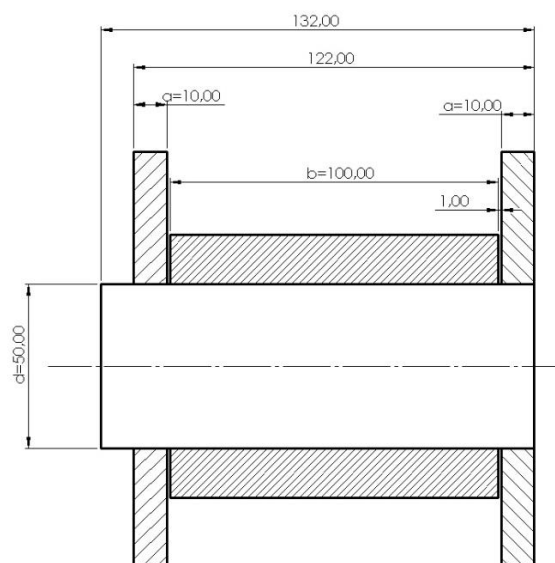
$$\sigma_v = \frac{F_{hA}}{A_{RHS}} = \frac{42176}{4004} = 10,53 \text{ MPa}, \quad (20)$$

- ukupno naprezanje:

$$\sigma_{uk} = \sigma_f + \sigma_v = 97,87 + 10,53 = 108,4 \text{ MPa} \leq \sigma_{dop} = 130 \text{ MPa}. \quad (21)$$

### 7.3. Proračun svornjaka između ruke polužnog mehanizma i konstrukcije prihvata polužnog mehanizma na nosač

Veliki dio veza između pojedinih dijelova je povezan pomoću svornjaka. Stoga je potrebno provjeriti tlakove i naprezanja svornjaka s obzirom na pripadajuće opterećenje. Slika 66. prikazuje skicu svornjaka s odgovarajućim dimenzijama.



Slika 66. Prikaz svornjaka između ruke polužnog mehanizma i konstrukcije prihvata polužnog mehanizma na nosač

S obzirom na materijal svornjaka i pripadajuću vrstu opterećenja odabiru se vrijednosti dopuštenih tlakova i naprezanja u knjizi Elementi strojeva na strani 174 [14]. Dopuštene vrijednosti za izabrani materijal čelika Č 0545 i jednosmjerno promjenjivo opterećenje prikazane su u tablici 13. Prema poglavlju 7.1 opterećenje koje opterećuje svornjak iznosi  $F_B = 14683$  N.

**Tablica 13. Dopuštene vrijednosti za materijal svornjaka Č 0545**

Dopušteno naprezanje na savijanje $\sigma_{dops}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	96
Dopušteno smično naprezanje $\tau_{dops}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	52
Dopušteni tlak $p_{dop}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	24

Provjera na tlak:

- vanjski tlak mora biti manji od dopuštenog tlaka

$$p_{v1} = \frac{F_B}{2 \cdot a_{s1} \cdot d_{s1}} = \frac{14683}{2 \cdot 10 \cdot 50} = 14,68 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq p_{dop} = 24 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}, \quad (22)$$

- unutarnji tlak mora biti manji od dopuštenog tlaka

$$p_{u1} = \frac{F_B}{b_{s1} \cdot d_{s1}} = \frac{14683}{100 \cdot 50} = 2,94 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq p_{dop} = 24 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}. \quad (23)$$

Provjera na savijanje:

$$\begin{aligned} \sigma_{fs1} &= \frac{0,5 \cdot F_B \cdot 0,5 \cdot a_{s1}}{0,1 \cdot d_{s1}^3} = \frac{0,5 \cdot 14683 \cdot 0,5 \cdot 10}{0,1 \cdot 50^3} = 2,94 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq \sigma_{dops} \\ &= 96 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}. \end{aligned} \quad (24)$$

Provjera na odrez:

$$\tau_{as1} = \frac{F_B}{2 \cdot A_{s1}} = \frac{14683}{2 \cdot 625\pi} = 3,74 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq \tau_{dops} = 52 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}. \quad (25)$$

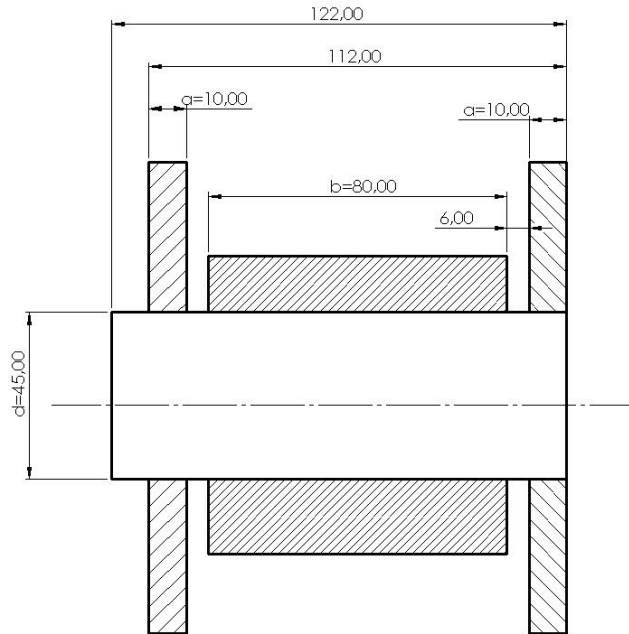
$$A_{s1} = r_{s2}^2 \cdot \pi = 25^2 \cdot \pi = 625\pi \text{ mm}^2 \quad (26)$$

**Svornjak zadovoljava!**

#### 7.4. Proračun svornjaka između ruke polužnog mehanizma i konstrukcije prihvata radnog alata

Slika 67. prikazuje dimenzije svornjaka za njegov proračun. Dopuštene vrijednosti koristit ćemo kao i u poglavlju 7.3 iz tablice 13. Vrijednost opterećenja uzimamo iz poglavlja 7.1 pa očitana vrijednost iznosi  $F_{opt}/2 = 13000$  N.





Slika 67. Prikaz svornjaka između ruke polužnog mehanizma i konstrukcije prihвата radnog alata

Provjera na tlak:

- vanjski tlak mora biti manji od dopuštenog tlaka

$$p_{v2} = \frac{F_{opt}/2}{2 \cdot a_{s2} \cdot d_{s2}} = \frac{13000}{2 \cdot 10 \cdot 45} = 14,44 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq p_{dop} = 24 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}, \quad (27)$$

- unutarnji tlak mora biti manji od dopuštenog tlaka

$$p_{u2} = \frac{F_{opt}/2}{b_{s2} \cdot d_{s2}} = \frac{13000}{80 \cdot 45} = 3,61 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq p_{dop} = 24 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}. \quad (28)$$

Provjera na savijanje:

$$\sigma_{fs2} = \frac{0,5 \cdot F_{opt}/2 \cdot 0,5 \cdot a_{s2}}{0,1 \cdot d_{s2}^3} = \frac{0,5 \cdot 13000 \cdot 0,5 \cdot 10}{0,1 \cdot 45^3} = 3,57 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (29)$$

$$\leq \sigma_{dops} = 96 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}.$$

Provjera na odrez:

$$\tau_{as2} = \frac{F_{opt}/2}{2 \cdot A_{s2}} = \frac{13000}{2 \cdot 506,25\pi} = 4,09 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq \tau_{dops} = 52 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}. \quad (30)$$

$$A_{s2} = r_{s2}^2 \cdot \pi = 22,5^2 \cdot \pi = 506,25\pi \text{ mm}^2 \quad (31)$$

**Svornjak zadovoljava!**

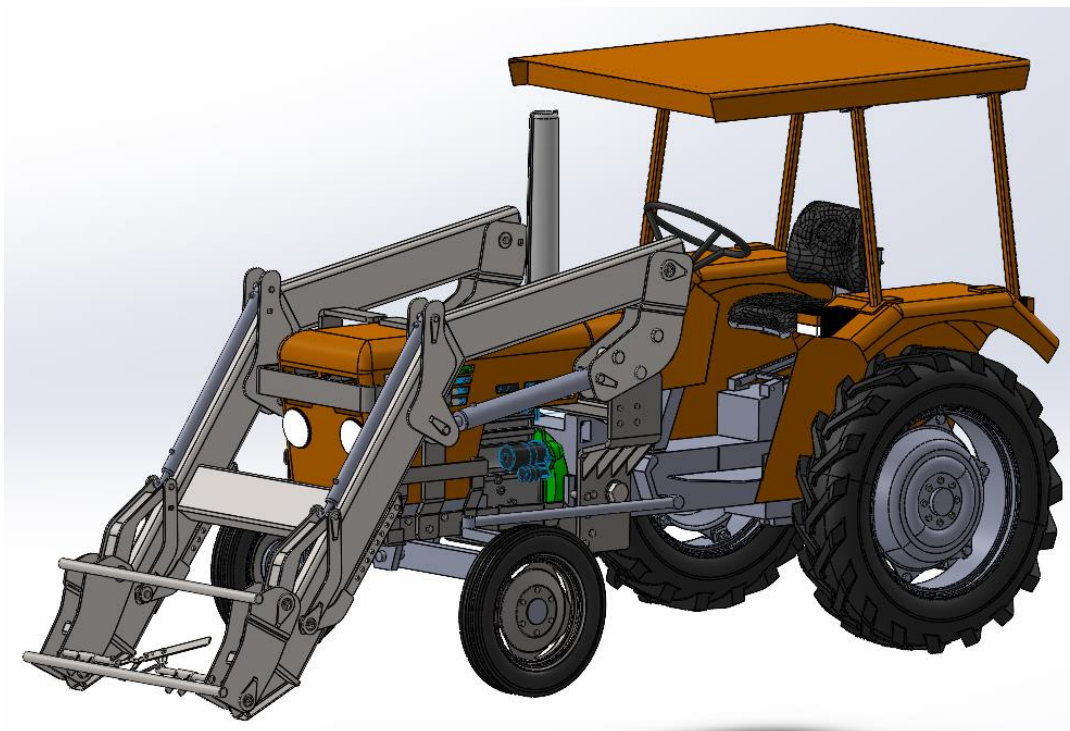
## 8. KARAKTERISTIKE UTOVARIVAČA IP 2600

Nakon što je provedena konstrukcijska razrada i proračun utovarivača, prikazat će se karakteristike dobivenog utovarivača. Tablica 14. prikazuje karakteristike konstruiranog utovarivača.

**Tablica 14. Karakteristike utovarivača**

Snaga traktora [kW]	30-50
Maksimalna sila podizanja [daN]	2600
Maksimalna visina podizanja - mjerena od svornjaka [mm]	2766
Maksimalni kut odklona kod odlaganja pri maksimalnoj visini [°]	38
Maksimalni povratni kut na zemlji [°]	29
Dubina kopanja – mjereno od svornjaka [mm]	78
Minimalna duljina između okretnog svornjaka i traktora [mm]	933
Širina između dva nosača [mm]	892
Masa utovarivača bez radnog tijela [kg]	480
Prihvrat radnog tijela	EURO kopčanje

Prikaz sklopa utovarivača i traktora pri maksimalnom povratnom kutu na zemlji prikazan je na slici 68.



**Slika 68. Sklop traktora i utovarivača kod maksimalnog povratnog kuta zakreta na zemlji**

Prikaz sklopa utovarivača i traktora pri maksimalnom kutu zakreta na maksimalnoj visini prikazan je na slici 69.



**Slika 69.** Sklop traktora i utovarivača kod maksimalnog kuta zakreta na maksimalnoj visini

## 9. ZAKLJUČAK

U današnje vrijeme poljoprivrednicima je gotovo nezamislivo obavljati radove bez prednjeg traktorskog utovarivača. Prilikom rukovanja s prednjim traktorskim utovarivačem potrebno se držati sigurnosnih naputaka otisnutih na samom utovarivaču. Na početku konstruiranja potrebno je odrediti listu zahtjeva kako bi se mogla izraditi funkcijska struktura. Iz funkcijske strukture radi se morfološka matrica s nekoliko različitih rješenja pojedinih funkcija. Izbor najboljeg koncepta vrši se tako da se odrede kriteriji vrednovanja te se svakom konceptu pridružuje određena ocjena s obzirom na kriterij vrednovanja. S odabranim konceptom radi se detaljna konstrukcijska razrada polužnog mehanizma i nosača polužnog mehanizma. Tijekom izbora hidrauličkih cilindara i dimenzija polužnog mehanizma potrebno je izraditi model s rubnim uvjetima. Za dobivanje najboljih vrijednosti kuta zakreta radnog alata i duljine cilindara potrebno je provesti optimiranje konstrukcije. Optimiranje konstrukcije radi se na način da se uvrste svi rubni uvjeti to jest ograničenja, a povratno se dobiju najbolje vrijednosti dimenzija polužnog mehanizma pomoću matematičkih operacija. Konstrukcijska razrada potkrepljuje se proračunom kritičnih dijelova. Na kraju se ispisuju karakteristike utovarivača dobivene tijekom konstrukcijske razrade.

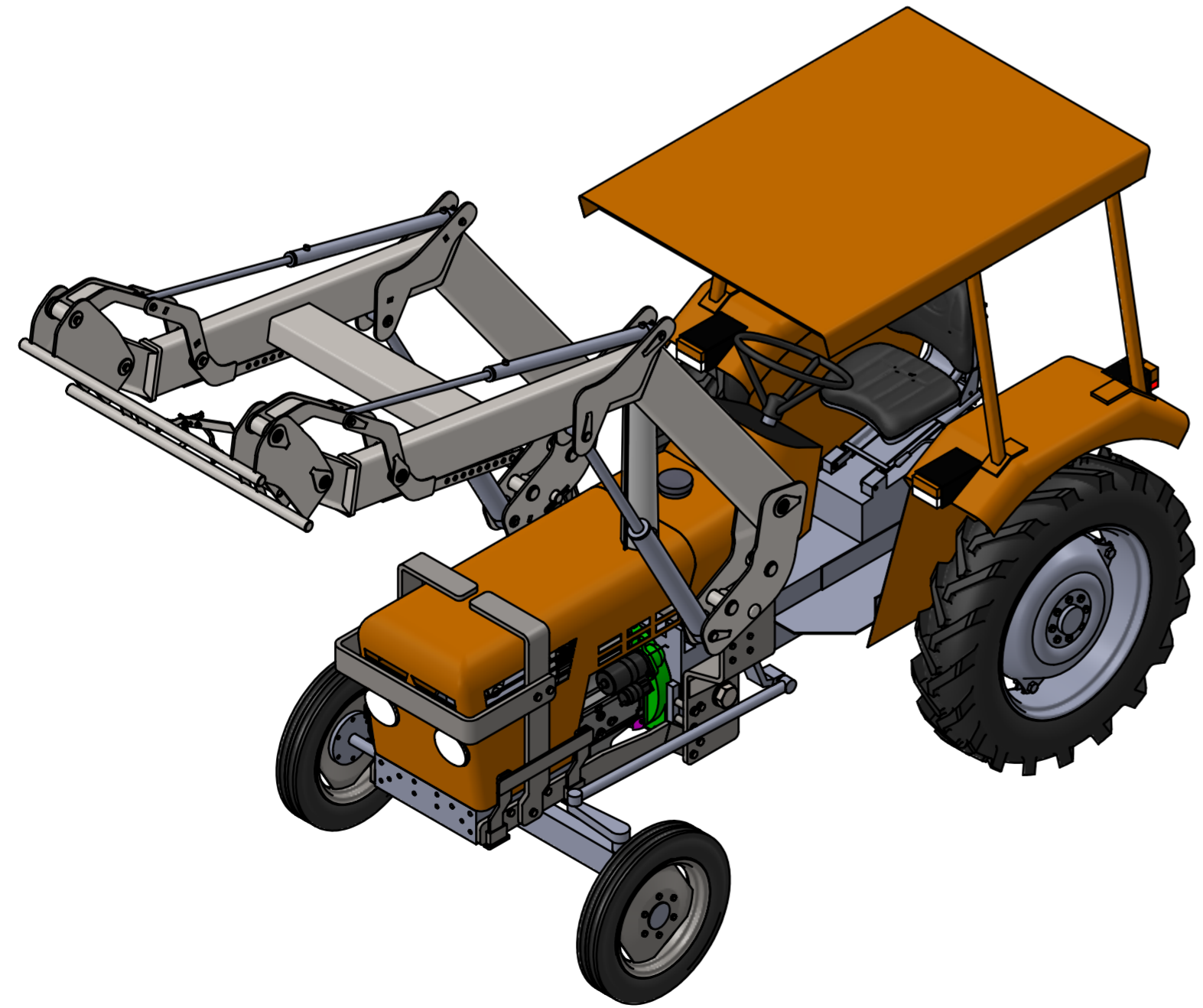
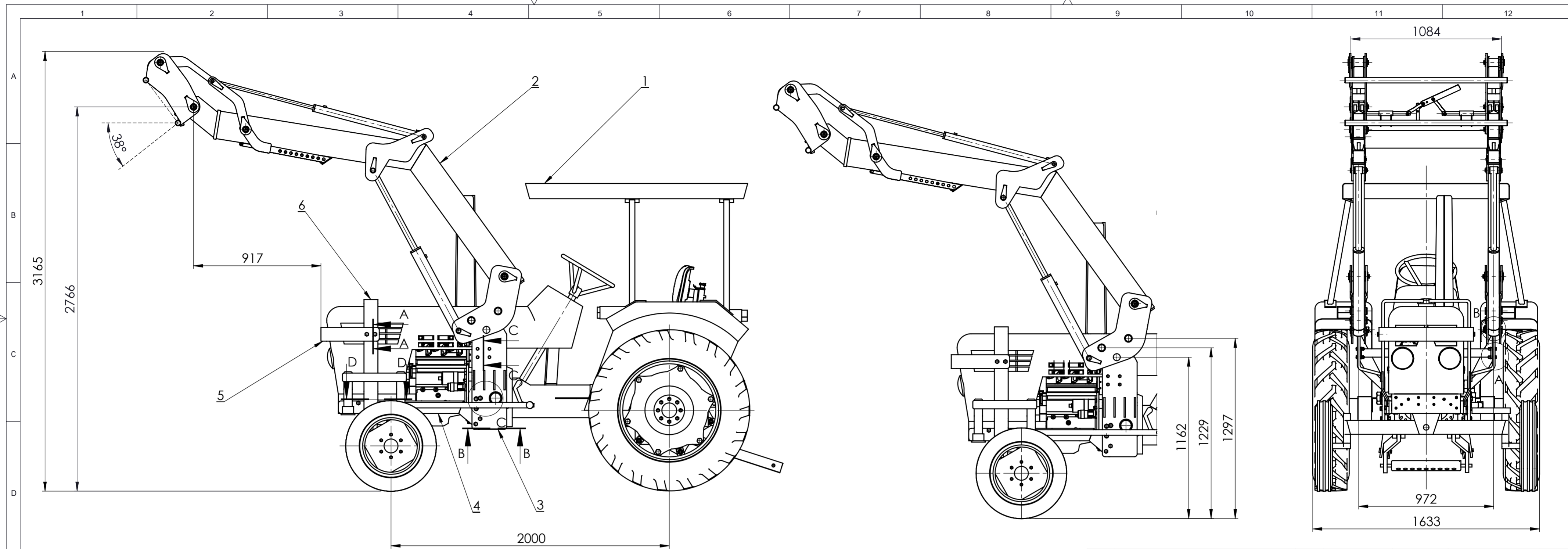
## LITERATURA

- [1] Dr. sc. Dinko Mikulić: Građevinski strojevi, konstrukcija, proračun i uporaba; Zagreb 1998.
- [2] Pravilnik o određenim sastavnim dijelovima i značajkama traktora na kotačima za poljoprivredu i šumarstvu TPV 322 (izdanje 02), Narodne novine, 145/2011
- [3] Pravilnik o tehničkim uvjetima vozila u prometu na cestama, Narodne novine, 85/2016
- [4] <https://www.stoll-loaders.com/en/home/>
- [5] <https://quicke.com/>
- [6] <https://strojometal-faic.hr/>
- [7] Skec, Štorga: Razvoj proizvoda, Podloge sa predavanja; Zagreb, 2021./2022.
- [8] Kraut, B.: Strojarski priručnik, Sajema, Zagreb, 2009.
- [9] <http://www.b2bmetal.eu/>
- [10] <https://www.rositeh.hr/pocetna>
- [11] <https://www.skf.com/group>
- [12] <https://strojopromet.com/>
- [13] <https://www.thesteel.com/at>
- [14] Decker, K. H.: Elementi strojeva, Golden marketing, Zagreb 2006.

## **PRILOZI**

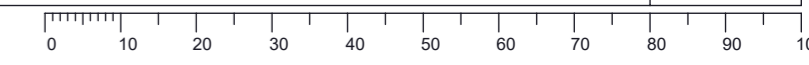
### **I. Tehnička dokumentacija**

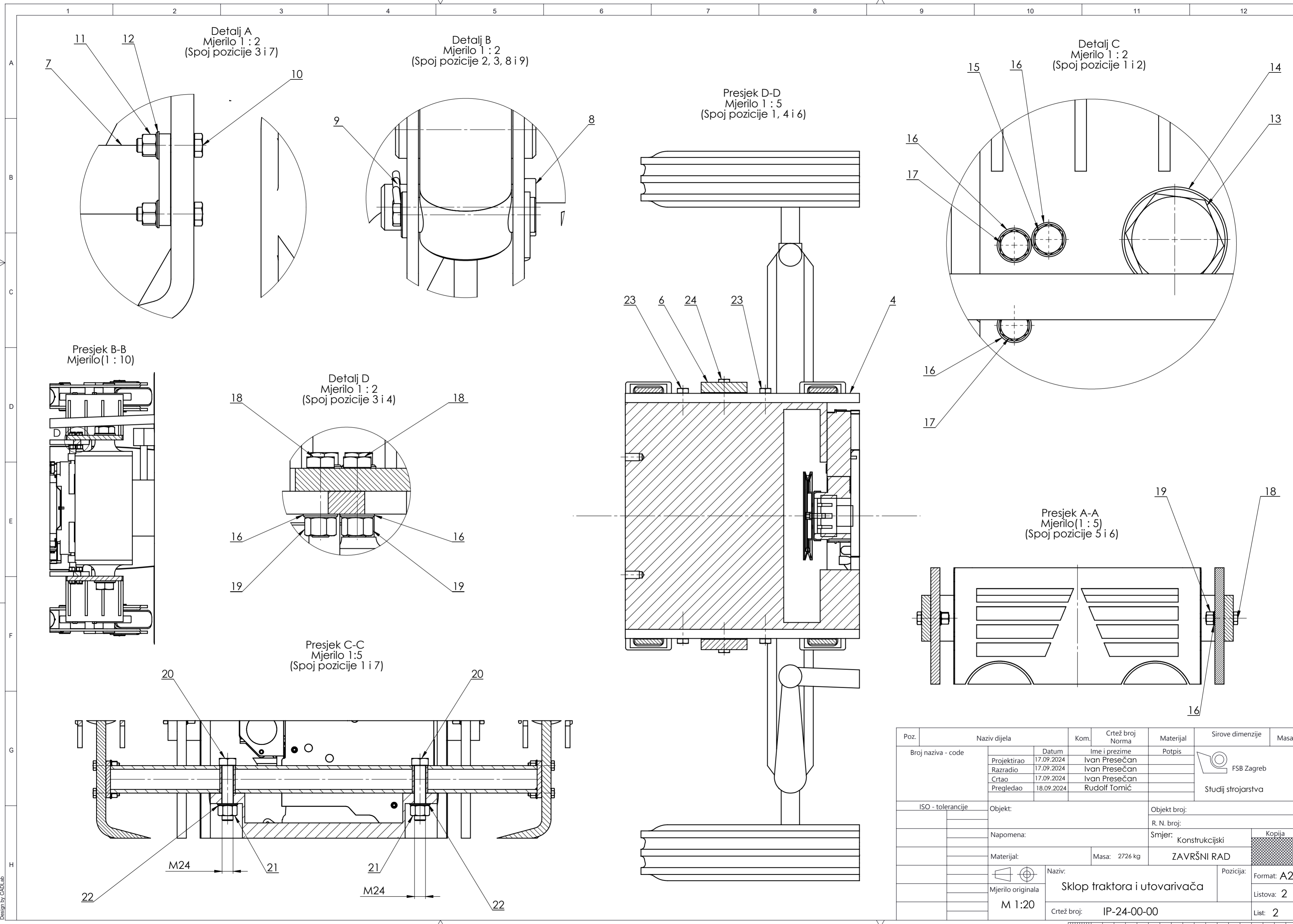




24	Vijak M16x90	2	ISO 4016	-	M16x90	-
23	Vijak M16x70	4	ISO 4016	-	M16x70	-
22	Podložna pločica 24	2	ISO 7090	-	Ø 44x4	-
21	Matica M24	2	ISO 4034	-	M24	-
20	Vijak M24	2	ISO 4016	-	M24x120	-
19	Matica M16	8	ISO 4034	-	M16	-
18	Vijak M 16x60	8	ISO 4017	-	M16x60	-
17	Vijak M 16x130	4	ISO 4016	-	M16x130	-
16	Podložna pločica 16	14	ISO 7090	-	Ø 30x3	-
15	Vijak M 16x110	2	ISO 4016	-	M16x110	-
14	Podložna pločica B 50	2	DIN 125	-	Ø 92x8	-
13	Vijak M48	2	DIN 933	-	M48x60	-
12	Podložna pločica 12	8	ISO 7090	-	Ø 24x2,5	-
11	Matica M12	8	ISO 4034	-	M12	-
10	Vijak M12	8	ISO 4017	-	M12x50	-
9	Rascjepka	2	DIN 11024	-	Ø 8x136	-
8	Svornjak za osiguranje	2	-	S355J2H	Ø 50x105	1,05 kg
7	Sklop pravokutnog profila	1	-	-	-	12,62 kg
6	Držač zaštitnog lima	2	-	-	-	20,15 kg
5	Zaštitni lim	1	-	S355J2H	-	22,48 kg
4	Sporedni nosač	2	-	-	-	16,05 kg
3	Glavni nosač	2	-	-	-	33,35 kg
2	Utovarivač IP 2600	1	IP-24-01-00	-	-	480 kg
1	Torpedo TD 4506	1	-	-	-	2070 kg

Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norme	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
Broj naziva - code		Datum		Ime i prezime		 Studij strojarstva
Projektirao		17.09.2024	Ivan Presečan			
Razradio		17.09.2024	Ivan Presečan			
Crtao		17.09.2024	Ivan Presečan			
Pregledao		18.09.2024	Rudolf Tomić			
ISO - tolerancije		Objekt:		Objekt broj:		
				R. N. broj:		
Napomena:				Smjer: Konstrukcijski		Kopija
Materijal:		Masa: 2726 kg		ZAVRŠNI RAD		
 Mjerilo originala		Naziv: Sklop traktora i utovarivača		Pozicija: Format: A2		
M 1:20		Crtež broj: IP-24-00-00		Listova: 2		
				List: 1		





Detalj A  
Mjerilo 1 : 2  
(Spoj pozicije 3 i 7)

Detalj B  
Mjerilo 1 : 2  
(Spoj pozicije 2, 3, 8 i 9)

Detalj C  
Mjerilo 1 : 2  
(Spoj pozicije 1 i 2)

Presjek D-D  
Mjerilo 1 : 5  
(Spoj pozicije 1, 4 i 6)

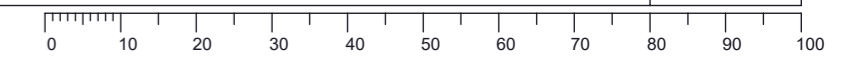
Presjek B-B  
Mjerilo (1 : 10)

Detalj D  
Mjerilo 1 : 2  
(Spoj pozicije 3 i 4)

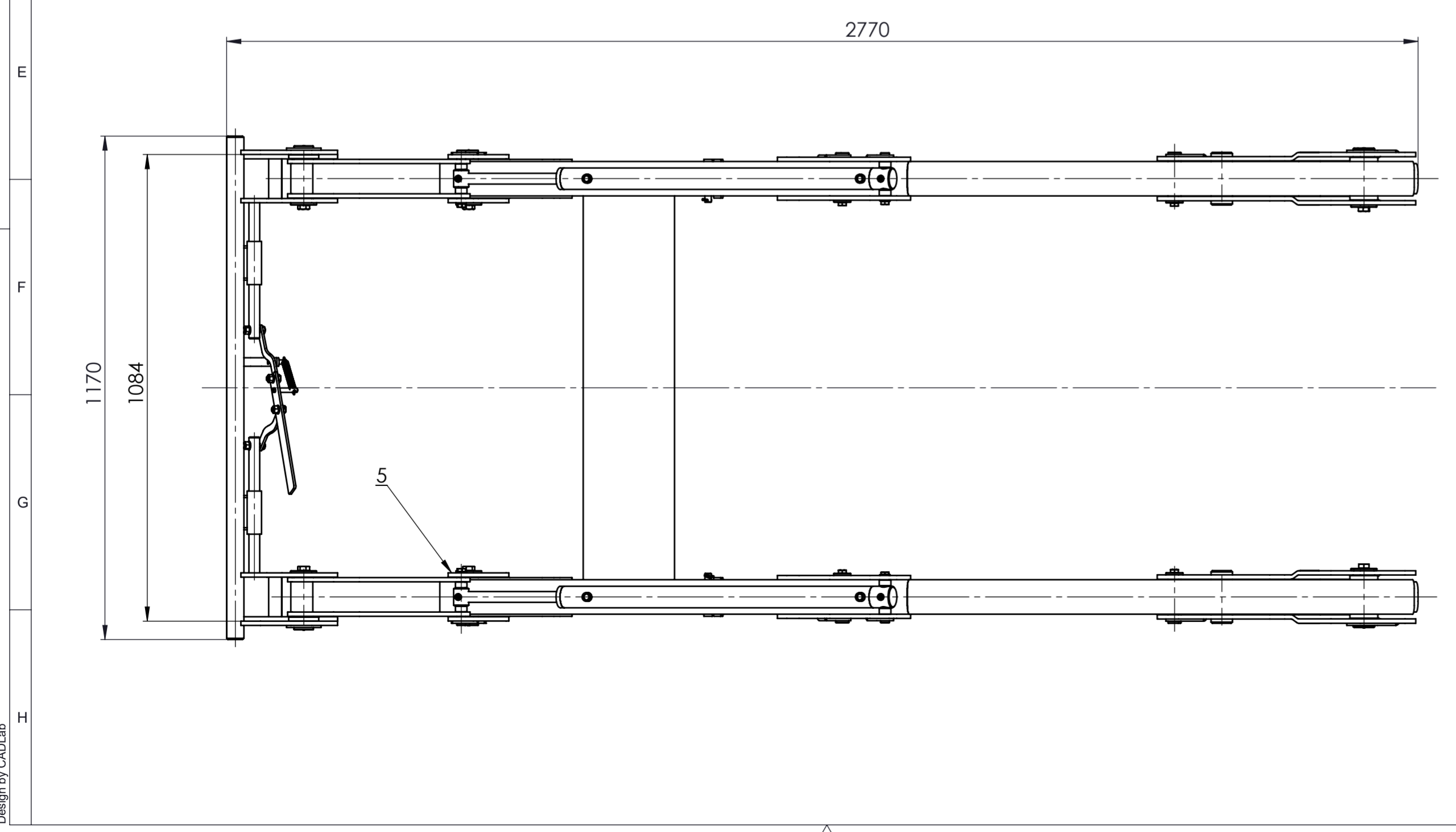
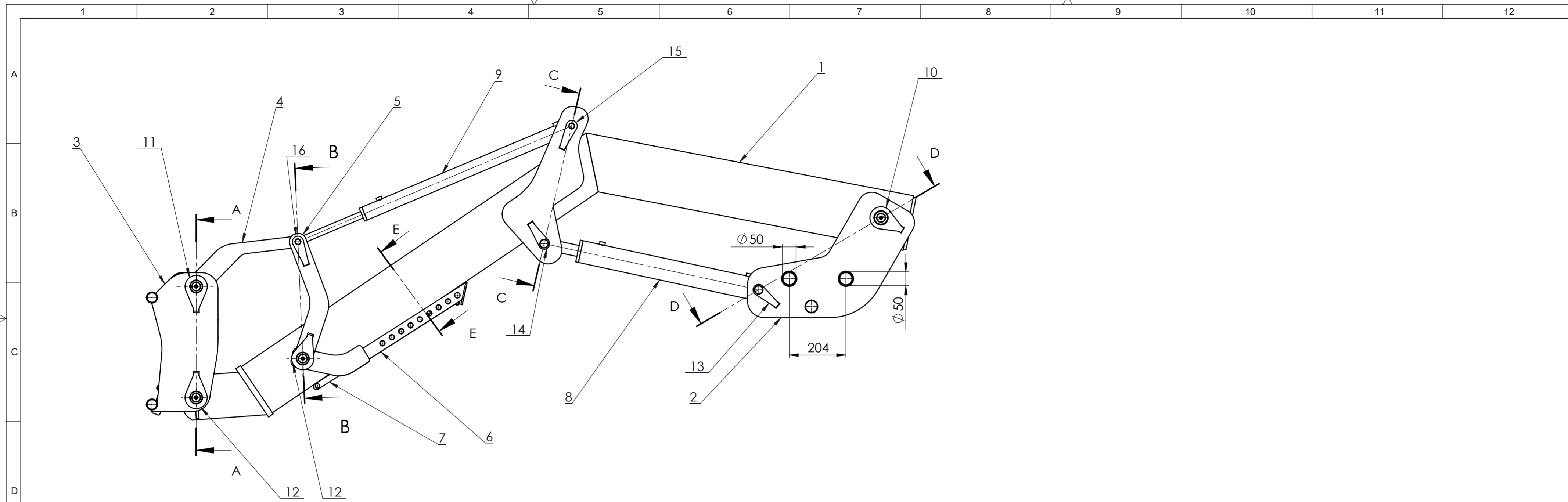
Presjek A-A  
Mjerilo (1 : 5)  
(Spoj pozicije 5 i 6)

Presjek C-C  
Mjerilo 1:5  
(Spoj pozicije 1 i 7)

Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije	Masa
Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis	FSB Zagreb	
	Projektirao	17.09.2024	Ivan Presečan		Studij strojarstva	
	Razradio	17.09.2024	Ivan Presečan			
	Crtao	17.09.2024	Ivan Presečan			
	Pregledao	18.09.2024	Rudolf Tomić			
ISO - tolerancije		Objekt:		Objekt broj:		
		Napomena:		R. N. broj:		
		Materijal:		Smjer: Konstrukcijski		Kopija
				Masa: 2726 kg		ZAVRŠNI RAD
		Mjerilo originala		Naziv:		Format: A2
		M 1:20		Sklop traktora i utovarivača		Listova: 2
		Crtež broj: IP-24-00-00		Pozicija:		List: 2

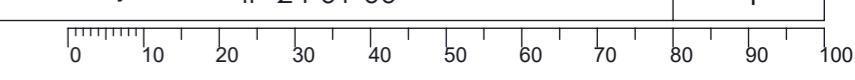




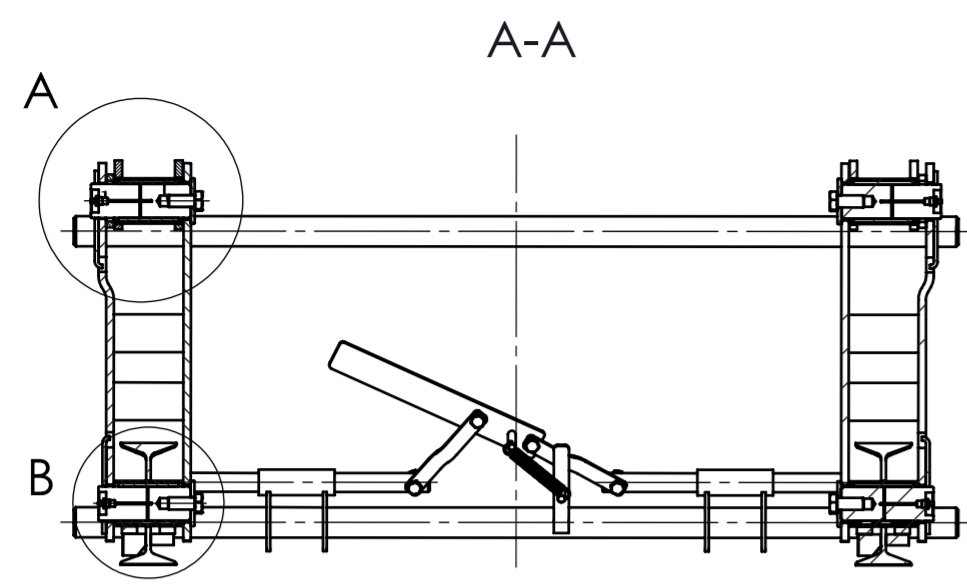


27	Svornjak prihvata lima	2	-	S355J2H	Ø 15x60	0,08 kg
26	Rascjepka	2	DIN 11024	-	Ø 3x72	-
25	Svornjak prihvata potpome noge	2	-	S355J2H	Ø 20x100	0,14 kg
24	Distantni prsten Ø 42,4x5	4	-	S355J2H	Ø 42,4x5	0,018 kg
23	Pločica Ø 40	4	-	S355J2H	Ø 40x5	0,04 kg
22	Distantni prsten Ø 26,9x2,3	8	-	S355J2H	Ø 26,9x2,3	0,02 kg
21	Podložna pločica 12	4	ISO 7090	-	Ø 24x3	-
20	Vijak M12x35	8	ISO 4017	-	M12x35	-
19	Distantni prsten Ø 70x8	2	-	S355J2H	Ø 70x8	0,12 kg
18	Pločica Ø 60	8	-	S355J2H	Ø 60x5	0,1 kg
17	Vijak M16x35	8	ISO 4017	-	M16x35	-
16	Sklop svornjaka Ø 20,5x110	2	-	-	-	0,37 kg
15	Sklop svornjaka Ø 20,5x122	2	-	-	-	0,4 kg
14	Sklop svornjaka Ø 30,5x110	2	-	-	-	0,52 kg
13	Sklop svornjaka Ø 30,5x112	2	-	-	-	0,39 kg
12	Sklop svornjaka Ø 45x122	4	-	-	-	1,6 kg
11	Sklop svornjaka Ø 45x132	2	-	-	-	1,73 kg
10	Sklop svornjaka Ø 50	2	-	-	-	2,1 kg
9	Hidraulički cilindar Rosi Teh Hole 45/25-700	2	Rosi Teh Hole 45/25-700	-	-	-
8	Hidraulički cilindar Rosi Teh Hole 70/40-550	2	Rosi Teh Hole 70/40-550	-	-	-
7	Lim	2	-	S355J2H	500x22x20	1,64 kg
6	Potporna noga	2	-	-	-	5,3 kg
5	Poluga 2	4	-	S355J2H	-	2,23 kg
4	Poluga 1	2	-	-	-	10 kg
3	Konstrukcija prihvata radnog alata	2	-	-	-	58,24 kg
2	Konstrukcija prihvata polužnog mehanizma na nosač	1	-	-	-	23,68 kg
1	Sklop ruku polužnog mehanizma	1	IP-24-01-01	-	-	230 kg

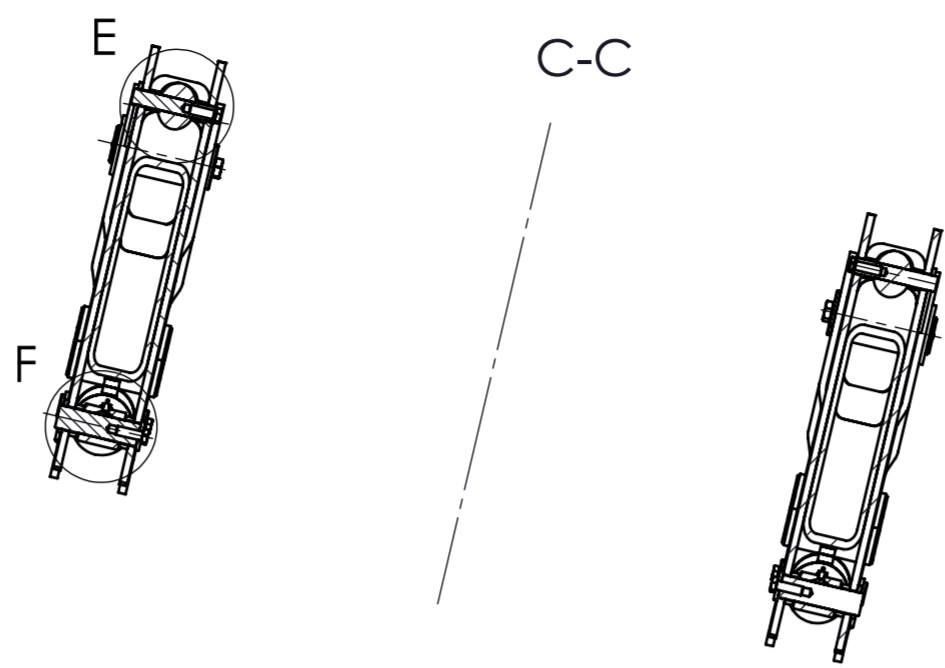
Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis		
Projekтираo		17.09.2024.	Ivan Presečan			
Razradio		17.09.2024.	Ivan Presečan			
Crtao		17.09.2024.	Ivan Presečan			
Pregledao		18.09.2024.	Rudolf Tomić			
ISO - tolerancije		Objekt:	Objekt broj:			
Ø 55H7	+0,030 0,000	Napomena:		R. N. broj:		
Ø 45e7	-0,05 -0,075	Materijal:		Smjer: Konstrukcijski	Kopija	
Ø 20,5 H7/h6	+0,034 0,000	Masa: 480 kg		ZAVRŠNI RAD		
Ø 30,5 H7/h6	+0,041 0,000	Naziv: Utovarivač IP 2600		Pozicija:	Format: A2	
Ø 60H7	+0,030 0,000	Mjerilo originala		Listova: 3		
Ø 50e7	-0,05 -0,075	M 1:10		Crtež broj: IP-24-01-00		List: 1



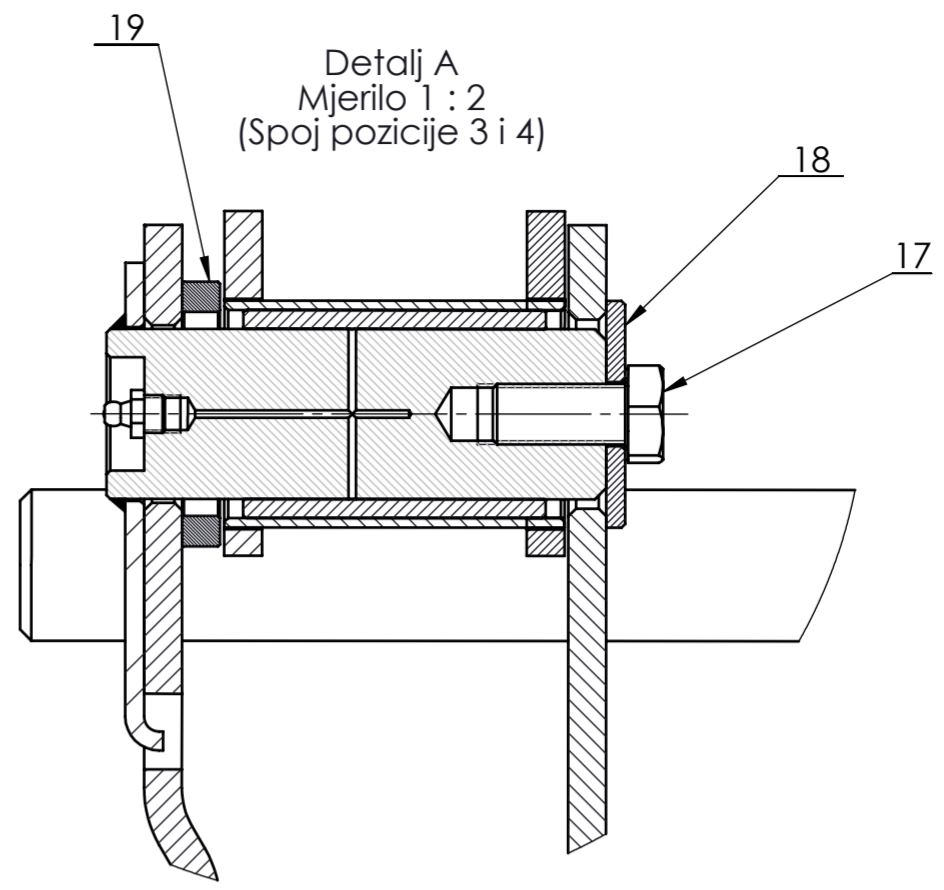
Design by CADLab



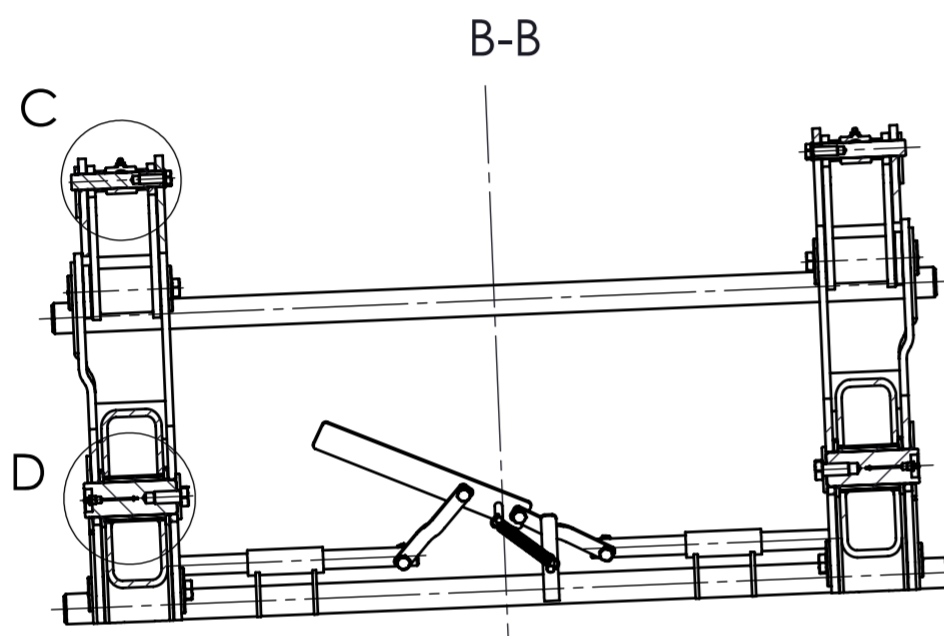
A-A



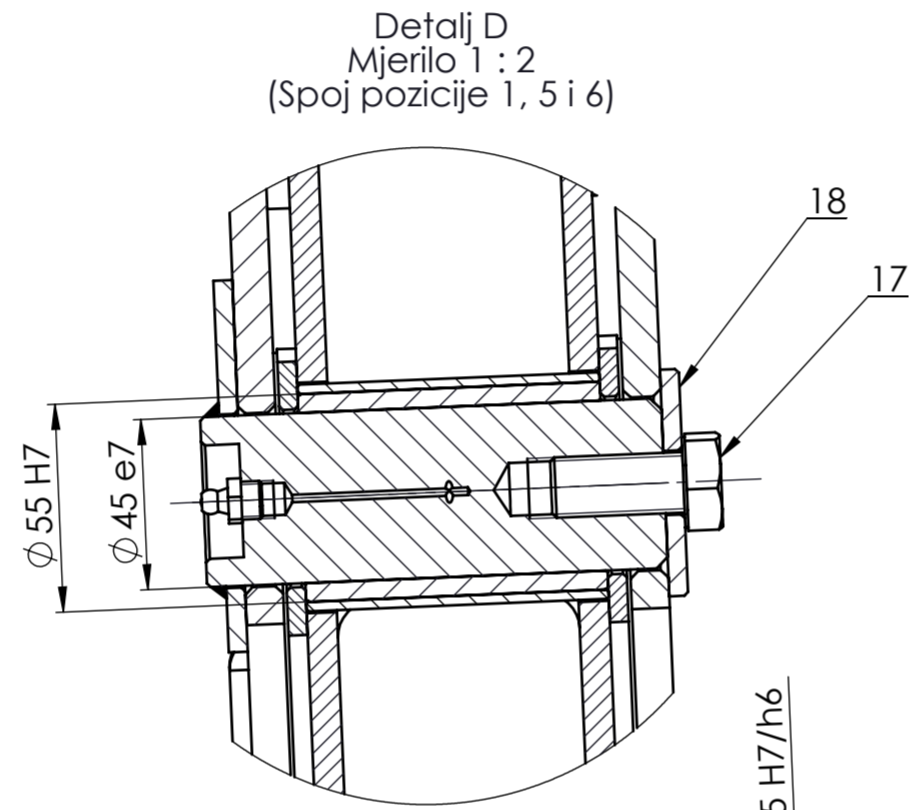
C-C



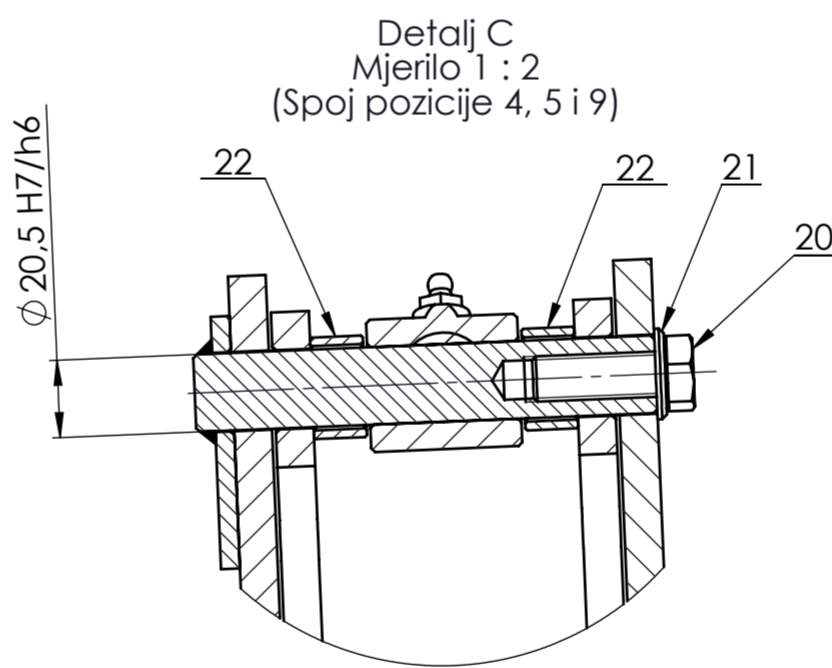
Detalj A  
Mjerilo 1 : 2  
(Spoj pozicije 3 i 4)



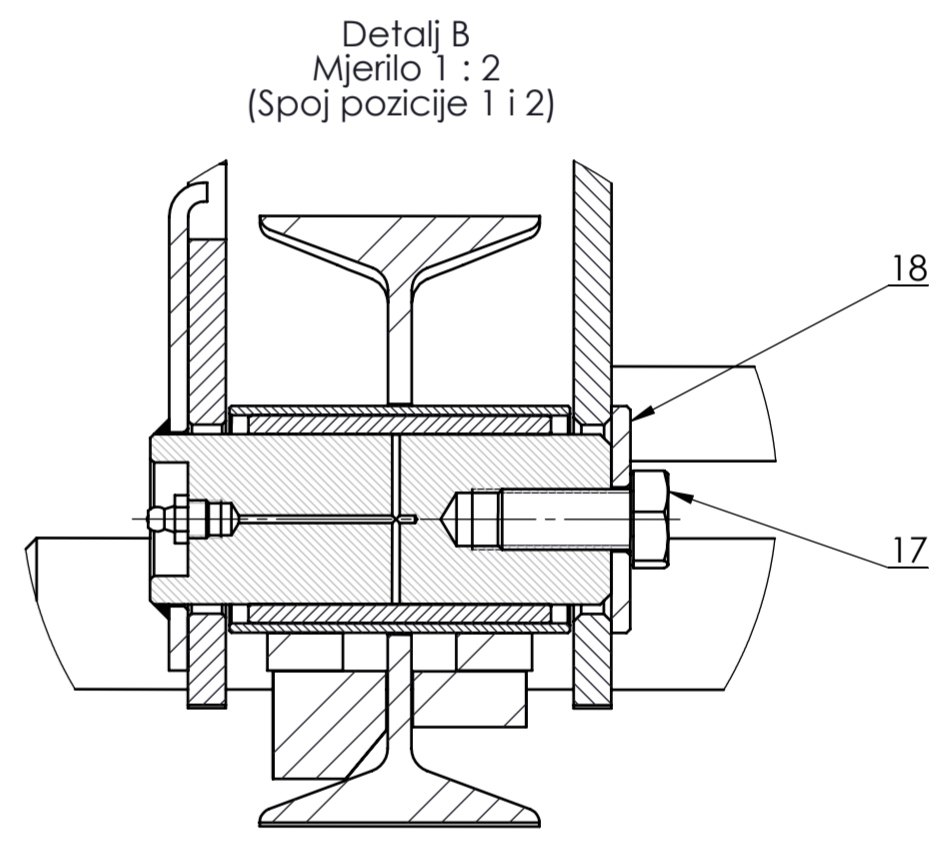
B-B



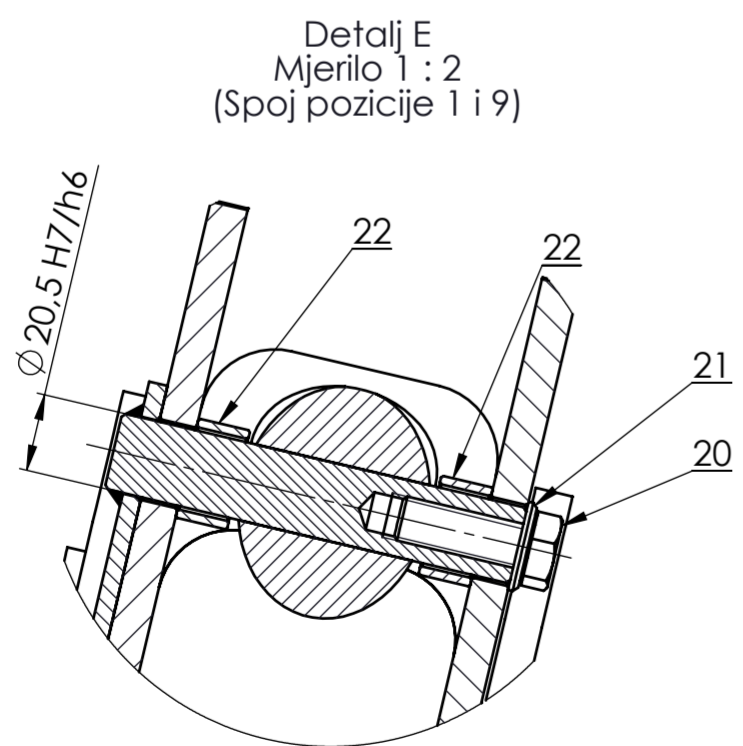
Detalj D  
Mjerilo 1 : 2  
(Spoj pozicije 1, 5 i 6)



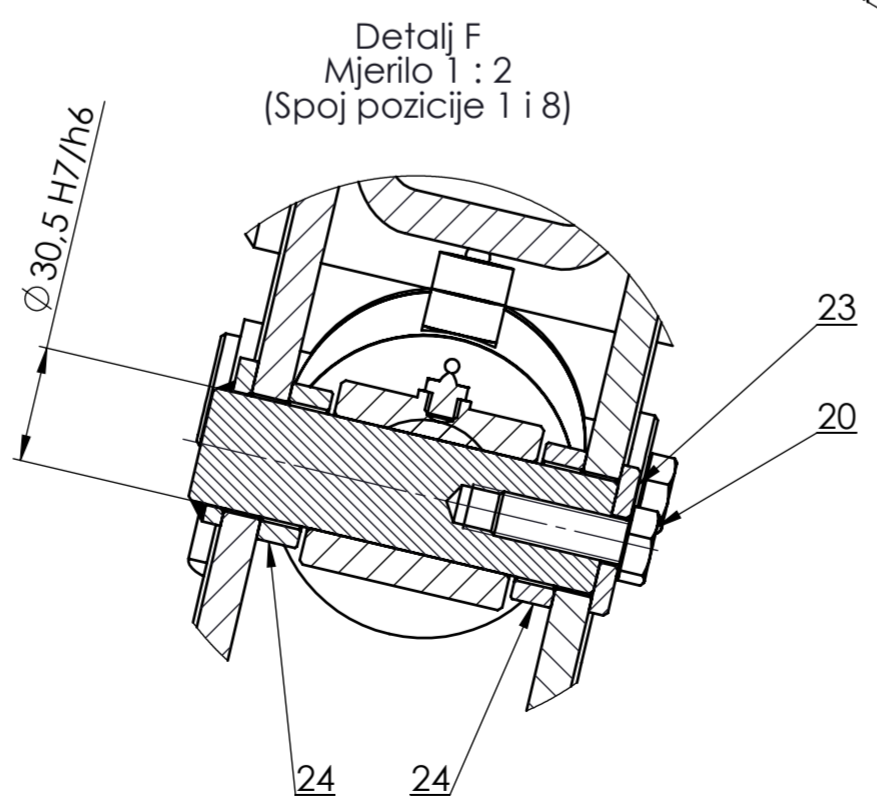
Detalj C  
Mjerilo 1 : 2  
(Spoj pozicije 4, 5 i 9)



Detalj B  
Mjerilo 1 : 2  
(Spoj pozicije 1 i 2)

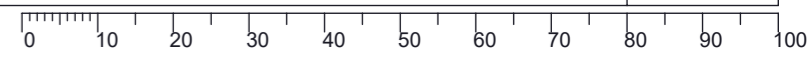


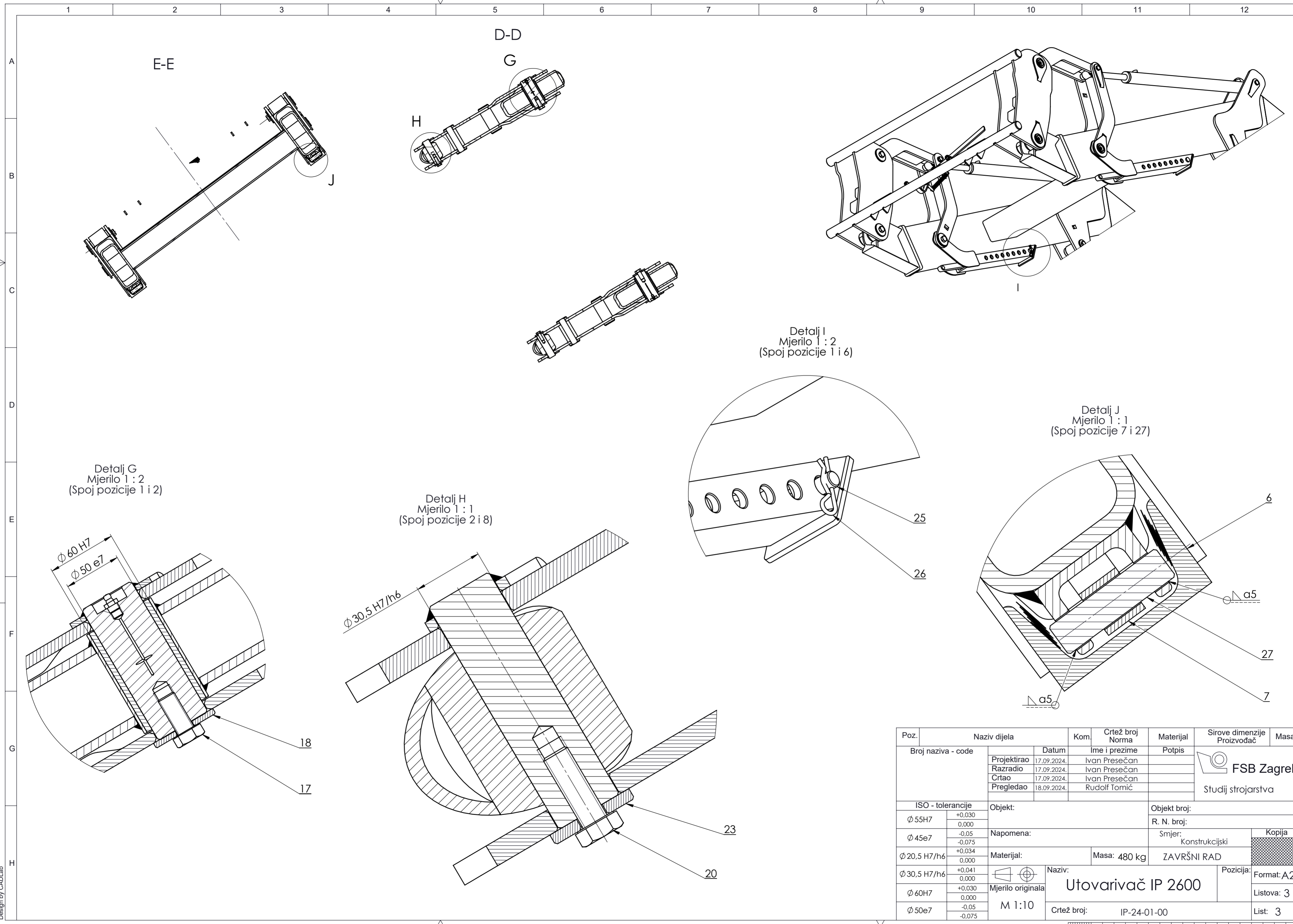
Detalj E  
Mjerilo 1 : 2  
(Spoj pozicije 1 i 9)



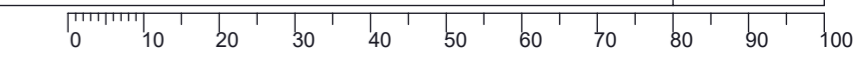
Detalj F  
Mjerilo 1 : 2  
(Spoj pozicije 1 i 8)

Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
Broj naziva - code	Datum	17.09.2024.	Ime i prezime	Potpis	 Studij strojarstva	
	Projektirao	17.09.2024.	Ivan Presečan			
	Razradio	17.09.2024.	Ivan Presečan			
	Crtao	17.09.2024.	Ivan Presečan			
Pregledao	18.09.2024.	Rudolf Tomić				
ISO - tolerancije		Objekt:		Objekt broj:		
Ø 55H7	+0,030 0,000	Napomena:		R. N. broj:		
Ø 45e7	-0,05 -0,075	Materijal:		Smjer: Konstrukcijski		Kopija
Ø 20,5 H7/h6	+0,034 0,000	Masa: 480 kg		ZAVRŠNI RAD		
Ø 30,5 H7/h6	+0,041 0,000	Naziv:		Pozicija:		
Ø 60H7	+0,030 0,000	Mjerilo originala		 <b>Utovarivač IP 2600</b>		Format: A2
Ø 50e7	-0,05 -0,075	M 1:10		Crtež broj: IP-24-01-00		Listova: 3
						List: 2

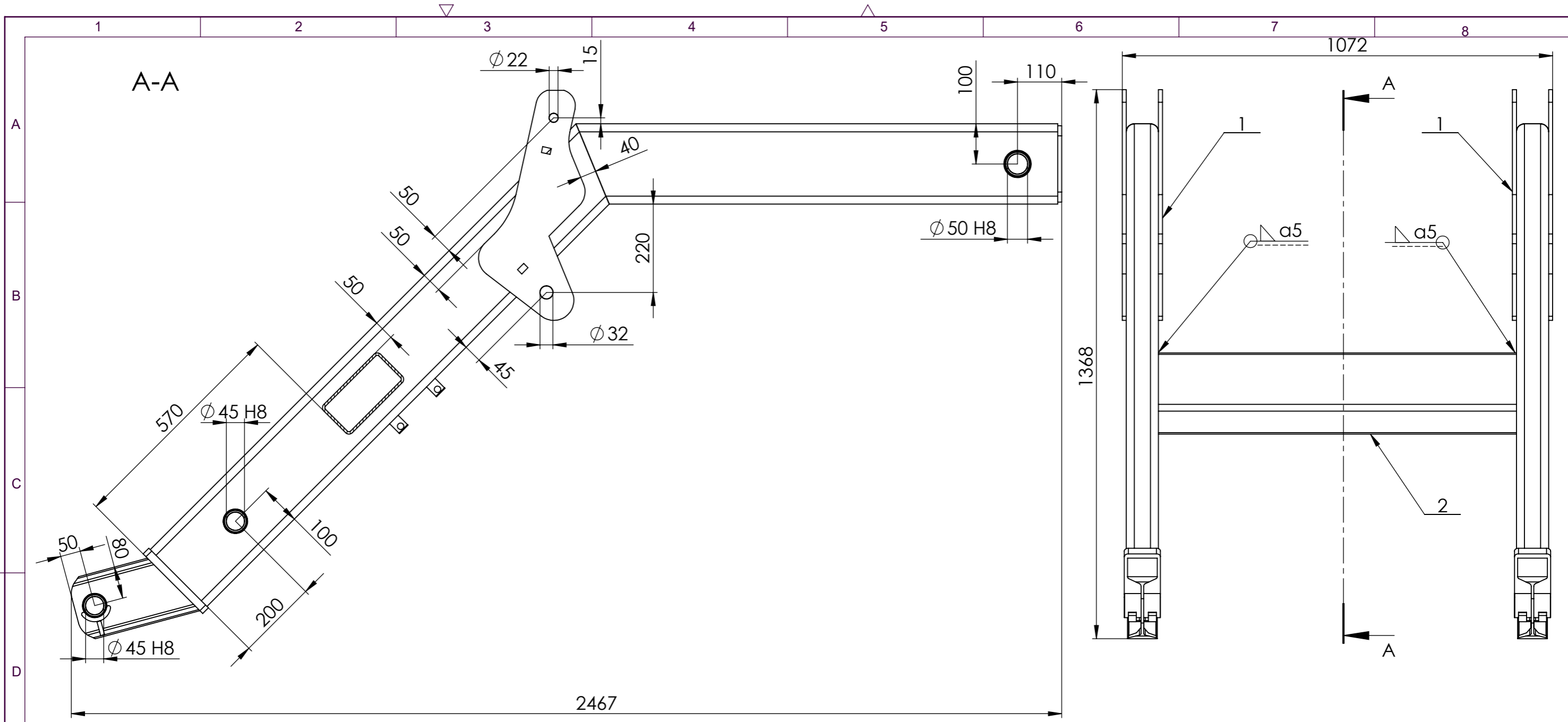





Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis	 <b>FSB Zagreb</b> Studij strojarstva	
	Projektirao	17.09.2024.	Ivan Presečan			
	Razradio	17.09.2024.	Ivan Presečan			
	Crtao	17.09.2024.	Ivan Presečan			
	Pregledao	18.09.2024.	Rudolf Tomić			
ISO - tolerancije		Objekt:		Objekt broj:		
$\Phi 55H7$	+0,030			R. N. broj:		
	0,000	Napomena:		Smjer: Konstruktivski		Kopija
$\Phi 45e7$	-0,05			ZAVRŠNI RAD		
	-0,075	Materijal:		Masa: 480 kg		
$\Phi 20,5 H7/h6$	+0,034			Naziv: <b>Utovarivač IP 2600</b>		
	0,000			Pozicija: Format: A2		
$\Phi 30,5 H7/h6$	+0,041	Mjerilo originala		Listova: 3		
	0,000	M 1:10		List: 3		
$\Phi 60H7$	+0,030	Crtež broj: IP-24-01-00				
	0,000					
$\Phi 50e7$	-0,05					
	-0,075					







2	RHS 200x100x6	1	-	S355J2H	200x100x892	23,4 kg
1	Ruka polužnog mehanizma	2	-	-	-	102,89 kg
Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis	 Studij strojarstva	
Projektirao		17.09.2024.	Ivan Presečan			
Razradio		17.09.2024.	Ivan Presečan			
Crtao		17.09.2024.	Ivan Presečan			
Pregledao		18.09.2024.	Rudolf Tomić			
Mentor						
ISO - tolerancije		Objekt:			Objekt broj:	
∅ 45H8	+0,039 0,000	Napomena:			R. N. broj:	
∅ 50H8	+0,039 0,000	Materijal:			Smjer: Konstrukcijski	
		Masa: 230 kg			ZAVRŠNI RAD	
		Naziv:			Kopija	
		Mjerilo originala			Konstrukcijski	
		M1:10			Format: A3	
		Sklop ruku polužnog mehanizma			Listova: 1	
		Crtež broj: IP-24-01-01			List: 1	

Design by CADLab

