

# Pomični okvir za podizanje

---

**Knapić, Daniel**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2022**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:313834>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-17**

*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# ZAVRŠNI RAD

**Daniel Knapić**

Zagreb, 2022.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Dr. sc. Dragan Žeželj, dipl. ing.

Student:

Daniel Knapić

Zagreb, 2022.

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

Zahvaljujem se mentoru dr. sc. Draganu Žeželju na stručnosti, dostupnosti, korisnim savjetima i ukazanoj pomoći tijekom izrade završnog rada.

Posebno se zahvaljujem svojoj obitelji što su mi omogućili ovo školovanje, podupirali me i motivirali. Hvala i svim prijateljima i kolegama koji su sa mnom proživljavali sve trenutke studiranja i svojim prisustvom mi uljepšali studentske dane.

Zahvaljujem se svojoj djevojci na podršci i motivaciji koju mi pruža tijekom studija.

Daniel Knapić



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite  
Povjerenstvo za završne i diplomske ispite studija strojarstva za smjerove.

Procesno-energetski, konstrukcijski, inženjersko modeliranje i računalne simulacije i brodstrojarski

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

## ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Daniel Knapić**

JMBAG: 0035217532

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Pomičan okvir za podizanje**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Mobile lifting frame**

Opis zadatka:

U radioničkim prostorima čija inicijalna namjena ne omogućava jednostavan transport ili premještanje tereta mase do 1.000 kg i tlocrtnih dimenzija koje odgovaraju standardnoj Euro paleti često nije moguće koristiti male kranske dizalice, bilo radi mase ili dimenzija tereta, bilo radi geometrije same dizalice. U takvim bi slučajevima mogao pomoći posebno osmišljen, pomičan i prilagodljiv okvir s mogućnosti prihvata jedne ili dvije lančane dizalice.

Potrebno je načiniti konstrukcijsko rješenje pomičnog okvira za podizanje tereta mase do 1.000 kg, širine do 800 mm, duljine i visine do 1.500 mm. Tijekom izrade konceptata potrebno je u obzir uzeti sljedeće:

- okvir treba imati mogućnost smanjivanja radne duljine do 800 mm,
- okvir treba imati okretne kotače s kočnicom, poželjno s gumenim gazištem,
- na okviru treba biti moguće koristiti do 2 lančane dizalice i njihov razmak treba biti podesiv,
- okvir treba biti jednostavno rastavljiv,
- treba težiti manjoj masi,
- gdje je moguće treba koristiti komercijalno dobavljive dijelove i sklopove,
- okvir mora biti siguran za uporabu i onemogućavati njihanje tereta te je potrebno dati uvjete uporabe tako da bude smanjena opasnost od prevrtanja.

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

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

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

Zadatak zadan:

Datum predaje rada:

Predviđeni datumi obrane:

30. 11. 2021.

1. rok: 24. 2. 2022.

1. rok: 28. 2. – 4. 3. 2022.

2. rok (izvanredni): 6. 7. 2022.

2. rok (izvanredni): 8. 7. 2022.

3. rok: 22. 9. 2022.

3. rok: 26. 9. – 30. 9. 2022.

Zadatak zadao:

Izv. prof. dr. sc. Dragan Žeželj

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Vladimir Soldo

## SADRŽAJ

POPIS SLIKA .....	III
POPIS TABLICA.....	IV
POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE .....	V
POPIS OZNAKA .....	VI
SAŽETAK.....	VIII
SUMMARY .....	IX
1. UVOD .....	1
2. ANALIZA TRŽIŠTA I POSTOJEĆIH RJEŠENJA .....	3
2.1 POSTOJEĆI PROIZVODI.....	3
2.1.1 PORTAGANTRY .....	4
2.1.2 „SEVENCRAANE“ prijenosna portalna dizalica.....	5
2.1.3 Aluminijska portalna dizalica APK.....	6
2.1.4 Portalna dizalica VGI.....	7
2.2 KORISNI UREĐAJI .....	8
2.2.1 VHR .....	8
2.2.2 PLV .....	9
2.2.3 Pokretna kolica za dizalicu.....	10
2.3 Zaključak analize tržišta .....	11
3. FUNKCIJSKA DEKOMPOZICIJA .....	12
4. MORFOLOŠKA MATRICA .....	13
5. KONCEPTI .....	16
5.1 Koncept 1.....	16
5.2 Koncept 2.....	17
5.3 Koncept 3.....	18
5.4 Koncept 4.....	19
6. VREDNOVANJE I ODABIR KONAČNOG KONCEPTA.....	20
7. PRORAČUN NOSIVE KONSTRUKCIJE.....	23
7.1 Proračun glavnog nosača .....	24
7.1.1 Proračun glavnog nosača s obzirom na kriterij krutosti.....	26
7.1.2 Proračun glavnog nosača s obzirom na kriterij čvrstoće.....	27
7.2 Proračun nosivog stupa bočnih stranica .....	28
7.2.1 Proračun stabilnosti nosivog stupa.....	29
7.2.2 Proračun nosivog stupa s obzirom na kriterij čvrstoće .....	31
7.3 Proračun horizontalnog dijela bočne stranice.....	32

---

7.3.1	Proračun horizontalnog dijela bočnih stranica s obzirom na kriterij krutosti ....	34
7.3.2	Proračun horizontalnog dijela bočnih stranica s obzirom na kriterij čvrstoće ...	34
7.4	Proračun zavora nosivog stupa i horizontalnog dijela bočne stranice .....	35
7.5	Odabir kotača.....	37
7.6	Odabir dijelova za prijenos i dizanje tereta .....	39
7.7	Oblikovanje vijčane veze i veze sa svornjakom .....	41
8.	MODEL POMIČNOG OKVIRA ZA PODIZANJE .....	43
9.	ZAKLJUČAK .....	44
	LITERATURA.....	45
	PRILOZI.....	46

**POPIS SLIKA**

Slika 1. Portalni granik.....	1
Slika 2. Pomičan portalni okvir.....	2
Slika 3. Portagantry nosivosti 500 - 1000 kg.....	4
Slika 4. „Sevenscrane“ prijenosna portalna dizalica.....	5
Slika 5. Aluminijska portalna dizalica APK.....	6
Slika 6. „Verlinde“ portalna dizalica VGI.....	7
Slika 7. VHR ručna lančana dizalica.....	8
Slika 8. PLV ručna polužna dizalica.....	9
Slika 9. Pokretna kolica pogonjena lancem proizvođača „Unicraft“.....	10
Slika 10. Funkcijska dekompozicija.....	12
Slika 11. Koncept 1.....	16
Slika 12. Koncept 2.....	17
Slika 13. Koncept 3.....	18
Slika 14. Koncept 4.....	19
Slika 15. Polarni graf ocjena koncepata.....	21
Slika 16. Konačna razrada koncepta.....	22
Slika 17. Statički model konstrukcije.....	23
Slika 18. Opterećenja glavnog nosača.....	24
Slika 19. Karakteristike IPE 160 profila [1].....	25
Slika 20. Prikaz opterećenja nosivog stupa.....	28
Slika 21. Karakteristike SHS 80x5 profila [1].....	29
Slika 22. Mehanički model izvijanja nosivog stupa [3].....	29
Slika 23. Računski presjek SHS profila.....	31
Slika 24. Karakteristike RHS 120x80x5 profila [1].....	32
Slika 25. Prikaz opterećenja horizontalnog dijela bočne stranice.....	33
Slika 26. Prikaz mjesta zavara nosivog stupa i horizontalnog dijela bočne stranice.....	35
Slika 27. Računski presjek zavara nosivog stupa i horizontalnog dijela bočne stranice.....	36
Slika 28. Skica opterećenja kotača.....	37
Slika 29. Kotač ELESA RE.G2-200-SSF-H [5].....	38
Slika 30. Ovjesna lančana kolica proizvođača „Powertex“ [6].....	39
Slika 31. Ručna lančana dizalica proizvođača „Powertex“ [6].....	40
Slika 32. Prikaz vijčane veze glavnog nosača i bočne stranice.....	41
Slika 33. Prikaz veze glavnog nosača i bočne stranice pomoću svornjaka.....	42
Slika 34. Model pomičnog okvira za podizanje u programskom paketu SolidWorks.....	43



## POPIS TABLICA

Tablica 1. Morfološka matrica .....	13
Tablica 2. Ocjenjivanje koncepata .....	20
Tablica 3. Specifikacije kolica za prijenos tereta proizvođača „Powertex“ .....	39
Tablica 4. Specifikacija ručne lančane dizalice proizvođača „Powertex“ .....	40

**POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE**

<b>Broj crteža</b>	<b>Naziv iz sastavnice</b>
DK – ZR – 00	Portalni okvir za podizanje
DK – 0001	Bočna stranica 1
DK – 0002	Bočna stranica 2
DK – 0003	Glavni nosač
DK – 0004	Svornjak
DK – 0005	Graničnik 2
DK – 0001 – 01	Pravokutni nosač
DK – 0001 – 02	Nosivi stup
DK – 0001 – 03	Kosa ukruta
DK – 0001 – 04	Ploča 1
DK – 0001 – 05	Ukruta 1
DK – 0002 – 01	Prihvat nosača
DK – 0002 – 02	Ukruta 2
DK – 0002 – 03	Ploča 2
DK – 0003 – 01	IPE profil
DK – 0003 – 02	Graničnik

**POPIS OZNAKA**

<b>Oznaka</b>	<b>Jedinica</b>	<b>Opis</b>
$A$	$\text{mm}^2$	Površina poprečnog presjeka
$b$	$\text{mm}$	Unutarnja širina presjeka zavara
$B$	$\text{mm}$	Vanjska širina presjeka zavara
$E$	$\text{N/mm}^2$	Modul elastičnosti
$F_A, F_B, F_C, F_D$	$\text{N}$	Sila u osloncu
$F_{HD}$	$\text{N}$	Ukupna sila koja opterećuje horizontalni dio
$F_{kوتاč}$	$\text{N}$	Sila koja opterećuje kotač
$F_K$	$\text{N}$	Sila izvijanja
$F_{max}$	$\text{N}$	Maksimalna sila koja opterećuje nosivi stup
$F_{ST}$	$\text{N}$	Stvarna sila kojom možemo opteretiti nosač
$F_{uk}$	$\text{N}$	Ukupna sila djelovanja
$F_v$	$\text{N}$	Vertikalna sila
$G_n$	$\text{N}$	Težina glavnog nosača
$G_k$	$\text{N}$	Težina konstrukcije
$I$	$\text{mm}^4$	Moment inercije presjeka
$I_y$	$\text{mm}^4$	Moment inercije I profila oko y osi
$I_{min}$	$\text{mm}^4$	Minimalni moment inercije profila
$i_{min}$	$\text{mm}$	Polumjer inercije površine poprečnog presjeka
$L$	$\text{mm}$	Duljina nosača
$l_0$	$\text{mm}$	Duljina izvijanja za zadani model
$l_1, l_2$	$\text{mm}$	Duljina
$m$	$\text{kg}$	Masa tereta
$m_d$	$\text{kg}$	Masa lančane dizalice i kolica
$M_s$	$\text{Nm}$	Maksimalni moment na sredini nosača
$M_{SHD}$	$\text{Nm}$	Moment savijanja horizontalnog dijela bočnih stranica
$M_D$	$\text{Nm}$	Moment oko oslonca D
$q$	$\text{kg/m}^2$	Masa nosača
$Q_{HD}$	$\text{N}$	Težina horizontalnog dijela bočnih stranica
$Q_{NS}$	$\text{N}$	Težina nosivog stupa
$S$	-	Faktor sigurnosti za čelik

---

$w_{dop}$	mm	Dopušteni progib
$w_u$	mm	Ukupni progib
$W$	mm <sup>3</sup>	Moment otpora presjeka zavara
$W_y$	mm <sup>3</sup>	Aksijalni moment otpora oko y osi
$W_z$	mm <sup>3</sup>	Aksijalni moment otpora oko z osi
$w_1$	mm	Progib glavnog nosača uslijed opterećenja
$w_2$	mm	Progib glavnog nosača uslijed težine nosača
$w_3$	mm	Progib horizontalnog dijela bočnih stranica uslijed opterećenja
$w_4$	mm	Progib uslijed težine horizontalnog dijela bočnih stranica
$\sigma_{dop}$	N/mm <sup>2</sup>	Dopušteno naprezanje
$\sigma_n$	N/mm <sup>2</sup>	Ukupno normalno naprezanje
$\sigma_s$	N/mm <sup>2</sup>	Normalno naprezanje uslijed savijanja
$\sigma_t$	N/mm <sup>2</sup>	Tlačno naprezanje
$\lambda$	-	Vitkost

## **SAŽETAK**

U ovom radu obrađen je zadatak konstruiranja pomičnog okvira za podizanje tereta u radioničkim prostorima. Na početku rada u teorijskom uvodu ukratko je objašnjena primjena dizalica i različite vrste istih. Potom je provedena analiza tržišta, odnosno analiza već postojećih rješenja, na temelju čega su kasnije generirana i opisana četiri koncepta. Zatim slijedi ocjenjivanje konceptata po određenim kriterijima na temelju čega biti će odabran optimalan koncept koji ide u daljnju razradu. Po završetku razrade konceptata proveden je proračun konstrukcije okvira te su odabrani odgovarajući dijelovi za prijenos i podizanje tereta. Model i tehnička dokumentacija izrađeni su u programskom paketu SolidWorks te je na kraju rada prikazan 3D oblik konstrukcije okvira.

Ključne riječi: pomični okvir, portalni granik, lančana dizalica, radionički prostori

## **SUMMARY**

This thesis will be covering the design of a mobile frame for lifting loads in the workshop space. At the first part of the theoretical introduction, the application and different types of cranes are briefly explained. Subsequently, a market analysis has been conducted in order to generate and describe four concepts. This is followed by evaluation of concepts according to certain criteria. Then, the optimal concept will be selected for further development. After the concepts has been developed, the calculation of the construction frame was carried out and the appropriate components were selected. The model and technical documentation were created in the SolidWorks software package. At the end of this work, the 3D mobile lifting frame model will be presented.

Key words: mobile frame, portal gantry, chain hoist, workshop space

## 1. UVOD

Kako bi se smanjio fizički napor radnika u pogonima u svakodnevni rad se uvrštavaju transportni uređaji. Prenosila i dizala su, prema tome, tehničke naprave čija je primarna funkcija prijevoz i dizanje materijala, predmeta i ljudi, a služi i za pretovar, skladištenje i rukovanje materijalom. Različiti su parametri prema kojima se vrši odabir odgovarajućeg uređaja, primjerice vrsta i količina materijala, veličina radnog pogona što će utjecati na oblik i složenost konstrukcije, vrstu upravljanja i vrstu pogonskih mehanizama te načinu zahvaćanja tereta. Mogu imati ručni i strojni pogon. Kod dizalica koje su u uporabi samo povremeno i pritom se koriste za manje terete i male visine primjenjuje se ručni pogon. Strojni pogon ćemo upotrebljavati za teške terete s učestalom primjenom te za velike vertikalne i horizontalne pomake. Danas je u upotrebi najčešće električni pogon, ali postoji mogućnost korištenja hidrauličnog i pneumatskog pogona te pogon motorima s unutarnjim izgaranjem na mjestima gdje nije dostupna električna energija. Također, postoje prenosila i dizala s parnim pogonom, ali one danas gotovo više i nisu u upotrebi.



**Slika 1. Portalni granik**

Postupak premještanja robe prenosilima i dizalima naziva se dobavni postupak. Tri temeljne stavke dobavnog postupka su zahvat, prijenos i odlaganje robe. Razlikujemo prekidno i neprekidno obavljanje. Neprekidnu dobavu karakterizira neprekinuti tok od mjesta zahvata do mjesta odlaganja. Rade konstantnom brzinom i dulje vrijeme bez prekida. Drugi način dobave jest prekidna dobava koja se temelji na radnim ciklusima. Radni ciklus obuhvaća stavke

dobavnog postupka, a potom slijedi vraćanje dobavnog sredstva u položaj prikladan za sljedeći zahvat. Sredstva prekidne dobave se prema konstrukciji mogu razvrstati na granike, dizalice, liftove, manipulatori te industrijska vozila. Tako su primjerice dizalice jednostavniji mehanizmi za dizanje tereta, liftovi služe za transport ljudi ili robe dok se granici koriste unutar radnog prostora ograničenog veličinom za obavljanje manipulacijskih postupaka. Primjer granika je i portalni granik. Portalni granik ima postolje u obliku okvira na kojemu se nalazi pomično vitlo koje služi za podizanje tereta. Najčešće se kreće po tračnicama koje su postavljene duž radnog prostora, no može se izvesti u slobodnom obliku koji ne zahtjeva tračnice i omogućava kretanje pomoću kotača ili kao stacioniran na određenome mjestu, odnosno nepomičan.



**Slika 2. Pomičan portalni okvir**



## **2. ANALIZA TRŽIŠTA I POSTOJEĆIH RJEŠENJA**

### **2.1 POSTOJEĆI PROIZVODI**

Analizom tržišta dobiven je uvid u dostupnost proizvoda čija je namjena slična zadanome problemu, odnosno podizanje tereta i premještanje u radioničkim prostorima. Na tržištu postoji široki spektar proizvoda od kojih je odabrana i analizirana nekolicina njih koji u pogledu konstrukcijske izvedbe nude različita rješenja.

### 2.1.1 PORTAGANTRY

Portagantry je okvir za podizanje tvrtke „Reid lifting“. Dolazi u tri izvedbe prema nosivosti. Moguće su nosivosti 500 - 1000 kg, 2000 - 3000 kg te nosivost do 5000 kg. Ovisno o potrebama, svaka od izvedbi dolazi u više različitih dimenzija. Okvir je izrađen od aluminijskog pravokutnog profila što u konačnici olakšava rukovanje i sastavljanje istog. Visina okvira je promjenjiva i regulira se pomoću svornjaka, ali postoji mogućnost dodavanja mehanizma za podizanje u obliku čegrtaljke. Bočne stranice okvira su u A izvedbi. Kotači su pomični, ali imaju mogućnost zaključavanja. Kolica za pomicanje tereta duž okvira dolaze u dvije izvedbe, standardna (ručno pomicanje) i upravljiva lancem (pomicanje pomoću lanca).



Slika 3. Portagantry nosivosti 500 - 1000 kg

### 2.1.2 „SEVENCRAANE“ prijenosna portalna dizalica

Prijenosna portalna dizalica proizvođača „Sevencrane“ prilagodljivog je dizajna, što znači da proizvođač nudi mogućnost odabira dimenzija ovisno o potrebama korisnika. Tako je mogući raspon dizalice od 3m – 12m, visina dizanja sve do 15m te nosivosti od 0,5 tona pa do 20 tona. Podizanje tereta može se obavljati ručno pomoću lančanih dizalica, ali i električno elektromotorom. Pokretanje same dizalice također može biti ručno ili pogonjeno elektromotorom. Bočne stranice su u obliku T izvedbe s dodatnim ojačanjem, a vodoravni nosač koji ih spaja izrađen je od I profila duž kojeg se pomiče teret pomoću kolica. Kao i ostali dijelovi dizalice, kolica također mogu biti gonjena ručno lancem ili elektromotorom. Visina vodoravnog nosača može se regulirati. Cijela konstrukcija dizalice izrađena je od čelika.



Slika 4. „Sevencrane“ prijenosna portalna dizalica

### 2.1.3 Aluminijska portalna dizalica APK

Aluminijska portalna dizalica proizvođača „Planeta“ nosivosti je do 1500 kg i duljine vodoravnog nosača do 4m. Za razliku od prethodnih primjera, ova dizalica osim mogućnosti podešavanja visine može mijenjati i radnu duljinu. Radna duljina regulira se pomicanjem jedne bočne stranice, dok je druga stranica fiksirana. Podešavanje visine vrši se ručno ubacivanjem svornjaka u položaj za željenu visinu. Bočne stranice su u obliku A izvedbe. Kolica za pomicanje tereta duž vodoravnog nosača pogonjena su ručno, a na njih je priključena lančana dizalica čija je zadaća podizanje tereta. Za pomicanje cijele dizalice služe četiri kotača koja imaju mogućnost zaključavanja.



Slika 5. Aluminijska portalna dizalica APK

#### 2.1.4 Portalna dizalica VGI

Portalna dizalica VGI dio je asortimana proizvođača „Verlinde“ nosivosti do 5000 kg ovisno o dimenzijama konstrukcije. Bočne stranice su u T obliku, a povezuje ih vodoravni nosač poprečnog presjeka IPE profila te dizajniran tako da bi se mogla smjestiti kolica za pomicanje tereta. Mobilnost dizalice ostvaruje se pomoću četiri kotača i moguća je pod opterećenjem . Konstrukcija dizalice je izrađena od čelika.



Slika 6. „Verlinde“ portalna dizalica VGI

## 2.2 KORISNI UREĐAJI

Razrađeno je nekoliko proizvoda koji čine sastavni dio konstrukcije i dostupni su na tržištu, npr. mehanizam za podizanje tereta (lančane dizalice) i kolica za pomicanje tereta duž okvira. Na tržištu je dostupno puno sličnih proizvoda različitih proizvođača, a u nastavku su navedeni neki od njih koji su konstrukcijski različito izvedeni.

### 2.2.1 VHR

VHR je ručna lančana dizalica proizvođača „Verlinde“. Kroz različite izvedbe može se dosegnuti nosivost do 5000 kg. Kuke za prihvat izrađene su od čeličnih legura kao i lanac, no lanac radi otpornosti na koroziju je pocinčan te njegova čvrstoća je G80. Kuka je dodatno opremljena sigurnosnim poklopcem radi sigurnijeg prijema tereta. Prijenos lančane dizalice vrši se pomoću zupčanika.



Slika 7. VHR ručna lančana dizalica

### 2.2.2 PLV

PLV je ručna polužna dizalica. Prikladna je za opterećenja od 250 kg pa do 3000 kg. Položaj poluge može se orijentirati u bilo kojem smjeru. Materijal izrade poluge i kućišta dizalice je kromirani čelik, a kuke i lanca je legura čelika. Sastavni dio je i mehanizam kočenja koji radi na Weston principu s dva tarna diska.



Slika 8. PLV ručna polužna dizalica

### 2.2.3 Pokretna kolica za dizalicu

Analizom tržišta dobiven je uvid u široki spektar pokretnih kolica za dizalicu. Dolaze u različitim izvedbama, ovisno o pogonu. Mogu biti pogonjena ručno ili elektromotorom. Dvije su vrste ručno pogonjenih kolica, mogu se pogoniti pomicanjem tereta (prikladne za terete manjih masa) te pomicanjem pomoću lanca koji preko para zupčanika pogoni kotače te omogućava gibanje tereta duž nosača. Za različite širine profila postoji mogućnost reguliranja širine kolica pomoću navoja.



Slika 9. Pokretna kolica pogonjena lancem proizvođača „Unicraft“

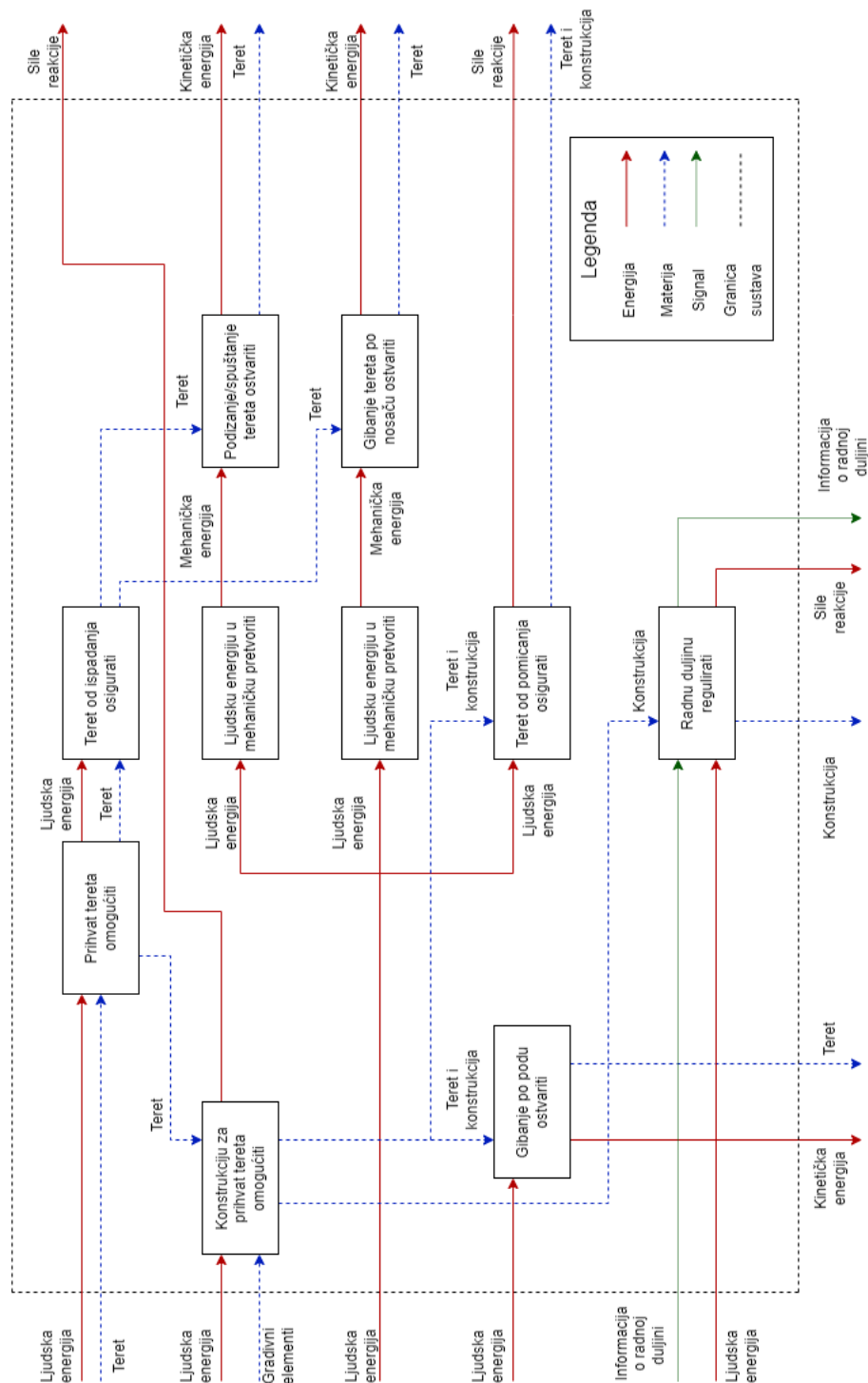


### **2.3 Zaključak analize tržišta**

Nakon provedene analize tržišta dobiven je uvid u dostupnost pomičnih portalnih okvira za podizanje. Iako su različiti proizvođači, često su međusobno slični i minimalno se razlikuju. Najčešće izvedbe su aluminijska i čelična. Kod aluminijskih izvedbi vodoravni nosač koji spaja bočne stranice izveden je u obliku kutijastih profila, dok je kod čeličnih izvedbi najčešće I profil. Bočne stranice aluminijskih okvira su u obliku A izvedbe, a kod čeličnih dolaze kao T oblik.

### 3. FUNKCIJSKA DEKOMPOZICIJA

Funkcijska dekompozicija predstavlja smisleni i kompatibilnu kombinaciju podfunkcija koje čine ukupnu funkciju. Mogućnost da se složeni problem razdijeli na jednostavnije probleme omogućuje veću kreativnost pri traženju parcijalnih rješenja. Veze između funkcija moraju biti pažljivo definirane u smislu povezivanja energije, materije i signala u cjelinu.

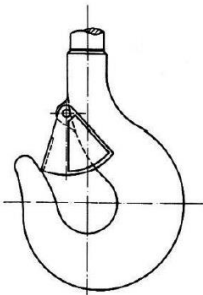
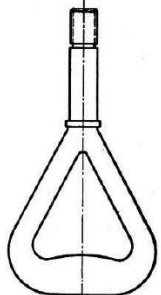
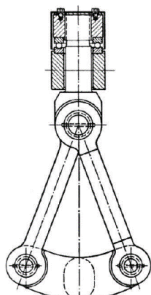










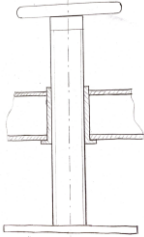



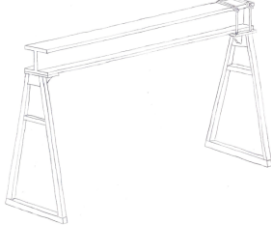
Slika 10. Funkcijska dekompozicija

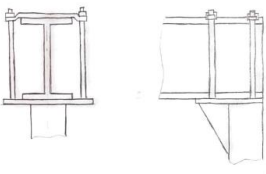
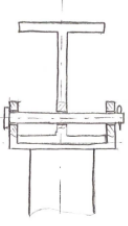
## 4. MORFOLOŠKA MATRICA

Na temelju funkcijske dekompozicije izvedena je morfološka matrica koja prikazuje moguća rješenja za pojedine podfunkcije. Ponuđena rješenja koriste se u fazi koncipiranja u svrhu dobivanja više različitih koncepata dok će se na kraju odabrati optimalan.

Tablica 1. Morfološka matrica

Funkcija		Rješenja		
1.	Prihvatanje tereta omogućiti	 <p>Jednokraka kuka</p>	 <p>Kovani stremen (jednodijelni)</p>	 <p>Zglobni stremen</p>
2.	Teret od ispadanja osigurati	 <p>Sigurnosni poklopac</p>		
3.	Podizanje/spuštanje tereta ostvariti	 <p>Lančana dizalica</p>	 <p>Lančana dizalica s polugom</p>	 <p>Potezna dizalica s čeličnim užetom</p>

4.	Gibanje tereta po nosaču ostvariti	 <p>Kolica za dizalicu</p>	 <p>Kolica za dizalicu upravljiva lancem</p>	
5.	Gibanje po podu ostvariti	 <p>Kotači</p>		
6.	Teret od pomicanja osigurati	 <p>Kotači s kočnicom</p>	 <p>Noga s vretenom</p>	
7.	Oblik konstrukcije	 <p>A oblik</p>	 <p>T oblik</p>	 <p>Okvirni</p>
		 <p>Okvirni trokutni</p>		

8.	Radnu duljinu regulirati	 <p data-bbox="478 443 742 504">Pomoću navojne šipke i leptir matica</p>	 <p data-bbox="774 481 1061 504">Pomoću dva svornjaka</p>	
----	--------------------------	---	--	--

## 5. KONCEPTI

### 5.1 Koncept 1

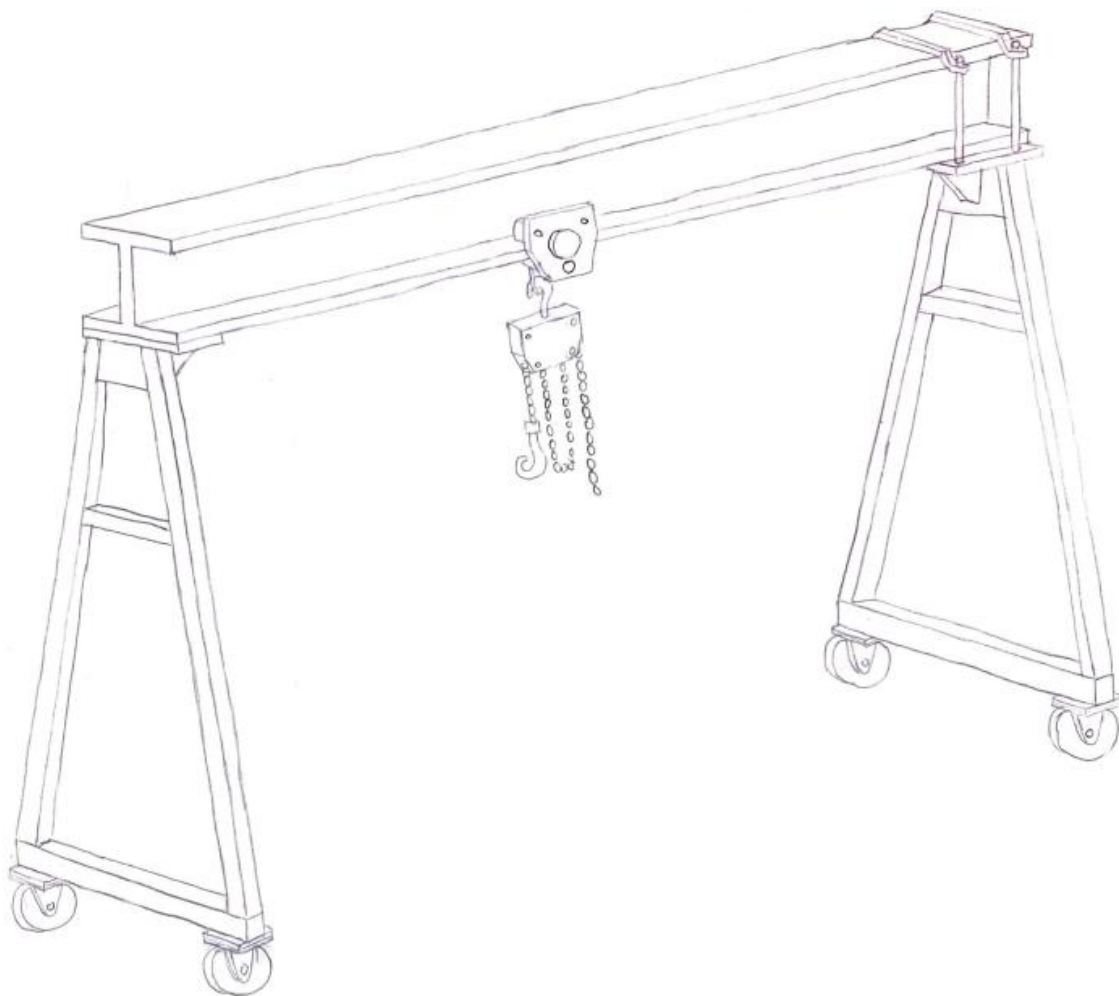
Bočne stranice Koncepta 1 izvedene su kao zavarena T izvedba dvije cijevi pravokutnog poprečnog presjeka s ojačanjima sa svake strane. Vodoravni glavni nosač je IPE profil koji je na jednoj strani povezan s bočnim stranicama pomoću vijčane veze. Na drugoj strani nosača izbušeni su provrti kroz koje se umeću dva svornjaka čime će se povezati nosač i bočna stranica te tako omogućiti reguliranje radne duljine okvira. Također, na nosač se stavljaju pokretna kolica čija je zadaća gibanje tereta duž nosača. Kako bi se omogućilo dizanje tereta na kolica se stavlja lančana dizalica s polugom. Gibanje okvira po podu ostvareno je pomoću četiri kotača koja imaju mogućnost zaključavanja.



Slika 11. Koncept 1

## 5.2 Koncept 2

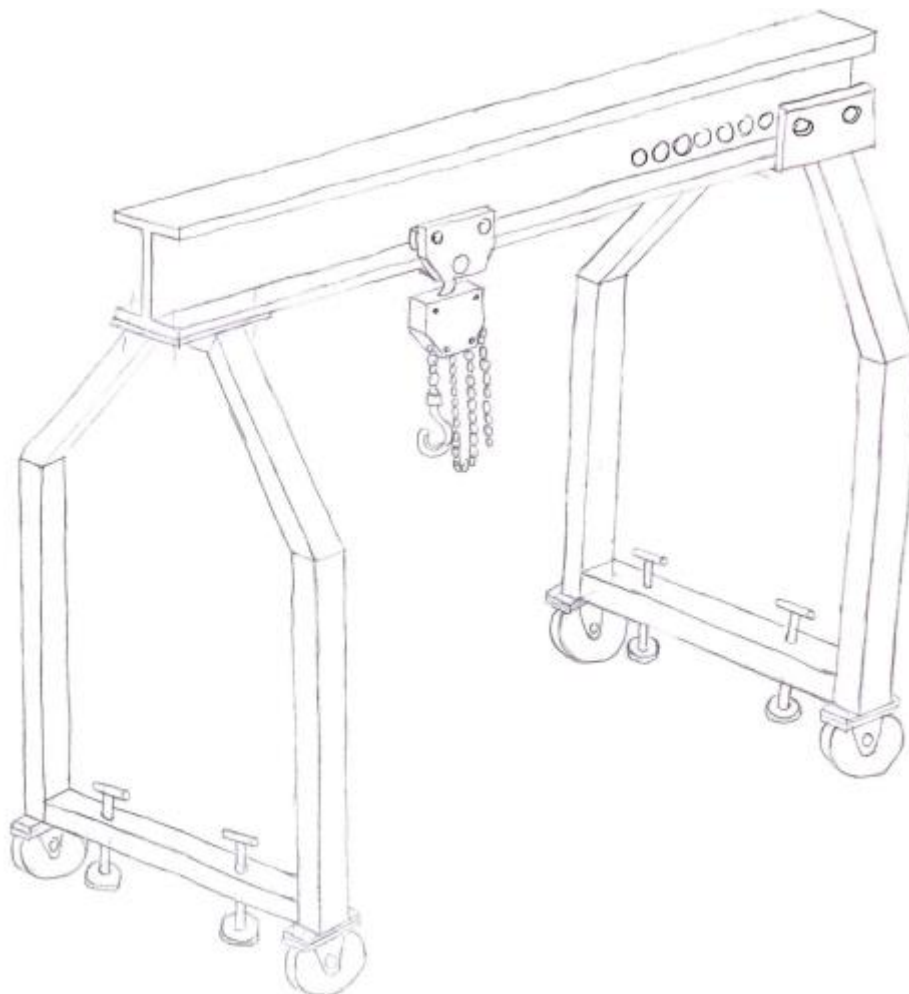
Koncept 2 zamišljen je na način da glavni vodoravni nosač poprečnog presjeka IPE profila leži na bočnim stranicama koje su trokutnog oblika. Jedna strana nosača pomoću vijaka učvršćena je na bočnu stranicu, dok je druga strana nosača povezana pomoću navojne šipke i leptir matice te se tako osigurava promjena duljine okvira. Pokretna kolica upravljiva lancem postavljena su na vodoravni nosač te se na njih prihvaća ručna lančana dizalica. Kako bi se okvir gibao koriste se četiri kotača s mogućnošću zaključavanja, po dva sa svake strane, te su vijčanom vezom pričvršćena na bočne stranice.



Slika 12. Koncept 2

### 5.3 Koncept 3

Konstrukcija Koncepte 3 sastoji se od dvije okvirne bočne stranice i vodoravnog nosača IPE poprečnog presjeka koji ih povezuje. Reguliranje duljine okvira omogućeno je pomoću dva svornjaka koji se nalaze na jednoj strani dok je druga fiksirana vijčanom vezom. Pokretna kolica ručno su pogonjena po vodoravnom nosaču te se na njih prihvati ručna lančana dizalica. Gibanje okvira ostvareno je pomoću kotača koji nemaju mogućnost zaključavanja već je pozicioniranje ostvareno sa četiri nožice s vretenom.

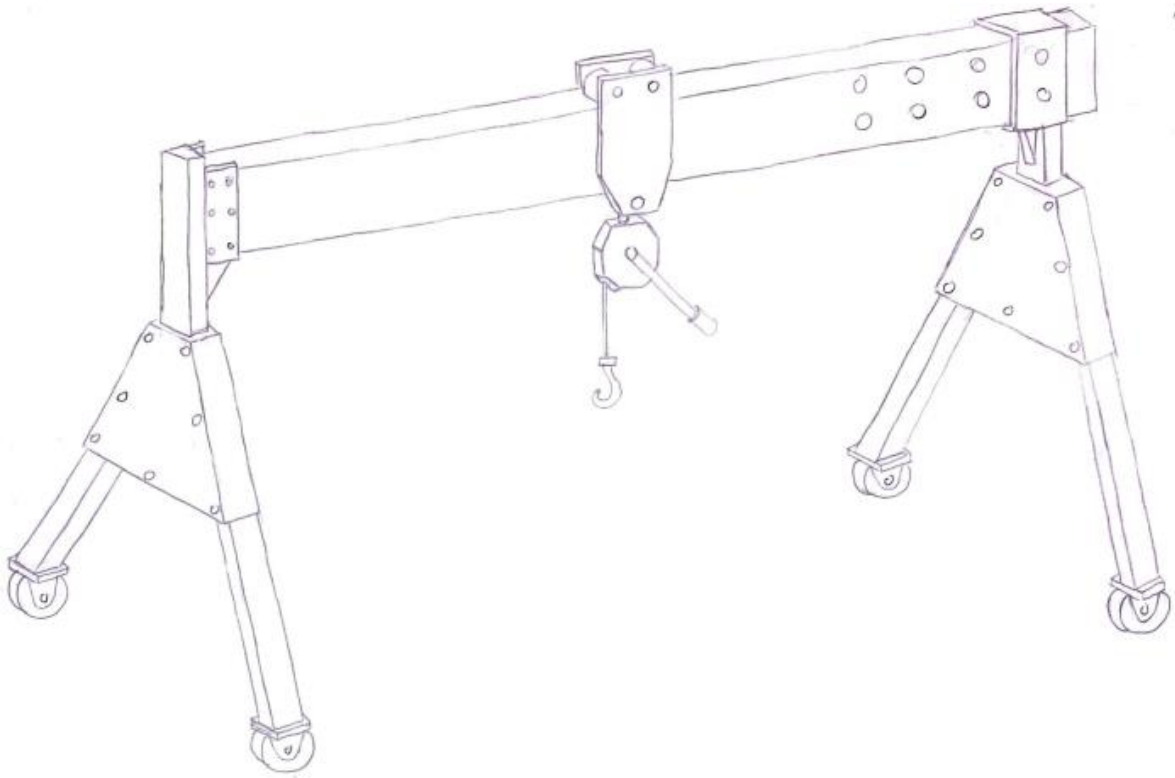


Slika 13. Koncept 3



## 5.4 Koncept 4

Koncept 4 od prethodnih se koncepata razlikuje po tome što su bočne stranice u A obliku, dok je vodoravni nosač koji ih spaja pravokutnog poprečnog presjeka. Nosač je s jedne strane spojen s bočnom stranicom pomoću vijaka, a na drugoj strani je veza pomoću svornjska kako bi se omogućila regulacija duljine. Gibanje tereta duž nosača omogućuju pokretna kolica na koja se pričvrsti potezna dizalica sa čeličnim užetom što omogućuje dizanje tereta. Dio konstrukcije čine i kotači koji omogućuju kretanje čitavog okvira.



Slika 14. Koncept 4

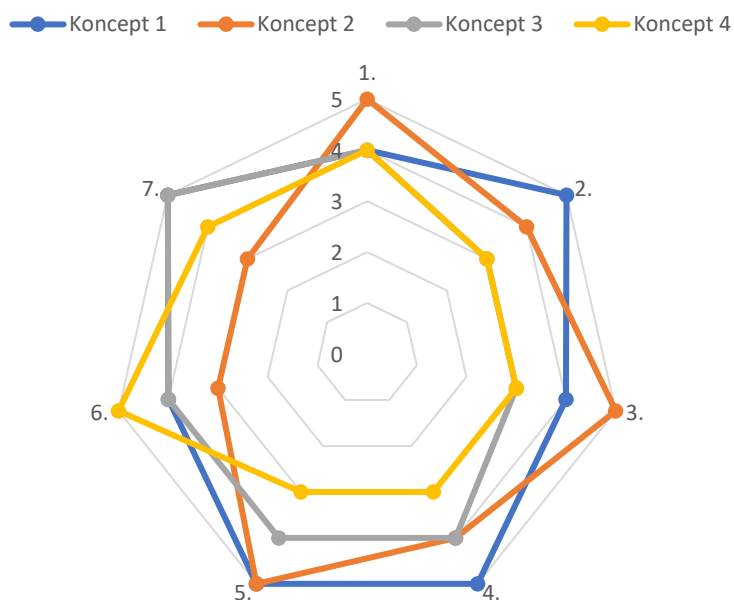
## 6. VREDNOVANJE I ODABIR KONAČNOG KONCEPTA

Po završetku izrade koncepata provedeno je vrednovanje istih. Vrednovanje obuhvaća kriterije kojima su pridruženi težinski faktori te će se na temelju tih kriterija ocijeniti i odabrati optimalan koncept koji će se dalje razraditi. Vrijednosti težinskih faktora kreću se u rasponu od 0 pa do 1 pri čemu najveća vrijednost predstavlja najveći utjecaj za odabir konačnog koncepta. Zahtjevima prema kojima se vrši vrednovanje osim težinskih faktora pridružene su i ocjene između 1-5, gdje je 1 najniža a 5 najviša ocjena. Ukupna ocjena za pojedini koncept dobije se tako da se svaka ocjena zahtjeva pomnoži s pripadajućim težinskim faktorom te se u konačnici dobije suma svih umnožaka tog koncepta. Koncept s najvišom ukupnom ocjenom odabran je za daljnju razradu. Tablica 2. prikazuje zahtjeve i vrednovanje koncepata te konačne ocijene.

**Tablica 2. Ocjenjivanje koncepata**

	Kriteriji	Težinski faktor	Koncept 1	Koncept 2	Koncept 3	Koncept 4
1.	Masa	0,15	4	5	4	4
2.	Nosivost	0,2	5	4	3	3
3.	Krutost konstrukcije	0,2	4	5	3	3
4.	Jednostavnost izrade	0,15	5	4	4	3
5.	Ekonomičnost izrade	0,15	5	5	4	3
6.	Montaža/demontaža	0,1	4	3	4	5
7.	Regulacija radne duljine	0,05	5	3	5	4
	Konačna ocjena		4,55	4,35	3,65	3,4

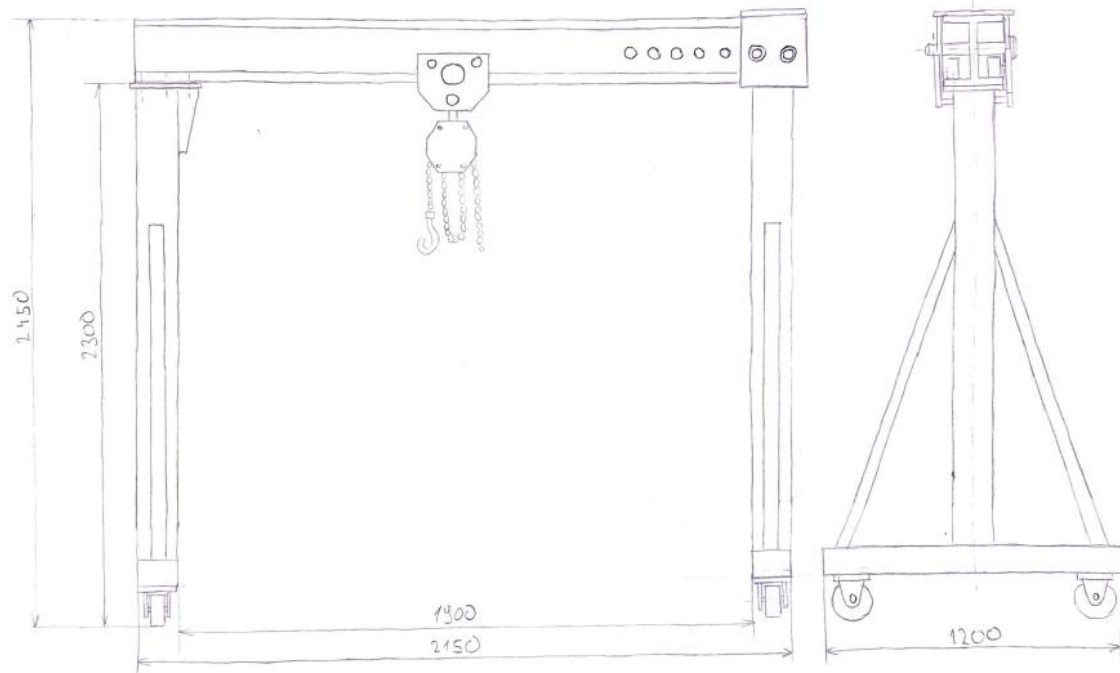
Na temelju danih ocjena iz Tablice 2. napravljen je polarni dijagram u kojemu svaka od linija prikazuje jedan koncept, a brojevi predstavljaju kriterije koji su im pridruženi u Tablici 2. Polarni dijagram prikazan je na Slici 15.



**Slika 15. Polarni graf ocjena koncepata**

Kao konačni koncept odabran je Koncept 1 koji od svih najviše zadovoljava zadane kriterije. Oblik konstrukcije najbolje zadovoljava zadani kriterij krutosti i nosivosti, jednostavne je i ekonomične izrade, dok u nešto manjoj mjeri zadovoljava kriterije mase i jednostavnosti montaže. Izvedba bočnih stranica relativno je jednostavna za izradu jer i sama priprema komponenti od kojih se sastoji nije zahtjevnija te olakšava proces zavarivanja, dok je kod ostalih koncepata u određenoj mjeri složenija izvedba. Jedini problem leži u tome što su cijevi od kojih su izrađene bočne stranice nešto većeg poprečnog presjeka pa će i sam okvir biti nešto teži. Horizontalni dio bočnih stranica biti će pravokutnog poprečnog presjeka odabran tako da se na njega pomoću vijaka mogu pričvrstiti kotači, dok će nosivi stup bočnih stranica biti kvadratnog poprečnog presjeka. Nosivi stup bočne stranice ojačan je s dvije cijevi kvadratnog poprečnog presjeka kako bi se povećala krutost i stabilnost okvira. S jedne strane glavni nosač je s bočnom stranicom povezan pomoću vijčane veze, dok je s druge strane povezan s dva svornjaka. Budući da nosivost pomičnog okvira mora iznositi 1000 kg, ona se ostvaruje korištenjem jedne lančane dizalice nosivosti 1000 kg na pokretnim kolicima upravljiva lancem ili korištenjem dvojjih kolica i dvije lančane dizalice nosivosti od po 500 kg što bi u konačnici rezultiralo lakšim

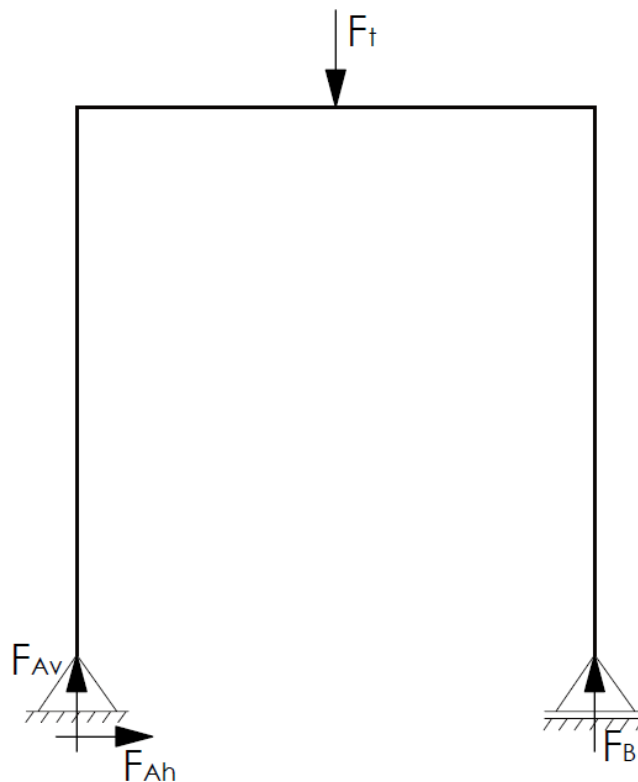
prihvatom i stabilnijim prijenosom tereta. Lančana dizalica kao i kolica standardni su dijelovi i mogu se naručiti po želji od različitih proizvođača. Kotači su također kupovni materijal, a njihova će nosivost kasnije biti detaljnije proračunata kao i dimenzije svih ostalih nosivih profila. Konačna razrada koncepta prikazana je na Slici 16.



**Slika 16. Konačna razrada koncepta**

## 7. PRORAČUN NOSIVE KONSTRUKCIJE

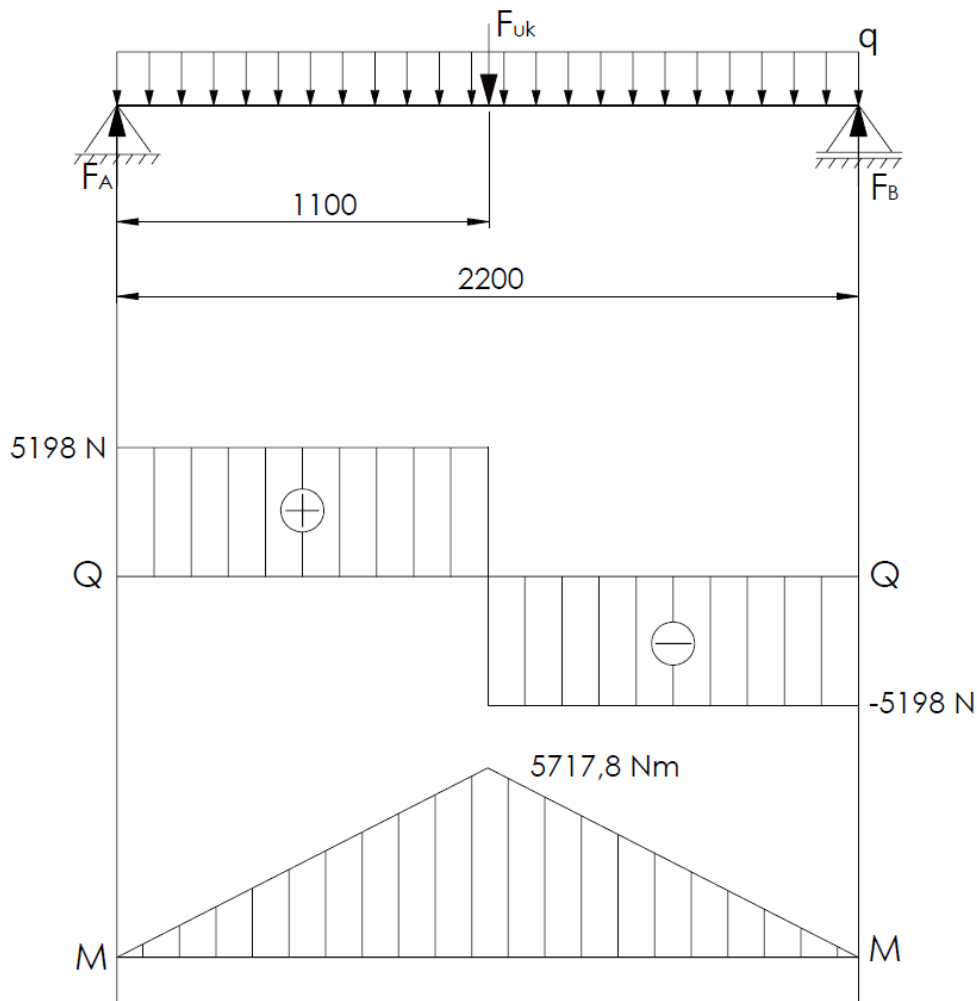
U nastavku biti će prikazan proračun nosive konstrukcije pomičnog okvira za podizanje. Komponente ili zavari koji nisu proračunati u nastavku nije ih potrebno proračunavati jer nisu kritični, tj. izloženi su manjim opterećenjima. Također, ako proračunate stavke u nastavku zadovoljavaju zadane kriterije tada će ih zadovoljavati i stavke čiji proračun nije prikazan. Svi dijelovi proračuna vrijede za konstrukciju sa smanjenom radnom duljinom. Na Slici 17. prikazan je statički model konstrukcije. Konstrukcija se promatra kao okvir na dva oslonca koji predstavljaju kotače.



Slika 17. Statički model konstrukcije

## 7.1 Proračun glavnog nosača

Glavni nosač promatra se kao greda položena na dva oslonca, što je prikazano na Slici 18. Duljina glavnog nosača iznosi 2200 mm i opterećena je na savijanje uslijed djelovanja mase tereta te masa pokretnih kolica i lančane dizalica kao i mase samog nosača. Slika 18. također prikazuje poprečne sile i momente savijanja glavnog nosača.



Slika 18. Opterećenja glavnog nosača

Sile u osloncima dobiju se iz sume vertikalnih sila :

$$\sum F_v = 0 \rightarrow F_A + F_B - F_{uk} - q \cdot 9,81 \cdot L = 0 \quad (1)$$

Gdje je:

$$F_{uk} = (m + m_d) \cdot 9,81 = (1000 + 25) \cdot 9,81 = 10055 \text{ N} \quad (2)$$

$F_A, F_B$  – sile u osloncima, N

$m = 1000$  kg – masa tereta, kg

$m_d = 25$  kg – masa lančane dizalice i kolica, kg

$q = 15,8 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$  – masa nosača (Slika 19.),  $\text{kg}/\text{m}^2$

$L = 2200$  mm – duljina nosača, mm

Uvrštavanjem vrijednosti u izraz (1) dobiju se reakcije u osloncima koje iznose:

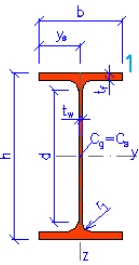
$$F_A = F_B = \frac{10055 + 0,0158 \cdot 9,81 \cdot 2200}{2} = 5198 \text{ N} \quad (3)$$

Maksimalni moment koji se javlja na nosaču djeluje na sredini nosača što je vidljivo iz dijagrama momenta savijanja (Slika 18.) te je jednak:

$$M_s = F_A \cdot \frac{L}{2} = 5198 \cdot \frac{2200}{2} = 5717,8 \text{ Nm} \quad (4)$$

Poprečni presjek glavnog nosača je IPE 160 profila te su karakteristike prikazane na Slici 19.

### IPE160

Geometry		Section properties	
h = 160 mm		Axis y	Axis z
b = 82 mm		$I_y = 8.69\text{E}+6 \text{ mm}^4$	$I_z = 6.83\text{E}+5 \text{ mm}^4$
$t_f = 7.4$ mm		$W_{y1} = 1.09\text{E}+5 \text{ mm}^3$	$W_{z1} = 1.67\text{E}+4 \text{ mm}^3$
$t_w = 5$ mm		$W_{y,pl} = 1.24\text{E}+5 \text{ mm}^3$	$W_{z,pl} = 2.61\text{E}+4 \text{ mm}^3$
$r_1 = 9$ mm		$i_y = 65.80$ mm	$i_z = 18.40$ mm
$y_s = 41$ mm		$S_y = 6.19\text{E}+4 \text{ mm}^3$	$S_z = 1.30\text{E}+4 \text{ mm}^3$
d = 127.2 mm		<b>Warping and buckling</b>	
A = 2010 mm <sup>2</sup>		$I_w = 3.96\text{E}+9 \text{ mm}^6$	$I_t = 3.58\text{E}+4 \text{ mm}^4$
$A_L = 0.62 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-1}$		$G = 15.8 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$	$i_w = 20.50$ mm

**Slika 19. Karakteristike IPE 160 profila [1]**

### 7.1.1 Proračun glavnog nosača s obzirom na kriterij krutosti

Glavni nosač mora zadovoljiti kriterij krutosti, odnosno progib na sredini nosača mora biti unutar dopuštenog. Prema [2] dopušteni progib iznosi:

$$w_{dop} = \frac{L}{600} = \frac{2200}{600} = 3,67 \text{ mm} \quad (5)$$

Maksimalni progib dobije se podjelom na dva dijela, progib uslijed opterećenja tereta i progib uslijed same težine konstrukcije. Također, prema [2] progib glavnog nosača uslijed težine tereta  $w_1$  iznosi:

$$w_1 = \frac{F_{uk} \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I_y} = \frac{10055 \cdot 2200^3}{48 \cdot 210000 \cdot 8,69 \cdot 10^6} = 1,22 \text{ mm} \quad (6)$$

Gdje je:

$E = 210\,000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$  – modul elastičnosti,

$I_y = 8,69 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$  – moment inercije I profila oko y osi (Slika 19.).

Progib glavnog nosača uslijed težine nosača:

$$w_2 = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot 9,81 \cdot L^4}{E \cdot I_y} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,0158 \cdot 9,81 \cdot 2200^4}{210000 \cdot 8,69 \cdot 10^6} = 0,0259 \text{ mm} \quad (7)$$

Ukupni progib je zbroj progiba uslijed težine tereta i težine nosača te iznosi:

$$w_u = w_1 + w_2 = 1,22 + 0,0259 = 1,2459 \text{ mm} < w_{dop} \quad (8)$$

Iz uvjeta krutosti (8) vidljivo je da glavni nosač **zadovoljava** zadane uvjete.



### 7.1.2 Proračun glavnog nosača s obzirom na kriterij čvrstoće

Proračun čvrstoće glavnog nosača obuhvaća provjeru na savijanje koje se javlja zbog opterećenja uzrokovanog djelovanjem tereta i težine samog nosača. Kritični presjek je na sredini nosača gdje je najveći moment savijanja što je vidljivo na Slici 18. Radi jednostavnosti proračuna provrta na nosaču koji služe za smanjivanje radne duljine su zanemareni.

Normalno naprezanje uslijed savijanja iznosi:

$$\sigma_s = \frac{M_s}{W_y} = \frac{5717800}{1,09 \cdot 10^5} = 52,46 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{dop} \quad (9)$$

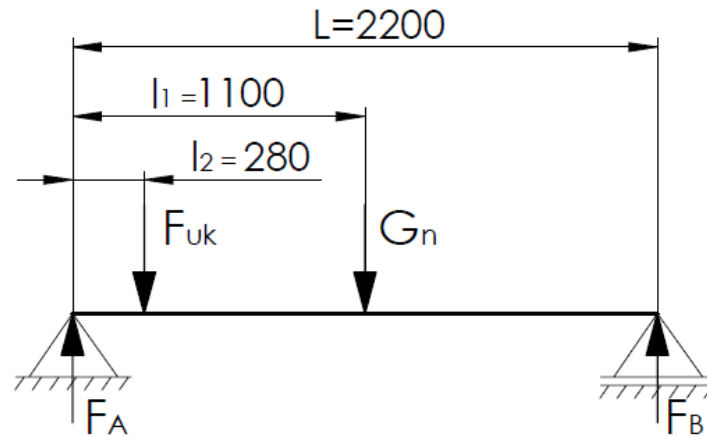
$W_y = 1,09 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$  – aksijalni moment otpora (Slika 19.)

Dopušteno naprezanje za materijal čeličnih konstrukcija S235JR prema [2] iznosi  $160 \text{ N/mm}^2$ .

Prema tome zaključeno je da nosač **zadovoljava** kriterij čvrstoće za zadane uvjete.

## 7.2 Proračun nosivog stupa bočnih stranica

Nosivi stup bočnih stranica opterećen je na savijanje i na tlak. Potrebno je provjeriti izvijanje i savijanje stupa u donjem dijelu. Maksimalni moment savijanja javlja se kada je teret na sredini glavnog nosača, a maksimalna tlačna sila kada je teret najbliži stupu.



Slika 20. Prikaz opterećenja nosivog stupa

Maksimalna sila koja opterećuje nosivi stup dobiva se sumom momenata oko oslonca B.

$$\sum M_D = 0 \rightarrow -F_A \cdot L + F_{uk} \cdot (L - l_2) + G_n \cdot (L - l_1) = 0 \quad (10)$$

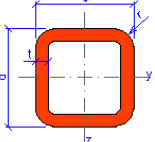
Gdje je  $G_n$  težina glavnog nosača i ona iznosi 341 N. Uvrštavanjem vrijednosti u izraz (10) dobije se:

$$F_{max} = F_A = \frac{10055 \cdot (2200 - 280) + 341 \cdot 1100}{2200} = 8946 \text{ N} \quad (11)$$

Sila  $F_{max}$  je maksimalna sila koja opterećuje nosivi stup te se s ovom silom ide u daljnji proračun.

Poprečni presjek nosivog stupa je kvadrat dimenzija 90x90 i debljine stijenke od 6,3 mm. Karakteristike kvadratnog poprečnog presjeka prikazane su na Slici 21.

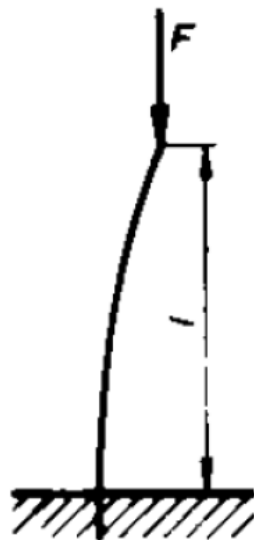
## SHS 90x6.3

Geometry		Section properties
a = 90 mm		$I_y = I_z = 2.38E+6 \text{ mm}^4$
t = 6.3 mm		$W_{y,el} = W_{z,el} = 5.30E+4 \text{ mm}^3$
r = 9.45 mm		$W_{y,pl} = W_{z,pl} = 6.43E+4 \text{ mm}^3$
A = 2070 mm <sup>2</sup>		$I_y = I_z = 34 \text{ mm}$
$A_L = 0.344 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-1}$		$S_y = S_z = 3.22E+4 \text{ mm}^3$
G = 16.2 kg·m <sup>-1</sup>		$I_t = 3.82E+6 \text{ mm}^4$
		$C_t = 7.70E+4 \text{ mm}^3$

Slika 21. Karakteristike SHS 80x5 profila [1]

## 7.2.1 Proračun stabilnosti nosivog stupa

Tlačna sila  $F_{max}$  uzrokuje izvijanje nosivog stupa pa se stup treba provjeriti na izvijanje. Mehanički model izvijanja stupa je osno opterećeni štap uklješten na jednom kraju a slobodan na drugom budući da je to najkritičniji slučaj izvijanja. Slika 22. prikazuje mehanički model izvijanja stupa.



$$l_0 = 2l$$

Slika 22. Mehanički model izvijanja nosivog stupa [3]

$$l_0 = 2 \cdot 1900 = 3800 \text{ mm} \quad (12)$$

Gdje je  $l_0$  duljina izvijanja za zadani model.

Polumjer inercije površine poprečnog presjeka iznosi:

$$i_{min} = \sqrt{\frac{I_{min}}{A}} = \sqrt{\frac{2,38 \cdot 10^6}{2070}} = 33,91 \text{ mm} \quad (13)$$

Pri čemu je:

$I_{min} = 2,38 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$  – minimalni moment inercije profila (Slika 21.)

$A = 2070 \text{ mm}^2$  – površina poprečnog presjeka (Slika 21.)

Vitkost štapa:

$$\lambda = \frac{l_0}{i_{min}} = \frac{3800}{33,91} = 112,06 \quad (14)$$

Budući da je  $\lambda = 112,06 > \lambda_p = 105$  problem izvijanja biti će promatran u *Eulerovom* području za koje sila izvijanja prema [3] iznosi:

$$F_k = \pi^2 \frac{E \cdot I_{min}}{l_0^2} = \pi^2 \frac{210000 \cdot 2,38 \cdot 10^6}{3800^2} = 341608 \text{ N} \quad (15)$$

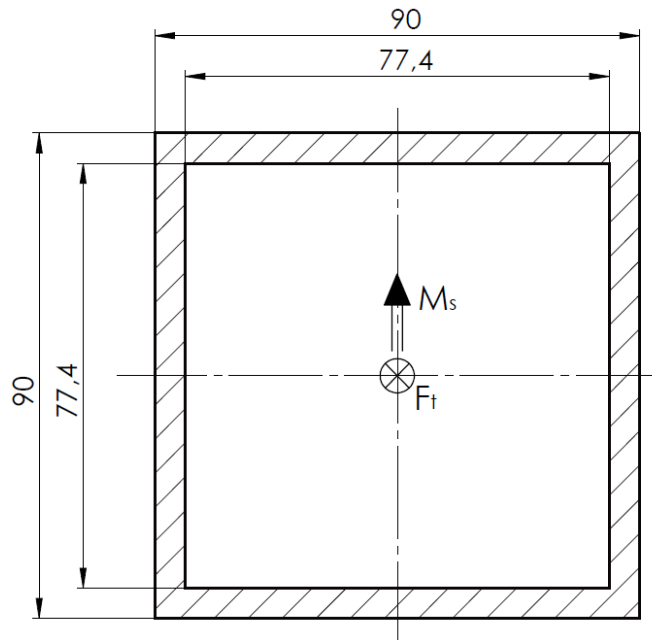
Stvarna sila kojom se može opteretiti nosač iznosi:

$$F_{st} = \frac{F_k}{S} = \frac{341608}{5} = 68322 \text{ N} \quad (16)$$

Gdje je prema [3] S faktor sigurnosti za čelik i iznosi 5. Budući da je dopuštena sila  $F_{st}$  (16) veća od maksimalne sile  $F_{max}$  kojom je opterećen nosač zaključeno je da nosač **zadovoljava** uvjet stabilnosti.

### 7.2.2 Proračun nosivog stupa s obzirom na kriterij čvrstoće

Na Slici 23. prikazan je poprečni presjek glavnog stupa s ucrtanim opterećenjima. Proračun je proveden za slučaj kada je teret na sredini nosača jer je savijanje dominantnije od tlaka pa se tada javljaju veća naprezanja.



Slika 23. Računski presjek SHS profila

Normalno naprezanje uslijed savijanja dobiveno je uvrštavanjem momenta savijanja  $M_s$  (4) i aksijalnog momenta otpora  $W_y$  (Slika 21) u izraz (17) :

$$\sigma_s = \frac{M_s}{W_y} = \frac{5717800}{3,42 \cdot 10^4} = 107,88 \text{ N/mm}^2 \quad (17)$$

Tlačno naprezanje dobiveno je uvrštavanjem sile  $F_A$  (3) i površine SHS presjeka  $A$  (Slika 21.) u izraz (18):

$$\sigma_t = \frac{F_A}{A} = \frac{5198}{2070} = 2,51 \text{ N/mm}^2 \quad (18)$$

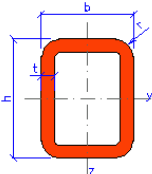
Ukupno normalno naprezanje je zbroj normalnog naprezanja uslijed savijanja i tlačnog naprezanja te iznosi:

$$\sigma_n = \sigma_s + \sigma_t = 107,88 + 2,51 = 110,39 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{dop} \quad (19)$$

Ukupno normalno naprezanje manje je od dopuštenog pa profil **zadovoljava** uvjet čvrstoće.

### 7.3 Proračun horizontalnog dijela bočne stranice

Horizontalni dio bočne stranice pravokutnog je poprečnog presjeka dimenzija 120x80 te debljine stijenke od 5 mm i dužine od 1200 mm. Slika 24. prikazuje karakteristike pravokutnog poprečnog presjeka (RHS).

Geometry		Section properties	
		Axis y	Axis z
h = 120 mm		$I_y = 3.65E+6 \text{ mm}^4$	$I_z = 1.93E+6 \text{ mm}^4$
b = 80 mm		$W_{y,el} = 6.09E+4 \text{ mm}^3$	$W_{z,el} = 4.82E+4 \text{ mm}^3$
t = 5 mm		$W_{y,pl} = 7.46E+4 \text{ mm}^3$	$W_{z,pl} = 5.61E+4 \text{ mm}^3$
r = 7.5 mm		$i_y = 44.2 \text{ mm}$	$i_z = 32.1 \text{ mm}$
A = 1870 mm <sup>2</sup>		$S_y = 3.73E+4 \text{ mm}^3$	$S_z = 2.80E+4 \text{ mm}^3$
$A_L = 0.39 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-1}$		Warping and buckling	
G = 14.7 kg·m <sup>-1</sup>		$I_t = 4.01E+6 \text{ mm}^4$	$C_t = 7.79E+4 \text{ mm}^3$

Slika 24. Karakteristike RHS 120x80x5 profila [1]

Horizontalni dio može se promatrati kao greda na dva oslonca, opterećena silom  $F_{max}$  za slučaj kada je teret najbliži bočnoj stranici, težine nosivog stupa i težine horizontalnog dijela bočne stranice što prikazuje Slika 25.

Ukupna sila koja opterećuje horizontalni dio jednaka je:

$$F_{HD} = F_{max} + Q_{NS} + Q_{HD} \quad (20)$$

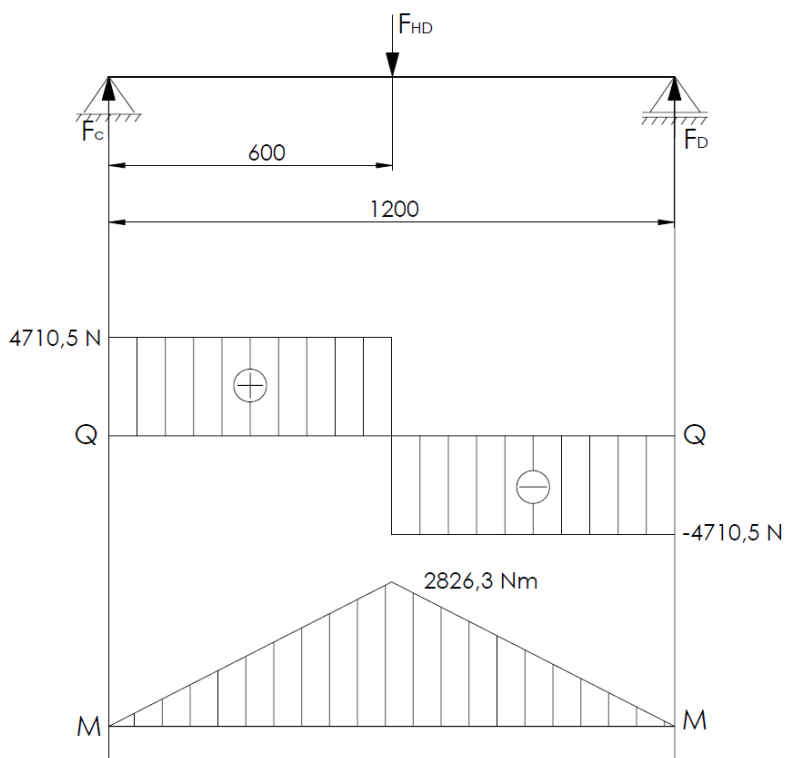
Gdje je:

$$Q_{NS} = 0,0162 \cdot 9,81 \cdot 1900 = 302 \text{ N} - \text{težina nosivog stupa,}$$

$$Q_{HD} = 0,0147 \cdot 9,81 \cdot 1200 = 173 \text{ N} - \text{težina horizontalnog dijela bočnih stranica}$$

Uvrštavanjem navedenih vrijednosti u jednadžbu (20) dobije se:

$$F_{HD} = 8946 + 302 + 173 = 9421 \text{ N}$$



**Slika 25. Prikaz opterećenja horizontalnog dijela bočne stranice**

Sile u osloncima dobiju se iz sume sila u vertikalnom smjeru prema Slici 25.:

$$\sum F_v = 0 \rightarrow F_C + F_D - F_{HD} = 0 \quad (21)$$

Iz čega sile u osloncima iznose:

$$F_C = F_D = \frac{F_{HD}}{2} = \frac{9421}{2} = 4710,5 \text{ N} \quad (22)$$

Pa moment savijanja iznosi:

$$M_{SHD} = F_C \cdot 600 = 4710,5 \cdot 600 = 2826300 \text{ Nmm} \quad (23)$$

### 7.3.1 Proračun horizontalnog dijela bočnih stranica s obzirom na kriterij krutosti

Prema izrazu (5) dopušteni progib iznosi:

$$w_{dop} = \frac{L}{600} = \frac{1200}{600} = 2 \text{ mm} \quad (24)$$

Progib horizontalnog dijela bočnih stranica podijeljen je na dva dijela - progib uslijed opterećenja i progib uslijed težine samog dijela.

Progib uslijed opterećenja prema [2] iznosi:

$$w_3 = \frac{(F_c + Q_{NS}) \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_z} = \frac{(4710,5 + 302) \cdot 1200^3}{48 \cdot 210000 \cdot 1,93 \cdot 10^6} = 0,45 \text{ mm} \quad (25)$$

Progib uslijed težine horizontalnog dijela također prema [2] iznosi:

$$w_4 = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot 9,81 \cdot l^4}{E \cdot I_z} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,0147 \cdot 9,81 \cdot 1200^4}{210000 \cdot 1,93 \cdot 10^6} = 9,6 \cdot 10^{-3} \text{ mm} \quad (26)$$

Gdje se uzima manji moment inercije odnosno  $I_z$  (Slika 24.) jer se savija oko  $z$  osi gdje je manja širina profila.

Ukupni progib je zbroj progiba uslijed težine tereta i težine nosača te iznosi:

$$w_u = w_3 + w_4 = 0,45 + 0,0096 = 0,4596 \text{ mm} < w_{dop} \quad (27)$$

Nosač **zadovoljava** kriterij krutosti jer je  $w_u < w_{dop}$ .

### 7.3.2 Proračun horizontalnog dijela bočnih stranica s obzirom na kriterij čvrstoće

Iz momentnog dijagrama koji je prikazan na Slici 25. vidljivo je da je najveći moment na sredini nosača te je to ujedno i kritični presjek koji će biti provjeren. Uvrštavanjem momenta iz izraza (23) u izraz (28) dobije se naprezanje od:

$$\sigma_s = \frac{M_{sHD}}{W_z} = \frac{2826300}{4,82 \cdot 10^4} = 58,64 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{dop} \quad (28)$$

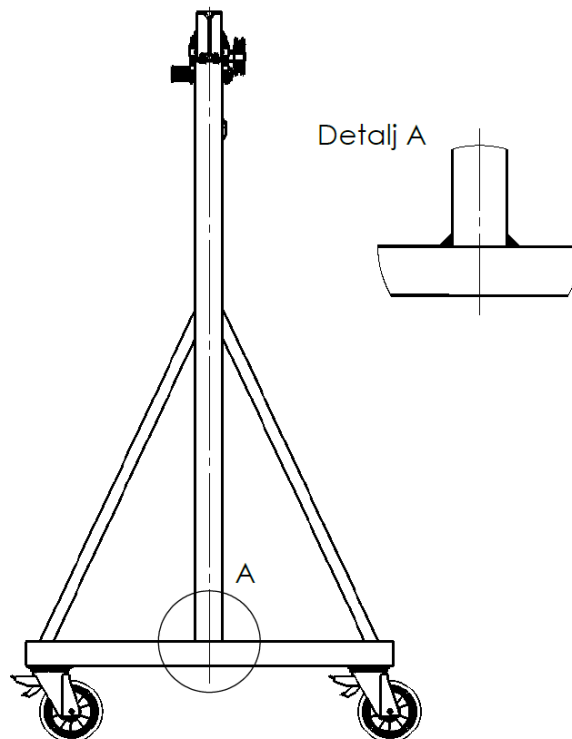
$W_z = 4,82 \cdot 10^4 \text{ mm}^3$  – aksijalni moment otpora (Slika 24.)

Dopušteno naprezanje prema [2] iznosi  $160 \text{ N/mm}^2$  što je veće od naprezanje uslijed savijanja za zadani profil te je zaključeno da profil **zadovoljava** kriterij čvrstoće.



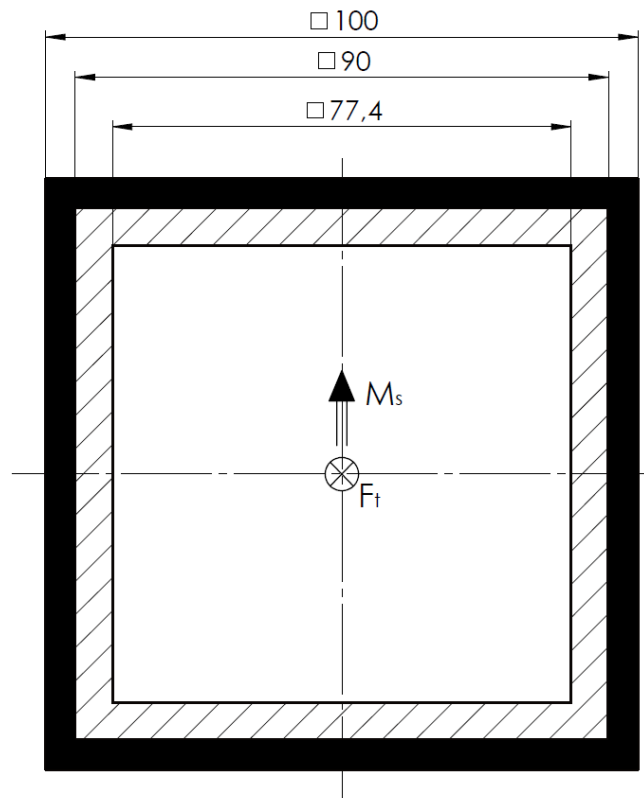
#### 7.4 Proračun zavora nosivog stupa i horizontalnog dijela bočne stranice

Zavar nosivog stupa i horizontalnog dijela bočne stranice opterećen je na savijanje. Tlak nije potrebno provjeravati jer je savijanje značajno dominantnije. U proračunu je računato za slučaj gdje zavar sam preuzima čitavo opterećenje, no to u stvarnosti nije tako jer dio opterećenja će preuzeti i dvije ukrute postavljene ukoso. No, ako zavar zadovoljava ovakvo opterećenje tada će zadovoljiti i stvarnu situaciju. Mjesto zavora prikazano je na Slici 26. Odabrana je veličina zavora od 5 mm.



Slika 26. Prikaz mjesta zavora nosivog stupa i horizontalnog dijela bočne stranice

Na temelju računskog presjeka zavora kojeg prikazuje Slika 27. izračunate su geometrijske karakteristike koje su potrebne za proračun.



Slika 27. Računski presjek zavara nosivog stupa i horizontalnog dijela bočne stranice

Moment inercije presjeka oko bilo koje osi je jednak jer su sve stranice iste duljine i glasi:

$$I = \frac{B^4 - b^4}{12} = \frac{100^4 - 90^4}{12} = 2865833 \text{ mm}^4 \quad (29)$$

Gdje su  $B$  i  $b$  vanjska i unutarnja širina presjeka zavara.

Moment otpora presjeka zavara glasi:

$$W = \frac{2 \cdot I}{B} = \frac{2 \cdot 2865833}{10} = 57317 \text{ mm}^3 \quad (30)$$

Naprezanje zavara uslijed savijanja dobije se tako da se u izraz (31) uvrsti vrijednost momenta savijanja iz izraza (4) te glasi:

$$\sigma_s = \frac{M_s}{W} = \frac{5717800}{57317} = 99,76 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{dop,z} \quad (31)$$

Dopušteno naprezanje zavara  $\sigma_{dop,z}$  prema [4] iznosi  $113 \text{ N/mm}^2$ . Prema tome zaključeno je kako zavar **zadovoljava** zadana opterećenja.

## 7.5 Odabir kotača

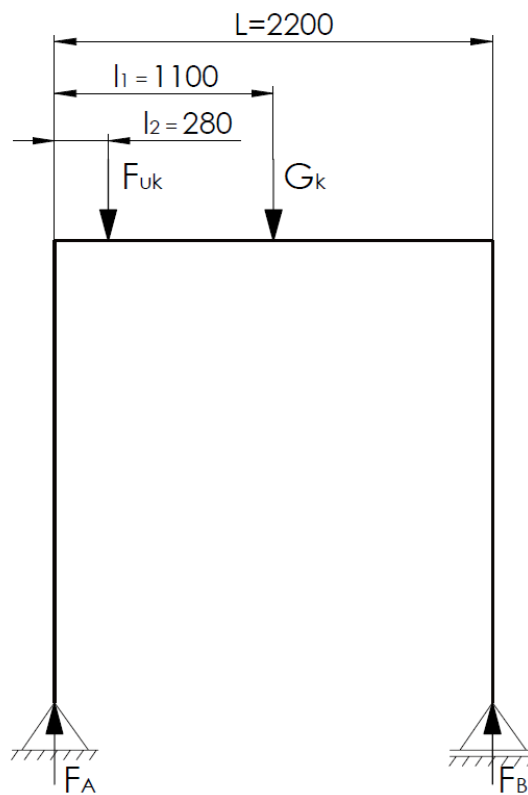
Dimenzioniranje i odabir kotača provodi se za najnepovoljniji slučaj, kada je teret najbliži bočnoj stranici. Prema [2] dimenzioniranje kotača vrši se uvrštavanjem u:

$$F = \frac{F_{min} + 2 \cdot F_{max}}{3} \quad (32)$$

Gdje je:

$F_{min}$  – opterećenja kotača s najvećim dozvoljenim teretom u najpovoljnijem položaju, N

$F_{max}$  – opterećenja kotača s najvećim dozvoljenim teretom u najnepovoljnijem položaju, N



Slika 28. Skica opterećenja kotača

Iz uvjeta ravnoteže dobivaju se reakcije u osloncima, odnosno u kotačima.

$$\sum M_B = 0 \rightarrow -F_A \cdot L + F_{uk} \cdot (L - l_2) + G_k \cdot (L - l_1) = 0 \quad (33)$$

Iz čega slijedi:

$$F_{max} = F_A = \frac{10055 \cdot (2200 - 280) + 1962 \cdot 1100}{2200} = 9756 \text{ N} \quad (34)$$

Reakcija u osloncu B:

$$\sum F_v = 0 \rightarrow F_A + F_B - F_{uk} - G_k = 0 \quad (35)$$

Gdje je  $G_k$  težina konstrukcije. Sveukupna masa konstrukcije iznosi oko 200 kg.

$$F_{min} = F_B = F_{uk} + G_k - F_A = 10055 + 1962 - 9756 = 2261 \text{ N} \quad (36)$$

Uvrštavanjem vrijednosti u izraz (32) dobije se:

$$F = \frac{2261 + 2 \cdot 9756}{3} = 7258 \text{ N} \quad (37)$$

Pošto su po dva kotača sa svake strane sila koju kotač mora izdržati iznosi:

$$F_{kotač} = \frac{F}{2} = \frac{7258}{2} = 3629 \text{ N} \quad (38)$$

Budući da kotači trebaju biti s gumenim gazištem odabrani su kotači proizvođača ELESA, model RE.G2-200-SSF-H. Nosivost odabranog kotača iznosi 5000 N. Kotači su opremljeni kočnicom koja omogućava zaključavanje kotača i blokadom koja onemogućava okretanje.



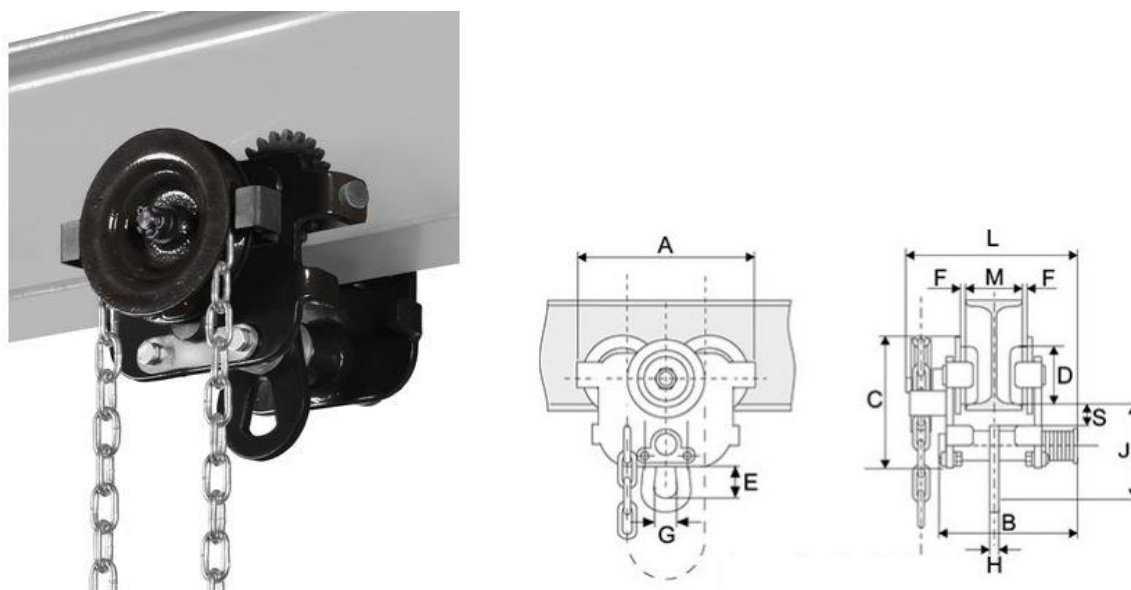
**Slika 29. Kotač ELESA RE.G2-200-SSF-H [5]**

## 7.6 Odabir dijelova za prijenos i dizanje tereta

S obzirom da je nosivost 1000 kg potrebno je odabrati već gotove proizvode za prijenos i dizanje tereta. Kako bi se omogućio prijenos duž glavnog nosača odabrana su kolica upravljiva lancem proizvođača „Powertex“ čija je specifikacija prikazana u Tablici 3. Povlačenjem lanca osigurava se gibanje kolica a time i tereta duž nosača.

**Tablica 3. Specifikacije kolica za prijenos tereta proizvođača „Powertex“**

Nosivost	1000 kg
Dimenzije(A x L x C) [mm]	242 x 254 x 170
Visina ispod kotača, J	118 mm
Masa	12,4 kg
Širina staze, M	55 - 140 mm

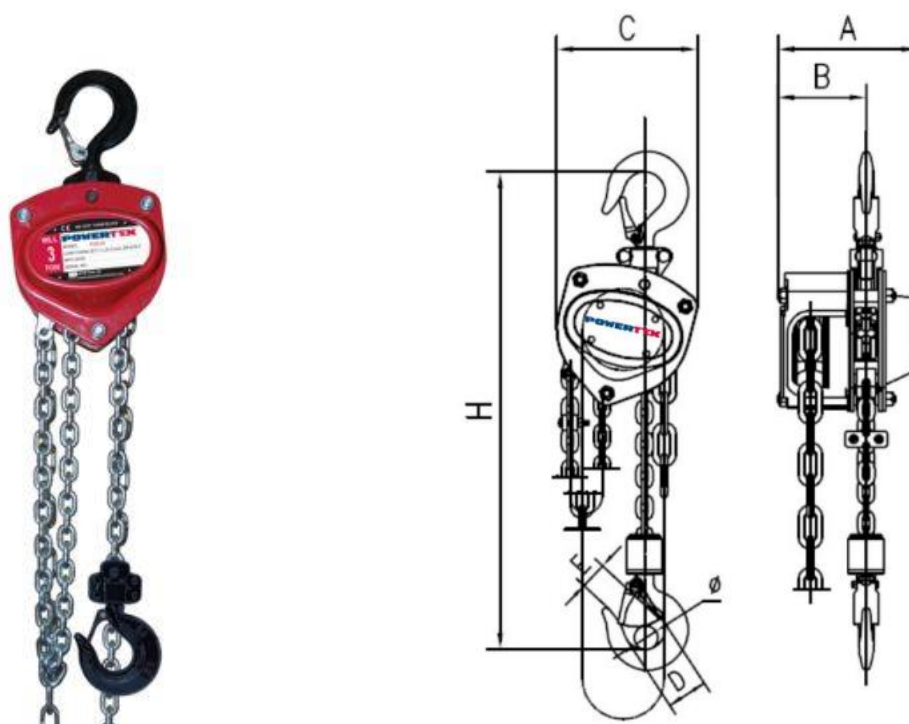


**Slika 30. Ovjesna lančana kolica proizvođača „Powertex“ [6]**

Sukladno tome potrebno je odabrati i ručnu lančanu dizalicu koja će obavljati zadaću podizanja i spuštanja tereta. Odabrana je ručna lančana dizalica proizvođača „Powertex“ čija je specifikacija prikazana u Tablici 4. Ručna lančana dizalica opremljena je s dva zapinjača i četiri kočne opruge što onemogućava neželjeno spuštanje tereta.

**Tablica 4. Specifikacija ručne lančane dizalice proizvođača „Powertex“**

Nosivost	1000 kg
Visina dizanja	3
Dimenzije [A x C x H(min)] [mm]	142 x 150 x 330
Masa	12 kg
Potrebna ručna sila	280 N
Kočnica	Da

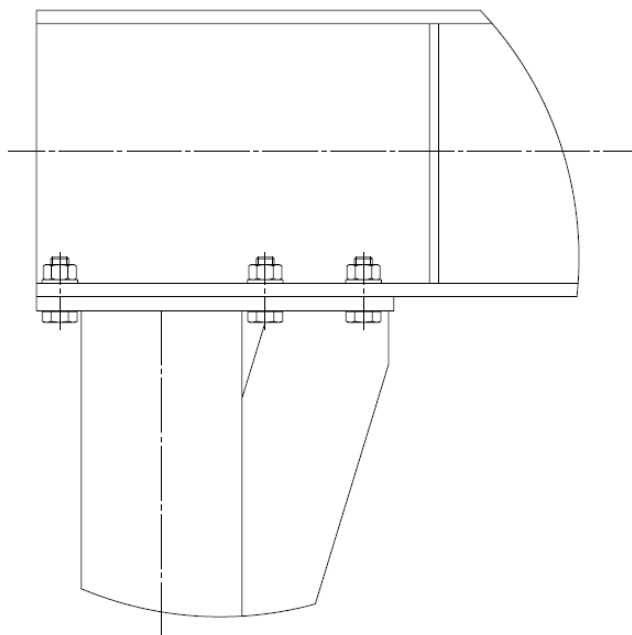


**Slika 31. Ručna lančana dizalica proizvođača „Powertex“ [6]**

Također, na okvir se mogu postaviti do dvojica kolica i dvije lančane dizalice nosivosti po 500 kg kako bi se teret mogao sigurnije prenositi.

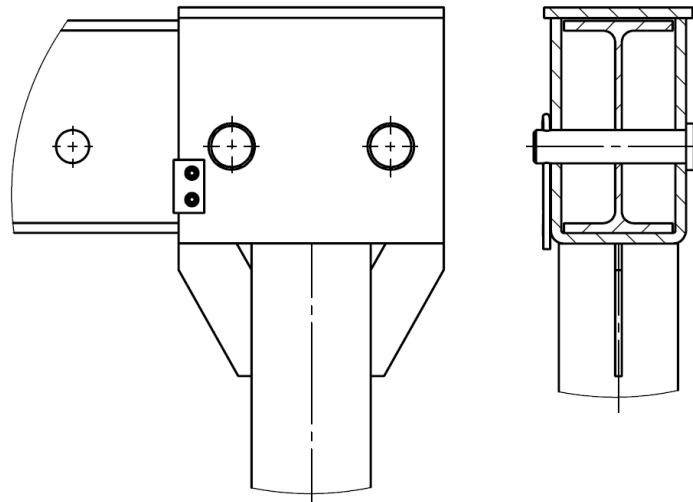
## 7.7 Oblikovanje vijčane veze i veze sa svornjakom

Glavni nosač je s bočnom stranicom spojen s jedne strane pomoću vijčane veze, a sa druge strane s dva svornjaka. Odabrano je 6 vijka M10 kvalitete 8.8. Vijčani spoj nije potrebno provjeravati jer je progib glavnog nosača malen i ne radi preveliki moment savijanja na mjestu vijčane veze. Također prilikom gibanja otpori vožnje stvaraju moment na vijcima, ali je to zanemarivo zbog niskog faktora trenja kotrljanja.



Slika 32. Prikaz vijčane veze glavnog nosača i bočne stranice

S druge strane nalazi se spoj s dva svornjaka koji omogućava lagano i jednostavno mijenjanje radne duljine okvira. Na glavnom nosaču nalaze se provrti kroz koje se stavljaju svornjaci kako bi se ostvarila veza sa bočnom stranicom na kojoj se nalaze dva provrta. Koriste se dva svornjaka promjera 25 mm kako bi se ostvarila čvrsta veza. Svornjaci se od ispadanja osiguravaju zaštitnim klinom. Prilikom skraćivanja radne duljine bočna stranica pomakne se duž glavnog nosača te se umetnu svornjaci u željene provrte kako bi se osigurala željena radna duljina. Gibanje lančanih kolica duž okvira ograničeno je s dva graničnika koji su prikazani na Slici 32. i Slici 33. Graničnik na mjestu vijčane veze zavaren je za glavni nosač, dok se s druge strane graničnik pomoću dva vijaka pričvrsti za bočnu stranicu.



**Slika 33. Prikaz veze glavnog nosača i bočne stranice pomoću svornjaka**

Mjesno za prihvat nosača na bočnoj stranici izrađeno je od lima koji je savijen u obliku slova „U“ te je na njega s gornje strane zavarena ploča. Takva izvedba odabrana je radi lakšeg rukovanja pri regulaciji radne duljine i onemogućavanja pada nosača prilikom regulacije.



## 8. MODEL POMIČNOG OKVIRA ZA PODIZANJE



Slika 34. Model pomičnog okvira za podizanje u programskom paketu SolidWorks

## 9. ZAKLJUČAK

Cilj ovog rada bio je osmisliti konstrukcijsko rješenje pomičnog okvira za podizanje tereta u radioničkim prostorima. Budući da radionički prostori mogu biti ograničeni veličinom, ali i oblikom samog prostora, bilo je potrebno omogućiti smanjivanje radne duljine. Kako je izrada ovog pomičnog okvira planirana u radioničkim uvjetima fakulteta, konstrukcija treba biti što ekonomičnije izvedbe, ali mora zadovoljiti zahtjeve koji podrazumijevaju sigurnost, sprječavanje njihanja tereta i eventualno prevrtanje okvira. Analizom tržišta dobiven je uvid u postojeća rješenja te je daljnji razvoj bio usmjeren prema tome da konstrukcija bude što manje mase kako bi se njome lakše upravljalo, jednostavne i što jeftinije izvedbe. Iz tih su razloga korišteni gotovi poluproizvodi što manje mase, a da zadovoljavaju tražene zahtjeve te se na taj način dobila izvedba jeftinija od sličnih izvedbi koje su već dostupne na tržištu. U konačnici odabrana je jednostavna izvedba bočnih stranica za što će biti potrebno kraće vrijeme izvedbe kao i manja količina potrebnog materijala te najjednostavniji način smanjenja radne duljine okvira pomoću dva svornjaka.

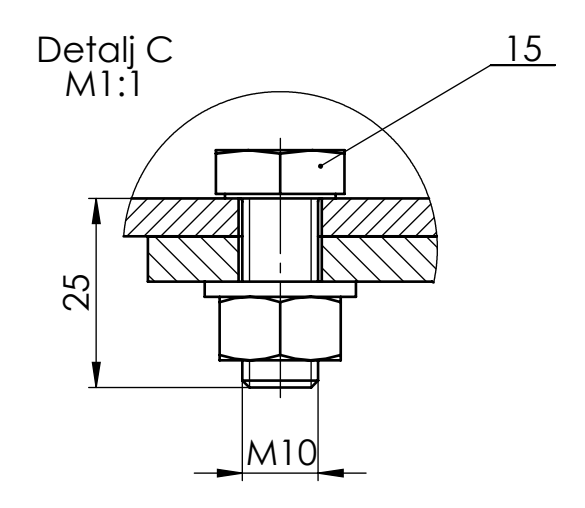
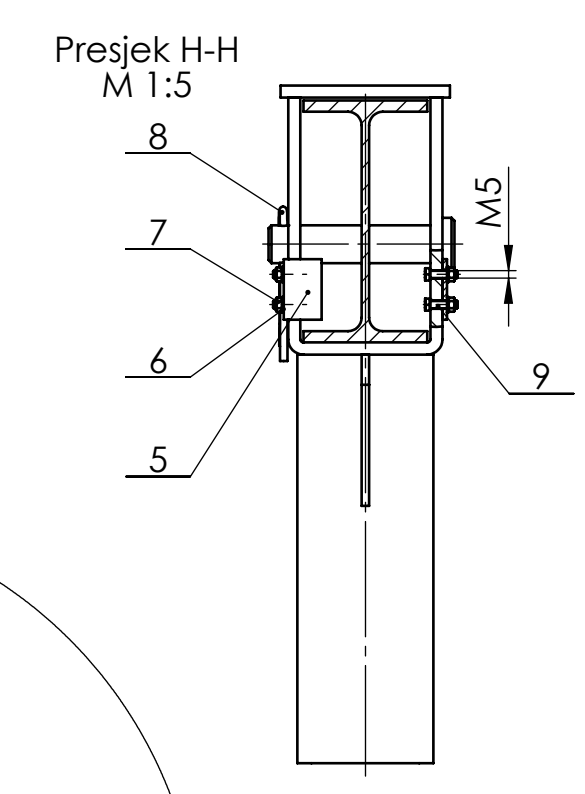
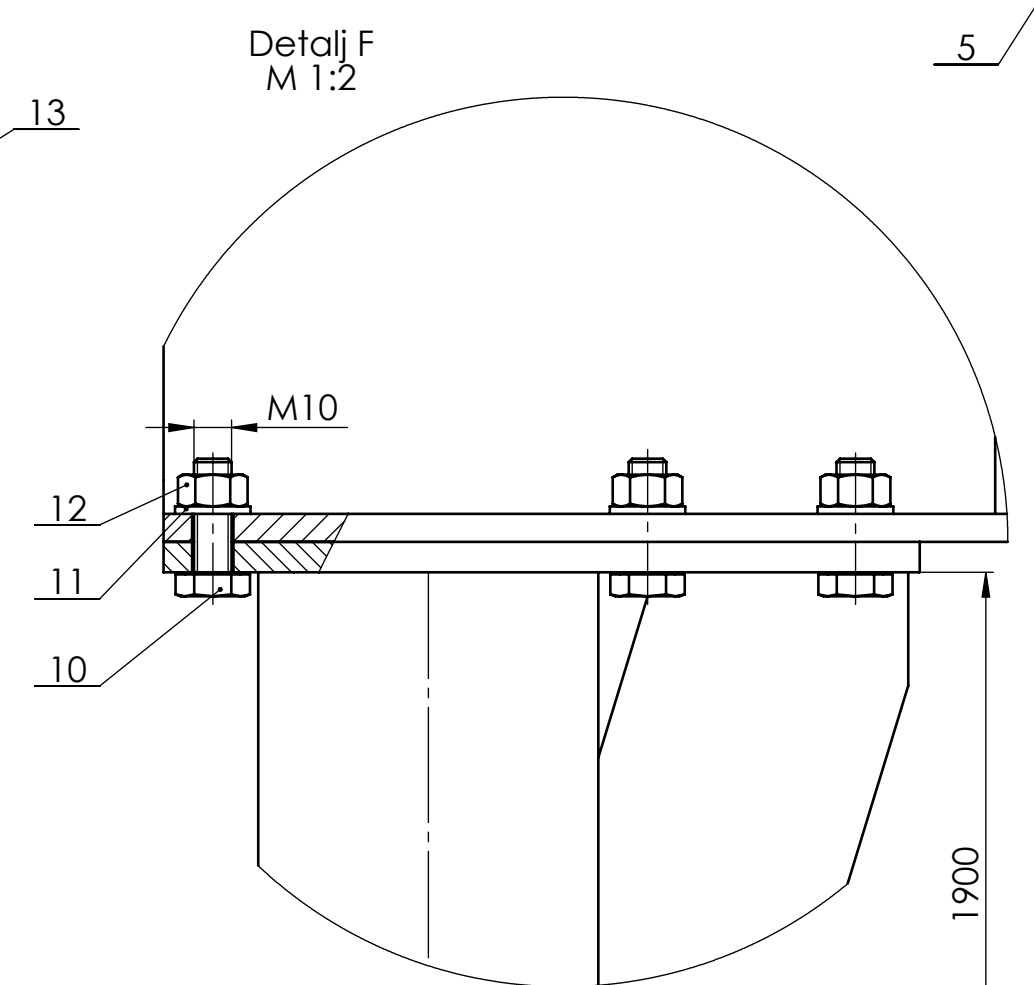
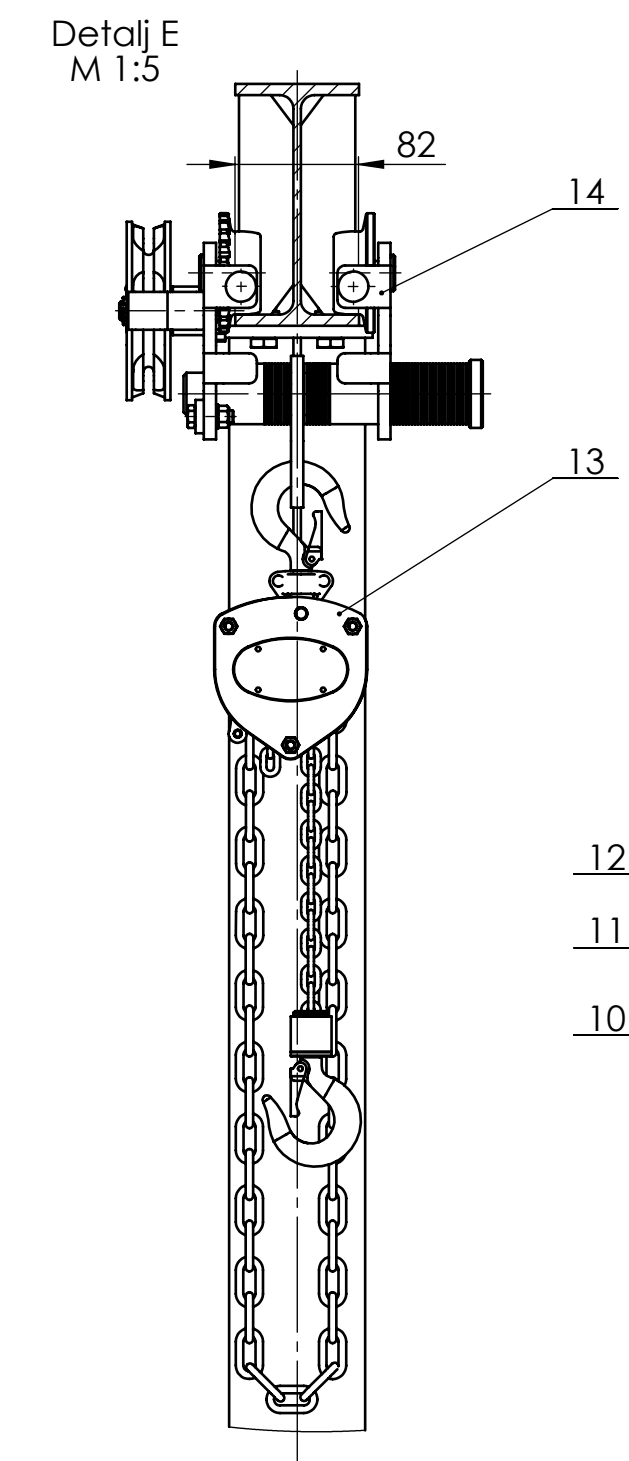
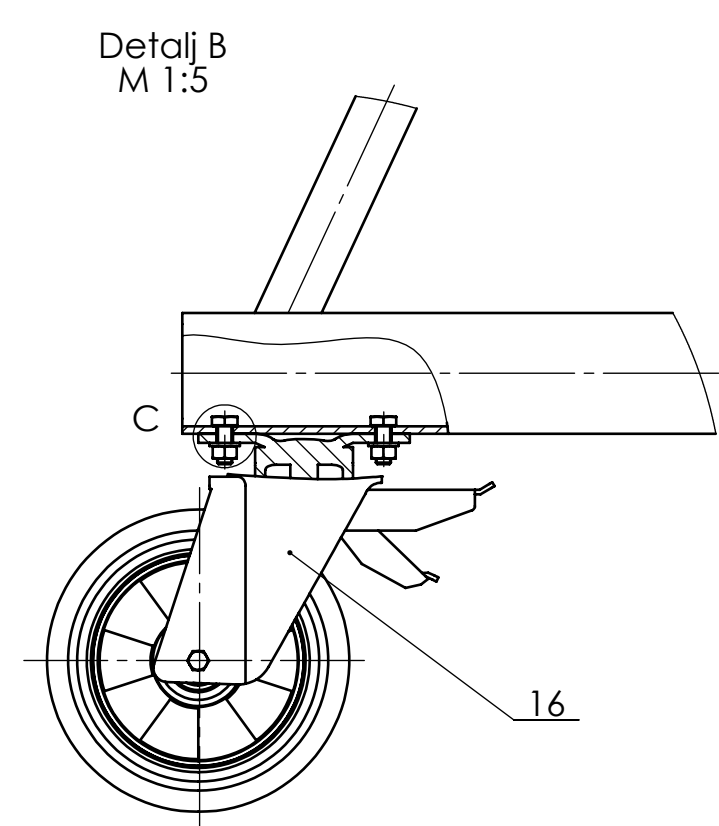
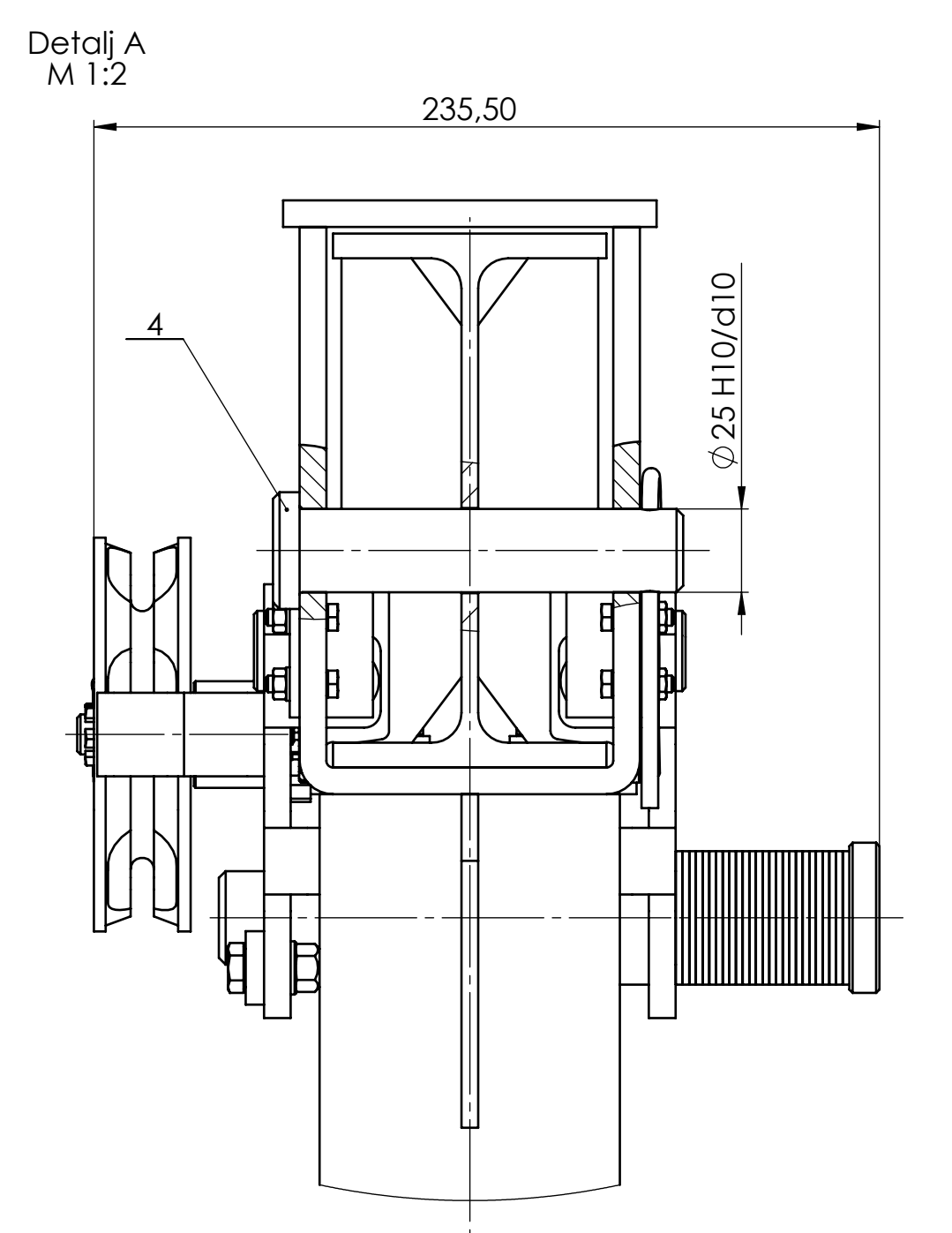
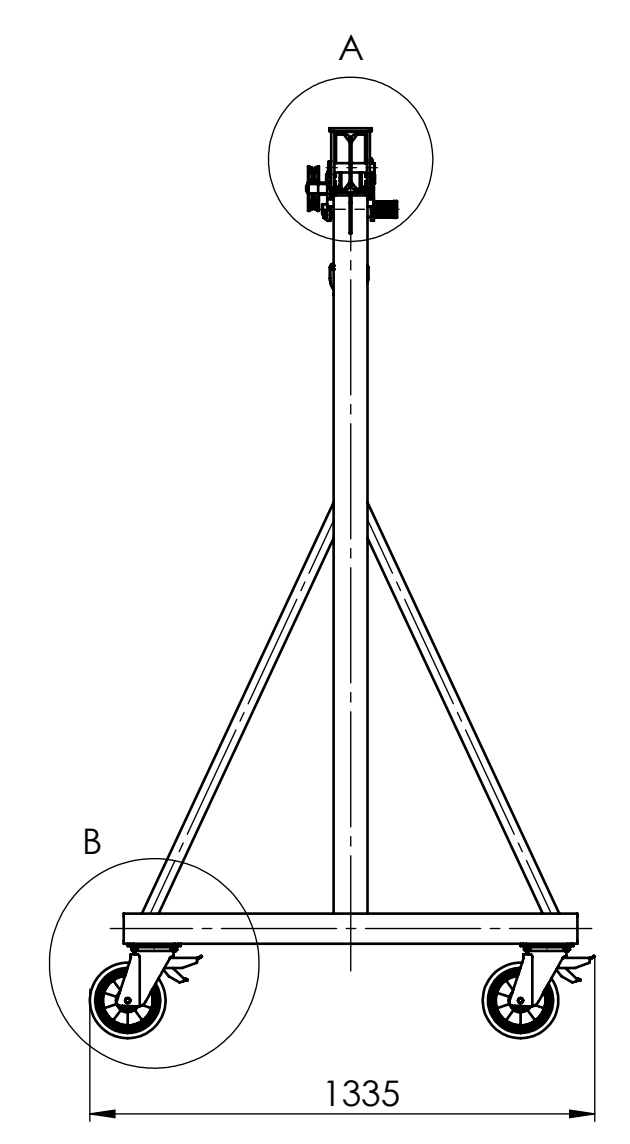
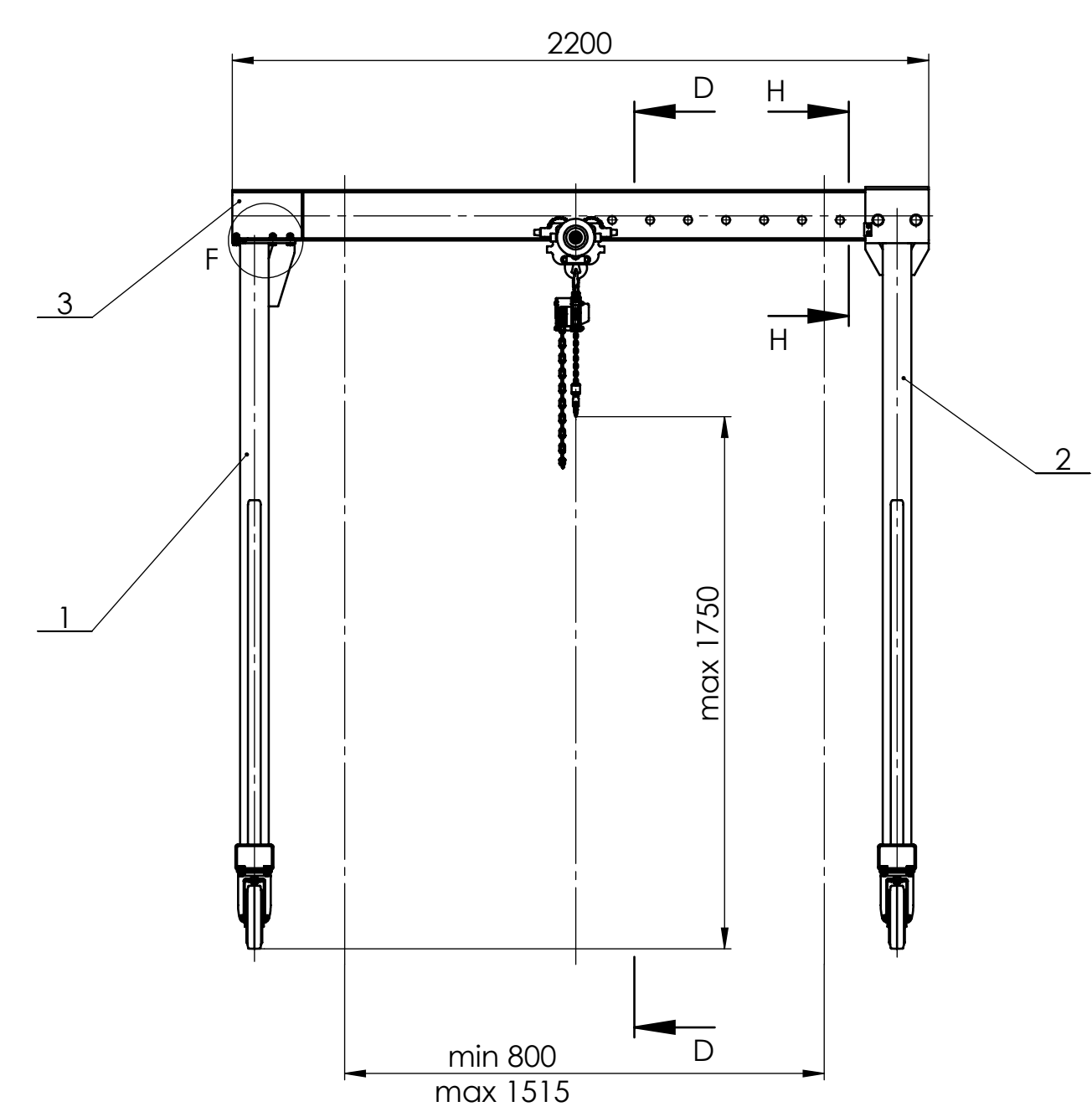
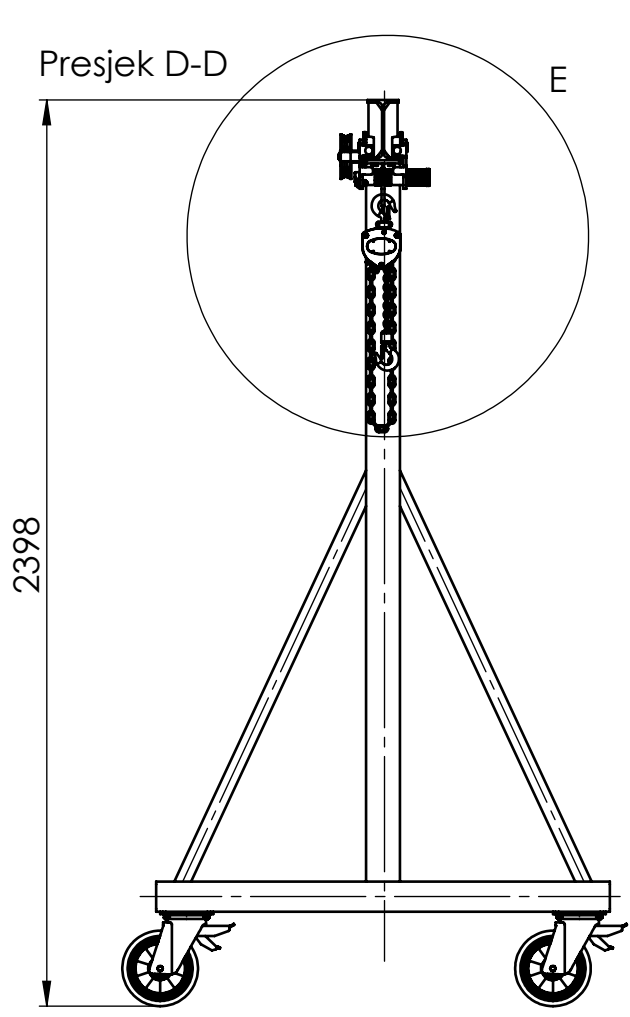
Daljnjim razvojem moguća su poboljšanja u vidu korištenja pogona cijelog okvira pomoću elektromotora. Na tržištu su dostupni pogonski kotači s ugrađenim elektromotorom te se kao takvi lako mogu postaviti na bočne stranice pomičnog okvira. Također, gibanje i podizanje tereta umjesto lančane izvedbe može biti pogonjeno, a korištenjem lakših materijala kao što je aluminij, moguće je dodatno smanjenje mase. Nabrojena poboljšanja su skuplje varijante, ali su njihova ideja i cilj smanjenje ljudskog napora pri izradi ili pokretanju dizalice što je u konačnici također važan kriterij.

**LITERATURA**

- [1] <http://www.staticstools.eu/en>, posjećeno 19.2.2022.
- [2] Herold Z., Ščap D., Hoić M.: Prenosila i dizala 1, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2020.
- [3] Kraut, B.: Strojarski priručnik, Sajema d.o.o, Zagreb, 2009.
- [4] Kranjčević, N.: Elementi strojeva, Zagreb, 2012
- [5] [www.elesa-ganter.com/en/www](http://www.elesa-ganter.com/en/www), posjećeno 20.2.2022.
- [6] <https://www.powertex-products.com/> , posjećeno 20.2.2022.
- [7] Decker, K.H.: Elementi strojeva, Golden marketing – Tehnička knjiga, Zagreb, 2006.
- [8] <https://www.enciklopedija.hr/>
- [9] Alfirević, I.: Nauka o čvrstoći 1, Tehnička knjiga D.D., Zagreb, 1995.

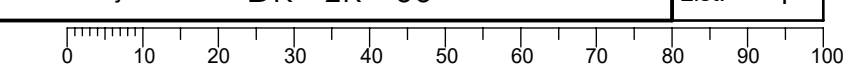
## **PRILOZI**

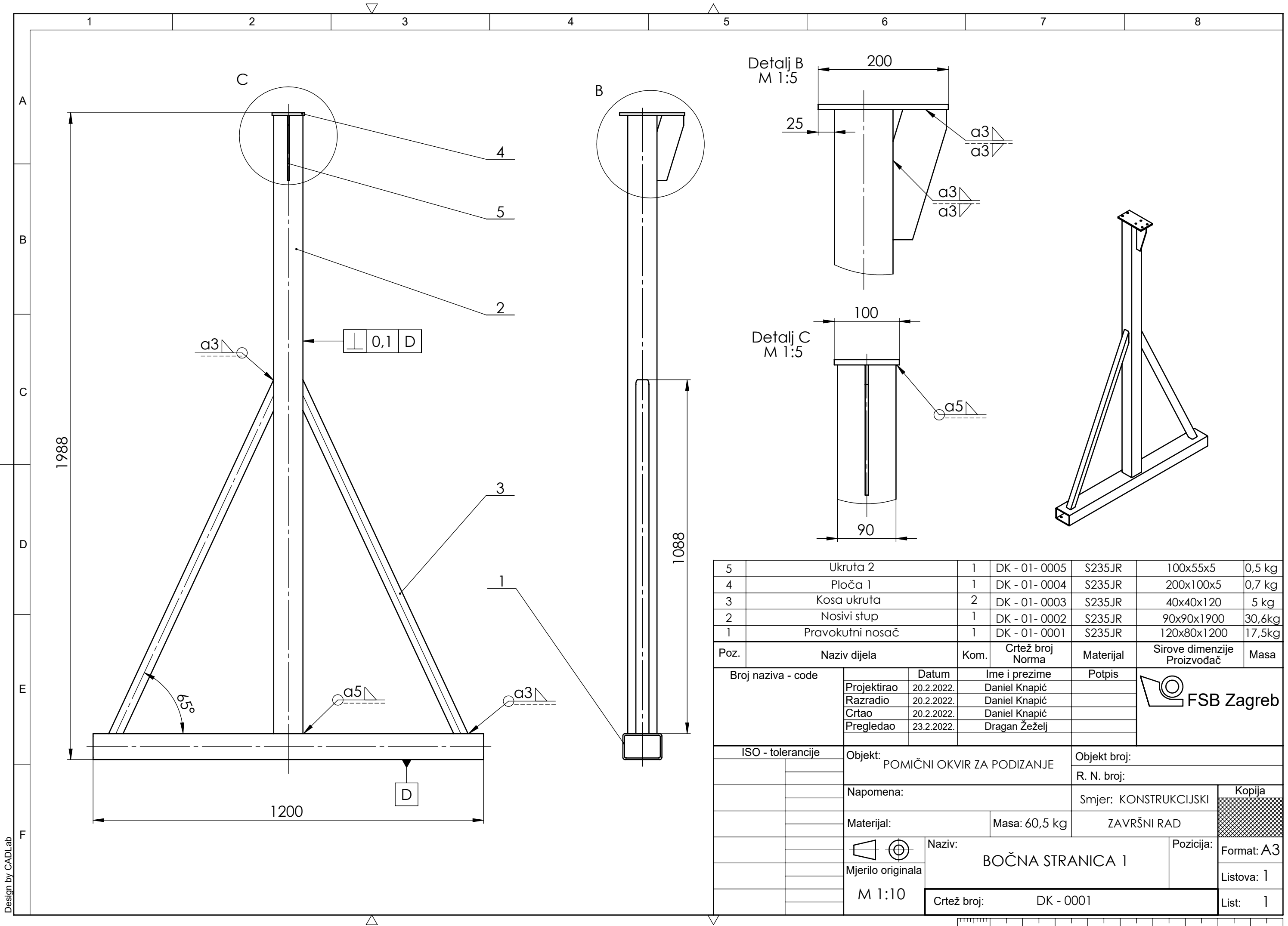
- I. CD - R disk
- II. Tehnička dokumentacija



Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
16	Kotač	4	RE.G2-200-SSF-H	Elesa + Ganter		2,5 kg
15	Vijak 3	16	DIN 933	M10x25		0,02kg
14	Kolica	1	16.05PGTS2010	Powerdex		12,4 kg
13	Lančana dizalica	1	16.10PCBS20100080	Powerdex		12 kg
12	Matica 2	22	DIN 934	M10		0,02kg
11	Podložna pločica 2	22	DIN 125 A	$\varnothing 20 / \varnothing 11 \times 2$		0,01kg
10	Vijak 2	6	DIN 933	M10x30		0,02kg
9	Vijak 1	4	DIN 933	M5 x18		0,01kg
8	Zaštitni klin	1	DIN 11024	$\varnothing 6 \times 85$		0,01kg
7	Matica 1	4	DIN 934	M5		0,01kg
6	Podložna pločica 1	4	DIN 125 A	$\varnothing 10 / \varnothing 5.5 \times 1$		0,01kg
5	Graničnik 2	2	DK - 0005	S235JR	23x25x40	0,14kg
4	Svornjak	1	DK - 0004	S235JR	$\varnothing 35 \times 123$	0,3kg
3	Glavni nosač	1	DK - 0003		160x82x2200	34,7kg
2	Bočna stranica 2	1	DK - 0002		2075x1200x200	60,5kg
1	Bočna stranica 1	1	DK - 0001		1988x1200x200	60,4kg

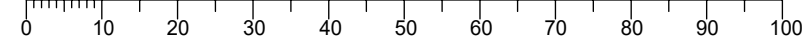
Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis	
Projektirao		20.2.2022.	Daniel Knapić		
Razradio		20.2.2022.	Daniel Knapić		
Crtao		20.2.2022.	Daniel Knapić		
Pregledao		23.2.2022.	Dragan Žeželj		
ISO - tolerancije		Objekt:		Objekt broj:	
$\varnothing 25 H10/d10$		+0,233 +0,065		R. N. broj:	
Napomena:		Materijal:		Smjer: KONSTRUKCIJSKI	
		Masa: 195 kg		ZAVRŠNI RAD	
Mjerilo originala		Naziv: PORTALNI OKVIR ZA PODIZANJE		Pozicija: Format: A2	
M 1:20		Crtež broj: DK - ZR - 00		Listova: 1	
				List: 1	



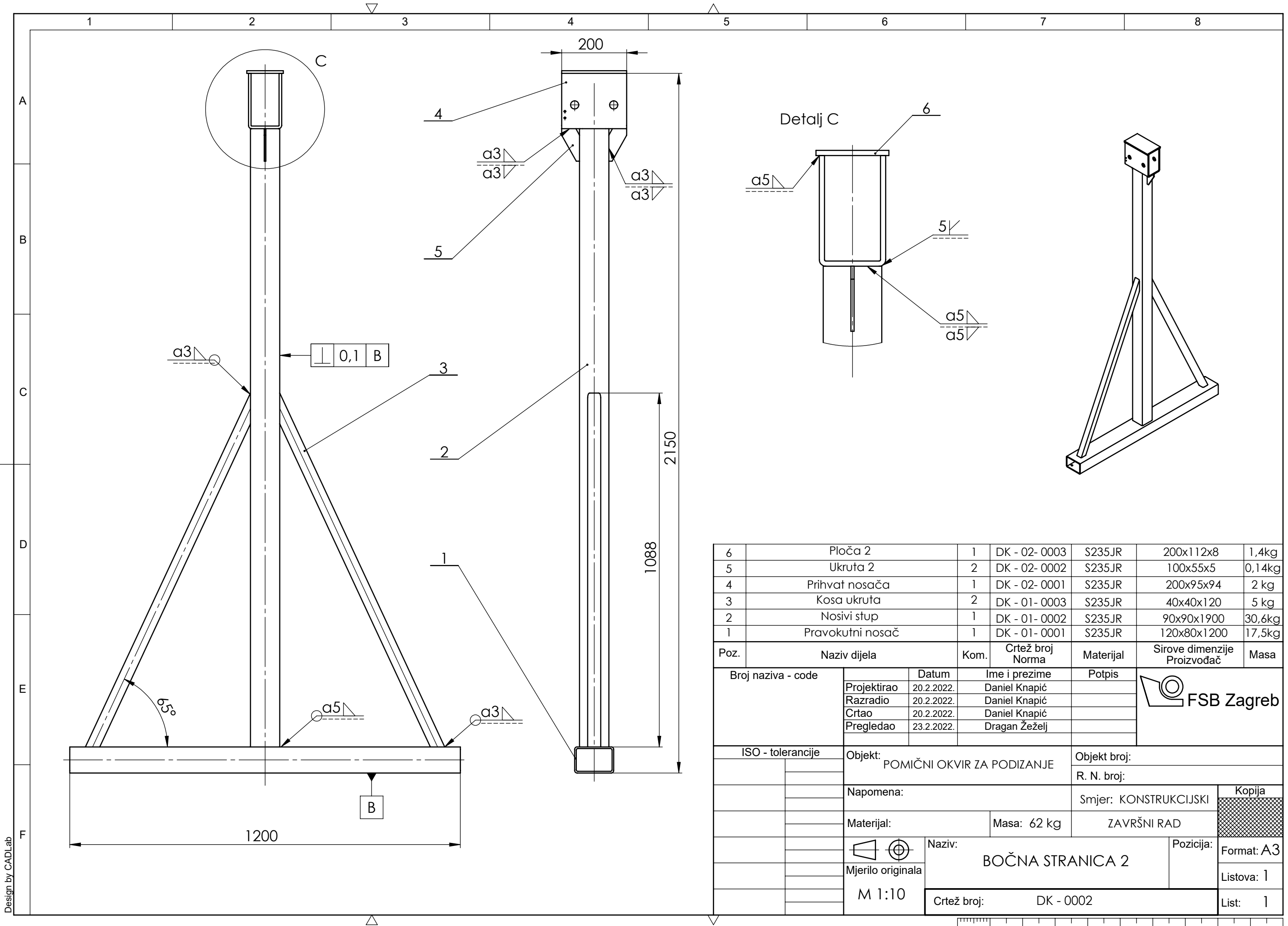


5	Ukruta 2	1	DK - 01- 0005	S235JR	100x55x5	0,5 kg
4	Ploča 1	1	DK - 01- 0004	S235JR	200x100x5	0,7 kg
3	Kosa ukruta	2	DK - 01- 0003	S235JR	40x40x120	5 kg
2	Nosivi stup	1	DK - 01- 0002	S235JR	90x90x1900	30,6kg
1	Pravokutni nosač	1	DK - 01- 0001	S235JR	120x80x1200	17,5kg

Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis		
Projektirao		20.2.2022.	Daniel Knapić			
Razradio		20.2.2022.	Daniel Knapić			
Crtao		20.2.2022.	Daniel Knapić			
Pregledao		23.2.2022.	Dragan Žeželj			
ISO - tolerancije			Objekt: POMIČNI OKVIR ZA PODIZANJE		Objekt broj:	
					R. N. broj:	
Napomena:				Smjer: KONSTRUKCIJSKI		Kopija
Materijal:				Masa: 60,5 kg	ZAVRŠNI RAD	
Mjerilo originala		Naziv: BOČNA STRANICA 1		Pozicija:		Format: A3
M 1:10		Crtež broj: DK - 0001				Listova: 1
						List: 1

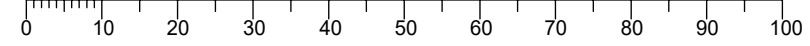


Design by CADLab

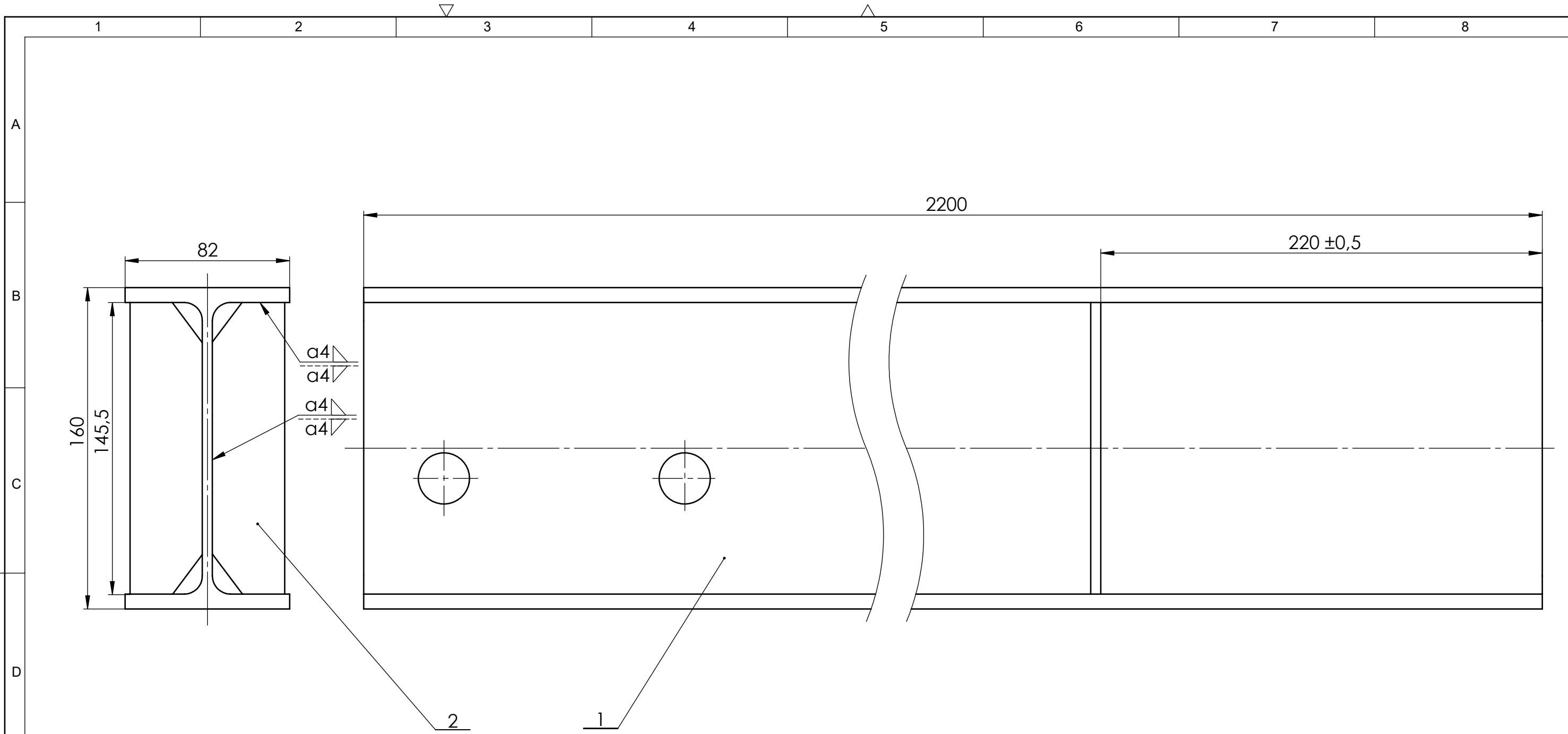


6	Ploča 2	1	DK - 02- 0003	S235JR	200x112x8	1,4kg
5	Ukruta 2	2	DK - 02- 0002	S235JR	100x55x5	0,14kg
4	Prihvat nosača	1	DK - 02- 0001	S235JR	200x95x94	2 kg
3	Kosa ukruta	2	DK - 01- 0003	S235JR	40x40x120	5 kg
2	Nosivi stup	1	DK - 01- 0002	S235JR	90x90x1900	30,6kg
1	Pravokutni nosač	1	DK - 01- 0001	S235JR	120x80x1200	17,5kg

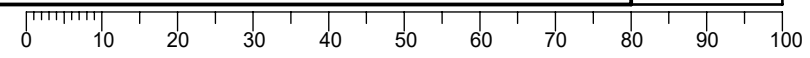
Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis		
Projektirao		20.2.2022.	Daniel Knapić			
Razradio		20.2.2022.	Daniel Knapić			
Crtao		20.2.2022.	Daniel Knapić			
Pregledao		23.2.2022.	Dragan Žeželj			
ISO - tolerancije		Objekt: POMICNI OKVIR ZA PODIZANJE		Objekt broj:		
				R. N. broj:		
		Napomena:		Smjer: KONSTRUKCIJSKI		Kopija
		Materijal:		Masa: 62 kg		ZAVRŠNI RAD
		Naziv: BOČNA STRANICA 2		Pozicija:		Format: A3
		Mjerilo originala M 1:10				Listova: 1
		Crtež broj: DK - 0002				List: 1



Design by CADLab

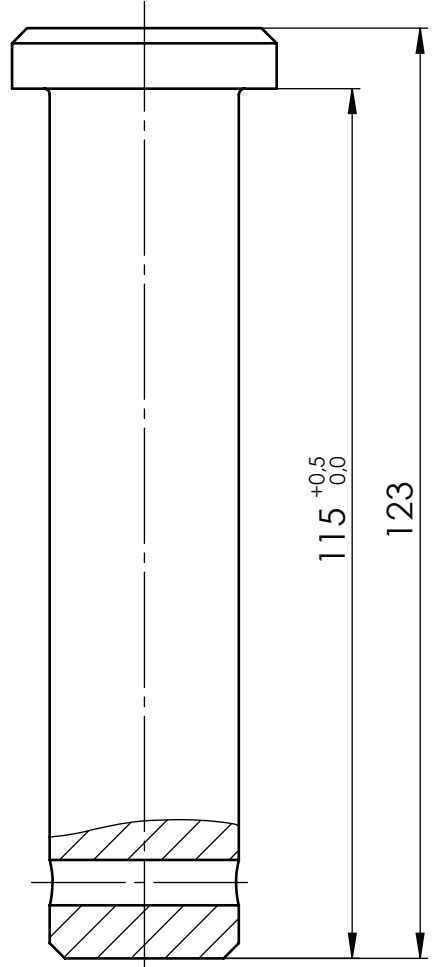
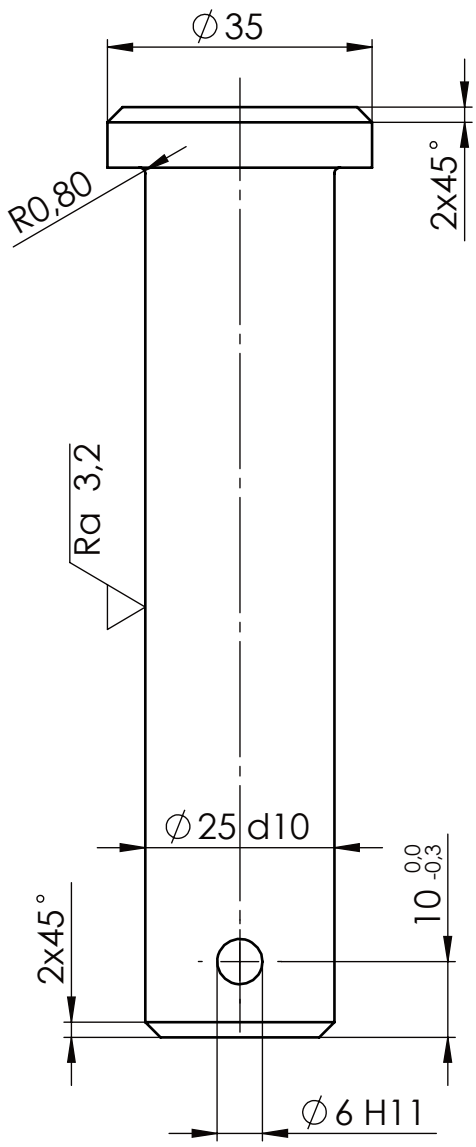
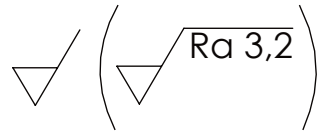


2	Graničnik 1	2	DK - 0003- 02	S235JR	145,5x36x5	0,3 kg
1	IPE profil	1	DK - 0003- 01	S235JR	160x82x2200	34,4kg
Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis		
Projektirao		20.2.2022.	Daniel Knapić			
Razradio		20.2.2022.	Daniel Knapić			
Crtao		20.2.2022.	Daniel Knapić			
Pregledao		23.2.2022.	Dragan Žeželj			
ISO - tolerancije		Objekt: POMIČNI OKVIR ZA PODIZANJE			Objekt broj:	
					R. N. broj:	
		Napomena:			Smjer: KONSTRUKCIJSKI	
		Materijal:			Masa: 34,7 kg	
		Naziv: GLAVNI NOSAČ			ZAVRŠNI RAD	
		Mjerilo originala			Pozicija: 3	
		M 1:2			Format: A3	
		Crtež broj: DK - 0003			Listova: 1	
					List: 1	



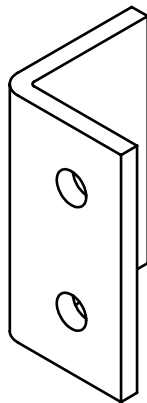
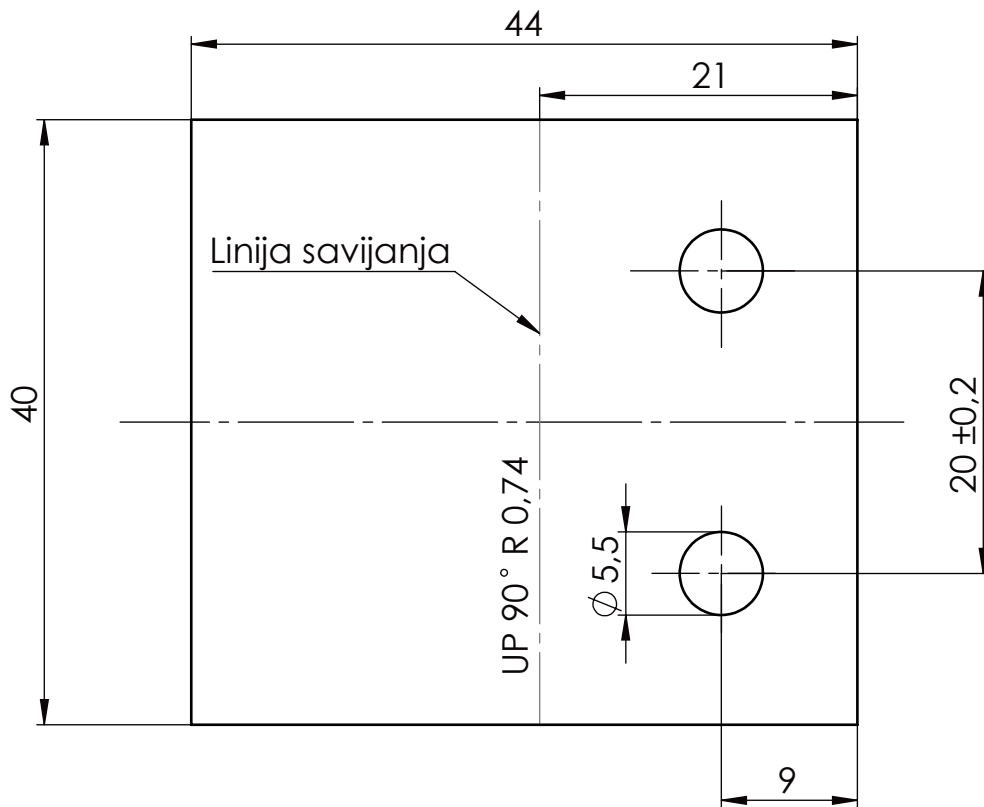
Design by CADLab



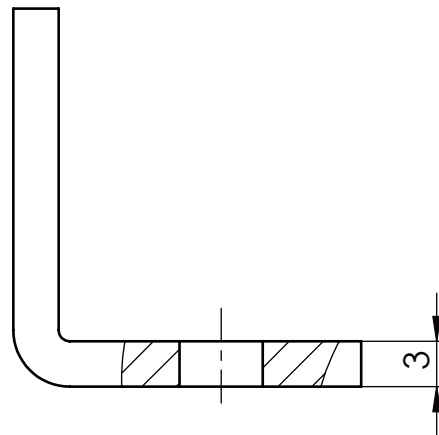


Broj naziva - code		Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis		
		Razradio	20.2.2022.	Daniel Knapić			
		Crtao	20.2.2022.	Daniel Knapić			
		Pregledao	23.2.2022.	Dragan Žeželj			
ISO - tolerancije		Objekt: POMICNI OKVIR ZA PODIZANJE			Objekt broj:		
$\phi 5 H11$	+0,075 0				R. N. broj:		
$\phi 20 d10$	-0,065 -0,149	Napomena:			Smjer: KONSTRUKCIJSKI	Kopija	
		Materijal: S235JR	Masa: 0,3kg	ZAVRŠNI RAD			
		Naziv: SVORNJAK			Pozicija: 4		Format: A4
		Mjerilo originala					Listova: 1
		M 1:1	Crtež broj: DK - 0004				List: 1

Design by CADLab

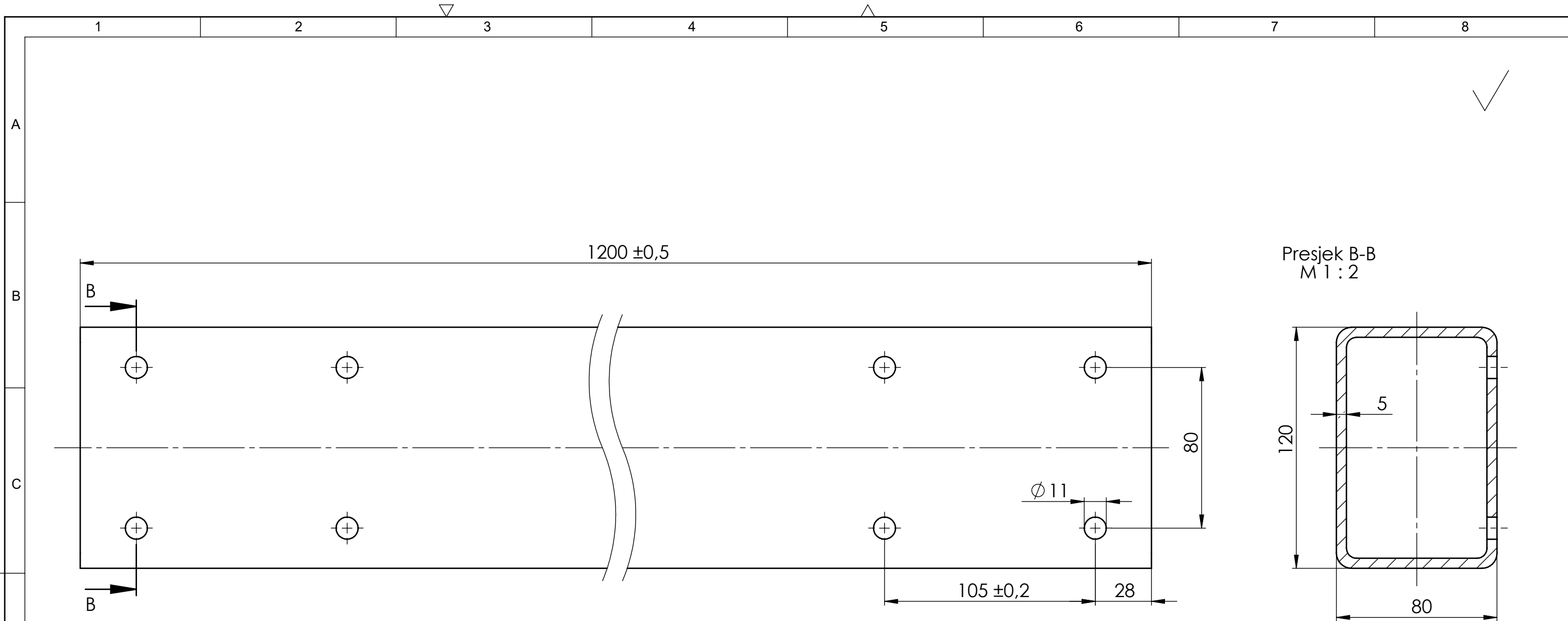


M 1:1



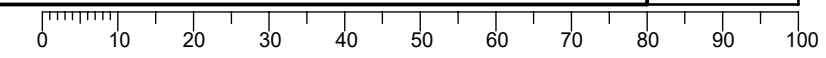
Napomena: skinuti oštre bridove

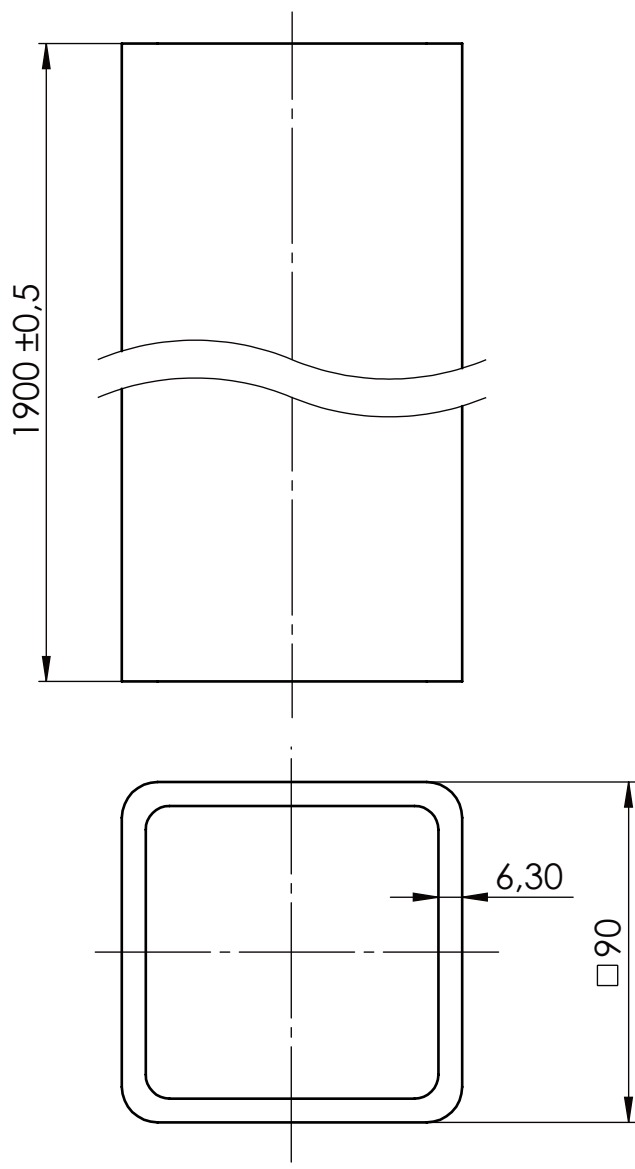
Broj naziva - code	Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	
	Razradio	20.2.2022.	Daniel Knapić		
	Crtao	20.2.2022.	Daniel Knapić		
	Pregledao	23.2.2022.	Dragan Žeželj		
ISO - tolerancije	Objekt: POMIČNI OKVIR ZA PODIZANJE			Objekt broj:	
				R. N. broj:	
	Napomena:			Smjer: KONSTRUKCIJSKI	Kopija
	Materijal: S235JR	Masa: 0,14kg	ZAVRŠNI RAD		
	Naziv: GRANIČNIK 2			Pozicija: 5	
	Mjerilo originala				Listova: 1
	M 2:1	Crtež broj: DK - 0005			List: 1



Napomena: -koristiti standardnu pravokutnu cijev dimenzija 120x80x5  
 prema normi DIN 10210 - 2  
 -skinuti oštre bridove

Broj naziva - code	Projektirao	20.2.2022.	Daniel Knapić	Potpis	
	Razradio	20.2.2022.	Daniel Knapić		
	Crtao	20.2.2022.	Daniel Knapić		
	Pregledao	23.2.2022.	Dragan Žeželj		
ISO - tolerancije	Objekt: BOČNA STRANICA 1, BOČNA STRANICA 2		Objekt broj:		
			R. N. broj:		
	Napomena:		Smjer: KONSTRUKCIJSKI		Kopija
	Materijal: S235JR	Masa: 17,5 kg	ZAVRŠNI RAD		
		Naziv: PRAVOKUTNI NOSAČ		Pozicija: 1	
	Mjerilo originala			1	Format: A3
	M 1:2	Crtež broj: DK - 0001 - 01		1	Listova: 1
				1	List: 1

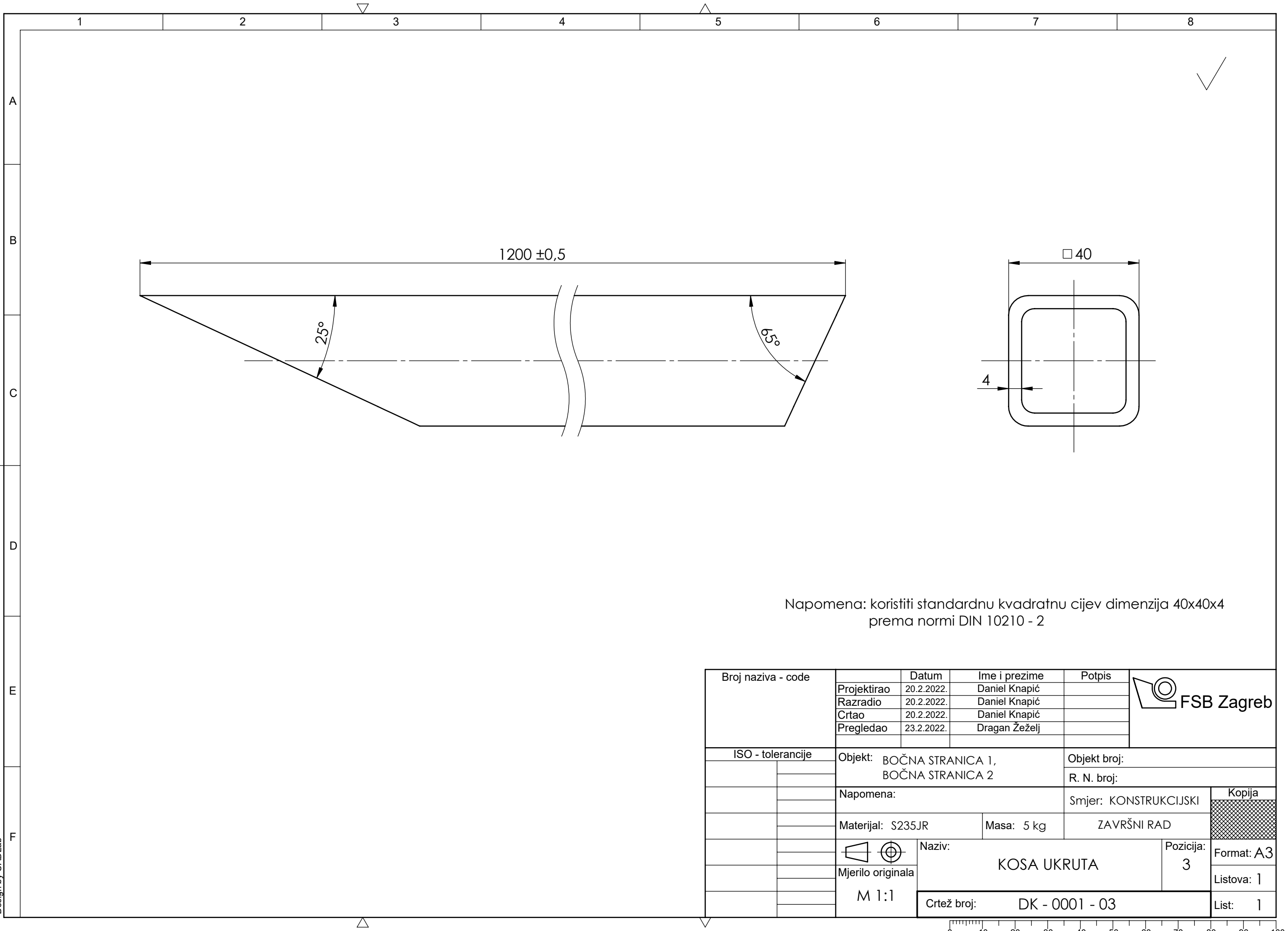




Napomena: koristiti standardnu kvadratnu cijev dimenzija 90x90x6,3  
prema normi DIN 10210 - 2

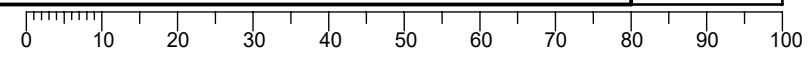
Broj naziva - code	Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	
	Razradio	20.2.2022.	Daniel Knapić		
	Crtao	20.2.2022.	Daniel Knapić		
	Pregledao	23.2.2022.	Dragan Žeželj		
ISO - tolerancije	Objekt: BOČNA STRANICA 1, BOČNA STRANICA 2			Objekt broj:	
				R. N. broj:	
	Napomena:			Smjer: KONSTRUKCIJSKI	Kopija
	Materijal: S235JR	Masa: 30,6kg	ZAVRŠNI RAD		
		Naziv: NOSIVI STUP		Pozicija: 2	Format: A4
	Mjerilo originala				Listova: 1
	M 1:2	Crtež broj: DK - 0001 - 02			List: 1

Design by CADLab

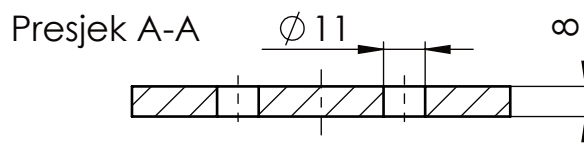
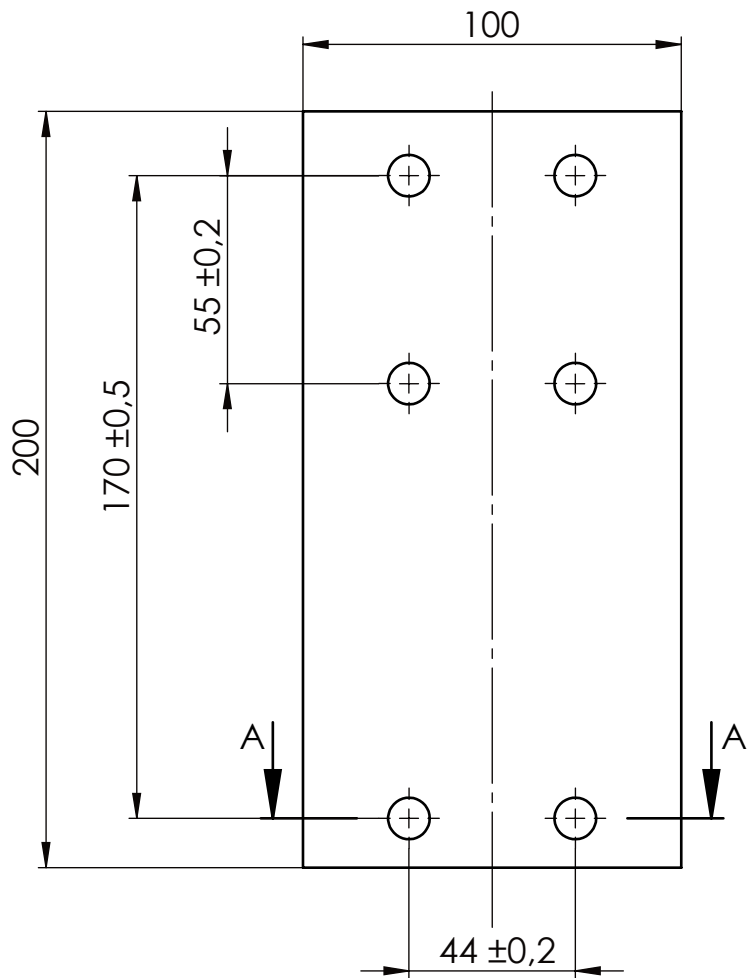


Napomena: koristiti standardnu kvadratnu cijev dimenzija 40x40x4 prema normi DIN 10210 - 2

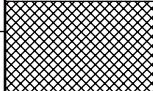
Broj naziva - code	Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	
	Razradio	20.2.2022.	Daniel Knapić		
	Crtao	20.2.2022.	Daniel Knapić		
	Pregledao	23.2.2022.	Dragan Žeželj		
ISO - tolerancije	Objekt: BOČNA STRANICA 1, BOČNA STRANICA 2		Objekt broj:		
			R. N. broj:		
	Napomena:			Smjer: KONSTRUKCIJSKI	Kopija
	Materijal: S235JR	Masa: 5 kg	ZAVRŠNI RAD		
		Naziv:		Pozicija:	
	M 1:1	KOSA UKRUTA		3	
		Crtež broj: DK - 0001 - 03			List: 1

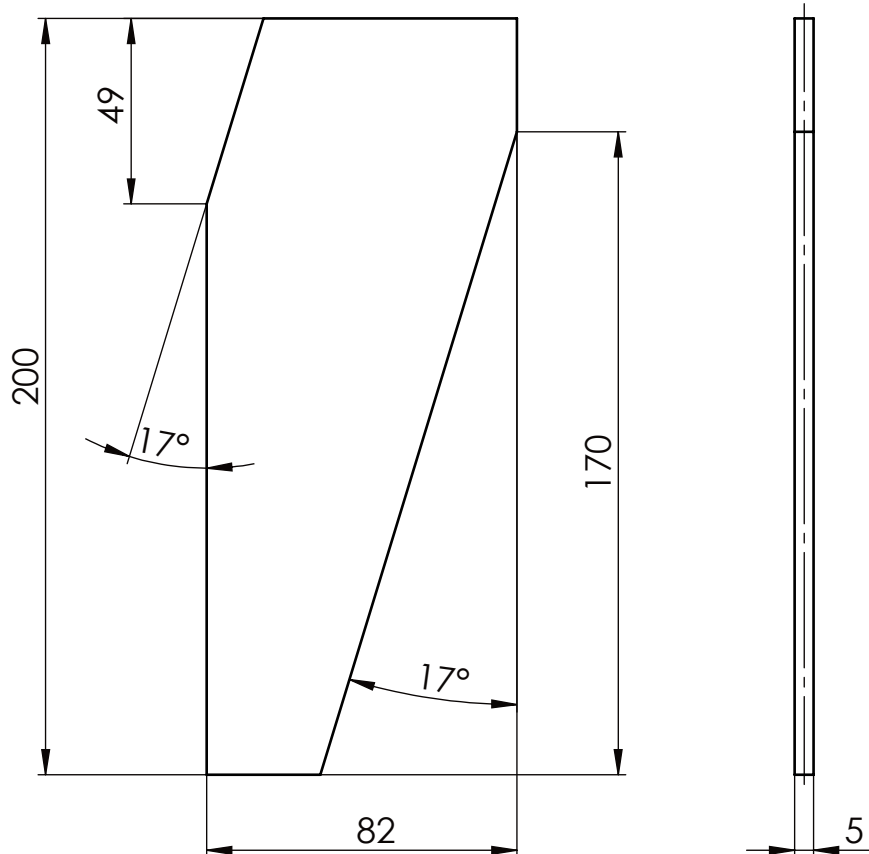


Design by CADLab



Napomena: skinuti oštre bridove

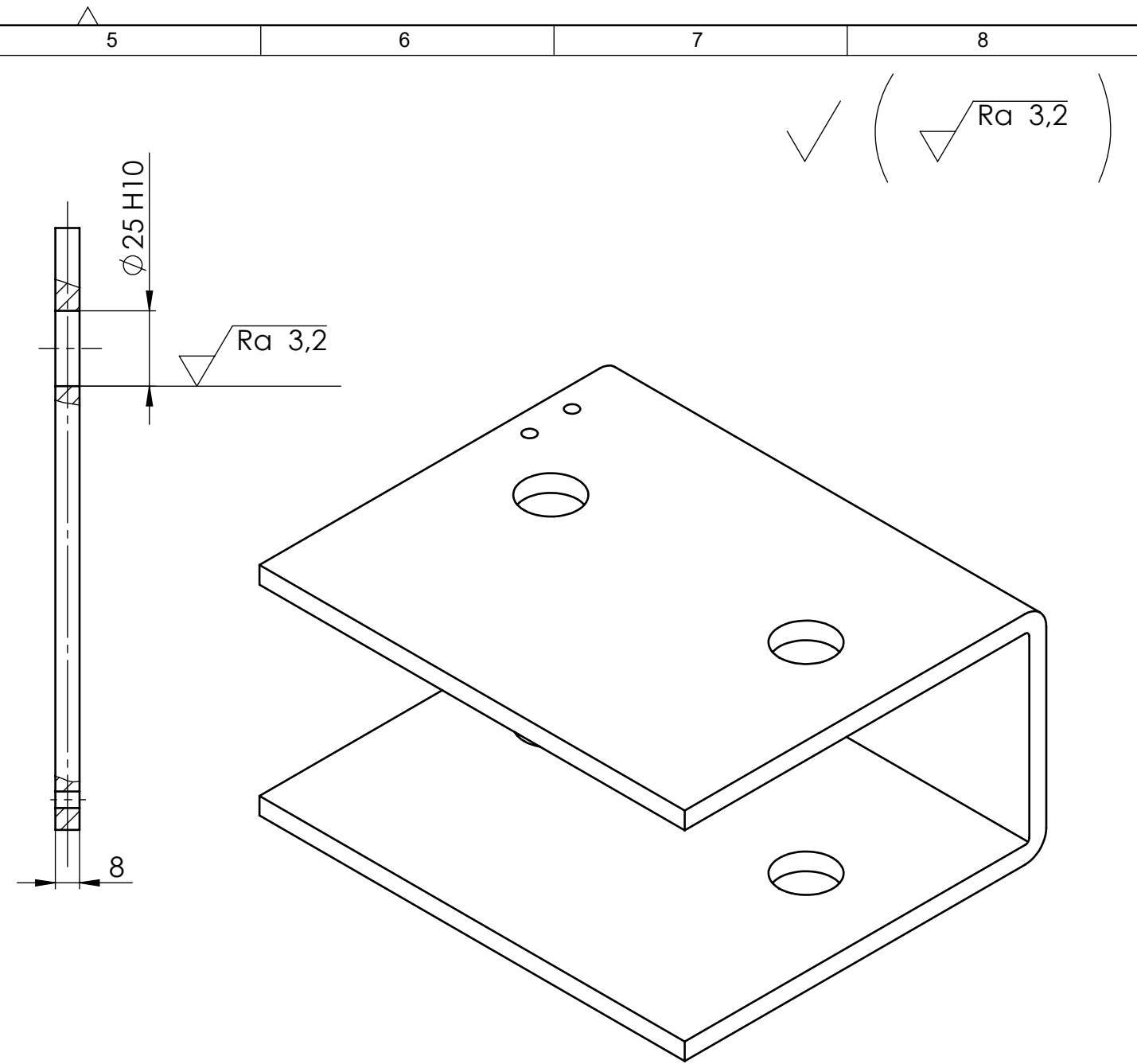
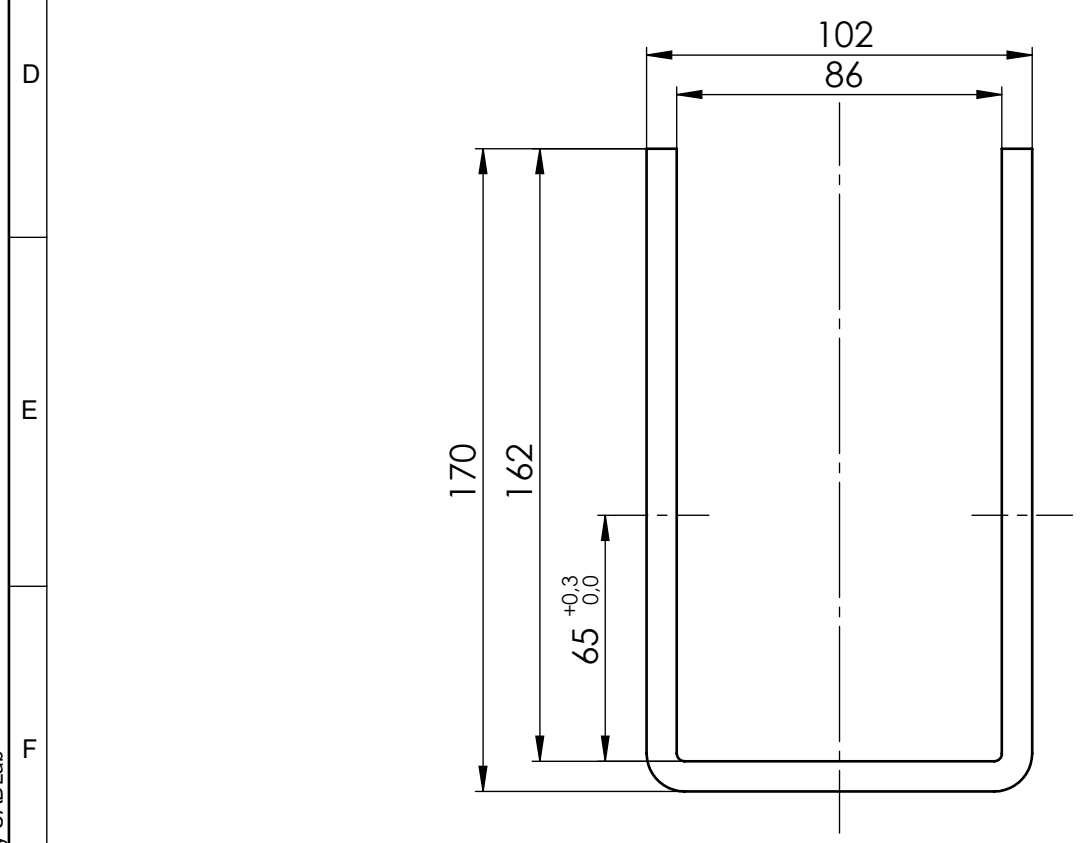
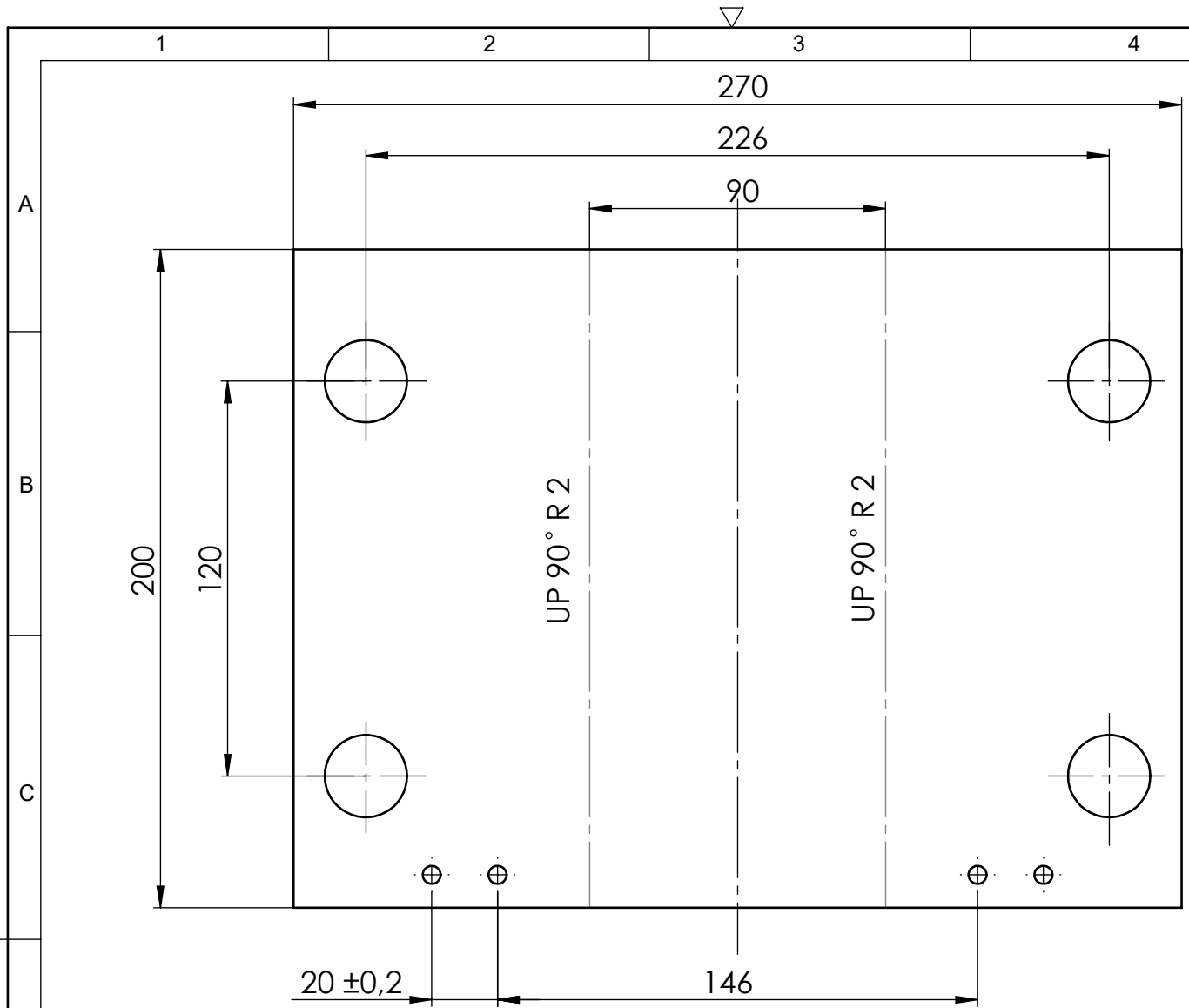
Broj naziva - code	Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	 <b>FSB Zagreb</b>
	Razradio	20.2.2022.	Daniel Knapić		
	Crtao	20.2.2022.	Daniel Knapić		
	Pregledao	23.2.2022.	Dragan Žeželj		
ISO - tolerancije	Objekt: BOČNA STRANICA 1			Objekt broj:	
				R. N. broj:	
	Napomena:			Smjer: KONSTRUKCIJSKI	Kopija
	Materijal: S235JR	Masa: 0,7 kg	ZAVRŠNI RAD		
	Naziv: PLOČA 1			Pozicija: 4	
	Mjerilo originala	Crtež broj: DK - 0001 - 04			Format: A4
	M 1:2				Listova: 1
					List: 1



Napomena: skinuti oštre bridove

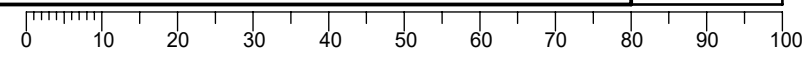
Broj naziva - code	Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	
	Razradio	20.2.2022.	Daniel Knapić		
	Crtao	20.2.2022.	Daniel Knapić		
	Pregledao	23.2.2022.	Dragan Žeželj		
ISO - tolerancije	Objekt: BOČNA STRANICA 1			Objekt broj:	
				R. N. broj:	
	Napomena:			Smjer: KONSTRUKCIJSKI	Kopija
	Materijal: S235JR	Masa: 0,14kg	ZAVRŠNI RAD		
		Naziv: UKRUTA 1		Pozicija: 5	Format: A4
	Mjerilo originala				Listova: 1
	M 1:2	Crtež broj: DK - 0001 - 05			List: 1

Design by CADLab

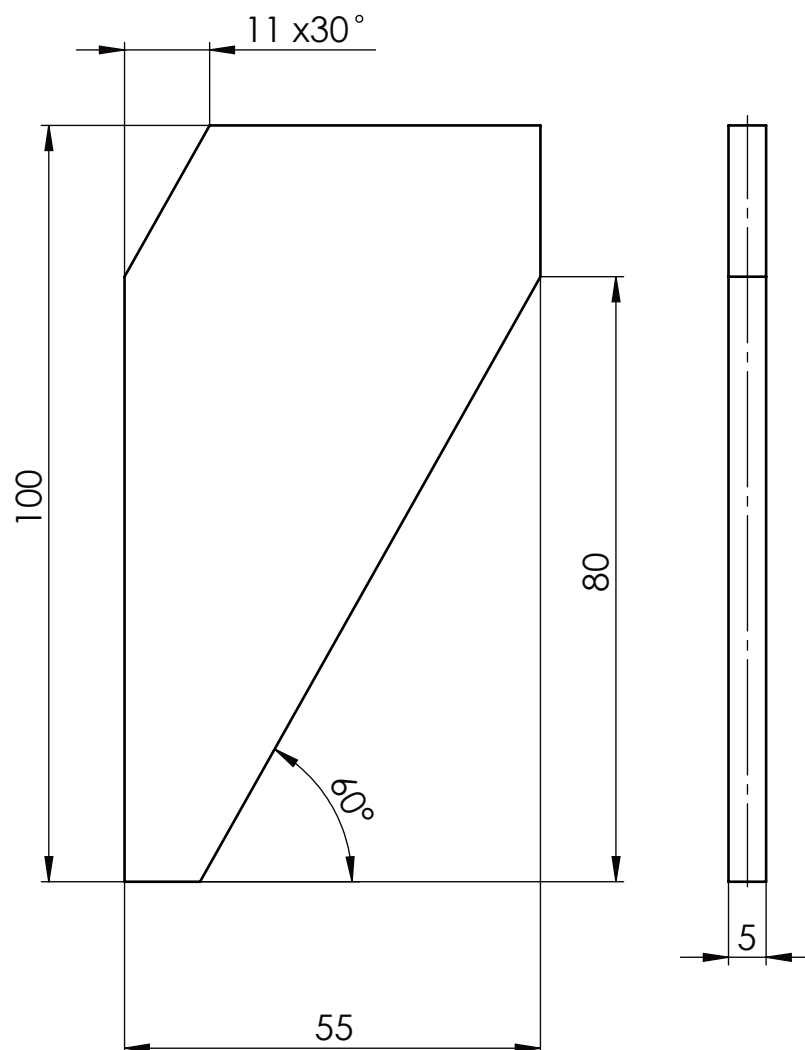


Napomena: -izraditi provrte nakon savijanja  
-skinuti oštre bridove

Broj naziva - code	Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	
	Razradio	20.2.2022.	Daniel Knapić		
	Crtao	20.2.2022.	Daniel Knapić		
	Pregledao	23.2.2022.	Dragan Žeželj		
ISO - tolerancije	Objekt: BOČNA STRANICA 2		Objekt broj:		
			R. N. broj:		
	Napomena:			Smjer: KONSTRUKCIJSKI	
	Materijal: S235JR	Masa: 2 kg	ZAVRŠNI RAD		
	 Mjerilo originala M 1:2	Naziv: PRIHVAT NOSAČA		Pozicija: 4	Kopija  Format: A3 Listova: 1 List: 1
		Crtež broj: DK - 0002 - 01			

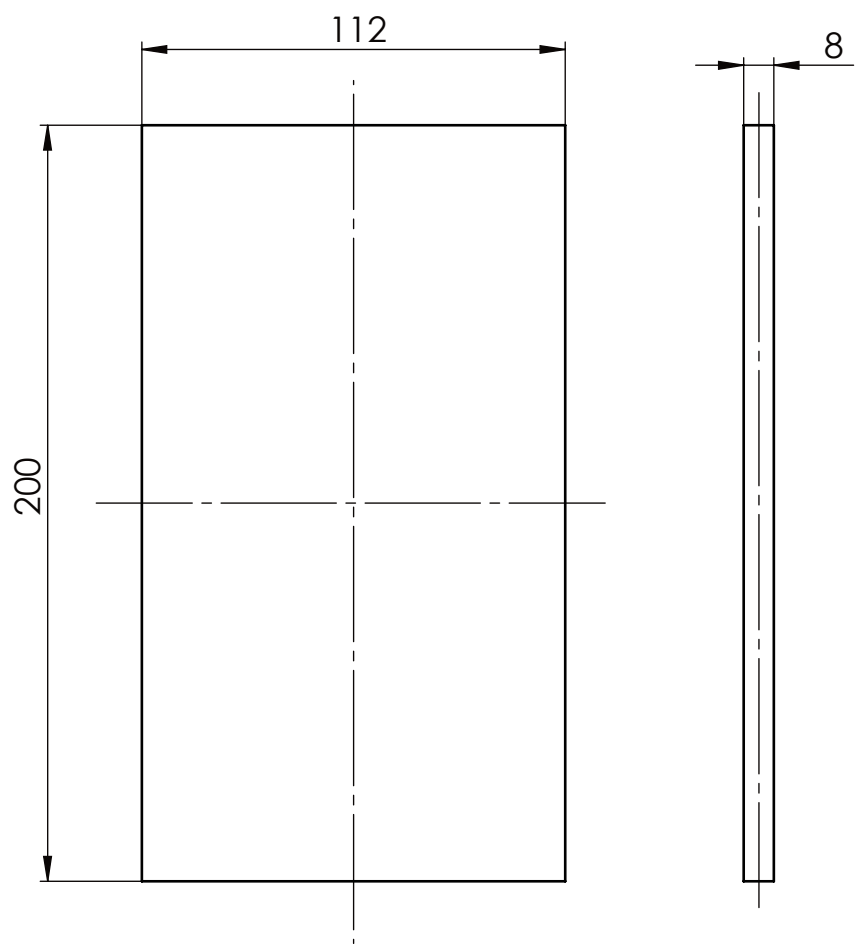






Napomena: skinuti oštre bridove

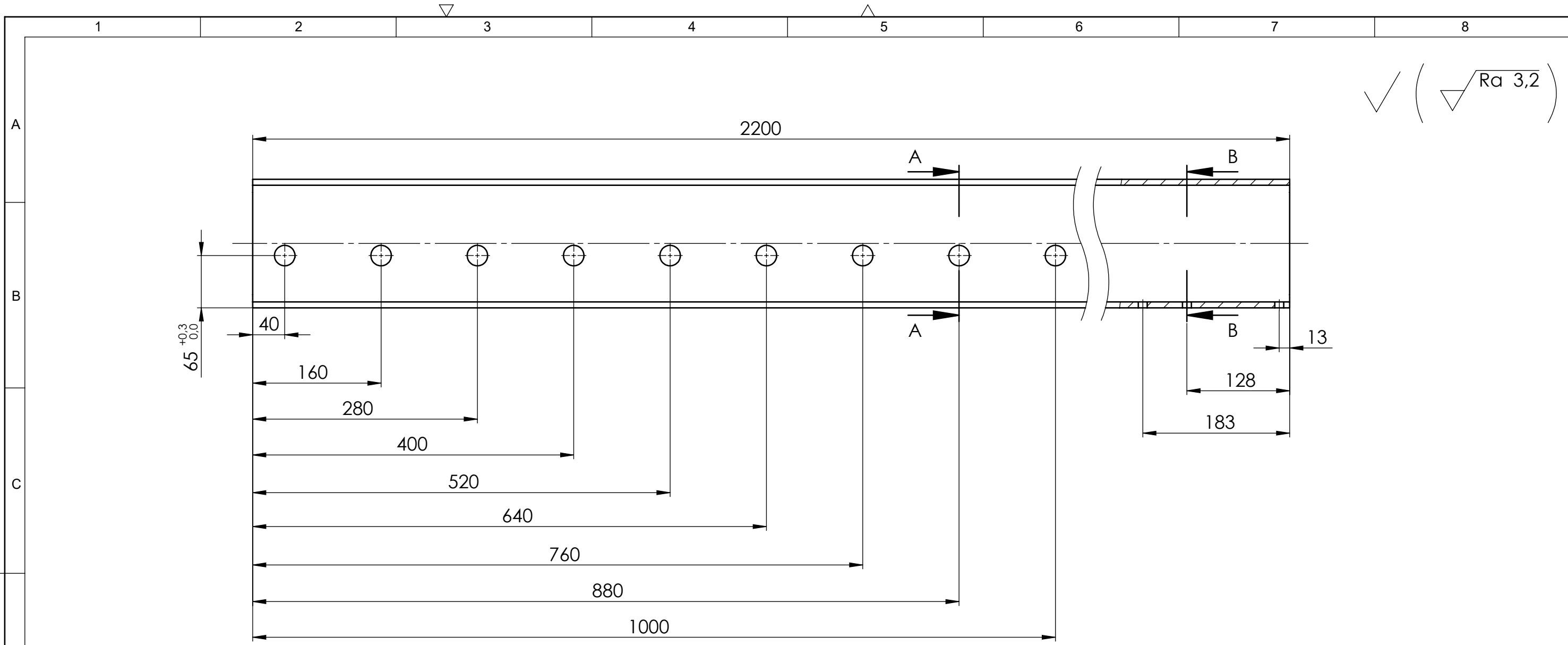
Broj naziva - code	Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	
	Razradio	20.2.2022.	Daniel Knapić		
	Crtao	20.2.2022.	Daniel Knapić		
	Pregledao	23.2.2022.	Dragan Žeželj		
ISO - tolerancije	Objekt: BOČNA STRANICA 2			Objekt broj:	
				R. N. broj:	
	Napomena:			Smjer: KONSTRUKCIJSKI	Kopija
	Materijal: S235JR		Masa: 0,14kg	ZAVRŠNI RAD	
		Naziv: UKRUTA 2			Pozicija:
	Mjerilo originala				5
	M 1:1	Crtež broj: DK - 0002 - 02			Format: A4
					Listova: 1
					List: 1



Napomena: skinuti oštre bridove

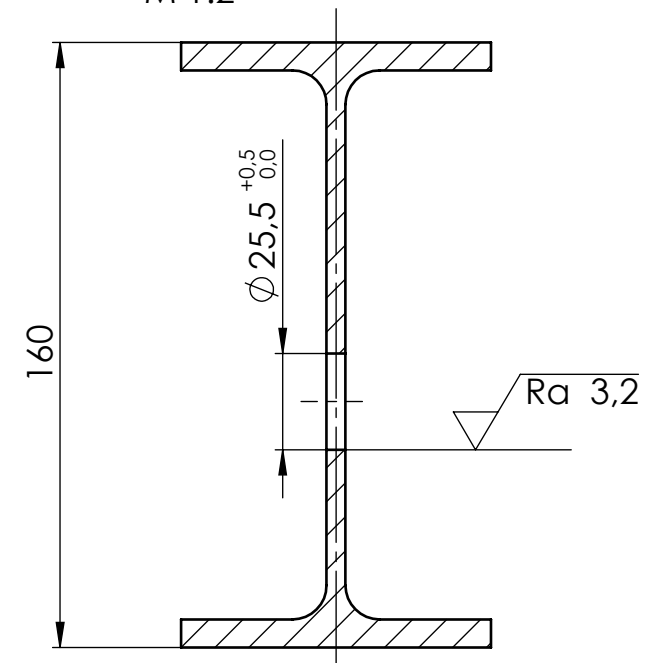
Broj naziva - code	Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	
	Razradio	20.2.2022.	Daniel Knapić		
	Crtao	20.2.2022.	Daniel Knapić		
	Pregledao	23.2.2022.	Dragan Žeželj		
ISO - tolerancije	Objekt: BOČNA STRANICA 2			Objekt broj:	
				R. N. broj:	
	Napomena:			Smjer: KONSTRUKCIJSKI	Kopija
	Materijal: S235JR	Masa: 1,4 kg	ZAVRŠNI RAD		
		Naziv: PLOČA 2	Pozicija: 6	Format: A4	
	Mjerilo originala			Listova: 1	
	M 1:2	Crtež broj: DK - 0002 - 03		List: 1	

Design by CADLab

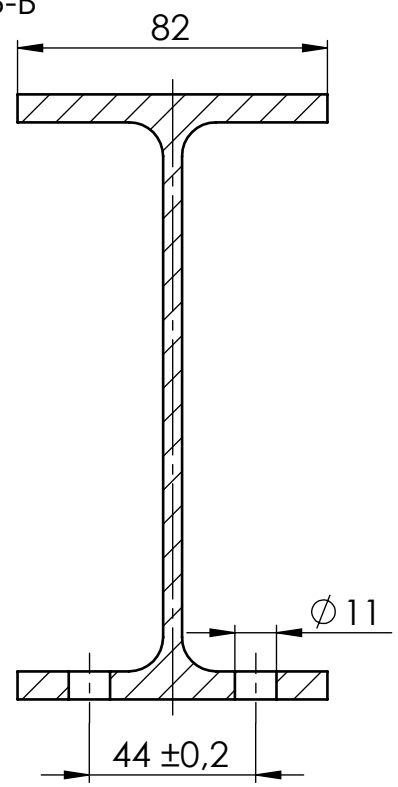


✓ ( Ra 3,2 )

Presjek A-A  
M 1:2

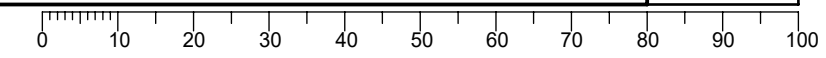


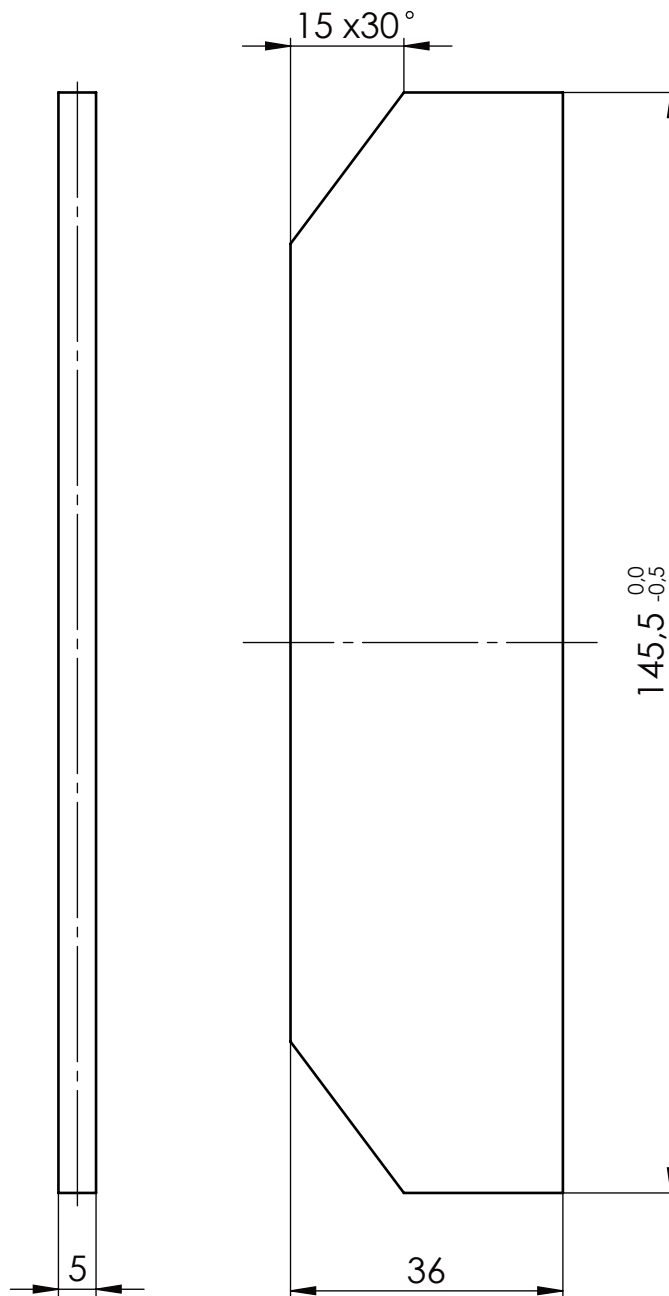
Presjek B-B  
M 1:2



Napomena: -koristiti standardni IPE 160 profil prema normi DIN 10034  
-sve dužine provrta  $\phi 25,5$  od ruba izraditi u toleranciji +0,5

Broj naziva - code	Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	
	Razradio	20.2.2022.	Daniel Knapić		
	Crtao	20.2.2022.	Daniel Knapić		
	Pregledao	23.2.2022.	Dragan Žeželj		
ISO - tolerancije	Objekt: GLAVNI NOSAČ			Objekt broj:	
				R. N. broj:	
	Napomena:			Smjer: KONSTRUKCIJSKI	
	Materijal: S235JR	Masa: 34,4 kg	ZAVRŠNI RAD		
	Naziv: IPE PROFIL			Kopija	
	Mjerilo originala	1			Format: A3
	M 1:5	Crtež broj: DK - 0003 - 01			Listova: 1
					List: 1





Napomena: skinuti oštre bridove

Broj naziva - code	Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	 <b>FSB Zagreb</b>
	Razradio	20.2.2022.	Daniel Knapić		
	Crtao	20.2.2022.	Daniel Knapić		
	Pregledao	23.2.2022.	Dragan Žeželj		
ISO - tolerancije	Objekt: <b>GLAVNI NOSAČ</b>			Objekt broj:	
				R. N. broj:	
	Napomena:			Smjer: KONSTRUKCIJSKI	Kopija
	Materijal: S235JR	Masa: 0,3kg	ZAVRŠNI RAD		
	Naziv: <b>GRANIČNIK 1</b>				
	Mjerilo originala				Format: A4
	M 1:1	Crtež broj: DK - 0003 - 02			Listova: 1
					List: 1