Konzolni dohvatnik za podizanje čamaca

Beneti, Tina

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

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:235:649116

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-25**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Tina Beneti

Zagreb,2018.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Konzolni dohvatnik za podizanje čamaca

Mentor:
prof. dr. sc. Zvonko Herold, dipl.ing.

Student:
Tina Beneti

Zagreb, 2018.

Izjavljujem da sam ovaj rad radila samostalno, služeći se stečenim znanjem i navedenom literaturom.

Zahvaljujem se svom mentoru prof.dr.sc. Zvonku Heroldu na prilici izrade rada. Također, veliko hvala doc.dr.sc. Matiji Hoiću na utrošenom vremenu, pomoći i svim korisnim savjetima.

Zahvaljujem svojoj obitelji, prijateljima i svim dragim ljudilma bez kojih ne bih bila tu. Najveća zahvala mojim roditeljima na pomoći, bezuvjetnoj ljubavi i podršci na svim životnim preprekama.

Tina Beneti

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE
Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za završne ispite studija strojarstva za smjerove:
procesno-energetski, konstrukcijski, brodostrojarski i inženjersko modeliranje i računalne simulacije

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Tina BENETI** Mat. br.: 0035191332

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **KONZOLNI DOHVATNIK ZA PODIZANJE ČAMACA**

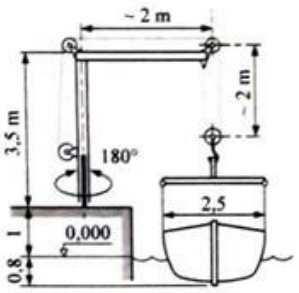
Naslov rada na engleskom jeziku: **CONSOLE CRANE FOR BOATS LIFTING**

Opis zadatka:

Malo pristanište na otoku koristi manji broj čamaca koje je potrebno sezonski podignuti s razine mora na dok. Cilj ovog zadatka je projektirati i konstrukcijski razraditi konzolni dohvatnik za ovu namjenu. Dohvatnik se pričvršćuje na dok pomoću sidrenih vijaka koji će se pripremiti u betonskoj podlozi prema zahtjevima projektne dokumentacije dohvatnika. Potrebno je razmotriti prednosti i nedostatke ručnog i motornog pogona te odabrati povoljniju varijantu obzirom na učestalost korištenja dohvatnika.

Projektni parametri dohvatnika:

- Nosivost $Q_t = 1$ t
- Dužina broda $L_b = 5$ m
- Širina broda $B_b = 2{,}5$ m
- Visina broda $h_b = 1$ m



Rad treba sadržavati:

1. Uvodno razmatranje o konzolnim dohvatnicima.
2. Analizu radnih principa postojećih konstrukcijskih rješenja.
3. Nekoliko koncepcijskih rješenja.
4. Izbor optimalne varijante za zadane projektne zahtjeve.
5. Proračun nosive konstrukcije i izbor standardnih komponenti.
6. Sklopni crtež dohvatnika s potrebnim presjecima i detaljima.
7. Radioničku dokumentaciju prema dogovoru s mentorom.

Proračun pisati pregledno s pripadajućim skicama, a projekt izvesti u skladu s važećim europskim normama za transportne uređaje.
U radu navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:
30. studenog 2017.

Rok predaje rada:
1. rok: 23. veljače 2018.
2. rok (izvanredni): 28. lipnja 2018.
3. rok: 21. rujna 2018.

Predviđeni datumi obrane:
1. rok: 26.2. - 2.3. 2018.
2. rok (izvanredni): 2.7. 2018.
3. rok: 24.9. - 28.9. 2018

Zadatak zadao:
Prof. dr. sc. Zvonko Herold

Predsjednik Povjerenstva:
Prof. dr. sc. Igor Balen

Sadržaj

Sadržaj II

Popis slika IV

Popis oznaka V

Sažetak VI

Summary VII

1 Uvod 1
1.1 Stupni konzolni dohvatnik 2
1.2 Zidni konzolni dohvatnik 3
1.3 Zidni vozni konzolni dohvatnik 3
1.4 Konzolni dohvatnik ra ručni pogon 4
1.5 Dohvatnik sa zglobom na profilu 4
2 Konstrukcijska rješenja 5
2.1 Koncept 1 5
2.2 Koncept 2 6
2.3 Koncept 3 7
3 Projektni parametri 9
4 Konstrukcija konzolnog dohvatnika 9
4.1 Statička analiza 9
4.1.1 Dijagram unutarnjih sila 11
4.2 Profil konzole 16
4.2.1 Progib konzole 16
4.2.2 Provjera naprezanja profila 17
4.3 Provjera naprezanja vanjske cijevi nosive konstrukcije 18
4.3.1 Provjera na savijanje i tlak 18
4.3.2 Izvijanje 19
5 Mehanizam za okretanje 20
6 Zupčanici 21
7 Odabir ležajeva 23
7.1 Kuglični samoudesivi 1224KM 23
7.2 Aksijalni ležaj 51117 24
7.3 Radijalni ležaj 6030-2RS1 25

8 Statička analiza unutarnjeg stupa 26
9 Odabir ručnog vitla. 28
9.1 Kontrola užeta 30
9.2 Odabir kuke 31
10 Odabir profila križnog spoja kod podizanja 32
11 Provjera osovina 33
11.1 Osovina užnice 33
11.2 Osovina užnice u sklopu s kukom 34
11.3 Provjera osovine za okretanje 36
12 Provjera vijaka 38
12.1 Vijci 1 39
12.2 Vijci u spoju donjih ploča 40
12.3 Vijci u križu 41
13 Provjera kritičnih zavara 42
13.1 Spoj donje prirubnice i šavne cijevi 42
13.2 Spoj gornje prirubnice i šavne cijevi 43
14 Zaključak 44

LITERATURA 45

PRILOZI. 46

Popis slika

1.1 Prikaz stupnog konzolnog dohvatnika . . . 2
1.2 Prikaz dvokrakog konzolnog dohvatnika . . . 2
1.3 Prikaz zidnog konzolnog dohvatnika . . . 3
1.4 Prikaz pomičnog zidnog dohvatnika . . . 3
1.5 Prikaz ručnog pogona . . . 4
1.6 Prikaz dohvatnika s rotacijom na profilu . . . 4
2.1 Prikaz koncepta 1 . . . 5
2.2 Prikaz koncepta 2 . . . 6
2.3 Prikaz koncepta 3 . . . 7
4.1 Prikaz opterećenja . . . 9
4.2 Prikaz sila i momenta u prvom dijelu . . . 11
4.3 Unutarnje sile i momenti za drugi dio . . . 12
4.4 Unutarnje sile i moment za dio konzole . . . 13
4.5 Unutarnje sile i moment za dio konzole . . . 14
4.6 Prikaz dijagrama unutanjih momenata . . . 15
4.7 Profil konzole dohvatnika . . . 16
4.8 vanjska . . . 18
6.1 Zupčanički par . . . 21
7.1 Kuglični samoudesivi . . . 23
7.2 Aksijalni ležaj . . . 24
7.3 Ležaj 6030-2RS1 . . . 25
8.1 Prikaz opterećenja unutarnjeg stupa . . . 26
8.2 Prikaz unutarnjih sila . . . 27
8.3 Prikaz momentnog dijagrama . . . 27
9.1 Odabrana ručka za rotaciju tvrtke Gebuwin . . . 28
9.2 Faktorski koloturnik . . . 29
9.3 Odabrana kuka . . . 31
10.1 IPN 80 . . . 32
11.1 Prikaz sila koje opterećuju osovinu . . . 33
11.2 Prikaz sila koje opterećuju osovinu u spoju s kukom . . . 34
11.3 Prikaz sila koje opterećuju osovinu za okretanje . . . 36
12.1 Proračunati vijci . . . 38
12.2 Vijci koji spajaju dvije cijevi . . . 39
12.3 Vijci koji spajaju IPN profil sa pločama . . . 41
13.1 Površina zavara 1 . . . 42
13.2 Površina zavara 2 . . . 43

Popis oznaka

Oznaka	Jedinica	Opis
A_{c_1}	$[\mathrm{m}^2]$	Površina cijevi
A_{IPN}	$[\mathrm{m}^2]$	Površina IPN profila
A_{RHS}	$[\mathrm{m}^2]$	Površina RHS profila
A_c	$[\mathrm{m}^2]$	Površina cijevi
F_{c_x}	$[\mathrm{N}]$	Ukupna aksijalna sila na dohvatnik
F_{b_z}	$[\mathrm{N}]$	Radijalna sila na mjestu B dohvatnika
b	$[\mathrm{m}]$	širina zupčanika
W_{c_1}	$[\mathrm{mm}^3]$	Aksijalni moment manje cijevi
W_{c_2}	$[\mathrm{mm}^3]$	Aksijalni moment veće cijevi
W_{p_1}	$[\mathrm{mm}^3]$	Aksijalni moment RHS profila
W_{prof}	$[\mathrm{mm}^3]$	Aksijalni moment I profila
E	$\left[\mathrm{N/m}^2\right]$	Youngov modul elastičnosti
G	$[\mathrm{N}]$	sila težine
g	$\left[\mathrm{m/s}^2\right]$	gravitacija
h	$[\mathrm{m}]$	duljina
I_{c_1}	$[\mathrm{m}^4]$	moment inercije cijevi 1
I_{c_2}	$[\mathrm{m}^4]$	moment inercije cijevi 2
I_{RHS}	$[\mathrm{m}^4]$	moment inercije RHS profil
w_{dop}	$[\mathrm{m}^4]$	dopušteni progib grede
l	$[\mathrm{m}]$	duljina
M_{z_1}	$[\mathrm{Nm}]$	moment zavara 1
M_{z_2}	$[\mathrm{Nm}]$	moment zavara 2
M^p	$[\mathrm{Nm}]$	moment na RHS profilu
m	$[\mathrm{kg}]$	masa
F_{v_2}	$[\mathrm{N}]$	Sila u vijcima 1
F_{v_1}	$[\mathrm{N}]$	Sila u vijcima 2
F_{v_3}	$[\mathrm{N}]$	Sila u vijcima 3
H	$[\mathrm{m}]$	Visina granika
L	$[\mathrm{m}]$	duljina konzole

Sažetak

Zadatak ovoga rada je konstruirati konzolni dohvatnik za podizanje čamaca, odrediti kakav pogon se koristi te napraviti proračun kritičnih dijelova. Konzolni dohvatnik se sastoji od ručnog podizanja tereta, pomoću koloturnika i ručice. Rotacija dohvatnika omogućena je pomoću ručke i zupčanika s ravnim zubima.

Na početku ovog rada dana su postojeća konstrukcijska rješenja nekih konzolnih dohvatnika te način na koji rade. Nakon toga slijedi statička analiza dohvatnika i proračun na temelju analize. Kao sredstvo za podizanje tereta odabire se uže te se proračunava na određene uvjete. Kao mehanizam za okretanje koristi se jedan zupčanički par sa ravnim zubima.

Konstrukcijsko rješenje izrađeno je u programu Solidworks 2015. Na kraju su prikazan sklopni i radionički crtež.

Ključne riječi:konzolni dohvatnik, cijev, ručni pogon, zupčanici.

Summary

The task of this assignment is construction of console crane for boat lifting. The task is decide which transmission is used and calculation of construction's loads. For lifting, console crane is using handle and for the rotation is using spur gears. The console can be rotated for 180 degrees. In this manual drive, at the beginning are some facts about console cranes and after the thesis is about load's analysis and calculation of bolts, welds and pins.

This design has been modelled in Solidworks 2015., as well as the main drawing of model and also manufacturing sheet of this design.

Ključne riječi: console crane, manual drive, gears

1 Uvod

Granici su uređaji kojima se unutar određenog prostora teret diže, vodoravno prenosi i spušta, po određenim putanjama. Postoje razne podjele granika, najčešće se dijele obliku tj. izvedbi konstrukcije.

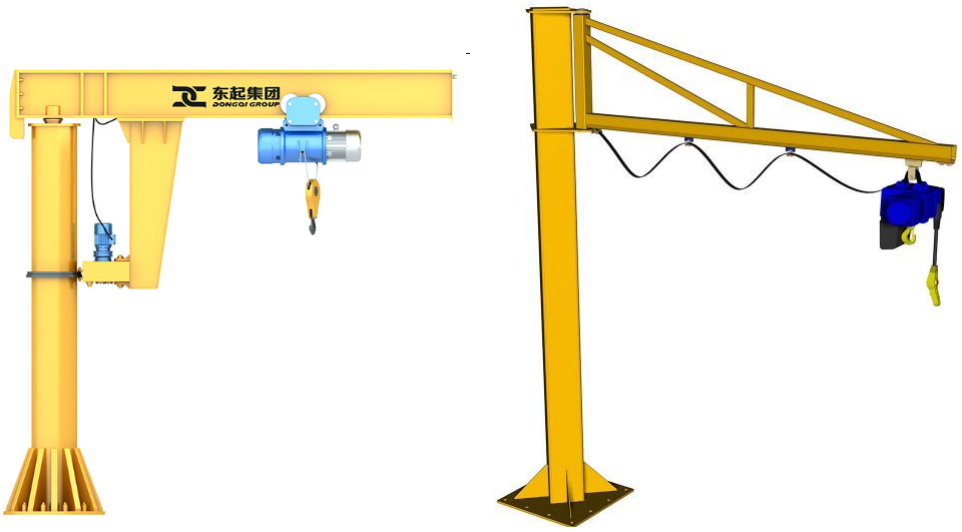
- Mosni granici
- Portalni granici
- Ovjesni granici
- Mobilne dizalice
- Brodske i ploveće dizaliice
- **Konzolni granici**

U ovom radu prikazan je konzolni granik. Konzolni granici su dobili naziv po prepoznatljivoj kraku tj. konzoli po kojoj se teret može voziti. Određeni granici mogu se i okretati.
Konzolni granici se dijele u dvije podvrste:

- Zidni i stupni
- vozni i okretni

1.1 Stupni konzolni dohvatnik

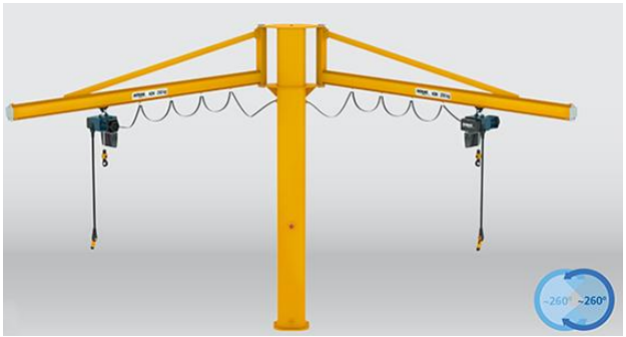
Stupni konzolni dohvatnik fiksiran je za stup, sastoji se od stupa i konzole po kojoj se kreće predmet. Razlika između donje dvije slike je u motoru za rotaciju. Kran na prvoj slici se okreće pomoću motora, a granik na drugoj slici se, pomoću zgloba, može pomicati ljudskom silom. Dohvatnik služi za transport sredstva u industriji, a može pomicati i do 2t.



Slika 1.1: Prikaz stupnog konzolnog dohvatnika

Stupni konzolni dohvatnik sa dvije konzole

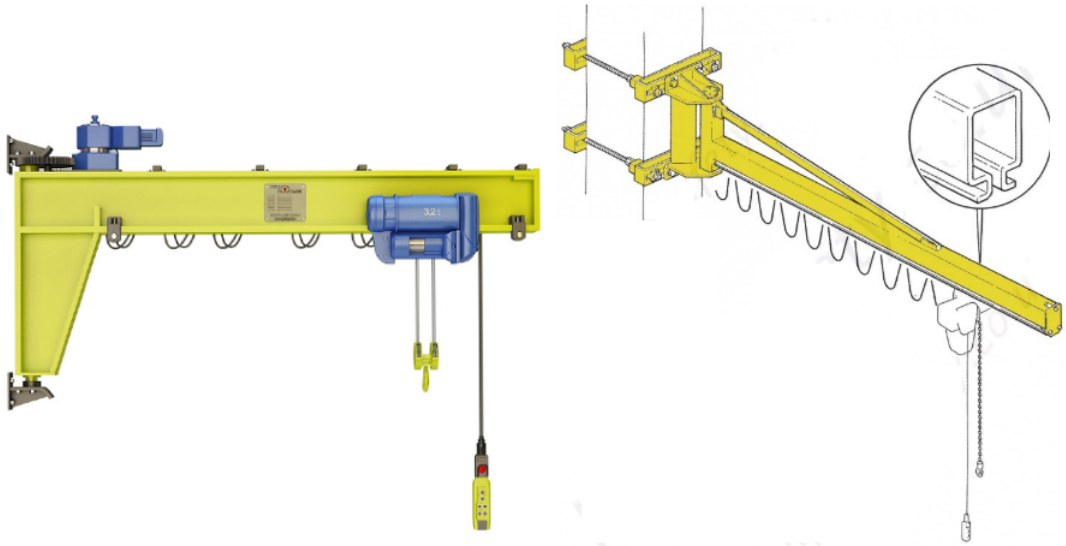
Radi na istom principu kao i obični stupni dohvatnik sa razlikom što ima dvije konzole na jednom stupu, što dodatno skraćuje vrijeme transporta (u industriji bitno za rad). S ovakavim dohvatnikom moguće je podizati teret i do 5 metara. Koristi se za predmete težine od 50kg pa sve do 1000kg.



Slika 1.2: Prikaz dvokrakog konzolnog dohvatnika

1.2 Zidni konzolni dohvatnik

Zidni konzolni dohvatnik razlikuje se od stupnog po konstrukcijskom obliku. Konzola nije položena na stup već se nalazi oslonjena na zid. Također, kao i kod stupnog mehanizma, imamo rotaciju pomoću motora i ručno zbog zgloba na kraju. S pomoću zidnog dohvatnika povećava se visina na koju možemo podizati teret.



Slika 1.3: Prikaz zidnog konzolnog dohvatnika

1.3 Zidni vozni konzolni dohvatnik

Dohvatnih se koristi u industriji za podizanje tereta te ga je moguće pomicati po kliznim profilima. Dohvatnik nije moguće rotirati, ali zato je prednost vožnja po kliznim površinama.

Slika 1.4: Prikaz pomičnog zidnog dohvatnika

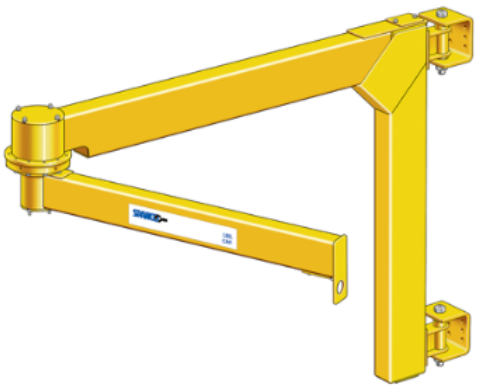
1.4 Konzolni dohvatnik ra ručni pogon

Ovaj dohvatnik visine je jednog metra te služi za lakše terete. Najčešće služi za pretovar tereta u kamione. Pomoću ručnog pogona teret se podiže, a pomoću hidraulike profil se rotira u odnosu na horizontalnu os.

Slika 1.5: Prikaz ručnog pogona

1.5 Dohvatnik sa zglobom na profilu

Ovako izveden dohvatnik omogućuje lakšu rotaciju te ona može biti nesmetano cijeli krug.



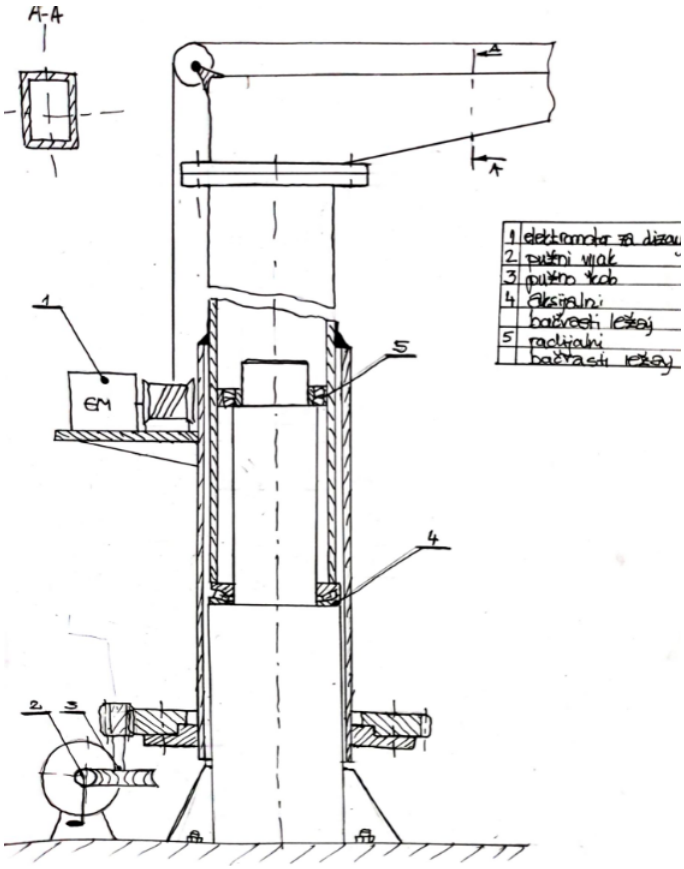
Slika 1.6: Prikaz dohvatnika s rotacijom na profilu

2 Konstrukcijska rješenja

Konstrukcijska rješenje su izrađena prema zadanim uvjetima rada. Pošto se radi o ne tako čestoj primjeni tj. ne radi se o radu u industriji, proizvod se svodi na što jednostavniji i jeftiniji mogući. Sva tri koncepta se sastoje od fiksnog stupa te se podiže teret koloturnicima i užetom. Zajedničko im je da se rotira vanjski stup, a unutarnji je povezan s podlogom. Koncepti se razlikuju po konstrukcijskog izvedbi i vrsti pogona.

2.1 Koncept 1

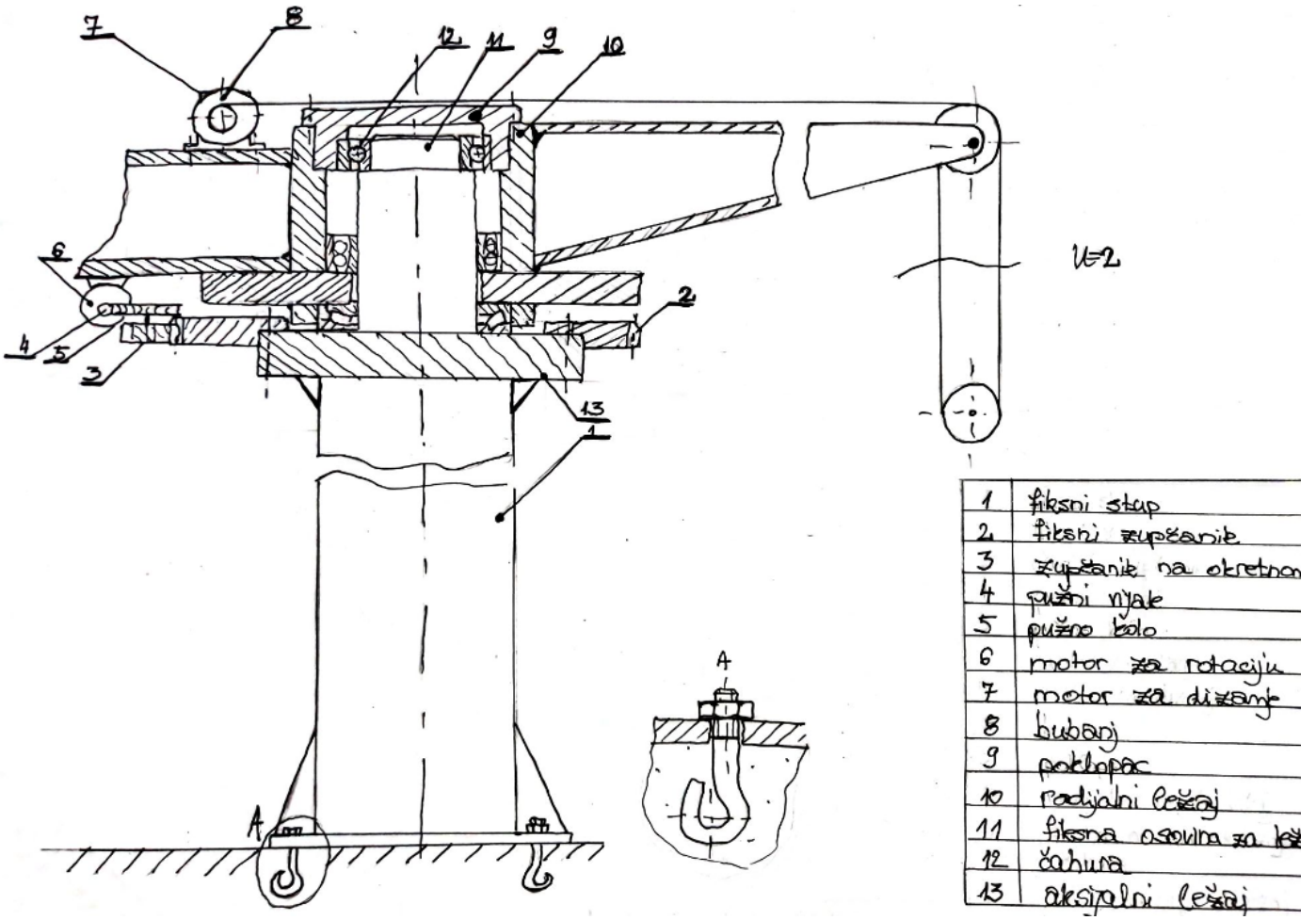
Koncept 1 sastoji fiksnog stupa i dvije zavarene cijevi. Na gornjem dijelu imamo dvije prirubnice koje s vijcima povezuju pravokutni profil i cijev.
Okreće se pomoću pužnog vijka ručno, a podizanje je s pomoću elektromotora, bubnja i užeta.
Koncept se sastoji od dva ležaja, radijalnog i aksijalnog na koji naliježe cijela težina i dalje se prenosi na fiksni stup povezan temeljnim vijcima za podlogu.



Slika 2.1: Prikaz koncepta 1

2.2 Koncept 2

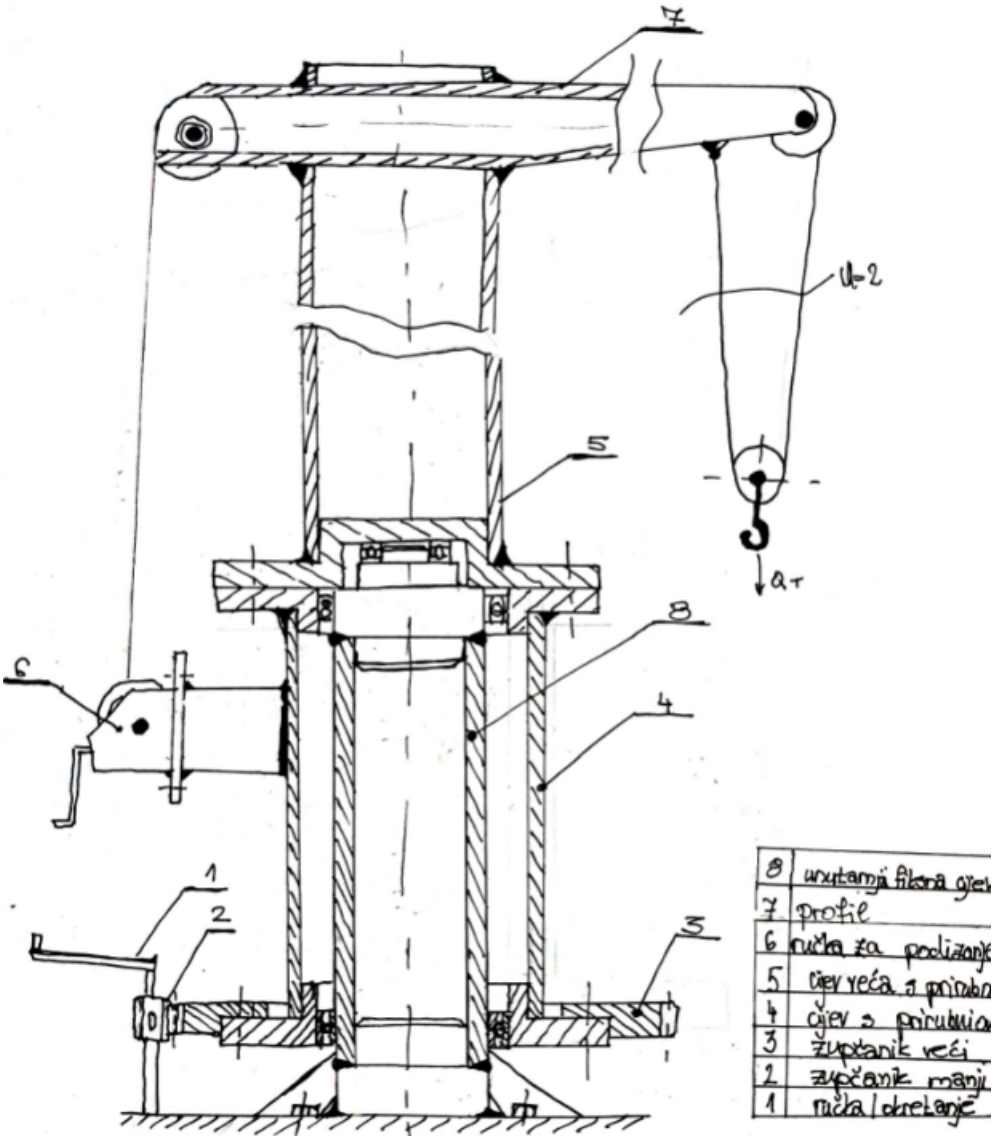
Koncept 2 radi pomoću dva motorna pogona koji služi i za podizanje i rotaciju. Sastoji se od tri ležaja te fiksnog stupa koji je u ovom slučaju duži. Ova konstrukcija je pogodna za veće terete, a problem ovog koncepta je nedostupni položaj motora. Montaža i demontaža su problem kao i održavanje samog uređaja.
Rotacija se vrši pomoću pužnog vijka te se okreće zupčanik vezan za vanjsku cijev.



Slika 2.2: Prikaz koncepta 2

2.3 Koncept 3

Koncept 3 prikazuje najjednostavnije rješenje za uvjete u kojima se konstrukcija nalazi. Pošto se ne podiže veliki teret, ručni pogon se koristi i za rotaciju i za podizanje. Sastoji se od dvije cijevi povezane vijcima i fiksnog donjeg stupa. Prilikom rotacije pomiču se cijevi, a rotacija se odvija pomoću zupčanika s ravnim zubima.
Ručku za podizanje je moguće lako montirati i demontirati. Ručka se nalazi na visini pogodnoj za ljudsku upotrebu. Ukoliko treba demontirati, stup se lako razdvoji vijčanom vezom. Isto tako zupčanik je vezan vijčanom vezom da se izbjegne nepotrebno zavarivanje i olakša montaža i demontaža.



Slika 2.3: Prikaz koncepta 3

Koncept 3 je odabran kao najpovoljnije rješenje te će biti obrađivan u daljnjem tekstu.
U zadatku se traži konstrukcijska razrada odabranog dohvatnika. Odabran je ručni pogon za rotaciju i podizanje. Motorni pogon ima svoje prednosti i nedostatke. Prednost je kraće vrijeme transporta, ali pošto se ne radi o radu u industiji, vrijeme transporta i nije toliko bitno.
Elektromotor je također teže za održavati, a kod ručnog pogona imamo ručku koju lako montiramo po potrebi.
Zaključuje se da je koncept 3 najpovoljniji u ovom slučaju.

3 Projektni parametri

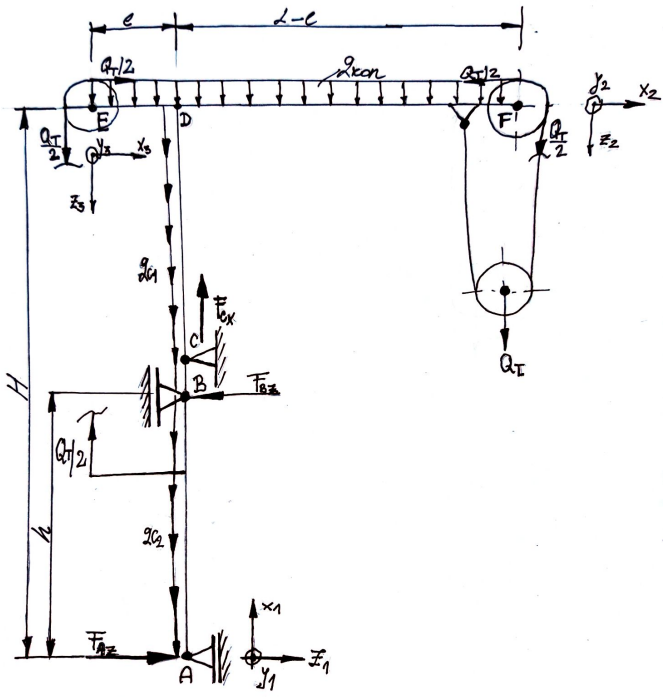
Nosivost: 1 t.
Duljina konzole: 2 m.
Visina nosive konstrukcije: 3, 5 m.
Dužina čamca: 5 m.
Širina čamca: 2 m.
Visina podizanja: 2 m.
Prosječna udaljenost doka i dna čamca: 1, 8 m.

4 Konstrukcija konzolnog dohvatnika

Konzola se sastoji od nosive konstrukcije i profila dohvatnika. Nosiva konstrukcija se sastoji od vanjske cijevi i unutarnje fiksne cijevi. Na početku proračunavamo statičku analizu, analizu profila te vanjsku cijev, te preko njih i proračuna ležajeva dolazimo do dimenzija unutarnjeg dijela.

4.1 Statička analiza

Na slici su ucrtane odgovarajuće sile i sile reakcije na dohvatnik. Iz odgovarujućih sila izračunate su sile reakcije u osloncima. Za udaljenost između oslonaca je određeno, h= 2 m.



Slika 4.1: Prikaz opterećenja

$$q_{c_1} = 21,23\frac{\text{kg}}{\text{m}}$$
$$q_{c_2} = 33\frac{\text{kg}}{\text{m}}$$
$$q_{kon} = 250\frac{\text{N}}{\text{m}} \tag{4.1}$$

$$\Sigma F_x = 0$$
$$F_{c_x} - Q_t - q_{kon}L - q_{c_1}(H-h) - q_{c_2}h = 0$$
$$F_{c_x} = Q_t + q_{kon}L + q_{c_1}(H-h) + q_{c_2}h$$
$$F_{c_x} = 10000 + 250 \cdot 1,7 + 21,23 \cdot 1,5 + 33 \cdot 2 \tag{4.2}$$
$$F_{c_x} = 11862,5\text{N}$$

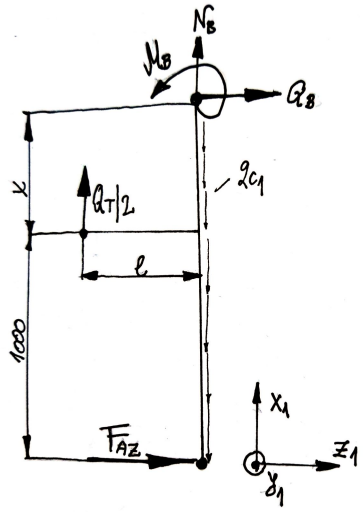
$$\Sigma M_a = 0$$
$$F_{b_z}h - Q_t\frac{(L-l)}{h} - q_{kon}\frac{(L-l)^2}{2h} = 0$$
$$F_{bz} = 8368\text{N}$$
$$\Sigma F_z = 0, \tag{4.3}$$
$$-F_{bz} + F_{az} = 0,$$
$$F_{az} = 8368\text{N}$$

4.1.1 Dijagram unutarnjih sila

Dio AB $\rightarrow 0 \leq x_a \leq 1m$

Na slici su ucrtane odgovarajuće sile za dio do ručice za podizanje tereta. Računamo da je ručica na visini od 1 m te je izračunat moment za visinu od 1 m. Aksijalna komponenta se ne računa jer gledamo da će aksijani ležaj u C prihvatiti cijelu aksijalnu silu.

$$\begin{aligned} &\Sigma M = 0 \\ &M_a + F_{az} x_a = 0 \\ &M_{sa} = -8368 x_a \\ &M_{sa}(x_a = 0) = 0 \\ &M_{sa}(x_a = 1\mathrm{m}) = -83680\mathrm{Nm} \end{aligned} \tag{4.4}$$



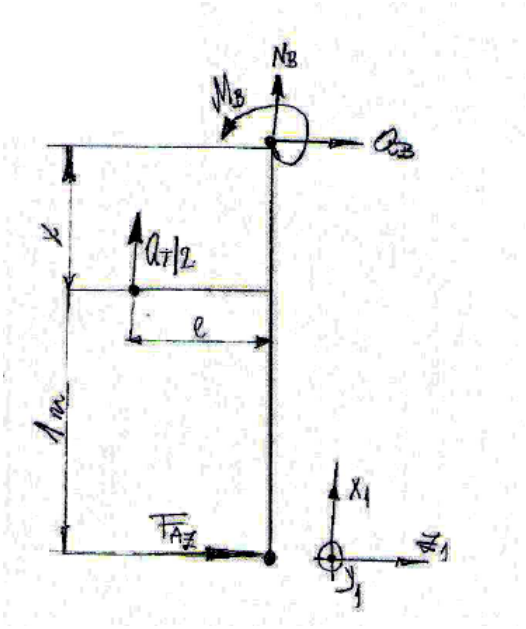
Slika 4.2: Prikaz sila i momenta u prvom dijelu

dio BC $\rightarrow 1 \leq x_b \leq H - h$

$$\begin{aligned}
&\Sigma F_{x_2} = 0 \\
&N_b + F_{a_x} - q_{c_2} h - q_{c_1} x_b = 0 \\
&N_b(x_b = 0) = -10756\text{N} \\
&N_b(x_b = H - h) = -10438,05\text{N}
\end{aligned} \tag{4.5}$$

$$\begin{aligned}
&\Sigma F_{z_2} = 0 \\
&Q_b + F_{a_z} - F_{b_z} = 0 \\
&Q_b = 0
\end{aligned} \tag{4.6}$$

$$\begin{aligned}
&\Sigma M_2 = 0 \\
&M_b + F_{a_z}(h + x_b) - F_{b_h} x_b = 0 \\
&M_b = F_{b_h} x_b - F a_h (h + x_b) \\
&M_b(x_b = 0) = -F_{a_h} h = -20440\text{Nm} \\
&M_b(x_b = H - h) = -20440\text{Nm} = \text{konst.}
\end{aligned} \tag{4.7}$$



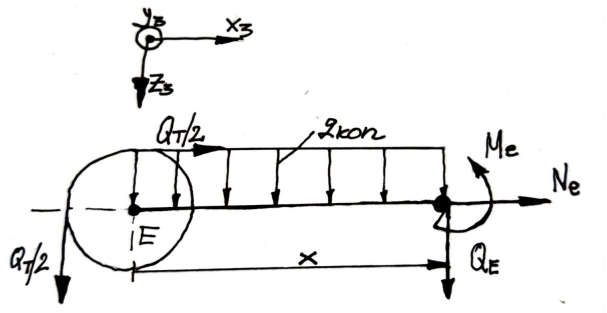
Slika 4.3: Unutarnje sile i momenti za drugi dio

dio DE $\rightarrow 0 \leq x_e \leq l$

$$\Sigma F_{x_3} = 0$$
$$N_e = -Q_t/2 = -5000\text{N} \tag{4.8}$$

$$\Sigma F_{z_3} = 0$$
$$-Q_e + Q_t + q_{kon}x_c + \frac{Q_t}{2} = 0 \tag{4.9}$$
$$Q_e(x_3 = 0) = -\frac{Q_t}{2} = -5000\text{N}$$
$$Q_e(x_3 = L) = \frac{Q_t}{2} - q_{kon}l = -5090\text{N} \tag{4.10}$$

$$\Sigma M_3 = 0$$
$$M_e - q_k\frac{{x_c}^2}{2} - \frac{Q_t}{x_c} = 0 \tag{4.11}$$
$$M(x_e = 0) = 0$$
$$M(x_e = l) = -Q_tL - q_{kon}\frac{L^2}{2} = -1816\text{Nm}$$



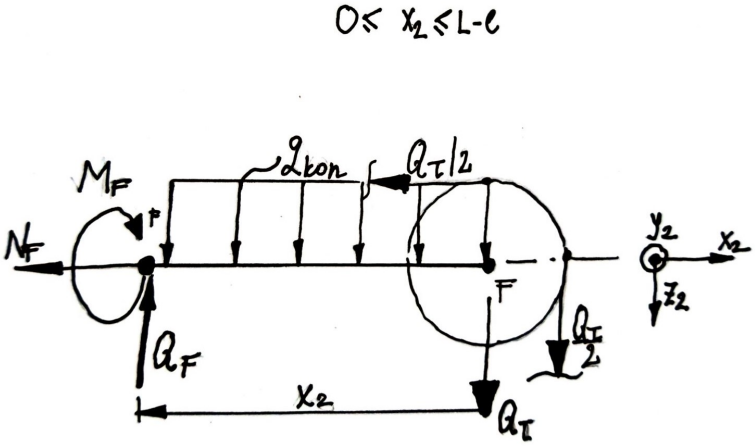
Slika 4.4: Unutarnje sile i moment za dio konzole

dio FD $\rightarrow 0 \leq x_f \leq L - l$

$$\Sigma F_{x_2} = 0$$
$$N_f = -Q_t/2 = -5000\text{N} \tag{4.12}$$

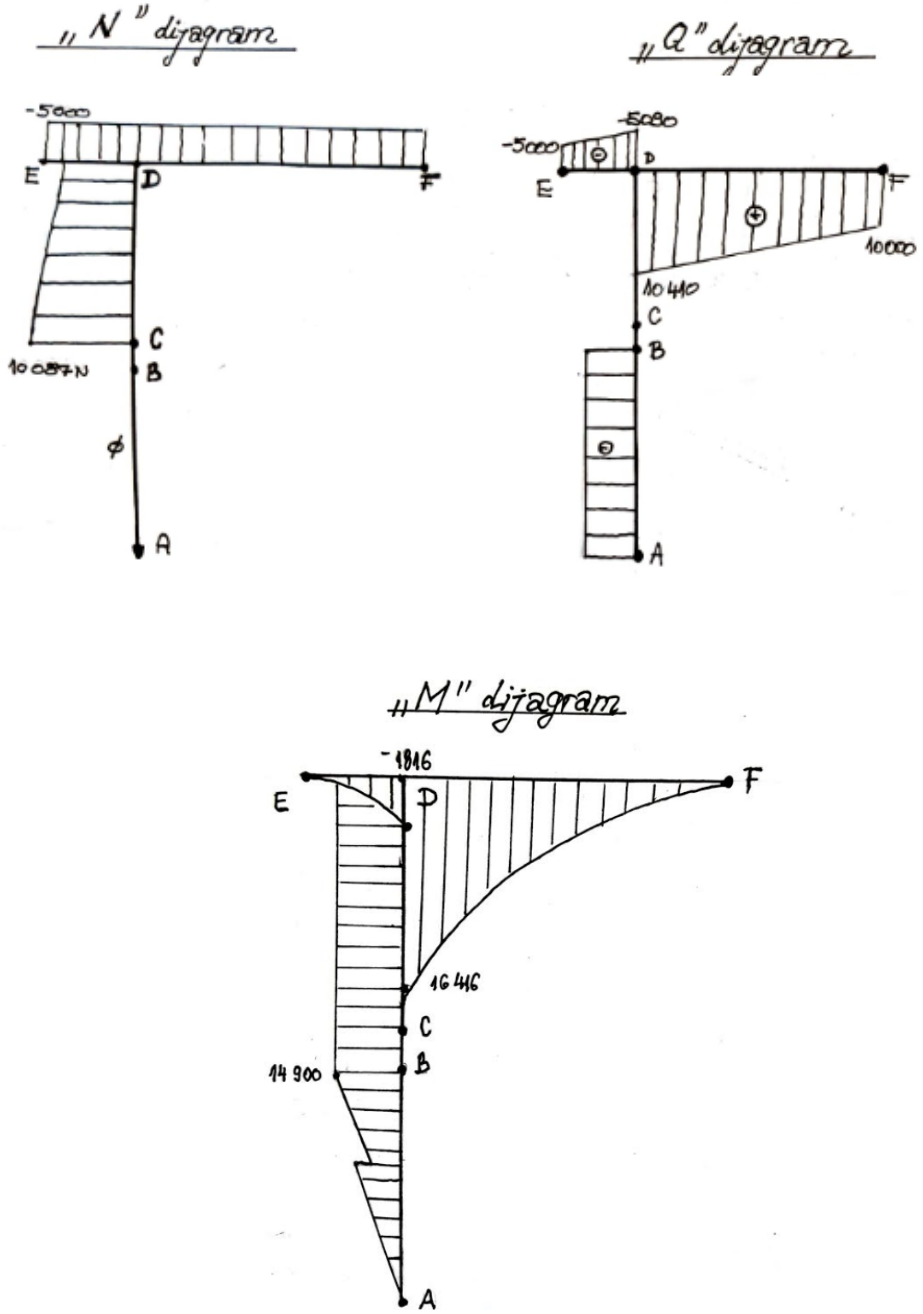
$$\Sigma F_{z_2} = 0$$
$$-Q_f + q_{kon}x_2 + Q_t = 0 \tag{4.13}$$
$$Q_f(x_f = 0) = -\frac{Q_t}{2} = -5000\text{N}$$
$$Q_f(x_f = L - l) = Q_t - q_{kon}(L - l) = 9575\text{N}$$

$$\Sigma M_2 = 0$$
$$-M_f - q_k\frac{{x_f}^2}{2} - Q_t \cdot x_f = 0 \tag{4.14}$$
$$M(x_f = 0) = 0$$
$$M(x_f = L - l) = -Q_t(L - l) - q_{kon}\frac{L^2}{2} = -1816\text{Nm}$$



Slika 4.5: Unutarnje sile i moment za dio konzole

Dijagrami unutarnjih sila



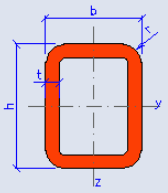
Slika 4.6: Prikaz dijagrama unutanjih momenata

4.2 Profil konzole

Za konzolu je odabran profil sa slike, a materijal za izradu je S355JR sa dopuštenim naprezanjem od 230MPa.
$\sigma_{dop} = 230\text{N/mm}^2$

mm | cm

RHS 140x80x8

Geometry		Section properties	
		Axis y	Axis z
h = 140 mm		I_y = 7.76E+6 mm^4	I_z = 3.14E+6 mm^4
b = 80 mm		$W_{y,el}$ = 1.11E+5 mm^3	$W_{z,el}$ = 7.85E+4 mm^3
t = 8 mm		$W_{y,pl}$ = 1.41E+5 mm^3	$W_{z,pl}$ = 9.41E+4 mm^3
r = 12 mm		i_y = 49.3 mm	i_z = 31.4 mm
A = 3200 mm^2		S_y = 7.05E+4 mm^3	S_z = 4.70E+4 mm^3
A_L = 0.42 m^2.m^{-1}		Warping and buckling	
G = 25.1 kg.m^{-1}		I_t = 7.33E+6 mm^4	C_t = 1.30E+5 mm^3

Slika 4.7: Profil konzole dohvatnika

4.2.1 Progib konzole

Za konzolu, osim presjeka, izračunat je i progib po izrazu, gdje je l duljina presjeka koju računamo kao 2 m. Sila F je sila koja opterećuje konstrukciju tj. 10220 N:

$$w_d = \frac{l}{600} = 1,2\text{mm}, \tag{4.15}$$

Progib konzole:

$$w = \frac{F \cdot l^3}{48EI_y} = 0,6\text{mm} < w_d \tag{4.16}$$

Progib konzole je zadovoljen!

4.2.2 Provjera naprezanja profila

Osim progiba, izračunato je naprezanje na savijanje, tlak i odrez koje mora zadovoljavati dopušteno naprezanje za odabrani materijal S355JR.
Aksijalni moment otpora računa se kao:

$$W_y^{prof} = \frac{2I_y^{prof}}{h} = 110857\text{mm}^3, \tag{4.17}$$

Površina cijevi računa se kao:

$$A_p = bh - (b-2t)(h-2t), \tag{4.18}$$
$$A_p = 80 \cdot 140 - (80 - 2 \cdot 8)(140 - 2 \cdot 8) = 3264\text{mm}^3,$$

Savijanje profila:

$$\sigma_y = \frac{M_y^{prof}}{W_y^{prof}}, \tag{4.19}$$
$$\sigma_y = \frac{16416 \cdot 10^3}{110800} = 147\frac{\text{N}}{\text{mm}^2},$$

Tlak profila:

$$\sigma_y = \frac{\frac{Q_t}{2}}{A_p} = \frac{5000}{3264} = 2\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}, \tag{4.20}$$

Odrez profila:

$$\tau_p = \frac{F_p}{A_p} = \frac{10410}{3261} = 4\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}, \tag{4.21}$$

Profil zadovoljava! Najveće naprezanje, izazvano savijanjem, je puno manje od dopuštenog naprezanja materijala.

4.3 Provjera naprezanja vanjske cijevi nosive konstrukcije

4.3.1 Provjera na savijanje i tlak

Provjeravamo dopušteno naprezanje u području nosive konstrukcije vanjskog stupa, koji se sastoji od dvije različite cijevi. Kao materijal nosive konstrukcije se koristi S23JRG2 (Č0361), a dopušteno naprezanje je $\sigma_{dop_c} = 160\text{N/mm}^2$.

Geometrijske karakteristike stupova, **inercijski moment po osi** y računa se po izrazu:

$$I_y^c = \frac{\pi}{64}(D^4 - d^4), \tag{4.22}$$

Aksijalni moment otpora po osi y računa se kao:

$$W_y^c = \frac{2I_y}{D} = \frac{\pi}{32}\frac{D^4 - d^4}{D}. \tag{4.23}$$

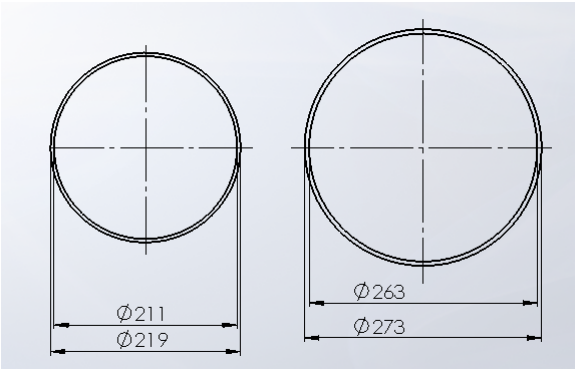
Površina cijevi računa se kao:

$$A_c = \frac{\pi}{4} \cdot (D^4 - d^4). \tag{4.24}$$

Maksimalni moment koji opterećuje stup: $M_{max} = 16440\text{Nm}$.
Naprezanje na savijanje:

$$\sigma_s^c = \frac{M_y^c}{W_y^c}. \tag{4.25}$$

Vanjski stup sastoji se od dvije cijevi, odabranih dimenzija iz kataloga za šavne cijevi. Stup se sastoji od dvije cijevi, veća cijev dimenzija je $\emptyset 273$, debljine 5mm, a mase $33,05\text{kg/m}$. Druga cijev, vanjskog je promjera $\emptyset 219$, debljine 4mm, a mase $21,23\text{kg/m}$.



Slika 4.8: vanjska

Površina manje cijevi: $A_{c_1} = 2707\text{mm}^2$

Aksijalni moment manje cijevi: $W_y^{c_1} = 142617\text{mm}^3$

Tlak koji opterećuje konstrukcije određen je ukupnom aksijalnom silom: $Fc_x = 10800N$

Savijanje za manju cijev: $\sigma_{s_1} = \frac{M_{max}}{W_{y_1}} = 136\text{N/mm}^2$

Tlak: $\sigma_{t_1} = \frac{F_{c_x}}{A_{c_1}} = 4,39\text{N/mm}^2$

Ekvivalentno naprezanje $\sigma_{ekv} = \sqrt{\sigma_{s1}^2 + {\sigma_{t_1}}^2} = 136,1\text{N/mm}^2$

Odabrani profil cijevi **zadovoljava**!

4.3.2 Izvijanje

Za proračun izvijanja gledamo da je duljina stupa 2000mm,
Slobodna duljina izvijanja: $l_o = 2l = 4000\text{mm}$

$$i_{ds} = \sqrt{\frac{I_{min}}{A_{ds}}} = 44\text{mm}, \tag{4.26}$$

$$I_{min} = I_y = \frac{\pi}{64}(D^4 - d^4) = 12660240\text{mm}^4, \tag{4.27}$$

$$A = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2) = 6570\text{mm}^2, \tag{4.28}$$

$$\lambda = \frac{l_o}{i_{ds}} = 92, \tag{4.29}$$

Granična vitkost:

$$\lambda_p = \pi\sqrt{\frac{E}{0,8R_e}} = 104. \tag{4.30}$$

Budući da je vitkost stupa manja od granične vitkosti, $\lambda_{gs} < \lambda_p$, kritična sila izvijanja se računa prema Tetmajeru po formuli:

$$\sigma_{kr} = 310 - 1,14\lambda = 205MPa, \tag{4.31}$$

$$F_{kr} = \sigma_{kr} \cdot A = 1347kN > Q_t + Q_{kon} \tag{4.32}$$

Cijev zadovoljava!

5 Mehanizam za okretanje

Konstrukcija se okreće pomoću jednog zupčanog para s ravnim zubima.
prijenosni omjer je:
i=10,67,
Odabrano je da se vitlo vrti brzinom $v_r = 0,5$m/s te ručnom silom od $F_r = 150$N.
Snaga P_r potrebna za pokretanje ručice:

$$P_r = F_r \cdot v = 75\mathrm{W}. \tag{5.1}$$

Za duljinu ručice je odabrano l=0,28m.Moment potreban za pokretanje ručice je:

$$M_r = F_r \cdot l = 42\mathrm{Nm}. \tag{5.2}$$

Iz toga proizlazi da će momet na drugom zupčaniku biti:

$$M_{z_2} = M_r \cdot i = 445\mathrm{Nm}. \tag{5.3}$$

Proizlazi da je broj okretaja ručke:

$$n_{ruc} = \frac{v_r}{2\pi \cdot r} = 0,284. \tag{5.4}$$

Kutna brzina ručke:

$$\omega_{ruc} = 2\pi \cdot nruc = 1,7857\mathrm{s}^{-1}. \tag{5.5}$$

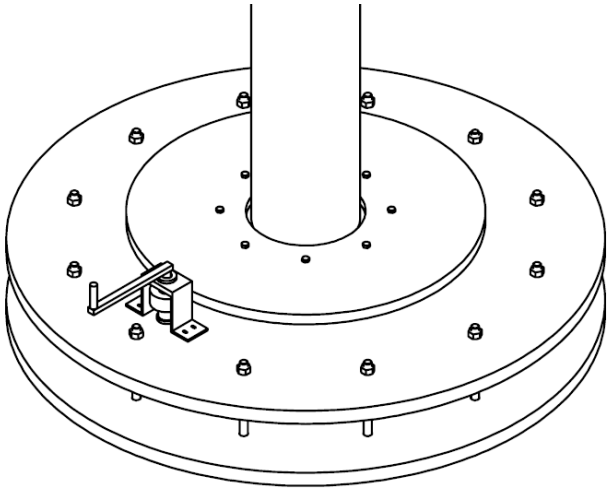
Slijedi da su kružna brzina i broj okretaja zupčanika 2 tj. cijelog sklopa:

$$n_{z_2} = 1,6\mathrm{o}/\mathrm{min}, \tag{5.6}$$
$$\omega_{z_2} = 0,1687\mathrm{rad}/\mathrm{s}. \tag{5.7}$$

6 Zupčanici

Mehanizam se okreće pomoću dva zupčanika s ravnim zubima. Manji zupčanik stoji na podlozi, dok je drugi zupčanika s vijcima povezan na vanjski stup. Za materijal se koristi 34CrMO4 kvalitete ozubljenja 9. Vrijednosti dinamičke izdržljivosti materijala su:

$$\sigma_{f_{lim}} = 350\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{mm}^2}, \qquad \sigma_{H_{lim}} = 1350\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{mm}^2}. \tag{6.1}$$



Slika 6.1: Zupčanički par

Određen je broj zubi zupčanika i prijenosni omjer.
Širina zupčanika: b=50mm
Modul: m= 5
Broj zubi manjeg zupčanika:

$z_1 = 15.$

Diobeni promjer manjeg zupčanika:

$$d_1 = z_1 \cdot m = 75\mathrm{mm}. \tag{6.2}$$

Tjemeni promjer manjeg zupčanika:

$$d_{a_1} = d_1 + 2m = 85\mathrm{mm}. \tag{6.3}$$

Podnožni promjer manjeg zupčanika:

$$d_{f_1} = d_1 - 2m - 2c = 63,35\text{mm}. \tag{6.4}$$
$c = 0,25\text{m}$

Temeljni promjer:

$$d_{b_1} = d_1 \cos 20 = 70,5\text{mm}. \tag{6.5}$$

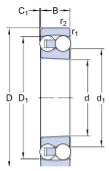
Korak zuba:

$$p = m \cdot \pi = 15,71\text{mm}. \tag{6.6}$$

7 Odabir ležajeva

7.1 Kuglični samoudesivi 1224KM

Kuglični samoudesivi ležaj nalazi se na mjestu B i služi za prijenos radijalnog opterećenja.



d		120	mm
D		215	mm
B		42	mm
d_1	≈	149	mm
D_1	≈	187.2	mm
C_1		1.271	mm
$r_{1,2}$	min.	2.1	mm

Tapered bore, taper 1:12

Calculation data

Basic dynamic load rating	C	119	kN
Basic static load rating	C_0	53	kN
Fatigue load limit	P_u	2.12	kN
Reference speed		6300	r/min
Limiting speed		4000	r/min
Permissible angular misalignment	α	2.5	°
Calculation factor	k_r	0.04	
Calculation factor	e	0.19	
Calculation factor	Y_0	3.6	
Calculation factor	Y_1	3.3	
Calculation factor	Y_2	5.1	

Slika 7.1: Kuglični samoudesivi

Broj okretaja je određen iz (5.6).
Eksponent vijeka trajanja za ležajeve sa teorijskim dodirom u točki:

$$\varepsilon = 3 \tag{7.1}$$

Nazivni vijek trajanja ležajeva u satima:

$$L_{10h} = 10000\text{h}. \tag{7.2}$$

Dinamičko ekvivalentno opterećenje jednako je radijalnoj sili, F_r.

$$P = F_{B_z} = 8362\text{N}. \tag{7.3}$$

Odabrani ležaj kontrolira se preko dinamičke nosivost, C:

$$C_1 = P \cdot \left(\frac{60 \cdot n_m \cdot L_{10h}}{10^6}\right)^{1/\varepsilon} < C \tag{7.4}$$

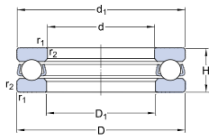
$$C_1 = 2884,5\text{N} < C. \tag{7.5}$$

Ležaj zadovoljava!

7.2 Aksijalni ležaj 51117

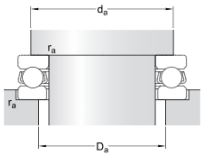
Aksijalni ležaj nalazi se na mjestu C za prijenos aksijalnog opterećenja. Jednak je ukupnoj sili i tezini cijevi tj. sili F_{c_x}.

Dimensions



d		85	mm
D		110	mm
H		19	mm
d_1	≈	110	mm
D_1	≈	87	mm
$r_{1,2}$	min.	1	mm

Abutment dimensions



d_a	min.	100	mm
D_a	max.	95	mm
r_a	max.	1	mm

Calculation data

Basic dynamic load rating	C	44.9	kN
Basic static load rating	C_0	146	kN
Fatigue load limit	P_u	5.4	kN
Reference speed		3000	r/min
Limiting speed		4300	r/min
Minimum load factor	A	0.14	

Mass

Mass bearing (including seat washer where applicable)		0.44	kg

Slika 7.2: Aksijalni ležaj

Eksponent vijeka trajanja za ležajeve sa teorijskim dodirom u točki:

$$\varepsilon = 3. \tag{7.6}$$

Nazivni vijek trajanja ležajeva u satima:

$$L_{10h} = 10000\text{h}. \tag{7.7}$$

Dinamičko ekvivalentno opterećenje jednako je po iznosu sili, F_c.

$$P = F_{c_x} = 10250\text{N}. \tag{7.8}$$

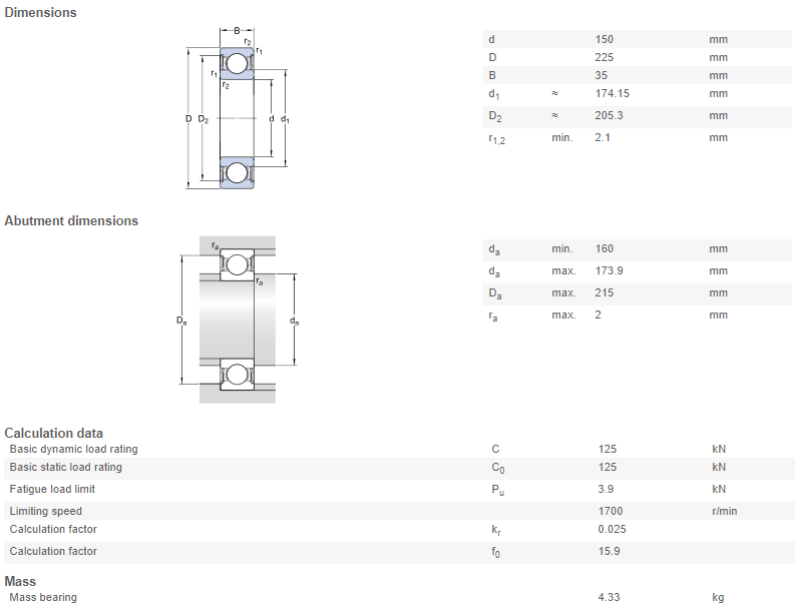
Odabrani ležaj kontrolira se preko dinamičke nosivost, C:

$$C_1 = P \cdot \left(\frac{60 \cdot n_m \cdot L_{10h}}{10^6}\right)^{1/\varepsilon} < C \tag{7.9}$$
$$C_1 = 10900\text{N} < C.$$

Ležaj zadovoljava!

7.3 Radijalni ležaj 6030-2RS1

Kuglični ležaj nalazi se na mjestu A i prenosi radijanu silu. Prenosi se sila F_{a_z}, koja je jednaka kao i u osloncu B.



Dimensions

d		150	mm
D		225	mm
B		35	mm
d_1	≈	174.15	mm
D_2	≈	205.3	mm
$r_{1,2}$	min.	2.1	mm

Abutment dimensions

d_a	min.	160	mm
d_a	max.	173.9	mm
D_a	max.	215	mm
r_a	max.	2	mm

Calculation data

Basic dynamic load rating	C	125	kN
Basic static load rating	C_0	125	kN
Fatigue load limit	P_u	3.9	kN
Limiting speed		1700	r/min
Calculation factor	k_r	0.025	
Calculation factor	f_0	15.9	

Mass

Mass bearing		4.33	kg

Slika 7.3: Ležaj 6030-2RS1

Eksponent vijeka trajanja za ležajeve sa teorijskim dodirom u točki:

$$\varepsilon = 3. \tag{7.10}$$

Nazivni vijek trajanja ležajeva u satima:

$$L_{10h} = 10000\text{h}. \tag{7.11}$$

Dinamičko ekvivalentno opterećenje jednako je po iznosu sili, F_a.

$$P = F_{a_z} = 8614\text{N}. \tag{7.12}$$

Odabrani ležaj kontrolira se preko dinamičke nosivost, C:

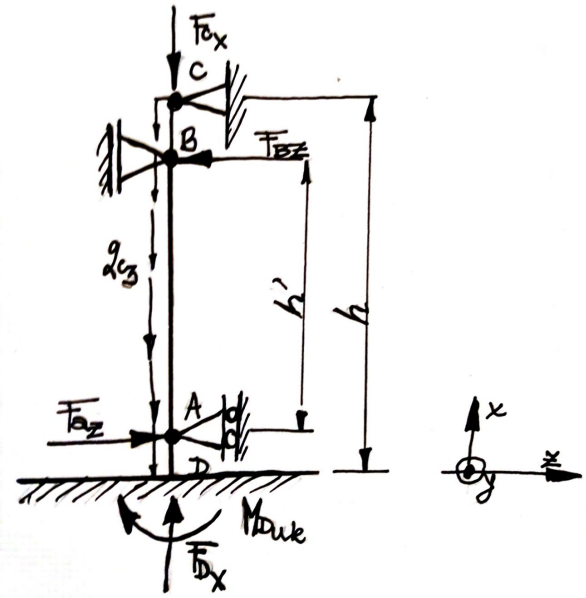
$$C_1 = P \cdot \left(\frac{60 \cdot n_m \cdot L_{10h}}{10^6}\right)^{1/\varepsilon} < C \tag{7.13}$$
$$C_1 = 10900\text{N} < C.$$

Ležaj zadovoljava!

8 Statička analiza unutarnjeg stupa

Na slici su ucrtane odgovarajuće sile i sile reakcije unutarnjeg fiksnog stupa. Unutarnji stup je povezan vijcima za podlogu. Izračunate su sile reakcije u osloncima.

$$\begin{aligned} &q_{c3} = 50\mathrm{kg/m}, \\ &h = 2,5\mathrm{m}, \\ &h = 2\mathrm{m}. \end{aligned} \tag{8.1}$$

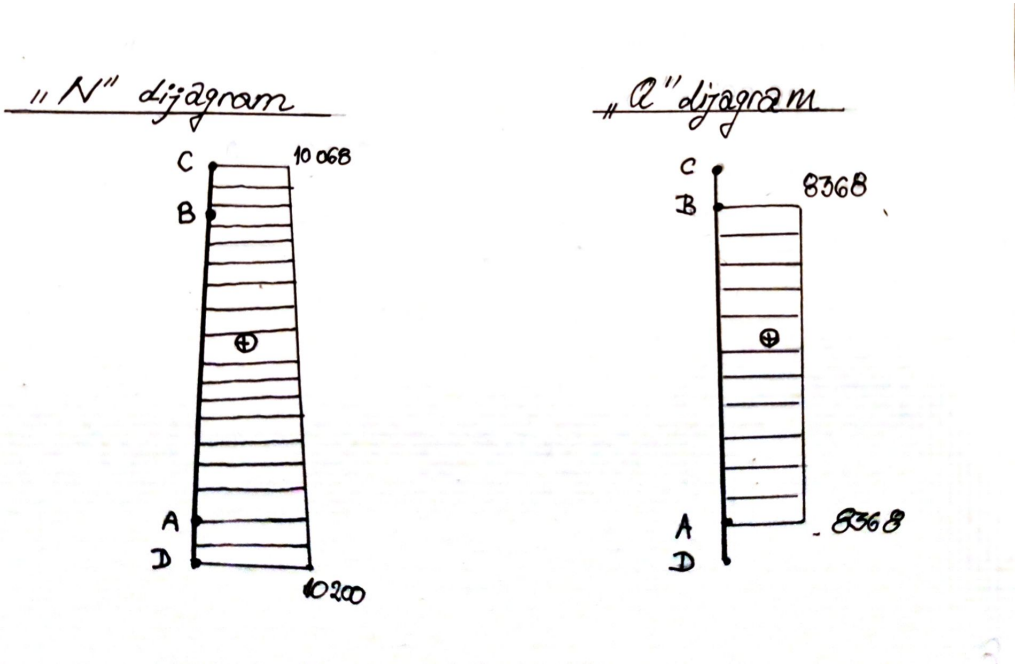


Slika 8.1: Prikaz opterećenja unutarnjeg stupa

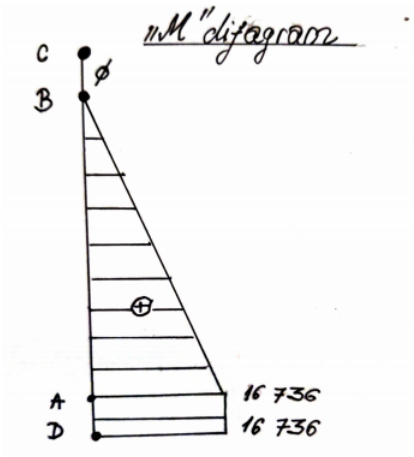
$$\begin{aligned} &\Sigma F_x = 0, \\ &F_{d_x} = F_{c_x} + q_{c3} = 10200\mathrm{N}. \end{aligned} \tag{8.2}$$

$$\begin{aligned} &\Sigma F_z = 0, \\ &F_{a_z} = F_{b_z} = 8368\mathrm{N}. \end{aligned} \tag{8.3}$$

$$\Sigma M_y = 0,$$
$$-M_{d_{uk}} + F_{a_z} h - F_{b_z} x = 0, \tag{8.4}$$
$$M_{d_{uk}} = 16736\text{Nm}$$



Slika 8.2: Prikaz unutarnjih sila



Slika 8.3: Prikaz momentnog dijagrama

9 Odabir ručnog vitla

Ručno vitlo je odabrano uz uvjete da uložena ručna sila nije veća od $150N$. Model se sastoji također od kočnice koja će spriječiti razvrtanje.

Slika 9.1: Odabrana ručka za rotaciju tvrtke Gebuwin

WW 1000	
Kapacitet prvog sloja	1000kg
Kapacitet zadnjeg sloja užeta	527kg
Duljina dizanja za vrijeme jednog okreta ručice	13mm
Potrebna sila na ručici	130N
Promjer kabla	8mm
Maksimalna duljina kabla koji se može namotati na bubanj	63m
Sila kočenja	$34N$
Težina	29kg

Mehanizam za dizanje

Prema [2], prijenosni omjer faktorskog koloturnika:

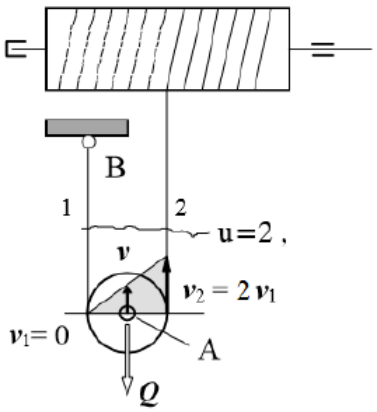
$$i_{kol} = \frac{u}{u_b} = 2 \tag{9.1}$$

Iskoristivost jedne užnice:

$$\eta_0 = 0,98 \tag{9.2}$$

Stupanj djelovanja koloturnika:

$$\eta_{kol} = \frac{1 - {\eta_0}^2}{2 \cdot (1 - \eta_0)} = 0,99 \tag{9.3}$$



Slika 9.2: Faktorski koloturnik

9.1 Kontrola užeta

Maksimalna sila u užetu koji se se koristi:

$$F_{Uz_{max}} = \frac{1}{i_{kol} \cdot \eta_{kol}} = 4955\text{N} \tag{9.4}$$

Računska lomna sila:

$$F_L = A_{uz} \cdot R_m = f \cdot \frac{d_{uz}^2 \cdot \pi}{4} \tag{9.5}$$

Računska sila loma:

$$F_L = S \cdot F_{UZ_{max}} = 3,55 \cdot 4955 = 17600\text{N} \tag{9.6}$$

Faktor sigurnosti za pogonsku grupu $1B_m$:
$S = 3,55$

Lomna čvrstoća žice:
$R_m = 1570$MPa

Faktor ispune:
$f = 0,455$

Pomjer užeta:

$$d_{uz} = \sqrt{\frac{4F_l}{f \cdot \pi \cdot R_m}} = 5,5\text{mm} \tag{9.7}$$

Oznaka užeta : Uže 8 HRN C.H1.072-VJ-cv 1570 sZ-nrp

9.2 Odabir kuke

Za odabir broja kuke:

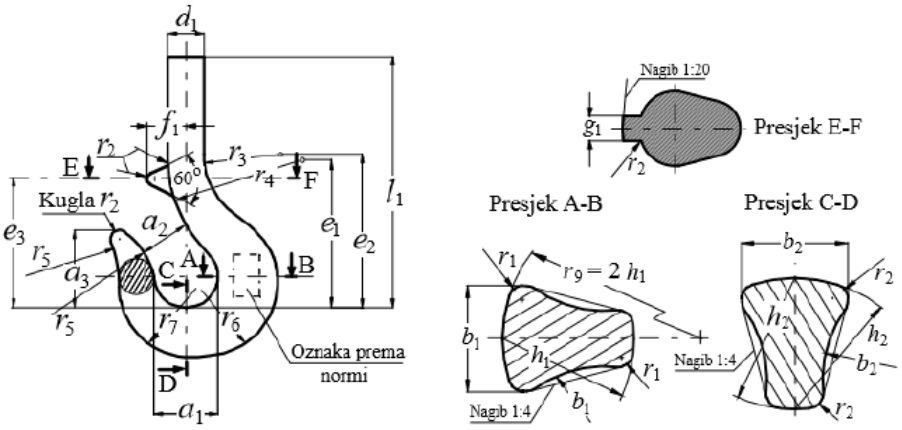
$$HN = \frac{Q[t] \cdot g}{R_e} v_n = \frac{1 \cdot 9,81}{23,5} \cdot 1,25 = 0,53 \tag{9.8}$$

Za odabrani materijal M, prema [2], granica razvlačanja iznosi:
$R_e = 23,5 \mathrm{kN/cm^2}$

Faktor sigurnosti za pogonsku grupu $1B_m$:

$\nu_n = 1,25$

Odabrana je jednokraka kuka HN=1.



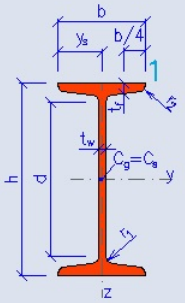
Slika 49. Oznake mjera jednokrake kuke kovane u kalupu

Broj kuke	a_1	a_2	a_3	b_1	b_2	d_1	Navoj kuke	e_1	e_2	e_3	h_1	h_2	l_1	f_1	g_1	r_1	r_2	r_3	r_4	r_5	r_6	r_7	Masa ≈ kg
1	50	40	57	38	32	30	M 24	120	128	105	48	40	197	31	12,5	5	8	55	106	106	65	60	3,2

Slika 9.3: Odabrana kuka

10 Odabir profila križnog spoja kod podizanja

Kao profil odabran je I profil sa slike, a materijal za izradu je S355JR sa dopuštenim naprezanjem od 230MPa. Križni spoj sastoji se od četiri I profila. Težina čamca je raspoređena na četiri odvojena kraja tj. na svakom kraju djeluje 250kg.

IPN 80			
Geometry		**Section properties**	
h = 80 mm		Axis y	Axis z
b = 42 mm		I_y = 7.77E+5 mm^4	I_z = 6.28E+4 mm^4
t_f = 5.9 mm		W_{y1} = 1.94E+4 mm^3	W_{z1} = 2990 mm^3
t_w = 3.9 mm		$W_{y,pl}$ = 2.28E+4 mm^3	$W_{z,pl}$ = 4900 mm^3
r_1 = 3.9 mm		i_y = 32 mm	i_z = 9.11 mm
r_2 = 2.3 mm		S_y = 1.14E+4 mm^3	S_z = 2450 mm^3
y_s = 21 mm		**Warping and buckling**	
d = 59 mm	G = 5.94 kg.m^{-1}	I_w = 8.24E+7 mm^6	I_t = 8570 mm^4
A_L = 0.3 m^2.m^{-1}	A = 757 mm^2	i_w = 9.91 mm	i_{pc} = 33.3 mm

Slika 10.1: IPN 80

Normalno naprezanje izazvano savijanjem profila:

$$\sigma_y^{IPN} = \frac{M_y^{IPN}}{W_{y_1}}, \tag{10.1}$$

$$\sigma_y^{IPN} = \frac{2500 \cdot 10^3}{19400} = 128\mathrm{N/mm^2}.$$

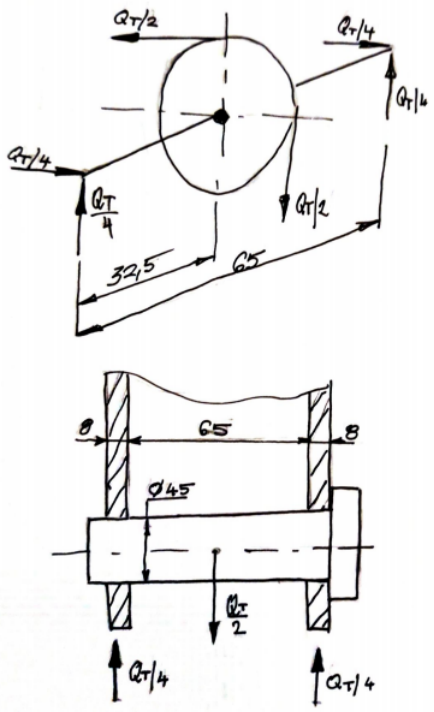
Odabrani profil cijevi zadovoljava!

11 Provjera osovina

11.1 Osovina užnice

Osovina užnice izrađena je od materijala S355JR sa dopuštenim naprezanjem:

$\sigma_{dop} = 230\mathrm{N/mm^2}$



Slika 11.1: Prikaz sila koje opterećuju osovinu

Savijanje:

$$W_y^{o_u} = 0,1d^3 = 0,1 \cdot 45^3 = 9112\mathrm{mm^3} \tag{11.1}$$

$$M_y^{o_u} = \frac{Q_t}{4} \cdot \frac{65+8}{2} = 91250\mathrm{mm} \tag{11.2}$$

$$\sigma_y^{o_u} = \frac{M_y^{o_u}}{W_y} = 20\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{mm^2}}. \tag{11.3}$$

(11.4)

Tlakovi:

$$p_{v_1} = \frac{\frac{Q_t}{2}}{2ad} = \frac{5000}{2 \cdot 8 \cdot 45} = 6,94 \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{mm}^2}, \tag{11.5}$$

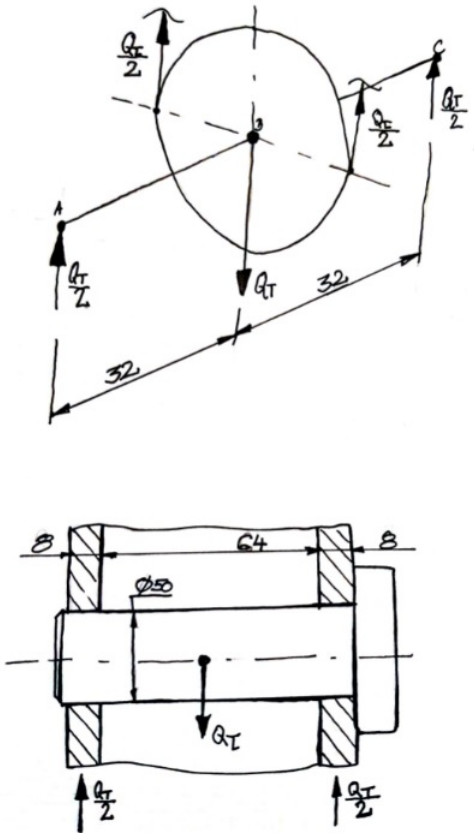
$$p_{v_2} = \frac{Q_t}{4A} = \frac{5000}{4 \cdot 1965} = 2 \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{mm}^2}. \tag{11.6}$$

Odrez:

$$\tau = \frac{Q_t}{4A}, \tag{11.7}$$

$$\tau = \frac{10000}{4 \cdot 1964} = 1,6 \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{mm}^2}.$$

11.2 Osovina užnice u sklopu s kukom



Slika 11.2: Prikaz sila koje opterećuju osovinu u spoju s kukom

Savijanje:

$$W_y^{o_k} = 0,1d^3 = 12500\text{mm}^3 \tag{11.8}$$

$$M_y^{o_k} = \frac{Q_t}{2} \cdot \frac{64}{2} = 160000\text{mm},$$

$$\sigma_y^{o_k} = \frac{M_y^{o_k}}{W_y^{ok}} = 12,8\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}. \tag{11.9}$$

(11.10)

Tlakovi:

$$p_{v_1} = \frac{1000}{2 \cdot 8 \cdot 50} = 12,5\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}, \tag{11.11}$$

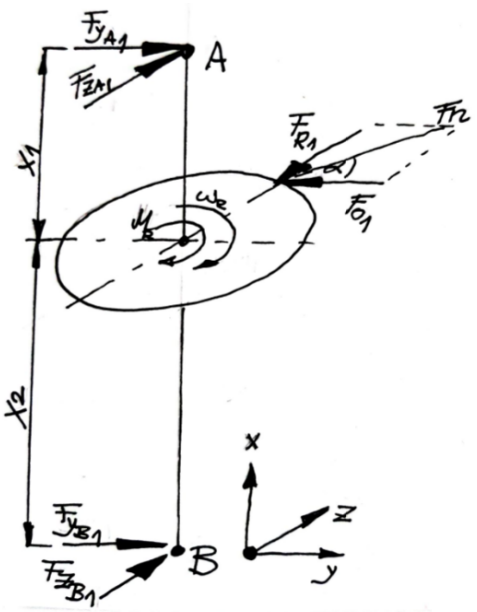
$$p_{v_2} = \frac{5000}{64 \cdot 50} = 3\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}. \tag{11.12}$$

Odrez:

$$\tau = \frac{Q_t}{2A}, \tag{11.13}$$

$$\tau = \frac{10000}{2 \cdot 1970} = 2,55\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}.$$

11.3 Provjera osovine za okretanje



Slika 11.3: Prikaz sila koje opterećuju osovinu za okretanje

Obodna sila:

$$F_{o_1} = \frac{2T_1}{d_1} = \frac{2 \cdot 42 \cdot 10^3}{60} = 1400\text{N} \tag{11.14}$$

Radijalna sila na zupčanik:

$$F_{r_1} = F_{o_1} \tan\alpha = 1400 \cdot \tan 20\,\text{deg} = 509\text{N} \tag{11.15}$$

Izračunavanje reakcija u osloncima (os y):

$\Sigma M_{B_y} = 0;$

$$F_{z_{A_1}} = F_{r_1} \cdot \frac{x_2}{x_1 + x_2}, \tag{11.16}$$

$F_{z_{A_1}} = 314\text{N},$

$F_{z_{b_1}} = 196\text{N}.$

Izračunavanje reakcija u osloncima (os z):

$\Sigma M_{B_z} = 0;$

$$F_{y_{A_1}} = F_o \cdot \frac{x_2}{x_1 + x_2}, \tag{11.17}$$
$$F_{y_{A_1}} = 861\text{N},$$
$$F_{y_{b_1}} = 539\text{N}.$$

Momenti savijanja koji opterećuju osovinu:

$$M_{s_1}^z = F_{z_{A_1}} \cdot x_1, \tag{11.18}$$
$$M_{s_1}^z = 9408\text{Nm}$$
$$M_{s_2}^y = F_{y_{A_1}} \cdot x_1, \tag{11.19}$$
$$M_{s_1}^y = 2583\text{Nm}$$

Naprezanje na osovini

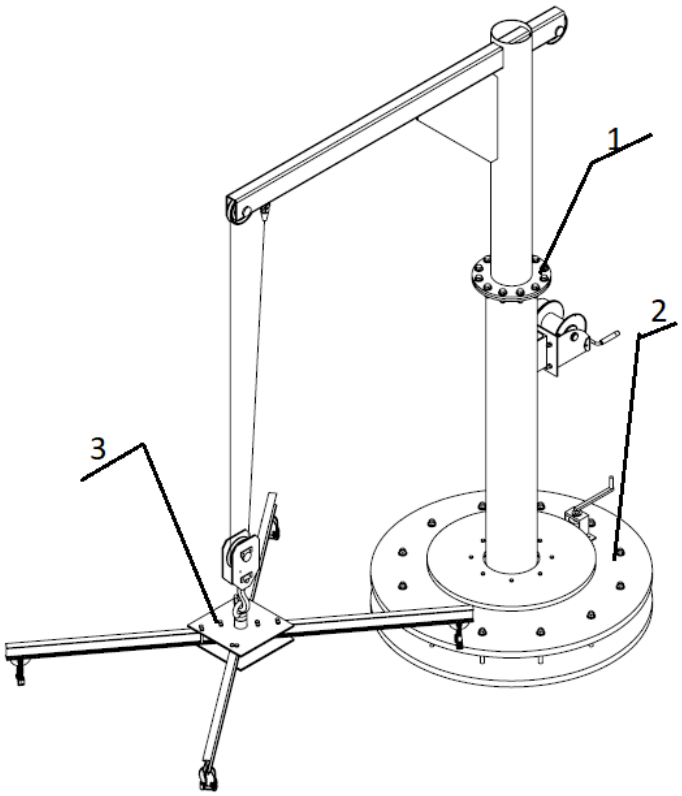
$$\sigma_{s_1}^z = \frac{M_{s_1}^z}{W_z} = \frac{9406}{0,1 \cdot 20^3} = 33\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}, \tag{11.20}$$
$$\sigma_{s_1}^y = \frac{M_{s_1}^y}{W_y} = \frac{25830}{0,1 \cdot 20^3} = 12\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}. \tag{11.21}$$

Osovina zadovoljava pošto je naprezanje na savijanje puno manje od dopuštenog naprezanja!

12 Provjera vijaka

Vijci su prolazni te se računaju na naprezanje na vlak. Proračunata su 3 spoja vijaka:

- Prolazni vijci- M20x65, 12komada
- Prolazni vijci M20x250, 12 komada
- Prolazni vijci M12x120, 16 komada



Slika 12.1: Proračunati vijci

Materijal vijaka je Čelik 8.8, te je granica razvlačenja jednaka:

$$R_{e_v} = 800\frac{N}{mm^2} \tag{12.1}$$

$$\sigma^v_{dop} = \frac{R_{e_v}}{3} = 266\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{mm}^2} \tag{12.2}$$

12.1 Vijci 1

$L_1 = 25\text{mm},$

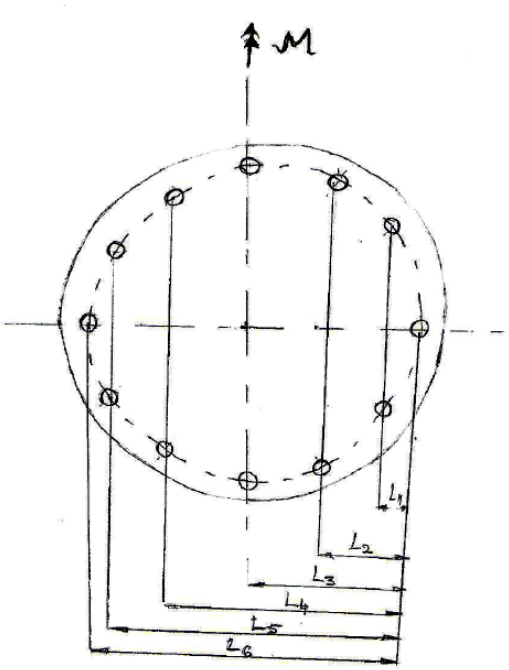
$L_2 = 90\text{mm},$

$L_3 = 180\text{mm},$

$L_4 = 270\text{mm},$

$L_5 = 340\text{mm},$

$L_6 = 360\text{mm}.$



Slika 12.2: Vijci koji spajaju dvije cijevi

Moment koji optrećuje vijke 1:

$$M_{v_1} = 16440\text{Nm} \tag{12.3}$$

$$F_{v_1} = \frac{M}{2L_1 + 2L_2 + 2L_3 + 2L_4 + 2L_5 + L_6} = 6866\text{N}, \tag{12.4}$$

Maksimalna sila u vijcima:

$$F_{max_1} = 1,6F_{v_1} = 10986\text{N}. \tag{12.5}$$

površina vijka M20:

$$A_{M_{20}} = 225\text{mm}^2. \tag{12.6}$$

Naprezanje u vijcima:

$$\sigma_{v_1} = \frac{F_{max}}{A_{M_{20}}}, \tag{12.7}$$
$$\sigma_{v_1} = \frac{10986}{225} = 49\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}.$$

Vijci zadovoljavaju!

12.2 Vijci u spoju donjih ploča

$L_1 = 80\text{mm},$
$L_2 = 300\text{mm},$
$L_3 = 600\text{mm},$
$L_4 = 900\text{mm},$
$L_5 = 1110\text{mm},$
$L_6 = 1200\text{mm}.$

Moment koji opterećuje vijke :

$$M_{v_2} = 16416\text{Nm}, \tag{12.8}$$

$$F_{v_1} = \frac{M}{2L_1 + 2L_2 + 2L_3 + 2L_4 + 2L_5 + L_6} = 1788\text{N}, \tag{12.9}$$

Maksimalna sila u vijcima:

$$F_v = 1,6F_v = 2845\text{N}. \tag{12.10}$$

površina vijka M20:

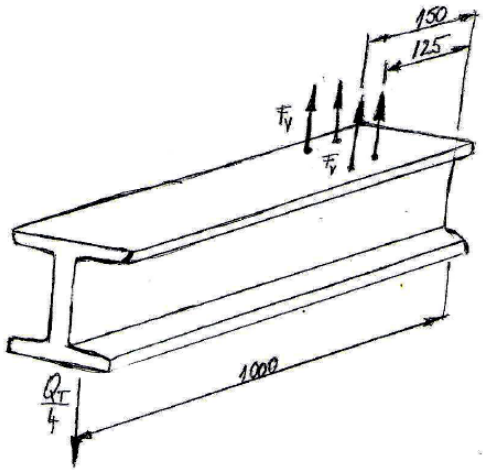
$$A_{M_{20}} = 225\text{mm}^2, \tag{12.11}$$

Naprezanje u vijcima:

$$\sigma_{v_2} = \frac{F_{max}}{A_{M_{20}}}, \tag{12.12}$$
$$\sigma_{v_2} = \frac{2845}{225} = 13\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{mm}^2}.$$

Vijci zadovoljavaju!

12.3 Vijci u križu



Slika 12.3: Vijci koji spajaju IPN profil sa pločama

Progib grede:

$$w_{dop} = \frac{l}{600} = 1,67\mathrm{mm}, \tag{12.13}$$
$$w^I = \frac{F \cdot l^3}{48EI_y} = 0,6\mathrm{mm} < w_{dop} \tag{12.14}$$

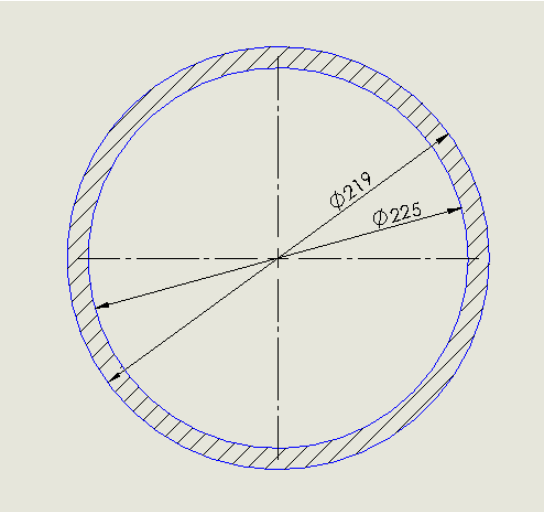
Naprezanje na vlak:

$$\Sigma M_A = 0;$$
$$F_v^I = \frac{1000Q_t}{4 \cdot (2 \cdot 125 + 2 \cdot 150)} = 4545\mathrm{N},$$
$$F_{max}^I = 1,6F_v^I = 7273\mathrm{N},$$
$$\sigma_{max}^I = \frac{F_{max}^I}{A_{M_{20}}} = 35\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{mm}^2}. \tag{12.15}$$

Vijci zadovoljavaju!

13 Provjera kritičnih zavara

13.1 Spoj donje prirubnice i šavne cijevi



Slika 13.1: Površina zavara 1

Površina zavara:

$$A_{Z_1} = \frac{D^2\pi}{4} - \frac{d^2\pi}{4} = \frac{225^3\pi}{4} - \frac{219^2\pi}{4} = 3519\text{mm}^2 \tag{13.1}$$

Moment koji opterećuje zavar:

$$M_{Z_1} = 16731\text{Nm} \tag{13.2}$$

Moment otpora zavara:

$$W_{Z_1} = \frac{\pi}{32}\frac{D^4 - d^4}{D} = \frac{\pi}{32}\frac{225^4 - 219^4}{225} = 196262\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \tag{13.3}$$

Naprezanje na savijanje:

$$\sigma_{S_1} = \frac{M_{Z_1}}{W_{Z_1}} = \frac{16731}{196262} = 85\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \tag{13.4}$$

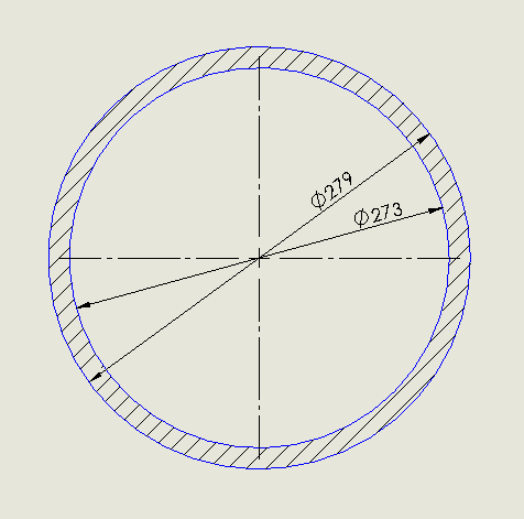
Naprezanje na tlak:

$$\sigma_{T_1} = \frac{F_{Cx}}{A_{Z_1}} = \frac{10400}{3519} = 3\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \tag{13.5}$$

Reducirano naprezanje:

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_{S_1}^2 + \sigma_{T_1}^2} = 86\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < \sigma_{dop_{Z_1}} \tag{13.6}$$

13.2 Spoj gornje prirubnice i šavne cijevi



Slika 13.2: Površina zavara 2

$$A_{Z_2} = \frac{D^2\pi}{4} - \frac{d^2\pi}{4} = \frac{279^3\pi}{4} - \frac{273\pi}{4} = 4519\text{mm}^2 \tag{13.7}$$

Moment koji opterećuje zavar:

$$M_{Z_2} = 16731\text{Nm} \tag{13.8}$$

Moment otpora zavara:

$$W_{Z_2} = \frac{\pi}{32}\frac{D^4 - d^4}{D} = \frac{\pi}{32}\frac{279^4 - 273^4}{279} = 177576\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \tag{13.9}$$

Naprezanje na savijanje:

$$\sigma_{S_2} = \frac{M_{Z_2}}{W_{Z_2}} = \frac{16731}{177576} = 94\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \tag{13.10}$$

Naprezanje na tlak:

$$\sigma_{T_2} = \frac{F_{Cx}}{A_{Z_2}} = \frac{10400}{4519} = 2\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \tag{13.11}$$

Reducirano naprezanje:

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_{S_1}^2 + \sigma_{T_2}^2} = 95\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < \sigma_{dop_{Z_2}} \tag{13.12}$$

Zavar zadovoljava!

14 Zaključak

Odabrana konstrukcija zadovoljava uvjete čvrstoće, a ručni pogon se čini kao dobar izbor s obzirom na cijenu, montažu i demontažu. Iako postoje mnoge vrste dohvatnika, ova varijanta izgleda najjednostavnije i najjeftinije.

LITERATURA

[1] $https://www.staticstool.eu$

[2] Šćap, D., Prenosila i dizala, Podloge za konstrukciju i proračun, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 1988.

[3] Kraut B., Strojarski priručnik, Sajem d.o.o., Zagreb, 2014.

[4] $https://www.strojopromet.hr$

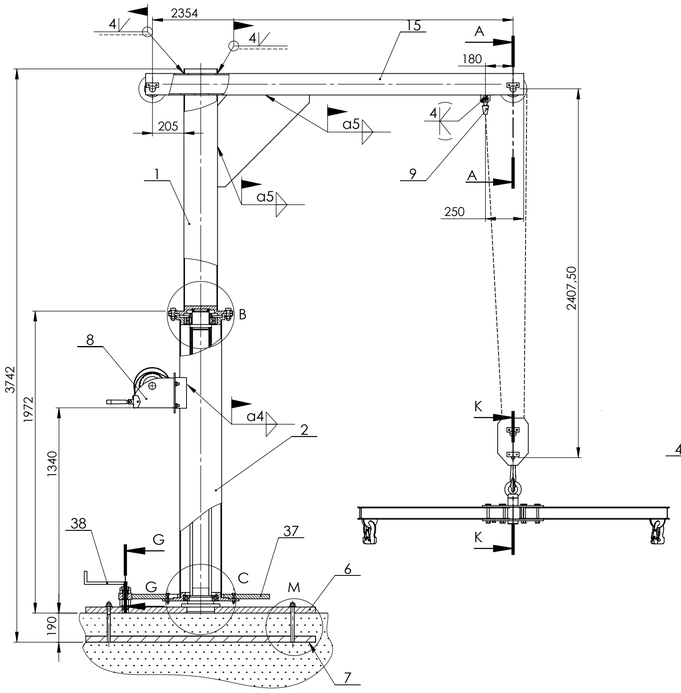
[5] $https://www.traceparts.com$

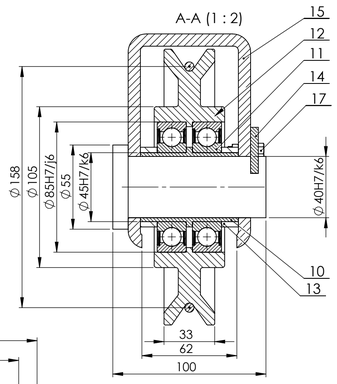
[6] $https://www.skf.com/products$

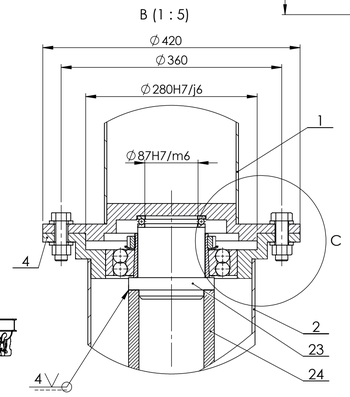
[7] Decker K.H., Elementi strojeva; Tehnička knjiga, Zagreb 1975.

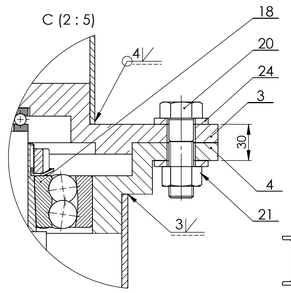
PRILOZI

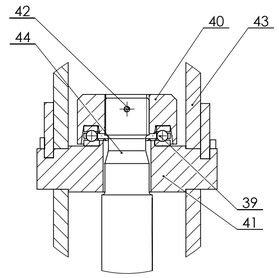
[1] CD-R disc
[2] Tehnička dokumentacija

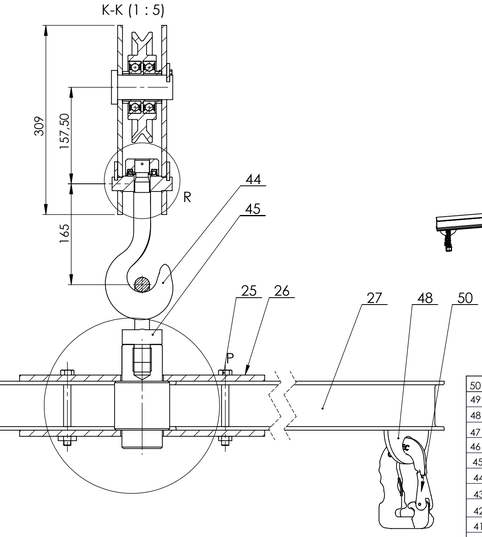


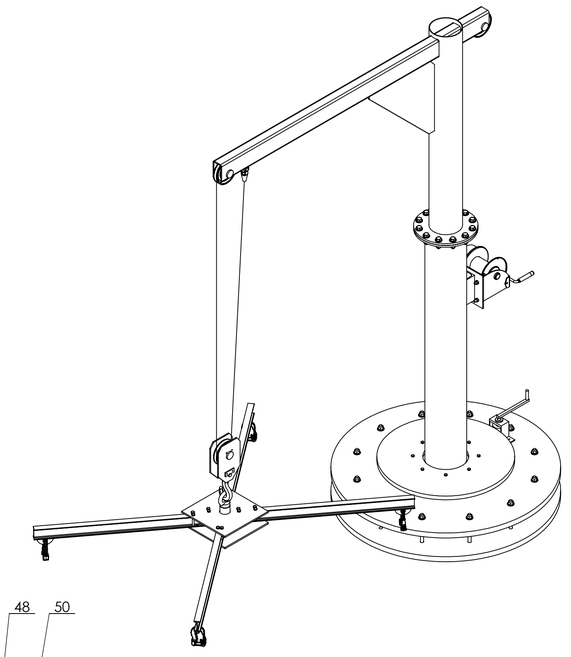


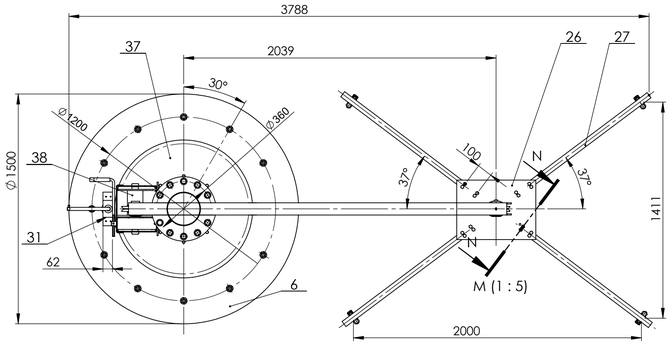


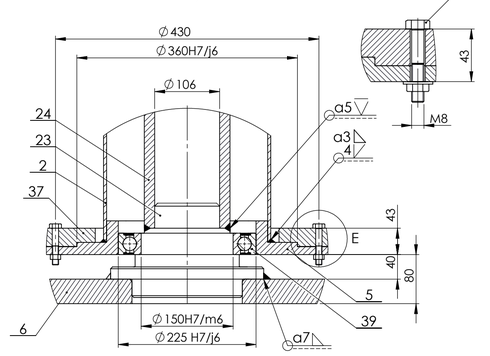


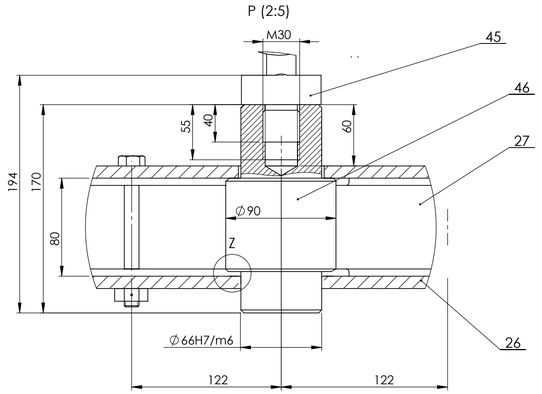


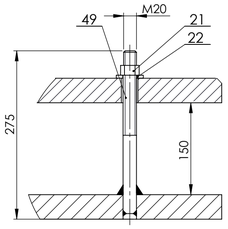


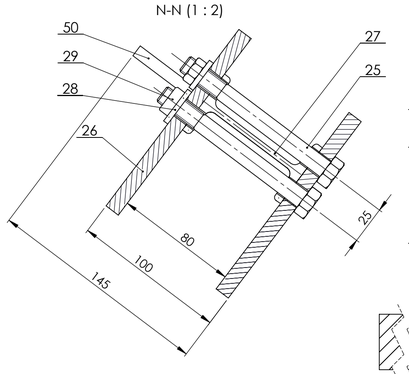


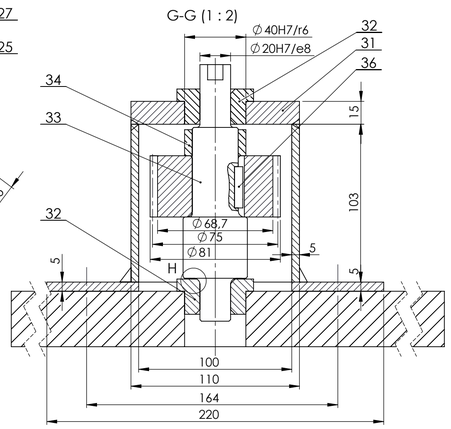


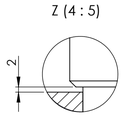


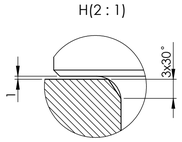












Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
50	Kuka za prihvat remena	1		S355JR		1,1
49	vijak M20	16	DIN 127		Vijci Kranjec	1,2
48	ušica	4		S355JR	50x100x10	1,2
47	Tokareni dio kraćeg stupa	1		S355JR	140x130	11,3
46	Tuljak	1		S355JR	Ø70x90x100	8
45	Očni vijak	1	DIN 580	C15		2,8
44	Kuka	1		S355JR	Remex	3,4
43	Lim	2		S355JR		22
42	Osiguranje kuke	1	DIN 127	S355JR		0,01
41	Ovjes	1		S355JR	55x100x30	2,8
40	Matica kuke	1	DIN 934	Čelik 8	M30	0,4
39	Kuglični ležaj 6030-2RS1	1			SKF	0,46
38	Ručka za rotaciju	1		S235JR	100x280x20	3,39
37	Zupčanik 2 veći	1		34CrMo4	Ø300/Ø900x30	100,5
36	Pero	1		E355	10x27x8	0,88
35	Zupčanik 1 manji	1		34CrMo4	Ø30/Ø85x40	4,6
34	Čahura za zupčanik 1	1		S235JR	Ø30/Ø40x17	0,7
33	Osovina za okretanje	1		S355JR	Ø42x170	1,5
32	Brončana čahura	2		CuSn8	Ø20/Ø50x23	0,23
31	Lim za okretanje	1		S355JR	70x220x15	12
30	Vijak M8	12	DIN933	Čelik 8.8		0,7
29	Podloška za M12	16		S355JR		0,7
28	Matica M12	16	DIN934	Čelik 8		2,3
27	profil IPN 80	4		S355JR	Strojopromet	56
26	ploča za križ za podizanje	2		S355JR	500x400x10	12
25	Vijak M12x250 za križ	16	DIN933	Čelik 8.8	Vijci Kranjec	0,2
24	Cijev kraćeg stupa	1		S23JRG2	Ø106/Ø140x1800	88
23	Tokareni dio kraćeg stupa	1		S355JR	Ø250x150	44
22	Podloška za M20	36	DIN7349	S355JR	Ø23/Ø40x5	1,67
21	Matica M20	12	DIN933	Čelik 8.8	Vijci Kranjec	0,44
20	Vijak M20x65	12	DIN933	Čelik 8.8	Vijci Kranjec	0,3
19	Aksijalni ležaj	1	51117		SKF	0,44
18	Radijalni ležaj 1	1	1224KM+H3024		SKF	0,9
17	Vijak M5	8	DIN933	Čelik 8.8	Vijci Kranjec	1,05
16	Osovina užnice	3		S235JR		2,92
15	RHS profil	6		S355JR	Strojopromet	50
14	Pločica	6		S235JR	Ø30x80x5	0,1
13	Čahura užnice 2	6		S235JR	Ø45/Ø52x11	0,15
12	Užnica	3		S355JR	Ø85/Ø180x46	0,3
11	Kuglični ležaj užnice	3			SKF	0,44
10	Velika čahura užnice	3		S235JR	Ø40/Ø45x64	0,15
9	Završetak za prihvat užeta	1	DIN 3065			3
8	Sklop ručke za dizanje	1			Gebuwin	29
7	Ploča 2	1		S355JR	Ø1500x40	11
6	Ploča 1	1		S355JR	Ø1500x40	11
5	Prirubnica 3	1		S355JR	Ø220/Ø500x80	50
4	Prirubnica 2	1		S355JR	Ø215/Ø420x74	44
3	Uže	1		8HRN CH1072-VJ-cv 1570 sZ-nrp		8,5
2	Šavna cijev 2	1		S23JRG2	Ø263/Ø2730x1900	66
1	Šavna cijev zavarena s prirubnicom	1	TB-01-00-02	S23JRG2	420x1620	52

Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime
	Projektirao	20.9.2018.	Tina Beneti
	Razradio	20.9.2018.	Tina Beneti
	Crtao	20.9.2018.	Tina Beneti
	Pregledao		prof.dr.sc. Zvonko Herold

Potpis

FSB Zagreb

ISO - tolerancije		
Ø40H7/r6	+0,009	-0,050
Ø20H7/e8	+0,006	+0,028
Ø360H7/j6	+0,075	-0,018
Ø15H7/m6	+0,06	-0,023
Ø87H7/m6	+0,012	-0,045
Ø225H7/j6	+0,059	-0,016

Objekt:

Napomena:

Materijal: | Masa: 1100kg

Mjerilo originala 1:20

Naziv: Konzolni dohvatnik

Pozicija:

Format: A1

Listova:

List:

Crtež broj: TB-01-00-01

Objekt broj:

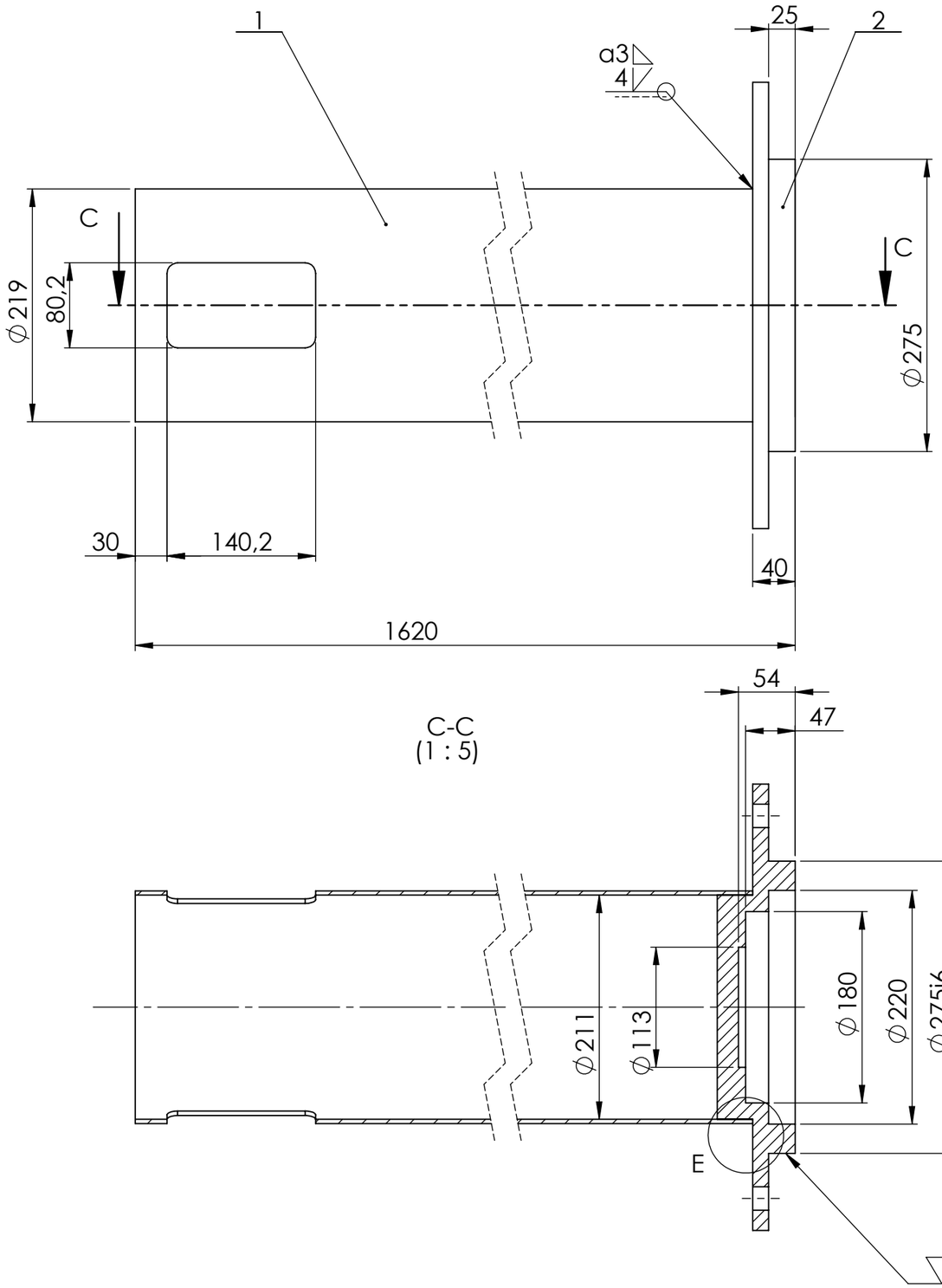
R. N. broj:

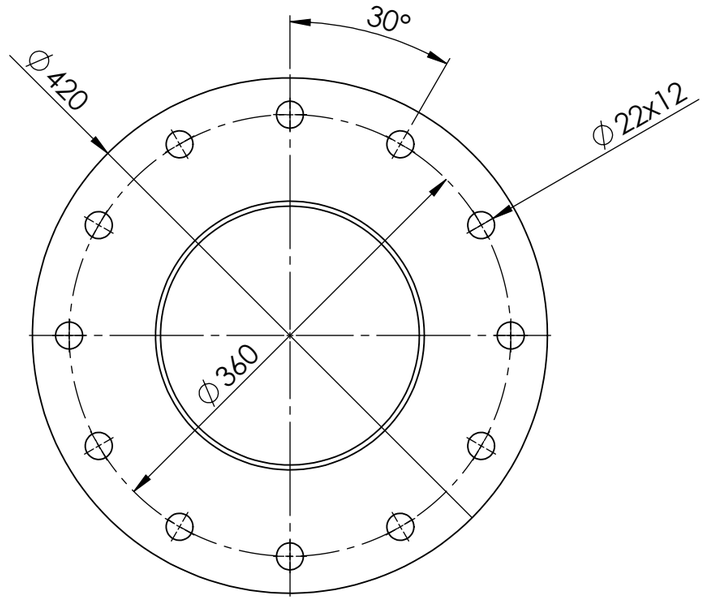
Kopija

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90

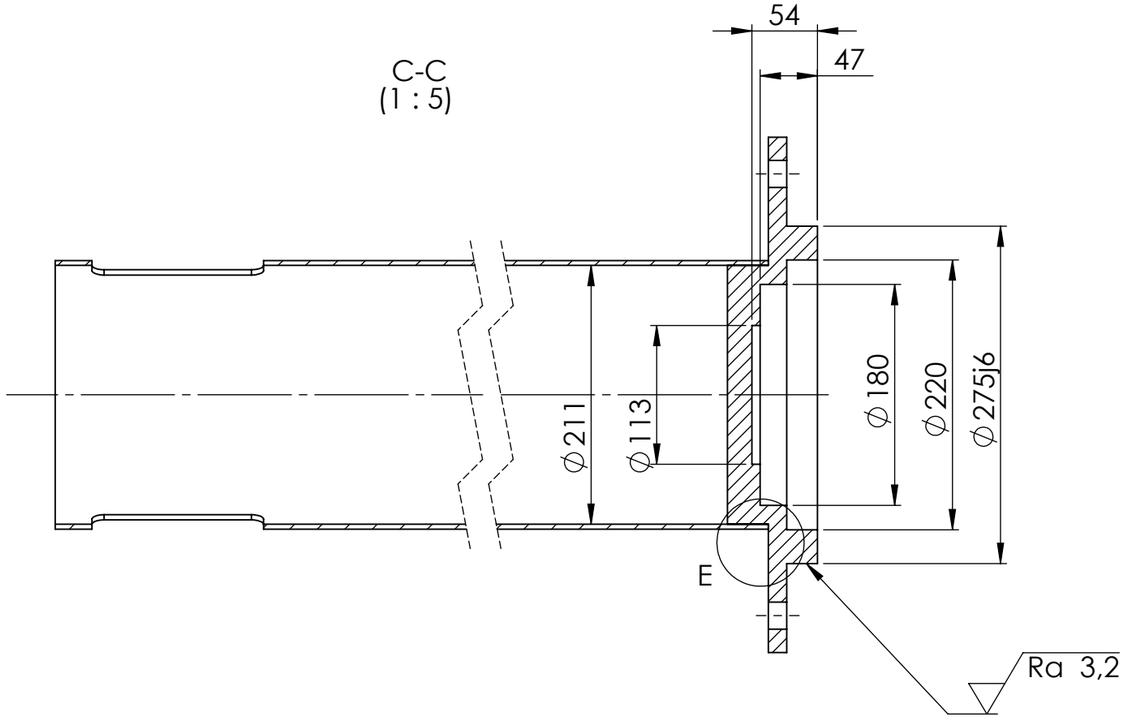
SOLIDWORKS Educational Edition.
For Instructional Use Only.

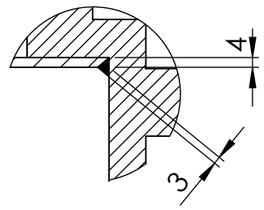
Design by CADLab





E(2 : 5)





Ra 1,6

Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj	Materijal	Sirove dimenzije	Masa
2	Prirubnica 1	1		S355JR	ϕ420x54	12
1	Šavna cijev	1		S355JRG2	ϕ211/ϕ219x1600	40

Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis
	Projektirao		Tina Beneti	
	Razradio		Tina Beneti	
	Crtao		Tina Beneti	
	Pregledao		prof.dr.sc. Zvonko Herold	
	Mentor			

FSB Zagreb

ISO - tolerancije		Objekt:	Objekt broj:
ϕ275 j6	+0,016 / -0,016		R. N. broj:

Napomena:		Kopija
Materijal:	Masa: 52kg	
Mjerilo originala 1:5	Naziv: Gornji stup	Pozicija:
Crtež broj: TB-01-00-02		Format: A3
		Listova:
		List:

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

Design by CADLab