



ZAVRŠNO IZVJEŠĆE **o studentskoj praksi**

Student: Dominik Peša
Matični broj studenta: 0069039200
Studijska godina: 2010-2011
Modul: Kompiuterska analiza konstrukcija i strojeva

Ime akademskoga mentora: doc.dr.sc. Zoran Jurković
Ime industrijskoga mentora: dipl. ing. Dragomir Fatuta

Mali Lošinj, 2011.



SADRŽAJ:

1.	OPĆE INFORMACIJE	3
2.	UVOD	4
3.	CILJEVI PSP (PROGRAM STRUČNE PRAKSE) I METODOLOGIJA	7
4.	OPIS POSLA	9
	4.1. Modeliranje konstrukcije	9
5.	REZULTATI	20
	5.1. Opterećenje uslijed vlastite težine konstrukcije	20
	5.2. Opterećenje zbog mehanizma podizanja tereta i pojedinih sklopova.....	20
	5.3. Opterećenje uslijed težine pokretnog tereta	21
	5.4. Opterećenje zbog inercijalnih sila	21
	5.5. Provjera nosivosti kрана dizalice	23
6.	SPOREDNI POSLOVI	27
7.	REFERENCE	30
8.	ZAKLJUČAK	31

Student: Dominik Peša
e-mail: dpesa@riteh.hr
tel.: 099 813 4700



1. Opće informacije

Student			
Ime studenta: Dominik Peša		Studijska razina: Diplomski	
Matični broj: 0069039200	Adresa e-pošte: dpesa@riteh.hr		Telefon: 0998134700
Razdoblje prakse	Od: 18.7.2011.	Do: 5.8.2011.	Broj sati: 120
Akademska institucija			
Sveučilište: Sveučilište u Rijeci			
Fakultet: Tehnički fakultet			
Adresa: Vukovarska 58		Grad: Rijeka	
Ime akademskoga mentora: Zoran Jurković		Pozicija: docent	
Adresa e-pošte: zoran.jurkovic@riteh.hr		Broj telefona: 051/651 466	
Poduzeće/institucija u kojem se ostvaruje praksa			
Ime: LP-Brodogradilište d.o.o.			
URL:			
Adresa: Lošinjskih brodograditelja bb		Grad: Mali Lošinj	
Ime industrijskoga mentora: Dragomir Fatuta		Pozicija: diplomirani inženjer strojarstva	
Adresa e-pošte: lpbgd-technical@rti.t-com.hr		Broj telefona: 051/750 211	



2. Uvod

Industrijsku praksu u trajanju od 15 radnih dana ili 120 sati obavljao sam u Brodogradilištu Lošinjske plovidbe, ulica Lošinjskih brodograditelja bb na tehnološkom odjelu. Stručnu praksu sam obavljao od 18.7.2011 do 5.8.2011. Budući da već drugi put izvršavam stručnu praksu u ovom poduzeću djelatnici i mentor su me, poznavajući me, toplo dočekali i dodijelili mi mjesto sa vlastitim stolom i računalom u tehničkom uredu gdje sam proveo puno vremena izvršavajući zadatak koji mi je kasnije dodijeljen.

Lošinjsko brodogradilište osnovano je 1850. godine na mjestu današnjeg brodogradilišta te su uz velike uspjehe, ali i poteškoće održalo sve do danas. Iako se danas bavi isključivo popravkom i remontom brodova u davnoj prošlosti je Lošinjsko brodogradilište bilo jedno od najutjecajnih na Jadranu. Razdoblje druge polovice 19. st. do Prvog svjetskog rata bilo je zlatno razdoblje lošinjske brodogradnje kada se grade drveni jedrenjaci, a kasnije i parobrodi, pa je tako 1883. Izgrađen prvi parobrod u Lošinju imena "Flink". Najtamnije razdoblje lošinjske brodogradnje je u međuratnom razdoblju kada se gradi samo par manjih plovila. Godine 1941. brodogradilište kupuje dioničarsko društvo iz Genove i tada počinje novi procvat brodogradnje u Malom Lošinju. Grade se čelični brodovi do 1500 tona, drveni brodovi do 700 tona, jedrilice, plastični sportski čamci, ribarice... Nova stranica u razvoju lošinjskog brodogradilišta otvara se 1973. godine spajanjem sa " Lošinjskom plovidbom " u čijem je sastavu i danas.

Lošinjsko brodogradilište danas zapošljava 130 radnika, 30 stalnih kooperanata i još nekoliko povremenih kooperanata. Brodogradilište isporučuje sve dijelove za novogradnje i već izvedene konstrukcije te pruža uslugu remonta i preinaka na svim vrstama brodova. Dužina operativne obale brodogradilišta je 600 m, a na njoj se nalaze dvije dizalice nosivosti 8 i 10 tona. Dubina mora na operativnoj obali je 10 m pa se mogu izvršavati radovi i kad je brod pod teretom.

U sklopu brodogradilišta djeluju sljedeći odjeli i radionice:

1.) Komercijala:

- a) tehnološki odjel
- b) odjel prodaje
- c) planiranje i unapređenje proizvodnje
- d) skladište

2.) Proizvodnja:

- a) mehaničarska radionica
- b) bravarska i tokarska radionica



- c) cjevarska radionica
- d) stolarska radionica
- e) obrada limova profila i odjel za zavarivanje
- f) odjel za dokovanje i kopneni transport

3.) Tehnički i projektni odjel

4.) Održavanje i opskrba

5.) Zaštita na radu i protupožarna zaštita

6.) Opći poslovi

U sklopu brodogradilišta nalazi se i plutajući dok koji može primiti brodove dužine do 160 m, širine do 28 m i težine do 15000 t. Dok je opremljen s dvije dizalice nosivosti 6 t i 8 t, komprimiranim zrakom, uređajima za pranje podvodnog dijela broda pomoću mlaza pod visokim tlakom i uređajima za pjeskarenje. Kako je ovo remontno brodogradilište dok je njegov najbitniji dio pa će na kraju ovog izvješća biti ukratko pojašnjen postupak dokovanja i tehničke karakteristike doka. Na obali brodogradilišta smještena je uprava te uredi u kojima sam obavljao velik dio posla. Računala su adekvatno opremljena inženjerskim software-ima za crtanje i modeliranje (AutoCAD 2011), računanje i programiranje Matlab, brodograđevnim software-ima te programima za detaljno praćenje vremena, a posebice morskih mjena, što je od izuzetne važnosti prilikom dokovanja. Odmah pored upravne zgrade nalaze se dvije velike radne hale. Jedna je mehanička radionica u kojoj su smješteni svi uređaji za obradu odvajanjem čestica (tokarilice, glodalice, bušilice...), termičku obradu (peći), skladište alata i još mnogi strojevi. Druga je radionica namijenjena teškoj obradi i montaži, pa je stoga opremljena s 3 mostne dizalice. U sklopu brodogradilišta još se nalaze pjeskarnica, ured za antikorozijsku zaštitu, kompresorske stanice i skladišta što je pregledno prikazano na *slici 2.1*.

Ovako funkcionira brodogradilište u Malom Lošinj sa svim svojim kapacitetima. U prosjeku se godišnje dokuje oko 30 brodova. Iako se danas bavi samo remontom i popravkom brodova te se ne može mjeriti s brodogradilištima poput 3. Maja ili Uljanika, ono je jedno od rijetkih brodogradilišta i poduzeća u Hrvatskoj uopće koje od svog osnutka posluje bez dugova te ima stalne kooperante i surađuje sa inozemnim brodograditeljima.



3. Ciljevi PSP-a (Program studentske prakse) i metodologija

Kako sam u ovom poduzeću prije dvije godine obavljao prvu stručnu praksu, već sam bio upoznat s najbitnijim poslovima i metodama rada u LP-brodogradilištu. U vremenu obavljanja stručne prakse radilo se na popravku riječnog broda modificiranog za plovidbu po Jadranu. Izrađivala se nova brodska osovina (brodski vijak), izrađivale su se nove brončane košuljice koje su se montirale na osovinu, novi aksijalni ležajevi, provjeravala centričnost ležajeva te se naposljetku sve to montiralo na brod. Mnoge od tih postupaka izrade i montaže pratio sam na licu mjesta, no ovaj postupak sam već detaljno obradio prilikom odrađivanja Stručne prakse 1. Stoga mi je mentor dipl. ing. Dragomir Fatuta predložio da za to vrijeme radim na nešto kompliciranijem zadatku kojeg sam ja objeručke prihvatio.

Naime, kako sam na diplomskom studiju upisao smjer Kompjuterske analize konstrukcija i strojeva dobro sam upoznat sa proračunima i dimenzioniranjima konstrukcija poput dizalica, pa sam na Stručnoj praksi 2 dobio upravo taj zadatak. Na obali brodogradilišta nalazi se portalna okretna dizalica nosivosti 10 tona koja je, međutim, vrlo zastarjela konstrukcija, prvotno spajana zakovičnim spojevima, a zatim često popravljana, modificirana na zavarene spojeve te su se čak mijenjali profili pojedinih elemenata konstrukcije. Zadnji proračun čvrstoće i nosivosti dizalice proveden je upravo na Tehničkom fakultetu davne 1994. godine. Od tada su na dizalici, posebice na kranu, napravljene mnoge preinake, mijenjani su profili, pa je moj zadatak bio napraviti novi proračun nosivosti dizalice te provjeriti kritične presjeka i elemente na kojima se javljaju najveća naprezanja te tako ukazati na eventualne propuste i probleme u sigurnosti ukoliko postoje. Osnovna želja mog mentora bila je ta da uspijem dobiti dijagrame raspodjele opterećenja na pojedinim elementima kрана dizalice koji bi kasnije bili od velike koristi prilikom eventualnih daljih popravaka dizalice.

Dizalica spada u tip portalnih okretnih dizalica. Konstrukcija dizalice je rešetkasta iz valjanih profila a tehničke karakteristike su joj sljedeće:

Nazivna nosivost	100/50 kN na 9,7-18/36,7 m
Visina dizanja	26,3 m
Brzina dizanja tereta	14/28 m/min
Brzina vožnje voznog vitla	55 m/min
Brzina vožnje dizalice	32 m/min
Brzina okretanja dizalice	0,5 okr/min

Tablica 3.1: Tehničke karakteristike dizalice

Vožnja dizalice vrši se po kolosijeku na operativnoj obali brodogradilišta. Upravljanje dizalicom vrši se s kabine dizaličara na okretnom postolju grane. Dizalica je sastavljena iz donjeg postolja (stup), okretišta i dohvatnika (kрана). Okretni dio dizalice vezan je s donjim dijelom pomoću okretnice s kružnom tračnicom, dok se gornji dio dizalice s okretnicom oslanja preko kotača na kružnu tračnicu pričvršćenu na donjem postolju dizalice. Centralni stožer služi za prihvaćanje horizontalnih sila. Na dohvatniku portalne okretne dizalice postavljene su staze za vozno vitlo po kojima se vozno vitlo horizontalno kreće u sistemu manipulacije s teretom. Sistem omogućava vodoravno pomicanje

pomicanje tereta pri promjeni dosega kuta. Donje postolje izgrađeno je kao portal. Nosiva čelična konstrukcija donjeg postolja portalne okretne dizalice sastavljena je iz četiri osnovna nosača povezana elementima za ukrućenje konstrukcije.

Čeličnu konstrukciju portalne okretne dizalice moguće je diskretizirati na dva neovisna sistema, sistem kрана i sistem stupa. Kako je kran najopterećeniji dio dizalice i kako se upravo na njemu za vrijeme izvršavanja moje prakse radili određeni popravci i preinake profila u daljem će tekstu biti proveden samo proračun nosivosti kрана. Kran dizalice za vrijeme popravka prikazan je na *slici 3.1*.



Slika 3.1: Obalna portalna dizalica LP-brodogradilišta za vrijeme popravka

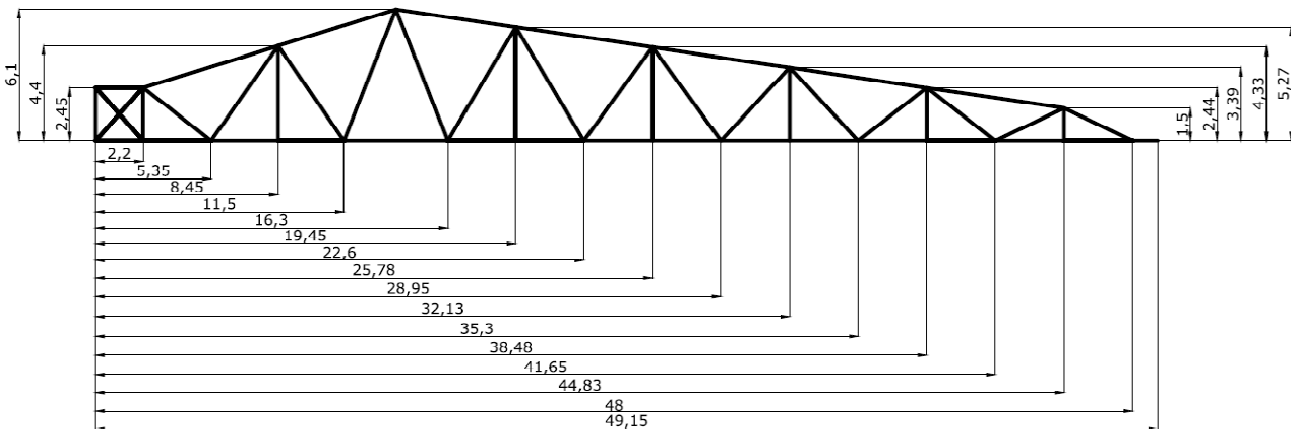
4. Opis posla

Kran dizalice rešetkasta je konstrukcija s velikim brojem konstrukcijskih elemenata. Konstrukcija se sama po sebi više puta statički neodređena i vrlo komplicirana, pa se postavljanjem statičkih uvjeta ravnoteže i uvjeta čvrstoće i krutosti ne može riješiti ovakav problem zbog ogromnog broja jednadžbi kojih bi trebalo postaviti. Stoga se u ovakvim slučajevima treba koristiti metodom konačnih elemenata pomoću koje će se svaki element rešetkaste konstrukcije diskretizirati kao zasebni gredni konačni element za kojeg će poznavanjem njegove matrice krutosti odrediti sile i pomaci za svaki pojedini konačni element.

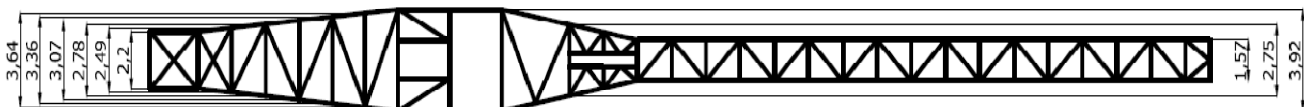
Stoga je za proračun nosivosti potrebno koristiti specijalizirani računalni software za analizu konstrukcija pomoću konačnih elemenata. Pri izradi ovog zadatka koristio sam se računalnim programom MASTAN 2v3 koji je vrlo jednostavan i usko specijaliziran program koji koristi konačne elementa za analizu ravninskih i prostornih rešetkastih konstrukcija. Ovakvu konstrukciju je, radi simetrije, moguće diskretizirati kao ravninski rešetkasti nosač, što će na početku proračuna biti učinjeno. Kasnije će konstrukcija biti proširena u trodimenzionalni prostor sa pripadnim stvarnim veličinama ne bi li se dobili što realniji i vjerniji podaci.

4.1. Modeliranje konstrukcije

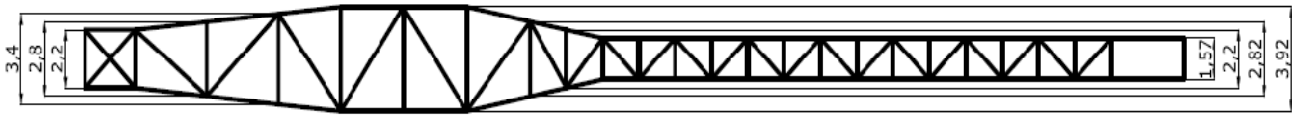
Na početku je konstrukciju potrebno modelirati kao prostornu rešetku pretpostavivši da su štapovi u čvorovima zglobno vezani.



Slika 4.1: Dimenzije kрана dizalice (bokocrt)

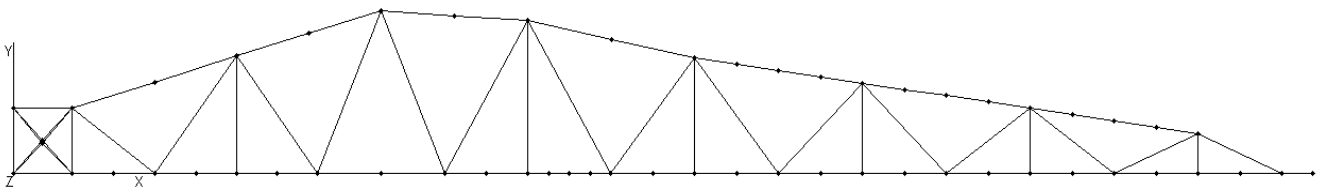


Slika 4.2: Dimenzije kрана dizalice (tlocrt-donji dio)

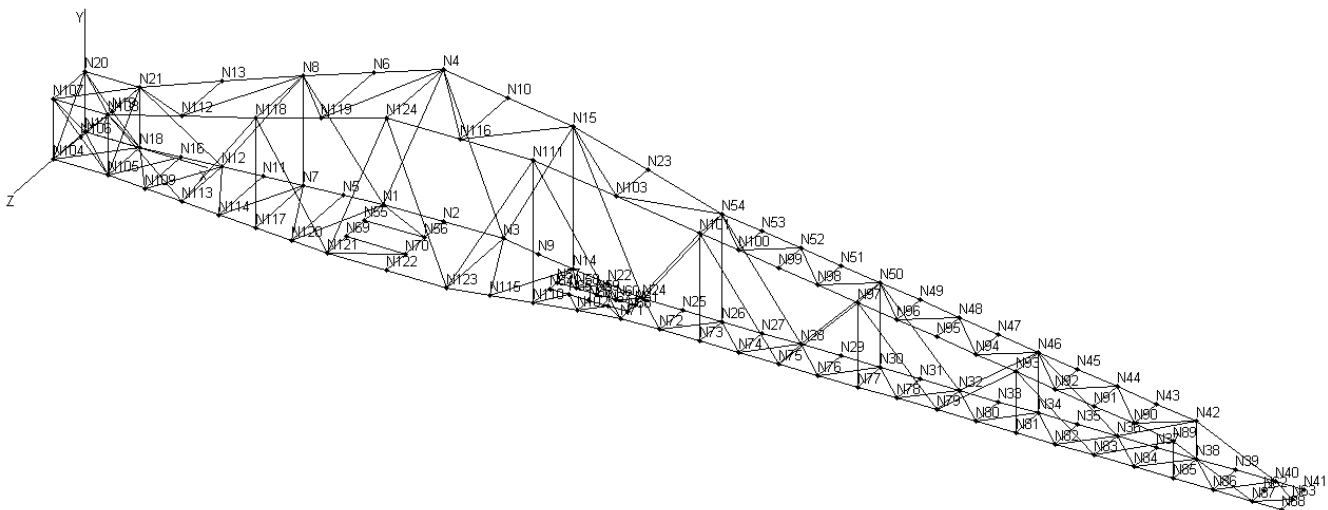


Slika 4.3: Dimenzije kрана dizalice (tlocrt- gornji dio)

Na osnovi prikazane geometrije diskretiziranog kрана dizalice potrebno je tu geometriju unijeti u program MASTAN 2v3. To se radi tako da se odrede koordinate čvorova te se na početku nacrtaju svi čvorovi. Nakon toga se ti čvorovi pospajaju konačnim elementima i na taj način dobije se geometrija kрана dizalice. Najprije se modelirao ravninski diskretizirani oblik (slika 4.1), a nakon toga se zrcalio i dobio se prostorni prikaz kрана dizalice kao što je prikazano na nadolazećim slikama. Pritom je u prikazana isključivo geometrija konstrukcije bez naznaka renih brojeva elemenata i čvorova kako se nebi izgubilo na preglednosti. Svaki element ravninskog prikaza će kasnije posebno biti numeriran i opisan.



Slika 4.4: Geometrija ravninskog prikaza kрана u MASTAN 2v3



Slika 4.5: Geometrija prostornog prikaza kрана u MASTAN 2v3

Prilikom modeliranja i unošenja podataka u program Mastan 2v3 od izuzetne je važnosti dobro obratiti pažnju na mjerne jedinice. Tako je koordinate čvorova potrebno unijeti u metrima, a sve ostale veličine također je potrebno unijeti u skladnim mjernim jedinicama, primjerice modul elastičnosti E u N/m^2 , momente inercije I_x, I_y i I_p poprečnih presjeka u m^4 i slično.

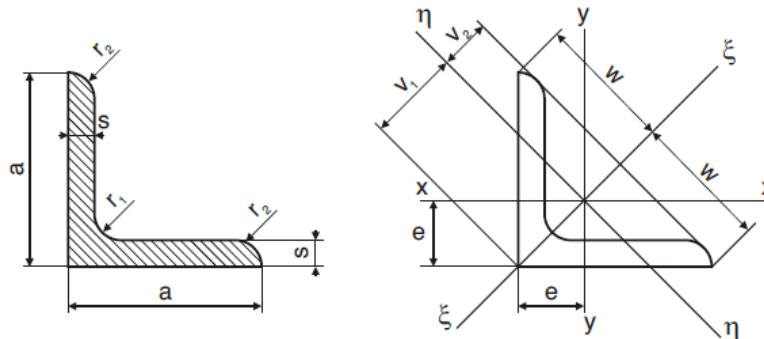
Nakon izrade geometrije kрана dizalice potrebno je svakom konačnom elementu pridodati pripadne karakteristike (*properties*). Tu spada definiranje materijala pojedinog konačnog element i njegovih profila poprečnih presjeka. Budući da je cijela dizalica izgrađena od konstrukcijskog čelika Č0361 materijal možemo jednostavno pridodati cijeloj konstrukciji odabirom opcije *Properties/Define material* gdje odaberemo sve elemente sa *Select all* te unesemo vrijenosti modula elastičnosti E , Poissonovog broja ν i specifičnu težinu $Wt. Density$.

Materijal dizalice	Č0361
Modul elastičnosti, E	210 GPa
Modul smicanja, G	80 GPa
Granica tečenja, σ_T	220 MPa
Vlačna čvrstoća, σ_M	370 MPa
Poissonov broj, ν	0,3
Specifična težina	78500

Tablica 4.1: Svojstva materijala dizalice prema HRN C.B0.501

Sljedeći dio zadatka je ujedno i najzahtjevniji prilikom modeliranja problema u programskom paketu Mastan 2v3, a to je definiranje svojstava korištenih profila poprečnih presjeka. Kako je kran dizalice često popravljani i modificirani sastoji se od velikog broja raznih profila koji vrlo često nisu ni standardni, već se sastoji od dva tipa međusobno zavarenih profila tvoreći sasvim novu cjelinu. Stoga je potrebno za svaki profil odrediti njegovu površinu poprečnog presjeka te aksijalne i torzijski moment inercije. Kran dizalice sastavljen je od sljedećih profila:

Kutni L-profil:



Slika 4.6: Kutni L-profil (HRN C.B3.101.)

Kutni L-profil: 65 x 65 x 7

$$A = 870 \text{ mm}^2$$

$$I_x = I_y = 33,4 \text{ cm}^4$$

$$I_p = I_x + I_y = 66,8 \text{ cm}^4$$



Kutni L-profil: 70 x 70 x 7

$$A = 940 \text{ mm}^2$$

$$I_x = I_y = 42,4 \text{ cm}^4$$

$$I_p = I_x + I_y = 85,4 \text{ cm}^4$$

Kutni L-profil: 75 x 75 x 7

$$A = 1150 \text{ mm}^2$$

$$I_x = I_y = 58,9 \text{ cm}^4$$

$$I_p = I_x + I_y = 117,8 \text{ cm}^4$$

Kutni L-profil: 80 x 80 x 8

$$A = 1230 \text{ mm}^2$$

$$I_x = I_y = 72,3 \text{ cm}^4$$

$$I_p = I_x + I_y = 144,6 \text{ cm}^4$$

Kutni L-profil: 90 x 90 x 9

$$A = 1550 \text{ mm}^2$$

$$I_x = I_y = 116 \text{ cm}^4$$

$$I_p = I_x + I_y = 232 \text{ cm}^4$$

Kutni L-profil: 100 x 100 x 10

$$A = 1920 \text{ mm}^2$$

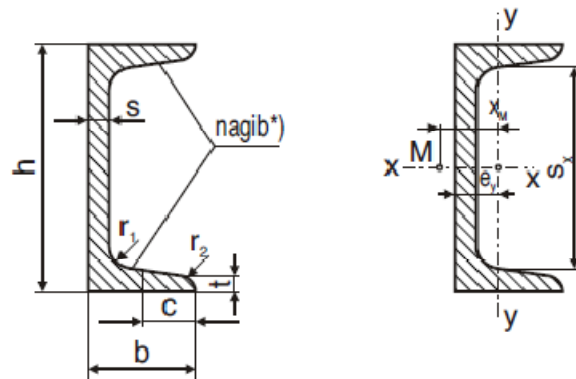
$$I_x = I_y = 177 \text{ cm}^4$$

$$I_p = I_x + I_y = 354 \text{ cm}^4$$

Prethodno navedene veličine očitane su iz tablica geometrijskih karakteristika kutnih L-profila, dok su polarni momenti, s obzirom na težište profila izračunati prema izrazu:

$$I_p = I_x + I_y \quad (4.1)$$

U – profili:



Slika 4.7: U-profil (HRN C.B3.141.)

U-profil: NPU 240 x 85

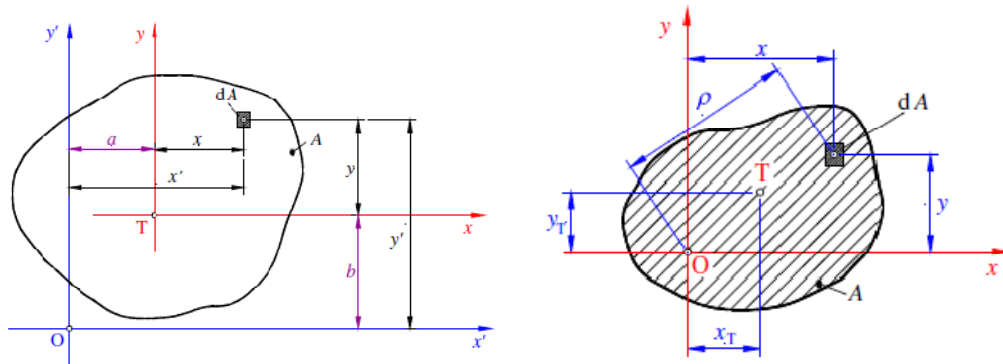
$$A = 4230 \text{ mm}^2$$

$$I_x = 3600 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 248 \text{ cm}^4$$

$$I_p = I_x + I_y = 3848 \text{ cm}^4$$

Ostali su profil složeni iz dvaju istih ili različitih profila pa će se za određivanje njihovih geometrijskih karakteristika biti potrebno koristiti Steinerovim teoremom:



$$I_x' = I_x + b^2 A = I_x^{vl} + I_x^{pol} \quad (4.2)$$

$$I_y' = I_y + y^2 A = I_y^{vl} + I_y^{pol} \quad (4.3)$$

$$I_x' = \sum_{i=1}^n I_x^{vl} + I_x^{pol} \quad (4.4)$$

$$I_y' = \sum_{i=1}^n I_y^{vl} + I_y^{pol} \quad (4.5)$$

Za definiranje aksijalnog momenta inercije treba odrediti položaj novih težišnih osi, za što je potrebno izračunati njihove koordinate. Prema danom izrazu one su:

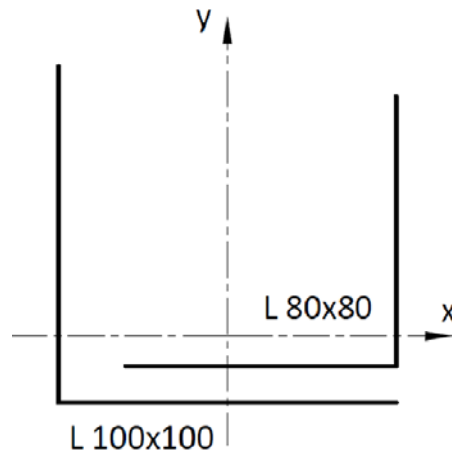
$$x_t = \frac{\sum_{i=1}^n x_{ii} \cdot A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad y_t = \frac{\sum_{i=1}^n y_{ii} \cdot A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (4.6)$$

Na bazi izloženog izračunate su geometrijske karakteristike složenih profila.

Profil: L 100 x 100 + L 80 x 80

Osnovni elementi: - profil L 100 x 100 x 10 (HRN C.B3.101.)

- profil L 80 x 80 x 8 (HRN C.B3.101.)



Slika 4.8: Profil L 100 x 100 + L 80 x 80

Površina poprečnog presjeka:

$$A = 1230 + 1920 = 3150 \text{ mm}^2 \quad (4.7)$$

Koordinate težišta:

$$x_T = \frac{1230 \cdot 22,6 + 1920 \cdot (100 - 28,2)}{3150} = 52,6 \text{ mm} \quad (4.8)$$

$$y_T = \frac{1230 \cdot (22,6 + 10) + 1920 \cdot 28,2}{3150} = 29,2 \text{ mm} \quad (4.9)$$

Moment inercije:

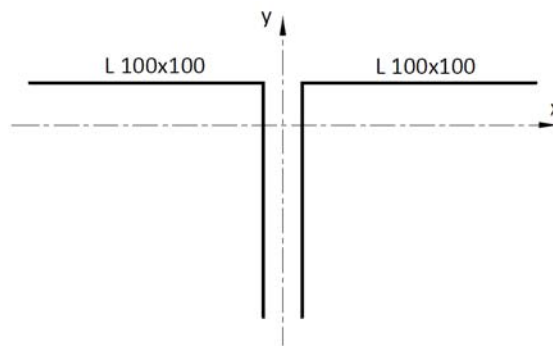
$$I_x = 72,3 + 12,3 \cdot 0,27 + 177 + 19,2 \cdot 0,17 = 250 \text{ cm}^4 \quad (4.10)$$

$$I_y = 72,3 + 12,3 \cdot 3 + 177 + 19,2 \cdot 1,9 = 430 \text{ cm}^4 \quad (4.11)$$

$$I_p = 250 + 430 = 680 \text{ cm}^4 \quad (4.12)$$

Profil: 2 L 100 x 100

Osnovni elementi: - profil L 100 x 100 x 10 (HRN C.B3.101.)



Slika 4.9: Profil 2 L 100 x 100

Površina poprečnog presjeka:

$$A = 2 \cdot 1920 = 3840 \text{ mm}^2 \quad (4.13)$$

Moment inercije:

$$I_x = 2 \cdot 177 + 0 = 354 \text{ cm}^4 \quad (4.14)$$

$$I_y = 2 \cdot 177 + 2 \cdot 19,2 \cdot 2,82 = 659 \text{ cm}^4 \quad (4.15)$$

$$I_p = 354 + 659 = 1013 \text{ cm}^4 \quad (4.16)$$

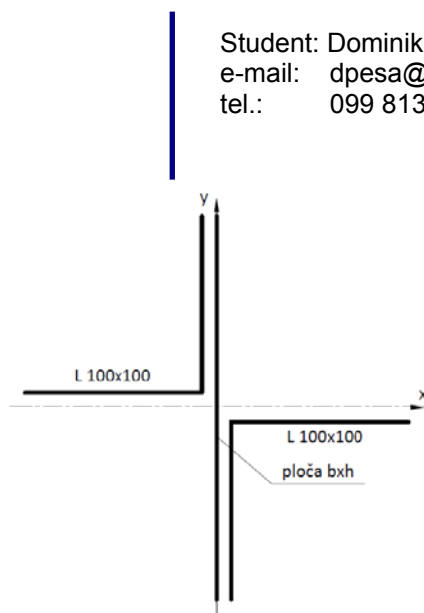
Profil: 2 L 100 x 100

Osnovni elementi: - profil L 100 x 100 x 10 (HRN C.B3.101.)

- ploča h x b = 200 x 10

Površina poprečnog presjeka:

$$A = 2 \cdot 1920 + 2000 = 5840 \text{ mm}^2 \quad (4.17)$$



Slika 4.10: Profil 2 L 100 x 100 sa pločom

Moment inercije:

$$I_x = 2 \cdot 177 + 2 \cdot 19,2 \cdot 2,82 + 666,6 = 1326 \text{ cm}^4 \quad (4.18)$$

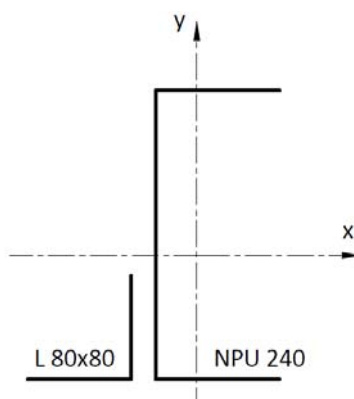
$$I_y = 2 \cdot 177 + 2 \cdot 19,2 \cdot (2,82 + 0,5) + 1,66 = 773 \text{ cm}^4 \quad (4.19)$$

$$I_p = 1326 + 773 = 2099 \text{ cm}^4 \quad (4.20)$$

Profil: NPU 240 + L80

Osnovni elementi: - profil NPU 240 x 85 (HRN C.B3.141.)

- profil L 80 x 80 x8 (HRN C.B3.101.)



Slika 4.11: Profil NPU 240 x 85 + L 80 x 80

Površina poprečnog presjeka:

$$A = 4230 + 1230 = 5460 \text{ mm}^2 \quad (4.21)$$

Koordinate težišta:

$$x_T = \frac{4230 \cdot 102,3 + 1230 \cdot 57,4}{5460} = 92,13 \text{ mm} \quad (4.22)$$

$$y_T = \frac{4230 \cdot 120 + 1230 \cdot 22,6}{5460} = 98,4 \text{ mm} \quad (4.23)$$

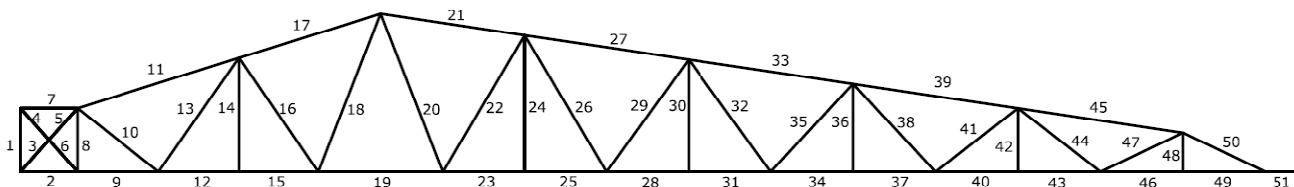
Moment inercije:

$$I_x = 72,3 + 12,3 \cdot 7,58 + 3600 + 37,4 \cdot 2,162 = 4553,8 \text{ cm}^4 \quad (4.24)$$

$$I_y = 72,3 + 12,3 \cdot 3,45 + 248 + 42,3 \cdot 1 = 509 \text{ cm}^4 \quad (4.25)$$

$$I_p = 4553,8 + 509 = 5062,8 \text{ cm}^4 \quad (4.26)$$

Kada su određene geometrijske karakteristike svih korištenih profila može se u programu Mastan 2v3 svakom pojedinom elementu korištenjem opcije *Attach section* pridodati odgovarajući profil. Radi preglednosti će na sljedećoj slici biti numerirani svi elementi ravninskog prikaza kрана dizalice, a u tablici će biti navedena sva geometrijska svojstva pojedinog elementa (korišteni profil, površina poprečnog presjeka, momenti inercije).



Slika 4.12: Numerirani konačni elementi

U narednoj će tablici biti navedeni korišteni profili za elemente prikazane na slici 4.12. Druga strana kрана dizalice je zrcalno simetrična dok se za poprečne elemente na mjestu postavljanja protuutega (elementi 1-8) koristio profil L 65x65. Svi ostali porečni elementi izrađeni su iz valjanih profila NPU 240 x85.

Element	A (cm ²)	I _x (cm ⁴)	I _y (cm ⁴)	Dužina (m)	Profil
1	1550	116	116	2,45	L 90 x 90
2	5460	4553	509	2,2	NPU 240 + L80
3	1550	116	116	1,64	L 90 x 90
4	1550	116	116	1,64	L 90 x 90
5	1550	116	116	2,2	L 90 x 90
6	1550	116	116	1,64	L 90 x 90



Element	A (mm ²)	I _x (cm ⁴)	I _y (cm ⁴)	Dužina (m)	Profil
7	1550	116	116	1,64	L 90 x 90
8	1550	116	116	2,45	L 90 x 90
9	5460	4553	509	3,15	NPU 240 + L80
10	3840	354	659	3,991	2 L 100 x 100 T
11	3840	354	659	6,547	2 L 100 x 100 T
12	5460	4553	509	3,1	NPU 240 + L80
13	1920	177	177	5,382	L 100 x 100
14	1150	58,9	58,9	4,4	L 75 x 75
15	5460	4553	509	3,05	NPU 240 + L80
16	3840	354	659	5,354	2 L 100 x 100
17	3840	354	659	5,709	2 L 100 x 100
18	5840	1326	773	6,555	2 L 100 x 100 + P
19	8460	7200	496	4,8	2 NPU 240
20	5840	1326	773	6,555	2 L 100 x 100 + P
21	3840	354	659	5,611	2 L 100 x 100
22	3840	354	659	6,147	2 L 100 x 100
23	4230	3600	248	3,15	NPU 240
24	940	42,4	42,4	5,278	L 70 x 70
25	4230	3600	248	3,15	NPU 240
26	2770	292	232	6,147	L 100 x 100 + P
27	3840	354	659	6,395	2 L 100 x 100
28	4230	3600	248	3,175	NPU 240
29	2770	292	232	5,372	L 100 x 100 + P
30	1230	72,3	72,3	4,333	L 80 x 80
31	4230	3600	248	3,175	NPU 240
32	1920	177	177	5,732	L 100 x 100
33	3840	354	659	6,42	2 L 100 x 100
34	4230	3600	248	3,175	NPU 240
35	3840	354	659	4,644	2 L 100 x 100
36	1230	72,3	72,3	3,389	L 80 x 80
37	4230	3600	248	3,175	NPU 240
38	1920	177	177	4,644	L 100 x 100
39	3840	354	659	6,420	2 L 100 x 100
40	4230	3600	248	3,175	NPU 240
41	3150	250	430	4,007	L 100 + L80
42	1230	72,3	72,3	2,444	L 80 x 80
43	4230	3600	248	3,175	NPU 240
44	1920	177	177	4,007	L 100 x 100
45	1920	177	177	6,420	L 100 x 100
46	4230	3600	248	3,175	NPU 240
47	3150	250	430	3,511	L 100 + L80

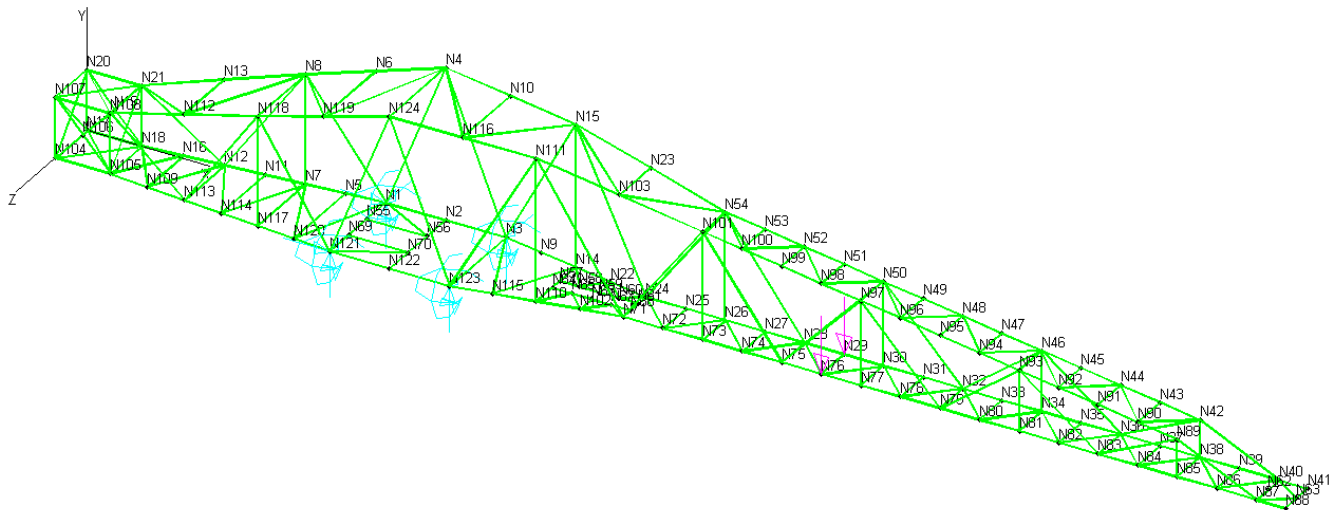
Element	A (cm ²)	I _x (cm ⁴)	I _y (cm ⁴)	Dužina (m)	Profil
48	1230	72,3	72,3	1,5	L 80 x 80
49	4230	3600	248	3,175	NPU 240
50	1920	177	177	3,511	L 100 x 100
51	4230	3600	248	1,15	NPU 240

Tablica 4.2: Geometrijske karakteristike profila pojedinih elemenata kрана dizalice

Zadnji korak modeliranja problema je definiranje oslonaca i opterećenja dizalice. Prilikom izrade ovog koraka koristiti ćemo se opcijom *Conditions/Define fixities* te postaviti nepomične oslonac u čvorovima N1 i N121 (omogućiti samo rotaciju oko z-osi), te pomične oslonce u čvorovima N3 i N123 (omogućiti rotaciju oko z-osi i translaciju po x-osi).

Kako je nominalna nosivost dizalice 50 kN odnosno 100 kN potrebno je opteretiti kran dizalice upravo tim opterećenjem. U ovom ćemo slučaju opteretiti dizalicu opterećenjem od 50 kN na 18 m od njene centralne osi, što je ekvivalent opterećenju od 100 kN na kraju kranske staze, odnosno na udaljenosti od 36,7 m od centralne osi. Prilikom definiranja opterećenja koristimo opciju *Conditions/Define forces*.

Model kрана dizalice sa definiranom geometrijom, osloncima i opterećenjem prikazan je na slici 4.13.



Slika 4.13: Model kрана dizalice s definiranom geometrijom, osloncima i opterećenjem



5. Rezultati

Portalna okretna dizalica u remontnom brodogradilištu Lošinjske polovidbe prema normama HRN M.D1. 020. odgovara drugoj pogonskoj klasi dizalica pa se prema HRN M.D1.050 provode proračuni s obzirom na:

- opterećenje pri normalnom radu dizalice bez vjetra
- opterećenje pri normalnom radu dizalice, s vjetrom najveće snage predviđenim za rad
- izuzetna opterećenja

Za kran portalne dizalice provodi se proračun:

- 1) opterećenje pri normalnom radu dizalice bez vjetra, s teretom od 50 kN na koti 36,7 m ode centralne osi dizalice
- 2) opterećenje pri normalnom radu dizalice bez vjetra, s teretom od 100 kN na koti 18 m od centralne osi dizalice

Ostala dva slučaja opterećenja uzimaju se u obzir kod proračuna stupa, što ne ulazi u domenu ovog zadatka.

Pojedinačno definirana opterećenja koja djeluju na kran dizalice su:

- opterećenje uslijed vlastite težine konstrukcije bez pokretnog tereta
- opterećenje uslijed težine pokretnog tereta u različitim položajima
- opterećenje zbog mehanizma za podizanje tereta i pojedinih sklopova konstrukcije
- opterećenje uslijed inercijalnih sila

5.1 Opterećenje uslijed vlastite težine konstrukcije

Opterećenje zbog vlastite težine elemenata konstrukcije već je integrirano u model samim definiranjem materijala od kojeg su izrađeni elementi i površinama poprečnih presjeka pojedinih profila. Ta dva podatka potrebna su programu da sam odredi opterećenje zbog vlastite težine. Tu bi se moglo još dodati opterećenje zbog elemenata koji spajaju pojedine štapove te bi se ta opterećenja trebala posebno uvoditi na svaki čvor konstrukcije. Kako nam ta opterećenja nisu poznata i kako su znatno manja od opterećenja vlastite težine elemenata kрана u daljnjem će proračunu biti zanemarena.

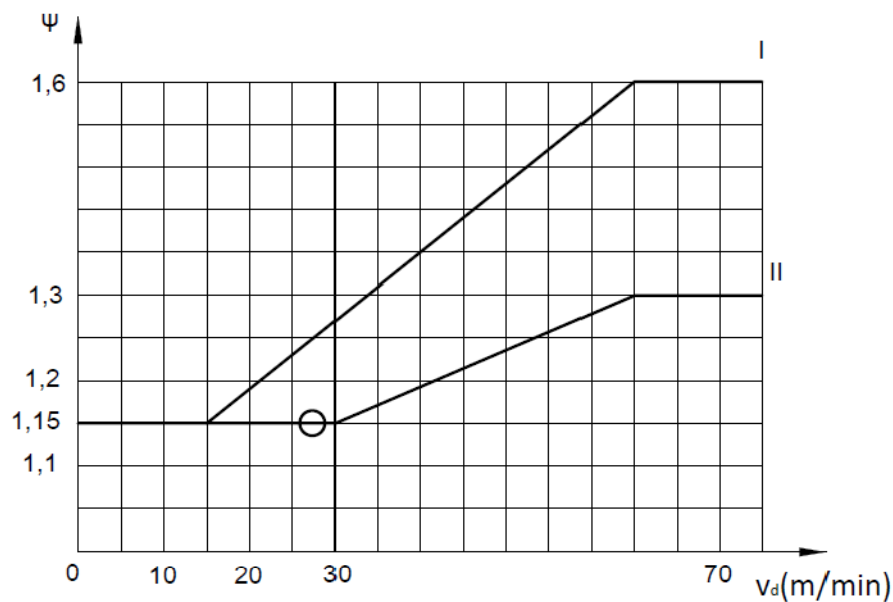
5.2 Opterećenje zbog mehanizma za podizanje tereta i pojedinih sklopova konstrukcije

Ovdje se uzima u obzir opterećenje od protuutega. Kako je ukupna masa protuutega $m=12000$ kg tu masu je potrebno ravnomjerno rasporediti na odgovarajuće čvorove. Stoga, na čvorove N17, N18, N104 i N105 dodajemo opterećenje od 30 kN na svaki čvor.

Nadalje, masa sklopa bubnja od $m=1300$ kg opterećuje element E19 pa je za modeliranje tog opterećenja ta masa raspodijeljena na na čvorove N125 i N126 na koje djeluje sila od 6.5 kN.

5.3 Opterećenje uslijed težine pokretnog tereta

Prethodno je definirana nosivost dizalice od 50/100 kN na udaljenosti od 36,7/18 m od centralne osi, međutim tu nisu uzeti u obzir dinamički koeficijenti kao ni težina sustava voznog vitla s kukom. Da bi se odredilo stvarno opterećenje potrebno je odrediti dinamički koeficijent ψ u zavisnosti od brzine dizanja tereta. Taj koeficijent odredimo očitavanjem iz dijagrama prema HRN M.D1. 050. (slika 6.3.1)



Slika5.3.1: Dijagram za određivanje dinamičkog koeficijenta (HRN M.D1. 050)

Iz dijagrama očitavamo za dizalice klase II:

Brzina dizanja tereta: $v_d = 28,2$ m/min

Dinamički koeficijent: $\psi = 1,15$

Težina voznog vitla s kukom procijenjena je na $m=500$ kg pa će tu težinu još trebati dodati na ukupno opterećenje kрана dizalice.

5.4 Opterećenje uslijed inercijalnih sila

Na osnovi podataka o vremenima ubrzanja i pripadnim brzinama iz *tablice 3.1* izračunata su stvarna ubrzanja dizalice.

Brzina vožnje dizalice: $v = 0,53 \text{ m/s}$
Vrijeme ubrzanja: $t = 7 \text{ s}$
Ubrzanje dizalice: $a = v/t = 0,076 \text{ m/s}^2$

Brzina vožnje voznog vitla: $v = 0,92 \text{ m/s}$
Vrijeme ubrzanja: $t = 5,75 \text{ s}$
Ubrzanje voznog vitla: $a = v/t = 0,16 \text{ m/s}^2$

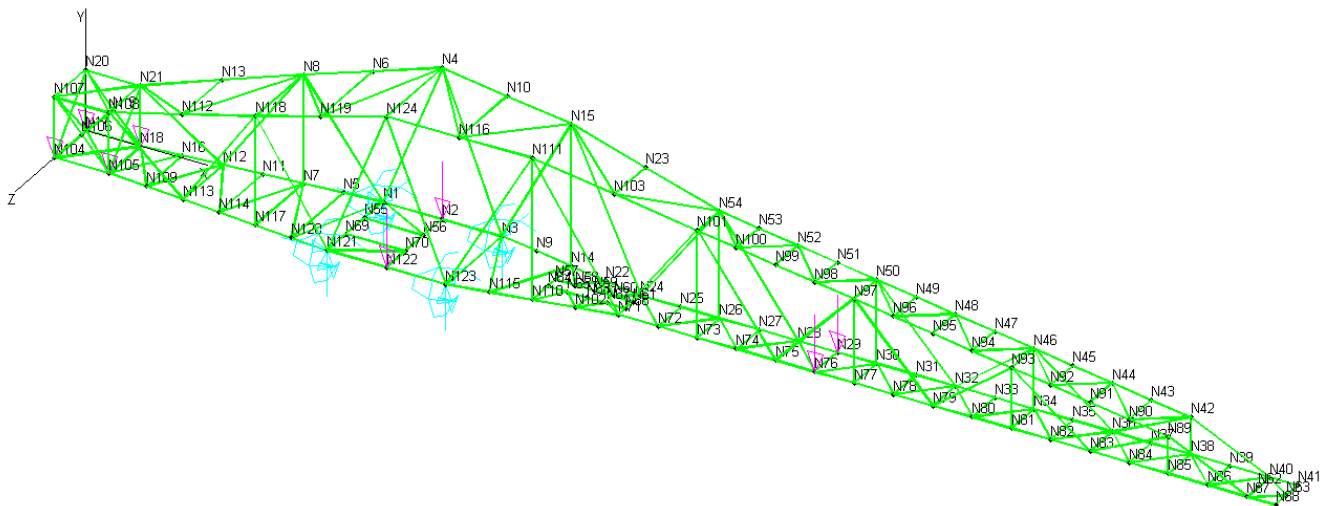
Kutna brzina kрана: $\omega = 0,052 \text{ m/s}$
Vrijeme ubrzanja: $t = 7 \text{ s}$
Kutno ubrzanje kрана: $\varepsilon = \omega/t = 0,0074 \text{ m/s}^2$

Zbog malih vrijednosti ubrzanja opterećenje inercijalnih sila nije potrebno uzeti u obzir.

5.5 Provjera nosivosti kрана dizalice

Sada su definirana sva opterećenja koja djeluju na dizalicu uključujući protutege, težinu bubnja, voznog vitla i dinamičko opterećenje. Dizalicu će se opteretiti njenom nazivnom nosivošću na koti od 18 m od centralne osi opterećenjem od:

$$Q_{ukupno} = Q_{nazivno} \cdot \psi + Q_{vitlo} = 10000 \cdot 1,15 + 5000 = 120000 \text{ N}$$

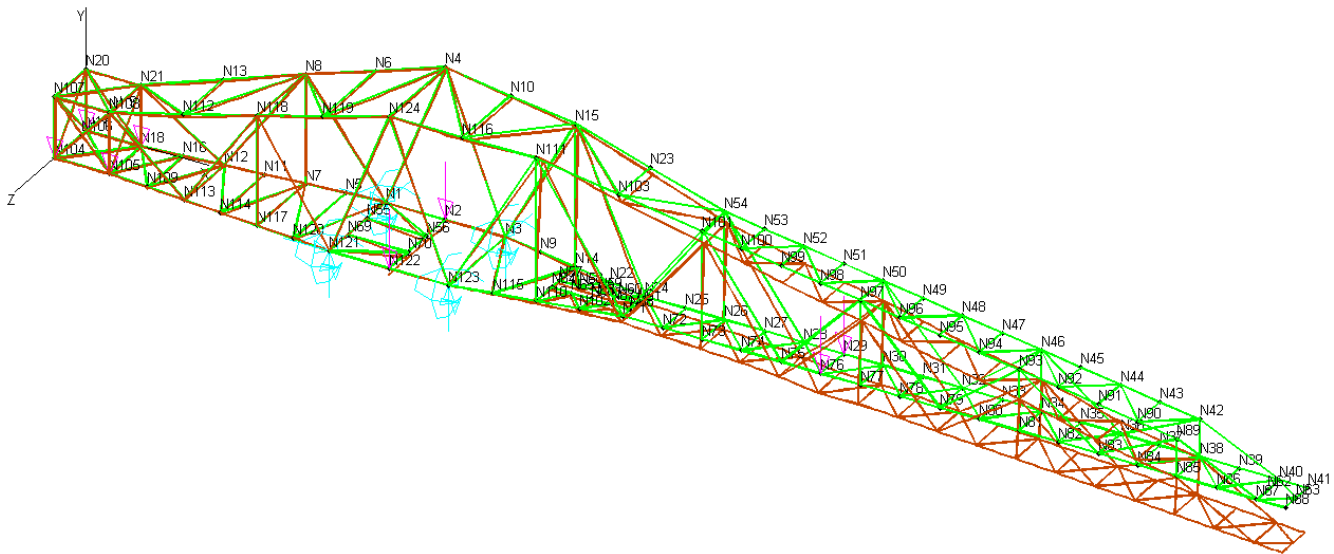


Slika 5.5.1: Opterećeni kran dizalice

Prvo će se provjeriti stabilnost konstrukcije i njeni maksimalni progibi. Stabilnost konstrukcije možemo provjeriti u programskom paketu Mastan 2 provedbom analize *Elastic critical load*. Primjenom te analize dobijemo kao rezultat *Applied load ratio*, odnosno faktor uvećanja opterećenja pri kojem dolazi do gubitka stabilnosti konstrukcije. Drugim riječima, taj faktor predstavlja koeficijent

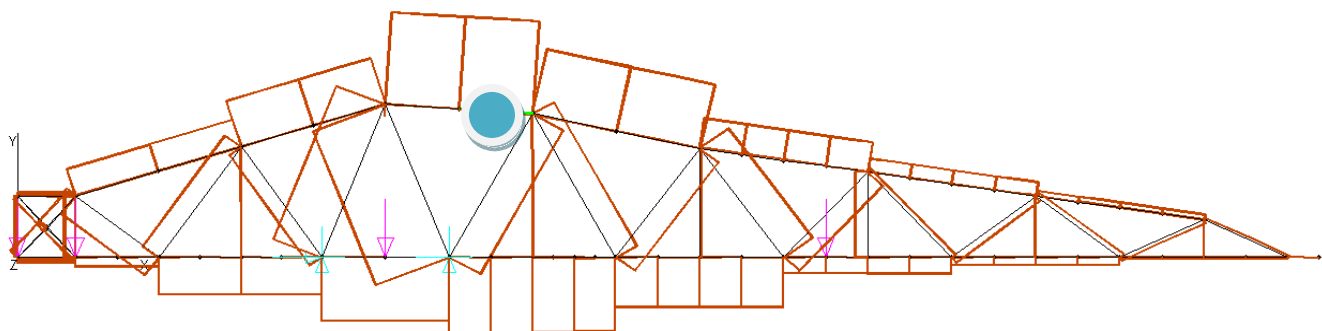
sigurnosti protiv izvijanja. U daljnjem će se dijelu proračun stabilnosti i nosivosti provoditi prema europskim normama za proračun metalnih konstrukcijama, tj. prema EuroCode 3:

- Iz rezultata analize proizlazi da je faktor sigurnosti protiv izvijanja: $\Lambda = 7,4$
- Prema Eurocodu minimalni faktor sigurnosti protiv izvijanja mora biti: $\Lambda_{\min} = 5$
- Uvjet je zadovoljen: $\Lambda \geq \Lambda_{\min}$

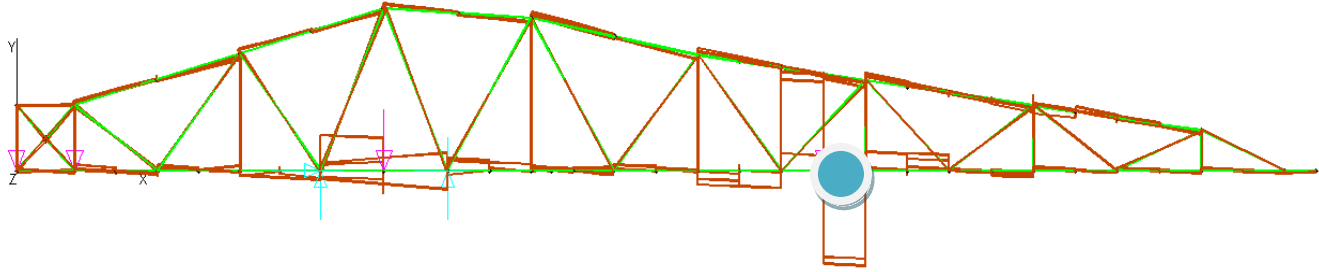


Slika 5.5.2: Deformirani oblik kрана dizalice (M 30:1)

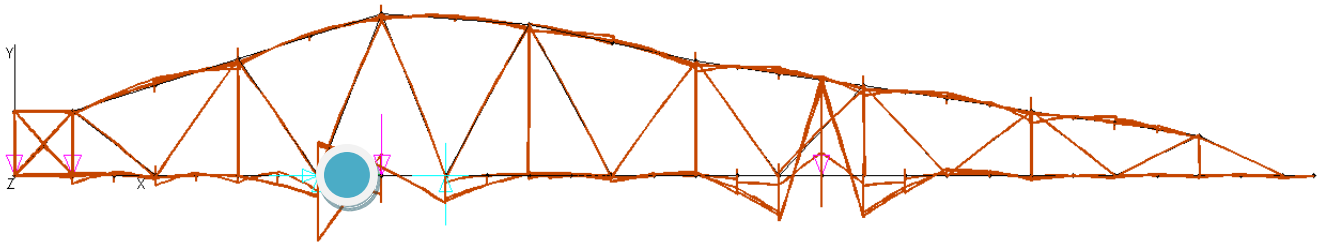
Sada preostaje na osnovi dijagrama uzdužnih, poprečni sila i momentata savijanja provjeriti naprezanja u najopterećenijim elementima kрана. Dijagrami su prikazani na sljedećim slikama, pri čemu je prikazan samo ravninski oblik kрана radi preglednosti.



Slika 5.5.3: Dijagram aksijalnih sila



Slika 5.5.4: Dijagram poprečnih sila



Slika 5.5.5: Dijagram momenata savijanja

Sa plavim kružićima označena su mjesta na kojima se javlja najveće opterećenje.

- Maksimalni moment savijanja (E19): $M_{z, \max} = 32290 \text{ Nm}$
- Maksimalna poprečna sila (E34): $Q_{y, \max} = 30000 \text{ N}$
- Maksimalna aksijalna sila (E21): $N_{x, \max} = 285100 \text{ N}$

Iz dobivenih rezultata vidljivo je da su aksijalne sile znatno veće od poprečnih sila i momenata savijanja, što je i logično, s obzirom da je ovo rešetkasta konstrukcija. Zbog toga će se aksijalno najopterećeniji moment, te ako zadovoljava uvjete očigledno je da će zadovoljiti i uvjete poprečnih sila i momenata savijanja.

Provjera elementa 21 profila 2 L 100 x 100:

Iz (Literatura 4, str. 136-137) odremimo klasu poprečnog presjeka.

- Klasa poprečnog presjeka (2 L 100 x 100, S370, Tlak): **2**

Otpornost poprečnog presjeka na tlak:

Za poprečne presjeke klase 1,2 i 3 vrijedi:

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{Mo}} \quad (6.1)$$

Oznake u izrazu (6.1) predstavljaju:

$N_{c,Rd}$ - računski otpornost poprečnog presjeka izloženog tlačnoj sili

A - površina poprečnog presjeka

f_y - granica popuštanja čelika (granica tečenja)

γ_{Mo} - parcijalni faktor sigurnosti

Parcijalni faktor sigurnosti iznosi:

$$\gamma_{Mo} = \frac{\sigma_T}{\sigma_{dop}} = \frac{220}{145} = 1,52 \quad (6.2)$$

Slijedi da je otpornost poprečnog presjeka na tlak:

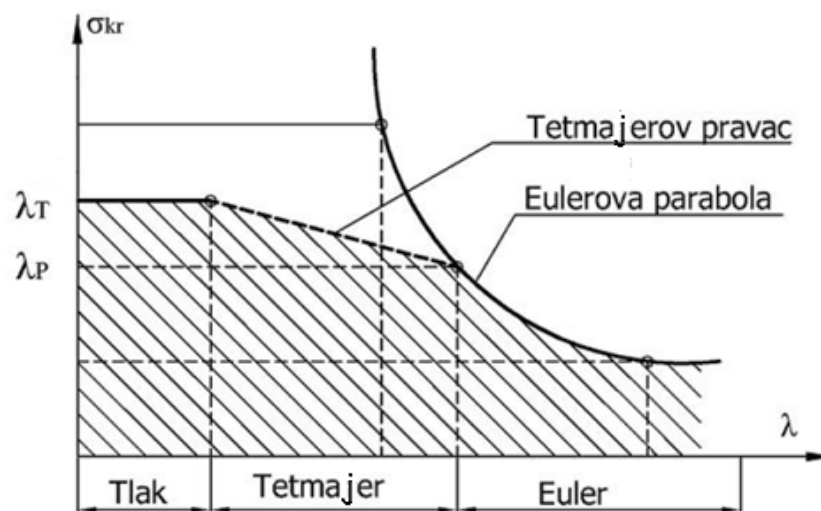
$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{Mo}} = \frac{3840 \cdot 10^{-6} \cdot 370 \cdot 10^6}{1,52} = 935 \text{ kN} \quad (6.3)$$

Najveća tlačna sila na segmentu grede E25 manja je od dopuštene i iznosi:

$$N_{x,max} = 285 \text{ kN} \leq N_{c,Rd} = 935 \text{ kN} \quad (6.4)$$

Otpornost poprečnog presjeka na izvijanje:

Kako bismo mogli izvršiti provjeru na izvijanje potrebno je odrediti vitkosti provjeravanog štapa. Kada odredimo vitkost štapa usporedimo je sa vitkošću na granici proporcionalnosti i na granici tečenja te ovisno o tome da li je vitkost veća ili manja proračunamo štاپ prema Tetmajetovom izrazu, Eulerovom izrazu ili na tlak. Bolje pojašnjenje daje nam sljedeći dijagram ovisnosti naprezanja o vitkosti štapa.



Slika 5.5.6: Ovisnost kritičnog naprezanja o vitkosti štapa

Na slici 6.5.6 je:



σ_{kr} - kritično naprezanje

λ - vitkost štapa

λ_p - vitkost štapa na granici proporcionalnosti

λ_T - vitkost štapa na granici tečenja

Na dijagramu uočavamo tri područja:

1) područje tlaka: $\lambda < \lambda_T$

Štapovi se proračunavaju na tlačnu čvrstoću i izvijanje se ne uzima u obzir.

2) Tetmajerovo područje: $\lambda_T < \lambda < \lambda_p$

Štapovi se proračunavaju na izvijanje pomoću Tetmajerova izraza ili nekog drugog empirijskog izraza.

3) Eulerovo područje: $\lambda > \lambda_p$

Štapovi se proračunavaju na izvijanje pomoću Eulerova izraza.

Nas će u proračunu zanimati isključivo da li je promatrani element opterećen na izvijanje pa ćemo promatrati samo da li je stvarna vitkost veća ili manja od granične vitkosti. Tako ćemo odrediti da li je mjerodavan Eulerov ili Tetmajerov izraz i prema njima ćemo odrediti kritičnu silu izvijanja.

Slobodnu duljinu izvijanja l_0 odredimo prema načinu na koji je štap postavljen. Temeljem objašnjenja i priloženih slika uočavamo da za naš slučaj vrijedi da je štap zglobovno vezana oba kraja.

Kritična duljina izvijanja: $l_0 = l = 5,611 \text{ m}$

Stvarnu vitkost štapa računamo kao:

$$\lambda = \sqrt{\frac{l_0}{i_{\min}}} \quad \begin{array}{l} l_0 - \text{slobodna duljina izvijanja} \\ i_{\min} - \text{minimalni polumjer inercije poprečnog presjeka} \end{array}$$

Sada je potrebno izračunati minimalni polumjer inercije iz izraza:

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{I_{\min}}{A}} = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = \sqrt{\frac{354}{38,4}} = 3,03 \text{ cm} \quad (6.5)$$

Stvarna vitkost štapa:



$$\lambda = \sqrt{\frac{l_0}{i_{\min}}} = \sqrt{\frac{561,1}{3,03}} = 13,6 \quad (6.6)$$

Granična vitkost štapa:

$$\lambda_p = \pi \sqrt{\frac{E}{\sigma_p}} = \pi \sqrt{\frac{2E}{\sigma_T}} = \pi \sqrt{\frac{2 \cdot 210 \cdot 10^9}{220 \cdot 10^6}} = 137,19 \quad (6.7)$$

Pri čemu je: $\sigma_T = \sigma_{0,2} = 220 \text{ N/mm}^2$

Iz dobivenih rezultata uočavamo sljedeće:

$$\lambda < \lambda_p$$

Budući da je stvarna vitkost štapa λ manja od granične vitkosti štapa λ_p provjeru na izvijanje ćemo provesti prema Tetmajerovom izrazu.

Proračun izvijanja prema Tetmajeru:

Tetmajerov izraz za čelik Č 0361:

$$\sigma_{kr} = 310 - 1,14 \lambda = 310 - 1,14 \cdot 13,6 = 294 \text{ MPa} \quad (6.8)$$

$$\sigma_{kr} = \frac{F_{kr}}{A} \rightarrow F_{kr} = \sigma_{kr} A \quad (6.9)$$

$$F_{kr} = \sigma_{kr} A = 294 \cdot 3840 = 1128960 \text{ N} \quad (6.10)$$

Stvarni koeficijent sigurnosti protiv izvijanja iznosi:

$$f_{kr} = \frac{F_{kr}}{F_A} = \frac{1128960}{285100} \approx 4 \quad (6.11)$$

Svi ostali elementi kрана dizalice proračunavaju se na isti način i prema ovom proračunu zadovoljavaju kriterije čvrstoće i kriterije krutosti. Iz priloženih rezultata dobivenih metodom konačnih elemenata uočava se da su najopterećeniji elementi od elementa E17 do E25, tj. elementi oko centralne osi dizalice. Iako svi elementi zadovoljavaju uvjete sigurnosti otpornost elementa E21 na izvijanje, koji je gore provjeren, je na rubu dozvoljenih veličina, pa bi bilo dobro vršiti učestaliju provjeru ili zamijeniti profil nekim veće otpornosti na izvijanje.



6. Sporedni poslovi

Osim modeliranja i provjerene nosivosti dizalice za vrijeme izvršavanja prakse pratio sam i ostala zbiljanja u brodogradilištu. Najbitniji i najspecifičniji dio zadatka kod remona brodova je svakako dokovanje. Prije samog opisa postupka dokovanja navedene su bitne karakteristike lošinjskog doka.

Karakteristike doka:

- Tip doka: Plutajući U-dok, podjeljen u 5 sekcija
- Moć dizanja: 15000 t
- Dužina preko svega: 141,5 m
- Dužina palube: 126,25 m
- Najveća širina: 37,35 m
- Ulazna širina: 28,95 m
- Visina pontona: 4,33 m
- Dužina tornjeva: 111 m
- Visina tornjeva: 10,7 m
- Dužina preko svega na vodenoj liniji: 130 m
- Širina baze tornja: 4,96 m
- Širina palube tornja: 3,35 m
- Max. gaz iznad potklada: 3,35 m
- Nadvone na boku: 2,95 m
- Visina centralnih potkalada: 1,4 m
- Tip i snaga pumpi: centrifugalne, 54 kW/75 KS
- Kapacitet pumpi: 2200 m³/h
- Istisnina: 19370 t

Dokovanje je vrlo delikatan i spor postupak koji se mora izvesti s velikom preciznošću. Prvo se dok mora pripremiti za prijem broda. Na palubi doka nalaze se uzdužno postavljene središnje drvene potklade na kojima brod leži tijekom izvođenja radova. Visina i oblik potklada mogu se prilagoditi veličini i obliku dna broda spomoću posebnih drvenih umetaka. Bočne potklade su na kliznim stazama i mogu se, pomoću manevarskih vitala, regulirati i kad je dok uronjen. Kada su svi uvjeti za primanje broda osigurani kreće se postupkom uronjavanja doka na dubinu koja ovisi o gasu broda. Tijekom moje prakse na doku je već bio brod Sea Giant koji je potpuno identičan brodu Lepanto tako da je prilikom spuštanja doka Sea Giant izašao iz doka a ušao je Lepanto. Dubina uranjanja doka bila je 5 m. Postupak uranjanja je sljedeći. Prije uronjavanja treba provjeriti da su sve komore dobro zabrtvljene i zatvorene, blokirati dizalicu, osigurati električnu energiju i provjeriti pripravnost crpki za nuždu. Procesom dokovanja upravlja jedan čovjek s komandnog mosta koji je ujedno i upravitelj doka. Potapanje doka se vrši tako da se otvaraju ventili usisa morske vode i ventili komora.

Komore se pritome pune morskou vodom. Potapanje doka se može regulirati, tj. da liželimo brže zaranjanje ili sporije, da li ravnomjerno ili neravnomjerno. Dubinu zarona doka možemo u realnom vremenu pratiti na monitoru pomoću 6 sondi na doku. Regulacija se vršitzv. kompartmentacijom tj. otvaranjem i zatvarnjem ventila komora. Dok se mora održavati u horizontalnom položaju, jer je na taj način i opterećenje pravilno raspoređeno. Uranjanje doka traje oko 45 minuta. Pošto je dok zaronio na željenu dubinu usisni ventili se zatvaraju i dok ostaje na toj dubini.



Slika 7.1: Uronjeni dok



Slika 7.2: Radovi na doku

Nakon uronjavanja brod se remorkerom dovede u dok te se pomoću konopa i vitala namješta. Os broda (trim) mora se točno poklopiti sa osi potklada i mora se osigurati ravnoteža. Ovaj postupak se mora izvesti s velikom točnošću. Kada je brod pozicioniran prelazi se na dizanje doka. Otvaraju se izljevni ventili i prazne se komore. To se izvodi polako i pažljivo kako nebi došlo do oštećenje. Dok u Malom Lošinju se izdiže sve dok ponton doka ne izroni na 0.35 m iznad razine mora.



7. Reference

- [1] Traven, F., Miculinić, R.: *Proračun strukture portalne okretne dizalice nosivosti 100/50 kN*, Tehnički fakultet sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 1994.
- [2] Brnić, J., Turkalj, G.: *Nauka o čvrstoći I*, Tehnički fakultet sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2004.
- [3] Džeba, I., Androić, B., Dujmović, D.: *Metalne konstrukcije 3, Brzi proračun prema Eurocode 3, europski, britanski i američki profili, tablice otpornosti presjeka i elemenata*, I.A. Projektiranje d.o.o., Zagreb, 1998.
- [4] Kraut, B., *Strojarski priručnik*, Tehnička knjiga, Zagreb, 1982.



8. Zaključak

Iako Brodogradilište Mali Lošinj nije veliko i moderno industrijsko postrojenje drago mi je da sam upravo u mom gradu odradio i drugu stručnu praksu. U kratkom vremenu od 15 radnih dana puno sam novih stvari naučio. Odradivši ovdje svoju prvu stručnu praksu mnoge sam stvari o načinu funkcioniranja brodogradilišta već znao, no ovog sam puta naučio još štošta novog.

Tijekom prakse bio sam na tehnološkom odjelu tako da nisam puno naučio o samom vođenju tvrtke, nabavci i poslovanju, ali sam zato naučio puno o dijelu strojarstva koji me stvarno zanima, a to je konstruiranje, projektiranje, izrada... Najviše mi se dopalo to što sam radio na provjeri nosivosti portalne dizalice, što ulazi u usku domenu onog čime se bavim na upisanom modulu Kompjuterske analize konstrukcija i strojeva. Ovdje sam po prvi puta mogao opipati realan problem, gledati dizalicu, biti na njoj i nakon toga otići za računalo i riješiti neki pravi, konkretan problem i shvatiti što je zaista bitno u mojoj struci. Osim rada na dizalici za vrijeme odrađivanja stručne prakse dosta sam vremena proveo na terenu promatrajući razno razne druge poslove. Naučio sam kako se i gdje koriste razni mjerni instrumenti, naučio sam puno o uređajima koji se često koriste u strojarstvu poput tokarskog stroja, preša, kompresora, crpki... Produbio sam znanja o brodskim osovinama i ležajevima, njihovoj izradi i montaži, čime sam se bavio prilikom odađivanja prve stručne prakse, te sam uživo, na licu mjesta prisustvovao postupku dokovanja. Tijekom izvršavanja prakse najviše su mi pomogli mentor dipl.ing. Dragomir Fatuta i dipl.ing. Mladen Mihajlović, a svi radnici su bili vrlo otvoreni i ljubazni dajući mi odgovore na svako postavljeno pitanje i upućujući me na bitne stvari.

Izvršavanje stručne prakse bilo mi je vrlo ugodno i zanimljivo iskustvo uz kojeg sam naučio mnoge nove stvari, upoznao se sa konkretnim problemima u strojarstvu i stekao nove radne navike i metode rada.

Datum: _____ **Mjesto:** _____

Potpis studenta:

Potpis industrijskoga mentora:
