

DIMENZIONIRANJE ELEMENATA I RAČUNALNI MODEL STRUKTURE TRUPA VIŠENAMJENSKOG BRODA ZA PRIJEVOZ TEŠKOG TERETA OD 14000 tdw

Softić, Edin

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Engineering / Sveučilište u Rijeci, Tehnički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:190:743877>

Rights / Prava: [Attribution 4.0 International](#) / [Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

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



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Engineering](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI
TEHNIČKI FAKULTET

Preddiplomski sveučilišni studij brodogradnje

Završni rad

**DIMENZIONIRANJE ELEMENATA I RAČUNALNI MODEL
STRUKTURE TRUPA VIŠENAMJENSKOG BRODA ZA
PRIJEVOZ TEŠKOG TERETA OD 14000 TDW**

Mentor: Prof. dr. sc. Albert Zamarin

Rijeka, rujan 2022.

Edin Softić
0069079591

IZJAVA

Na temelju čl.9. Pravilnika o završnom radu, završnom ispitu i završetku preddiplomskih studija, izjavljujem da sam samostalno izradio završni rad naslova „Dimenzioniranje elemenata i računalni model strukture trupa višenamjenskog broda za prijevoz teškog tereta od 14000 tdw“

Rijeka, rujan 2022.

Edin Softić

Sadržaj

| | |
|---|----|
| 1. Uvod..... | 1 |
| 2. Višenamjenski brodovi za prijevoz općeg tereta | 2 |
| 2.1. Podjela | 2 |
| 2.2. Konstrukcijske karakteristike brodova za prijevoz općeg tereta | 12 |
| 2.3. Strukturne karakteristike brodova za prijevoz općeg tereta | 16 |
| 2.4. Usporedba različitih konstrukcijskih rješenja teretnog prostora sličnih brodova..... | 19 |
| 3. Izrada računalnog modela | 21 |
| 3.1. Programski paket 3DExperience | 22 |
| 3.2. Računalni model broda..... | 27 |
| 4. Dimenzioniranje osnovnih strukturnih elemenata trupa | 31 |
| 4.1. MARS2000..... | 31 |
| 4.2. Prikaz rezultata | 39 |
| 5. Zaključak..... | 41 |
| Popis kratica i oznaka..... | 42 |
| Literatura | 43 |
| Popis slika | 44 |
| Popis priloga..... | 46 |
| Sažetak | 47 |

1. Uvod

U uvodnom dijelu prikazati ću podjelu višenamjenskih brodova za prijevoz općeg tereta prema veličini, vrsti tereta i strukturnim specifičnostima. Nakon toga opisati osnovne konstrukcijske karakteristike višenamjenskih brodova za prijevoz općeg tereta, te usporediti konstrukcijska rješenja teretnog prostora sličnih brodova. U drugom dijelu ću pomoću programskog paketa 3Dexperience izraditi pojednostavljeni računalni model cijelog broda prema predlošku „Combi Freighter 14000“. Za dimenzioniranje osnovnih elemenata trupa koristiti ću programski paket Mars2000.

2. Višenamjenski brodovi za prijevoz općeg tereta

2.1. Podjela

Općenito brodove možemo podijeliti prema njihovoj veličini, nosivosti i namjeni. Brodovi za prijevoz općeg tereta spadaju pod trgovačke brodove.



Slika 2.1. Presjek teretnog prostora broda za prijevoz općeg tereta

Brod za prijevoz općeg tereta je trgovački brod s više palubnim ili jedno palubnim trupom dizajniranim primarno za prijevoz rasutog tereta, kontejnera ili komadnog tereta (npr. gume, čelične zavojnice, drvena građa itd.).

Nadalje trgovačke brodove dijelimo prema vrsti tereta koje prevoze. Podjela brodova za prijevoz općeg tereta je prilično kompleksna zbog njihove mogućnosti prijevoza svakog zamislivog teret, čak i tekuće i plinovite terete u slučaju da su pakirani u zasebne spremnike koji se pojedinačno ukrcavaju na brod, te različitih strukturnih karakteristika tih brodova.

Strukturne karakteristike ovise o eksploatacijskim potrebama broda i njegovoj veličini. Kod brodova za prijevoz općeg tereta eksploatacijska svojstva ovisit će o ruti plovidbe, odnosno lukama koje posjećuje, što će diktirati koji teret prevozi, pa tako imamo opću podjelu na *linijski* brod za prijevoz općeg tereta i tramper.

Tramper nema ustaljenu relaciju, područje plovidbe, red plovidbe, već plovi prema zahtjevima tržišta, odnosno poslužuje luke u koje uobičajeno ne zalaze linijski brodovi.

Iako prevoze različite terete, mogu biti specijalizirani, odnosno imati IMO klase za određene terete kao što su opasni teret i teški teret, trupce itd.

Klasifikacijsko društvo DNV GL višenamjenske teretne brodove dijeli na 5 kategorija [1]:

1.) Obalni brodovi (eng. „Coasters“)

- Manja plovila, plitkog gaza za kraće plovidbe između luka koje pripadaju istoj regiji i plovidbe koje uključuju rijeke i kanale,
- Obalni brodovi tipično prevoze rasuti i opći teret
- Samo oko jedne šestine ih je opremljeno dizalicama, kombiniranog prosječnog kapaciteta 25 tona

2.) Brodovi za prijevoz općeg tereta

- Suhi teret, brodovi bez dizalica nosivosti do (in excess off) 5000 DWT dizajnirani za prijevoz bilo koje vrste nekontejnizeriranog tereta kao što je drvo ili čelik, rasuti i komadni teret pakiran u vreće, bačve ili kutije
- Često građeni s fiksnim međupalubama u prošlosti, a danas građeni s dvobokom gdje su moguće međupalube na različitim pozicijama po visini

3.) Višenamjenski brodovi

- Suhi teret, opremljeni s dizalicama kombinirane nosivosti do 100 tona s mogućnošću dizanja kako rasutog tako i komadnog tereta uključujući bale, često i kontejnere; tipično opremljeni pomičnim međupalubama (eng. „tweendeckovima“) i pontonskim ili sklopivim poklopcima grotla

4.) Višenamjenski brodovi za prijevoz specijalnog tereta

- dodatni nazivi; višenamjenski brodovi za prijevoz teškog tereta ili premium višenamjenski brodovi za prijevoz
- dizajnirani za prijevoz specijalnih tereta, jedan ili dva teretna prostora i nekoliko dizalica koje mogu operirati u paru, kapacitet dizanja između 100 i 250 tona

5.) brod za prijevoz općeg tereta s “Hatchcoverless” class notation

- a. Veliki brodovi za prijevoz općeg tereta s više teretnih prostora U-oblika dizajniranih za prijevoz drva i papirnih proizvoda ili drugog općeg i rasutog tereta, uobičajeno opremljeni s portalnim dizalicama

Kao i kod svakog drugog trgovačkog broda tako je i kod višenamjenskih teretnih brodova nosivost jedna od najbitnijih veličina. S obzirom na nosivost, dolaze u različitim veličinama koje su u rasponu od 2000 DWT do 40000 DWT. Unutar tog raspona možemo ih podijeliti u dvije velike grupe.

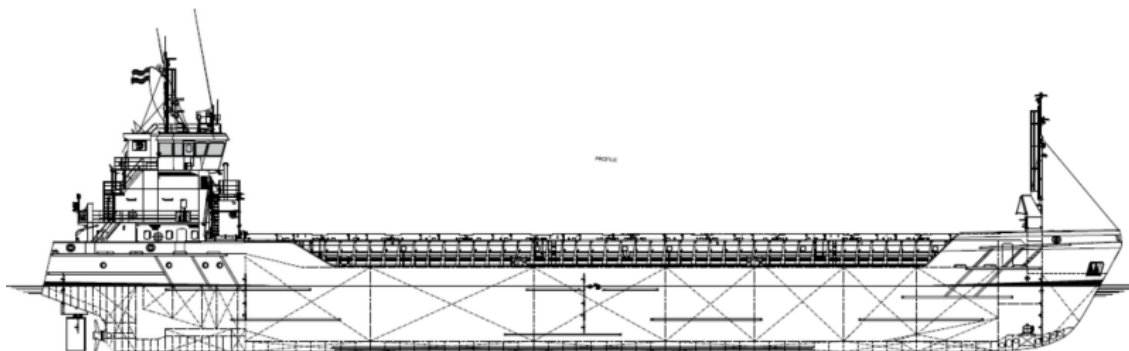
Prva grupa bili bi brodovi s nosivošću od 2000 do 15000 DWT koji spadaju u obalne brodove, (eng. „coastal sailing ship“ ili „Coaster“) koji zbog svoje veličine imaju manji gaz i s time mogućnost plovidbe rijekama i kanalima i pristup manjim i plitkim lukama što im je prednost, dok im je nedostatak manji teretni prostor i s time smanjena mogućnost prijevoza više različitih tereta istovremeno. Gaz im je ograničen na veličine od 3 do 6 metara.

Primjer takvih brodova je Damenov Combi Freighter 3850:



Slika 0.2. Combi Freighter 3850

- duljina preko svega: 89,70 m
- Širina: 12,50 m
- Visina: 7,00 m
- Gaz: 5,48 m
- Nosivost: 3830 mt



Slika 2.3. Uzdužni pogled Combi Freighter 3850

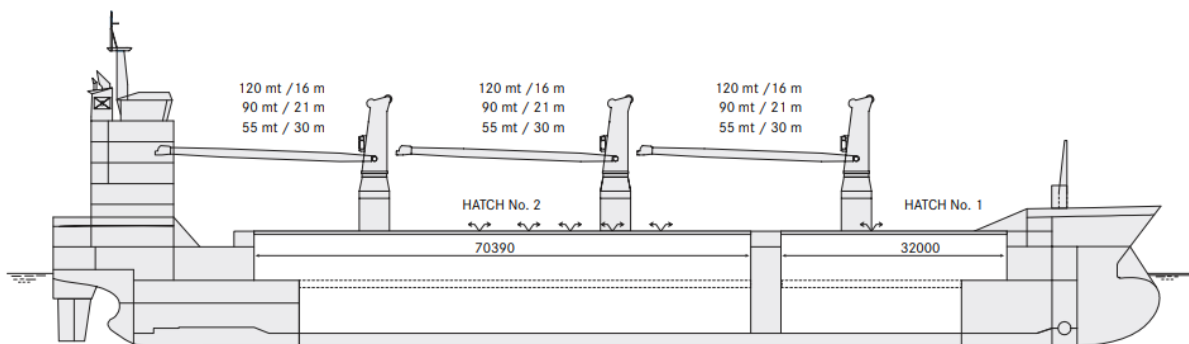
Druga grupa bili bi brodovi od 15000 dwt do 40000 dwt koji spadaju u opću podjelu „Handy size“ brodova. Njihova prednost je veći teretni prostor što im omogućava prijevoz više vrsti tereta na istoj vožnji, dok im je nedostatak veći gaz što im onemogućuje pristup određenim plovnim putevima i određenim lukama.

Primjer takvih brodova bili bi Spliethoff-ov tip-D:



Slika 2.4. Brod za prijevoz općeg tereta – Diamantgracht

- Duljina preko svega: 156,93 m
- Širina: 22,80 m
- Gaz: 10,25 m
- Nosivost: 18 143 mt



Slika 2.5. Uzdužni pogled Spliethoff tip-D brodova

Veličina brodova za prijevoz općeg tereta nije ograničena ovom podjelom, te postoje brodovi s nosivosti i preko 40000 DWT.

U nastavku su tablice za usporedbu koje prikazuju različite dimenzije višenamjenskih teretnih brodova i njihovu nosivost zajedno s brzinom.

Kao prvi primjer razlika u veličini višenamjenskih brodova za prijevoz općeg tereta je serija Damenovih brodova. Serija je u rasponu od 3800 DWT do 13900 DWT.

| | Nosivost/DWT [T] | Dužina [m] | Širina [m] | Gaz [m] | Maksimalna brzina (čv) |
|-----------------------|------------------|------------|------------|---------|------------------------|
| Combi Freighter 3850 | 3800 | 89.7 | 12.5 | 5.48 | 11.8 |
| Combi Freighter 5000 | 5010 | 84.56 | 15.2 | 6.45 | 11.6 |
| Combi Freighter 8200 | 8200 | 118.14 | 15.9 | 7.21 | 13.6 |
| Combi Freighter 11000 | 11000 | 146.23 | 18.25 | 7.4 | 13.9 |
| Combi Freighter 14000 | 13900 | 146.25 | 20.1 | 8.25 | 15.9 |

Tablica 2.1. DAMEN Combi Freighter

Drugi primjer je dio flote brodarske kompanije OCEAN 7 Projects:

| | Nosivost/DWT [T] | Dužina [m] | Širina [m] | Gaz [m] | Maksimalna brzina [čv] |
|-----------------------|------------------|------------|------------|---------|------------------------|
| M/V NORDIC | 3400 mt | 92,9 | 15,00 | 5,00 | 11 |
| M/V CELTIC | 4540 mt | 108,25 | 14,00 | 5,52 | 12,5 |
| M/V PELAGICA | 12 580 mt | 138,5 | 21,00 | 8 | 13 |
| M/V DONALD | 18 590 mt | 156,76 | 21.50 | 7,815 | 15 |
| M/V CARRIBEAN HARMONY | 31 749 mt | 166,1 | 27,4 | 15,5 | 12,5 |

Tablica 2.2. OCEAN 7 Projects

Glavna namjena brodova za prijevoz općeg tereta je prijevoz komadnog tereta. Komadni teret - predmeti koji pri transportu predstavljaju jedinični teret bez obzira na oblik i/ili masu. [2] Primjeri takvog tereta su: granitni blokovi, mramorni blokovi, cijevi, kava ili cement u standardnim vrećama od 25 ili 50kg, cisterne, oprema za naftne platforme itd.



Slika 2.6. Komadni teret

Najbolji primjer proizvoda koje nije moguće transportirati u kontejnerima zbog njihove veličine i težine su čelične zavojnice, H – profili i limovi.

Za transport čeličnih zavojnica, DNV-GL propisuje posebne zahtjeve za dimenzioniranje elemenata konstrukcije i zahtjeve za plan krcanja. [3]



Slika 2.7. Čelične zavojnice

Određeni komadni teret može biti kategoriziran kao opasni teret prema „The International Maritime Dangerous Goods (IMDG) Code“. Kako bi mogli prevoziti takve terete brodovi za prijevoz općeg tereta moraju imati oznake klase u ovisnosti o vrsti opasnog tereta. Za prijevoz suhog opasnog tereta DNV-GL dodjeljuje klasnu oznaku „DG“.

Određene proizvode zbog njihove veličine i težine nije moguće transportirati u kontejnerima ili bi prijevoz takvih proizvoda bio dodatno zakompliciran, npr. specijalni tereti kao što je građevinska ili industrijska oprema zbog svoje veličine mogu biti jednostavnije i brže transportirani bez rastavljanja.

Brodovi koji mogu prevoziti teške terete i terete velikih dimenzija nazivaju se višenamjenski teretni brodovi za prijevoz teškog tereta (eng. „multipurpose project carriers“, „multipurpose project carriers“).



Slika 2.8. Vlak kao komadni teret

Specijalni teret, (eng. „project cargo“) je oprema ili dijelovi opreme velikih dimenzija, namijenjeni za teške uvjete rada i velike vrijednosti. Primjer takvog specijalnog tereta su dijelovi za vjetrenjače, slika 2.9. Brodovi za prijevoz općeg tereta koji prevoze takav teret mogu pomoću svojih dizalica sudjelovati u instalaciji priobalnih vjetroelektrana.



Slika 2.9. Brod za prijevoz općeg tereta - Noordviet

Kod nekih specijalnih tereta dimenzije uveliko prelaze dimenzije teretnog prostora, tako da brod mora ploviti s otvorenim grotlima slika 2.10. i 2.11. Zbog plovidbe s otvorenim grotlima kategoriziraju se pod tip B, odnosno brodove bez reduciranog nadvođa.

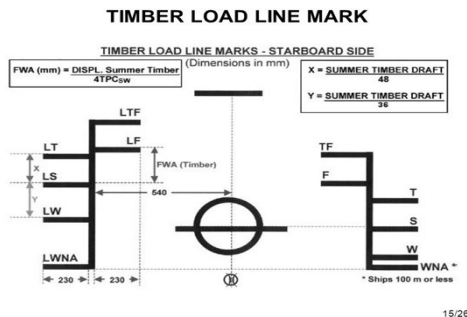


Slika 2.10. Teret velikih dimenzija – dizalice



Slika 2.11. Teški teret – dijelovi platforme

Brodovi za prijevoz općeg tereta koji prevoze drvenu građu i šumske proizvode moraju zadovoljiti zahtjeve propisane u Međunarodnoj konvenciji o vodnim linijama (International Convention on Load Lines - Chapter IV - Special requirements for ships assigned timber freeboards).



Slika 2.12. Plimsonova oznaka za prijevoz drva

Brodovima za prijevoz općeg tereta koji prevoze trupce uz standardnu Plimsonovu oznaku biti će dodane oznake vodnih linija za drvo, slika 2.12.



Slika 2.13. Krcanje trupaca na brod za prijevoz općeg tereta

Brodovi za prijevoz općeg tereta mogu biti specijalizirani za prijevoz papirnih proizvoda. S obzirom da je papir osjetljiv na vlagu, takvi brodovi imaju posebne načine krcanja.



Slika 2.14. Role papira

Pristupačnost velikom broju luka, pravokutni oblik teretnog prostora, grotla širine jednake širini teretnog prostora i mogućnost transporta tereta na palubi i poklopcima grotala pogoduje višenamjenskim teretnim brodovima kod prijevoza kontejnera. Brodovi za prijevoz općeg tereta koji prevoze kontejnere dobivaju oznaku, npr. prema klasifikacijskom društvu Bureau Veritasu, oznaka klase „*equipped for carriage of containers*“.



Slika 2.15. Kontejneri na brodu za prijevoz općeg tereta

Prema IMO RESOLUTION MSC.277(85), brodovi za prijevoz općeg tereta spadaju pod brodove koji nisu brodovi za prijevoz rasutog tereta, ali povremeno prevoze rasuti teret i zadovoljavaju određene uvjete za to. Na njih se odnosi točka .6. Klasifikacijsko društvo DNV-GL takvim brodovima daje oznaku klase **General dry cargo ship** ili **Multi-purpose dry cargo ship**.



Slika 2.16. Krcanje rasutog tereta na brod za prijevoz općeg tereta

2.2. Konstruktivske karakteristike brodova za prijevoz općeg tereta

Konstrukcija višenamjenskih teretnih brodova je takva da zadovoljava potrebe velikog broja različitih tereta. Glavno rebro brodova za prijevoz općeg tereta slično je glavnom rebro brodova za prijevoz kontejnera. S obzirom da grotla mogu biti i do 80% širine broda, kako bi se olakšala manipulacija tereta i maksimizirao broj kontejnera za transport.

Dvobok može biti ne simetričan i nepravilnog oblika zbog bočnih dizalica i bočnih dizala.

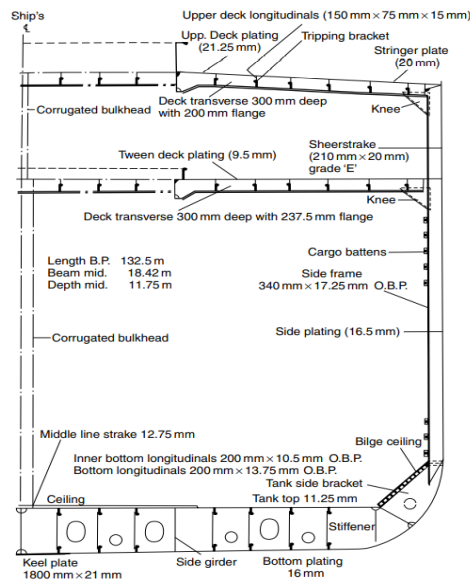


Figure 17.6 General cargo ship – midship section

Slika 2.17. Glavno rebro brodova za prijevoz općeg tereta

Problem velikih otvora na palubi je torzijsko opterećenje. Kako bi se smanjila torzijska opterećenja dio strukture koji se nalazi između glavne palube, završnog voja oplata broda i unutarnje oplata dvoboka biti će dodatno pojačan. Tako se dobiva kontinuirani element koji se proteže od prednje sudarne pregrade strojarnice do pramčane sudarne pregrade i zove se torzijska kutija.

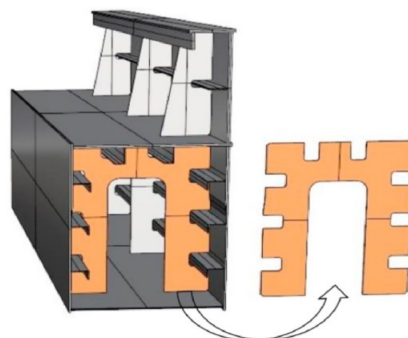


Fig. 1. Upper wing torsional box. Transverse web detail.

Slika 2.18. Torzijska kutija

Pokrov dvodna podliježe zahtjevima za kontejnere i rasuti teret. Dodatni zahtjevi zbog rasutog tereta su dodatci na debljinu pokrova dvodna. Većinom su pojačani za teški teret npr. „Strengthen for heavy cargo up to 20 t/m².“

2.3. Strukturne karakteristike brodova za prijevoz općeg tereta

Strukturne karakteristike ovise o eksploatacijskim namjenama broda i njegovoj veličini.

Prema prijašnjoj podijeli brodova za prijevoz općeg tereta možemo vidjeti da moraju zadovoljiti širok spektar tereta, odnosno njihov dizajn je spoj broda za prijevoz kontejnera i broda za prijevoz rasutog tereta, Za prijevoz komadnog tereta. Dodatna prednost takvih brodova je njihova mogućnost podizanja i manipuliranja teškog, velikog i tereta neregularnog oblika, zajedno sa već standardnim teretima kao što su kontejneri i rasuti teret.

Ne standardizirani teret usporava i otežava ukrcaj/iskrcaj. Za razliku od kontejneriziranog tereta, ukrcaj komadnog tereta je sporiji i zahtjeva veću pažnju i pripremu teretnog prostora. U nastavku su prikazana rješenja načina ukrcaja tereta kod MVP-a.

Brodove za prijevoz općeg tereta možemo podijeliti na brodove bez dizalica (eng. „gearless“) i brodove opremljene vlastitim dizalicama (eng. „geared“). Brodovi bez dizalica imaju manu jer mogu posjećivati samo luke koje su opremljene dizalicama, dok su brodovi opremljeni s dizalicama neograničeni u tom pogledu.

Uobičajeno je da su opremljeni s bočnim dizalicama kako bi se maksimalno iskoristio prostor na glavnoj palubi.

Standardne dizalice su kapaciteta do 120 t, dok su dizalice za teški teret u rasponu od 120 do 450 t koji pokriva standardno područje teškog tereta. Određene dizalice za teški teret mogu dosezati i do 1000 t kapacitet dizanja.

Primjer standardnih dizalica bili bi MacGregor GL/GLE dizalice čiji je kapacitet od 25 do 100t. S radnim radijusom 20 – 41 m.



Slika 2.19. MacGregor GL/GLE dizalica

Primjer dizalice za teški teret je Liebherr „CBB – Heavy Lift Series“



Slika 2.20. CBB dizalica

Brodovi za prijevoz općeg tereta mogu biti opremljeni i s portalnim dizalicama. Primjer takvog broda je Star Java, slika 2.21., koji je opremljen s dvije portalne dizalice kapaciteta 68mt.



Slika 2.21. Portalne dizalice

Dizalice mogu služiti i kao pomoć već postojećim lučkim dizalicama čime se ubrcava ukrcaj/iskrcaj.

Neki od višenamjenskih teretnih brodova mogu biti opremljeni i sa bočnim dizalima. Na slici 2.22. možemo vidjeti brod za prijevoz općeg tereta koji je zajedno s bočnim dizalicama opremljen i s bočnim dizalima.



Slika 2.22. Brod za prijevoz općeg tereta opremljen bočnim dizalima

Bočni ukrcaj/iskrcaj posebno je pogodan tijekom kiše ili snijega kako bi se izbjeglo otvaranje grotla. Na takav način se osigurava suhoća teretnog prostora što je posebno bitno kod prijevoza papirne i drvene građe ili bilo kakvog tereta osjetljivog na vlagu.

Splitenhoff ima posebnu grupu brodova tip-S unutar svoje flote čija je specijalizacija prijevoz papira, te su opremljeni takvim dizalima.



Slika 2.23. Bočna dizala

Na slici 2.23. možemo vidjeti otvorene vodonepropusne otvore na oplati unutar kojih se nalaze dizala. Daljnje pozicioniranje tereta unutar teretnog prostora vrši se pomoću viličara.

Brodovi za prijevoz općeg tereta mogu biti opremljeni s rampom za RO-RO ukrcaj slika 2.22. Prema klasifikacijskom društvu DNV GL takvi brodovi imaju klasnu oznaku: „General dry cargo ship RO/RO Container“ ili „General Cargo Ships with Ro-Ro Facility“.



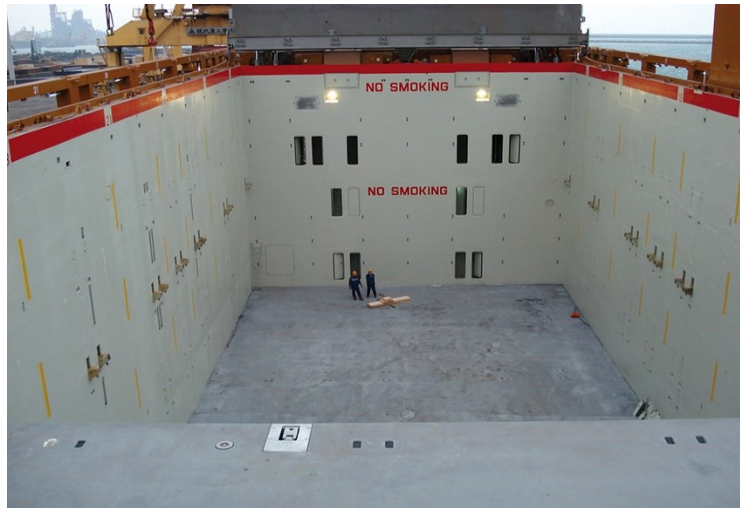
Slika 2.24. Brod za prijevoz općeg tereta opremljen rampom - M/V CELTIC

Prednost ovakvog načina ukrcaja/iskrcaja je ta što se npr. teški strojevi koji imaju vlastiti pogon jednostavno „dokotrljaju“ u teretni prostor, što ubrzava cijeli proces u odnosu na ukrcaj/iskrcaj pomoću dizalica, dok se paralelno ukrcaj/iskrcaj tereta bez vlastitog pogona može vršiti pomoću dizalica.



Slika 2.25. Krmena rampa

Teretni prostor višenamjenskih teretnih brodova je većinom pravokutnog oblika kako bi se maksimizirala upotrebljivost prostora i pogodovalo paletizaciji, odnosno prijevozu komadnog tereta. Dodatno u kutevima teretnog prostora mogu se nalaziti skošenja kako bi se olakšao iskrcaj rasutog tereta. Pravokutan oblik teretnog prostora i ravan pokrov dvodna omogućuju korištenje viličara za lakše manipuliranje teretom, te korištenje bagera kod iskrcaja rasutog tereta.



Slika 2.26. Teretni prostor pravokutnog oblika

Međupalube i pregrade mogu se podijeliti na fiksne i pomične. Pomične dolaze u obliku pontona. Prednost pomičnih pregrada i međupaluba je ta što se teretni prostor može podijeliti ovisno o dimenzijama i vrsti tereta, čime se maksimizira iskoristivost teretnog prostora i sigurnost tereta, odnosno sprječava se npr. kontaminacija, fizička oštećenja i miješanje rasutog tereta s komadnim teretom.



Slika 2.27. Pomične pregrade

Na slici 2.28., možemo vidjeti kako je teret pakiran u vrećama pregrađen pomoću pomične međupalube čime je omogućeno krcanje tereta iznad vreća, što u suprotnom nebi bilo moguće zbog težine tereta iznad koji bi mogao oštetiti vreće.



Slika 2.28. Teretni prostor

Jedan od primjera rješenja pregrađivanja teretnog prostora su MACGREGOR-ovi đepovi, slika 2.29. koji se direktno ugrađuju u konstrukciju. Unutar tih đepova nalazi se konzola koja se prema potrebi može izvući iz đepa i tako poslužiti kao oslonac za pomičnu međupalubu. Takvom izvedbom se dobiva više razina po visini teretnog prostora što omogućuje maksimalnu fleksibilnost kod krcanja tereta i samim time mogućnost potpune iskoristivosti teretnog prostora.



Slika 2.29. Pomične međupalube

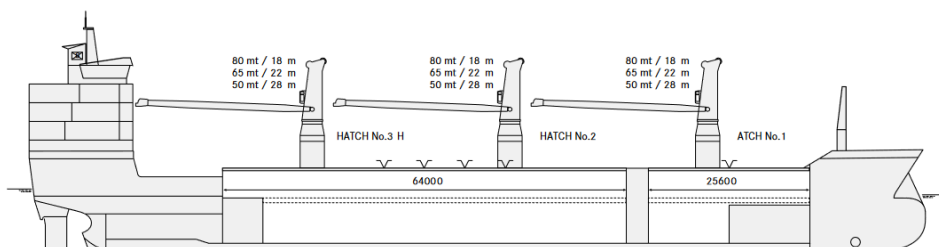
2.4. Usporedba različitih konstrukcijskih rješenja teretnog prostora sličnih brodova

U nastavku možemo vidjeti dva primjera različitih konstrukcijskih rješenja teretnog prostora.

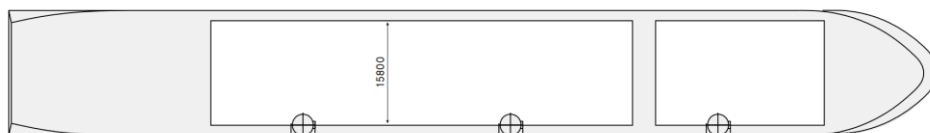
Prvi primjer su Spliethoff M-tip brodovi.

- duljina preko svega 142,10 m
- širina 18,90 m
- nosivost : 12200 mt
- kapacitet teretnog prostora 15640 m³

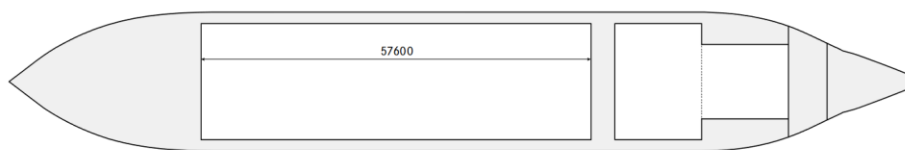
Teretni prostor podijeljen je u dva dijela. Prvi teretni prostor je smješten na pramčanom dijelu broda. Podijeljen je na dva dijela, od kojih je jedan dio uži od drugog. Drugi teretni prostor je veći i proteže se unutar paralelnog srednjaka. Kraći je na visini dvodna, nego na glavnoj palubi.



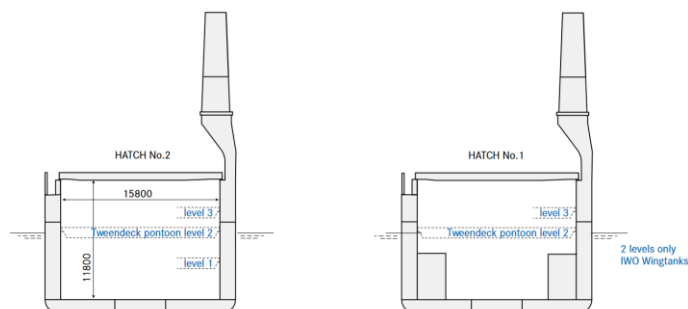
Slika 2.30. Uzdužni pogled



Slika 2.31. Glavna paluba



Slika 2.32. Pokrov dvodna

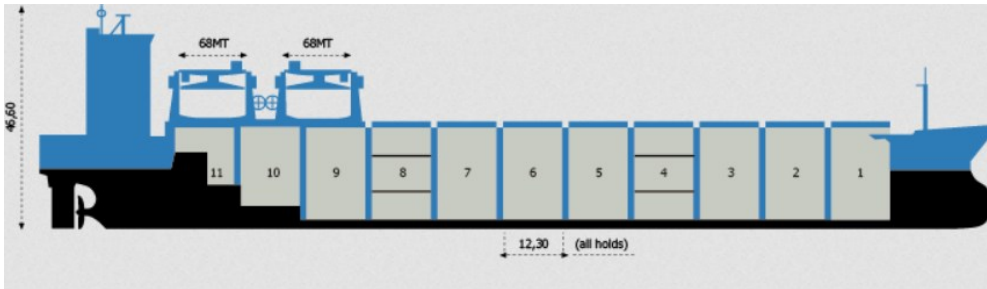


Slika 2.33. Teretni prostor 2, teretni prostor 1

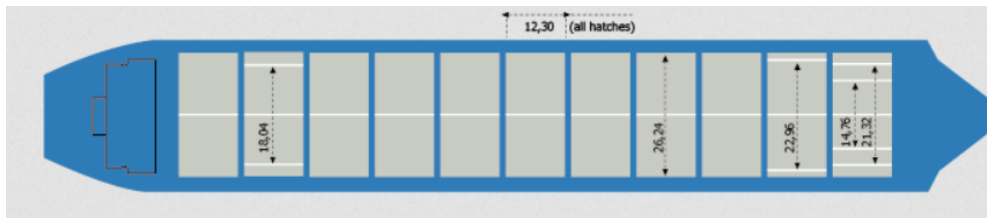
Drugi primjer su GRIEG STAR J klasa brodova.

- duljina preko svega 198,0 m
- širina 31.0 m
- nosivost : 44.800 mt
- kapacitet teretnog prostora: 64.489 m³

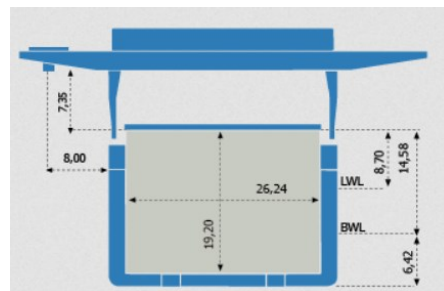
Teretni prostor ovih brodova podijeljen je na 11 odvojenih spremišta. U ovom slučaju dijelovi teretnog prostora na krajevima imaju različite širine po visini, slika 2.37.



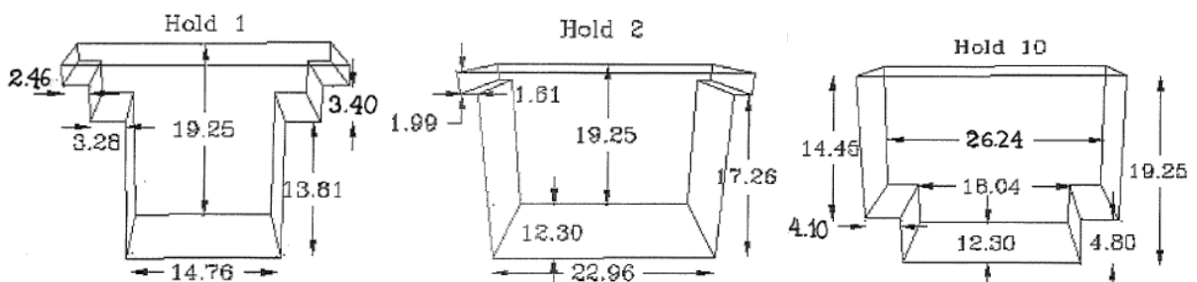
Slika 2.34. Uzdužni pogled



Slika 2.35. Glavna paluba



Slika 2.36. Poprečni presjek



Slika 2.37. Teretni prostori 1; teretni prostor 2; teretni prostor 3

3. Izrada računalnog modela

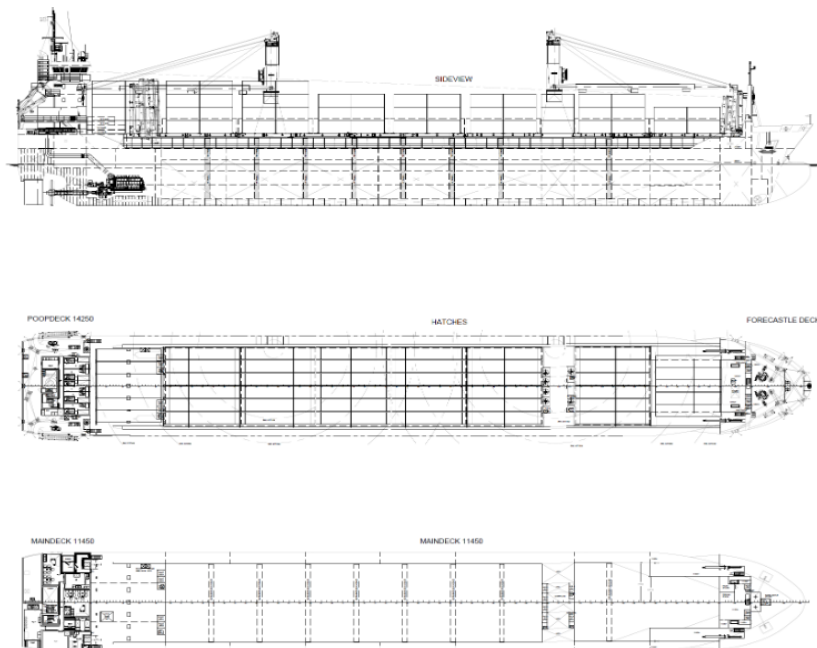
Računalni model broda izrađen je prema predlošku DAMEN Combi Freighter 14000.



| COMBI FREIGHTER 14000 STANDARD | |
|---|--|
| PICTURE OF SIMILAR VESSEL | |
| GENERAL | Transporting of general cargo, e.g. bulk, steel coils, forest products |
| Basic functions | LPGC + 100 A1 + LMC, LMS |
| Classification | Container cargoes Heavy cargo up to 20 t/m ² Dangerous cargo to SOLAS II-2 regulation 19 (excluding I and VII) |
| DIMENSIONS | |
| Length overall | 145,25 m |
| Length b.p.p. | 135,00 m |
| Beam moulded | 20,10 m |
| Depth moulded | 11,45 m |
| Depth design | 8,25 m |
| Deadweight | 13.900 t |
| Tonnage measurement | 6.845 GT |
| TANK CAPACITIES (APPR.) | |
| Ballast water | 6.220 m ³ |
| Fuel oil (HFO) | 720 m ³ |
| Fuel oil (MGO) | 100 m ³ |
| Potable water | 120 m ³ |
| Sewage | 35 m ³ |
| Lubrication oil | 20 m ³ |
| Dirty oil | 15 m ³ |
| HOLDS | |
| Hold 1 fore (box shaped) | 4.000 m ³ |
| Hold 2 aft (box shaped) | 141.250 cb |
| | 13.352 m ³ |
| Dimensions hold 1 (LxBxH) | 497,980 cb |
| Dimensions hold 2 (LxBxH) | 20,83 x 15,80/19,48 x 12,10 (m) |
| Dimensions hold 2 (LxBxH) | 89,82 x 15,80 x 12,10 (m) |
| Crain bulkhead | 2x Movable, 8 stowage positions |
| CONTAINERS | |
| In hold | 296 TEU |
| On deck | 311 TEU |
| Total | 607 TEU |
| PERFORMANCES | |
| Speed, at d= 8,25 m | 15,6 kn |
| 100% MCR approx. | |
| PROPULSION SYSTEM | |
| Main engines | Diesel (HFO), 6.000 kW at 500 rpm |
| Reduction type | Direct drive |
| Stem tube | Oil lubricated |
| Propeller | Controllable pitch, 4.950 mm |
| Steering gear | Electric-hydraulic |
| Rudder | Balance type |
| Bow thruster | Electric, controllable pitch, 600 kW |
| ELECTRICAL EQUIPMENT | |
| Generator set | 1x Shaft, 1.000 kVA - 50 Hz 2x Diesel, 438 kVA - 50 Hz 1x Diesel emergency, 170 kVA - 50 Hz 1x 230V/400V, 125A, 50 m cable |
| Shore supply | |
| DECK LAY-OUT | |
| Winch(es) | 2x Electric-hydraulic anchor mooring, with 1x single drum and 1x warping head 2x Electric-hydraulic mooring aft, with 1x single drum and 1x warping head 2x Electric-hydraulic cargo handling type 40 t/26 m - 32 t/34 m |
| Cranes(s) | 2x Pontoon type and 10x folding type |
| Hatches | 3x Life rafts |
| Lifesaving | 1x Rescue boat 1x Freefall life boat |
| SECONDARY SHIP SYSTEMS | |
| Compressor(s) | 2x Starting air |
| Separator(s) | 2x Fuel oil 1x Lubrication oil 1x Bilge water acc. Marpol 1x Ballast Water Treatment unit |
| Pump(s) | 2x General service 1x Emergency firefighting CO ₂ for engine room and cargo hold Holds minimum 6 air changes per hour |
| Firefighting system | |
| Ventilation | |
| ACCOMMODATION | |
| Crew | 18 persons with heating, ventilation and air-conditioning |
| NAUTICAL AND COMMUNICATION EQUIPMENT | |
| Radio telephone set | According to GMDSS for area A3 |
| SPECIAL EQUIPMENT - OPTIONS | |
| | French-Swedish for Class 1A St. Lawrence seaway Investment survey Tweendeck panels, full coverage of the hold Main engine suitable for LNG Selective catalytic reduction Scrubber |



Slika 3.1. Osnovni podatci o brodu



Slika 3.2. Uzdužni pogled, poklopci grotla i glavna paluba

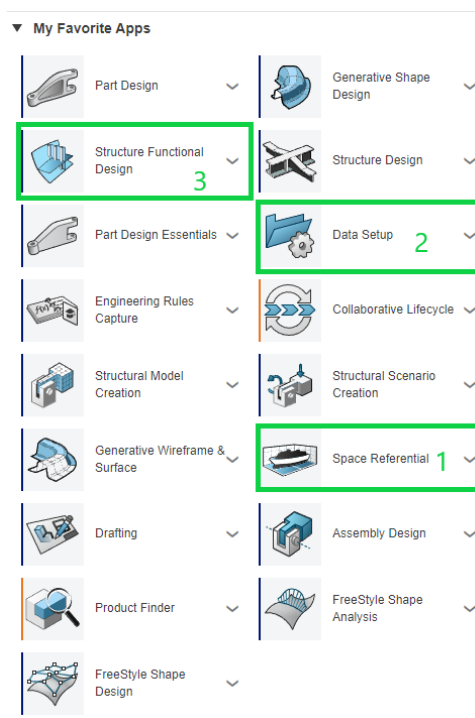
3.1. Programski paket 3DEXperience

CATIA 3DEXperience je V6 verzija softvera za CAD, CAM i CAE; razvijen od strane Dassault Systemes-a.



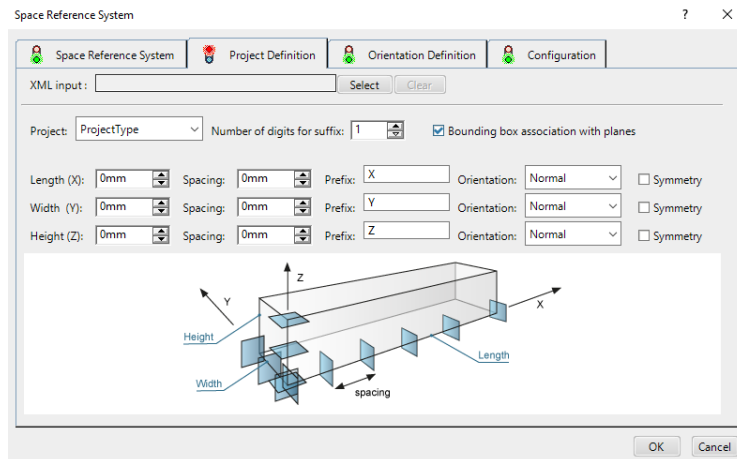
Slika 3.3. Logo 3DEXperience

Unutar 3DEXperience-a postoji čitav niz aplikacija koje se koriste kroz cijeli proizvodni proces. Za izradu ovog modela koristio sam tri aplikacije 3.4..



Slika 3.4. Aplikacije

Na početku izrade modela potrebno je postaviti ravnine za rebra, palube i uzdužne presjeke. Za to koristimo aplikaciju „Space Referential“, slika 3.4. točka 1. Nakon otvaranja aplikacije otvara nam se prozor u kojem postavljamo dužinu, širinu i visinu broda, te razmak rebara, visine paluba i razmak uzdužnjaka.



Slika 3.5. Tablica za postavljanje ravnina

Prema predlošku dimenzije ovog broda su: dužina 146,25 m, visina do glavne palube 11,45 m i širina 20,10 m. Za razmak rebara postavio sam 600 mm između rebra -6 i 39, 1000 mm između rebra 39 i 143, te 600 mm između rebra 143 i 165. Visine paluba su 1400 mm za pokrov dvodna, 4200, 7000 i 9200 mm za proveze, te 11450 mm za glavnu palubu. Uzdužne ravnine postavljene su tako da je tunnelska kobilica širine 1800 mm, a ostali elementi svaki 875 mm od centralne linije.

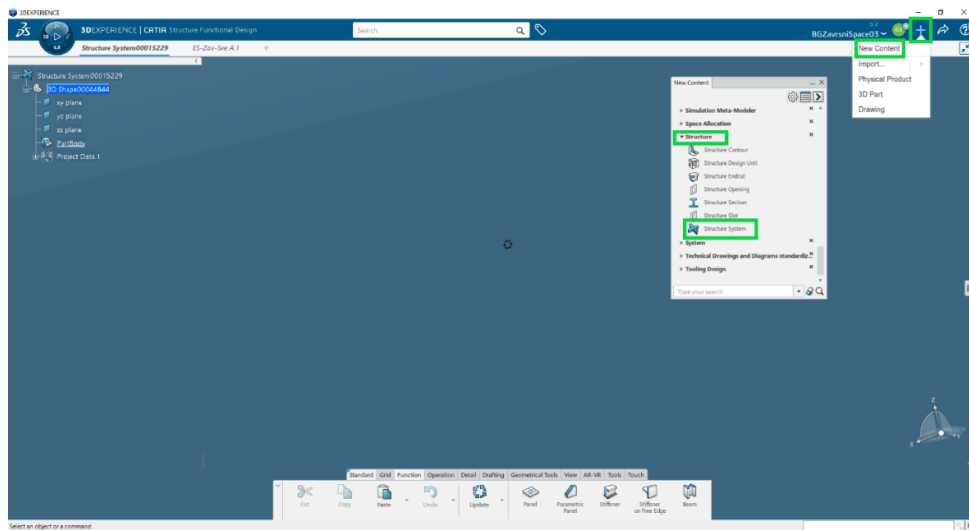
Unutar aplikacije „Space Referential Systems“ imamo naredbu „Table Editor“ kojom otvaramo tablicu unutar koje se naknadno mogu korigirati ravnine.

| Index | Reference Planes | Short Name | Offset | Category |
|-------|------------------|------------|--------|-------------|
| -6 | FR.-6 | F.-6 | 600mm | RFGGridFace |
| -5 | FR.-5 | F.-5 | 600mm | RFGGridFace |
| -4 | FR.-4 | F.-4 | 600mm | RFGGridFace |
| -3 | FR.-3 | F.-3 | 600mm | RFGGridFace |
| -2 | FR.-2 | F.-2 | 600mm | RFGGridFace |
| -1 | FR.-1 | F.-1 | 600mm | RFGGridFace |
| 0 | FR.0 | F.0 | 0mm | RFGGridFace |
| 1 | FR.1 | F.1 | 600mm | RFGGridFace |
| 2 | FR.2 | F.2 | 600mm | RFGGridFace |
| 3 | FR.3 | F.3 | 600mm | RFGGridFace |
| 4 | FR.4 | F.4 | 600mm | RFGGridFace |

Slika 3.6. Tablica ravnina

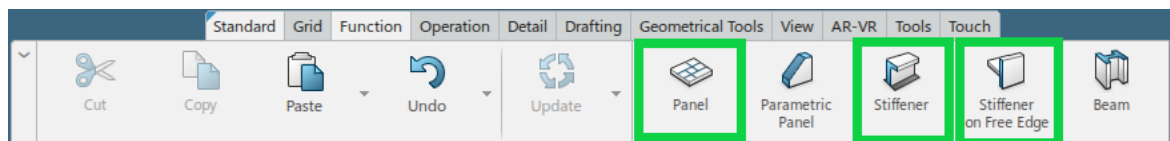
SRS i formu broda je potrebno povezati s collaborative space-om u kojem radimo pomoću aplikacije Data Setup, slika 3.4., točka 3. Nakon što je sve namješteno, SRS i forma broda biti će vidljivi unutar svakog novog structure systema-a

Aplikacija Structure Functional Design koristi se za izradu pojednostavljenih modela. Novi structural system možemo napraviti prema koracima na slici 3.7.



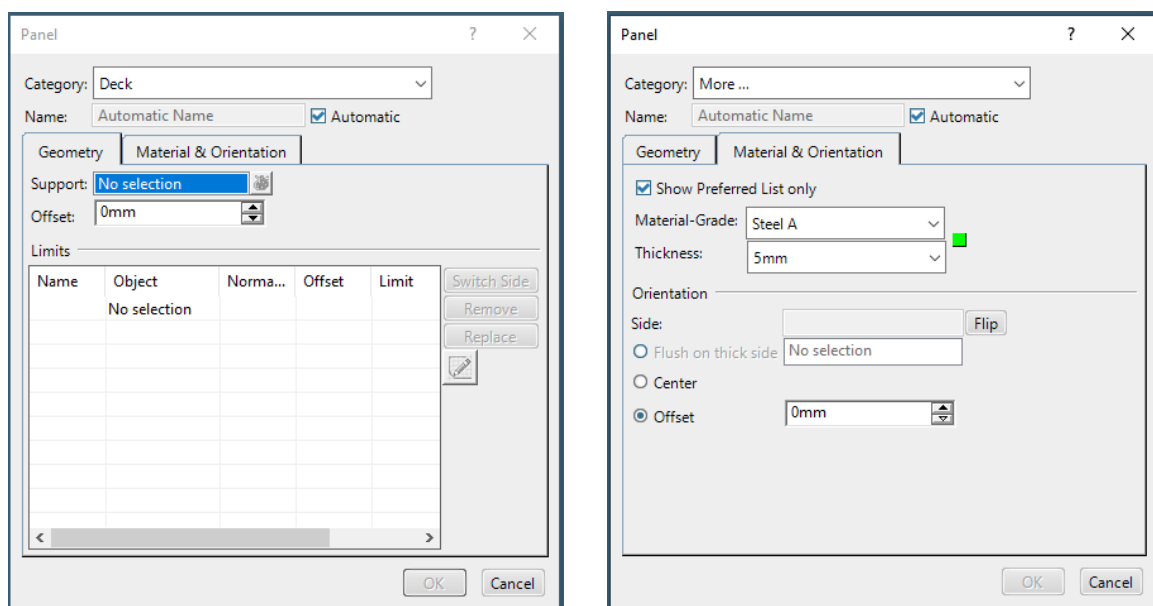
Slika 3.7. Novi structural system

Naredbe koje sam koristio za izradu ovog modela nalaze se u dvije alatne trake. Prva alatna traka je „Function“, slika 3.8..



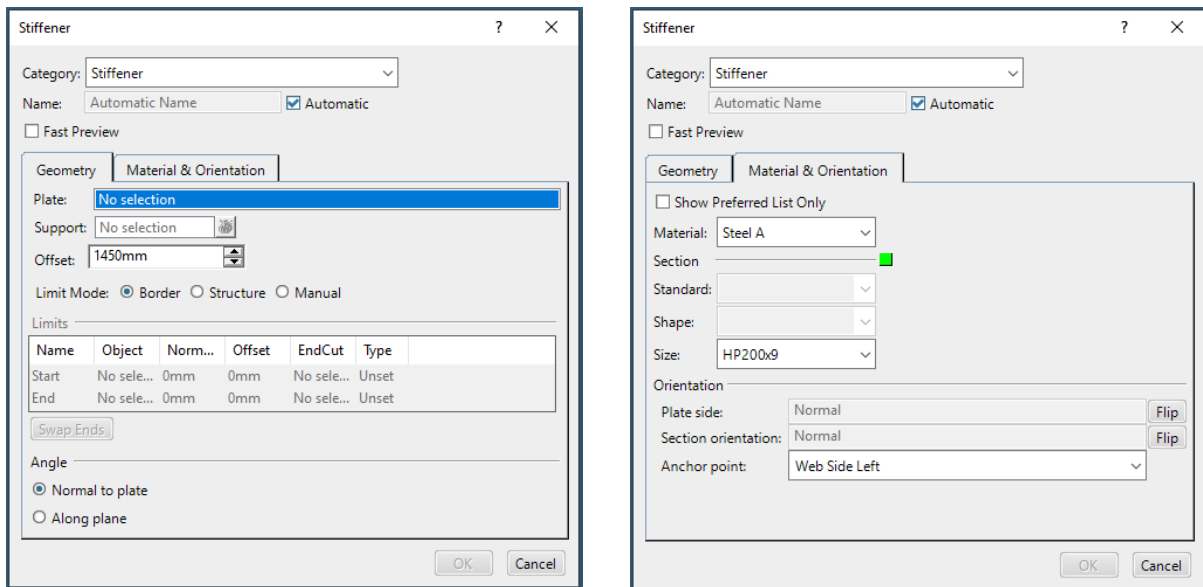
Slika 3.8. Alatna traka "Function", 1 - Panel; 2 - Ukrepa; 3 - Pojas

Za definiranje panela moramo odrediti kategoriju, ravninu u kojoj će se nalaziti, limite, vrstu materijala i debljinu panela.



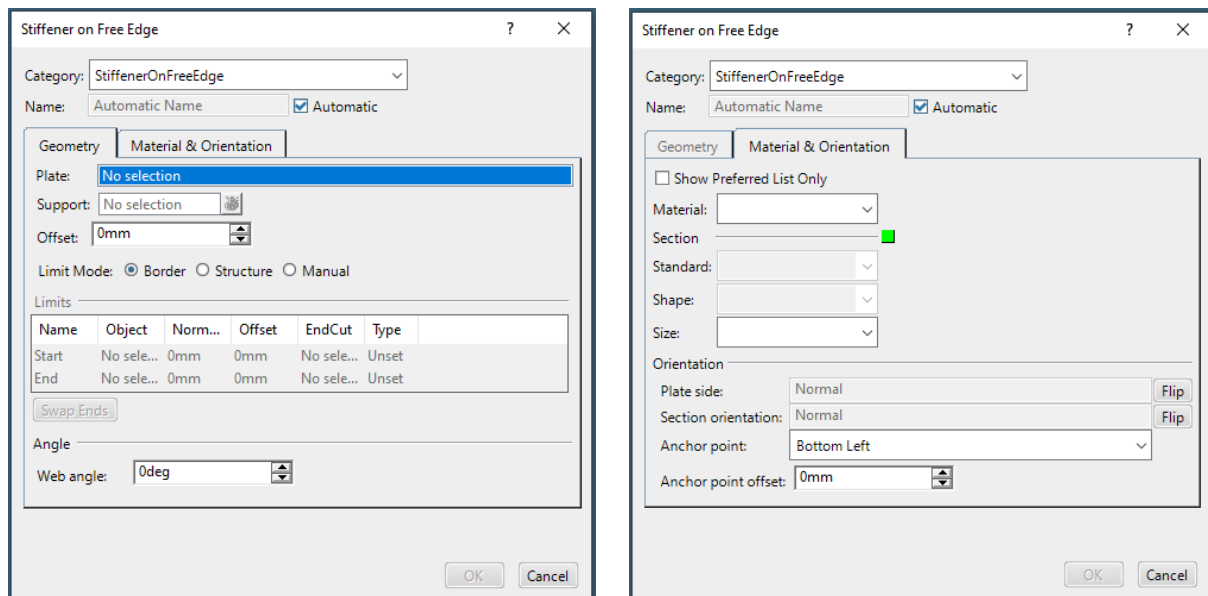
Slika 3.9. Prozori za definiranje panela

Za definiranje ukrepnih elementa moramo odrediti kategoriju ukrepnog elementa, panel koji ukrepljujemo, poziciju, vrstu i veličinu ukrepnog elementa.



Slika 3.10. Prozori za definiranje ukrepnih elemenata

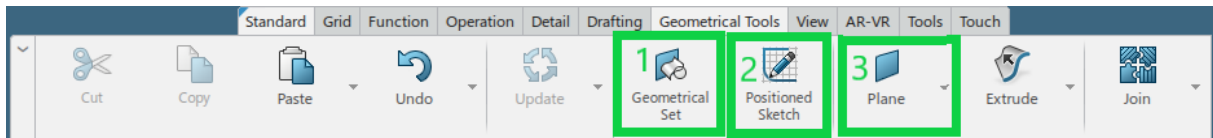
Pojas ili flanža na primarnim nosačima modelira se pomoću naredbe „Stiffener on Free Edge“



Slika 3.11. Prozori za definiranje flanže

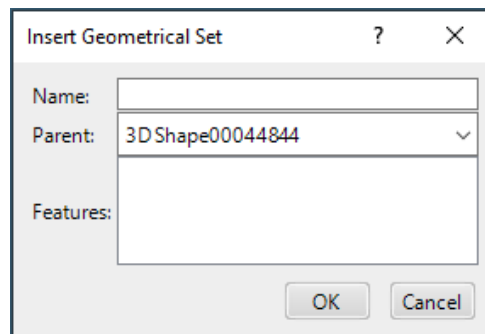
Za definiranje flanže potrebno je odrediti kategoriju, struk nosača, rub nosača, materijal i orijentaciju.

Druga alatna traka je „Geometrical Tools“.



Slika 3.12. Alatna traka "Geometrical tools",
1 - Geometrijski set; 2 - Pozicionirana skica; 3 – Ravnina

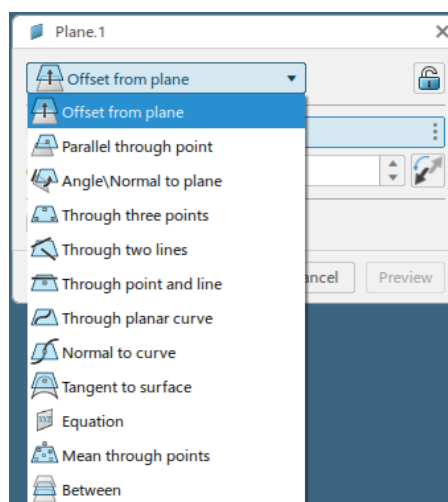
Geometrijski set je dodatna mapa pomoću koje možemo grupirati određene elemente ovisno o njihovoj kategoriji kako bi si povećali preglednost stabla. Za izradu geometrijskog seta potrebno je odrediti samo ime.



Slika 3.13. Novi geometrijski set

Sketcher je posebna aplikacija u koju ulazimo preko naredbe Sketch. U sketchu možemo nacrtati limite elemenata.

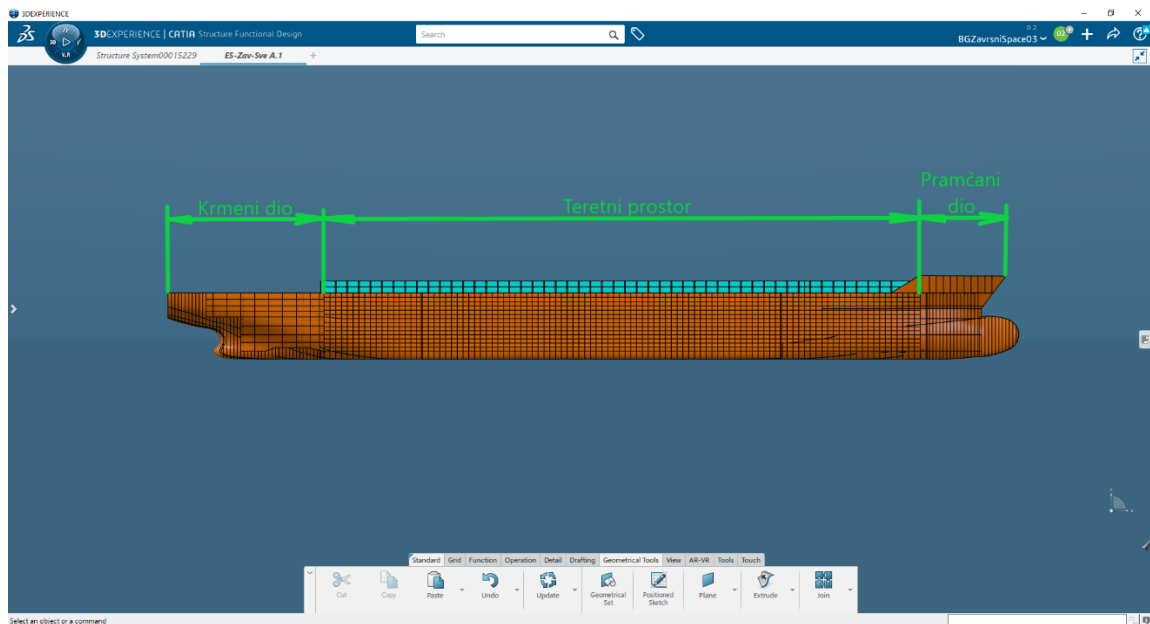
Dodatne ravnine služe kao „support“ za strukturne elemente ili za pozicioniranje skica. Dodatne ravnine možemo definirati na načine prikazane na slici 3.14.



Slika 3.14. Definiranje ravnine

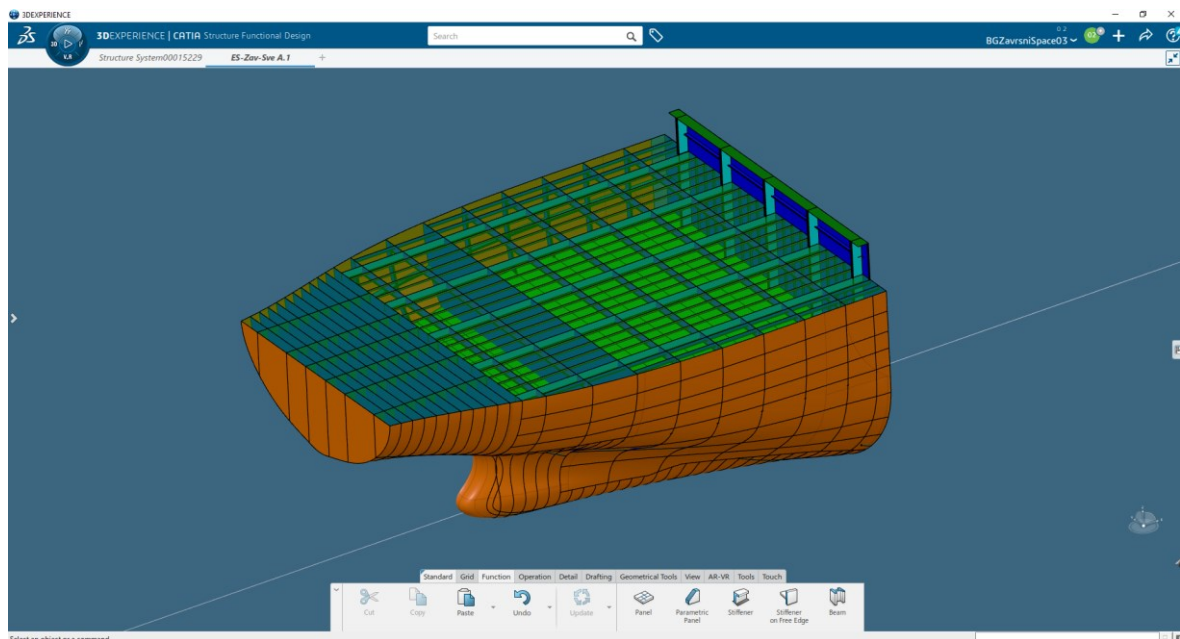
3.2. Računalni model broda

Model je podijeljen na krmeni dio, teretni prostor i pramčani dio, slika 3.15..



Slika 3.15. Uzdužni pogled modela broda

Krmeni dio je od rebra -6 do rebra 39; od krmenog zrcala do krmene pregrade teretnog prostora.

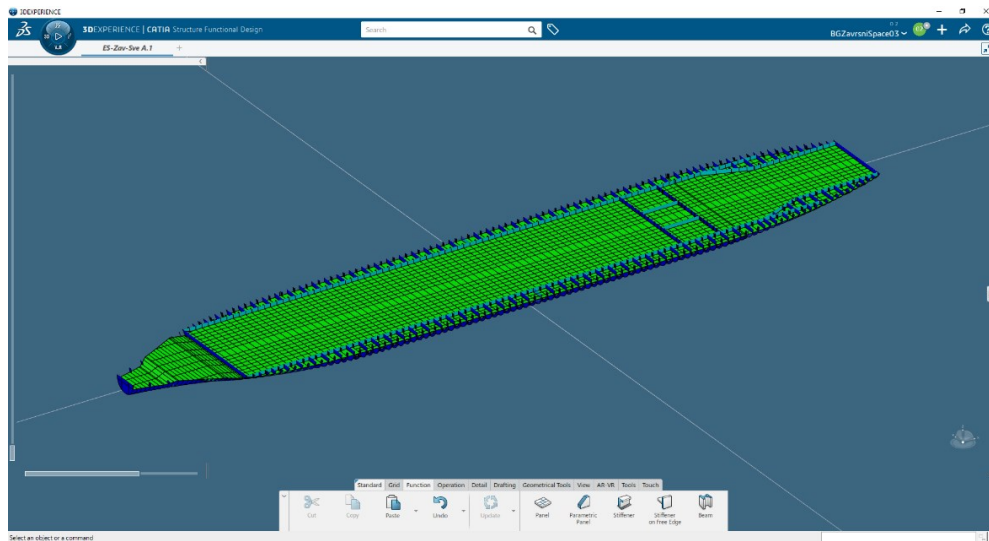


Slika 3.16. Krmeni dio modela

Krmeni dio je podijeljen na krmeni pik, strojarnicu, međupalubu i glavnu palubu. Unutar krmenog pika postavljena je roštiljna konstrukcija. Od rebra 15 do rebra 39 dvodno je unutar strojarnice. Visina se mijenja tako da je 1400 mm od rebra 15 do rebra 22, postepeni prijelaz između rebra 22 i rebra 25, 2000 mm od rebra 25 do rebra 34, te ponovno postepeni prijelaz od rebra 34 do rebra 39.

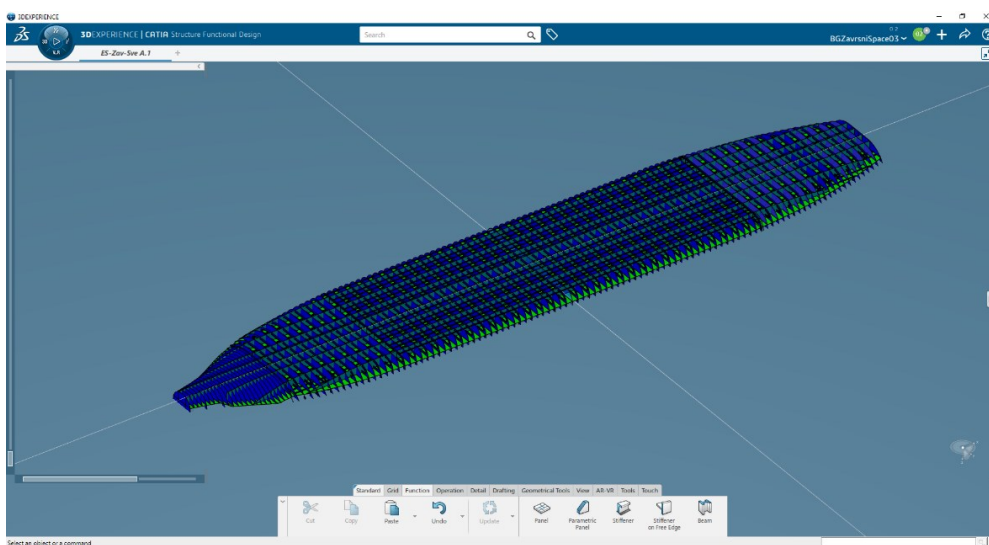
Razmak rebrenica u dvodnu strojarnice je 600mm, razmak primarnih uzdužnih elemenata jednak razmaku primarnih elemenata na glavnom rebro. Strojarnica se nalazi između rebra 15 i rebra 39. Razmak podveza na međupalubi i glavnoj palubi je 3160 mm, sponje su postavljene na svaki četvrti rebreni razmak; svakih 2400 mm, a razmak uzdužnjaka je 790 mm.

Teretni prostor nalazi se između rebra 39 i rebra 142. Teretni prostor možemo podijeliti na dvodno i dvobok. Dvodno unutar teretnog prostora proteže se cijelom duljinom teretnog prostora, od rebra 39 do rebra 142 i visina mu je 1400 mm.



Slika 3.17. Dvodno

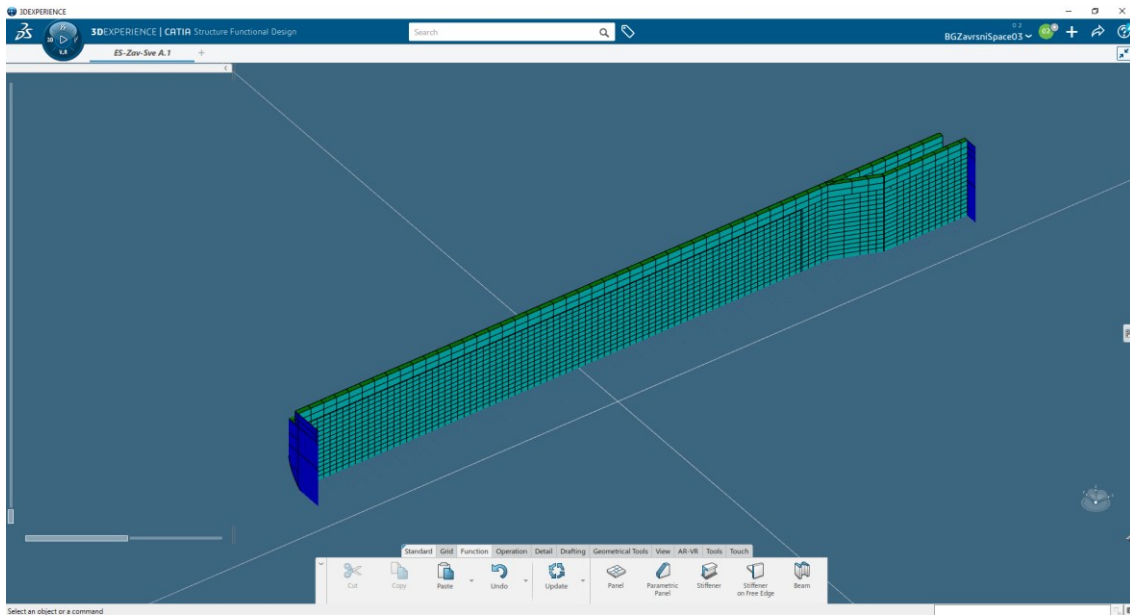
Struktura dvodna teretnog prostora sastoji se od rebrenica, okvirnih rebara, bočnih uzdužnih nosača, tunelske kobilice, uzdužnjaka dna i pokrova dvodna. Razmak punih rebrenica je 2000 mm, odnosno svako drugo rebro. Uzdužni primarni nosači u dvodnu postavljeni su na 900, 2650, 5275 i 7900 mm. Nosači postavljeni na 900 mm od CL čine tunelsku kobilicu, dok su nosači na 2650 mm i 5275 mm od centralne linije postavljeni tako da prate širinu kontejnera. Uzdužni nosač na 7900 mm od centralne linije postavljen je tako da pada ispod unutarnje oplata dvoboka. Uzdužnjaci dna i pokrova dvodna su na jednakim razmacima od 875 mm.



Slika 3.18. Struktura dvodna

DVOBOK

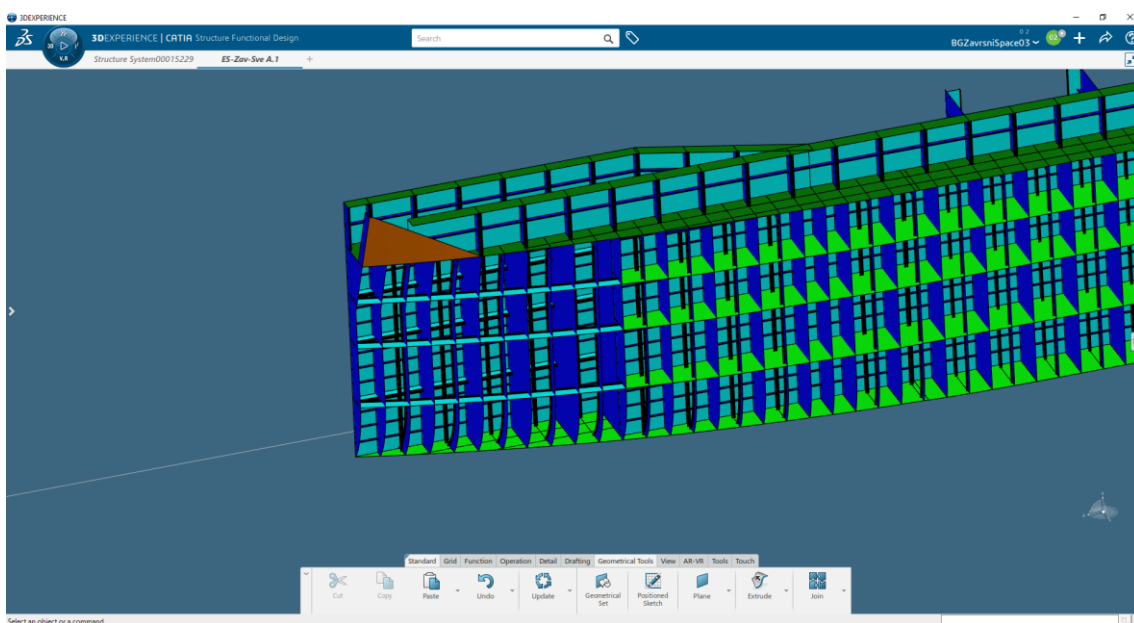
Dvobok se proteže od rebra 39 do rebra 142. Širina dvoboka je 2150 mm na glavnom rebru.



Slika 3.19. Dvobok

Struktura dvoboka sastoji se od oplata dna, unutarnje oplata dvoboka, glavne palube, proveza, punih rebara, okvirnih rebara, uzdužnjaka oplata boka i uzdužnjaka unutarnje oplata dvoboka. Razmak okvirnih i punih rebara jednak je razmaku u dvodnu. Proveze su na 4200, 7000 i 9200 mm od osnovice. Glavna paluba, završni voj, proveza na 9200 mm od osnovice i završni lim unutarnje oplata dvoboka čine torzijsku kutiju. Razmak uzdužnjaka je 700 i 750 mm.

Oblik dvoboka se mijenja od prema pramcu, kako bi se kompenzirala širina dvoboka zbog sužavanja forme.



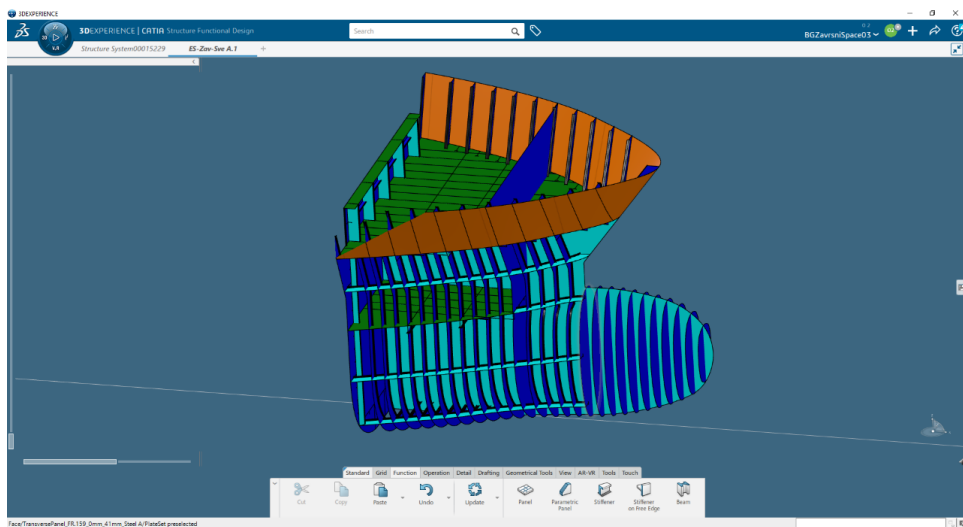
Slika 3.20. Pramčani dio dvoboka

PRAMAC

Pramčani dio nalazi se između rebra 142 i 165. Rebrni razmak na pramčanom dijelu je 600 mm. Struktura pramca sastoji se od okvirnih rebara, punih rebrenica, proveza, centralne uzdužne pregrade, glavne palube, međupalube i oplate.

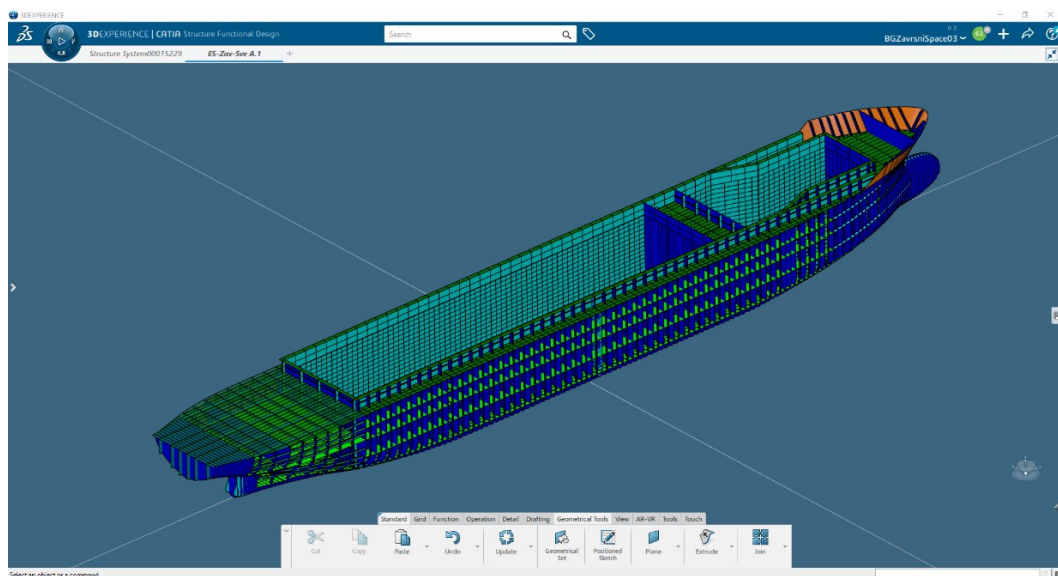
Okvirna rebra su postavljena na svaki rebrni razmak. Proveze su na 1400, 4200, 7000 i 9200 mm od osnovice. Među paluba je na 7000 mm od osnovice. Glavna paluba i međupaluba ukrepljene su tako da su podveze postavljene na svaki 3160 mm, a sponje su postavljene svakih četiri rebrena razmaka.

Bulb je ukrepljen punim rebrenicama na svakom rebrnom razmaku i centralnom uzdužnom pregradom.



Slika 3.21. Pramčani dio

Spajanjem krmenog dijela, teretnog prostora i pramčanog dijela dobivamo model cijelog broda, slika 3.22..



Slika 3.22. Model cijelog broda

4. Dimenzioniranje osnovnih strukturnih elemenata trupa

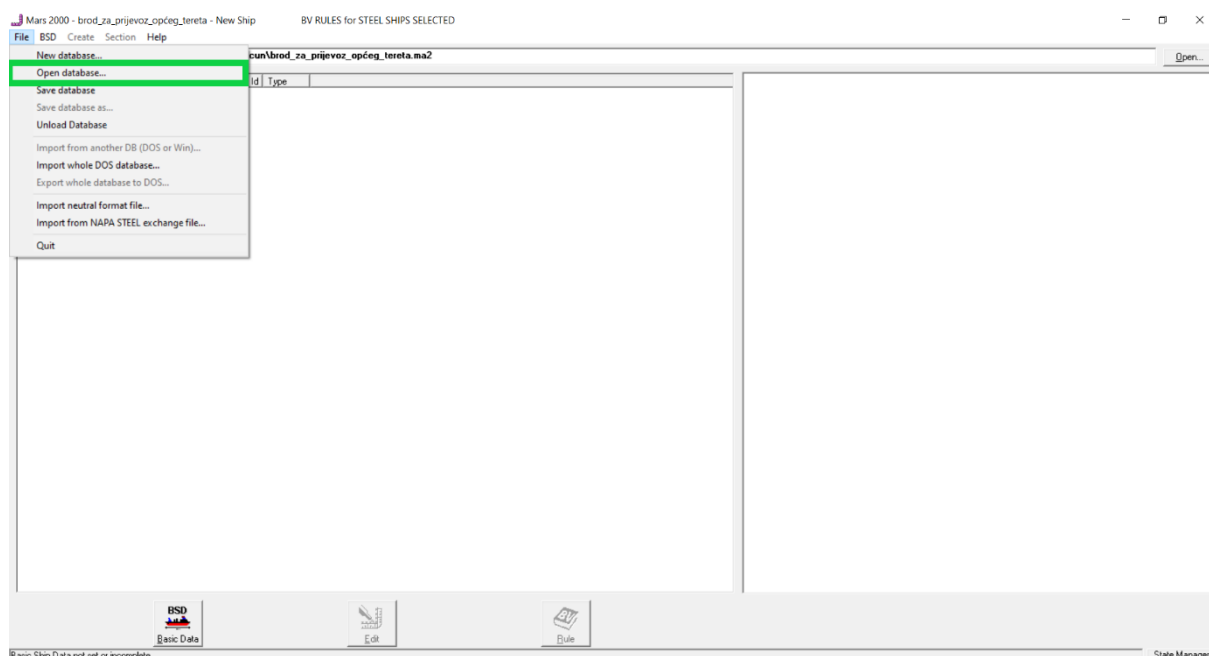
4.1. MARS2000



Slika 4.11 Logo

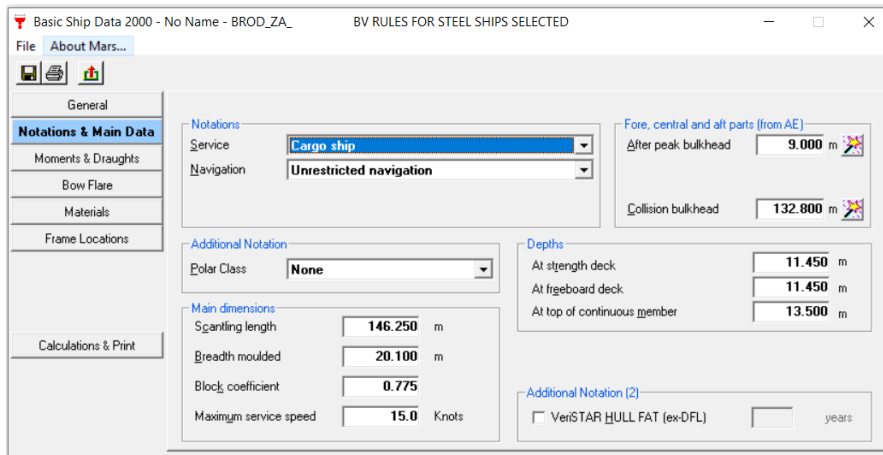
MARS2000 je softver razvijen od strane klasifikacijskog društva Bureau Veritas. Namjena softvera je procjena karakteristika strukture. Koristi se za izračun geometrijskih karakteristika, uzdužne čvrstoće, lokalne čvrstoće limova i ukrepnih elemenata.

Za početak rada potrebno je napraviti novu bazu podataka, slika 4.2., točka 1.

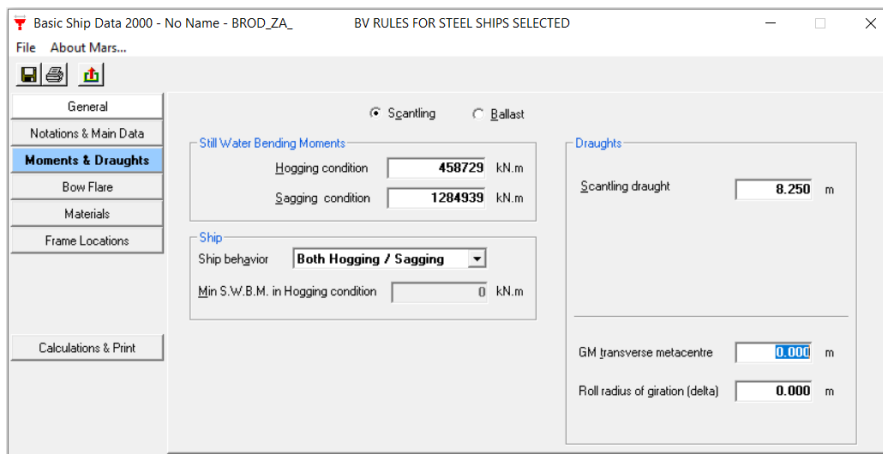


Slika 4.2. Početni zaslon,
1 – nova baza podataka, 2 – osnovni podatci o brodu

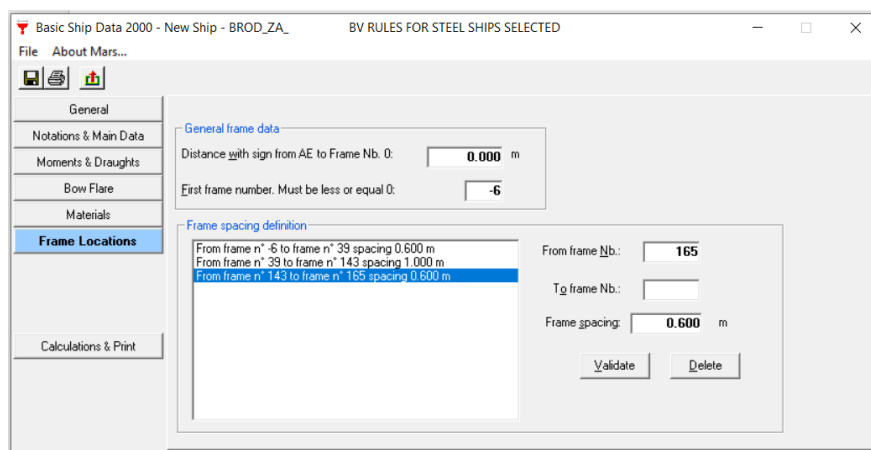
U novu bazu podataka unosimo osnovne podatke o brodu, slika 4.2., točka 2. Osnovne podatke o brodu unosimo u tablice prikazane na slikama 4.3., 4.4. i 4.5..



Slika 4.3. Klasa i glavni podatci

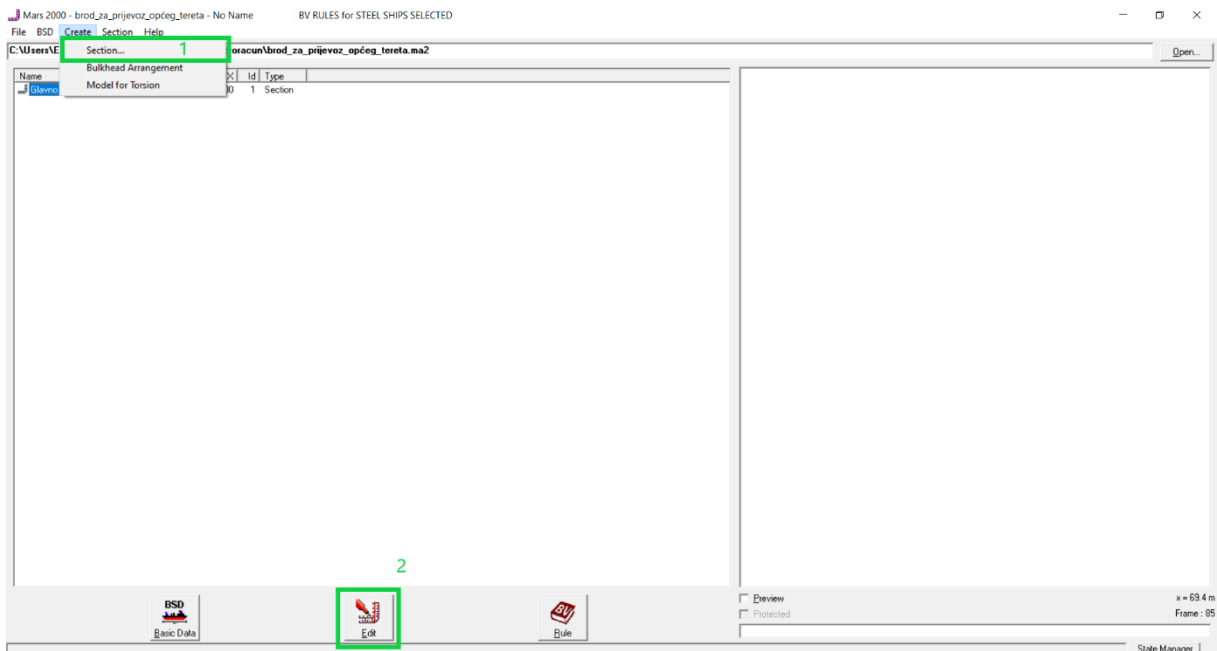


Slika 4.4. Momenti i gaz



Slika 4.5. Rebreni razmaci

Nakon što smo unijeli sve osnovne podatke o brodu možemo početi s „modeliranjem“ prvog presjeka za koji želimo dimenzionirati elemente strukture. Novi presjek otvaramo pomoću naredbe Create – Section, slika 4.6., točka 1. Novi presjek moguće je naknadno urediti pomoću naredbe „Edit“, slika 4.6., točka 2.



Slika 4.6. Presjeci,
1 - novi presjek; 2- izmjene

Za novi presjek potrebno je unijeti osnovne podatke o tom presjeku u tablicu koja se otvara nakon otvaranja novog presjeka, slika 4.7..

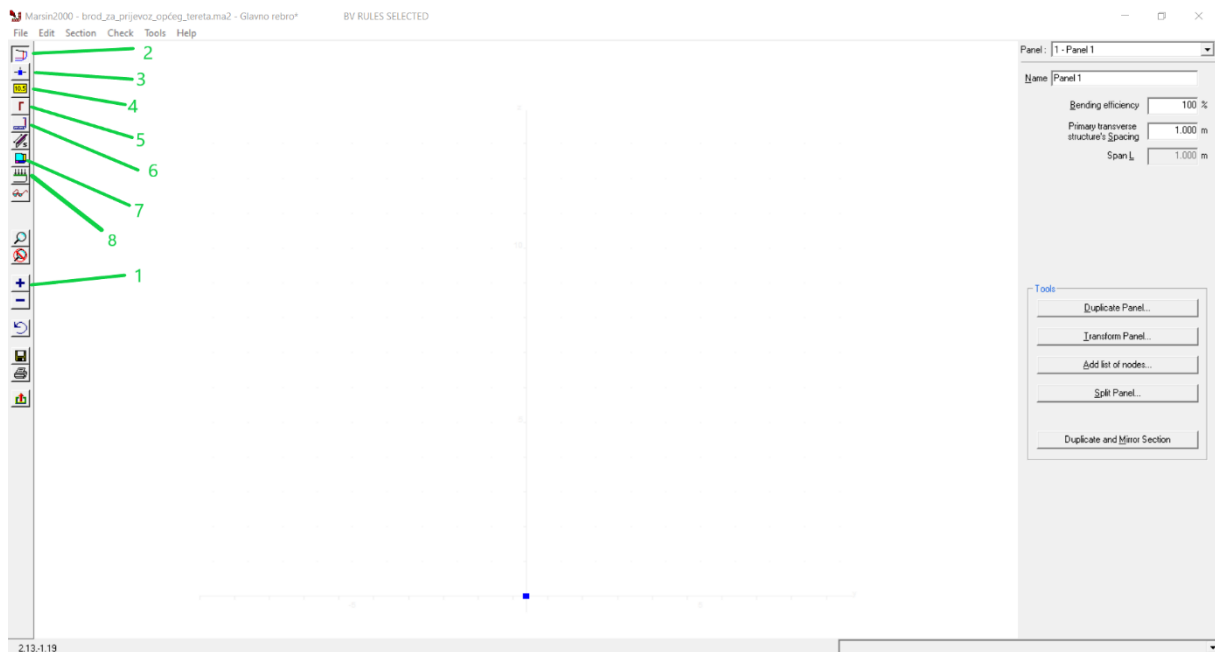
The 'Main Section Data' dialog box is shown with the following fields and values:

- Name:** Glavno_rebro
- Longitudinal Location (from AE):** 69.400 m
- Breadth moulded:** 20.100 m
- Depth moulded:** 11.450 m
- Depth at top of continuous member:** 13.500 m
- Materials:**
 - ST235 in neutral axis
 - ST235 in deck (Extension heights: 0.000 m)
 - ST235 in bottom (Extension heights: 0.000 m)
- Input of:** Full section (Default (BSD))

Buttons for 'Ok' and 'Cancel' are at the bottom.

Slika 4.7. Osnovni podatci presjeka

Za izradu presjeka koristio sam naredbe navedene na slici 4.8. U nastavku su objašnjenja svake naredbe.



Slika 4.8. Naredbe;

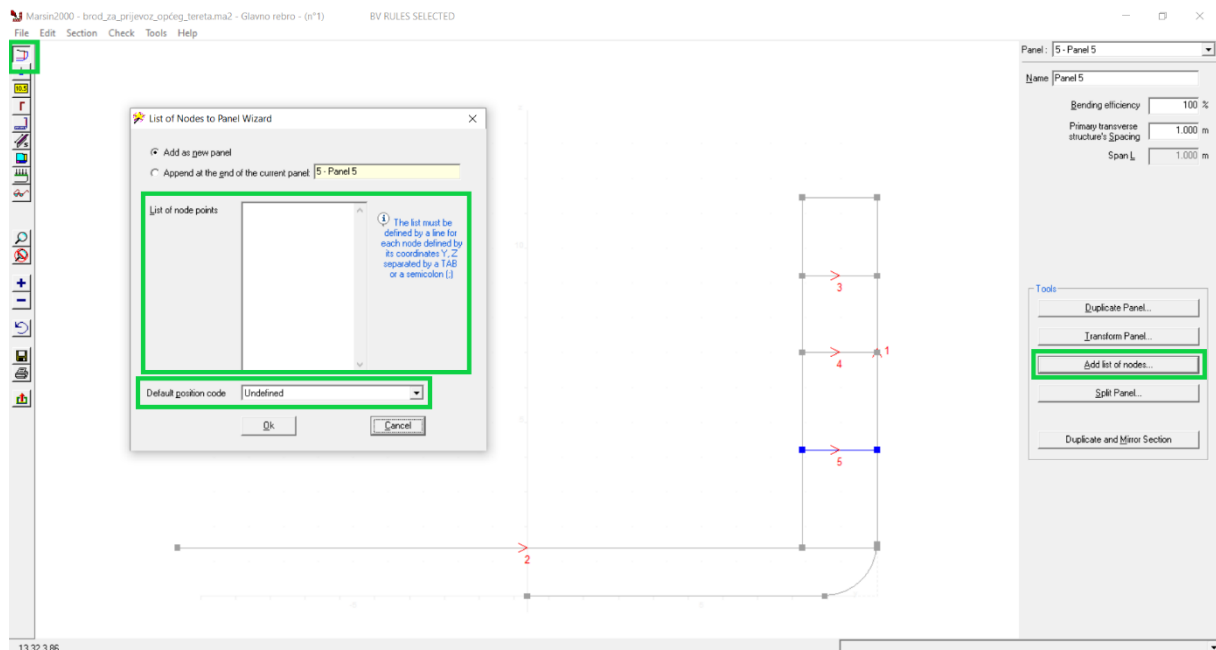
1 - novo; 2 - panel; 3 – točke; 4 – vojevi; 5 – uzdužnjaci; 6 – poprečne ukrepe; 7- prostori; 8 – opterećenja palube

Za početak treba napraviti prvi panel. Kako bi si olakšali možemo koristiti naredbu „bildge wizard“ s kojom definiramo oplatu i uzvojni voj.



Slika 4.9. Uzvojni čarobnjak

2 – Panel – definiramo nove panele, pomoću naredbe „add list of nodes“ možemo direktno unijeti sve koordinate točkaka koje čine taj panel i njegovu kategoriju



Slika 4.10. Panel

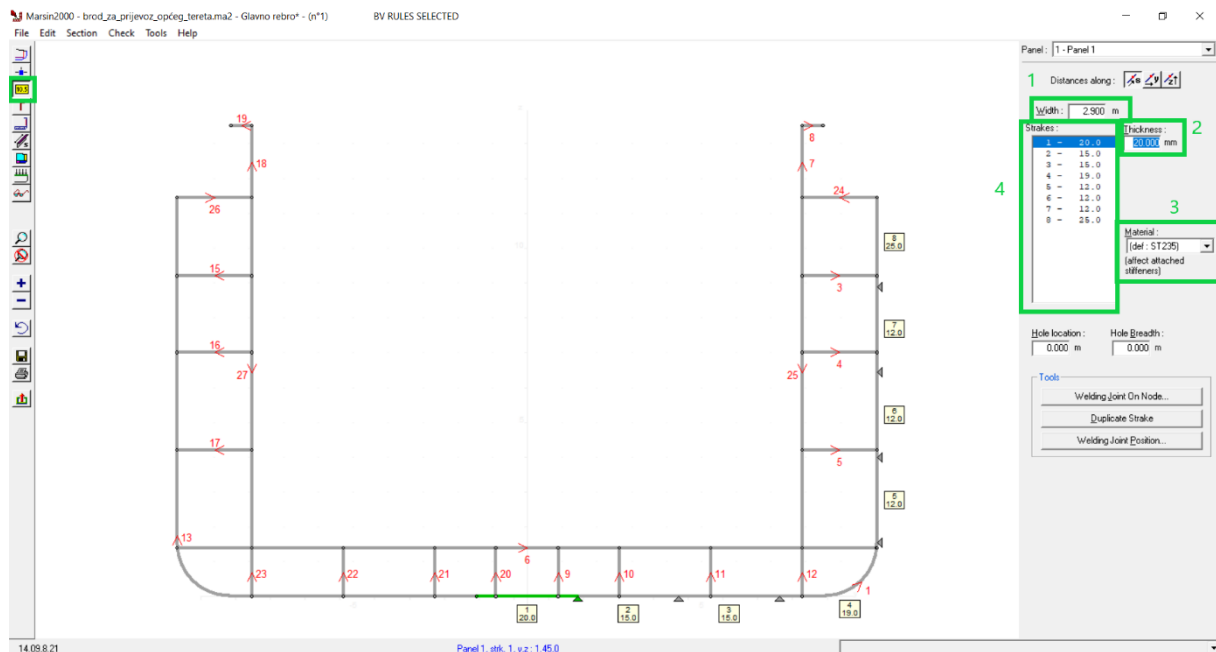
3 – Nodes – točke koje nam definiraju početak i kraj panela. Pomoću naredbe Nodes možemo odrediti koordinate pojedine točke i tako korigirati poziciju panela, oblik panela, kategoriju panela (Position code) i sjecište točkaka s panelom ili nekom drugom točkom. Sjecište s panelom možemo odrediti tako da poznamo ili samo y ili samo z koordinatu te točke

primjer sjecišta je panel pokrova dvodna koji završava na uzvojnomo voju i u tom slučaju ne znamo y-koordinatu te točke, ali znamo z-koordinatu.



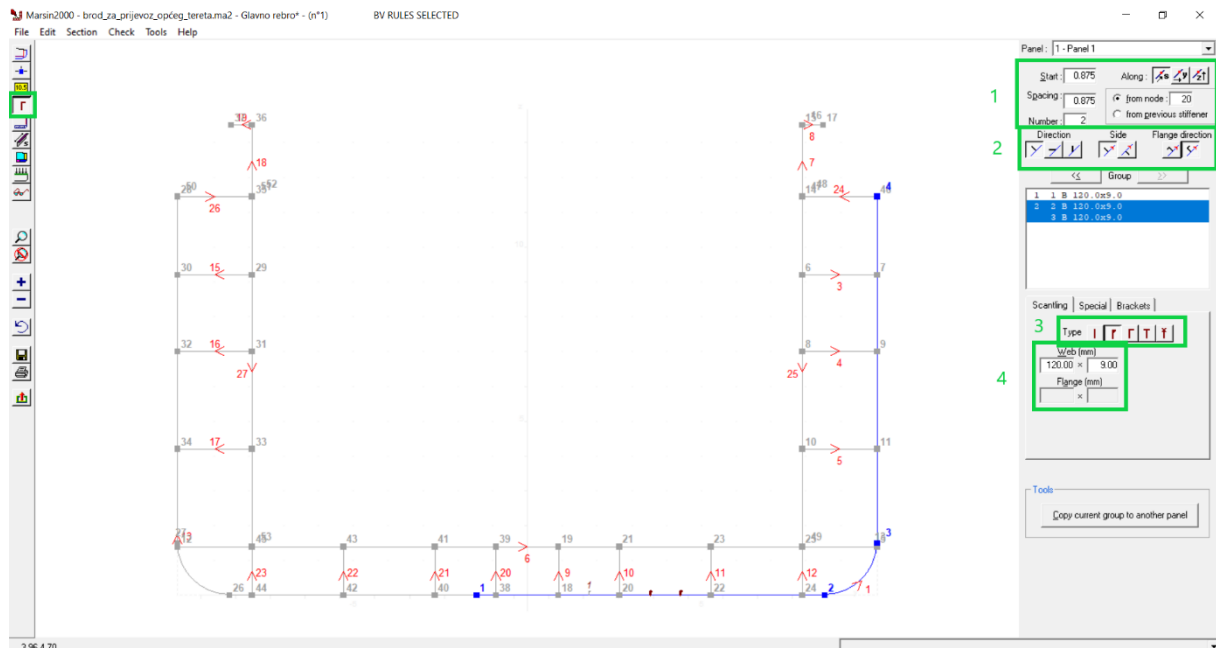
Slika 4.11. Nodes,
1 - koordinate; 2 - oblik panela; 3 - kategorija panela; 4 - sjecište panela

4 - pomoću naredbe Strakes dodajemo vojeve, određujemo širinu i dodjeljujemo im debljinu i materijal.

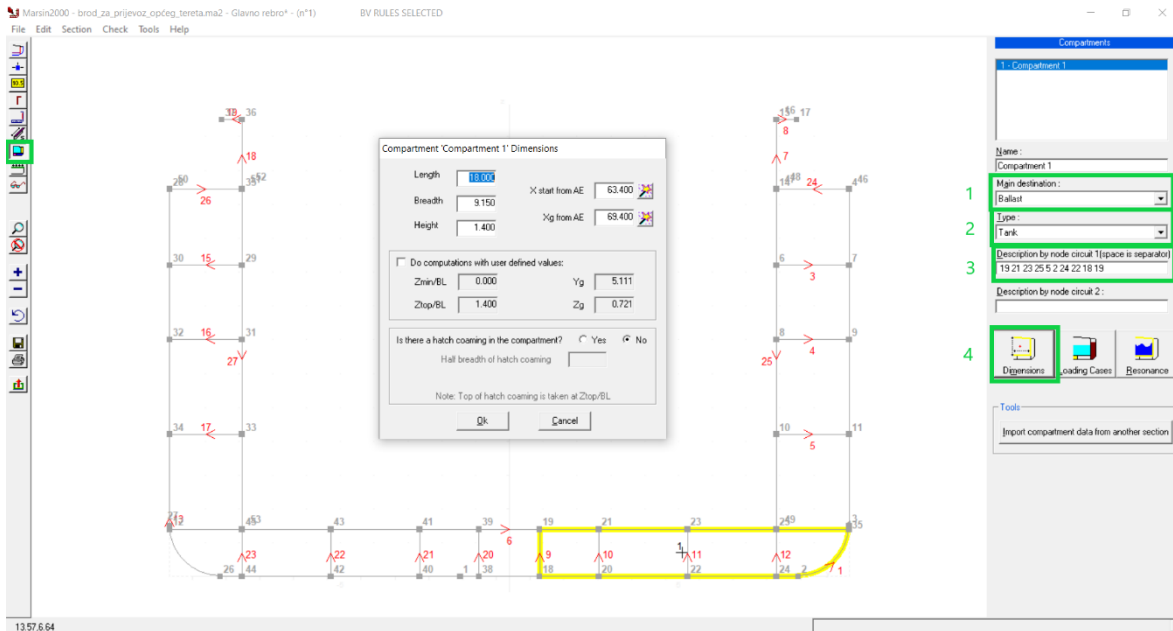


Slika 4.12. Vojevi,
1 - širina, 2 – debljina, 3 – materijal, 4 – popis vojeva

5 – uzdušnjake određujemo za svaki panel zasebno, kako bi smo ubacili uzdušnjak potrebno je odrediti njegovu poziciju na panelu, orijentaciju u odnosu na panel, smijer u kojem gleda, tip uzdušnjaka i njegove veličine.

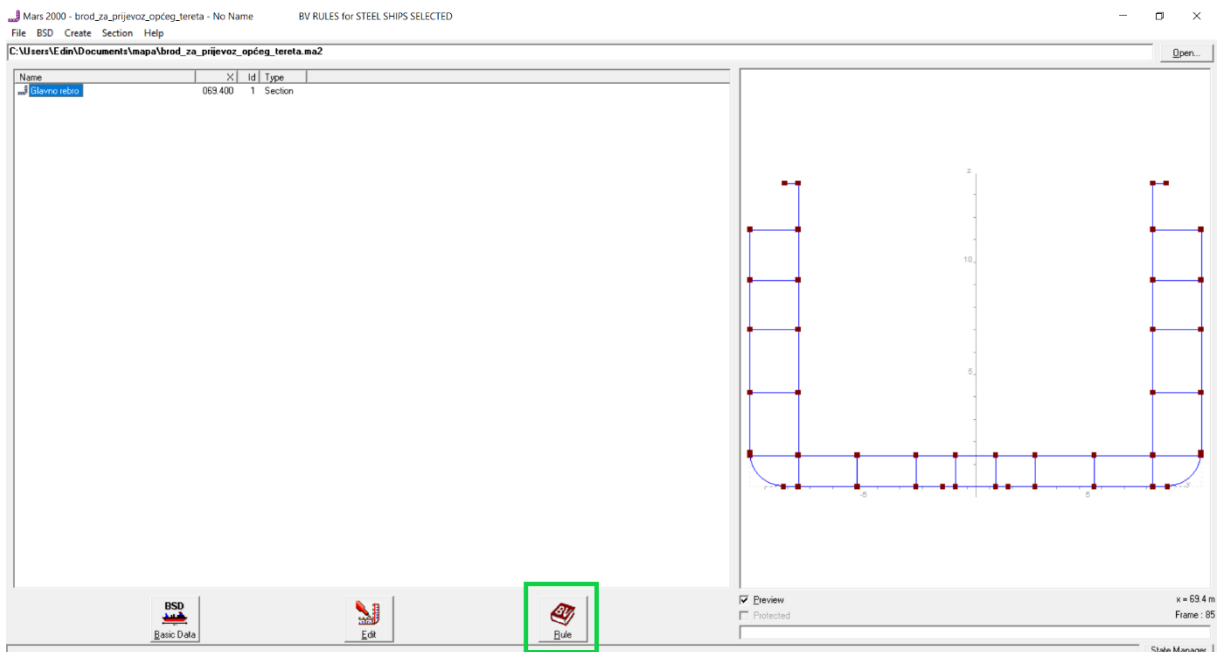


Slika 4.13. Uzdušnjaci,
1 - pozicioniranje; 2 - orijentacija; 3 – tip; 4 – veličina



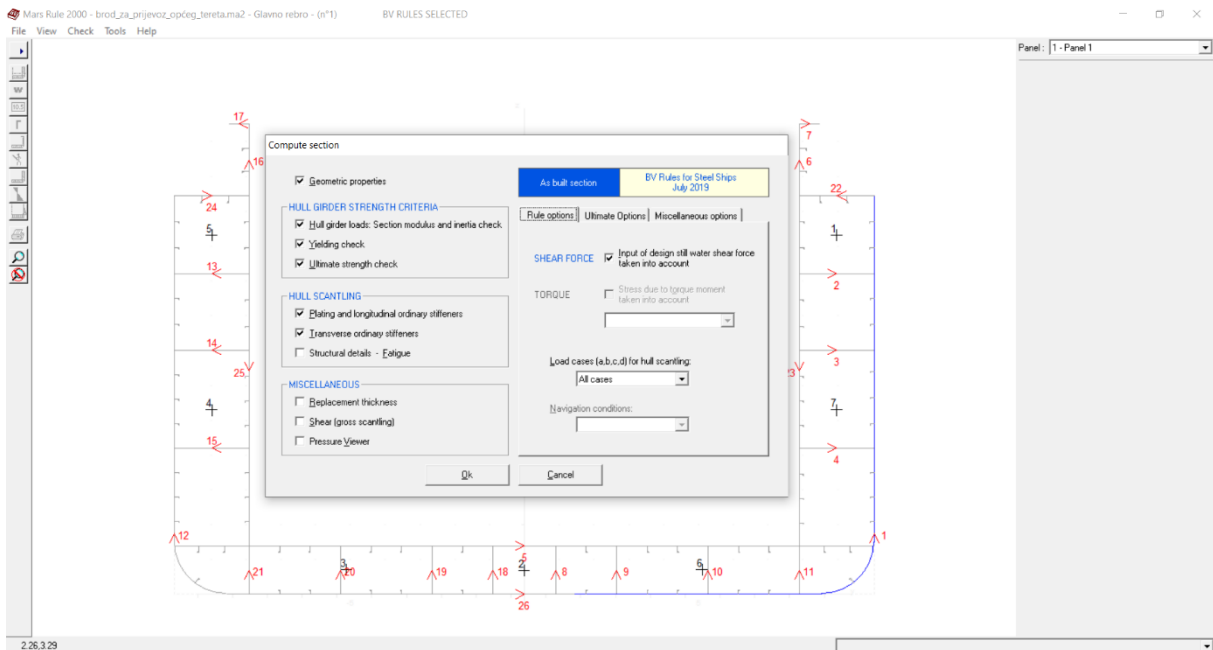
Slika 4.14. Prostori,
1 – vrsta tereta; 2 – tip prostora; 3 – točke koje definiraju granice prostora; 4 – dimenzije u uzdužnom smjeru

Nakon definiranja svih elemenata presjeka možemo pokrenuti proračun prema pravilima registra s naredbom „Rule“



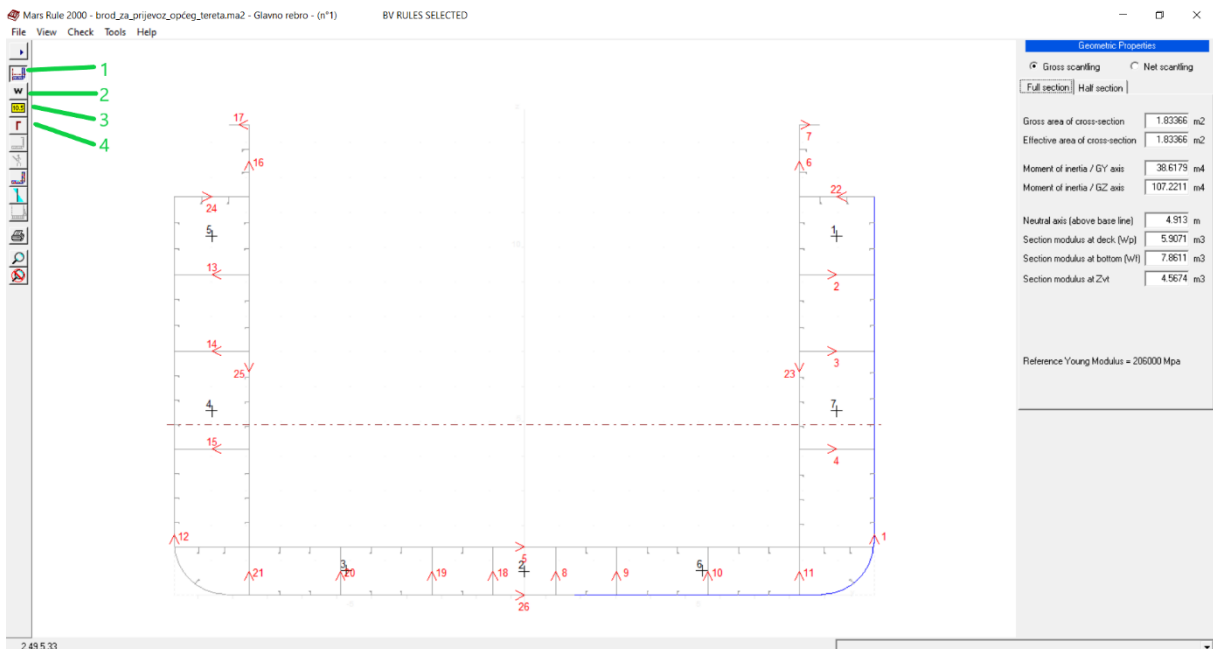
Slika 4.15. Naredba Rule

Pritiskom na naredbu Rule otvara nam se prozor u kojem možemo odabrati što tačno želimo izračunati.



Slika 4.16. Odabir vrijednosti koje se računaju

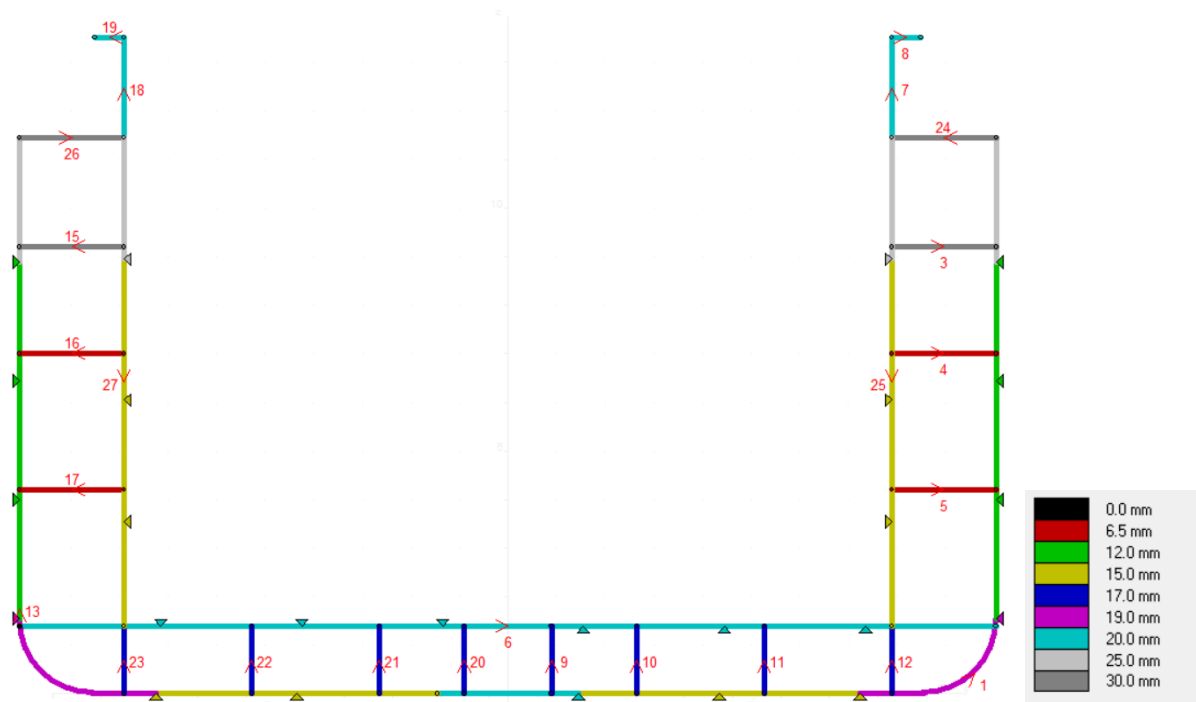
Nakon što je proračun gotov možemo provjeriti za svaki element zasebno da li zadovoljava minimalne vrijednosti zahtjevane od strane registra, geometrijske karakteristike presjeka i kriterij uzdužne čvrstoće pomoću naredbi prikazanih na slici 4.17..



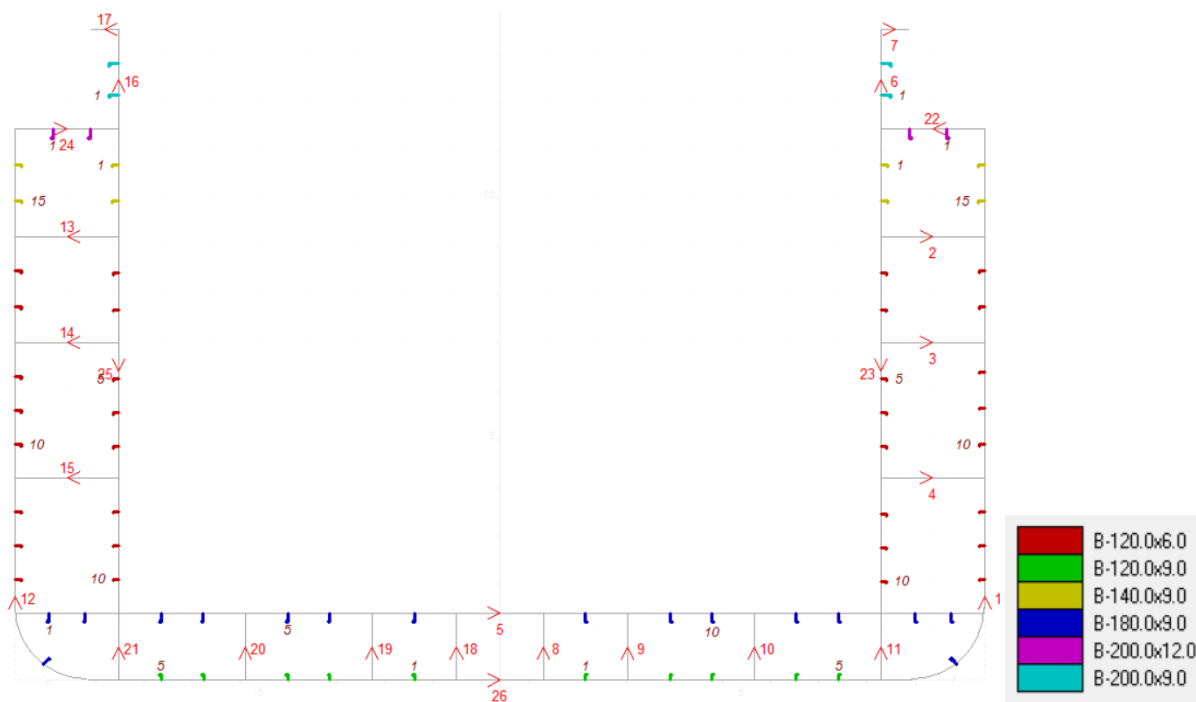
Slika 4.17. Izlazne vrijednosti;
1 – geometrijske karakteristike presjeka; 2 – kriterij uzdužne čvrstoće; 3 – vojevi; 4 – uzdušnjaci

4.2. Prikaz rezultata

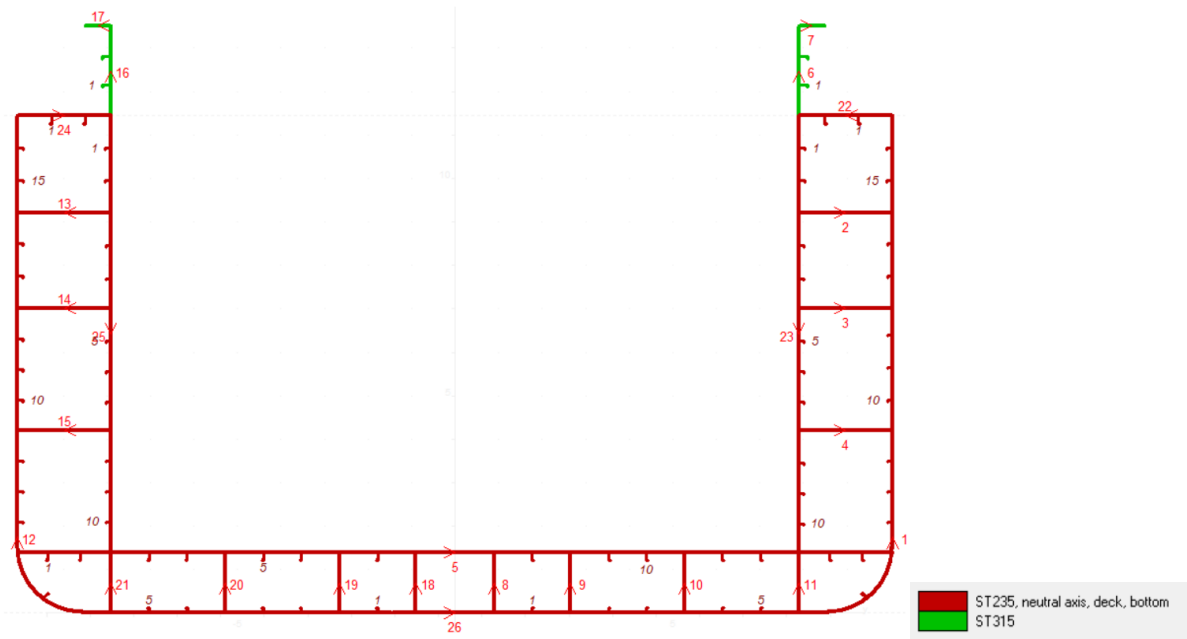
Na početku su prikazane ulazne vrijednosti.



Slika 4.18. Ulazne veličine debljina



Slika 4.19. Ulazne veličine uzdužnjaka



Slika 4-20. Ulazne vrijednosti materijala

Vrijednosti dimenzija osnovnih elemenata strukture za koje je zadovoljen uvjet $Z_{act} > Z_{min}$ prikazana je u priložima 1 i 2.

| Hull girder strength criteria | | | | |
|--|----------|----------------------------|------------------------|------|
| Hull Girder Loads Section Moduli Net/Gross Moduli | | | | |
| | Rule | Actual | at z / BL | k |
| Modulus at deck | 5.60799 | 5.90714 (m ³) | 11.450 (m) | 1.00 |
| Modulus at bottom | 5.60799 | 7.86114 (m ³) | 0.000 (m) | 1.00 |
| Modulus at Zvt | 4.37423 | 4.56744 (m ³) | 13.368 (m) | 0.78 |
| Inertia | 24.60505 | 38.61789 (m ⁴) | (for information only) | |

Close

Slika 4.21. Zadovoljen uvjet $Z_{act} > Z_{min}$

5. Zaključak

Brodovi za prijevoz općeg tereta su raznovrsna grupa brodova koju je teško uklopiti u standardne kategorije, niti po teretu, a niti po veličini. Iako ne mogu parirati specijaliziranim brodovima kao što su brodovi za prijevoz kontejnera ili brodovi za prijevoz rasutog tereta, zbog svoje fleksibilnosti ključna su zadnja karika u svjetskom pomorskom i riječnom trgovinskom lancu.

Konstruktivske i strukturne karakteristike potpuno su predane maksimiziranju prilagođavanja bilo kojoj vrsti suhog tereta.

Određivanje topografije glavnog rebra i dimenzioniranje osnovnih strukturnih elemenata trupa podložno je većim izmjenama što može biti vremenski zahtjevno. U ovom slučaju taj proces sam odradio kompletno softverski što je omogućilo brže izmjene i lakšu usporedbu rezultata, odnosno optimizaciju.

Popis kratica i oznaka

m – metar

mm - millimetar

RO – RO – roll on, roll off (dokotrljaj, otkotrljaj)

DWT – deadweight tonnage (nosivost)

CAD – computer aided design (računalno potpomognuto dizajniranje)

CAM – computer aided manufacturing (računalno potpomognuta proizvodnja)

CAE – computer aided engineering (računalno potpomognuto inženjerstvo)

Literatura

- [1] <https://www.dnv.com/expert-story/maritime-impact/One-step-at-a-time.html>
- [2] Hrvatsko strukovno nazivlje
- [3] <https://www.dnv.com/about/index.html>
- [4] Structural design of container and multipurpose vessels, W.Fricke, D.Koster, Germanischer Lloyd
- [5] International Convention on Load Lines
- [6] <https://www.marineinsight.com/naval-architecture/understanding-lumber-carrier-vessels/>
- [7] <https://www.macship.com/SERVICES/Cargo>
- [8] <https://www.spliethoff.com/>
- [9] <https://griegstar.com/vessels/>
- [10] Ship Construction, Seventh Edition by George J Bruce, David J Eyres
- [11] <https://marine-offshore.bureauveritas.com/>

Popis slika

| | |
|---|----|
| Slika 2.1. Presjek teretnog prostora broda za prijevoz općeg tereta..... | 5 |
| Slika 2.2. Combi Freighter 3850 | 7 |
| Slika 2.3. Uzdužni pogled Combi Freighter 3850..... | 7 |
| Slika 2.4. Brod za prijevoz općeg tereta – Diamantgracht..... | 8 |
| Slika 2.5. Uzdužni pogled Spliethoff tip-D brodova..... | 8 |
| Slika 2.6. Komadni teret..... | 10 |
| Slika 2.7. Čelične zavojnice | 10 |
| Slika 2.8. Vlak kao komadni teret | 11 |
| Slika 2.9. Brod za prijevoz općeg tereta - Noordviet | 11 |
| Slika 2.10. Teret velikih dimenzija – dizalice | 12 |
| Slika 2.11. Teški teret – dijelovi platforme | 12 |
| Slika 2.12. Plimsonova oznaka za prijevoz drva..... | 13 |
| Slika 2.13. Krcanje trupaca na brod za prijevoz općeg tereta | 13 |
| Slika 2.14. Role papira | 13 |
| Slika 2.15. Kontejneri na brodu za prijevoz općeg tereta | 14 |
| Slika 2.16. Krcanje rasutog tereta na brod za prijevoz općeg tereta | 14 |
| Slika 2.17. Glavno rebro brodova za prijevoz općeg tereta | 15 |
| Slika 2.18. Torzijska kutija | 15 |
| Slika 2.19. MacGregor GL/GLE dizalica..... | 16 |
| Slika 2.20. CBB dizalica | 17 |
| Slika 2.21. Portalne dizalice | 17 |
| Slika 2.22. Brod za prijevoz općeg tereta opremljen bočnim dizalima..... | 18 |
| Slika 2.23. Bočna dizala | 18 |
| Slika 2.24. Brod za prijevoz općeg tereta opremljen rampom - M/V CELTIC | 19 |
| Slika 2.25. Krmena rampa..... | 19 |
| Slika 2.26. Teretni prostor pravokutnog oblika..... | 20 |
| Slika 2.27. Pomične pregrade..... | 20 |
| Slika 2.28. Teretni prostor..... | 21 |
| Slika 2.29. Pomične međupalube | 21 |
| Slika 2.30. Uzdužni pogled | 22 |
| Slika 2.31. Glavna paluba | 22 |
| Slika 2.32. Pokrov dvodna | 22 |
| Slika 2.33. Teretni prostor 2, teretni prostor 1 | 22 |
| Slika 2.34. Uzdužni pogled | 23 |
| Slika 2.35. Glavna paluba | 23 |
| Slika 2.36. Poprečni presjek..... | 23 |
| Slika 2.37. Teretni prostori 1; teretni prostor 2; teretni prostor 3 | 23 |
| Slika 3.1. Osnovni podatci o brodu | 24 |
| Slika 3.2. Uzdužni pogled, poklopci grotla i glavna paluba | 24 |
| Slika 3.3. Logo 3DExperience | 25 |
| Slika 3.4. Aplikacije | 25 |
| Slika 3.5. Tablica za postavljanje ravnina..... | 26 |
| Slika 3.6. Tablica ravnina..... | 26 |
| Slika 3.7. Novi structural system | 27 |

| | |
|---|----|
| Slika 3.8. Alatna traka "Function" | 27 |
| Slika 3.9. Prozori za definiranje panela | 27 |
| Slika 3.10. Prozori za definiranje ukrepnih elemenata | 28 |
| Slika 3.11. Prozori za definiranje flanže | 28 |
| Slika 3.12. Alatna traka "Geometrical tools" | 29 |
| Slika 3.13. Novi geometrijski set | 29 |
| Slika 3.14. Definiranje ravnine | 29 |
| Slika 3.15. Uzdužni pogled modela broda | 30 |
| Slika 3.16. Krmeni dio modela | 30 |
| Slika 3.17. Dvodno | 31 |
| Slika 3.18. Struktura dvodna | 31 |
| Slika 3.19. Dvobok | 32 |
| Slika 3.20. Pramčani dio dvoboka | 32 |
| Slika 3.21. Pramčani dio | 33 |
| Slika 3.22. Model cijelog broda | 33 |
| Slika 4.11 Logo | 34 |
| Slika 4.2. Početni zaslon | 34 |
| Slika 4.3. Klasa i glavni podatci | 35 |
| Slika 4.4. Momenti i gaz | 35 |
| Slika 4.5. Rebreni razmaci | 35 |
| Slika 4.6. Presjeci, | 36 |
| Slika 4.7. Osnovni podatci presjeka | 36 |
| Slika 4.8. Naredbe | 37 |
| Slika 4.9. Uzvojni čarobnjak | 37 |
| Slika 4.10. Panel | 38 |
| Slika 4.11. Nodes | 38 |
| Slika 4.12. Vojevi | 39 |
| Slika 4.13. Uzdužnjaci | 39 |
| Slika 4.14. Prostori | 40 |
| Slika 4.15. Naredba Rule | 40 |
| Slika 4.16. Odabir vrijednosti koje se računaju | 41 |
| Slika 4.17. Izlazne vrijednosti | 41 |
| Slika 4.18. Ulazne veličine debljina | 42 |
| Slika 4.19. Ulazne veličine uzdužnjaka | 42 |
| Slika 4-20. Ulazne vrijednosti materijala | 43 |
| Slika 4.21. Zadovoljen uvjet $Z_{act} > Z_{min}$ | 43 |

Popis priloga

1. Prilog 1 - Proračun
2. Prilog 2 – Glavno rebro

Sažetak

Tema ovog rada je kategorizirati brodove za prijevoz općeg tereta. Opisati strukturne i konstrukcijske karakteristike i usporediti konstrukcijska rješenja teretnog prostora. Na temelju predloška odrediti raspored osnovnih elemenata strukture i na temelju tog rasporeda ih dimenzionirati.

Summary

Subject of this paper is to categorize multipurpose cargo vessels. Describe structural and constructional characteristics and to compare constructional solutions for cargo space of multipurpose cargo vessels. Based on given template define layout of basic structural elements and calculate dimensions of those elements.

Ključne riječi : brod za prijevoz općeg tereta, višenamjenski teretni brod, komadni teret, teški teret, 3Dexperience, MARS2000