

# Modeliranje strukture krme broda

---

**Miletić, Paola**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2024**

*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:190:984167>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-07**



*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U RIJECI

**TEHNIČKI FAKULTET**

Prijediplomski sveučilišni studij brodogradnje

Završni rad

**MODELIRANJE STRUKTURE KRME BRODA**

Rijeka, rujan 2024.

Paola Miletić

0069089425

SVEUČILIŠTE U RIJECI

**TEHNIČKI FAKULTET**

Prijediplomski sveučilišni studij brodogradnje

Završni rad

**MODELIRANJE STRUKTURE KRME BRODA**

Mentor: prof. doc. sc. Marko Hadjina

Komentor: asist. Domagoj Vrtovšnik

Rijeka, rujan 2024.

Paola Miletić

0069089425

Rijeka, 13.03.2024.

Zavod: Zavod za brodogradnju i inženjerstvo morske tehnologije  
Predmet: Tehnologija brodogradnje

## ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD

Pristupnik: **Paola Miletić (0069089425)**  
Studij: Sveučilišni prijediplomski studij brodogradnje (1020)


Zadatak: **MODELIRANJE STRUKTURE KRME BRODA / MODELLING OF SHIP STERN STRUCTURE**

Opis zadatka:

Uvodno u radu opisati proces izrade dokumentacije za projektiranje i gradnju broda. Nadalje, u osnovama opisati metodologiju modeliranja strukture plovnog objekta u brodograđevnom softveru uz prikaz postupka na odabranom dijelu strukture. Prema zadanoj projektnoj i klasifikacijskoj dokumentaciji samostalno modelirati strukturu krme broda u specijaliziranom brodograđevnom softveru. Rad popratiti relevantnom dokumentacijom i informacijama.


Rad mora biti napisan prema Uputama za pisanja diplomskih / završnih radova koje su objavljene na mrežnim stranicama studija.

Zadatak uručen pristupniku: 20.03.2024.

Mentor:   
prof. dr. sc. Marko Hadjina

Komentor:  
Domagoj Vrtovšnik

Predsjednik povjerenstva za  
završni ispit:  
prof. dr. sc. Roko Dejhalla





## **IZJAVA**

Na temelju čl.9. Pravilnika o završnom radu, završnom ispitu i završetku prijediplomskog studija, izjavljujem da sam samostalno izradila završni rad uručen 11. rujna. 2024. pod naslovom „ Modeliranje strukture krme broda“.

Rijeka, rujan 2024.

---

Paola Miletić

## **ZAHVALA**

*Ovom prilikom htjela bih se zahvaliti svom mentoru prof. dr. dc. Marku Hajdini na savjetima i znanju prenesenom tijekom izrade ovog rada.*

*Zahvaljujem se svojim roditeljima, sestri, prijateljima i ostaloj obitelji na podršci, strpljenu i svakom savjetu, što su mi bili velika potpora i oslonac tijekom ovog životnog perioda.*

*Velike zahvale svim mojim kolegicama i kolegama što su uljepšali mi ove studentske dane i dosadašnje iskustvo studiranja.*

## Sadržaj

1. Uvod .....	1
2. Dokumentacija.....	2
3. Osnovni tok i sadržaj dokumentacije.....	3
3.1 Ugovaranje broda .....	3
3.1.1 Idejni projekt .....	5
3.1.2 Preliminarni projekt .....	6
3.1.3 Ugovorni projekt .....	8
4. Izrada projektne dokumentacije.....	9
4.1 Projektna tehnička dokumentacija.....	9
4.2 Projektna tehnološka dokumentacija.....	9
5. Izrada klasifikacijske dokumentacije.....	12
6. Izrada radioničke dokumentacije .....	15
7. Izrada tehnološke dokumentacije .....	16
7.1 Tehnička priprema materijala.....	16
7.2 Izrada radioničke tehnološke dokumentacije .....	16
8. Izrada planske dokumentacije.....	19
9. Modeliranje strukture krme broda .....	20
9.1 Softverska platforma 3D Experience .....	20
9.2 Modeliranje oplate krmenog dijela broda .....	22
9.3 Modeliranje paluba broda.....	24
9.4 Modeliranje elemenata uzdužne strukture i vodonepropusnih pregrada.....	26
9.5 Modeliranje elemenata poprečne strukture .....	30
10. Modeliranje detalja na strukturi broda.....	36
10.1 Otvori.....	36
10.2 Prolazi za profile .....	38
10.3 Završeci profila.....	40
10.4 Koljena .....	42
11. Zaključak .....	45
LITERATURA.....	46
POPIS SLIKA.....	47
SAŽETAK .....	49

## 1. Uvod

Brodograđevna industrija predstavlja jednu od najstarijih grana gospodarstva te je igrala ključnu ulogu u razvoju pomorstva i trgovine. Brodogradnja obuhvaća projektiranje i gradnju plovila različitih vrsta i veličina ( od manjih plovila do vrlo velikih teretnih plovila i kruzera). Izrada brodova odvija se u brodogradilištima koji su opremljenih najsuvremenijom tehnologijom kako bi se postigla kvalitetna izgradnja broda i izuzetna sigurnost pritom iskorištavajući maksimalnu učinkovitost proizvodnih procesa. Brodogradnja zahtijeva timski rad različitih tehničkih znanosti kao strojarstvo, elektrotehnika, hidrodinamika i ostale inženjerske grane. Dokumentacija je jedna od najvažnijih stavki u brodogradilištu jer osigurava precizan i kontroliran proces izgradnje broda. Brodska dokumentacija sastoji se od tehničkih opisa i crteža te specifikacija i uputa kojima se opisuju svi koraci u procesu gradnje broda – od početnih faza projektiranja do završnih detalja i primopredaje broda brodovlasniku. Također je sadržana dokumentacija vezana uz sigurnosne upute i standarde, međunarodne propise i pravila koja su usuglašena od strane klasifikacijskih društva i Međunarodne pomorske organizacije (IMO). Detaljna i ispravna dokumentacija igra ključnu figuru u osiguranju sigurnosti i pouzdanosti plovila tijekom njegovog vijeka trajanja. Razvojem tehnologije, razvilo se je mnogo softvera kojima se je uvelike ubrzao proces projektiranja brodova. Softveri omogućavaju preciznije modeliranje, simulacije i analize, čime se smanjuje mogućnost pogreške na minimum, te se ubrzava gradnja i unapređuju se svojstva broda. Neki od najpoznatijih softvera koji se koriste u brodogradnji su AutoCad, 3D Experience, AVEVA, Rhino7, SolidWorks i ostali softveri. Tim softverima također je olakšana suradnja između timova, te efikasnije upravljanje, vođenje i izradu dokumentacije. Ovim radom opisan je postupak modeliranja strukturnih elementa krme broda prema zadanoj klasifikacijskoj dokumentaciji broda „Veirge“. U radu je također opisana sva brodograđevna dokumentacija potrebna za gradnju broda i brodske opreme. Softverska platforma koja se je koristila za modeliranje strukturnih elementa krme broda je 3D Experience.

## 2. Dokumentacija

Brodograđevna dokumentacija predstavlja skup dokumenata za gradnju broda i ugradnju brodske opreme odnosno uređaja. Izrada brodograđevne dokumentacije iznimno je dugotrajan i složen proces, te zahtijeva dobru suradnju i komunikaciju između brodograditelja, strojara, elektrotehničara, inspektora, pravnih osoba i ostalih osoba uključenih u samo proces izrade. Dokumentacija sadrži sve potrebne informacije za gradnju broda prema planovima, određenim tehničkim specifikacijama, propisima, standardima i zakonima koji se koriste u brodogradnji.

Dokumentacija koja se izrađuje za gradnju broda vrlo je opsežna i detaljno opisana. Brodograđevnom dokumentacijom se definiraju glavne karakteristike broda i svi ostali potrebni nacrti koji omogućavaju što preciznije vođenje opremanje i gradnje samog broda. Nabava materijala jedna od je ključnijih stavki za gradnju broda te je bitno da se ona pravovremeno nabavi i kasnije dostavi u brodogradilište. Radi toga se u dokumentaciju dodaje popis i specifikacija materijala koji će se ugraditi u brod, zajedno s tehničkim karakteristikama svakog materijala. Organizacija oko nabave materijala mora bit optimizirana kako bi trajala što kraće, a materijali bi trebali biti dostupni u točno određenom vremenskom razdoblju. Bitno je da se poštuju organizacijske smjernice i prateća dokumentacija kako bi se što lakše regulirao cijeli proces oko gradnje broda.

Brodograđevna dokumentacija može se podijeliti na :

1. Ugovornu dokumentaciju u koju spadaju idejni projekt, preliminarni projekt i ugovorni projekt.
2. Projektnu dokumentaciju u koju spadaju projektna tehnička dokumentacija, projektna tehnološka dokumentacija, klasifikacijska dokumentacija.
3. Radioničku dokumentaciju u koju spadaju radionička dokumentacija trupa broda i opreme.

Osiguravanje pravilnog provođenja tehnoloških procesa prilikom izrade i montaže trupa broda i opreme osigurava radionička dokumentacija koja spada u tehničku dokumentaciju broda. U radioničkoj dokumentaciji sadržane su razne specifikacije, propisi i radionički nacrti. Tehnološka dokumentacija odnosi se na tehnološke procese koji će se koristiti za izradu i montažu broskog trupa i opreme broda. Tehnološka dokumentacija sadrži upute o sastavljanju sekcija, montažu broda, primjenu standarda, pripremu materijala i ostalih povezane aktivnosti.

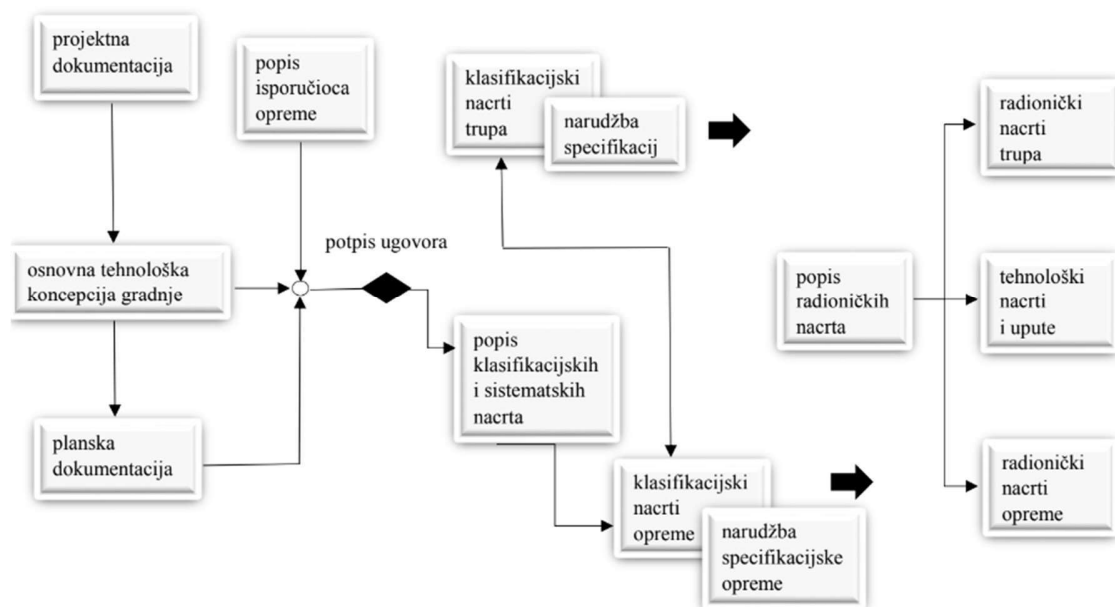
### 3. Osnovni tok i sadržaj dokumentacije

#### 3.1 Ugovaranje broda

Ugovaranje broda odnosno poslovni proces započinje od strane brodovlasnika koji traži ponude o uvjetima izgradnje broda od nekoliko brodogradilišta, a završava potpisom ugovora. U ponudi brodovlasnik od brodogradilišta zahtijeva odgovor o uvjetima gradnje određene namjene s glavnim karakteristikama. Kao ponudu na upit brodogradilište izrađuje idejni projekt. Idejni projekt sadrži podatke o kalkulaciji, osnovne karakteristike broda (dužina, širina, gaz, visina i brzina), tehnički opis, kratki opis i skicu broda.

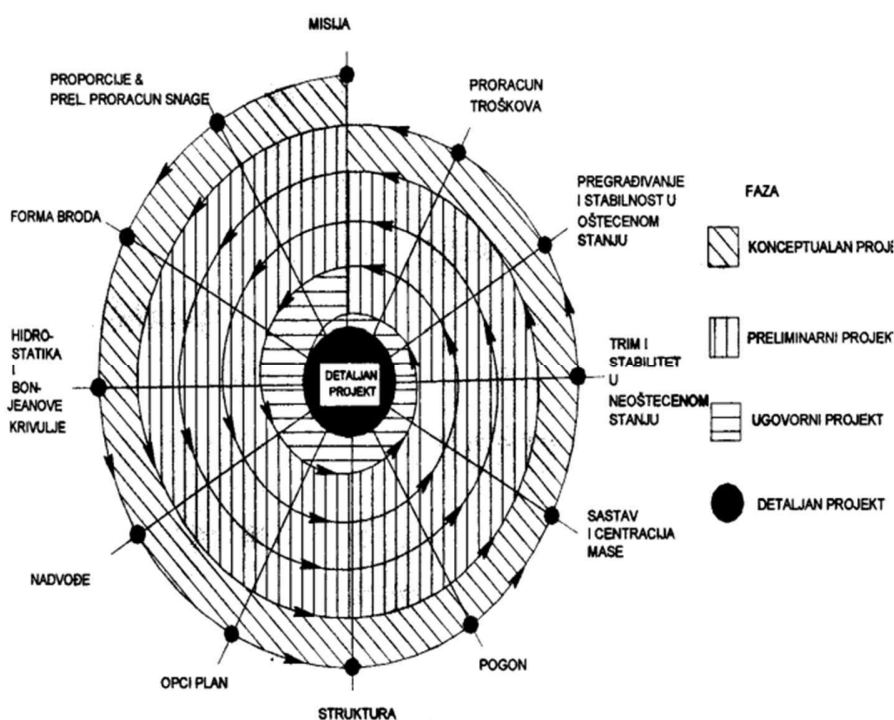
Ako je brodogradilišta zainteresirano za gradnju broda, Ured prodaje kreće u izradu sljedećeg:

- iz upita se analizira kapacitet i tehnološke mogućnosti brodogradilišta za gradnju broda
- preliminarni projekt koji sadrži tehnički opis i opći plan broda
- podjelu broda u sekcije
- izrada općeg plana gradnje broda i rokova
- kalkulacija o cijeni gradnje samog broda



Slika 3.1. Shema toka izrade tehničke dokumentacije [7]

Kod projektiranja brodova, ekonomski faktor je od velike važnosti. Kako nebi došlo do nepotrebnog gubitka vremena, odnosno da sam proces projektiranja ne započinje od početaka u slučaju nezadovoljavajućih rezultata, osmišljena je Evansova projektna spirala. Temelji se na iteraciji, drugim riječima ponavljaju se pojedine faze projektiranja kako bi se došlo do željenih rezultata i vrijednosti. Njome se poboljšavaju pojedini dijelovi projekti, a samim time i cijeli projekt. Daljnjim ponavljanjem dolazi se do kraja procesa kada su zadovoljeni svi zahtjevi i želje od strane brodograditelja i klasifikacijskih društva prema projektnom uredu brodogradilišta.



Slika 3.2. Evansova projektna spirala <sup>[4]</sup>

Početni projekt se razvija kroz tri faze:

- idejni projekt
- preliminarni projekt
- ugovorni projekt

### 3.1.1 Idejni projekt

Kod upita kupca, odnosno brodo vlasnika, postoje neki parametri. Idejni projekt prvi je korak u procesu ugovaranja broda, te on mora osigurati tehničko-ekonomsku bazu za odabir i sadrži osnovne tehničke karakteristike broda:

- podatke za kalkulaciju
- osnovne podatke o brodu
- tehničke podatke
- kratki opis
- skicu broda.

Idejni projekt najčešće je podijeljen u dvije faze:

- u prvoj fazi određuju se osnovne karakteristike broda (duljina, širina, visina, gaz, nosivost, vrsta broda i uvjeti vezani uz vrstu broda,...), nakon toga se ustanove parametri potrebni za izradu proračuna i izrađuje se skica broda
- u drugoj fazi razrađuju se karakteristike definirane u prvoj fazi, sve navedeno se detaljnije definira; ovdje je bitno jer su sadržani detaljni tehnički podaci, opis broda te malo preciznija i detaljna skica broda



### 3.1.2 Preliminarni projekt

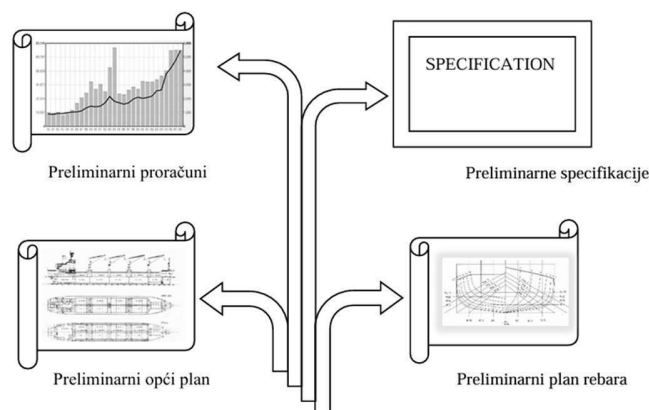
Preliminarni projekt predstavlja daljnje razrađivanje idejnog projekta. Ovaj dio faze jako je bitan u cijelom procesu projektiranja zbog toga jer se ovdje utvrđuju glavne karakteristike broda i iste se po potrebi daljnje razrađuju, ovisno o potrebama i zahtjevima brodovlasnika i brodogradilišta. Pod glavne karakteristike spadaju bruto i neto tonaža, geometrijske veličine broda, porivni stroj koji se ugrađuje u brod i ostale slične stvari. Poželjno je da se porivni stroj odredi u najranijim fazama projektiranja jer se na osnovi stroja dalje proračunavaju i definiraju ostale bitne značajke pogotovo se to odnosi na brodski vijak.

Izrađuje se plan troškova u koji ulazi troškovi gradnje, materijala, opreme, potrošnje goriva, posada broda, troškove održavanja. Potrošnja goriva može se izračunati na temelju nosivosti, vrsti broda i plovidbenom putu. Također je potrebno procijeniti troškove održavanje pod što spada mazivo.

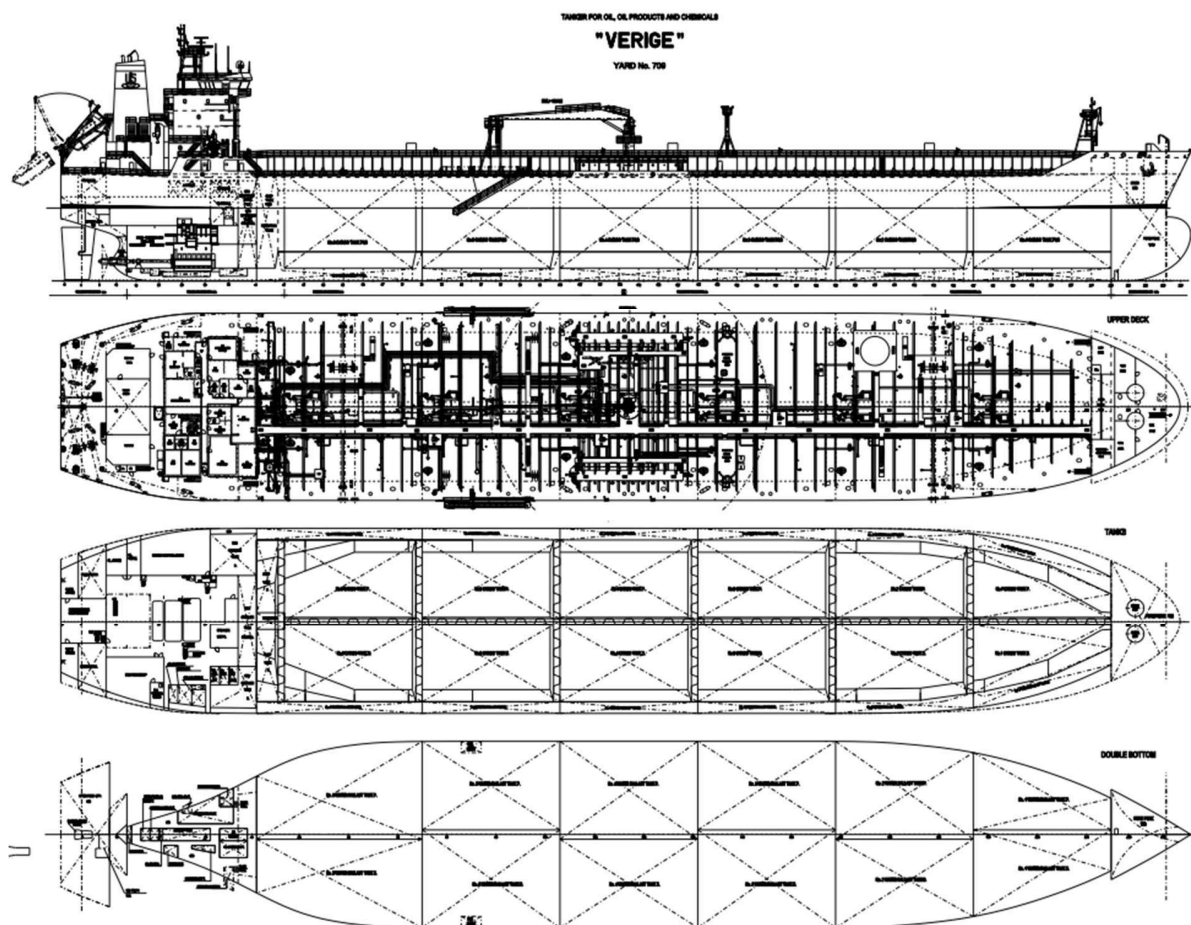
Preliminarni projekt, kao i idejni projekt, sastoji se od osnovnih karakteristika broda i potrebnih parametara za proračune. Sadržava skraćeni tehnički opis i općeg plana broda u mjerilu 1:500.

Izlazni podaci preliminarnog projekta su:

- obavljeni proračuni;
- glavne karakteristike broda;
- kratki tehnički opis koji ima od 20 do 60 stranica;
- preliminarni plan brodskih rebara i
- opći plan izrađen u mjerilu 1:500



Slika 3.3. Izlazni podaci preliminarnog projekta <sup>[7]</sup>



Slika 3.4. Opći plan broda [5]

### 3.1.3 Ugovorni projekt

Ugovoreni projekt zadnji je korak u pripremi projektne dokumentacije, te se sastoji od tehničke ugovorne dokumentacije. Ovaj dio procesa odvija se najčešće u dvije faze:

- u prvoj fazi, odnosi se na fazu prije potpisa ugovora, dodatno se razrađuje tehnički opis te sami dokument pisan je na oko četiristotinjak stranica, opisan je preliminarni proces gradnje broda i ulazni podaci za proračun
- u drugoj fazi, faza nakon potpisa ugovora, dolazi do dopuna i ispravaka do sada izrađene projektne dokumentacije, isto tako dodatno se izgladuje brodska forma jer njenom optimizacijom smanjuju se troškovi goriva, smanjuje se ukupni otpor broda i učinkovitiji rad broskog vijka; svi ovi podaci od velike su važnosti jer predstavljaju u ulazne podatke za izradu modela broda s kojima se izvode pokusi kako bi se usporedile očekivane i pokusom dobivene vrijednosti; bitno je da su vrijednosti unutar dopuštenih granica kako nebi došlo do plaćanja penala

Ugovorna tehnička dokumentacija koja se nalazi u ugovornom projektu je:

- detaljni tehnički opis
- opći plan broda u mjerilu 1:200
- nacrt glavnog rebra
- plan kapaciteta
- preliminarna knjiga trima i stabiliteta
- stabilitet broda u oštećenom stanju
- preliminarni prognozni dijagram
- bilance električne energije i pare
- lista proizvođača

## **4. Izrada projektne dokumentacije**

### **4.1 Projektna tehnička dokumentacija**

Projektni ured brodogradilišta izrađuje projektnu tehničku dokumentaciju. Ova dokumentacija definira što se uopće gradi. Dokumenti koji se izrađuju u ovoj fazi, odnosno dokumenti projektne tehničke dokumentacije jesu:

- tehnički opis broda
- opći plan broda
- osnovne funkcionalne sheme
- plan građevnih rebara
- kapacitetni plan

### **4.2 Projektna tehnološka dokumentacija**

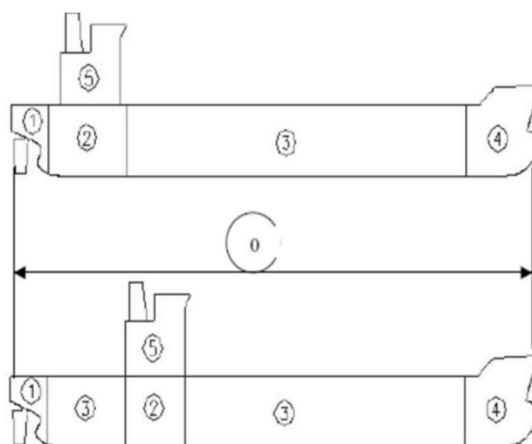
Projektna tehnološka dokumentacija izrađuje se u uredu tehnologije brodogradilišta. Njena služba je globalno definiranje proizvodnog procesa, a izrada same dokumentacije ide paralelno sa izradom klasifikacijske dokumentacije za koju je zadužen Tehnički ured brodogradilišta. U ovoj fazi isto je bitno definirati preostale bitne radnje

Ovom dokumentacijom se definira i opisuje:

- osnovne značajke gradnje broda
- način gradnje broda
- način opremanja broda
- optimalnu tehnologiju brodogradnje i opremanja
- postupke koji će se koristiti za gradnju broda

Projektna tehnološka dokumentacija podijeljena je na dva dijela:

- Tehnološka dokumentacija trupa
- Tehnološka dokumentacija opreme



*Slika 4.1. Podjela broda na osnovne prostore [3]*

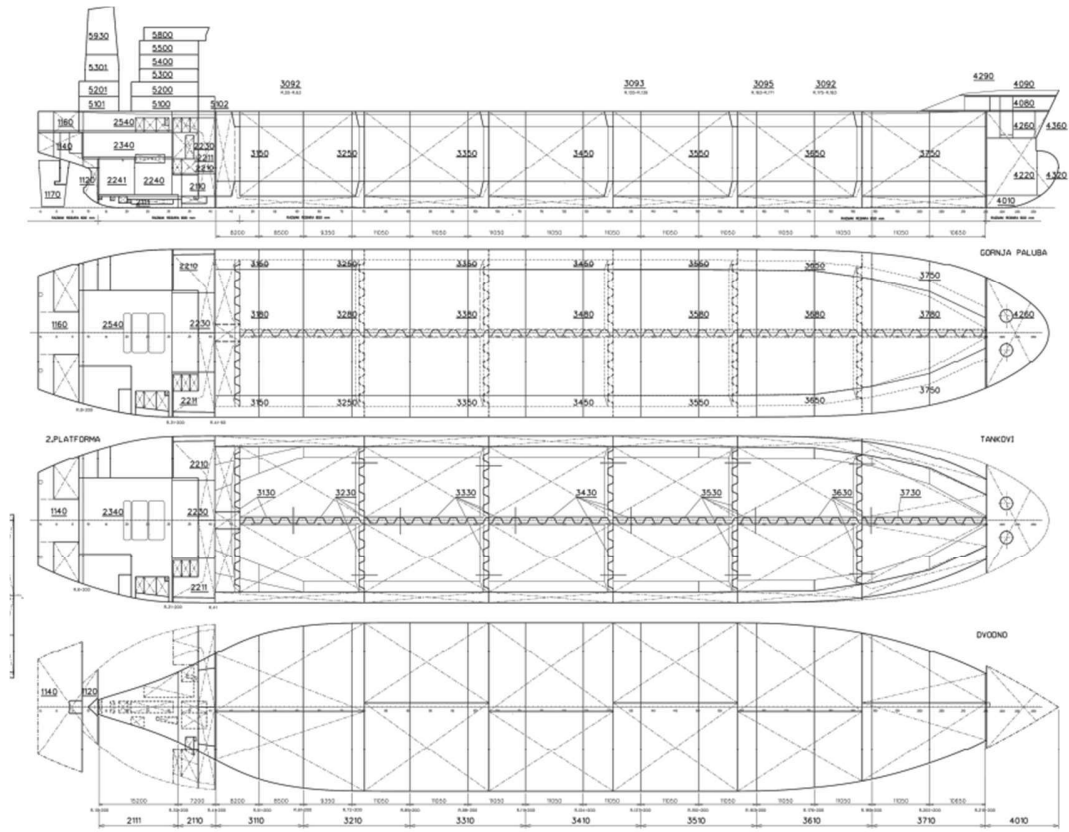
Brod se dijeli na osnovne prostore gdje svaki broj predstavlja dio broskog prostor:

- broj 0 predstavlja nedjeljive radove koji obuhvaćaju više osnovnih prostorija ili cijeli brod
- broj 1 predstavlja područje krme
- broj 2 predstavlja područje strojarnice
- broj 3 predstavlja prostor za teret
- broj 4 predstavlja područje pramca
- broj 5 predstavlja područje nadgrađa

Dio dokumentacije koji se odnosi na trup sadrži:

- tehnološku koncepciju gradnje i (uranjenog) opremanja broda,
- podjelu broda u grupe,
- tehnološki opis broda,
- redoslijed montaže broda i drugo

Tehnološka koncepcija opremanja broda je dokumentacija koja se odnosi na opremanje broda. Kod uranjenog opremanja podrazumijeva se i ugradnja opreme na navozu (prije porinuća) i sastavljanje sklopova opreme, te njihova montaža u otvorene prostore broda. Danas brodogradilišta gotovo pa većinu opreme ugrađuju u brod na predmontaži u što većem postotku kako bi se smanjio sam proces gradnje broda.



Slika 4.2. Podjela broda u grupe [5]

## 5. Izrada klasifikacijske dokumentacije

Klasifikacijska dokumentacija izrađuje se usporedno s projektnom tehnološkom dokumentacijom, a izrada dokumentacije odvija se u tehničkom uredu brodogradilišta. Klasifikacija dokumentacija izrađuje se u brodogradilištu u svrhu isporuke jednom od klasifikacijskih društva koji će kasnije nadzirati gradnju broda.

Prema Struni, Klasifikacijsko društvo je „ovlaštena organizacija pod čijim se nadzorom obavlja gradnja ili održavanje brodova radi dodjeljivanja svjedodžbe o klasi.<sup>[10]</sup> Klasifikacijom se u brodogradnji postavljaju standardi za brodski trup, opremu broda, strojne dijelove, a i provode se nadzori ako je brod građen i održavan prema standardima. U svijetu postoji nekoliko klasifikacijskih od kojih su najpoznatiji Lloyd's Registar of Shipping (Velika Britanija), Bureau Veritas (Francuska), Det Norske Veritas (Norveška) i ostali. U Hrvatskoj djeluje Hrvatski Registar Broda.

Klasifikacijska dokumentacija koja se šalje na odobrenje od strane klasifikacijskog društva i brodovlasnika izrađuje se za nekoliko područja pa je izrađena klasifikacijska dokumentacija za:

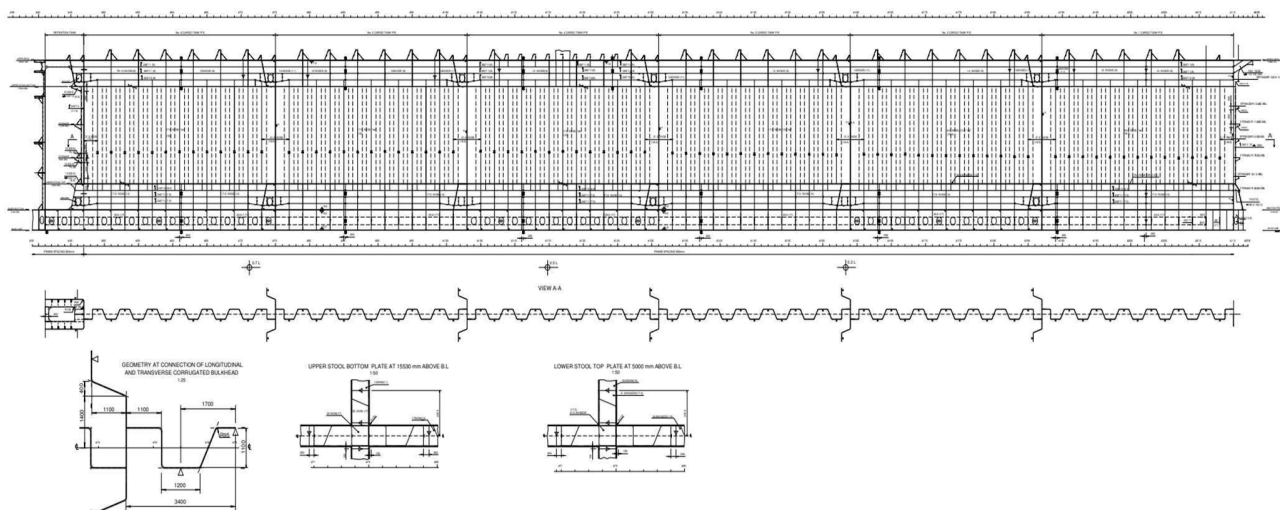
- brodski trup,
- strojne sustave,
- opremu broda,
- elektroopremu,
- opremu za navigaciju i komunikaciju,
- opremu za smještaj posade i putnika

Također je bitno da se izradi specifikacija materijala za narudžbu koja se naručuje kako bi se započela gradnja broda i tehničko odobravanje ponuda za narudžbu. Nabava i priprema materijala predstavlja složen proces kod kojeg se izrađuje velika baza podataka. Korištenjem klasifikacijskih nacrti jednostavnije se definiraju specifikacije i karakteristike potrebne za nabavu materijala.

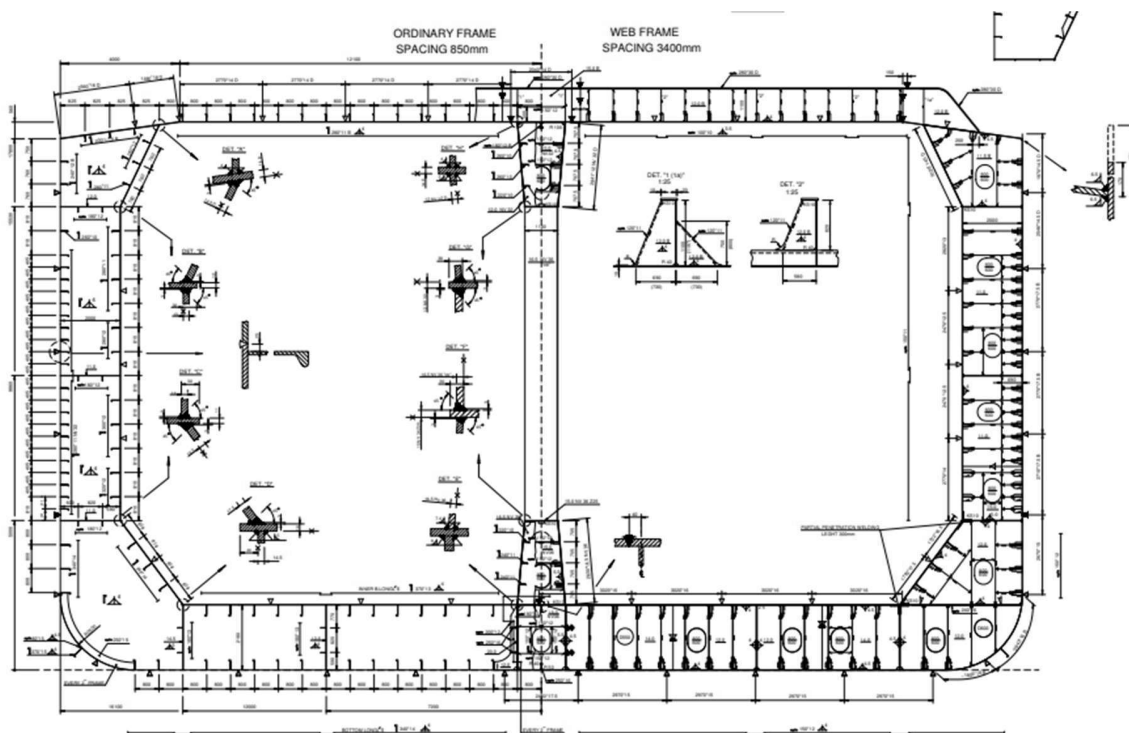
Dokumente koje je potrebno predati klasifikacijskom društvu jesu:

- funkcionalne sheme brodskih sustava

- funkcijske sheme električnih instalacija
- klasifikacijski nacrti vezani uz gradnju broskog trupa
- klasifikacijski nacrti opreme broda
- sistemski nacrti smještaja opreme



Slika 5.1. Klasifikacijski nacrt uzdužnog presjeka broda [5]



Slika 5.3. Nacrt glavnog rebra broda [5]



Klasifikacijska dokumentacija se koristi kao osnova u sljedećoj fazi izrade radioničke i tehnološke dokumentacije. Kod same izrade dokumentacije važno je osigurati smisleno povezivanje uredu unutar brodogradilišta, čime se omogućuje bolja komunikacija između različitih odjela. Ovakvim funkcioniranjem rada doprinosi se bržem provođenju svih postupaka potrebnih prije početka gradnje broda. Izrada klasifikacijske dokumentacije bitna je korak u projektiranju broda jer se šalje brodovlasniku na potvrdu kako bi se moglo nastaviti dalje s radom. Zatim sljedeća faza u projektiranju broda je izrada radioničke dokumentacije.



**BUREAU  
VERITAS**

INTERNATIONAL REGISTER FOR CLASSIFICATION OF SHIPS,  
ESTABLISHED 1828.  
REGISTRO INTERNACIONAL DE CLASIFICACION DE BUQUES,  
FUNDADO EN 1828.

**CERTIFICATE OF CLASSIFICATION  
CERTIFICADO DE CLASIFICACION**  
No RTD0/AST0/2002011105111

**NAME OF SHIP : VERISTAR**  
*Nombre del Buque*  
**Register No : SSL011**  
*Nº de Registro*  
**Owners : MEMBERS**  
*Armado*  
**Flag : PANAMA**  
*Bandera*  
**Port of Registry : PANAMA**  
*Puerto de matrícula*

This is to certify that the above named ship has been entered in the Register Book with the classification symbols and notations:  
El abajo firmante certifica que este buque ha sido inscrito en el Libro Registro con los símbolos de clasificación y menciones:

**I HULL; MACH; AUT-UMS; SYS-NEQ-1;  
Hopper dredger  
Unrestricted navigation  
Dredging within 15 Miles from shore or within 20  
miles from port**

This certificate, issued within the scope of Bureau Veritas Marine Division General Conditions, is valid until:  
Este certificado, expedido de acuerdo con las Condiciones Generales de la División Naval de Bureau Veritas es válido hasta el

**8 January 2006**

At/Expedido en Rotterdam, on/el 21 April 2002

By Order of the Secretary  
Por Orden del Secretario  
K. Docter



This certificate is invalid without the annexes listed. Conditions of use are given on page 2/2. Este certificado no es válido sin los anexos indicados en la página 2/2. Las condiciones para la utilización se detallan en la página 2/2.

Any person not a party to the contract pursuant to which this certificate is delivered may not assert a claim against Bureau Veritas for any liability arising from errors or omissions which may be contained in said certificate, or for errors of judgement, fault or negligence committed by personnel of the Society or its Agents in the establishment or issuance of this certificate, and in connection with any activities which it may provide.

Slika 5.4. Certifikat o klasi broda <sup>[4]</sup>

## 6. Izrada radioničke dokumentacije

Nakon potpisivanja ugovora kreće se u izradu radioničke dokumentacije. Kao i kod izrade klasifikacijske dokumentacije, Tehnički ured brodogradilišta zadužen je i za izradu radioničke dokumentacije. Sama izrada može se započeti paralelno s izradom klasifikacijske dokumentacije ako brodogradilište imaju dovoljno resursa ili se s izradom započinje nakon odobrenja klasifikacijskih nacрта od strane klasifikacijskih društva i brodovlasnika. U osnovi, radionička dokumentacija predstavlja razradu klasifikacijske dokumentacije s detaljnim proizvodnim informacijama i samim time to je najopsežnija brodograđevna dokumentacija koja može imati i do 1400 komada nacрта po brodu.

Svrstava se u tehničku dokumentaciju broda te je namijenjena za upotrebu prilikom gradnje broda i to za radnike brodogradilišta u proizvodnim hala. Izrađuje se po brodograđevnim standardima te mora bit čitljiva i razumljiva kako bi došlo do pravilnog tumačenja uputa u proizvodnji. Isto tako na radioničkim nacrtima nalazi se detaljna specifikacija svih ugradbenih materijala trupa broda, uređaja i opreme broda.

Osnovni dijelovi radioničke dokumentacije su:

- radionička dokumentacija trupa broda
- radionička dokumentacija opreme broda
- radionički montažni nacrti opreme s popisom materijala

Izrađuju se radionički montažni nacrti za potrebe montaže:

- broskog trupa
- strojnih sistema

Nakon što se izradi sva radionička dokumentacija, potrebno ju je pravilno raspodijeliti i ovjeriti od strane ovlaštene osobe ako je izrađena u skladu s klasifikacijskom dokumentacijom i rađena po brodograđevnim standardima i pravilima. Provjera se i usklađenost s tehnološkom dokumentacijom te resursima i mogućnostima brodogradilišta jer u slučaju otkrivanja greške lakše se je ispravlja u ovoj fazi nego kasnije. Radionička dokumentacija se zatim raspoređuje unutar brodogradilišta i svaki odjela dobiva dokumentaciju koja se mora odraditi.

## **7. Izrada tehnološke dokumentacije**

### **7.1 Tehnička priprema materijala**

Ured tehničke pripreme materijala zaprima specifikacije materijala proizašle iz klasifikacijske i radioničke dokumentacije i iz same proizvodnje te daljnjoj obradom i analizom materijala iz specifikacija provjera sljedeće:

- ima li brodogradilište na zalihama materijal iz specifikacija ili ga je potrebno naručiti
- ako ga je potrebno naručiti – obrađuje se specifikacija materijala za slanje zahtjeva za narudžbu materijala prema nabavi načinom da se grupiraju istovrsni materijalni ovisno o mogućnostima tržišne dobave materijala

Na kraju se definiraju rokovi dospjeća materijala zbog boljeg planiranja u kasnijim fazama.

### **7.2 Izrada radioničke tehnološke dokumentacije**

Radionička tehnološka dokumentacija izrađuje se u Uredu tehnologije i njome se detaljno definira svaki korak u fazi izgradnje broda.

Njome je obuhvaćena dokumentacija kojom se:

- definira način izgradnje broskog trupa (definira se vrsta tehnologije koja će se koristiti, detalji tehnologije sastavljanja pojedinih sekcija)
- definira mjesto gradnje broda ( definira gdje će se brod sastavljati, odnosno mjesta na kojima će se spajati sekcije, hale, navoz i svi preostali prostori za gradnju broda)
- definiraju norme odnosno vrijeme koje će se utrošiti na izgradnju pojedinih faza gradnje broda

Radionička tehnološka dokumentaciju može se podijeliti na dokumentaciju vezanu uz gradnju broskog trupa te dokumentaciju vezanu uz brodsku opremu. Radionička tehnološka dokumentacija, odnosno svi tehnološki procesi za gradnju broskog trupa opisuju se tehnološkim nacrtima i uputama.

Radionička tehnološka dokumentacija trupa sastavljena je od sljedećeg:

- tehnoloških nacrti kojima se razrađuje:
  - razmještaj potklada i kolijevki kod izrade sekcija
  - način i redoslijed izrade sekcija po pojedinim fazama
  - način i redoslijed zavarivanja
  - eventualne pomoćne naprave kod predmontaže i montaže
  - položaj, tip i broj uški za transport
- tehnoloških uputstva:
  - razrađenih radioničkih specifikacija
  - nacrti za izradu panela na panel liniji
  - sastava sekcija
  - nacrti za izvođenje oskeljenja
  - analitičkih listova, radnih listova
  - dokumentacije za normiranje izrade, predmontaže i montaže broskog trupa i slično

Kod radioničke tehnološke dokumentacije za opremu broda odnosno za opremanje broda mogu se obuhvatiti sljedeće aktivnosti:

- izrada popisa nacrti, pregledavaju se i razrađuju se radionički nacrti i popisi materijala za izradu, predmontažu i montažu
- razrađuje se radionička dokumentacija za izradu brodskih cijevi izradom pripadajućih popisa za izradu cijevi koji se grupiraju prema radnim mjestima izrade
- izrađuju se tehnološki nacrti i uputstva za korozijsku zaštitu
- izrađuju se nacrti i uputstva za postavljanje privremenih električnih instalacija na brodu
- normira se izrada brodske opreme, predmontaže i montaže brodske opreme)

Na kraju izrade radioničke tehnološke dokumentacije također se moraju izraditi dokumenti radioničke tehnološke dokumentacije za opremanje broda u šta spadaju:

- tehnološki nacrti i uputstva vezani za:
  - izradu brodske opreme
  - predmontažu brodske opreme

- montažu brodske opreme
- korozijsku zaštitu brodske opreme
- razrađeni popis materijala za opremanje broda
- tehnološki nacrti privremenih otvora na brodu
- tehnološki nacrti privremenih električnih instalacija na brodu
- analitički listovi i radni listovi

Analitički list je osnovni tehnološki dokument kojim se definiraju redoslijed faza i broj samih faza, postupci, sredstva i režimi rada koje će primijeniti u pojedinim fazama i koliko će se vremena utrošiti na pojedinu fazu. Iz njega se dalje dobivaju radni list, operacijski list i prateći list kojim se prati tijek materijala.

Radni list je osnovni dokument koji se daje radniku kao nalog za početak rada i njime se obračunavaju mjesečni prihodi radnika i troškovi radne snage po brodu.

<b>RADNI LIST</b> № 53033		<b>P</b>		434	12	3000	1110	13.12											
Mjesec	Vrsta	NP	VH	Nov. brošura	Oznaka protok.	Novi	Početak	Završni											
Mjesec brošura		Oznaka radnog naloga		Oznaka radnog naloga		Kolicina		Termin											
Posredni dokumenti				Nacrti posredva															
Sastav sekcije				Kupnja materijala od P. 40 - 2 50															
R. br. op.	Mjesec	Godina	Nacrti operacije		Opis radova		Normirani vrijed												
3	121	21					Komada	Vrijeme	Rada	Kat. V. R.									
			Zavarivanje podsklonova na maloj mrežnoj-taži, i to:				64	h	2	100									
			- hromtenca 301, 302																
			- hromni nosač 303 I/D																
			- rebrenica 304 L/D, 305 L/D, 306 L/D, 307 L/D, 308 L/D, 309 L/D																
			Zavarivanje izvesti električnim 3,25 mm i 4 mm																
			od sredine prema krajevima, oba zavarivača																
			istovremeno. Zavarene podsklonove napraviti na																
			daljnju obradu.																
Din - iznos																			
Brojka u																			
Težina																			
Prihodi																			
Ukupno																			
Datum izdavanja		5.12.1984.		D M O		D M O		Škrt		Dobro		Pločeno		Ukupno		%		Ukupno	
				Započeto		Završeno		I z v r s e n o		norma sati				sati				sati	
Operativna priprema		Posredva				Tehničke kontrole				Obraza									

Slika 7.1. Primjer radnog lista<sup>[1]</sup>

## 8. Izrada planske dokumentacije

Ured plana nalazi se u svakom brodogradilištu čija je svrha postojanja priprema i izrada planske dokumentacije. Planska dokumentacija vrlo je bitna jer njome je definirano slijedeće:

- planovi i rokovi za:
  - izradu tehničke dokumentacije
  - izradu tehnološke dokumentacije
  - naručivanje i prispjeće materijala
  - izradu i montažu broskog trupa prema radioničkoj dokumentaciji
  - izradu i montažu brodske opreme prema radioničkoj dokumentaciji
- distribucija radioničke i tehnološke dokumentacije prema pojedinačnim proizvodnim sektorima
- praćenje i analiza izvršeni radova prema radioničkoj dokumentaciji
- analiza proizvodnih kapaciteta, opterećenost radionica i potrebe za radnom snagom (kooperacija) prema normnim satima, rokovima i planovima izgradnje broda

Obuhvaćajući sve gore navedene stavke izrađuju se dokumenti planske dokumentacije:

- strateški plan
- godišnji plan
- operativni plan

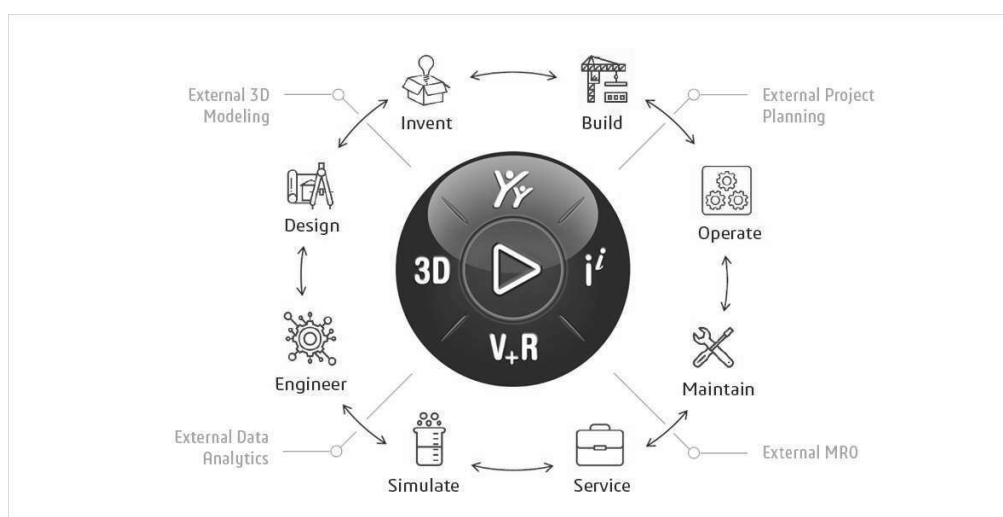
Osim Ureda plana, bitno je napomenuti da i svako brodogradilište ima Odjel proizvodnji čija je ključna uloga u pogledu:

- pripreme za proizvodnju gdje se:
  - zaprima i prema proizvodnim radionicama šalje potrebna radionička dokumentacija za izradu i montažu s rokovima završetka radova
  - prema zadanom popisu materijala pripremi i dostavi u radionice materijal potreban za izradu i montažu
- organizacije proizvodnih radionica gdje se izvađaju procesi izrade i montaže prema radioničkoj dokumentaciji, popisu materijala i radnom listu

## 9. Modeliranje strukture krme broda

### 9.1 Softverska platforma 3D Experience

Platforma 3D Experience predstavlja sveobuhvatan sustav koji je razvijen od strane tvrtke Dassault Systemes. Unutar platforme integrirani su svi aspekti poslovanja u jedinstveno digitalno okruženje. Pomoću ove platforme omogućeno je povezivanje svih faza razvitka proizvoda, krenuvši od početne ideje, dizajna, inženjeringa, simulacija, proizvodnje, održavanja i upravljanja podacima. Softverska platforma 3D Experience koristi se u raznim industrijama kao što su automobilska, zrakoplovna, brodograđevna, građevinska, farmaceutska i mnoge druge industrije, čime im je omogućena brža, učinkovitija i inovativnija proizvodnja.



Slika 9.1. Softverska platforma 3D Experience <sup>[8]</sup>

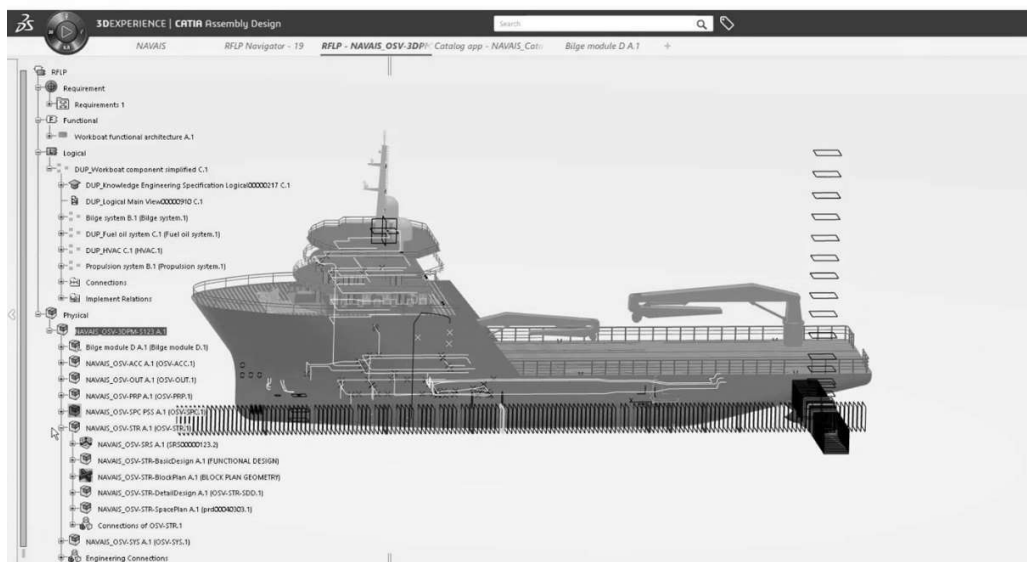
Platforma podržava cijeli proces razvoja proizvoda, te nudi jedinstveni podatkovni model kojim omogućava timski rad na istim projektima u stvarnom vremenu, uz pružanje stvarne suradnje i podrške. Unutar 3D Experience dostupna je mogućnost naprednih simulacija kao što je dinamika fluida, strukturna analiza, vibracije, automatizacije i drugih.

U 3D Experience obuhvaćenu su razni softverski alati u jedinstvenom okruženju. Među najpoznatijim alatima nalaze se CATIA, softver za dizajniranje 3D proizvoda koji omogućuje razvoj složenih proizvoda i olakšanu suradnju dizajnerskim timovima u realnom vremenu stvaranjem prototipova

proizvoda, DELMIA je softver koji pomaže u planiranju i optimiziranju proizvodnih procesa, SIMULIA je alat za napredne simulacije kojima se analizira proizvod u virtualnom okruženju i ENOVIA je alat za upravljanje podacima, te se koristi i za suradnju timova koji jednostavnije i brže dijele informacije, prate se verzije dokumenata i upravlja se projektima kroz sve faze razvoja proizvoda.

Iz gore navedenih ključnih elemenata 3D Experience može se zaključiti da su glavne značajke korištenja platforme jedinstveno digitalno okruženje, simulacija fizičkih proizvoda u virtualnom okruženju, upravljanje životnim ciklusom proizvoda, suradnja u oblaku, prilagodljivost i stabilnost.

3D Experience može se prilagoditi ovisno o industriji u kojoj se koristi, specifičnim potrebama svake tvrtke putem paketa licenciranja u koju su uključeni razni ključni alati za tu industriju. Za potrebe brodograđevne industrije, Dassault Systemes razvio je integrirani softverski paket „Marine & Offshore Solutions“. Ovim paketom prati se čitavi životni ciklus broda i poslovnih procesa putem integracije aplikacija za 3D modeliranje. Aplikacija se nalazi u oblaku, čime je omogućen pristup s bilo kojeg računala bez potrebe za instalacijom.



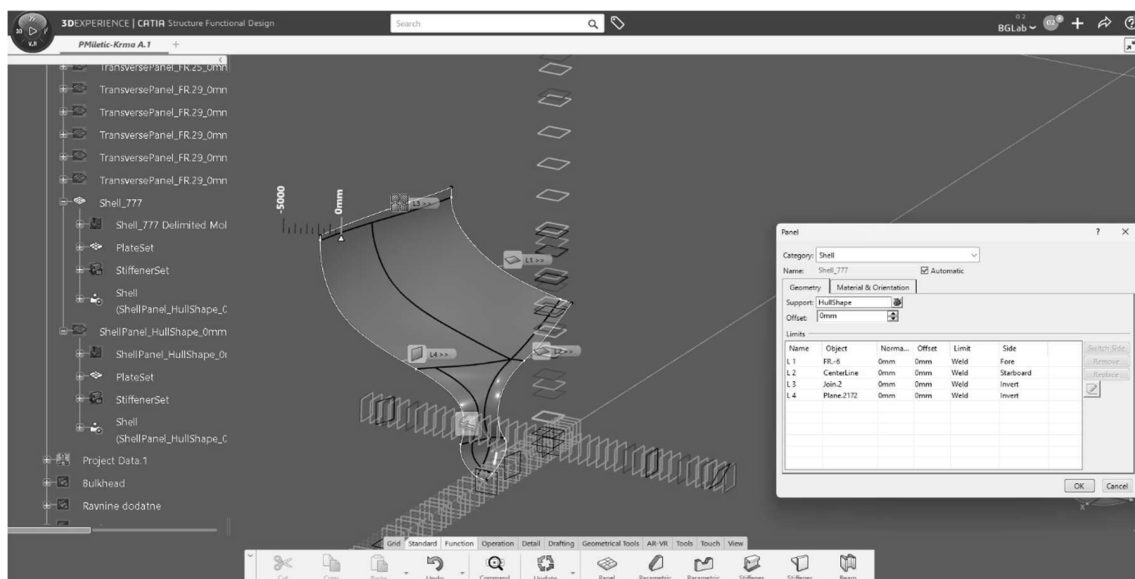
Slika 9.2. Korisničko sučelje u 3D Experienceu [9]



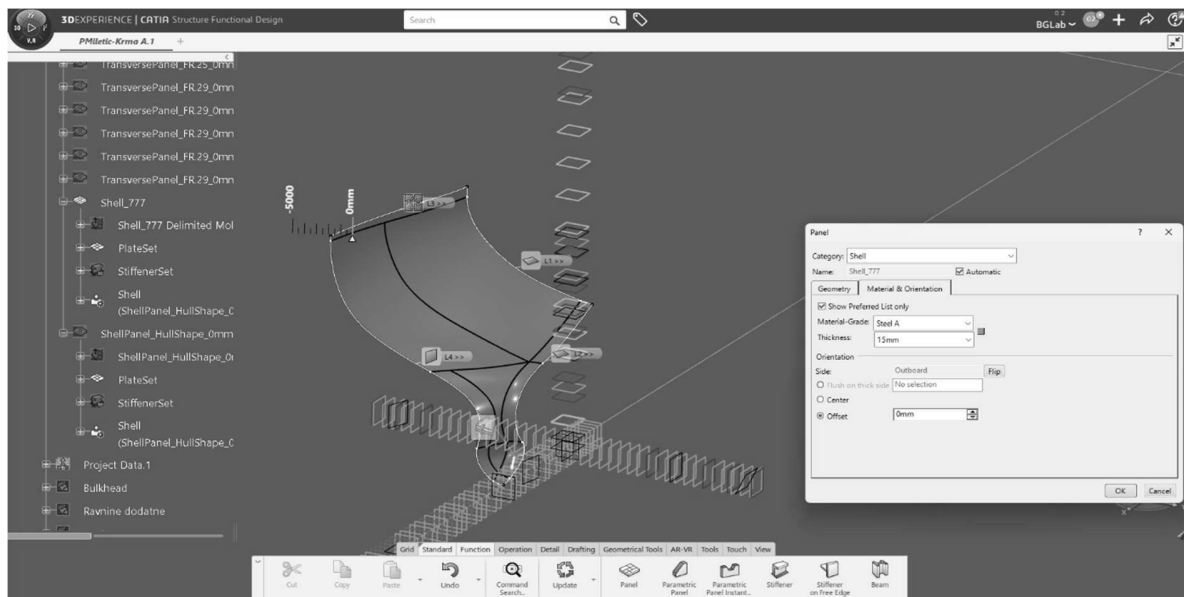
## 9.2 Modeliranje oplata krmenog dijela broda

Pokrene se aplikacija „Structure Functional Design“. Otvori se prozor i u pretraživanju se pronađe radni blok. Voditelj projekta postavi na platformi 3D Experience okruženje, odnosno stablo koje se naziva „Structure Skeleton“. Stablo se sastoji od pomoćnih ravnina i ploha kako bi se olakšao sam proces modeliranja. Postavljanjem velikog broja ravnina i ploha, radnici će jednostavnije modelirati brod. U modeliranju se kreće izradom oplata krmenog dijela brodskog trupa. U Skeletonu se odabere forma brodskog trupa. Potrebno je napraviti ekstrakciju forme iz „Skeletona“. Nakon toga, kreće se u izradu oplata.

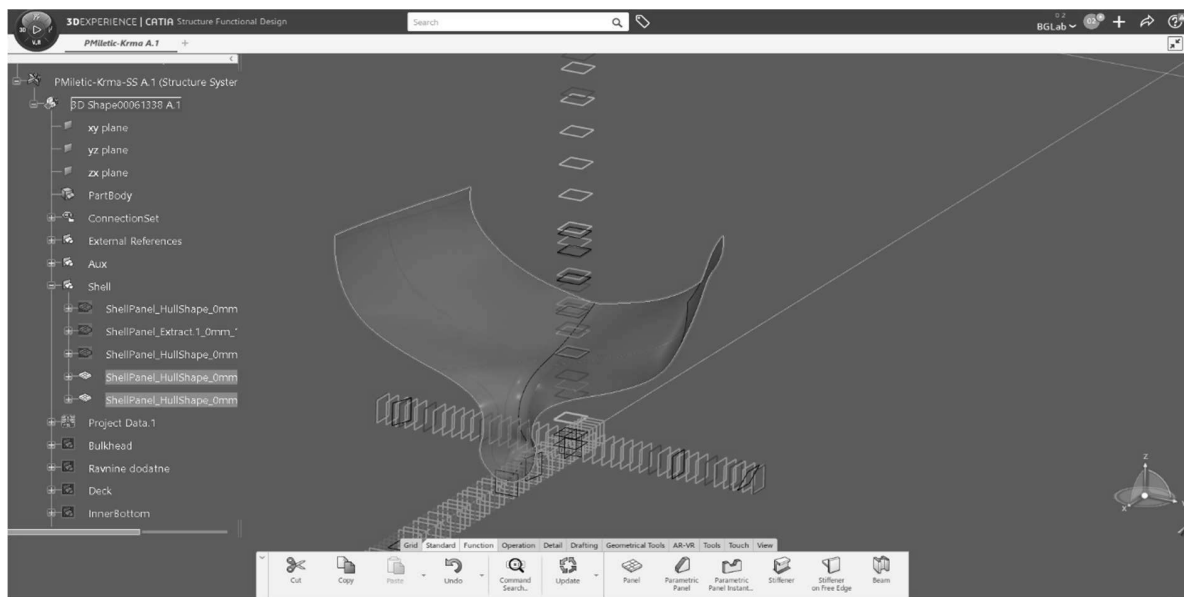
Na radnoj traci odabere se alat pod nazivom „Panel“, klikom na njega otvara se sljedeći prozor. Prvo se odabere kategorija i zatim se definira položaj elementa, a tu spadaju palube, elementi vanjske palube, elementi unutar samog broda, uzdužni i poprečni elementi. Za oplatu brodskog trupa koristi se kategorija „Shell“, te zatim se definira „Support“. U ovom slučaju se za „Support“ koristi „Hull Shape“. Odaberu se limiti u koordinatnom sustavu kojima se određuje visina i dužina oplata. U ovom slučaju za limite dužine klikne se na „FR.-6“ i „FR.16“ s odmakom od ravnine na rebru 16 za +200 mm, a za visinu se odabere ravnina glavne palube broda i odabere se još „Centre Line“ za izradu lijeve polovice oplata krme broda. Također se mora definirati materijal, debljina i orijentacija oplata, a to se određuje u prozoru „Material & Orientation“. Kada se definiraju svi ulazni parametri, klikne se na OK i stvorena oplata pojavi se u stablu koji se nalazi na lijevoj strani zaslona. Isti postupak je i za desnu polovicu oplata.



Slika 9.3. Modeliranje oplata krme broda



Slika 9.4. Odabir debljine i materijala oplate



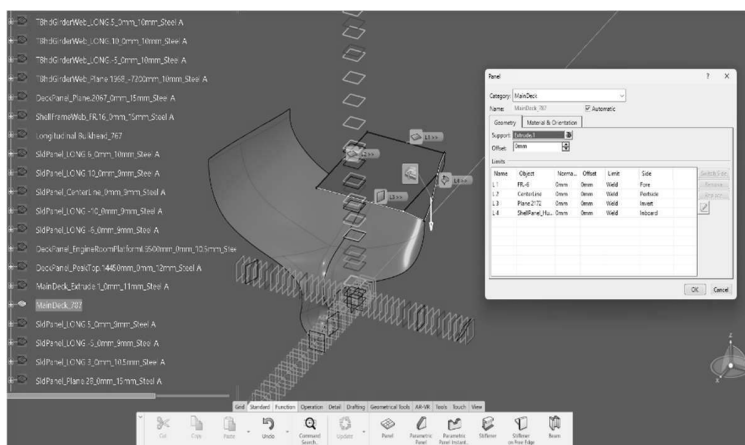
Slika 9.5. Generirani panel u stablu

Stablo omogućava lakše snalaženje prilikom izrade modela. U njemu se mogu mijenjati nazivi elementa, geometrijski setovi i prikazani su svi vidljivi elementi, skice, pomoćne ravnine i pomoćna geometrija. Radi lakše organizacije i praćenja modeliranja može se generirati novi set tako da se u alatnoj traci klikne na „Geometrical Set“.

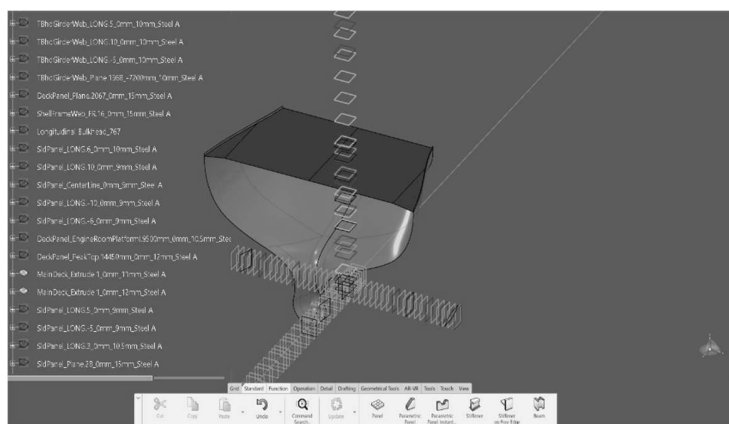
### 9.3 Modeliranje paluba broda

Nakon izmodelirane oplata krme broda sljedeće na redu je modeliranje glavne palube, krova krmenog pika i platformi unutar broda. U Skeleton-u se pronađe ploha glavne palube i ona se ubaci u radni blok. Glavna paluba nalazi se na visini od 18360 mm, paluba krmenog pika na 14450 mm, druga platforma na 11975 mm, prva platforma na 9500 mm i visina dvodna je na 2180 mm.

Isto kao i kod oplata broda, u radnoj traci odabere se alat „Panel“. Prvi korak je definiranje kategorije, a za palube definirana je kategorija „Main Deck“. Za support se odabere ekstrakcija plohe glavne palube. Zatim se definiraju limiti, označi se „FR.-6“ i „FR.16“, oplata desne polovice broda i centralna linija. U prozoru „Materials & Orientation“ bira se orijentacija debljine palube i debljina te vrsta materijala. Kada je sve zadovoljeno, klikne se na OK i dobije se gotovi model glavne palube broda. Postupak se ponovi za lijevu polovicu glavne palube.

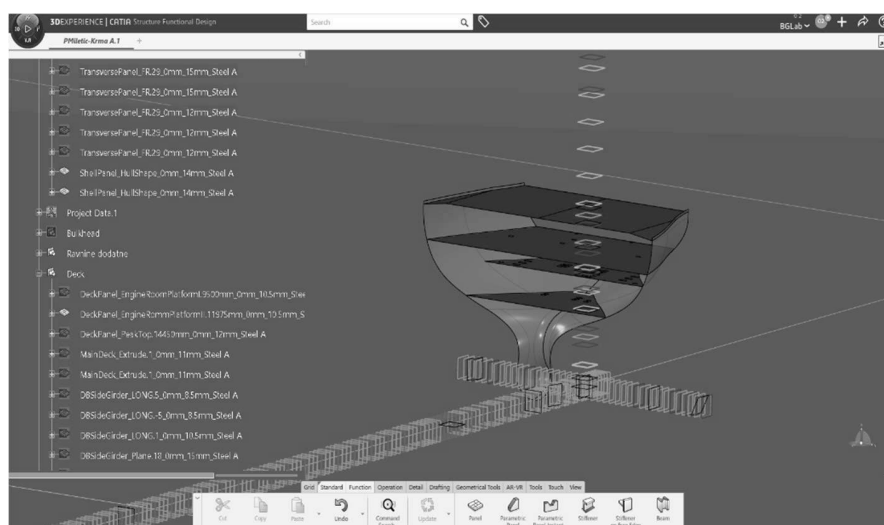


Slika 9.6. Modeliranje glavne palube



*Slika 9.7. Panel glavne palube*

Isti takav postupak koristi se za modeliranje palube krmenog pika i samih platformi unutar broda. Kod modeliranja palube krmenog pika kao support odabere se ravnina „PeakTop“ na visini 14450 mm, definira se kategorija, u prozoru „Material & Orientation“ postavi se vrsta, orijentacija i debljina materijala, te se dobije gotov panel palube krmenog pika.



*Slika 9.8. Palube na krmi broda*

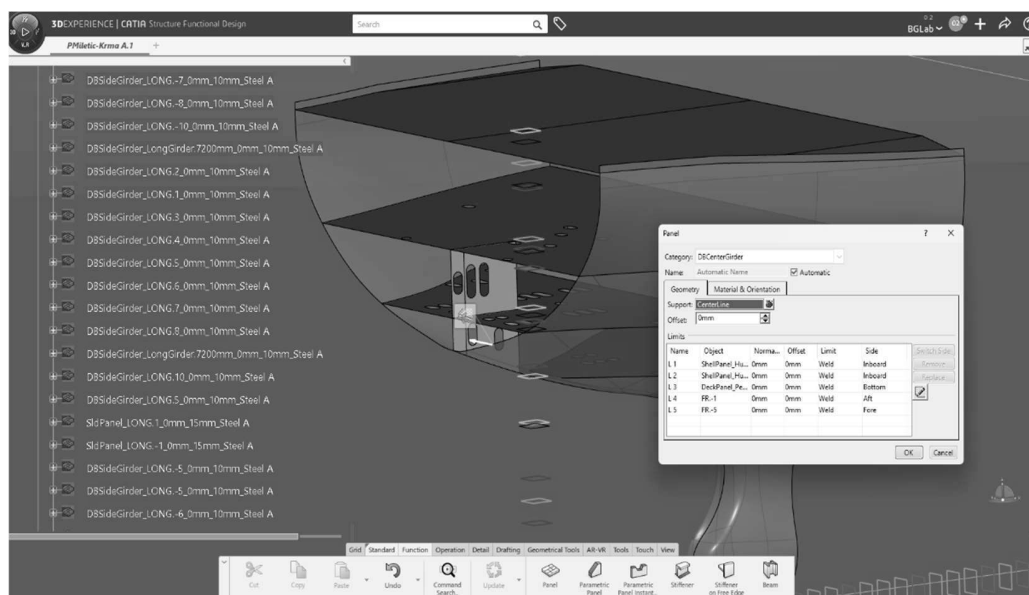
Modeliranje platformi unutar broda započinjem klikom na alat „Panel“. Prema zadanoj dokumentaciji, modeliraju se platforme na visinama 9500 mm i 11975 mm od osnovice, te se za support u stablu odaberu ravnine „EngineRoomPlatformII“ i „EngineRoomPlatformI“. Također se izabere kategorija,

smjer, orijentacija i vrsta materijala. Nakon što su sve palube i platforme izmodelirane, kreće se u proces modeliranja uzdužne strukture i vodonepropusnih pregrada.

## 9.4 Modeliranje elemenata uzdužne strukture i vodonepropusnih pregrada

Dalje se pristupa modeliranju elemenata uzdužne strukture. Pod uzdužnom strukturom spadaju uzdužni nosači i podveza. Ovi elementi strukture osiguravaju dobru uzdužnu čvrstoću broda.

Sljedeći korak je izrada nosača u simetrali broda, odnosno centralnoj liniji. Postupak je sličan kao i kod izrade panela palube, jedina razlika je u odabiru supporta i smjeru pružanja elemenata. U radnoj traci otvorimo alat „Panel“. Bira se kategorija u koju spada nosač, a kako se pruža u uzdužnom smjeru, iz kategorije se odabere „Longitudinal Bulkhead“. Nakon što se definira kategorija, za support se stavlja ravnina u uzdužnom smjeru gdje se nalazi nosač, te se odabere „CenterLine“. Uzdužni nosač definiran je visinom između paluba i rebrenim razmacima broda. Kao „Support“, za nosač odabere se „FR.-5“ i „FR.-1“, ravnina palube krmenog pika i lijeva i desna polovica oplata krme. Zatim se klikne na prozor „Materials & Orientation“ i postavi se orijentacija, vrsta i debljina materijala. Na kraju kada su zadovoljeni svi uvjeti u stablu se pojavi gotovi panel nosača u simetrali broda.



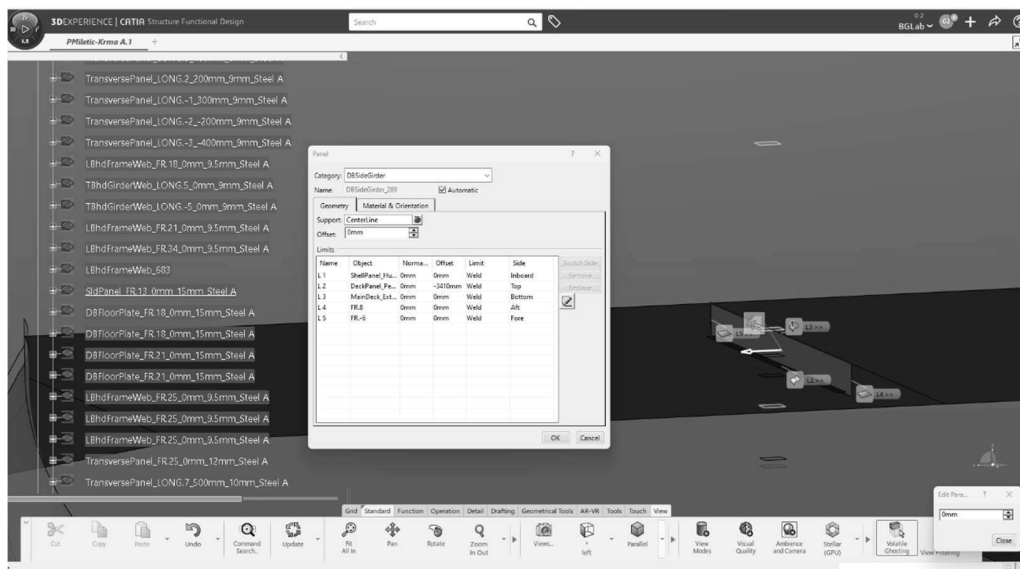
Slika 9.9. Modeliranje uzdužnog nosača u simetrali

Na isti način modeliraju se preostali uzdužni nosači, kojima se za support uzima „LONG“ ravnina. Kod odabira longitudinalnih ravnina bitno je paziti na kojoj se strani broda nalaze te ravnine. Pozitivnim prefiksom označavaju se uzdužne ravnine postavljene, ovisno o koordinatnom sustavu, na desnoj strani od krme prema pramcu broda, a lijeva strana je označena negativnim prefiksom.



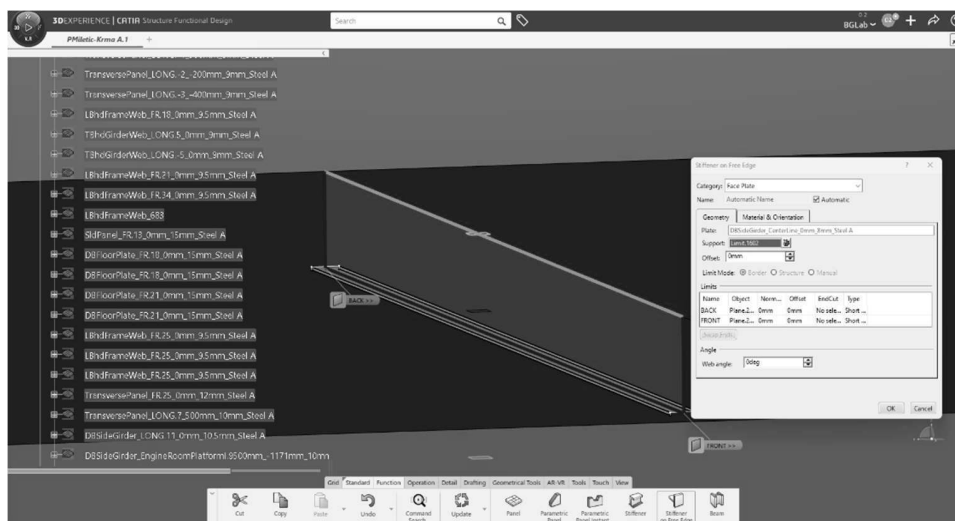
*Slika 9.10. Bočni uzdužni nosači*

Palubna podveza predstavlja složeni profila koji se sastoji od struka i pojasa, a najčešće je to T profil. Prvi korak je modeliranje struka podveze. Isti proces je kao i kod modeliranja uzdužnih nosača, samo se kod donjeg limita po visini napravi offset od donje ravnine. „Support“ je oplata krme, paluba krmenog pika, glavna paluba, „FR.-6“ i „FR.8“. Limit „L2“ „offsetira“ se za -3410 mm kako bi se dobila zadana visina struka podveze, zatim se definiraju ju debljina, vrsta i orijentacija materijala. Generirao se je panel struka podveze i sada se na rub struka dodaje ukrepa prema klasifikacijskoj dokumentaciji.



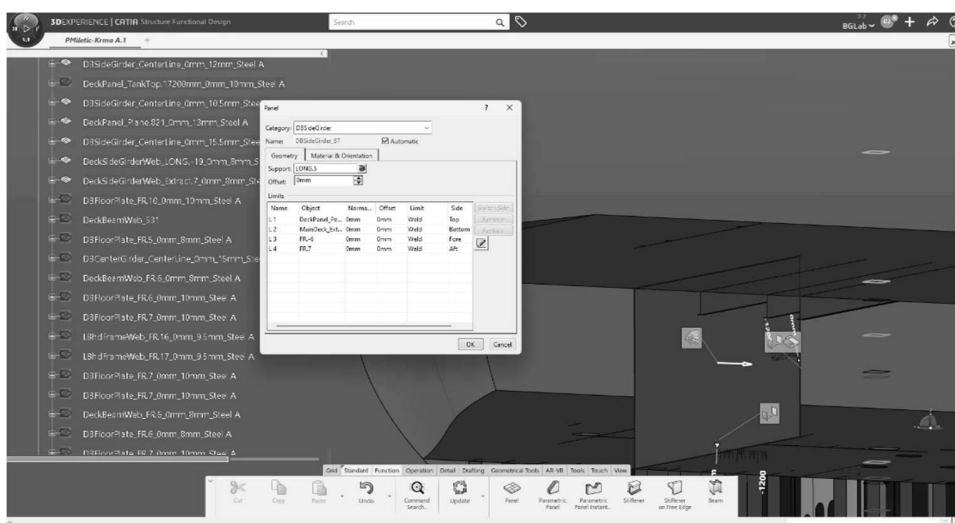
Slika 9.11. Modeliranje struka palubne podveze

Pomoću alata „Stiffener on Free Edge“ napravi se ukrepa na rubu panela. Prvo se odabere „Plate“ i za „Support“ pojavi se zelena linija na koju se stisne, stvori se ukrepa, te se u prozoru „Material & Orientation“ odabere vrsta profila, orijentacija, smjer i debljina materijala. Klikne se na „OK“ i dobije se kao finalni proizvod palubna pod kao T profil. Nastavi se sa modeliranjem preostalih podvezi prema klasifikacijskoj dokumentaciji.

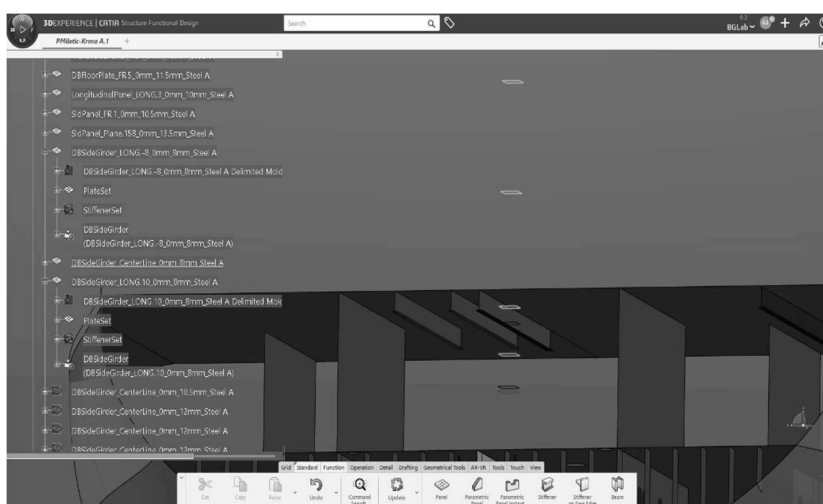


Slika 9.12. Korištenje naredbe "Stiffener on Free Edge"

Nakon što su izmodelirani svi nosači i podveze, sljedeći korak je modeliranje vodonepropusnih pregrada. Uzdužne vodonepropusne pregrade nalaze se na „LONG.-5“ i „LONG.5“. Opet se klikne na „Panel“ i definira se „Support“ „LONG.-5“, „LONG.5“, „LONG.-8“ i „LONG.10“. Za limite se odabere „LONG.5“, a odabirom ravnina palubi definira se visina pregrade. Zatim se određuje od kojeg će se materijala izraditi, postavi se orijentacija i debljina materijala u prozoru „Material & Orientation“. Kada se sve postavi, dobije se generirani panel vodonepropusne pregrade.



Slika 9.13. Modeliranje vodonepropusne pregrade



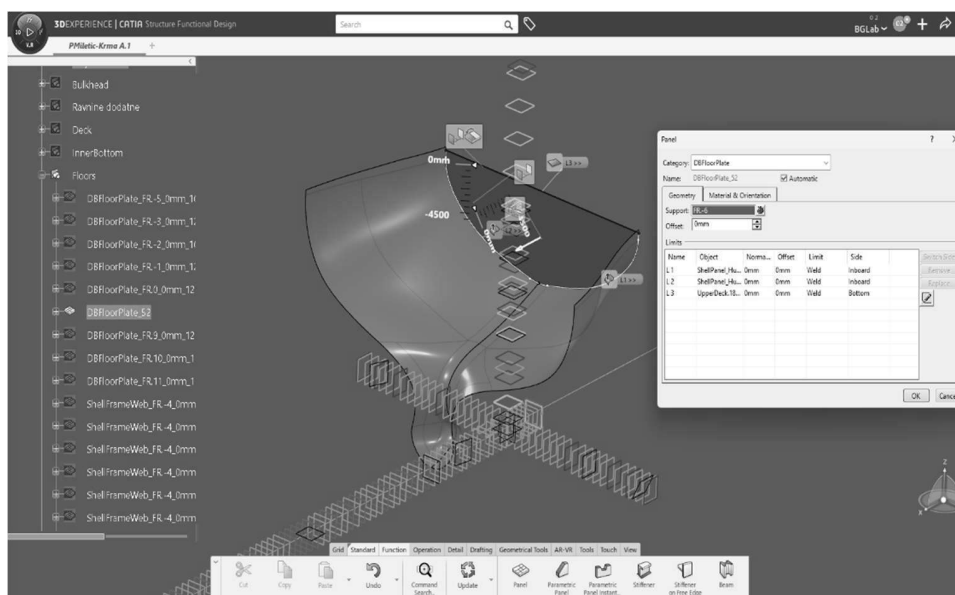
Slika 9.14. Paneli vodonepropusnih pregrada

Kada je na modelu modelirana sva uzdužna struktura i vodonepropusne pregrade prelazi se na modeliranje elemenata poprečne strukture.



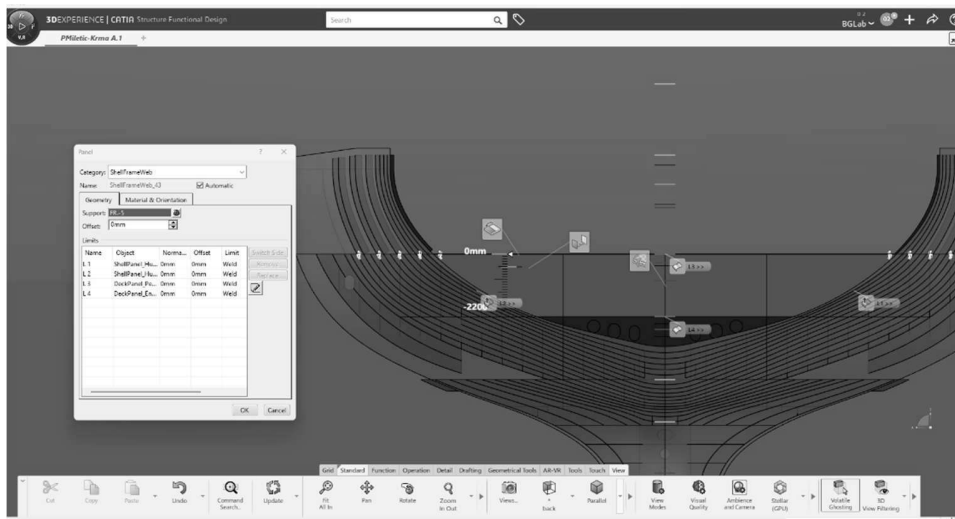
## 9.5 Modeliranje elemenata poprečne strukture

U poprečne elemente strukture spadaju krmeno zrcalo, rebrenice, poprečne pregrade, koliziona pregrada, rebra i sponje. Sljedeći korak je modeliranje elementa rebrenice. Krmeno zrcalo modelira se na način isti kao i vanjska oplata. Napravio se „Extract“ krmenog zrcala iz zadane forme broda. U radnoj traci odabere se „Panel“. Otvara se prozor panel-a i za limite se klikne na stablo, te se izabere lijeva i desna polovica oplate krme i ravnina „Upper Deck“ na visini 1836 mm. Odabere se vrsta čelika, postavi se orijentacija materijala prema klasifikacijskoj dokumentaciji i na kraju se definira debljina krmenog zrcala. Klikom na „OK“ generira se panel krmenog zrcala koji se pojavi u stablu.

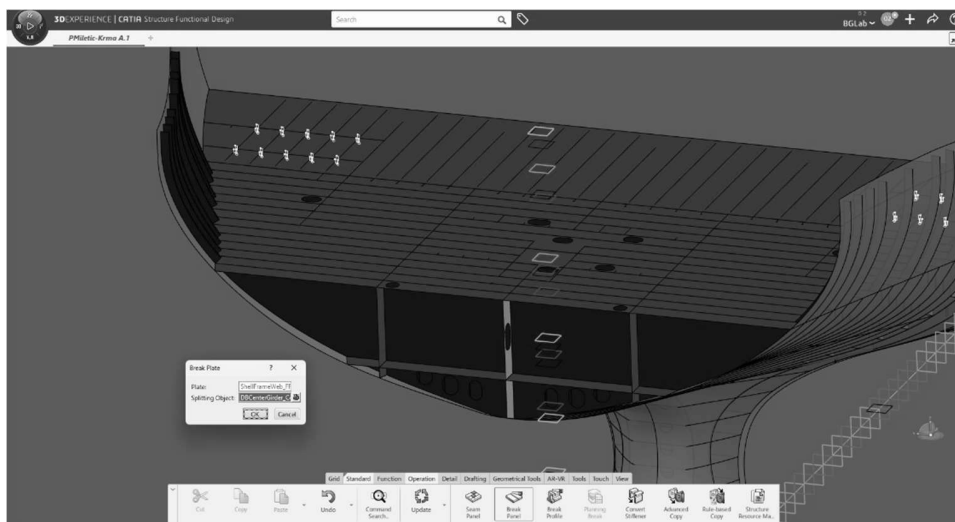


Slika 9.15. Modeliranje krmenog zrcala

Rebrenice se na krmi nalaze na svakom rebrenom razmaku. Isto tako odabere se alat „Panel“, te kao support uzme se rebro na kojem se nalazi rebrenica. Prema klasifikacijskoj dokumentaciji, rebrenice imaju raspon od „FR.-6“ do „FR.16“. Kod limita odabere se lijeva i desna polovica oplate krme, te paluba krmenog pika na visini 14450 mm. Također se definira vrsta, debljina i orijentacija materijala. Ukoliko je sve dobro definirano dobiva se panel rebrenice. Rebrenice se prekidaju na uzdužnim bočnim nosačima, te koriste se alati „Break Panel“ ili „Seam Panel“ kako bi se podijelili limovi rebrenice na manje dijelove. Rebrenice se zatim ukrepljuju trakama kojima se alatom „End Cut“ definiraju podaci o pripremi ruba.



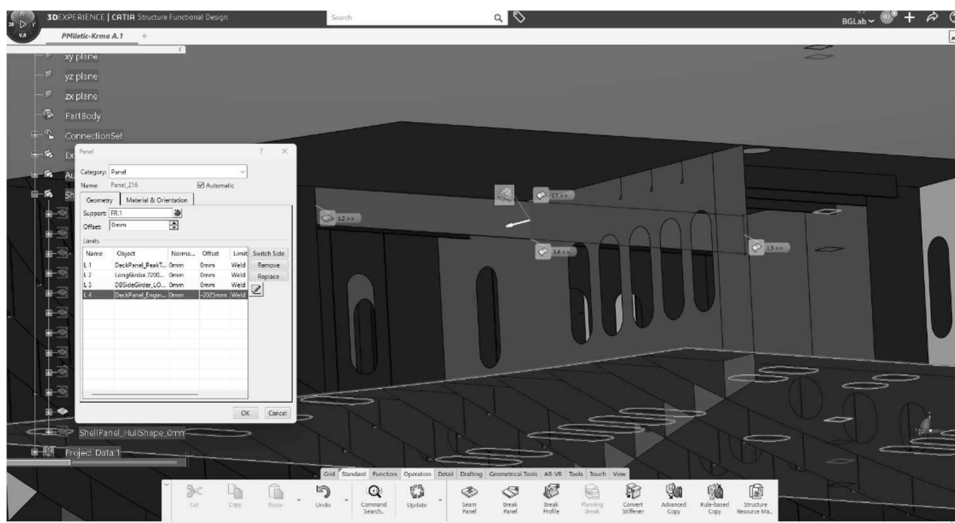
Slika 9.16. Modeliranje rebrenice



Slika 9.17. Korištenje naredbe "Seam Panel"

Sljedeći korak je modeliranje sponji palube. Sponje su poprečni profili koji se protežu od boka do boka., odnosno cijelom širinom palube. Kako bi se smanjio njihov raspon postave se palubne podveze, te sponje se ne prekidaju na palubnoj podvezi već prolaze kroz nju. Položaj sponji je na „FR.1“, „FR.10“, „FR.13“ i „FR.15“. Objasniti će se modeliranje sponje ispod druge platforme, odnosno sponja će tu palubu ukrepiti na „FR.10“. Kao i dosada za generiranje panela koristiti će se alat „Panel“. „Support“ je „FR.10“. Za limite se postavlja ravnina platforme na visini 14450 mm i platforme na

visini 9500 mm. Po širini dodaju se limiti „LONG.-1“ i „LONG.1“. Izračuna se koliki je visinski razmak između te dvije platforme i od njih se dodatno oduzme visina struka sponje i za tu razliku, limit 2 se „offsetira“ prema gore. Zatim se prozoru „Material & Orientation“ postavi orijentacija debljine materijala, postavi se debljina i vrsta materijala. Klikom na „OK“ generira se panel struka sponja i na nju se još postavi pomoću naredbe „Stiffner on Free Edge“ ukrepna traka čija je dimenzija zadana u klasifikacijskoj dokumentaciji. Na kraju se dobije spoja T profila. Koljeno se dodaje između rebrenica i sponje kako bi se postigla veza.



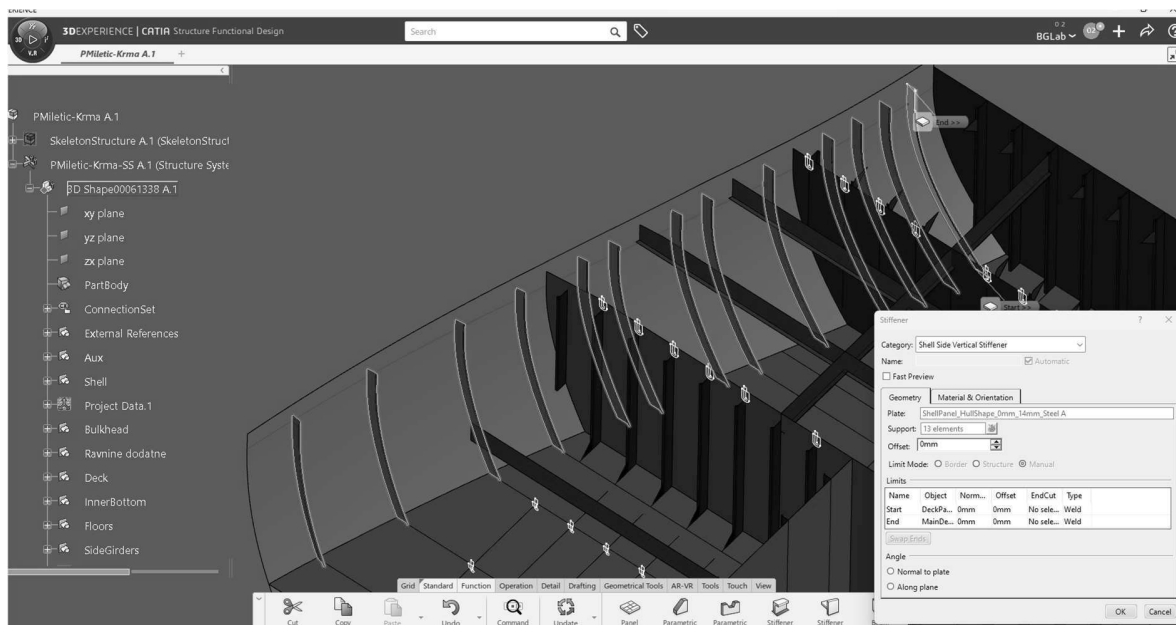
Slika 9.18. Modeliranje struka sponje



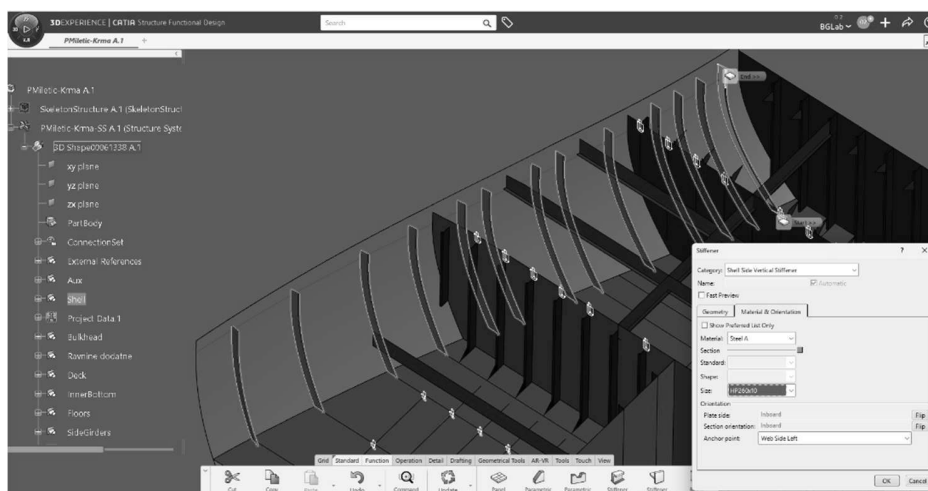
Slika 9.19. Korištenje naredbe "Stiffner on Free Edge"

Zatim se modelira poprečna koliozna pregrada. Ona je nepropusna i odvaja prostor krmenog dijela od strojarnice broda. Koliozna pregrada nalazi se na rebru 8 i 13. Za njihovo modeliranje koristi se alat „Panel“. Prvo se modelira koliziorna pregradna rebru 8. Za „Support“ odabere se „FR.8“ i kod limita se označi lijeva i desna polovica, te ravnina druge platforme na visini 14450 mm. U prozoru „Material & Orientation“ definira se orijentacija, debljina i vrsta materijala. Kada su svi parametri definirani, generira se panel kolizione pregrade. Limovi kolizione pregrade mogu se pomoću naredbe „Seam Panel“ ili „Break Panel“ rastaviti na manje dijelove. Na isti način modelira se koliziorna pregrada na rebru 13, te jedina razlika je u limitu za ravninu platforme koja se nalazi na visini 9500 mm. Također se ovaj postupak koristi i za modeliranje svih ostalih poprečnih pregradi koje se nalaze na nacrtima klase broda.

Rebra se na krmenom piku nalaze na svakom rebrenom razmaku. Rebra su u obliku holland profila i postavljaju se na oplatu koristeći alat „Stiffner“. Najprije se definira kategorija profila. Za „Support“ se koriste ravnine rebra i na klasifikacijskim nacrtima iščitavaju se rebra na kojima su smješteni profili. Rebro se limitira po visinu, kraj profila je na vrhu palube krmenog pika te vrh na glavnoj palubi. Pod „Material & Orientation“ izabere se vrsta profila, u ovom slučaju je „HP“ profil, vrsta materijala od kojeg je izrađen i orijentacija profila koji je okrenut prema strojarnici broda.

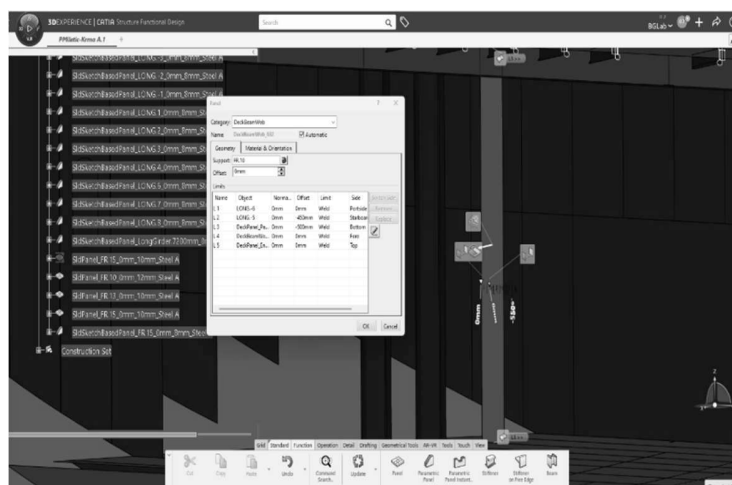


Slika 9.20. Izrada rebra na oplati

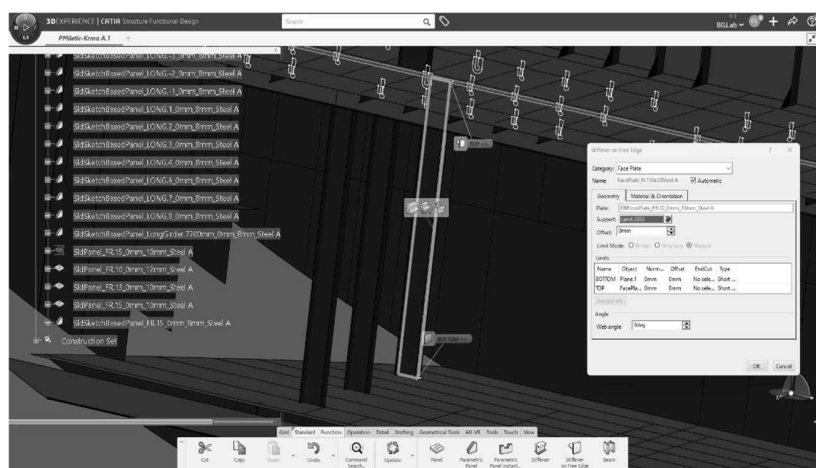


Slika 9.21. Prozor "Material & Orientation"

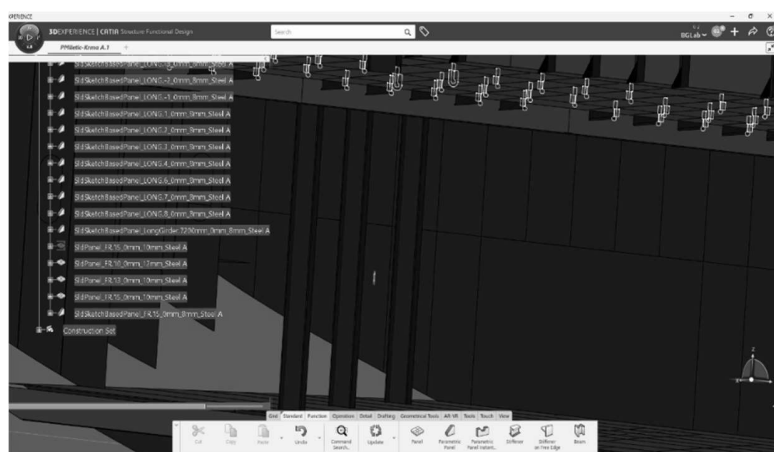
Upore su smještene na slobodnim krajevima platformi. Prema klasifikacijskoj dokumentaciji, upore su obliku profila I. Sastoje se od struka i 2 pojasa na svakoj strani struka. Upore su smještene između palube krmenog pika i druge platforme u strojarnici. Pokrene se alat „Panel“ i odabere se za support „FR.10“. Pod limite označe se paluba krmenog pika na visini 14450 mm i druga paluba u strojarnici na visini 11975 mm, „LONG.-6“ i „LONG.-5“. Limit 2 „offsetira“ se za -450mm, a limit 3 za -500 mm. Potom se u „Material & Orientation“ postavi orijentacija, debljina i vrsta materijala. Nakon što je generiran panel na rub struka panela pomoću naredbe „Stiffner on Free Edge“ dodaju se ukrepe. Pod „Plate“ se odabere panel, a „Support“ su rubovi panela. Pod „Material & Orientation“ izabere se vrsta ukrepe, orijentacija, debljina i vrsta materijala. Klikom na „OK“ pojave se ukrepe te je generirana upora I profila.



Slika 9.22. Modeliranje struka upore



Slika 9.23. Korištenje naredbe "Stiffener on Free Edge"



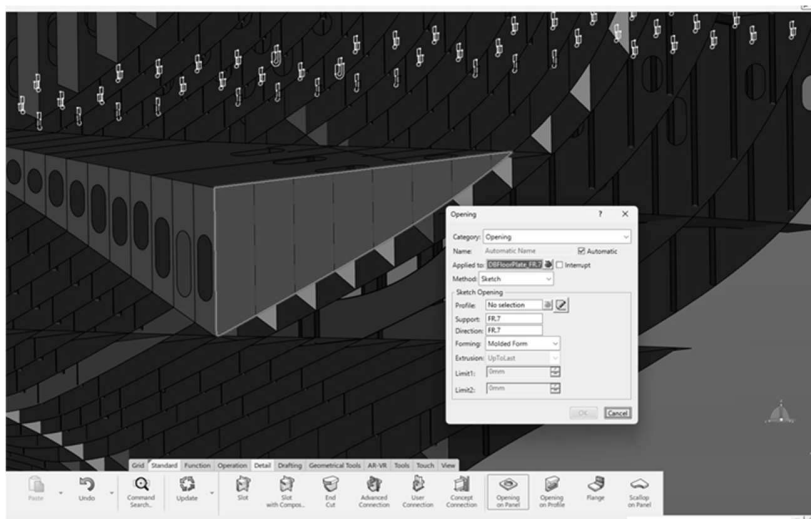
Slika 9.24. Upore

Kada je izmodelirana sva poprečna i uzdužna struktura, prelazi se na ukrepljivanje paluba, pregrada i postavljaju se ukrepe oko vrata i otvora.

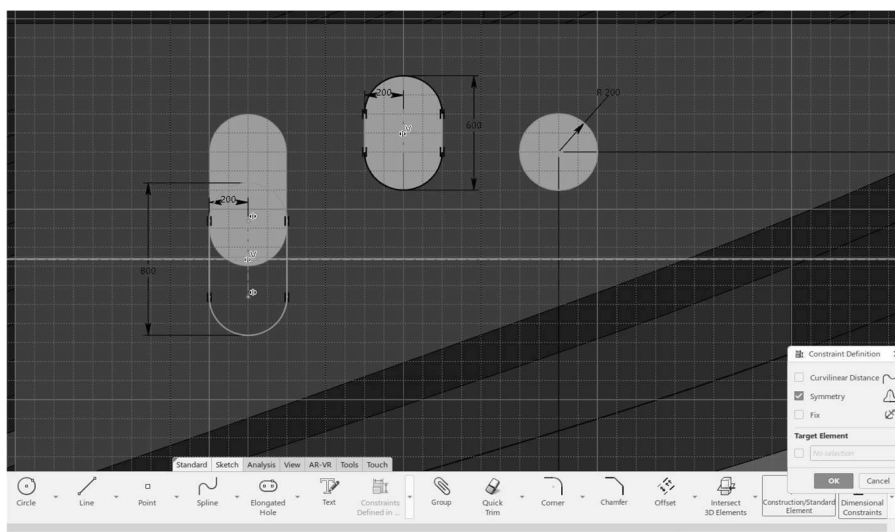
## 10. Modeliranje detalja na strukturi broda

### 10.1 Otvori

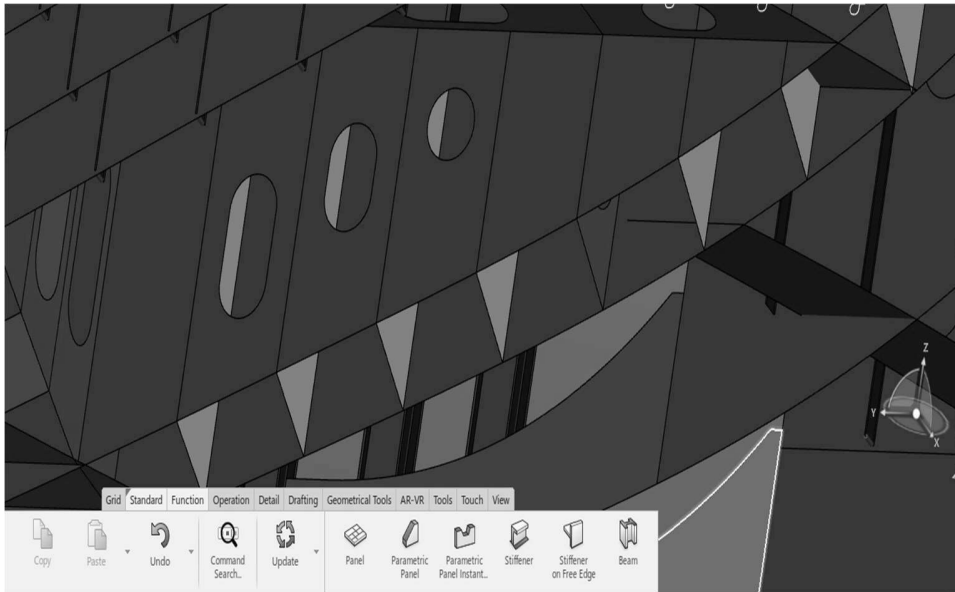
Otvori na strukturi broda izrađuju se pomoću alata „Opening on Panel“, koji se u radnoj traci nalazi u grupi alata pod imenom „Detail“. Klikom na ikonicu otvara se prozor i prvi korak je odabir vrste otvora. Definiše se vrsta otvora u ovom slučaju to je „Lightening Hole“ i zatim se izabere metoda kojom će se izraditi otvor. Metoda koja se koristi kod izrade otvora na strukturi naziva se „Sketch“. Najprije se odabere ravnina i element na kojem će se crtati skica otvora.



Slika 10.1. Odabir plohe za "Sketch"



Slika 10.2. Korištenje naredbe Sketch



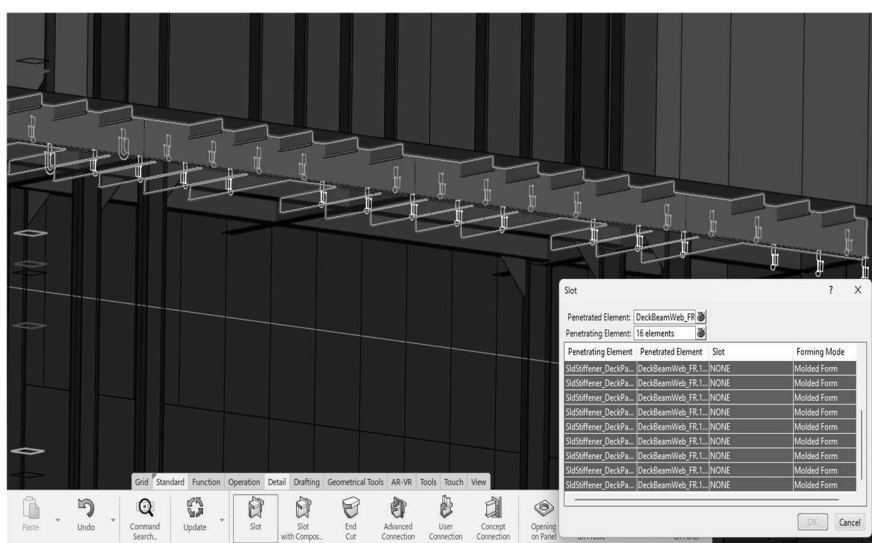
*Slika 10.3. Otvori na rebrenici*

Zatim se otvara pogled i kreće se sa izradom skice. Odabere se „Elongated Hole“, onda se klikne na „Constraint“ i kotiraju se širina i visina. Moraju se odabrati dvije ravnine između kojih će se nalaziti otvor, te držanjem tipke „CTRL“ odaberu se najprije ravnine i zatim simetrala otvora i klikom na ikonicu „Constraint Defined in Element“ odabere se „Symmetry“. Izradi se presiječište osnovice i ta linija se prebacuje u konstruktivnu liniju. Ponovno se drži tipka „CTRL“, odaberu se najprije gornja i donja točka simetrale otvora i onda linija koju smo offsetirali na zadanu visinu. Skicirani otvor poprimiti će zelenu boju ako su svi parametri točno kotirani. Izlazi se iz Sketch-a i naredbom „Exit app“ pojaviti će se otvor na strukturi. Postupak izrade otvora na strukturi nalazi se na slijedećim slikama.



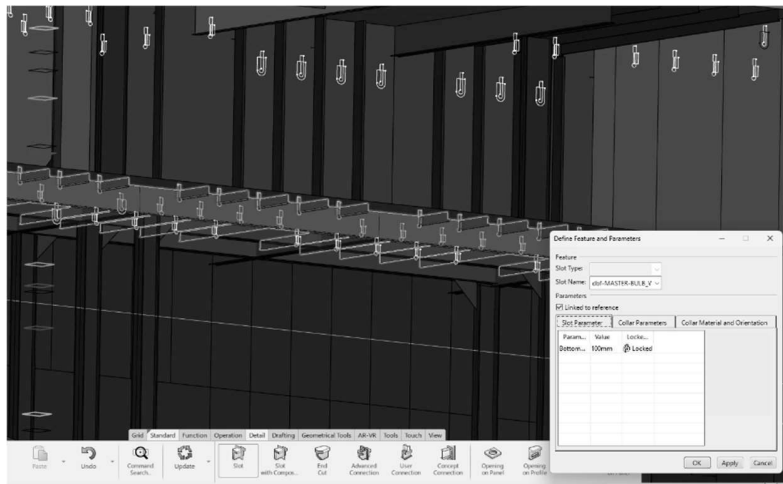
## 10.2 Prolazi za profile

Za izradu prolaza za profile koristi se alat „Slot“. Otvara se prozor, pod „Penetrated Element“ izabere se panel i kod „Penetrating Element“ odaberu se vi profili koji će prodirati kroz panel. Za odabrati vrstu prolaza, u stupcu „Slot“ označe se tipkom „SHIFT“ svi profili i desnim klikom ulazi se u „Define/Edit Slot“.

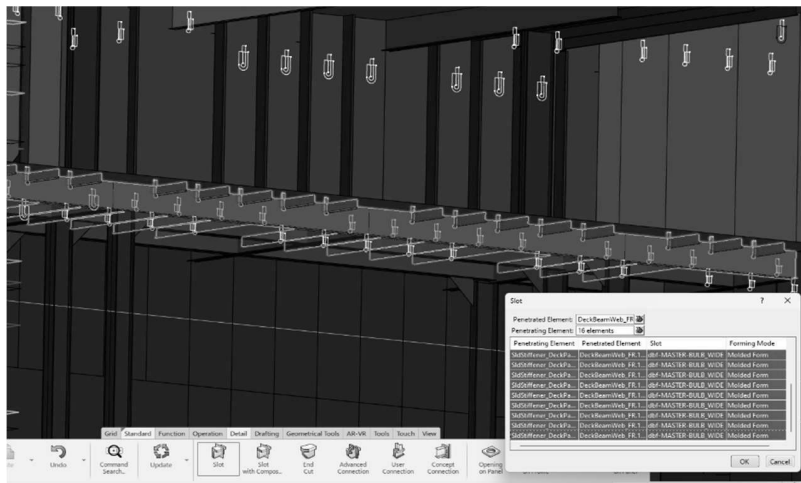


Slika 10.4. Odabir profila i panela za izradu prolaza

Klikom na „More“ otvara se katalog iz kojeg se izabere vrsta prolaza. Ovi prolazi postavljeni su od strane voditelja projekta. Nakon toga stisne se „Apply“ i „OK“. Vraćamo se u primarni prozor i ako smo zadovoljni kliknemo na „OK“. Sami postupak prikazan je na slikama ispod teksta.



Slika 10.5. Odabir vrste prolaza



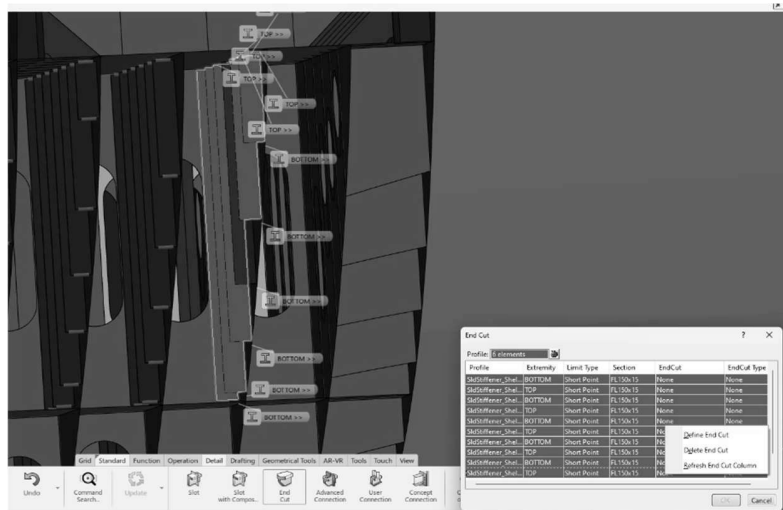
Slika 10.6. Generirani prolaz profila kroz sponju



Slika 10.7. Prolaz za profile kroz vodonepropusnu pregradu

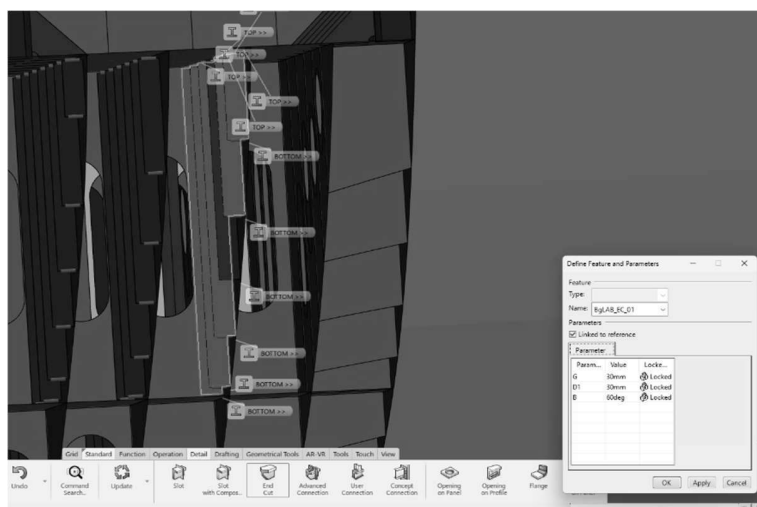
### 10.3 Završeci profila

„End Cut“ je alat koji se koristi za definiranje završetka profila za kasnije spajanje. Klikom na ikonicu otvara se prozor i izaberu se profili za koje se želi napraviti pripremu za spoj. Postupak je isti kao i kod izrade slot-ova.

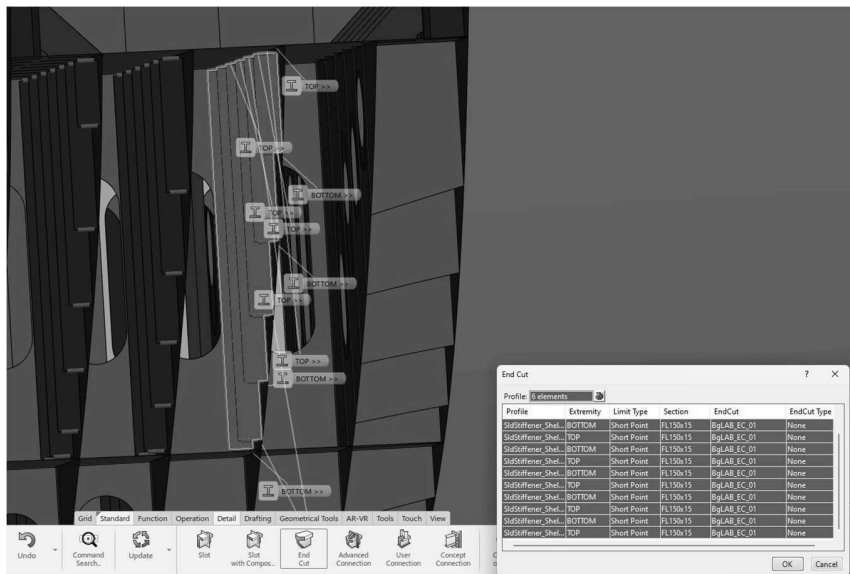


Slika 10.8. Odabir ukrepa

Ulazi se na „More“ i gdje je voditelj projekta unio sve podatke vezane uz pripremu rubova. Nakon odabrane pripreme, stisne se „Apply“ i na rubovima profila pojaviti će se valjak crvene boje. Proces je prikazan na sljedećim slikama.



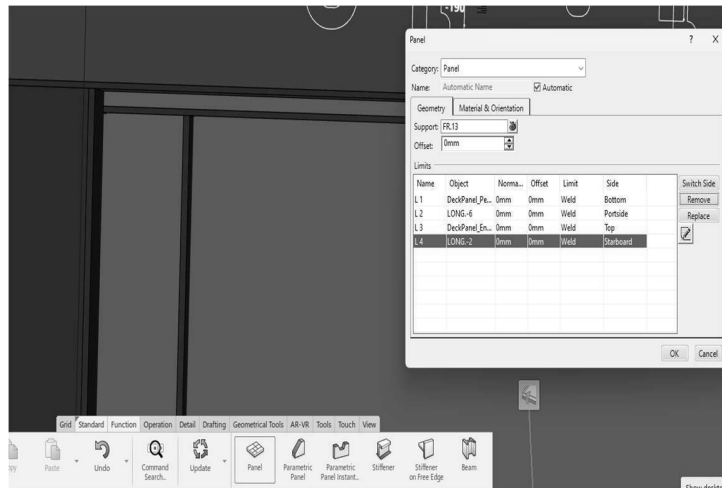
Slika 10.9. Definiranje end cut-a



Slika 10.10. Prikaz end cut-a

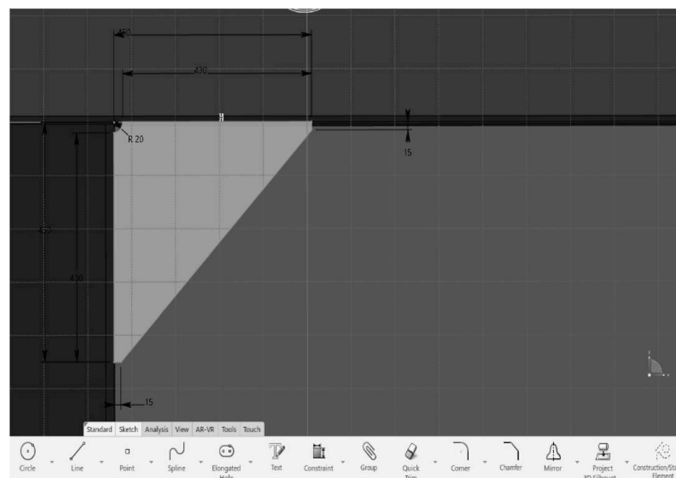
## 10.4 Koljena

Koljena se mogu modelirati na dva načina. Prvi način je preko alata „Panel“, a drugi način je alatom „Parametric Panel“. Modeliranje koljena prvim načinom započinje klikom na „Panel“. Prvo se definiraju limiti i onda se klikne na ikonicu „Sketch Limit“.



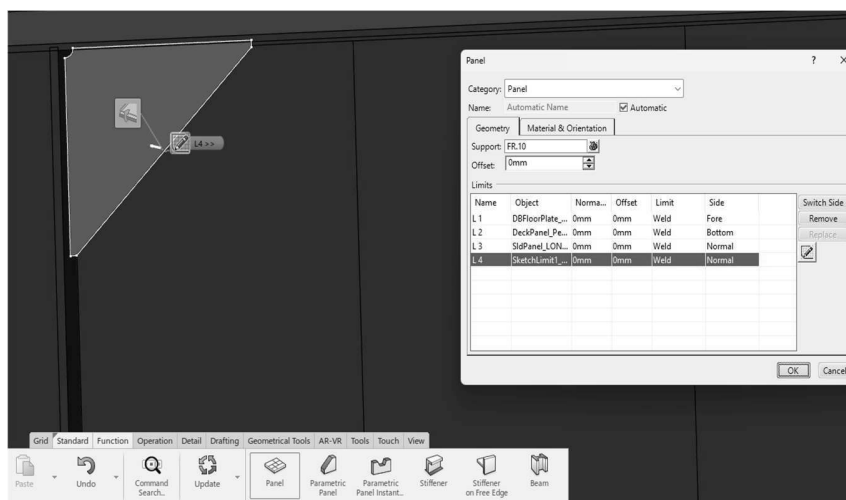
Slika 10.11. Korištenje naredbe "Sketch"

Otvora se novi prozor i u zadanom pogledu nacrtu se oblik koljena koji je prikazan na nacrtu. Dimenzije koljena navedene su u klasifikacijskoj dokumentaciji. Koljeno se mora pravilno kotirati kako bi cijeli oblik pozelenio.



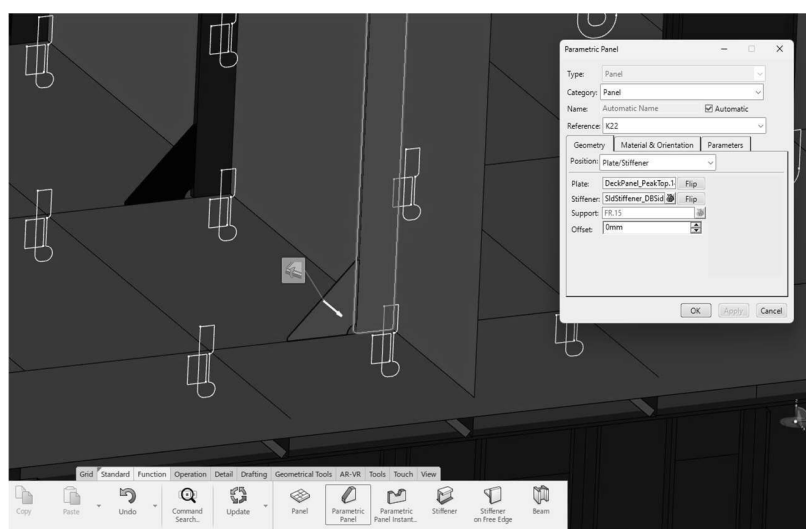
Slika 10.12. Dimenzioniranje koljena

Izlazi se iz sketch-a, te u limitima je nacrtano koljeno označeno limitom 4 i naziva se „Sketch Limit“.



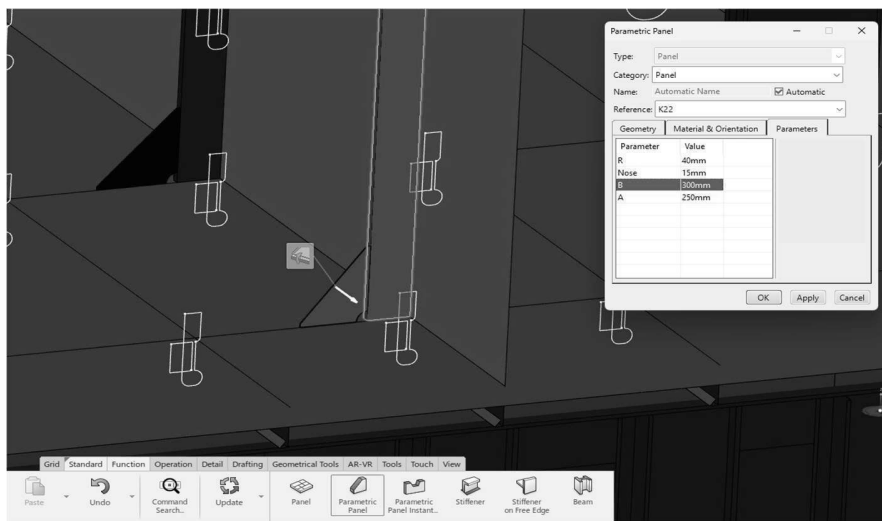
Slika 10.13. Koljeno izmodelirano pomoću naredbe "Sketch"

Drugi način modeliranja koljena započinje klikom na alat „Parametric Panel“. Otvori se prozor i kao kategoriju se odabere „Panel“. Ovdje je isto tako voditelj projekta unio podatke i parametre za različite vrste koljena, te je dopušteno mijenjanje parametara. Pod „Reference“ odabere se vrsta koljena prema klasifikacijskoj dokumentaciji. Veza s koljeno može se ostvariti između palube/profila i profila/profila.



Slika 10.14. Korištenje naredbe "Parametric Panel"

U ovom slučaju, za „Plate“ se odabere paluba krmenog pika i profil koje je potrebno povezati koljenom. U prozoru „Material & Orientation“ definira se vrsta i debljina materijala koljena. I na kraju, pod „Parameters“ upisane su vrijednosti standardnog koljena, ali se veličine parametara mogu promijeniti i unesu se veličina definiranih na klasifikacijskom nacrtu. Kada je sve definirano, stisne se „OK“ i stvori se koljeno.



Slika 10.15. Odabir parametara koljena

## **11. Zaključak**

U ovom radu opisana je brodograđevna dokumentacija i modeliranje strukture krme broda koristeći se klasifikacijskom dokumentacijom. Detaljno je opisan svaki korak nastajanja dokumentacije, od ugovaranja broda pa sve do planske dokumentacije. U brodogradilište najprije pristiže upit od strane brodovlasnika, zatim brodogradilište šalje ponudu i ako su obje strane zadovoljne uvjetima, potpisuje se ugovor o gradnji broda.

Nakon potpisa ugovora kreće se u izradu projektne tehničke i tehnološke dokumentacije, te paralelno s izradom projektne tehnološke dokumentacije izrađuje se klasifikacijska dokumentacija. Iz klasifikacijske dokumentacije vadi se detaljna radionička dokumentacija koja se dijeli na radioničku dokumentaciju trupa i opreme broda. Zadnja dva koraka u izradi dokumentacije su radionička tehnološka dokumentacija i planska dokumentacija. U planskoj dokumentaciji nalaze se rokovi i planovi koji se moraju ispoštovati kako kasnije nebi došlo do plaćanja penala od strane brodogradilišta.

Zatim se kreće u izradu modela koristeći se softverom 3D Experience. Prvi korak je modeliranje oplata broda. Nakon oplata, modeliraju se palube i krmeno zrcalo. Potom se modelira sva uzdužna struktura i vodonepropusne pregrade. Sljedeće su strukturni elementi koji se pružaju u poprečnom smjeru koji su biti za poprečnu čvrstoću broda. Potrebno je zatim ukrepiti palube, pregrade i ostale strukturne elemente ovisno o njihovoj veličini. I na kraju se modeliraju detalji prema klasifikacijskoj dokumentaciji.



## LITERATURA

- [1] Furlan, Z.; Lučin, N.; Pavelić, A.: „Tehnologija gradnje brodskog trupa“, Školska knjiga, Zagreb, 1986.
- [2] Hadjina, M.: „Osnove gradnje broda“, materijali s predavanja, Tehnički fakultet Rijeka, 2022.
- [3] Hadjina, M.: „Tehnologija brodogradnje“, materijala s predavanja, Tehnički fakultet Rijeka, 2023.
- [4] Zamarin, A.: „Strukturni elementi broda“, materijali s predavanja, Tehnički fakultet Rijeka, 2022.
- [5] 3.MAJ Brodogradilište – interna dokumentacija u obliku nacrtu, internih standarda brodogradilišta, postupka izrade i obrade, 2022.
- [6] Dubrešić, M.: „Izrada detaljne dokumentacije trupa broda“, Završni rad, Tehnički fakultet Rijeka, 2019.
- [7] Muždeka, D., A.: „Proizvodna dokumentacija trupa broda“, Završni rad, Tehnički fakultet Rijeka, 2018.
- [8] <https://www.3ds.com/insights/corporate-reports/digital-and-sustainable-next-milestone-shipbuilding-transformation> (na dan 8.9.2024.)
- [9] <https://www.solidworks.com/3dexperience-works> (na dan 8.9.2024.)
- [10] Struna, <http://struna.ihj.hr/naziv/klasifikacijsko-drustvo/5996/>, (na dan 8.9.2024.)
- [11] Marelić, D.: „Izrada modela i radioničke tehničke i tehnološke dokumentacije trupa broda“, Završni rad, Tehnički fakultet Rijeka, 2022.
- [12] Furlan, Z.; Lučin, N.; Pavelić, A.: „Osnove brodogradnje“, Školska knjiga, Zagreb, 1989.

## POPIS SLIKA

Slika 3.1. Shema toka izrade tehničke dokumentacije <sup>[7]</sup> .....	3
Slika 3.2. Evansova projektna spirala <sup>[4]</sup> .....	4
Slika 3.3. Izlazni podaci preliminarnog projekta <sup>[7]</sup> .....	6
Slika 3.4. Opći plan broda <sup>[5]</sup> .....	7
Slika 4.1. Podjela broda na osnovne prostore <sup>[3]</sup> .....	10
Slika 4.2. Podjela broda u grupe <sup>[5]</sup> .....	11
Slika 9.1. Softverska platforma 3D Experience <sup>[8]</sup> .....	20
Slika 9.2. Korisničko sučelje u 3D Experience <sup>[9]</sup> .....	21
Slika 9.3. Modeliranje oplate krme broda .....	22
Slika 9.4. Odabir debljine i materijala oplate .....	23
Slika 9.5. Generirani panel u stablu .....	23
Slika 9.6. Modeliranje glavne palube .....	24
Slika 9.7. Panel glavne palube .....	25
Slika 9.8. Palube na krmi broda .....	25
Slika 9.9. Modeliranje uzdužnog nosača u simetrali .....	26
Slika 9.10. Bočni uzdužni nosači .....	27
Slika 9.11. Modeliranje struka palubne podveze .....	28
Slika 9.12. Korištenje naredbe "Stiffner on Free Edge" .....	28
Slika 9.13. Modeliranje vodonepropusne pregrade .....	29
Slika 9.14. Paneli vodonepropusnih pregrada .....	29
Slika 9.15. Modeliranje krmenog zrcala .....	30
Slika 9.16. Modeliranje rebrenice .....	31
Slika 9.17. Korištenje naredbe "Seam Panel" .....	31
Slika 9.18. Modeliranje struka sponje .....	32
Slika 9.19. Korištenje naredbe "Stiffner on Free Edge" .....	32
Slika 9.20. Izrada rebra na oplati .....	33
Slika 9.21. Prozor "Material & Orientation" .....	34
Slika 9.22. Modeliranje struka upore .....	34
Slika 9.23. Korištenje naredbe "Stiffner on Free Edge" .....	35
Slika 9.24. Upore .....	35

Slika 10.1. Odabir plohe za "Sketch".....	36
Slika 10.2. Korištenje naredbe Sketch .....	36
Slika 10.3. Otvori na rebrenici .....	37
Slika 10.4. Odabir profila i panela za izradu prolaza.....	38
Slika 10.5. Odabir vrste prolaza.....	39
Slika 10.6. Generirani prolaz profila kroz sponju.....	39
Slika 10.7. Prolaz za profile kroz vodonepropusnu pregradu .....	39
Slika 10.8. Odabir ukrepa .....	40
Slika 10.9. Definiranje end cut-a .....	40
Slika 10.10. Prikaz end cut-a .....	41
Slika 10.11. Korištenje naredbe "Sketch" .....	42
Slika 10.12. Dimenzioniranje koljena.....	42
Slika 10.13. Koljeno izmodelirano pomoću naredbe "Sketch" .....	43
Slika 10.14. Korištenje naredbe "Parametric Panel" .....	43
Slika 10.15. Odabir parametara koljena.....	44

## **SAŽETAK**

Tema ovog rada bila je modeliranje strukture krme pramca prema dostupnoj klasifikacijskoj dokumentaciji. Radom je opisana sva potrebna brodograđevna dokumentacija koja se izrađuje za gradnju broda i opreme. U drugom dijelu rada detaljno je opisan proces modeliranja strukturnih elementa krme broda u softveru 3D Experience. Pojedinačni element strukture krme detaljno je opisan riječima i prikazan na slikama.

Ključne riječi: dokumentacija, brodogradnja, modeliranje, strukturni elementi, 3D Experience

## **SUMMARY**

The subject of this paper was the modeling of the ship stern structure according to the available classification documentation. In the work is described all the necessary shipbuilding documentation that is created for the construction of the ship and equipment. In the second part of the work, the process of modeling the structural elements of the ship's stern in the 3D Experience software is described in detail. Each element of the stern structure is described in detail in words and shown in pictures.

Keywords: documentation, shipbuilding, modeling, structural elements, 3D Experience