

# MODELIRANJE STRUKTURE PRAMCA BRODA

---

Vlah, Ena

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:190:083924>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-02**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U RIJECI

**TEHNIČKI FAKULTET**

Prijediplomski sveučilišni studij brodogradnje

Završni rad

**MODELIRANJE STRUKTURE PRAMCA BRODA**

Rijeka, rujan 2024.

Ena Vlah

0069090412

SVEUČILIŠTE U RIJECI

TEHNIČKI FAKULTET

Prijediploski sveučilišni studij brodogradnje

Završni rad

**MODELIRANJE STRUKTURE PRAMCA BRODA**

Mentor: Prof. dr. sc. Marko Hadjina

Komentor: asist. dr. sc. Davor Bolf

Rijeka, rujan 2024.

Ena Vlah

0069090412

Rijeka, 13.03.2024.

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

## ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD

Pristupnik: **Ena Vlah (0069090412)**  
Studij: Sveučilišni prijediplomski studij brodogradnje (1020)

Zadatak: **MODELIRANJE STRUKTURE PRAMCA BRODA / MODELLING OF SHIP BOW 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 pramca 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:  
Davor Bolf

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

# IZJAVA

Ja, Ena Vlah, studentica sveučilišnog prijediplomskog studija brodogradnje na Tehničkom fakultetu Sveučilišta u Rijeci, izjavljujem da sam sukladno s člankom 9. Pravilnika o završnom radu, završnom ispitu i završetku sveučilišnog prijediplomskog studija Tehničkog fakulteta Sveučilišta u Rijeci, samostalno izradila završni rad s naslovom „ Modeliranje strukture pramca broda“, pod mentorstvom prof. dr. sc. Marka Hadjine.

Rijeka, rujan 2024.

Ena Vlah

# ZAHVALA

*Ovom prilikom htjela bih se zahvaliti svom mentoru prof. dr. sc. Marku Hadjini i komentoru asist. dr. sc. Davoru Bolfu na pruženoj prilici te prenesenom znanju tijekom svih godina prijediplomskog studija uključujući stvaranje završnog rada.*

*Zahvaljujem se svojoj obitelji, dečku i najboljoj prijateljici na bezuvjetnoj podršci tijekom studiranja. Također, zahvaljujem se kolegicama i kolegama na divnim trenucima provedenim na fakultetu i izvan njega.*

# SADRŽAJ

1. Uvod.....	1
2. Dokumentacija .....	2
3. Tijek i tok dokumentacije .....	3
3.1. Ugovaranje broda i ugovorna dokumentacija.....	3
3.2. Idejni projekt.....	4
3.3. Preliminarni projekt.....	5
3.4. Ugovorni projekt.....	7
4. Izrada projektne dokumentacije .....	8
4.1. Projektna tehnička dokumentacija.....	8
4.2. Projektna tehnološka dokumentacija .....	8
5. Izrada klasifikacijske dokumentacije .....	11
6. Izrada radioničke dokumentacije .....	14
7. Izrada tehnološke dokumentacije.....	15
8. Izrada planske dokumentacije.....	17
9. Modeliranje strukture pramca broda .....	18
9.1. Softverska platforma 3d experience .....	18
9.2. Modeliranje oplate pramca .....	20
9.3. Modeliranje paluba broda.....	23
9.4. Modeliranje elemenata uzdužne strukture .....	26
9.5. Modeliranje elemenata poprečne strukture.....	29
10. Modeliranje ukrepa .....	33
10.1. Modeliranje ukrepa palube .....	33
10.2. Modeliranje ukrepa pregrada .....	34
11. Modeliranje detalja strukture broda .....	35
11.1. Modeliranje otvora.....	35
11.2. Modeliranje prolaza za profile .....	38
11.3. Modeliranje završetaka profila .....	39
11.4. Modeliranje koljena .....	40
12. Zaključak.....	42
Literatura .....	43
Popis slika .....	44
Sažetak .....	45

# 1. UVOD

Brodogradnja, grana industrije s dugogodišnjom tradicijom proces je koji obuhvaća projektiranje, izgradnju te opremanje brodova i plovni objekata. U začetcima glavni materijali i alat bili su oni najprimitivniji to jest drvo i ruke. Ručnim tehnikama ljudi su izrađivali drvena plovila kako bi preživjeli. Razvojem trgovine i industrije razvijala se i brodogradnja te se razvijala i gradnja broda. Potreba za većim prijevoznim kapacitetima (putničkim, trgovačkim) natjerala je brodograđevnu industriju da s plovila jednostavne konstrukcije i strukture prijeđu na složene metalne konstrukcije. Uvođenjem metala i procesa zavarivanja otvorilo se novo poglavlje u modernoj povijesti brodogradnje.

Tijekom vremena tehnike crtanja plovni objekata zbog složenosti konstrukcija prešle su s papira na ekrane. Današnja tehnologija igra ključnu ulogu u svakom segmentu brodogradnje. Razvijeni su računalni softveri poput CAD-a (Computer-Aided Design) koji omogućuju precizno projektiranje i planiranje faza gradnje broda od samih detalja pa sve do velikih sekcija. Korištenje 3D programa za modeliranje poput 3D EXPERIENCE-a omogućava maksimalnu vizualizaciju gotovog projekta prije same izgradnje u brodogradilištu.

Razvitak softvera nije jedini pokazatelj tehnološkog napretka već pratimo i metode izgradnje. Izgradnja velikih sekcija pojedinačno te spajanje u cjelinu smanjuje vrijeme izgradnje te omogućuje bolju provjeru kvalitete. Jačanje tehnološkog aspekta brodogradnje očituje se i time što automatizacija i roboti čvrstim korakom ulaze u brodogradilišta.

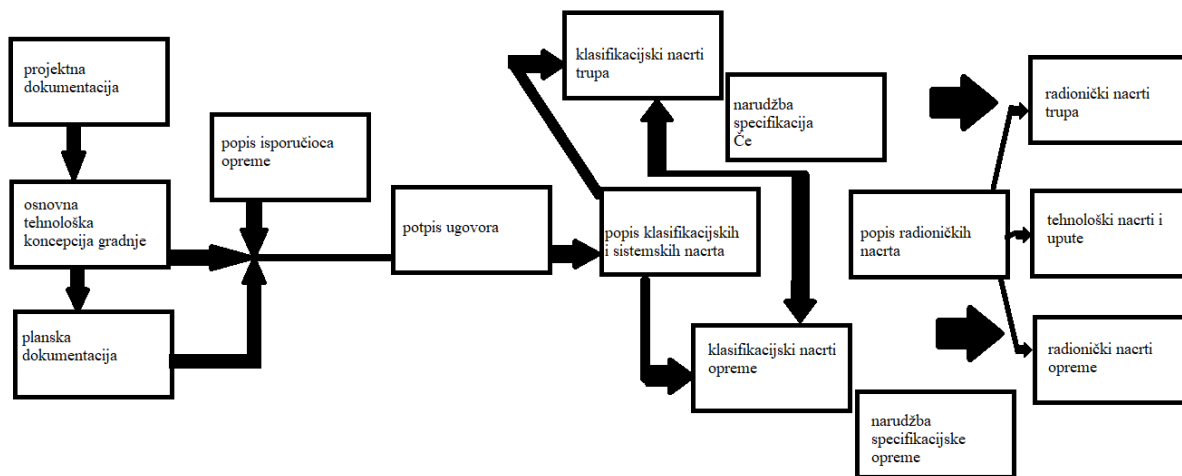
U ovom završnom radu opisivat će se tijekom dokumentacije od ugovaranja preko projektne dokumentacije do klasifikacijske dokumentacije. Obradit ćemo radioničku, tehnološku završno sa planskom dokumentacijom. Prikazat ćemo izradu pramca modela broda u softveru 3D EXPERIENCE i objasniti korištenje alata unutar softvera na temelju modeliranja zadanog pramca.



## 2. DOKUMENTACIJA

Dokumentacija obuhvaća skup dokumenata potrebnih kako bi se brod mogao ugovoriti, izgraditi te opremiti. Brodogradilišna dokumentacija dijeli se na ugovornu dokumentaciju pod koju spadaju idejni projekt, preliminarni projekt te ugovorni projekt. Nakon izrade ugovorne dokumentacije izrađuje se projektna dokumentacija koja je podijeljena na projektnu tehničku te projektnu tehnološku dokumentaciju. Potom nam slijede klasifikacijska, radionička te naposljetku tehnološka dokumentacija. Stvaranje dokumentacije složen je i dugotrajan proces koji zahtijeva izvrsnost u komunikaciji svakog segmenta brodogradilišta upravo zbog ovakve široke podjele. Svaka faza izgradnje od samog polaznog projekata do krajnjeg proizvoda i isporuke kupcu definirana je kroz dokumentaciju detaljnim tehničkim uputama, nacrtima, opisima te najvažnije standardima i propisima prema kojima brodogradilišta rade.

Postojanje dokumentacije je neophodno kako kroz sam tijekom stvaranja plovnog objekta tako i za praćenje njegovih promjena tijekom godina rada. trajnim zapisom se uvijek možemo osvrnuti na početne izmjere i proračune te ih po potrebi usporediti s novonastalom preprekom.



Slika 1 Shema toka izrade dokumentacije [2]

### 3. TIJEK I TOK DOKUMENTACIJE

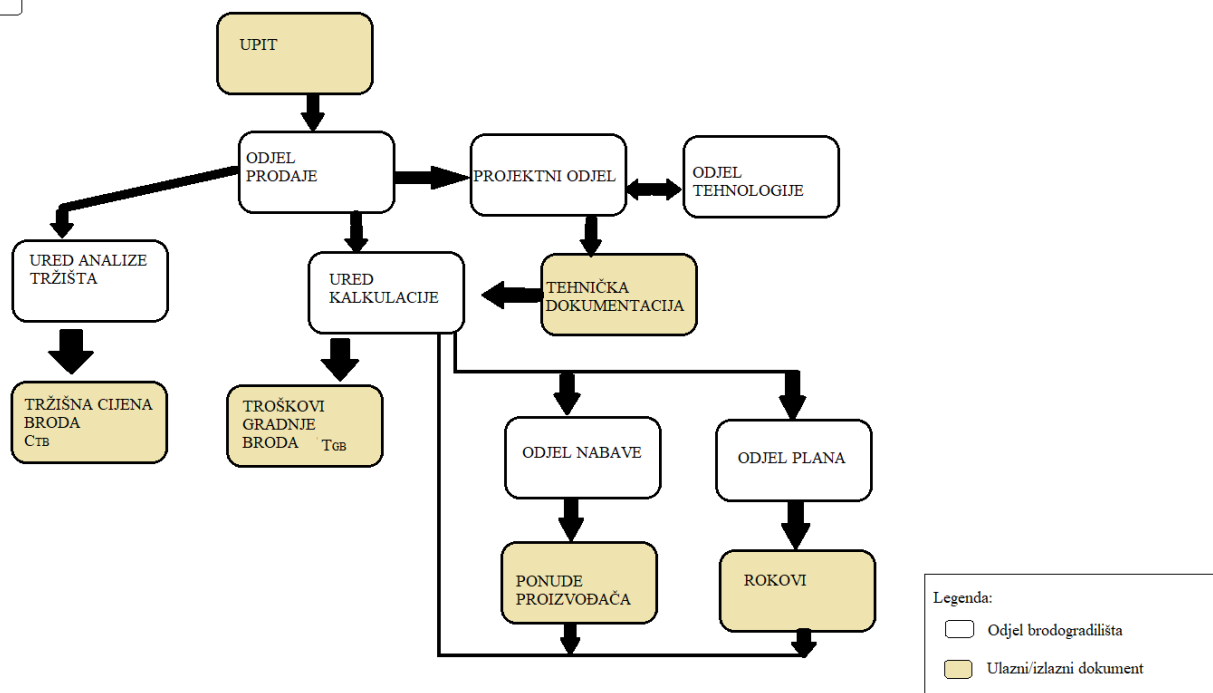
#### 3.1. UGOVARANJE BRODA I UGOVORNA DOKUMENTACIJA

Ugovaranje broda započinje kada se dvije stranke, u ovome slučaju brodovlasnik i brodogradilište dogovore ponudu s opcijama i značajkama koje brodovlasnik treba, a koje će brodogradilište moći ispuniti u zadanom vremenu. Ugovor o gradnji broda sklapa se s kupcem za gradnju jednog ili više brodova. To je pismeni sporazum između naručitelja i brodogradilišta u kojem su definirani obveze i prava obiju ugovornih strana. Ugovor uključuje i ugovornu projektnu dokumentaciju.

Ugovorna projektna dokumentacija je usuglašena dokumentacija kojom se definiraju tehničke značajke plovnog objekta, novogradnje.[6]

Kada je brodovlasnik zadovoljan s ponuđenim kreće se u daljnji proces detaljiziranja željenih stavki brodovlasnika koje su opisane u idejnom projektu. Nakon usvojenog idejnog projekta slijedi preliminarni projekt koji objedinjuje skraćeni tehnički opis i opći plan u mjerilu 1:500. Naposljetku kupac dobiva ugovorni projekt u kojem se nalazi ugovorna tehnička dokumentacija s detaljnijim tehničkim opisom i planovima. Primjećujemo značaj ponuda brodogradilišta o kojima ovisi uspješnost ugovaranja gradnje plovnih objekata i financijski rezultat.

□



Slika 2 Koncept izrade prodaje[6]

### **3.2. IDEJNI PROJEKT**

Prva etapa ugovorne dokumentacije broda jest idejni projekt. Pripremom idejnog projekta predstavljamo osnovne tehničke i funkcionalne karakteristike broda. Prioritet idejnog projekta jest definiranje strateškog plana za izgradnju novog plovila koje podrazumijevaju:

- podatke za kalkulaciju
- osnovni podaci o brodu
- tehnički podaci
- kratki opis
- skica broda

Početak konceptualnog projekta zasniva se na određivanju osnovnih karakteristika plovila kao što su dužina, visina, širina, gaz i brzina koje su sadržane u kratkom opisu s osnovnim tehničkim podacima i skicom kako bi naručitelj imao uvid u razmišljanja stručnjaka brodogradilišta. Podaci postavljeni u početku važni su kako bi se iz tih osnovnih parametara mogao razviti proračun i detaljnije projekcije broda. Nakon nekoliko analiza i procjena, raspon solucija se smanjuje sve dok se ne uspostavi set zahtjeva za značajke koje se mogu ostvariti unutar proračuna. Glavni prioritet ove faze jest definiranje zahtjeva brodovlasnika (kupca), svrhe broda i njegove ključne performanse prilikom čega je naglasak na balansu između priuštivosti i sposobnosti.

### 3.3. PRELIMINARNI PROJEKT

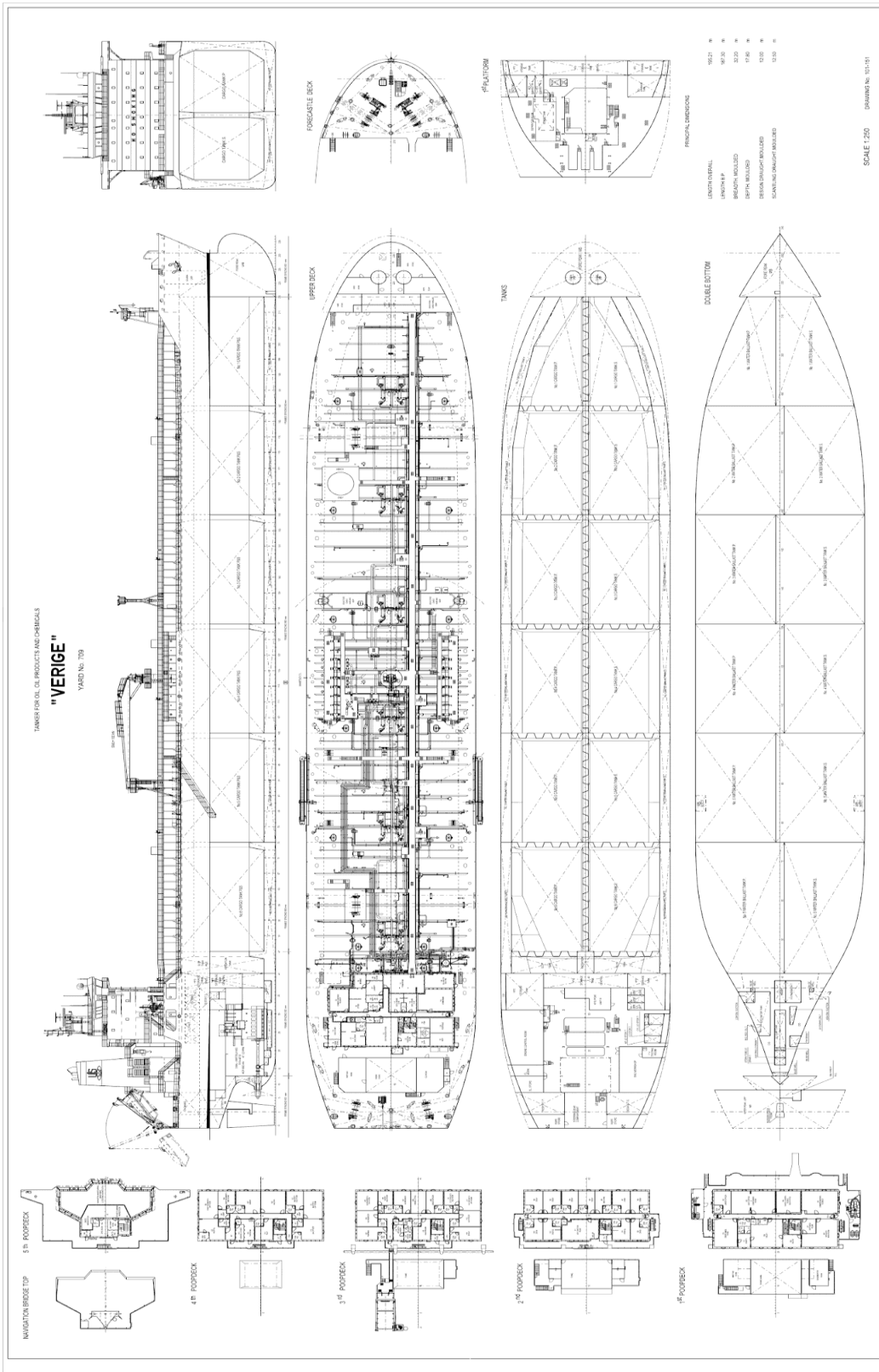
Druga etapa ugovorne dokumentacije nakon idejnog projekta jest razrada preliminarnog projekta. Važna etapa u kojoj se poslije ideje i osnovnih značajki predviđaju ciljevi poput:

- Veličine broda
- odabir brodskih sustava
- performanse plovila
- preciziranje procjene troškova
- strategija brodogradnje
- bruto i neto tonaža

Stavke koje ne utječu na navedene ciljeve poželjno je ostaviti za sljedeću fazu kako bih se mogli posvetiti bitnijim pitanjima. Jedna od važnijih stavki koja se treba što točnije odrediti u najranijoj fazi jest porivni stroj koji se ugrađuje u strojarnicu broda i na temelju odabira stoja vrše se daljni proračuni i definiraju ostale karakteristike. Odabirom snage porivnog stroja kreće se u fazu projektiranja brodskog vijka.

U ovoj fazi se također radi plan troškova, uključujući troškove nabave materijala, opreme brodskog trupa, potrošnju goriva te troškovi gradnje i kasnijeg održavanja broda. Na temelju nosivosti i tipa broda može se proračunati potrošnja goriva.

Preliminarni projekt sadržava skraćeni tehnički opis i opći plan plovila u mjerilu 1:500. Podaci preliminarnog projekta su podaci za proračun, osnovne karakteristike broda, kraći tehnički opis (od 20 do 60 stranica) te preliminarni plan rebara i opći plan u mjerilu 1:500.



Slika 3 Opći plan broda [4]

### 3.4. UGOVORNI PROJEKT

Ugovorni projekt zadnja je faza unutar ugovorne projektne dokumentacije. Ugovorna tehnička dokumentacija dijeli se na:

- Detaljni tehnički opis
- Opći plan u mjerilu 1:200
- Nacrt glavnog rebra
- Kapacitetni plan
- Preliminarna knjiga trima i stabiliteta
- Stabilitet broda u oštećenom stanju
- Preliminarni prognozni dijagram
- Bilance el. energije i pare
- Lista proizvođača

Ugovorni proces se sastoji od dvije faze podijeljene na faze prije i poslije potpisivanja ugovora. Prva faza zahtjeva da se prije potpisivanja ugovora opišu ulazni podaci korišteni za proračun tijekom preliminarne faze kao što su veličina broda i odabir brodskih sustava. Osim toga mora se dodatno razraditi tehnički opis. U drugoj fazi koja slijedi nakon potpisivanja ugovora izglađuje se brodska forma kako bi se optimizirao rad brodskog vijka te redukcija troškova goriva. Dijelovi dokumentacije također napravljeni u prethodnim fazama ugovornog procesa proširuju se i doraduju.

Ugovaranje broda je postupak koji također značajno ovisi o aktualnim tržišnim okolnostima kako za brodogradilište, tako i za brodovlasnika koji brod naručuje. } Brodovlasnik će, obzirom na očekivane značajke novogradnje sadržane u konkurentnim projektima, sposobnosti pojedinih brodogradilišta da izvrše posao, kvalitetu izvedbe, zadovoljenje raznih normi, vrijeme isporuke i sl., stvoriti predodžbu o pogodnoj poslovnoj mogućnosti za ugovaranje posla s brodogradilištem. Kada su tehnički i komercijalni parametri projekta do kraja istraženi, uključene strane obično pregovaraju i finaliziraju detalje ugovora i specifikacija, u okviru konačnih pregovora.[6]

## **4. IZRADA PROJEKTNE DOKUMENTACIJE**

### **4.1. PROJEKTNA TEHNIČKA DOKUMENTACIJA**

Izrada projektne dokumentacije sljedeći je korak nakon ugovorne dokumentacije. Vođeni specifikacijama ugovorenim između brodo vlasnika i brodogradilišta započinjemo stvarati tehničku dokumentaciju u projektnom uredu.

Izrada tehničke dokumentacije sastoji se od:

- Izrade tehničkog opisa broda
- Izrade općeg plana broda
- Izrade osnovnih funkcionalnih shema
- Plan građevnih rebara
- Kapacitetni plan

Projektna tehnička dokumentacija sadrži sveobuhvatan opis brodskih komponenti, uključujući tehničke karakteristike broda kao što su dužina, visina, širina, trim i gaz, ali i oblik forme broda. Osim spomenutog mora se voditi računa i o tipu broda koji je ugovoren. Iako je funkcija plovila najbitniji segment potrebno je da ono estetski prihvatljivo izgleda.

### **4.2. PROJEKTNA TEHNOLOŠKA DOKUMENTACIJA**

Projektna tehnološka dokumentacija za razliku od projektne tehničke dokumentacije se stvara u tehnološkom uredu brodogradilišta. Takva vrsta dokumentacije služi za cjelokupno definiranje proizvodnog procesa usputno definirajući:

- osnovne značajke gradnje broda
- način gradnje i opremanje broda
- opis optimalne tehnologije gradnje i opremanja u postojećim uvjetima unutar brodogradilišta

Dijeli se na projektnu tehnološku dokumentaciju:

- trup
- opremu

Dokumenti tehnološke dokumentacije za trup dijele se na:

- tehnološku koncepciju gradnje i (uranjenog) opremanja broda
- podjela broda u grupe

- tehnološki opis broda
- Redosljed i montaža broda i dr.

Podjela broda u grupe redosljedom od broja 0 predstavljajući ne vidjeljive radove koji obuhvaćaju više osnovnih prostorija ili cijeli brod. Slijede broj 1 koji predstavlja područje krme, broj 2 koji predstavlja područje strojarnice i broj 3 koji predstavlja prostor za teret. Naposljetku broj 4 koji predstavlja područje pramca te broj 5 koji predstavlja područje nadgrađa.





## 5. IZRADA KLASIFIKACIJSKE DOKUMENTACIJE

Klasifikacijski zavod (društvo), međunarodna ili nacionalna organizacija koja klasificira brodove i izdaje im svjedodžbu o klasi na temelju tehničkih pravila o gradnji i opremanju broda; može utvrđivati i kasniju plovidbenu sposobnost broda.[8] Klasifikacijska društva su ona društva čije standarde prate unutar brodogradilišta i projektnih ureda. Postavljeni standardi odnose se na svaki dio brodske strukture, brodske opreme i strojeva. Klasifikacijska društva provođenjem rutinskih nadzora provjerava ispravnost dijelova plovila koji se gradi te naposljetku bude dodijeljena svjedodžba ovisno o ispravnosti broda. Po svijetu postoje mnoga klasifikacijska društva od kojih su najpoznatija francuski Bureau Veritas, američki American Bureau of Shipping te britanski Lloyd's Registrar of Shipping. Postoji i hrvatsko klasifikacijsko društvo pod nazivom Hrvatski registar brodova.

Klasifikacijska dokumentacija izrađuje se nakon potpisivanja ugovora, istovremeno s projektnom tehnološkom dokumentacijom. Izradom klasifikacijske dokumentacije se šalje na odobrenje klasifikacijskom društvu i brodovlasniku za područje:

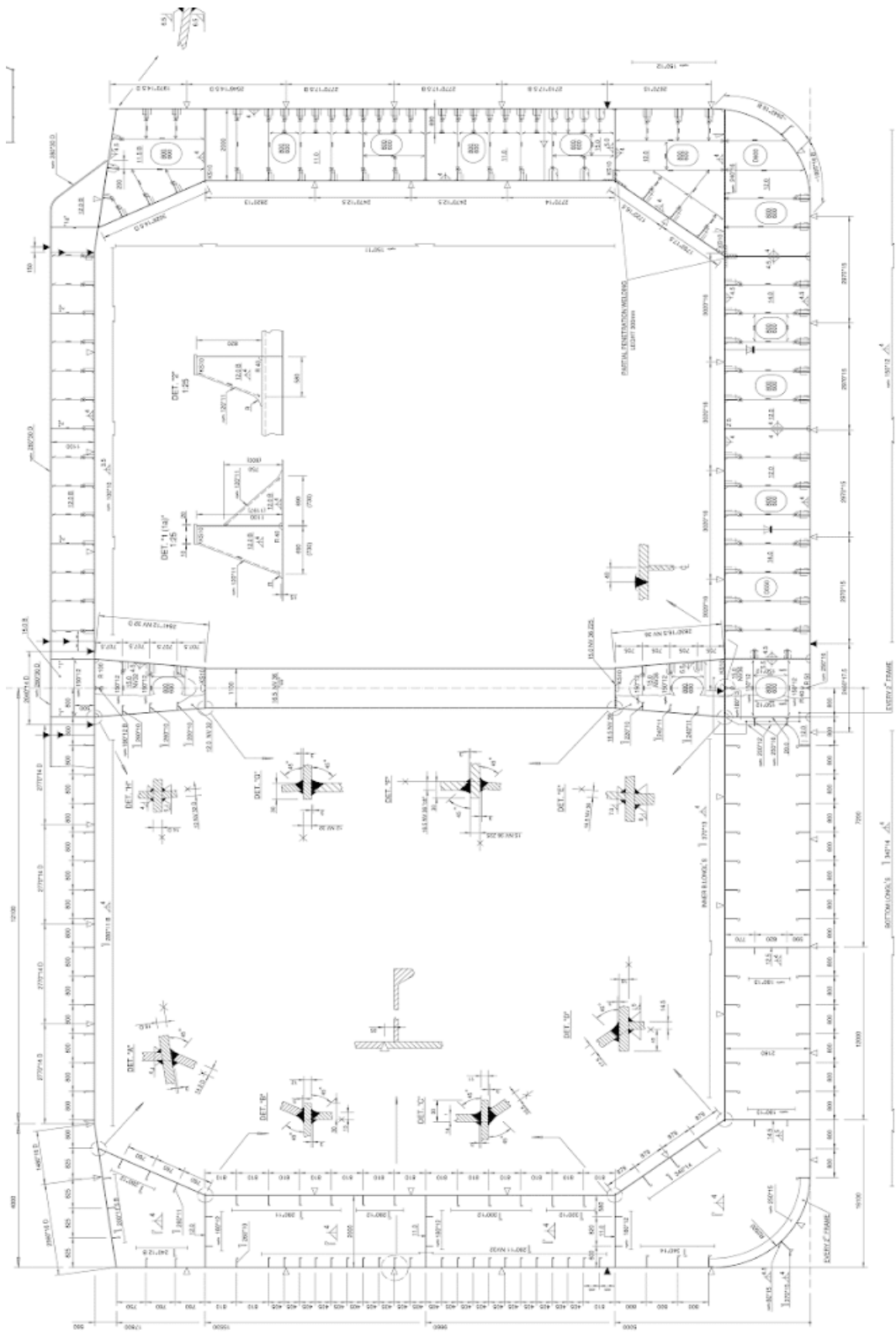
- Trup
- Strojne sustave
- Brodsku opremu
- Elektro opremu, komunikacije i navigaciju
- Opremu za obitavanje posade i putnika

Nadalje, nužna je izrada specifikacija materijala za narudžbu i tehničko odobravanje ponuda za narudžbu. Sama nabava i priprema materija je vrlo kompleksan proces za koji je izrađena velika količina podataka. Bitna točnost dokumenata unutar dokumentacije kako bi se radovi na gradnji trupa sa sigurnošću nastaviti.

Dokumenti klasifikacijske dokumentacije:

- Funkcionalne sheme brodskih sistema
- Funkcijske sheme elektroinstalacija
- Klasifikacijski nacrti gradnje broskog trupa
- Klasifikacijski nacrti opreme broda
- Sistemski nacrti smještaja opreme

Ukoliko su klasifikacijsko društvo i kupac zadovoljni klasifikacijskom dokumentacijom, odnosno ako se nije naišlo na nikakve probleme, prelazi se u sljedeću fazu to jest izradu radioničke dokumentacije.



Slika 5 Nacrt glavnog rebra broda[4]

## 6. IZRADA RADIONIČKE DOKUMENTACIJE

Tehnički ured brodogradilišta koji je i ujedno zadužen za izradu klasifikacijske dokumentacije, kreće u izradu radioničke dokumentacije nakon potpisivanja ugovora. Ukoliko brodogradilište ima mogućnosti odnosno dovoljno resursa, radionička dokumentacija može se razvijati s klasifikacijskom dokumentacijom, nakon što je odobrena od strane klasifikacijskog društva i brodovlasnika. Zapravo razradom klasifikacijske dokumentacije dobiva se radionička dokumentacija s vrlo detaljnim proizvodnim informacijama. Radionička dokumentacija je najopširnija vrsta dokumentacije prilikom projektiranja broda i samim time ima i do 1400 komada nacrtana po brodu.

Spada pod tehničku dokumentaciju broda te njome se koriste radnici u proizvodnim halama brodogradilišta. Najbitnije je da se dokumentacija izrađuje prema brodograđevnim propisima i standardima te je bitno da je u najvećoj mjeri čitljiva kako bi je isti radnici mogli pravilno tumačiti. Na radioničkim nacrtima detaljno su opisane sve specifikacije ugradbenih materijala broda, brodske opreme i uređaja.

Osnovni dokumenti radioničke dokumentacije trupa i opreme:

- Radionička dokumentacija trupa broda
- Radionički nacrti izrade opreme s popisom materijala
- Radionički montažni nacrti opreme s popisom materijala

Za potrebe montaže izrađuju se radionički montažni nacrti za:

- Brodski trup
- Strojne sisteme

Radioničku tehničku dokumentaciju rađenu po standardima klasifikacijskog društva je potrebno provjeriti, zatim ovjeriti te usputno paziti na usklađenost s tehnološkim dijelom dokumentacije. Rano otkrivanje mogućih grešaka prilikom izrade same dokumentacije smanjuje rizik od ponovnih nastalih grešaka te minimalizira mogućnost dodatnog troška.

## 7. IZRADA TEHNOLOŠKE DOKUMENTACIJE

Izrada tehnološke radioničke dokumentacije sljedeća je etapa razvoja dokumentacije. Nakon izrade projektne i klasifikacijske dokumentacije, detaljno se definira svaki korak gradnje broda.

Obuhvaćena je dokumentacija koja definira:

- Način gradnje broskog trupa (određuje se vrsta tehnologije koja će se koristiti)
- Mjesto gradnje broda (određuje se mjesto montaže broskog trupa)
- Norme (vrijeme koje će se utrošiti na izgradnju pojedine faze trupa)

Radioničku tehnološku dokumentaciju dijelimo na dokumentaciju za gradnju trupa broda i dokumentaciju opreme broda. Sveukupna radionička i tehnološka dokumentacija opisana je tehnološkim nacrtima i uputama.

Radionička tehnološka dokumentacija sastoji se od:

- Tehnoloških nacrti koji razrađuju :
  - 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
- Tehnoloških uputstva:
  - Razrađene radioničke specifikacije
  - Nacrta za izradu panela na panel-liniji
  - Sastave sekcija
  - Nacrta za izvođenje oskeljenja
  - Analitičkih listova, radnih listova
  - Dokumentacije za normiranje izrade, predmontaže i montaže broskog trupa, itd.

Prije svega potrebna je tehnička priprema materijala koja se odvija u uredu tehničke pripreme materijala. Prilikom zaprimanja specifikacije materijala iz klasifikacijske i radioničke dokumentacije i iz same proizvodnje analizira se i obrađuje materijal prema tome treba li specificirani materijal naručiti ili se već nalazi unutar postojećih zaliha. Ukoliko se specificirani materijal ne nalazi unutar postojećih zaliha šalje se zahtjev za narudžbu materijala prema nabavi na način da se grupiraju istovrsni materijali koji pristižu unutar definiranih rokova.

Nadalje izrada radioničke tehnološke dokumentacije može se odnositi i na opremanje broda pod koje spadaju:

- Izrada popisa nacрта, pregledavanje i razrađivanje radioničkih nacрта i popisa materijala za izradu, predmontažu i montažu
- Razrada radioničke dokumentacije za izradu cijevi s izradom pripadajućih popisa za izradu cijevi grupiranih prema radnim mjestima izrade
- Izrada tehnoloških nacрта i uputstava za korozijsku zaštitu
- Izrada nacрта i uputstava za razvod privremene energetike na brodu
- Normiranje (izrade brodske opreme, predmontaže i montaže brodske opreme)

Naposljetku, dokumenti koji spadaju unutar radioničke tehnološke dokumentacije su tehnološki nacrti i uputstva koja se dijele na izradu brodske opreme, predmontažu i montažu opreme broda i korozijsku zaštitu opreme broda. Spomenute dokumente dijelimo i na razrađeni popis materijala za opremanje broda, tehnološke nacрте prijevremenih otvora i energetike na brodu te na analitičke listove i radne listove.

Analitičke listove možemo opisati kao dokument kojim su definirani sredstva, postupci i režimi te redosljed faza i njihov broj. Iz analitičkih listova izvlače se radni listovi, operacijski list te prateći list.

## 8. IZRADA PLANSKE DOKUMENTACIJE

Posljednja stavka brodogradilišne dokumentacije jest planska dokumentacija koja započinje unutar ureda plana. Ovom vrstom dokumentacije definiramo:

- planove i rokove za :
  - Izradu tehničke dokumentacije
  - Izradu tehnološke dokumentacije
  - Naručivanje i prispijeće materijala
  - Izradu i montažu broskog trupa prema radioničkoj dokumentaciji
  - Izradu i montažu brodske opreme prema radioničkoj dokumentaciji
- Distribuiranje radioničke i tehnološke dokumentacije prema proizvodnom sektoru
- Praćenje i analiza izvršenja radova prema radioničkoj dokumentaciji
- Analiza proizvodnih kapaciteta, opterećenja radionica i potreba za radnom snagom (kooperacija) prema normiranim satima, rokovima i planovima gradnje broda.

Dokumenti koje sadrže prethodno navedeno jesu dokumenti planske dokumentacije. Sastoje se od strateškog plana, godišnjeg plana i operativnog plana.

Odjel proizvodnje nalazi se u ključnoj ulozi izrade planske dokumentacije. Ovaj odjel odgovoran je za pripremu proizvodnje, što uključuje zaprimanje i slanje radioničke dokumentacije potrebne za izradu i montažu unutar jasno definiranih rokova za završetak rada. Također prema zadanom popisu materijala osigurava dostavu istih za izradu montaže u radionice. Završno, organizira rad proizvodnih radionica gdje se odvijaju procesi izrade i montaže prema popisu materijala, radioničkoj dokumentaciji i radnom listu



## **9. MODELIRANJE STRUKTURE PRAMCA BRODA**

### **9.1. SOFTVERSKA PLATFORMA 3D EXPERIENCE**

Softverska platforma 3D EXPERIENCE je produkt Dassault Solidworks korporacije koja omogućava realizaciju jednostavnih dvodimenzionalnih nacrtu u trodimenzionalnom obliku, analizu i simulaciju proizvoda. Ovu inovativnu softversku platformu čini skup aplikacija kao što su Enovia, Catia, Simulia i Delmia koje međusobno djeluju tijekom rada u aplikaciji. Svaka od navedenih proizvoda 3D EXPERIENCE-a sadrži skup alata koji je zaslužan za razvoj proizvoda, od samog nacrtu preko proizvodnje i životnog tijeka proizvoda. Tijekom korištenja platforme dovoljno je jednim klikom na kompas da se odabere željena aplikacija. Odabranoj aplikaciji nije potreban novi prozor kako bi nastavili s radom već unutar postojećeg projekta otvara nove značajke željene aplikacije.

Cilj 3D EXPERIENCE-a je savladati dizajn, marketing, prodaju i usluge u procesu razvoja proizvoda kako bi se stvorilo okruženje za suradnju kojim se može upravljati digitalno i u stvarnom svijetu. Različiti aspekti razvoja proizvoda spojeni su u koherentno okruženje u kojem je grupama inženjera lakše surađivati na projektima. Članovi tima rade u istom primarnom softverskom okruženju prateći iste podatke i datoteke preko oblaka. Korištenjem oblaka uklanjaju se prepreke fleksibilnog i učinkovitog rješavanja zadatka.[15]

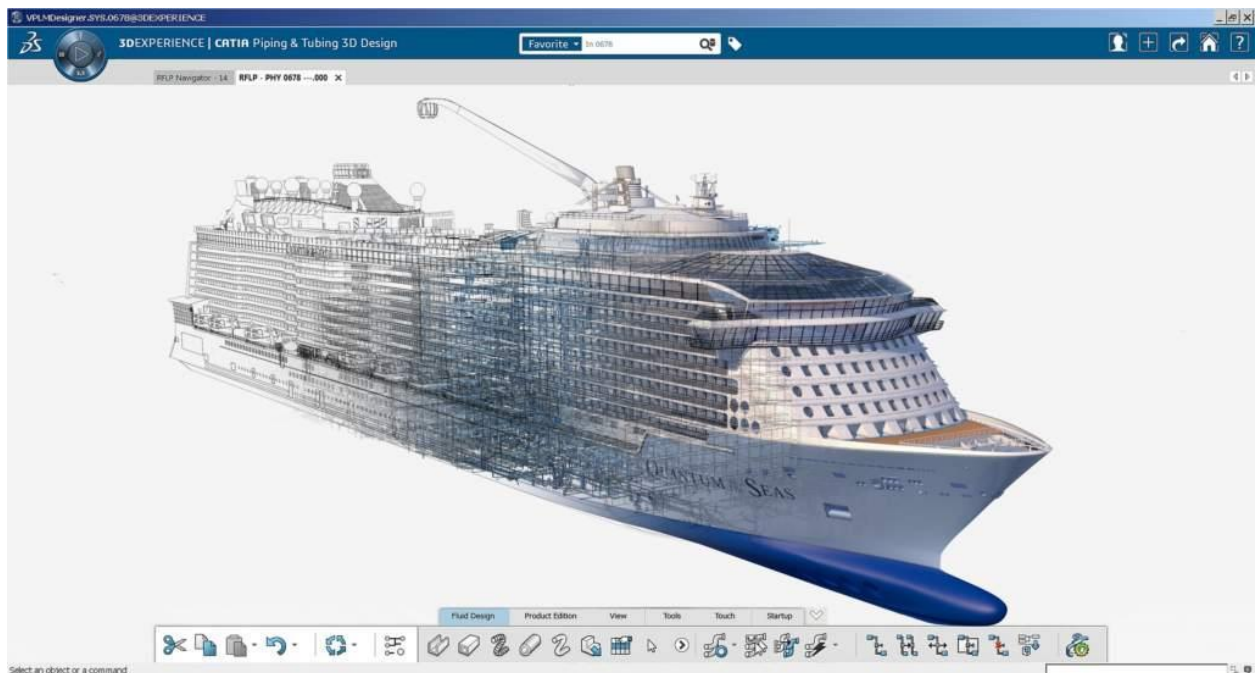
Catia je složen alat pomoću kojeg se rješavaju problemi modeliranja proizvoda. Catia se sastoji od alata pomoću kojih možemo skicirati i modelirati. Omogućeno je projektiranje i najsloženijih dijelova i sklopova. Trodimenzionalni model moguće je „izbaciti“ u dvodimenzionalnom obliku uz naglasak na veliku točnost.

Simulia je alat pomoću kojeg krajnji rezultat možemo predočiti unutar simulacije. Vizualizacijom u proizvoda preko simulacije dobivamo jasniju sliku projekta u novom svjetlu. Potvrđuje pouzdanost i sigurnost proizvoda i materijala od kojeg je proizvod napravljen, prije same izrade u stvarnom svijetu.

Delmia nudi koheziju između simulacija stvarnog svijeta i virtualnog svijeta modeliranja povezujući sve od dobavljača preko prijevoznika pa sve do radne snage.

Enovia je platforma koja prati informacije to jest upravlja životnim tokom proizvoda. Pristupom aplikaciji članovi tima mogu zajedno djelovati u procesima te koristiti podatke i njima upravljati.

Dassault Systems razvio je softver pod nazivom „Marine & Offshore Solutions“ koji je stvoren za projektiranje i konstrukciju brodova.



Slika 6 Sučelje softvera 3D EXPERIENCE[13]

Zaključujemo kako su glavne značajke ove platforme mogućnost skiciranja i crtanja u trodimenzionalnom pogledu. Uviđamo mogućnosti složenog modeliranja i projektiranja modela koje potom možemo radi potvrde točnosti prije same izrade provesti kroz simulaciju u željenom okruženju. Umreženost platforme omogućava dobru komunikaciju između članova inženjerskog i proizvodnog pogona.

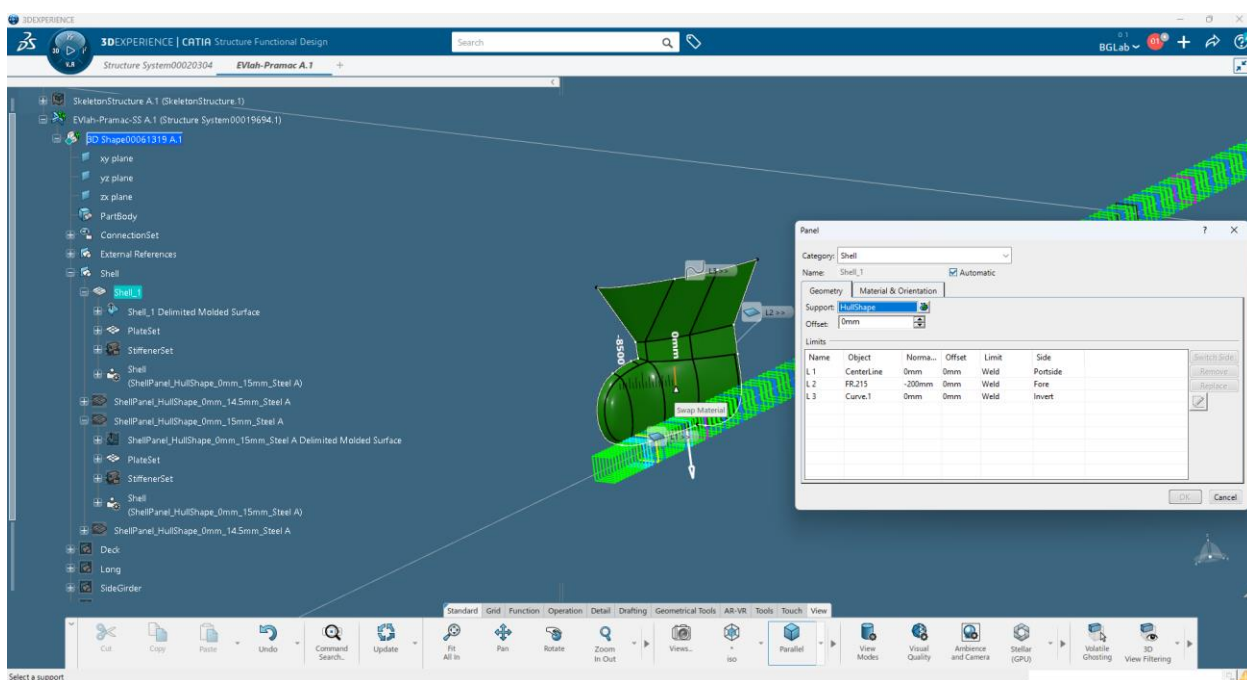
## 9.2. MODELIRANJE OPLATE PRAMCA

Postupak izrade modela pramca započinjemo ulaskom u stablo u kojem se nalazi model svrstan unutar okruženja. Okruženje postavlja voditelj projekta (engl. administrator) koji ima najviša korisnička prava kao postavljanje ostalih članova u njihove uloge. Voditelj projekta omogućuje članovima (engl. members) ograničenu mogućnost korištenja alata. Postoji i uloga vanjskog (external) pristupa za one članove izvan projekta ili organizacijskog sustava.

Skeleton nam je glavna vodilja kroz proces modeliranja i projektiranja unutar platforme 3D EXPERIENCE. Skeleton je stvoren od različitih pomoćnih ravnina i ploha koje pojednostavljuju navigaciju složenim projektom. Unutar skeletona možemo brzo i jednostavno pročitati određene specifikacije dijelova proizvoda koji se modelira u softveru.

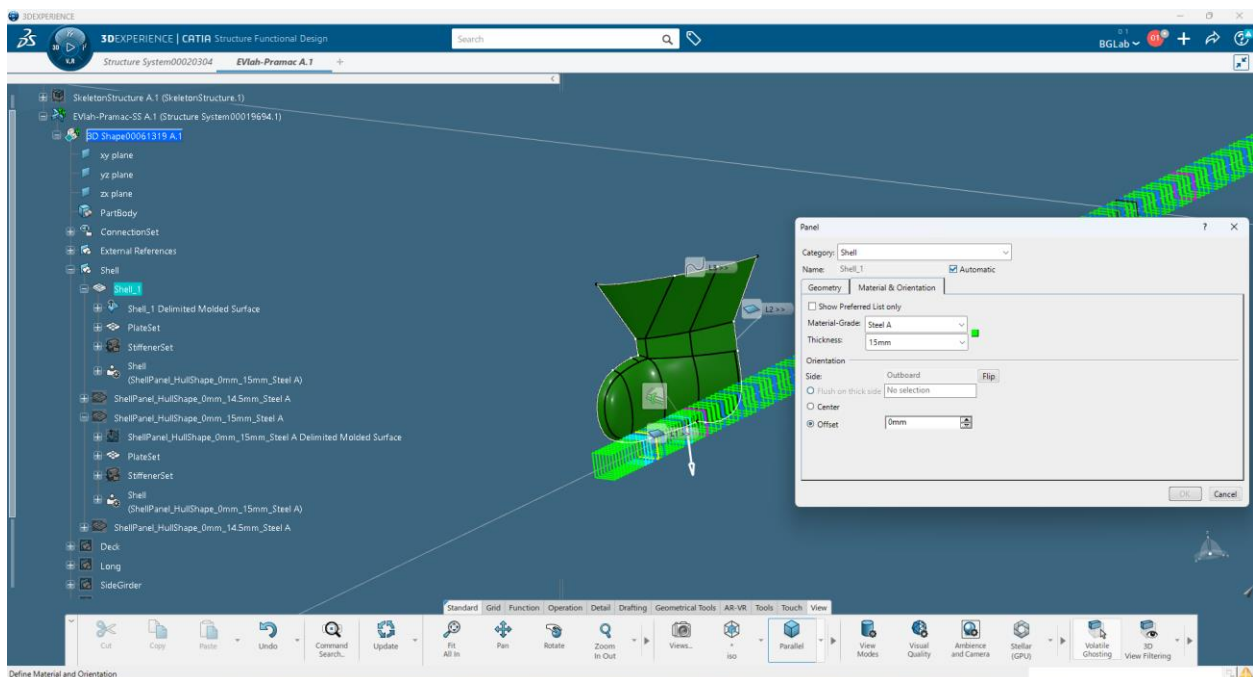
Započinjemo odabirom plohe iz Skeletona koja nam je potrebna za modeliranje. Odabiremo iz kostura formu broskog trupa te potom krećemo s izradom oplate pramčanog dijela broskog trupa.

S odabranom aplikacijom otvaraju se i brojni alati koji se mogu upotrijebiti. Početno se odabire naredba to jest alat za izradu panela naziva „Panel“ koji pritisnemo i prilikom čega iskače prozor s funkcijama/parametrima koje zahtjevaju odabire krajnosti panela.



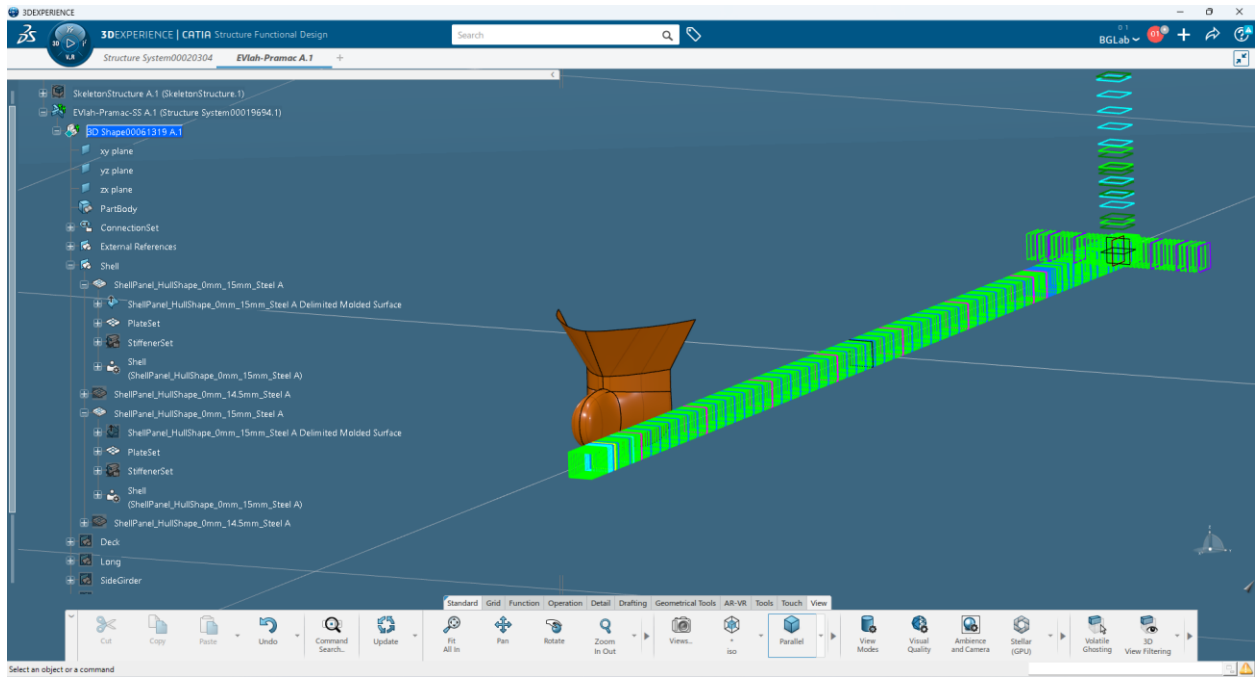
Slika 7 Modeliranje oplate pramca broda

Unutar prozora odabiremo kategoriju i položaj panela koji se izrađuje. Za oplatu pramca broda prvotno smo ekstrahirali model iz kostura koji smo potom označili kao glavni „Support“. Kategorija u koju nam pripada oplata pramca broda je „Shell“. „Shellu“ određujemo ostale limite unutar koordinatnog sustava. Kretanjem po horizontalnoj osi možemo izabrati ponuđene pomoćne plohe rebara (engl. frame) te uzdužne pomoćne plohe (engl. long), a ako se krećemo po vertikalnoj osi možemo izabrati pomoćne plohe visine paluba koje su nam potrebne za limitiranje panela. U ovom slučaju za krajnosti odabrali smo „FR 215.“ i „FR 245.“. Odabrano rebro 215. produljili smo za 200 mm.



Slika 8 Odabir debljine i materijala oplate pramca

Za visinu smo odabrali visinu gornje palube koja se nalazi 21160 mm iznad osnovice. Potom definiramo „Material and Orientation“ to jest materijal te orijentaciju i debljinu oplate. Potvrdom na ponuđeni „OK“ gumb dobivamo zaobljeni panel to jest željenu oplatu pramčanog dijela broskog trupa. Skup odabranih parametara stvorio je novi geometrijski set pod nazivom „Shell“. Kreirani geometrijski set možemo kontrolirati mogućom promjenom naziva te mijenjanjem grupe u kojoj se nalazi.

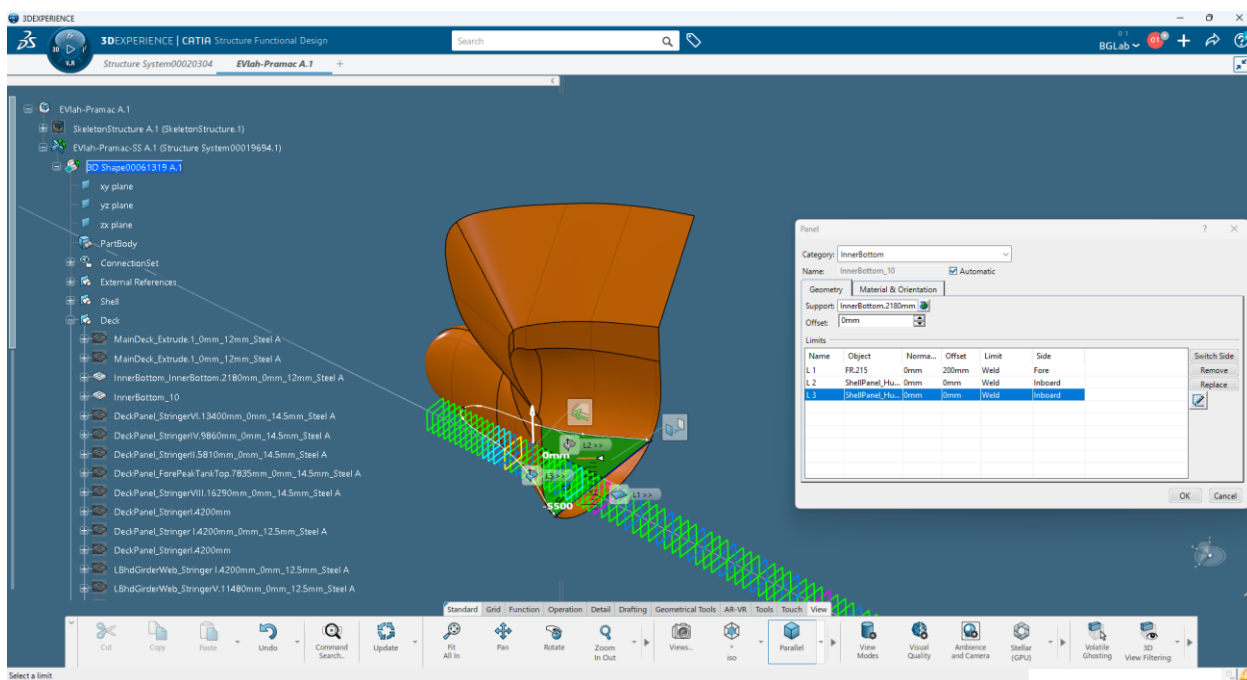


Slika 9 Generirani panel u stablu

### 9.3. MODELIRANJE PALUBA BRODA

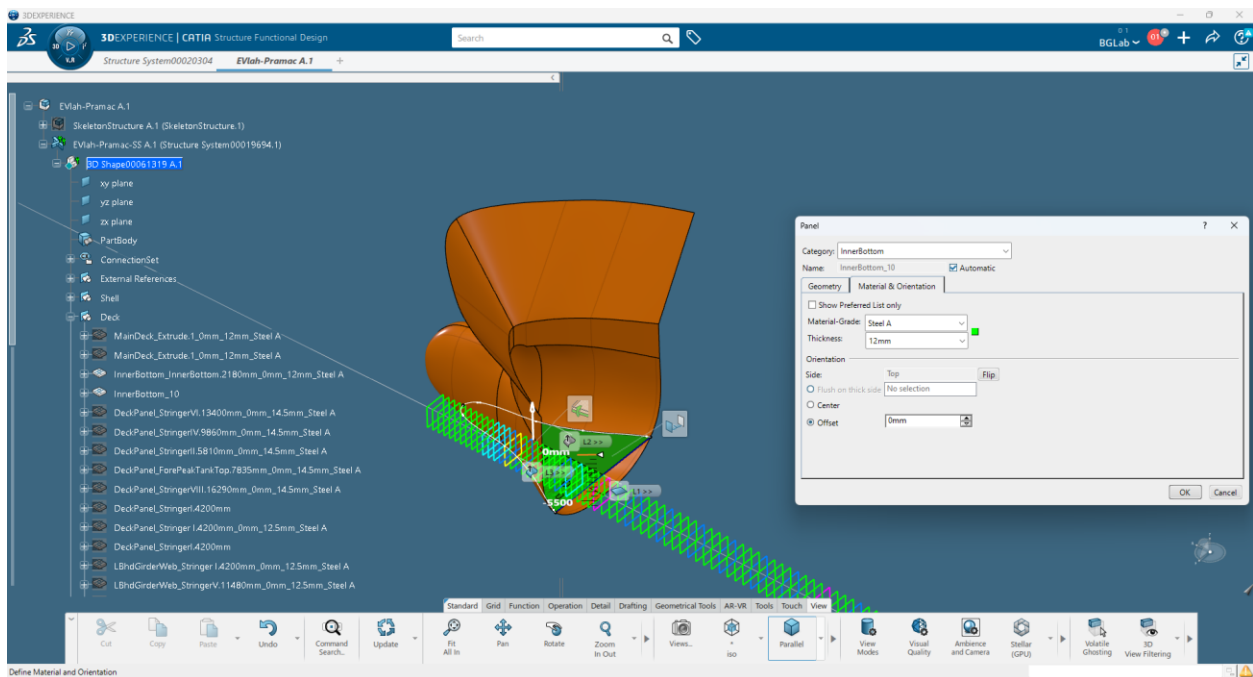
Poslije modeliranja oplata slijedi modeliranje dvodna pramca, glavne palube i ostalih platformi unutar pramčanog dijela broda. U „Skeletonu“ stvaramo novi geometrijski set „Deck“, a ukoliko on postoji definiramo ga pritiskom desne tipke miša na željenom geometrijskom setu i u ponuđenom nizu odabiremo „Define in working object“.

Ponavljamo radnju gdje biramo opciju „Panel“. Prvotno definiramo kategoriju prilikom čega pritišćemo već spomenutu kategoriju „Deck“. Kao „Support“ odabire se ploha (engl. plane) koja se nalazi unutar postavljenog koordinatnog sustava. Ploha koja nam odgovara za kao podrška za plohu dvodna broda naziva se „Inner bottom“ i nalazi se na 2180 mm od osnove. Limiti panela dvodna protežu se kroz cijelu oplatu te uz to još definiramo rebra „FR 215.“ i „FR 245.“



Slika 10 Modeliranje pokrova dvodna pramca

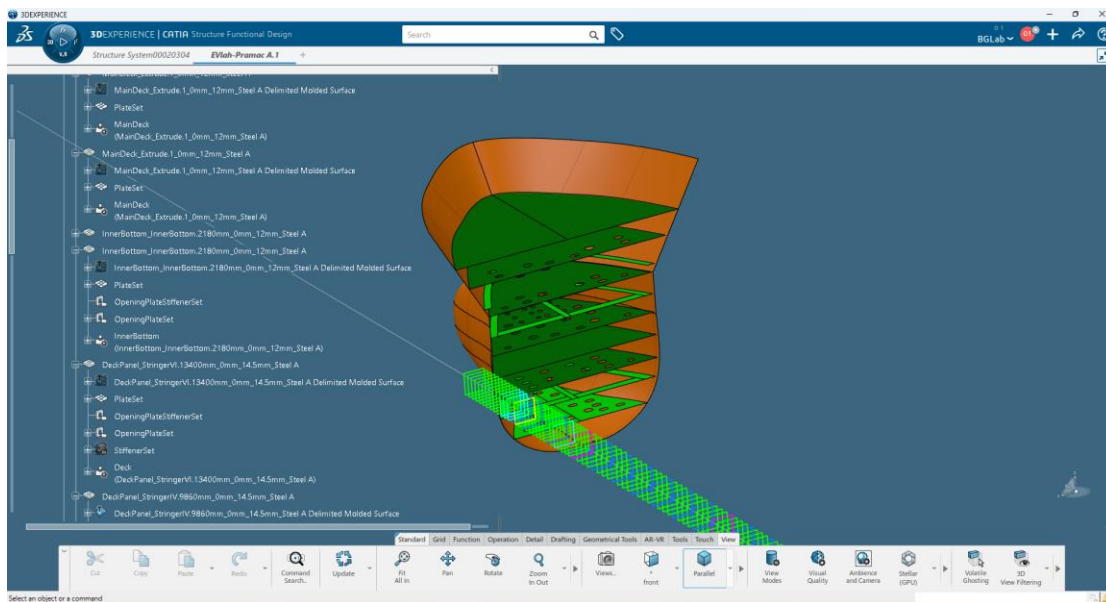
Ponavljamo postupak odabira materijala unutar prozora „Material and Orientation“ te definiramo traženu debljinu i orijentaciju.



Slika 11 Odabir debljine i materijala pokriva dvodna

Slijedi modeliranje ostalih paluba unutar pramčanog dijela broda koje se nalaze na sljedećim udaljenostima od osnovice broda : „Stringer I“ (4200 mm), „Stringer II“ (5810 mm), „Tank top“ (7835 mm), „Stringer IV“ (9860 mm), „Stringer V“ (11480 mm), „Stringer VI“ (13400 mm), „Stringer VII“ (14100 mm), „Stringer VIII“ (16250 mm) te „Main Deck“ (18360 mm). Postupak ponovno započinje odabirom naredbe „Panel“ za čiji „Support“ biramo pomoćne plohe na upravo navedenim visinama te ih limitiramo rebrima od „FR 215.“ pa sve do „FR 245.“ Slijedi biranje materijala u prozoru „Material and Orientation“ i odabir debljine i orijentacije modeliranih panela. Paluba je kao cjelina napravljena od manjih panela koje jednostavno upotrebom naredbe „Break Panel“ i „Seam Panel“ se može dobiti „slamanjem“ velikog panela u manje dijelove.

Modeliranjem svih paluba pramčanog dijela broda prelazimo na proces modeliranja elementarne strukture, a to jest modeliranje elemenata uzdužne strukture.

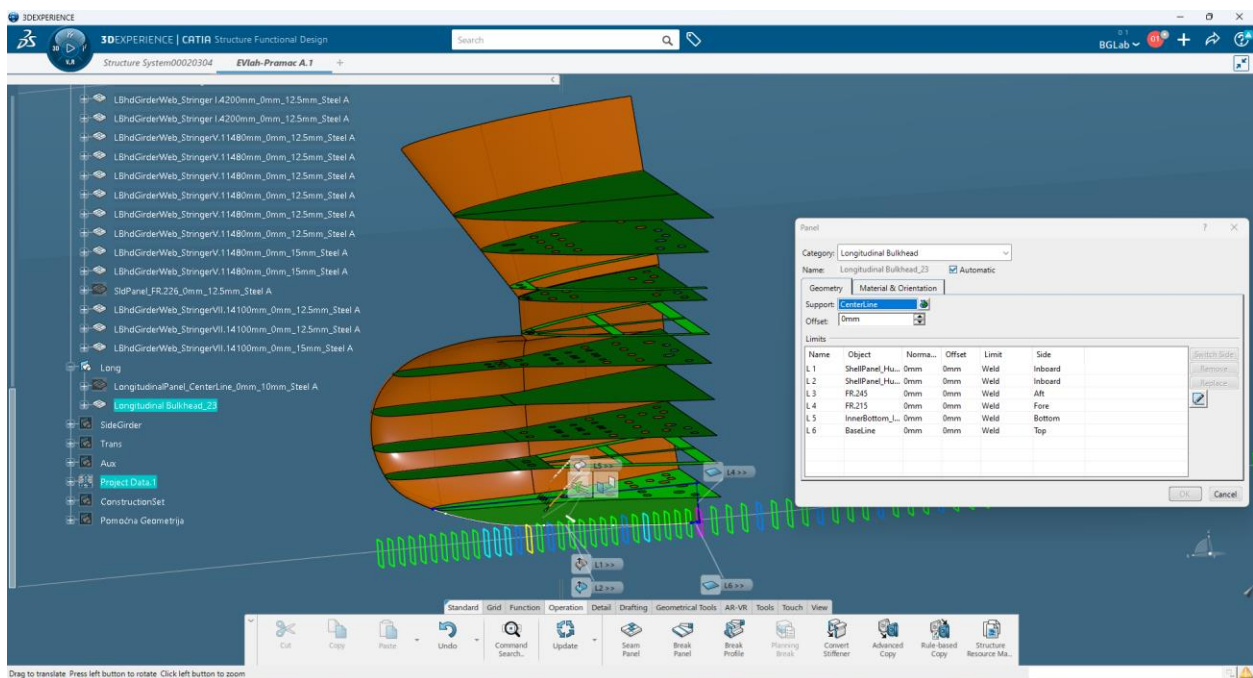


Slika 12 Palube pramčanog dijela broda



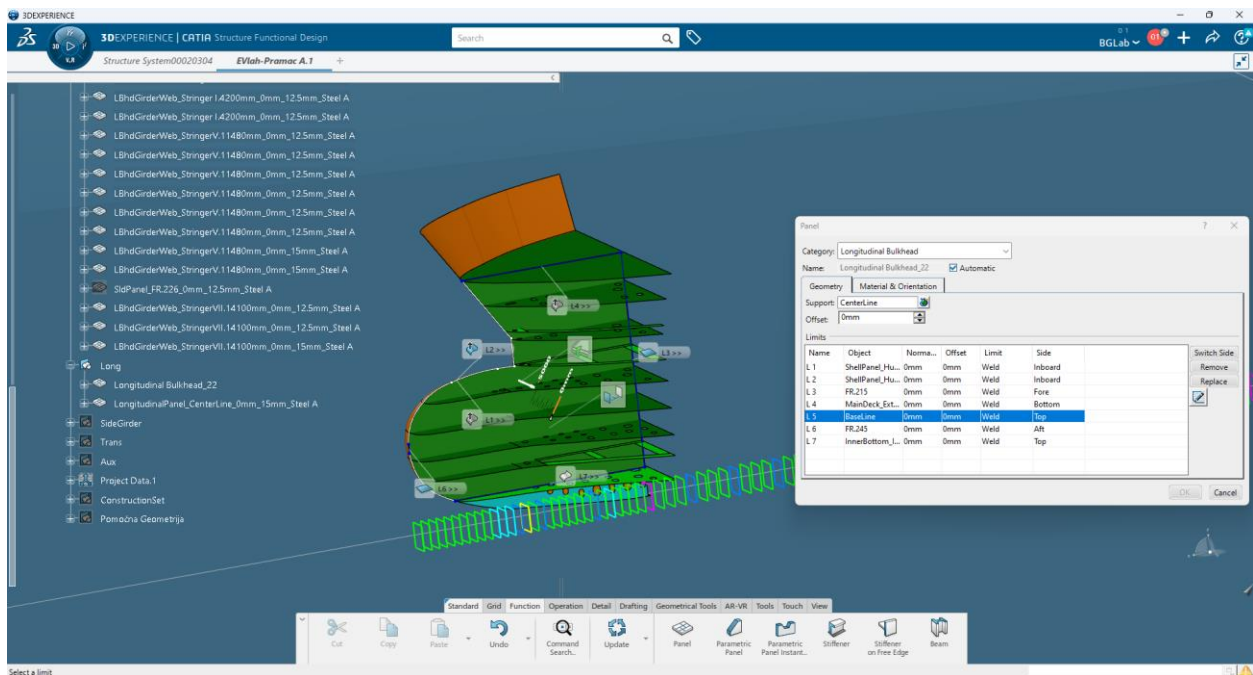
## 9.4. MODELIRANJE ELEMENATA UZDUŽNE STRUKTURE

Prvi korak u daljnjem procesu jest izrada nosača koji se nalazi u simetrali broda. Ponavljamo postupak prethodnih koraka modeliranja te koristimo naredbu „Panel“. Kod ponuđene kategorije panela biramo panel pod nazivom „Longitudinal Bulkhead“ što označava kretanje panela u uzdužnom smjeru. Nakon definicije kategorije slijedi odabir „Support-a“ koji zahtjeva odabir centralne linije odnosno ravnine u uzdužnom smjeru to jest „Center line“. Modelirani nosač limitiramo razmakom između rebara od „FR 215.“ do „FR 245.“, oplatom pramčanog dijela broda, osnovice broda te visinom na kojoj se nalazi pomoćna ploha „Inner Bottom (2180 mm)“. Ponuđenom opcijom „Material and Orientation“ postavljamo debljinu, orijentaciju, vrstu i materijala.



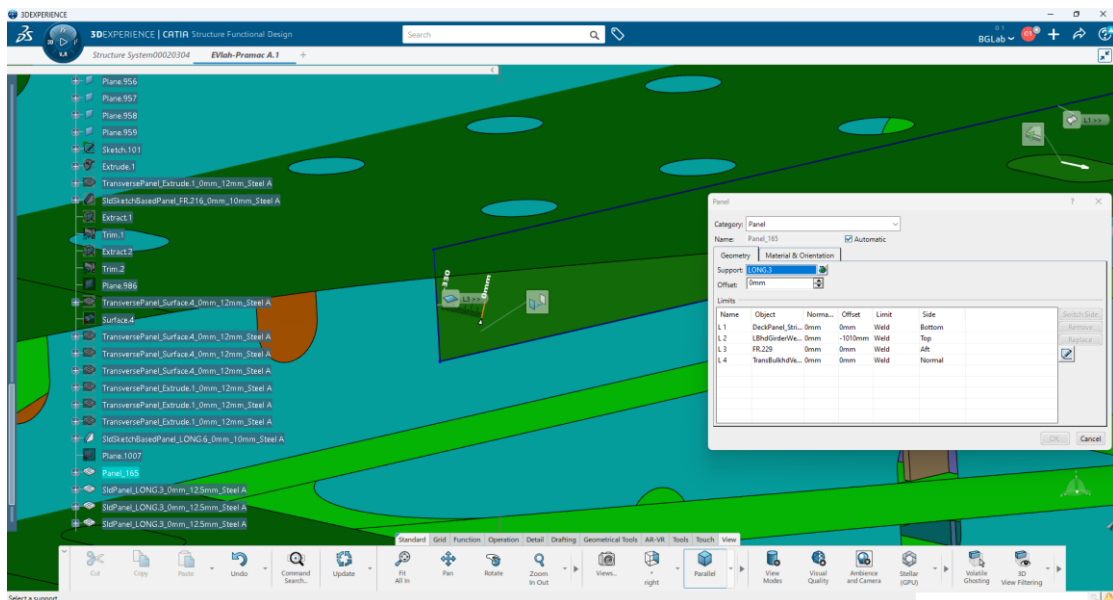
Slika 13 Modeliranje uzdužnog nosača u simetrali

Uzdužna pregrada modelira se na isti način, ali uz promjenu limita koji obuhvaća oplatu pramčanog dijela, pokrov dvodna, pomoćne rebrene plohe „FR 215.“ i „FR 245.“ I visinu glavne palube.



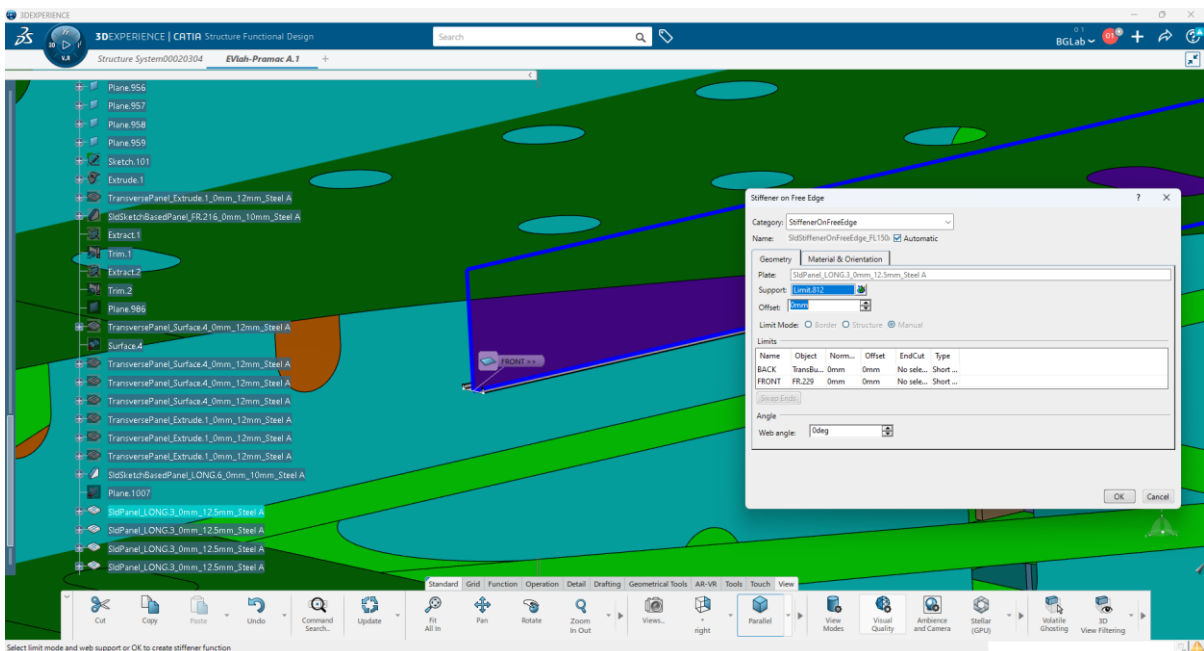
Slika 14 Modeliranje uzdužne pregrade u simetriji

Sličnim načinom modeliramo nosače koji se nalaze ispod palube takozvane palubne transverze. Primjer palubne transverze unutar pramčanog dijela koji smo modelirali započinje naredbom „Panel“. „Support-amo“ pomoću uzdužne plohe na čiji predznak valja pripaziti. Nalaze se oko centralne linije koja se ponaša kao središte koordinatnog sustava te se uzdužne plohe kreću na pozitivnoj s desne strane („LONG 1“) i negativnoj strani s lijeva („LONG -1.“). Na 2400 mm od centralne linije nalaze se transverzne za čiju smo „podršku“ uzeli uzdužnu plohu označavajući „LONG 3“. Ograničenja smo postavili na visinu odabrane palube primjerice „Stringer II (5810 mm)“, palube „Stringer II (5810 mm)“, odabirom pregrade koja se nalazi na rebro „FR 229.“ te odabirom profila pod nazivom „Transverse Bulkhead Vertical Stiffener“ koji se nalazi na kolizionoj pregradi „FR 215.“. Prije nego li potvrdimo unešene parametre valja „offsetirati“ određeni iznos od visine palube kako bi dobili zadanu visinu struka podveze. Ponavljamo proces prilikom odabira materijala kao u prethodnim opisima.



Slika 15 Modeliranje struka T profila

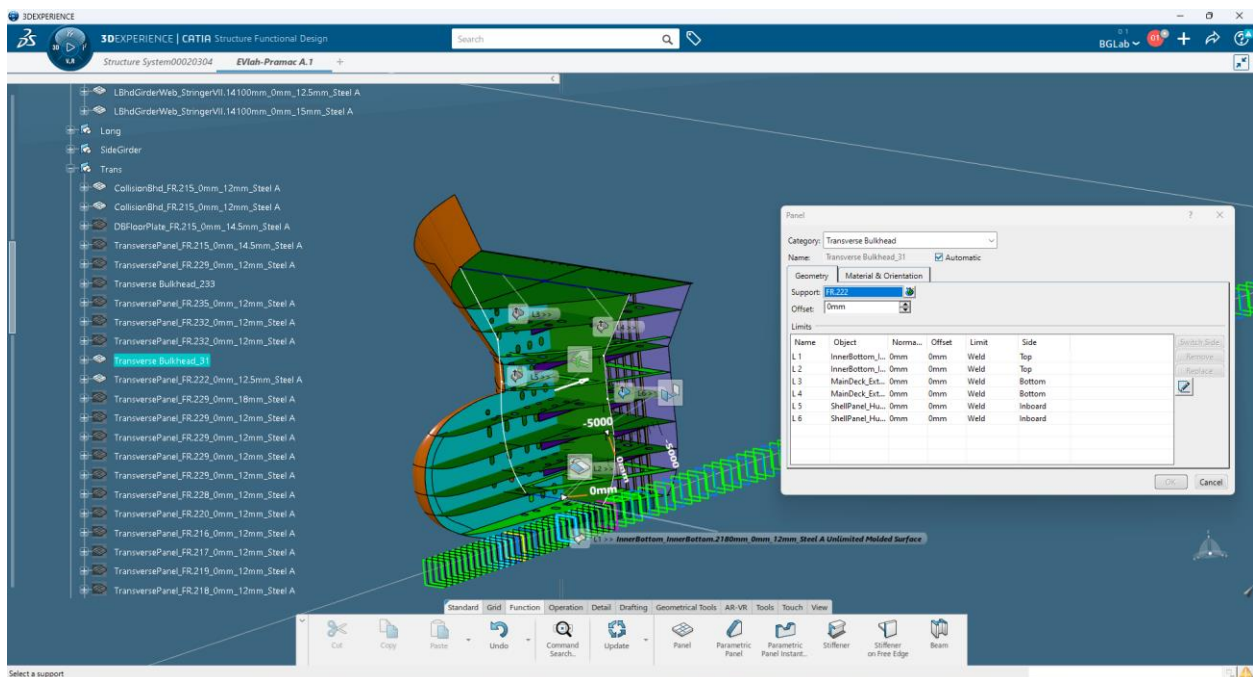
Nakon modeliranja struka potrebno je adekvatno napraviti pojas palubne podveze koja najčešće ima oblik T profila. Pojas T profila je „flat bar“ koji smo dobili klikom na alat „Stiffener on Free Edge“. Kao „Plate“ navodimo prethodno napravljen panel, a kao „Support“ koristimo liniju panela koja je orijentirana prema osnovici. Limitiramo istim limitima kao što smo i limitirali struk podveze te potom unutar prozora biramo vrstu profila koju želimo koristiti. Kao već spomenuto odabrali smo „flat profil“ veličina 150\*20 te potom izabrali materijal, debljinu i orijentaciju profila. Orijentaciju i smjer debljine profila postavljamo preko ponuđenih opcija „Plate side“ i „Section orientation“.



Slika 16 Modeliranje pojasa T profila

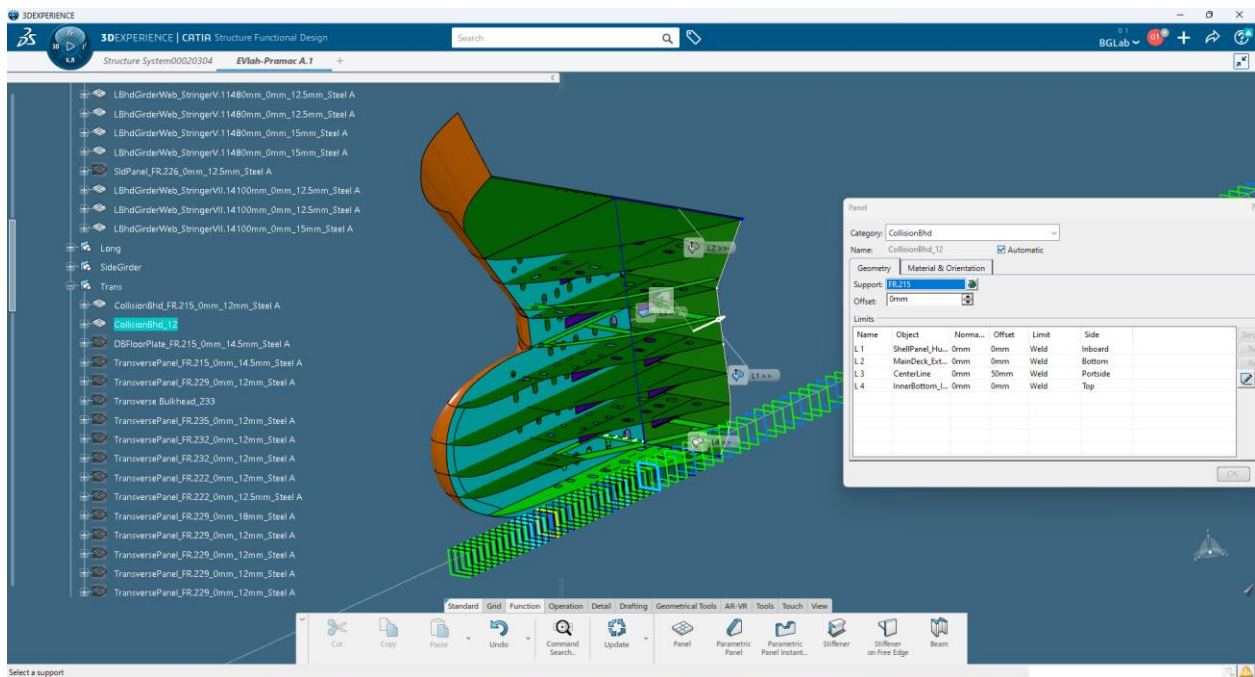
## 9.5. MODELIRANJE ELEMENATA POPREČNE STRUKTURE

Po završetku modeliranja elemenata uzdužne strukture slijedi modeliranje elemenata poprečne strukture pramca broda. Bitan element poprečne strukture broda jesu poprečne pregrade. One sprječavaju da se voda koja je prodrla u neki prostor ne širi po cijelom brodu i ne izazove potonuće broda. Protežu se od pokrova dvodna pa sve do glavne palube. Nastavak njihove strukture u dvodnu nazivaju se rebrenice koje također moraju biti nepropusne. [14]



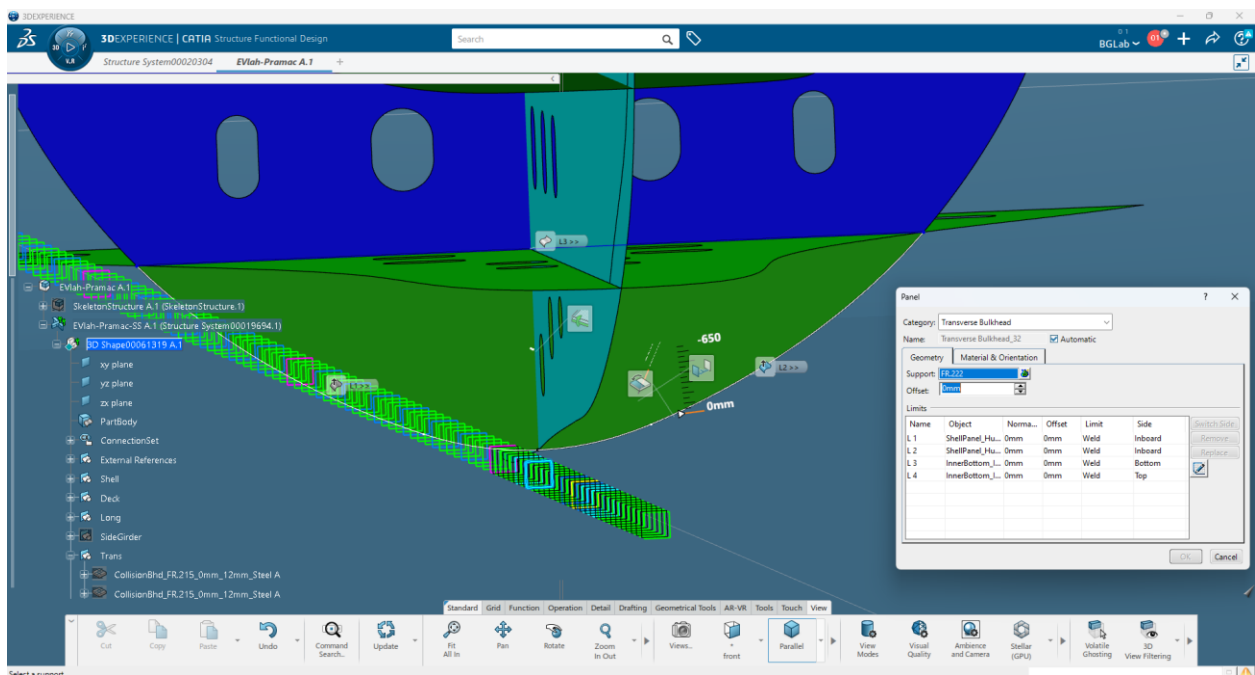
Slika 17 Modeliranje kolizije pregrade

Primjer poprečnih pregrada unutar pramčanog dijela broda koji modeliramo nalaze se na rebu „FR 215.“, „FR 222.“, „FR 229.“, „FR 232.“, „FR 233.“, „FR 234.“ i „FR 235.“. Kada smo utvrdili gdje se nalaze modeliranje započinjemo ponovim pritiskom na naredbu „Panel“. Kao „Support“ označimo pomoćne plohe rebra na kojima se nalaze. Ograničenja koja postavljamo pratimo prema nacrtima te označavamo „Shell“ kako bi u modelu dobili oblik poprečne pregrade. Zatim pregradu ograničavamo do glavne palube (engl. main deck) koja se nalazi na 18360 mm od osnovice i do pokrova dvodna (inner bottom) koji se nalazi na 2180 mm od osnovice.



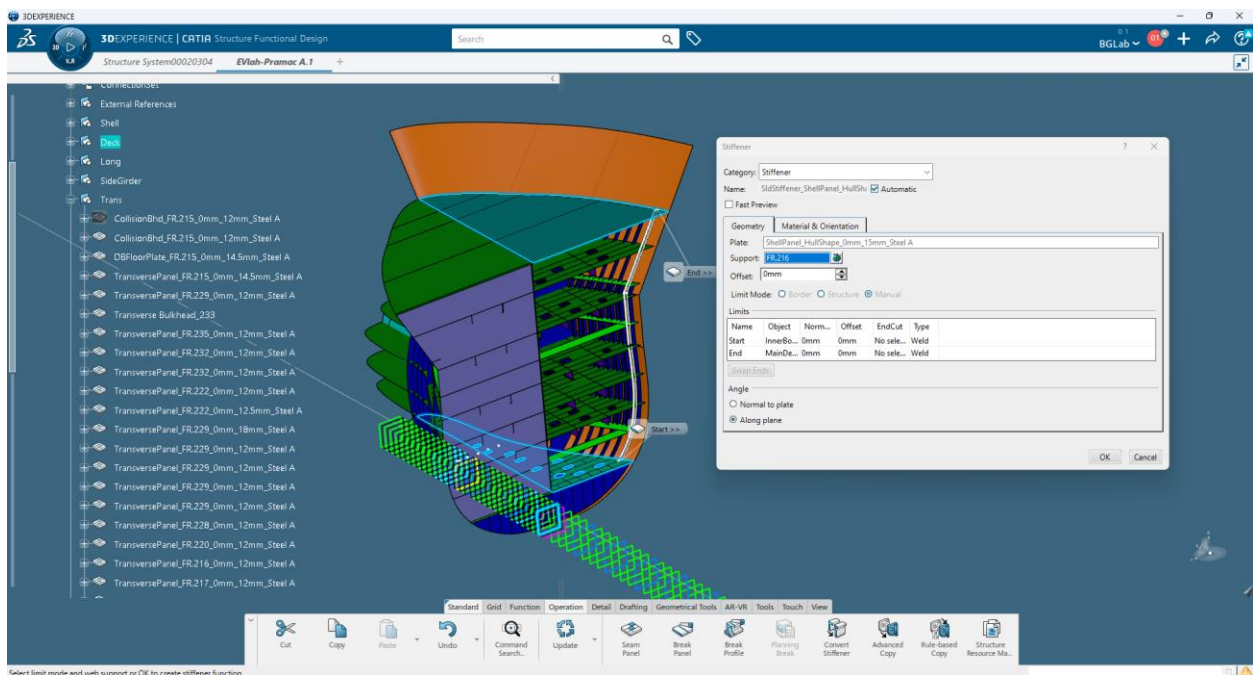
Slika 18 Modeliranje pregrade na "FR 222."

Rebrénice se nalaze unutar dvodna od centralne linije do uzvoja boka s objiju strana. Koristeći naredbu „Panel“ kao „Support“ označimo pomoćnu plohu rebara (od „FR 216.“ do „FR 238.“) koja nam odgovara poziciji na kojoj se nalazi rebrénica. Ograničenja se postavljaju do uzvoja boka te pritiskom na „OK“ dobivamo gotovu rebrénicu na odabranom rebu.



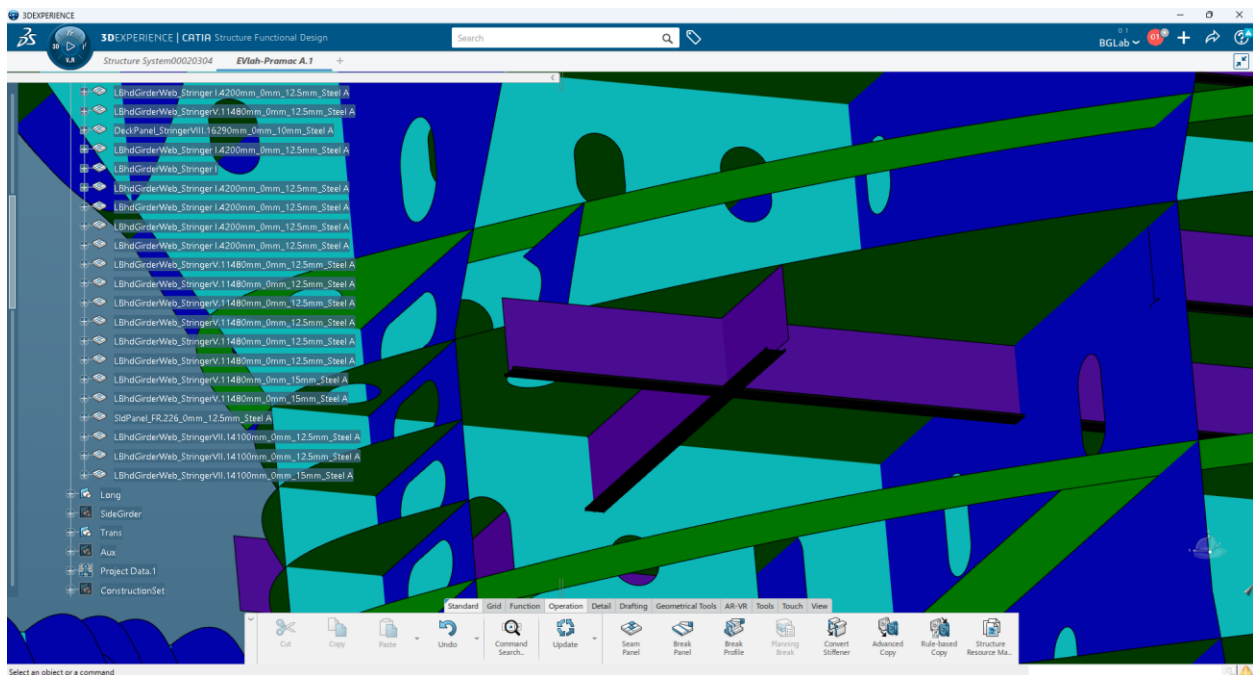
Slika 19 Modeliranje rebrénice u dvodnu broda

Uz poprečne pregrade u modelu unutar softvera stvaramo i poprečno orebrenje pramčanog dijela broda. Poprečna rebra unutar pramčanog dijela broda nalaze se na svakoj ordinati uzduž broda, a protežu se po boku broda od rebrenica do paluba. Rebra su napravljena od profila koji prate liniju boka broda, a s obzirom na veličinu i formu broda ti profili mogu biti većih ili manjih dimenzija. Najčešći oblik profila od kojeg se rebra rade su bulb profili. Pramčani dio broda pojačan je međurebrima koja nisu vezana niti za palubu niti za rebrenicu već su krajevi slobodni [14.].



Slika 20 Modeliranje rebara po boku broda

Rebra u softveru napravimo alatom naziva „Stiffener“, kategorija koju odabiremo jer „transverse vertical bulkhead stiffener“. „Podrška“ rebru jest rebreni razmak koji se nalazi na koordinatnom sustavu modela broda. Izaberemo željeno rebro koje ćemo izmodelirati pa ga limitiramo na početak jedne palube i kraj druge palube do koje se struktura kreće. Odabiremo vrstu i veličinu profila od koje je rebro napravljeno što je najčešće bulb profil. Podesimo materijal i smjer orijentacije profila koji je okrenut prema pramčanom piku.



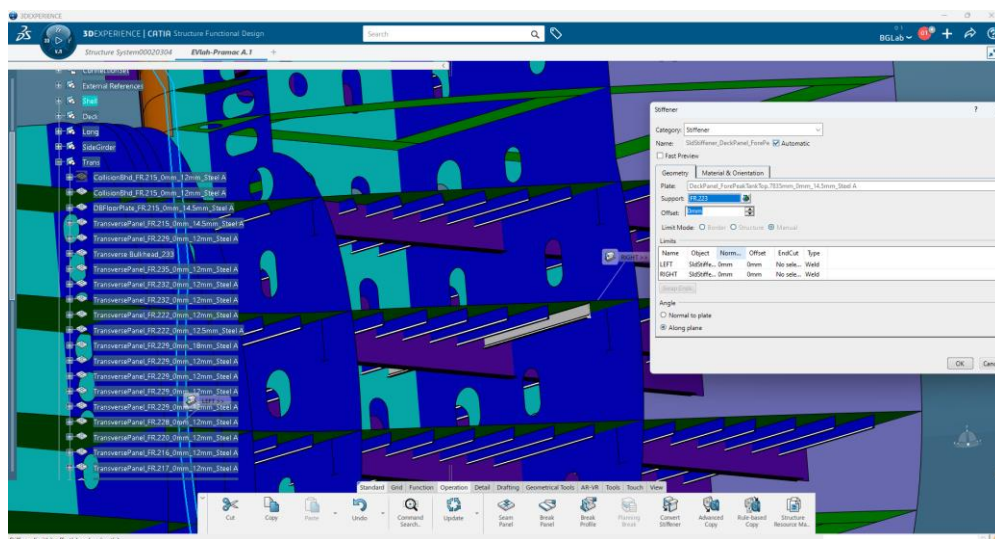
Slika 21 Modelirane sponje (poprečna struktura)

Osim rebara i pregrada definiramo i sponje kao sastavni dio poprečne strukture broda koji se proteže širinom palube. Sponju modeliramo isto kao i transverzu gdje prvo odabiremo alat „Panel“ za čiji „Support“ koristimo pomoćnu plohu rebra „FR 226.“ Ograničavamo panel napravljenim rebrima, te palubom „Stringer V“ čijoj visini oduzmemo određeni iznos kako bi dobili veličinu struka sponje. Potom biramo materijal, debljinu i orijentaciju panela. Slijedi izrada „Flat Bar-a“ koji se nalazi zavaren za panel. Kako bi smo izmodelirali do kraja sponju koristimo „Stiffener“ te za ponuđenu opciju „Plate“ biramo napravljeni panel. Za „Support“ biramo liniju panela okrenutu prema osnovici. Limitiramo „Flat bar“ rebrima pa odaberemo materijal, veličinu, debljinu i orijentaciju.

## 10. MODELIRANJE UKREPA

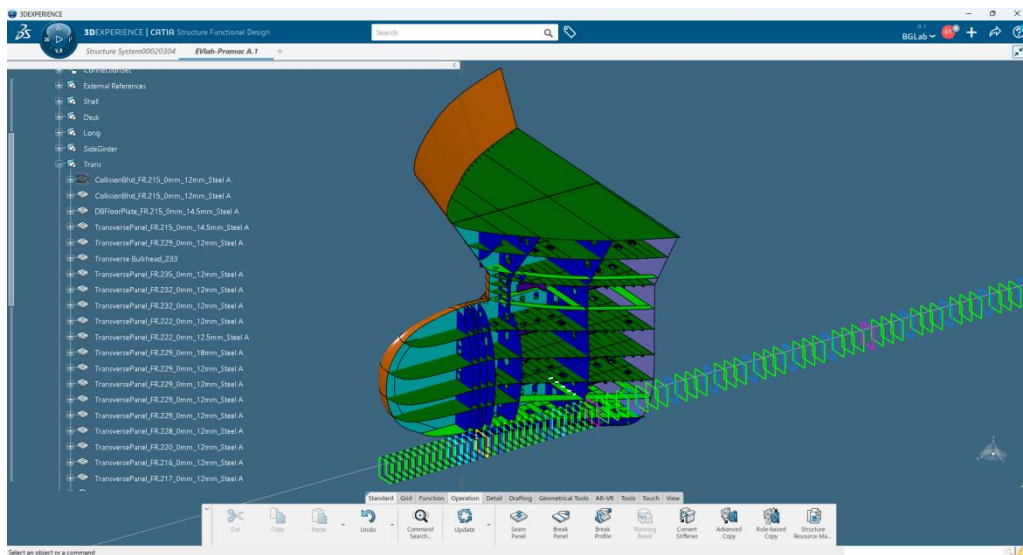
### 10.1. MODELIRANJE UKREPA PALUBE

Modeliranje ukrepa palube počinje alatom „Stiffener“. U otvorenom prozoru biramo kategoriju profila „Deck Transverse Horizontal Stiffener“. Kao „Plate“ koristimo neku od paluba primjerice palube „Stringer II“ koja se nalazi na 5810 mm od osnovice. Kao glavni „Support“ za ukrepe označimo sve potrebne pomoćne plohe pod nazivom od „FR 216“ do „FR 231.“ Preskočivši „FR 222.“ i „FR 229.“ Ograničavamo odabrane ukrepe postojećim rebrima. Unutar ponuđenog prozora „Material and Orientation“ biramo materijal profila, vrstu, veličinu i debljinu, a možemo podesiti i orijentaciju.



Slika 22 Modeliranje ukrepa palube

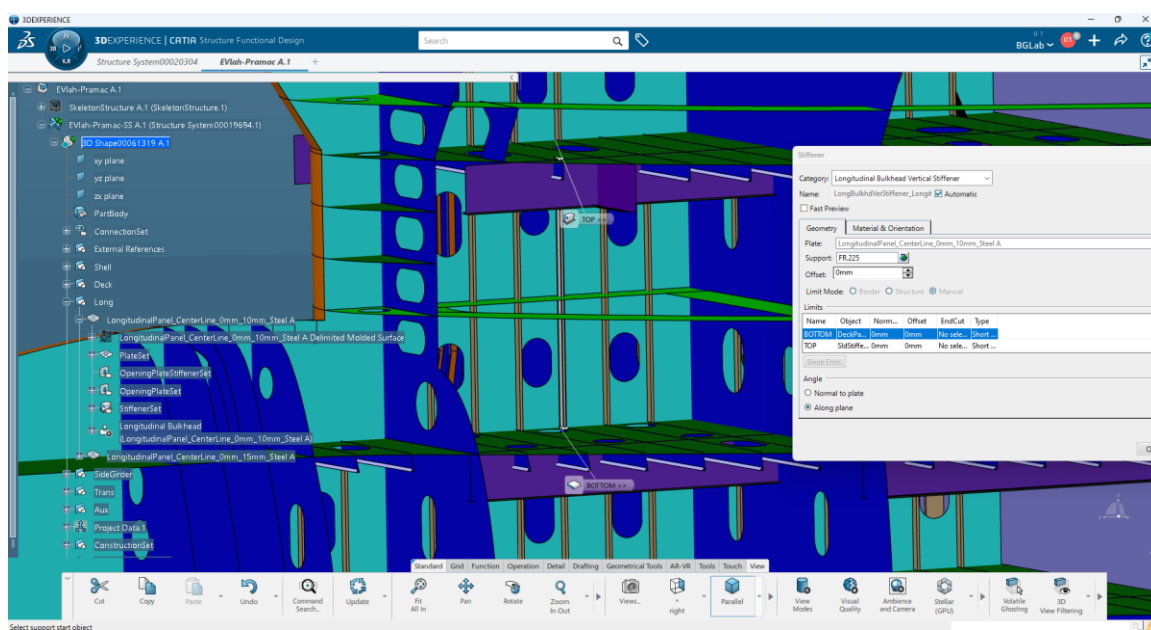




Slika 23 Izometrijski prikaz palubnih ukrepa

## 10.2. MODELIRANJE UKREPA PREGRADA

Modeliranje ukrepa uzdužnih ili poprečnih pregrada započinjemo alatom „Stiffener“ . Za uzdužne pregrade kategorija „Stiffener-a“ je „Longitudinal Bulkhead Vertical Stiffener“. Kao „Plate“ koristimo uzdužnu pregradu, a za „Support“ biramo pomoćne plohe rebara. Limitiramo na odgovarajuće pregrade među kojima se nalaze profili. Što se tiče poprečnih pregrada kategorija koju biramo je „Transverse Bulkhead Vertical Stiffener“. Potom za „Plate “ koristimo poprečnu pregradu , a za „Support“ biramo pomoćne uzdužne plohe. Te ponovno ograničavamo profile između paluba koje se nalaze. U sljedećem ponuđenom prozoru biramo materijal profila, vrstu, veličinu i debljinu, a možemo podesiti i orijentaciju.



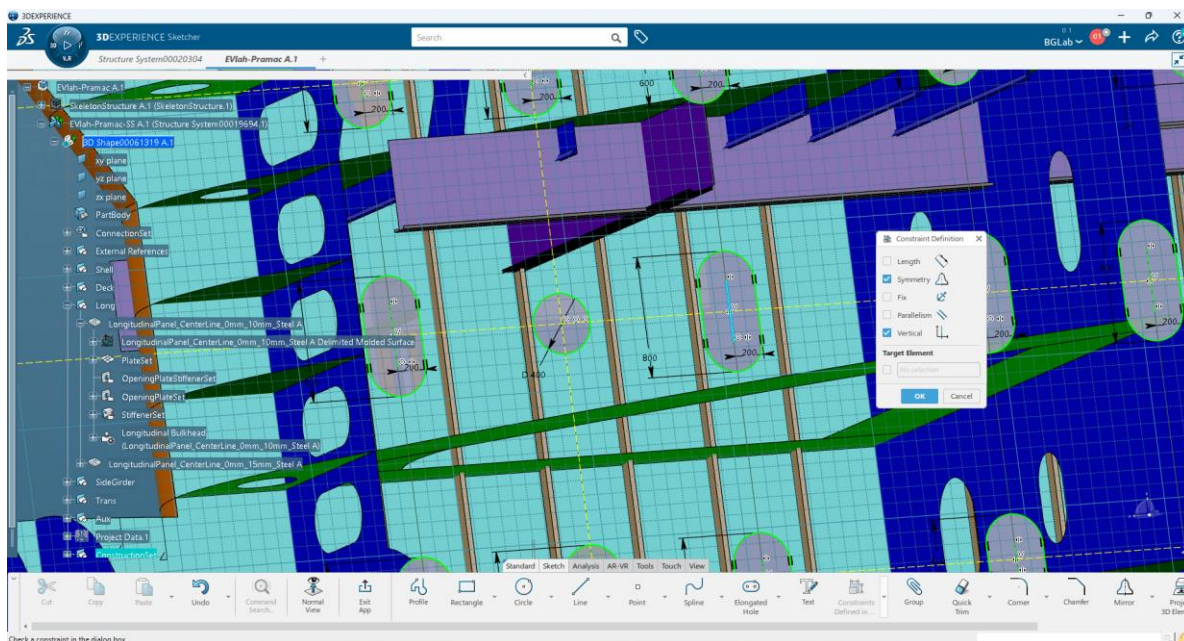
Slika 24 Modeliranje ukrepa pregrada

# 11. MODELIRANJE DETALJA STRUKTURE BRODA

## 11.1. MODELIRANJE OTVORA

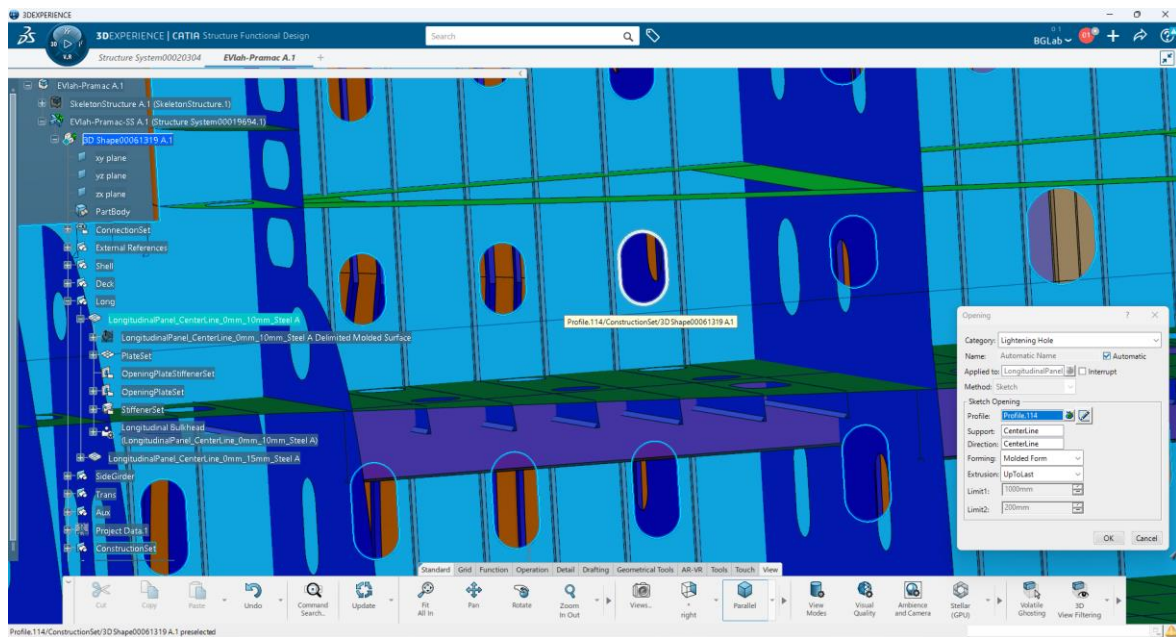
Otvori ili prolazi dijelovi su strukture kojima se omogućava doticaj sa svim dijelovima broda. Otvori na glavnoj palubi moraju biti nepropusni, imati mogućnost zatvaranja poklopcima ili uređajima za zatvaranje.

Otvore na strukturi modela broda izrađujemo pomoću alata koji se nalazi u alatnoj traci u grupi „Detail“, a se naziva „Opening on Panel“. Pritiskom na ikonu alata prikazuje se prozor unutar kojeg prvo biramo kategoriju otvora. „Lightening hole“ jer vrsta otvora koju u nastavku odabirom ikone „Sketch“ metodom crtanja skiciramo u željenoj ravnini. Otvara se željeni pogled unutar izabrane ravnine te možemo započeti sa skiciranjem. Od ponuđenih mogućnosti izaberemo crtati funkcijom „Elongated Hole“.



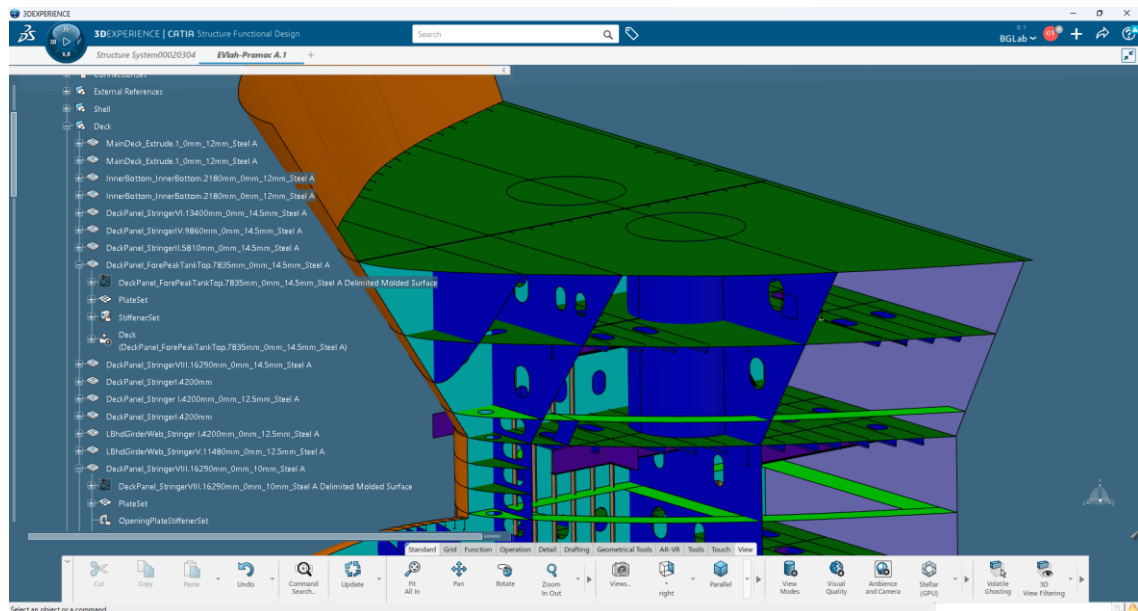
Slika 25 Skiciranje otvora u alatu "Sketch"

Kreirani rub otvora ćemo naredbom „Constraint“ kotirati te tako mijenjati visinu i širinu. Naredbom „Defined in Dialog Box“ postavljamo linije otvora između dvije ravnine, koristeći „Symmetry“, kako bismo na taj način ograničili budući otvor. Presijecamo osnovicu linijom koju pretvorimo u konstruktivnu te tu liniju premještamo naredbom „Offset“ tako da možemo točke simetrale otvora koristeći „Symmetry“ postaviti na jednaku udaljenost od konstruktivne linije. Po završetku skiciranja linije će biti zelene što označava točnost izrade otvora. Potom izađemo iz „Sketch-a“ naredbom „Exit App“ te nam se pojavljuje otvor na strukturi broda.



Slika 26 Modelirani otvori uzdužne pregrade

Lančanici vrsta otvora na pramčanom dijelu broda koji se koriste za odlaganje lanaca oba sidra. Limeni valjak čiji su elementi spojeni koljenima. Dio lančanika leži na čvrstoj podlozi izvedenoj kao saće od debljih limova. Lanac se ne slaže na dno lančanika već na podnice koje su smještene na dnu lančanika. [14]



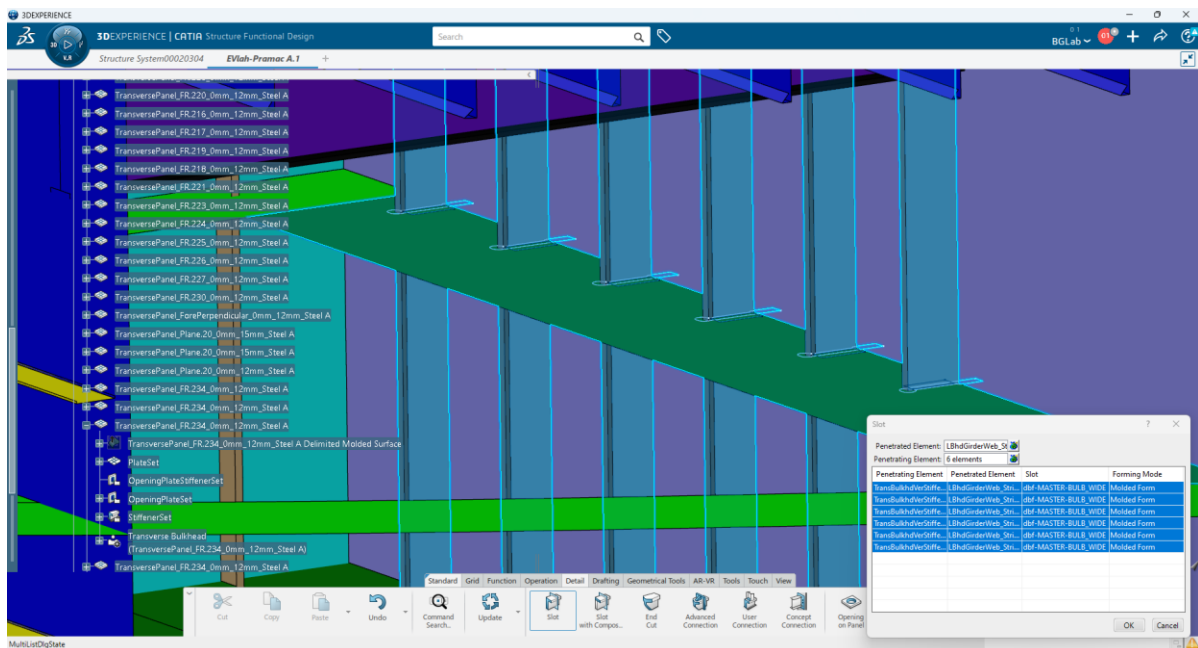
Slika 27 Prikaz lančanika

Lančanik smo izmodelirali ulaskom u aplikaciju na kompasu pod nazivom „Generative Shape Design“. Korištenjem naredbe „Sketch“, upotrijebili smo naredbu „Circle“ kako bi skicirali krug na glavnoj palubi. Krug smo kotirali naredbom „Constraint“ i kada je pozelenio izlazimo iz alata za skiciranje. Vraćamo se u „Structure Functional Design“ te koristimo naredbu „Extrude“.

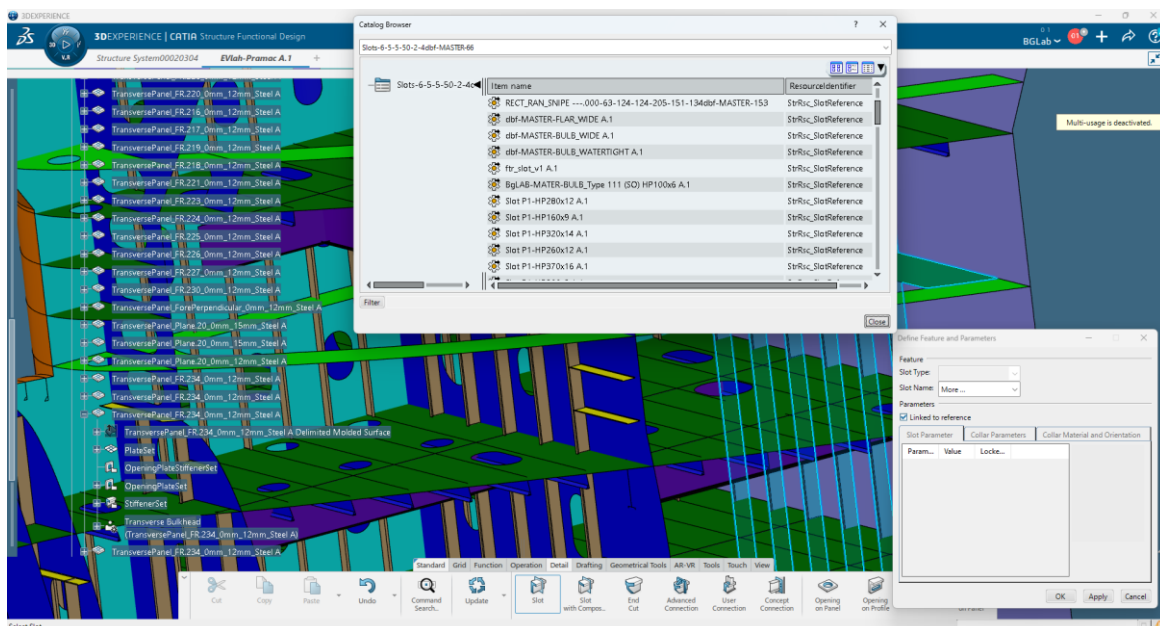
unutar novog prozora javlja se pojam „Profile“ za koji koristimo napravljeni „Sketch“ kruga, odabiremo za „Limit “ glavnu palubu od koje oduzimamo vrijednosti visine lančanika. Panele lančanika podijelili smo na četiri jednaka dijela.

## 11.2. MODELIRANJE PROLAZA ZA PROFILE

Izrada prolaza za profile započinje naredbom „Slot“ koja se nalazi u grupi alata „Detail“. Iskače prozor u kojem pod „Penetrated Element“ odabiremo panel , a pod „Penetrating Element“ odabiremo one profile za koje želimo da imaju prolaze na panelu. Pritiskom na padajući stupac „Slot“ označavamo tipkom „Shift“ sve odabrane elemente te desnim klikom ulazimo u „Define/Edit Slot“. Kliknemo na ponuđeni „More“ prilikom čega izaberemo vrstu prolaza. Kada smo zadovoljni odabranim pritisćemo „Apply“ pa zatim „OK“.



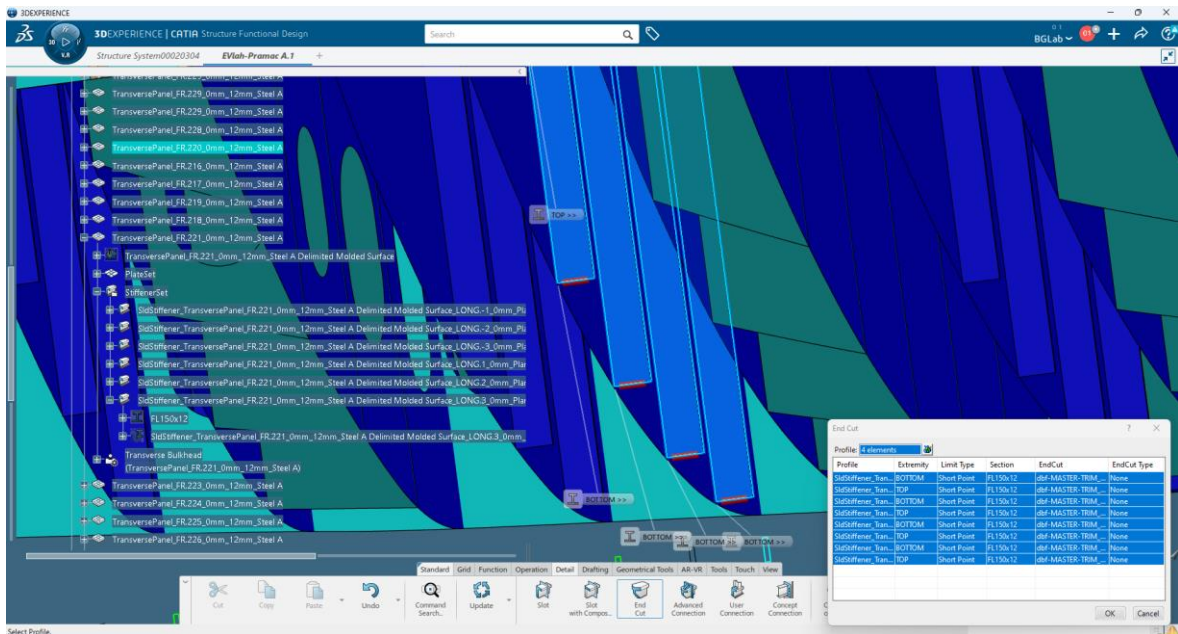
Slika 28 Modeliranje "Slot-ova"



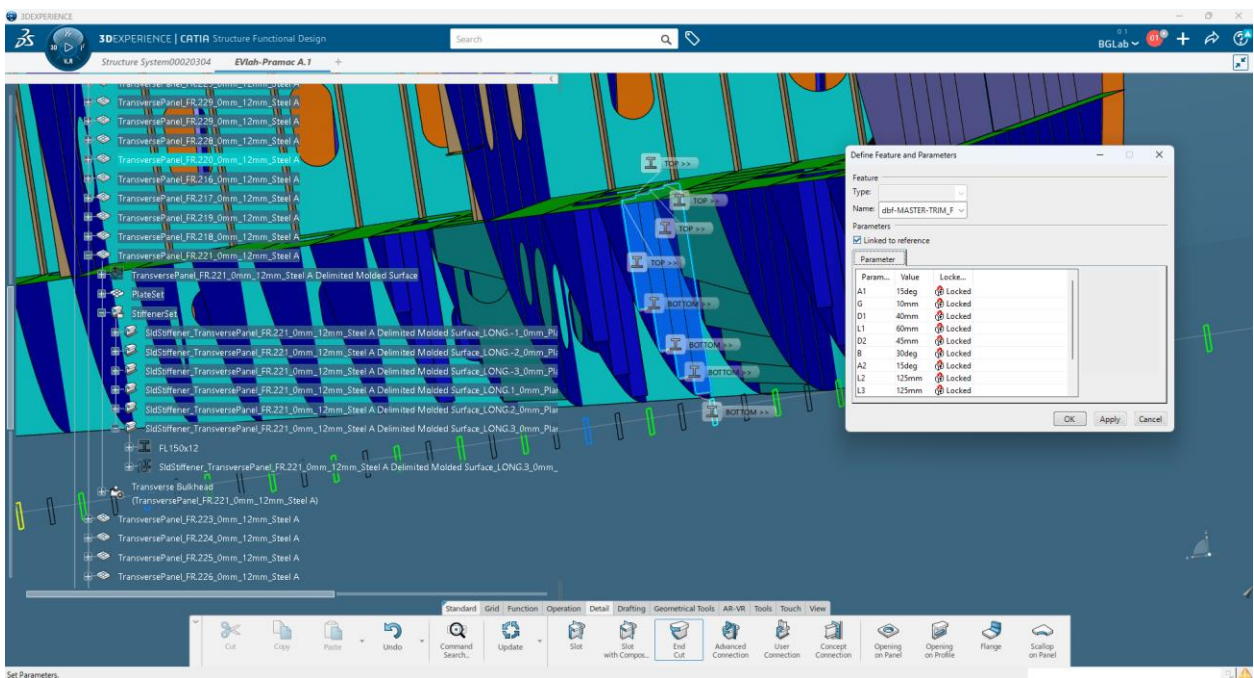
Slika 29 Odabir parametara za modeliranje prolaza za profile

### 11.3. MODELIRANJE ZAVRŠETAKA PROFILA

Alat koji se koristimo za izradu završetaka profila jest „End Cut“. Pokretanjem alata otvara nam se prozor te odabiremo profile čiji kraj želimo posebno definirati, kao pripremu za spoj s drugim elementom strukture. Unutar padajućeg niza tipkom „Shift“ odabiremo sve profile te desnim klikom stisnemo u novonastalom prozoru „Define End Cut“. Postupak u nastavku je isti kao i za stvaranje prolaza za profile.



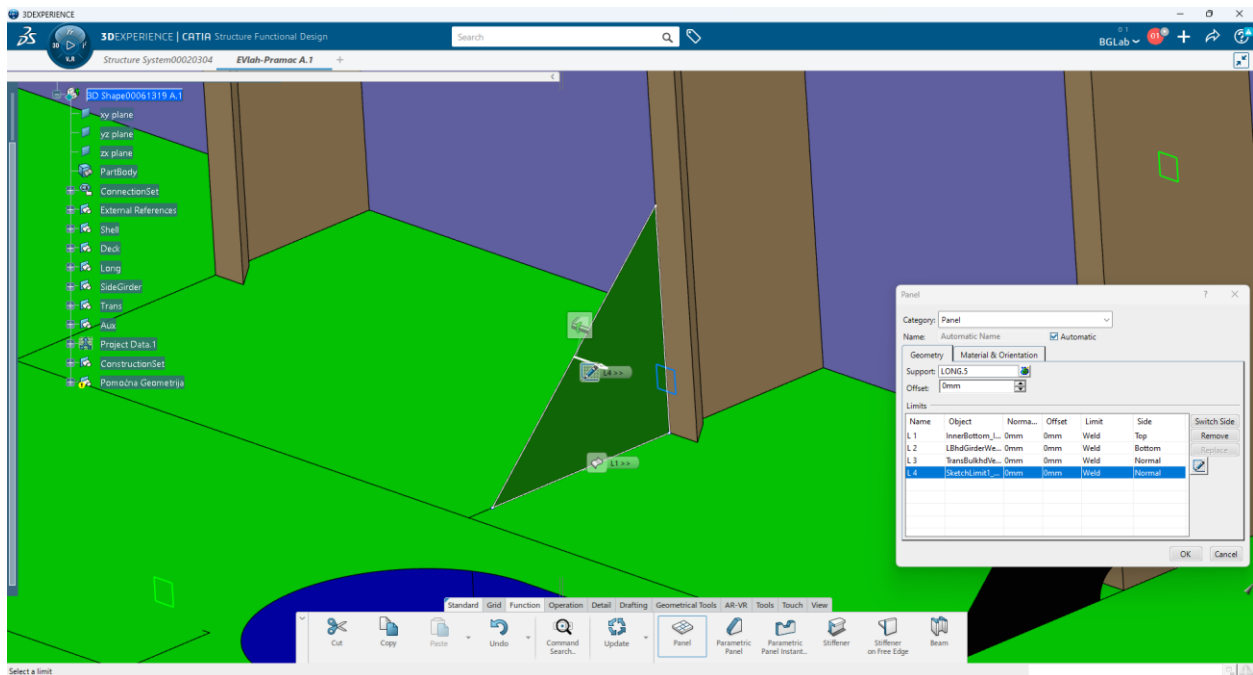
Slika 30 Modeliranje završetaka profila



Slika 31 Odabir parametara za završetak profila

## 11.4. MODELIRANJE KOLJENA

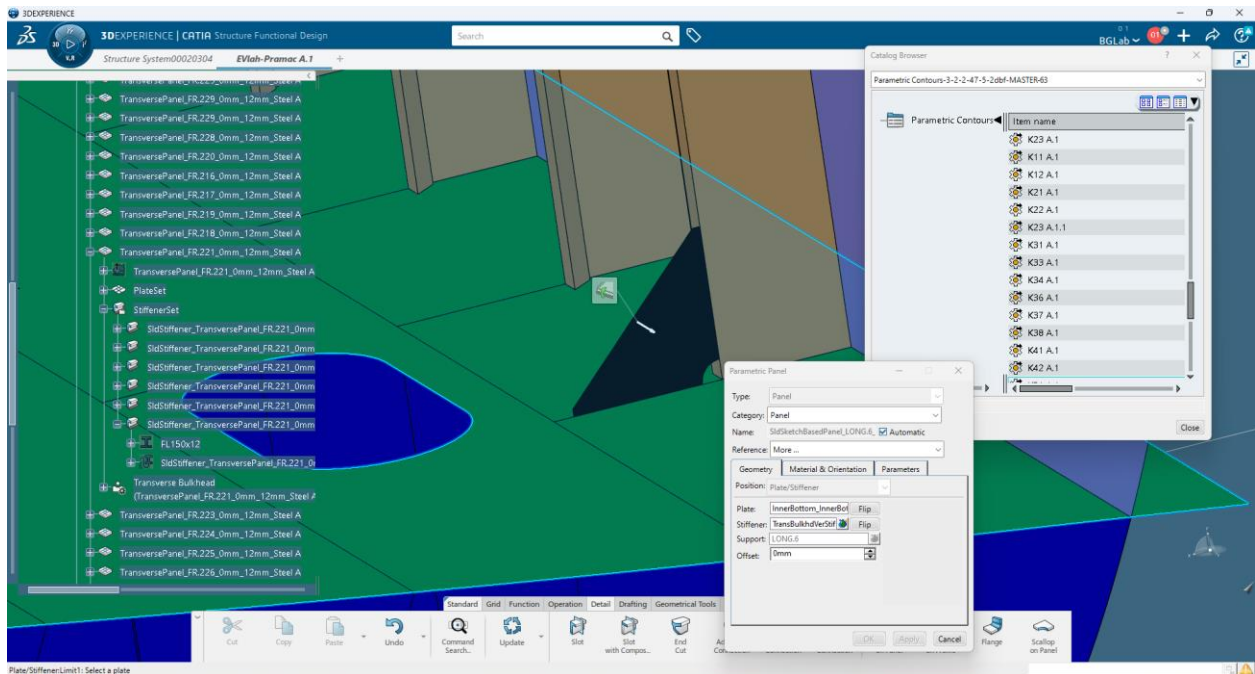
Modeliranje koljena možemo raditi na dva načina. Prvi način je onaj osnovnijega tipa gdje započinjemo korištenjem naredbe „Panel“. Potom definiramo približne limite te pritisćemo ikonu „Sketch-a“. Otvara se novi pogled u ravnini koju smo odabrali za podlogu „Sketcha“ limita. Dimenzije koljena vadimo iz klasifikacijske dokumentacije klasifikacijskog društva koje brodogradilište koristi. U „Sketchu“ skiciramo koljeno zadanih dimenzija te „Constraint-om“ kotiramo unesene veličine nakon čega linije koljena postanu zelene. Izlazimo iz područja skiciranja i pritisnemo „OK“.



Slika 32 Modeliranje koljena upotrebom alata "Panel"

Drugi način izrade koljena čini se složeniji, no zapravo je jednostavno. Umjesto „Panel-om“ koristimo se alatom „Parametric Panel“ koji se nalazi u grupi alata „Function“. Otvara se prozor i kao kategoriju biramo „Panel“. Klikom na „Reference“ odabiremo vrstu koljena isto zadanu klasifikacijskom dokumentacijom. Za ponuđeni „Plate“ odabiremo željenu palubu unutar pramčanog dijela broda i profil na koji dolazi stvarano koljeno. Slijedi nam odabir materijala, debljine i orijentacije koljena unutar prozora „Materials and Orientations“.

Završno odabiremo parametre iz „Parameters“ koje je postavio voditelj projekta. Ukoliko voditelj projekta nije zaključao parametre tada mi kao članovi tima možemo njih izmijeniti. Kad smo definirali traženo pritiskom na „OK“ stvara se koljeno.



Slika 33 Modeliranje koljena uporabom alata "Parametric Panel"



## 12. ZAKLJUČAK

Ovaj rad razrađuje teme vezane uz dokumentaciju i modeliranje pramčanog dijela broda unutar platforme 3D EXPERIENCE. Dokumentacija započinje procesom ugovaranja broda kada je brodovlasnik zainteresiran za suradnju s nekim brodogradilištem. Kada se obje stranke slože kreće se u proces detaljiziranja želja brodovlasnika koje su opisane u idejnom projektu. Brodovlasnik kratkim opisom, skicom i osnovnim podacima o brodu dobiva uvid u početak ugovorenog projekta. Potom slijede preliminarni i ugovorni projekt u kojima se maksimalno detaljizira tehnički opis, kapacitetni plan te preliminarni podaci o trimu i prognoznom dijagramu. Vođeni ugovorenim specifikacijama počinjemo stvarati projektnu dokumentaciju koja opisuje načine gradnje i opremanja broda. Podjelom broda u grupe pojednostavljujemo veliku cjelinu u smislaone prostorije. Nadalje klasifikacijsko društvo svjedodžbom potvrđuje ispravnost broda.. Kada je klasifikacijska dokumentacija odobrena kreće se u daljni postupak izrade radioničke i tehnološke dokumentacije. Tehnološka dokumentacija sastoji se od tehnoloških nacрта i uputa. Posljednja dokumentacija koja opisuje planove i rokove jest planska dokumentacija. Kada je dokumentacija savladana krećemo u izradu modela pramca broda unutar softverske platforme 3D EXPERIENCE. Spomenuta softverska platforma omogućava realizaciju 2D prikaza u 3D prikazu kojeg potom možemo analizirati i simulirati proizvod. Upoznati s platformom Dassault Solidworks tvrtke možemo započeti modeliranje pramca broda. Započinjemo modeliranjem primarne strukture pramca broda. Ona se sastoji od oplata, paluba, te uzdužne i poprečne strukture. Potom definirane prostore punimo strukturom, ukrepama paluba i ukrepama pregrada koje dodatno osnažuju pramčani dio broda kako bi što manje podlijegao naprezanjima. Ukrepe su najčešće „Bulb“, „Flat“ ili „T“ profili. Kako bi komunikacija među dijelovima pramca mogla glatko teći na primarnim elementima modeliramo otvore. Osim otvora bitni detalji su i koljena koja povezuju panele paluba i profile i tako stvaraju snažniju konstrukciju. Završni detalji modeliranja su bili prolazi za profile te završeci profila koje smo unutar softvera parametarski mogli jednostavno izraditi.

## LITERATURA

- [1] Furlan, Z.; Lučin, N.; Pavelić, A.: „Tehnologija gradnje broskog 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] 3.MAJ Brodogradilište – interna dokumentacija u obliku nacrt, internih standarda brodogradilišta, postupka izrade i obrade, 2022
- [5] Zamarin, A.: „Strukturni elementi broda“, materijali s predavanja, Tehnički fakultet Rijeka, 2022
- [6] [https://zoranpericsplit.weebly.com/uploads/1/2/4/9/12491619/priprema\\_ugovoranje\\_dokumentacija.pdf](https://zoranpericsplit.weebly.com/uploads/1/2/4/9/12491619/priprema_ugovoranje_dokumentacija.pdf) , (na dan 09.09.2024)
- [7] International Group of Authorities Thomas Lamb: „Ship design and construction – Volume I“, 2003
- [8] <https://pomorski.lzmk.hr/clanak/klasifikacijski-zavod>
- [9] Dubrešić, M.: „Izrada detaljne dokumentacije trupa broda“, Završni rad, Tehnički fakultet Rijeka, 2019
- [10] Čorak, A.: „Izrada tehničke dokumentacije dvoboka trupa broda“, Završni rad, Tehnički fakultet Rijeka, 2023.
- [11] Marelić, D.: „Izrada modela i radioničke tehničke i tehnološke dokuemantacije trupa broda“, Završni rad, Tehnički fakultet Rijeka, 2022.
- [12] Muždeka, D., A.: „Proizvodna dokumentacija trupa broda“, Završni rad, Tehnički fakultet Rijeka, 2018.
- [13] <https://3dprintingindustry.com/news/dassault-systemes-acquires-aitac-expanding-marine-offshore-3dexperience-115774/>(na dan 09.09.2024.)
- [14] Furlan, Z.; Lučin, N.; Pavelić, A.: „Osnove gradnje broda“, Školska knjiga, Zagreb, 1989.
- [15] <https://my.3dexperience.3ds.com/welcome/compass-world/3dexperience-works>

## POPIS SLIKA

Slika 1 Shema toka izrade dokumentacije [2]	2
Slika 2 Koncept izrade prodaje[6]	3
Slika 3 Opći plan broda [4]	6
Slika 4 Podjela broda na osnovne prostore [4]	10
Slika 5 Nacrt glavnog rebra broda [4]	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Slika 6 Sučelje softvera 3D EXPERIENCE[13]	19
Slika 7 Modeliranje oplata pramca broda	20
Slika 8 Odabir debljine i materijala oplata pramca	21
Slika 9 Generirani panel u stablu	22
Slika 10 Modeliranje pokrova dvodna pramca	23
Slika 11 Odabir debljine i materijala pokrova dvodna	24
Slika 12 Palube pramčanog dijela broda	25
Slika 13 Modeliranje uzdužnog nosača u simetrali	26
Slika 14 Modeliranje uzdužne pregrade u simetrali	27
Slika 15 Modeliranje struka T profila	28
Slika 16 Modeliranje pojasa T profila	28
Slika 17 Modeliranje kolizione pregrade	29
Slika 18 Modeliranje pregrade na "FR 222."	30
Slika 19 Modeliranje rebrenice u dvodnu broda	30
Slika 20 Modeliranje rebara po boku broda	31
Slika 21 Modelirane sponje (poprečna struktura)	32
Slika 22 Modeliranje ukrepa palube	33
Slika 23 Izometrijski prikaz palubnih ukrpa	33
Slika 24 Modeliranje ukrepa pregrada	34
Slika 25 Skiciranje otvora u alatu "Sketch"	35
Slika 26 Modelirani otvori uzdužne pregrade	36
Slika 27 Prikaz lančanika	36
Slika 28 Modeliranje "Slot-ova"	38
Slika 29 Odabir parametara za modeliranje prolaza za profile	38
Slika 30 Modeliranje završetaka profila	39
Slika 31 Odabir parametara za završetak profila	39
Slika 32 Modeliranje koljena upotrebom alata "Panel"	40
Slika 33 Modeliranje koljena uporabom alata "Parametric Panel"	41
	44

## **SAŽETAK**

Ovaj rad razrađuje teme vezane uz dokumentaciju i modeliranje pramčanog dijela broda. Dokumentacija započinje procesom ugovaranja broda kada je brodovlasnik zainteresiran za suradnju s nekim brodogradilištem. Kada se obje stranke slože kreće se u proces detaljiziranja želja brodovlasnika koje su opisane u idejnom projektu. Potom slijede preliminarni i ugovorni projekt. Vođeni ugovorenim specifikacijama počinjemo stvarati projektну dokumentaciju, a zatim i klasifikacijsku dokumentaciju. Kada je klasifikacijska dokumentacija odobrena kreće se u daljni postupak izrade radioničke, tehnološke i poslijednje planske dokumentacije. Kada je dokumentacija savladana krećemo u izradu modela pramca broda unutar softverske platforme 3D EXPERIENCE. Prvo smo modelirali elementarnu strukturu pramčanog dijela brodaa to su oplata, paluba, te elementi uzdužne i poprečne strukture. Primarne elemente ukrepljujemo profilima. Nadalje modeliramo otvore, prolaze za profile, završetke profila i koljena.

**KLJUČNE RIJEČI:** dokumentacija, pramac, paluba, profili, otvori, koljeno

## **SUMMARY**

This work elaborates topics related to the documentation and modeling of the bow part of the ship. The documentation starts with the process of contracting the ship when the ship owner is interested in cooperation with a shipyard. When both parties agree, the process of detailing the shipowner's wishes, which are described in the conceptual project, begins. Then follow the preliminary and contractual project. Guided by the agreed specifications, we start creating project documentation, and then classification documentation. When the classification documentation is approved, it moves into the further process of creating workshop, technological and final planning documentation. When the documentation has been mastered, we start creating the model of the bow of the ship within the 3D EXPERIENCE software platform. First, we modeled the elemental structure of the bow part of the ship, which is the formwork, the deck, and the elements of the longitudinal and transverse structure. We reinforce the primary elements with profiles. Furthermore, we model openings, profile passages, profile ends and brackets.

**KEY WORDS:** documentation, bow, deck, profiles, hatches, bracket