

Optimizacija procesa izrade radioničke dokumentacije brodskog trupa u maloj brodogradnji

Miota, Kristijan

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Polytechnic Pula - College of Applied Sciences / Politehnika Pula - Visoka tehničko-poslovna škola s pravom javnosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:212:237172>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-05-16**



Repository / Repozitorij:

[Digital repository of Istrian University of applied sciences](#)





PULA

PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ POLITEHNIKE

KRISTIJAN MIOTA

**OPTIMIZACIJA PROCESA IZRADE
RADIONIČKE DOKUMENTACIJE BRODSKOG
TRUPA U MALOJ BRODOGRADNJI**

(Na primjeru Tehnomont Brodogradilišta Pula)

ZAVRŠNI RAD

PULA, 2016

**OPTIMIZACIJA PROCESA IZRADE
RADIONIČKE DOKUMENTACIJE BRODSKOG
TRUPA U MALOJ BRODOGRADNJI**

(Na primjeru Tehnomont Brodogradilišta Pula)

ZAVRŠNI RAD

Predmet: Poslovno-proizvodni procesi

Profesor: pred. Tamara Ćufiļ Koğara

Student: Kristijan Miota

PULA, rujan 2016.

SADRŽAJ

1.	UVOD	4
1.1.	Predmet istraživanja	4
1.2.	Cilj i svrha rada	4
1.3.	Hipoteza rada	5
1.4.	Metode rada	5
1.5.	Struktura rada.....	5
2.	ORGANIZACIJSKA STRUKTURA PODUZETĀ U MALOJ BRODOGRADNJI	7
2.1.	Hijerarhijska organizacijska struktura.....	7
2.2.	Opis poslova koje obavljaju sluŹbe u malim brodogradilištima	8
2.3.	VaŹnost ul'inkovite organizacijske strukture u maloj brodogradnji.....	10
3.	IZRADA RADIONIĀKE DOKUMENTACIJE ZA GRADNJU BRODSKOG TRUPA U MALOJ BRODOGRADNJI	12
3.1.	Obveze naruĹitelja broda i brodogradilišta prije samog poĹetka gradnje	12
3.2.	Klasifikacijska i projektna dokumentacija za gradnju broskog trupa	13
3.3.	TehniĹki ured brodogradilišta	16
3.31.	Modeliranje brodskih linija	17
3.32.	Modeliranje brodske strukture.....	18
3.33.	OdluĹivanje o naĹinu i mjestu gradnje broda	20
3.34.	Sustavi gradnje broskog trupa.....	25
3.35.	Konceptualno rješenje izrade radioniĹke dokumentacije za brodski trup.....	29
3.36.	Izrada radioniĹke dokumentacije za gradnju broskog trupa.....	30
4.	VIZUALIZACIJA PROCESA IZRADE RADIONIĀKE DOKUMENTACIJE BRODSKOG TRUPA PO BINNER METODI	42
5.	OPTIMIZACIJA PROCESA IZRADE RADIONIĀKE DOKUMENTACIJE BRODSKOG TRUPA PO BINNER METODI	43
6.	ZAKLJULAK.....	44
	LITERATURA.....	45
	POPIS CRTEŹA, SLIKA I SHEMA.....	46

1. UVOD

1.1 Predmet istraživanja

Kada je riječ o brodogradilištima u prvom redu se dobiva dojam o brodovima velikih dimenzija, ogromnim halama i navozima koji su opremljeni najrazličitijim strojevima, uređajima i alatima potrebnim za obavljanje svih specifičnih poslova vezanih za gradnju broda. Također, podrazumijeva se postojanje litavog sustava projektantskih, konstrukcijskih i ostalih timova koji su zaduženi za osmišljavanje broda od najranije faze na listog papira.

Za razliku od brodogradilišta takvog tipa i uređenja, postoje litav niz brodogradilišta koji su svojim dimenzijama, opremljenosti i broju zaposlenika prilagođeni gradnji brodova daleko manjih dimenzija, što ne znači da su problemi i poslovi koje je potrebno riješiti jednostavniji od onih koji se pojavljuju u gradnji brodova velikih dimenzija. Okvirno gledajući brodogradilišta takvog tipa u mogućnosti su izgraditi brodove dužine ispod 100 metara i težine do 500 tona. Specifičnost brodogradnje je u tome što je brod u biti sinteza ogromnog broja najrazličitijih proizvoda, poluproizvoda i sirovina, u lijoj izradi sudjeluje više različitih industrijskih grana.¹

Mala brodogradilišta zbog specifičnosti svog posla uglavnom nemaju projektantski tim koji bi osmislio brod poljevi od same ideje i želje naruitelja. Za takvu vrstu poslova postoje razne projektantske kuće koje se bave isključivo projektiranjem. Konstrukcijski uredi u manjim brodogradilištima namijenjeni su u velini slušajeva za razradu projekata i prilagođavanje projektne dokumentacije mogućnostima izrade elemenata broda u svojim pogonima, odnosno glavni poslovi konstrukcijskih ureda u takvim brodogradilištima je izrada radionilke dokumentacije.

1.2 Cilj i svrha rada

Cilj završnog rada je da na jednostavan i razumljiv način prikaže slošene principe rada i rješavanja problema u izradi radionilke dokumentacije za gradnju broskog trupa u maloj brodogradnji na primjeru Tehnomont Brodogradilišta Pula.

¹ Perić Z. : **Osnove brodogradnje**, Industrijska škola Split, Split 2014. str. 44

Svrha rada je obrađenom tematikom upoznati se sa načinom rada u malim brodogradilištima i naučiti osnovne tehnološke procese koji se odvijaju pri izradi radioničke dokumentacije za gradnju broorskog trupa.

1.3 Hipoteza rada

Izrada radioničke dokumentacije za gradnju broorskog trupa složen je posao koji zahtjeva vještine rada u određenim CAD alatima te kontinuirano usavršavanje rada u CAD alatima. Kontinuiranom izobrazbom zaposlenika u tehničkom uredu brodogradilišta zaduženih za izradu radioničke dokumentacije te ravnomjernijom podjelom poslova između djelatnika tehničkog ureda zaduženog za izradu radioničke dokumentacije moguće je smanjiti vrijeme njezine izrade te na taj način direktno utjecati na rok izrade budućeg plovila.

1.4 Metode rada

Sa stajališta znanstvenog istraživanja, metode koje su korištene u ovome radu su metode analize, sinteze te metoda deskripcije. Metodom analize su detaljno proučene pojedine stavke pri izradi radioničke dokumentacije za gradnju broorskog trupa, te metodom sinteze su obrađeni specifični problemi koji se pojavljuju u izradi radioničke dokumentacije za gradnju broorskog trupa radi svojih ograničenih resursa.

Kompjuterski programi koji su korišteni u obradi ovog projektnog zadatka su:

- Microsoft Word
- Microsoft PowerPoint
- Microsoft Internet Explorer
- AutoDesk AutoCad

1.5 Struktura rada

Na samom početku rada objašnjena je organizacijska struktura poduzeća koja se pojavljuju u proizvodnim djelatnostima male brodogradnje i to na konkretnom primjeru Tehnomont Brodogradilišta Pula, te su objašnjene karakteristične funkcije pojedinih službi. Naglasak je na tehničkom uredu brodogradilišta u kojemu se radionička dokumentacija izrađuje. Pojašnjene su

razlike između projektne, klasifikacijske i radioničke dokumentacije, te je detaljnije razrađena tema izrade same radioničke dokumentacije za gradnju broskog trupa sa svojim specifičnim problemima.

Binner metodom grafički je predložen proces izrade radioničke dokumentacije, te je u nastavku izvršena optimizacija procesa koje je rezultirala skraćanjem vremena izrade radioničke dokumentacije.

2. ORGANIZACIJSKA STRUKTURA PODUZEĆA U MALOJ BRODOGRADNJI – primjer Tehnomont Brodogradilišta Pula

Ovisno o djelatnostima kojima se bavi određena radna organizacija, potrebno je imati dovoljan broj stručnih kadrova koji će na kvalitetan i učinkovit način obavljati zadatke koje se postave pred njih. Pri tome uprava poduzeća mora voditi računa da se zadovolji minimalni potreban broj osoba za određenu funkciju te da ne bude preklapanja odgovornosti.

Tvrtka TEHNOMONT BRODOGRADILIŠTE PULA d.o.o. sastoji se od triju profitnih centara:

- Profitnog centra Brodogradilište koji je najvećim dijelom orijentiran na gradnju patrolnih, turističkih, offshore, ribarskih, vatrogasnih i drugih brodova za široko svjetsko tržište, a pored gradnje brodova bavi se remontom i rekonstrukcijom postojećih brodova.
- Profitnog centra Investicijski radovi u inozemstvu koji zapošljava značajne resurse u velikim njemačkim brodogradilištima, gdje uz izradu brodskih sekcija radi i na poslovima opremanja cjevarskim i bravarskim radovima.
- Profitnog centra Solarna oprema koja se bavi razvojem i proizvodnjom solarnih kolektora za grijanje vode, te instaliranjem toplovodnih solarnih postrojenja.

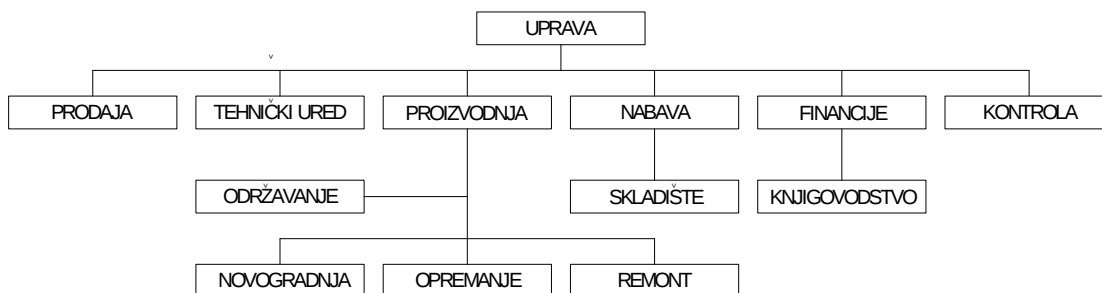
2.1 Hijerarhijska organizacijska struktura

U proizvodnim djelatnostima u koje spada i brodogradnja, potrebno je razdvojiti određene službe kako bi bila jednostavnija podjela zaduženja i jasnija slika o odgovornostima. Podjela službi u Tehnomont Brodogradilištu Pula je slijedeća²:

- Uprava poduzeća
- Služba prodaje
- Služba financija i knjigovodstvenih usluga
- Služba tehničke pripreme
- Služba nabave
- Služba kontrole kvalitete
- Odjel proizvodnje
- Skladište
- Služba transporta i održavanja

² Tehnomont arhiva, ISO dokument AUP0 00 – Uprava ocjena, ulazni podaci, Pula 2014.

Grafički prikaz organizacijske strukture u Tehnomont Brodogradilištu Pula prikazan je na shemi broj 1.³



Shema 1: Organizacijska struktura u Tehnomont Brodogradilištu Pula

Izvor: autor

2.2 Opis poslova koje obavljaju službe u malim brodogradilištima

a) Služba prodaje brodogradilišta

Zadatak službe prodaje sastoji se od više složenih poslova. Ova služba je u direktnom kontaktu sa investitorima, i na osnovi njihovih uputa i želja mora izraditi što preciznije troškovnike te složiti ponudu koja se dostavlja potencijalnom kupcu. Izrada troškovnika je složen i vrlo odgovoran posao, jer u slučaju pogrešnih kalkulacija može doći do velikih odstupanja od optimalne cijene proizvoda. Ukoliko je izračun previsok postoji mogućnost gubitka posla radi nerealno visoke cijene, odnosno nekonkurentne cijene. Ta situacija je greška u izradi troškovnika u kojemu je dobivena cijena ispod stvarnih troškova izrade proizvoda, i na taj način već u samom startu je stvoren gubitak. U slučaju postizanja dogovora o ugovaranju posla sa investitorom, služba prodaje izrađuje ugovor koji u suglasnosti sa upravom brodogradilišta se potpisuje i time su stvoreni preduvjeti za početne radnje oko realizacije ugovorenog posla. Ugovor mora imati jasno definiran i tavan niz stavki vezanih za:

- rokove gotovosti posla
- obim posla
- detaljni tehnički opis proizvoda koji se izrađuje za naručioca
- opise nacrti objekta koji se gradi
- rokove plaćanja po fazama gotovosti posla

³ Tehnomont arhiva, ISO dokument AUP0 00 – Upravlina ocjena, ulazni podaci, Pula 2014.

a) Tehnička služba brodogradilišta

Odabrano brodogradilište najčešće dobiva kao početnu dokumentaciju klasifikacijske nacрте budućeg plovila. Tehnička služba brodogradilišta ima zadatak detaljno razraditi dobivenu projektnu i klasifikacijsku dokumentaciju, te izraditi radioničke nacрте koji će biti prilagođeni izradi brodskih elemenata trupa koje je brodogradilište u mogućnosti izraditi u svojim pogonima ili korištenjem usluga kooperanata. Izrađena radionička dokumentacija mora sadržavati niz stavki koje su potrebne za izradu.

U prvom redu, potrebno je u što krajem mogućem roku definirati potreban materijal za izradu broskog trupa. S obzirom da je u prvom trenu nemoguće detaljno znati količinu materijala koja će biti potrebna, tehnolozi iz projektnih nacрта u grubo i iskustveno izrađunavaju zahtjeve materijala. Na taj način se može na dovoljno točan i prihvatljiv način omogućiti službi nabave materijala da raspolaže podacima o količinama i vrsti potrebnog materijala, te vremena u kojemu je materijal potrebno nabaviti.

U manjim brodogradilištima u tehničkom uredu u većini slučajeva nije zaposlen veliki broj stručnjaka što samim time podrazumijeva dodatni napor pri rješavanju složenih tehničkih problema u toku izrade broda. Planiranje rokova završetaka određenih dionica poslova kao i kontrola gotovosti posla usklađuje se na tjednim proizvodnim sastancima zajedno sa rukovodiocima novogradnje i opremanja broda.

b) Služba nabave materijala

Nakon što tehnička služba brodogradilišta izradi detaljnu radioničku dokumentaciju, potrebno je službi nabave poslati zahtjeve sa točno specificiranim materijalima i količinama, te rokovima dobave svakog pojedinog materijala kako bi se pravovremeno uspjelo pronaći željeni materijal po što pristupačnijoj cijeni. Služba nabave mora imati razgranati sustav dobavljača, kako bi imalo mogućnosti taktički odraditi nabavu određenog materijala što je moguće jednostavnije i povoljnije za brodogradilište. Osobito je važno da zaposlenici službe nabave održavaju dobre međuljudske odnose sa svojim poslovnim partnerima.

c) Služba računovodstva i knjigovodstva

Kako bi se poštovali svi pravni propisi koji se odnose na vođenje poslovanja radne organizacije potrebno je imati stručne zaposlenike koji imaju zadatak ažurno voditi knjigovodstvenu i financijsku dokumentaciju, te ispunjavati i slati u državne institucije obrasce potrebne za kontrolu poslovanja tvrtke. Također, ova služba se brine oko obračuna plaća zaposlenika, te svih ostalih davanja propisanih zakonom. Financijska služba osobito mora voditi računa o redovitosti naplata od strane investitora te o podmirivanju troškova dobavljača.

d) Služba skladišta materijala

Za izgradnju broda je potreban veliki broj različitih materijala, poluproizvoda i proizvoda. Sve materijale dostavljaju u skladište brodogradilišta dobavljači koji isporučuju materijal na osnovu narudžbi koje im šalje služba nabave brodogradilišta. Pri tome je potrebno poštovati zakonske propise za zaprimanje materijala na skladište, a jednako tako i za izdavanje materijala sa skladišta. Dokumentacija propisana za vođenje poslovanja skladišta mora biti uredna i ažurna kako bi dokumentirana evidencija stanja odgovarala stvarnom stanju.

e) Proizvodnja brodogradilišta i novogradnja, opremanje broda i remont

Proizvodni dio brodogradilišta je dio koji stvara proizvod, i samim time dobit. Najveći dio radne snage je zaposlen upravo u proizvodnom dijelu. Proizvodni dio je po hijerarhiji podijeljen na nekoliko nivoa rukovodstva, poslovođa i radnika. Osim kvalitetne izrade zadanih poslova, vrlo je važno poštivanje roka gotovosti posla. Kako bi se vrhila kontrola utrošenih sati i odrađenog posla, rukovodstvo na proizvodnim sastancima vrši konstantnu kontrolu, te se u slučaju opasnog približavanja probijanju rokova pravovremeno poduzimaju akcije kojima se pokušavaju spriječiti neželjene posljedice.

2.3 Važnost učinkovite organizacijske strukture u maloj brodogradnji

Loše organizirana organizacijska struktura poduzela direktno utječe na ostvarene rezultate. Iz tog razloga uprava poduzeća mora konstantno provoditi kontrole učinkovitosti svake pojedine službe i ukoliko je potrebno vršiti korekcije po pitanju stručnosti i obima kadra, te njihovim odgovornostima i zadacima. Strojni park manjih brodogradilišta je takav da ne može u potpunosti zadovoljiti sve potrebe koje izrada brodograđevnih elemenata zahtjeva, pa je uvelike ovisna o vanjskim uslugama. Troškove je potrebno svakodnevno kontrolirati, a kvaliteta izrade zbog vrlo jake konkurencije mora biti na najvišem nivou.

Izgradnja broda u zadanom i planiranom roku preduvjet je za financijski pozitivno poslovanje brodogradilišta, a kako bi to bilo moguće potreban je stručan kadar koji mora biti organiziran na način da bude optimalno iskorišten. Iz tog razloga posebnu pažnju se mora dati organizacijskoj strukturi brodogradilišta. U današnje doba nestabilnog i prezasićenog tržišta opstanak proizvodnih grana poput brodogradnje moguće je samo uz dobru unutarnju organiziranost kako bi se maksimalno učinkovito iskoristilo radno vrijeme, te time rasipanje neefektivnih sati rada svelo na minimum.

Proces proizvodnje broda zahtjeva jednu savršenu umreženost različitih tehničkih struka i vrlo lako se može dogoditi da neusklađenost između grupa proizvodnih radnika dovede do

stvaranja zastoja i velikih problema u proizvodnom procesu. Iz tog razloga potrebno je održavati timske sastanke na kojima sudjeluju odgovorne osobe svih odjela, te se na taj način usklađuju akcije koje će se poduzeti u slijedećem određenom vremenskom intervalu.

Tehnička služba brodogradilišta radi prirode svog posla izrade radioničke dokumentacije po kojoj se izrađuju elementi broorskoga trupa, ima direktan utjecaj na troškove koji nastaju u toku proizvodnje, te je dokazano da se kvalitetnom pripremom tehničke dokumentacije značajno utječe na rokove izrade kako pojedinih faza broorskog trupa tako i na rok izrade cjelokupnog broda.

Komunikacija i razmjena podataka djelatnika tehničke službe brodogradilišta sa ostalim službama ključna je u dobivanju točnih i pravovremenih podataka o raspoloživosti materijala koje je potrebno nabaviti, tehničkim karakteristikama materijala te o njihovim troškovima.

Organizacijska struktura u maloj brodogradnji je jedan živ organizam u kojemu izvor podataka i informacija, protok podataka te usklađivanje proizvodnih aktivnosti sa aktivnostima ostalih službi odrađuje upravo tehnička služba.

3. IZRADA RADIONIČKE DOKUMENTACIJE ZA GRADNJU BRODSKOG TRUPA U MALOJ BRODOGRADNJI

Gradnja broda spada u najsloženije poslove, te se u procesu izrade broda pojavljuju različite struke koje moraju u zadanim rokovima kvalitetno izvršiti dodijeljene im poslove. Da bi to bilo moguće potrebna je detaljna i točna radionička dokumentacija. Sama izrada radioničke dokumentacije spada u vrlo složene i zahtjevne poslove a temeljna pretpostavka kvalitete izrade broda je pravovremeno i točno izrađen brodski trup.

3.1 Obveze naručitelja broda i brodogradilišta prije samog početka gradnje

Kao i u ostalim granama proizvodnje, i pri izradi broda započinje se idejom i vizijom investitora. Investitor koji ulazi u izradu novog broda u većini slučajeva je osoba koja ima iskustva sa pomorskim zanatima, te sa te strane uvelike olakšava prevladavanje početnih problema pri definiranju i prezentiranju svojih želja projektantu, koji dobiva zadatak osmišljavanja izgleda i funkcija novog broda. Projektantska kuća koja sklapa ugovor sa investitorom o izradi projekta željenog plovila ima zadatak definiranja linija trupa novog broda te strukture broda koja mora udovoljavati svim propisima koji su definirani od strane registarske kuće koja će odobriti i vršiti pregled nad gradnjom budućeg plovila.

Nadalje, odabrana projektantska kuća mora definirati potrebnu opremu broda koja će zadovoljiti ispunjavanje potreba investitora u eksploataciji plovila, te voditi računa o tome da je smještaj i funkcija odabrane opreme usuglašena sa trupom broda ali da je i ispravno vršiti svoju zadaću.

Jedan značajni dio izrađene projektne dokumentacije se naziva i klasifikacijska dokumentacija, te je potrebno dobiti odobrenje od ovlaštene registarske kuće kojom se garantiraju ispravna tehnička svojstva budućeg plovila. Nivo kvalitete takve dokumentacije gledano sa tehničke strane je takav da u pravilnom mjerilu prikazuje:

- debljine limova predviđene za izradu broskog trupa
- veličine korigiranih ukrepnih profila
- najvažnije presjeke broskog trupa, palube, detalje spoja između najbitnijih elemenata
- smještaj opreme broda.

Projektantska kuća također ima obvezu izraditi niz vrlo složenih proračuna koji se odnose na stabilitet i sigurnost broda.

Klasifikacijska ustanova nakon pregleda dobivene dokumentacije izdaje listu primjedbi koje je potrebno u projektu otkloniti, te nakon izrade prepravljenih nacrtâ klasifikacijska dokumentacija dobiva odobrenje registarske kuće čime je dozvoljena izgradnja željenog plovila.

Brodovi koji se grade za hrvatsko tržište spadaju pod nadzor Hrvatskog registra brodova⁴ (u daljnjem tekstu HRB) sa sjedištem u Splitu. Svu izrađenu klasifikacijsku dokumentaciju projektantske kuće šalju u njihovo sjedište na pregled i odobrenje. HRB je izdao tiskana izdanja pravilnika o gradnji brodova kojih se projektanti moraju držati pri osmišljavanju brodskih elemenata. Osim odobravanja klasifikacijske dokumentacije, HRB sustavno vrši kontrolu i u toku same gradnje broda na način da se određenoj gradnji dodijeli inspektor koji će biti prisutan na terenu i vršiti kontrolu kvalitetne izrade brodskog trupa.

Investitor odabire brodogradilište u kojemu će graditi brod selekcijom između više brodogradilišta koji su se javili na objavljeni natječaj. Pri tome, investitor se vodi različitim kriterijima u odabiru brodogradilišta, odnosno eliminacijom brodogradilišta koji ne udovoljavaju željenim zahtjevima investitora. Iskustvo brodogradilišta pri izgradnji sličnih plovila, korištenje sličnih materijala pri izradi prethodnih brodova, stručni kadar brodogradilišta, opremljenost brodogradilišta te ponuđena cijena izrade i otplate broda utječu na izbor investitora koje brodogradilište će angažirati za obavljanje posla. Ukoliko se radi o međunarodnom natječaju tada se u obzir uzima i gospodarska i politička stabilnost zemlje u kojemu se nalazi brodogradilište.

3.2 Klasifikacijska i projektna dokumentacija za gradnju brodskog trupa

Brod na moru je izložen konstantnim opterećenjima koja u zavisnosti od vremenskih prilika ili uvjetima plovidbe mogu drastično varirati, te je iz tog razloga potrebno osigurati takvu konstrukciju brodskog trupa koja će moći izdržati sva opterećenja u nepogodnim uvjetima plovidbe. Elementi brodskog trupa moraju biti dimenzionirani po strogim pravilima i izrađeni iz materijala točno određenih karakteristika. Na taj način stvoreni su preduvjeti da se ne dovodi

⁴ Hrvatski registar brodova, <http://www.crs.hr/>, 06.09.2016.

u pitanje sigurnost posade broda, putnika i tereta koji se prevoze brodom, te eventualni štetni utjecaj na okoliš u slučaju nesreće.

S obzirom na vrlo različite tipove brodova koji imaju različite funkcije i plove u različitim pomorskim uvjetima, javila se potreba za unificiranom klasifikacijom pomorskih objekata. Prvenstveno se ta potreba javila iz razloga jednostavnijeg izračuna cijene osiguranja kako samog broda tako i tereta koji se prevozi. Kako osiguravatelji brodova i brodskih tereta nemaju mogućnosti procjene tehničkih karakteristika broda osnovane su posebne institucije za klasifikaciju brodova koji se nazivaju *registri* ili *klasifikacijska društva*. Takva društva međunarodno su priznata te uživaju javno povjerenje u poslovnom svijetu.

Klasifikacijska društva definiraju standarde i pravila koja projektanti plovila moraju poštovati, te vrše nadzor kako pri samoj gradnji brodova tako i pri povremenim kontrolama stanja brodskog trupa i brodskih sustava u samoj eksploataciji. Neka od najznačajnijih klasifikacijskih društava su⁵:

- Lloyd's Register of Shipping (LR) sa sjedištem u Londonu
- Bureau Veritas (BV) sa sjedištem u Parizu
- Registro Italiano Navale e Aeronautica (RINA) sa sjedištem u Rimu
- Det Norske Veritas (DNV) sa sjedištem u Oslu
- Germanischer Lloyd (GL) sa sjedištem u Hamburgu
- Hrvatski Registar Brodova (HRB) sa sjedištem u Splitu.

Između navedenih klasifikacijskih društava postoje ugovoreni sporazumi suradnje na osnovu kojih se priznaju klase i rad jednog registra na račun drugog.

Prije početka gradnje broda potrebno je Registru na uvid podnijeti tehničku dokumentaciju na kontrolu u tri primjerka, te se provjerava udovoljava li brod zahtjevima Pravila. Odobrenje tehničke dokumentacije potvrđuje se pečatom Registra i potpisom ovlaštenog eksperta.

Opća dokumentacija koja se podnosi na uvid za brodski trup (ne podliježe odobrenju):

1. Tehnički opis
2. Opći plan
3. Plan kapaciteta
4. Linije broda s tablicama opticanja

⁵ Dvornik J.: **Konstrukcija broda**, Pomorski fakultet u Splitu, Split 2013., str. 80

5. Plan dokovanja

Dokumentacija za kontrolu i odobrenje koja se odnosi na trup:⁶

1. Glavno rebro s karakterističnim presjecima i općim podacima
2. Uzdužni presjek
3. Vanjska oplata
4. Palube
5. Prahnice grotala
6. Dvodno
7. Nepropusne pregrade
8. Upore i nosači
9. Pojačanja za led i ostala pojačanja
10. Struktura pikova sa statvama
11. Skrokovi i nogavice
12. Temelji strojeva i odzivnih ležajeva
13. Nadgrađa i kućište
14. Otvori na palubama
15. Dokumentacija o opremljenosti trupa za podvodni pregled (vezanu uz oznaku IWS)
16. Temelji opreme, jarbola, stupova i dizalica
17. Ljuljna kobilica
18. Zavarivanje i plan snimanja
19. Zaštita od korozije
20. Priručnik za krcanje
21. Program ispitivanja
22. Proračun unutarnjih sila broda na mirnoj vodi (momenti savijanja, poprečne sile, itd)
23. Proračun geometrijskih karakteristika poprečnih presjeka broda (mom. tromosti itd.)
24. Za slučaj direktnog proračuna: model strukture, svojstva, rubni uvjeti, opterećenja
25. Plan fiksnih i privremenih sredstava koja omogućuju pristup pregledavanim mjestima

Projektantska kuća odgovorna za izradu navedene klasifikacijske dokumentacije isporučuje tehničkom uredu brodogradilišta odobrenu klasifikacijsku dokumentaciju te ostalu projektnu dokumentaciju za koju nije bilo potrebno tražiti kontrolu i odobrenje od

⁶ Pomorski fakultet u Splitu, www.pfst.unist.hr/uploads/OBvjezbe_5klasifikacija.ppt, 06.09.2016

klasifikacijske ustanove, time su stvoreni preduvjeti za pol'etak izrade detaljne radioni'ke dokumentacije.

3.3 Tehni'ki ured brodogradilišta – na primjeru Tehnomont Brodogradilišta Pula⁷

Manja brodogradilišta nemaju potrebe a jednako tako niti financijske opravdanosti u svojem sustavu imati projektni biro sa zaposlenim velikim brojem stru'njaka projektanata i konstruktora. Tim ljudi zadužen za pripremu tehni'ko-tehnološke dokumentacije se svodi na minimum kako bi se smanjili režijski troškovi, te dalo prostora samoj proizvodnji da najvećim djelom sudjeluje u stvaranju troškova te time smanjili i utrošene radne sate pri izradi broda, te na taj naćin direktno povećali svoju konkurentnost cijenama izrade.

Poslovi projektantske prirode su prepućteni specijaliziranim projektnim kućama, dok se u samom tehni'kom uredu brodogradilišta izvode poslovi detaljne razrade projektne dokumentacije, te izrade radioni'ke dokumentacije broda.

Projektnu i odobrenu klasifikacijsku dokumentaciju projektna kuća isporučuje brodogradilištu u većini slućajeva u printanom obliku u dogovorenom broju kopija, te osobito važno za tehni'ki ured brodogradilišta u adekvatnom digitalnom CAD formatu.

Kada je rijeć o CAD formatu isporučene tehni'ke dokumentacije u nemalom broju slućajeva dolazi do nekompatibilnosti CAD formata koju koristi projektantska kuća i brodogradilište. Naime, specijalizirane projektantske kuće za brodogradnju uglavnom imaju ekonomski opravdani razlog koristiti skupe programe namijenjene iskljućivo brodograćevnoj struci, primjerice Tribon, Trident, Catia, ProEngineer i drugi. Specijalizirane aplikacije takvog tipa u većini slućajeva su jednostavno preskupi za koriććenje manjim brodogradilištima u kojima tehni'ki uredi potrebu posla zadovoljavaju i znaćajno jeftinijim CAD programima, primjerice AutoCad-om.

Konverzija formata između navedenih programa nije uvijek moguća i jednostavna, te se dogaćaju situacije u kojima brodogradilište nije u mogućnosti iskoristiti isporučene nacрте u digitalnom obliku već je potrebno nanovo crtati strukturne elemente brodskog trupa.

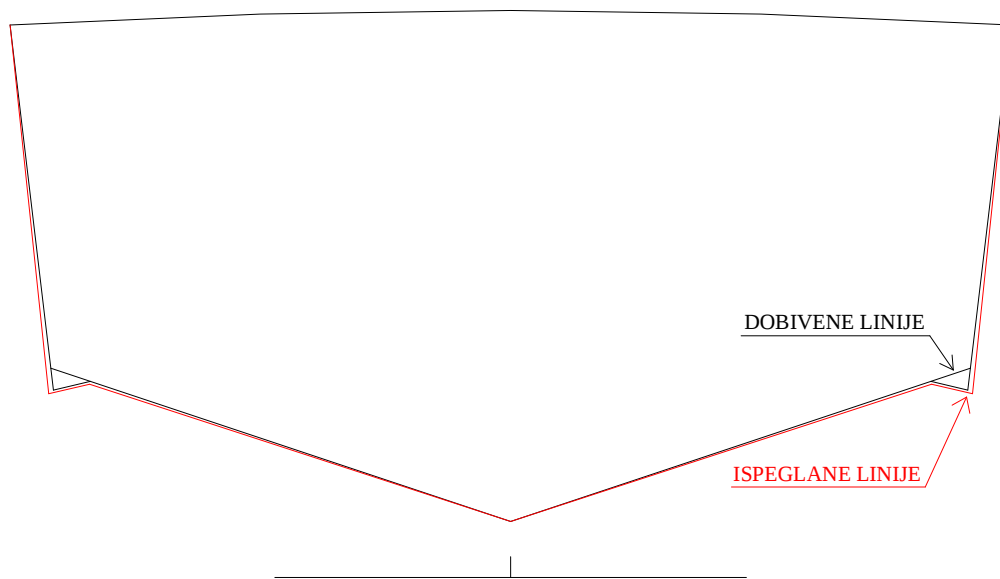
⁷ Tehnomont arhiva, ISO dokument APRI 00 - Postupak procesa pripreme proizvodnjeć, Pula 2014.

3.31. Modeliranje brodskih linija

Prvi zadatak tehničke službe brodogradilišta je modeliranje 3D modela budućeg broda. Za ovu vrstu posla koriste se različite kompjuterske aplikacije koje su namijenjene za tehničku struku. Aplikacije koje u tehničkom i ekonomskom smislu zadovoljavaju potrebe brodogradilišta u kojima se detaljno razrađuju elementi broskog trupa su najčešće: AutoCad, AutoDesk Inventor, SolidWorks i drugi.

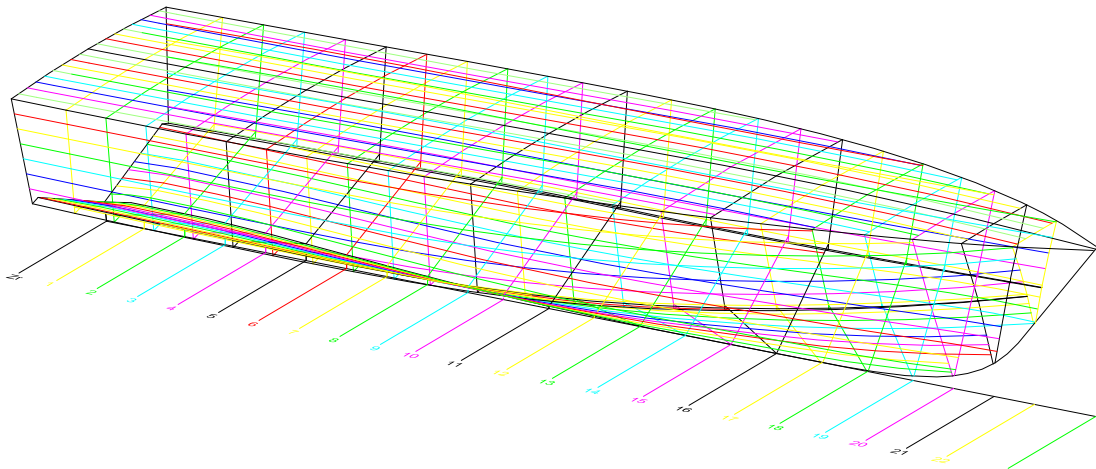
Izrada 3D modela brodskih linija je jedna od najbitnijih stavki u razradi radioničke dokumentacije i kvaliteta izrade je temelj za sve ostale radnje oko modeliranja brodske konstrukcije. Dobiveni podaci iz klasifikacijske dokumentacije nisu toliko precizno definirani da osiguravaju dobivanje harmoničnih prijelaza poprečnih i uzdužnih linija broda, te je potrebno izvršiti takozvano ispeglanje linija broda. U toj fazi se teži ka tome da prelasci između poprečnih i uzdužnih presjeka broda budu usuglašeni, bez pretjerano naglih promjena.

Na crtežu broj 2 je prikazan jedan poprečni presjek u kojemu su crnom bojom iscrtane dobivene teoretske i projektne linije broda, dok su crvenom bojom iscrtane ispeglane i završne linije broda. Ispeglanje brodskih linija se izvodi na osnovu izrade 3D modela brodskih linija, koji je prikazan na crtežu broj 3.



Crtež 2: Linije poprečnog presjeka broskog trupa

Izvor: autor



Crtež 3: 3D model linija brodskog trupa

Izvor: autor

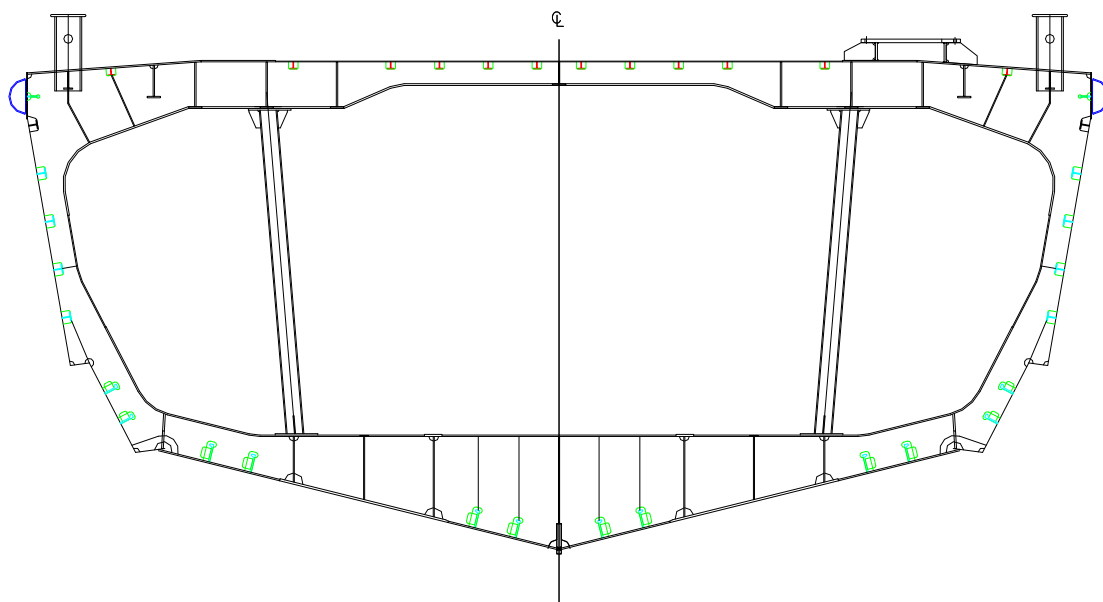
Kako je vidljivo na crtežu broj 2, ispeglane linije se minimalno razlikuju od teoretskih projektnih linija, no bez ovog koraka u konačnici bi se pri samoj izradi na određenim mjestima trupa pojavila neusuglađenost između konstruktivnih elemenata brodskog trupa.

3.32. Modeliranje brodske strukture⁸

Definiranjem linija broda postavljeni su temelji za sve ostale potrebne poslove. Na osnovu definiranih podataka iz klasifikacijske dokumentacije u nove linije broda se modeliraju svi strukturni elementi trupa broda. Pri tome se posebna pažnja vodi pri dimenzioniranju strukturnih dijelova koji su u kontaktu sa važnom opremom broda kao što je na primjer brodski glavni motor.

Elementi brodske strukture za svaki poprečni i uzdužni presjek su definirani klasifikacijskim nacrtima. Potrebno je definiranu strukturu prilagoditi novim ispeglanim brodskim linijama, te na taj način dobiti 3D model strukture broda. U procesu modeliranja nove brodske strukture rješavaju se i prilagođavaju prodori između strukturnih elemenata te detalji njihovog međusobnog spoja. Primjer jednog tipičnog poprečnog presjeka brodske strukture prikazan je na crtežu broj 4.

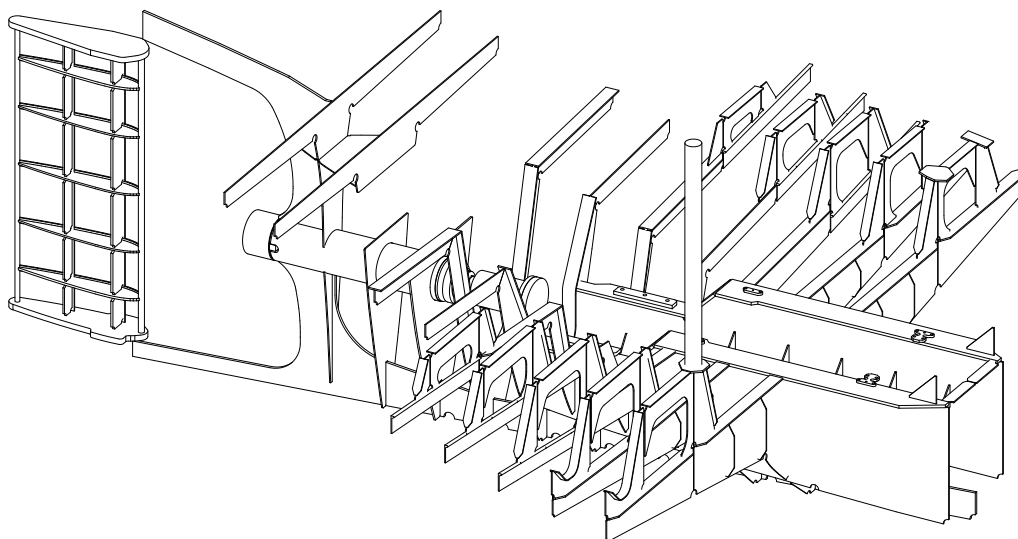
⁸ Perić Z. : **Osnove brodogradnje**, Industrijska škola Split, Split 2014., str. 41



Crtež 4: Poprečni presjek brodske strukture

Izvor: autor

Primjer izgleda 3D modeliranja brodske strukture prikazan je na crtežu broj 5.



Crtež 5: Modeliranje brodske strukture

Izvor: autor

3.33. Odlučivanje o načinu i mjestu gradnje broda

Završetkom modeliranja brodske strukture, potrebno je odlučiti na koji način će se odvijati izrada broorskog trupa u brodogradilištu. To je važna stavka koju je potrebno definirati odmah na samom početku pripremnih radnji iz razloga što oblik izrađene radioničke dokumentacije direktno ovisi o odabranom modelu gradnje broorskog trupa. Nekoliko bitnih stavki je potrebno usuglasiti pri donošenju odluka o tome. Trup je moguće izraditi na jednom mjestu u jednom komadu spajanjem pojedinačnih sastavnih dijelova trupa, ili jednako tako moguće je podijeliti trup broda u logične zasebne cjeline – brodske sekcije, te na taj način omogućiti da se pojedini dijelovi broda izrađuju neovisno na različitim pozicijama unutar brodogradilišta i neovisnim dinamikama izrade. Obje opcije imaju svoje nedostatke i prednosti.

Ukoliko se brod radi na jednom mjestu kao jedna cjelina potrebno je osigurati prostor koji će udovoljavati potrebama tom načinu izrade te omogućiti cirkulaciju materijala i radnika na tom prostoru. To bi značilo da će to područje brodogradilišta biti zauzeto duži period, odnosno period do samog kraja gradnje broda. Posljedica toga je da se u nekim brodogradilištima ne mogu odvijati na tom području druge zasebne radnje koje bi se inače na neki način moglo iskoristiti za drugu vrstu poslova koji bi donosili prihod. Također, potrebno je u tom slučaju imati mogućnost transporta i prijenosa materijala preko cijele površine broorskog trupa. Na jednoj manjoj površini se odvijaju svi poslovi u kojem je uključen veliki broj ljudi što može dovesti do smetnje u obavljanju poslova i time do ozljeđivanja radnika.

Brodski trup koji je predviđen za izradu na jednom mjestu u jednom zasebnom komadu može se izrađivati na dva načina:

- u svojem prirodnom položaju
- u obrnutom položaju, zarotiran na način da se elementi slažu na glavnoj palubi.

Postoje razlozi koji definiraju način gradnje takvih brodskih trupova. Ukoliko je glavna paluba broda ravna, odnosno ne postoji preluk palube, a težina trupa i pozicija izgradnje broda je takva da omogućuje jednostavno rotiranje gotovog trupa, tada je opcija gradnje broda u obrnutom položaju prihvatljiva. No, ukoliko je težina broda prevelika za podizanje i rotiranje, odnosno zahtjeva se angažiranje dizalica koje će uvelike financijski opteretiti gradnju broda, tada je poželjno izbjeći gradnju trupa broda na navedeni način. Primjer gradnje broorskog trupa u rotiranom položaju na glavnoj palubi prikazan je na slici broj 6.



Slika 6: Gradnja brodskog trupa na glavnoj palubi

Izvor: arhiva Tehnomont

Primjer okretanja brodskog trupa pri završetku gradnje koji je građen na glavnoj palubi u okrenutom položaju prikazan je na slikama broj 7.

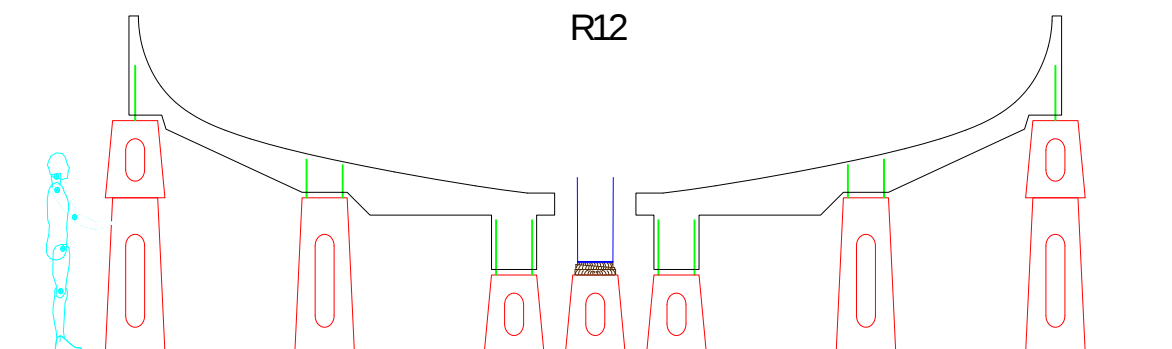




Slika 7: Rotiranje brodskog trupa

Izvor: Tehnomont (arhiva)

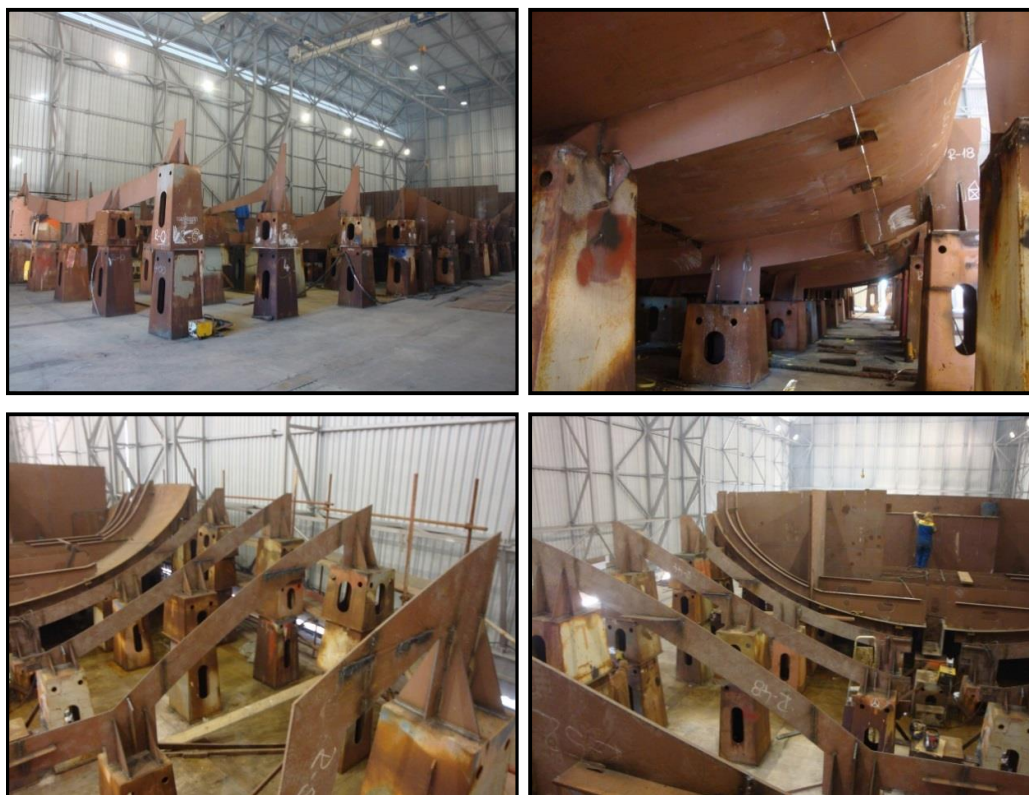
Za gradnju broda u svojem prirodnom položenju, ovisno o linijama broda, potrebno je izraditi takozvanu kolijevku – pomoćnu konstrukciju točno definiranog oblika za prihvatanje oplatnih limova broda koja je najjeftinija od čeličnog materijala koja će na određeni način garantirati i olakšavati slaganje elemenata trupa u gradnji, te garantirati dobivanje željene forme brodskog trupa. U tom slučaju javlja se trošak materijala potreban za gradnju kolijevke broda, te utrošeno vrijeme radnika za sastavljanje same kolijevke. Crtež broj 8 prikazuje nacrt poprečnog presjeka potrebne kolijevke za gradnju brodskog trupa u svom prirodnom položaju.



Crtež 8: Kolijevka za gradnju trupa broda

Izvor: autor

Na slikama broj 9 prikazana je izvedba kolijevke za gradnju trupa i slaganje elemenata brodske strukture na kolijevku broda. U slučaju donošenja odluke o gradnji trupa na ovaj način, vrlo je bitna stavka kvalitetnog savijanja elemenata vanjske oplata broda. Dopuštena su minimalna odstupanja od zahtijevanog savijenog oblika, koja je moguće ispraviti navlačenjem limova oplata na elemente kolijevke. Ukoliko su odstupanja prevelika potrebno je pozicije presaviti kako bi se ispravila odstupanja.



Slika 9: Gradnja trupa broda u kolijevci

Izvor: Tehnomont (arhiva)

Za razliku od gradnje broskog trupa na jednom mjestu u jednom komadu, gradnja u zasebnim sekcijama ima tu prednost da otvara mogućnost boljeg iskorištavanja površine brodogradilišta. Pri tome je potrebno voditi računa da se prilikom dijeljenja trupa u sekcije osmisle takve cjeline koje će zadovoljiti na najoptimalniji način slijedeće uvjete:

- Masa sekcija mora biti takva da se omogući jednostavan transport
- Gabariti sekcije moraju udovoljavati uvjetima za transport unutar brodogradilišta
- Mora se voditi računa o tome da dimenzije elemenata sekcije budu takve da se na najoptimalniji način iskoriste standardne dimenzije limova i profila
- Prostori podjele sekcija moraju biti takvi da omoguće jednostavno pred-opremanje cjevovodima i električnim kabelskim stazama
- Oblik sekcije mora biti takva cjelina koja će garantirati minimalne deformacije prilikom zavarivanja elemenata

Primjer izgleda brodske sekcije prikazan je na slici broj 10.



Slika 10: Brodska sekcija

Izvor: Tehnomont (arhiva)

3.34. Sustavi gradnje broorskog trupa

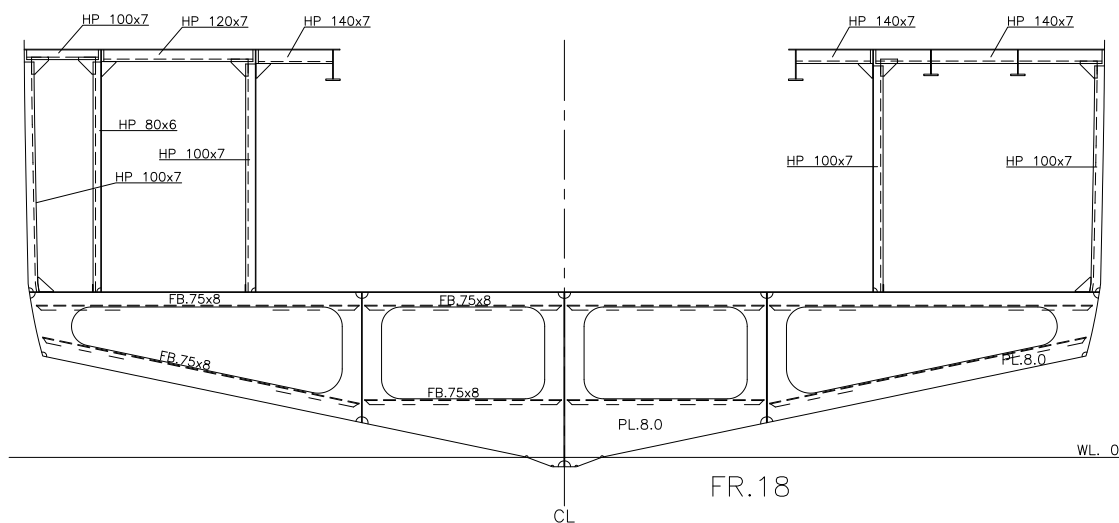
Razlikujemo tri sustava gradnje broorskog trupa ⁹:

- Poprečni sustav gradnje
- Uzdužni sustav gradnje
- Mješoviti sustav gradnje

Poprečni sustav gradnje karakterizira poprečno orebrenje broorskog trupa, odnosno osnovu kostura broda čine poprečni okviri (rebrenice, rebra i sponje), te se takav način upotrebljava kod gradnje brodova manjih duljina iz razloga što problem uzdužne čvrstoće u tom slučaju nije naročito izražen. No, to također uvelike zavisi i o samoj namjeni broda. Povijesno gledajući i poprečni sustav gradnje koji podrazumijeva veći broj poprečnih rebara na manjoj uzdužnoj duljini pojavljuje se mnogo ranije od uzdužnog sustava gradnje koji je specifičan po manjem broju poprečnih rebara a većem broju uzdužnih konstrukcijskih elemenata. Razlog tome leži u činjenici da su prvi brodovi bili građeni iz drvenog materijala za koji je bilo potrebno radi osiguranja nepropusnosti veći broj poprečnih rebara za koje su se zatim hvatale trenice drvene oplata. Elementi uzdužne čvrstoće broda u tom slučaju su oplata dna, oplata dvodna, oplata boka, palube, kobilica, uzdužni nosači brodske strukture,

⁹ Dvornik J.: **Konstrukcija broda**, Pomorski fakultet u Splitu, Split 2013., str. 111

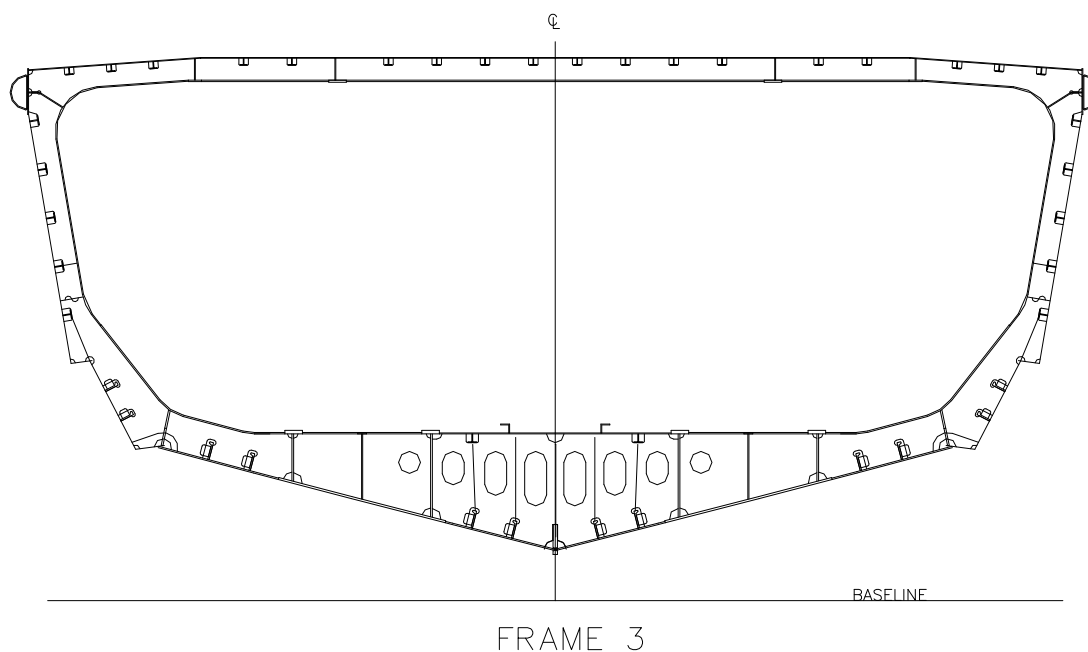
palubne i bočne proveze. Primjer izgleda poprečnog rebra brodskog trupa u poprečnom sustavu gradnje prikazan je na crtežu broj 11.



Crtež 11: Poprečno rebro brodskog trupa u poprečnom sustavu gradnje

Izvor: Tehnomont (arhiva)

Pri gradnji brodova već ih duljina primjenjuje se uglavnom uzdužni sustav gradnje. Ovakav način gradnje brodskog trupa počeo se primjenjivati najprije pri gradnji tankera. Karakterizira ga uzdužno orebrenje brodskog trupa, tj. osnovni elementi i vrstole su uzdužnjaci dna, boka i palube. Poprečnu i vrstolu osiguravaju jaki poprečni okviri koji su znatno međusobno udaljeniji u odnosu na poprečno orebrenje u poprečnom sustavu gradnje brodskog trupa. Ovim načinom gradnje postiže se znatno krutija konstrukcija protiv izvijanja, te se znatno lakšom konstrukcijom postiže potrebna i vrstola broda. Primjer izgleda poprečnog presjeka u uzdužnom sustavu gradnje brodskog trupa prikazan je na crtežu broj 12.



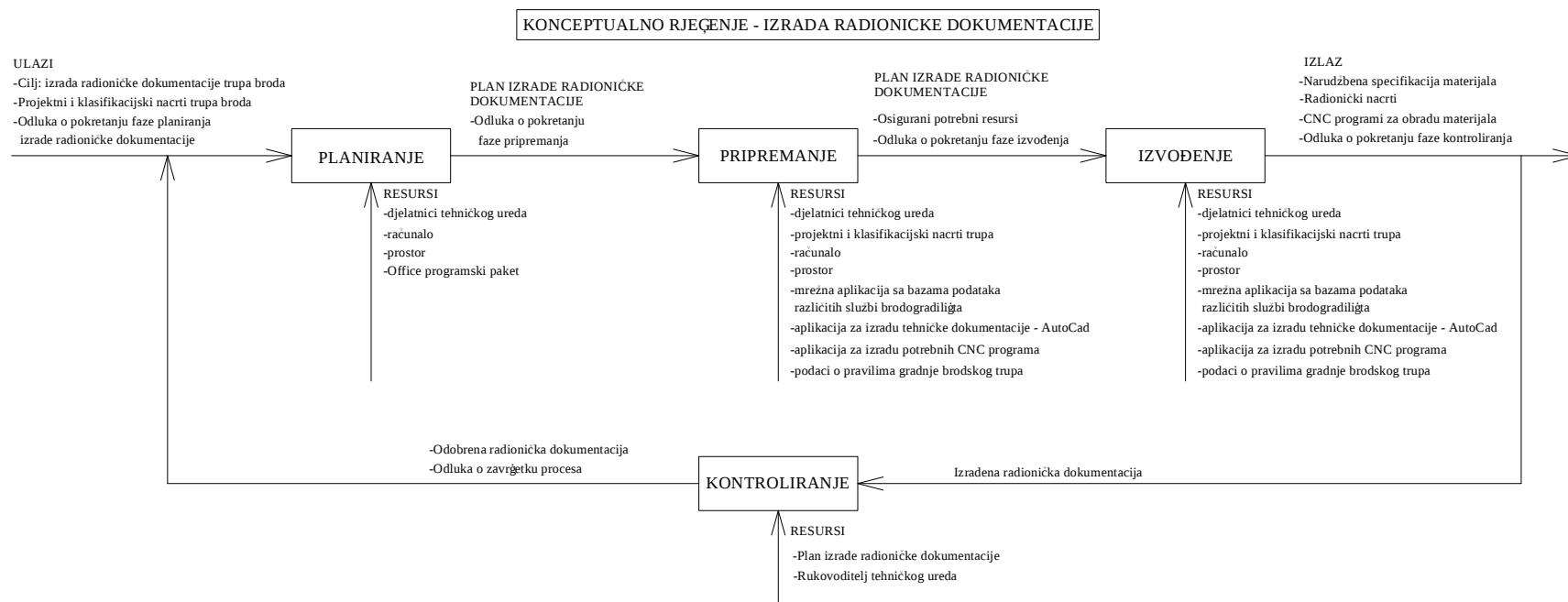
Crtež 12: Poprečni presjek broda kod uzdužnog sustava gradnje

Izvor: Tehnomont (arhiva)

Mješoviti sustav gradnje broskog trupa zapravo je kombinacija poprečnog i uzdužnog sustava gradnje. U poprečnom i uzdužnom sustavu gradnje jaki poprečni ili uzdužni elementi trupa koji su ujedno i elementi vrstole broda ograničavaju - smanjuju iskoristivi teretni prostor, te je kao glavni razlog uvođenja mješovitog sustava gradnje broskog trupa upravo smanjenje dimenzija poprečnih i uzdužnih konstrukcijskih elemenata kako bi se njihovom kombinacijom optimalno iskoristio raspoloživi prostor. Primjer izgleda poprečnog presjeka brodske strukture u mješovitom sustavu gradnje prikazan je na crtežu broj 13.

3.35 Konceptualno rješenje procesa izrade radioničke dokumentacije broskog trupa

Na shemi broj 14 prikazano je konceptualno rješenje procesa izrade dokumentacije broskog trupa, na kojemu su vidljive karakteristične faze: planiranje, pripremanje, izvođenje te kontroliranje procesa izrade radioničke dokumentacije. Svaka faza sastoji se od ulaznih podataka, te potrebnih odluka koje pokreću narednu fazu procesa. Također, svaka faza procesa izrade radioničke dokumentacije ima svoje resurse koji osiguravaju kvalitetno i u zadanom roku odrađeno rješavanje potrebnih zadataka. Cilj procesa je izrada kvalitetne i pregledane i odobrene radioničke dokumentacije za izradu broskog trupa u zadanim rokovima kako bi se pravovremeno pokrenula faza izrade broskog trupa te na taj način osigurali uvjeti poštivanja rokova predaje broda narudžitelju.



Shema 14: Konceptualno rješenje izrade radioničke dokumentacije (Izvor: autor)

3.36 Izrada radioničke dokumentacije za gradnju broorskog trupa

Nakon završetka izrade 3D modela strukture broda, u tehnici kojoj pripremi brodogradilišta se nastavlja sa izradom radioničkih nacrti za sklapanje broorskog trupa. U ovim nacrtima moraju do zadnjih detalja biti točno definirani svi međusobni spojevi konstrukcijskih elemenata trupa broda, definirane i pregledno prikazane sve potrebne kote koje omogućavaju točno sklapanje elemenata te je potrebno da svaki element bude pozicioniran. Na radioničkim nacrtima također moraju biti definirani tipovi i veličine zavara kojima se spajaju elementi.

U radioničku dokumentaciju za izradu trupa broda osim samih nacrti strukturnih elemenata te njihovih pozicija i međusobnih spojeva, spadaju i numerički programi za rezanje strukturnih elemenata na numerički upravljanim strojevima, zatim nacrti i podaci za rezanje i obradu profila koji su sastavni dijelovi brodske strukture, te podaci za izradu šablona za savijanje zakrivljenih elemenata brodske strukture.

Nacrti brodske strukture radi svoje složenosti i potrebe da točno, nedvosmisleno i detaljno prikažu svaki dio podijeljeni su u nekoliko logičkih dijelova, prema već ustaljenoj dobroj brodografičkoj praksi.

Na samom početku radioničke dokumentacije nalazi se list sa sastavnicom koja sadrži sve potrebne općenite podatke vezane za određeni dio brodske strukture o kojemu se radi. Primjer početne stranice radioničke dokumentacije prikazan je na crtežu broj 15.

SEKCIJA	MASA (t)	TEŽIŠTE (m)			POVRŠINA ZA BOJANJE (m ²)
		X	Y	Z	
301	25.52	16.280	0.002	2.576	872

NAPOMENA :

1. MONTAŽNI DODATAK 50 mm
2. VARITI KONTINUIRANIM ZAVAROM
AKO NIJE DRUGAČIJE OZNAČENO
3. AUTOMATSKO ZAVARIVANJE BEZ PRIPREME (I SPOJ)
 RUČNO ZAVARIVANJE
 OBOSTRANO KUTNO ZAVARIVANJE
4. NA NOSAČIMA KOJI SU ZAVARENI ISPREKIDANIM
ZAVAROM TREBA OSIGURATI OBOSTRANI KONTINUITET
ZAVARA NA PROLAZU KROZ DRUGE ELEMENTE

SEKCIJA (301)

D	C	B	A
Rev.	Opis	Datum	Potpis

Naručilac:

Datum	Ime	Potpis
Konstruirao		
Provjerao		
Odobrio		

Naziv nacrt:

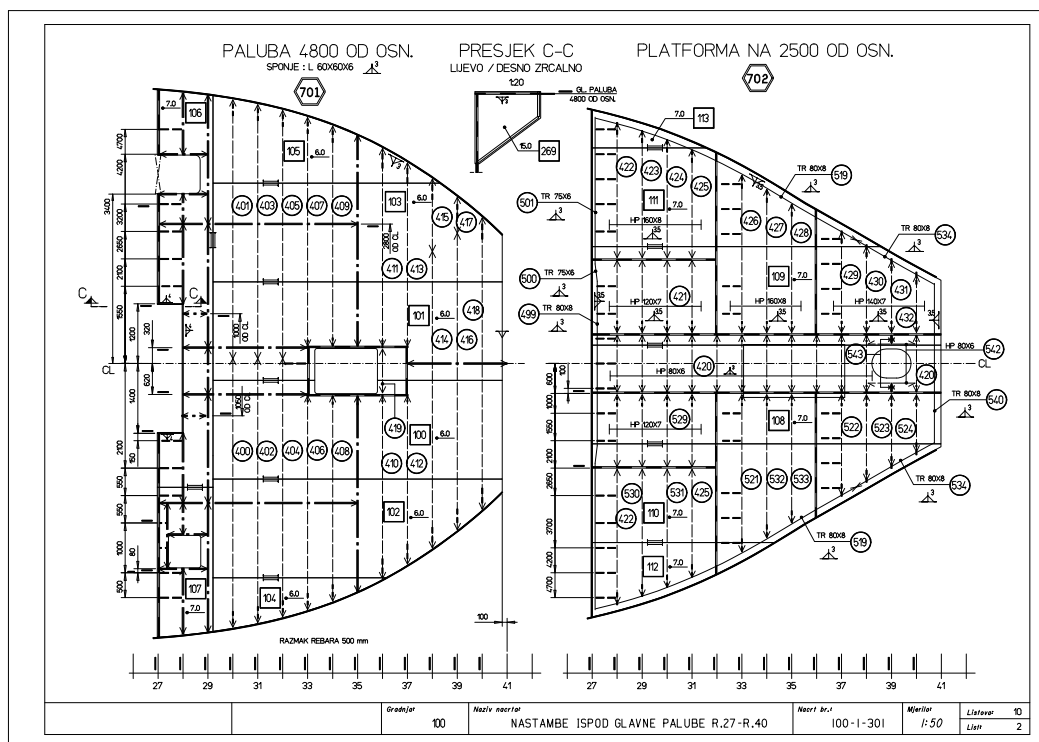
**NASTAMBE ISPOD GLAVNE
PALUBE R.27-R.40**

Mjerilo	1:50	Lista	10
Format	A3	Lista	01
Gradnja	301	Rev.	0
Nacrt br.	100-1-301		

Crtež 15: Pol'etna stranica radionil'kog nacrtu

Izvor: Tehnomont (arhiva)

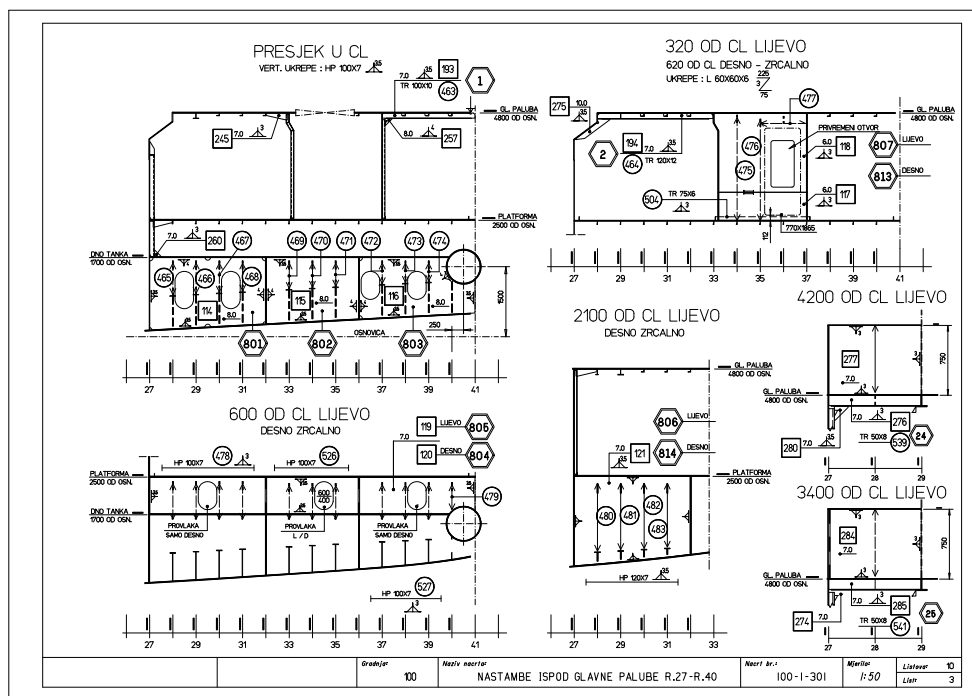
Na slijedećim pol'etnim listovima nacrti su paluba sa svim potrebnim kotama, podacima, oznakama pojedinih pozicija te oznakama eventualnih presjeka. Primjer takvog nacrtu prikazan je na crtežu broj 16.



Crtež 16: Radioniljki nacrt paluba dijela brodske sekcije

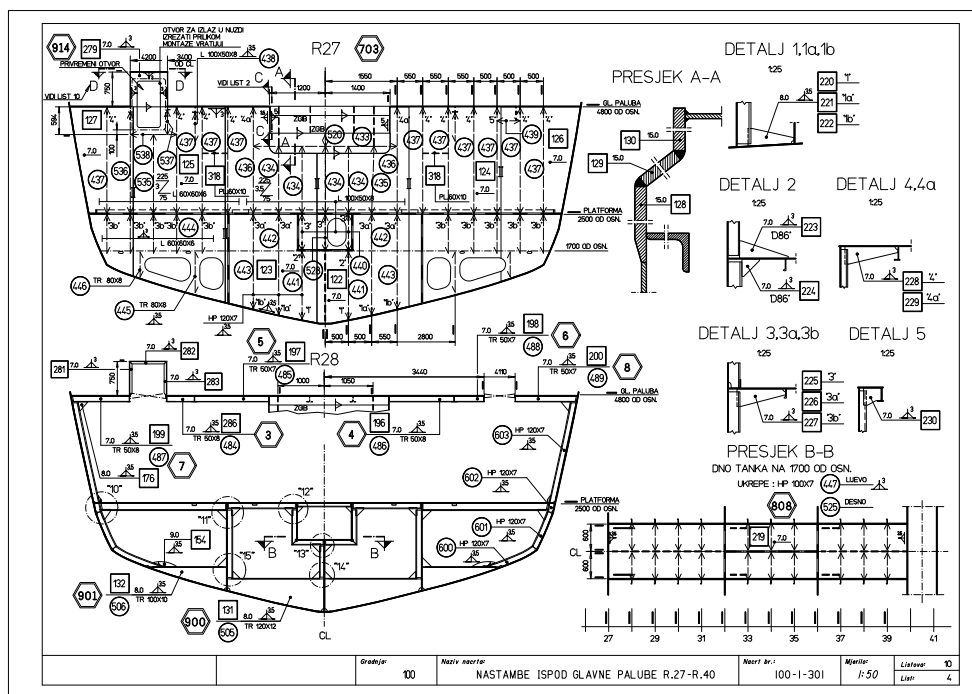
Izvor: Tehnomont (arhiva)

Slijede nacrti uzdužnih i poprečnih presjeka strukture broda sa potrebnim pozicijama elemenata, kotama i određenim detaljima koje je moguće prikazati na raspoloživom formatu papira. Primjer nacrtu poprečnih presjeka prikazan je na crtežima broj 17A i 17B.



Crtež 17A: Uzdužni presjek brodske strukture

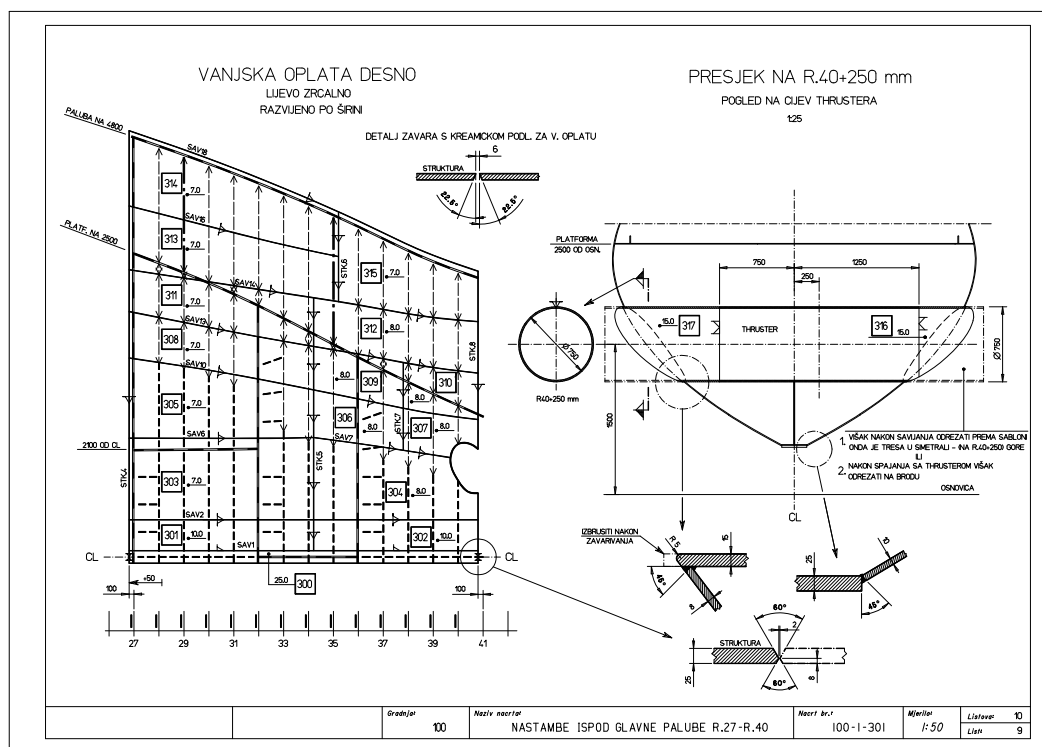
Izvor: Tehnomont (arhiva)



Crtež 17B: Poprečni presjek brodske strukture

Izvor: Tehnomont (arhiva)

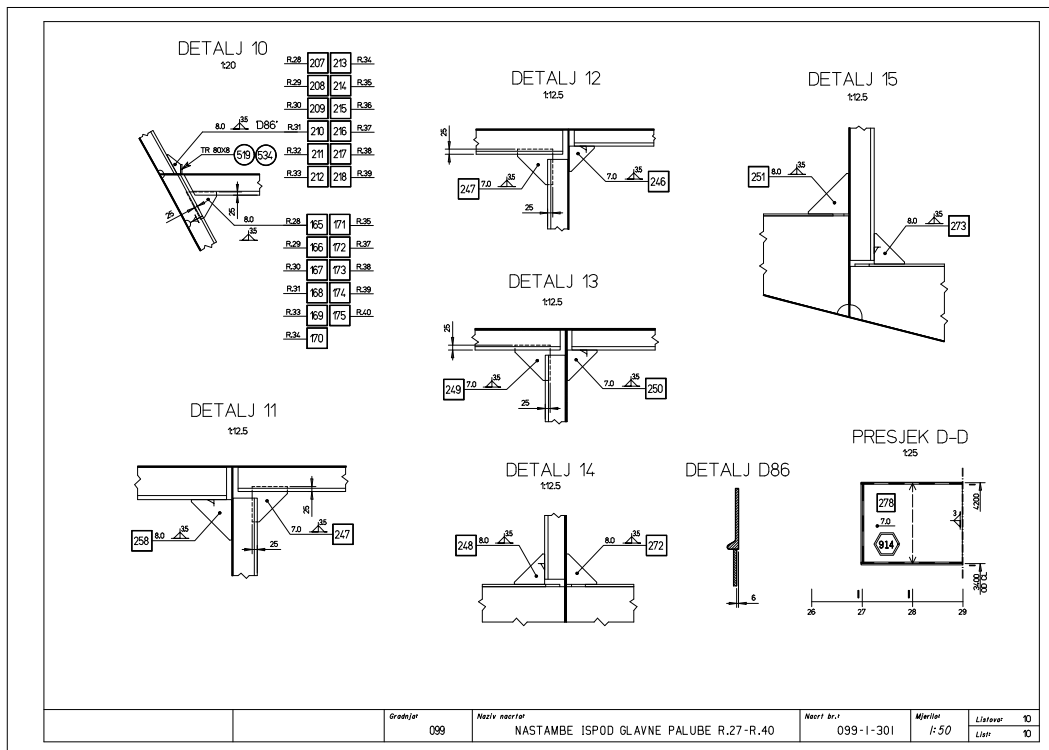
Nacrti oplatnih limova sa označenim pozicijama, zavarima, tipu zavora i ostalim potrebnim oznakama slijede nakon nacрта poprečnih i uzdužnih presjeka. Primjer takvog radioničkog nacрта prikazan je na crtežu broj 18.



Crtež 18: Radionički nacrt oplatnih limova

Izvor: Tehnomont (arhiva)

Na samom kraju radioničkih nacрта prikazuju se nacrti detaljnih spojeva elemenata brodske strukture, te ostali detalji koji se radi svoje veličine nisu mogli kvalitetno prikazati u prethodnim nacrtima. Primjer nacрта detalja prikazan je na crtežu broj 19.



Crtež 19: Nacrt detalja elemenata brodske strukture

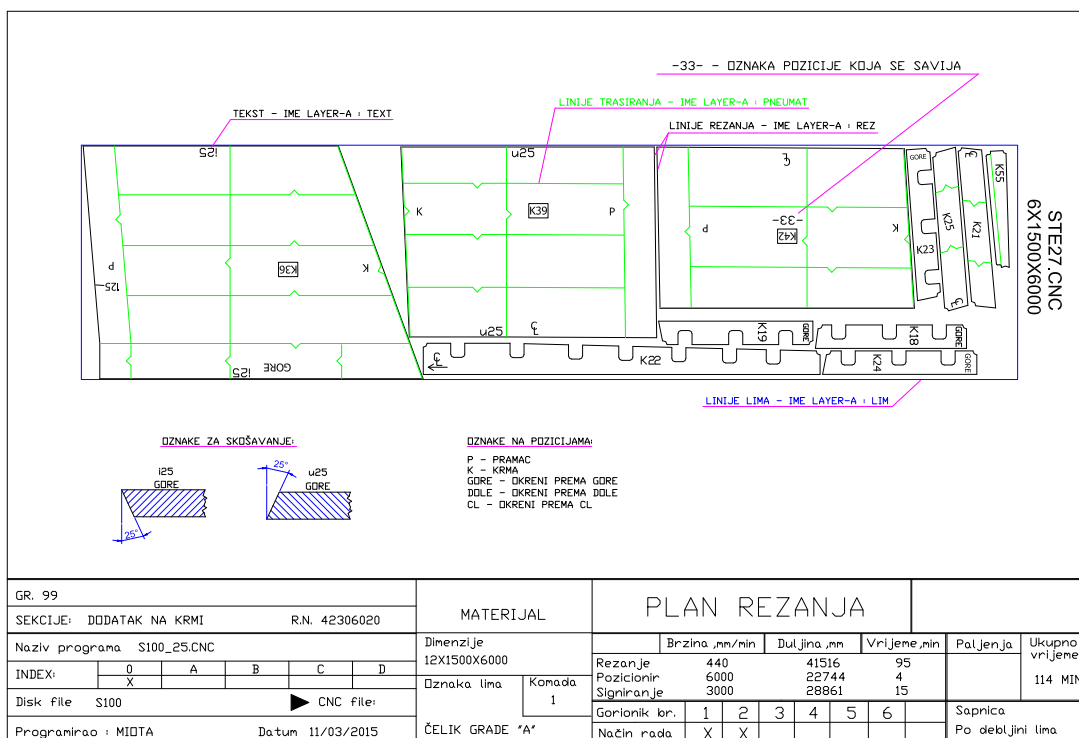
Izvor: Tehnomont (arhiva)

Kako bi se elementi trupa mogli dati u obradu rezanja, savijanja ili na određenom stroju obradu potrebno je izraditi posebnu tehničko-tehnološku dokumentaciju za svaku od navedenih radnji.

Za elemente koji se izrezuju iz limova mora se izraditi planove i programe rezanja koji se u današnje vrijeme izvode na numeričkim strojevima za rezanje. Prethodno je potrebno zakrivljene elemente broskog trupa razviti u adekvatne 2D oblike, koji se nakon rezanja, trasiranja i eventualnog skođavanja bridova radi pripreme za zavarivanje šalju na savijanje.

Kodiranje grafičkih elemenata u numerički programski kod prilagođen stroju za rezanje limova se izvodi posebnim aplikacijama koje su proizvod uglavnom proizvođača numeričkih strojeva te prilagođeni zahtjevima i mogućnostima određenog stroja.

Prikaz jednog programa za rezanje na CNC stroju za rezanje limova plazmom prikazan je na crtežu broj 20.



Crtež 20: Plan rezanja na CNC stroju za rezanje limova

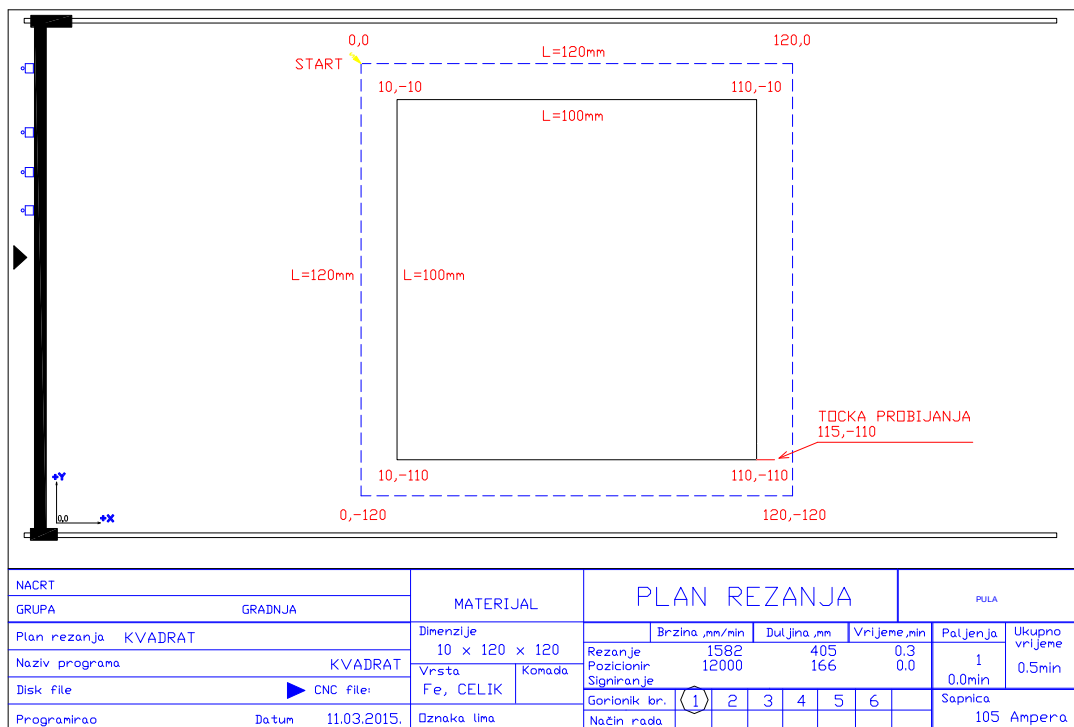
Izvor: izradio autor

Planovi rezanja u svom ispisanom obliku na sebi nose sve potrebne podatke koji operateru služe za sigurnu obradu materijala. Ti najvažniji podaci su vrsta i kvaliteta materijala koji se obrađuje, debljina i format lima koji se izrezuje, ime programa, ime programera koji je odgovoran za određeni program za rezanje, datum, dužina linija za rezanje i trasiranje za određeni program, te predviđeno vrijeme trajanja obrade određenog programa.

Također, na svakom programu je naglašeno ukoliko je nakon rezanja potrebno određene pozicije izdvojiti na zasebnu paletu radi slanja na savijanje ili strojnu obradu. Ukoliko numerički stroj za rezanje ne posjeduje mogućnost istovremenog sklopljenja bridova radi pripreme za zavarivanje, te pozicije se moraju također odvojiti te naknadno po definiranim nacrtima pomoću nim strojevima skositi bridove.

Numerički upravljani stroj za rezanje nije u mogućnosti vrći obradu direktno iz nacrtu napravljenog u određenom CAD programu, već je potrebno izvrći kodiranje nacrtu u numerički format koji stroj razumije. Numerički format programa namijenjen CNC stroju se sastoji od niza funkcija koje daju naredbe stroju što u kojem trenutku obaviti, te niza numeričkih

vrijednosti koje su niža drugo nego vrijednosti koordinata po kojima se stroj mora kretati u prostoru. Najjednostavniji primjer programa za rezanje je prikazan na crtežu broj 21.



Crtež 21 - Program rezanja kvadrata

Izvor: izradio autor

Na slici broj 21 je prikazan program po kojemu se iz lima formata 120x120mm izrezuje kvadratna ploha dimenzija 100x100mm. Pored svakog kuta je upisana i koordinata udaljenosti po X i Y osi od početne nul-točke, koja se nalazi u gornjem lijevom kutu lima.

Kodirani program u numeričkom obliku za ovaj primjer programa za rezanje je slijedilji:

(KVADRAT)

(CADREZ13062014D,11.03.2015-09:00)

(PIERCE-CNC)

(PLATE 0 115 -117 0)

%

F1582

G0X115Y-110

M4

G41

- IME PROGRAMA ZA REZANJE

- CNC APLIKACIJA, DATUM I VRIJEME
IZRADE PROGRAMA

-POČETNA TOČKA ZAGRIJAVANJA I
PROBIJANJA

-FUNKCIJA SPUŠTANJA GLAVE ZA
REZANJE

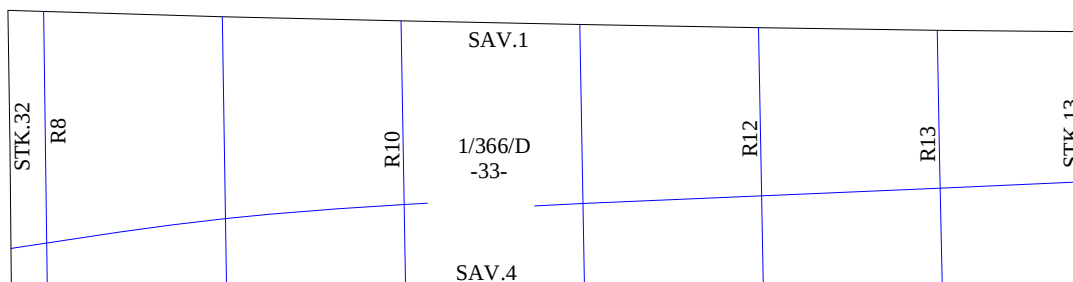
-FUNKCIJA PALJENJA PLAZME

G1X-5Y0	-POMAK -5mm U X-OSI
G1X-100Y0	-POMAK -100mm U X-OSI
G1X0Y100	-POMAK 100mm U Y-OSI
G1X100Y0	-POMAK 100mm U X-OSI
G1X0Y-100	-POMAK -100mm U Y-OSI
G40	-FUNKCIJA GAČENJA PLAZME
M3	-FUNKCIJA PODIZANJA GLAVE ZA REZANJE
G0X2.8Y-6.5	-ZAVRŠNA TOLKA STROJA ZA REZANJE
M2	-ZAVRŠETAK PROGRAMA

Programske funkcije i vrijednosti numeričkog programa su pisane crnom bojom, a objašnjenja pojedine funkcije crnom bojom.

Za elemente koji idu na savijanje izrađuju se nacrti savijanja u kojima je definirano koje šablone za savijanje upotrijebiti za određeni element i njihove pozicije postavljanja na element kako bi se dobio željeni savijeni oblik.

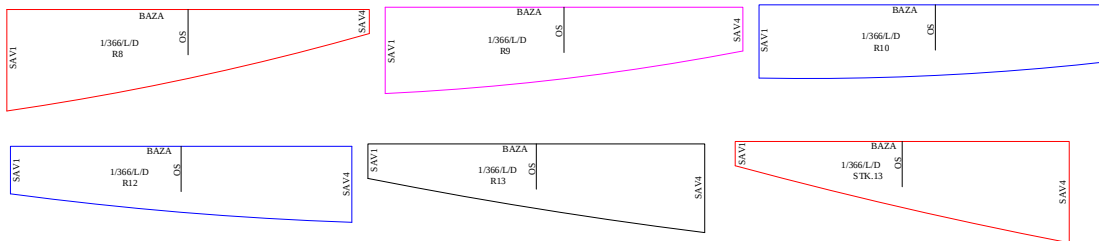
Na crtežu broj 22 je prikazan element vanjske oplata broda sa trasiranim linijama koje obilježavaju položaj poprečnih elemenata nakon savijanja pozicije. Trasirane linije poprečnih rebara služe ujedno i pozicioniranju šablona za savijanje.



Crtež 22: Element oplata broda prije savijanja

Izvor: izradio autor

Oznake koje su napisane na elementu namijenjenom za savijanje su vrlo važne iz razloga što diktiraju na koji način i se pozicionirati drvene šablone za savijanje. Šablone za savijanje moraju na sebi imati oznake koje odgovaraju oznakama na elementu savijanja. Šablone za savijanje elementa na crtežu broj 22 su prikazane na crtežu broj 23.

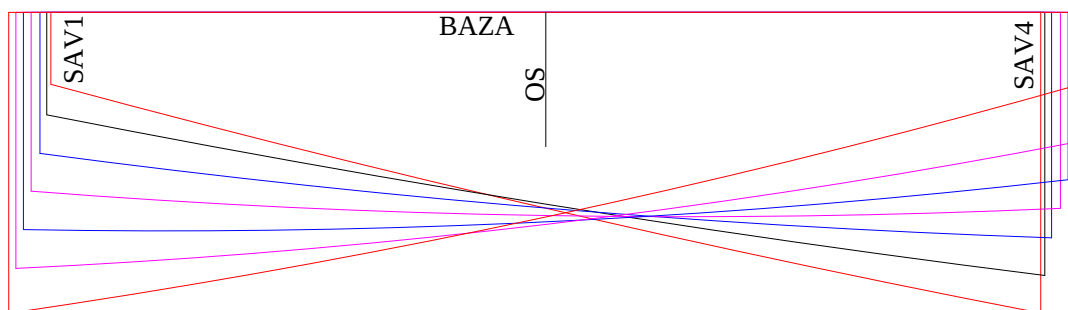


Crtež 23: Šabloni za savijanje sa oznakama

Izvor: izradio autor

Prilikom savijanja radnici vode računa da se savijanje izvodi na način kojim će se u potpunosti poklopiti i poravnati određeni bridovi i linije na šablonima. U ovom slučaju potrebno je da se sve bridovi koji su označeni kao BAZA i OS poravnaju i na taj način je zadovoljen savijeni oblik vanjske oplata broda.

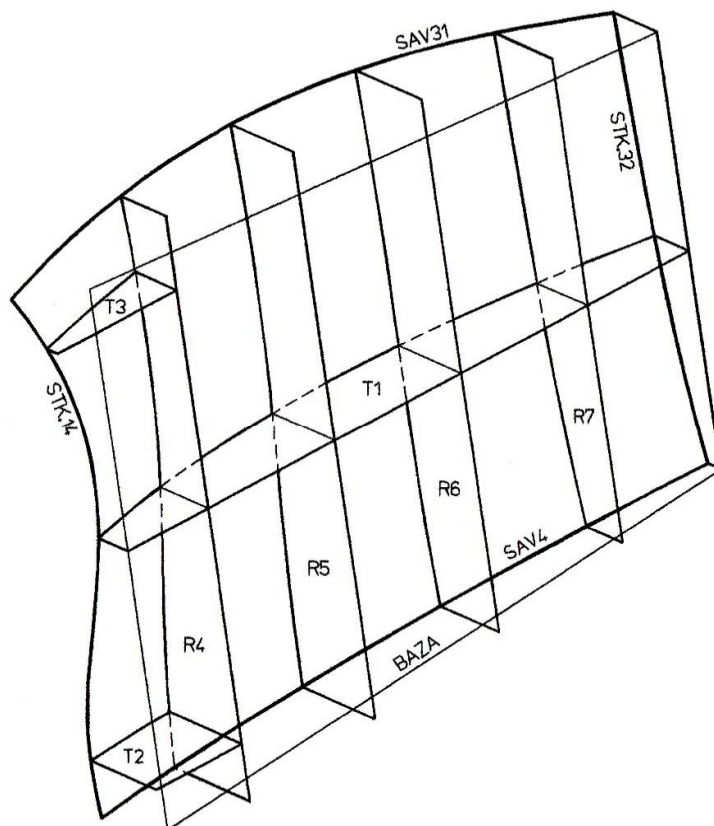
U tom slučaju gledajući sa prednje strane pozicija šablona mora izgledati kao je prikazano na crtežu broj 24.



Crtež 24: Završni položaj šablona za savijanje

Izvor: izradio autor

Ukoliko je savijanje elementa takvo da se odvija u tri dimenzije, tada je potrebno izraditi iz drva prostornu šablonu za savijanje, koja predstavlja negativ željenog savijenog oblika. Prostorna šablona za savijanje prikazana je na crtežu broj 25.



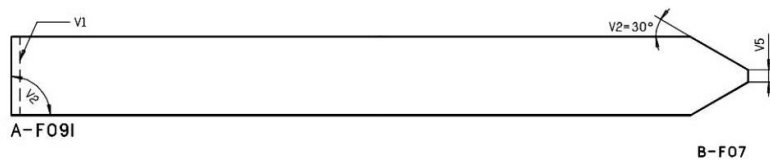
Crtež 25: Prostorna šablona za savijanje limova

Izvor: izradio autor

Elementi koji se strojno obrađuju se izdvajaju i šalju u pogon za strojnu obradu zajedno sa nacrtima u kojima je definirano i dimenzionirano željeno stanje obrađenog elementa.

Obrada traka i profila zahtjeva izradu dokumentacije prilagođene jednostavnom i točnom razumijevanju potrebne obrade od strane radnika. Određeni kompjuterski programi osmišljeni su upravo za izradu tabličnih prikaza dimenzija u kojima se numerički a ne nacrtima definiraju vrijednosti po kojima se određena vrsta traka i profila obrađuje.

Za ovakve slučajeve potrebno je da radnik bude educiran za točno čitanje podataka danih u ovakvim tabličnim numeričkim prikazima. No, u slučajevima u kojima se određeni profil obrađuje na nestandardni način, potrebno je izraditi nacrt u kojemu će biti prikazane sve potrebne projekcije i presjeci sa kotama kojima je zajamljena jasna slika radniku što je potrebno obraditi. Za profile koji se naknadno i savijaju moraju se izraditi adekvatni nacrti sa podacima za savijanje. Crtež broj 26 prikazuje tablični oblik podataka za rezanje i obradu profila.



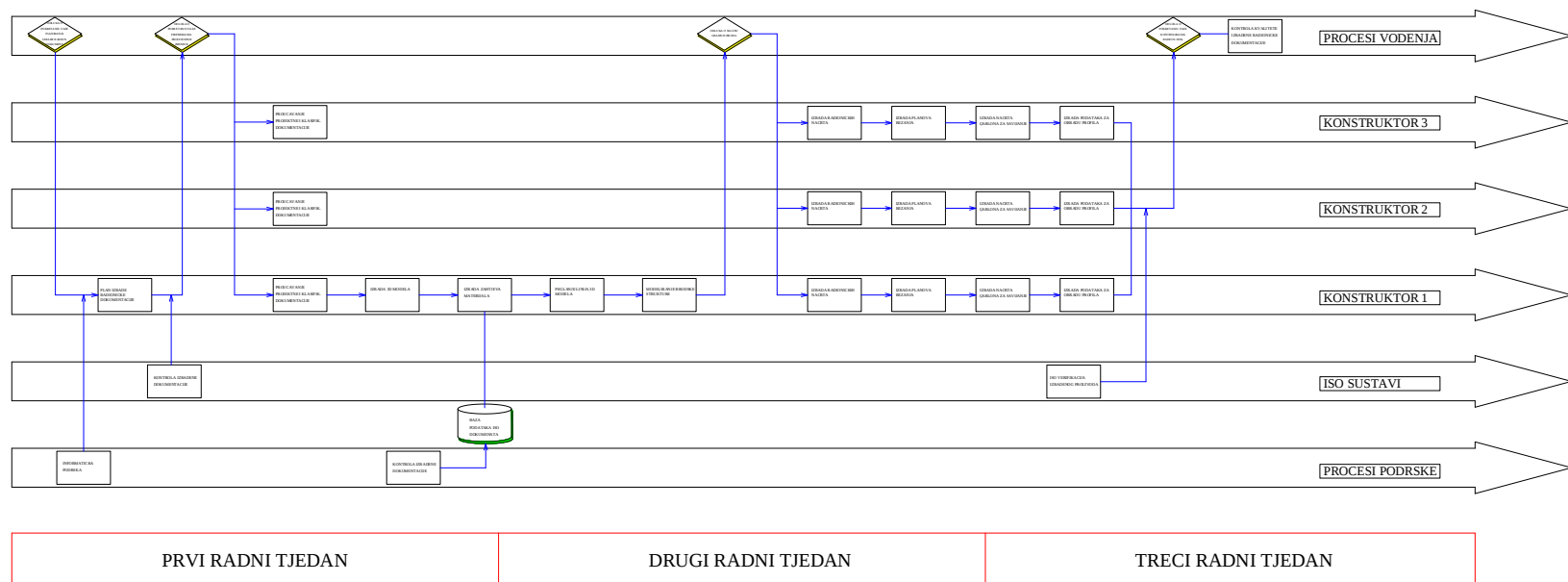
SEK	SKL	OZN. POZ.	BROJ. KOM.	NAZIV ELEMENTA	MATERIJAL		TP I DIMENZJE	J. O.	PODACI ZA TRASIRANJE				NAPOMENA
					OZN. MAT.	NAR. POZ.			TRASERSKA RUKA	STND	rez./ops	PARAMETRI	
1	900	414	1	POJAS REBR. R.42	DNV-NVA	080 / 1	TR/100X10	D	1029	A F09I	0	V1=45	
									B F07	0	V5=40		
1	900	414	1	POJAS REBR. R.42	DNV-NVA	080 / 1	TR/100X10	G	1029	A F09I	0	V1=45	
									B F07	0	V5=40		
1	901	415	1	POJAS REBR. R.43	DNV-NVA	080 / 1	TR/100X10	D	798	A F09I	0	V1=45	
									B F07	0	V5=40		
1	901	415	1	POJAS REBR. R.43	DNV-NVA	080 / 1	TR/100X10	G	798	A F09I	0	V1=45	
									B F07	0	V5=40		
1	902	416	1	POJAS REBR. R.44	DNV-NVA	080 / 1	TR/100X10	D	547	A F09I	0	V1=45	
									B F07	0	V5=40		
1	902	416	1	POJAS REBR. R.44	DNV-NVA	080 / 1	TR/100X10	G	547	A F09I	0	V1=45	
									B F07	0	V5=40		

Crtež 26: Tablični prikaz podataka za obradu profila

Izvor: Tehnomont (arhiva)

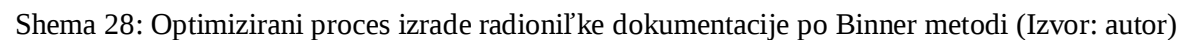
4. VIZUALIZACIJA PROCESA IZRADE RADIONIČKE DOKUMENTACIJE BRODSKOG TRUPA PO BINNER METODI

Na shemi broj 27 prikazana je vizualizacija procesa izrade radioničke dokumentacije broskog trupa po Binner metodi, prema kojoj je vidljivo da potreban broj konstruktora u većini slučajeva za izradu radioničke dokumentacije trupa iznosi tri konstruktora među kojima se dogovorno raspodijele prostori broda za izradu tehničkih nacрта. Ono što predstavlja problem u većini slučajeva je nedovoljno poznavanje mogućnosti CAD programa koji se koriste, pa kako je vidljivo u prikazanoj shemi samo jedan konstruktor izrađuje početni 3D model brodskih linija, te konstruktivnih elemenata trupa. Iz tog razloga vrijeme koje se troši na izradu temeljnog 3D modela i strukture iziskuje vrijeme rada najstručnijeg konstruktora dok ostali konstruktori u tom slučaju su u praznom hodu.



Shema 27: Proces izrade radioničke dokumentacije po Binner metodi (Izvor: autor)

Optimizacija procesa se dogodila u procesima izrade 3D modela te u procesima izrade 3D brodske strukture, na na'in da se educiralo konstruktore u naprednijem korištenju CAD aplikacije, te jednako tako u umrežavanju i dijeljenju podataka unutar CAD sustava. Na taj na'in konstruktori su od samog starta podijelili trup broda na segmente te svaki konstruktor obrađuje svoju cjelinu i dijeli podatke sa ostalim članovima tima. Na taj na'in vremenska ušteda rada je za gotovo jednu trećinu kraća, što može značajno utjecati na poštivanje rokova izrade cjelokupnog broda.



6. ZAKLJUČAK

Izrada broda u manjim brodogradilištima je vrlo složen i opsežan posao iz više razloga. Prvenstveno je to radi ograničenih resursa. Strojni park, raspoloživa radna površina, rad u natkrivenim i zaštićenim halama, obim radne snage i raznovrsnost stručnog kadra te ostale mogućnosti manjih brodogradilišta su takve da se ne može u potpunosti zadovoljiti sve potrebe koje izrada brodograđevnih elemenata zahtjeva, pa je uvelike ovisna o vanjskim uslugama. Troškove je potrebno svakodnevno kontrolirati, a kvaliteta izrade zbog vrlo jake konkurencije mora biti na najvišem nivou.

Uzevši sve navedene činjenice u obzir vrlo je važno da tehnički ured brodogradilišta izradi radioničku dokumentaciju za granju brodskog trupa u obliku koji će optimalno iskoristiti dostupne resurse brodogradilišta. To zahtjeva kontinuiranu edukaciju i usavršavanje djelatnika tehničkog ureda zaduženih za izradu radioničke dokumentacije. Pripremna faza radioničke dokumentacije za izradu brodskog trupa temeljna je faza u izradi cjelokupnog broda te o njoj uvelike ovisi rok gotovosti izrade samog trupa i otvaranje poslova za fazu opremanja broda te time i odgovor na pitanje da li će se uspjeti izraditi brod u zadanim rokovima.

Optimizacijom rada po Binner metodi ujedno je dokazana polazna hipoteza da za smanjenje rokova izrade radioničke dokumentacije potreban je tim stručnjaka koji moraju kontinuiranom edukacijom u korištenju CAD alata stvoriti preduvjete kojima je moguće izvršiti raspodjelu složenih poslova na sve članove tehničkog ureda brodogradilišta te na taj način skratiti vrijeme izrade radioničke dokumentacije i povisi nivo njezine kvalitete.

LITERATURA

Knjige:

1. Dvornik J.: **Konstrukcija broda** , Pomorski fakultet u Splitu, Split 2013.
2. Grubišić M. : **Tehnologija gradnje broda**, Split, Split 1978.
3. Perić Z. : **Osnove brodogradnje**, Industrijska škola Split, Split 2014.

Internet stranice:

1. Hrvatski registar brodova: <http://www.crs.hr/> , 06.09.2016.
2. Pomorski fakultet u Splitu: http://www.pfst.unist.hr/uploads/OBvjezbe_5klasifikacija.ppt , 06.09.2016.

Ostalo:

1. Pravila za statutarnu certifikaciju brodica i jahti, Hrvatski registar brodova, Narodne novine - 19/2016.
2. Tehnomont Brodogradilište Pula - nacrti i slike

POPIS CRTEŽA, SLIKA I SHEMA

Redni broj crteža, slike ili sheme	Stranica
3. Organizacijska struktura u Tehnomont Brodogradilištu Pula, stranica	8
4. Linije poprečnog presjeka broorskog trupa	17
5. 3D model linija broorskog trupa	18
6. Poprečni presjek brodske strukture	19
7. Modeliranje brodske strukture	19
8. Gradnja broorskog trupa na glavnoj palubi	21
9. Rotiranje broorskog trupa	22
10. Kolijevka za gradnju trupa broda	23
11. Gradnja trupa broda u kolijevci	24
12. Brodska sekcija	25
13. Poprečno rebro broorskog trupa u poprečnom sustavu gradnje	26
14. Poprečni presjek broda kod uzdužnog sustava gradnje	27
15. Poprečni presjek u mješovitom sustavu gradnje broorskog trupa	28
16. Konceptualno rješenje izrade radioničke dokumentacije	29
17. Početna stranica radioničkog nacrt	31
18. Radionički nacrt paluba dijela brodske sekcije	32
19. Uzdužni presjek brodske strukture	33
Poprečni presjek brodske strukture	33
20. Radionički nacrt oplatnih limova	34
21. Nacrt detalja elemenata brodske strukture	35
22. Plan rezanja na CNC stroju za rezanje limova	36
23. Program rezanja kvadrata	37
24. Element oplata broda prije savijanja	38
25. Šablone za savijanje sa oznakama	39
26. Završni položaj šablona za savijanje	39
27. Prostorna šablona za savijanje limova	40
28. Tablični prikaz podataka za obradu profila	41
29. Proces izrade radioničke dokumentacije po Binner metodi	42
30. Optimizirani proces izrade radioničke dokumentacije po Binner metodi	43