

**XIX SIMPOZIJ
TEORIJA I PRAKSA BRODOGRADNJE
XIX SYMPOSIUM ON
THEORY AND PRACTICE OF SHIPBUILDING
IN MEMORIAM PROF. LEOPOLD SORTA 2010.**

ZBORNİK RADOVA- PROCEEDINGS

I.J.Knez: Korčulanski borac - brodograditelj, Lumbarda, 1959.



**07. -09. listopad/october
SPLIT-LUMBARDA-KORČULA
HRVATSKA/CROATIA**

CIP katalogizacija u publikaciji
SVEUČILIŠNA KNJIŽNICA SPLIT
UDK 629.5 (063)

XIX Simpozij „Teorija i praksa brodogradnje SORTA 2010.“
XIX Symposium on Theory and Practice of Shipbuilding SORTA 2010.
Lumbarda, 07.-10. listopad/october 2010.

Glavni urednik/Editor -in- chief:
Prof.dr.sc. Roko Markovina, FESB-Split

Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje
Sveučilišta u Splitu
Faculty of Electrical Engineering, Mechanical Engineering and Naval Architecture
University of Split
21000 SPLIT, R.Boškovića 32
Općina/Municipality Lumbarda
Grad/ Town Korčula

ISBN 978-953-290-022-4.

ZBORNIK RADOVA/*Proceedings*
XIX Simpozij „Teorija i praksa brodogradnje
„In memoriam prof. Leopold Sorta“
XIX Symposium on Theory and Practice of Shipbuilding
„In Memoriam prof. Leopold Sorta“
07-09 listopad/october 2010
Split-Lumbarda-Korčula
Hrvatska/Croatia

Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje
Sveučilišta u Splitu
Faculty of Electrical Engineering, Mechanical Engineering and Naval Architecture
University of Split

Za izdavača/ *For publisher:* Prof.dr.sc. Tomislav Kilić. dekan

Urednički odbor/ *Editorial board*
Dr.sc. Roko Markovina, red.prof.-FESB, Split
Dr.sc. Kalman Žiha, red.prof.-FSB, Zagreb
Dr.sc. Branko Blagojević, izv.prof.-FESB, Split

Grafičko oblikovanje i prijelom/ *Lay-out and graphic design*
Ana Bušić

Tisak/ *Print*
Kartular, d.o.o. - Split

Naklada/ *Issue*
60 primjeraka
60 copies

Organizacijski odbor XIX simpozija Teorija i praksa brodogradnje SORTA 2010. zahvaljuje se svima koji su na bilo koji način pomogli i tako doprinijeli uspješnom održavanju Simpozija u Lumbardi, posebice Narodnoj glazbi, KUD „Ivo Lozica“ i Mješovitom zboru Sv. Roko iz Lumbarde i Obiteljskoj klapi „Pročulić“ iz Smokvice, a napose svim mještanima Lumbarde na pažnji i gostoljubivosti koju su darovali sudionicima za svo vrijeme trajanja Simpozija i bez čije svesrdne pomoći on ne bi bio uspješno održan.

TIJELA SIMPOZIJA SORTA 2010. SYMPOSIUM COMMITTEES

1. ORGANIZACIJSKI ODBOR ORGANIZING COMITEE

Roko Markovina, FESB, predsjednik
Ivica Veža-FESB, dopredsjednik
Marinko Brgić, Uljanik, dopredsjednik
Tomislav Kilić, dekan FESB-a,
Mirko Duhović, gradonačelnik Grada Korčule,
Ivan Radovan, načelnik Općine Lumbarda,
Stipan Varnica, "LINA"-Lumbarda,
Jerko Andrijić, ml., "Radež"- Blato,
Tonči Gavranić, "Montmontaža-Greben" - Vela Luka,
Vicko Ivančević, „Leda“-Korčula,
Nada Braović, HB-JB,Zagreb
Želimir Sladoljev , FSB-Zagreb,
Vedran Slapničar, FSB-Zagreb,
Igor Belamarić, Split,
Antun Čagalj-Brodosplit/FESB,
Josip Raić, Brodosplit,
Dragan Sorić,Brodotrogir,
Nenad Flesch, Brodotrogir,
Franjo Flesch- Yacht design/FESB,
Nenad Vulić- HRB/FESB,
Andrija Rogulj- HRB/FESB,
Nedjelko Lipanović, „Lučica-Lumbarda“-Lumbarda
Nada Lipanović, „Meditranska plovidba“, Korčula
Teo Divić, „Korkyra shipping“-Korčula
Branko Blagojević - FESB, tajnik
Dario Ban - FESB, rizničar
Nada Damić, FESB, administrator

2. STALNI ORGANIZACIJSKI ODBOR PERMANENT ORGANIZING COMITEE

Predsjednik/ President:
Prof.dr.sc. Većeslav Čorić

Članovi / Members:
Akademik Ivo Senjanović;FSB-Zagreb
Dr. sc. Igor Belamarić; Brodosplit- Split
Dr. sc. Ante Čagalj; Brodosplit- Split
Prof. dr. sc Nikša Fafandjel; Tehnički fakultet -Rijeka
Prof. dr. sc. Rajko Grubišić; FSB- Zagreb
Dragan Badzek, dipl.ing; Kraljevica - Kraljevica
Prof. dr. sc. Vladimir Koroman; Brodarski institut- Zagreb

Prof. dr. sc. Roko Markovina; FESB -Split

Ivo Martinović, dipl. ing.; HB-JB- Zagreb

Romano Pičuljan, dipl. ing.; Brodogradnja Pičuljan- Rab

Dr. sc. Damir Radan; Pomorski fakultet- Dubrovnik

Prof. dr. sc. Igor Rožanić; Tehnički fakultet-Rijeka

Gvozden Rukavina, dipl. ing.; 3.MAJ- Rijeka

Prof.dr. sc. Želimir Sladoljev; FSB- Zagreb

Dragan Sorić, dipl. ing.; Brodotrogir - Trogir

Marinko Brgić, dipl.ing; Uljanik- Pula

Petar Car, dipl.ing Uljanik -Pula

Aris Večerina, dipl. ing.; Mack, d.o.o.-Rijeka

Prof. dr. sc. Nenad Vulić, HRB -Split

Prof. dr. sc. Tomislav Zaplatić; FSB -Zagreb

Prof. dr. sc. Kalman Žiha; FSB- Zagreb

3. ZNANSTVENI SAVJET SCIENTIFIC COMITEE

Ivo SENJANOVIĆ- FSB Zagreb

Želimir SLADOLJEV- FSB Zagreb

Ivica VEŽA- FESB Split

Nikša FAFANDJEL- TF Rijeka

4. RECENZENTI REVIEWERS

Ivo SENJANOVIĆ- FSB Zagreb

Želimir SLADOLJEV- FSB Zagreb

Vedran ŽANIĆ- FSB Zagreb

Kalman ŽIHA- FSB Zagreb

Većeslav ČORIĆ- FSB Zagreb

Vedran SLAPNIČAR- FSB Zagreb

Nastia DEGIULI-FSB Zagreb

Boris LJUBENKOV-FSB Zagreb

Nikša FAFANDJEL- TF Rijeka

Bruno ČALIĆ- TF Rijeka

Albert ZAMARIN- TF Rijeka

Roko DEJHALLA- TF Rijeka

Jasna PRPIĆ-ORŠIĆ- TF Rijeka

5. POPIS SPONZORA SPONSORS

GLAVNI SPONZORI/Major sponsors:

Brodogradilište ULJANIK-Pula

ULJANIK-plovidba-Pula

Brodogradilište BRODOSPLIT-Split

Brodogradilište V.LENAC-Rijeka

Brodogradilište BRODOTROGIR-Trogir
Brodogradilište LEDA-Korčula
HRVATSKI REGISTAR BRODOVA-Split
BUREAU VERITAS-Rijeka
LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING-Rijeka
FESB-Split
Grad KORČULA
Općina LUMBARDA

SPONZORI/Sponsors:

TLM-TPP-Šibenik
MACK d.o.o-Rijeka
HEMPEL-Umag
PZ JEDINSTVO-Smokvica
PZ POŠIP-Čara

6. VODITELJI PODRUČJA / Chairmans

6.1. ZA PODRUČJA : OB

- (1) DESIGN OF SHIPS AND SPECIAL WATERBORNE VESSELS
- (2) SMALL CRAFTS AND INLAND WATERWAY VESSELS
- (5) MARINE ENGINEERING, ELECTRICAL ENGINEERING, AUTOMATION AND SHIP EQUIPMENT
- (8) MARINE TRANSPORT AND ECONOMICS
- (10) LAW, RULES AND NORMISATION
- (11) QUALITY MANAGEMENT
- (13) HISTORICAL TRADITION, SHIPS OF FUTURE, OTHER
Bruno Čalić (TF-Rijeka) i Vedran Slapničar /(FSB-Zagreb)

6.2. ZA PODRUČJA: ORG

- (3) ORGANISATION AND ECONOMICS OF SHIPBUILDING
- (4) TECHNOLOGY, MATERIALS, PROTECTION AND MAINTENANCE
Nikša Fafandjel (TF-Rijeka) i Boris Ljubenkov (FSB-Zagreb)

6.3. ZA PODRUČJA: HYD

- (6) SHIP HYDRODYNAMICS, SEAKEEPING AND MANEUVRABILITY
- (9) MARINE TECHNOLOGY AND ENVIRONMENTAL PROBLEMS
Jasna Prpić-Oršić (TF-Rijeka) i Nastia Degiuli (FSB-Zagreb)

6.4. ZA PODRUČJE: ČV

- (7) STRUCTURE STRENGTH, VIBRATION AND SHIP CONSTRUCTION
Albert Zamarin (TF-Rijeka) i Jerolim Andrić (FSB-Zagreb)

UVODNA IZLAGANJA	1
ROKO MARKOVINA , Prof.dr.sc. - FESB - Split - Predsjednik Organizacijskog odbora SORTA 2010.:	
„UVODNI GOVOR NA OTVARANJU SIMPOZIJA SORTA 2010.“	1
VEČESLAV ČORIĆ , Prof.dr.sc. - FSB - Zagreb, Predsjednik Stalnog odbora Simpozija „Teorija i praksa brodogradnje - SORTA“:	
„PROF. LEOPOLD SORTA I NAŠI SIMPOZIJI“	2
VEČESLAV ČORIĆ , Prof.dr.sc. - FSB.Zagreb:	
„OBJEKTI MORSKE TEHNIKE“	4
1. PLENARNA (POZIVNA) IZLAGANJA	7
1.1 ŽELIMIR SLADOLJEV , Prof. emerit. dr.sc -FSB-Zagreb:	
„AKTUALNI TRENUTAK HRVATSKE BRODOGRADNJE“	7
1.2 T. GAVRANIĆ , dipl. inž. Montmontaža-Greben-Vela Luka i V. IVANČEVIĆ , dipl.inž. Leda-Korčula: „TRENUTNO STANJE U BRODOGRADILIŠTIMA“ (usmeno izlaganje)	
1.3 DAVOR BEGONJA , Mr.sc - TIC-Rijeka:	
„POVEĆANJE KONKURENTNE SPOSOBNOSTI HRVATSKIH BRODOGRADILIŠTA“ (Power Point prezentacija)	23
1.4 ARIS VEČERINA , Mr.sc. MACK d.o.o-Rijeka:	
„BRODOGRADNJA - REORGANIZACIJA KROZ INTEGRACIJU“ (Power Point prezentacija)	36
1.5 IZVOR GRUBIŠIĆ , Prof.dr.sc., FSB-Zagreb:	
„VIZIJA ODRŽIVE BRODOGRADNJE PRIMJENA ZNANOSTI I INOVACIJA“ (Power Point prezentacija)	41
1.5A VEDRAN ŽANIĆ , Prof.dr.sc. -FSB-Zagreb:	
„NACIONALNI MAKROPROJEKT HRVATSKA BRODOGRADNJA HB 2010.“ (Power Point prezentacija)	50
1.6 GORAN ŠARIĆ , generalni direktor Mediteranske plovidbe-Korčula: „AKTUALNI TRENUTAK HRVATSKOG I SVJETSKOG BRODARSTVA“	55
1.7 BRUNO DABOUIIS , Bureau Veritas, Paris: „WHAT CLASSIFICATION RULES FOR THE FUTURE AND WHAT FUTURE FOR CLASSIFICATION?“	59
2. RADOVI PO SEKCIJAMA	67
(2.1) Lončarić D, Brlić M, Fabijanić M, Keber L. OSNIVANJE ŠKOLSKOG BRODA TIP A LOGE	69
(2.2) Gugić D, Slapničar V. PRIMJENA EKONOMSKIH MJERILA VRSNOĆE U OSNIVANJU BRODA	88
(2.3) Adum I, Slapničar V, Gugić D. EKONOMSKA MJERILA KAO KRITERIJ U OSNIVANJU BRODA	100
(2.4) Markovina R, Ukalović T.: TRADICIONALNA TEHNOLOGIJA GRADNJE DRVENOG BRODA U KORČULI (RIBARSKA BRODICA-GAJETA)	105
(2.5) Čagalj A. I. Veža, R. Markovina: MODEL UPRAVLJANJA UMREŽENIM BRODOGRADILIŠTEM	128
(2.6) Bosančić F, Rovan M, Palaversić J. RAČUNALOM POTPOMOGNUTO UPRAVLJANJE PROCESOM GRADNJE BRODA	139
(2.7) Šestanović B.: UPRAVLJANJE OSTVARENOM VRIJEDNOSTI NA PROJEKTU IZGRADNJE BRODA	149

(2.8) Stanić V.:	TEHNOLOGIJA GRADNJE BRODA ZA PRIJEVOZ SPECIJALNIH TERETA	160
(2.9) Dundara Đ, Macan D, Radolovic V, Vujasinovic J.:	PORINUĆE BRODA NEDOVOLJNE PORINJAVAJUĆE ISTISNINE S NAVOZA	173
(2.10) Mikačić N, Čulić M.:	SUVREMENA PROIZVODNA LINIJA TANKIH PANELA (LASER-HIBRIDNA TEHNOLOGIJA)	183
(2.11) Macan, D., Dundara, Đ, Čehić, D., Tusun, A., Milovan, C.:	TEHNOLOGIJA IZRADA, MONTAŽE I KONTROLIRANOG SPUŠTANJA KOPAČA U TRUP BRODA - TEORIJA I PRAKSA	195
(2.12) Hadjina M, Fafandjel N, Šimundić S, Kolić D.:	METODA SIMULACIJE ZA PROJEKTIRANJE BRODOGRAĐEVNOG PROIZVODNOG PROCESA	208
(2.13) Matulja M, Fafandjel N, Markovina R, Zamarin A, Kolić	D. PROJEKTIRANJE OPTIMALNOG RASPOREDA PROIZVODNIH POVRŠINA BRODOGRADILIŠTA	218
(2.14) Linić D, Lalović I.	SUVREMENA METODA SNIMANJA POSTOJEĆE FORME BRODA SA PRIMJEROM REPARACIJE TRAJEKTA MARKO POLO	231
(2.15) Šikić G, Bistričić M, Butković S.:	VIZUALNI SUSTAV ZA PROCJENU KOLIČINE BOJE STRUKTURE TRUPA BRODA	245
(2.16) Ljubenkov B, Mihailović M, Sladoljev Ž, Zaplatić T, Žiha K.	KONCEPTUALNI PROJEKT BRODOGRADILIŠTA NA DUNAVU	255
(2.17) Ljubičić P, Kodvanj J, Ljubenkov B.	MEHANIČKA SVOJSTVA NEHRĐAJUĆEG ČELIKA PRI NISKIM TEMPERATURAMA	270
(2.18) Žibrat D.:	ANALIZA PRINCIPA RADA FMCW I VOĐENIH MIKROVALNIH RADARA ZA MJERENJE RAZINE	283
(2.19) Mrykin V.O, Lomov V.A, Kurnosov S.A, Dorri M.K.	PROMISING SUBMARINE MOTION CONTROL CONSOLE WITH ELEMENTS OF ENVIRONMENT VISUALIZATION ON THE BASIS OF VIRTUAL DYNAMIC SYSTEMS APPLICABLE TO SUBMARINE SURFACING MANOEUVRE	291
(2.20) .. Togunjac A-B, Vishnevsky L.I.	DUAL-MODE CONTRAPPELLER WITH CURVE STACKING LINE FOR BLADE	301
(2.21) Vishnevsky L.I, Togunjac A-B.	NON-TRADITIONAL PROPELLERS IS THE MEAN OF IMPROVEMENT OF PROPULSION OF SURFACE SHIPS	311
(2.22) Warmowska M, Jankowski J.	MODELING OF WATER FLOW ON DECK OF SMALL VESSEL	316
(2.23) Hinz, T., Matusiak, J.:	FUZZY MONTE CARLO METHOD FOR PROBABILITY OF CAPSIZING CALCULATION USING REGULAR AND NON-REGULAR WAVE	327
(2.24) Paladin G, Anzböck R, Orešković H.:	ODABIR GLAVNIH DIMENZIJA PATROLNOG BRODA SA STANOVIŠTA OTPORA - PROCJENA I BAZENSKA ISPITIVANJA	335
(2.25) Matulja, D., Sportelli, M., Prpić-Oršić, J., Guedes Soares, C.:	ODREĐIVANJE DODATNOG OTPORA BRODA NA PRAVILNIM VALOVIMA	344
(2.26) Bajič, D., Prpić-Oršić, J., Turk, A.:	OPTEREĆENJA IZBAČENE FORME PRAMCA NA BRODOVIMA ZA PRIJEVOZ SPREMNIKA	352
(2.27) Žiha, K., Parunov, J., Čorak, M.:	PREISPITIVANJE ZAJEDNIČKIH PRAVILA ZA PROVJERU GRANIČNE ČVRSTOĆE BRODSKOG TRUPA	365
(2.28) Dundara Đ., Kuzmanović O., Žanić V., Andrić J., Prebeg P.:	NOVI INOVATIVNI PROJEKT ROPAX BRODA	374

(2.29) Parunov J., Čorak M.:	PRIMJENA NMKE U PROJEKTIRANJU KONSTRUKCIJE BRODOVA ZA PLOVIDBU U LEDU	386
(2.30) Jurišić P., Parunov J.:	DUGOROČNO PREDVIĐANJE GLOBALNIH ISTROŠENJA BRODSKOG TRUPA NAFTNIH TANKERA	395
(2.31) Andrić J, Žanić V, Sponza D, Dundara Đ, Radalović V, Grgić M, Pirić K, Stipčević M.	STRUKTURNA ANALIZA BRODA ZA PRIJEVOZ ŽIVE STOKE	403
(2.32) Hadžić N, Čorak M, Parunov J, Žiha K.:	RAČUNSKA NEIZVJESNOSTI MODELIRANJA POUZDANOSTI BRODSKOG TRUPA	419
(2.33) Senjanović I, Vladimir N, Tomić M, Hadžić N.:	HIDROELASTIČNI ODZIV VELIKOG KONTEJNERSKOG BRODA	429
(2.34) Klanac A, Kovač M, Nikolić P.:	ECONOMICS AND ENVIRONMENTAL IMPACT OF SHIP SPEED REDUCTION	440
(2.35) Amižić P.:	PRAVNI ASPEKT RECIKLIRANJA BRODOVA S POSEBNIM OSVRTOM NA MEĐUNARODNU KONVENCIJU O SIGURNOM I EKOLOŠKI PRIHVATLJIVOM RECIKLIRANJU BRODOVA	448
(2.36) Južnić H, Pavletić D, Soković M.:	UNAPREĐIVANJE KVALITETE U PROIZVODNJI BRODSKIH SPOROHODNIH MOTORA	461
(2.37) Buršić M, Vlašić K, Dundara Đ.:	PREDNOSTI UPOTREBE VLASTITOG PAKETA PROGRAMA ZA BRODOGRAĐEVNE PRORAČUNE	471
(2.38) Krajna T, Žiha K.:	ZNANSTVENO IZDAVAŠTVO U HRVATSKOJ BRODOGRADNJI	478
(2.39) Golik Klanac N., Čuković K.:	PERCIPIRANA VRIJEDNOST INTERNET STRANICA ZA KORISNIKE U B RODARSKOJ INDUSTRIJI	487
(2.40) Blagojević B., Kutteneuler J.:	O PROJEKTNO ORIJENTIRANOM UČENJU NA TRADICIONALNIM INŽENJERSKIM STUDIJIMA	497
3.	DEKLARACIJA	510
4.	POST FESTUM	511
	4.1 O SIMPOZIJU	511
	4.2 ELEKTRONSKA POŠTA	513
5.	KONAČAN POPIS SUDIONIKA	524

KRATKO SLOVO PRIGODOM POLAGANJA VIJENCA NA POPRSJE PROF. SORTE NA FSB U ZAGREBU, 06.10.2010.

Uvaženi kolegice i kolege, dragi prijatelji,

u nemogućnosti nazočiti samom početku našeg XIX simpozija Teorija i praksa brodogradnje „SORTA 2010.“ iz operativnih organizacijskih razloga u Korčuli i Lombardi, a koji, kao i svi dosadašnji, započinje odavanjem počasti i zahvalnosti polaganjem vijenca na poprsje Prof. Leopolda Sorte na FSB u Zagrebu, začinjavca studija brodogradnje na našim prostorima, sjajnog inženjera brodogradnje, prvog profesora i odgojitelja mnogih generacija vrsnih inženjera brodogradnje i naših učitelja, pa tako, posredno i nas samih, koji smo odrastali, učili i postajali stučnjacima i ljudima na njegovim zasadima, šaljem vam, tim povodom, ovo moje kratko slovo.

XIX simpozij „SORTA 2010.“ održat će se, kako je i planirano, u Korčuli (plenarna sjednica) i Lombardi (radni i društveni dio, gdje ćemo otvoriti izložbu „Naši brodograditelji-Lombarda,Korčula“ i prezentirati publicistiku Dr.sc. Igora Belamarića iz Splita) uz stručne posjete korčulanskim brodogradilištima i subotnjim izletom, kojim ćemo završiti Simpozij, otvaranjem izložbe „Korčulanska brodogradilišta“ u Gradskom muzeju i obilaskom znamenitosti grada Korčule.

Unatoč ranijim obećanjima o visokom pokroviteljstvu i sponzorstvu organiziranja Simpozija, današnji „relevantni politički čimbenici“ (3 Ministarstva, 2 Akademije i 2 južne Županije), Udruga brodara i HB-JB, oglasili su se na višekratne dopise i zamolbe za sudjelovanje i potporu Simpoziju i jednostavno, okrenuli nam leđa u presudnom trenutku. Prijetila je, načas i opasnost da se Simpozij uopće neće održati. Međutim, zahvaljujući pomoći nekolicine naših brodogradilišta, Registara, malih poduzeća, FESB-a i tzv. „malih ljudi“ otoka Korčule i Lumbarde, koji su, po tko zna koji put pokazali svoje veliko srce, razbor i ponos na svoju korčulansku i hrvatsku brodogradnju, Simpozij će se održati kako je planirano, makar i sa najmanjim dosadašnjim proračunom.

Od 67 prijavljenih, pristiglo je, većina u zadnji čas, 40 znanstvenih i stručnih radova, a na Simpozij se, do sada prijavilo (gledajući po hotelskim rezervacijama, kao meritornom podatku) oko 120 sudionika. Pozvan je bio, pored navedenih i Predsjednik RH, ali se jedini učtivo ispričao prezauzetosti državnim poslovima, delegirao Prof.dr.sc. Branka Grčića iz Splita te obećao biti visokim pokroviteljem našeg jubilarnog XX Simpozija, koji se treba održati 2012. godine u Zagrebu.

Unatoč svemu, pokazali smo da smo dostojni baštinici lika i djela pok. Prof. Sorte, tj. da smo „Sortine sorte sorta“ i da ostajemo i opstajemo, svima onima koji se trude suprotno, usprkos.

Uz najljepše želje za dobro zdravlje i dug život članovima obitelji Sorte, vječnu zahvalnost uvaženom pok. Profesoru Sorti i svim pok. profesorima brodogradnje iz Zagreba, Rijeke i Splita, pozdravljam vas sa dobrodošli na XIX simpozij Sorta 2010. u Korčulu i Lombardu.

S poštovanjem,

Predsjednik Organizacijskog odbora simpozija SORTA 2010.

U Splitu, 03.10. 2010.

Prof.dr.sc. Roko Markovina.



REPUBLIKA HRVATSKA
URED PREDSEDNIKA

KLASA:053-02/10-03/231
URBROJ: 71-02-24-10/02
Zagreb, 16. srpanj 2010.

**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE,
STROJARSTVA I BRODOGRADNJE SPLIT**
*Prof.dr.sc. Roko Markovina, predsjednik
Organizacijskog odbora*

Poštovani gospodine Markovina,

Ured predsjednika Republike zaprimio je Vašu pisanu zamolbu od 13. srpnja o.g. upućenu Predsjedniku Republike Hrvatske, prof.dr.sc. Ivi Josipoviću u svezi pokroviteljstva za XIX simpozij „Teorija i praksa brodogradnje SORTA 2010.“, koji će se održati 7. listopada 2010. godine u Korčuli.

Prenoseći u ime Predsjednika Republike srdačne pozdrave organizatorima i sudionicima Simpozija, kojima gospodin Predsjednik ujedno želi i puno uspjeha u daljnjem znanstvenom i stručnom radu, obavještavamo Vas da, sukladno pravilniku o pokroviteljstvima, Predsjednik Republike prihvaća pokroviteljstvo za održavanje jubilarnih skupova (kongresa, simpozija i sl.).

U nadi da ćete uspješno održati i XX jubilarni Simpozij pod pokroviteljstvom Predsjednika Republike, gospodin Predsjednik Vas srdačno pozdravlja i želi uspješan rad ovogodišnjem XIX Simpoziju SORTA 2010.

S poštovanjem,

PREDSTOJNIK



Joško Klisović

UVODNA IZLAGANJA

ROKO MARKOVINA, Prof.dr.sc. - FESB-Split -Predsjednik Organizacijskog odbora SORTA 2010

UVODNI GOVOR NA OTVARANJU SIMPOZIJA SORTA 2010.

Uvaženi kolegice i kolege, dragi prijatelji,

kada smo prije 2 godine od Stalnog odbora Simpozija SORTA, mi sa hrvatskog juga, dobili čast biti organizatorima XIX simpozija SORTA 2010. prihvatili smo to i ne sluteću kroz kakve ćemo Scile i Haribde proći i što će se sve dogoditi kroz ove dvije godine. Iako je bio na granici neodržavanja XIX simpozij „SORTA 2010.“ održat će se, kako je i planirano, u koordinaciji FESB-a iz Splita u Gradu Korčuli (plenarna sjednica) i Općini Lumbardi (radni i društveni dio) uz stručne posjete korčulanskim brodogradilištima i subotnjim izletom, kojim ćemo završiti Simpozij, otvaranjem izložbe „Korčulanska brodogradilišta“ u Gradskom muzeju i obilaskom znamenitosti grada Korčule. Kad bih vam, kao predsjednik Organizacijsko odbora pobrojao sve zaprek na koje smo nailazili daleko bi me odvelo. Međuti, radi budućeg organiziranja htio bih ovdje iskazati svoja teška iskustva, koja su uvjetovana unutarnjim i vanjskim čimbenicima.

Unutarnji čimbenici smo mi sami. Naime, osim časnih iznimaka, nisu se poštivali rokovi slanja sažetaka i slanja gotovih radova, tako da smo neke radove dobili prije nekoliko dana, što nam je strašno kompliciralo tiskanje i pripremu kongresnih materijala. Pored toga, nitko nije slao, čak ni preko interneta, svoje prijave za sudjelovanje na Simpoziju, tako da smo akreditacije tiskali u zadnji čas, preko rezervacija nu hotelima, a konačan broj sudionika ni danas se ne zna. A kotizacije je do prije par dana uplatilo samo 9 sudionika, uglavnom iz inozemstva. U takvoj situaciji bili smo prisiljeni mijenjati konačan program, kojega i danas mijenjamo, što u mnogome komplicira urednu organizaciju, koju smo htjeli osigurati. Da ne govorim o rezervacijama autobusa, broju stolova za završnu večer, troškovima oko pripreme materijala, izleta i sl. Da ne govorim, da većina autora nije pripremila svoje radove temeljem predloženog obrasca, pa smo morali platiti da nam se radovi pripreme prema obrascu za tisak...a da i ne govorim da su neki autori poslali druge sažetke na naslove svojih radova i sl. Sa mojih 65 godina života i 40 godina rada morate mi vjerovati da je to neozbiljno i neodgovorno i prekomotno, i da ne priliči stručnjacima tehničke struke, posebice brodograditeljima.

Vanjski čimbenici su tzv. „relevantni politički čimbenici“ (3 Ministarstva, 2 Akademije, 2 južne Županije), koji su se, unatoč početnim obećanjima o visokom pokroviteljstvu i sponzorstvu organiziranja Simpozija, oglušili su se na višekratne dopise i zamolbe za sudjelovanje i potporu Simpoziju i jednostavno, okrenuli nam leđa u presudnom trenutku. Prijetila je, načas i opasnost da se Simpozij uopće neće održati. Međutim, zahvaljujući pomoći nekolicine naših brodogradilišta, Registara, malih poduzeća, FESB-a i tzv. „malih ljudi“ otoka Korčule i Lumbarde, koji su, po tko zna koji put pokazali svoje veliko srce, razbor i ponos na svoju korčulansku i hrvatsku brodogradnju, Simpozij se, evo, održava kako je planirano, makar i sa najmanjim dosadašnjim proračunom, četiri puta manjim od prethodnog u Puli. I stoga neka ne začudi što ovdje, izuzev predstavnika Grada Korčule i Općine Lumbarda, neće biti političkih pozdrava i „dobrih želja“ za rad Simpozija, jer bi to bilo licemjerno s njihove strane, a maliciozno s naše strane. Ako mi ne trebamo politički, kakvog god ona bila predznaka, ne treba ni ona nama. Valjda će se, jednog dana naći netko, tko će poslušati glas struke, a naš glas seže od 1992. godine te tako pokušati riješiti problem jedine preostale industrije u ovoj zemlji, brodogradnje, čiji je ovaj Simpozija znanstvena i stručna vodilja, bez obzira na vlasništvo, ako ovoj zemlji ona uopće više i treba. A jasno je da Republika Hrvatska za nju nema zamjene. Ona zapošljava oko 45.000 ljudi, ona hrani

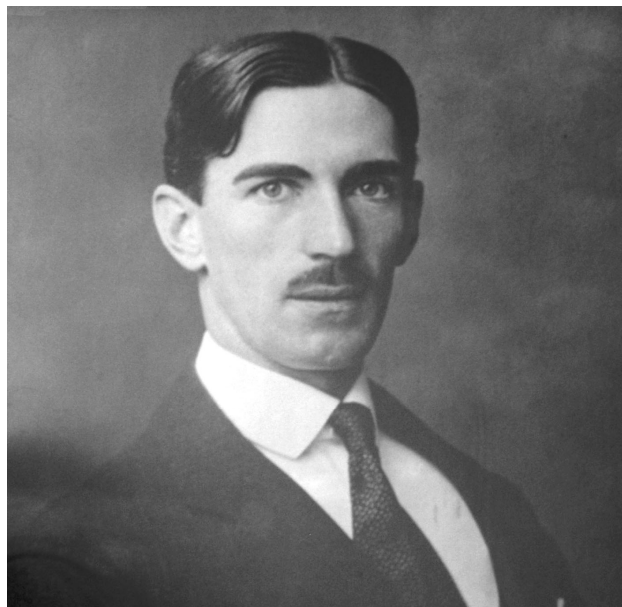
oko 200.000 duša, ona čini oko 15 % izvoza, ona prosječno donosi prometa oko 12 mld. Kn i oko 1,9 mld. Kn u državni proračun. Tek toliko da se zna. O svemu tome bit će prikaza u prvoj točki plenarnih izlaganja. A da vam ne govorim da je do 30.09. bilo najave za sudjelovanje oko 90 ljudi, da sam pripremio materijale i rezervirao prostor za večere u taverni Lina za 120 osoba, da bi 04.10. čitav dan zvonio telefon i mobitel, te se najavljivali i znani i da će nas biti preko 150. To je dobro, ali će se morati pričekati na nedostatne materijale, jer nismo mogli, na nepoznato tiskati u zadnji čas i baciti novce, koje ionako nemamo. Ima poslovice „Gdje čeljad nije bijesna-nije ni kuća tijesna“. Nekako ćemo se zbiti...i „zbiti redove“, jer nam je to jedini uvjet opstanka. Ali, budimo malo manje komotni i malo više odgovorni. Barem za naredne simpozije. Nekoliko riječi o samom simpoziju.

Od 67 prijavljenih, pristiglo je, kako rekoh većina u zadnji čas, 40 znanstvenih i stručnih radova, a na Simpozij se, do sada prijavilo (gledajući samo po hotelskim rezervacijama, kao meritornom podatku) oko 120 sudionika. Pozvan je bio, pored navedenih i Predsjednik RH, ali se jedini učtivo ispričao prezauletosti državnim poslovima te obećao biti visokim pokroviteljem našeg jubilarnog XX Simpozija, koji se treba održati 2012. godine u Zagrebu.

To bi bio kratki uvod o aktivnostima i stanjima koje su prethodile održavanju Simpozija SORTA 2010.

VEĆESLAV ČORIĆ, Prof.dr.sc. -FSB-Zagreb, Predsjednik Stalnog odbora Simpozija „Teorija i praksa brodogradnje-SORTA“-

PROF. LEOPOLD SORTA I NAŠI SIMPOZIJI



Prof. Leopold Sorta

Leopold Sorta (1891.-1956.) rođen je u Sušaku. Studij strojarstva upisuje na Tehničkoj visokoj školi u Münchenu 1909. godine, a završava studij brodogradnje na Tehničkoj visokoj školi u Charlottenburgu 1914. godine. Radi u Riječkom brodogradilištu, te u Kruppovu brodogradilištu u Kielu. Godine 1919. postaje docentom na upravo osnovanoj Tehničkoj visokoj školi u Zagrebu, gdje ostaje punih 30 godina, sve do svoje smrti 1956. godine. Predavao je veći broj kolegija na studiju brodogradnje i neke kolegije na studiju strojarstva. Njegovo životno djelo je izobrazba

brodograđevnih inženjera, koji su razvili hrvatsku brodogradnju u jednom periodu do zavidnoga trećeg mjesta u svijetu. S pravom se smatra ocem hrvatske brodogradnje, te mu je u znak zahvalnosti posvećen nacionalni simpozij "Teorija i praksa brodogradnje", koji se od 1974. godine održava neprekidno svake druge godine u jednom od brodograđevnih središta Hrvatske.

Osnivanje simpozija

Ideja o održavanju simpozija nastala je 1972. za vrijeme komemoracije u povodu 15. obljetnice smrti prof. Leopolda Sorte. Na toj komemoraciji, kada je otkriveno i poprsje prof. Sorte u predvorju Fakulteta strojarstva i brodogradnje u Zagrebu, došli su do izražaja poštovanje i nezaboravna uspomena koju je taj čovjek ostavio u srcima svojih učenika, tako da je samo njegovo ime bilo dovoljno da okupi brodograđevne inženjere širom naše zemlje, koji su, premda opterećeni mnogim i važnim poslovima, ipak našli vremena da se okupe u Zagrebu.

Prof. Leopold Sorta ulazi u kategoriju takvih ljudi koji je svojim životnim djelom trajno zadužio svoje učenike, tadašnju plejadu brodograđevnih inženjera, nosilaca naše brodogradnje, brodarstva i ratne mornarice, da će samoprijegor, odricanje i neumoran rad profesora Sorte ostati uvijek sjajan uzor novim generacijama, uzor kojem se može težiti, ali se ne može ponoviti.

Prvi simpozij održan je na Fakultetu strojarstva i brodogradnje u Zagrebu 1974. godine u spomen prof. Leopoldu Sorti, prvom profesoru brodogradnje na Sveučilištu u Zagrebu, koji je odgojio veliki broj današnjih brodograđevnih inženjera srednje i starije generacije.

Zatim su slijedili simpoziji koji su se održavali u principu svake druge godine u jednom od brodograđevnih središta tadašnje države kao što je niže navedeno:

1. 1974. Zagreb Jadranbrod, Fakultet strojarstva i brodogradnje - Zagreb (FSB), Brodarski institut, "Brodogradnja"
2. 1976. Zagreb FSB
3. 1978. Zagreb FSB
4. 1980. Opatija FSB
5. 1982. Split Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje - Split
6. 1984. Beograd Institut tehničkih nauka SANU
7. 1986. Pula Brodogradilište Uljanik
8. 1988. Zagreb FSB
9. 1990. Dubrovnik FSB, Pomorski fakultet - Dubrovnik
10. 1992. Opatija Tehnički fakultet - Rijeka
11. 1994. Dubrovnik Atlanska plovidba, Pomorski fakultet - Dubrovnik, FSB
12. 1996. Zagreb Brodarski institut
13. 1998. Zadar Brodogradilište Lamjana, Tankerska plovidba
14. 2000. Rijeka Tehnički fakultet, Brodogradilište Viktor Lenac
15. 2002. Trogir Brodogradilište Brodotrogir
16. 2004. Plitvice FSB
17. 2006. Opatija "3. maj" i Tehnički fakultet - Rijeka
18. 2008. Pula "Uljanik, brodogradilište" i FSB

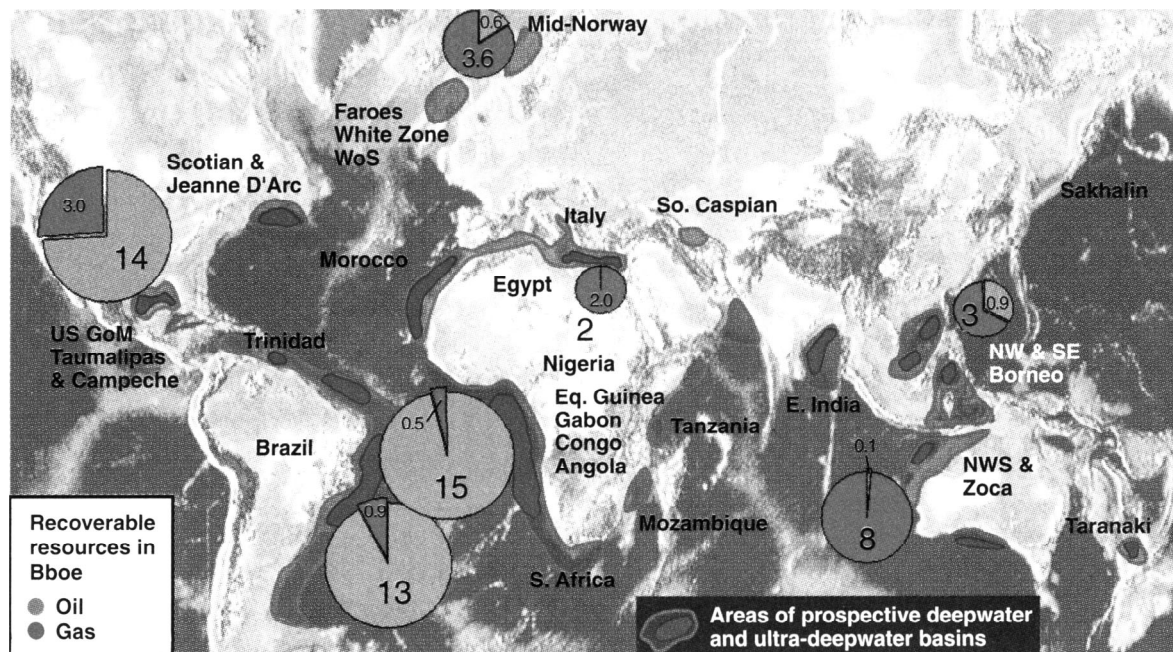
OBJEKTI MORSKE TEHNIKE (Power Point prezentacija)

- *Oceani i rubna mora* pokrivaju otprilike 71% površine Zemlje. Prosječna dubina oceana je veća od 3,657 m (12,000 feet).

Od sredine 1950tih godina do ranih 1980tih svjetska produkcija **nafte i plina** iz podmorskih nalazišta narasla je od zanemarivih količina do približno 14 milijuna barela dnevno (25% svjetske proizvodnje).

Cambridge Energy Research Associates:

"Even with increased efficiency, world oil demand could grow by as much as 50 million b/d by 2030- from today's 82 million b/d to more than 130 million b/d. It's estimated that \$4-6 trillion in new E&P investment will be required worldwide in the next 25 years"

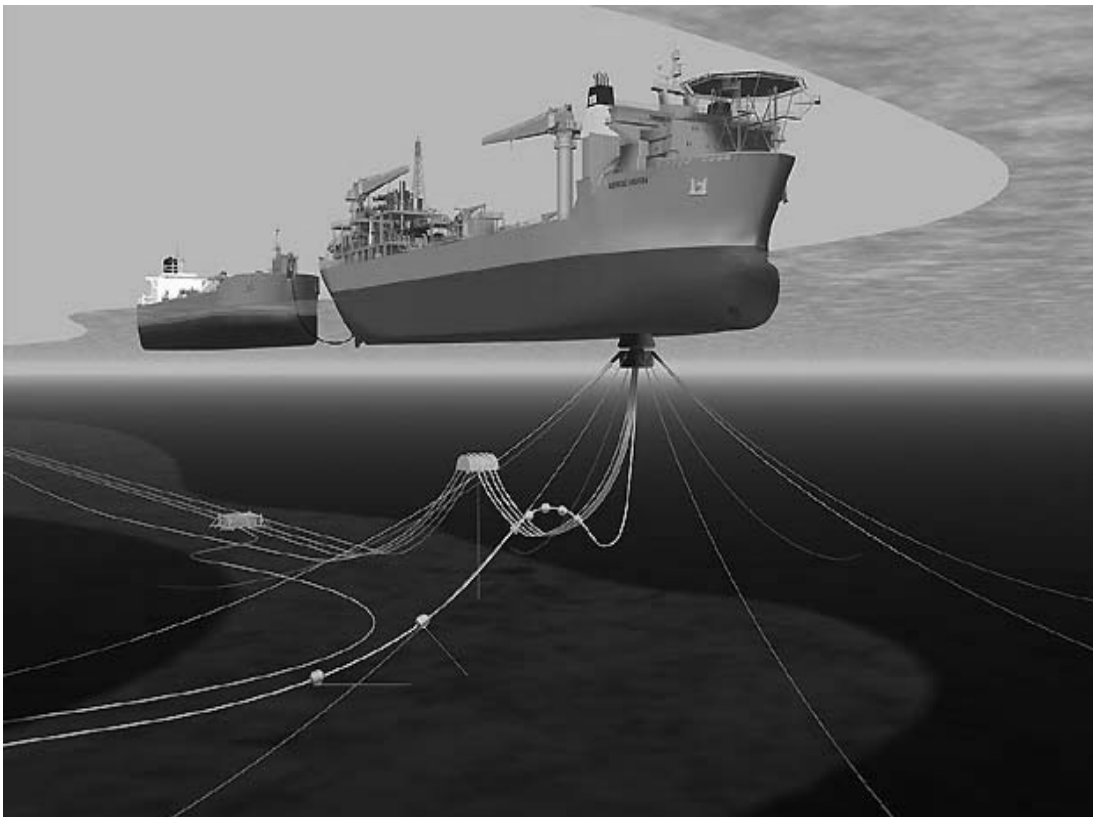


OTKRIVENI PODMORSKI RESURSI

- *"Some 470 installations, 10.000 km of pipeline, 15 onshore terminals and 5.000 wells will have to be decommissioned in UKCS ... Expenditure is projected to be £19 billion by 2030, rising to £23 billion by 2040"*
- Oil and Gas UK Economic Report



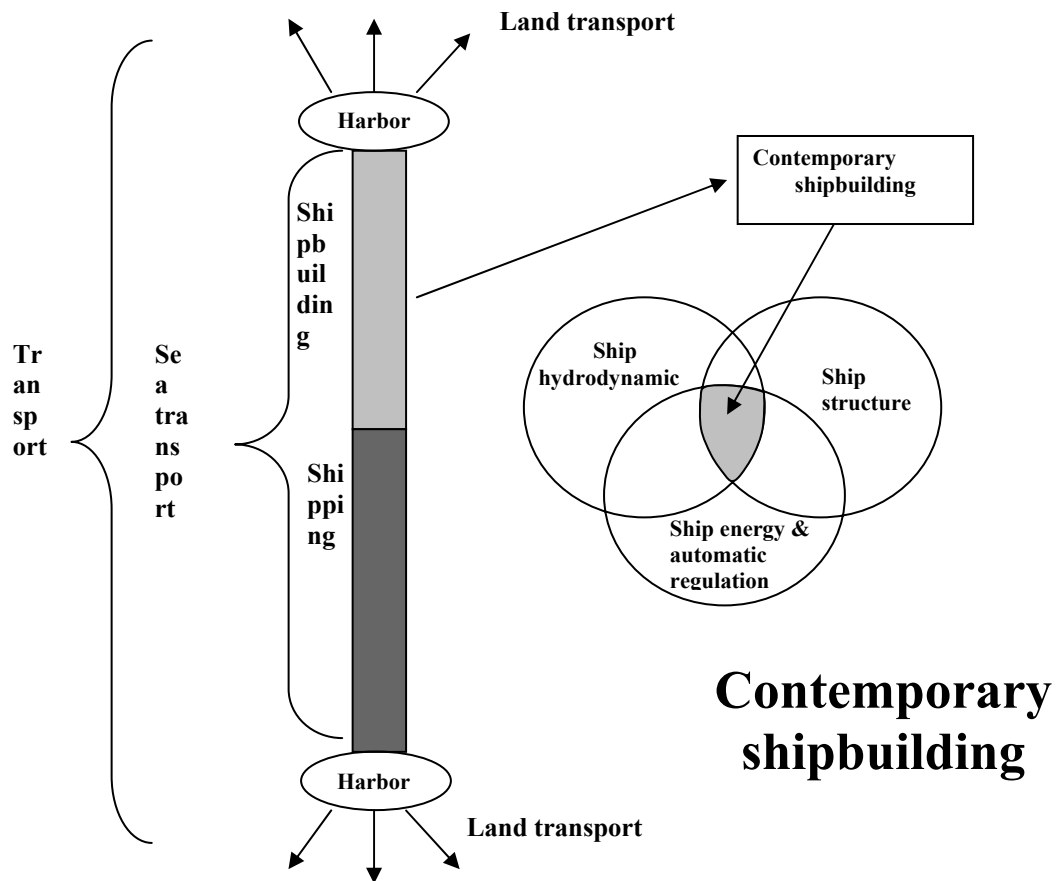
Type: DP pipelay and heavy lift construction vessel



FPSO tanker



Offshore wind facilities



Contemporary shipbuilding

1. PLENARNA (POZIVNA) IZLAGANJA

1.1 ŽELIMIR SLADOLJEV, Prof. emerit. dr -FSB-Zagreb

AKTUALNI TRENUTAK HRVATSKE BRODOGRADNJE

Sažetak

Izložen je značaj brodograđevne industrije za Republiku Hrvatsku s glavnim karakteristikama velikih brodogradilišta i stanjem procesa njihove privatizacije. Razmotrena su tržišna opredjeljenja, organizacijski model brodogradilišta, efikasne pripremne funkcije, neophodna tehnološka modernizacija, upravljanje procesom i troškovima te potrebe za znanstvenom i stručnom podrškom. Iznesena je kronologija pokušaja akademske i stručne javnosti da pomogne u ozdravljenju hrvatske brodogradnje. U zaključku su spomenuti neki uvjeti i opasnosti privatizacije, a date su i sugestije za daljnje djelovanje.

Ključne riječi: brodogradnja, privatizacija

Present situation of the Croatian shipbuilding

Summary

The importance of shipbuilding industry for the Republic of Croatia with some characteristics of big shipyards and their position in the process of privatization is discussed. The commitments on the shipbuilding market, the shipyard's organization model, efficient work-preparation functions, inevitable modernization of shipbuilding technology, the control of process and expenses as well as the vital scientific and professional assistance in the shipbuilding are considered. There is given the cronology of the attempts of the academical and professional groups to help the recovering of the Croatian shipbuilding. In the conclusion some conditions and hazards of the privatization are indicated as well as the suggestions for further actions.

Key words: shipbuilding, privatization

1. Uvodni komentar

Poštovani,

Skup SORTA XIX održavamo u okolnostima koje za velika hrvatska brodogradilišta nikada nisu bile teže. Bilo je dilema da li Sortu uopće održati, odgoditi ili insistirati na poštivanju ove tradicije. Odlučeno je da se SORTA ipak održi, a povjerenje smo poklonili našim današnjim domaćinima, Organizacijskom odboru SORTE XIX u Splitu i Lombardi, koji su se svojski potrudili da ovaj Skup, poput dosadašnjih, bude ugodno i korisno okupljalište brodograditelja i svih koji se brodogradnjom i pomorstvom bave. Vremena su teška, nije im bilo lako, pa koristim privilegiju uvodnog izlaganja da im u ime svih nas odam priznanje i da im zahvalim.

Međutim, žao mi je što će ovo izlaganje morati biti posvećeno iznošenju nekih neugodnih činjenica koje ovom prilikom ne smijemo zaobići. Naime, izgleda da neki slabo informirani pojedinci, a nažalost, i neke državne institucije i agencije smatraju da struka, a posebno akademska zajednica nisu dovoljno učinili da se popravi stanje u hrvatskim

brodogradilištima. Kažu da pri razgovorima i pregovorima Hrvatske s EU skrštenih ruku, neaktivno gledamo što se to oko nas zbiva i mirno primamo plaću (Agencija za tržišno natjecanje). Dužni smo stoga da i ovom prilikom javno protestiramo. Državni organi kojima smo opetovano nudili svoju asistenciju i pomoć dopuštaju si da budu ili neinformirani ili da ignoriraju naše dugogodišnje napore da učinimo sve što nam je bilo moguće da brodogradilištima pomognemo. Moramo stoga i ovdje, kao u mnogim prilikama do sada, javno iznijeti činjenice kojima se energično demantiraju ovakve neosnovane optužbe protiv akademske zajednice i struke.

S tog razloga ovim izlaganjem, osim aktualnog trenutka brodogradnje i situacije u kojoj se nalaze naša velika brodogradilišta, pokušavamo oslikati i naš obol u pokušajima da se situacija izmijeni. Ovdje nam je i cilj da, još jednom, javnosti ostavimo poruku kakva smo to brodogradilišta željeli i što smo tijekom svih ovih godina činili da uvjerimo nadležne kako je nužno poduzeti korake koji bi omogućili ozdravljenje i profitabilno poslovanje naših velikih brodogradilišta koji, kako znamo, predstavljaju kičmu naše brodogradnje.

Pa podimo redom.

Stanje

Brodogradnja svugdje u svijetu ima utjecaj na nacionalno gospodarstvo i uživa potporu države, ponekad zbog strateških razloga, ali uglavnom zbog promotivnog utjecaja na ostale gospodarske i druge segmente društva. Brodogradnju u Hrvatskoj sačinjava šest velikih brodogradilišta koja se razlikuju po svom tehnološkom potencijalu, poslovnoj politici i rezultatima. Postoji i dvadesetak srednjih i šesdesetak malih brodogradilišta i remontnih centara na obali i unutrašnjosti koji se bave gradnjom i popravcima stakloplastičnih, drvenih i metalnih brodova te više od dvije tisuće poduzeća prateće industrije, obrta, kooperantskih i trgovačkih kuća koja brodogradilištima isporučuju materijal, dopunjuju njihove kapacitete i pružaju različite usluge. Postotak domaće komponente (materijal i rad) u ukupnoj vrijednosti izvezenih brodova procjenjuje se na oko 60-65%, a udio ukupnih prihoda velikih u ukupnom prihodu svih hrvatskih brodogradilišta (veliki, srednji i mali) procjenjuje se na oko 85%, pa se može ocijeniti značaj velikih brodogradilišta u hrvatskoj brodogradnji. Osim toga, brojne institucije pružaju brodogradnji podršku u znanstvenom, stručnom i obrazovnom smislu. Brodogradnja je u Hrvatskoj važna djelatnost, u koju se ulaže mnogo znanja, vještine i živoga rada i koja u velikoj mjeri djeluje na opću zaposlenost zemlje, mali je potrošač energije i ekološki prihvatljiva industrija na jadranskoj obali, u Hrvatsku unosi svjetske standarde kvalitete i poslovanja, potiče tehnološki razvoj te razvoj vlastitog znanstvenog i stručnog kadra.

Glavne karakteristike velikih brodogradilišta:

Brodogradilište “Uljanik”

Fleksibilnost proizvodnog programa

Godišnji kapacitet: 5-6 brodova, 170.000 cGT, 4,200.000 ES, 60.000 t čelika

Direktno uposlenih radnika: 1.100

Dobri standardi kvalitete, dobro održavanje rokova isporuka

Proizvodnja trupa: Rezanje i savijanje s vrlo modernom tehnologijom, robotizirana

proizvodnja profila, automatizirana proizvodnja panela, učinkovito sastavljanje sekcija, dobro organizirana proizvodnja blokova

Predopremanje nedovoljno razvijeno, kvalitetne radionice površinske zaštite

Opremanje: dobro opremljena i organizirana cjevarska radionica, ostala oprema izrađuje se kod vanjskih kooperanata.

Isporuke u 2010. godini (do 31. svibnja) – 2 broda

Knjiga narudžbi (stanje s 31. svibnja 2010.) – 8 brodova

Brodogradilište “3.maj”

Fleksibilnost proizvodnog programa.

Godišnji kapacitet: 3-5 brodova, 100.000 cGT, 4,500.000 ES, 40.000 t čelika

Direktno uposlenih radnika: 1.431

Dobri standardi kvalitete proizvoda, dobro održavanje rokova isporuka

Proizvodnja trupa: Rezanje i savijanje s vrlo modernom tehnologijom, robotizirana proizvodnja profila, automatizirana proizvodnja panela, učinkovito sastavljanje sekcija, dobro organizirana proizvodnja blokova do 300t

Predopremanje nedovoljno razvijeno (novi pogon pred završetkom), kvalitetne radionice površinske zaštite

Opremanje: radionice dobro opremljene, mnogo opreme se kupuje.

Isporuke u 2010. godini (do 31. svibnja) – 2 broda

Knjiga narudžbi (stanje s 31. svibnja 2010.) – 6 brodova

Brodogradilište “Kraljevica”

Fleksibilnost proizvodnog programa. Prelaze s popravaka na novogradnje.

Mogući godišnji kapacitet: 25.000 cGT.

Neiskorišteni kapaciteti proizvodnje plovila iz aluminijske legure.

Razina tehnologije: značajan broj neophodnih popravaka, posebno kod zavarivanja, reklamacije ne prelaze međunarodni prosjek

Rokovi isporuka se poštuju

Proizvodnja trupa: česti zastoji u radu tehnološke opreme, ručna proizvodnja profila.

Sastavljanje sekcija, zavarivanje ručno, organizacija nedovoljna, blokovi se ne rade zbog ograničenja kapaciteta dizanja.

Predopremanje nerazvijeno

Opremanje: radionice u slabom stanju, velike udaljenosti do opremne obale.

Isporuke (stanje do 31. svibnja) – 1 brod

Knjiga narudžbi (stanje s 31. svibnja 2010.) – 3 broda

Brodogradilište “Brodotrogir”

Fleksibilnost proizvodnog programa. Novogradnje i popravci.

Godišnji kapacitet: 2 broda

Direktno uposlenih radnika: 550

Niska razina automatizacije, mnogo popravaka, posebno ručnog zavarivanja, stanje u rokovima isporuka se popravljiva.

Proizvodnja trupa: Rezanje suvremeno, proizvodnja profila ručna, panel linija suvremena, izrada struktura na otvorenom, zavarivanje ručno.

Proizvodnja sekcija i blokova do 100t dobro organizirana.

Predopremanje nerazvijeno, radionice površinske zaštite prihvatljive

Opremanje: radionice zahtijevaju veliku obnovu.

Isporuke: (stanje do 31. svibnja) – nema podataka

Knjiga narudžbi (stanje s 31. svibnja 2010.) – 4 broda

Brodogradilište “Brodosplit”

Fleksibilnost proizvodnog programa.

Godišnji kapacitet: 5-6 brodova, 150.000 cGT, 65.000 t čelika

Direktno uposlenih radnika: 2.100

Dobar kvalitet proizvoda, dobro održavanje rokova isporuka

Proizvodnja trupa: moderna tehnologija rezanja i savijanja, proizvodnja profila robotizirana i povezana s automatiziranom proizvodnjom panela.

Proizvodnja sekcija vrlo učinkovita, dobro organizirano sastavljanje blokova do 150t, moderna tehnologija zavarivanja.

Radionice površinske zaštite dobre.

Preliminarno opremanje nedovoljno razvijeno

Opremanje: Moderna cjevarska radionica s automatiziranom linijom za rezanje i savijanje.

Ostale opremne radionice dobro organizirane.

Isporuke: Brodosplit + BSO (stanje do 31. svibnja) – 4 broda.

Knjiga narudžbi (stanje s 31. svibnja 2010.) – 5 brodova.

Remontno brodogradilište “Viktor Lenac”

Knjiga narudžbi (stanje s 31. svibnja 2010.): 180 dwt, vrijednost: 14,364.000 US\$

Iz izloženog je vidljivo da još uvijek postoje značajni tehnološki i ljudski potencijali u našim velikim brodogradilištima što se, uz neke izuzetke, nedovoljno koristi. Znakovi krize bili su očiti već pred mnogo godina, ali u ovim trenucima posebno dolaze do izražaja. Ovdje nismo ulazili u analizu financijskog stanja brodogradilišta i obaveza koje ih opterećuju, ali već i opseg njihovih isporuka u posljednjim godinama, a pogotovo knjige narudžbi pokazuju da postoje razlozi velike zabrinutosti za njihovu sudbinu.

Povezano s tim potrebno je izložiti i stanje s naglaskom na proces privatizacije koji je u tijeku, jer bi za neka brodogradilišta uspješna privatizacija možda mogla biti rješenje. Proces privatizacije vodi Ministarstvo gospodarstva koje je ustanovilo povjerenstva za procjenu ponuda za tri velika brodogradilišta. Povjerenstvima je zabranjeno davanje bilo kakvih informacija, ali ipak doznajemo da je na osnovi raspisanih natječaja primljeno nekoliko ponuda koje se razmatraju. Nije moguće dobiti podatke o sadržaju ponuda, u kojoj mjeri udovoljavaju uvjetima natječaja koje je Država svojevremeno postavila svojim aktima, navodno na zahtjev EZ, niti se može predvidjeti kako će ovi procesi završiti.

Treba međutim reći da neka od naših brodogradilišta nastoje ostati izvan privatizacije na osnovi dokaza da “nisu poduzeća u teškoćama”. To od njih zahtijeva dodatna odricanja, odnosno povrat subvencija koje su primili od 2006. godine, ali koje ne mogu drugačije vratiti osim preko prijenosa vrijednosti svog pomorskog dobra. Kako će se i to konačno razriješiti također u ovom trenutku ne možemo predvidjeti.

2. Kakva smo brodogradilišta željeli

Brodovi različitih tipova i veličina i offshore objekti koji se kod nas grade kompleksni su i vrijedni proizvodi kojima se Hrvatska predstavlja Svijetu. Sadrže proizvode visokog stupnja finalne obrade prateće industrije i ostalih djelatnosti, pa brodovi i ostali plovni objekti imaju znatan multiplikativni faktor u našem gospodarstvu.

Hrvatska brodogradilišta djeluju gotovo isključivo na ciklički nestabilnom globalnom tržištu, gdje su izborila solidan status dizajnom i kvalitetom svojih proizvoda i gdje postoji jaka konkurencija. Poslovna sposobnost konkurenata stalno raste, potaknuta je opasnostima od novih aktera, od pregovaračke snage brodovlasnika te strahom od vlastitog tehnološkog zaostajanja. Hrvatska brodogradilišta već su odavno suočena sa strateškom odlukom biti “leader” u niskim troškovima ili “leader” u posebnosti svojih proizvoda. Vrlo je opasno ako

se nađu u situaciji “stuck in the middle”, kada nijednu od ovih strategija ne uspiju ostvariti, pa nemaju potrebnu proizvodnost i niske proizvodne troškove i brod je zbog toga preskup, ili brod nema one posebnosti da bi tržište prihvatilo njegovu višu cijenu.

Ne treba vjerovati da naše probleme, kako se ponekad čuje, mogu riješiti mega jahte ili bilo koja pojedinačna tržišna niša. Mi nemamo izgleda da, poput brodogradilišta Dalekog istoka, gradimo velike serije brodova. Naše opredjeljenje zbog toga treba koncentrirati na široki dijapazon tržišta, na brodove različitih tipova i veličina i na zadovoljavanje specijalnih i specifičnih želja brodovlasnika. U konkurenciji s ostalima, naša brodogradilišta imaju samo jedan izbor: svoju strategiju poslovanja moraju osnivati na inovativnostima dizajna i kvaliteti proizvoda. Dalekoistočna brodogradnja, pored inovativnosti i tehnoložnosti proizvoda, svoju konkurentnost zasniva na sposobnosti da stalno povećava proizvodnost i smanjuje proizvodne troškove što je posljedica novih tehnologija, efikasnog upravljanja, posebne brige za logistiku procesa i njihove poslovne radne discipline.

Hrvatskim brodogradilištima, bez obzira u čijem bi mogla biti vlasništvu, treba sve to, ali i posebna strategija razvoja zasnovana na jasnoj predodžbi o svojem položaju na krivulji konkurentnosti te na spoznaji o utjecaju koji razvojne investicije mogu imati na konkurentnost.

Osnova za donošenje strategije razvoja je procjena mogućnosti dugoročnijeg djelovanja na tržištu, gdje je konačni cilj osigurati povoljni odnos prodajne cijene i proizvodnih troškova. Budući da se ne možemo, a i ne bismo trebali nadmetati s brodogradilištima u gradnji serija jeftinijih brodova, konkurentnu poziciju, kao što je rečeno, treba graditi prvenstveno na što većem korištenju inženjerskog znanja i na racionalnom i efikasnom vođenju projekata.

Po uzoru na slična svjetska brodogradilišta naša će brodogradilišta morati minimizirati svoje troškove preko modela tzv. montažnog brodogradilišta. Zadržavajući osnovne poslovne, dizajnerske, inženjering funkcije i funkcije za sastavljanje i ispitivanje broda, sve je ostalo preneseno na partnere-subkontraktore koji bi trebali sudjelovati i u poslovnom riziku. Partneri moraju imati i sva obilježja globalne kompetitivnosti, djelovati i u van-brodograđevnim poslovima, posebno u periodima kriza tržišta. Montažno brodogradilište u pravilu ne utječe na proizvodni proces partnera, ali nadzire rezultate i u svakom slučaju nosi cjelokupnu odgovornost prema brodovlasniku. Efikasno upravljanje gradnjom broda i osiguranje rokova isporuka od bitne je važnosti za koncept montažnog brodogradilišta. Poslovna uspješnost ovog modela zasniva se na efikasnosti poslovnih i pripremnih funkcija, efikasnoj proizvodnoj metodologiji i na modernoj informatičkoj i tehnološkoj opremi.

Pripremnne funkcije su nužne da bi se brod tehnički, komercijalno i tehnološki definirao, ugovorio s brodovlasnikom te nakon što se sagradi i ispita, predao naručiocu. To su funkcije prodaje, projektiranja, konstruiranja, nabave materijala i proizvodnog inženjerstva kojim se regulira proizvodni proces. One su interdisciplinarne naravi, njihova efikasnost zavisi o stručnosti i motivaciji ljudi, ali i o stupnju informatizacije, gdje su pravovremena razmjena informacija i pravovremeno donošenje odluka od bitne važnosti. Široka primjena CAD i CAM sustava dovela je do promjene predodžbe o brodogradnji kao industriji na niskoj tehnološkoj razini. Moderni informatički sustavi pokrivaju cjelokupni proces pripreme i gradnje broda, a kadar koji dobro poznaje informatičku tehnologiju u brodogradilištima postaje dominantan. Opredjeljenje brodogradilišta na tržište složenijih objekata s vanstandardnim i atraktivnim projektnim rješenjima i na udovoljavanju posebnih zahtjeva brodovlasnika, nameće pripremnim aktivnostima više odgovornosti, a potrebna im je i veća znanstveno-istraživačka podrška.

Pri restrukturiranju potrebna je i tehnološka modernizacija. Treba utvrditi stanje i amortiziranost postojeće opreme, alata i pomagala, a investicijska ulaganja opravdavati računom povećanja proizvodnosti, poboljšanja radnih uvjeta i računom ekonomskih efekata.

Efikasnost proizvodnje zavisi i o tehnološkim rješenjima. CAD sustavom treba poboljšati i logističku podršku, a pri planiranju posebnu pozornost treba posvetiti povećanju propusne moći, skraćivanju proizvodnih ciklusa, koncentracijom resursa na pojedini finalni proizvod. Svjetska brodogradilišta unapređuju proizvodne procese i metodologiju na mnogim područjima:

Podižu pokrivene radne površine za sastavljanje blokova i modula, pokrivene navoze i dokove za sastavljanje trupa.

Grade sve veće blokove i module, smanjuju utroške radnih sati efikasnijom kontrolom dimenzija, a intenzivnijim predopremanjem skraćuju proizvodne cikluse.

(EFEKTI: 30-50% smanjenja sati sastavljanja, 25-40% smanjenja sati površinske zaštite, 7-15% ukupnog smanjenja sati).

Unapređuju logistiku, minimiziraju transportne puteve i skraćuju proizvodne tokove, uvode specijalizaciju transportnih sredstava, paletizaciju, konvejjere i parterna transportna sredstva za teške terete.

(EFEKTI: 30-50% smanjenja sati transporta, 1-3% ukupnog smanjenja sati)

Uvode metode povećanja točnosti izrade elemenata i sklopova, povećavaju efikasnost sastavljanja, smanjuju škart i uvode robotizaciju.

(EFEKTI: 4-8% ukupnog smanjenja sati)

Unapređuju tehnologiju zavarivanja mehanizacijom, automatizacijom i robotizacijom, povećavaju brzine zavarivanja, smanjuju unos topline, deformacije i potrebu ravnjanja.

(EFEKTI: 30-70% povećanja proizvodnosti zavarivanja, 10-20% povećanja proizvodnosti sastavljanja, 3-6% ukupnog smanjenja sati)

Uvode automatizirana skladišta s opremom za distribuciju materijala.

Uvode CNC strojeve za rezanje plazmom i laserom te reload dizalice za sortiranje.

Uvode CNC strojeve za oblikovanje limova, profila i cijevi.

Uvode robotizirane linije za obradu profila i linije za izradu "T" profila.

Uvode mikro panel linije s mehaniziranim i robotiziranim radnim stanicama za sastavljanje i zavarivanje.

Uvode panel linije s jednostranim i dvostranim zavarivanjem sučeljenih spojeva, s vakumskim, magnetnim ili hidrauličkim stezanjem limova, s portalima za postavljanje i zavarivanje te transportom za panele.

Uvode pomoćne portale za sastavljanje struktura.

Uvode linije za sastavljanje sekcija dvodna i dvoboka s radnim stanicama za postavljanje rebrenica u saćama, zavarivanje robotima i transportnim sustavima.

Uvode linije za sastavljanje zakrivljenih sekcija s opremom za oslanjanje.

(EFEKTI: 30-40% smanjenja sati sastavljanja, 4-7% ukupnog smanjenja sati)

Uvode površinsku zaštitu struktura u zatvorenim prostorima.

(EFEKTI: 25-40% smanjenja sati u zrnčenju i bojenju, 1-3% ukupnog smanjenja sati)

Treba reći da je upravljanje pripremnim i proizvodnim procesima bitni uvjet profitabilnog poslovanja. Koordinacijom učesnika treba predvidjeti vrstu, količinu, trajanje i međuzavisnost poslova, planirati termine realizacije, osigurati potrebne kapacitete, kontrolirati poremećaje, analizirati rezultate i sistematizirati iskustva. U montažnom brodogradilištu s većim brojem partnera srećemo projektno orijentirano upravljanje s matričnom organizacijom projektnih timova. Sređeni tokovi informacija, informatička podrška i on-line alarmiranje poremećaja na bitnim točkama odlučivanja ključno je za efikasnost upravljanja.

Upravljanje troškovima uloženi u projekt je kontrola planiranih utrošaka prema stavkama ugovorne kalkulacije po nosiocima, vrstama i mjestima troškova zbog donošenja

poslovnih odluka, procjene nedovršene proizvodnje i zaliha, utvrđivanja rezultata poslovanja, radi usporedbe planiranih i ostvarenih troškova te radi povećanja pouzdanosti budućih kalkulacija.

Znanstvena i stručna podrška razvoju proizvoda i razvoju proizvodnje nužna je pomoć suvremenom brodogradilištu. Ulaganja u razvoj proizvoda važna su zbog atraktivnijeg dizajna te zbog argumentiranog ugrađivanja što više domaće opreme i proizvoda u finalni proizvod. Cilj ulaganja u razvoj proizvodnje je transformacija proizvodnog procesa iz pretežno isprekidanog u efikasniji ponavljajući proces s većim korištenjem informatiziranih i automatiziranih proizvodnih linija.

Osim spomenutog, pri restrukturiranju brodogradilišta treba voditi računa o upravljanju kvalitetom, zaštiti okoliša, praćenju proizvodnih i poslovnih učinaka, rješavati kadrovsku problematiku, osigurati trajnu znanstveno-istraživačku podršku te definirati odnose brodogradilišta s državnim i društvenim strukturama. Treba međutim napomenuti da je, bez obzira o kojem se obliku ili o čijem vlasništvu radilo, za poslovni uspjeh brodogradilišta uvijek ključan sposobni management koji ima znanja, upornosti i poslovne odlučnosti.

Na kraju treba reći da naša brodogradilišta imaju uglavnom dobar odnos s naručiteljima-brodovlasnicima, da je to važno kod restrukturiranja zadržati i unaprijediti, te da je pri tome važno zadržati image Hrvatske kao brodograđevne zemlje. Ulaskom u tržište složenijih proizvoda prihod hrvatskih brodogradilišta mogao bi se znatno povećati i istovremeno podići tehnološka razina prateće industrije.

Ipak, prilikom restrukturiranja treba računati na nekoliko neprijatnih činjenica:

1. da, obzirom na propise i uzuse EU, ne možemo računati na izravnu financijsku državnu podršku,
2. da ćemo, obzirom na intenziviranje globalizacijskih procesa, vjerojatno sve teže osiguravati egzistenciju na svjetskom tržištu,
3. da položaj hrvatske brodogradnje može biti otežan i novom konkurencijom zbog ulaska inozemnog kapitala u zemlje znatno jeftinije radne snage,
4. da će se brodogradilišta privatizirati i da će to možda tražiti nove organizacijske modele.

3. Što smo do sada činili

Usprkos svojedobno visokog položaja naše brodogradnje na europskoj ljestvici isporuka brodova (3.u Svijetu, 1.u Europi sa 4,5% svjetskih isporuka), s njenim poslovanjem i stalnom zavisnosti o državnim subvencijama nikada nismo bili zadovoljni. Opetovano se postavljalo pitanje kakvu to brodogradnju želimo i koji bi trebali biti ciljevi njenog restrukturiranja? Mnogi pokušaji intervencija pokretani u posljednjih petnaestak godina nisu dali rezultate. Osim nekih brodogradilišta, koja su, samostalno ili uz povremenu pomoć renomiranih konzultanata kontinuirano poboljšavali svoje poslovanje, većina ostalih funkcionirala je bez prave strategije razvoja.

Obzirom na optužbe koje se odnose na akademsku zajednicu i struku u cjelini, iznosimo kronologiju aktivnosti u našim pokušajima da pomognemo nužnoj promjeni situacije u brodogradilištima. Kronologija je bazirana na originalnim dokumentima za svaku spomenutu stavku, seže u 1992. godinu, ne može obuhvatiti sve događaje i možemo je iznijeti tek u vrlo sažetom obliku:

1992. godina

Prosinac. Pismo Vijeću za strateški razvoj Hrvatske, ukazujemo na glavne probleme velikih brodogradilišta i tražimo podršku i pomoć. Odgovor nam nikada nije stigao.

1993. godina

Ožujak. Posjet Predsjednika republike Brodarskom institutu. Upoznat je s odnosom BI i MORH-a i s problemima brodogradnje. Predsjednik nas zadužuje da predložimo rješenja.

Travanj. Izradili dokument "Nacionalni brodograđevni program" koji je odmah dostavljen Predsjedniku.

Lipanj. Savjetnik Predsjednika prebacuje predmet u Fond za privatizaciju. Zahtijeva se program akcije. Izradili smo program, predvidjeli kadrove i troškove, brodogradilišta podržala program.

Lipanj. Predložili smo model radikalne transformacije brodogradnje.

Rujan. Vlada RH zadužuje Ministarstvo gospodarstva za realizaciju programa. Izradili smo prijedlog financiranja i organizacije.

Listopad. Pomoćnik ministra osnovao grupu eksperata za program.

Prosinac. Ministarstvo gospodarstva zadužuje Fond za privatizaciju da pozive strane konzultante.

1994. godina

Siječanj. Predložili smo akcije za provedbu programa.

Siječanj – veljača. Fond za privatizaciju daje izradu tendera za strane konzultante firmi ISOT.

Ožujak. Konzultantska firma Peat Marwick traži objašnjenje tendera.

Travanj. Ukazujemo na neprimjerenost tendera. Peat Marwick sugerira alternativni pristup. Fond za privatizaciju ugovorio s njemačkom firmom Roedl & Partner (koja je bez referenci) projekt restrukturiranja hrvatske brodogradnje. Sumnja na korupciju. Nekompetentnost dolazi odmah do izražaja: konzultant za brodograđevnu tehnologiju je inženjer agronomije, koji o predmetu ništa nije znao. Sugeriramo prekid takvog posla. Ministarstvo ne dopušta promjenu opsega ugovora.

Kolovoz. Poslali smo osvrt na izbor konzultanata.

Rujan. Predlažemo reviziju zadataka za konzultante. HB sklapa s grupom domaćih stručnjaka ugovor za praćenje rada konzultanata - ?

Studenj. Održavamo brojne konzultacije u brodogradilištima o modelu restrukturiranja.

Prosinac. Pomoćnik ministra traži da stručna grupa redefinira zadatak konzultantima, ali da pri tom ne traži smanjenje opsega ugovora. Tražimo da se ukinu nepotrebne stavke ugovora i spasi dio novca. Roedl & Partner postaje Syskopos. Nisu obrazloženi razlozi.

1995. godina

Siječanj. Pomoćnik ministra organizira prezentaciju projekta, traži popis osoba koje će prisustvovati i ponovo traži da se ne smanjuje opseg ugovora.

Veljača. Predlažemo radikalno restrukturiranje i privatizaciju brodogradnje. Pomoćnik ministra šalje stručnu grupu konzultantima u Nürnberg. Neki su i otišli.

Ožujak. Objavljena negativna recenzija prijedloga konzultanata za diesel motornu proizvodnju.

Travanj. Pomoćnik ministra daje pozitivan prikaz rada konzultanata i u časopisu Privatizacija utvrđuje da su strani konzultanti obavili svoj posao?

Svibanj. Objavljena negativna recenzija konačnog izvještaja konzultanata – izgubljeno mnogo vremena i novca. Predlažemo daljnje djelovanje, jer treba konačno započeti s pravim poslom. Izradili prijedlog izvještaja Vladi RH za daljnji rad na projektu.

Lipanj. Dali osvrt na izvještaj konzultanata – radi se o očitom korupciji. Pisma Gospodarskoj komori, HB i upravama brodogradilišta: ne smije se usvajati izvještaj konzultanata, treba postaviti sposobne i autoritativne ljude na čelo ovog posla.

Srpanj. Izvještaj konzultanata usvojen u omjeru 3:3. Prevladao pozitivan glas pomoćnika ministra. Neki članovi grupe dali ostavku. Nije jasno što dalje.

Kolovoz. U Riječkoj županiji pokušat će organizirati sastanak s Predsjednikom vlade - nije uspjelo.

Rujan. Prijedlažemo tehnološku modernizaciju brodogradilišta. HB postavlja koordinatora projekta organizacijsko-tehnološkog restrukturiranja na ranijem programu. Izradili operativne programe. HB sugerira promjene naših programa, stvari se rasplinjuju. Niz sastanaka u brodogradilištima.

Listopad. Sastanak u HB, projekt financijske sanacije brodogradilišta, određeni radni timovi.

Studenj. Ministarstvo gospodarstva sada traži nove operativne programe. Programe smo izradili, usuglasili i usvojili na vjerovničkim vijećima. Sadržavaju zajedničke, pojedinačne i palijativne mjere. Izradili projekt tehnoloških investicija.

Prosinac. Izvještaj direktorima brodogradilišta, na znanje HB i Ministarstvo: programi usvojeni, rad može započeti, potrebno informiranje javnosti, osnivanje radnih grupa, sklapanje ugovora s učesnicima, osnivanje administrativnog središta u HB i nadoknada troškova prema odobrenom budžetu. Sredstva nikada nismo dobili.

Do direktora HB više se nije moglo doći. Rad je trebao započeti u siječnju 1996., ali sve je zaustavljeno. Nikada nisu objašnjeni razlozi.

Kroz sljedeće godine nekoliko pokušaja financijske sanacije brodogradilišta ne daje rezultate.

1996. – 1999. godina

Veći broj intervjua i članaka u dnevnom i poslovnom tisku o otpuštanju radnika, sanaciji, organizacijskim modelima, modernizaciji nekih inozemnih brodogradilišta i sl. Nekoliko obraćanja Vladi, ali odgovore nismo dobivali. Izjave Ministra gospodarstva o likvidaciji brodogradilišta, prijetnje štrajkovima itd.

Osim sporadičnih intervencija i ograničenih akcija modernizacije u nekim brodogradilištima, nije bilo organiziranih akcija restrukturiranja.

Lipanj 1999. godine, Vlada RH donosi odluku o financiranju prve faze tehnološke obnove brodogradilišta u iznosu od oko 100 milijuna DEM, što poboljšava njihove tehnološke mogućnosti, ali financijsko stanje brodogradilišta nije popravljeno.

2000. godina

Lipanj. Vlada RH pokreće projekt strategije razvitka Republike Hrvatske pod nazivom "Hrvatska u 21. stoljeću". Brodogradnji je dat poseban status i projektni zadatak.

Sudjelovalo pedesetak stručnjaka iz brodogradilišta i institucija podrške. Projekt sadržava osnovne značajke brodograđevne djelatnosti i analizira uvjete u kojima djeluju brodogradilišta, prateća industrija, isporučioći materijala i usluga te znanstvene, istraživačke, obrazovne i stručne institucije podrške. Prikazano je stanje bitnih funkcija poslovnog procesa. Analizirano svjetsko tržište, date ocjene mogućnosti na tržištima novogradnji, offshore, preinaka i popravaka brodova, a ocijenjeni su i mogući izazovi u bliskoj budućnosti. Date su vizije razvoja i uloga brodograđevne asocijacije sa sinergijskim učincima. Definirani ciljevi koje bi velika i mala brodogradnja mogle doseći, preporučene su i neke mjere državne podrške.

Vlada RH nije učinila ništa da bi se elaborat primijenio.

Prosinac. Izlazi članak "Strategija razvitka brodogradnje".

2002. – 2005. godina

Ostvarena je druga faza tehnološke obnove za tri najveća brodogradilišta u iznosu od oko 60 milijuna US\$. Vlada RH osniva povjerenstvo za restrukturiranje hrvatske brodogradnje, a brodogradilišta izrađuju svoje pojedinačne programe. Osim u rijetkim slučajevima, ne dolazi do promjena njihove poslovne politike i rezultata poslovanja.

Simpozij SORTA 2002. Apel nadležnima da se pristupi organiziranom restrukturiranju velikih brodogradilišta. Nije bilo nikakvih reakcija.

Svibanj 2004. Okrugli stol. "Uloga znanosti u domaćoj brodogradnji".

Simpozij SORTA 2004. Ponovni apel nadležnima da se pristupi organiziranom restrukturiranju velikih brodogradilišta. Nije bilo nikakvih reakcija.

2006. - 2008. godina

Stanje u brodogradilištima postaje vrlo aktualno zbog pregovora s EZ.

Tijekom proljeća 2006., Povjerenstvo za restrukturiranje od novog stranog konzultanta naručuje "Elaborat o restrukturiranju hrvatske brodograđevne industrije". Radi se opsežnom i skupom elaboratu, ali konzultantima nije dat jasan projektni zadatak. Njihov se posao rasplinuo na poznate činjenice, koje za restrukturiranje i pregovore s EZ nisu bile od značaja.

Simpozij SORTA 2006. Ponovni apel nadležnima da se pristupi organiziranom restrukturiranju velikih brodogradilišta. Nije bilo nikakvih reakcija.

U veljači 2007. u EZ se šalju pojedinačni programi restrukturiranja velikih brodogradilišta. EZ traži dopune i izmjene, jer predviđene mjere ne mogu dati tražene poslovne efekte.

U ožujku 2007. Godišnja skupština Znanstvenog savjeta za pomorstvo HAZU, referat "Problemi restrukturiranja brodogradnje" i zaključci.

2008. godina

Svibanj. Vlada RH donosi odluku o namjeri privatizacije nekih brodogradilišta s odgodom za neke od njih. Daje i načela kojih se valja pridržavati, a odnose se na planove ulaganja i poslovanja, na vjerovnike, zaposlenost, zadržavanje ili promjenu osnovne djelatnosti, prilagodbe tržištu i mogućnost teritorijalnog preseljenja brodogradilišta te vlasništvo nad dionicama.

SORTA 2008. Ponovni apel nadležnima da se pristupi organiziranom restrukturiranju velikih brodogradilišta. Nije bilo nikakvih reakcija.

2010. godina

Lipanj. Okrugli stol "Održivi razvoj brodogradnje" u Rektoratu Zagrebačkog sveučilišta s ciljem da se Državne organe informira o znanstvenim i stručnim mogućnostima institucija podrške. Brojni referati izloženi su na visokoj profesionalnoj razini. Na ovaj skup nije došla nijedna relevantna osoba iz Državne administracije.

Iznijeta kronologija pokazuje slabu brigu vlasnika i kaotičnost u rješavanju ovog problema. Apeli koji su se slali bili su bez iznimke ignorirani. Teško je objasniti zašto je vlasnik tolike godine dopuštao da situacija u većini brodogradilišta bude neodrživa. Međutim, razloge velikih gubitaka ne treba tražiti samo u objektivnim okolnostima u kojima brodogradilišta posluju, već i u gubitku nekih etičkih načela poslovanja u nekim sredinama. To je, po našoj ocjeni u velikoj mjeri demotiviralo stručni kadar na kojem je trebalo počivati restrukturiranje brodogradilišta.

4. Zaključni komentar

Zbog strogih pravila konkurentnosti, države članice EZ ne smiju izravno potpomagati svoju industriju subvencijama ili garancijama, a posebno ne pokrivanjem gubitaka. Članice EZ industriju mogu ipak neizravno podržavati financiranjem njenog restrukturiranja: potporama, povoljnim kreditima, jamstvima, a čak i otpisima. Nakon što se industrija konsolidira i nakon što je izišla iz teškoća, država može davati potpore za konkretne programe ili projekte kao što su: inovacije, istraživanja, razvojna ulaganja, zaštita okoliša i sl., što također može biti značajno za njeno pozicioniranje na tržištu. Ukoliko ni to ne pomogne, bilo koja industrija, pa tako i brodogradnja, ne može opstati i morat će ugasiti svoju djelatnost sa svim posljedicama koje to nosi.

Privatizacija državnog poduzeća poduzima se, izgleda, na osnovi ispravne ocjene da je država slab gospodar, da će privatni vlasnik bolje gospodariti svojim sredstvima i da će, brinući se o vlastitom profitu, osigurati prosperitet poduzeća, a time posao i egzistenciju zaposlenih ljudi. Međutim, postavljaju se uvijek ista pitanja na koja je teško dobiti vjerodostojan odgovor: Tko bi, pod kakvim uvjetima i zbog kojih razloga bio spreman preuzeti velika hrvatska brodogradilišta u takvom stanju i kakvi bi zbog toga mogli biti planovi novog vlasnika? Iskustva dosadašnjih privatizacija u Hrvatskoj pokazuju da tu postoje veliki rizici i da je u našim privatizacijama nestalo premnogo poduzeća od značaja za hrvatsko gospodarstvo, koja su uz prave vlasnike mogla dobro funkcionirati.

Načela privatizacije iz akta Vlade RH zahtijevaju tumačenja, primjerice: Što znači mogućnost promjene osnovne djelatnosti brodogradilišta – znači li to i napuštanje ove djelatnosti? Što znači prilagodba tržištu – znači li to mogućnost zamjene brodograđevnog za neko drugo tržište? Što znači teritorijalno preseljenje? – znači li to zatvaranje ili preseljenje brodogradilišta na manje atraktivne lokacije ili čak preseljenje u inozemstvo? Opasnosti koje proizlaze iz ovih načela su očite. Nebi trebalo vjerovati da će novi vlasnik svoj privatni interes podrediti općem ili da će respektirati činjenicu da je brodogradnja za Hrvatsku prevažna industrija da bi je se smjelo ukidati. Osim toga, nije realno očekivati niti da je čak i korektna privatizacija velikih brodogradilišta sama po sebi dovoljna da se riješe svi njihovi problemi.

Ponekad se izvlače zaključci da bi izlaz mogao biti u znatnom smanjenju kapaciteta brodogradilišta ili čak gašenju njihove djelatnosti. Pri tom se ističu mnogi razlozi gdje dominiraju veliki financijski gubitci, ali se ne daju utemeljeni prijedlozi ili bar sugestije kako nakon toga riješiti gospodarske i socijalne posljedice koje iz toga proizlaze ili kako nadoknaditi petnaestak posto od ukupnog hrvatskog izvoza koji potječe od velikih brodova. Gašenjem velikih brodogradilišta ugasio bi se i velik broj hrvatskih proizvođačkih, uslužnih i trgovačkih djelatnosti, a to bi se vrlo negativno odrazilo i na naš znanstveni i istraživački potencijal.

Smatramo da je krajnji čas da se konačno pokrene razumna i efikasna akcija održanja hrvatskih brodogradilišta, privatizacijom ili bez nje.

Smatramo da ako privatizacija bude najbolje rješenje, cijeli ovaj proces, moraju nadzirati i provesti povjerenstva, stručni i lojalni ljudi, koji poznaju i razumiju probleme hrvatske brodogradnje i koji su svjesni posljedica koje bi za Republiku Hrvatsku i njeno gospodarstvo mogle imati pogrešne odluke.

Smatramo da u svakom slučaju treba okupiti naše najbolje stručnjake koji će u uskoj suradnji s vlasnikom, ma tko to u budućnosti bio, donijeti programe ozdravljenja brodogradilišta, i, što je najvažnije, sprovesti to u najboljem interesu vlasnika-koncesionara i Republike Hrvatske.

Smatramo da u pregovorima s EZ treba tražiti i dobiti prijelazno razdoblje nužno za mobilizaciju snaga koje ovdje znaju i mogu pomoći.

Smatramo da velika brodogradilišta ne smijemo uništiti niti dopustiti da zbog naše nebrige i neaktivnosti propadnu sama po sebi, da je moguće, odlučnim i znalčkim mjerama, intervenirati i poslovno ih osposobiti da postanu financijski zdrava, konkurentna i profitabilna. Imamo za to stručne ljude, znanje i vještine akumulirane decenijama. Da je to moguće dokazuju brodogradilišta koja kod nas u istim uvjetima posluju dobro, a to dokazuju i mnoga europska brodogradilišta koja u državnom ili privatnom vlasništvu uspješno funkcioniraju u skladu s pravilima EZ.

Podaci:

1. Ž.Sladoljev,
T.Zaplatić,
“Tehnološki
razvoj i
budućnost
hrvatske
brodogradnje”,
FSB, Zagreb
2001.
2. Grupa autora,
“Hrvatska u 21.
stoljeću –
Brodogradnja”,
Vlada RH,
Zagreb 2002.
3. Ž.Sladoljev,
“Problemi
restrukturiranja
brodogradnje”,
Znanstveni savjet
HAZU, Zagreb
2007.

Stanje u Svijetu
CESA (Community of European Shipyards Associations)
Annual report 2009-2010,
Mr Kommer Damen, predsjednik, Brussels, June 2010

Tablica 1

SHIPBUILDING IN CESA COUNTRIES DURING 2009 IN CGT								
	Orderbook		Completions		New orders		Cancellations	
	N°	CGT	N°	CGT	N°	CGT	N°	CGT
BULGARIA	7	74,593	4	22,892	2	13,736	5	79,857
CROATIA	30	579,337	14	308,417	8	148,358	2	60,920
DENMARK	14	274,507	9	201,876	0	0	2	61,850
FINLAND	4	289,949	3	260,674	1	15,555	0	0
FRANCE	9	273,730	13	175,635	1	966	0	0
GERMANY	106	1,933,082	54	732,974	20	68,007	31	501,033
GREECE	0	0	2	4,095	0	0	0	0
ITALY	47	1,508,906	32	628,455	1	130,779	0	0
LITHUANIA	2	16,377	2	16,377	2	9,456	0	0
NETHERLANDS	226	1,205,803	176	683,663	37	140,109	0	0
NORWAY	59	575,048	61	518,083	8	44,759	0	0
POLAND	25	129,711	25	241,889	4	18,149	0	0
PORTUGAL	1	9,106	3	28,983	0	0	3	31,917
ROMANIA	36	605,007	31	364,923	6	24,833	10	240,650
SPAIN	115	816,081	50	287,167	13	62,014	0	0
UNITED KINGDOM	4	3,456	2	2,076	0	0	0	0
TOTAL	685	8,294,693	481	4,478,180	103	676,721	53	976,227

Source: CESA

Tablica 2

WORKFORCE IN CESA COUNTRIES						
COUNTRY	2007		2008		2009	
	Total	Newbuildings*	Total	Newbuildings*	Total	Newbuildings*
BULGARIA	5,400	2,400	4,977	2,200	4,968	2,100
CROATIA	9,811	8,200	9,553	8,738	8,851	8,645
DENMARK***	3,500	3,000	3,700	2,800	3,000	2,300
FINLAND	4,700	4,700	4,630	4,630	3,200	3,200
FRANCE	17,200	3,350	17,100	3,400	17,100	1,900
GERMANY	22,500	15,900	23,600	16,500	19,200	12,600
GREECE	2,434	400	2,324	-	2,487	-
ITALY	12,245	8,925	12,142	8,858	11,790	8,592
LITHUANIA	5,100	2,800	4,800	3,000	4,200	2,200
NETHERLANDS	14,272	11,635	14,400	12,260	13,500	11,600
NORWAY**	6,000	5,500	5,000	4,700	5,000	4,600
POLAND	17,000	12,800	15,000	7,900	7,300	2,600
PORTUGAL	1,652	893	1,592	914	1,572	505
ROMANIA	10,800	10,700	10,100	9,350	8,160	7,820
SPAIN	7,678	2,129	6,490	2,995	5,666	2,291
UNITED KINGDOM	8,500	500	8,300	200	8,300	200
TOTAL	148,792	93,832	144,608	89,145	124,294	71,153

Source: CESA

* Including new merchant and new offshore

** Only member yards

*** Denmark - corrected 2008 figure

Tablica 3

CESA TOTALS - ORDERBOOK BY SHIPTYPE

	N°	GT	%	CGT	%
Total tonnage on order book on 31.12.2009	685	8,182,380	100	8,294,693	100
Of which for foreign account	280	4,404,653	53.8	4,819,030	58.1
Types of ships according to orderbook on 31.12.2009					
Crude Oil Tankers (double hull)	1	13	0	207	0
Product and Chemical Carriers	27	528,629	6.5	442,833	5.3
Bulk Carriers excl. Combined Carriers	20	1,150,649	14.1	435,441	5.2
Combined Carriers	20	89,947	1.1	120,208	1.4
General Cargo Ships	95	433,333	5.3	534,500	6.4
Reefers	0	0	0	0	0
Full Containers Ships	30	848,069	10.4	550,811	6.6
Ro-Ro Vessels	35	776,074	9.5	570,147	6.9
Car Carriers	1	40,500	0.5	25,195	0.3
LPG Carriers	5	44,924	0.5	53,574	0.6
LNG Carriers	3	104,900	1.3	99,382	1.2
Ferries	30	418,592	5.1	433,891	5.2
Passenger Ships	56	2,443,347	29.9	2,793,848	33.7
Fishing Vessels	11	16,003	0.2	43,223	0.5
Offshore Supply Vessels (incl. AHTS)	124	530,544	6.5	919,876	11.1
Other Non-Cargo Vessels	226	756,613	9.2	1,269,610	15.3
Approximate value of order book					
on 31.12.2009 in mEuro		36,558			
Of which for foreign account in mEuro		25,194			

Source: CESA

Tablica 4

CESA TOTALS - COMPLETIONS

	N°	GT	%	CGT	%
Completed in 2009	481	4,455,471	100	4,478,180	100
Of which for foreign account	155	2,389,802	53.6	2,256,966	50.4
Types of ships completed in 2009					
Crude Oil Tankers (double hull)	1	59,315	1.3	25,135	0.6
Product and Chemical Carriers	25	467,460	10.5	392,450	8.8
Bulk Carriers excl. Combined Carriers	5	319,405	7.2	118,018	2.6
Combined Carriers	11	55,702	1.3	69,207	1.5
General Cargo Ships	32	185,883	4.2	210,252	4.7
Reefers	0	0	0	0	0
Full Containers Ships	44	986,783	22.1	685,817	15.3
Ro-Ro Vessels	11	323,039	7.3	221,528	4.9
Car Carriers	4	197,012	4.4	115,212	2.6
LPG Carriers	6	49,107	1.1	60,656	1.4
LNG Carriers	1	10,000	0.2	16,794	0.4
Ferries	22	231,728	5.2	258,010	5.8
Passenger Ships	33	977,642	21.9	1,098,700	24.5
Fishing Vessels	13	9,096	0.2	29,730	0.7
Offshore supply vessels (incl. AHTS)	82	283,205	6.4	545,846	12.2
Other Non-Cargo Vessels	187	280,740	6.3	607,905	13.6
Approximate value of completions					
During 2009 in mEuro		15,669			
Of which for foreign account in mEuro		8,650			

Source: CESA

Stanje (1):

Brodogradnja u Hrvatskoj:

- 6 velikih brodogradilišta
- 20-tak srednjih
- 60-tak malih brodogradilišta i remontnih centara na obali i unutrašnjosti
- Oko 2 tisuće poduzeća prateće industrije, obrta, kooperantskih i trgovačkih kuća
- Institucije znanstvene, stručne i obrazovne podrške

- Domaća komponenta (materijal + rad) u ukupnoj vrijednosti izvezenih brodova = oko 60-65%
- Ukupni prihod velikih u ukupnom prihodu svih brodogradilišta = oko 85%

- Ekologija, energija, standardi kvalitete i poslovanja, tehnološki razvoj, znanstveni i stručni potencijal

Stanje (2):

Kapaciteti velikih

Uljanik, 3.Maj, V.Lenac, Kraljevica, Brodotrogir, Brodosplit =
20-tak brodova godišnje (bez V.Lenca i Kraljevice).

Isporuke u 2010. (do 15. rujna) = 10 brodova
(bez Brodotrogira i V.Lenca).

Knjige narudžbi (stanje s 15. rujna ove godine) = 30 brodova

Još uvijek postoje kadrovski i tehnološki potencijali, ali tanke knjige narudžbi.
Privatizacija 3.Maja, Kraljevice, Brodotrogira i Brodosplita – u tijeku
Uljanik poseban tretman – nije u teškoćama.

Kakva smo brodogradilišta željeli:

- Veliki brodovi - oko 15% vrijednosti izvoza RH.
- Multiplikativni faktor oko 3

- Tržište ciklički nestabilno, jaka konkurencija.
- Potrebno: leader u posebnosti proizvoda,
- Tržišne niše – osigurati veću prodajnu cijenu u odnosu na proizvodne troškove.
- Dizajn, kvalitet.
- Široki asortiman, posebni zahtjevi brodovlasnika,
- Inženjersko znanje i vođenje projekata.
- Krivulja konkurentnosti.
- Razvojne investicije.
- Sniženje fiksnih troškova, montažno brodogradilište.
- Pripremne funkcije, informatička podrška.
- Tehnološka modernizacija, proizvodnost i smanjivanje proizvodnih troškova.
- Upravljanje procesom i kontrola troškova.
- Image na tržištu, odnos s brodovlasnicima, management.

Što smo do sada činili ?

- **Nekada: 3. u svijetu, 1. u Europi, 4,5% svjetskih isporuka velikih brodova – ali, slaba proizvodnost i potrebne državne subvencije.**
- **Slaba organizacija brodogradilišta i preveliki proizvodni troškovi.**
- **Nekompetentnost i kaotičnost u pokušajima restrukturiranja.**

- **Kronologija pokušaja intervencije – od 1992. – nekoliko programa akcije**
- **1993. – “Nacionalni brodograđevni program”**
- **1995. – “Projekt organizacijsko-tehnološkog restrukturiranja”**
- **2000. – “Hrvatska u 21. stoljeću – Brodogradnja**
- **+ Brojne intervencije**
- **U nekim slučajevima brodogradilišta provela poboljšanje poslovanja, samostalno i/ili uz pomoć renomiranih konzultanata.**

- **Vlasnik ignorira prijedloge i apele.**
- **Ponekad se provode nedovoljno efikasne mjere restrukturiranja.**
- **Gubitak etičkih načela poslovanja.**
- **Demotiviran stručni kadar.**
- **Nekada: 3. u svijetu, 1. u Europi, 4,5% svjetskih isporuka velikih brodova – ali, slaba proizvodnost i potrebne državne subvencije.**
- **Slaba organizacija brodogradilišta i preveliki proizvodni troškovi.**
- **Nekompetentnost i kaotičnost u pokušajima restrukturiranja.**

- **Kronologija pokušaja intervencije – od 1992. – nekoliko programa akcije**
- **1993. – “Nacionalni brodograđevni program”**
- **1995. – “Projekt organizacijsko-tehnološkog restrukturiranja”**
- **2000. – “Hrvatska u 21. stoljeću – Brodogradnja**
- **+ Brojne intervencije**
- **U nekim slučajevima brodogradilišta provela poboljšanje poslovanja, samostalno i/ili uz pomoć renomiranih konzultanata.**

- **Vlasnik ignorira prijedloge i apele.**
- **Ponekad se provode nedovoljno efikasne mjere restrukturiranja.**
- **Gubitak etičkih načela poslovanja.**
- **Demotiviran stručni kadar.**

Zaključni komentar (1)

- **Država vlasnik – uspješnost brodogradilišta zavisi o managementu i nadzornom odboru .**
- **Privatni vlasnik – prvenstveno briga o profitu, prosperitet brodogradilišta.**
- **Iskustva privatizacija nisu dobra, mnogi su propali koji su mogli funkcionirati.**

- **Privatizacija, uvjeti preuzimanja brodogradilišta – planovi novog vlasnika/koncesionara.**
- **Iz akta Vlade RH:
Dopušta se promjena osnovne djelatnosti – da li i napuštanje brodograđevne?**

Traži se prilagodba tržištu – da li i zamjena brodograđevnog za neko drugo tržište?

Dopušta se teritorijalno preseljenje – znači li to preseljenje na manje atraktivne lokacije ili u inozemstvo?

Zaključni komentar (2)

- Eventualno gašenje brodogradilišta? – gospodarske i socijalne posljedice, nestaje 15% izvoza RH od velikih brodova, gasi se velik broj proizvođačkih, uslužnih i trgovačkih djelatnosti, gasi se dio znanstvenog, istraživačkog i stručnog potencijala.
- Umjesto toga trebalo bi:
 - Pokrenuti efikasnu akciju održanja velikih brodogradilišta, privatizacijom ili bez nje.
 - Znalački i odlučno intervenirati i osposobiti brodogradilišta da postanu financijski zdrava, profitabilna i konkurentna.
 - Angažirati odabrane prvenstveno domaće stručnjake koji imaju znanja, poznaju probleme brodogradilišta i koji su svjesni posljedica pogrešnih odluka.
 - U suradnji s vlasnikom Državom ili koncesionarom: provesti ozdravljenje brodogradilišta vodeći računa o najboljem interesu RH.
 - U pregovorima s EZ ishoditi za to potrebno prijelazno razdoblje.

Činjenice:

Imamo za to znanja i vještine (akumulirane decenijima).

Neka hrvatska brodogradilišta i u našim uvjetima dobro posluju.

Mnoga europska brodogradilišta u državnom ili privatnom vlasništvu uspješno funkcioniraju u skladu s pravilima EZ.

Zaključni komentar (3)

Pravila EZ:

- Privatizacija nije uvjet, brodogradilišta mogu ostati i u državnom vlasništvu, ali država članica EZ ne smije izravno pomagati svoju industriju subvencijama ili garancijama niti pokrivanjem gubitaka.
- Država može podržavati svoju industriju financiranjem restrukturiranja – i to potporama, povoljnim kreditima, jamstvima, čak i otpisima.
- Država može, kada industrija izađe iz teškoća, industriji davati potpore za konkretne projekte koji se odnose na inovacije, istraživanja, razvojna ulaganja, zaštitu okoliša i sl.
- Ako to ne pomogne, svaka industrija, pa tako i brodogradnja, ne može opstati i morat će ugasiti svoju djelatnost.

POVEĆANJE KONKURENTNE SPOSOBNOSTI HRVATSKIH BRODOGRADILIŠTA (Power Point prezentacija)

Povećanje konkurentske sposobnosti hrvatskih brodogradilišta



SORTA 2010 – Lumbarda, od 07 do 09. listopada 2010.
Davor Begonja i Ivan Juraga u suradnji s Vedranom Slapničarem, Izvorom Grubišićem i Tončijem Mikcom

Glavni resursi hrvatske brodogradnje



- **BRODOGRADILIŠTA**
 - 3. MAJ
 - KRALJEVICA
 - VIKTOR LENAC
 - ULJANIK
 - BRODOSPLIT
 - BRODOTROGIR
 - BSO
- **FAKULTETI**
 - FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE
 - TEHNIČKI FAKULTET
 - FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, STROJARSTVA I BRODOGRADNJE
- ▲ **OSTALE INSTITUCIJE**
 - BRODARSKI INSTITUT
 - HRVATSKI REGISTAR BRODOVA
 - HRVATSKA BRODOGRADNJA - JADRANBROD

UKRATKO

- ◆ Tehnološki centri TIC, CTT i fakulteti TF i FSB sklopili su ugovor
- ◆ Zajednička suradnja na projektima za povećanje konkurentske sposobnosti hrvatske brodogradnje
- ◆ Uključit će se sve relevantne institucije i stručnjaci vezani za brodogradnju
- ◆ Za navedene projekte podnesen je zahtjev za financiranjem u poslovno-inovacijskom centru Hrvatske - BICRO d.o.o.
- ◆ Od svih relevantnih subjekata u RH traži se potpora za projekte.

3

ČLANOVI JEZGRE BUDUĆE MREŽE

TIC - Rijeka i CTT - Zagreb

su tehnološki centri s preko dvanaest godina iskustva u potpori poduzetništvu, inovacijama i transferu tehnologije.

FSB - Zagreb i TF - Rijeka

su dva najpoznatija fakulteta za područja strojarstva i brodogradnje u Hrvatskoj s ukupno: 330 znanstvenika, 70 katedri i 85 laboratorija.

FESB - Split, član koji će biti uključen

treći fakultet za područja brodogradnje, strojarstva i elektrotehnike koji će biti uključen u jezgru s 220 znanstvenika, 77 laboratorija i 20 katedri

4

HRVATSKA BRODOGRADNJA 1

- ◆ Najvažnija izvozna industrijska grana
- ◆ Grana čiji su proizvodi poznati i traženi na svjetskom tržištu
- ◆ Zahtjevna industrijska grana s integrirajućim utjecajem na domaće gospodarstvo
- ◆ Grana za koju postoje značajni materijalni i ljudski resursi
- ◆ Čimbenik razvoja vlastite trgovačke i ratne mornarice

5

HRVATSKA BRODOGRADNJA 2

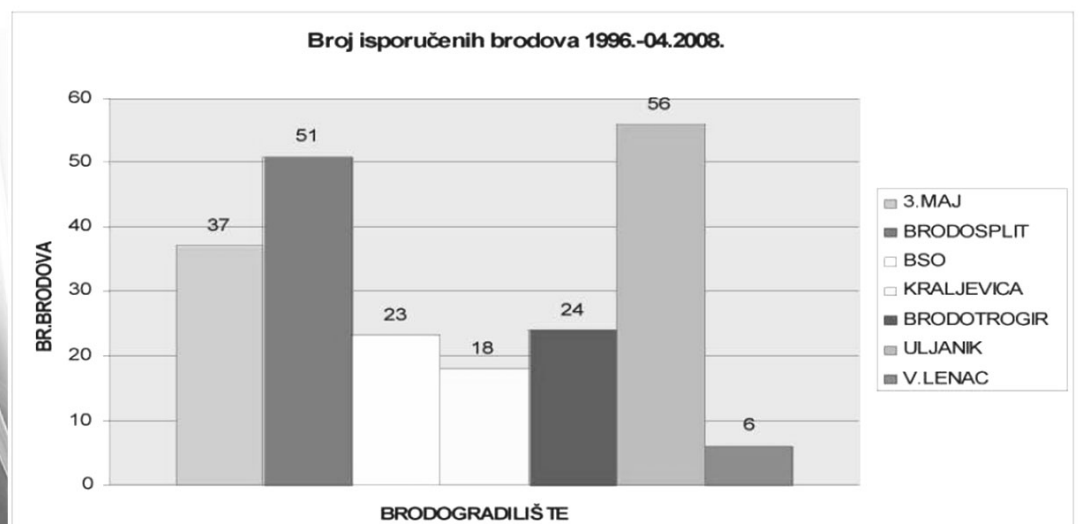
- ◆ Niti jedna financijska sanacija nije provedena do kraja
- ◆ Unatoč različitim oblicima državnih potpora brodogradnja i dalje posluje sa značajnim gubitcima
- ◆ Izostale su značajnije akcije s ciljem povećanja ekonomske učinkovitosti
- ◆ Ne poštuju se zakonitosti poslovnog sustava izgradnje brodova



- ◆ Hrvatska brodogradnja ima teškoća nositi se s promjenama i novom konkurencijom

6

HRVATSKA BRODOGRADNJA -u brojkama-



8

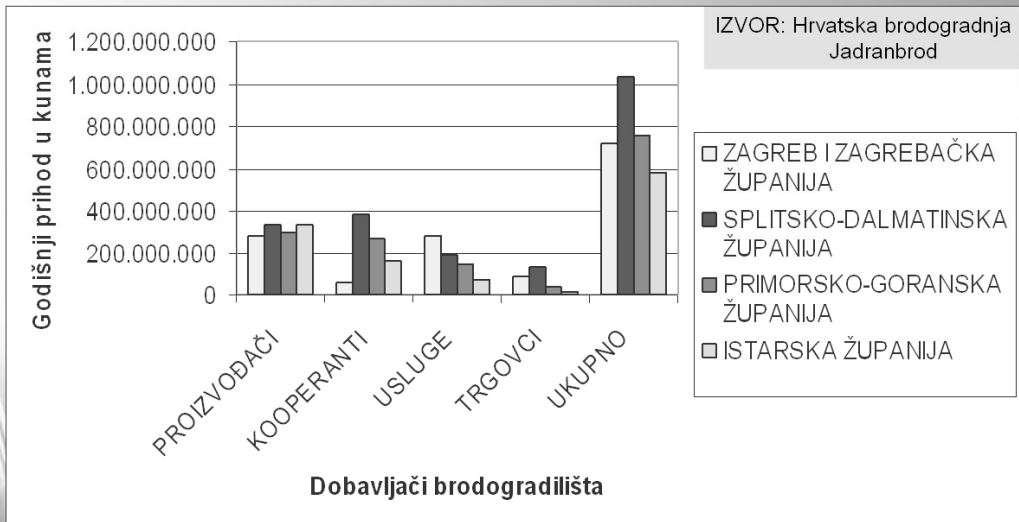
GUBICI BRODOGRADIŠTA 2008./2009.

ULJANIK		Dobit 10	Dobit 20
3. MAJ		310	430
KRALJEVICA	u mil. kn	100	130
BRODOTROGIR		330	170
BRODOSPLIT		540	90
Ukupno		milij.	1,27

9

Izvor: javna glasila

PRIHOD OD BRODOGRADNJE (2007)



Ukupni godišnji prihod po svim županijama - 3.362.000.000 kn

10

HVB Global Shipping

TRŽIŠNI PRIORITETI



11

ŠTO TREBA NAPRAVITI 1?

- ◆ Pri definiranju strategije potrebno odgovoriti na osnovno pitanje: Hoće li Hrvatskoj biti bolje s ili bez brodogradnje?
- ◆ Kvantificirati cjelokupnu potencijalnu štetu za gospodarstvo koja bi nastala gašenjem brodogradilišta
- ◆ U slučaju napuštanja brodogradnje kao jedinstvenog hrvatskog proizvoda-brenda ne samo da bi gradnju brodova prepustili drugima nego nestankom brodogradnje prepuštamo drugima kontrolu strateških ciljeva kao što su kontrola mora i podmorja, istraživanje, eksploatacija i prijevoz energenta. Cijena će biti nemjerljiva.
- ◆ Gubitkom brodogradnje gubimo veliko tržište za preko 800 MSP
- ◆ Kopnena površina RH iznosi 56.542 km², a površina teritorijalnog mora 31.067 km² što je svrstava među srednjevelike europske zemlje

12

ŠTO TREBA NAPRAVITI 2?

Da bi se riješili VANJSKI ELEMENTI KRIZE država/vlasnik treba:

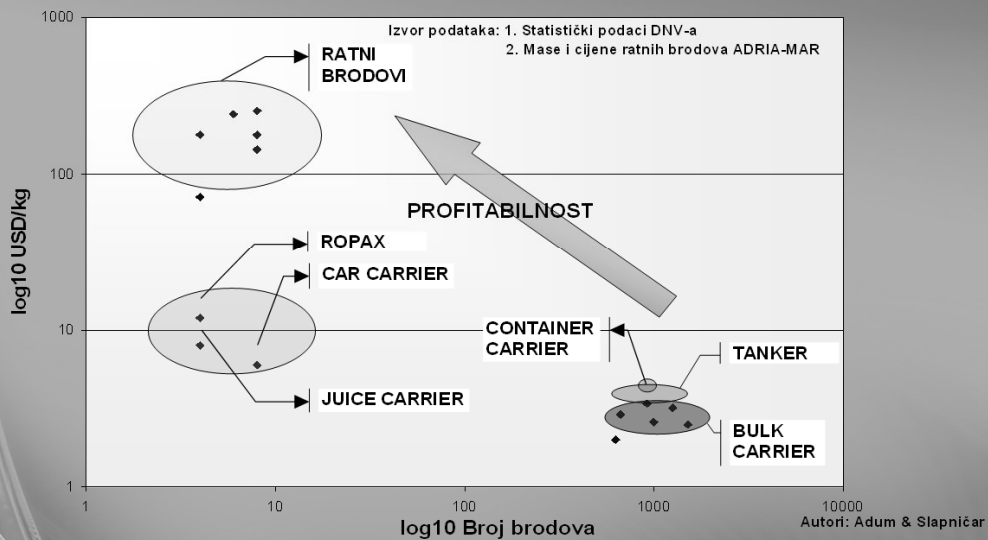
- ◆ izvršiti sanaciju,
- ◆ vlasničko restrukturiranje,
- ◆ uspostaviti jaču vlasničku kontrolu,
- ◆ potaknuti domaće financiranje,
- ◆ stimulirati domaće podizvođače,
- ◆ objediniti nabavu, projektne urede, razvoj, marketing brodogradilišta

Da bi se riješili UNUTARNJI ELEMENTI KRIZE uz pomoć stručnjaka treba:

- ◆ skratiti vremena izrade broda i izrade dokumentacije,
- ◆ smanjiti troškove procesa i materijala,
- ◆ smanjiti troškove kooperacije i škarta,
- ◆ napraviti tehnološku obnovu,
- ◆ uvesti inovacije na svim razinama
- ◆ orijentirati se na složenije brodove veće dodane vrijednosti, primijeniti strategiju profitabilnosti

13

STRATEGIJA PROFITABILNOSTI

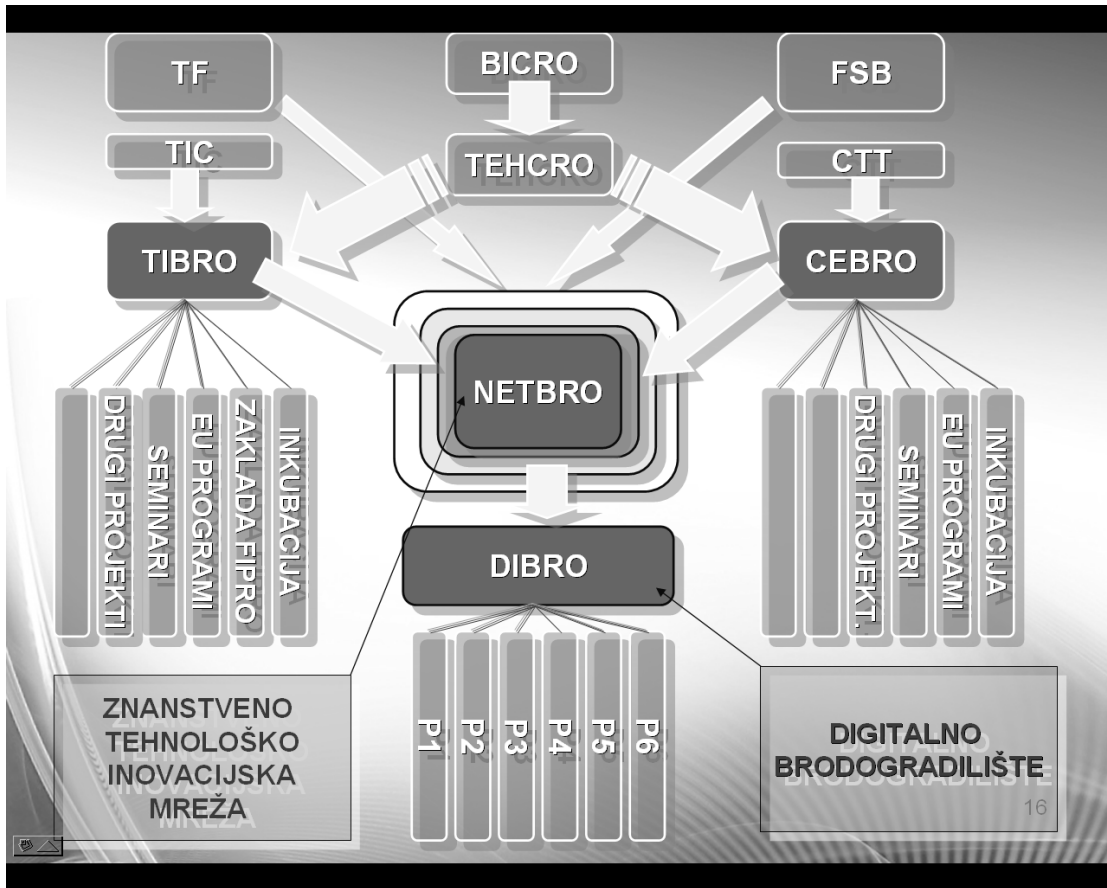


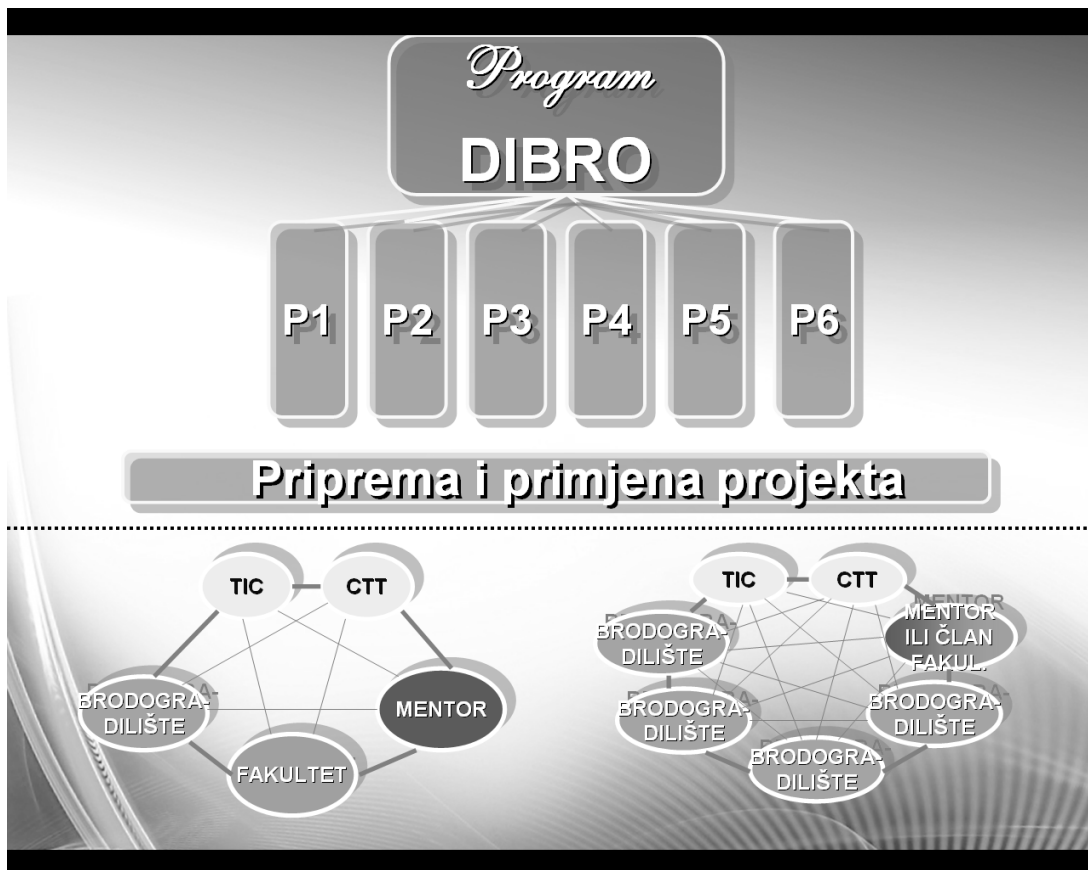
14

PLOVILA KONKURENATA



15





NEKI OD PROJEKATA

Inicijativa s FSB-a : Makroprojekt za razvoj proizvoda :
HRVATSKA BRODOGRADNJA - HB 2010

Razvoj inovativnih plovila

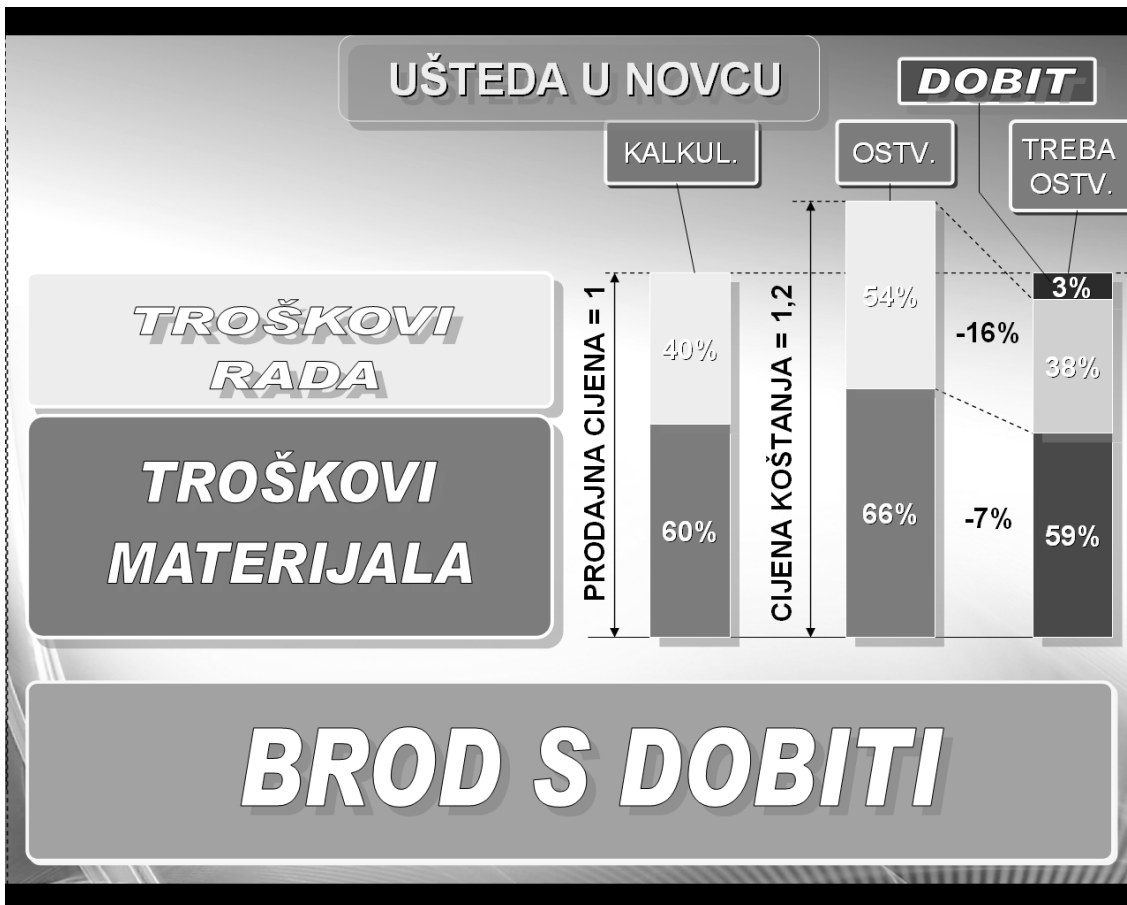
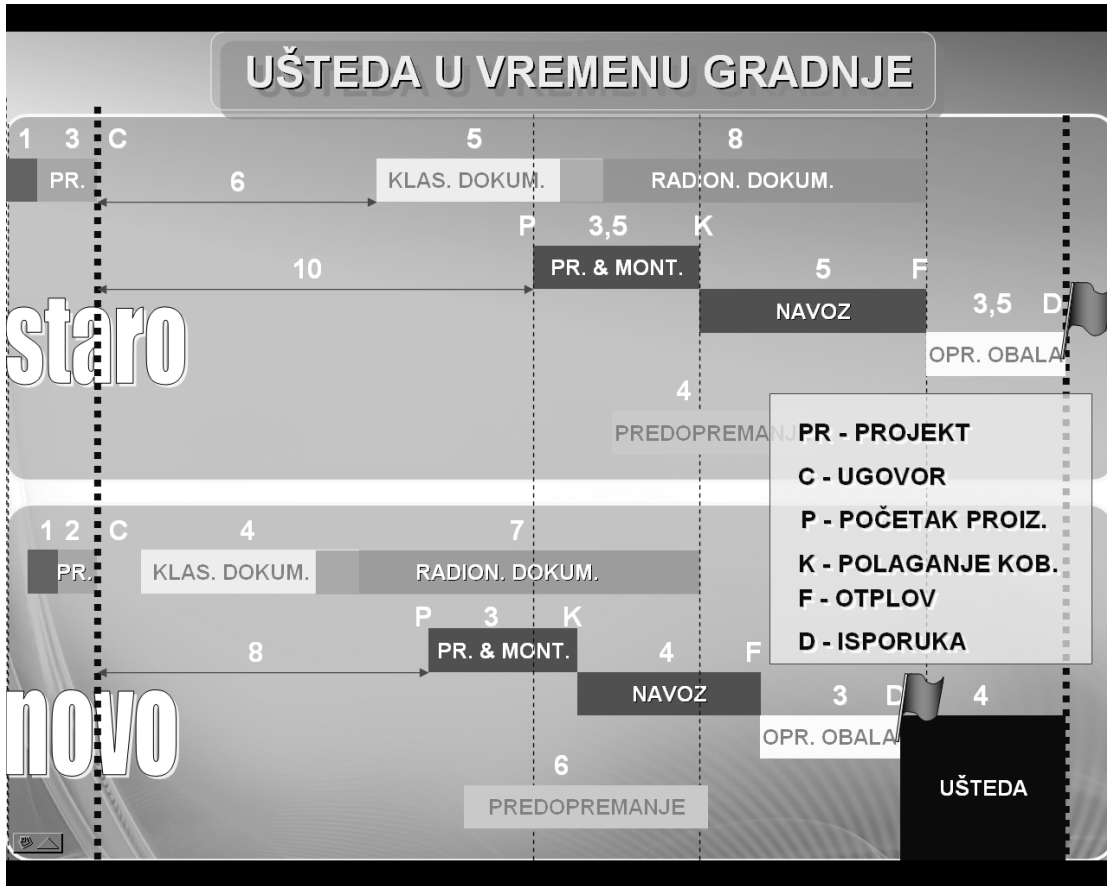
Novačenje i obrazovanje kadrova za projektiranje
inovativnih plovila

Kontroling u brodogradilištima & “Balanced scorecard”

Uvođenje PM u brodogradilišta

Povećanje učinkovitosti AKZ zaštite

Povećanje predopremanja sekcija i blokova



Vizija održive brodogradnje

1. Samo sustavna primjena znanosti u brodogradnji i morskoj tehnici može osigurati segmente tržišta u kojima je dobit moguća
2. Sačuvati jezgru znanja i potencijala za nove tehnološke pomake i reorganizirati je da bude tržišno aktivna
3. Povećati konkurentnost hrvatske brodogradnje u bliskoj budućnosti nudišenjem profitabilnijih i kvalitetnijih tipova brodova
4. Kroz razvojni znanstveni rad, povećati razinu znanja projektanta (primjer Finskog networka: Aalto, KONE, Wartsila, Napa)
5. Unaprijediti projektne, tehnološke, organizacijske, financijske i upravljačke elemente hrvatskih brodogradilišta.

22

FINANCIJSKA OPRAVDANOST PROJEKATA TIBRO I CEBRO

**PROJEKTI TIBRO I CEBRO TREBAJU
11 MILIJUNA KN U PET GODINA**

**GODIŠNJI GUBITAK HRVATSKIH BRODOGRADILIŠTA
CCA 1,2 MILJARDE KN**

U 5 GODINA TO IZNOSI 6 MILJARDI KN

**SAMO 5% OD TOGA IZNOSI
300 MILIJUNA KUNA**

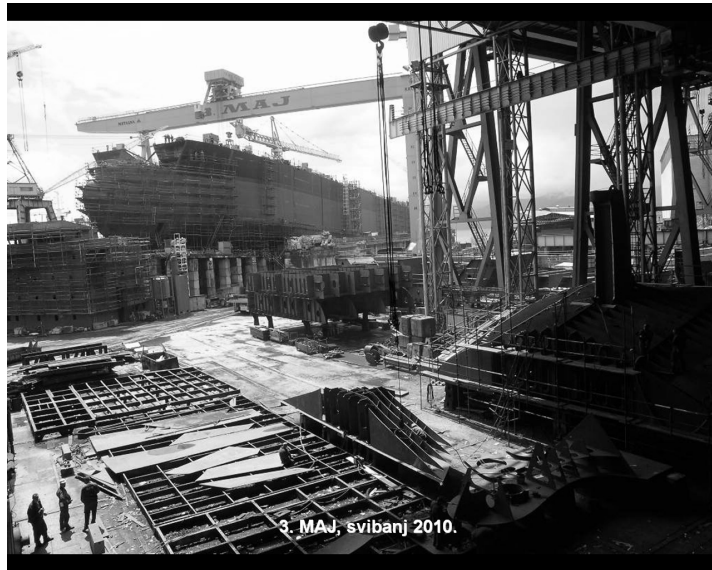
ZA ULOŽENIH 11 MIL. KN DOBIVA SE MINIMALNO 300 MIL. KN

TIBRO i CEBRO – što je sve učinjeno

- ◆ 15. 12. 07. -predana predprijava TIBRO-a u BICRO
- ◆ Od 21. 11. 07. do 08. 07. 09. održano 6 sastanaka s predstavnicima BICRO-a
- ◆ 31. 03. 08. -poslana "draft" verziju poslovnog plana TIBRO
- ◆ Od 09. 05. 08. do 17. 06. 10. napravljeno 13 prezentacija projekata (TIBRO i CEBRO): BI, FSB (2x), SORTA, HAZU, TF Rijeka, BI 3.MAJ, MINGORP (2x), HGK (2x), Jadranbrod, ATZH, Predsjednik RH
- ◆ Od 24. 01. 08 do 18. 01. 2010. održano 14 sastanaka na FSB-u i CTT-u
- ◆ 16. 03. 08. -sastanak s državnim tajnicima (Dražen Vikić Topić, Dragan Schwarz, Pero Munivrana)
- ◆ 10. 04. 08. -dobven odgovor na "draft" verziju
- ◆ 11. 04. 08. -potpisan ugovor: TIC, CTT, FSB, TF
- ◆ 02. 05. 08. -predan poslovni plan TIBRO-a (engl.) u BICRO
- ◆ 20. 05. 08. i 09. 06. 08. - konzultanti World Bank i engleski konzultant BICRO-a bili u TIC-u
- ◆ 24. 09. 08. -posjet sajmu u Hamburgu
- ◆ 03.10. 08. -projekt TIBRO-CEBRO uručen ministru Polančecu i državnom tajniku Begoviću
- ◆ 21. 11. 08. -predan poslovni plan TIBRO BICRO-u (hrvatska i engleska verzija)
- ◆ 02. 02. 09. -potpisano pismo namjere s BI 3. MAJ o izvedbi pilot projekta
- ◆ 04. 02. 09. -predan poslovni plan CEBRO (hrvatska i engleska verzija)
- ◆ 06. 02. 09. -dobiven negativan odgovor na projekt TIBRO
- ◆ 17. 04. 09. -sastanak direktora tehn. cent. s ravnateljima iz MZOŠ-a
- ◆ 20. 05. 09. -upućeno pismo direktora tehnoloških centara ministru Primorcu
- ◆ 02. 07. 09. -prezentacija projekta predstavnicima hrvatskih brodogradilišta u HB – Jadranbrod.
- ◆ 03. 11. 09. -upućeno pismo direktora TIC-a i CTT –a, dekana TF-a u Rijeci i FSB-a iz Zagreba, premijerki RH Jadranki Kosor
- ◆ 17. 06. 10. -prezentiran projekt Predsjedniku RH dr. Ivi Josipoviću i njegovim savjetnicima

Učinkovitost "rješavanja brodogradnje"!





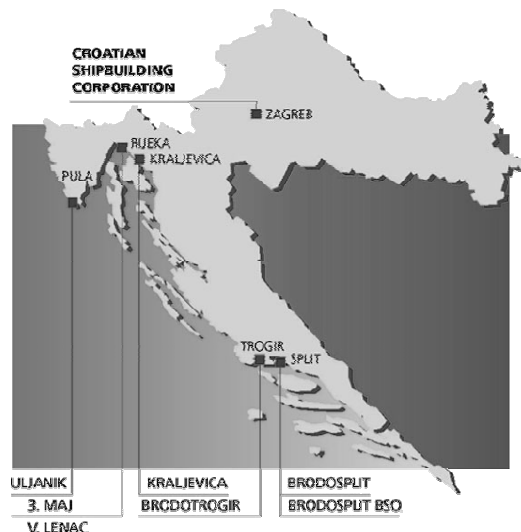
1.4 ARIS VEČERINA, Mr.sc. MACK d.o.o-Rijeka

BRODOGRADNJA - REORGANIZACIJA KROZ INTEGRACIJU (Power Point prezentacija)



1. Polazna osnova – ostvareni prihod

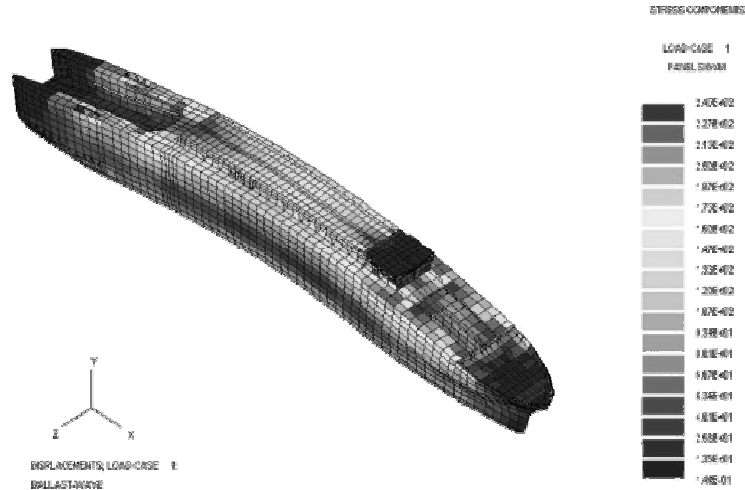
Godina	Ostvareni prihod (mln USD)
2003	429
2004	596
2005	528
2006	700
2007	760
2008	962
2009	792



2. Polazna osnova – subvencije

GODINA	BRODOSPLIT	ULJANIK	3 MAJ	BRODOTROGIR	KRALJEVICA	BSO
2003	140.233.477	176.605.213	49.465.224	39.495.901	1.248.982	
2004	112.363.190	148.081.100	86.151.086	53.106.973	7.227.766	17.032.465
2005	92.274.607	128.570.256	86.375.965	34.910.442	18.569.435	6.654.030
2006	109.981.598	131.897.777	78.131.892	40.094.155	13.313.275	609.777
2007	110.996.921	108.553.285	76.810.583	40.472.532	32.955.733	9.310.946
2008	99.213.932	116.494.132	89.154.428	30.437.659	16.656.324	6.743.525
2009	100.694.386	58.075.120	69.062.341	36.219.735,00	12.040.110	7.008.308
UKUPNO	765.758.111	868.276.883	535.151.519	274.737.397,00	102.011.625	47.359.051

3. Polazna osnova - činjenično stanje
- brodogradilišta razjedinjena
 - mjere restrukturiranja nisu dale očekivane rezultate
 - nepostojanje prepoznatljive ekonomske strategije RH
 - postojeće stanje je neodrživo



4. Prijedlog za promjene

- REORGANIZACIJA
- ISTRAŽIVANJE, RAZVOJ I INOVACIJE
- MJERE AKTIVNE GOSPODARSKE POLITIKE

Pokretanje novog integracijskog ciklusa utemeljenog na održivom rastu i razvoju koji osigurava dugoročnu održivost i profitabilnost.



- Definirati ekonomsku strategiju RH
- U okviru iste brodogradnja treba biti hrvatski brand
- Osigurati integraciju na nekoliko nivoa:

Nivo 1 – integracija velikih brodogradilišta u jednu organizaciju

Nivo 2 – integracija takve organizacije sa svim proizvođačima opreme i usluga iz RH radi plasmana svojih proizvoda u brod radi izvoza

Nivo 3 – integracija takve organizacije sa svim nužnim podizvođačima

Nivo 4 – integracija sa znanošću/projektantima/institutima radi razvoja proizvoda – broda koji će se plasirati na svjetsko tržište

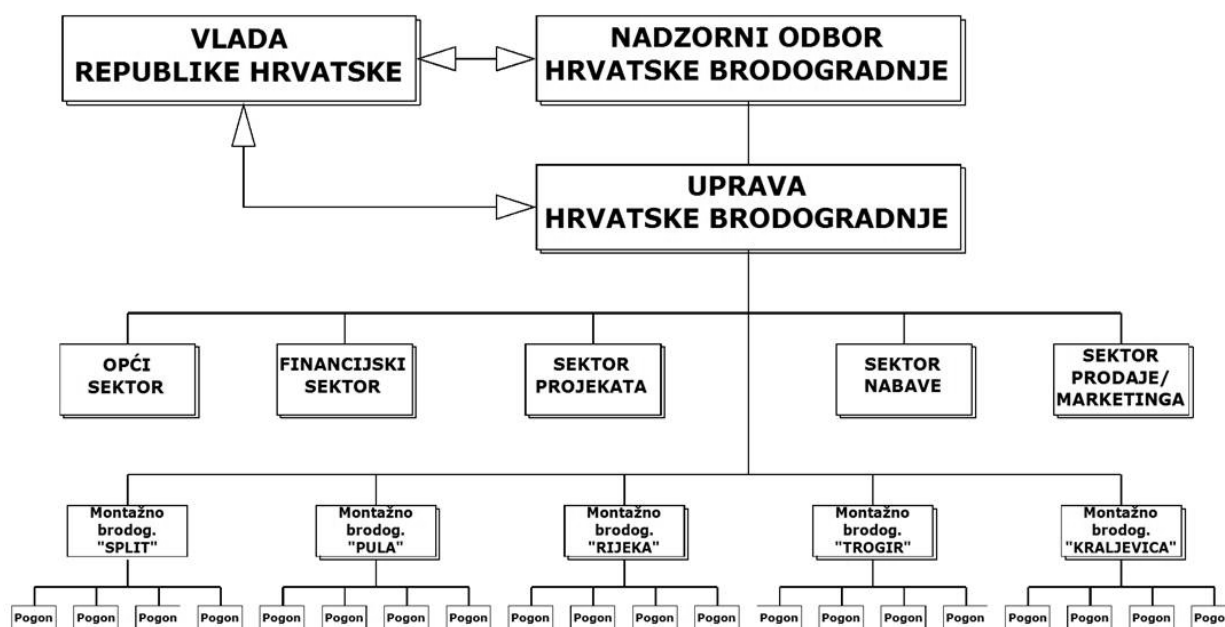
5. Integracija Nivo 1

Svi dosadašnji pokušaji restrukturiranja bazirali su se na pojedinačnim rješenjima za svako brodogradilište.

Rezultat – negativan.

Potrebno osigurati slijedeći način organizacije Hrvatske brodogradnje:

- sva brodogradilišta pretvaraju se u tkz. “montažna” brodogradilišta i na svojim postojećim lokacijama zadržavaju isključivo proizvodnu funkciju uz zadržavanje kompletne proizvodne radne snage i pratećih službi za organizaciju, rukovođenje i nadzor nad izvođenjem radova
- integracija uprava u jedinstvenu upravu sa sjedištem u Zagrebu
- integracija finansijskih službi u jedinstvenu



- integracija općih/kadrovskih službi u jedinstvenu
- integracija projektnih ureda u jedinstveni
- integracija službi nabava u jedinstvenu
- integracija službi prodaje/marketinga u jedinstvenu

5. Pojednostavljen organigram nove HB

Napomena: detaljniju rasčlanu u vidu kompletne postojeće kadrovske strukture sa ciljem da se pokušaju sačuvati maksimalno moguće radna mjesta moguće je sastaviti po usklađivanju podataka iz svih brodogradilišta

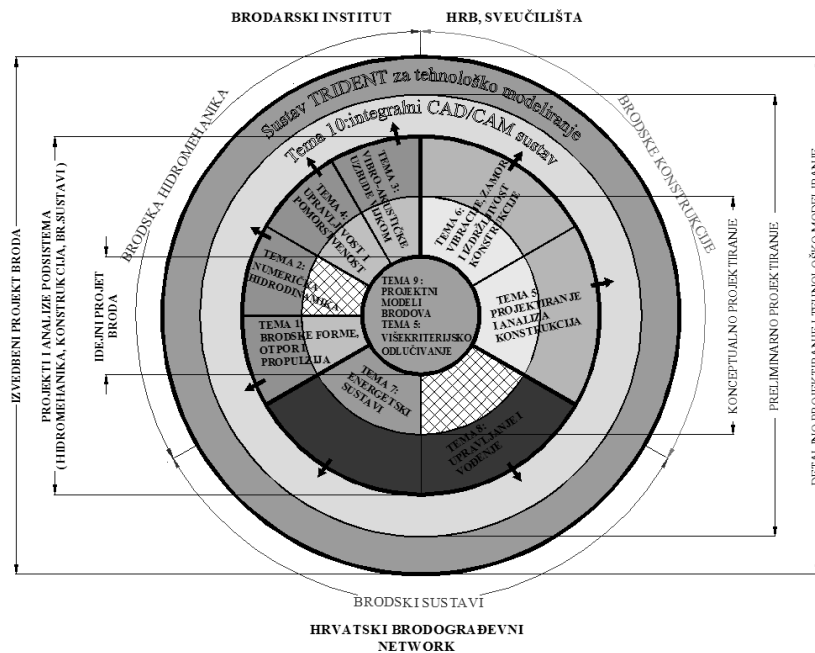
6. Integracija Nivo 2, 3 i 4

- Po ugledu na slične veoma uspješne tipove integracija kroz konzorcije i/ili klastere u svijetu nužno je povezivanje svih sudionika u stvaranju konačnog proizvoda – **brod**.

- Prijedloge sadržane u inicijativi FSB-Zagreb, Nacionalni program istraživanja i razvoja brodogradnje - Makroprojekt 2010, potrebno je proširiti sa čisto znanstvenog nivoa određivanja i izrade potencijalnih projekata složenijih tipova brodova koji se mogu nuditi na svjetskom tržištu na kompletne gotove proizvode HB.

7. Integracija Nivo 2, 3 i 4

MAKROPROJEKT HRVATSKA BRODOGRADNJA 2010
OSNOVNA RAŠČLAMBA METODOLOŠKE I PROJEKTNE RAZINE, TEME I PODRUČJA



NACIONALNI MAKROPROJEKT HRVATSKA BRODOGRADNJA HB 2010.

PROJEKTNE METODE U RAZVOJU PROIZVODA		
Tematsko područje	Metodološko područje	Istraživačke teme
Hidromehanika	metode analize	• Vitke forme brzih brodova T1
	projektne metode	• Cjelovita metoda prognoze i hidrodinamičkih značajki broda - otpor, propulzija i pomorstvenost T2-4
Konstrukcija	metode analize	• Proračun sigurnosti konstrukcija T5a • Analiza zamora konstrukcije T5b
	projektne metode	• Procjena i optimiranje mase trupa broda T6a • Novi materijali u brodogradnji T6b
Brodski sustavi		• Pogonski sustavi brodova T7a • Energetski sustavi brodova T7b • Sustavi tereta T8
Osnivanje	idejni projekt	• Višekriterijske projektne procedure T9a • Matematički modeli generičkih tipova broda T9b
	preliminarni projekt	• Razvoj cjelovite metode osnivanja broda i jedinstvene baze podataka T10
	integralni softver	• Jedinstveni informatički sustav osnivanja broda
PROJEKTI PERSPEKTIVNIH VRSTA BRODOVA I OPREME		
<ul style="list-style-type: none"> • Generički tipovi brodova za prijevoz putnika i vozila, te za turistička krstarenja • Modularni projekt brodova pomorske straže (carina, policija, kapetanija, održavanje plovnih putova) 		
• Brodovi za prijevoz tereta na kotačima	Brodovi za prijevoz tereta na kotačima u kombinaciji sa hladnim teretom	
• Brodovi za prijevoz hladnog tereta	Brodovi za prijevoz kontejnera	
• Tankeri za prijevoz naftnih preradevina	Tankeri za prijevoz kemikalija s tankovima od nehrđajućeg čelika	
• Tankeri za prijevoz kemikalija (bojani)	Brodovi za prijevoz ukapljenih petrolejskih plinova	
• Objekti pomorske i podvodne tehnologije		

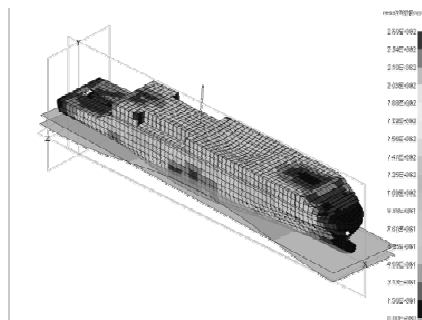
NACIONALNI MAKROPROJEKT U DOBA RECESIJE

Istraživanje i implemetacija (odvijaju se paralelno) sa sljedećim zadacima:

- poboljšanje metodologije projektiranja i analize
- hidrodmehanika, teme 1-4, smanjit će troškove i rokove za bazenska ispitivanja uz istovremeno povećanje broja ispitanih varijanti
- konstrukcija, teme 5-6 , integrirat će se kompletan proračun (analiza i optimizacija) brodske konstrukcije s tehnološkim modeliranjem u sustavu TRIDENT i time sniziti cijenu i rokove kod nabave crne metalurgije
- brodski sustavi, teme 7-8, koncipiranje brodstrojarskog projektnog postupka
- uvođenje novih postupaka i metoda u proces projektiranja (Integralni pristup - teme 5, 9, 10
- razrada generičkih projekata odabranih tipova brodova do razine ugovornog projekta.
- implementacija novorazvijenih metoda i postupaka u projektnu proceduru u projektnim uredima.
- generiranje novih tema i projekata na osnovi stečenih iskustava (Makroprojekt 2010+)

8. Zaključak

- Integralni sustav (funkcionalno i tehnološki) bio bi osnova razvoja i kompetitivnosti HB u budućnosti pokrivajući projektiranje od konceptualnog projekta do tehnološkog modeliranja kao ulaza u proizvodnju.
- Makroprojekt Hrvatska brodogradnja 2010 trebao bi biti lakmus naše spremnosti da u području gdje smo svjetski prepoznatljivi nastavimo utakmicu u najvišoj ligi.
- Postojanje proizvodnje s imenom i ugledom, obrazovnih i istraživačkih ustanova, vlastitog registra brodova i potencijala za kvalitetnu prateću industriju daju nam za to solidnu osnovu .



1.5 IZVOR GRUBIŠIĆ, Prof.dr.sc., FSB-Zagreb

VIZIJA ODRŽIVE BRODOGRADNJE PRIMJENA ZNANOSTI I INOVACIJA-(Power Point prezentacija)

Sveučilište u Zagrebu i Fakultet strojarstva i brodogradnje organizirali su okrugli stol "Vizija održive brodogradnje - primjena znanosti i inovacija" kojem je namjera bila ukazati na moguće putove prema profitabilnosti, posebno aktiviranjem znatnog intelektualnog kapitala koji u toj djelatnosti postoji.

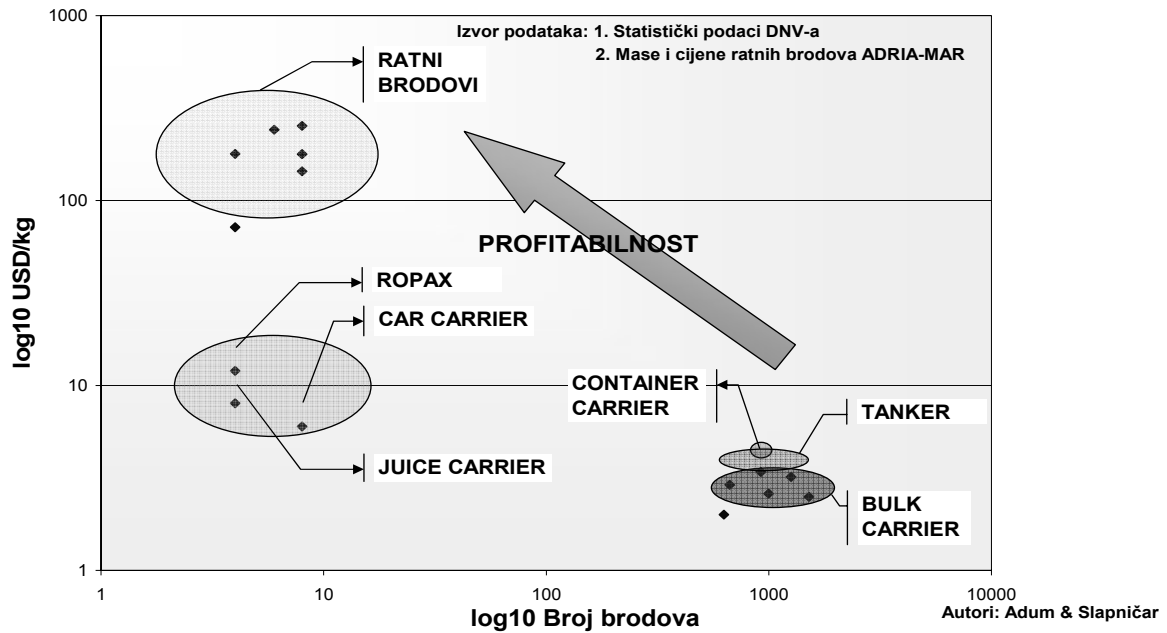
Okrugli stol je održan u utorak, 2. ožujka 2010. godine, od 9 do 14:30 sati u auli Rektorata Sveučilišta u Zagrebu. Sudionici skupa bili su eminentni stručnjaci i znanstvenici iz područja maritimnog kompleksa.

Zaključci okruglog stola:

1. Brodogradnju treba okrenuti prema uspješnom poslovanju s dobiti prvenstveno zbog interesa hrvatske države, a ne zbog uvjeta koje postavlja EU.
2. Sudbinu brodogradnje određuje sagledavanje i spoznaja interesa društva, ocjena mogućih alternativnih gospodarskih usmjerenja te sposobnost pokretanja i održavanja, konkurentne i rentabilne proizvodnje. Tek kada postoji takva volja, znanje i koordinirano djelovanje svih odgovarajućih subjekata i kapital će naći svoj interes za ulazak u brodogradnju.
3. Privatizacija i restrukturiranje nisu povezani. Restrukturiranje brodogradnje mora se dugoročno planirati, čim prije početi i strateške odluke ne mijenjati 20 godina. Potrebno je staviti naglasak na integraciju, povezivanje znanstvenih institucija, brodograđevne i prateće industrije te stvaranje klastera proizvođača opreme. Pri tome treba iskoristiti akumulirano znanje i iskustvo iz ratne brodogradnje.
4. Samo cjelovito i dugoročno razmatranje brodogradnje u okviru maritimnog kompleksa može dati strateški dobro usmjerenje gospodarstva.
5. Brodogradnja je znatno manji ekološki problem nego mnoge druge djelatnosti uz jadransku obalu i ne ugrožava druge djelatnosti na Jadranu.
6. Doba recesije je vrijeme za ulaganje u nove proizvode i povećanje intelektualnog kapitala u pripremi za sljedeći val konjunktive. Treba pokrenuti državni istraživački makroprojekt u brodogradnji s naglaskom na investiranje u projektante (obrazovanje i povećanje kompetencija) i u razvoj serije baznih projekata perspektivnih tipova brodova i drugih pomorskih objekata visoke dodane vrijednosti.
7. Realistična analiza pouzdanih podataka pokazuje da brodogradnja ne živi na račun poreznih obveznika, tj. veća je korist društvu s brodogradnjom nego bez nje. Treba kvantificirati cjelokupnu potencijalnu štetu za gospodarstvo koja bi nastala gašenjem brodogradilišta.
8. Znatni priliv poreza i doprinosa u državni proračun kroz učešće domaće komponente koja u prosječnom brodu sudjeluje s najmanje 60% (bez obzira na neargumentirane pokušaje podcjenjivanja ovog udjela) dodatno podržava razvoj prateće industrije i ostalih uslužnih struktura cijelog društva.
9. Nema zamjenske djelatnosti u RH koja bi mogla nadomjestiti brodogradnju.

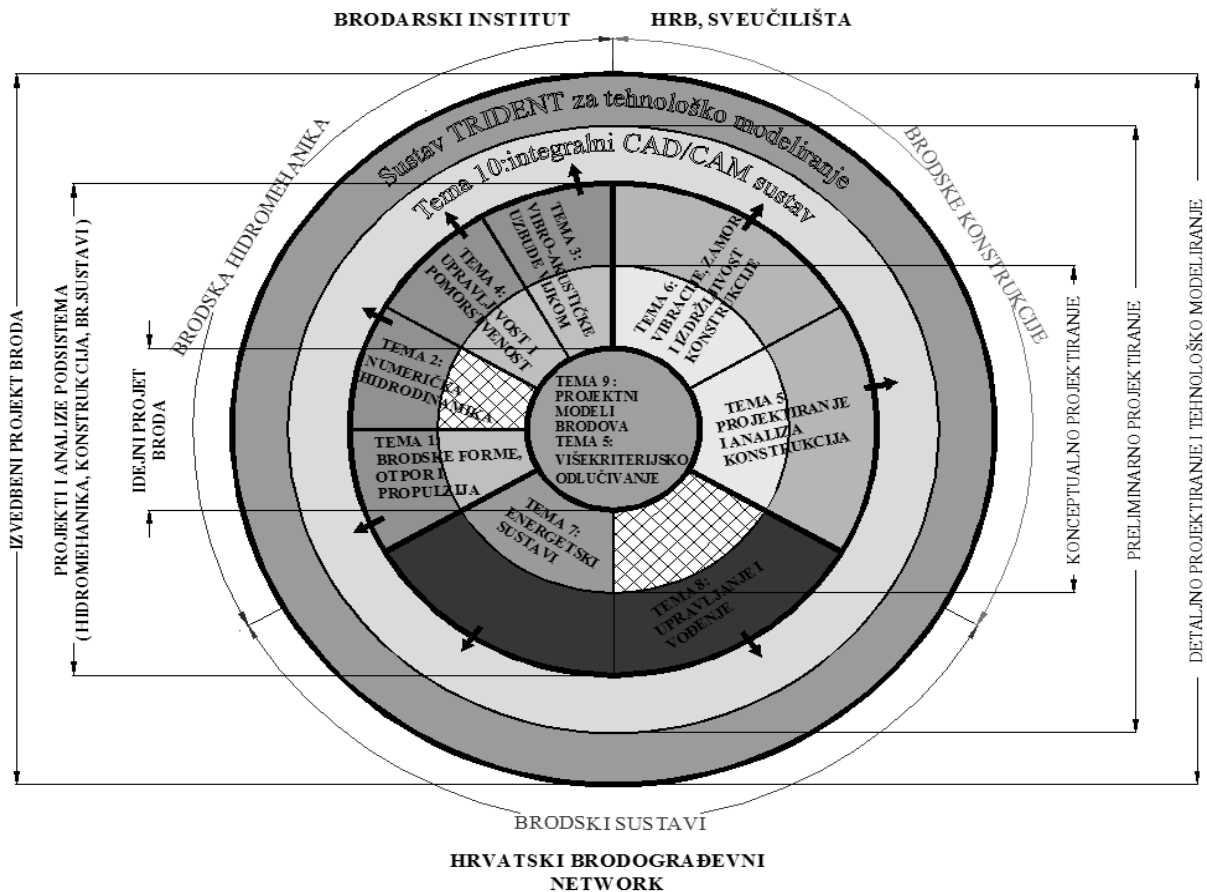
Naglasci okruglog stola:

STRATEGIJA PROFITABILNOSTI



MAKROPROJEKT HRVATSKA BRODOGRADNJA 2010

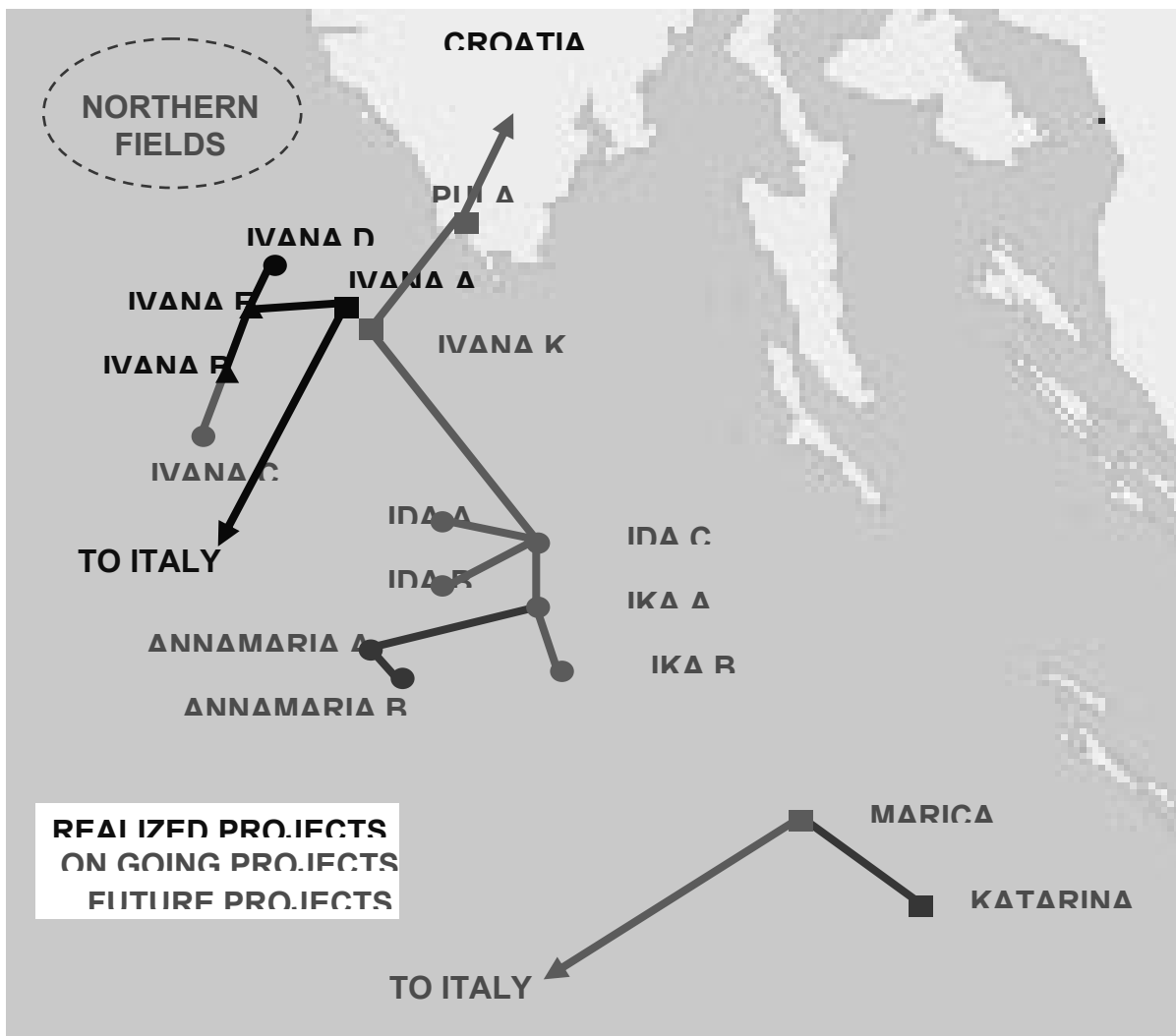
OSNOVNA RAŠČLAMBA METODOLOŠKE I PROJEKTNE RAZINE, TEME I PODRUČJA



HRVATSKI BRODOGRAĐEVNI KOMPLEKS:

- JADRANBROD – HRVATSKA BRODOGRADNJA /
 - VELIKA BRODOGRADILIŠTA
- PROIZVOĐAČI BRODSKE OPREME I STROJEVA
 - HRVATSKI REGISTAR BRODOVA
 - BRODARSKI INSTITUT
- SVEUČILIŠTA U ZAGREBU, RIJECI I SPLITU
- USCS – ULJANIK SHIPYARD COMPUTER SYSTEMS
 - PROJEKTNE I OSTALE SME TVRTKE.....

Stanje programa Sj. Jadran – 2003.

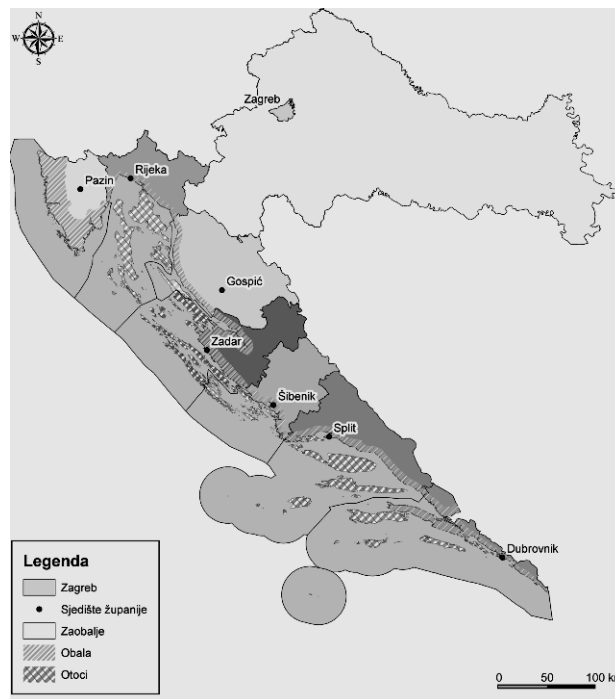


- Ukupna vrijednost programa:
320 mil.US\$
(za 2002 / 2003)
- Od čega za izgradnju:
93 mil.US\$

ŠTO JE PROPUŠTENO?

- ❖ Ukupna ulaganja u sva plinska polja trebala su prema prvim planovima INE/ENI iznositi oko 600 mil US\$ uz raspodjelu troškova u omjeru 50:50
- ❖ Otkrivanjem novih nalazišta kako i napretkom tehnologije bušenja uz istovremenu veliku promjenu tečaju US\$ prema EUR troškovi su uvelike premašili milijardu EUR.
- ❖ Udio hrvatske komponente u projektima izgradnje proizvodnih plinskih platformi smanjio se sa postignutih maks. 57% prije stečaja V. Lenca na 5-10% za vrijeme i nakon stečaja.
- ❖ Udio učešća hrvatskih tvrtki u izradi i polaganju podmorskih cjevovoda je bio zanemariv obzirom da se kompletan posao ugovarao sa specijaliziranim tvrtkama iz Italije na bazi ugovaranja “ključ u ruke”.

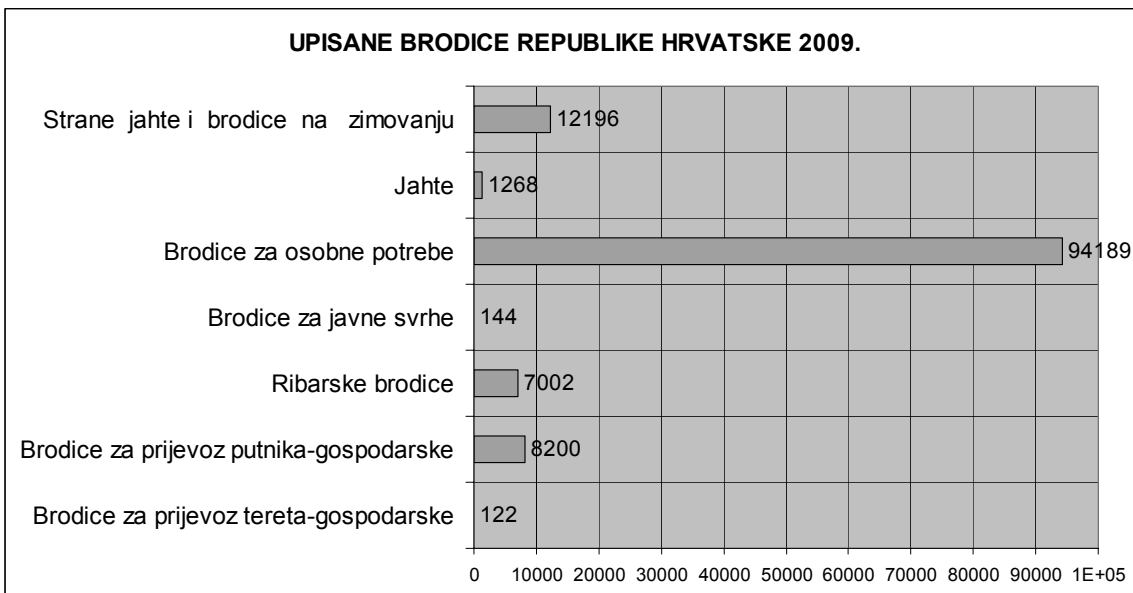
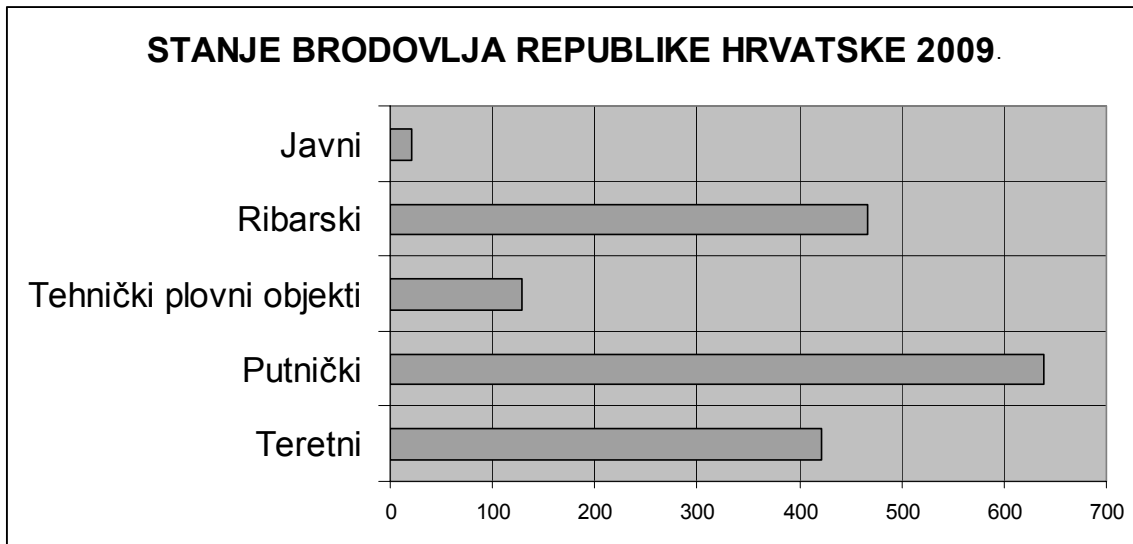
POSEBNOSTI JADRANA:



Simultanost i interakcije svih aktivnosti na Jadranu zahtijeva holistički pristup određivanju prioriteta.

NAJVAŽNIJE DJELATNOSTI NA JADRANU

1. Luke i lučke djelatnosti
2. Brodogradnja i održavanje brodova
3. Brodarstvo
4. Ribarstvo i marikultura
5. Turizam
6. Nadzor i sigurnost na moru
7. Pomorska i lučka administracija



ENGINEERING EDUCATION

WHY THE CHANGE?

Motivation:

Engineering world of tomorrow will be different from what it is today

"Scientists investigate that which already is.

Engineers create that which has never been."

- Theodore von Karmann

"What is chiefly needed is skill rather than machinery"

- Wilbur Wright

"Engineers Conceive, Design, Implement and Operate complex products and systems in a team-based environment"

ENGINEERING EDUCATION – trends

- *growing complexity and interdisciplinarity of engineered systems*
- *rapid emergence of new technologies*

- *blurring of boundaries among technical disciplines*
- *globalization as a principal driving force for change*
- *increasing global competition*
- *convergence of biology and engineering*
- *students' interests go beyond traditional engineering disciplines*

ENGINEERING EDUCATION –response

Question:

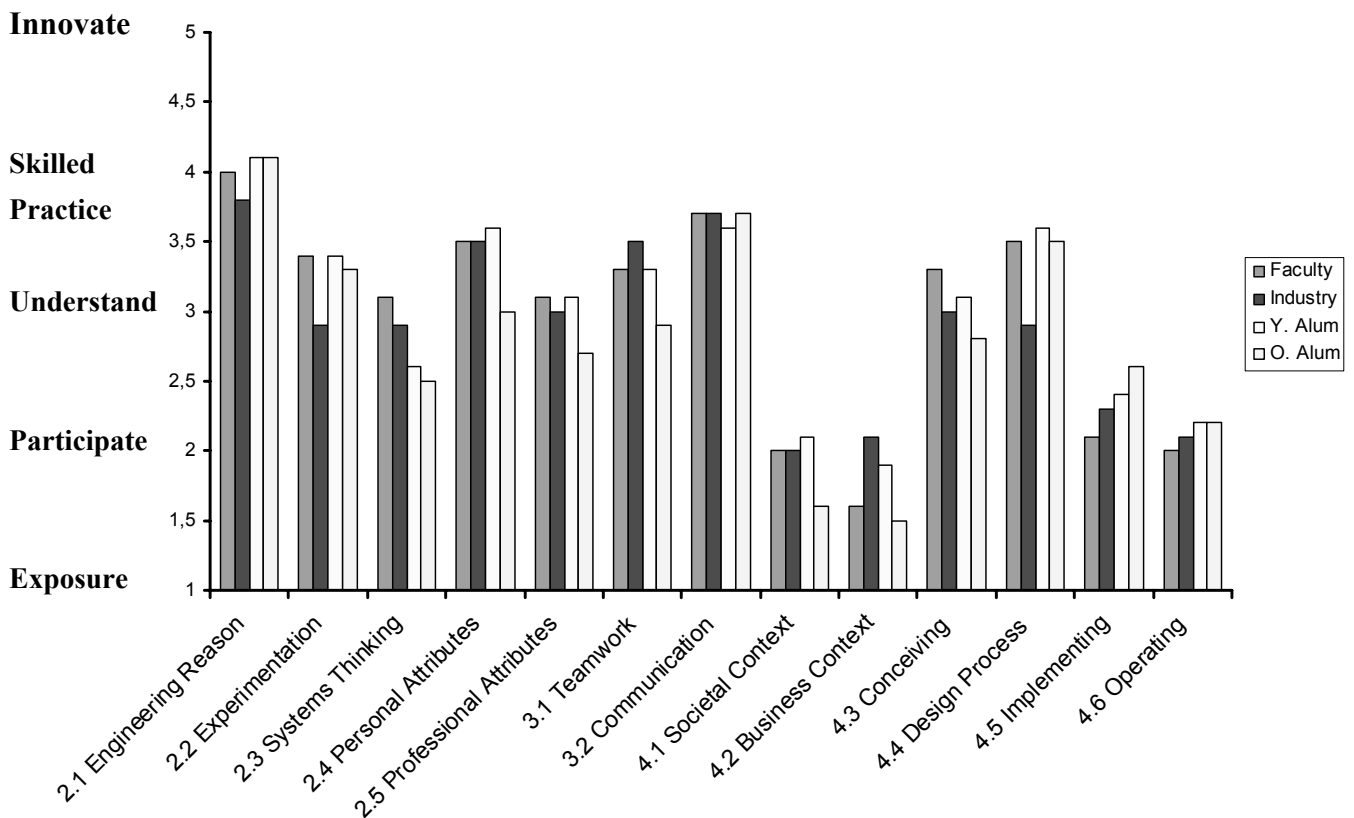
How should engineers be educated to meet future challenges?

Response:

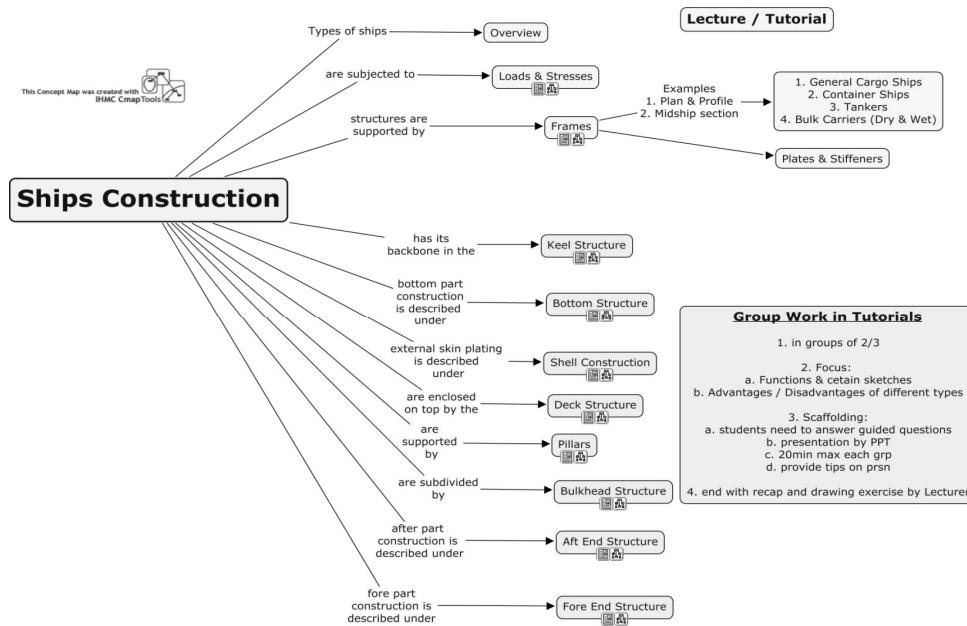
New concepts and methods in engineering education

- *e-learning*
- *Distance Learning*
- *Lifelong Learning*
- *PBL concept (Project Based Learning)*
- *CDIO concept (Conceive, Design, Implement, Operate)*

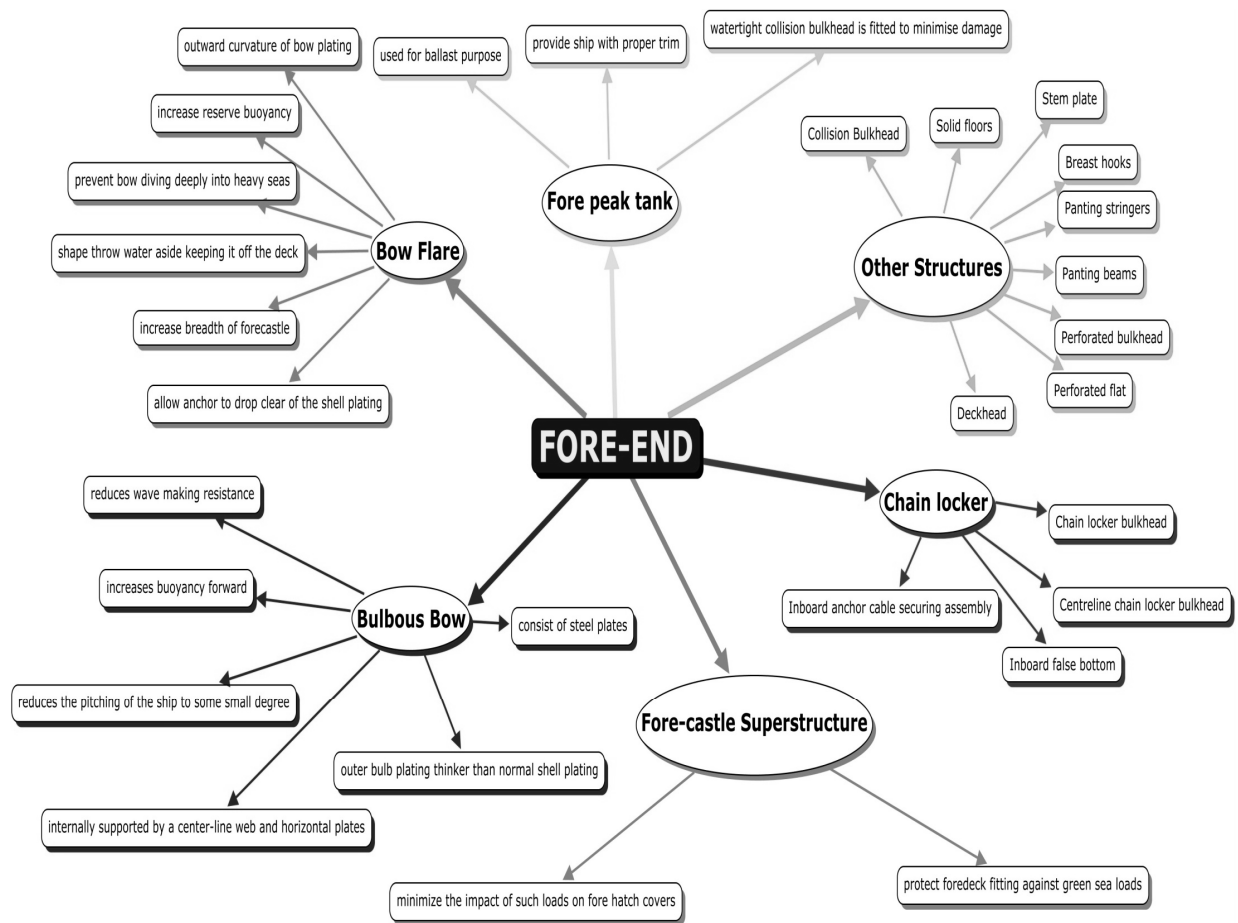
AT WHAT LEVEL OF PROFICIENCY ?



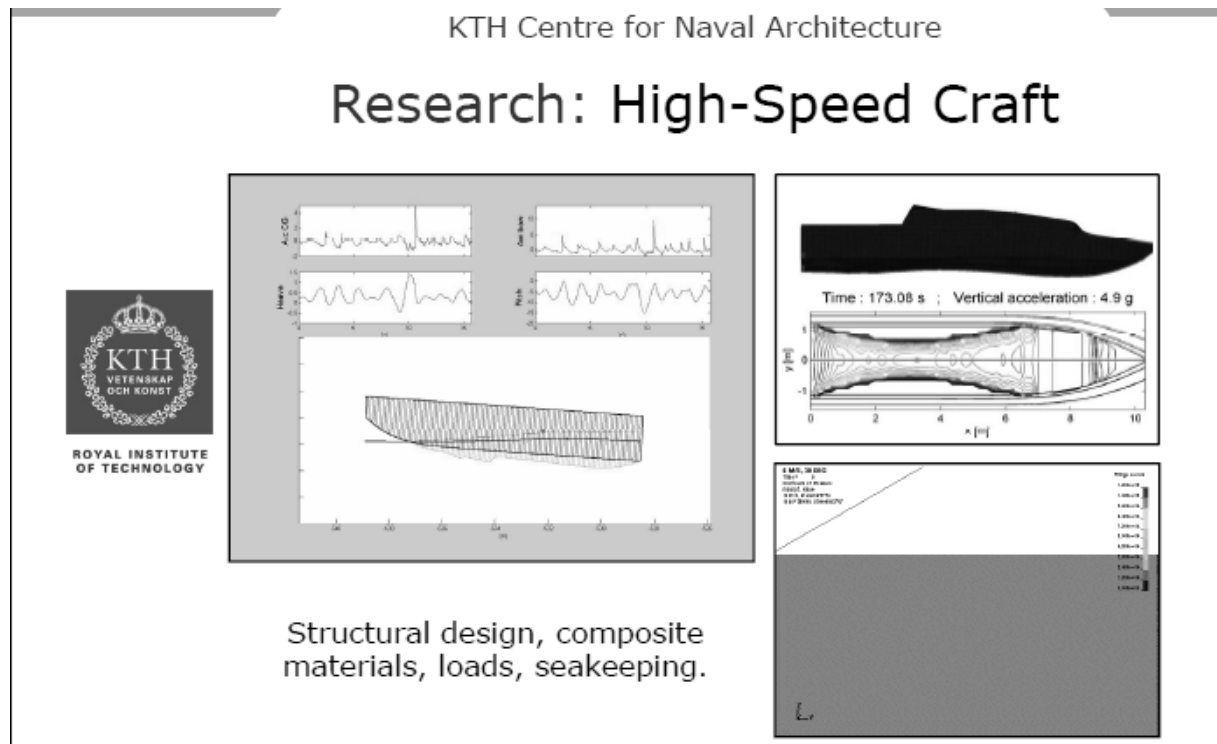
Research, Reflect, Connect



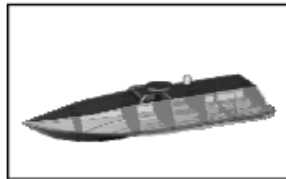
Connections



Example



Research: High-Speed Craft



3rd Generation Composite Craft
Unmanned Surface Vehicle
?FRP



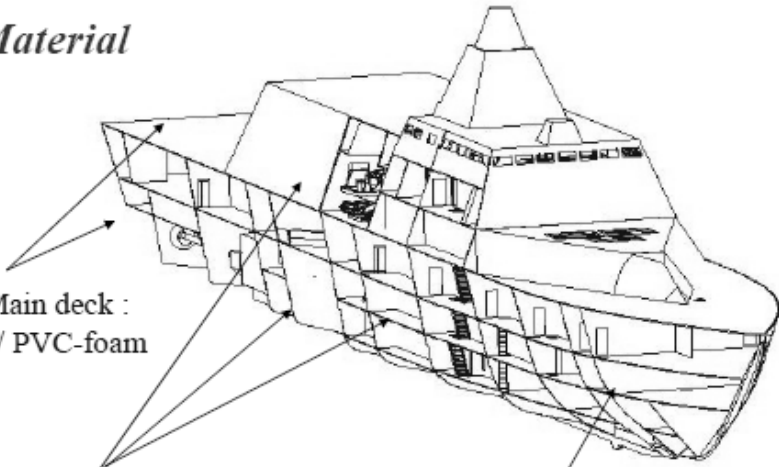
2nd Generation
Corvette Visby
CFRP



1st Generation
MCMV Landsort
GFRP

Advanced projects


Possible Material Selection



Hull Shell Plating, Main deck :
Carbon / Vinylester / PVC-foam

Superstructure, Internal Decks and
Bulkheads :
Glassfiber / Phenolics / Balsa

Joints :
Bonded, Prefabricated
Composite Profiles



Department of Aeronautical and Vehicle Engineering

NACIONALNI MAKROPROJEKT HRVATSKA BRODOGRADNJA HB 2010.

(Power Point prezentacija)

(A) Postavke

- Svjetsko brodograđevno tržište najpovoljnije valorizira **proizvode visoke razine** ugrađenog znanja.
- Kontrola nad projektom omogućava **uključenje domaće industrije** u proizvod, a time i dominantni efekt brodogradnje na nacionalnu ekonomiju (primjeri Japana, Koreje, Švedske, Finske)
- To čini **projektiranje malom ali ključnom karikom** u profitabilnosti cijele industrije za RH.
- Proizvodi niske sofisticiranosti svode brodogradnju na montažu, a time i gubitak pozicije RH u odnosu na jeftinije konkurente iz te grupe (Kina, Ukrajna, Rumunjska,..).
- Podizanje projektanske razine HB, potrebne za kvalitetnu kontrolu nad sofisticiranim projektom, stoga postaje prioritetni cilj ne samo brodogradnje već **zajednički cilj svih tehničkih orijentiranih industrija u RH** koje mogu izvoziti kroz brodogradnju.
- Brodograđevne EU zemlje imaju nacionalne projekte u brodogradnji Njemačka, Finska.., uz participaciju u EU projektima

(B) Zadatci:

Zadatak B1: Povećati konkurentnost hrvatske brodogradnje u bliskoj budućnosti putem nuđenja strogo selekcioniranih profitabilnijih i kvalitetnijih tipova brodova i drugih plovnih objekata za koje je potrebno izraditi generičke projekte.

Zadatak B2: Kroz razvojni znanstveni rad, povećati nivo znanja projektanta (ulaganje u projektanta) i razviti projektne alate isključivo za praktičnu primjenu u projektiranju (ulaganje u razvoj softvera, eksperiment i druge tehnike) i spriječiti potencijalno kolonijalni status naše vodeće izvozne industrije (primjer Finskog networka: Aalto, KONE, Wartsila, Napa).

Zadatak B3: Uključiti nove brodograđevne kadrove u Zadacima B1 i B2 (uz iskusne projektante) te time zadržati kritičnu masu nužnu za tehnološku utakmicu na brodograđevnom tržištu u budućnosti.

(C) PROVEDBA - OSNOVNA RAŠČLAMBA MAKROPROJEKTA

1. FAZA -Identifikacija ciljeva

Izvršitelji su članovi Sekcije za morsku brodogradnju ZSP HAZU

- Preliminarna identifikacija potencijalno konkurentnih projekata generičkih tipova brodova (npr. RoPax, CNG, LPG, LNG, brzi putnički za jadranske veze, itd.) te brodskih sustava i opreme.
- Preliminarna identifikacija metodoloških problema i nedostataka u postojećem projektom postupku
- **Izraditi elaborat** tipa EU FP6 STREP IMPROVE sa kojim imamo vrlo pozitivno iskustvo - 3 projekta inovativnih brodova (RoPax, LNG, kemijski tanker) i uvođenje naprednih projektnih metodologija.
- **Formiranje Konzorcija**, na solidnoj osnovi izrađenog elaborata, i iznalaženje investitora (tehnologijski projekti, MZOŠ, MGORP, poticajni fondovi (EU, HR), ostali poencijalni investitori,..) .

IMPROVE Project Objectives – improve generic ship design



New generation of design:

- 220 000 m³ capacity LNG
- pronounced V-shape section

Structural design optimization at the early stage design:

- multi-stakeholders requirements
- using existing design platforms and tools
- create and/or improve rational models
- design characteristics optimization

Principal objectives:

- reduction of the manufacturing costs and production lead-time
- reduction of the maintenance costs for ship-owners

Tablica 1.

	TIP BRODA/Osnovne karakteristike	Brodogradilište			
		ULJANIK	3.MAJ	SPLIT	TROGIR
1.	RoPax Nastavak razvoja RoPax započetog kroz EU projekt IMPROVE, istraživanje koncepta s aktivnim kormilom, ...	X			
2.	Plutajući hotel - Namijenjen za Jadran ili slična zatvorene mora. Veliki CB, ide od grada o grada preko noći malom brzinom od nekoliko čvorova, novi vid turizma, ne treba građevinsku dozvolu i sl.	X			
3.	Car-carrier Novi koncept velikog broda za prijevoz automobila pentamaranske forme. Istražiti prednosti novog koncepta, razvoj forme, redukcija ravnih ploha-opasnost od <i>slamminga</i> ,...razvoj projekta s podiznim palubicama izrađenim od kompozitna (ušteda u težini-bolji stabilitet) i sl.	X			
4.	Brod za polaganje vjetrenjača Razmisliti o prijedlogu višenamjenskog broda koji prevozi krila i polaže vjetrenjače, te prenositi teške terete. Potrebno znanje operatera/brodara koji obavlja operaciju polaganja kao preduvjet za uspješno projektiranje.		X	X	
5.	Višenamjenski brod za teške terete Veličina od 14000 ÷ 20 000 TDW. Problem 4-taktnog motora (ne proizvodi se u HR). Ispitati mogućnost ugradnje 2-taktnog. Problem domaće opreme, dizalice uvozne.		X	X	
6.	Aframax tanker (114 000 TDW) Brod za veće specifične težine tereta, izbor više domaće opreme. Studija izbora tipa materijala (<i>mild steel /HTS</i>), strukturna optimizacija (razmak uzdužnjaka, okvira,...) prema novim Pravilima-ISSC-CSR.		X	X	
7.	Bulk carrier (58 000 TDW) Razvoj novog tip brod za rasuti teret, forma, propulzija, i sl. Do sada su izgrađeni brodovi prema konceptu od 52000 TDW. Studija izbora tipa materijala(<i>mild steel /HTS</i>), strukturna optimizacija (razmak uzdužnjaka, okvira,...) prema novim Pravilima-IACS- CSR.			X	
8.	Reefer			X	
9.	Chemical Tanker (47 000÷52 000 TDW) Uspješan projekt, unaprijeđenje kroz strukturnu optimizaciju, izbor više domaće opreme, i sl.				X

Projekti bi se izveli na slijedećim razinama (ISSC 2006):

1. **Idejni projekt** (potencijalna nova niša)
2. **Konceptualni projekt** (definiran kao 'svi problemi riješeni' – fiksirano oko 80% posto sredstava /svojtava broda –prema S. Kruegeru FSG)
3. **Preliminarni projekt** (osnova Ugovorne dokumentacije)

Prosudbena skupina predložila bi interesantne projekte s razine 1 za razradu na razini 2, te konkretne perspektivne projekte razine 2 za razradu na razini 3.

Na osnovi navedenih ciljeva glavni projektanti svih brodogradilišta iznijeli su prijedloge perspektivnih tipova brodova. Sažetak je dan u Tablici 1. Većina projekata izvela bi se na ključnoj razini 2, dok bi neki projekti bili kandidati za razinu 3.

(Na prvom sastanku Sekcije V. Andročec je izvijestio da građevinari razvijaju mnogo veći broj perspektivnih projekata - preko 120.

ad Zadatak B1: Razrada generičkih projekata odabranih tipova brodova na temelju Faze 1, do razine Ugovornog projekta

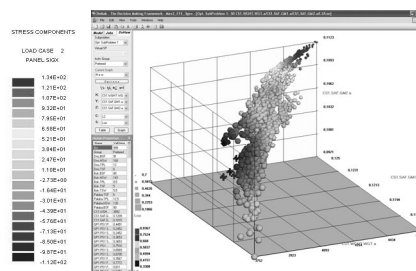
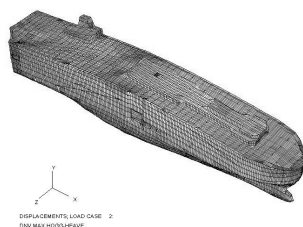
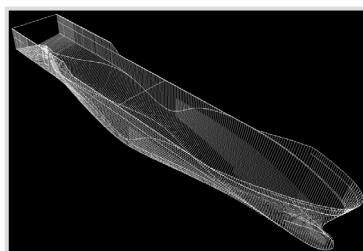
ad Zadatak B2: Poboljšanje metodologije projektiranja i analize brodskih podsustava:

- hidrodinamika - (numerička) smanjiti troškove i rokove za bazenska ispitivanja uz istovremeno povećanje broja ispitanih varijanti
- konstrukcija - integrirat će se kompletan proračun (analiza i optimizacija) brodske konstrukcije s tehnološkim modeliranjem u USCS sustav TRIDENT te sniziti cijena i rokovi za nabavu crne metalurgije.(Finski Nacionalni proj.)
- **brodski sustavi** - učiniti će se koraci u integraciji i razvoju brodstrojarskog projektog sustava.
- Poboljšanje postupka konceptualnog i preliminarnog osnivanja broda.

ad Zadatak B3: Implementacija novorazvijenih metoda i postupaka u projektnu proceduru u Projektnim uredima. Generiranje novih tema i projekata na osnovi stečenih iskustava u realizaciji ciljeva istraživanja.

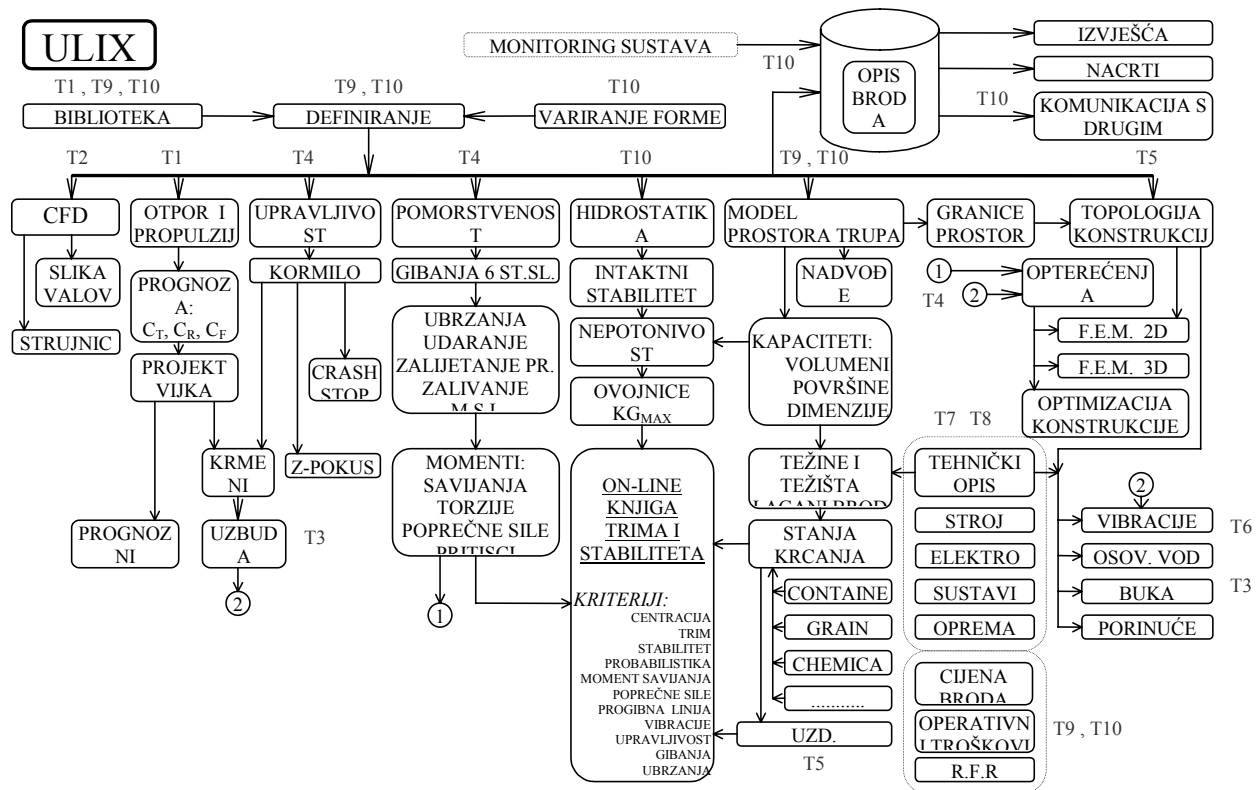
2. FAZA – Istraživanje (Izvršitelji su članovi Konzorcija) i

3. FAZA – Implemetacija (Izvršitelji su članovi Konzorcija i USCS-Uljanik)



- SUSTAV ULIX ZA PRELIMINARNO PROJEKTIRANJE BRODA U OKVIRU SUSTAVA TRIDENT

- UKLAPANJE TEMA MAKROPROJEKTA HRVATSKA BRODOGRADNJA 2010



(D) DINAMIKA RADA

Teme će u načelu razvijati generičke projekte i pripadne alate kroz prve dvije godine rada, uz kontinuiranu implementaciju međurezultata (projekti, dorada postojećeg softvarea).

U trećoj godini rada integrirat će se analitičke teme (hidromehanika, konstrukcija, brodski sustavi) u projektni sustav ULIX za funkcionalno modeliranje (brodogradevni proračuni).

Kroz sintetske teme (osnivanje broda i njegovih podsustava) provesti će se dorada ULIX-a, te njegovo vezivanje na tehnološko modeliranje u sustavu TRIDENT koji je razvio Uljanikov USCS za potrebe Hrvatske Brodogradnje.

ULIX će se finalno testirati na ranije razvijenim generičkim projektima brodova za daljnju kontinuiranu upotrebu.

Time će HB imati generičke projekte perspektivnih tipova brodova i plovnih objekata te integrirani, znanstveno zasnovani, alat za projektiranje i tržišnu utakmicu.

(E) ZAKLJUČAK

- Razvijeni software stavio bi se na raspolaganje svim brodogradilištima i znanstvenim ustanovama čime bi se podigla kakvoća izrade projekta odnosno bitno bi se skratilo vrijeme od samog idejnog rješenja pa sve do izrade konstrukcije broda.
- Integralni sustav za projektiranje (funkcionalno i tehnološko) bio bi osnova razvoju i kompetitivnosti brodogradilišta u budućnosti, pokrivajući projektiranje od konceptualnog projekta do tehnološkog modeliranja kao ulaza u proizvodnju a za očekivati je da projektant koji kvalitetno kontrolira projekt bitno utječe na profitabilnost cijele industrije.
- Makroprojekt Hrvatska brodogradnja 2010 trebao bi biti lakmus naše spremnosti da u području gdje smo svjetski prepoznatljivi nastavimo utakmicu u najvišoj ligi.
- Postojanje proizvodnje s imenom i ugledom, obrazovnih i istraživačkih ustanova, vlastitog registra brodova i potencijala za kvalitetnu prateću industriju daju nam za to solidnu osnovu .

1.6 GORAN ŠARIĆ- generalni direktor Mediteranske plovidbe-Korčula

AKTUALNI TRENUTAK HRVATSKOG I SVJETSKOG BRODARSTVA.

Poštovane dame i gospodo,
uvaženi sudionici Sorte,

kao predsjednik Uprave najstarije brodarske kuće na otoku, Mediteranske plovidbe, želim vam srdačnu dobrodošlicu na Korčulu. Zahvaljujem vam na dolasku i, posebno, sudjelovanju na ovom Simpoziju o teoriji i praksi brodogradnje. Vaš stručni skup događa se u jedno iznimno kompleksno i ne osobito lijepo doba u kojoj se naše velike mogućnosti i želje u brodograditeljstvu i brodarstvu sudaraju sa mogućnostima stvarnosti. One stvarnosti koja nam je nametnuta globalnim kretanjima ali, još više i značajnije, one loše stvarnosti koju smo sami stvorili, iz mnogih poznatih i nepoznatih razloga, jednako stručnih kao i potpuno amaterskih, upravo mi u Hrvatskoj.

S jedne strane, nalaze se četiri bitne prednosti Hrvatske, pa čak i u ovom relativno nepovoljnom ekonomskom trenutku, naspram mnogih drugih zemalja Regije i Europe. Četiri prednosti, četiri tradicije, četiri mogućnosti i četiri razloga više kojima bismo trebali pristupiti s najvećom ozbiljnosti ali i ambicijom. Četiri mogućnosti da se ozbiljan problem s kojim smo danas suočeni, vremenom prometne u ozbiljan profitabilan biznis. Vjerujem da je to moguće.

O prvom resursu ne treba trošiti mnogo riječi. Prvi i ključan je geostrateški položaj naše zemlje te broj i prometna povezanost, odnosno položaj luka, od juga do gotovo krajnjeg sjevera našeg dijela Jadranske obale. Umjesto da to bude dobra vijest, istina je da naše luke iz godine u godinu imaju sve manje posla. Tehnološki i logistički su prilično zaostale, u njih se ulaže malo ili ništa. Iako postoje, konekcije iz luka na prisutni zemaljski transport nisu zadovoljavajuće. Komunikacija željeznicom na izrazito je niskoj razini te bi o mogućnosti

uključivanja Hrvatskih željeznica, pa čak i spajanja između pojedinih luka i HŽ-a, trebalo ozbiljno porazmisliti. Poboljšanju poslovanja naših luka nije mnogo pomogla niti izgradnja autoceste. Ukratko, postojeći kapital koji imamo u geostrateškom položaju, te našim lukama, većim je dijelom neadekvatno iskorišten. Umjesto da donosi novac, donosi brojna opterećenja.

Drugi ozbiljan resurs ste **Vi**. Imamo veliku tradiciju i u teoriji i u praksi brodogradnje, kojom se kao društvo u cjelini doista možemo i moramo ponositi. Imamo sjajnu postojeću bazu **Vas**, vrhunskih brodograđevnih eksperata. Bez obzira na kontinuirani pad proizvodnje u brodogradilištima u Hrvatskoj, vaša je specijalizacija u svijetu još uvijek čuvena. Sad se pitam, okrutno kao čovjek iz okrutnog svijeta u kojem samo brojke govore... Što će biti sa svim **Vašim**, nama još uvijek tako potrebnim, znanjem ako se ne pronađe adekvatno rješenje za sudbinu hrvatskih brodogradilišta? Svakako, dio hrvatskih stručnjaka će nužno u još većem broju početi raditi za strane kompanije, dok će budućnost instituta i studija brodogradnje te mnogih ostalih srodnih studija biti krajnje upitna ili reducirana. Smatram da je to neoprostivo i društveno neodgovorno. Ne samo zbog tradicije ili zato što je umijeće projektiranja i gradnje vrhunskih brodova bitan dio našeg kulturnog nasljeđa. Već zato što je to skroz nepotrebno. Nepotrebno ako bi se postojećem problemu konačno pristupilo odgovorno i multidisciplinarno.

Treći resurs su brodogradilišta. Tužnu priču o njihovoj sadašnjosti svi, više ili manje, znamo. Htio bih istaknuti da su brodogradilišta, gledamo li ih kao pojedinačan, izoliran subjekt, doista gotovo nerješiv problem s prilično neizvjesnom, rekao bi katastrofalnom sudbinom. S jedne strane imamo, opet, tradiciju i kvalitetu ali njima se suprotstavljaju jači argumenti - visoki troškovi proizvodnje, tehnološka zaostalost, visoka cijena rada i sve ono drugo što priječi njihov mogući oporavak. Uza sve iskustvo, naša su brodogradilišta, na neki način, ovakva kakvi danas jesu, sami sebi neprijatelji. Želim posebno istaknuti da Europska unija ne inzistira na privatizaciji hrvatskih brodogradilišta, kao što nam to često predstavljaju domaći političari i mediji. **Ne**. Europa od nas ne traži privatizaciju, oni vrlo jasno traže da sami pronađemo rješenje koje nam najviše odgovora. Traže samo jedno, kako sami definiraju, **oni kažu** – “**poravnat teren**”. To znači da bilo koje brodogradilište u Hrvatskoj igra po jednakim tržišnim pravilima kao ono u Poljskoj, Velikoj Britaniji ili gdje drugdje u Europskoj uniji. Za nas je to prilično velik zahtjev s obzirom na socijalnu društvenu funkciju većine brodogradilišta u zemlji ali ne može se reći da je zahtjev Europske unije u potpunosti nepošten. Ako, bez obzira na ekspanziju Kine na tržištu brodogradnje, mogu održivo funkcionirati mnoga brodogradilišta u Europi, ne vidim zašto bi se nužno trebala ugasiti hrvatska brodogradilišta. Dakle, rješenje sigurno postoji.

Četvrti resurs je najmanji u cijeloj ovoj priči, ali bitan za ukupnu sliku. Uz luke, vas maritimne eksperte i brodogradilišta, to su i **Hrvatski brodari**. Iako je hrvatska trgovačka flota u svjetskim okvirima, doista malena. Svih dvanaest hrvatskih brodara (članice udruge Mare Nostrum) operira, ukupno, s 172 broda.

Dakle, u Hrvatskoj imamo sve potrebne elemente za uspjeh, a stanje je jedva izdrživo. Ukupno, na rubu kolapsa. **Pojedinačno**, imamo sve potrebno. **Kad se zbroji** – nemamo ništa. Samo problem. Imamo geostrateški položaj i luke, ali su puste i ne donose profit. Imamo, možda najbolje na svijetu, i u teoriji i u praksi, maritimne stručnjake, projektante, inženjere i brodograditelje. koji **više nikad neće moći graditi** u zemlji ako se brodogradilišta jednom zatvore. I imamo brodare koji po svjetskim morima voze uz pozitivnu, a Jadranom uz negativnu bilancu.

Što nam je činiti? Boriti se kao dosad, pojedinačno, svatko za sebe, doista bi trebao biti posljednji plan. Posve je logično da bismo mogli učiniti više ako bismo ujedinili ova četiri sektora na definiranju i izradi zajedničkog cilja. **Koji je to cilj?** Jednostavan, svakom vidljiv - gradimo brodove, plovimo, zapošljavamo luke, forsiramo postojeću prometnu infrastrukturu, ukratko kapitaliziramo ono što smo zapostavili. Problem pretvaramo u uspjeh. Zašto to Vlada već nije učinila za nas? Nije li to njezin posao i odgovornost? S jedne strane, naravno da jest. **Ali treba se suočiti s realnošću.**

Praktički od trenutka osamostaljenja i rata, pa na ovamo, sve naše Vlade suočene su s rješavanjem dnevnih problema i niti jedna nije imala dovoljno vremena niti kapaciteta za šire sagledavanje i strateško planiranje i djelovanje. Tako će biti i sa slijedećom Vladom, ma tko je formirao. K tome, razdijeljenost i rascjepkanost našeg društva je, praktički, potpuna. Svi su zatvoreni u svoje niše, u svim branšama, pa tako i u politici – po resorima, parcijalnim interesima. Uz to, najbolji stručnjaci nalaze se među nama, izvan struktura izvršne vlasti. Stoga je očito preambiciozno u ovom trenutku tražiti od države da riješi naše nagomilane probleme. **Najbolje ih sami poznajemo, pa je najlogičnije da se za svoju budućnost sami pobrinemo. Kako?**

Suradnjom između eksperata, brodograditelja, brodarka, luka, transportnih čimbenika, možemo izraditi održiv plan razvoja i potreba koji nužno ujedinjuje sve sektore. Zajedničkim ciljem, snagom i sredstvima, siguran sam da možemo polučiti željeni rezultat. Danas je posljednji trenutak, ako već nije prekasno. Izgubljeni položaji još se mogu vratiti, ali ako umre brodogradnja i naše luke, mrtvac a će biti nemoguće uskrsnuti. To je doista izvan naše moći.

Sve ovo što sam rekao ima smisla samo u jednom slučaju, samo ako morski prijevoz, kao takav, ima perspektivu. Tu nam govore brojke. Devedesetak posto ukupnog svjetskog transporta dobara odvija se morem, što je usput i ekološki najprihvatljiviji način. Dakle, mora i brodovi, imaju svoju budućnost. Na nama je da odlučimo hoćemo li se i na koji način **uključiti u tu budućnost.**

Umjesto da vas u ovom trenutku nepotrebno opteretim mnogim brojkama kojima bih vam ilustrirao stanje u hrvatskom brodarstvu, koje je u ovom trenutku opterećeno mijenjanjem i nadopunama legislative ususret prijemu Hrvatske u Europsku uniju, te najnovijim promjenama koje se najavljuju u poreznoj politici prema brodarima u zemlji, primjerice, upravo se najavljuje izrada prijedloga izmjena i dopuna Pomorskog zakonika u dijelu koji se odnosi na porezni sustav brodarka, koncentrirati ću se samo na najbitnije. U najgrubljim crtama predstavljeno, **hrvatski brodari na svjetskim morima uglavnom posluju s zamjetnom dobiti, a u hrvatskome moru – s gubicima.** Posebno se to odnosi na Jadroliniju, koja posluje u nemogućim uvjetima rascijepljena između svoje socijalne funkcije i onog što bi trebalo biti – normalno tržišno poslovanje.

Financijski, sve do trećeg ili četvrtog kvartala 2008. godine većina je brodarka, posebno oni koji rade na svjetskim morima, uživala plodove visokog tržišta i koristila situaciju za obnovu flote kao i da bi osigurali dovoljnu akumulaciju za krizu na koju se upozoravalo i koja je, barem u našem biznisu, bila jasno najavljavana.

Većina brodarka, ili barem svi oni koji su mogli, kvalitetno su se pripremili za krizu. Tijekom krize, od, otprilike, polovice ili trećeg kvartala 2008., pa sve do gotovo trećeg kvartala 2009., situacija je bila prilično dramatična: nedostajalo je robe za prijevoz, pojavio se višak brodskog prostora, a što je uzrokovalo pad vozarina. Banke su gotovo prestale financirati ili su

radikalizirale uvjete financiranja izgradnje brodova i trgovine morem. Zato su mnogi brodari otkazali narudžbe novih brodova i ostavili avanse brodogradilištima.

Brodarsko tržište i njegova bliska sutrašnjica? Pesimisti bi rekli - neizvjesno. Optimisti, pak, da će se krivulja ozbiljnije usmjeriti prema vrhu, kao što je već i započela. To je, uostalom, u našem biznisu uobičajeno. **Samo je krivulja jedina konstanta.** Ova je branša, doista, gotovo u potpunosti izložena tržišnom, valutnom, kamatnom, kreditnom, kadrovskom i ekološkom riziku. Osobno smatram da je stanje u tržištu u periodu oporavka i snaženja, pogotovo uzmemo li u obzir analize trendova iz posljednjeg kvartala 2009. i prvog i drugog kvartala 2010. koji su zadovoljavajući. Možemo biti, dakle, **umjereni optimisti.**

Na svjetskom brodarskom tržištu trendovi su slijedeći. Zbog liberalizacije trgovine na globalnoj razini, svjetska trgovina će zadržati stabilan umjeren rast kojeg karakteriziraju otvorenost, fer tržišno natjecanje i dodatno specijalističko usmjeravanje brodarskih usluga po takozvanim „nišama“.

Prvo, obim međunarodne trgovine nastavlja svoj umjeren stabilan rast.

Drugo, međunarodno brodarsko tržište sve više postaje „tržište kupca“. Natjecanje unutar brodarske industrije biti će sve intenzivnije.

I treće, brodarske kompanije danas izrađuju globalne informacijske i infrastrukturne mreže koje dijele različite kompanije u cijelom svijetu.

To su trendovi. Dakle, na tržištu je sve regulirano i potpuno otvoreno. Nema tajni. Princip za sve je isti i siguran sam da čak i mi, mala zemlja s velikom tradicijom, u tom svijetu možemo naći svoje mjesto. Želio bih upozoriti kako se kompanije na svjetskom tržištu sve više specijaliziraju za pojedine segmente prijevoza robe brodovima, što se, prirodno, odrazilo i na nas u Hrvatskoj kao na primjer u slučaju Mediteranske plovidbe, koja je jedina od hrvatskih brodara specijalizirana za frigo-brodove.

Naša velika potreba je graditi nove frigo-brodove. Naša želja je da te brodove izgradimo na najboljem mogućem mjestu - u Hrvatskoj. Ali, nismo sigurni da će to biti moguće. Zasad, brojke su neumoljive. Bez obzira na nižu kvalitetu, manjak tradicije, iskustva i stručnosti, korejska i kineska su brodogradilišta u velikoj prednosti i ofenzivi.

Na ovom mjestu Vas želim kratko podsjetiti da je kineski premijer Wen Jiabao, **pred početak summita Europske Unije i Kine posjetio Grčku**, izjavio da je Kina spremna otkupiti grčki dug ali i da će uspostaviti poseban fond za **kreditiranje grčkih brodovlasnika da kupuju kineske brodove.** To je ozbiljna poruka upućena u samo srce europske brodogradnje. Poruka za sve nas. Ne možemo se s njima mjeriti.

Ali sigurno možemo pronaći svoje mjesto i svoj odgovarajući obim sudjelovanja i profita na svjetskom tržištu mora i brodova. Biti će dovoljno učinimo li samo da naše Jadransko more ne postane „mrtvo more“, bez luka, bez stručnjaka, bez brodograditelja, ukratko bez života. Izradom zajedničke strategije, vjerujem, možemo i mnogo više od toga.

Zahvaljujem vam na pažnji i želim mnogo uspjeha u vremenu koje je ispred nas.

1.7 BRUNO DABOUIS-Bureau Veritas, Paris

WHAT CLASSIFICATION RULES FOR THE FUTURE AND WHAT FUTURE FOR CLASSIFICATION?

Summary

Classification rules and international regulations are two pillars contributing to safer ships and cleaner seas. There is a substantial content of return of experience in these rules and regulations as incidents or accidents have been one strong driver for their improvement as much as have been technical developments and innovations based on academic studies or industrial investments.

However, today, three factors have largely impacted classification rules. Firstly, the demand for larger vessels has created a new frontier in ship design where the return of experience is limited or almost inexistent. This is the case for instance of ultra large container vessels or of very large ore carriers. Secondly, the development of goal based standards under the impulse of the IMO has significantly influenced the way new rules are conceived. This has been the case for the IACS common structural rules for bulk carriers and oil tankers. And thirdly, the recognition of alternative designs instead of purely prescriptive ones has driven the need of reliable methodologies for risk based designs. This is the case for instance for fire protection or evacuation of passenger vessels.

The paper will address the response of a classification society in front of these challenges in terms of rules development and in terms of development of software tools enabling to support these rules, be they prescriptive or goal-based. It will conclude on the new roles of a classification becoming more and more a partner of the Maritime industry towards safer and more environmental friendly shipping.

Key words: *ship classification rules development*

1. Introduction

Classification rules and international regulations are today the two pillars contributing to safer ships and cleaner seas.

Historically, the first classification societies were created in the very beginning of the 19th century in order to provide the maritime industry, the maritime insurers and charterers in particular, with an independent evaluation, based on experts assessment, of the ship's "good" and "bad" qualities. This evaluation resulted in a rating that reflected the level of confidence in the ship at the very time and whenever it was visited. It was known as the "character of service" and was published in an annual register the sales of which represented the only resource of the classification society. Then, two major steps in the evolution of the Bureau Veritas classification services have been firstly the introduction, in 1851, of the "character of term", which took into account the time factor together with periodical inspections, and secondly the proposal made to owners to follow the construction of their ships and survey them in service.

This triggered the need for the development of specific classification rules including technical prescriptions. And these first rules came out of the works conducted by the technical committees of Bureau Veritas that were shaped with the active participation of representatives of the maritime community. Bureau Veritas published its first rules for the classification of wooden ships on 1st July 1851, followed in 1858 by its first rules for the classification of iron ships, and then by its rules for the classification of steel ships in 1880. Since then, many other technical documents have been published to cover a much broader spectrum of subjects and of sea going units, making class societies a unique technical actor of the maritime community. The genesis of the classification rules and of the international regulations takes into account various inputs. Definitely, the state of the art of the naval architecture and naval engineering is one of the most significant inputs. But, given the fact that classification societies can exert their inspection on ships and offshore units in service, there is also a substantial influence of the return of experience. And, as technologies have been continuously developing and sometimes dramatically hanging throughout the shipping history, class societies had to adapt their rules to new technologies. Historically, let's mention the evolution of ship's hulls material from wood to iron and steel, let's mention the switch from wind sailing to propelled ships with steam and Diesel engines and more recently gas engines, and let's also mention the continuous move to increase the size of vessels that took place for all ships, but quite impressively between 1950 and 1975 for crude oil carrier, that peaked at 550,000 tons deadweight, or nowadays for container carriers up to about 14,000 teu so far or for liquefied natural gas carriers up to 270,000m³, whilst the standard size of the large vessels of these types was only half of that 10 years ago.

Today, the extreme development of sophisticated computer simulations for structural or hydrodynamic calculations, the accuracy of risk analysis methodologies and the reliability of the construction of steel structures are such that the industry can certainly rely much more than before on these tools to produce designs with a controlled low level of risk or indetermination. However, there are still incidents and accidents which remind us that we have to stay humble and make sure that the power of our tools is used sensibly with an adequate consideration of all the physical phenomena that can impact a design, in particular when it is an innovative one.

In this respect, we will focus specifically on three factors that have largely impacted classification rules. Firstly, the development of goal based standards under the impulse of the IMO has significantly influenced the way new rules are conceived. This has been the case for the IACS common structural rules for bulk carriers and oil tankers. Secondly, the demand for larger vessels has created a new frontier in ship design where the return of experience is

limited or almost inexistent. This is the case for instance of ultra large container vessels or of very large ore carriers. And thirdly, the recognition of alternative designs instead of purely prescriptive ones has driven the need of reliable methodologies for risk based designs. This is the case for instance for fire protection or evacuation of passenger vessels.

We will explain how a classification society like Bureau Veritas has taken-up these three factors in the development of its rules and software tools and will then try to draw some conclusions, based on the learning from the experience of these three particular cases, on the evolution of the role of a classification society in the years to come.

2. Classification rules supporting goal based standards

For the sake of good order, one shall definitely acknowledge that the classification rules have never been discarding any form of goal setting and that they have always been developed in order to contribute to enhance the safety of ships, of people on board ships, of transported goods and to enhance the protection of the environment.

However, in a wake to rationalize the development of the international regulation started in 2002 at the initiative of some national administrations, the IMO has formalized in 2005 the concept of goal-based standards (GBS) and has laid down the basic principles of this approach on the basis of a 5 tier system as follows:

- Tier I - Goals: high-level objectives to be met.
- Tier II - Functional requirements: criteria to be satisfied in order to conform to the goals.
- Tier III - Verification of conformity: procedures for verifying that the rules and regulations for ship design and construction conform to the goals and functional requirements.
- Tier IV - Rules and regulations for ship design and construction: detailed requirements developed by IMO, national Administrations and/or recognized organizations and applied by national Administrations, and/or recognized organizations acting on their behalf, to the design and construction of a ship in order to conform to the goals and functional requirements.
- Tier V - Industry practices and standards: industry standards, codes of practice and safety and quality systems for shipbuilding, ship operation, maintenance, training, manning, etc., which may be incorporated into, or referenced in, the rules and regulations for the design and construction of a ship.

As it happened that simultaneously, by this time, on the one hand, the IMO had already devised the contents of tiers I and II and, on the other hand, the IACS had almost completed their development work of the new common structural rules (CSR) for tankers and bulk carriers, the IMO and the IACS agreed that these new rules would be used in a pilot project where they would be assessed for their fitness for use under the aforesaid tier III.

As the IMO has now adopted the GBS for oil tankers and bulk carriers at its 87th MSC session on 20 May 2010, the common structural rules for oil tankers and bulk carriers will actually be the first rules formally conforming to functional requirements developed and agreed by the Committee. Therefore, for the first time in its history, thanks also to a very substantial contribution of IACS, the IMO will be setting standards for ship construction.

In practice, the goals set by the IMO for oil tankers and bulk carriers of 150m in length and above have been introduced in the “International goal-based ship construction standards for bulk carriers and oil tankers” which will enter into force on 1st January 2012 and which stipulates in particular the following goals and functional requirements:

- design life not less than 25 years including fatigue,
- North Atlantic sea condition and long term sea state scatter diagrams,
- design with adequate ultimate strength of the hull girder,
- hull strength assessment based on net scantlings and partial safety factors (reflecting a degree of uncertainty on the physical parameters, e.g. loads, model, fatigue, corrosion, material properties, workmanship,...),
- residual strength in damaged condition resulting from collision, grounding or flooding for instance,
- protection against corrosion and minimum corrosion addition as necessary to
- adequate ergonomics and accessibility for safe operations, inspection and maintenance,
- transparency, accessibility and traceability of design process, construction and survey processes, in-service maintenance and inspection processes,

So, what are the benefits of this approach driven globally by the IMO?

The first one is definitely the definition of the overall level of safety required by the maritime community at an international level.

However, this being achieved, the practical implementation in a uniform manner across the industry of these goals and functional requirements will be quite dependent of the consistency of the rules for design and construction of bulk carriers and oil tankers that may be recognized by the IMO in application of tier III verification scheme. This is precisely where the IACS investment to develop common structural rules for oil tankers and bulk carriers and to have them assessed and validated against tier III requirements will greatly assist the overall process. The present aim of the classification societies is to have the harmonized CSR completed and adopted by IACS in June 2013 for an entry into force in December 2013 and have them submitted for validation by the IMO at that time.

This case illustrates that the historical synergies that have always been existing between the IMO and the class societies in the development of the international regulations (for instance in the development of the international code for the construction and equipment of liquefied gas carriers that was greatly initiated by the leading class societies themselves in the early 70s and then taken-up by the IMO) can be further leveraged by this formal process where the classification society's rules could contribute to fill the so called tier III. And this will be even more efficient if class societies can manage to work together towards common rules.

On the other hand, it is clear that the maintenance of common rules among classification societies is a very substantial work to be followed-up continuously in order to capture and process the return of experience in service of each of the class societies.

Finally, the success of this approach on the long term will also largely depend on the ability of the entire scheme to offer sufficient flexibility to accommodate the necessary evolution of the rules in a timely manner in order to continuously match the technical and safety challenges of this segment of the maritime industry. This remark brings us to the second example of rule development by class societies.

3. Classification rules for very large vessels

Another aspect of the classification rules development is their ability to address swiftly the new issues raised by technological steps made by the industry. The response should be fast

enough, namely not slower than the pace of the technical innovation, in order to serve the maritime community on time.

The recent trends in increasing the size of the container ships (up to more than 14,000 teu and more than 360m in length) or the development of projects of very large ore carriers (up to 600,000 dwt and 425m in length) have raised new hydro structural issues in their design and verification processes, both from ultimate strength and fatigue viewpoints. Some of these issues are related to the hydro-elastic structural responses which become important due to the relatively low structural natural frequencies of these ships, and due to the strong operational requirements (maximum speed around 27 knots in case of container vessels). The combination of the reduced natural frequencies and increased excitation frequencies can lead to forced wave induced hull girder ship vibrations called springing, which might significantly affect the ship fatigue life. In addition to this, the slamming induced transient vibration called whipping can affect both the ultimate strength and fatigue. In any case, the conventional prescriptive rules are reaching their limits for these vessels and should be complemented by a direct calculation approach to validate loads and stresses.

The computer simulation tools now available with classification societies as well as the level of investment in hydrodynamics and hydro-structure interactions achieved by Bureau Veritas over the last decade make it possible to call for time domain simulations including non linear springing and whipping phenomena whenever necessary. The phenomenon of springing was already identified, studied and assessed in the mid 70s, with the calculation means available at that time, when the ULCC of 550,000 dwt were built and classed with BV. But its impact was much less than on the current ultra large container ships. It has also been known since that time that springing could impact ships with open decks, but it was hardly analysed in depth due to the lack of numerical simulation tools then.

Similarly, the fast development of new technologies or of innovative solutions in the maritime industry, such as the use of natural gas as fuel on conventional ships or the increased demand of ships designed to operate in harsh, cold or iced environments, requires that class societies be ready to address new challenges, not only based on a conventional rule approach but also sometimes, and in complement, based on direct calculations with a genuine consideration of first principles, or even based on risk analyses. This brings us to the third example of rule development.

4. Risk based design

Risk based design is not a new methodology. It has been applied for many years in particular in the offshore industry in the aftermath of the Piper Alpha accident in 1988, upon the recommendation of Lord Cullen's report. In the North Sea for instance, the adequacy of the design and of the mitigation measures provided for a particular facility shall be evaluated and confirmed to meet specified safety goals on the basis of a "Formal Safety Assessment" of the risks and of their consequences as identified with comprehensive and dedicated risk analyses. This approach is also well recognized by class societies in their process of classification of offshore units like FSOs, FPSOs, semi-sub, etc., whenever relevant for the classification scheme.

As regards design of sea going vessels, SOLAS II-2/17 for passenger ships admits alternative designs which differ from the prescriptive requirements, in particular relating to the extension of fire zones, if it can be demonstrated by a risk and engineering analyses conducted with numerical simulation software tools modeling the fire and smoke propagations as well as the evacuation of passengers and crew members that the alternative design is at least as safe as the prescriptive one.

This possibility to justify alternative designs thanks to a risk analysis has also recently been extended by the amendments to SOLAS II-1/55 to the arrangements for machinery and electrical installations and by the amendments to SOLAS III/38 to the arrangements for life-saving appliances. Under this second amendment, life boats able to accommodate up to 370 persons have been approved in lieu of the prescriptive limit of 150 persons. This has to be considered given the fact that the passenger vessels, on board which these alternative life saving appliances will be fitted, are able to carry more than 7,500 persons including passengers and crew. It makes sense to consider how best to balance the number of life boats with their capacity for such a size of vessels in practical terms should they be used. The acceptance of risk and engineering analyses to substantiate alternative designs definitely provides with the flexibility that is needed to address issues where the prescriptive approach would reach some form of limit given the gigantism of some projects.

5. Conclusions

We have reviewed, along these three examples, how classification societies have to adapt their services, rules and software tools to the rapidly changing environment. In the future, the core mission of classification societies will remain focussed on their contribution to safer and more environmental friendly shipping. They have a key role to play there that, so far, nobody else has been able to play, and this position is based on a couple of essential business drivers as follows:

- class societies are independent organizations serving the maritime community,
- they are concentrating a high level of technical expertise that is made available to the maritime industry through classification services,
- they are maintaining a high level of research and development activities, in particular in hydrodynamics, naval architecture, marine engineering and risk techniques in line with their mission in QHSE matters, that makes it possible for them to rapidly adapt their rules and software tools to the evolution of the technology in a reliable manner,
- they maintain a large international network of exclusive experts and surveyors able to service the shipping and the shipbuilding industries in a consistent manner wherever ships have to be surveyed.

The converging ways that have been initiated respectively by the IMO with the development of the goal based standards and by the classification societies with the development of the IACS common structural rules are expected to finally meet each other successfully by 2013. This dual initiative clearly demonstrates the synergies that can be found between the roles of the IMO, setting the level of safety that the maritime community wants to achieve, and the role of class societies devising the technical means to implement them. As mentioned already, the development of common set of rules for oil tankers and bulk carriers by class societies has incidentally contributed to support the practical enforcement of these synergies.

The position of class societies as service companies for the maritime community is also a strong driver for them to adapt to the permanently moving environment, in terms of technical content of their services, but also in terms of extent of their services. As regards technical contents of services, it is absolutely necessary for class societies to be able to accompany the technological developments of the maritime industry with the relevant level of understanding, and to propose an adequate response in term of rules and software tools to address any upcoming issue in order to promote safety and environmental friendliness. As regards their extent of service, it is observed that there is a trend for flag administration to increasingly

proceed to the delegation of statutory activities to class societies. In this respect, the work of class societies is consequently more and more scrutinized by these administrations and we noted an increase of the external audits we are subjected to by about 25% if we compare years 2009-2010 to the two previous years 2007-2008.

Finally, class societies are one actor of the maritime community on which ship owners, shipyards, flag administrations, charterers, insurers, and, without always being aware of it, the public at large, count to develop and enforce sensible and technically relevant prescriptions, provide software tools to support the implementation of the rules and enable direct analyses whenever useful or necessary, and bring evolution to these rules and software tools to match the technological innovations in a timely manner. In short, we could say that classification societies are the family doctors of the shipping industry.

2. RADOVI PO SEKCIJAMA

(2.1)

Dino Lončarić, dipl. ing., Brodarski institut d.o.o., Av. V. Holjevca 20, Zagreb
Miroslav Fabijanić, dipl. ing., Brodarski institut d.o.o., Av. V. Holjevca 20, Zagreb
Luciano Keber, Lučka kapetanija Rijeka, Ispostava Bakar, Primorje 39, Bakar

OSNIVANJE ŠKOLSKOG BRODA JEDRENJAKA TIP A LOGER

Sažetak

Cilj ovog rada je prikazati proces osnivanja školskog broda jedrenjaka koji mora zadovoljavati zahtjeve moderno opremljenog plovila koji će se koristiti za praktičnu izobrazbu hrvatskih pomoraca i časnika ali uz očuvanje autentičnosti i tradicijskih karakteristika jadranskog broda tipa "Loger". Posebna pažnja posvećena je projektu snasti i analizi stabiliteta broda pod jedrima što je predstavljalo poseban izazov obzirom da postoji više različitih pristupa rješenju tog problema i relativno malo informacija jer se danas takvi brodovi rijetko grade.

Ključne riječi: osnivanje, školski brod, jedrilje, snast, stabilitet

SCHOONER TYPE SAIL TRAINING SHIP DESIGN

Summary

Aim of this paper is to present training ship design process which is performed to develop vessel that will comprehend all requirements necessary for modern practical education of Croatian nautical school students and traditional characteristics of Adriatic type schooner. Special attention was dedicated to rig and sail plan design and stability analysis because building of that type of vessel are very rare today and design and stability assessment approaches are very different and insufficiently described.

Key words: training ship, ship design, stability assessment, sail plan, rig design

1. Uvod

Cilj ovog rada je prikazati proces osnivanja školskog broda jedrenjaka koji mora zadovoljavati zahtjeve moderno opremljenog plovila koji će se koristiti za praktičnu izobrazbu hrvatskih pomoraca i časnika ali uz očuvanje autentičnosti i tradicijskih karakteristika jadranskog broda tipa "Loger".

Danas gradnja školskog jedrenjaka bilo kojega tipa pa tako i logera pobuđuje sigurno veliku pažnju. I to ne samo korisnika, nastavnika i učenika pomorskih škola kojima je namijenjen za izobrazbu nego i široj javnosti. Ovim činom osvještava se u našoj naciji pomorska tradicija (pomorstvo i brodogradnja), koja je bila i previše u krizi zadnjih 20-tak godina.

Prvome je ime "Margita" logeru s dva jarbola opremljenom sa sošnim jedrima te prečkom na kosniku. Bio je nabavljen za potrebe bakarske nautičke škole davne 1894. godine. Druga je bila čuvena škuna "Vila Velebita", naš prvi školski brod koji je namjenski predviđen, naručen i sagrađen. Naručila ju je hrvatska vlada u brodogradilištu Howalds Werke u Kielu. U Bakar je doplovila 8. listopada 1908. godine. Tako 2008. god. aktivnosti oko osnivanja i gradnje "Kraljice mora" padaju na stogodišnjicu te treba zahvaliti današnjim naručiteljima, jer ta se obljetnica nije bolje mogla proslaviti.

Treba također spomenuti i barkatin "Jadran" koji je izgrađen 1933. godine u brodogradilištu H. C. Stülcken Sohn i prema njemačkim izvorima manjim dijelom plaćen sredstvima tadašnje organizacije "Jadranske straže" a većim sredstvima reparacije na račun ratne štete iz I. sv. rata. Danas plovi pod crnogorskom zastavom i na popisu je svjetskih kulturnih dobara UNESCO-a. Sve do 90.-tih godina prošlog stoljeća naši ljudi, brodograditelji i pomorci uveliko su pridonijeli svojim radom dobrom stanju broda i njegovoj starosti od 77 godina.

1.1. Tradicijske karakteristike Logera

Loger je brod obalne i čak preoceanske plovidbe prosječno dug 16-24 m, širok 4-6m, visine bokova 2-2,5 m, gaza oko jednog metra i nosivosti 80-220 tona.

trup je oblikih bokova i dna s jakom kobilicom

pramac je šiljat i izdužen, a krma oblo-polukružna ili pravokutna.

kormilo seže do kobilice.

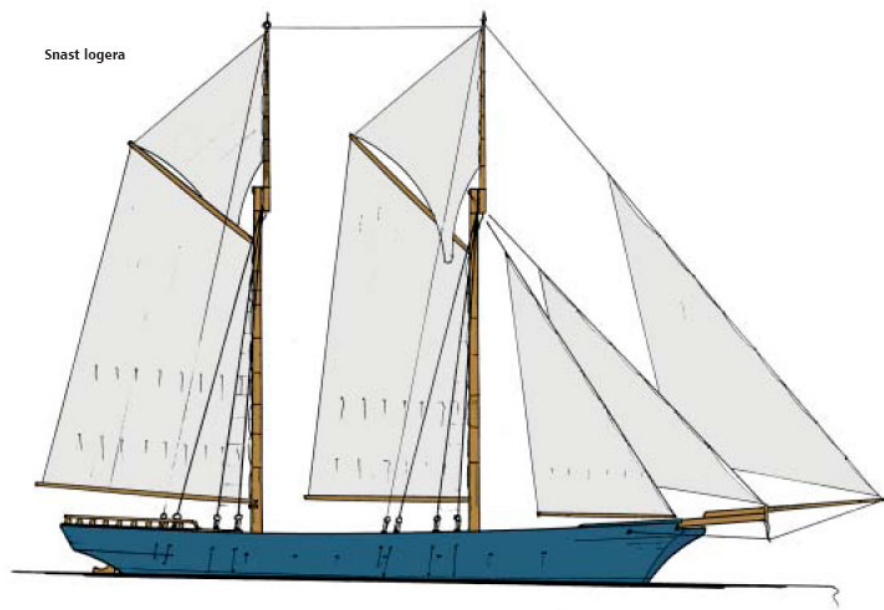
palubom se pokriva u cjelini

manji logeri su imali jedno, a veći dva ili tri grotla za krcanje tereta, te još manje otvore na pramcu i krmi za ulaz posade u potpalublje odnosno, spremanje brodske opreme.

na krmi se dograđivala nastamba za navigaciju, a ispod nje su bile prostorije zapovjednika i posade.

snast broda se sastojala od dva jarbola jednake veličine s nastavcima te sošnjačama i vršnjačama. Na pramcu je bio duži kosnik, pa se između njega i pramčanog jarbola razapinjalo tri prečke i jednu preletnjaču.

Loger (prevedenica od *Lugger*)* je naziv za (mali) obalni teretni i ribarski jedrenjak, a upotrebljavali su ga europski pomorski narodi čije obale oplakuje Atlantik. Logera još upotrebljavaju u nešto izmijenjenom (moderniziranom i motoriziranom) obliku, jedreći "u korak s vremenom".



Slika 1. Jadranski loger

Fig. 1 Adriatic Logger

Kao po globalnom pravilu svjetskog pomorstva, svugdje pa i u ovoj prilici, za razliku od barki (brodica) koje se razvrstavaju i dobivaju nazive po izgledu i konstrukciji trupa, jedrenjaci dobivaju nazive (međusobno se razlikuju) po jedrima (snasti): vrsti glavnog jedra, ali i kombinaciji njihove primjene, odnosno upotrebe.

Konkretno: Lugger, u prijevodu loger, mali je brod različite definiranosti trupa, ali je svakako jedrenjak koji razapinje kao glavna jedra Lugger-ska (dipping lugsail i standing lugsail), odnosno lugerska, poznatija kao o glavna jedra (balanced lugsail). Analogijom rečenog, najtradicionalniji brodovi toga tipa u Jadranu, promatrajući cjelokupni jadranski kulturni prostor (Adriatic cultural area "ACA") su bragoc i trabakul. Prvi je (**bragoc**, od tal. naziva bragozzo) uglavnom bio korišten u venecijanskim i čozotskim lagunama, a drugi (**trabakul**) na cijelom Jadranu od krajnjeg juga do lagunskog sjevera. Naravno, brojne su njihove istoimene inačice najčešće drastičnih razlika izgledom i konstrukcijom trupova uzrokovane brojnim okolnostima: vrsti i karakteru mora, dubina i pličina luka tj. akvatorija, meteoroloških uvjeta, tereta, brodograđevne i pomorske kulture itd.

Kuter, loger i škuner novijeg datuma (ovdje u nizu po veličini), su brodovi veoma sličnog izgleda (dizajna) trupa: zapadnjačkog podrijetla po uzoru na baltimorske klipere i atlantske ribarice kojima je brzina bila presudna (prvima zbog brzine razvoza tereta i gusarenja, a drugima zbog gusarenja i zauzimanja ribolovnih pošti i dovoza ulova u ribarnicu), preuzimaju modernija jedra, jednostavnija i efikasnija: sošna (gaff sail) u kombinaciji sa vršnim jedrima (gaff topsail)..

Njihova (brodska) veličina, kao i broj jedara na pojedinom trupu, definirati će tip broda:

Kuter je uvijek jednojarbolni, rijetko kada na samoj krmi ima montažni krnji jarbol;

Teretni **loger** je (osim trojarbolnih –ribarskih: francuskog Chasse marea i Yorkshir –skog Lugger –a) uvijek dvojarbolni, oba su jarbola glavna, jednake visine;

Škuner (često u prevedenicu i škuna), i kada je dvojarbolni po veličini trupa nadmašuje logera. Rijtki su dvojarbolni. Svjetska povijest pomorstva, zbog prestižne borbe sa svedominantnijim parobrodima, bilježi škunere atlantskih naroda sa četiri, ali najčešće sa pet ili čak šest jarbola.

2. Projektni zahtjevi

Inicijalni projektni zahtjevi definirani su u Ministarstvu mora turizma, prometa i razvitka RH i prezentirani u pozivu za javno nadmetanje za izradu idejnog projekta hrvatskog izletničkog i školskog broda jedrenjaka tipa "Loger" od 5. svibnja 2006. godine. Projektnim zahtjevom tražena je izrada idejnog projekta "Putničkog broda tipa "Loger" dužine 34 metra uz dopušteno odstupanje $\pm 2\%$ dužine, namjena školovanje pomoraca", kako slijedi:

brod treba zadržati najveći mogući stupanj autentičnosti prema Metodologiji i kriterijima za procjenu autentičnosti tradicijskog broda, HAZU 2005.

materijal gradnje: drvo i čelik

projekt mora biti u skladu s pravilima Hrvatskog registra brodova

projekt školskog broda treba predvidjeti gradnju i opremanje za kategoriju plovidbe

II. Velika obalna plovidba, sukladno zahtjevima HRB-a za takvu vrstu broda

mora imati 5 kabina za posadu, od čega tri jednokrevetne i 2 dvokrevetne kabine

mora imati 18 dvokrevetnih kabina za putnike/učenike

zapovjednički most mora biti maksimalne visine radi školovanja učenika

strojarnica mora imati stajaću visinu radi školovanja učenika

potrebno je predvidjeti ugradnju pramčanog propelera

U daljnjem tijeku izrade projekta prihvaćeni su i još neki dodatni zahtjevi i prilagodbe prema sugestijama pomorskih škola kako bi se brod maksimalno prilagodio namjeni školovanja pomoraca.

2.1. Autentičnost tradicijskog Logera

Poseban izazov predstavljalo je usklađivanje projektnog zahtjeva za moderno opremljenim plovilom, odgovarajuće brzine i autonomije, koji će se koristiti za praktičnu izobrazbu hrvatskih pomoraca i časnika, i očuvanjem autentičnosti i tradicijskih karakteristika forme i jedrilja tradicionalnog jadranskog broda tipa Loger.

Stupanj autentičnosti određen je prema Metodologiji i kriterijima za procjenu autentičnosti tradicijskog broda, HAZU 2005. [1]. U tom smislu pod tradicijskim brodom podrazumijeva se plovilo koje se pojavljuje u različitim dokumentima iz daljnje ili bliže prošlosti, kako pisanim tako i likovnim prikazima, te u usmenoj predaji.

Autentičnim rješenjem tradicijskog broda odnosno nekog njegovog sklopa ili elementa smatra se ono rješenje koje se na kraju projekta istraživanja i rekonstrukcije određenog povijesnog broda utvrdi izvornim za određeno vremensko razdoblje i za određen lokalitet. Iskustvo, naime pokazuje da su se oblikovna rješenja pojedinog tipa broda mogla znatno razlikovati u različitim područjima odnosno u različitim vremenskim razdobljima.

Procjena autentičnosti povijesnog broda uključuje procjenu autentičnosti cjelovitog sustava plovila odnosno procjenu autentičnosti njegove cjelokupne strukture koja uključuje trup s opremom i cjelokupnu snast, kao i procjenu autentičnosti njegovih podsustava sve do samih elemenata.

Ocjenjuje se autentičnost oblika, dimenzija, upotrijebljenog materijala, te površine i tehnologije izrade određenog dijela broda ili broda kao cjeline, praktički značajke definirane u tehničkoj dokumentaciji za izgradnju broda ili njegove replike.

Sve navedene značajke cjelokupnog sustava broda ili elemenata njegove strukture procjenjuju se sa stanovišta ispunjenja svoje partikularne funkcije u sklopu ukupne funkcije broda kao cjeline.

Slijedeći te postavke u sklopu razrade idejnog projekta uspio se postići relativno visok stupanj autentičnosti forme broda i oblika jedrilja koji je narušen samo zbog zahtijevane primijene modernih materijala i načina gradnje.

3. Razvoj idejnog projekta

3.1. Analiza postojećih školskih brodova i definiranje forme broda

Kako bi se što bolje odredile optimalne značajke ovakvog tipa broda izvršena je analiza i usporedba značajki nekih postojećih školskih brodova čiji su podaci bili dostupni u literaturi i na internetu.

Prema projektnom zahtjevu osim dužine od 34 m brod je trebao zadovoljiti i povijesnu autentičnost. Loger je predstavljao komercijalni jedrenjak s trupom najveće moguće voluminoznosti, što kraće dužine, primjerene dubine s mogućnošću jedrenja oštro uz vjetar. Za tu sposobnost broda najvažnija su hidrodinamička svojstva njegovog trupa.

Linije "modernog" jedrenjaka tipa Pink proporcionalno su svedene na dimenzije forme Logera. Očitavanja tako dobivenih linija unijeta su u računalo za daljnju obradu, hidrostatičku, stabilitet, otpor i sl. Istovremeno izvršena je procjena masa grupa težina funkcionalnih cjelina broda i njihova centracija.

Školski brod na jedra s teretom kadeta, pogonskim postrojenjem i sl. lako je opterećen u usporedbi sa svojim povijesnim pandanom čiji komercijalni teret optimalno zaranja trup.

Plovna vodna linija primjerene širine odnosno površine, poput nekad kod povijesnih dvojarbolnih jedrenjaka daje Logeru dobru stabilnost u jedrenju. K tomu dodana je dublja kutijasta kobilica od uobičajene za smještaj balasta što olakšava jedrenje oštro u vjetar i ranije spomenuto samoizravanje.

Pri lakom vjetru brod ima dobar početni stabilitet zahvaljujući svojoj plovnoj liniji. Kad se vjetar pojača i brod se nagne do 10° brod se stabilizira zahvaljujući balastu.

Prema navedenim zahtjevima i potrebnim značajkama zaključeno je da bi najbolje odgovarala forma dvojarbolnog mediteranskog jedrenjaka kakvi su građeni početkom XX. Stoljeća. U knjizi "Vele italiane" autora Sergia Bellabarba i Edoardo Guerreri [4] izabrane su linije "modernog" pinka izgrađenoga od strane tvrtke F.lli Benetti god. 1925 u Viareggiu.

Za prototip najpovoljniji su "Stockholms-briggen" (Prototip br.1) i "Maritee" (Prototip br.2).

Tablica 1. Karakteristike postojećih školskih brodova

Table 1 Characteristics of existing training ships

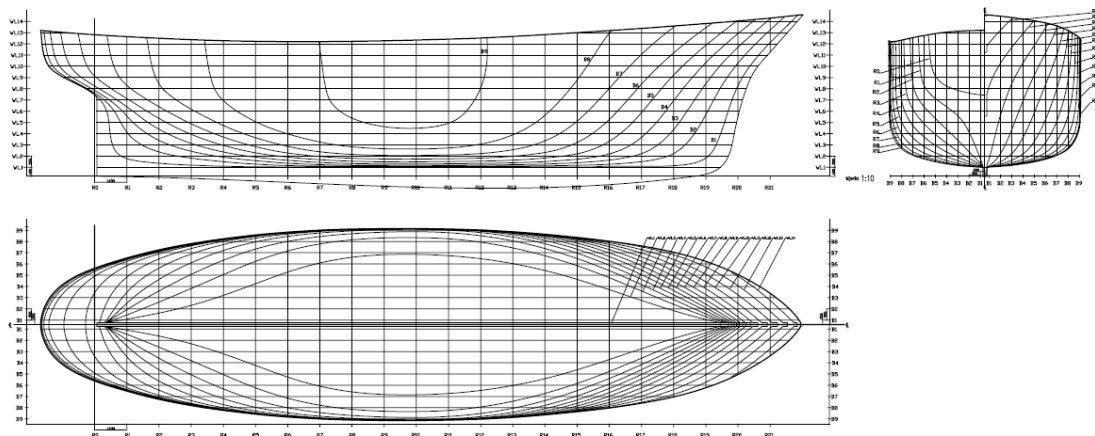
	LVL[m]	v[čv]	S[m ²]	Δ [t]	Balast[t]	Bal.% Δ	GM[m]	(ε)	Blok kof.
Stockholms-brig	30	13.4	669	349	95	27%	0.90	29	0.49
Gladan	30	13.4	ca. 600	331	77	23%	0.80	ca. 31	ca. 0.48
Linden	32	13.8	650	313	50	16%	1.23	26	0.60
Constantia	21.4	11.2	316	101	28	28%	1.40	24	0.44
Ellen	20.1	10.9	308	91.5	26	28%	1.50	23	0.42
Ariel	19.4	10.7	228	79.6	20	25%	1.32	21	0.35
Maritee	30.5	13.5	650	280	65	23%	1.65	19	0.35
Ruth	ca. 17.5	ca. 10.0	187	95	25	26%	1.36	12	0.49
Loger	28.32		547	298	100	33%	1.36	20	0.54

Loger treba imati deplasman kao prototip br. 2 (bliske Kv1.), s nešto većim blok koeficijentom (puniji brod) kao prototip br.1. Širina Logera je bliska prototipu br.1 (puniji brod). Uz zadanu dužinu od 34 m koja se nije mijenjala ostale prethodne glavne dimenzije forme Logera u prvom približenju su:

Istisnina	280 t ili 289.00 m ³
Dužina trupa na Kv1	28.25 m
Širina trupa	8.40 m
Visina do glavne palube	4.20 m
Gaz	2.5 m
Blok koeficijent.....	0.49

U prvoj varijanti učionica je trebala biti na glavnoj palubi, a trup broda imao je samo jednu palubu u sredini s krmenim i pramčanim povišenjem. Smanjenjem dvodna i ugradnjom međupalube te spajanjem krovišta učionice sa krmenim i pramčanim povišenjem dobio se povišen trup s glatkom glavnom palubom i sa kormilarnicom na krmenoj polovini. To je rezultiralo i povećanjem istisnine, procijenjenom na masu od 330 t. Konačne glavne izmjere su kako slijedi:

Istisnina	330 t
Dužina trupa na Kv1	28.25 m
Širina trupa	8.40 m
Visina do glavne palube	5.80 m
Gaz	2.82 m
Blok koeficijent	0.47



Slika 2. Forma trupa logera

Fig. 2 Logger hull form

3.2. Projekt i karakteristike jedrilja

Projekt snasti nije nastao usporedbom i prilagodbom ranije izgrađenih sličnih brodova, već je izrađen iz temelja nov. U našoj se brodograđevnoj praksi pojavljuje kao prototip.

Jedrenjak veličine Logera bez strojarnice procijenjen je prijašnjom mjerom za baždarenje na 220 BRT. Dijagram Middendorfa za tu veličinu broda predlaže dvojarbolni brod ojedrenja škunera.

Tablica 2. Karakteristike snasti**Table 2** Rig characteristics

Položaj jarbola dat je u odnosu na dužinu glavne palube.

Pramac (statva) - Pramčani jarbol	Pramčani - Krmeni jarbol	Krmeni jarbol - Krma (statva)	Kosnik
0.242 † 0.247	0.379 † 0.350	0.379 † 0.403	
Nagib			
1.5° † 7°	2.5° † 8°		15° † 18.5°

Visina jarbolja određena je prema širini broda, a podjela ukupne površine jedara S na pojedine jarbole prikazana je tabelarno.

Radna površina jedara S [m ²]		
Kosnik	Pramčani jarbol	Krmeni jarbol
0.2270	0.3220	0.4510

3.2.1. Raspodjela površine jedara

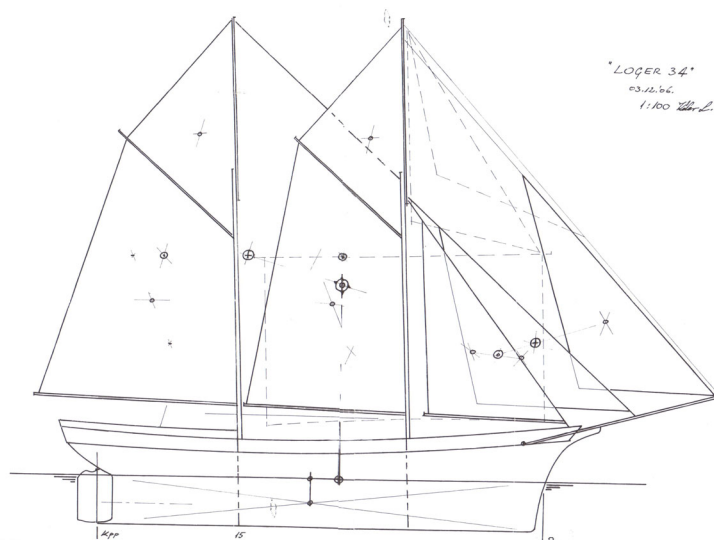
Kod raspodjele površine jedara treba voditi računa o:

- stvarnoj površini koja služi kao sredstvo za pogon broda
- okomitoj raspodjeli površine jedara. Ona djeluje na kut nagiba broda s posljedicom na sigurnost broda.
- uzdužnoj raspodjeli s obzirom na brod od koje zavisi kvaliteta jedrenja.

a) stvarna površina jedara

Za stvarnu površinu jedara uzimaju se uzdužno ojedrenje od 547.24 m².

Od strane Naručitelja prihvaćen je idejni prijedlog ojedrenja sa dopunom koja se odnosi na ujednačavanje veličine oba jarbola (što je glavna značajka mediteranskih logera) te na povećanje jedrilja i to visoku prečkicu, križno jedro i dva trokutna. Ujedno je povećana površina s tim da je težište jedara i raspored jarbola ostao isti. Takvo ojedrenje Logera dano je u tablici koja slijedi.



Slika 3. Nacrt idejnog projekta dijela snasti kao dio Tehničkog opisa i temelj za daljnju razradu projekta

Fig. 3 Initial sail and rig design sketch used for further analysis

Tablica 3. Tablica površina jedara**Table 3** Sails area

Osnovno jedrilje (uzdužno)

Vrsta jedra	Površina, m ²
Sošno jedro pramčanog jarbola	112.50
Vršno jedro pramčanog jarbola	47.11
Sošno jedro krmenog jarbola	136.78
Vršno jedro krmenog jarbola	47.11
Preletača	53.60
Preletača prečnjača	53.60
Prečka	56.42
Visoka prečkica	40.12
Ukupno	547.24

Dodatno jedrilje (poprečno)

Križno jedro	211.00
Trokutno (livo)	47.40
Trokutno (desno)	47.40
Ukupno	305.80

U stvarna ili radna jedra ne uključuju se sva jedra s kojima je opremljen brod. Ona se nekada uzimala u površini razapetoj vjetru brzine 14 do 20 čv što bi odgovaralo tlaku $p = 50$ N/čet. metru (1 lb/ čet. stopa). Za Loger to su sva uzdužna jedra s površinom od 547 četvornih metara. U literaturi uspoređuje se sa površinama, teretne VI (178.25 m²) i glavnog rebra do KVL (17.6 m²) te deplasmanu (na $\frac{2}{3}$ potenciju) na KVL-u (298.7 t).

Prvi omjer daje:

$$547.24/178.25 = 3.07 \quad (1)$$

On se kreće od 2.25 do 3.00.

Drugi omjer daje:

$$547.24/17.6 = 31.10 \quad (2)$$

On se kreće oko 40.

U trećem omjeru površina jedara uzima se u četvornim stopama a deplasman u tonama.

$$547.24 \cdot 10.78 / \sqrt[3]{298.7^2} = 5899.2 / 44.68 = 132.03 \quad (3)$$

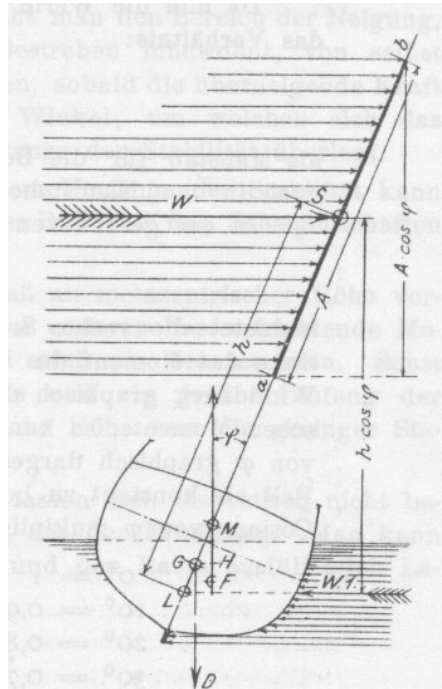
U engleskoj ratnoj mornarici tijekom 19. st. za brikove kretao se od 120 do 160. U trgovačkoj mornarici omjer je manji i kreće se od 70 do 110.

Površina jedara je u gornjim vrijednostima prema engleskim izvorima. Kako područje plovidbe je manje vjetrovit Mediteran a ne Atlantik te vrijednosti biti će i konačne za idejni projekt.

b) okomita raspodjela

Postupak za određivanje raspodjele površine jedara po visini je slijedeći. Sva jedra košena su tako da se poklapaju s uzdužnom simetralom broda te da su idealno izložena vjetru. Vjetar puše bočno na brod odnosno okomito na jedra. Ukupna sila vjetra djeluje u težištu površina jedara dok u težištu lateralne površine djeluje rezultirajuća sila otpora. Kako nema

sličnog broda radi usporedbe s projektiranim brodom problem okomite raspodjele površine rješava se prema Middendorfu.



Slika 4. Raspodjela sile

Fig. 4 Distribution of forces

$$(\varepsilon) = \frac{Sxl}{DxM_0G} \quad (4)$$

Gdje je

$S = A \cos \varphi$ - površina jedara

$l = h \cos \varphi$ - udaljenost između težišta lateralne površine uronjenog dijela trupa i površine razapetih djelotvornih jedara.

$W = pA \cos \varphi$ - sila vjetra

D - masa broda (istisnina u prvom približenju)

M_0G - početna metacentarska visina broda

$$(\varepsilon) = \frac{545 \times 14,9}{298,7 \times 1,361} = 20 \quad (5)$$

Ta vrijednost $(\varepsilon) = 20$ za Loger je dobra. U usporedbi s prototipovima $(\varepsilon) = 19$ do 31 je dosta niža a nešto veća od one koja se spominje u literaturi gdje veličina (ε) za jedrenjake velike obalne plovidbe kreće se od 16,5 do 19.

c) uzdužna raspodjela

Relativan položaj hvatišta komponente sile vjetra i hvatišta poprečnog otpora okomito na uzdužnicu broda od značaja je jer djeluje na kvalitetu jedrenja. Ako je hvatište sile CE

ispred hvatišta poprečnog otpora CLR pramac broda imati će tendenciju skretanja (otpadanja) od vjetra. Ovo će biti poništeno položajem kormila u smjeru vjetra.

Ako je hvatište sile vjetra CE iza hvatišta sile poprečnog otpora CLR pramac broda imati će tendenciju skretanja u vjetar. Ovo će biti poništeno postavljanjem kormila u stranu suprotno od vjetra. Od ove dvije pojave jedrenja ova prva je nepovoljnija.

Težište (ujedno i hvatište sile vjetra) površine jedara uzduž broda je ispred težišta lateralne površine uronjenog trupa i mijenja se u ovisnosti tipa jedara a također i podvodne forme broda. Brodovi punog pramca imaju tu razliku u većoj proporciji (20%) od brodova istih dimenzija i gazova ali s finijim ulazom. Kod Logera ta razlika iznosi 1.28m što je 4.52% njegove dužine. Kod kutera i škuna praktično se poklapaju.

Sve usporedbe su rađene za istisninu i njenim karakteristikama od 298.7 t a ne 330.0 t. Na taj način ostali smo na strani sigurnost glede stabiliteta broda s nešto gubitka u brzini jedrenja.

3.2.2. Snast

Jedrenjak po vrsti snasti pripada velikom tradicijskom logeru, a po veličini dvojarbolnoj škuni. Za njegov "retro" izgled najviše je zaslužna tradicijska snast, koju čine četiri opremne grupe. To su **jedrilje** (osnovni ili temeljni propulzor svakog jedrenjaka) koje obuhvaća sva jedra. Sastoji se od dvaju sošnih i vršnih jedara, četiri letna jedra (prečke) te triju jedara koji za razliku od prvo spomenutih osam -uzdužnog jedrilja, čine poprečno jedrilje: križno i dva trokutna –nadkrižna. Jedra su krojena tradicijskim krojem od modernog sintetičnog platna koji se vizualno (teksturom i bojom) gotovo ne razlikuje od klasičnog platna biljnog porijekla. Njegov je trgovački i jedriličarski naziv: *Clipper Canwas*. Sva jedra porubljena su tako da je unutar poruba ušiven konop koji znatno pojačava konstrukciju jedra. Rogljevi su ojačani gurtinama provučenih kroz oči od inoxa, pa sve skupa opšiveno kožom.

Jarbolje, koje se najbolje može usporediti sa kosturom: svi jarboli i njegovi dodaci koji omogućavaju razapinjanje jedara. Kosnik, širnice (tanguni) i jarboli su čelične konstrukcije, kako debleni tako i vršni nastavci, kao i koševi sa pripadajućim ogradama. Tri buma i dva pika su od aluminija.

Oputa koja podržava jarbolje, koja ga ukrućuje i s obzirom da je i sama nepomična, postaje dio specifičnog "kostura". Izrađena je uglavnom od pocinčanog čelika i pritegnuta pocinčanim vijčanim stezalicama. Iznimka su leta (prema materijalu) zbog struganja inox spojnih karika kojima su učvršćena letna jedra. Iz tog razloga, ova četiri leta razapeta između kosnika i pramčanog jarbola su od nehrđajućeg čelika.

Četvrta grupa je **vrv**, sva užad, najčešće konopi kojima se razvija i ubire jedanaest jedara ukupne površine veće od 800 četvornih metara. Svi konopi kojima se izvršavaju sve radnje sa jedrima prolaze kroz kolature (sa drvenim oklopom radi skladnijeg izgleda), čineći tako koloturnike, uređaje za prijenos snage. Na taj način, svaka radnja sa jedrima može se izvršiti upotrebom ljudske snage. Dodatna mogućnost rada sa istim konopima može se izvršavati i električnim vitlima kojih ima četiri, po dva na pramcu i po dva na krmu, na lijevoj i desnoj strani broda. Ista se vitla okreću i ručno, upotrebom ručke.

Konopi su sintetički sa ugrađenim UV filterom, sukani i smeđi. Vizualno podsjećaju na konope biljnog porijekla.

3.3. Analiza stabiliteta

Za preliminarni proračun stabiliteta korištene su brodske linije koje odgovaraju modificiranoj formi ispitanjoj u bazenu. Kormilarnica nije uzeta u obzir pri proračunu. Proračun je izvršen za plovna stanja prema podacima uzetim iz dokumenta "Preliminarna centracija broda", kako slijedi:

Tablica 4. Plovna stanja

Table 4 Load cases

R. br.	Stanja opterećenja broda	Istisnina, t	LCG, m	VCG, m	TCG, m
1.	100% zaliha – SK1	330	14	2.522	0
2.	50% zaliha – SK2	322	13.98	2.544	0
3.	10% zaliha – SK3	315	13.96	2.583	0

Proračun stabiliteta proveden je za neoštećeni brod i za navedena plovna stanja uzimajući u obzir IMO A.749 standardne kriterije za neoštećeni brod [5] te, za stabilitet pod jedrima, pravila "Germanischer Lloyd" [3] za jahte veće od 24 m te MCA [7] 11.2.3 Sailing vessels. Informativno su uzeti u obzir i rezultati proračuna u skladu sa standardom ISO 12217.[6]

Uvjeti stabiliteta za brodove s jedrima pri propisanim plovnim stanjima uzeti su u obzir u skladu s navedenim kriterijima u skladu s kojima su dani i rezultati za utjecaj momenata sile vjetra obzirom na izloženu površinu jedrilja.

Uzeti su u obzir i utjecaji slobodnih površina tekućina u tankovima.

Momenti su računati prema izrazima koji se koriste u programu Hydromax, a koji odgovaraju izrazima iz navedenih pravila iako su neki od njih napisani u drugačijem obliku nego što je uobičajeno.

Proračunom su određeni maksimalni pritisci/brzine vjetra odnosno odgovarajuće veličine poluga momenata za koje brod može zadovoljiti zadane kriterije pri određenom plovnom stanju, odnosno jačini vjetra obzirom na izloženu površinu trupa, nadgrađa i jedara.

Od dolje navedenih kriterija iz pravila GL-a, najkritičniji je statički kut nagiba pa su obzirom na taj kriterij računati svi maksimalni dozvoljeni pritisci/brzine vjetra odnosno odgovarajuće poluge.

površina ispod krivulje stabiliteta broda mora biti najmanje 1.4 puta veća od površine ispod krivulje momenta vjetra

maksimalna poluga stabiliteta ne smije biti manja od 0,3 m

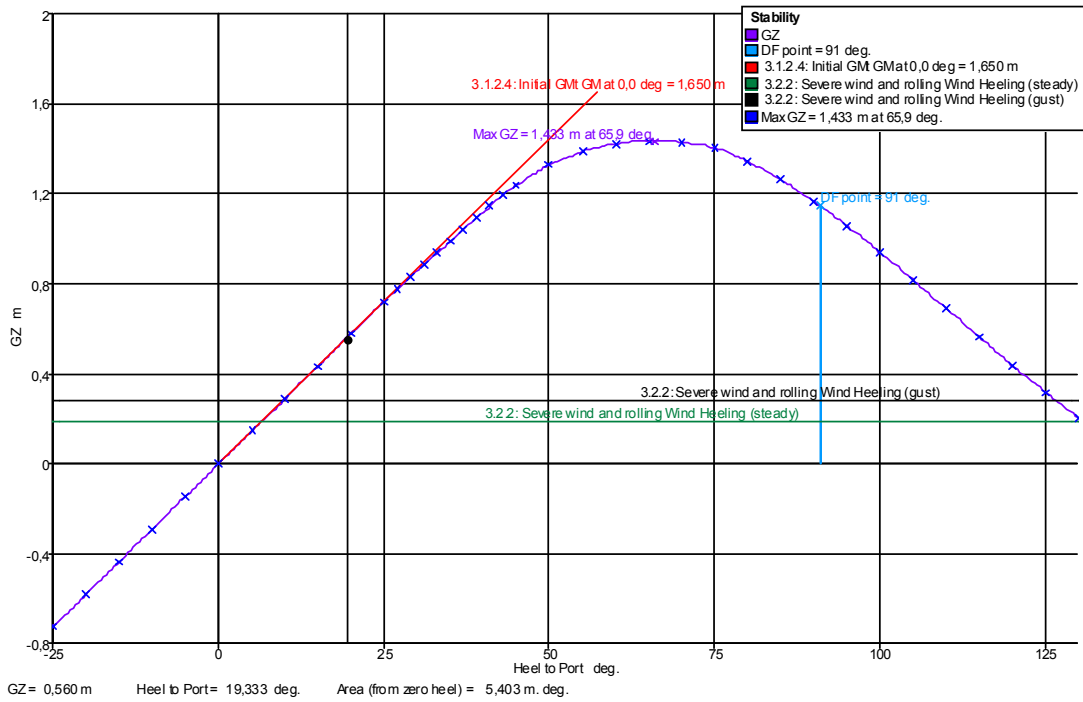
opseg stabiliteta ne smije biti manji od 90°

početna metacentarska visina ne smije biti manja od 0,6 m

statički kut nagiba pod jedrima ne smije prijeći 20° i ne smije biti veći od kuta urona palube

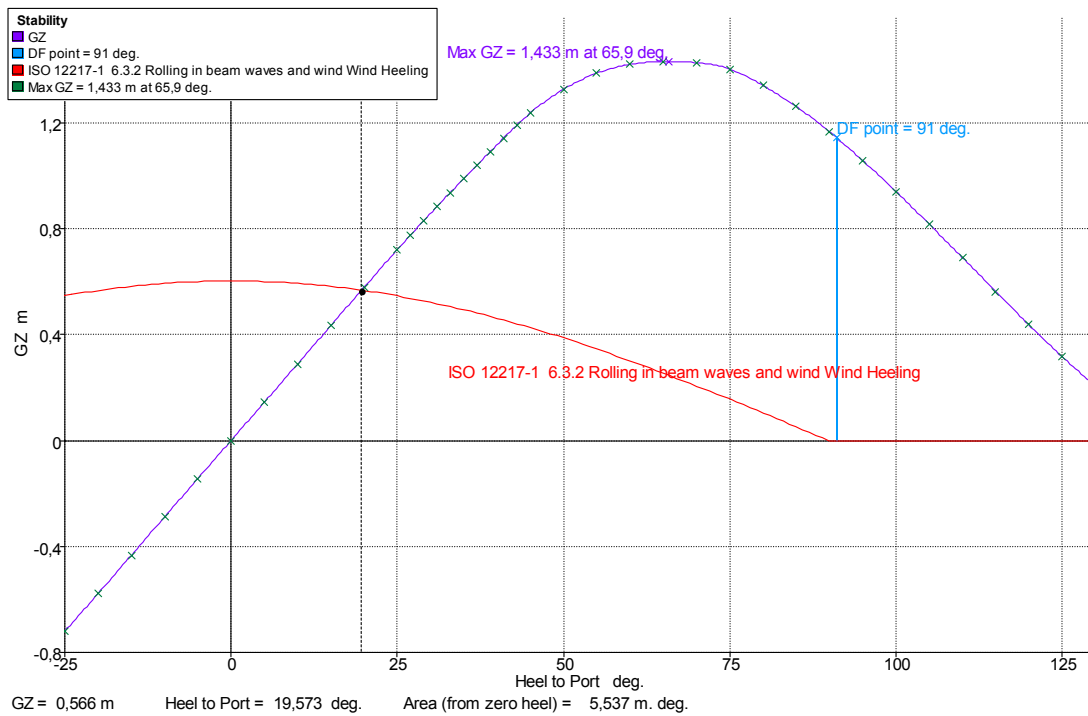
Kao kritični slučaj naplavlivanja uzeto je naplavlivanje kroz vidnik na glavnoj palubi koji se nalazi između R.23 i R.30.

3.3.1. Rezultati:



Slika 5. Proračun stabiliteta SK1 - IMO kriteriji

Fig. 5 Stability calculation SK1- IMO criteria



Slika 6. Proračun stabiliteta SK1 –Brod pod punim jedrima

Fig. 6 Stability calculation SK1- Full sails

Tablica 5. Tablica rezultata

Table 5 Table of Results

ZAHTJEV			PRORAČUN		
			SK1	SK2	SK3
IMO	Površina između 0° i 30° >	<i>0.055 mrad</i>	0.227	0.225	0.221
	Površina između 0° i 40° >	<i>0.090 mrad</i>	0.4	0.395	0.387
	Površina između 30° i 40° >	<i>0.030 mrad</i>	0.173	0.17	0.166
	Max. GZ na 30° ili većeg >	<i>0.3 m</i>	1.435	1.42	1.39
	Kut nagiba kod max. GZ >	<i>25°</i>	65.9°	67.6°	68°
	Kut nagiba zbog djelovanja vjetra (bez jedara) <	<i>16°</i>	6.5°	6.7°	7°
	Omjer površina A2/A1 (bez jedara) >	<i>100%</i>	195.6	188.7	181
	Ispravljena početna GMt >	<i>0.6 m</i>	1.625	1.643	1.671
MCA	opseg pozitivnog stabiliteta >	<i>90°</i>	91°	91.9°	92.7°
ISO	Omjer površina A2/A1 (puna jedara) >	<i>140%</i>	152.4	159.7	151.1
	Kut nagiba zbog djelovanja vjetra (puna jedara) <	<i>20°</i>	19.6°	18.7°	19.4°

3.3.2. Zadovoljenje uvjeta

Prema prikazanim rezultatima proračuna stabiliteta svi opći zahtjevi IMO-a su zadovoljeni, te za kritični kut nagiba, svi zahtjevi GL-a za jahte veće od 24 m su zadovoljeni uz ograničenje plovidbe pod punim jedrima do maksimalne brzine vjetra od cca. 23 čvora, odnosno 12 m/s, što odgovara snazi vjetra od 6 Bf, te stanju mora 4.

3.4. Propulzija broda

Brod ima mogućnost plovljenja samo jedrima, samo motorima ili u kombinaciji zajedno. Procjena brzine jedrenja kod prividnog vjetra od 4.88 m/sek (16 ft/sek) s površinom jedara od 500 m² iznosi 6 čv. Osim pogona vjetrom školski jedrenjak može ploviti na mehanički pogon. U prvju varijanti bila je predviđena jednopropelerna dok u konačnoj je odlučeno za dvopropelernu propulziju.

3.4.1. Pogon mehaničkom propulzijom

Prve procjene otpora dobivene su prema metodi Holtrop pomoću programa Hullspeed (MaxSurf)

Tablica 6. Procjena otpora pomoću programa Hullspeed**Table 6** Resistance prediction with Hullspeed software

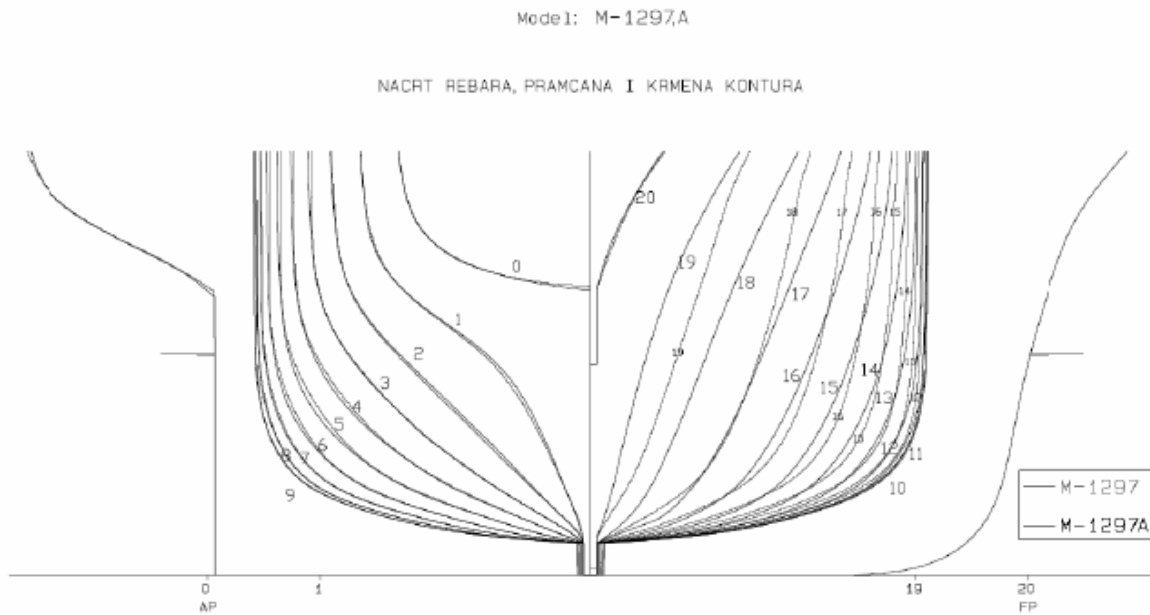
	Brzina [čv]	Otpor RT[kN]
1	0	-
2	0.75	0.11
3	1.5	0.58
4	2.25	0.81
5	3	1.38
6	3.75	2.08
7	4.5	2.91
8	5.25	3.87
9	6	5.02
10	6.75	6.48
11	7.5	8.56
12	8.25	11.69
13	9	16.35
14	9.75	25.19
15	10.5	36.74
16	11.25	46.29
17	12	57.26
18	12.75	76.99
19	13.5	112.42
20	14.25	150.39
21	15	188.43

Rezultat se odnosi na istisninu u prvom približenju $\Delta = 297$ t ($T = 2.24$ m)

Zbog što boljeg izbora pogonskog postrojenja ispitani su u BI-u modeli Logera u svojoj osnovnoj formi (model broda M-1297) i modificiranoj formi (model broda M-1297A).

Tablica 7. Rezultati ispitivanja osnovne i modificirane forme**Table 7** Tank testing results for basic and modified hull form

Brzina V (čv)	Model M- 1297		Model M1297 A	
	Otpor RT (kN)	Snaga otpora PE (kW)	Otpor RT (kN)	Snaga otpora PE (kW)
3	1.77	2.7	1.84	2.8
4	3.10	6.4	3.07	6.3
5	4.81	12.4	4.74	12.2
6	6.96	21.5	7.06	21.8
7	10.05	36.2	10.12	36.4
8	14.72	60.6	14.08	58.0
9	22.89	106.0	20.05	92.8
10	37.01	190.4	30.51	156.9
11	54.70	309.5	42.76	242.0
12	75.66	467.0	61.53	379.8
12.5	90.52	582.0	76.66	493.0



Slika 7. Usporedba osnovne i modificirane forme trupa

Fig. 7 Basic and modified hullform comparison

Razlog modificiranja je prilagodba forme mehaničkoj propulziji. Osnovna forma pokazala se dobrom do brzina $V = 8$ čvorova što je optimalan rezultat za pune forme teretnih brodova u propulziji jedrima. Za postizanje 11 čvorova koliko je zahtijevano od propulzije propelerima izvršena je modifikacija. Osnovna forma (model broda M-1297) ispitivan je vijcima sa zalihe (V-775/V-776). Modificirana forma trupa (model broda M-1297A) ispitivana je s projektiranim vijcima V1136/V1137. Pokusom otpora SI11., slobodne vožnje i vlastitog pogona dobiveni su rezultati s kojima su određene komponente propulzije te prognoza brzine i okretaja.

Rezultati se odnose na istisninu $\Delta = 376$ t ($T = 3.06$ m) u uvjetima pokusne plovidbe s projektiranim vijcima i to,

- za kočenu snagu stroja PB TOT $2 \times 336 = 672$ kW

$$V_{pp} = 11,21 \text{ čv}$$

$$N_{pp} = 706,8 \text{ min}^{-1}$$

- za kočenu snagu stroja PB TOT $2 \times 373 = 746$ kW

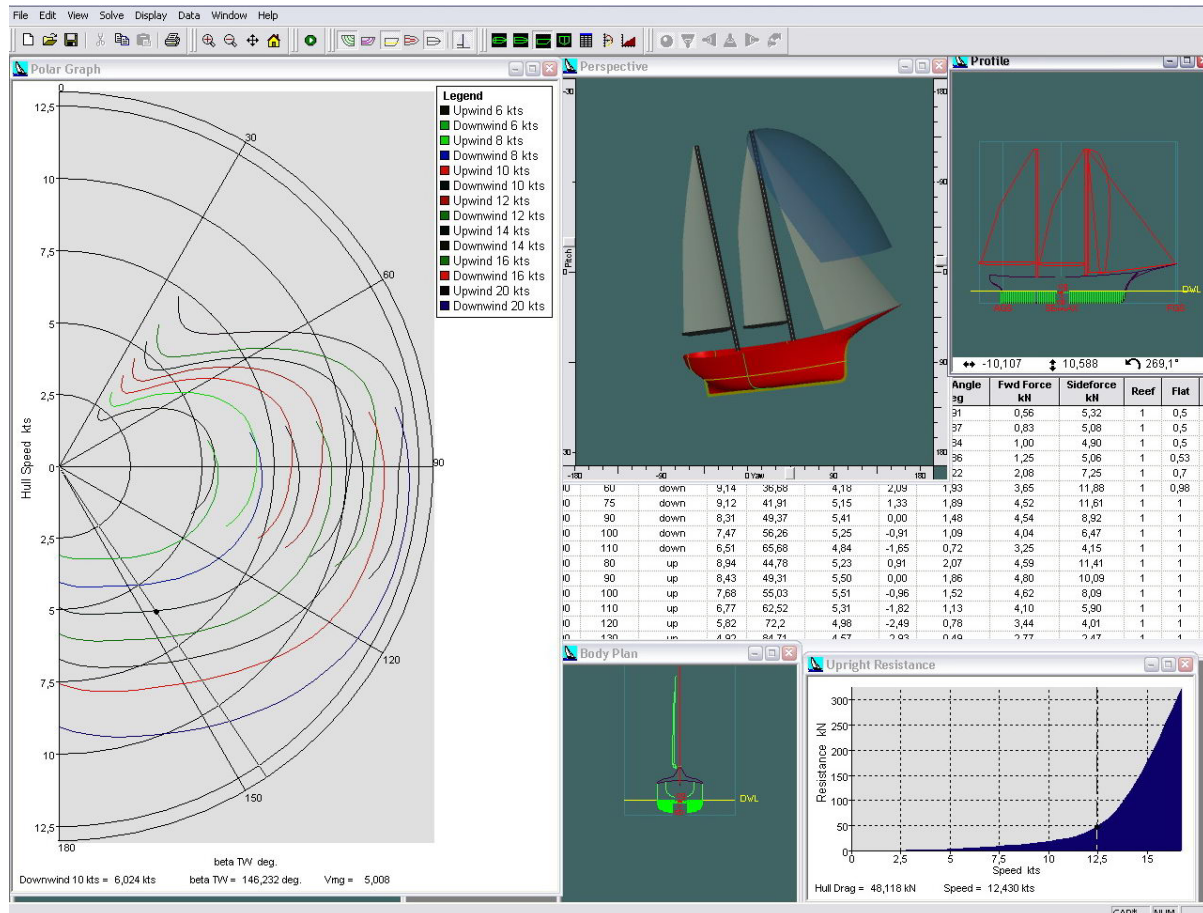
$$V_{pp} = 11,43 \text{ čv}$$

$$N_{pp} = 728,9 \text{ min}^{-1}$$

3.4.2. Pogon jedrima

Za približnu procjena brzine broda pogonjenog samo jedrima u različitim smjerovima u odnosu na vjetar korišten je program SPAN (Maxsurf). Obzirom da je ovaj program predviđen za analizu modernijih tipova brodova na jedra, nije bilo moguće detaljno definirati

konfiguraciju jedrilja logera te su izvršene određene prilagodbe tako da glavne karakteristike jedara, kao što su površine i težišta sila, koje su bitne za proračun ostanu zadovoljene. Rezultati analize pokazali su veća odstupanja kod smjerova u vjetar dok se kod smjerova niz vjetar ne razlikuju znatno od mjerenja u naravi što je prihvatljivo i očekivano za ovakav tip broda.



Slika 8. Procjena brzine kod jedrenja

Fig. 8 Sailing speed prediction

3.4.3. Kombinirana propulzija sa uzajamnim djelovanjem vjetra i propelera

Moguća je uspješna uporaba oba načina propulzije istovremeno svakom slučaju osjetan je prirast u brzini osobito u jedrenju uz vjetar. Pojavom parne propulzije krajem 19. stoljeća a zbog štednje ugljena, važno je slijedeće pravilo za mješovite pogone. Pretpostavivši odnosnu brzinu broda koju je on postizavao samo mehaničkim pogonom sa snagom strojeva i potrošnjom ugljena, i brzinu pod samo jedrima s poznatim smjerom i snagom vjetra, tada treća potencija brzine u zajedničkom pogonu jednaka je sumi trećih potencija brzina u mehaničkom pogonu za sebe, te sa jedrima za sebe. Bez sumnje u stvarnosti mnogo drugih čimbenika utiče na rezultirajuću brzinu kao što su stanje mora te kurs broda u odnosu na valovitost, no sa ovim pravilom trebalo bi se biti na sigurnoj strani. Tako se razmišljalo u 19. stoljeću.

3.5. Konstrukcija trupa i nadgrađa

Preliminarnim projektom predviđena je konstrukcija slijedećih karakteristika:

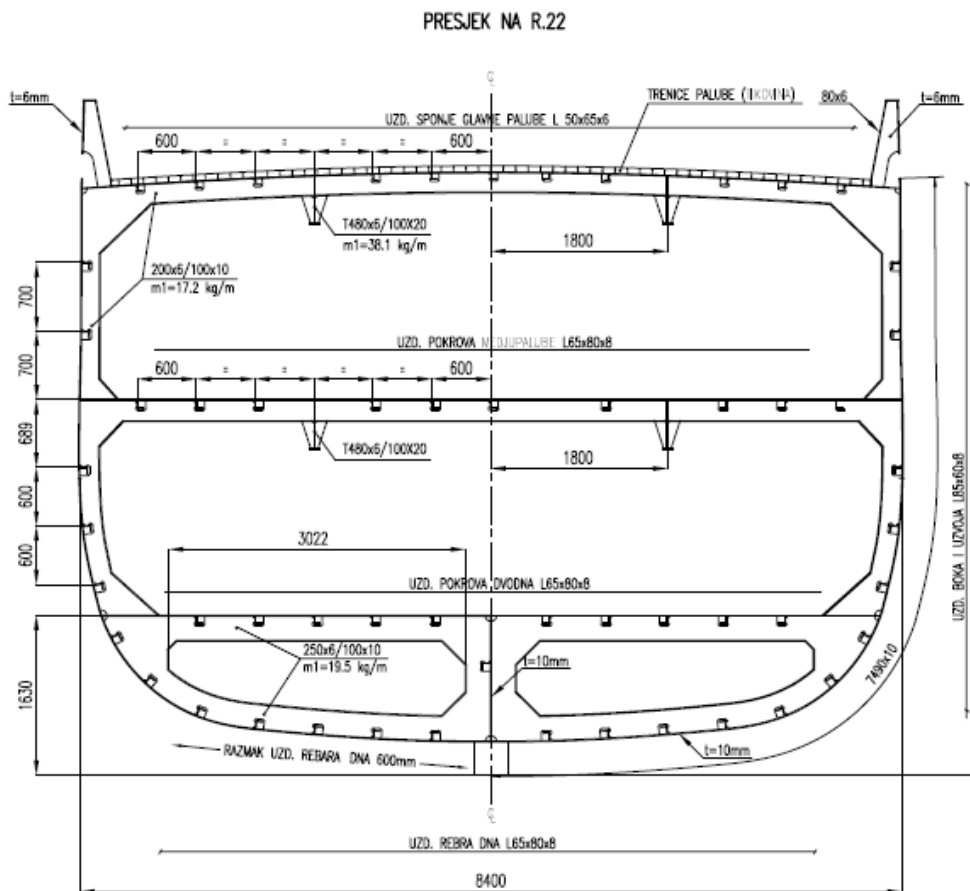
trup i palubne kućice su od brodograđevnih čeličnih limova, debljina 6 i 10 mm, standardnih profila, uglovnice 65×80×8 mm, te rađenih T-profila.

oplate dna, boka, glavne palube i pokrova dvodna, izvedene su u uzdužnom sustavu gradnje.

svi građevni elementi konstrukcije zavareni su standardnim elektrolučnim postupkom.

građevni materijal je standardni brodograđevni čelik, kvalitete CRS A, opjeskaren i zaštićen odgovarajućom antikorozivnom temeljnom bojom.

građevni elementi konstrukcije su dimenzionirani prema pravilima HRB-a.



Slika 9. Glavno rebro

Fig. 9 Main frame

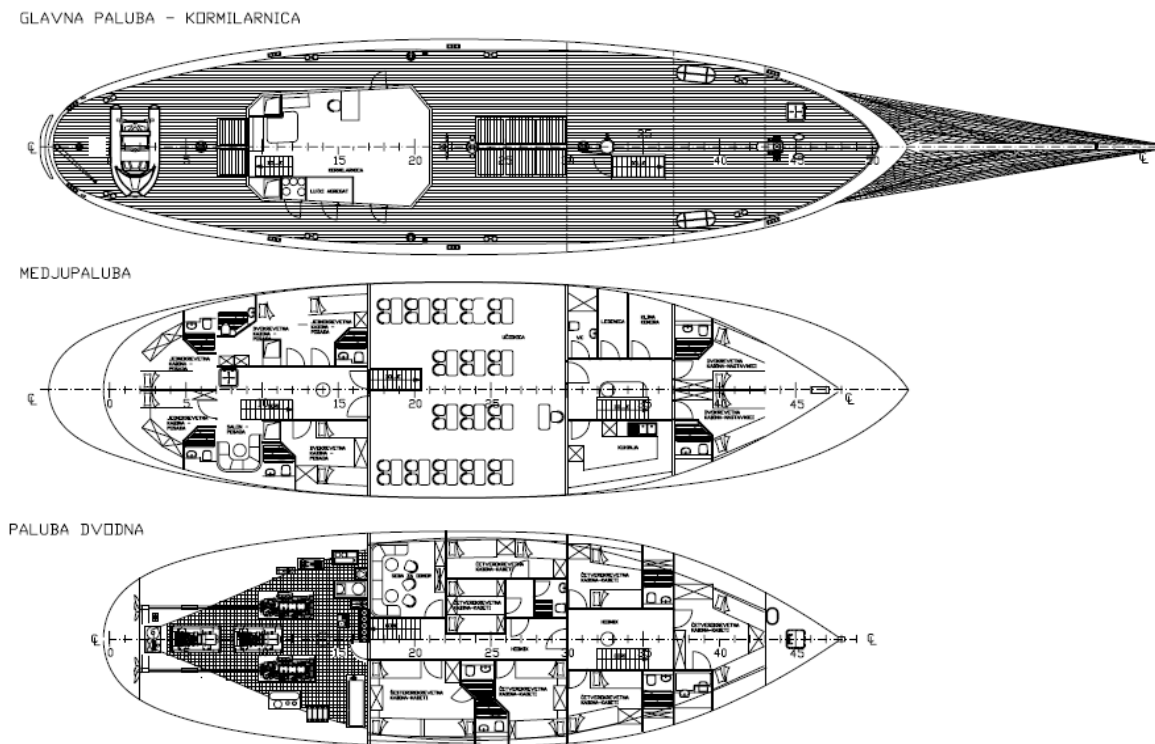
3.6. Zadovoljenje smještajnih zahtjeva

Posadu broda činiti će u stalnom sastavu, zapovjednik te 6 časnika, dočasnika i mornara. U obuci moći će brod povećati sastav za 4 nastavnika i 28 učenika.

Stalni sastav posade biti će smješten u 3 jednokrevetne i 2 dvokrevetne kabine u međupalublju na krmi.

Nastavnici u 2 dvokrevetne kabine u međupalublju na pramcu dok su učenici podijeljeni u 7 četvorokrevetnih i 1 šesterokrevetnu kabinu na donjoj palubi.

Svaka kabina bilo stalnog ili povremenog sastava opremljena je sa sanitarnim čvorom.



Slika 10. Raspored prostora školskog broda

Fig. 10 Interior spaces arrangement

Brodski trup po visini podijeljen je palubama. Glavna i međupaluba protežu se cijelom dužinom broda. Donja paluba, ujedno i pokrov dvodna prekida se na pramčanoj nepropusnoj pregradi strojarskog prostora na R17. U uzdužnom smislu brod je podijeljen nepropusnim i običnim pregradama na rebrima R7, R17, R30, R37 i R43.

Glavna paluba

Na njenoj krmenoj polovini je palubna kućica zapovjednog mosta s kormilarnicom.

Unutar prostora nalazi se hodnik sa salonom i silaz u međupalublje u prostor kabina posade. Na pramčanoj polovici glavne palube je kućica sa stubištem silaza u međupalublje u prostor učionice odnosno smještaja nastavnika i učenika.

Međupalublje

Krmeni sudarni prostor s kormilarskim stojem od krmene statve do sudarne pregrade na rebru R2. Prostor kabina posade od nepropusnih pregrada na rebrima R2 i R17. Tu je smješten salon posade s stubištem izlaza u kormilarnicu, i hodnik. Na pramčanoj stijeni hodnika s lijeve strane je stubište silaza u potpalublje odakle se ulazi u strojarnicu. S desne strane je ulaz u učionicu.

Učionica, ujedno i blagovaonica posade, učenika i nastavnika, nalazi se između rebra R17 i R30. U prostoru od pregrada na R17 i R30 smješteni su na lijevom boku WC, lednica i klima komora. Na desnom boku nalazi se kuhinja. U sredini je hodnik sa stubištem izlaza na glavnu palubu i stubištem silaza na donju palubu u prostor kabina učenika.

Kabine nastavnika smještene su između rebara R37 i R43.

Pramčani sudarni prostor smješten je od nepropusne pregrade na rebru R43 pa do pramčane statve a ujedno je prostor pramčanog bočnog propulzora.

Donja paluba

- Prostor strojarnice smješten je između nepropusnih pregrada na rebrima R2 i R17.

- Prostor kabina učenika s hodnicima i to između rebara R17 i R30, R30 i R37 i na kraju R37 i R43. Na krmenoj stijeni hodnika, R17, na desnoj strani nepropusna su vrata za komunikaciju sa strojarnicom a na lijevoj, stubište za izlaz u prostor posade. U hodniku između rebara R30 i R37 je stubište za izlaz na međupalubu.

Dvodno

Dvodno se proteže od pregrade na rebru R17 do pregrade na rebru R 43. Tu su smješteni strukturni tankovi goriva, blatne vode i pitke vode. Smješteni su simetrično istog kapaciteta na lijevom i desnom boku. Tankovi goriva, $2 \times 7 \text{ m}^3$ od rebra R17 do R21, tankovi blatne vode $2 \times 7 \text{ m}^3$, tankovi pitke vode $2 \times 6,5 \text{ m}^3$.

4. Zaključak

Početak godine, Hrvatska je iznjedrila za svoja pomorska učilišta novi školski brod, imenom *Kraljica mora*. Dvojarbolni jedrenjak dugačak je trideset i pet metara, Uz sedam članova posade predviđen je smještaj za četiri profesora i dvadeset i osam vježbenika u dostatnim kabinama. Brod ima autonomiju plovidbe od šest dana, zahvaljujući opremljenoj kuhinji i frižiderima, tankovima vode i goriva, desalinizatoru i praonici rublja. Predviđen je za krstarenja Jadranom i Sredozemljem.

Idejni projekt broda rađen prema zahtjevima kupca: Ministarstva mora, prometa i infrastrukture je Brodarski institut uz Zagreba. Projektni zadatak je bio posebno izazovan zbog potrebe za usklađivanjem zahtjeva za moderno opremljenim plovilom, odgovarajuće brzine i autonomije, koji će se koristiti za praktičnu izobrazbu hrvatskih pomoraca i časnika, ali uz očuvanje autentičnosti i tradicijskih karakteristika forme i jedrilja tradicionalnog jadranskog broda tipa Loger. U skladu s time u sklopu razrade idejnog projekta uspio se postići relativno visok stupanj autentičnosti forme broda i oblika jedrilja koji je narušen samo zbog zahtijevane primijene modernih materijala i načina gradnje.

Glavni projektant broda je tvrtka Yacht Design d.o.o. iz Trogira, a graditelj Montmontaža Greben d.o.o. iz Vele luke, u suradnji sa podizvođačima zbog iznimne sadržajnosti. Naime, do sada niti jedno naše brodogradilište nije imalo priliku sagraditi takav specifičan brod - jedrenjak. To su dva broda u jednom, što znači da niti motori nisu pomoćni, niti je snast krnja.

LITERATURA

- [1] V. Salamon, N. Bobanac i dr.: Metodologija i kriteriji za procjenu autentičnosti tradicijskog broda, 2005, HAZU
- [2] Johow, E. Foerster: Priručnik za brodogradnju, 1951, Brodarski Institut
- [3] Germanischer Lloyd: Rules for Classification and Construction, Special crafts, Yachts > 24 m
- [4] S. Bellabarba, E. Guerrerri: Vele italiane della costa occidentale, 2002, HOEPLI
- [5] IMO A.749 Code on Intact Stability for all Types of Ships, International Maritime Organization
- [6] ISO 12217 Small craft -- Stability and buoyancy assessment and categorization
- [7] MCA The Large Commercial Yacht Code MSN 1792, Maritime and Coastguard Agency

Danko Gugić, Sortina 55, 10000 Zagreb

Vedran Slapničar, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb

Ivan Adum, Torbarova 14, 10000 Zagreb

PRIMJENA EKONOMSKIH MJERILA VRSNOĆE U OSNIVANJU BRODA

Sažetak

Za zadane vrijednosti nosivosti, brzine te omjera glavnih dimenzija i koeficijenta iskoristivosti istisnine osniva se inicijalni brod. Varirajući duljinu i omjere glavnih dimenzija inicijalnog broda osniva se flota brodova. Za sve brodove iz generirane flote izračunavaju se ekonomske značajke za različite kombinacije brzine, kamata i životnog vijeka. Tretirajući ove značajke kao ekonomska mjerila vrsnoće biraju se najbolji brodovi prema: najmanjem trošku izrade, najmanjem trošku izrade po toni nosivosti, najvećem koeficijentu iskoristivosti istisnine, najmanjim životnim troškovima po toni nosivosti, najmanjoj zahtijevanoj vozarini, najvećoj dobiti po toni nosivosti, najbržem povratu kapitala i najvećoj sadašnjoj vrijednosti projekta. U radu je utvrđeno da u izboru najboljeg broda prevladavaju ekonomska mjerila u odnosu na tehničke kriterije.

Ključne riječi: osnivanje broda, flota brodova, ekonomska mjerila vrsnoće

APPLICATION OF ECONOMIC CRITERIA OF MERIT IN SHIP DESIGN

Summary

For the given values of capacity, speed, ratio of the main dimensions and the deadweight/displacement ratio initial ship is designed. Varying the initial values length and the ratios of the principal dimensions the fleet of ships is developed. For all ships in the fleet the economic characteristics are calculated for the different combinations of speed, interest and life cycle. Treating these features as an economic criteria of merit the best ships are selected according to following: the minimum cost price, the lowest cost price per ton deadweight, maximum of deadweight/displacement ratio, lowest life cost per ton deadweight, the minimum required freight rate, the largest profit per ton deadweight, the fastest capital return and the maximum present value of the project. The paper concludes that in the selection of the best ship the economic criteria prevails compared the technical ones.

Key words: ship design, ships's fleet, economic measures of merit

1. Uvod

U osnivanju broda postoje dva ključna aspekta fizikalno-tehnički i ekonomski. U radu će biti prikazano koji aspekt određuje projekt u većoj mjeri. Osniva se brod nazvan prabrod za zadanu nosivost i brzinu. Varirajući duljinu i omjere glavnih dimenzija prabroda osniva se flota brodova. Nosivost brodova flote razlikuje se do 1% od zadane nosivosti. Za sve brodove proračunavaju se ekonomske značajke za različite kombinacije godina života, brzine, kamata i vozarine. Cijene čelika, opreme i postrojenja su iz [1] iz prošlog stoljeća (USD) pak ih treba korigirati povijesnim faktorom cijena što predstavlja stavku 12 (povijesni faktor cijene) u zadanim polaznim podacima (Poglavlje 3.) s napomenom da je primjer dan u ovom radu podložan reviziji stvarnih ulaznih podataka. Za opisane izračune postoje mnogobrojni softveri s tim da ih svaki brodovlasnik mora podesiti prema svojim stvarnim ulaznim podacima i troškovima.

2. Definicije i model programa

Razvijen je program «osbrod2» u programskom jeziku fortran u kojem se zadaju vrijednosti nosivosti i brzine te omjera glavnih dimenzija i koeficijenta iskoristivosti istisnine. Računa se masa istisnine prema [1], koef. punoće i glavne dimenzije rješavajući projektну jednadžbu bisekcijom po Lpp-u. Za računanje mase praznog opremljenog broda zadaju se vrijednosti nekih koeficijenata i određuje potrebna snaga glavnog pogonskog stroja. Snaga pogonskog stroja određuje se po Holtropu [2][3] i QPC (hidrodinamski koeficijent propulzije) po Emersonu [1].

Ovako određena snaga množi se s faktorom rezerve koji se definira u polaznim podacima. Ako je zbroj masa lakog broda i nosivosti veći ili manji do 2% od mase istisnine glavne dimenzije prabroda su dobre.

2.1. Trošak projektiranja, gradnje i primopredaje broda

Trošak izrade sastoji se od sljedećih troškova:

- a) materijala, uređaja i opreme
- b) radne snage
- c) ostalih troškova

Pri određivanju troška izrade obično se troškovi pod a) i b) uzimaju skupa i određuju prema masama:

CIJ1,	čelika (trup, nadgrađe i kućice)
CIJ2,	opreme
CIJ3,	strojarsko-električnog postrojenja

odnosno pomoću sljedećih izraza:

$$CIJ1 = (CIJ1)1\text{tona} * MST \quad (1)$$

$$CIJ2 = (CIJ2)1\text{tona} * MO \quad (2)$$

$$CIJ3 = (CIJ3)1\text{tona} * MM \quad (3)$$

U gornjim izrazima mst, mo i mm su mase, u tonama, čelika, opreme i strojarsko-električnog postrojenja. Jedinične cijene cij1, cij2 i cij3, cijene za jednu tonu čelika, opreme i

strojarsko-električnog postrojenja određuju se prema podacima navedenim u [1], a uključuju cijenu materijala, radne snage i režija. Temeljem ovih podataka [1] izvedeni su sljedeći regresijski izrazi:

$$CIJ1=2.354*104*MST0.74 \quad (4)$$

Ako je $MO \leq 5000$. tona vrijedi:

$$CIJ2=MO*(1.566e4-2.99*MO+3.55e-4*MO**2), \quad (5)$$

a ako je $mo > 5000$. tona vrijedi:

$$CIJ2=9585.*MO \quad (6)$$

$$CIJ3=8.541*104*MM0.714 \quad (7)$$

U ostale troškove ubrajaju se troškovi izrade:

tehničke dokumentacije
modelskih ispitivanja
porinuća i dokovanja
probne vožnje
primopredaje

Ovi troškovi mogu doseći do 10% od zbroja $CIJ1 + CIJ2 + CIJ3$. Konačno za trošak izrade broda, ckb , može se napisati izraz:

$$CKB = PFC * FOT * (CIJ1 + CIJ2 + CIJ3), \quad (8)$$

gdje su:

PFC, povijesni faktor cijene – faktor korekcije osnovnih cijena
FOT, faktor ostalih troškova

2.2. Ekonomske mjere vrsnoće projekta

Definiraju se i razmatraju sljedeće ekonomske mjere vrsnoće projekta:

DOB, dobit u životu broda
TCR, broj godina za povrat kapitala
NPV, čista sadašnja vrijednost projekta

koje se određuju sljedećim izrazima:

$$DOB = UUU - TZC \quad (9)$$

$$TCR = \frac{\ln(GOZ + FK * PIN) - \ln(GOZ)}{\ln(1 + FK)} \quad (10)$$

$$NPV = \frac{GOZ}{CRF} - PIN \quad (11)$$

u kojima pojedini simboli znače i određuju se izrazima:

UUU - ukupni utržak, s kamatama, u životu broda

$$UUU = GUT \frac{(1 + FK)^N - 1}{FK}, \quad (12)$$

U gornjem izrazu GUT je prosječni godišnji utržak i određuje se izrazom:

$$GUT = FRA * GKP \quad (13)$$

u kojem je:

N,	broj godina života broda
FRA,	aktualna pretpostavljena vozarina
GKP,	godišnji transportni kapacitet
FK,	faktor kamatne stope (kamatna stopa/100)
TZC,	ukupni troškovi, s kamatama, u životu broda

$$TZC = CCC \frac{(1 + FK)^N - 1}{FK} \quad (14)$$

U gornjem izrazu CCC su ukupni prosječni troškovi, zbroj jednogodišnjih troškova kapitala i prosječnih jednogodišnjih troškova broda, i određuju se izrazom:

$$CCC = PIN * CRF + COST \quad (15)$$

gdje je:

PIN,	početna vrijednost investicije
CRF,	je faktor povrata kapitala
COST,	su prosječni jednogodišnji troškovi broda

$$PIN = 1.015 * ckb + 2 * FK * (0.5ckb) \quad (16)$$

$$CRF = \frac{FK(1 + FK)^N}{(1 + FK)^N - 1} \quad (17)$$

$$COST = CPB + CGU \quad (18)$$

CGU predstavlja prosječne jednogodišnje troškove goriva i maziva a CPB troškove definirane izrazom:

$$CPB = TPJ + HIZ + OIP + TOS + ADM + TLK + DIP \quad (19)$$

Prema [1] struktura troškova korištenja broda (eksploatacije) definiramo kroz sljedeće parametre:

TPJ,	troškovi posade, oznaka troška
HIZ,	troškovi hrane i zaliha
OIP,	troškovi održavanja i popravaka
TOS,	troškovi osiguranja broda i posade
ADM,	troškovi administracije i opći troškovi
TLK,	takse za luke, kanale i pilotažu
CGU,	troškovi goriva
DIP,	zarada brodovlasnika i porez koji se na nju plaća

Postoje i drugačije raščlane troškova korištenja broda. Za razmatranje ekonomske vrsnoće projekta obično se navedeni troškovi određuju za jednogodišnje razdoblje tako da je prosječna godišnja zarada određena s izrazom:

$$GOZ = GUT - CCC \quad (20)$$

GOZ,	prosječna godišnja zarada
------	---------------------------

RFR,	zahtijevana vozarina, USD/10000 tonamilja
PJT,	prosječni godišnji trošak broda, mil. USD
PEN,	trošak kapitala, mil. USD
GKP,	jednogodišnji kapacitet u 10000 miljatona

$$CPB=CPBD+0.01*DIP*PIN \quad (21)$$

$$THFO=DUG*24.*PB*QHFO/1000 \quad (22)$$

$$TMDO=365.*0.08*THFO*CMDO/DUG \quad (23)$$

$$THFO=THFO*CHFO \quad (24)$$

$$TULJ=0.001*PB*35.*DUG \quad (25)$$

$$CGU=THFO+TMDO+TULJ \quad (26)$$

$$PJT = \frac{FK * TZC}{(1 + FK)^{RNG-1} - 1} \quad (27)$$

$$GKP=DUG*24.*VCVV*MDWT/10000 \quad (28)$$

3. Primjer proračuna ekonomskih mjerila i biranja brodova

Prikazati ćemo na primjeru broda za rasuti teret jedan korak izvođenja programa «osbrod2» za sljedeće polazne zajedničke podatke:

1. Masa nosivosti mdwt, t,	150000.00
2. Brzina vcv, kn,	15.00
3. Omjer duljine Lpp i širine Bw,	15.84
4. Omjer širine Bwl i visine D,	1.85
5. Omjer gaza T i visine D,	0.66
6. Faktor Cso za računanje mase čelika trupa	0.07
7. Volumen nadgrađa i kućica, m ³	2000.00
8. Faktor K za računanje mase opreme	0.45
9. Faktor Kpo za računanje mase postrojenja	0.69
10. Broj okretaja propelera	76.00
11. Faktor rezerve snage	1.50
12. PFC, povijesni faktor cijene	0.50
13. Koeficijent iskoristivosti istisnine	0.830

Gore navedeni podaci sadržavaju podatke iz projektnog zahtijeva i podatke vezane za projektni zahtjev s tim da se oni preuzimaju od izgrađenih sličnih broda. Za ove ulazne podatke izračunati su podaci za prabrod. U sljedećem koraku slijedi preliminarno računanje mase praznog opremljenog broda i potrebne snage putem empirijskih formula [1]. Ovako dobivenu masu kontroliramo usporedbom s vrijednošću mase dobivene preko koeficijenta iskoristivosti istisnine i empirijskih formula za proračun elemenata mase praznog opremljenog broda.

Glavne značajke prabroda izračunate za zadani koeficijent iskoristivosti istisnine:

Masa istisnine, t	180722.90
Duljina između okomica, m	271.43
Širina na vodnoj liniji, m	46.48
Gaz, m	16.58
Visina, m	25.12
Koeficijent punoće	0.8387
Froudeov broj	0.1495

Mase praznog opremljenog broda i potrebne snage određena prema [1]:

Masa čelika, tona	22985.1
Masa opreme, tona	5677.0
Masa postrojenja, tona	2217.3
Volumen nadgrađa i kućica, m ³	2000.
Snaga pogonskog stroja s rezervom, kW	22758.3

Kontrola mase istisnine određene na dva načina:

Masa istisnine dep, tona	180722.9
Masa lakog broda mlb, tona	30879.4
Masa nosivosti mdwt, tona	150000.0
Masa punog broda mpb, tona	180879.4
Razlika masa raz=dep-mpb, tona	-156.5
Razlika u postocima 100*raz/dep	-0.09

S obzirom da je apsolutna vrijednost razlike masa istisnine manja od 2% što smatramo za prihvatljiv rezultat nastavlja se dalje s izvršenjem ekonomskim dijelom proračuna i primjerom biranja brodova.

Polazi se od glavnih značajki prabroda te se varira duljina i omjeri glavnih dimenzija, u granicama i koracima definiranim u Tablici 1, a kako bi se osnivala flota brodova.

Tablica 1. Granice i korak variranja duljine i omjera

Table 1 Boundaries and step of variation of length and ratios

Dim./omjer	Min.	Max.	Korak
Duljina L	244.29	298.58	4.00
L/B	5.64	6.040	0.050
B/D	1.65	2.050	0.050
T/D	0.46	0.860	0.050

Vrijednosti Cb, mase opreme i postrojenja drže se konstantnim kao za prabrod. Broj brodova u za koje bio zadovoljen kriterij plovnosti odnosno da je apsolutna vrijednost razlike masa istisnine manja od 2% iznosi 235. Možemo reći da ovih 235 brodova nije potonulo. Rezultat karakterističnih brodova rangiranih prema kriterijima prezentiranim u Tablici 2 dan u Tablici 3.

Tablica 2. Kriteriji prema kojima se biraju brodovi iz flote

Table 2 Criteria for the ship selection from the fleet

KB 1	brod s najmanjom investicijom (PIN),
KB 2	brod s najmanjim omjerom PIN/nosivost
KB 3	brod s najvećim im kDWT
KB 4	brod najmanjih životnih troškova
KB 5	brod s najmanjom zahtijevanom vozarinom
KB 6	brod s najvećom dobiti
KB 7	brod s najkraćim vremenom povrata kapitala
KB 8	brod s najvećom čistom sadašnjom vrijednosti

Značenje kratica u zaglavlju ispisa i pregledu značajki karakterističnih brodova u tablici 3 izbranih prema ekonomskim kriterijima navedenim u tablici 2:

Nred,	redni broj broda u floti brodova
L,	duljina Lpp, m
B,	širina, m
T,	gaz, m
D,	visina, m
Mist,	masa istisnine, 1000 tona
Mdwt,	masa nosivosti, 1000 tona
Kdwt,	koeficijent iskoristivosti istisnine
Cij,	kalkulirana cijena broda, USD
PIN,	početni investicijski troškovi, milioni USD
PIN/mdwt,	USD/t
N,	godine života broda
TZC,	trošak životnog ciklusa broda, USD
RFR,	zahtijevana vozarina, USD/10000 tonamilja
DOB,	dobit, milijuni USD
TCR,	broj godina za povrat kapitala s kamatama
NPV,	čista sadašnja vrijednost projekta

Tablica 3. Najbolji karakteristični brodovi prema ekonomskim kriterijima navedenim u Tablici 2**Table 3** Best characteristic ship according the economic criteria stated in Table 2

Nred	KB	L	B	T	D	mist	mdwt	kdwt
46	1	252.29	42.47	18.73	21.78	173.41	148.53	0.85656
36	2	252.29	43.95	18.44	21.44	176.64	151.46	0.85745
36	3	252.29	43.95	18.44	21.44	176.64	151.46	0.85745
11	4	244.29	41.48	19.82	23.04	173.46	148.58	0.85657
10	5	244.29	41.83	19.99	23.24	176.44	151.28	0.85739
10	6	244.29	41.83	19.99	23.24	176.44	151.28	0.85739
10	7	244.29	41.83	19.99	23.24	176.44	151.28	0.85739
10	8	244.29	41.83	19.99	23.24	176.44	151.28	0.85739

Tablica 3. nastavak**Table 3** continued

Nred	KB	PIN	PIN/mdwt	TZC	RFR	DOB	TCR	NPV
46	1	57.03	383.94	253.76	26.95	25.00	20.46	-41.68
36	2	57.25	378.00	255.42	26.60	28.40	18.46	-39.82
36	3	57.25	378.00	255.42	26.60	28.40	18.46	-39.82
11	4	57.03	383.85	253.62	26.93	25.20	20.33	-41.56
10	5	57.24	378.37	254.91	26.58	28.54	18.39	-39.72
10	6	57.24	378.37	254.91	26.58	28.54	18.39	-39.72
10	7	57.24	378.37	254.91	26.58	28.54	18.39	-39.72
10	8	57.24	378.37	254.91	26.58	28.54	18.39	-39.72

Brod najbolji po tehničkom kriteriju, a u radu smo ga definirali kao brod s najvećim koeficijentom iskoristivosti istisnine je brod pod rednim brojem 36 ali on ne daje najveću dobit. Također, brod 11 koji ima najmanje troškove korištenja u životnom vijeku broda ne daje najveću dobit. Brod 10 je najbolji jer daje najveću dobit, ima najmanji TCR a usto mu je RFR najmanji. Razlike su male ali su uočljive.

4. Primjer zavisnost dobiti o vozarini, kamatama, brzini i godinama života broda

Za svaki brod iz flote 235 brodova računaju se ekonomske značajke za kombinacije vrijednosti godina života, brzine, kamatne stope za tri kombinacije vozarina.

Zajednički podaci korišteni u proračunu za sve brodove iz flote od 235 brodova su sljedeći:

- | | |
|---|--------|
| 1. DUG, broj dana plovidbe u godini | 280.00 |
| 2. QHFO, specifična potrošnja motora kg/kWh | 0.188 |
| 3. CHFO, cijena teškog diesel goriva USD/t | 280.00 |
| 4. CMDO, cijena lakog diesel goriva USD/t | 380.00 |

5. FPT, faktor popunjenosti transporta	0.50
6. TPJ, troškovi posade, USD/1god	700000.00
7. HIZ, troškovi hrane i zaliha, USD/1god	100000.00
8. OIP, troškovi održavanja i popravaka, USD/1god	200000.00
9. TOS, troškovi osigur. broda i posade, USD/1god	500000.00
10. ADM, troškovi administracije, USD/1god	250000.00
11. TLK, takse za luke i kanale, USD/1god	160000.00
12. DIP, dobit i porez na dobit, %(od investicije)	8.00
13. FSL, faktor službe	1.05
14. FPC, faktor prodajne cijene	1.00

Pokazati ćemo na primjeru vozarine od 30.00 USD/10000 rezultate ekonomskih proračuna uz sljedeće parametre:

Kamata na dobit, %	2.00
Godine života broda	10.00
Brzina, kn	15.00
Kamata, %	5.00

Rezultati ekonomskih proračuna

CIJ,	kalkulirana cijena, mil. USD	57.536
PIN,	početna vrijednost investicije, mil. USD	61.276
COST,	1god. trošak broda u eksploataciji, mil. USD	13.462
CCC,	ukupni 1god. trošak, mil. USD	21.397
TZC,	trošak životnog ciklusa broda, mil. USD	269.129
PJT,	prosječni godišnji trošak broda, mil. USD	21.397
RFR,	zahtijevana vozarina, USD/10000 tonamilja	28.303
FRA,	pretpostavljena vozarina, USD/10000 tonamilja	30.000
GUT,	prosječni godišnji utržak, mil. USD	22.680
DOB,	dobit, mil. USD	14.048
TCR1,	broj godina za povrat kapitala s kamatom 5%	33.859
TCR2,	broj godina za povrat kapitala s kamatom 2%	47.388
FK,	kamate, %	5.000
CRF,	faktor povrata kapitala, %	12.950
PEN,	trošak kapitala, mil. USD	99.812
CGU,	1god. trošak goriva i maziva, mil. USD	6.649
CPB,	1god. trošak (place, takse i sl.), mil. USD	6.812
UUU,	ukamaćeni ukupni utržak, mil. USD	285.267
GOZ,	prosječna godišnja zarada, mil. USD	1.283
NPV,	čista sadašnja vrijednost projekta, mil. USD	-52.651

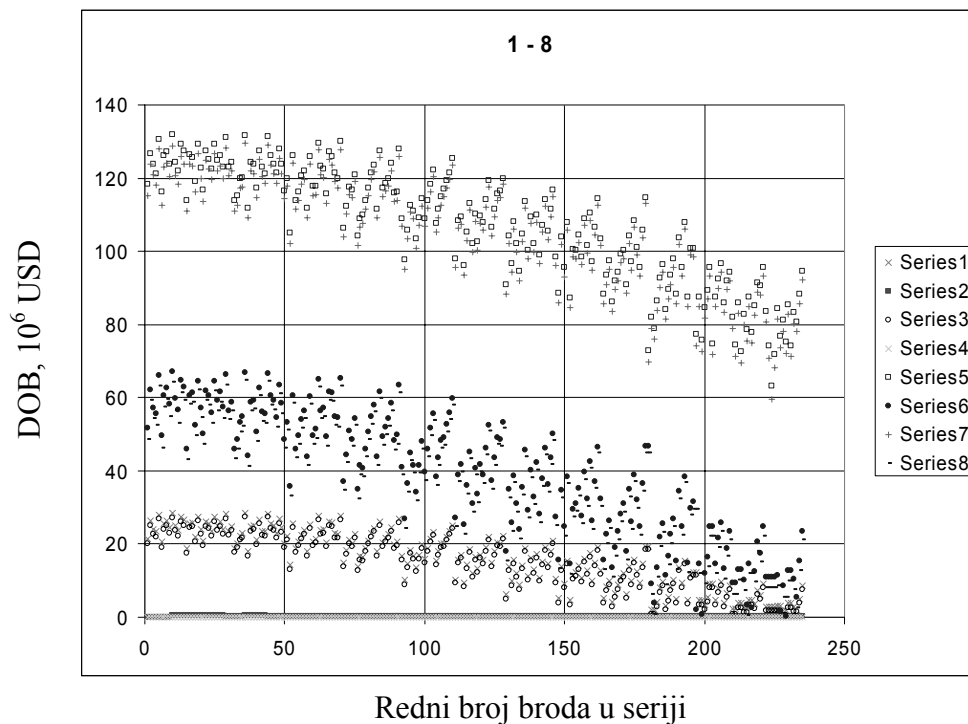
Ovdje vidimo da je čista sadašnja vrijednost projekta negativna zbog (između ostalog) male vozarine. Za nultu vrijednost čiste sadašnje vrijednosti projekta vozarina treba iznositi 41.55 USD/10000 tonamilja. Slike 1. ,2. i 3. prikazuju grupe padataka dobivenih prethodno opisanom postupkom za kombinacije vozarina i to kako slijedi za 30, 40 i 50 USD/10000

tonamilja gdje je na apscisi redni broj broda iz pojedine serije, a na ordinati dobit u milijunima USD. Parametri za svaku seriju krivulja opisani su u Tablici 4.

Tablica 4. Parametri za serije krivulja za kombinacije broja godina, kamate i brzine

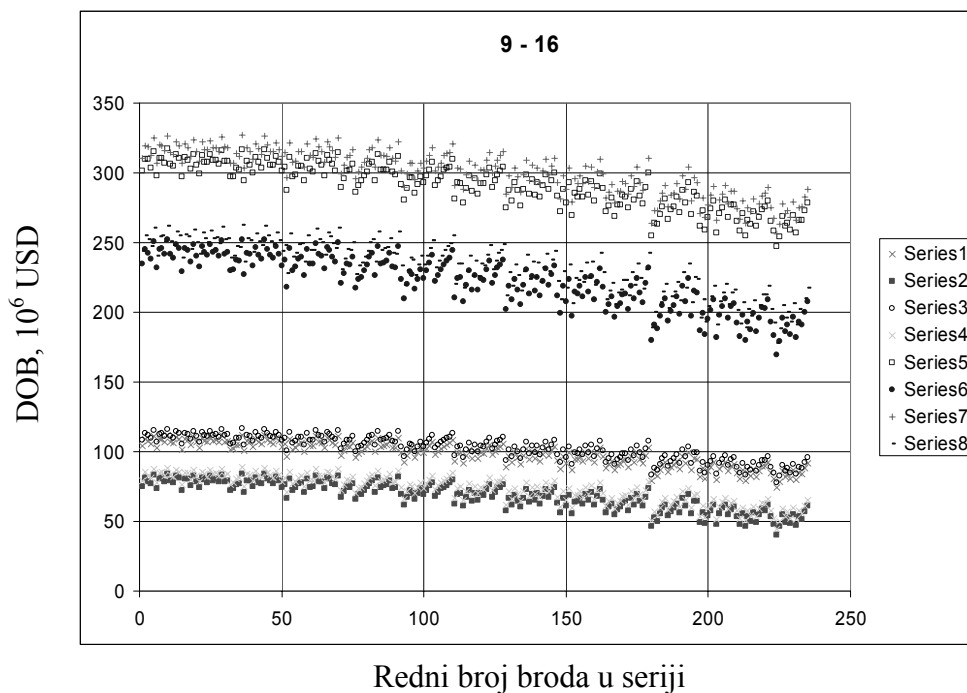
Table 4 Parameters for ship series calculation for the combination of the year, interest and speed

serija 1	N= 10	k= 5%,	v= 15 kn
serija 2	N= 10	k= 5%	v= 16 kn
serija 3	N= 10	k= 10%	v= 15 kn
serija 4	N= 10	k=10%	v= 16 kn
serija 5	N= 20	k= 5%	v= 15 kn
serija 6	N= 20	k= 5%	v= 16 kn
serija 7	N= 20	k= 10%	v= 15 kn
serija 8	N= 20	k= 10%	v= 16kn



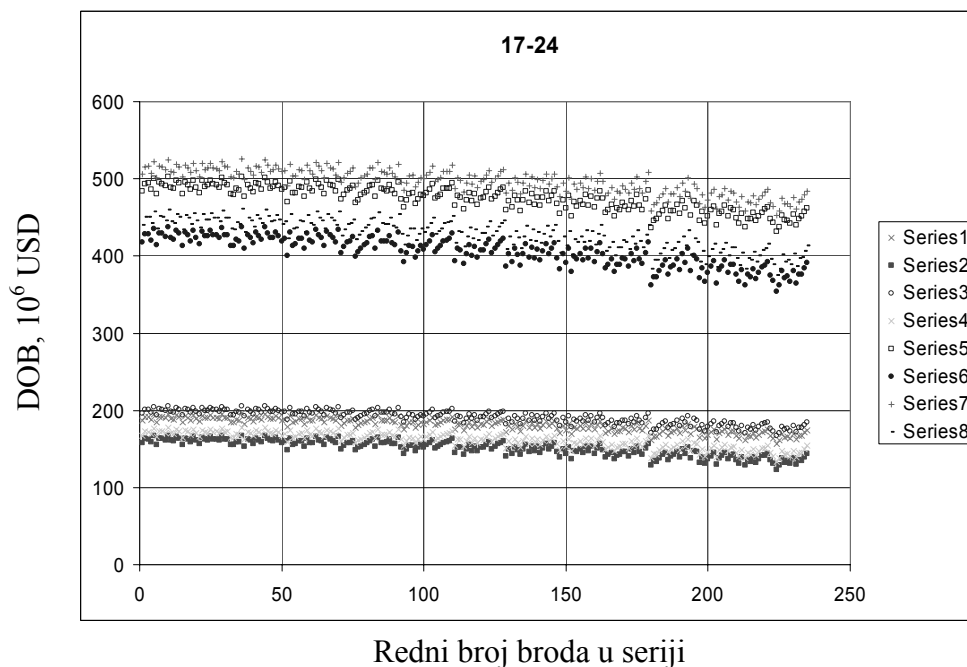
Slika 1. Dobit broda za vozarinu od 30 USD/10000 tonamilja

Fig. 1 Profit for the freight rate of 30 USD/10000 tonmiles



Slika 2. Dobit za vozarinu od 40 USD/10000 tonamilja

Fig. 2 Profit for the freight rate of 40 USD/10000 tonmiles



Slika 3. Dobit broda za vozarinu od 50 USD/10000 tonamilja

Fig. 3 Profit for the freight rate of 50 USD/10000 tonmiles

Iz priloženih slika 1., 2. i 3. možemo zaključiti da duži život broda daje veću dobit jer ćemo u dužem periodu moći koristiti brod, naravno pod uvjetom da imamo brod koji zadovoljavati zahtjeve tržišta sve godine života. U ovom slučaju nam se mijenjaju strateški

ciljevi u smislu povećane kvalitete broda. Isto tako dobit raste s većom vozarinom koja se može ostvariti na tržištu. Kamata ne mora uvijek biti presudna odnosno njezin utjecaj ovisiti će o apsolutnoj vrijednosti početnog inicijalnog troška. U slučaju da početni inicijalni trošak nije velik možemo podnijeti i veću kamatu i obrnuto. Također možemo zaključiti da veća brzina za iste parametre godina života te kamate daje manju dobit, što je vezano s većom potrošnjom goriva. Za neki drugi tip broda kao npr. kod putničkog broda veća brzina bi dala i veću dobit. Može se primijetiti da rasipanje rezultata ostaje u istim okvirima bez obzira na povećanje vrijednosti vozarine. Na kraju, za dobar projekt je nužno učiniti ove analize kako bi mogli procijeniti koliku će dobit određeni projekt imati za razne kombinacije godina života, kamata i brzine te s obzirom na ove rezultate odrediti konačne vrijednosti našeg projektnog zahtjeva.

5. Zaključak

U radu je prikazano da tehnički aspekt ne određuje projekt koliko ga određuje ekonomski aspekt. Prikazan je način rada programa pomoću kojega se prvo osniva brod koji smo nazvali prabrod za zadane vrijednosti nosivosti i brzine. Varirajući zatim duljinu i omjere glavnih dimenzija prabroda osniva se flota brodova gdje u floti preživljavaju jedino one brodovi kod kojih se nosivost razlikuje se do 1% zadane nosivosti od zadane nosivosti. Prikazana su dva primjera. Kod prvog je dan proračun ekonomskih mjerila i biranja brodova prema unaprijed zadanim ekonomskim kriterijima. Kod drugog primjera za sve brodove iz flote proračunavaju se ekonomske značajke za različite kombinacije godina života, brzine, kamata i vozarine te na taj način dobivamo uvid o utjecaju ovih parametara na dobit broda.

Treba napomenuti da su primjeri dani u ovom radu podložni reviziji stvarnih ulaznih podataka. Naime, za opisane izračune postoje komercijalni softveri kod koje također korisnik odnosno brodovlasnik mora podesiti prema svojim stvarnim ulaznim podacima i troškovima. Možemo reći da je dobit jedan od glavnih kriterija jer će brod dati najveću dobit ako ima mali RFR te će taj brod vratiti uloženo u najkraćem roku.

REFERENCES

- [1] D.G.M. Watson, Practical ship design, Elsevier, 2002.
- [2] Holtrop, A statistical analysis of resistance and propulsion data, International Shipbuilding Progress, 1984.
- [3] Holtrop and Mennen, An approximate power prediction method, International Shipbuilding Progress, 1982.

Danko Gugić, Sortina 55, 10000 Zagreb

Vedran Slapničar, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, I. Lučića 5, Zagreb

Ivan Adum, Torbarova 14, 10000 Zagreb

EKONOMSKA MJERILA KAO KRITERIJ U OSNIVANJU BRODA

Sažetak

Pojavom standardnih pravila u projektiranju brodova, a koja su u većini prihvatila klasifikacijska društva dolazi do ujednačavanja kriterija za gradnju brodova. Primjenom novih pravila značajno će se produžiti efektivni vijek trajanja broda i to na 35-40 godina u odnosu na današnji prosjek od 25 godina što vodi relativnom skraćenju vremena amortizacije. Trošak goriva postaje glavni čimbenik optimizacije te naspram kutijastih formi s maksimiziranim blok koeficijentom i omjerom B/T razmišljanja idu ka vitkijim i "normalnijim" formama. Da bi postigli uspjeh u novim projektima uz analize već stečenog znanja moramo učiniti korak natrag i uložiti veći napor u fazu konceptualnog projektiranja uz oprez da se ne oslanjamo samo na jedan kriterij ekonomskih mjerila nego na višekriterijalnoj analizi i analizi senzitivnosti više ekonomskih mjerila uz puno poznavanje tržišta i svih njegovih mehanizama.

Ključne riječi: ekonomska mjerila, standardna pravila, osnivanje broda

MEASURES OF MERIT AS CRITERIA IN SHIP DESIGN

Summary

With the standard rules for designing ships which are accepted by most classification society harmonizing criteria for the construction of ships took part. Applying the new rules will significantly extend the effective life of the ship to 35-40 years compared to today's average of 25 years leading to shortening the time of depreciation. The cost of fuel is becoming a major optimization factor, and compared with a box forms with maximized block coefficient and ratio of B/T thoughts go to the more slender and "normal" forms. To achieve success in new projects with the analysis of already acquired knowledge we need to do step back and put more effort into the conceptual design phase with caution not to rely solely on one criterion of the economic measure but on multi-criteria analysis and sensitivity analysis of more economic measures with full knowledge of the market and all its mechanisms.

Key words: measures of merit, uniform rules, ship design

1. Uvod

Ekonomski parametri usporedo s fizičkim parametrima sama su osnova za osnivanje tj projektiranje broda. Sustavno izučavanje fizičkih parametara, kao što su npr. hidrodinamičke karakteristike broda, prethodili su za nepuno stoljeće (Froudeov bazen u Torquay-u 1871, prvi papiri Benforda o ekonomskim parametrima i metodama 1957. [1]) no kada to pogledamo u širem kontekstu povijesti brodova i brodogradnje od cca. 5000 godina, onda je taj vremenski pomak relativno malen, fizika se sustavno proučava u 48. vremenskom odsječku, a ekonomija u 49.

Krivuljama i formulama nastojimo dobiti i prikazati optimume. Pri tome često zaboravljamo da je područje realnosti takvih formula i/ili krivulja ograničeno. Najbolje je to ilustrirano hipotezom da brod beskonačno male nosivosti, a beskonačno velike brzine daje jednak volumen tereta između točaka A i B kao i brod beskonačno velike nosivosti, a beskonačno male brzine. Oba su ekstrema teoretski moguća ali praktički podjednako besmislena. Pravi je zadatak utvrditi prostore realnosti matematičkih modela, na što su još 1968. profesori Uršić i Šilović ukazali jednom od autora.

Fizički svijet u kojem smještamo brod relativno je dobro poznat i kada se nakon računanja vraćamo u svijet realnosti, nakon što smo, nama trenutačno raspoloživim i poznatim matematičkim alatima, izračunali parametre koje promatramo, bilo hidromehaničke bilo probleme čvrstoće, činimo to s razmjerno velikim faktorom sigurnosti da će se poklapati s činjenicama u realnom svijetu. Ako zamislimo da je problem neki oblik u prostoru mi ćemo ga rastaviti na tijela koje možemo geometrijski definirati izračunati, analizirati i ponovo sastaviti kao rješenje. Pri tome ne smijemo nikada zaboraviti da će aproksimacije koje smo učinili u prvom koraku, rastavljanje problema na nama poznate fenomene, bitno utjecati na rezultat odnosno da rezultat naše analize ne možemo upotrijebiti kao apsolutne rezultate. V. Čorić: "Faktor aproksimacije, ako smo ga u stanju ocijeniti tako postaje faktor nesigurnosti!"

2. Ekonomska mjerila i njihova pouzdanost

Jedan dio ekonomskih parametra pretpostavlja što će se događati u budućnosti, tu je imanentna bilo prognostičko bilo arbitrarno odlučivanje poduzetnika tj. brodovlasnika kojim će parametrima dati prednost. Svijet ekonomije i poduzetništva počiva na binarnoj logici ide ili ne ide (0 ili 1). Apsolutni rezultati imaju prednost pred relativnim parametrima, pa ipak veća je vjerojatnost da će brod dobro poslovati ako su mu relativni parametri povoljniji, vjerojatnost da ali izvjesnost ne!

Pouzdanije rezultate ćemo dobiti u slučaju da u trenutku narudžbe tj. osnivanja broda, postoji ugovor o dugoročnom zaposlenju broda, onda je naime prihod izvjestan i već određen, naravno uz manje rezerve što se tiče troškova posade i održavanja. Izvjesnost i pouzdanost analize biti će velika ako je period unaprijed dogovorenog zaposlenja jednak ili veći od perioda amortizacije projekta.

Optimizacija bilo zahtijevane vozarine (eng. Required Freight Rate – RFR) ili zahtijevane vozarina iznajmljivanja (Required charter rate- RCR) svakako će biti najpovoljnija i najpoželjnija mjera. Čista sadašnja vrijednost (eng. Net present value - NPV) premda je sama po sebi apsolutna kategorija, što i sam naziv govori, ovisi prvenstveno ili gotovo isključivo o tržištu, budućem tržištu. Ne određujemo, nego predviđamo. Razlika je profit ili propast! Naravno ovo ne vrijedi ako postoji ugovor o dugoročnom zaposlenju broda.

Odabir kriterija stvar je poslovne strategije, a ne nagađanje. Sudbina projekta ovisi o poslovnoj sposobnosti odabiranja kriterija, a ne o predviđanju tržišta.

Nemoguće je s iole ozbiljnijom vjerojatnošću predvidjeti kretanje tržišta. Kondratijev [2] je doduše uočio uzlazne i silazne cikluse proučavajući privredna kretanja od kraja XVIII. stoljeća na osnovu kretanja osnovnih konstrukcijskih materijala, energije i kamatnih stopa ali nema čvrstih dokaza i korelacija. Niti kasniji pokušaji drugih autora nisu dali pouzdanije rezultate.

Opasnost leži u našem poznavanju matematike, naravno ako je poznamo. Krivulje tržišnih kretanja teoretski je moguće razbiti na odsjeke i matematički definirati u sinusne krivulje. Odziv takve krivulje na kretanje vrijednosti odabranih parametra možemo dobiti na osnovi reakcije krivulje na takva već zabilježena kretanja u povijesti. Moćna računala u stanju su takve formule i krivulje izbaciti u relativno kratkom roku. Matematička održivost modela može nas navesti da povjerujemo da je to istina. A što smo zapravo radili? Ekstrapolirali smo povijesna iskustva kao determiniranu vrijednost u budućnosti. Uz dužno priznanje da je i sama korektna interpretacija prošlosti ne malo dostignuće ipak ostaje činjenica da je to samo virtualna realnost jedne moguće budućnosti. Matematički modeli mogu obraditi i varijante u rasponima predvidivih promjenjivosti cijena na tržištu te dati uvid u dugoročnije korištenje brodova [3].

Vrijeme povratka kapitala (eng: Time of capital recovery – TCR) također u najvećoj mjeri ovisi (ili gotovo) isključivo o tržištu. No i kod relativnih parametra kao što zahtijevana vozarina (RFR) ili vrijeme povratka kapitala (TCR) imamo dva segmenta troška koji su predmet poslovne odluke poduzetnika: 1. troškovi posade i 2. troškovi održavanja.

Oba segmenta mogu imati dugoročne posljedice na dugovječnost broda ili što je još važnije na njegovu pouzdanost. Tržište valorizira, možda najizraženije za vrijeme smanjenih vozarina, *premium* segment tj. brodove i vlasnike brodova koji su malo ili nikada u prekidu najma (eng. off hire). Da li je premija na vozarinu koji su veliki unajmljivači (eng. charter) voljni platiti za kvalitetu i sigurnost dovoljna da pokriju uvećana ulaganja. Tu je ekonomska analiza pouzdana i sigurna.

3. Utjecaj standardnih pravila

Najveći inicijalni trošak nesumnjivo je cijena broda. Ona neće biti određena niti optimizacijom niti odabirom parametra nego odabirom mjesta gradnje odnosno graditelja. Dalekoistočna brodogradilišta su u segmentu brodova za prijevoz masovnih tereta bilo tekućih, rasutih ili komadnih (eng. redosljedno: Tanker, Bulk carrier, Container Carrier) definitivno preuzela vodstvo.

Pod pritiskom tržišta odnosno ili bolje reći uslijed kolapsa tržišta sve je izraženiji trend da se konkurentnost izbori povećanjem kvalitete uz zadržavanje niske cijene. Kineska će brodogradilišta ubrzano podizati kvalitetu kako opreme i uređaja tako i konstrukcije i gradnje broda. Nekada neupitna pozicija Japana kao predvodnika kvalitete koju je u međuvremena izgleda privremeno preuzela Koreja sasvim će izvjesno biti zamijenjena pozicijom Kine kao lidera u masi i kvaliteti.

Razlike u cijenama za pojedine tipove brodova, a koje su najizraženije kod brodova za rasuti teret, već su nedvojbeno odredile Kinu kao lidera. Te se razlike u odnosu na Europu samo povećavaju i danas iznose najmanje 30%. Takvu je razliku gotovo nemoguće pokriti za predvidivo vrijeme eksploatacije broda od minimalnih 25 godina. Ujednačavanje kriterija za gradnju brodova (Common structural rules – CSR [4] i Performance standard for protective coatings – PSPC [5]) praktički brišu sve potencijalne razlike kvalitete naravno uz još uvijek

potrebu pojačanog nadzora u Kineskim brodogradilištima. To je relativno mali povećani inicijalni trošak u odnosu na razliku u cijeni broda. U svakom slučaju cijena broda i cijena nadzora su jedinstveni inicijalni trošak i treba ih promatrati kao jedan trošak.

Drugi, ali ne manje značajan čimbenik je cijena novca odnosno uvjeti kreditiranja. Već ima naznaka da su pojedina Kineska brodogradilišta (prvenstveno brodogradilišta u državnom vlasništvu) spremna otvoriti pojedinim sigurnim i prvoklasnim kupcima dugoročne kredite uz poček i kamatu na nivou kamata koje inače daju banke bankama (eng. *intrebank rate*) znači 2-3% postotna poena ispod kamate koje su komercijalne banke voljne dati brodovlasnicima.

To je recimo kod brodova za rasuti teret od cca. 40.000 dwt (eng. *Handy bulk carrier*) u stanju amortizirati razliku cijene i do 15-17% u odnosu na ugovorenu cijenu. Kombinirajmo to s i inače povoljnom inicijalnom cijenom i dobiti ćemo kombinaciju koja u startu daje prednost od skoro 40-45%. Tu onda ima prostora i za pojačano održavanje i za pojačanu specifikaciju. Konkurentima će biti nemoguće uspješno se natjecati ako se i sami ne okrenu takvim graditeljima. Postupno će se formirati nova referentna točka (eng. *benchmark*). Sve će studije isplativosti naprosto morati krenuti od te činjenice i od tih brojaka.

Nova uniformna pravila [4][5] ne samo da će ujednačiti i podići kvalitetu nego će i značajno produžiti vijek trajanja broda. Tzv. «North Atlantic 25 years» znači da će se efektivni vijek broda produžiti na 35-40 godina. To je značajno povećanje u odnosu na današnji prosjek od 25 godina. *Ceteris paribus*, ekonomska premisa da se varira jedna značajka te da se onda promatra njen učinak na cjelinu, sada će potencirati optimum koji će biti određen čimbenikom koji traje cijelo vrijeme trajanja broda, a to je trošak goriva. Uz pretpostavku da je cijena novca tj. kamata i cijena broda takva da se realno može pretpostaviti da će vrijeme otplate (tj. da je tržište, odnosno tržišni uvjeti, isto) vrijeme amortizacije se odnosu na predvidivi životni vijek broda drastično skraćuje od prijašnjih cca. 60% na 35-40%.

Što bi to moglo značiti. Danas smo praktički brod pretvorili u kutiju koju nasilu guramo morem. Kada amortizacija koja dirigira u prvih 60% vremena igra glavnu ulogu jasno je vidljiva tendencija za smanjenjem najskuplje dimenzije dužine i povećanjem koeficijenta punoće i omjera B/T i smanjenjem omjera L/B. Uz pretpostavku da je trup odnosno troškovi vezani uz trup čine recimo 40-45% dijela cijene broda, a da glavni stroj tj pogon košta ca 10%, ušteda na cijeni trupa može biti do 8% cijene trupa tj 3.2 – 3.6 cijene broda, dok je kazna tj. povećani trošak cijene pogonskog uređaja 20% cijene pogonskog stroja tj. 2% cijene broda. Napominjemo da su gornje procijene aproksimativne i da se kod svakog pojedinog broda trebaju egzaktno izračunati, ovo je samo primjera radi i radi dobivanje uvida u red veličina brojki o kojima govorimo.

Kod vijeka trajanja koji je bitno duži od vijeka amortizacije broda, ukupni će trošak goriva pomaknuti optimum u smjeru klasičnije, vitkije, normalnije forme. Inicijalni trošak povećane cijene gradnje biti će ne samo kompenziran nego i nadmašen uštedom smanjenog troška goriva u produženom životnom ciklusu broda. Ekonomski ali i ekološki održiv razvoj broda za nova vremena usmjeriti će nas prema novim / starim mjerilima uspješnosti. Recentni rad na ovu temu ukazuju na smjer kojim treba krenuti [6].

4. Zaključak

Specifičnost brodogradnje je mogućnost projektiranja i građenja oslanjajući se na iskustvo i prethodno stečena znanja i vještine. Ne zaboravimo da se vrlo dugo baš tako naručivalo brodove, isti kao onaj prethodni ali s tim i tim dodatkom i/ili izmjenom. Rezultati su bili u skladu sa takvom filozofijom, relativno solidni i relativno pouzdani. Analize su preduvjet kvalitativne promjene. Gdje i kada usmjeriti težište naših napora?

Do faze preliminarnog projekta utroši se 0.1 - 0.2% posto cijene. Ako se pak pomaknemo korak unatrag možemo učiniti značajan korak unaprijed. Koncentrirajmo se na fazu konceptualnog projekta i recimo utrošimo dva puta više novaca, inkrement troška je još uvijek reda veličine dijela jednog postotka, a potencijalni ekonomski benefiti su u pravilu reda veličina nekoliko postotaka ili čak više od 10%. Omjer uloženog i dobivenog jasno ukazuje na logično i poželjno težište naših projektantskih napora.

I na koncu samo nekoliko primjera. Kriza u brodarstvu koja je počela 1974. godine pokazala je da i brodari koji su imali modernu i uzorno održavanu flota bez i jednog centa duga (Waage, 1974./1975.) nestaju odnosno bankrotiraju. Brodari koji su se oslanjali na kratak rok amortizacije (manji od godine dana!) i veliki rizik, a enormni kratkoročni profit (Reksten, 1974.) bankrotiraju. Brodari koji uzorno održavaju flotu i dobivaju visoku premiju na vozarinama (Ludwig, 1988.) bankrotiraju. Uzorni brodari koji grade najkvalitetnije brodove u svojoj klasi i savršeno ih održavaju (Graenges. 1982./1983.) napuštaju tržište i zatvaraju poslovanje. Pojednostavljeno bi se moglo reći da je u svim navedenim slučajevima protok novca (eng. cash flow) bio odsutan, no treba imati u vidu da je on bio posljedica ukupnih poslovnih odluka brodara. Nedostatak višekriterijskog odlučivanja pravi je razlog. Dominantno oslanjanje na samo jedan faktor u načelu je pogubno.

Tu je jasna da ne može biti jasnija binarna logika poslovanja brodara. Ide i ne ide. Samo dugoročna i kompleksna analiza uz puno poznavanje tržišta i svih njegovih mehanizama, kao i izbjegavanje rizika kratkoročnog pogleda na poslovanje može donijeti ekonomski održiv koncept i brodogradnje i pomorstva.

REFERENCES

- [1] H. Benford, Engineering Economy in Tanker Design, Trans. SNAME, 1957,
- [2] N.D. Kondratiev, The Mayor Economic Cycles, 1925.
- [3] I. Belamarić, P. Čudina, K. Žiha, Design Analysis of a New Generation Suezmax Tankers, Journal of Ship Production, SNAME, Vol. 13, No. 2, February 1999., pp. 75-82
- [4] ABS, DNV, LLOYD'S REGISTER. Common Structural Rules for Double Hull Oil Tankers, 2006.
- [5] RESOLUTION MSC.215(82), Performance standard for protective coatings - PSPC
- [6] P. Čudina, Nova metodologija projektiranja trgovačkih brodova, Sveučilište u Zagrebu, disertacija, 2010., Zagreb

Dr.sc. Roko Markovina, red. prof.-FESB, Split
Tonči Ukalović, ing.brod.-V.LENAC,Rijeka

TRADICIONALNA TEHNOLOGIJA GRADNJE KORČULANSKE BARKE - BRODICE (RIBARICE-GAJETE)

Sažetak

Drveni brodovi i brodice (barke) obično se grade primjenom jedne od slijedećih metoda gradnje: dodirivanjem platica oplata (Carvel-ov sustav gradnje), preklapanjem platica oplata (Clinker-ov sustav gradnje), dijagonalnim postavljanja platica oplata, razmotljivim trakama i umecima („zakrpama“) vanjske oplata, lameliranom gradnjom ili pak kombiniranom (mješovitom) gradnjom.

U radu je pojašnjena klasična metoda dodirivanja platica oplata (Carvelov sustav gradnje) u 10 faza gradnje, najčešće korištena u korčulanskoj brodograđevnoj „školi“ gradnje brodova u drvu, kroz stoljeća.

Ključne riječi: Korčula, drveni brod, izgradnja, tehnologija, metode

THE TRADITIONAL WOODEN BOAT'S BUILDING TECHNOLOGY IN KORČULA (FISHING BOAT – „GAJETA“)

Abstract

The wooden ship (small and big size) construction usually can be realized by one of the following methods: touching paneling (Carvel- method), overlapping paneling (Clinker-method), diagonal overlapping paneling, unwrapping and „patching“paneling, laminating or combined touching and diagonal method.

In this paper the classic touched paneling (Carvel) method, usually used in the Korčula wooden shipbuilding „school“, during the centuries, is explained in ten building phases.

Kay words: Korčula, wooden boats, building, technology, methods

1. Uvod

Prve pisane upute za osnivanje i tehnologiju gradnje brodova nalazimo u „ Bibliji“ gdje Noa gradi „arcu“, po naredbi Gospodinovoj i to: „ *Napravi sebi korabljju od smolastoga drveta; korabljju načini s prijekletima i obloži je iznutra i spolja paklinom. A praviti ćeš je ovako: neka korabljja bude trista lakata u duljinu, pedeset u širinu i trideset lakata u visinu. Na korabljji načini otvor za svjetlo, završi ga jedan lakat od vrha. Vrata na korabljji načini sa strane i neka ima gornji, srednji i donji kat“... (Biblija, Stari zavjet, Postanak, 14-16).*

Međutim, prvu sintezu pomorstvenih svojstava broda dao je Seneca 50 god. pr. Kr.: „*Kaže se da je brod dobar, ne ako je ukrašen skupocjenim bojama niti.....nego ako je stabilan i postojan i nepropustan i čvrst da odolijeva navali valova, podlošan kormilu, brz i neosjetljiv na vjetar.*“ [15]

Dakle, od prvih biblijskih zapisa razvidno je da je Noina arka imala, gledajući i s današnjih pozicija brodograđevne znanosti idealne odnose glavnih izmjera: $L/B=6$ i $L/D=10$, a osnovni postulati u Senecinom poimanju svojstava broda vrijede i danas.

Kasnije su se razvijale *konstrukcijske metode*, a među prvima bila je *metoda parcijalnog konstruiranja*, o kojoj je opisao Crescenzo 1607. god., koji veli: „ *S ovim se likom („šestom“) odmjeravaju tri glavna rebra („žabe“) i rebrenice srednjega dijela trupa, budući da su sve tri iste veličine i izbačaja; međutim, za sva ostala rebra koja od njih polaze prema krmu i tako prema pramcu, budući da se moraju istodobno skratiti i izbaciti, bilo je potrebno pronaći neke druge mjere na tom liku („šest“), da se ne bi morao za svako rebro raditi novi lik („šest“), s kojim se mjerama nalazi skraćenje za svako rebro već prema njegovim proporcijama.*“ [15]

Nešto kasnije osmišljena je *metoda integralnog konstruiranja* (cjelovitog oblikovanja) koju je opisao Stalkartt i ona predstavlja proširenje primjene *metode parcijalnog konstruiranja* i na krajnja pramčana rebra, a tek iznimno i na krmena. Stalkartt spominje lik („šest“), krivuljar („regulin“), prenosilo („muril“), ali još ne spominje polumjesec-tj. mezzalunu („bušku“).

Treća najstarija, a ujedno i najprimitivnija, metoda je *metoda kopiranja* (metoda izabranih rebara i letvica), koju je opisao Corsico 1932. god.

Za krajnja pramčana i krmena rebra Crescenzo navodi: „*Ostala rebra koja slijede od rebara na ključu do krmene i pramčane statve, koja se zovu čelna rebra („kavošesti“-„cavo di sesto“), imaju za lik („šest“) meštovo oko, koji potegne dvije uzice ili letve do statvi.*“ Ova se metoda primjenjuju sve do danas i to kod onih graditelja brodova koji nisu upoznati s tajnom polumjeseca („buške“), i to za konstruiranje kompletnog trupa drvenog broda [15].

Dakle, za prvu i drugu metodu ključni „alat“ predstavlja polumjesec („buška“), što je slučaj i kod tradicionalne „korčulanske“ metode konstruiranja. Međutim, ta metoda, i pored značajnih istraživanja i dalje, dijelom, ostaje tajna, tj. vlasništvo svakog protomeštra, jer je ona jedan vid licence svakog brodograditelja i čije vlastite posebnosti on čuva za sebe i tek ih, pod konac života, prenese svom nasljedniku u poslu.

Kasnije su ovu metodu pojašnjavali Pizzarello i Fontana 1983. u svojim istraživanjima „*Pietre e legni dell' Arsenale di Venezia*“, zatim je McKee 1983. u svojoj knjizi „*Working boats of England*“ dao kratak opis metoda integralnog konstruiranja s aksonometrijskom ilustracijom uporabe lika („šesta“), krivuljara i prenosila („murila“). Kirsch je, 1990., u svojoj knjizi „*The Galeon*“, u poglavlju o ranim metodama konstrukcije brodova, spomenuo venecijanski Arsenal i izravno metodu integralnog konstruiranja, dok je Damianidis, 1991., opisao prvu i treću metodu, bez posebnih tehničkih pojedinosti, ali je za prvu metodu istaknuo da je „polumjesec“ najvažniji njezin dio, bez inih pojedinosti. Priffti i Loukakis su, 1993. iznijeli tehničke detalje jedne od inačica metode parcijalnog konstruiranja, čija je

posebnost u tome što treba izraditi četiri „polumjeseca“, dva za skraćivanja širine rebara i dva za skok palube...ali svi ostaju u okviru Crescenzijevih objašnjenja.

Daljim razvitkom tehnike i usavršavanjem tehnologije gradnje, kroz stoljeća, brodice su se gradile s pomoću nekoliko *tehnoloških metoda*:

1. *Metoda dodirivanja platica oplata (poznatija kao Carvel-ov sustav gradnje),*
2. *Metoda preklapanja platica oplata (poznatija kao Clinker-ov sustav gradnje),*
3. *Metoda dijagonalnog postavljanja platica oplata,*
4. *Metoda razmotljivih traka i umetaka („zakrpa“) vanjske oplata,*
5. *Metoda lamelirane gradnje i*
6. *Metoda kombinirane (mješovite) gradnje.*

2. Temeljna načela korčulanske gradnje drvenog broad

Korčulanski su brodograditelji, najvećim dijelom koristili *metodu dodirivanja platica oplata* uz pomoć vlastitog, jednostavnog, načina razrade konstrukcije, nazvanog „*mezzaluna-buška*“, od kojih se isticali, još od XIV stoljeća brodograditelji iz čitavog niza poznatih korčulanskih obitelji: *d' Angelis, Kapor, Bonguardo, Depolo, Sessa, Smrkinić, Foretić, Dobrošić, Vilovoć, Bernardi, Sambrailo, Trojanis, Geričić, Ivančević, Djurdjević, Gvozdenović, Paunović, Verzotti, Filippi, Fabris, Kondenar, Sladović, Jeričević i drugi*[1]. U novije doba, nešto izmijenjenu primjenu „*mezzaluna-buške*“ koristili su i vrsni brodograditelji poput: *Jakova Denoblea, Davora Kondenara, Todora-Danka Tasovca („Tasino“)* iz Korčule, *Marina Šale* iz Žrnovske Banje i *Igora Čulića* iz Lumbarde, kao generacije brodograditelja iz korčulanske brodograđevne „škole“, školovanih u dvadesetom stoljeću, koji su „buškom“ tek provjeravali svoj, prethodno osmišljeni, brod. Formama korčulanskih brodice i istraživanjem korčulanske brodogradnjom u drvu, također su se bavili i inženjeri i sveučilišni profesori sa otoka Korčule: pok. *Teodor Bernardi*, pok. *Žitomir Lozica*, pok. *Tonko Sladović*, pok. *Milorad Fattorini*, pok. *Tonko Tabain* i *Roko Markovina*, kako bi sačuvali to bogato znanje i veliko iskustvo za slijedeće naraštaje.

Korčulanski način gradnje drvene brodice, koji se zadržao i do danas, pojasnio je jedan od najistaknutijih izdanaka korčulanske brodogradnje, nedavno preminuli protomeštar *Jakov Denoble*, koji je, kao vrstan brodograditelj u drvu, imao „svoj način“ gradnje barke, a koji se sastojao iz nekoliko faza, prema slici 1:

1. Najprije bi zamislio naručenu brodicu, kakva bi u potpunosti trebala izgledati prema vlasnikovim zahtjevima, a onda, u mjerilu, napravio liniju palube-„*cente*“ (tlocrt)- (*prva temeljna vodna linija*),
2. zatim bi napravio bokocrt sa linijom pramca i krme („*pašma-kobilica* te „*ašte od prove i od krme*“, sa linijom palube“- (*uzdužni presjek*),
3. nakon toga bi odredio gaz - („*liniju od peškaja*“) po iskustvu i osjećaju, ali uvijek malo veći od stvarnoga i tu bi liniju gaza ucrtao, kao vodnu liniju na gazu u nacrt linije palube- (*druga temeljna vodna linija*),
4. potom bi odredio veličinu međurebrenih polja („*kampe*“) te broj i oblik rebara i
5. na kraju, nacrtao bi „bušku“ za naručenu brodicu, prema općim pravilima, koju bi koristio u svrhu provjere svojih nacrti, tako da bi, na nacrtu linije gaza, na mjestu glavnog rebara (⊗ - „*žabe*“) postavio liniju paralelnu sa simetralom, a onda uzeo u šestar („*kompas*“) tu udaljenost, napravio polukružnicu („*bušku*“) i provjeravao ispravnost razdiobe i forme („*šesta*“) brodice, s pomoću čega je doradivao početnu zamisao do konačnog oblika, u nekoliko približenja [6].

Nerijetko bi, temeljem ovih razrada, izradio i model (polumodel) buduće brodice, kako bi konačno provjerio svoju zamisao, u mjerilu 1:10.

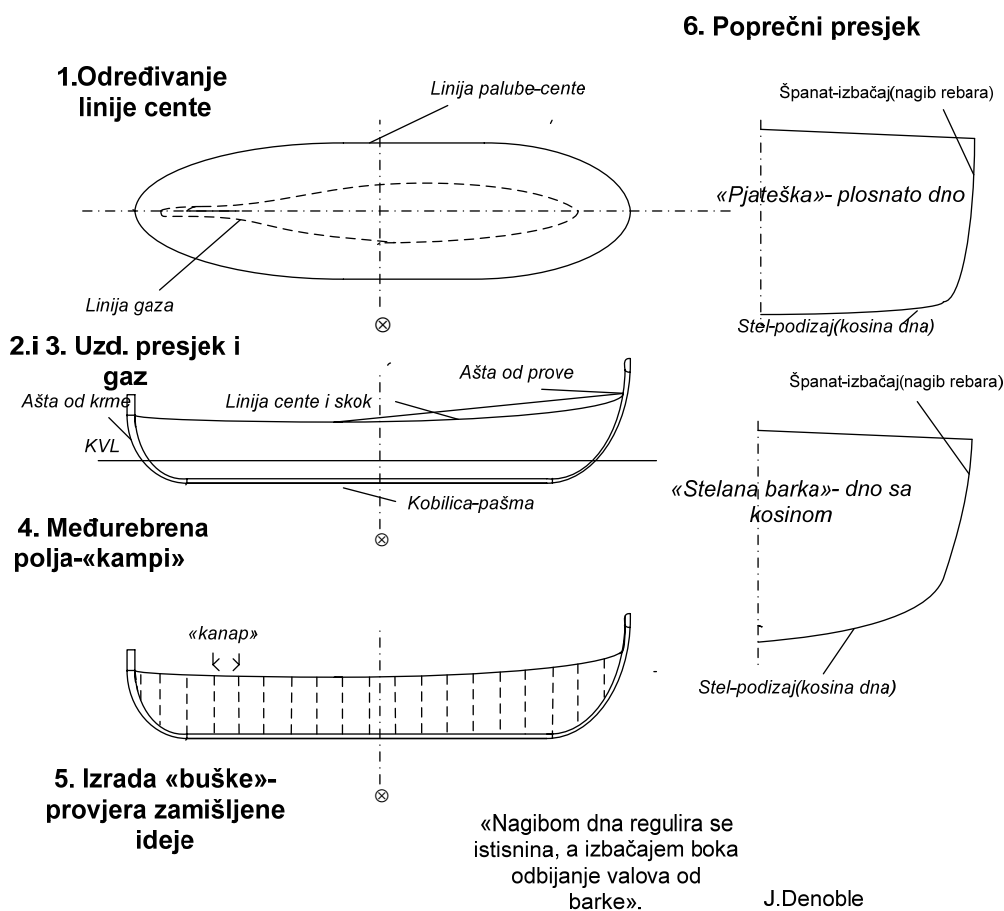
3. Tehnološke faze gradnje korčulanske ribarice-gajete

Forma svakog plovila, tj. konačan oblik njegovog trupa, uvjetovan je različitim i mnogobrojnim zahtjevima, kojima se, još u fazi predprojekta, mora udovoljiti, i koji su, u većini slučajeva, međusobno oprečni, ali se, usuprot tomu, svakom plovilu mora osigurati:

- dovoljno prostora za smještaj posade, putnika i tereta,
- dovoljno stabiliteta u oštećenom i neoštećenom stanju,
- najmanji mogući otpor u plovidbi,
- dobra pomorstvenost („*držanje*“ na moru),
- dobra upravljivost („*manovra*“),
- dovoljna čvrstoću konstrukcije,
- dobar estetski izgled,
- što jednostavnija tehnologija gradnje i sl.

O tome se u korčulanskoj brodogradnji temeljito vodilo računa, a vodi se i dan-danas.

KONSTRUKCIJA BRODICE PREMA JAKOVU DENOBLE



Slika 1. Koraci u osmišljavanju konstrukcije brodice (prema protomeštru Jakovu Denoble)[6]

3.1. Temeljni principi gradnje drvenih brodova i brodica u Korčuli

Pri gradnji drvenog broda i brodice prva i najvažnija zadaća je osiguranje dovoljne čvrstoće, kako bi se mogla izdržati sva opterećenja kojima će olovilo biti podvrgnuto u službi. Za veće drvene brodove od posebnog je značaja osiguravanje uzdužne čvrstoće, dok je za manje brodove i brodice od posebnog značaja osiguravanje njihove poprečne čvrstoće, s obzirom da se grade, uglavnom, *poprečnim sustavom gradnje*, čije su osobenosti gusto postavljena rebra i kvalitetno pričvršćena za kobilicu te točno određeno međurebreno polje („*kanap*“), po jednadžbi:

$$R=2 \delta + r \quad (1)$$

gdje je R- razmak rebara u cm, δ - debljina rebrenice („*lukoča*“) u cm i r- čisti („svijetli“) razmak rebara. Taj svijetli razmak rebara kod brodica obično iznosi od 15 do 20 cm. Međutim, veličina međurebrenog polja određuje se iskustveno i obično se kreće:

kod manjih brodica oko L=5 m, međurebreno polje R = 24 cm,

kod većih brodova oko L=17 m, međurebreno polje R = 34 cm [12].

Ta su rebra međusobno povezana, kako na vrhu prema palubi, jakim sponjama i rubnim platicama oplata, tako i pri dnu-rebrenicama i platicama dna, ali i s unutarnje strane bočnom i uzvojnomo provezom („*kontracentom*“ i „*verdžinom*“).

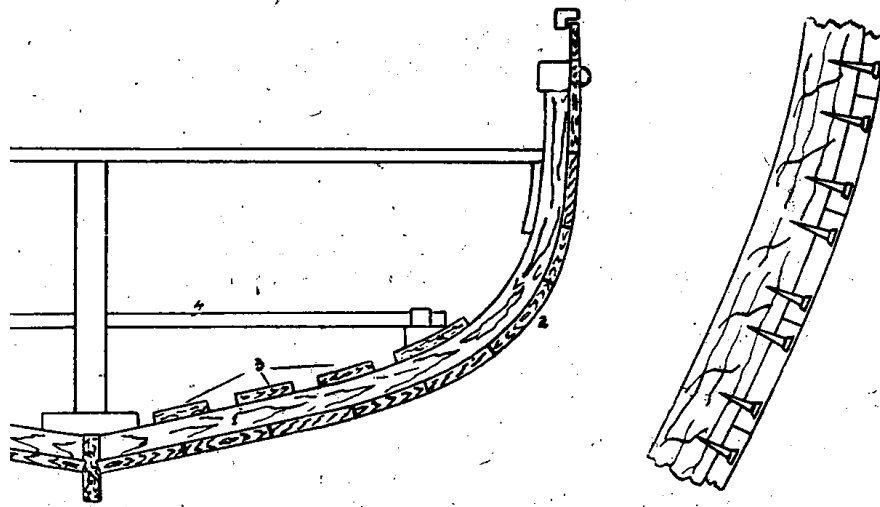
Kobilica, pasmo, protupasmo i *platice vanjske oplate* („*madiri*“) ključni su konstrukcijski elementi za osiguranje uzdužne čvrstoće dna, dok su *platice gornjeg dijela vanjske oplate, te platice palube* ključni konstrukcijski elementi za osiguranje uzdužne čvrstoće u gornjem dijelu brodice. Rebra, postavljena na pravilnim razmacima, povezana sponjama i vodoravnim koljenima ključni su elementi za osiguranje poprečne čvrstoće.

Pored navedenih elemenata, konstrukcija pramca i krme sa kobilicom i pasmom, također sudjeluju u osiguravanju uzdužne i poprečne čvrstoće drvenog broda.

3.2. Korčulanska metoda dodirivanja platica

Metoda dodirivanja platica oplata (Carvel-ova gradnja), koja se stoljećima koristi u korčulanskoj gradnji drvenih brodica, temelji se na izgradnji jakog kostura brodice (kobilica, statve, rebrenice i rebra po čitavoj duljini brodice), na koji se postavljaju platice vanjske oplata, strogo određenim slijedom, pričvršćivane svaka sa po dva čavla (bakrena, mjedena, pocinčana ili drvena) za svako rebro, u blizini rubova, kako se krajevi platica pri sušenju ne bi, rubno, deformirali. Platice strogo prate formu kostura broda, naliježu jedna na drugu i međusobno se šupere kako bi se osigurala nepropusnost vanjske oplata, gusto nabijenim pamukom ili kudjeljom („*stupa*“, „*kanava*“), koja se, na kraju zaštićuje kitom („*štukom*“) i oboji („*pitura*“). Ovakve brodice imaju malu elastičnost, gradnja i popravci su zahtjevni, ali ne posebno složeni, kao niti održavanje njihove čistoće. Ova metoda zahtijeva veliku preciznost u radu, ali i umijeće krivljenja i sužavanja vojeva platica prema pramcu i krmi u svrhu smanjenja zaostalih naprezanja u drvu platica, koja bi opterećivala čavle, prema slici 2.

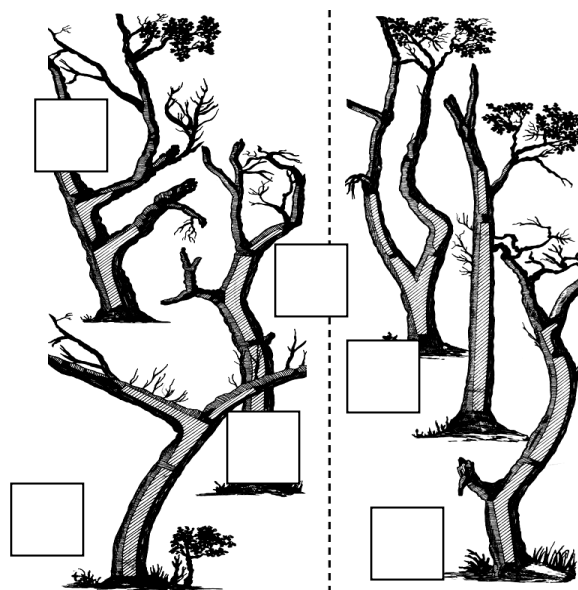
(„*Za kvalitet držanja madiri za korbe nije toliko važna duljina brokve, nego njezin promjer-debljina, a najbolje su brokve od bakra ili bronzne...nikako galvanizane*“-proto F.Milina)



Slika 2 Metoda dodirivanja platica vanjske oplata (1-jako rebro, 2- platica vanjske oplata, 3-podnice (pajoli) i 4-podnožnjaci)

Stara korčulanska metoda gradnje drvenih brodica tzv. glatka (*“liša“*) gradnja, temelji se, dakle, na *metodi dodirivanja platica oplata*, sa fino oblikovanim rubovima platica, koje se dodiruju međusobno skladno i bez zračnosti, koje su prostorno oblikovane tako da bez većeg pritiska naliježu na strukturu kostura, kako u sredini, tako i na pramcu i na krmi, gdje je forme posebno zakrivljena. Ova metoda je, ujedno, najzahtjevnija i najkompleksnija i traži najviše znanja i umijeća, a brodice, prema njoj izgrađene, su i najduljeg vijeka trajanja.

Da bi se, prema ovoj metodi, mogla izgraditi brodica, potrebno je, najprije, u prirodi pronaći odgovarajući oblik stabla, približnog izgleda prema izrađenoj šabloni oblika konstrukcijskog elementa, kako bi na njemu, kasnije, bilo najmanje radnih intervencija za dobivanje konačnog prostornog oblika. Na slici 3 prikazani su oblici stabala iz kojih se trebaju dobiti određeni oblici konstrukcijskih elemenata.



Slika 3 Odabir određenog drva za izradu pojedinih dijelova barke: a- nastavak rebra (*„capul“*); b-rebrenica (*„lukoća“*) i rebro (*„korba“*); c-koljena (*„braculi“*); d-rebro, rebrenica; e-platica oplata (*„madir“*); f-pramčano koljeno (*„zoja“*) i koljeno (*„bracul“*) [17].

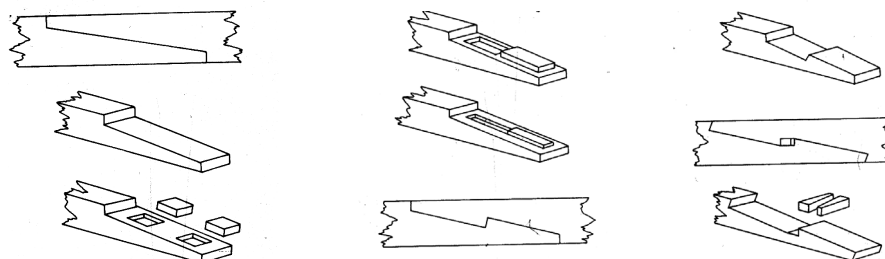
3.3 Gradnja korčulanske brodice u 10 faza

Kad je ideja brodice potpuno razrađena u glavi protomeštra i sukladno tome čitava drvena građa pripravljena, sav alat pripremljen, naoštren i postavljen na odgovarajućem mjestu u radionici („*baraci*“) te određen racionalan prostor za gradnju („*drvena baraka – „teza*“ ili trajno natkriti otvoreni prostor izvan radionice), započinje se s njezinom gradnjom, standardnom- korčulanskom tehnologijom gradnje [5], razdijeljenom, najčešće, *u deset faza*.

1. faza:

Najprije se solidno pripremi mjesto gradnje te se, u tu svrhu, postavlja, stabilno na potkladama, temeljna greda („*kantir*“) koja će nositi čitavu brodicu tijekom gradnje i sa koje će se ona, na koncu, predati vodi i na koju će se, kao prvi konstrukcijski element, „položiti“ kobilica („*kolumba*“) na kojoj je već postavljena zaštitna drvena obloga na dnu („*šjoleta*“). Kobilica se, potom, spaja sa statvama pramca i krme („*ašte od prove i krme*“) što čini hrbat broda, t.j. osnovu za čitavu daljnju gradnju-slika 7. Nakon što se postavi i spoji hrbat brodice, on se pričvrsti tanjim gredicama („*paletinama*“), s kojima se, prethodno, postavlja u točno okomito-centrirani položaj („*pjumbin*“- „*in pjombo*“). Da bi i statve bile postavljene točno u okomicu na gredu kobilice, one se pričvrste u okomiti položaj s pomoću dvije poprečne daske („*traverse od punta*“) koje će tu okomitost, trajno osigurati za čitavo vrijeme gradnje.

Za spajanje kobilice sa statvama („*inćavanje*“), koriste se različiti, već odavno provjereni spojevi („*ključevi ili ćovi*“), dovoljno sigurni za ovako odgovoran konstrukcijski spoj. Nekoliko takvih prikazano je na slici 4.



Slika 4. Različiti spojevi za povezivanje pramčane i krmene statve sa kobilicom i spajanje kobilice ako je urađena iz dva ili više dijelova

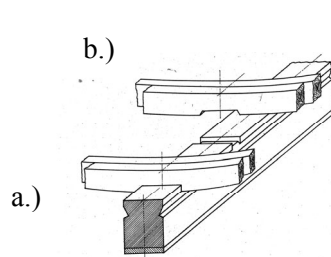
Nakon toga slijedi izrada „*mezzalune-buške*“, za svaku, točno određenu, brodicu, tj. primjenjuje se tipična korčulanska konstrukcijska metoda, s pomoću koje se, bez nacрта brodskih linija, točno odredi razmak i forma rebara, forma pramčane i krmene statve prema pronađenom gradivu u prirodi („*što zakrivljenije-to bolje*“), podizaj-kosina dna („*stelana*“ *barka ili „pjateška*“) te izbačaj („*spanat*“), tj. kosina boka rebara prema liniji palube.

2. faza:

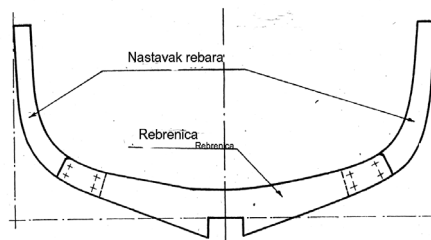
Kobilica se razdijeli na odgovarajući broj jednakih polja („*kampi*“) ovisno od veličine brodice, čime su određena međurebrena polja tj. razmaci na kojima će uslijediti postavljanje rebara („*korbi*“), što počinje postavljanjem („*imboškavanjem*“) dvaju „*glavnih rebara*“ („*žaba*“), tj. pramčanog i krmelog glavnog rebara – slika 5.

Kako je teško pronaći u prirodi građu dovoljno savijenu za izradu rebara i ostalih zakrivljenih elemenata iz jednog dijela, rebara se obično izgrade iz tri (kod manjih) ili pet

dijelova (kod većih brodica), tako da postoje gornji tj. bočni dijelovi rebara („*capuli*“) i donji dijelovi, tj. rebrenice („*kalate*“ i „*lukoće*“). Nakon toga slijedi postavljanje prethodno pripremljenih rebrenica i njihovih bočnih nastavaka, urađenih s pomoću pripremljenih šablona, također posebnim spojevima („*čovima*“) za kobilicu, što je prikazano na slikama 5 i 6.

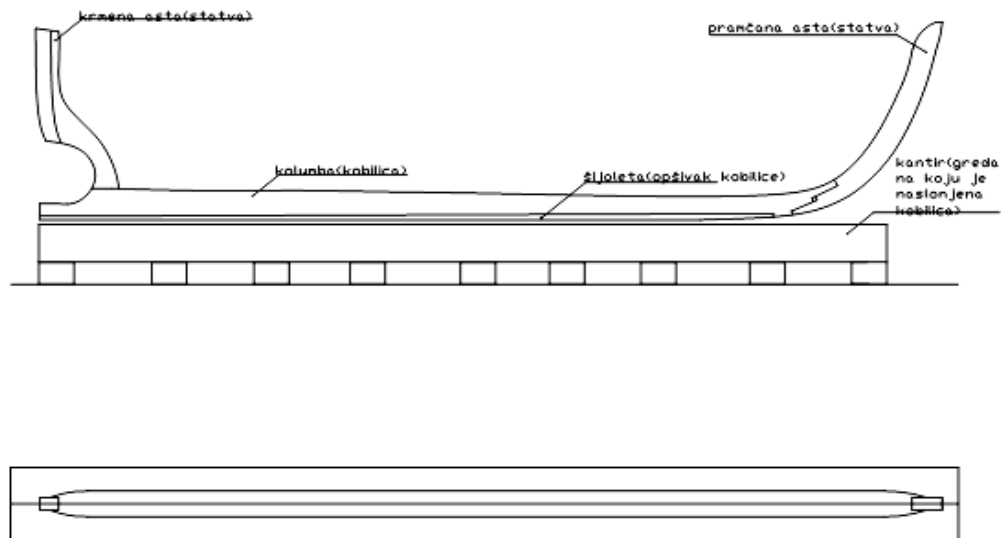


Slika 5. Postavljanje rebrenica na kobilicu



Slika 6. Oblik šablone glavnog rebra

(a.) krmene, b.) pramčane)

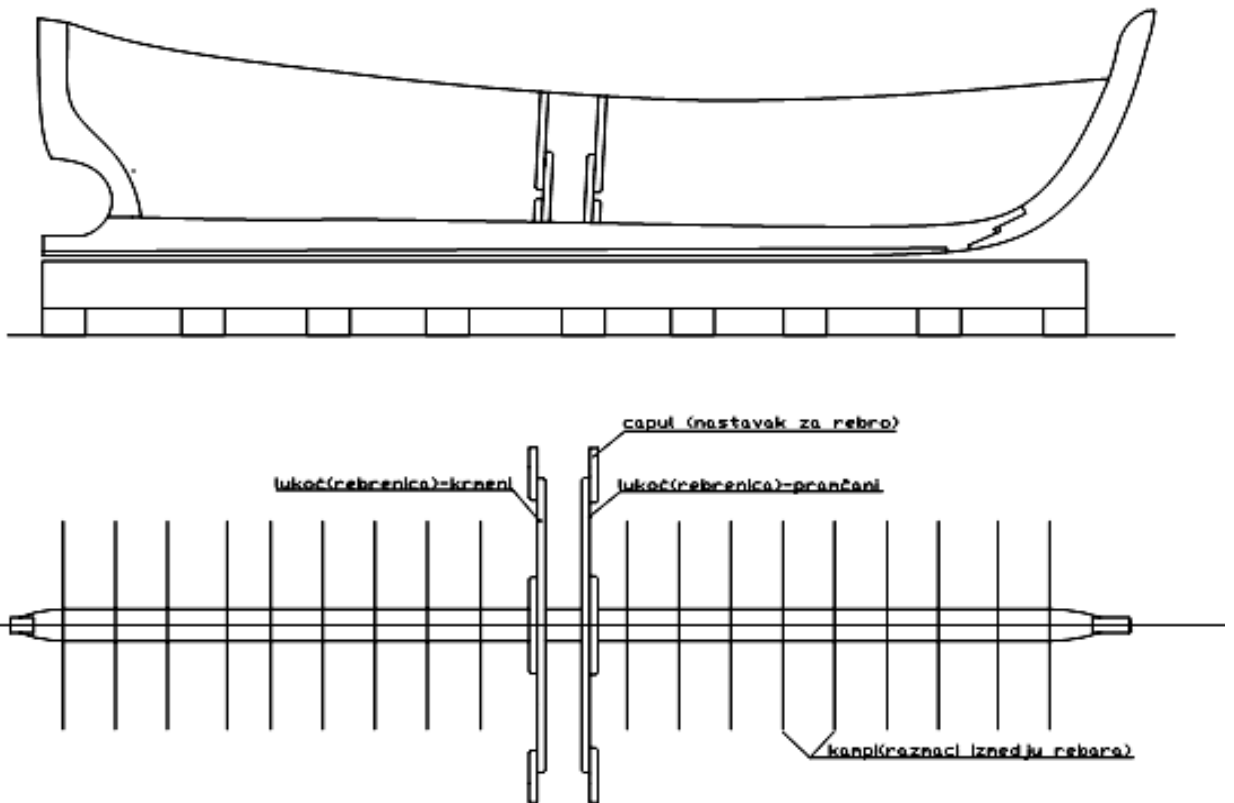


I faza: postavljanje i centriranje „kantira“, postavljanje kobilice i statvi i učvršćivanje



Slika 7 Prva faza gradnje („kantir“, „kolumba“ i „ašte“ –sve učvršćeno u okomicu „pjumbin“)

Na rebrenicama se, na donjem dijelu, bočno od središnje linije, s obje strane, izrežu četvrtasti ili poluokrugli otvori („*skalopi*“) veličine oko 2x2 cm, koji će služiti za slobodno protjecanje mora koje se nađe u brodici između rebrenica.



II faza: označavanje međurebrenog polja ("kanpa"), postavljanje centralnih rebrenica i rebara ("capula")

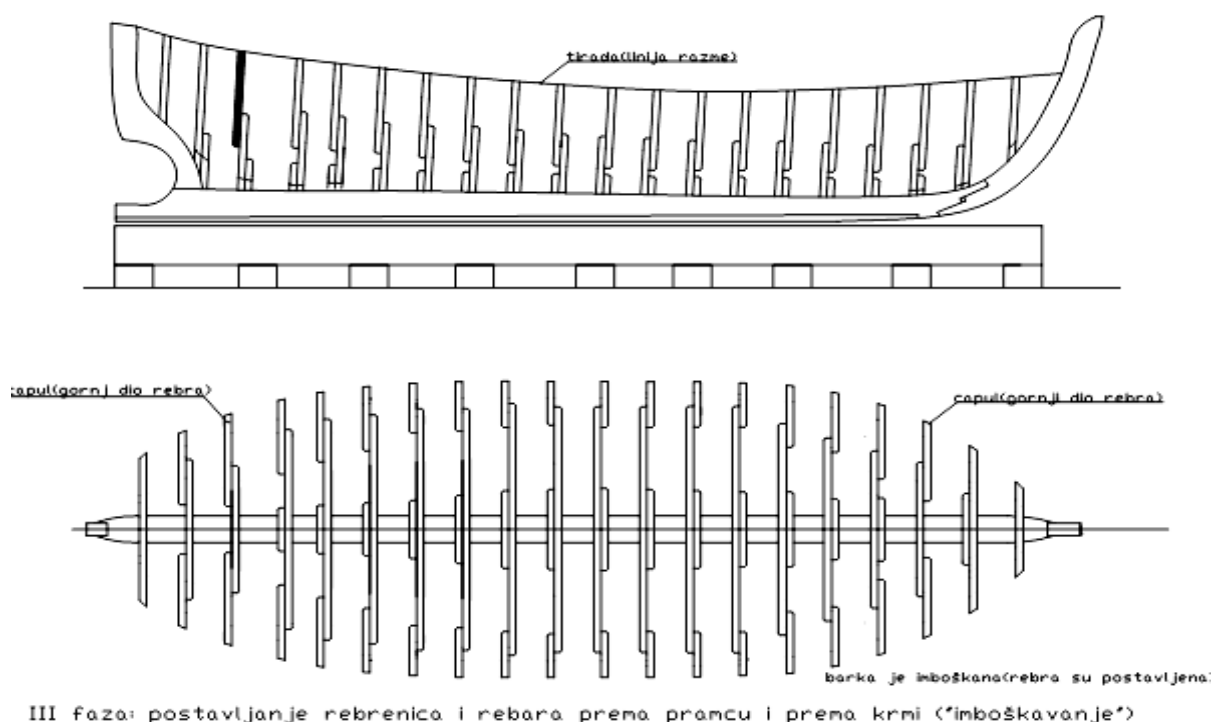
Slika 8 Druga faza gradnje



Slika 9 Položaji rebara, međurebrena polja, unutarnja uzvojna proveza („*verdžina*“), podnice (brodoradiona I.Čulić-Lumbarda)

3. faza:

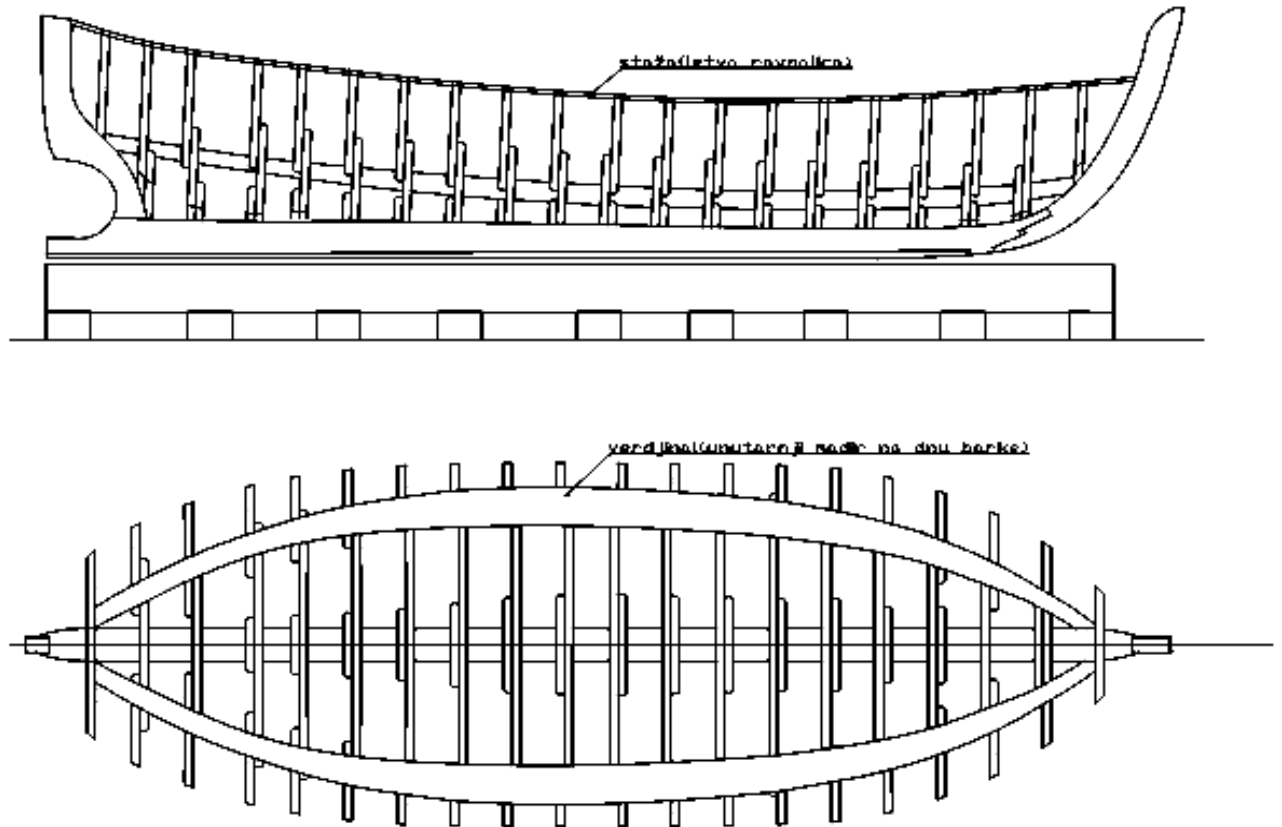
U ovoj fazi, slika 10, izvodi se postavljanje ostalih rebara prema pramcu i krmi („*imboškadura*“), a kad su sva rebara postavljena („*korban*“) na njih se odmah ucrtta linija palube - razme („*potegne tirada*“), odnosno gornja linija završetaka rebara brodice i označi se („*marka*“) privremenim učvršćivanjem drvene letve i s unutarnje i vanjske strane. Kad je linija razme postavljena, ista se zabilježi na vrhovima rebara, s pomoću letve-ravnalice („*staže*“) te se označi linija završne platice vanjske oplate („*tirada od cente*“). Postavljanje preostalih rebara izvodi se od sredine prema pramcu i krmi postavljanjem najčešće 8 -12 rebara u srednjem dijelu brodice, koji se nazivaju središnjim rebrima („*mezarija*“), a zadnje račvasto rebro („*izbodak*“), izrađeno obično iz jednog komada drva, postavlja se u sami pramac (ponekad i u krmi) i zove se, sukladno svom obliku, „V“ ili „U“ prvo rebro, što je posebno tražila većina vlasnika brodica radi veće čvrstoće pri udaru pramca i što je bila posebna osobenost korčulanskih brodograditelja.



Slika 10 Treća faza gradnje

4. faza:

Nakon što je kostur učvršćen sa svim elementima u točnoj poziciji, postavlja se unutarnja uzvojna proveza („**verdžina**“) – slika 11, zatim se svi elementi zaoble, a potom lijepo izglađe i zaštite temeljnom bojom



IV faza: postavljanje 'verdžine' i 'staže'

Slika 11 Četvrta faza gradnje

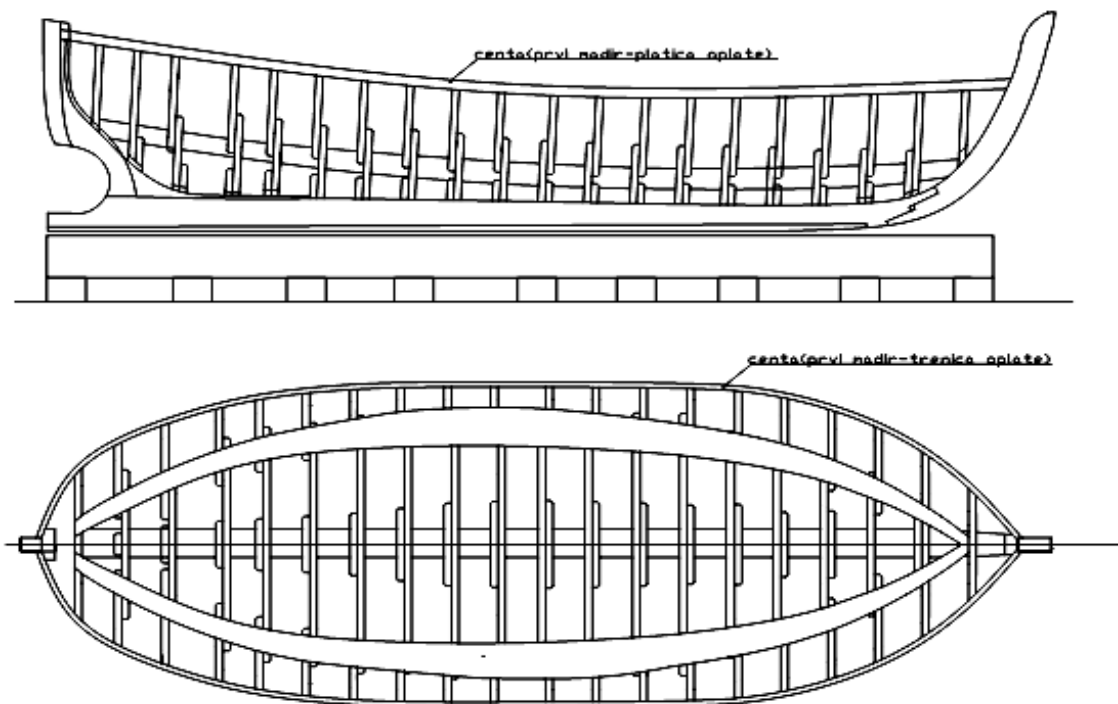
Kostur brodice se odmah „opaše“ drvenim letvama („**maestrama**“) u svrhu povezivanja rebara i to tako da se, prema konstrukcijskoj vodnoj liniji („**peškaji**“), postavi drveni graničnik („**rasporak**“), koji osigurava točan razmak rebara, što je posebno značajno kod postavljanja platica oplata. U gornjem dijelu rebro je, u pravilu, ravno, dok je učvrstna letva zakrivljena i uvijena. „*Da bi sve ostalo u livelu, na svakoj se drugoj korbi postavljaju puntalići („kose podupore“) a na svako drugo rebro pizuni („odgovarajući utezi na konopu“), tj. dva komada drva iste duljine s brokom („čavlom“) na dnu i konopom – pjunbinom („viskom“), s pomoću kojih se sve stavi u pjunbin („u okomitost“) i pričvrsti dreto („ravno“) s puntalićima.*“ [5]

5. faza:

Nakon što je postavljen i učvršćen kostur i sigurno postavljen u okomicu, započinje postavljanje platica oplata („**madiri**“), a najprije se postavlja prva dopalubna platica vanjske oplata („**centa**“ - „**reja**“) – slika 12, kao jedna vrsta završnog voja, podbočena rebrima iznutra, a zatim slijedi drugi i treći, pa četvrti red („**fil**“) oplata, najviše do petog reda, s gornje strane.

6. faza:

U ovoj fazi nastavlja se oplatanje brodice zatvaranjem kostura odozdo, tj. od strane kobilice. Najprije se postavlja prvi red oplata pri kobilici („*picun*“), pa drugi red („*povišepicun*“), i tako redom. Debljina platica oplata na uzvoju brodice je uvijek nešto veća i to približno za 2,5% (za duljine $L=5\text{m}$), a 3,5% (za duljine $L=17\text{m}$). Na samoj krmu se, na jednoj od platica oplata u prvom ili drugom redu od kobilice, s jedne strane izbuši rupa promjera oko 10-15 mm, koja se zatvori, s unutarnje strane, duljim drvenim hrastovim čepom („*špinelom*“), koji se vadi iz rupe samo kad je brodica na kraju (bojanje, popravak, preinaka), radi istjecanja preostale vode iz dna brodice. Kad je brodica potpuno zatvorena oplatom, postavljaju se, kao posljednji, krajnji komadi platica uz pramac i krmu, koji se vežu i zatvaraju brodicu uz statve („*bragete*“). S unutarnje se strane postavljaju, nasuprot prve platice oplata do razine palube, jedna ispod druge, platice unutarnje oplata („*kontracenta*“ i „*kontramadir*“) u dva reda – slika 13. Drugi red unutarnje oplata („*kontramadir*“) ujedno služi i kao oslonac na koji se postavlja središnja klupa za sjedenje („*banak*“) kojih može biti, ovisno o duljini brodice i želji vlasnika i 2 do 3 te, potom, i sjedala („*sidite*“) na krmu. Ovime se konstrukcija brodice i dodatno učvrstila. U ovoj se fazi postavlja, ako je predviđen i vodoravni nastavak palube („*šperun*“) na pramcu, duljine od oko 80-100 cm, u svrhu lakšeg izlaženja iz brodice na stjenovitu obalu posebice noću, najčešće kod *leuta* i *trajte*. On se posebnim, okomitim, koljenom pričvrsti za pramčanu statvu („*konj*“) te bočnim koljenima („*brci*“) za razmu, prema slici 18.

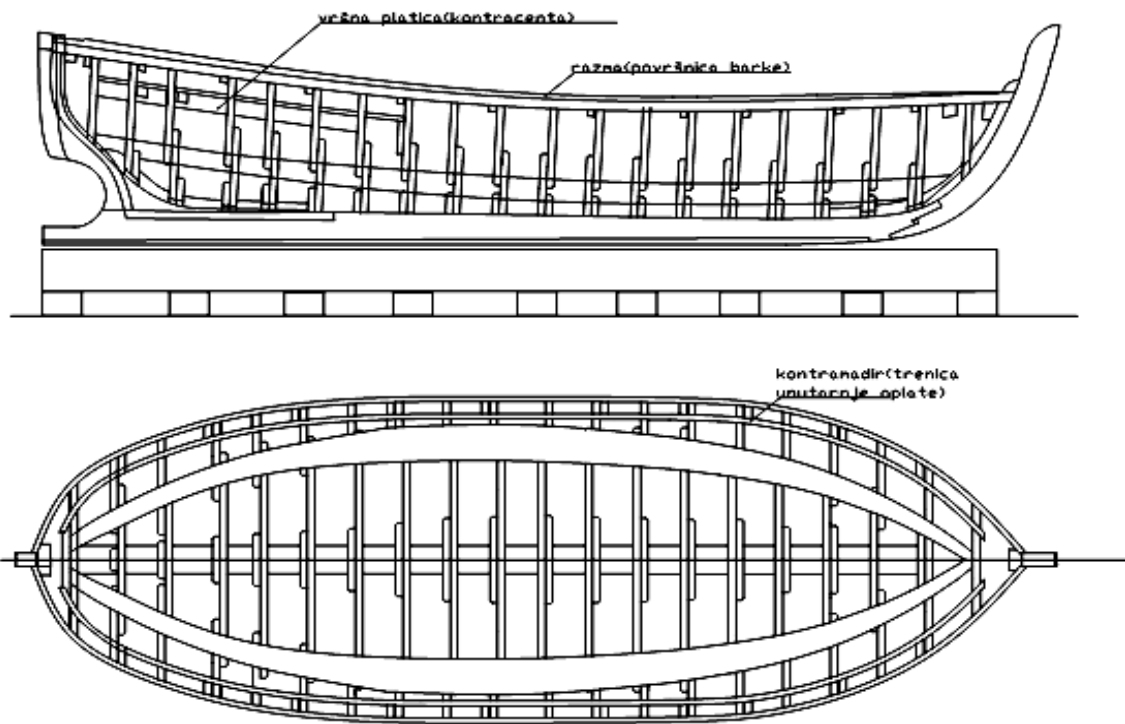


V fazi: postavljanje prve platice vanjske oplata barke ('cente')

Slika 12 Peta faza gradnje

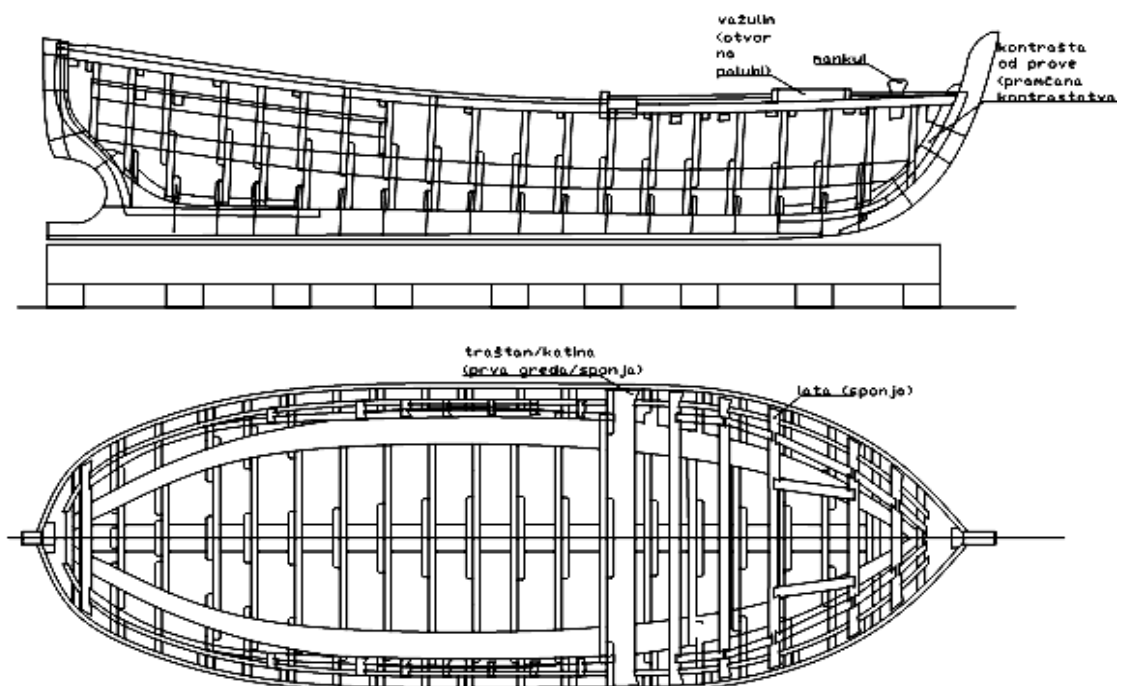
7 faza:

U ovoj fazi, slika 14, izvodi se zatvaranje brodice s palubne strane postavljanjem palube („škafa“), koja može biti predviđena ili na pramcu, ili na krmi, odnosno, na obje strane, ovisno o namjeni i tipu brodice.



VI faza: postavljanje vršne platice, površnice barke i trenice unutarnje oplata

Slika 13 Šesta faza gradnje



VII faza: postavljanje sponji, kontrastatve te izrada okvira za otvor na palubi

Slika 14 Sedma faza gradnje

Najprije se odredi duljina palube dijeljenjem otvora brodice, obično po pravilu jedne trećine, ovisno od tipa brodice te se postavlja prvi poprečni jači nosač ruba palube- okvirna sponja („*katina*“) koja se, po boku, podudara i veže s odgovarajućim rebrom. Potom se postavljaju palubne sponje („*late*“) prema pramcu i/ili krmi, također u istim razmacima kao što su postavljena i rebra i za njih se vežu. Konačno, postavlja se krajnji vezni element, koji spaja bokove brodice u samom pramcu ili krmi („*zoja*“), koji, kod malih brodica, ima predviđen otvor za vezivanje konopa, dok kod većih brodica to nije slučaj. Zatim se na sponje, po duljini brodice, postavlja najprije centralni uzdužni nosač palube („*kursija*“), a potom, lijevo i desno, preostale platice („*kuvertele*“) palube te se, na kraju, postavlja i rubnjak, tj. uski bočni prolaz od pramčane do krmene palubice, koji s unutarnje strane ima i mali prag, koji služi u svrhu sprječavanja ulijevanja mora u unutrašnjost brodice („*koridur*“) te mala bočna ogradica na većoj palubici („*partigeta*“), koja će sprječavati klizanje mreže u more pri plovidbi na većim valovima.

Ako brodica ima predviđen jarbol, koji se postavlja na jednoj trećini njezine duljine od pramca, onda se, umjesto okvirne sponje („*katine*“), često postavlja jači *poprečni nosač* („*traštan*“) koji je, kod nekih brodica, za 15-20 cm izbačen izvan vanjske oplate i može služiti i za izvlačenje na stjenovitu obalu, a učvršćen je za bok jačim vodoravnim koljenima („*braculi*“). On na sebi ima i otvor u središnjoj liniji brodice za uvlačenje i učvršćivanje donjeg dijela jarbola, koji se, na dnu, uvuče u četvrtasti izdubljeni drveni nosač, peta jarbola, („*skaca*“), koji se ubaci između rebara („*inkaštra se između koraba*“).



Slika 15 Gradnja brodice u brodograđevnoj radionici (Sladović, 1992.)

Ako je na brodici predviđena samo kraća paluba („*pulma*“), a namjerava se postaviti jarbol, onda se obavezno mora postaviti poprečni nosač („*traštan*“) na jednoj trećini duljine od pramca sa bočnim polukružnim otvorom za uvlačenje jarbola, a predvidi se i gvozdeni zatvarač jarbola („*gola*“) te, u dnu, također, izdubljeni drveni nosač u koji se utakne četvrtasta peta jarbola. Jarboli se po boku, od samog vrha, učvršćuju odgovarajućim čeličnim užadima - „sajlama“ („*sartige*“), koje su se, ranije, vezivale, najprije za drvene izdanke na boku broda, a danas za posebne metalne okove, postavljene u visini razme.

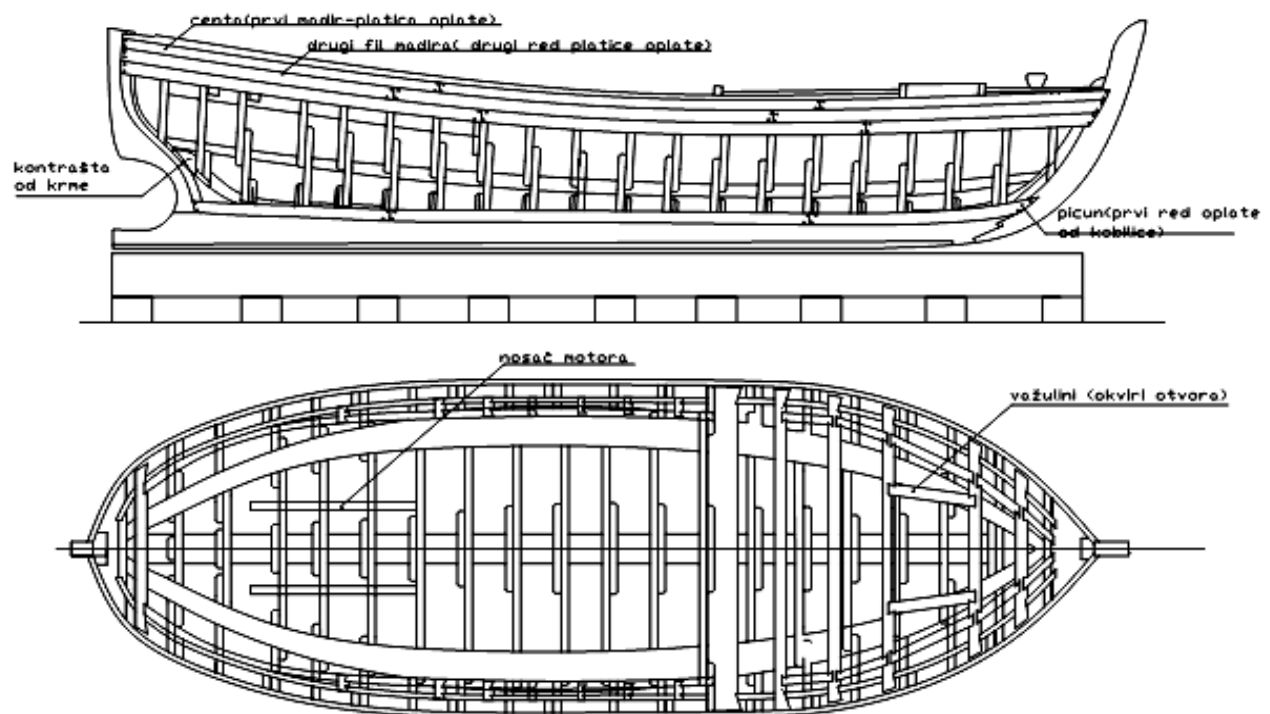
8. faza:

U ovoj fazi, slika 15, ugrađuju se otvori na palubi („*purtele*“). Za njihovo formiranje koriste se četvrtasti okviri („*važulini*“), koji se učvršćuju za palubu, na koje će se, kasnije, postaviti pokrov palubnog otvora („*bukaporta*“). Time su radovi na vanjskom dijelu brodice, praktično, završeni i prelazi se dovršavanje unutarnjih radova. Najprije se, u pramac, postavi

vodoravno ukrijepno koljeno („*bracul*“), koje spaja lijevu i desnu stranu pramca brodice, a na krmenom dijelu čak i dva ako je na krmi predviđeno zrcalo („*kvadar*“), u svrhu ukrućivanja zrcala za oba boka brodice. Na većim se brodicama, iznutra, po sredini, postavlja i kontrakobilica („*parmežal*“) koja se naslanja na rebrenice i sa debljim zašiljenim čavlima („*pasajicama*“) se veže s koblicom. Da bi se podnice mogle točno postaviti u visinu kontrakobilice po boku, uz rebra, postave se unutarnja uzvojna proveza i platica unutarnje oplata („*verđina*“ i „*sotoverđina*“). Ugrađuju se, ako već nisu ranije postavljene i kontrastatve („*kontrašte*“) na pramcu i krmi, te postolje pogonskog stroja („*plake*“), ako je za brodicu predviđen unutarbrodski pogonski stroj.

9. faza:

U ovoj fazi, slika 17, izvode se radovi uljepšavanja i opremanja brodice. Po bokovima se postavlja rubnik, tj. zaobljena *rubna letvica* (debljine i širine oko 2 cm) („*pas*“-„*kordun*“), po čitavom obodu, na 10 -12 cm ispod ruba razme. Ako je na pramcu paluba postavljaju se čak dvije rubne letvice u svrhu zaštite oplata od udara, jedna na samom rubu razme, a druga na oko 10 - 12 cm ispod ruba. Na pramčanu palubu se, na četverokutnom otvoru („*purteli*“) postavlja poklopac („*bukaporta*“), a na samom pramcu i krmi, lijevo i desno, postavljaju se izdanci, koji služe za vezivanje brodice („*mankuli*“).



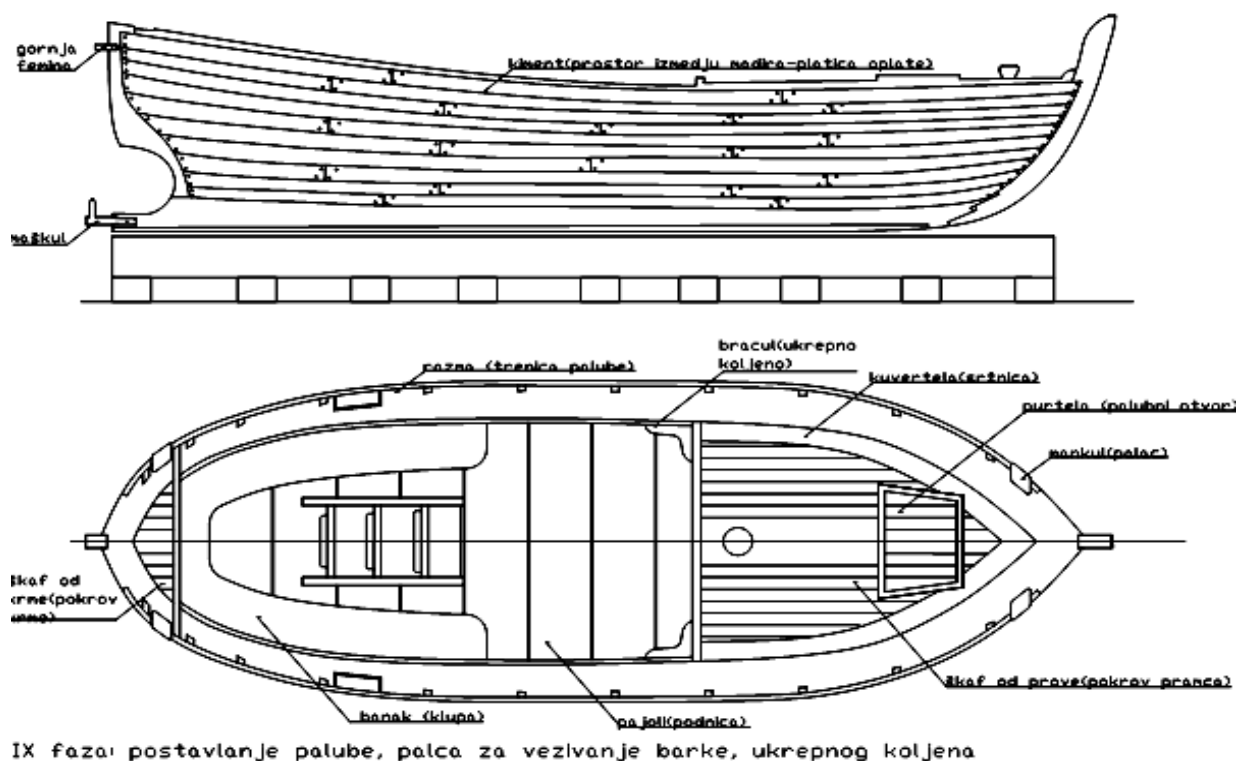
VIII faza: postavljanje platica oplata i nosača motora (ako ga barka treba posjedovati)

Slika 16 Osma faza gradnje

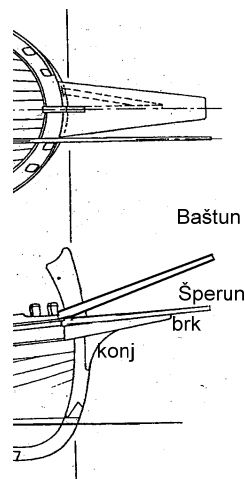
Za manje brodice se, a u svrhu upiranja kraćih vesala („*parića*“), postavljaju drveni izboji („*škarmi*“), umetnuti u drvenu blazinicu– ležište vesala („*škalamare*“), dok se za veće brodice, sa duljim veslima, postavljaju povećani drveni izboji („*palci*“). S obzirom da su ribarice – „*svičarice*“ morale imati veća vesla, to se u blizini krme na kojoj će se veslati pri

noćnom ribarenju, iz razloga povećanja prostora za zamah vesala jednom veslaču s oba vesla, u pravilu, postavljaju dvije poprečne gredice („*jarmenice-furkade*“), koje prelaze bok brodice s obje strane i do 80 cm te imaju na sebi, i s jedne i druge strane, ležišta za vesla („*sohe*“ ili „*maškete*“).

Ukoliko nisu predviđene poprečne gredice za postavljanje velikih vesala, umjesto njih se mogu postaviti i dva rašljasta izbočka za umetanje struka vesla („*sohe*“ ili „*mašketa*“). Na manjim se, pomoćnim, brodicama, ravnijeg dna i niže kobilice, iz razloga da ne bi došlo do oštećenja oplata pri izvlačenju na ravnu obalu, ali i njezinog uspravnog pozicioniranja, često postavlja, na platicama oplata dna s vanjske strane, ispod vodne linije gaza, oblikovana drvena gređica sa svake strane, poput ljuljne kobilice („*falsa - bočna kolumba*“). Na samom pramcu, ako je predviđeno, postavlja se i koso usmjerena drvena gređica – rukohvat („*baštun*“) uz pramčanu statvu, koji će služiti za pridržavanje ribara kod ukrcaja-iskrcaja preko vodoravnog pramčanog nastavka („*šperuna*“)-slika 18.

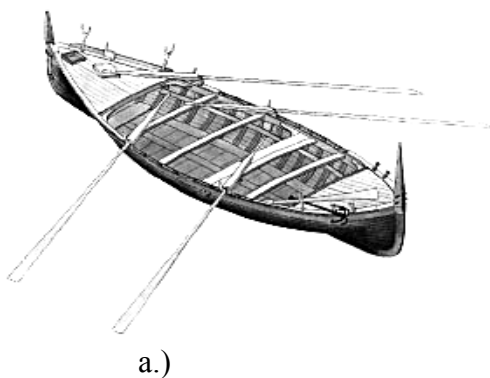


Slika 17 Deveta faza gradnje



Slika 18 "Šperun" i "baštun"

Ako je brodica predviđena i za noćni ribolov, onda su se, u ovoj fazi, postavljala na pramčanoj statvi i okov za umetanje nosača uređaja za svjetljenje („ferala“). Kod brodica ribarica – gajeta „falkuša“, („filuga“, „ofalkana gajeta“), slika 19, koje su Korčulani izrađivali za Vis i Komižu, duljine $L = 8,5 \div 12$ m, a u svrhu mogućnosti sigurne plovidbe i ulova plave ribe na području udaljenog otoka Palagruže, izrađivali su se još i posebni, montažno – demontažni nastavci na vanjsku bočnu oplatu („falci“), koji su joj povećavali nadvođe za oko 60 cm i koji su bili lako skidljivi. Te su brodice, naime, imale na pramcu i krmi povišeni nastavak statve („karina“) za koju bi se pripravljeni nastavci učvršćivali, ali su se, posebnim spojem, povezivali i sa ostalim dijelom trupa kao i međusobno, u čvrsti i nepropusni spoj. Ovo je bilo savršeno rješenje za pučinske ribare, jer bi bez njih bilo preopasno ploviti manjim brodicama-ribaricama, posebice u povratku, nakon bogatog ulova s barilima usoljene ribe, teškim i po nekoliko tona, po različitim stanjima mora i vjetra.



a.)



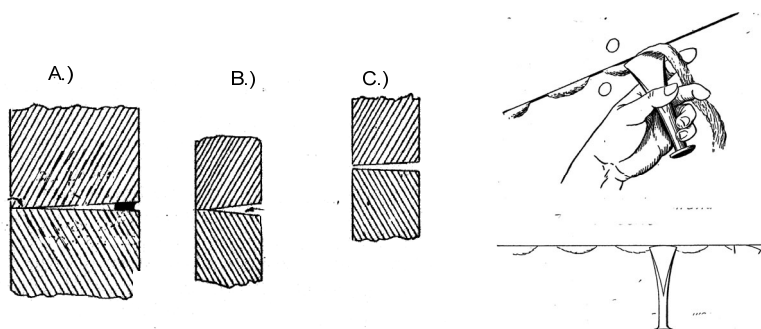
b.)

Slika 19 Gajeta „falkuša“: a.) bez „falaka“ b.) sa falcima (model)

Kod gajete „falkuše“ kraća palubica („pulma“) predviđena je na pramcu, a dulja („škaf“) na krmi te, kako je bila nešto veće duljine od ostalih brodica, na gajeti „falkuši“ obavezno se ugrađivao centralni poprečni nosač („traštan“), uz trup povezan poprečnim bočnim koljenima („braculima“), najčešće izveden i kao bočni izvanbrodski produžetak središnje klupice („banka“) za učvršćivanje jarbola, postavljen u težištu brodice, s obzirom da taj produžetak izvan ruba vanjske oplata od 15-20 cm, može poslužiti i za privezivanje konopa s pomoću kojeg će se gajeta moći izvući-podići na stjenovitu obalu.

10. faza: Dovršenje i opremanje trupa

Kad je brodica sasvim dovršena, započinje čišćenje i priprema („*puliškavanje*“) dodirnih rubova – sljubnica platica vanjske oplata („*kimenti*“) da bi se mogli šuperiti („*kalafatati*“), tj. vodonepropusno popuniti snopovima kudjelje ili njihovim izvučenim vlaknima („*stupa*“), ili pak, pletenicama pamuka („*bumbaka sfrkanog ka' špag*“) i posebnim alatom se utisnuti „*na tvrdo*“ u sljubnice platica oplata-slika 20.



Slika 20 Ispravno šuperavanje brodice: A-ispravan spoj; B i C neispravan spoj

Nakon toga se zatvaraju rubovi platica oplata i udubljenja glava čavala premazivanjem kitom („*štukaju se*“). Bolji brodograditelji udubljenja čavala zatvaraju drvenim čepovima, a prostorno uvinute platice vanjske oplata i izbočenja prema pramcu i krmi, koji slijede formu rebara, fino obrade, najprije turpijom za drvo („*rašpom*“), a potom brusnim papirom („*kartom žmariljom-glaspapirom*“) -slika 21 .



Slika 21 Pramac i krma korčulanske ribarice (drveni čepovi na otvorima za prolaz čavala, ležaj osovine vijka, konstrukcijska vodna linija („*peškaj*“), „*prva ruka*“ laka i boje protiv obrastanja - „*koperpajna*“)

Kad je fina obrada i čišćenje završeno, započinje zaštita trupa brodice završnim bojanjem („*pituravanjem*“) i to:

- 1. sloj boje („*prva ruka*“) preko čitave brodice, iznutra i izvana,
- 2. sloj boje („*druga ruka*“) čitava unutrašnjost i od palube do vodne linije gaza („*peškaja*“) i

- 3. sloj boje („*treća ruka*“) protiv obrastanja („*koperpajn*“) koji se nanese samo ispod linije gaza.

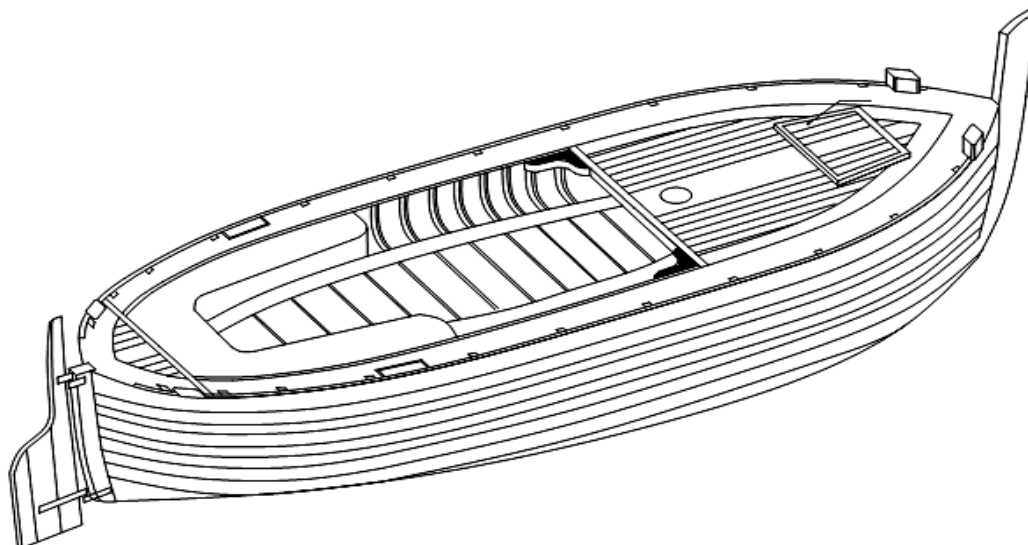
Iz estetskih razloga, bezbojnim lakom se posebno premaže, lijepo izgladena površina pramčane i krmene palubice, dok se područje vanjske oplata između dva rubnika, oboji, u pravilu, bojom različitom od boje brodice, kao i tanki pojas između uronjenog i izronjenog dijela brodice– tj. označi se („*marka*“) malo deblja konstrukcijska vodna linija (oko 5 cm).

Ranije, kad nije bilo većeg izbora zaštitnih boja, brodice su se zaštićivale katranom pomiješanim s borovom smolom–paklinom–pegulom („*blak*“), koji je štiti drveni trup brodice u dodiru s morem od crvotočine („*biše*“).

Istovremeno se, prema posebnim iskustvenim parametrima, za brodicu s unutarnjim brodskim motorom, izradi jednolisno kormilo („*timun*“) koje na svom gornjem kraju ima otvoren četvrtasti otvor za uvlačenje lijepo oblikovanog ruda kormila („*argole*“). Naime, rudo se, kao i kormilo, iskustveno oblikuje u ovisnosti o glavnim izmjerama brodice, veličini kormila, sili i momentu okretanja, ali i visini vlasnika brodice, a na samom kraju, izveden je i rukohvat, oblikovan po mjeri zahvata vlasnikova dlana. Rudo je četvrtastog presjeka u dijelu koji se uvlači u kormilo, a ostali dio je lagano zaobljen. Po duljini može biti ili ravno, ili blago zakrivljeno prema gore, a nerijetko je dvostruko zakrivljeno, dovoljne duljine da vlasnik može sigurno upravljati kormilom u vožnji i kad sjedi ili kad stoji na podnicama brodice.

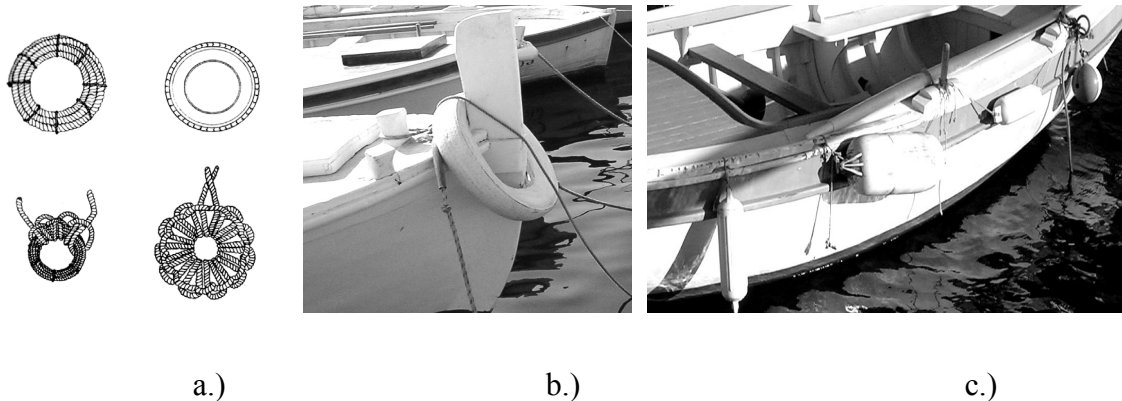
Na kormilo su, na točno određenim mjestima, pričvršćeni okovi za njegovo postavljanje na krmu brodice, i to po jedan „muški“ („*maškul*“) i jedan „ženski“ („*femina*“) okov s kojima se, pri uporabi, utakne u slične okove, također „muški i ženski“, postavljene na krmenoj statvi- slika 22 .

U međuvremenu se pripreme i bokoštitnice („*pajeti*“), koje su se ranije izrađivale od smotanog debljeg konopa, potom od ispletene oblikovane mreže od tanjeg konopa popunjene starim konopom i dobro nabijene, kasnije dijelom gume od automobila (na pramcu bi se postavljale preko vrha statve i čitava guma od automobila), a u novije vrijeme postavljaju se tvornički oblikovane bokoštitnice načinjene od plastične mase i ispunjene zrakom-slika 23.



Slika 22 Završna faza-konačan izgled dovršene korčulanske ribarice – gajete „Korčulanke“

Bokoštitnice se postavljaju na brodicu tek kad je ona porinuta, a služe u svrhu sprječavanja bočnih, krmenih ili pramčanih oštećenja pri udaru, bilo o drugu brodicu, bilo udaranje u obalu.



Slika 23 Bokoštitnice: a.) starinske- izrađene od konopa; b.) automobilska guma na pramcu i c.) suvremene-
građene iz plastičnog materijala

Također se, prije porinuća, za brodicu predvidi (iskustveno izračuna) odgovarajuće sidro („*ankora*“), već prema njezinoj težini i najčešćim stanjima mora područja gdje će se brodica koristiti i biti vezana, s odgovarajućom duljinom sidrenog konopa, sukladno dubinama u kojima će se brodica sidriti, a koje se samo u duljim izbivanjima iz luke izvlačilo iz mora. Inače, za kratke izlaske, ribolov u bližim lovištima ili kraći prijevoz, za brodice je često se predviđa i pomoćno manje sidro („*gančin*“ - „*surgadin*“) sa konopom („*čelom*“), koje se uvijek nalazi u brodici ispod palube („*škafa*“) i služi za slučaj potrebe sidrenja pri ribolovu ili vezivanju barke za obalu izvan luke, a nerijetko i za povlačenje po dnu („*šemetenje*“) u svrhu traženja izgubljenog ribolovnog alata (vrše, parangali, mreže). Veliko sidro ili veći komad betona se, obično, ostavlja na mjestu veza brodice („*kolpo morto*“), a na kraju konopa ima privezan i manji plovak, obično posebno označen ili sa registarskim brojem brodice („*senjal*“), kako netko drugi ne bi privezao svoju brodicu na to mjesto. (Za manje brodice duljina sidrenog konopa nije ispod 15 m, a za veće nije ispod 30 m duljine. Vlasnici brodica uvijek imaju i nešto rezervnog konopa, za slučaj potrebe).

U ovoj fazi se pripremaju i podnice („*pajoli*“) duljine razmaka između dvije uzvojne proveze („*verdžine*“), obično duljine oko 100 cm, širine 25 – 30 cm i debljine oko 2,5 – 3 cm, kojima se pokrije čitav prostor dna brodice, povrh rebrenica. Izrađuju se od boljeg drveta (hrast, jasen, smreka...). Također se, od debljeg komada drveta, izradi (izdube) i ispolac s rukohvatom („*ispol*“ - „*šešula*“) u svrhu ručnog izbacivanja mora iz područja rebrenica dna brodice, koja se tu nakuplja. Duljina, širina i dubina ispolca je dovoljna da se može njime zahvatiti voda između rebrenica (oko 1 litre) i da može, nesmetano, biti smješten u prostoru ispod podnica. Inače, taj prostor, s obzirom da u njemu uvijek ima malo mora, služi ribarima koji love vršama, ostima ili udicom, za ubacivanje i čuvanje u svježem stanju ulovljene ribe. Podnice („*pajoli*“) se postavljaju na dno brodice prije samog porinuća, kao i konop za vezivanje brodice za obalu („*barbeta*“).

Kad je brodica završena, slijedi svečani čin davanja imena i porinuća („*krštenje*“), bilo klizanjem niz kosi navoz, bilo klizanjem ili guranjem preko zaobljenih komada drveta ili cijevi, a u novije vrijeme podizanjem s mjesta gradnje i spuštanje u more viljuškarom ili auto-dizalicom.

Ovime je prikazan tek opći princip gradnje korčulanske brodice u 10 standardnih faza, makar da neki protomeštri, sukladno svom znanju i iskustvu, neke aktivnosti u fazama

ponekad i mijenjaju, u ovisnosti od vlastite procjene i trenutnog stanja materijala na slagalištu.

Na slikama 24, 25, 26, 27, i 28 prikazano je nekoliko tipičnih brodica-ribarica izgrađenih korčulanskom tehnologijom gradnje za ribare i težake iz Lumbarde.



Slika 24 Trajta obitelji Kriletić- „Mikita“ u Lumbardi



Slika 25 Ribarica-gajeta obitelji Jurjević-„Šukalo“ u Lumbardi



Slika 26 Ribarica-gajeta s tendom obitelji Milina-„Aga“ u Lumbardi



Slika 27 Ribarica- gajeta obitelji Cebalo na kraju u Lumbardi



Slika 28 Izvučene brodice u Lučići Lumbarda

4. Zaključak

Vidljivo je da je tehnologija gradnje korčulanske ribarice iznimno zahtjevna, traži dosta stručnog, teoretsko-konstruktorskog i tehnološkog znanja, ali i umijeća u obradi drveta. Korčulanski je brodograditelj, u svojoj višestoljetnoj tradiciji gradnje brodova, ovladao svim tajnama gradnje najkompleksnijeg načina brodice, metodom dodirivanja platica vanjske oplata (glatka gradnja; Carvelova gradnja). Ozbiljnost i savjesnost pri odabiru i izboru drvene građe, racionalna i dobro prostudirana forma svake brodice i broda-sukladno njezinoj namjeni i području službe, odnosi glavnih izmjera, koeficijenti forme, s pomoću „buške“ određen prepoznatljiv oblik („šest“) i temeljni konstrukcijski elementi te posebno vođenje računa da se sve, unutar ovih 10 faza tehnologije gradnje, na najbolji način uradi, glavne su odlike korčulanske brodograđevne „škole“ u drvu, čiji su brodograditelji, gradeći svoje brodice i brodove, tehniku i tehnologiju gradnje doveli, gotovo do savršenstva. Stoga su bili cijenjeni i traženi diljem svijeta, od Australije do Argentine, od Italije i Francuske do Kanade, gdje ih ima i danas.

5. Posveta

Ovaj rad posvećen je svim korčulanskim brodograditeljima, živim i mrtvim, a posebno uspomeni na moje umrle profesore i kolege pok. **Teodora Bernardija, Žitomira Lozicu, Tonka Sladovića, Milorada Fattorinija i Tonka Tabaina** te nedavno preminulog, posljednjeg protomeštra iz „stare korčulanske garde“ brodograditelja, pok. **Jakova Denoblea**, s kojim sam dugo surađivao i od kojega sam puno naučio. Svima im svima velika hvala i laka im korčulanska zemlja. Ostat će mi u trajnoj uspomeni.

Literatura

- [1] D. Kalogjera: Korčulanska brodogradnja, Prometej, Zagreb, 1998.
- [2] Internet: Tipologija barki i brodova (www.ctk-rijeka.hr), Društvo brodomodelara „Leut“ (www.leut-krk.hr)
- [3] V. Foretić. Neki historijski podaci o korčulanskoj brodogradnji, Pomorstvo II, Rijeka, 1947.
- [4] J. Fazinić: Historijat korčulanske brodogradnje, „Jadranski dnevnik“ br.24, Split, 1936.
- [5] J. Sladović: Kako se gradi barka u Korčuli, Zbornik otoka Korčule, Korčula, 1970.
- [6] ... iz razgovora s korčulanskim brodograditeljima pok. Davorom Kondenarom i Todorom-Darkom Tasovce te Jakovom Denoble i Igorom Čulićem 2003 i 2007. godine.
- [7] ... iz razgovora sa gosp. Vladimirom Depolom, odvjetnikom iz Korčule, sinom pok. Mihovila (Miće) Depola, 2003. i 2007. godine
- [8] R. Markovina: Predavanja na postdiplomskom znanstvenom studiju strojarstva na FESB-u, Split, kolegij „Pomorsko graditeljsko naslijeđe“, 2003.
- [9] N.Bobanac et. al: Iskustvo broda, Dubrovnik, Ars Halieutica,2002.

- [10] N. Fazinić: „Arhiv Fazinić“-privatna zbirka fotokronike grada i otoka Korčule, Korčula 2005.
- [11] ...iz obiteljskog arhiva obitelji Vladimira Depolo iz Korčule, 2006.
- [12] Predavanja iz „Teorije broda“ – Obrtničke škole u Korčuli, 1913.
- [13] R.Markovina: A Short Overview of the Traditional Ship’s Type Constructed by the Wooden Shipbuilding “School” from Korčula – Croatia, International symposium “Maritime Heritage 2005.”, Barcelona, travanj 2005, pp. 67-79.
- [14] R.Markovina: Work organisation, basic materials, tools and devices in old Korčula's wooden shipbuilding, International Symposium STREMAH 2007., Prague, srpanj, 2007., pp. 341-351.
- [15] T.Tabain: Osnivanje, oblikovanje i gradnja barki na otoku Korčuli, od drevnih vremena do danas“, Brodogradnja, 43 (1995) 3. pp. 219-224.
- [16] N.Jurjević: «Prikaz forme i tehnologija gradnje tipične korčulanske ribarice, primjenom „buške“-seminarski rad na postdiplomskom studiju FESB-a u Splitu, kolegij «Pomorsko graditeljsko naslijeđe», Split 2004.
- [17] I. Belamarić: Brod i entropija, Književni krug – Split, 1998.
- [18] Keber: Tradicionalne brodice hrvatskog Jadrana, Architectura navalis Adriatica, Tehnički muzej, Zagreb, 2002.

Dr.sc. Antun Čagalj, doc.
Dr.sc. Ivica Veža, red. prof,
Dr.sc. Roko Markovina, red. prof.

MODEL UPRAVLJANJA UMREŽENIM BRODOGRADILIŠTEM

Sažetak

Poslovodstvo umreženih poduzeća bitno se razlikuje od onog kod klasičnog poduzeća. Temeljni razlog je u tome što se umreženo poduzeće temelji na sklopu ugovora između različitih neovisnih tvrtki, dok se poslovodstvo klasičnog poduzeća temelji na hijerarhijskom načinu upravljanja.

Strateška namjera poslovodstva umreženih organizacija je stvoriti novi organizacijski savez zasnovan na uskoj suradnji između pojedinih organizacija sa ciljem postizanja zajedničke tržišne strategije i prepoznatljivosti. Kao i kod svih složenih poslovno – proizvodnih sustava i u slučaju umreženog brodogradilišta postavlja se višerazinski sustav upravljanja. U radu je prikazan cjeloviti sustav upravljanja umreženim brodogradilištem koji ima značajke kombiniranoga sustava upravljanja, sastavljenog od mrežnog poslovnog upravljanja, kao osnovnog i projektnog poslovnog upravljanja kao pomoćnog.

Ključne riječi: brodogradnja, organizacija, upravljanje mrežom

THE MANAGEMENT MODEL OF INTERACTIVE NETWORK SHIPYARD

Summary

The management of the interactive network companies is principal different then in case of the classic companies. The elementary reason is in that what is interactive network companies to rest on group of contracts between independent companies, while the management of the classic companies to rest on hierarchy way of the management.

The strategic intention of management in the interactive network companies is create new organisation alliance to rest on close co-operation between individually companies with aim to realized common strategy market and market's recognitions. As is the case of all complex business – production system, so in the case of the interactive network shipyard, placing the multiple levels management system. This article shows the whole management system of the interactive network shipyard who has characteristics of the combination management system, consist of the management network, as the basis part and project management as the auxiliary parth.

Key words: shipbuilding industry, organization, network menagement

1. Umrežene organizacijske strukture

Kada se poslovodstvo klasičnog poduzeća nađe u poteškoćama i problemima posebice glede konkurentnosti na današnjem tržištu, jedno od korisnih i primjenjivih rješenja je prijelaz na koncept umrežene ili virtualne organizacije. Poslovodstvo se, u tom slučaju, treba odlučiti na strategiju povezivanja sa poslovnim partnerima, pa čak i sa dojučerašnjim konkurentima. Prije prelaska na umreženi ili virtualni način poslovanja potrebno je jasno spoznati uzroke i obujam problema, odrediti vlastite konkurentne prednosti (temeljne kompetencije) te odrediti ciljeve, smjernice i način na koji će se oni pokušati postići. Na osnovu tih elemenata poslovodstvo će pokrenuti i prestrukturirati organizacijske strukture svojeg poduzeća u skladu sa znanstvenim dostignućima u području organizacije i upravljanja ili pak prema nekoj, posebnoj i sebi svojstvenoj metodi ili shemi.

Već je rečeno da osnovni elementi sustava umrežene ili virtualne organizacije nisu novi, kao ni sama ideja o kooperaciji između dvaju i više poduzeća. Modeli kooperativnih i suradničkih odnosa između poduzeća u formi partnerstva, zajedničkih ulaganja, strateških udruživanja, konzorcija te licenciranih ugovora već su dovoljno poznati i koriste se već niz godina. Međutim, donedavno su se «kooperacijom» poduzeća uglavnom služila u svrhu dodatnog oblika rješavanja poslovnih aktivnosti u klasičnoj organizaciji.

Razina upotrebe i jakost «kooperacije» poduzeća u umreženim i virtualnim organizacijama porastao je do takve razine da klasična «kooperacija» prerasta u nešto znatno više i odgovorniji oblika suradnje od privremenog i povremenog. Zbog toga je potrebno razmotriti osnovne tipove suradničkih odnosa koji su doveli do nastanka umreženih ili pak virtualnih organizacija, a oni se dijele na 1 :

- okomitu - vertikalnu suradnju (udruživanje)
- vodoravnu - horizontalnu suradnju (udruživanje)
- umnoženu - multiplikativnu suradnju (udruživanje).

Okomita - vertikalna suradnja ili udruživanje predstavlja strategiju rasta koja obuhvaća proširenje aktualnog poslovanja nekog poduzeća u dva moguća smjera i to: - udruživanje prema naprijed («nizvodno») omogućava poduzeću samostalan plasman vlastitih proizvoda ili usluga; i - udruživanje prema nazad («uzvodno») koja povezuje poduzeće sa dobavljačima nekih ili svih proizvoda ili usluga koje poduzeće koristi u proizvodnji vlastitih proizvoda ili usluga. Udruživanje prema natrag omogućava poduzeću bolju kontrolu troškova, isporuke i kvalitete sirovina i komponenti, dok udruživanje prema naprijed omogućava poduzeću kontrolu nad prodajom i plasmanom proizvoda.

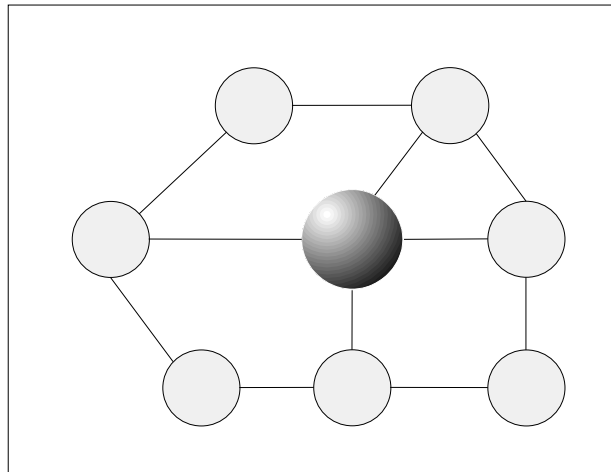
Vodoravna - horizontalna suradnja pojavljuje se kada se poduzeće povezuje s jednim ili više poduzeća koja proizvode slične proizvode ili usluge. Najčešće se koristi radi boljega iskorištenja kapaciteta, osvajanja novih tržišta, širenja tržišta sirovina i usluga i dr. Osnovna značajka upravljanja ovim sustavom suradnje je podvrgavanje sudionika u vodoravnom udruživanju organizacijskoj disciplini nositelja suradnje. Gotovo sva vodoravna udruživanja povezane su sa preuzimanjem drugih poduzeća.

Umnožena - multiplikativna suradnja je najnoviji oblik umreženih ili virtualnih poduzeća i temelji se na novim oblicima rada i suradnje s ciljem kombiniranja široko rasprostranjenih resursa kod potencijalnih sudionika 1 . Osnovne značajke umnožene suradnje su:

- vremenski neograničena suradnja (stalna ili povremena),

vremenski ograničena suradnja,
komuniciranje u «mreži»
visoka elastičnost,
umreženo posloводство - uprava,
i one su temelj organizacije umreženog ili virtualnog poduzeća.

Osnovni shematski prikaz mreže multiplikativne kooperacije dat je na slici 1.



Slika 1 Umnožena suradnička mreža 1 .

U okviru umnožene suradničke «mreže» međusobno surađuju poduzeća različitih struka u cilju zadovoljavanja potreba kupca. Prednost ovakve suradnje je prije svega u elastičnom sudjelovanju povezanih poduzeća u «mreži». Znanje i kapaciteti poduzeća koji sudjeluju u suradnji mogu se koristiti bez većih nedostataka i rizika koji se mogu pojaviti kod visoke okomite suradnje. Temeljne značajke ovoga tipa suradnje je visoka specijalizacija pojedinih sudionika u «mreži» s mogućnošću uvođenja dodatnih partnera u «mrežu». Kroz zajednički rad različitih poduzeća u «mreži» tkz. pobočna (lateralna) suradnja može učinkovito djelovati u pravcu ispunjenja zahtjeva kupca. Navedene mogućnosti nema poduzeće koje samostalno nudi cjelokupno rješenje, posebno zbog svojih ograničenih kapaciteta. U slučaju povremenog preopterećenja kapaciteta pobočne (lateralne) «mreže» su elastičnije od poduzeća koje nude cjelokupno rješenje. Razlog ovome su uske veze koje postoje između pojedinih poduzeća te se zato pojedini posao može izvoditi bez nastajanja velikih troškova poslovanja (transakcija). Prema zahtjevu kupca, za vrijeme trajanja njegovog zahtjeva, nastaje dinamička «mreža» odnosno suradnja prema principima virtualnog poduzeća.

2. Uvod u upravljanje umreženim organizacijskim strukturama

Ako se umrežene ili virtualne organizacije promatraju sa radnog gledišta, onda bi se ovakva poduzeća mogla pojasniti kao grupacije tvrtki, poduzetnika ili općenito djelatnosti koji provode dio ili cjelokupno svoje radno vrijeme u obavljanju međusobno ovisnih radnih aktivnosti na različitim fizičkim lokacijama. U ovakvim okolnostima posloводство u umreženim poduzećima dobiva znatno složeniju ulogu od onoga u klasičnim poduzećima. Poslovanje koje se izvodi na različitim lokacijama utječe na brojne kritične, ali međusobno

povezane aktivnosti uprava sa kojima treba «čvrsto» upravljati u svrhu postizanja učinkovitosti umreženog poduzeća.

Članice umreženog poduzeća, kako rade na različitim lokacijama, često i u različitim vremenskim zonama, posjeduju različita kulturna i organizacijska naslijeđa, a s obzirom da članice, uz zadatke unutar umreženog poduzeća, istovremeno obavljaju i vlastite aktivnosti, načini njihovog organiziranja i upravljanja njihovim aktivnostima predstavljaju ključno pitanje za ostvarivanje konkurentne prednosti umreženog poduzeća. Proces upravljanja, stoga, predstavlja ključni proces u poslovanju umreženog poduzeća. Da bi se prosljedili zadatci i koordinirale radne aktivnosti posloводство umreženih poduzeća neizostavno se mora koristiti novim metodama komuniciranja, temeljenim na informacijsko-telekomunikacijskim tehnologijama.

3. Oblici upravljanja umreženim organizacijskim strukturama

Posloводство umreženih poduzeća bitno se razlikuje od onog kod klasičnog poduzeća. Temeljni razlog je u tome što se umreženo poduzeće temelji na sklopu ugovora između različitih neovisnih tvrtki, dok se posloводство klasičnog poduzeća temelji na hijerarhijskom načinu upravljanja. Temeljne funkcije upravljanja u umreženim poduzećima, poput planiranja, organiziranja, vođenja i kontroliranja, također se razlikuju od tih istih funkcija u hijerarhijskom modelu. U umreženom poduzeću glavnu ulogu ima liderska tvrtka koja predstavlja istoznačnicu upravi u hijerarhijskoj organizaciji. Ona pokreće procese, upravlja njima i nadzire ih, a nerijetko podnosi i posljedice svih promašaja ili nesuradnje sudionika mreže 1. Posloводство umreženog poduzeća obavlja široki spektar aktivnosti koje utječu na njegovo poslovanje 2. Moguće aktivnosti uključuju aktivnosti komunikacijske podrške poslovnim akcijama, izbor sudionika tih akcija te njihovo obučavanje i pripremu za poslovanje u «mreži». Upravljačke aktivnosti, nadalje, obuhvaćaju procjene prihvatljivosti poslovnog procesa ili zadataka koji se obavljaju u umreženom radnom okruženju, izbor radnih procesa i metoda, preobrazbe postojećih metoda poslovnih aktivnosti i mnoge druge elemente.

Posloводство umreženog poduzeća, stoga treba promatrati i s stajališta nastanka i trajnosti umreženog poduzeća prema kojemu se tako pojavljuju i temeljne razlike u ulozi i aktivnosti njihovog posloводства. Kao što je već rečeno, dva su osnovna načina nastanka umreženog poduzeća:

- osnivanje virtualnih projekata radi kratkotrajnog odgovora tržišnim prilikama nastaju potpuno nove organizacijske jedinice,
- organiziranje virtualnih organizacijskih struktura u svrhu dugoročnog postizanja konkurentne prednosti i povećanja učinkovitosti posloводства klasičnog poduzeća može se odlučiti za primjenu elemenata koncepta umrežene organizacije.

Takav proces preobrazbe hijerarhijskog u mrežno organizirano poduzeće predstavlja složenu poslovodnu aktivnost i obuhvaća brojne zadatke. Shodno tome razlikuju se 1 :

- projektno poslovodno upravljane (projektni menadžment) i
- mrežno poslovodno upravljanje (mrežni menadžment).

3. 1. Projektno poslovodno upravljanje

Projektno poslovodno upravljanje javlja se kod virtualnih projekata kad različite organizacije oblikuju udruživanja - saveze («konzorcije») da bi se spojile u istovrsne organizacije i tako odgovorile tržišnim prilikama. Osnovani savezi obuhvaćaju istraživače, proizvođače i trgovce iz različitih organizacija kako bi zajednički bolje odgovore tržišnim zahtjevima. S obzirom na način osnivanja i oblika suradnje kod virtualnih projekata razlikuju se dva oblika poslovodnog upravljanja, i to u obliku :

- lider virtualnog poduzeća i
- samoorganiziranog virtualnog poduzeća.

Oblik lider virtualnog poduzeća predstavlja pojedinca ili tvrtku koji pokreće proces osnivanja virtualnog poduzeća, koji njime upravlja i nadzire ga, te uglavnom snosi i posljedice svih promašaja ili nesuradnje sudionika mreže. Lidere se u literaturi često naziva i «iminatori» ili pak «mrežni» organizatori koji posjeduju sljedeće osobine 3 :

- povjerenje u suradnike,
- ne prave razliku između suradnika formalno zaposlenih u poduzeću i vanjskih suradnika,
- naklonjeni su zajedničkoj poslovnoj suradnji i vođenju poduzeća bez formalnih granica, u čemu vide neograničene mogućnosti razvoja,
- razumiju koncepciju virtualne organizacije.

Ukoliko se pak radi o složenijim tržišnim zahtjevima kao što su izgradnja cesta, pruga ili mostova, u tom slučaju kao lider se javlja liderska tvrtka (projektni tim) koji okuplja specijalizirane tvrtke radi zajedničkog izvršenja određenog projekta. U takvim okolnostima liderska tvrtka više nije naredbodavac, već ona stalno osluškuje savjete članova, sa njima komunicira, razmjenjuje ideje, usmjerava ih i potiče. Lider donosi samo bitne odluke, rješava eventualne sukobe i odgovoran je za uspjeh projekta, dok donošenje svakodnevnih odluka prepušta članovima, stvarajući ozračje za njihovo rješavanje. No, da bi takvo virtualno poduzeće poslovalo uspješno najvažnije je da je vizija lidera u sukladnosti s predodžbama članova.

Oblik samoorganiziranog virtualnog poduzeća može nastati kad se različite tvrtke ujedinjuju osnivajući i formirajući virtualnu mrežu bez posebnog lidera, kao tzv. demokratski savez. U takvim mrežama svi članovi surađuju na jednakoj osnovi, čuvajući svoju samostalnost i ujedinjujući svoje temeljne kompetencije. Ali, i u takvim slučajevima potreban je jedan koordinator koji će obrađivati i usklađivati osnovne informacije koje se tiču virtualnog poduzeća, pratiti organizacijsku strukturu i principe poslovanja. U krajnjim slučajevima, kada se za to pojavi potreba, članovi će shvatiti obostranu korist od zajedničkog upravljanja resursima i vještinama te će težiti stvaranju zajedničkog poslovodnog upravljanja. Zajedničko poslovodno upravljanje sačinjavat će izvršni upravitelji tvrtki članica, između kojih će se izabrati glasnogovornik, prvi među jednakima, koji zastupa interese cjelokupnog virtualnog poduzeća.

3. 2. Mrežno poslovodno upravljanje

Kombinacija zahtjeva koji donosi globalizacije, deregulacije i potrebe za iznimno visokom kvalitetom uz niske cijene prisiljavaju poslovodstva na razmišljanje o načinu reorganizacije ekonomskih aktivnosti svojih poduzeća u namjeri da učinkovito konkuriraju i postignu visoke stope povrata svojih ulaganja. Tržišna strategija razvijanja suradničkih veza s

ekonomskim partnerima i razvoj umreženih organizacija česta je u suvremenim poduzećima, industrijama i nacionalnim ekonomijama.

Strateška namjera posloводства umreženih organizacija je stvoriti novi organizacijski savez zasnovan na uskoj suradnji između pojedinih organizacija sa ciljem postizanja zajedničke tržišne strategije i prepoznatljivosti. Postojanje jasne i jedinstvene tržišne strategije razlikuje umreženu organizaciju od ostalih tipova grupacija zasnovanih na suradničkim vezama 4 .

Umrežena poduzeća nastaju tako da tvrtka koja je njegov pokretač i nositelj («inicijalna tvrtka») odredi ciljeve i strategiju proizvodnje i poslovanja, a zatim se, u svrhu ostvarenje postavljenih ciljeva povezuje s odgovarajućim partnerima koji mogu biti tvrtke ili pojedinci određenih struka. Na taj način se stvara mreža poslovnih odnosa kroz koju se ostvaruju postavljeni poslovni ciljevi. Tvrtka začetnik umreženog poduzeća, barem u početku ima i lidersku ulogu, pa je obilježavaju iste značajke kao i lidersku tvrtku kod projektnog poslovnog upravljanja. Liderska tvrtka koja je nositelj mreže, predstavlja «mozak» te «mreže» i ostvareni proizvod ili usluga izlazi na tržište najčešće pod imenom te tvrtke 1 .

Premda se upotreba koncepta umrežene organizacije čini naoko lakom, umreženu organizaciju nije jednostavno oblikovati i voditi. Mrežno poslovodno upravljanje je, stoga, jedan od najsloženijih modela upravljanja. Svaka struktura umreženog poduzeća podrazumijeva skup sudionika i veze među njima, ekonomske odnose i sustav upravljanja. Mrežno poslovodno upravljanje uključuje djelovanje tri glavna aktera ili tri skupine aktera koji upravljaju umreženim poduzećem 1 :

- upravitelja liderske («inicijalne») tvrtke,
- voditelja mreže i
- upravitelje tvrtki sudionica mreže.

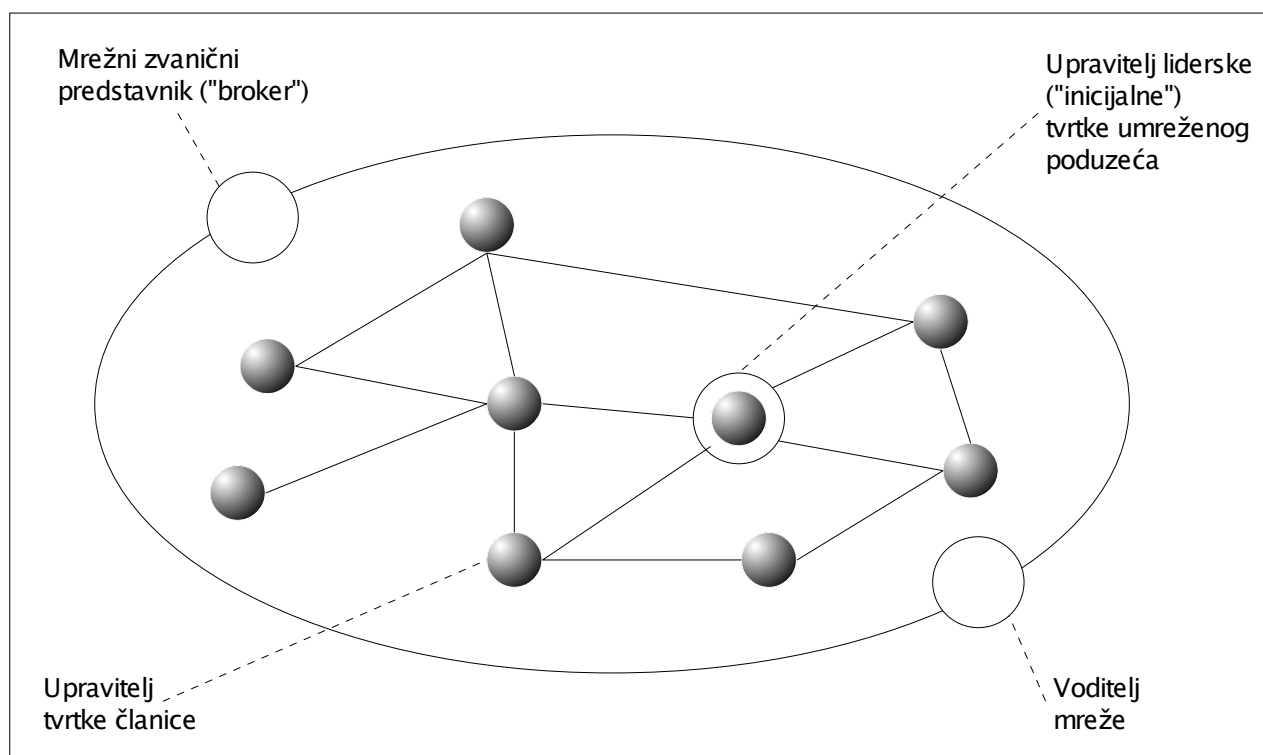
Upravitelj ili poslovodstvo liderske («inicijalne») tvrtke umreženog poduzeća u početnoj fazi stvaranja umrežene organizacije ima najvažniju ulogu u donošenju odluka, zbog preuzimanja cjelokupnog rizika poslovanja. Kada se rizik poslovanja podijeli u određenim omjerima i na ostale članove mreže, onda se na njih dijele i prava na odlučivanje razmjerno riziku kojeg preuzimaju. U manjim tvrtkama upravitelj liderske («inicijalne») tvrtka je i voditelj «mreže».

Voditelj «mreže» zadužen je i za izgradnju i održavanje «mreže» njezine strukture i «infrastrukture», obnavljanje partnera, koordinaciju rada i isporuka, dodjeljivanje radnih naloga sudionicima i nadzor nad ispunjenjem ugovornih obveza. Voditelj mreže najčešće se postavlja iz «inicijalne» tvrtke, ali može biti izabran i iz neke druge tvrtke članice «mreže», njegove troškove pokriva «inicijalna» tvrtka ili pak svi partneri u «mreži».

Upravitelji tvrtki članica umreženog poduzeća sudjeluju u donošenju odluka. Snaga kojom oni utječu na donošenje odluka ovisi ponajprije o udjelu njihove tvrtke u ukupnim aktivnostima ili pak o riziku koji preuzimaju za poslovne rezultate. U svakom slučaju oni su odgovorni za preuzete obveze temeljem ugovora. Svi upravitelji tvrtki članica moraju raditi dogovorno i prema uputama voditelja «mreže».

Kada se stvara veća i složenija umrežena organizacija, poslovodstvo liderskog («inicijalnog») poduzeća može posegnuti za zapošljavanjem vanjskog stručnjaka («eksperta» ili konzultantske tvrtke) kao zvaničnog predstavnika («brokera») «mreže». Shvaćajući nužnost suradnje mrežnih organizacijskih struktura, može se predložiti da dinamičku «mrežu» voditi jedan odabrani koordinator – mrežni predstavnik («broker») 5 . Zadatak mrežnog predstavnika («brokera») je osnovati skupinu od dva ili više poduzetnika ili poduzeća, uskladiti područje njihovog djelovanja i pratiti ih u izvršavanju njihovih pojedinačnih

zadataka u sklopu ostvarivanja zajedničkog cilja. Mrežni predstavnik («broker») zapravo je osoba koja pomaže poduzećima u iznalaženju novih poslovnih prilika, stvaranju strateških partnerstava, organiziranju mrežnih aktivnosti te povezivanje sa projektantima novih proizvoda i usluga, marketinškim specijalistima, «trenerima» i drugim osobama potrebnim za tržišni uspjeh 6. Kada je umreženo poduzeće osnovano, vodstvo i koordinaciju od predstavnika («brokera») preuzima poslovodstvo umreženog poduzeća. U slučaju mogućih sukoba interesa među članovima «mreže», zvanični predstavnik («broker») se ponovno može pojaviti i zamijeniti pojedine članove umreženih korporacija drugim članovima ili se jednostavno, može postaviti kao neutralan prosudbeni član. Glavni sudionici mrežnog poslovodnog upravljanja prikazani su na slici 2 1.



Slika 2. Glavni akteri mrežnog poslovodnog upravljanja

Zaključno se može reći da upravitelj u umreženom poduzeću ima drugačiju ulogu od klasičnog upravitelja tvrtke. On mora preuzeti ulogu učitelja – «trenera», jer on savjetuje, podupire i time olakšava poslovanje. Odgovornost za rezultate poslovanja umreženog poduzeća ovdje će morati preuzeti nezavisni suradnički tim, sastavljen od vrhunskih stručnjaka različitih profila. Broj i status upravitelja u tvrtkama članicama se smanjuje i ograničava na mali broj nadarenih učitelja. Međutim, na svim razinama umreženog poduzeća treba omogućiti punu slobodu djelovanja njihovim upraviteljima.

4. Model i process upravljanja umreženim brodogradilištem

Očito da obavljanje poslovnih aktivnosti u umreženim poduzećima obavljaju članovi «mreže» na različitim odvojenim fizičkim lokacijama. Upravljanje takvim poslovanjem moguće je jedino s pomoću suvremene tehnologije, koristeći se različitim komunikacijskim

moogućnostima koji obuhvaćaju elektronske oblike komunikacije. Taj način upravljanja se bitno razlikuje od upravljanja klasičnim poduzećem gdje zaposleni rade na jednoj lokaciji ili pak unutar jednog ureda i gdje se komuniciranje odvija uglavnom izravno, licem-u-lice.

Kao i kod svih složenih poslovno – proizvodnih sustava i u slučaju umreženog brodogradilišta realni je očekivati višerazinski sustav upravljanja. Nisu ovdje samo u pitanju, kao i kod klasičnih poduzeća, razine donošenja strateških, taktičkih i operativnih odluka, već ponajprije dva osnovna područja interesa posloводства umreženog brodogradilišta. To je, u prvom redu, područje poslovanja cjelokupnog umreženog brodogradilišta, tj. lidera mreže i svih članica mreže, a potom kao drugo područje preokupacije posloводства umreženog brodogradilišta je područje ostvarivanja projekata, u ovom slučaju složenih proizvoda – plovni objekata. Prema tome, cjeloviti sustav upravljanja umreženim brodogradilištem imat će značajke kombiniranoga sustava upravljanja sastavljenog od mrežnog poslovnog upravljanja kao osnovnog i projektnog poslovnog upravljanja kao pomoćnog. Kod takvog kombiniranog sustava, prvu razinu upravljanja umreženim brodogradilištem, predstavlja mrežno posloводство, kao najvažniji dio sustava upravljanja, drugu razinu sustava upravljanja će činiti projektno posloводство. Kako oba navedena dijela sustava upravljanja, tvore jedinstveni sustav upravljanja umreženim brodogradilištem, bitno je naglasiti važnost međusobne suradnje između ova dva dijela sustava upravljanja umreženim brodogradilištem. Na slici 3 dat je osnovni prikaz sustava upravljanja umreženim brodogradilištem.



Slika 3 Dvorazinski sustav upravljanja umreženim brodogradilištem

U skladu s ranije iznesenim, mrežno poslovodno upravljanje bit će sastavljeno od :

- upravitelja lidera mreže (brodogradilišta temeljnih kompetencija),
- upravitelja članica umreženog brodogradilišta i
- voditelja mreže.

Kako se može vidjeti ovdje se ne predviđa zvanični predstavnik («broker») «mreže», čija je uloga bitna samo kod nastajanja demokratskih saveza (nema «inicijalnog» poduzeća) ili pak kod dinamičnih mreža (kod kojih su česte promjene među članicama mreže), što kod brodogradilišta nije slučaj.

Projektno poslovodno upravljanje bit će klasično sastavljeno od voditelja (upravitelja) projekata i predstavnika svih sudionika koji značajnije sudjeluju u pripremi i gradnji plovnog objekta. Pri tome, voditelji projekata (plovnih objekata) biti će ujedno i važan čimbenik u radu mrežnog poslovodstva čime se osigurava već naglašena potrebna međuovisnost između dva dijela cjelovitoga sustava upravljanja umreženim brodogradilištem. Osnovna značajka rada oba dijela upravljanja umreženim brodogradilištem (mrežnog i projektnog) biti će drugačije poimanje kontrole, s kontrole izvođenja poslova i aktivnosti na kontrolu njihovog učinkovitog izvođenja 7. To predstavlja kvalitativan pomak u procesima upravljanja u odnosu na upravljanje klasičnim organizacijskim strukturama.

U ovakvom sustavu upravljanja bitna je vodoravna komunikacija na razini «mreže», što predstavlja osnovni način rada poslovodstva umreženih organizacijskih struktura, za razliku od okomite komunikacije unutar članica «mreže».

Proces upravljanja umreženim poduzećem može se podijeliti 2 na sljedeći način :

- upravljanje ljudima,
- upravljanje odnosima,
- upravljanje radom,
- upravljanje znanjem, i
- upravljanje tehnologijom.

Kako uspjeh umreženog poduzeća ovisi ponajprije o znanju, vještinama, stručnosti i sposobnostima zaposlenih, to, gledano s razine zaposlenih, upravljanje ljudima obuhvaća razvijanje njihovih znanja i vještina za rukovanje informacijskim i telekomunikacijskim tehnologijama te na iznalaženje novih poslovnih mogućnosti i rješenja. Gledano s razine poslovodstva, upravljanje ljudima obuhvaća cjeloviti sustav upravljanja ljudskim potencijalom poduzeća na bilo kojem radnom mjestu u «mreži» te pravovremeno opažanje problema i njihovo otklanjanje zapošljavanjem novih ljudskih resursa ili izmještanjem postojećih. U slučaju umreženog brodogradilišta, upravljanje ljudima bit će preokupacija mrežnog poslovodstva na razini mreže, kao i svih upravljačkih struktura članica «mreže» na njihovim razinama.

Odnosi između članova umreženog poduzeća također predstavljaju bitan čimbenik njegove uspješnosti. Aktivnim odnosom između članova prenose se opća i posebna znanja. Međutim, kako u umreženom poduzeću ne postoje ili su pak slabo razvijeni socijalni odnosi među članovima, tom čimbeniku treba posvetiti posebnu pozornost. Odnose, koji se u umreženom poduzeću odvijaju najčešće putem informacijsko-telekomunikacijskih tehnologija, treba obilježavati visoka razina povjerenja i zajednička želja za uspjehom. Odnosi između poslovodstva i uključenih članova, kao i među samim članovima umreženog poduzeća, trebaju biti čvrsto poticani i pažljivo njegovani. Na razvitak tih odnosa mogu utjecati i drugi čimbenici, kao što su npr. prethodno zajedničko iskustvo te broj članova umreženog poduzeća. Također treba naglasiti i važnost razvitka i njegovanja korektnih odnosa sa drugim umreženim poduzećima u virtualnom poslovnom okruženju. Po svojoj prirodi i važnosti za «mrežu», odnosi u umreženom brodogradilištu moraju biti trajna zadaća isključivo mrežnog poslovodnog upravljanja, posebno voditelja mreže umreženog brodogradilišta.

Upravljanje radnim aktivnostima, u konceptu umreženih poduzeća, poprima složenija obilježja od upravljanja istim u klasično organiziranim poduzećima. Upravljanje radom ovdje ima dvije dimenzije :

- upravljanje pripremama nužnim za obavljanje poslovnih aktivnosti i
- upravljanje izvršavanjem tih aktivnosti.

U umreženim poduzećima 2 najvažniji zadatak poslovnog upravljanja je koordinacija i nadzor nad radnim aktivnostima. Koordinacija je proces međusobnog usklađivanja različitih aktivnosti ljudi, različitih djelatnosti ili funkcija u nekom zajedničkom poslu 6. U klasičnim poduzećima posloводство se za koordinaciju uglavnom služe izravnom komunikacijom. U umreženom poduzeću koordinacija postaje složena zadaća, jer zadaci i ciljevi moraju biti prosljeđeni pojedincima ili poduzećima lokacijski udaljenim, a često i vremenski odvojenim. Nadzor je proces koji obuhvaća praćenje, ispitivanje pravilnosti i otklanjanje nepravilnosti u poslovanju. Putem nadzora posloводство umreženog poduzeća mora osigurati pravovaljano izvođenje poslovnih aktivnosti osoba ili grupa ljudi koji rade neprekidno s ciljem ostvarivanja određenog zajedničkog cilja. Gradnja različitih plovnih objekata, kako je ranije pokazano, vrlo je zahtjevan posao, kako u pripremljivoj, tako i u proizvodnoj fazi. Zbog toga, u slučaju umreženog brodogradilišta, upravljanje aktivnostima gradnje plovnog objekta biti će prvenstveno u djelokrugu rada projektnog poslovnog upravljanja umreženog brodogradilišta i protezat će se kroz sve članice «mreže». Glavna odgovornost za ovo područje upravljanja je na voditeljima (upraviteljima) projekata – plovnih objekata. Dijelom će ona biti i u području financijskog uspjeha projekta, a u potpunosti u području rokova isporuke i kvalitete plovnog objekta.

Upravljanje znanjem predstavlja još jedan od ključnih čimbenik uspjeha umreženog poduzeća. Članovi umreženog poduzeća, koji se nalaze na različitim lokacijama razvijaju različite mogućnosti poslovanja, imaju različita iskustva i stječu nova znanja iz svojih različitih radnih okruženja na osnovu prikupljenih informacija od potrošača ili drugih organizacija. Upravljanje znanjem treba pomoći članovima umreženog poduzeća u razumijevanju različitih obilježja globaliziranog tržišta i potrošačkih želja i potreba kako bi poboljšali svoju vlastitu učinkovitost, a time i učinkovitost čitavog umreženog poduzeća. Pored toga, zadatak posloводства umreženog poduzeća je upravljanje kako općim, tako i od strane članova umreženog poduzeća razvijenim posebnim znanjem te poticanjem daljeg stvaranja novog organizacijskog znanja i intelektualnog vlasništva (kapitala). U tom smjeru posloводство umreženog poduzeća mora poticati stalno učenje i razviti procese stjecanja novih znanja i vještina. Proces razvoja pripada temeljnim kompetencijama brodogradilišta. Bez obzira na to, upravljanje znanjem mora biti preokupacija kako mrežnog posloводства tako i uprava članica mreže u umreženom brodogradilištu. Pri tome, brodogradilište temeljnih kompetencija nosi najveću odgovornost u stalnom ovladavanju i primjeni novih znanja, kako u području razvoja plovnih objekata, tako i u području razvoja poslovno – proizvodnog sustava umreženog brodogradilišta.

Poslovanje umreženih poduzeća bez primjene informacijsko-komunikacijskih tehnologija je nezamislivo. Zbog toga je nužno da svi članovi mreže budu kvalitetno tehnološki opremljeni za brzo rješavanje zadataka i eventualnih problema. Članovi umreženog poduzeća moraju imati sva potrebna znanja, vještine i želju za korištenje suvremenih tehnologija u svojoj svakodnevnoj praksi. Zadatak mrežnog posloводства i voditelja «mreže» u umreženom brodogradilištu je omogućavati članicama pristup računalskim podacima i bazama podataka, te elektronsku komunikaciju. Ključni problem koji se pri tom javlja je spoznaja da umreženo poslovanje uključuje međusobno djelovanje članica na različitim tehnološkim razinama brodogradilišta. Stoga su zadaci mrežnog posloводства u području upravljanja tehnologijom obučavanje članica o prednostima korištenja suvremenih tehnologija, poticanje na stjecanje potrebnih vještina za učinkovito korištenje tih tehnologija i primjeni novih tehnoloških rješenja. Zadatak projektnog poslovnog upravljanja u umreženom brodogradilištu je primjena tako usvojenih novih tehnologija u cjelokupnom procesu gradnje plovnih objekata. Područje tehnologije u procesu upravljanja umreženim

brodogradilištem mora biti u djelokrugu rada kako mrežnog posloводства (u području razvoja i primjene novih tehnologija), tako i projektnog posloводства (u području primjene novih tehnologija).

Kada je u pitanju donošenje strateških, taktičkih i operativnih odluka u procesu upravljanja umreženim brodogradilištem, jasno je da će donošenje strateških i taktičkih odluka biti u djelokrugu rada mrežnog posloводства i voditelja «mreže». Operativne odluke bit će u djelokrugu rada uprava članica «mreže», dok će u slučaju plovnog objekta, donošenja strateških odluka biti zadaća mrežnog posloводства, a taktičke i operativne odluke zadaća projektnog posloводства umreženog brodogradilišta.

Slična podjela u procesu upravljanja umreženim brodogradilištem bit će i u slučaju donošenja strateških, taktičkih i operativnih planova, kako planova poslovanja tako i planova proizvodnje.

Kao zaključak može se ustvrditi da je u svakom umreženom poduzeću potrebno od strane posloводства odrediti čimbenike koji utječu na učinkovitost poslovanja umreženog poduzeća. Ti čimbenici trebaju biti primijenjeni kao osnova za stvaranje modela upravljanja umreženim poduzećem. Razumljiv model mora podsjećati posloводство da ne zapusti ili izostavi neke kritične elemente umreženog poslovanja. Na primjer, posloводства se mogu lako usredotočiti na uvođenje umreženog načina rada kao primarne sastavnice njihove strategije zaboravljajući, pritom, na učinkovito učenje i pripremu posloводства i zaposlenih na nov način rada. Model upravljanja može koristiti posloводство i za procjenu spremnosti poslovnog okruženja za umreženo poslovanje te za razvoj odgovarajućih strategija za primjenu umrežene organizacijske struktura.

LITERATURA

- [1] Belak, V i Veža, I. : «Virtualna poduzeća prospekt za budućnost», Računovodstvo, revizija i financije, br. 6, 1997., str. 125-134
- [2] Manheim, M. L., i Fritz, M. B. : «Information Technology Tools to Support Virtual Organization Managment: A Cognitive Informatics Approach,» iz Sieber, P. I Griese, J. (urednici) : Organizational Virtualness, Proc. Of the VoNet Workshop, April 27 – 28, 1998, Bern, Simowa Verlag.
- [3] Hedberg, B., Dahlgren, G., Hansson, J. i Olve N. G. : «Virtual Organization and Beyond», Wileyand Sons, New York, 1997.
- [4] Verity, J. W. : «The Networked Corporation», Business Week, No. 26/95., str. 45-55
- [5] Miles R. E. i Snow C.C. : «Network organizations: new concepts for new forms», California Management Review, 28 (3) 1986., str. 62-73
- [6] Hatch, C. R. : «The Network Brokers Handbook», U. S. Department of Commerce, National Institute of Standard and Technology, Manufacturing Extension Partnership, Gaithersburg, MD 20899,1995.

(2.6)

Filip Bosančić, dipl. ing., Brodosplit Brodogradilište d.o.o., Put Supavla 21, Split
Marija Rovanić, dipl. ing
Joško Palaversić, ing

RAČUNALOM POTPOMOGNUTO UPRAVLJANJE PROCESOM GRADNJE BRODA

Sažetak

Uobičajenu metodologiju primjene računala pri projektiranju (CAD) i proizvodnji (CAM) nastojalo se je primijeniti i kod upravljanja procesom gradnje broda. Uvođenjem IHOP metodologije gradnje broda dolazi do usitnjavanja planskih aktivnosti i pomicanja određenih (pod)aktivnosti u raniju fazu. Izrada dokumentacije, nabavljanje materijala, proizvodnja komponenti, ugradnja u objekt opremanja, planiranje te nadzor i izvještavanje postaju preopširni da bi se mogli pratiti na nivou gantograma. U ovom radu autori žele pokazati način kako je to rješavano u Brodosplit-Brodogradilištu.

Ključne riječi: brod, IHOP, objekt opremanja, tehnološka faza, planiranje, izvještavanje

COMPUTER ADED MANAGING OF SHIP BUILDING PROCESS

Summary

The usual method of computer application in designing (CAD) and manufacturing (CAM) process has also been implemented in ship building process. With the introduction of the IHOP ship building method there is an effect of moving specific activities into earlier stages of building process, as well as the planning smaller activities. Production of documentation, providing raw materials, production of components, and installation of components, planning, supervision and reports are becoming too complex to be represented in the form of Gantt chart. In this paper the authors wishes to present the way this issue has been addressed in the Brodosplit shipyard.

Key words: ship, IHOP, object for outfitting, technological phase, planning, reporting

1. Uvod

Uvođenjem IHOP metodologije u proces gradnje broda dolazi do usitnjavanja planskih aktivnosti i pomicanja određenih (pod)aktivnosti u raniju fazu. Izrada dokumentacije, nabavljanje materijala, proizvodnja komponenti, ugradnja u objekt opremanja, planiranje te nadzor i izvještavanje postaju preopširni da bi se mogli pratiti na nivou gantograma. U Brodosplit – Brodogradilištu nastojalo se odgovoriti na pitanje kako iskoristiti postojeći informatički sustav za integraciju različitih područja koja skupa tvore proces gradnje broda. U radu će se prikazati rješenje koje je postavljeno i koje danas daje zadovoljavajuće rezultate.

2. Organizacijsko tehnološke podjele broda i procesa

Brod, kao kompleksan proizvod prolazi kroz dugotrajan i složen proces nastajanja u kojem dolazi do interakcije raznih struka. Da bi bilo moguće kvalitetno pratiti gradnju broda, organizirati izradu dokumentacije, nabavu materijala, proizvodnju, i sve to isplanirati potrebno je izvršiti podjelu oba kompleksna sustava u karakteristične sastavne dijelove:

brod podijeliti u zaokružene cjeline,

- sekcije trupa za period gradnje i opremanja te ličenja trupa u fazi predmontaže
- brodske prostore – zone opremanja za period gradnje broda na ležaju pa do isporuke

proces podijeliti u tehnološke faze, nezavisne vremenske intervale u kojima će se dio procesa odvijati.

2.1. Tehnološka podjela broskog trupa – pojam objekta opremanja

Podjelom broda u grupe i sekcije nastoji se zadovoljiti logika formiranja zaokruženih, samostojećih lako prenosivih cjelina koje se kvalitetno mogu uklopiti u linijski koncipiranu proizvodnju, a u okviru nosivosti sredstava transporta kako u predmontažnoj radionici tako i na relaciji predmontažna radionica – mjesto montaže.

Podjelom broda u zone opremanja nastoji se zadovoljiti logika formiranja zaokruženih prostora opremanja kako bi se postiglo svrhovito grupiranje opreme koja se ugrađuje u prostor bez gomilanja velikih količina materijala i bez potrebe dodatnih transportnih troškova rasortiranja i distribucije materijala po velikim prostorima.

Grupu, sekciju isto kao i zonu opremanja, odnosno brod kao cjelinu, u ovom materijalu zamjenjuje se pojmom **objekt opremanja**. Ovaj pojam uvodi se isključivo zbog toga jer se u nastavku u cijelosti promatra proces opremanja objekta bez obzira na obuhvatnost istog.

2.2. Podjela procesa gradnje broda – pojam tehnološke faze

Uobičajeni klišeji gradnje broda u dvije glavne faze, gradnja trupa do porinuća i opremanje nakon porinuća davno je napušten. Uvođenjem IHOP metodologije gradnje broda u brodogradilištu se je otpočelo sa novim pristupom gradnji broda:

osnovna podjela broskog trupa je na objekte opremanja

osnovna podjela procesa je na **tehnološke faze**

ključna poveznica ove dvije podjele je **aktivnost**.

Proces gradnje broda zbog same složenosti proizvoda je dugotrajan te se neminovno treba razdijeliti u segmente koji su jednoznačno određeni sa vrstom, količinom i

istovremenošću rada da bi omogućili pravovremenost i usklađenost svih aktivnosti koje su nužne za uspješnu realizaciju. Svaki segment i razina proizvodnog procesa naziva se **tehnološkom fazom** izrade broda.

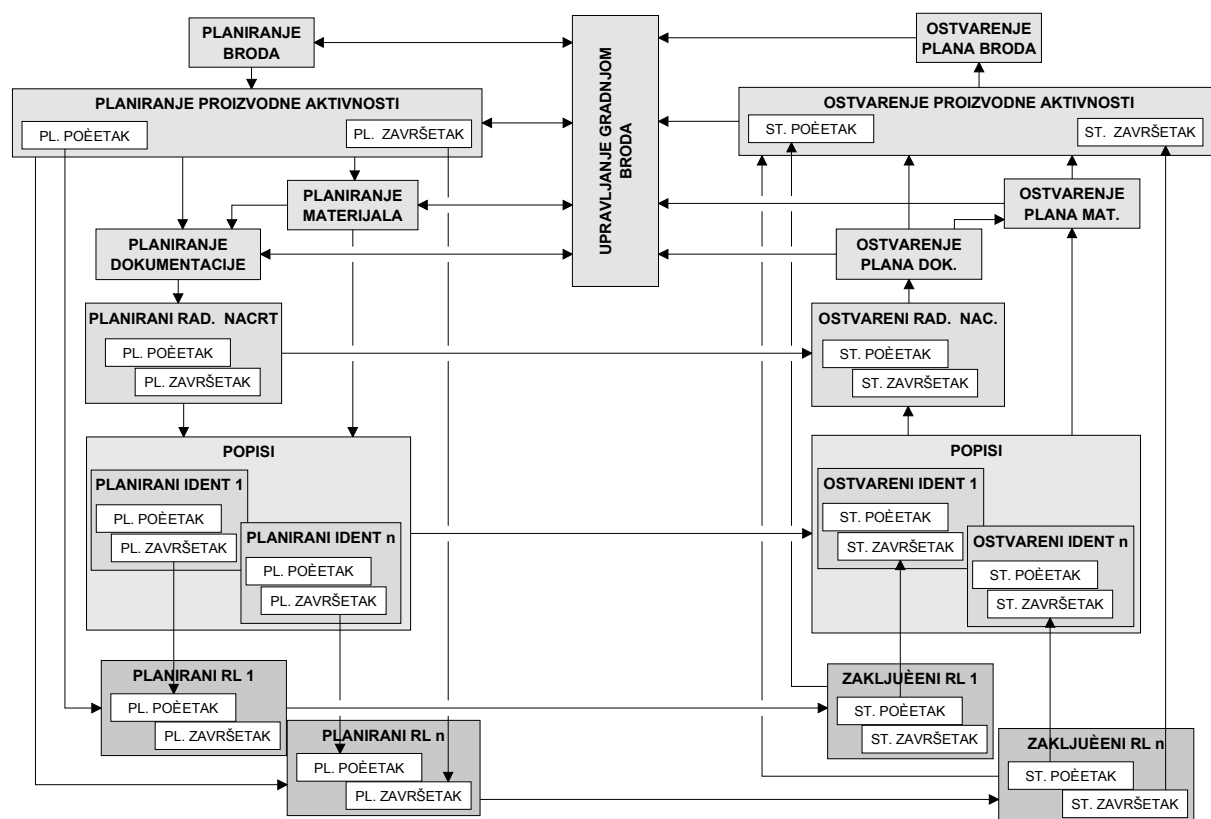
Aktivnost, općenito uzevši, je element, komponenta rada koja je izvedena tijekom trajanja projekta, a koju izvodi jedna određena organizacijska cjelina – **nositelj aktivnosti**. Aktivnost obično ima:

- očekivano trajanje,
- očekivani trošak i
- očekivani utrošak resursa.

U daljnjem raščlanjivanju aktivnosti se dijele na zadatke – **operacije**. U toj istoj mikro podjeli operacija ima iste atribute koje ima i aktivnost, tj. trajanje, trošak i utrošak resursa.

3. Upravljanje procesom gradnje broda

Na slici 1 daje se blok dijagram upravljanja procesom gradnje broda koji je postavljen kao okosnica izrade računalne podrške procesu.



Slika 1. Blok dijagram upravljanja procesom gradnje broda

Fig. 1 Block diagram of ship building control process

Funkcioniranje računalnog programa zasniva se na planskom postavljanju izvršavanja aktivnosti i pravovremenom izvještavanju o gotovosti. Planska disciplina zasniva se na kvalitetno postavljenom ulazu informacija u sustav (što, tko i kada) te pravovremenom izvještavanju o realizaciji na svim nivoima. Petlja se zatvara preko planske funkcije koja je osnovni alat upravljanja procesom, gdje je omogućeno "on line" praćenje cijelog sustava i

dobivanje pravovremenog signala za korektivne akcije. Postoje tri osnovna elementa na kojima počiva računalni program i to.

- nacrt onog što se planira izraditi/montirati
- pozicija (ident), najmanja jedinica koja se prikazuje na nacrtu i za koju se vrši planiranje
- radna lista, planski dokument utroška resursa.

3.1. Nacrt – nositelj svih informacija

Osnovni nositelj svih informacija je nacrt. Nacrt treba promatrati kao složeni proizvod koji se sastoji od crtanog dijela i sastavnice – popisa.

Nacrt se izvodi na nivou jedne tehnološke faze u osnovnoj grupi podjela: izrada ili montaža. U hijerarhijskom smislu, montažni nacrt nadređen je izradbenom nacrtu, a što je informatički popraćeno.

Popis (sastavnica) se obrađuje informatički i uz nacrt je samo informatički povezan. Ovisno o tehnološkoj fazi vrši se i detaljiziranje popisa. Popis u sebi sadrži informacije o:

- Izratku kojeg treba izraditi / ugraditi na poziciju
- Komponentama (pozicijama) iz kojih se izradak sastoji
- Materijalu iz kojeg se izradak izrađuje
- Raspoloživosti materijala za izradu / ugradnju
- Nositeljima aktivnosti izrade / ugradnje izratka
- Organizacijskim cjelinama koje su uključene na izradi / montaži izratka
- Planskoj dinamici početka i završetka aktivnosti na izradi / montaži izratka
- Informaciju o gotovosti izrade / montaže izratka.

Na slici 2 daje se prikaz sastavnice nacrta - popisa materijala u elektroničkoj verziji koja je okosnica informatičkog praćenja procesa. Isto tako, uz nacrt se pridodaje i popis materijala u papirnoj verziji, a koji je sastavni dio radne dokumentacije, slika 3. Obje verzije sastavnice nose identične informacije. Bitno je naglasiti da sastavnica daje poveznicu sa izvorom materijala, te prikazuje hodogram izratka od osnovnog materijala do montaže.

R.BR.	KL.MAT	POZICIJA	KOLIČINA	MJM	NAZIV MATERIJALA	MT.M	IZ	BOX
5	31111113	01	5	8,00	KOM VIJAK EN ISO 4014 M 16X75	2900	N	232
	10221299	582490		1,000	8.8 POC.			
6	312123	01	6	12,00	KOM MATICA EN ISO 4032 M 16 8	2900	N	232
	10221756	582490		1,000	POC.			
7	5934	01	42	3,00	KOM BRTVA HRN M.C4.110 2,0 20X	2900	IZ	000
	10035100	722490			16XTESNIT BA U .	8300		2984
8	31111113	01	43	12,00	KOM VIJAK EN ISO 4014 M 12X50	2900	N	232
	10221259	722490		1,000	8.8 POC.			

Slika 2. Popis (sastavnica) nacrta – elektronička verzija

Fig. 2 Drawing components list – an electronic version

29A50268		27/08/2009 14:22:56		468	54		201	01				
RADNI NALOG	ŠIFRA PROIZVODA - NI - NP	DATUM - VRIJEME			NOV / OBJEKT	TF	ZONA	BLOK	GRUPA	SEKCIJA		
54931201		NAZIV PROIZVODA C.IJEVOVOD U DVODNU STR. R-45 1/2-78 D			SASTAVNICA 433	NAZIV DVODNO STROJARNICE - PRAMA						
NACRT 54931201 286538		IZRADIO - SASTAVIO ŠARIĆ -			LIST 1	PRETHODNA SASTAVNICA		SKICA				
RED. BROJ	BROJ SKLAD.	IDENT MATERIJALA	PSFI POZ. MONT.	POZ. IZ NACRTA SEKCIJA	KOLIČINA POZICIJA	JED. MJERE	NAZIV MATERIJALA KARAKTERISTIKE IDENTIA	OPSKRBA MASA	INDEX	KOLIČINA	IZRAĐUJE Ili MONTIRA	
1	8300	10055719	582490	1	1,00	KOM	73 DN 50 L 180	1,0 0	N		2900	
2	8300	5934 10035105	582490	2	1,00	KOM	ERTVA HRN M.C4.110 2,0 50X16XTESNIT BA U .	IZ 2983	N		2900	
3	8300	5934 10035110	582490	3	1,00	KOM	ERTVA HRN M.C4.110 2,0 125X16XTESNI T BA U .	IZ 2984	N		2900	
4	232	3111.1113 10221296	582490	4	4,00	KOM	VIJAK EN ISO 4014 M 16X60 8.8 POC.	N	N		2900	
5	232	3111.1113 10221299	582490	5	8,00	KOM	VIJAK EN ISO 4014 M 16X75 8.8 POC.	N	N		2900	
6	232	312123 10221756	582490	6	12,00	KOM	MATICA EN ISO 4032 M 16 8 POC.	N	N		2900	
7	8300	5934 10035100	722490	42	3,00	KOM	ERTVA HRN M.C4.110 2,0 20X16XTESNIT BA U .	IZ 2984	N		2900	
8	232	3111.1113 10221259	722490	43	12,00	KOM	VIJAK EN ISO 4014 M 12X50 8.8 POC.	N	N		2900	
9	232	312123 10221754	722490	44	12,00	KOM	MATICA EN ISO 4032 M 12 8 POC.	N	N		2900	
10	8300	5934 10035105	804490	45	1,00	KOM	ERTVA HRN M.C4.110 2,0 50X16XTESNIT BA U .	IZ 2983	N		2900	
NAPOMENE - NI - NP				1205		2900		12/10/2009		15/01/2010		
				AKTIVNOST		OPERACIJA		MJ. TROŠKA		POČETAK RADA		ZAVRŠETAK RADA

Slika 3.1 Opis (sastavnica) nacrt = papirna verzija

Fig. 3 Drawing components list – the paper version

3.2. Pozicija – najniži nivo planiranja

Najniži nivo planiranja je pozicija, kolokvijalno zbog lakšeg komuniciranja kroz računalni sustav nazvana ident. Ovisno o nivou nacrt, montažni ili izradbeni, detaljiziraju se i pozicije, te se u popisima prikazuju kao:

JCD – jedinični crtani dio, dio koji se izrađuje prema nacrtu i nosi oznaku **IZ**

SB – brodski standard, dio koji se izrađuje prema važećem standardu i nosi oznaku **IZ**

N - materijal, materijal (izradak) koji se kupuje i nosi oznaku **N**.

Tako, na primjer, jedna cijev koja se sastoji od više elemenata (cijev ravni dio, cijevni luk, prirubnica, ispusni čep i sl.) u montažnom nacrtu se prikazuje kao jedan ident (JCD ili SB), dok u izradbenom nacrtu se detaljizira do materijala od kojeg se izrađuje.

Nacrtima pripadajući popisi se povezuju s planskim aktivnostima (jedna aktivnost više popisa ili jedan popis više aktivnosti). Računalno se vrši distribucija materijala iz skupnog popisa prema aktivnostima.

Prilikom planiranja računalno se sumiraju sva potrebna vremena svih zavisnih događanja u lancu i nastaje planirano vrijeme potrebno za svaku operaciju odnosno aktivnost, slika 4. Iz toga proizlazi i planirano vrijeme prispjeća materijala (15 dana prije početka aktivnosti ili operacije).

N. POPIS	SEK.	AKT.	OPERACIJA	DAT. MAT.	POCETAK	ZAVRSETAK	IZBOR
0	433	2900		27/09/2009	12/10/2009	15/01/2010	
1	2983		8300	20/09/2009	5/10/2009	10/10/2009	-
1	2984		8300	20/09/2009	5/10/2009	10/10/2009	
1	2985		8300	20/09/2009	5/10/2009	10/10/2009	

Slika 4. Prikaz planiranja na nivou aktivnosti i operacija

Fig. 4 Planning at the level of activities and operations

3.3. Radna lista – dokument planiranja utroška resursa

Planska dinamika je ključan podatak za realizaciju određenih aktivnosti. Osim izrade planova na makro razini ovim programom je predviđeno izrada planova i na mikro razini, razini svake pojedine aktivnosti. Dok se planiranje na makro razini koristi u strateškom rukovođenju procesom gradnje broda dotle se planiranje na mikro razini koristi u realnoj proizvodnji. Glavni nosilac planskih informacija na ovoj razini je Radna lista, slika 5.

Izvršenje aktivnosti u određenom vremenu troši određene resurse. Kao poseban dio resursa izdvaja se trošak "živog" rada, utrošak radnih sati koji angažiraju radnu snagu. Radna lista na sebi nosi informaciju o :

- objektu opremanja
- vremenu trajanja aktivnosti
- planskom početku i završetku aktivnosti
- vremenskom utrošku resursa radne snage
- financijskom trošku resursa radne snage

Šifra koncepta	: 100975		
Šifra Radnog Lista	: 948529	Radni nalog	: 22A20244
Šifra proizvoda	: 256792		
Ak1	: 1027 % 100		
Pozicija	:	Greška dorada	:
Naziv proizvoda	: GR. 215 2. PLATFORMA I PREGRADA R. 34/35		
Uputa	:		
Šifra cjenika	: 215	Uzročnik	: Preuzeo od:
Izdao-sastavio	: 29.04.2005.-M.M.		
Broj operacije	: 001	Mjesto --> Troška	: 2200
		Izrade	: 3404
		Šif.oper.:	: 000
Broj radnika	: 01	Norma sati	: 37,00
N.osn:	577,00	N.tur:	78,00
N.prek:		Vrijednost	: 822,360
Planirano		Ostvareno	
		Ostvareni sati	: 35,50
Početak		Završetak	
Početak		Završetak	
04042005	14042005	14052005	18052005
		Dobri	: 001
Poslovođa	: 254698	Oznaka kooperanata	:

Slika 5. Radna lista – elektronička verzija

Fig. 5 Worksheet – electronic version

3.4. Izvještavanje o realizaciji planskih aktivnosti

Programom je predviđeno da izvršitelj dnevno, na nivou planirane pozicije izvještava o završenosti određene operacije u okviru aktivnosti. Izvještavanje se vrši elektronički dnevno za svaku završenu poziciju. Izvršitelj za svaku završenu poziciju unosi oznaku G u za to predviđeno polje i zaključenjem unosa podatak biva dostupan svima u lancu. Računalni program istovremeno upotrebom posebnog algoritma (3.4.1) izračunava postotak gotovosti aktivnosti. Na ovaj način podatak je dostupan dnevno rukovodstvu pogona i hijerarhijskoj strukturi iznad za komentare i intervencije u realizaciju ako se ocjeni da je to nužno. Izvještavanje o gotovosti se za neke aktivnosti (planiranje izrade nacрта i popisa - sastavnice) unosi automatski nakon registracije završetka u sustavu.

Izvještaj se izrađuje, automatski generira iz programa, za dva nivoa rukovođenja. Iscrpan izvještaj sa mogućnošću pregleda istog do nivoa pozicije izrađuje se za srednji rukovodni nivo, slika 6.

```

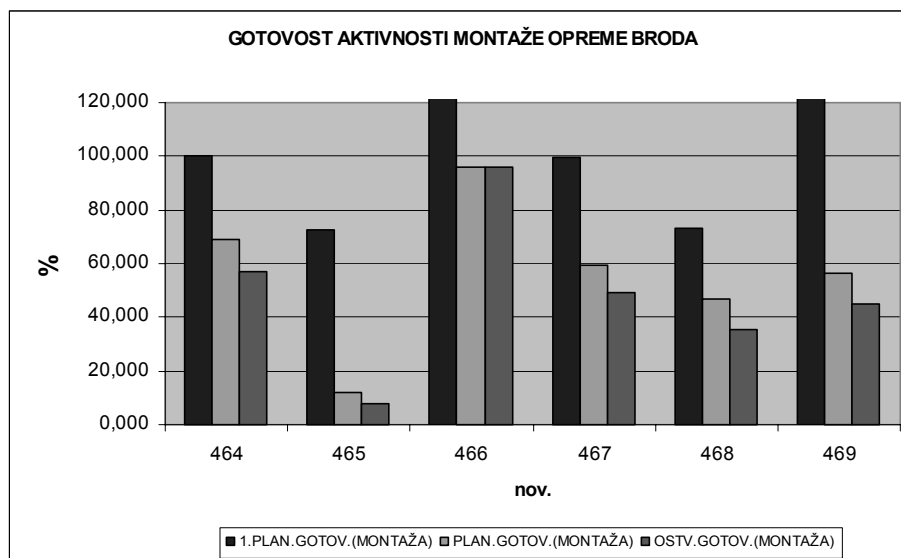
Šifra mape          P L A N I R A N J E
bepmym01          PRAĆENJE GOTOVOSTI AKTIVNOSTI          9/05/2007
                   O D A B I R   A K T I V N O S T I          15:27:54
..... Post.got.na dan: 6/05/2007 .....
Nov: 445 Faza:      Prostor:      Sekcija:      Aktivnost za skok:
MT: 8300 DATUM:    9052007 MJSESEC:    TJEDAN ZAV:    TJEDAN POČ:
I Akt.      Naziv aktivnosti      % Pros.TF Početak      Kraj
2351 Z0*108 MONT.STUBA,LJESTVI,RESETKI I NOGOST 100 108 90 9/03/07 28/05/07
3346 Z0*108 IZR.CJEVNE OPREME ZA HIDRAULIKU KOR 100 108 75 5/02/07 20/05/07
3590 Z0*400 IZR.CJEVOVODA HIDRAULIKE VITALA      75 400 80 17/03/07 20/05/07
3824 Z0*000 IZR.I MONT.NEMAKETIR.CJ.OPR.-INETR 100 000 90 21/04/07 19/06/07
3929 Z0*200 MONT.DALJINSKOG UPRAVLJANJA VENTILI 100 200 90 3/05/07 7/06/07
3949 Z0*200 IZR.I MONT.CJEV.RASHLADNE SLATKE VO 100 200 90 18/04/07 14/06/07
3951 Z0*200 IZR.I MONT.NEMAK.CJ.OPR.-SL.,PITKA 75 200 90 12/04/07 14/06/07
3952 Z0*200 IZR.I MONT.CJEV.ZA GAS.POZARA VOD.M 100 200 90 19/04/07 7/06/07
3953 Z0*200 IZR.I MONT.NEMAKETIR.CJ.OPREME-GORI 100 200 90 14/04/07 14/06/07
3955 Z0*200 IZR.I MONT.NEMAKETIR.CJ.OPREME-KOMP 100 200 90 18/04/07 19/06/07
3956 Z0*200 IZR.I MONT.NEMAK.CJ.OPREME-MAZIVO I 100 200 90 18/04/07 14/06/07
3957 Z0*200 IZR.I MONT.CJEV.PARA I KONDEZATA U 100 200 90 25/04/07 4/06/07
3958 Z0*200 IZR.I MONT.NEMAK.CJ.OPREME-RASHL.MO 100 200 90 25/04/07 14/06/07
.....PF10-Uzrok neizvršenja..... PF1-Novost .....
PF7/PF8 Listanje PF4 Unos datuma PF9 Gotovost ostalih MT PF3 Povratak
PF5 Sve aktivnosti PF6 Nez.akt.do TJ.ZAV. PF2 Skok na akt. ENTER Odabir akt.
    
```

Slika 6. Izvještaj o realizaciji za srednji rukovodni nivo

Fig. 6 Report on activities – for middle level management

Za strateški nivo rukovođenja izrađuje se zbirni izvještaj za sve objekte po postotku završenosti. Izvještaj se izrađuje u dva oblika, zbirno slika 7 i distribucijski po vremenu gradnje za svaki projekt pojedinačno, slika 8. U izvještaju se daje pregled po osnovu 3 stanja:

- osnovni plan, kada je objekt prvi put planiran
- "replan" tijekom gradnje
- trenutno stanje gotovosti u odnosu na osnovni plan.

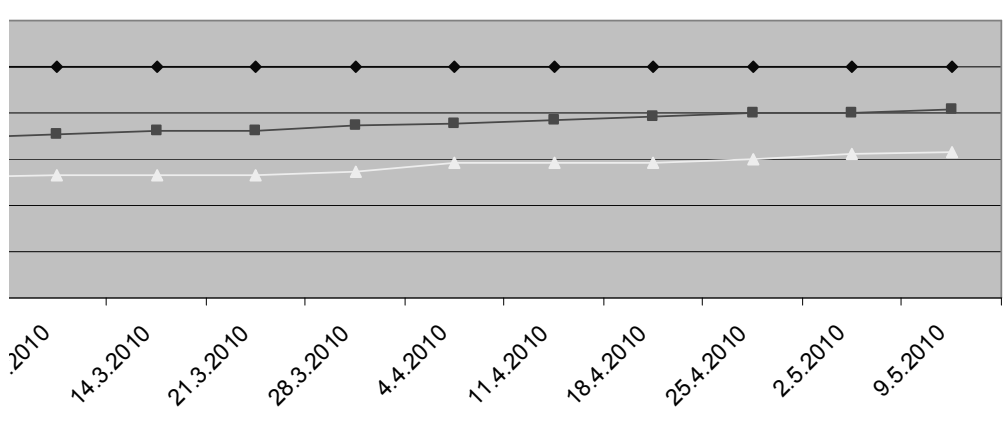


Slika 7. Izvještaj o realizaciji za strateški nivo rukovođenja

Fig. 7 Report on activities – for upper level management

Slika 7 daje histogramski prikaz stanja gotovosti svih projekata koji se u određenom periodu promatraju. Svaki projekt prikazuje se kroz tri stanja. Prvo stanje je osnovni plan, plan koji je postavljen na početku razvoja projekta i u korespondenciji je sa ugovornim rokovima. Drugo stanje je stanje "replaniranja", koje prati poremećaj u realizaciji projekta. Treće stanje je stanje stvarne gotovosti projekta i daje se u postotnoj ovisnosti o osnovnom planu, prvo postavljenom.

Slika 8 predstavlja kontinuirani oblik prikaza realizacije svakog projekta ponaosob. Prikaz se daje na tjednom nivou tako da se na taj način se dobiva "S" krivulja na kojoj je moguće pratiti trend i temeljem toga vršiti određene analize utjecaja procesa na projekt. Isto, kao i kod izvještaja slika 7 krivulje predstavljaju gore opisana tri stanja.



Slika 8. Izvještaj o realizaciji za strateški nivo rukovođenja

Fig. 8 Report on activities – for upper level management

3.4.1. Algoritam za izračun gotovosti

Gotovost se izračunava prema algoritmu:

$$G_p = \frac{\sum (api \times tpi)}{\sum (ap \times tp)} \times 100 (\%)$$

$$G_o = \frac{\sum (aoi \times toi)}{\sum (ap \times tp)} \times 100 (\%)$$

gdje je:

G_p ostvarenje planske gotovosti

G_o ostvarenje gotovosti za izvještajno vrijeme

ap planska aktivnost

api planska aktivnost ili postotak aktivnosti koja treba biti izvršena u izvještajnom vremenu

aoi ostvarena aktivnost ili postotak ostvarenja aktivnosti u izvještajnom vremenu

tp planirano vrijeme za plansko ostvarenje aktivnosti

tpi planirano vrijeme za plansko ostvarenje aktivnosti u izvještajnom vremenu

toi ostvareno vrijeme za izvršenje aktivnosti u izvještajnom vremenu.

4. Primjena programa u praksi

4.1. Aktivnosti na objektu opremanja

Aktivnosti koje se odnose na određeni objekt opremanja dijele se u tri osnovne skupine:

aktivnosti koje imaju nacrt i popis (aktivnosti koje pokrivaju izradu i ugradnju komponenti)

aktivnosti koje imaju samo nacrt (aktivnosti koje obuhvaćaju određene poslove koji nužno ne uključuju materijal ili se materijal naručuje po drugom osnovu (izrada trupa), ispitivanje tlakom, brušenje, i sl.)

aktivnosti koje nemaju ni nacrt ni popis (aktivnosti za čije izvršenje nije potreban ni nacrt ni popis materijala, odnosno nisu striktno vezane za određeni objekt opremanja (predaja konstrukcije, čišćenje, ...)

4.2. Unos informacija u sustav

Poslovanje brodogradilišta je integrirano u zajednički informatički sustav. Svaki segment pripremno – proizvodnog dijela svoje aktivnosti odrađuje sukladno postavljenom organizacijskom ustrojstvu. Sve što nije vezano uz prikazivanje pomoću crteža u sustav se unosi kao informatički zapis. Računalni program iz sustava vuče one podatke koji su potrebni za obradu podataka i servisiranje informacijama koje se traže u programu računalom upravljano procesa gradnje broda. Korisnici programa mogu dopunjavati informacije koje su unijeli u sustav ali ih ne mogu mijenjati.

4.3. Informacije koje se mogu dobiti

Programom je osigurano brzo dobivanje informacija o tome što je sve vezano uz objekt opremanja. Otvaranjem određenog područja u okviru informatičke datoteke za određeni objekt opremanja dobivaju se cjelovite informacije o:

- nacrtima koji su vezani uz objekt opremanja
- pripadajućim popisima materijala
- hodogramu materijala kroz proizvodni sustav sa nositeljima (pod)aktivnosti
- odnosno operacija
- planskim rokovima realizacije
- stanju realizacije u prethodnim segmentima proizvodnje.

Do svih podataka se dolazi kaskadnim propadanjem do željenog nivoa. U program su ugrađeni prečaci tako da nije potrebno prolaziti cijeli put nego se ciljano ide na nivo na kojem se nalazi tražena informacija.

5. Nadogradnja programa

Na program se naslanjaju aktivnosti:

- planiranje izrade dokumentacije
- planiranje nabave materijala
- planiranje i praćenja proizvodnje,
- ažuriranja glavnog plana gradnje broda
- doprema materijala na mjesto rada
- kontrola budžeta pojedinih "Troškovnih centara odgovornosti".

6. Zaključak

Uvođenjem računalom potpomognutog upravljanja procesom gradnje broda postigla se je obostrana protočnost informacija ka i od korisnika, na načina da su se otklonile neuralgične točke komuniciranja sustavom dopreme informacija kurirskom službom i mogućnošću lutanja u pronalaženju adresanta. Brzina raspolaganja informacijama omogućava promptno djelovanje na kritičnom putu kako bi se postigao što protočniji proces a samim time omogućilo održavanje rokova uz kontrolu resursa.

LITERATURA

- [1] Brodosplit: Poslovnik strategije gradnje broda, 2003.
- [2] F. Bosančić: Prijedlog informatičkog praćenja proizvodnje, izvještaj za Stručni Kolegij, Brodosplit 2005. god.
- [3] Brodosplit: Tehnička dokumentacija
- [4] J. Palaversić: Aktivnosti i operacije, Brodosplit interno 2002. god.
- [5] Mladen Petrašić: Blok dijagrami upravljanja procesom, Brodosplit interno 2005. god.

O UPRAVLJANJE OSTVARENOM VRIJEDNOSTI NA PROJEKTU IZGRADNJE BRODA

Sažetak

Upravljanje ostvarenom vrijednosti (engl. EVM - Earned Value Management) je metoda za mjerenje napredovanja odnosno učinkovitosti odvijanja nekog projekta. Predstavlja tehniku upravljanja projektom koja zahtijeva izradu temeljnog plana u kojem je obuhvaćen opseg, trošak i vremenski raspored. EVM metoda daje odgovore na pet osnovnih pitanja koja se postavljaju za cijelo vrijeme životnog ciklusa projekta: "Koliko posla je trebalo odraditi?", "Koliko posla je odrađeno?", "Koliko je odrađeni posao koštao?", "Koliko je predviđeno da ukupni posao košta?" i "Koliko je trenutna procjena da će posao koštati?".

U Brodosplit-Brodogradilištu d.o.o., u svrhu mjerenja napredovanja izgradnje brodova, pokrenut je projekt primjene EVM metode. U radu su iznesene osnove EVM metode te pregled rada na spomenutom projektu.

Ključne riječi: EVM, izgradnja broda, projekt, mjerenje ostvarenja

EARNED VALUE MANAGEMENT IN SHIP BUILDING PROJECT

Summary

Earned Value Management (EVM) is the method for measuring the project progress or performance efficiency. It is a project management technique that requires the formation of a baseline that integrates project scope, cost and schedule. EVM method gives the answers on five basic questions raised through the whole project lifecycle: "How much work should be done?", "How much work was completed?", "How much did the work cost?", "How much is the job supposed to cost?" and "What is the job estimated cost at the moment?".

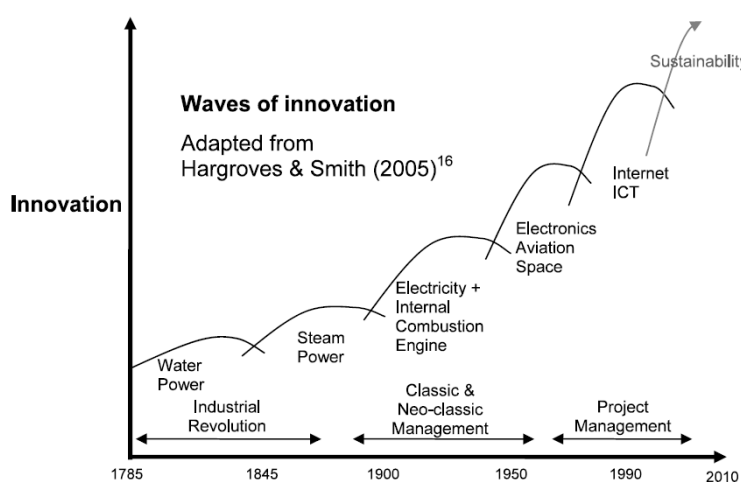
The shipyard Brodosplit-Brodogradilište d.o.o., for the purpose of measuring the ship building progress, launched the project of EVM method application. In this paper there are basics of EVM method and overview of work on above mentioned project.

Key words: EVM, ship building, project, performance measuring

1. Uvod

Kada se govori o povijesti upravljanja projektima spominju se egipatske piramide (oko 2500 godina p.n.e), strategija i planiranje ratovanja koje je opisao kineski filozof Sun Tzu (oko 500 godina p.n.e.), izgradnja dugih zidova Atene koje je vodio starogrčki arhitekt Callicrates (oko 450 g. p.n.e.), izgradnja Koloseuma u Rimu (prvo stoljeće) itd. Međutim općenito je prihvaćeno da je ono što se stvarno može nazvati modernim upravljanjem projektom nastalo sredinom dvadesetog stoljeća [1].

Znanost vezana uz upravljanje projektom evoluirala je kroz 19. i 20. stoljeće u skladu sa "valovima" inovacija u poslovanju i društvu koje su prethodile ili su se usporedno razvijale sa industrijskim napretkom [2]. Slika 1 prikazuje razvoj inovacija u poslovanju i društvu kroz vrijeme. Moderno upravljanje projektima koristi mnoge ideje i tehnike razvijene kroz opće upravljačke koncepte i iskustva.



Slika 1. Inovacije i upravljanje kroz vrijeme

Fig. 1 Innovations and management trough the time

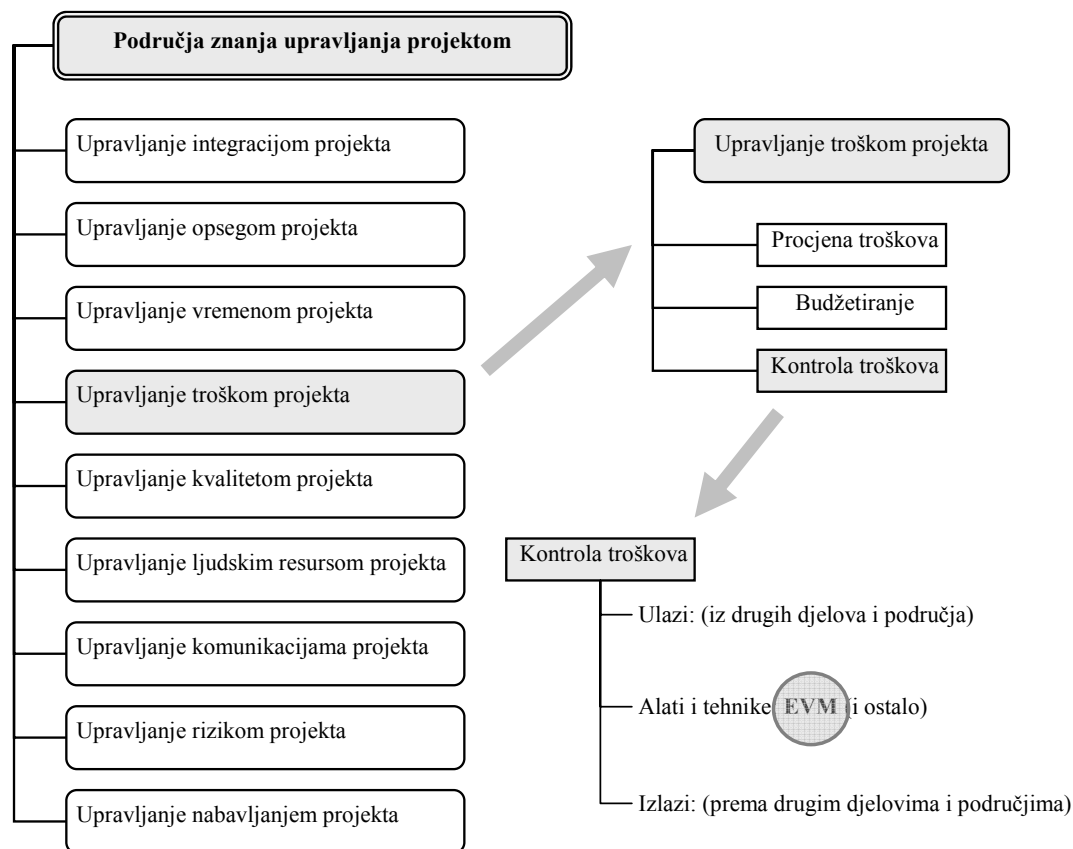
Razvojem znanosti vezane uz upravljanje projektom organizirala su se i razvijala društva i instituti za upravljanje projektom. Danas su najznačajniji IPMA (International Project Management Association) i PMI (Project Management Institute). Ujedno se razvila potreba za novim zanimanjem voditelj projekta (engl. Project Manager) koje osim obrazovanja podrazumijeva mnogo prakse te drugih upravljačkih vještina (komunikacija, pregovaranje itd.).

1. Metoda EVM

Znanja potrebna za vođenje nekog projekta mogu se podijeliti u devet područja upravljanja projektom (integracija, opseg, vrijeme, trošak, kvaliteta, ljudski resurs, komunikacija, rizik, nabavljanje) [3]. Područje znanja o upravljanju troškom projekta sadrži procese koji su uključeni u procjenjivanje, budžetiranje i kontroliranje troškova na način da se projekt dovrši unutar odobrenog budžeta i predviđenog vremena. Općenito postavljena logika je da procesi uključeni u nekom području znanja trebaju kao ulaz proizvode iz jednih područja znanja upravljanja projektom da bi se pomoću alata i tehnika dobilo proizvode kao izlaze, za korištenje u drugim područjima. Ovo vrijedi i za procese vezane uz kontrolu troškova na projektu.

Kao najbolja tehnika kontrole troškova u praksi pokazala se metoda pod nazivom Upravljanje ostvarenom vrijednosti (engl. EVM - Earned Value Management). Slika 2

prikazuje devet područja znanja upravljanja projektom, procese povezane sa upravljanjem troškom projekta te poziciju EVM metode u kontroli troškova.



Slika 2. Područja znanja upravljanja projektom, upravljanje troškom projekta, kontrola troškova, EVM

Fig. 2 Project management body of knowledge, project cost management, costs controls, EVM

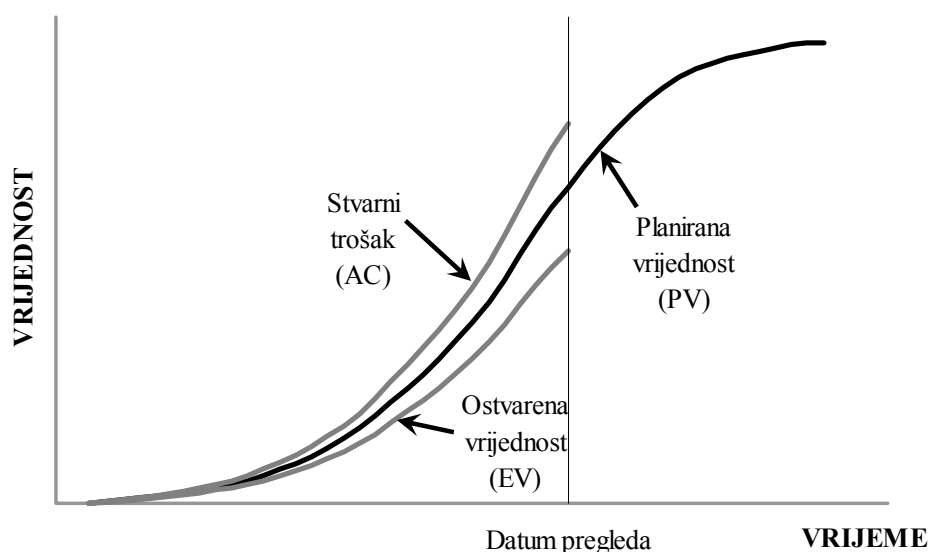
EVM je metoda za mjerenje napredovanja nekog projekta odnosno za mjerenje učinkovitosti njegovog odvijanja. U njoj su integrirana mjerila za opseg, trošak i vremenski raspored koja pomažu pri određivanju trenutnog stanja. Predstavlja tehniku upravljanja koja zahtijeva uspostavu temeljnog plana pomoću kojeg se mjere izvršenja. Za cijelo vrijeme trajanja projekta kontinuirano se prate tri osnovne dimenzije:

Planirana vrijednost. Planirana vrijednost (engl. PV - Planned Value) predstavlja odobreni budžet koji se određuje za svaki dio projekta. Kumulativ svih djelova projekta predstavlja ukupni odobreni budžet.

Ostvarena vrijednost. Ostvarena vrijednost (engl. EV - Earned Value) je iznos izvršenog posla sukladno uvjetima odobrenog budžeta. Mjeri se za svaki dio projekta. Kumulativ ostvarene vrijednosti svih dijelova projekta koristi se u svrhu određivanja stanja cijelog projekta. Odnos spomenutog kumulativa i odobrenog budžeta često se upotrebljava kao prikaz postotne gotovosti projekta. Ostvarena vrijednost na kraju projekta uvijek je jednaka planiranoj vrijednosti.

Stvarni trošak. Stvarni trošak (engl. AC - Actual Cost) je ukupni trošak nekog dijela projekta angažiran i zapisan za ostvareni dio posla, odnosno ukupni trošak za dovršenje onog što je izmjereno ostvarenom vrijednošću. Po završetku projekta ostvareni trošak može biti manji, jednak ili veći od planirane vrijednosti.

Slika 3 prikazuje kumulativne planirane i ostvarene vrijednosti te ostvarenog troška u dijagramu vrijeme-vrijednost.



Slika 3. Ostvarena vrijednost, planirana vrijednost i stvarni trošak

Fig. 3 Earned Value, Planned Value and Actual Cost

Pomoću spomenute tri osnovne dimenzije (PV, EV i AC) izračunavaju se pokazatelji napredovanja projekta kao što su indeks održavanja rasporeda (engl. SPI - Schedule Performance Index), indeks održavanja troška (engl. CPI - Cost Performance Index), vremensko odstupanje (engl. SV - Schedule Variance) i odstupanje troška (engl. CV - Cost Variance) itd. Korištenjem pokazatelja vrše se procjene kao što su predviđanje ukupnog troška (Procjena na završetku, engl. EAC - Estimate at Completion) te pokazatelj potrebne angažmana na projektu (Indeks učinkovitosti do završetka; engl. TCPI - To-Complete Performance Index) projekta. Pomoću tehnika i alata iz drugih područja znanja upravljanja projektom te na osnovu pokazatelja i procjena vrše se predviđanja načina razvoja projekta.

U osnovi, EVM metoda u svakom promatranom trenutku životnog ciklusa nekog projekta daje odgovore na pet osnovnih pitanja (Tablica 1).

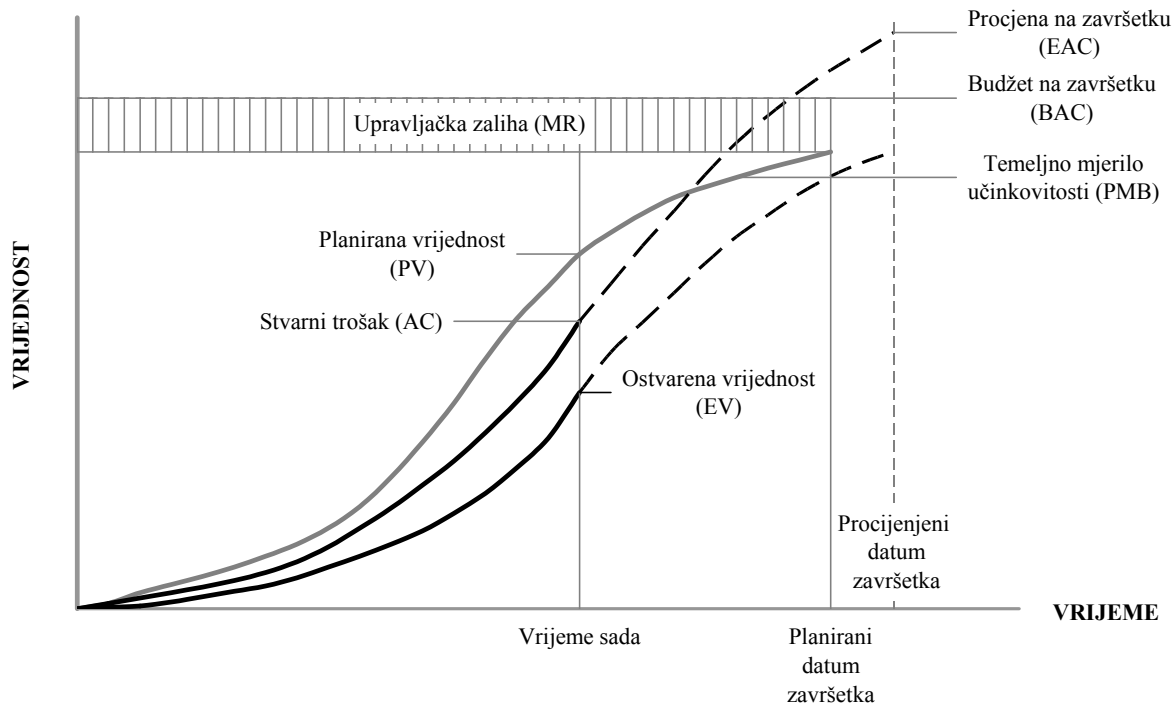
Tablica 1. Pet osnovnih pitanja i odgovora za vrijeme životnog ciklusa projekta

Table 1 Five basic questions and answers during the project life cycle

Pitanje	Odgovor
Koliko posla je trebalo odraditi?	Planirana vrijednost (PV)
Koliko posla je odradeno?	Ostvarena vrijednost (EV)
Koliko je odradeni posao koštao?	Stvarni trošak (AC)
Koliko je predviđeno da ukupni posao košta?	Budžet na završetku (BAC)
Kolika je trenutna procjena da će posao koštati?	Procjena na završetku (EAC)

Slika 4 je dijagramski prikaz mjerenja učinkovitosti na nekom projektu korištenjem EVM metode. Lijevo od linije "Vrijeme sada" prikazane su linije kumulativa vrijednosti prethodnih planova, dostignutih ostvarenja i stvarnih troškova. Na spomenutoj liniji prikazane

su trenutne vrijednosti (PV, EV, AC). Desno od spomenute linije prikazan je temeljni plan za mjerenje učinkovitosti (PMB - Performance Measurement Baseline), odobreni budžet za projekt (BAC - Budget at Completion), planirani datum završetka, trenutno procijenjeni datum završetka, trenutno procijenjeni budžet na završetku projekta (EAC - Estimate at Completion). Iznos upravljačke zaliha (MR - Management Reserve) ukoliko postoji, koristi se za ublažavanje utjecaja rizika na projekt.



Slika 4. Mjerenje učinkovitosti i predviđanje

Fig. 4 Performance measurement and forecasting

2. Uvođenje EVM u Brodosplit

Kao podrška upravljanju, u Brodosplit-Brodogradilištu pokrenut je projekt sa ciljem uvođenja EVM metode. S obzirom da se radi o zahtjevnom zadatku, projekt je podijeljen u dva dijela: a) projekt "GPG - Glavni plan gradnje" i b) projekt "PONI - Izveštaj o planiranom, odrađenom i ostvarenom novcu". U nastavku je prikazano za koji je dio životnog ciklusa izgradnje nekog broda u Brodosplitu predviđena primjena EVM metode te kratki opisi projekata GPG i PONI.

2.1. Područje primjene EVM metode

Životni ciklus svakog projekta omeđen je početkom i krajem, što se može primjeniti i na projekt izgradnje nekog broda. Njegov životni ciklus može se prikazati kroz četiri faze omeđene karakterističnim događajima gdje završetak jedne faze predstavlja ujedno i početak slijedeće faze. U nastavku je kratki opis faza.

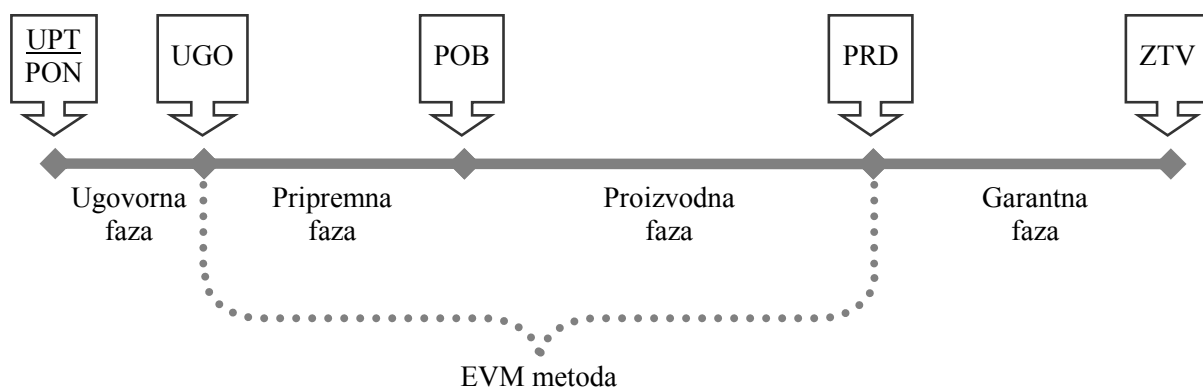
Ugovorna faza. Ugovorna faza omeđena je slanjem ponude (PON) ili zaprimanjem upita (UPT) za gradnju broda, što predstavlja početak životnog ciklusa projekta izgradnje broda te potpisom ugovora (UGO) o izgradnji broda. Najznačajniji proizvod ove faze je ugovor o izgradnji sa pripadajućom dokumentacijom.

Pripremna faza. Pripremna faza omeđena je potpisom ugovora o izgradnji broda (UGO) i početkom obrade crne metalurgije (POB). Najznačajniji proizvodi ove faze su različite vrste dokumentacije (projektna, radionička, tehnološka, planska, nabavna, sigurnosna itd.).

Proizvodna faza. Proizvodna faza omeđena je početkom obrade crne metalurgije (POB) i isporukom broda kupcu (PRD). Najznačajniji proizvod ove faze je izgrađen brod sukladan važećoj ugovornoj dokumentaciji.

Garantna faza. Garantna faza omeđena je isporukom broda kupcu (PRD) i zatvaranjem garantnog perioda broda (ZTV) što predstavlja završetak životnog ciklusa projekta izgradnje broda u Brodogradilištu. Najznačajniji proizvodi ove faze su različite vrste zaključnih dokumenata (pravni, financijski itd.).

EVM metoda se koristi za dio životnog ciklusa izgradnje broda od potpisivanja ugovora o izgradnji do isporuke broda kupcu odnosno za pripremnu i proizvodnu fazu (EVM metoda se može koristiti i za ugovornu i garantnu fazu). Slika 5 shematski prikazuje životni ciklus projekta izgradnje broda podijeljen u četiri faze omeđene karakterističnim događajima te dio za koji je predviđena upotreba EVM metode u Brodosplitu.



Slika 5. Faze životnog ciklusa projekta izgradnje broda sa područjem primjene EVM metode

Fig. 5 Application area for EVM method in ship building project life cycle

2.2. Projekt GPG

Planiranje se dijeli na strateško, taktičko i operativno. Na jednak način se dijeli planiranje izgradnje broda, odnosno može se reći da se ono provodi na različitim nivoima koji zahtijevaju različita znanja, vještine, iskustvo, podatke, informacije, tehnike i alate. Proizvodi spomenutih nivoa su razni planovi koji sadrže različitu količinu detalja o poslovima koje je potrebno obaviti da bi se izgradio neki brod. Slika 6 prikazuje nivoe planiranja te poziciju proizvoda projekta GPG. Osjenčanje predstavlja količinu detalja, a strelica razmjenu podataka i informacija između nivoa planiranja.



Slika 6. Nivoi planiranja izgradnje broda

Fig. 6 Ship building planning levels

Cilj projekta GPG je bio izgraditi sustav planiranja i izvještavanja o ostvarenjima poslova potrebnih za izgradnju nekog broda bez obzira na tip broda. Osnovna ideja vodilja je bila da se svaki tip broda može opisati jednakim karakterističnim poslovima ukoliko se promatra do određenog nivoa detalja. Svaki tip brod zahtijeva razne poslove koji se po svojoj naravi mogu grupirati. Na primjer, za izgradnju nekog broda potrebno je izraditi plan ili planove rada, zatim projektne dokumente, nabaviti materijal, obraditi crnu metalurgiju, zatim izgraditi, opremiti, obojati i ispitati brod te ga isporučiti kupcu. Spomenuto predstavlja karakteristične grupe poslova koji se mogu podijeliti na manje logične cjeline. Na primjer, grupi poslova vezanih uz izradu dokumentacije pripadaju poslovi izrade projektne dokumentacije, odobrenje iste te izrada radioničke dokumentacije. Na ovaj način izrađen je popis karakterističnih logičnih cjelina, odnosno poslova koje treba odraditi da bi se izgradio brod. Ti poslovi mogu biti ili događaji (npr. Potpis ugovora, Početak obrade crne metalurgije) ili aktivnosti (npr. Izrada plana dizanja sekcija na navoz, Izrada projektne dokumentacije trupa).

Tijekom izrade popisa karakterističnih poslova za opisivanje izgradnje nekog broda poštovana su stečena znanja, tradicija, iskustvo, logika gradnje brodova, uvriježene dobre navike, postojeća pravila i propisi, te postojeći sustavi i informatička rješenja. Unaprijed su postavljeni kriteriji za određivanje koji posao je sastavni dio karakterističnih poslova i to:

Standardnost. Događaj ili aktivnost treba biti primjenjiv za svaki tip broda.

Mjerljivost. Događaj ili aktivnost treba moći mjeriti nekom vrstom mjerila (npr. količina dokumenata, količina sekcija ili blokova, itd.).

Zavisnost. Svaki događaj ili aktivnost treba biti u zavisnosti sa jednim ili više drugih događaja ili aktivnosti (npr. izrada sekcije slijedi nakon obrade grupe kojoj pripada).

Značajnost. Događaj ili aktivnost treba biti od značaja za gradnju broda, odnosno treba bitno utjecati na neki drugi događaj ili aktivnost.

Prepoznatljivost. Događaj ili aktivnost treba biti moguće jednostavno i jednoznačno prepoznati od strane zaposlenih u brodogradilištu.

Poštivanjem navedenog izrađen je standard planiranja čiji je proizvod dokument pod nazivom Glavni plan gradnje (GPG). Sadrži ukupno 100 stavki od kojih je 88 događaja ili aktivnosti, 11 nadaktivnosti te jedna zbirna nadaktivnost za cijeli brod. Svaki događaj ili aktivnost predstavlja jedan ili više poslova (niži nivo) po kojima se brodovi pa tako i planovi

razlikuju. Pomoću njih se mjeri napredovanje izgradnje broda. Ujedno je izgrađen sustav izvještavanja na temelju spomenutog dokumenta. Izvještaji se izrađuju jednom tjedno za svaki brod te sadrže tablični i gantogramski prikaz.

Slika 7 prikazuje primjer izgleda GPG izvještaja za neki izmišljeni brod. U tabličnom dijelu su karakteristični poslovi sa oznakom (WBS - Work Breakdown Structure), nositeljem te postotkom gotovosti. U gantogramskom dijelu prikazan je raspored u vremenu karakterističnih poslova sa grafičkim prikazom gotovosti i datumom pregleda. U prvom retku (oznaka WBS-a "0") prikazana je ukupna gotovost broda do datuma pregleda.

U nastavku je pregled spomenutih 11 nadaktivnosti s kratkim opisom karakterističnih poslova sadržanih u njima.

Glavne faze broda. Sadrži bitne događaje od potpisa ugovora do isporuke broda kupcu (npr. Potpis ugovora, Stupanje ugovora na snagu, Narudžba crne metalurgije, Polaganje kobilice itd.).

Pripremni radovi. Sadrži poslove potrebne za ugovaranje broda, izradu dokumentacije, narudžbu materijala (npr. Definiranje tehničkog opisa, Osnovni projektni dokumenti, Osnovni tehnološki dokumenti itd.).

Planiranje. Sadrži poslove planiranja koji su podloga mjesečnim planovima (npr. Glavni plan gradnje, Plan dizanja sekcija na navoz itd.).

"A" i "ZM" materijal. Sadrži poslove potrebne za ugovaranje glavne opreme i uređaja broda te veće količine opreme (npr. Ispuštanje upita za opremu i uređaje, Odobrenje dobavljača od strane kupca itd.).

Dokumentacija. Sadrži poslove izrade i odobrenja projektnih dokumenata te poslove izrade radioničke dokumentacije (npr. Projektna dokumentacija trupa, Odobrenje projektne dokumentacije skupine 2, Radionička dokumentacija stupnja opremanja 5 itd.).

Materijal. Sadrži poslove potrebne za nabavljanje materijala koji nisu u skupini "A" i "ZM" te pristizanje cjelokupnog materijala (npr. Narudžba i ugovaranje crne metalurgije, Potpisivanje ugovora za glavni motor, Pristizanje materijala za stupanj opremanja 2 itd.).

Izrada trupa. Sadrži poslove koji se odnose na izgradnju trupa broda (npr. Obrada crne metalurgije, Izrada sekcija i blokova itd.).

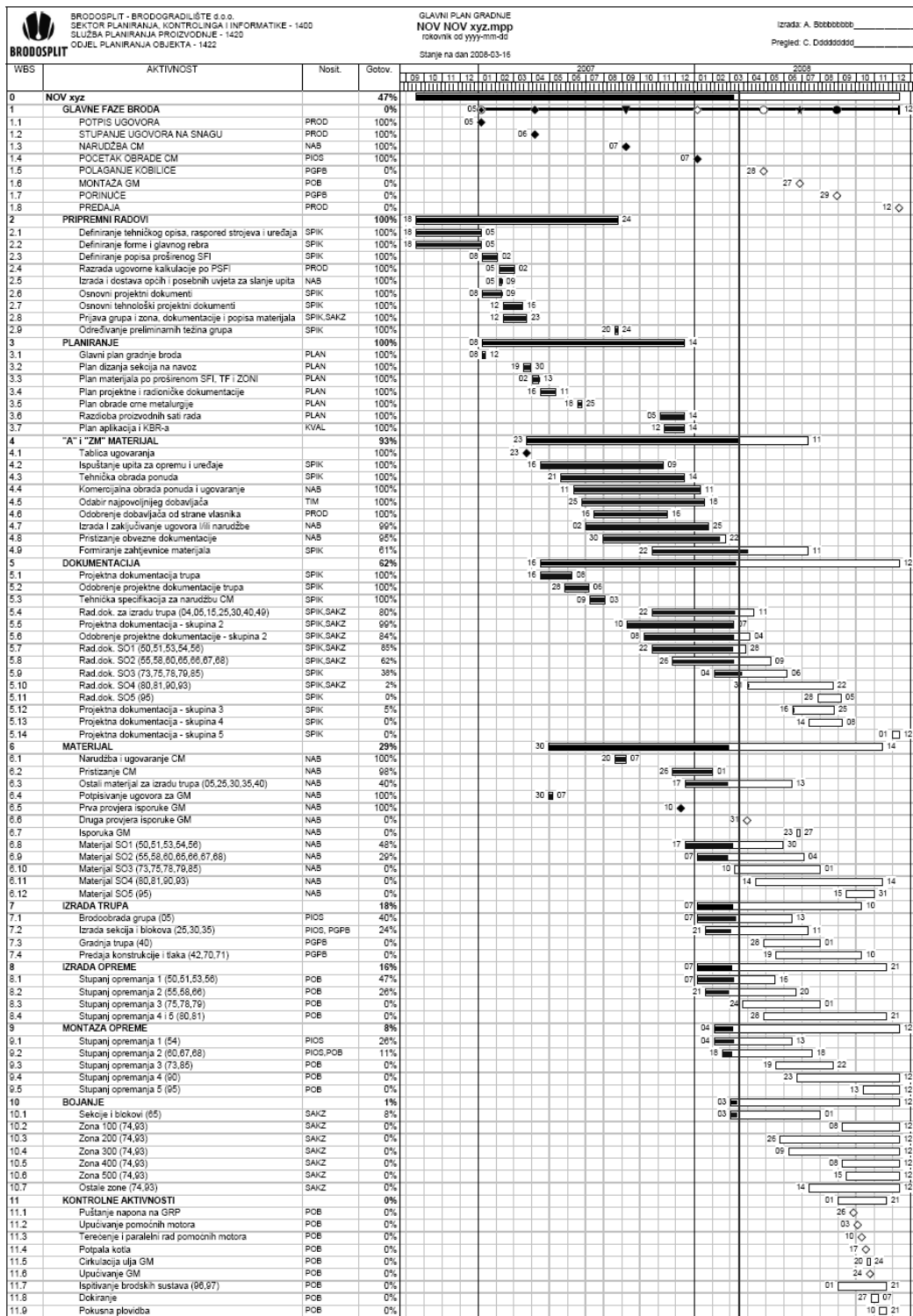
Izrada opreme. Sadrži poslove vezane uz izradu opreme različitih stupnjeva opremanja (npr. Izrada opreme za stupanj opremanja 3, itd.).

Montaža opreme. Sadrži poslove montaže opreme različitih stupnjeva opremanja (npr. Montaža opreme za stupanj opremanja 4, itd.).

Bojanje. Sadrži poslove bojanja sekcija, blokova ili dijelova broda (npr. Bojanje sekcija i blokova, Bojanje zone 300 itd.).

Kontrolne aktivnosti. Sadrži karakteristične kontrolne događaje (npr. Puštanje napona na glavnu razvodnu ploču), razna ispitivanja te dokiranje broda.

Projekt GPG je u cijelosti završen te se njegovi proizvodi koriste za sve brodove koji se grade u brodogradilištu.



Slika 7. Primjer izvještaja GPG

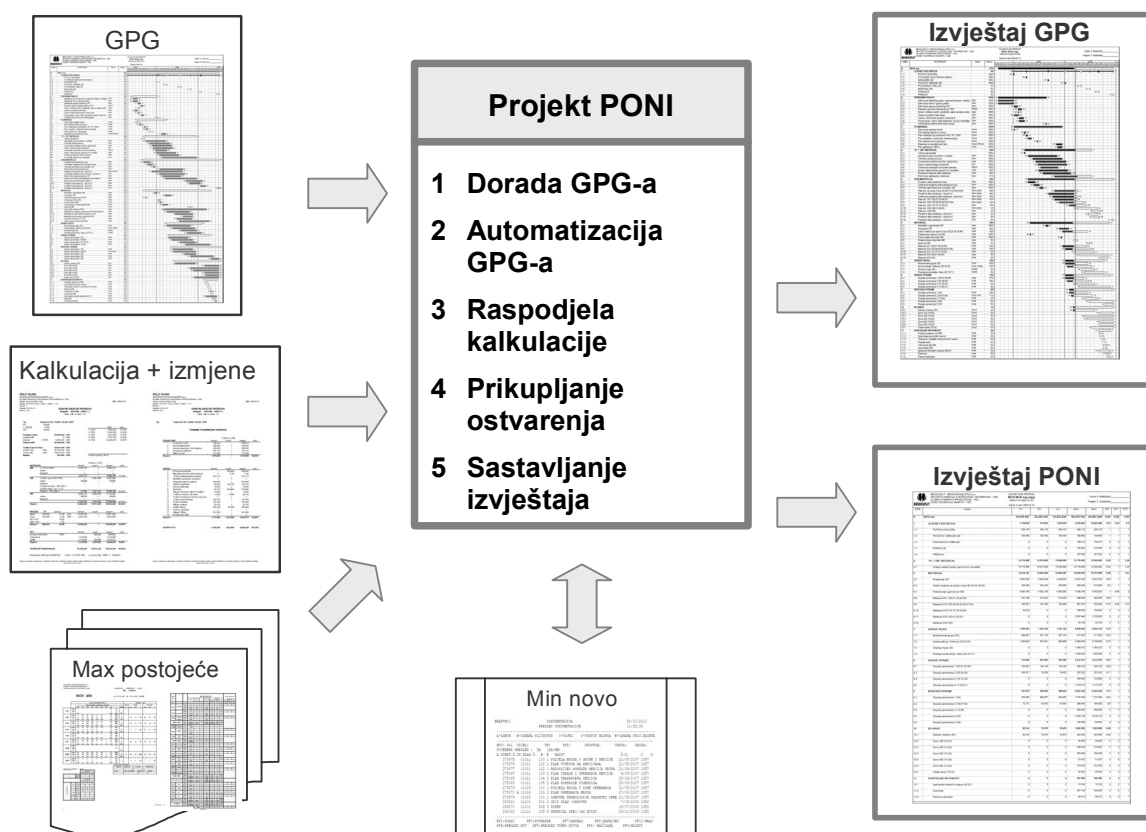
Fig. 7 GPG report sample

2.3. Projekt PONI

Završetkom projekta GPG stvoreni su uvjeti za pokretanje projekta PONI. Cilj ovog projekta je izgraditi sustav izvještavanja korištenjem EVM metode. S obzirom da je potrebno obrađivati veliku količinu podataka u kratkom vremenu, sama po sebi se nametnula potreba

izgradnje sustava podržanog centralnim informatičkim sustavom brodogradilišta (IS). Projekt je podijeljen u pet faza koje se odvijaju jedna za drugom. Planiranje rada na projektu je po sustavu "kotrljajućih valova" (engl. Rolling Wave Planning) [4] odnosno planiranje svake faze zasebno.

Slika 8 prikazuje faze projekta PONI sa njihovim potrebama (ulazi) i proizvodima (izlazi). Ulazi su proizvodi projekta GPG, kalkulacije sa odobrenim izmjenama te postojeće i novoizrađene informatičke aplikacije. Proizvodi su automatizirani GPG i PONI izvještaji. Na projektu se vodi računa o korištenju postojećih načina prikupljanja podataka u što je moguće većem obimu zbog smanjenja utjecaja rizika programerskih grešaka.



Slika 8. Faze, potrebe i proizvodi projekta PONI

Fig. 8 Phases, needs and products of project PONI

Projekt PONI je u tijeku. Neke faze su završene, a na nekima se trenutno radi. U nastavku se daje kratki opis pet faza projekta PONI.

Dorada GPG-a. Tijekom korištenja izvještaja GPG nastalo je nekoliko prijedloga za unapređenje. Za vrijeme rada na ovoj fazi sabrani su i kritički sagledani spomenuti prijedlozi te je izvršena priprema izgradnje potpuno automatiziranog sustava izrade GPG izvještaja.

Automatizacija GPG-a. U ovoj fazi je izgrađen sustav prikupljanja, skladištenja i obrade potrebnih podataka za GPG izvještaje. Ujedno je izgrađen sustav izrade i distribucije izvještaja korištenjem centralnog informatičkog sustava brodogradilišta.

Raspodjela kalkulacije. U ovoj fazi je osmišljena logika i način raspoređivanja važećih kalkulativnih grupa prema stavkama GPG-a.

Prikupljanje ostvarenja. U ovoj fazi se izgrađuje informatički sustav koji će biti podloga za izradu konačnih izvještaja, koji sadrži sustav obrade raznih podataka da bi se za stavke GPG-a koje sadrže dijelove ili cijele kalkulativne grupe, izračunali novčani iznosi za PV, EV, AC, BAC i EAC.

Sastavljanje izvještaja. U ovoj fazi treba osmisлити sadržaj i izgled izvještaja te izgraditi sustave izrade i distribucije izvještaja zainteresiranim stranama u brodogradilištu.

3. Zaključak

EVM metoda se danas upotrebljava kod upravljanja svim vrstama projekata (vojni, građevinski, informatički, farmaceutski, ekonomski, društveni itd.) bez obzira na njihovu veličinu. Može se reći da nema područja ljudskog djelovanja gdje se ne primjenjuje ili se ne može primijeniti. Zašto baš EVM metoda? Zato jer je to metoda koja se u praksi pokazala kao najbolja za praćenje napretka većine projekata integrirajući opseg, troškove i vremenski raspored.

Dokument sa smjernicama za jednoznačno upravljanje velikim vojnim projektima vezanim uz mornaricu te zračnu i kopnenu vojsku izdan 1965. godine od strane Ministarstva obrane Sjedinjenih Američkih Država smatra se začetkom EVM metode. Primjenom i razvojem spomenutih smjernica koje su kasnije prihvaćene i od ostalih industrija, EVM je prerasla iz metode u sustav upravljanja. U lipnju 1998. godine, američki Savez elektronske industrije (EIA - Electronic Industries Alliance) u suradnji sa američkim Industrijskim udruženjem za nacionalnu obranu (NDIA - National Defense Industrial Association) izradio je standard ANSI/EIA-748-98 pod nazivom "Sustavi upravljanja ostvarenom vrijednosti" (EVMS - Earned Value Management Systems) koji je priznat od Američkog nacionalnog instituta za standarde (ANSI - American National Standards Institut). Potporu izradi standarda dali su Udruženje svemirske industrije (Aerospace Industries Association), Udruženje američke brodogradnje (American Shipbuilding Association), Vijeće brodograditelja Amerike (Shipbuilders Council of America), Udruženje za upravljanje učinkovitošću (Performance Management Association, današnji Koledž za upravljanje učinkovitošću - College of Performance Management) i Institut uz upravljanje projektom (Project Management Institute). Današnja inačica standarda je ANSI/EIA-748-B.

Spomenuti standard su smjernice koje sadržavaju najbolju dokazanu poslovnu praksu za sustave upravljanja projektom ili programom, kako bi se osigurala što je moguće veća korist od procesa planiranja i kontroliranja. EVMS omogućava dobre osnove za identifikaciju problema, poduzimanje popravnih radnji te prema potrebi replaniranje.

LITERATURA

- [1] A. Stretton: "A Short History of Modern project Management", PM World Today eJournal, October 2007 Vol. IX, Issue X, Second Edition.
- [2] P. Weaver: "The Origins of Modern Project Management", Mosaic Project Services Ply Ltd, December 2007.
- [3] Project Management Institute: "The Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) - Fourth Edition", Project Management Institute, Inc., 2008, strana 179-188.
- [4] Project Management Institute: "The Practice Standard for Scheduling", Project Management Institute, Inc.; 2007, strana 15.

TEHNOLOGIJA GRADNJE BRODA ZA PRIJEVOZ SPECIJALNIH TERETA

Sažetak

Tehnologija gradnje broda za prijevoz specijalnih tereta, koja će se razmatrati u ovom članku, poglavito izrada i ugradnja tankova tereta i ostale specijalne opreme na brodu, predstavlja veliki izazov za brodogradilište. Posebnost ovog projekta bila bi izrada dijela specijalne opreme unutar brodogradilišta, na terenu opremnih obala i dijelom u radionicama.

Osim razrade tehnologije gradnje trupa broda, razradit će se i tehnologija izrade i ugradnje dijela specijalne opreme koja se ugrađuje na brod. Kronološki je dan prikaz analize problema i varijante rješenja zadataka koje su temeljito razmatrane.

Ključne riječi: brod, specijalan teret, opremanje

BUILDING TECHNOLOGY OF THE SHIP FOR SPECIAL CARGO TRANSPORTATION

Summary

Building technology of the ship for special cargo transportation, which will be considered in this article, especially the production and installation of cargo tanks and other specialized equipment on board, represents a major challenge for the shipyard. The particularity of this project is the development of specialized equipment within the shipyard, on the shipyard outfitting area and partly in the workshops.

In addition to the development of building technologies of the hull, will be explained designing technology and installation of specialized equipment integrated on the ship. Chronologically presents an analysis of problems and alternatives for the task, which were thoroughly discussed.

Key words: ship, special cargo, outfitting

1. Uvod

Brod je namjenjen je za prijevoz rashlađenog narančinog soka i koncentrata narančinog soka. U hladnim skladištima tereta smješteni su tankovi tereta izrađeni iz nehrđajućeg duplex čelika. Zahvaljujući svojim tehničkim osobinama duplex čelici su otporni na djelovanje korozije a upotrebljavaju se gotovo u pravilu u kemijskoj i prehrambenoj industriji.

1.1. Glavne značajke broda

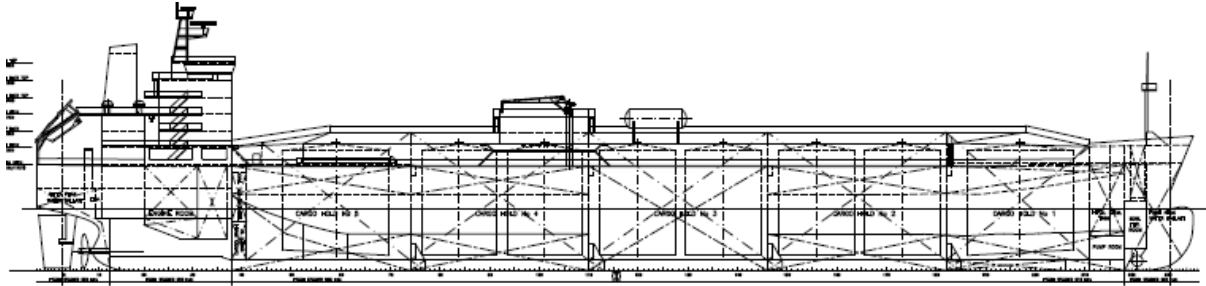


Fig.1 Longitudinal section - GA

Slika 1. Uzdužni presjek broda – Opći plan

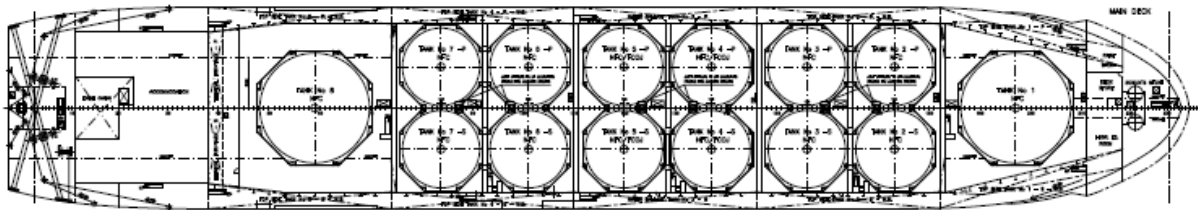


Fig.2 Main deck level - GA

Slika 2. Presjek na glavnoj palubi

1.2. Tehnički podaci

Table 1. Main particulars

Tablica 1. Osnovne značajke broda

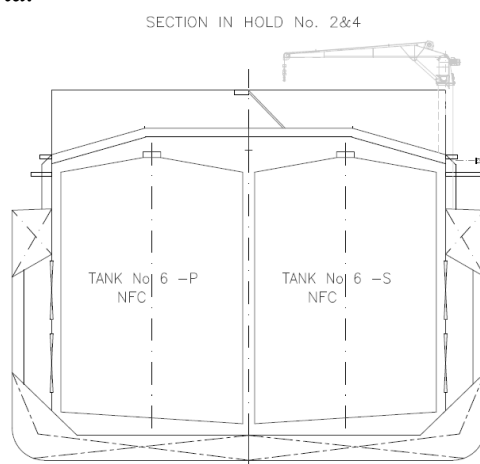
Duljina preko svega	189,90m
Duljina između okomica	182,00m
Širina	32,24m
Visina do glavne palube	17,10m
Gaz broda	9,70m
Nosivost	33 400/35 750t
Brzina	15,00 čv
Neto težina čelika trupa (prelim.)	9200t

Table 2. Classification**Tablica 2.** Klasifikacija

Klasifikacijska ustanova	Bureau Veritas
Zastava	Liberia
Nacionalne vlasti	Liberia

1.3. Tehničke specifičnosti broda

Brod i oprema bit će u mogućnosti prevoziti rashlađeni narančin sok (NFC) na temperaturi -1 C i koncentrat narančinog soka (FCOJ) na temperaturi -10 C u tankovima tereta.

**Fig.3.** Section in hold 2&4**Slika 3.** Presjek u skladištu 2&4

U području skladišta brod je izveden s dvodnom, uzvojnim (hoper) tankovima, dvobocima i potpalubnim bočnim tankovima. Tankovi u dvodnu, uzvojnim i potpalubnim bočnim tankovima te dvobok br.3 predviđeni su za tekući balast. Skladišni prostor razdijeljen je s četiri (4) poprečne pregrade u pet (5) skladišta tereta.

Glavna paluba će većim dijelom biti otvorena za smještaj tankova tereta, dok je skladišni prostor strukturno zatvoren zaštitnom – vremenskom palubom koja poklapa tankove tereta skladišnog prostora.

Pregrade su glatke s vertikalnim ukrepama, u donjem i gornjem dijelu imat će rampe pravokutnog oblika kao suhe prostore.

Brod ima palubu kaštela, bulb pramac, zrcalo na krmi i polubalansno kormilo. Strojarnica je smještena na krmi i odvojena je od teretnog prostora poprečnom nepropusnom pregradom.

Nadgrađe ima 5 katova i kormilarnicu, smješteno je na krmi i opremljeno za smještaj 30 osoba.

Teret se prevozi u četrnaest (14) cilindričnih neovisnih samonosivih tankova tereta, izrađenih iz nehrđajućeg duplex čelika smještenih u izoliranim hlađenim skladištima tereta.

U skladištima br.1 i 5 smješten je po jedan (1) veliki tank tereta kapaciteta 4000 m³, dok je u skladištima br.2, 3 i 4 smješteno po četiri (4) tanka tereta kapaciteta cca 2000 m³ svaki.

Rashladni sustav tereta smješten je u prostorima ispod zaštitne palube na glavnoj palubi, povezan s ventilacijskim sustavom skladišta tereta. Sustav rashlade čini izolacija skladišta, hlađenje skladišta tereta i centralni rashladni prostor smješten u palubnoj kućici.

Rashladni sustav tereta u palubnoj kućici sastoji se od automatskog rashladnog postrojenja. Hlađenje tankova tereta ostvarit će se kružnim strujanjem hladnog zraka oko tankova u izoliranim skladištima tereta.

Teret sačinjava sustav sastavljen od pumpi tereta smještenih između tankova tereta na dvodnu skladišta, cjevovoda tereta izrađenog iz nehrđajućeg čelika smještenog na unutrašnjoj oplati i 14 tankova tereta. Sustav tereta se kolektira na manifoldu smještenom i na glavnoj palubi i u palubnoj kućici na zaštitnoj palubi.

Brod je pogonjen jednim dvotaktnim reverzibilnim diesel strojem "Split" MAN – B&W tip 6S50 MC-C7, smještenim u strojarnici na krmenom dijelu broda.

Iznad skladišta br.4, na zaštitnoj palubi bit će smještena velika palubna kućica u kojoj su smješteni: manifoldi sustava tereta (narančinog soka i koncentrata narančinog soka), kompresori i manifold rashladnog sustava te u zasebnoj prostoriji raslopne ploče i pultevi za upravljanje i nadzor sustava tereta.

Brod je opremljen s pramčanim bočnim porivnikom elektro pogonjenim te pramčanim i krmenim sustavom priveza broda elektro-hidraulički pogonjenim, sastoji se od sidreno-priteznih vitala i priteznog vitla.

Za proizvodnju električne energije služit će postrojenje koje se sastoji od tri diesel generatora i jednog generatora za rad u nuždi.

1.4. Tehničko-tehnološke specifičnosti gradnje broda

Konstrukcija broda do razine uzvojnih (hopper) tankova slična s strukturom broda za prijevoz rasutih tereta. Gornji dio strukture trupa broda (dvoboci, potpalubni bočni tankovi, glavna paluba i zaštitna paluba) svojim izgledom i funkcijom podređeni ovom brodu.

Cjevovodi sustava tereta izrađeni iz nehrđajućeg duplex čelika, montiraju se u blokovima na unutrašnju oplatu i glavnu palubu, tijekom faze opremanja i izoliranja stijenki skladišta tereta – izrada i montaža sustava cjevovoda i pumpi tereta, te tankova tereta - sve po sistemu „ključ u ruke“.

Tankovi tereta za prijevoz narančinog soka i koncentrata narančinog soka, okrupnjavaju se iz manjih poluprstenova i polusekcija unutar brodogradilišta, na ograđenim terenima opremne obale u brodogradilištu.

Izrada tankova tereta odvija se pod nadzorom specijalista kompanije koja izvodi radove.

Materijal stijenki tankova je nehrđajući duplex čelik, dok su profili tj. prsteni ukrućenja na vanjskoj stijenki tanka izrađeni iz običnog brodograđevnog čelika. Riječ je uglavnom o kutnim profilima različitih dimenzija.

Profili ukrućenja dopremljeni u brodogradilište i savijeni u Radionici brodoobrade.

Krovovi i postolja tankova tereta izrađeni iz običnog brodograđevnog čelika, izrađeni izvan brodogradilišta i kao gotovi elementi dopremljeni brodom u brodogradilište.

Cjevovod sustava rashlade izrađen iz običnog brodograđevnog čelika unutar brodogradilišta, montiran u skladu s dinamikom opremanja pojedinih prostora na brodu.

Kompresori i oprema rashladnog sustava dopremljena unaprijed u brodogradilište i unašana u prostore na brodu u skladu s zacrtanim tehnološkim redosljedom izvođenja radova opremanja.

Izolacija skladišta tereta u segmentu dokumentacije i dopreme izolacijskih panela, te izvođenje radova po sistemu „ključ u ruke“ izvodit će se od strane specijalizirane kompanije u skladu s nametnutom dinamikom opremanja skladišnih prostora na opremnoj obali.

Zbog intenziviranja i ranijeg početka izrade i opremanja svih prostora palubne kućice u dogovoru s Kupcem odlučeno je da se izrade tri bloka trupa zaštitna paluba/palubna kućica.

Opremanje blokova trupa zaštitna paluba/ palubna kućica starta nakon završenog zavarivanja i bojanja. Opremanje prije i nakon zatvaranja prostora blokova odvija se na opremnoj obali tijekom perioda izrade i montaže tankova tereta u skladište.

2. Tehnološki koncept gradnje broda

2.1. Podjela broda u grupe i sekcije

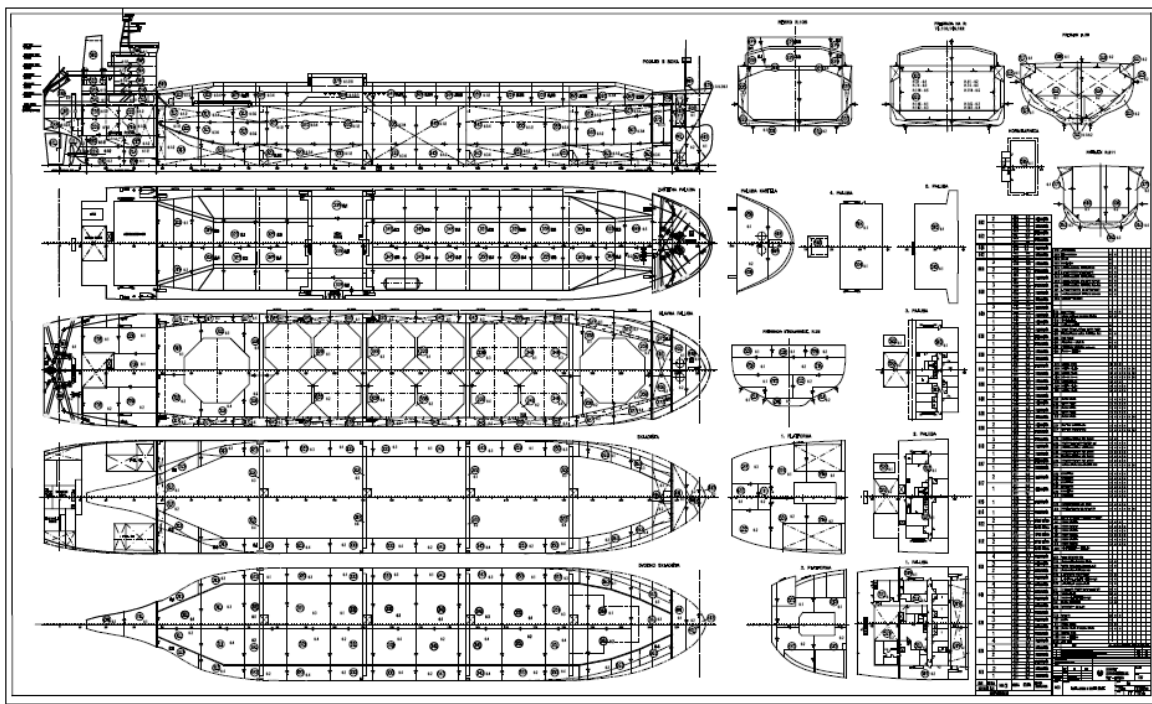


Fig.4 Plan of blocks

Slika 4. Podjela broda u grupe i sekcije

2.2. Slični brodovi izgrađeni u brodogradilištu

Table 3 Usporedba Nov.469 i Nov.466,467

Tablica 3. Similar ships built in shipyard

Nov.	Tip broda	Broj grupa	Broj predmontažnih sekcija	Broj okrupnjenih sekcija	Broj montažnih sekcija
466	BULK CARRIER	65	195	34	134
467	BULK CARRIER	65	195	34	134
469	JUICE CARRIER	69	194	59	136

2.3. Tehnološki redoslijed izvođenja radova

Precizno definiranim Redoslijedom montaže sekcija Nov.469 Juice Carrier-a tijekom gradnje broda na ležaju intenzivira se montaža i finaliziranje sekcija koje formiraju otvorena skladišta tereta.

Principijelno, redoslijed gradnje sekcija trupa teretnog prostora (u području paralelnog srednjaka) odvija se slijedećim redoslijedom:

- Blok trupa dvodno s uzvojem – lijevo/desno
- Poprečna pregrada
- Dvobok s potpalubnim bočnim tankom lijevo/desno
- Glavna paluba – cijela
- Zaštitna (vremenska) paluba - cijela

Zamišljeno je da se nakon završetka svih radova na trupu broda, popravaka i zavarivanja nosača različite opreme u skladišnim prostorima započne s izoliranjem vertikalnih stijenki skladišta tereta.

Izolaciju tvori kombinacija mineralne vune i izolacijskih panel ploča. Prostor skladišta se izolira od uzvojnih tankova prema nivou glavne palube. Kako su ovi radovi ugovoreni po sistemu „ključ u ruke“, izvođač radova sukcesivno prati gradnju i opremanje formiranih skladišta tereta na ležaju.

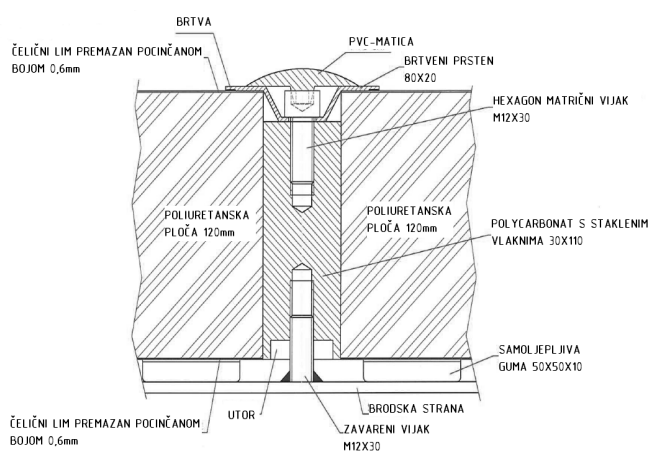


Fig.5. Cargo space insulation

Slika 5. Izoliranje skladišta

Tijekom boravka broda na opremnoj obali nakon izoliranja stijenki skladišta predviđa se i montaža cjevovoda tereta na unutrašnju oplatu skladišta, ali i montiranje manifolda tereta na nivou glavne palube.

Sekcije blokova trupa zaštitne palube opremaju se, bojaju i izoliraju uranjeno tijekom boravka sekcija na poligonu uranjenog opremanja, istovremeno s gradnjom broda na ležaju, kako bi bile spremne za ugradnju nakon montaže tankova u skladišta tereta.

Preciznom tehnološkom razradom odredilo se optimalno vrijeme i pozicije izvođenja zavarivanja i montaže opreme te posebno izoliranja zaštitnih paluba na poligonu za uranjeno opremanje. Riječ je o blokovima zaštitnih paluba izvan područja palubne kućice.



Fig.6 Shelter decks insulation before mounting

Slika 6. Uranjeno izoliranje zaštitnih paluba

Bloкови zaštitne palube/palubne kućice opremaju se i bojaju prema posebnoj tehnologiji. Konačno ukupnjavanje sekcija blokova zaštitnih paluba/palubna kućica odvija se na prostoru opremne obale u neposrednoj blizini broda, u području dohvata velike autodizalice-gusjeničara kojom će se izvršiti njihova montaža na brod.



Fig.7 Three hull blocks Shelter deck/deckhouse

Slika 7. Tri bloka zaštitne palube/palubne kućice



Fig.8 Hull block Shelter deck/deckhouse instalation

Slika 8. Montaža srednjeg bloka zaštitne palube/palubne kućice

3. Izrada tankova tereta

3.1. Tehničke specifičnosti tankova tereta

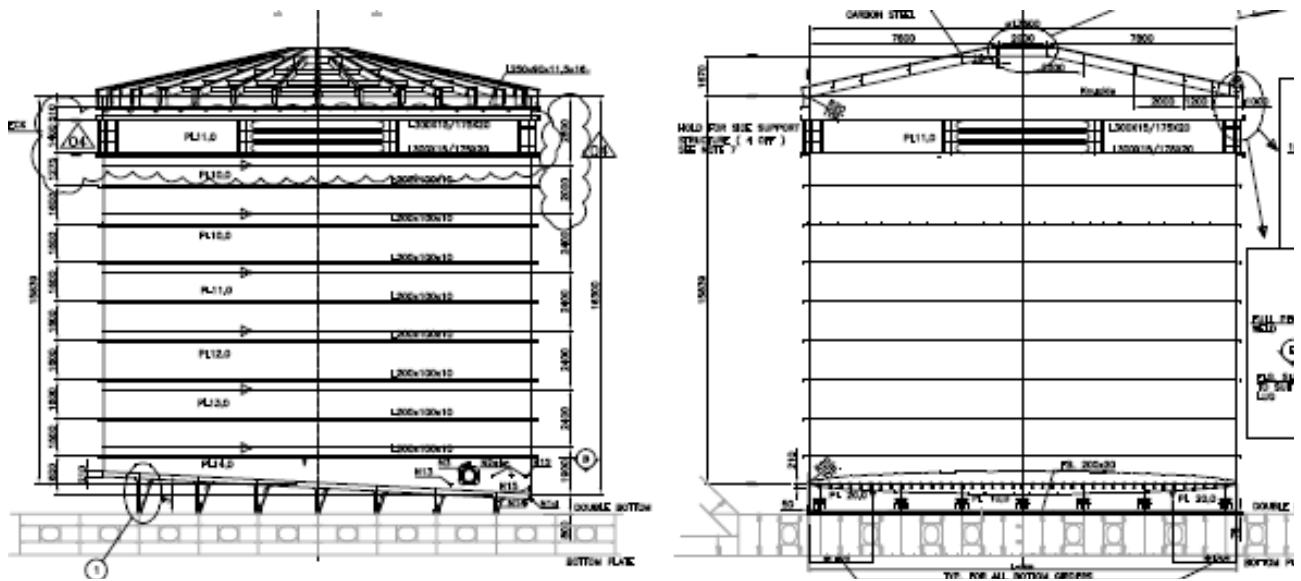


Fig. 9 Large Juice Tank

Slika 9. Geometrijske karakteristike većeg tanka

Promjer tanka 17 600mm
 Visina tanka cca 18 000mm
 Težina tanka cca 230t

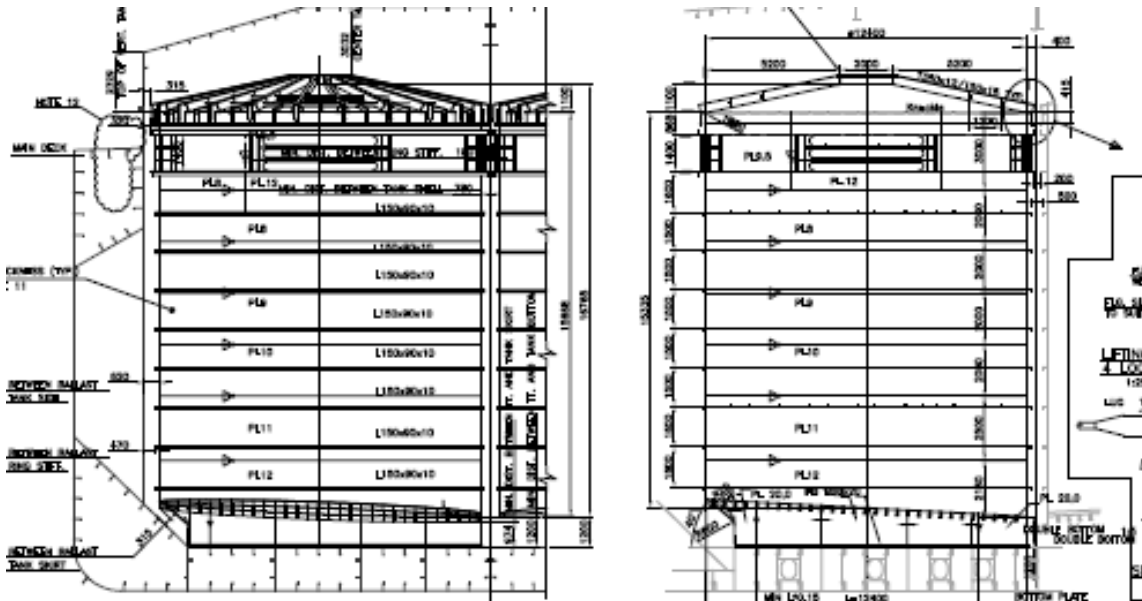


Fig. 10 Small Juice Tank

Slika 11. Geometrijske karakteristike manjeg tanka

Promjer tanka 12 400mm

Visina tanka cca 18 000mm

Težina tanka cca 117t

Tank je izrađen iz limova od nehrđajućeg čelika oblikovanih (savijenih) u cilindrični oblik na vertikalnoj savijači unutar prostora izrade tankova. Limovi su spajani sučeonim zavarima i tvore 7 horizontalnih prstenova.

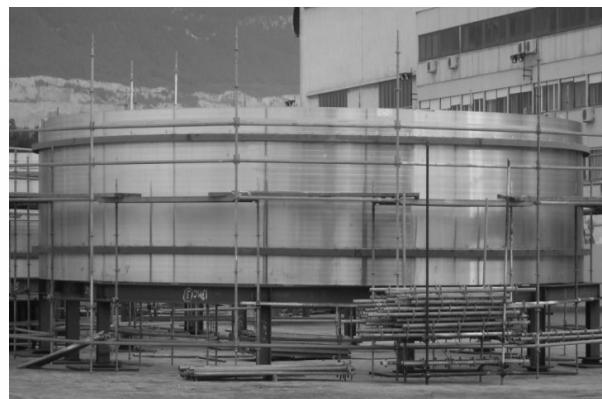
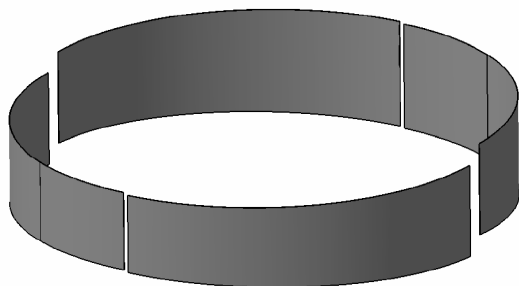


Fig.11 Pre-assembly cargo tank

Slika 11. Izrada i spajanje jednog prstena tanka

Nehrđajući duplex čelik odlikuje se jedinstvenom kombinacijom otpornosti prema koroziji i velike čvrstoće. Zavaruje se TIP-TIG postupkom, dijelom automatom a dijelom ručno, ovisno o položaju i tipu zavara.

Izvođač radova, za zavarivanje horizontalnih spojeva koristi vlastitu napravu, dok vertikalno zavarivanje izvode ručno atestirani zavarivači obučeni od strane iste kompanije.

Na vrhu 7-og prstena montiran je poklopac tanka koji je konusnog oblika, ukrijepljen s T i L profilima, radijalno i poprečno usmjerenim.

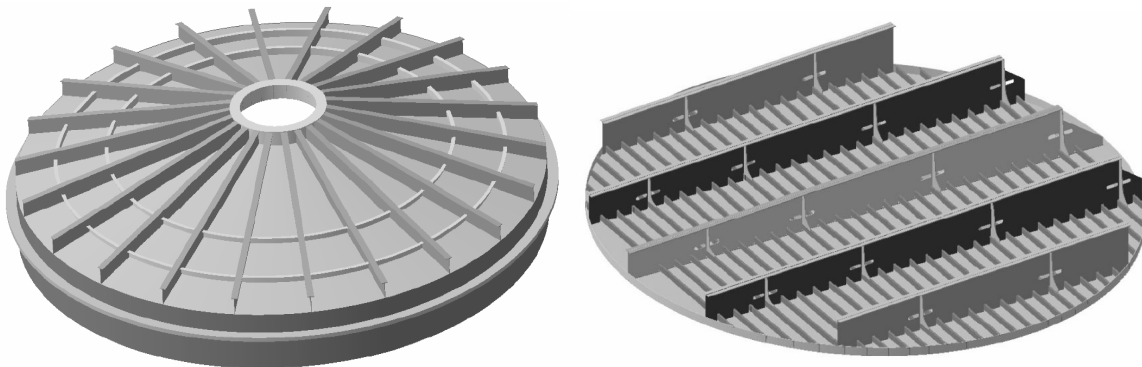


Fig.12 Cargo tank roof and bottom

Slika 12. Ukrijepljeni krov i postolje tanka

Na dnu tanka smješteno postolje tanka izrađeno iz običnog brodograđevnog čelika, sastavljeno od ukrijepljenog panela dna i postolja tanka kojeg čine rebrenice s uzdužnim holand profilima.

Kutni profili koji ukrijepljuju duplex limove plašta izrađeni iz običnog brodograđevnog čelika.

Pri vrhu tanka nosači izrađeni iz običnog brodograđevnog čelika koji s pripadajućim nosačima na glavnoj palubi broda i nosačima na dvodnu čine sustav pričvršćenja pojedinog tanka u skladištu. Između nosača smješteno drvo.

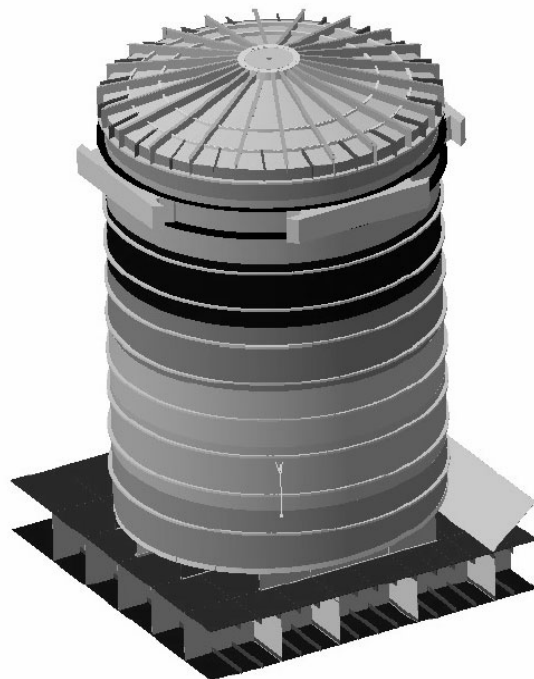
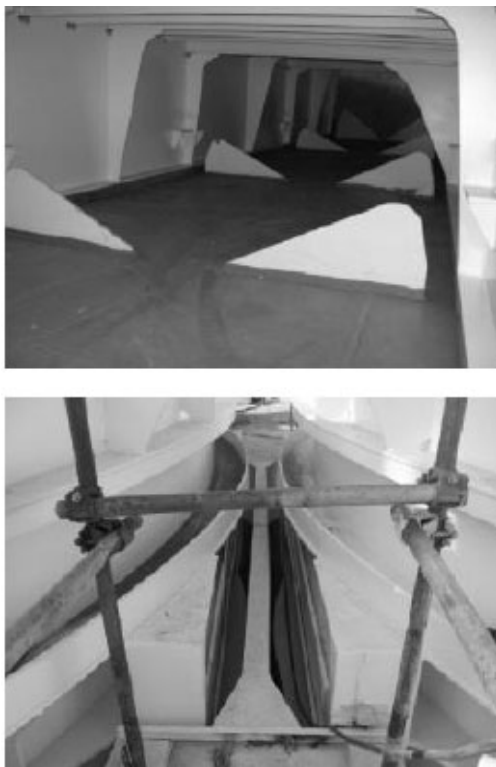


Fig.13 Cargo tank supports / 3D double bottom tank position

Slika 13. Nosači tanka tereta / 3D prikaz cijelog tanka položenog na dvodno broda

3.2. Prostor izrade i montaže tankova tereta

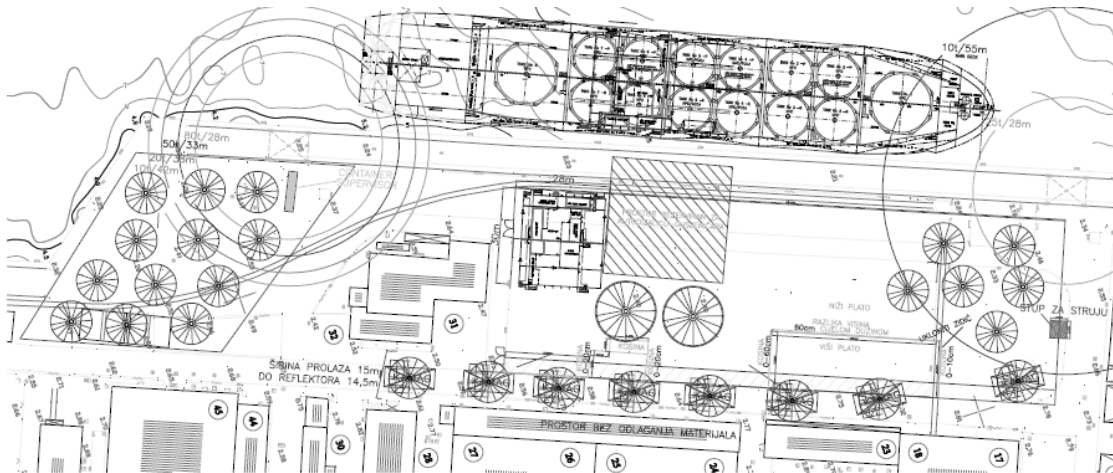


Fig.14 Cargo tanks building area in shipyard

Slika 14. Prostor izrade i montaže tankova tereta

Tankove tereta izrađuje specijalizirana kompanija unutar ograđenog prostora istočne opremne obale brodogradilišta. Limove plašta, postolja i krovove tanka kompanija izrađuje dijelom u brodogradilištu, dijelom izvan njega i doprema brodom i kamionima na opremnu obalu.

Brodogradilište osim savijanja kutnih profila ukrućenja na plaštu tanka, izrađuje i manje elemente, ploče, koljena, nosače uglavnom elemente koji se zavaruju za strukturu trupa broda.

Brodogradilište daje uslugu i materijal za oskeljenje tankova, izrađuje za specijaliziranu kompaniju privremene kolijevke i balansire za rukovanje prilikom izrade prstenova tanka.

Za potrebe neometanog izvođenja radova izrade prstenova, spajanja, prenošenja i montaže dijelova tankova tereta, kompanija unajmljuje autodizalice različitih nosivosti. Autodizalice koristi na gradilištu ovisno o stupnju formiranosti prstena i dijelova pojedinih tankova tereta, kako bi održala ritam izrade više tankova tereta istovremeno.



Fig.15 Cargo tanks building area in shipyard

Slika 15. Izrada tankova tereta

3.3. Proces montaže tankova tereta u skladišta tereta

Nakon porinuća broda priprema se unošnje tankova tereta balastiranjem broda, naime zahtjev kompanije koja ugrađuje tankove jest ravna kobilica broda. Balastiraju se pramčani tankovi balasta.

Tankovi tereta montiraju se u brod pomoću unajmljene velike autodizalice-gusjeničara, kojoj se transporterom dovoze tankovi u dohvat.



Fig.16 Cargo tanks instalation

Slika 16. Montiranje tanka gusjeničarom

U dohvatu velike autodizalice-gusjeničara finalizira se završno opremanje tri bloka zaštitne palube/palubne kućice, čija težina (srednjeg bloka) doseže težinu većih tankova, do cca 230t (realizirana montažna težina dosegla 248t).

Procedura i redoslijed unošenja tankova tereta prati dinamiku gradnje i opremanja broda. Započima se s tankovima u skladištu br.4 potom 3, 2, 1 te pomicanjem broda prema jugu slijedi montaža blokova zaštitne palube/palubne kućice i konačno montaža tanka u skladištu br.5.

Tijekom unošenja tankova tereta u izolirana skladišta tereta održava se stanje ravne kobilice broda.

Nakon unošenja i montaže tankova u skladišta, slijedi završno izoliranje dvodna skladišta i područja sekcijских spojeva.



Fig. 17 Positioned cargo tanks in cargo spaces

Slika 17. Montirani tankovi tereta u skladištima tereta

4. Zaključak

Projekt gradnje Juice Carrie-a jedinog u Europi predstavlja izuzetnu čast i izazov za sve projektante i graditelje brodova u Brodosplitu, zbog strategijskog usmjerenja brodogradilišta prema projektiranju i gradnji visoko-sofisticiranih brodova.

Detaljno razrađena tehnologija gradnje broda prije potpisa ugovora stvara jasniju sliku o predstojećim izazovima i potencijalnim intervencijama u proizvodnji tijekom gradnje broda.

Uz izuzetne napore i kratko vrijeme prilagodbe projekatata svih specijalnosti a potom i svih drugih prema gradnji ovog tipa broda, pokazuje da izazovi i perspektiva izgradnje ovakvih sofisticiranih brodova nema alternativu.

Kako Brodosplit sa svakim novim projektom nastavlja put obrazovanja i specijaliziranja svih, potom teži ka visokom stupnju opremljenosti broda prije porinuća, ovakvi projekti vode konkurentnosti na tržištu odabranih i nagrađenih brodograditelja.

LITERATURA

- [1] Brodosplit, tehničko-tehnološka dokumentacija.

Dani Dundara ULJANIK Brodogradilište d.d.

Dino Macan ULJANIK Brodogradilište d.d.

Vito Radolović ULJANIK Brodogradilište d.d.

Jasenko Vujasinović ULJANIK Brodogradilište d.d.

PORINUĆE BRODA NEDOVOLJNE PORINJAVAJUĆE ISTISNINE S NAVOZA

Sažetak

Najčešće je svojstvo brodova snabdjevača-ledolomaca velika težina praznog broda u odnosu na duljinu broda što rezultira relativno visokim gazom kod porinuća (oko 10 m) te visokim opterećenjem na saonice. Na navozima u brodogradilištu Uljanik, pri tipičnom porinuću takvog tipa broda, razina mora na kraju saonika znatno je manja od porinjavajućeg gaza broda. Rezultati takvog proračuna porinuća pokazuju negativan prekretni moment oko kraja saonika, padanje pramca preko kraja saonika, te preveliko opterećenje na saonice. Da bi se izbjegao navedeni scenarij, moguća su sljedeća rješenja: produljenje strukture navoza da bi se zadovoljila potrebna dubina mora na kraju saonika, što zahtjeva skupe građevinske radove; znatno smanjenje porinjavajuće težine broda, što zahtjeva montažu velikog dijela strukture broda nakon porinuća, na opremnoj obali; povećanje istisnine broda pomoćnim pontonima da bi se smanjio gaz pri porinuću.

Ključne riječi: porinuće, opterećenje

LAUNCHING OF THE SHIP WITH INSUFFICIENT DISPLACEMENT

Summary

The most common property of the ice breaking supplier vessels is high lightship weight and ship length ratio which results in relatively high draught at the launching and high load on the cradle. At the typical launching on Uljanik shipyard slipways, the sea level on the slipway end is considerably lower than the draught of the ship. The result of such launching calculation shows negative tipping moment at the slipway end, downfall of the ship over the slipway end as well as very high load on the cradle. To avoid those scenarios, the following solutions are possible: prolongation of the slipway in order to obtain the appropriate water depth on the slipway end, which requires expensive construction works; considerable reduction of the ship weight at the launching, which requires the assembly of a large part of the ship structure after the launching, on the outfitting quay; displacement increment with auxiliary pontoons in order to lower the ship draught.

Key words: launching, load

1. Uvod

U brodogradilištu Uljanik 2009. godine razrađen je projektni upit broda snabdjevača-ledolomca, te se porinuje takvog broda pokazalo ne tipičnim, a time i privlačnim za analizu.

Najčešće je svojstvo takvih brodova velika težina praznog broda u odnosu na dimenzije broda što rezultira relativno visokim gazom kod porinuća (oko 10 m) te visokim opterećenjem na saonice. Na navozima u brodogradilištu Uljanik, pri tipičnom porinuću takvog tipa broda, razina mora na kraju saonika znatno je manja od porinjavajućeg gaza broda. Rezultati takvog proračuna porinuća pokazuju negativan prekretni moment oko kraja saonika, padanje pramca preko kraja saonika te preveliko opterećenje na saonice.

U radu su prikazana sljedeća moguća rješenja, kako bi se izbjegao navedeni scenarij:
 produljenje podvodne strukture navoza da bi se zadovoljila potrebna dubina mora na kraju saonika, što zahtjeva skupe građevinske radove,
 znatno smanjenje porinjavajuće težine broda, što zahtjeva montažu velikog dijela strukture broda nakon porinuća, na opremnoj obali,
 povećanje istisnine broda pomoćnim pontonima da bi se smanjio gaz pri porinuću.

1.1. Glavne značajke broda

Osnovna namjena razmatranog broda (eng. Icebreaking Anchor Handling Tug Supply vessel /AHTS) je održavanje plovnih putova kroz zaleđena mora, uključujući i razbijanje višegodišnjeg leda; pratnju, pomoć u plovidbi, tegalj i postavljanje platforma za bušenje i mobilnih objekta za bušenje; polaganje sidara i rukovanje sidrima drugih brodova ili objekata; snabdijevanje platforma i mobilnih objekta za bušenje namirnicama; gašenje požara; potpora kod izljeva nafte; traženje i prihvaćanje preživjelih u moru.

Glavne značajke trupa su dvostruka oplata, nadgrađe i strojarnica na pramčanom dijelu, te teretni prostor na krmenom dijelu. Trup broda čini oko 60% težine broda, dok je 40% težina opreme (pogonsko postrojenje, oprema za polaganje sidara, oprema za vuču, itd.). Ukupna težina praznog opremljenog broda iznosi oko 12000 t.



Slika 1. 3D prikaz broda

Fig. 1 3D view

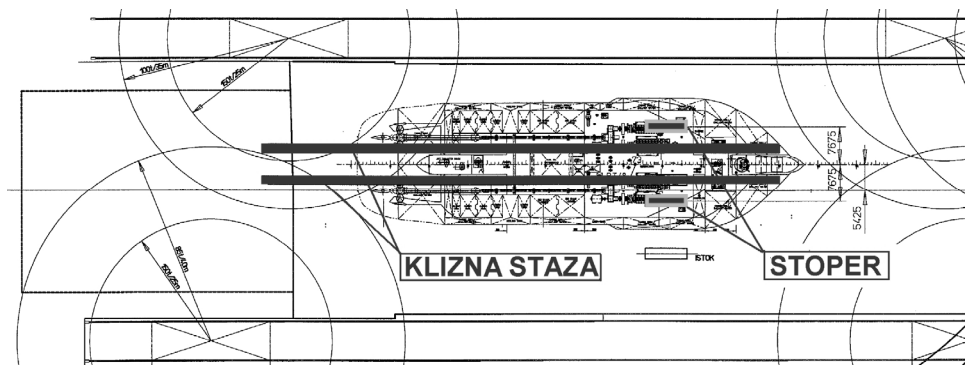
Glavne značajke broda:

Duljina preko svega	113,0 m
Duljina između okomica	99,6 m
Širina	25,0 m
Širina maksimalna	27,0 m
Visina do glavne palube	12,9 m
Gaz	9,5 m
Nosivost	4 500 t
Brzina	17 čv.

2. Navoz

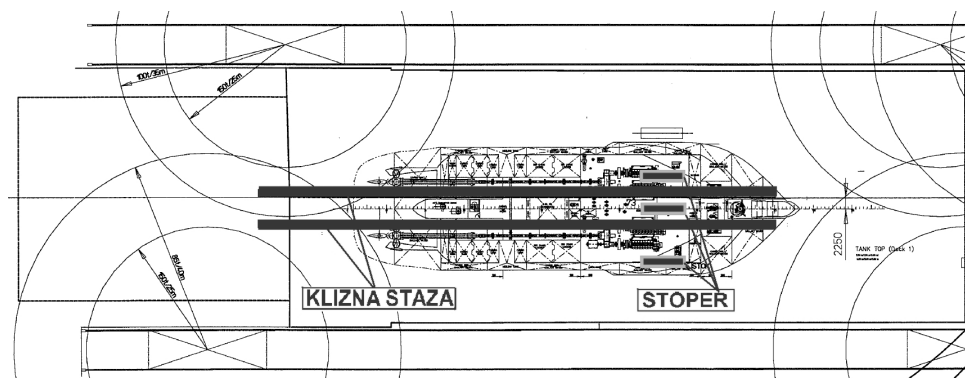
2.1. Položaj broda na navozu

Brod je smješten na Navozu 2, Ref. [1]. Smještaj broda uvjetovan je položajem stopera na navozu te položajem težišta broda, a razmatran je za svaki slučaj zasebno. Težilo se da smještaj broda ne utječe na poziciju već postojećih kliznih staza i stopera, Slika 2. Međutim, kod nekih slučajeva položaj broda na navozu odstupa od uobičajenog, te su dodatni radovi vezani za premještanje kliznih staza neizbježni, Slika 3.



Slika 2. Uobičajeni položaj broda na navozu

Fig. 2. Typical ship position on the slipway



Slika 3. Prilagođeni položaj broda na navozu

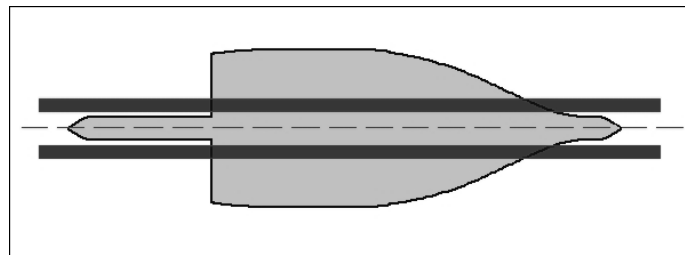
Fig. 3. Adapted ship position on the slipway

2.2. Geometrijske karakteristike navoza

Navoz 2 je zakrivljeni navoz polumjera zakrivljenosti od 3910 m. Podvodni dio saonika duljine je oko 45 m, a najveća dubina na kraju saonika iznosi 4.5 m (plima).

2.3. Potklađivanje

Potklađivanje je otežano zbog „finih“ linija te odnosa dimenzija i težine broda. Najveći broj potklada postavljen je u srednjem dijelu broda, u području ravnog dna između kliznih staza saonika te bočno, izvan kliznih staza, Slika 4. Na krmenom i pramčanom dijelu postavljene su potklade i upore.



Slika 4. Površina ravnog dna

Fig. 4. Flat bottom

2.4. Saonik i saonice

Saonik se sastoji od dvije klizne staze na razmaku od 4.8 m. Obzirom na problematiku porinuća, razmatran je i smještaj s jednom kliznom stazom u sredini broda i dvije pomoćne klizne staze na boku broda. Međutim, iako bi se opterećenje na saonice znatno smanjilo, nije moguće potkladiti brod na preostaloj površini oplata broda.

3. Proračun porinuća

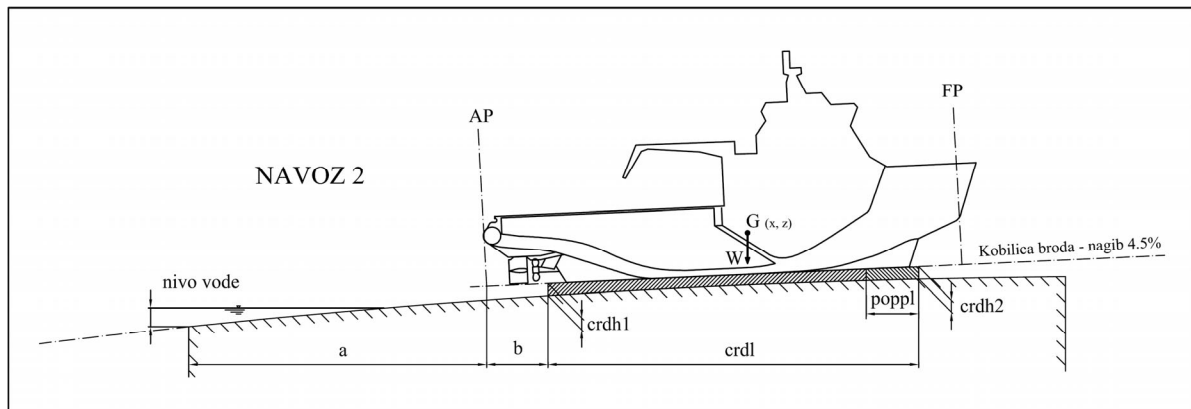
U ovom poglavlju prikazani su rezultati proračuna porinuća, Ref. [2], i to za:

- Porinuće produljenjem podvodne strukture navoza
- Porinuće znatnim smanjenjem porinjavajuće težine broda
- Porinuće s jednim pomoćnim pontonom na pramcu broda
- Porinuće s dva pomoćna pontona na bokovima broda
- Porinuće pramcem s dva pomoćna pontona na bokovima broda

Ulazni podaci za proračun porinuća su značajke broda (geometrija trupa, porinjavajuća težina, položaj težišta po duljini i visini, položaj broda na navozu), geometrija navoza tj. saonika, geometrija i položaj saonica, gdje su, Slika 5:

- a - udaljenost kraja navoza od krmenog perpendikulara (AP)
- b - udaljenost krmenog perpendikulara (AP) od krmenog kraja saonica
- crdl - udaljenost krmenog i pramčanog kraja saonica
- crdh1 - visina saonica na krmenom kraju
- crdh2 - visina saonica na pramčanom kraju
- crdb - širina saonica
- poppl - duljina kolijevke
- W - porinjavajuća težina

$G(x,z)$ - položaj težišta



Slika 5. Prikaz ulaznih podataka

Fig. 5. Input data

Jednaki ulazni podaci proračuna porinuća za sva prikazana rješenja su porinjavajuća težina ($W=11500$ t), navoz (Navoz 2), položaj saonika u odnosu na brod (u poprečnom smjeru), širina saonica (ukupno 3.6 m).

Duljina saonica optimizirana je obzirom na način porinjavanja broda (porinuće krmom, porinuće pramcem, porinuće s pomoćnim pontonima, itd.) u pogledu smanjenja opterećenja te broja čeličnih oslonaca saonica koji se zavaruju na vanjsku oplatu tj. smanjenje broja i dimenzija dodatnih koljena za porinuće izvan područja ravnog dna, u krmenom i pramčanom dijelu broda.

3.1. Porinuće produljenjem podvodne strukture navoza

Kod gradnje broda, teži se što većem broju montiranih sekcija trupa i opreme na navozu, prije porinuća, što je, gledano u težini, oko 90% težine praznog opremljenog broda na porinuću. Pri porinuću razmatranog broda i navedene porinjavajuće težine broda, da bi se postigla potrebna dubina mora na kraju navoza (saonika), potrebno je produžiti podvodni dio saonika za 35 m. Položaj broda na navozu ne odstupa od uobičajenog, Slika 2.

Ovo je rješenje najefikasnije vezano za porinuće, a dugoročno smanjuje mogućnost pojave sličnih problema i pojednostavljuje porinuća svih tipova brodova. Naročito ako se zna da se u brodogradilištu Uljanik kod proračuna porinuća često javlja potreba (želja) za dodatnom duljinom podvodnog dijela saonika da bi se izbjegle dodatne radnje kao nadomjestak.

Međutim, iako kalkulacija troškova nije napravljena, zaključilo se da ovo rješenje trenutno nije prihvatljivo zbog skupih građevinskih radova u podmorju, problematike vezane uz potrebne dozvole vezane za izvedbu tih radova, te blokiranju navoza za vrijeme radova.

Također, zbog velike težine broda tj. opterećenja na saonice potrebno je proširiti postojeće saonice kako bi se smanjilo opterećenje na pakovanje saonica, što predstavlja manji problem ali ipak zahtjeva dodatne troškove.

3.2. Porinuće znatnim smanjenjem porinjavajuće težine broda

Da bi se izvelo tipično porinuće za postojeći navoz i izbjeglo produljenje podvodnog dijela saonika i eventualni dodatni radovi, potrebno je prilagoditi porinjavajuću težinu broda. Rezultat je smanjenje porinjavajuće težine za 50%, što zahtjeva montažu velikog dijela

strukture broda nakon porinuća, na opremnoj obali, a to je tehnološki neprihvatljivo za brodogradilište.

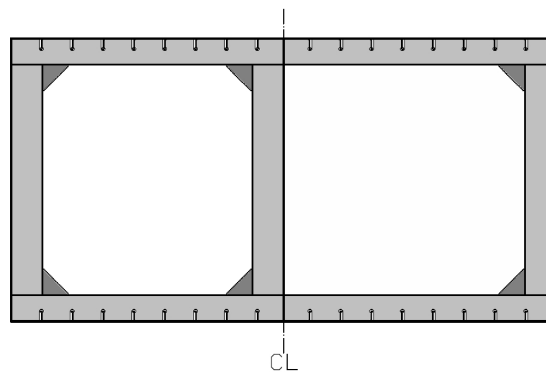
3.3. Porinuće povećanjem istisnine broda pomoćnim pontonima

Povećanjem istisnine broda pomoćnim pontonima želi se postići sljedeće: smanjenje pramčanog gaza broda kako bi se spriječilo padanje pramca preko kraja vlake zbog toga što je dubina mora ograničena tj. pravovremen početak otplova; smanjenje opterećenja na saonice. Razmatrana su tri moguća rješenja:

- Porinuće s jednim pomoćnim pontonom na pramcu broda
- Porinuće s dva pomoćna pontona na bokovima broda
- Porinuće pramcem sa dva pomoćna pontona na bokovima broda

3.3.1. Pontoni

Težina pontona direktno utječe na porinjavajuću težinu broda, te je stoga poželjna što manja težina. Međutim, pontoni su dimenzionirani na način da nakon primjene kod porinuća služe kao zasebni plovni objekti za potrebe brodogradilišta, prvenstveno za prenošenje i privremeno skladištenje sekcija. Dimenzije pontona određene su prema potrebnom volumenu kod porinuća, dok je struktura dimenzionirana za uvjete opterećenja određenim zahtjevima za plovni objekt te onima kod porinuća, prema pravilima klasifikacijskog društva, Ref. [3]. Pontoni su nosivosti od 1000 t do 1300 t, a dozvoljeno opterećenje palube iznosi 10t/m^2 . Korišten je mješoviti sustav gradnje, Slika 6. Glavne značajke pojedinog pontona dane su u prikazima porinuća.



Slika 6. Tipični poprečni presjek pontona

Fig. 6. Typical pontoon cross section

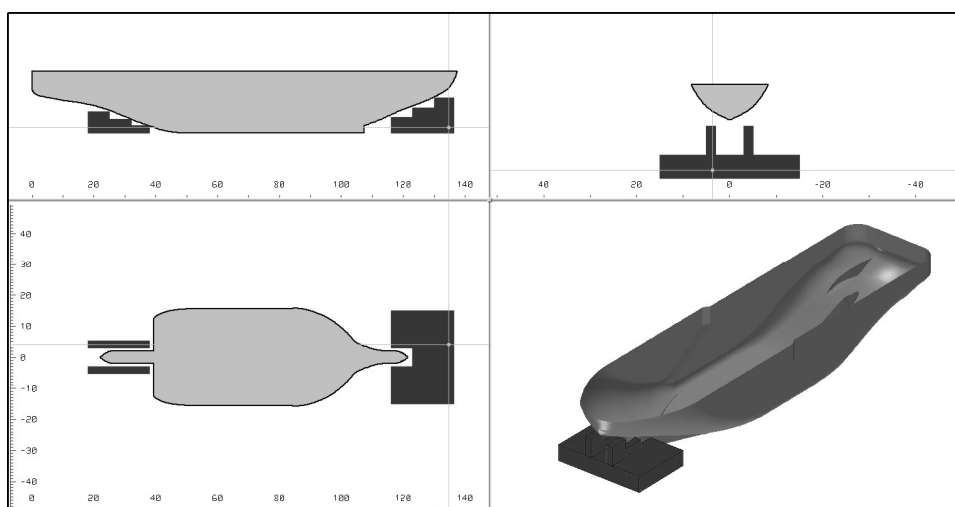
Spoj pontona i broda izveden je zavarenim spojem za oplatu broda, pomoću koljena. Nakon porinuća, pontoni se odvajaju od broda rezanjem koljena. Priprema za rezanje podrazumijeva punjenje tankova pontona morskom vodom, tako da se poništi sila uzgona tj. sila kojom ponton djeluje na brod. Pomoćnim tornjevima na pontonu osigurava se plovno stanje i stabilitet pontona, nakon punjenja tankova. Nakon odvajanja od broda, ponton se tegli do navoza, isprazne se tankovi, te se dizalicama smješta na navoz za sljedeće porinuće.

3.3.2. Porinuće s jednim pomoćnim pontonom na pramcu broda

Kako bi se smanjio pramčani gaz kod otplova broda s navoza, najdjelotvornije je povećati istisninu broda na pramčanom dijelu. U tu svrhu dimenzioniran je pomoćni ponton za porinuće, smješten u području kolijevke, Slika 7. Pravokutni oblik pontona omogućuje jednostavno produljenje saonica što, uz povećanje istisnine broda, smanjuje opterećenje na saonice i na kolijevku pri fazi okretanja. Također, kako je ponton smješten na navozu unutar potrebnih gabarita za brod, nije potrebna dodatna površina na navozu, te je moguće koristiti navoz i za druge aktivnosti.

Položaj broda na navozu ne odstupa od uobičajenog, Slika 2.

Spoj pontona i broda izveden je pomoću dodatnih čeličnih potklada te koljena zavarenih za oplatu broda.



Slika 7. Smještaj pontona

Fig. 7. Pontoon arrangement

Tehnološki gledano, specifičnosti ovakvog načina porinuća predstavljaju izvlačenje pontona iz mora (za brodove u seriji), te postavljanje pontona na poziciju za porinuće. Postavljanje pontona kao dijela saonica podrazumijeva podvlačenje ispod pramca broda što je otežano obzirom na dimenzije i težinu samog pontona. Kao rješenje razmatrana je montaža pontona kao dijela broda, te razdvajanje pontona na dva dijela.

Glavne značajke pontona:

Duljina	16.2 m
Širina	24.0 m
Visina	4.0 m
Volumen	1550 m ³
Težina	185 t

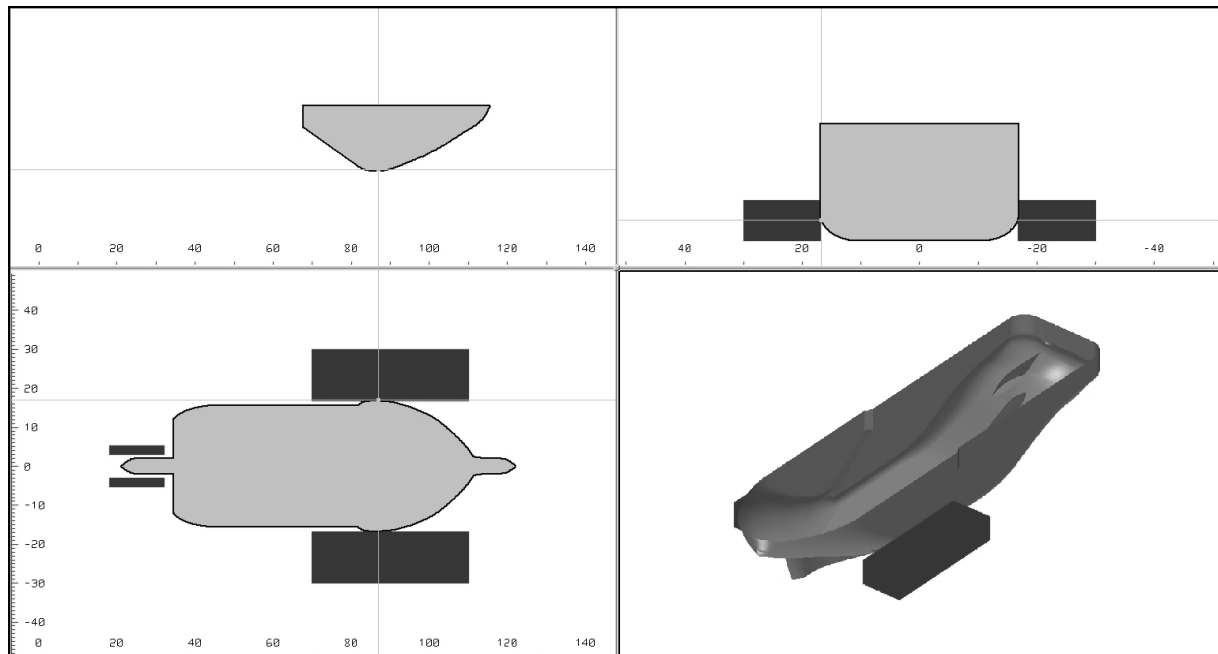
3.3.3. Porinuće s dva pomoćna pontona na bokovima broda

Zbog jednostavnije tehnologije montaže i izvlačenja pontona razmatran je i slučaj dodavanja istisnine na bokove broda. Pomoćni pontoni dimenzionirani su na način da se zadovolje potrebni uvjeti tokom porinuća, Slika 8. Kod takvog smještaja pontona potrebna je veća istisnina nego kod porinuća s pramčanim pontonom. Međutim, zbog veće istisnine, opterećenja na saonice su manja.

Za razliku od porinuća s pramčanim pontonom, postavljanje na poziciju je jednostavnije i ne zahtjeva složene radnje. Također, jednostavnije je izveden spoj pontona i broda. Naime, ponton dijelom svoje površine prijanja uz brod, te je spoj izveden zavarivanjem koljena na ravnom dijelu oplata broda s gornje strane pontona te spojem oplata dna oba pontona podvlačenjem čeličnog užeta ispod broda.

Položaj broda na navozu odstupa od uobičajenog. Naime, potrebno je osigurati dovoljnu širinu navoza za pontone na boku broda, Slika 3. Nadalje, potrebno je premjestiti klizne staze saonika.

Kako su pontoni smješten na navozu izvan potrebnih gabarita za brod, potrebna je dodatna površina na navozu te nije moguće koristiti navoz za druge aktivnosti.



Slika 8. Razmještaj pontona na bokovima broda

Fig. 8. Pontoon arrangement on the side shell

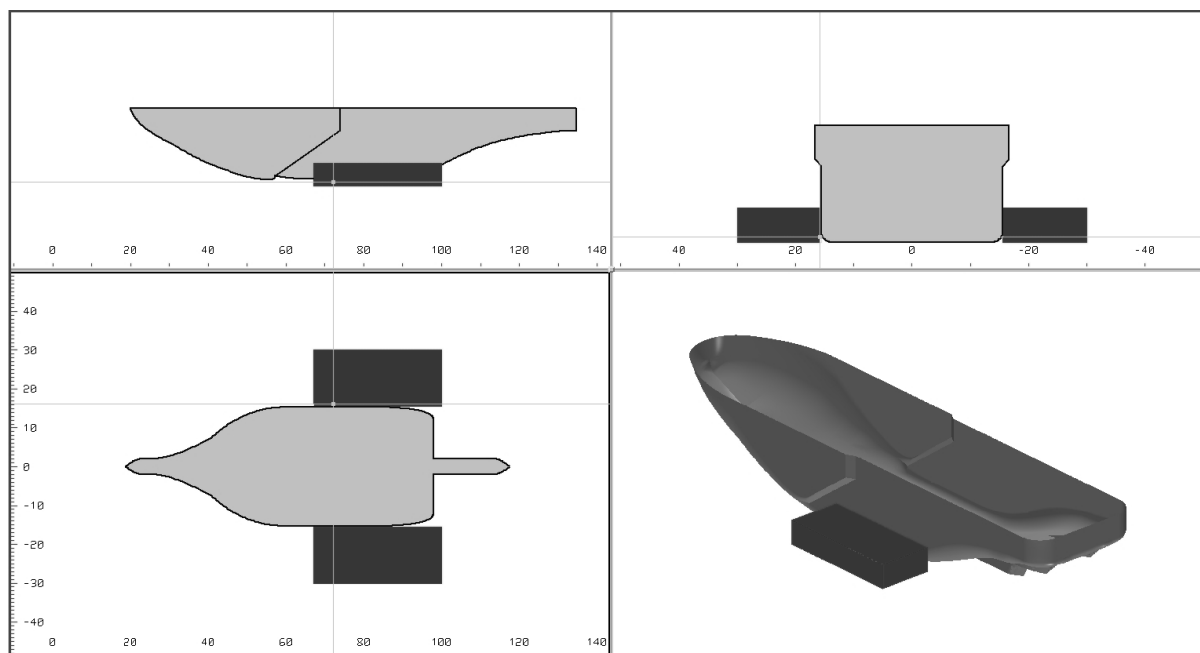
Glavne značajke pontona:

Duljina	32.0 m
Širina	10.6 m
Visina	5.5 m
Volumen	1865 m ³
Težina	215 t

Porinuće pramcem s dva pomoćna pontona na bokovima broda

Zbog pogodnijeg smještaja bočnih pontona, razmatrano je i porinuće pramcem dodavanjem istisnine na bokove broda. Naime, ponton cijelom dužinom prijanja uz ravni dio oplata, što omogućava jednostavniji i kvalitetniji spoj. Kako su u ovom slučaju pontoni nešto bliži gornjem dijelu saonika, potrebna dodatna istisnina je nešto manja, a time i dimenzije pontona, dok su opterećenja na saonice nešto veća.

Gornji kraj saonica s kolijevkom smješten je neposredno ispred vijka u sapnici, te postoji mogućnost oštećenja drvom iz pakovanja saonica ili izlijetanja kolijevke.



Slika 9. Razmještaj pontona na bokovima broda

Fig. 9. Pontoon arrangement on the side shell

Glavne značajke pontona:

Duljina	26.4 m
Širina	11.5 m
Visina	4.8 m
Volumen	1457 m ³
Težina	175 t

3.4. Alternativno porinuće

Alternativna mogućnost porinuća podrazumijevala bi korištenje tzv. „klackalice“. To je naprava čelične strukture, koja se postavlja kao produžetak saonika u svrhu sprječavanja nekontroliranog pada pramca preko kraja vlake tj. služi kao vodilica za kolijevku u slučajevima kad je gaz na kraju saonika manji od plovnog gaza broda. Klackalica ne prati radijus saonika, već je zamišljena kao kosina, kako bi se skratio put početka otplova.

3.5. Prikaz rezultata

Prema rezultatima iz Tabele 1 može se vidjeti da se najmanje opterećenje na saonice i kolijevku javlja kod porinuća s bočnim pontonima. Iako je u tom slučaju porinjavajuća težina broda nešto manja, nisu potrebne dodatne radnje proširivanja saonika saonica radi smanjenja opterećenja. Kod porinuća s pramčanim pontonom, potrebno je proširiti postojeće klizne staze, međutim, potreban je samo jedan ponton, te je porinjavajuća težina broda veća a troškovi manji. Najveća je porinjavajuća težina broda kod standardnog porinuća dok su opterećenja na saonice te troškovi investicije najveći.

Tablica 1. Sažetak rezultata proračuna porinuća**Table 1.** Launching calculation results summary

porinuće	standardno	s pramčanim pontonom	s bočnim pontonima	s bočnim pontonima - pramcem
porinjavajuća težina	11500 t	11500 t	11500 t	11500 t
težina pontona	/	185 t	430 t	350 t
težina broda na porinuću	11500 t	11315 t	11070 t	11150 t
duljina saonice	83 m	95 m	83 m	83 m
najveći tlak na saonice	93 t/m ²	88 t/m ²	71 t/m ²	84.6 t/m ²
reakcija kod okretanja	3084 t	2350 t	2123 t	1365 t
najmanji moment oko kraja vlake	613454 tm	605400 tm	577565 tm	352600 tm
rezerva u dužini vlake	-31 m	2.8 m	3 m	4.1 m
produljenje navoza	35 m	/	/	/
krmeni gaz u otplovu	6.8 m	9.03 m	7.87 m	2.66 m
pramčani gaz u otplovu	7.59 m	3.38 m	2.83 m	8.52 m

4. Zaključak

Porinuća specifičnih tipova brodova, velikih težina praznog opremljenog broda u odnosu na dimenzije broda, pokazala su se ne tipičnim za navoze brodogradilišta Uljanik.

U radu su prikazana moguća rješenja koja podrazumijevaju korištenje pomoćnih naprava ili(i) rekonstrukciju podvodnog dijela navoza. Odabir rješenja isključivo ovisi o poslovnoj politici brodogradilišta tj. budućem proizvodnom programu. Naime, produljenje navoza, kao rješenje s najviše troškova, dugoročno može biti isplativo ukoliko se u knjizi narudžbe budu pojavljivali slični brodovi, a također bi pojednostavilo i porinuća ostalih tipova brodova. S druge strane, pomoćne naprave tj. pontoni nisu investicija koja propada, već ostaju u brodogradilištu u funkciji gradnje brodova.

REFERENCES

- [1] Uljanik brodogradilište, B-886-0 – "Analiza smještaja-Ledolomac"
- [2] Uljanik brodogradilište, 1-102-141 – "Proračun porinuća"
- [3] Uljanik brodogradilište, "Proračun strukture pontona"

(2.10)

Nikola Mikačić dipl. ing., Brodosplit-Brodogradilište d.o.o., Put Supavla 21, 21000 Split
Melani Čulić dipl. ing., Brodosplit-Brodogradilište d.o.o., Put Supavla 21, 21000 Split

SUVREMENA PROIZVODNA LINIJA TANKIH PANELA (LASER-HIBRIDNA TEHNOLOGIJA)

Sažetak

Modernizacija brodograđevnog proizvodnog procesa u fazi sklapanja sekcija brodskog trupa bazira se na fleksibilnim proizvodnim linijama. Radi se o mehaniziranim, a dijelom automatiziranim odnosno robotiziranim proizvodnim linijama koje omogućavaju da se u tehnološkoj fazi sklapanja čelika ostvari u potpunosti koncept "kretanja proizvoda kroz proces" umjesto "kretanja procesa kroz proizvod". Ostvarenjem ovoga principa omogućeno je povećanje propusne moći i smanjenje troškova ove faze gradnje trupa broda. Osim toga, omogućuje se bolja logistika procesa, a time i upravljivost procesa.

U članku je dat prikaz strukture i konfiguracije automatizirane proizvodne linije tankih panela (4-15 mm) te potrebna obrada rubova limova i profila za aplikaciju laser-hibridne tehnologije zavarivanja u cilju smanjenja unosa topline u osnovni materijal kako bi se postigli niži troškovi proizvodnog procesa gradnje putničkih i Ro-pax brodova.

Ključne riječi: modernizacija proizvodnog procesa, proizvodna linija tankih panela, laser-hibridno zavarivanje

MODERN THIN PANEL PRODUCTION LINE (LASER-HYBRID TECHNOLOGY)

Summary

Modernization of the ship production process in the stage of hull sections assembly is based on the flexible production lines. They are entirely mechanized or partly automatized or robotized production lines and they are making possible, in the technological stage of a steel assembly process, the accomplishment of the concept of "moving the product through the process" instead of "moving the process through the product". The accomplishment of this principle makes possible the increasing of the production process flow and the reduction of costs on this stage of the ship hull production. Beside this, the logistics of the process can be increased and consequently the controllability of the process too.

This material displays the structure and the configuration of automatized thin panel production line (4-15 mm) as well as plates and profiles edge treatment required for laser-hybrid welding technology application in order to reduce heat transfer in basic material and costs of production process in building of passengers and Ro-pax ships.

Key words: production process modernization, thin panel production line, laser-hybrid welding

1. Uvod

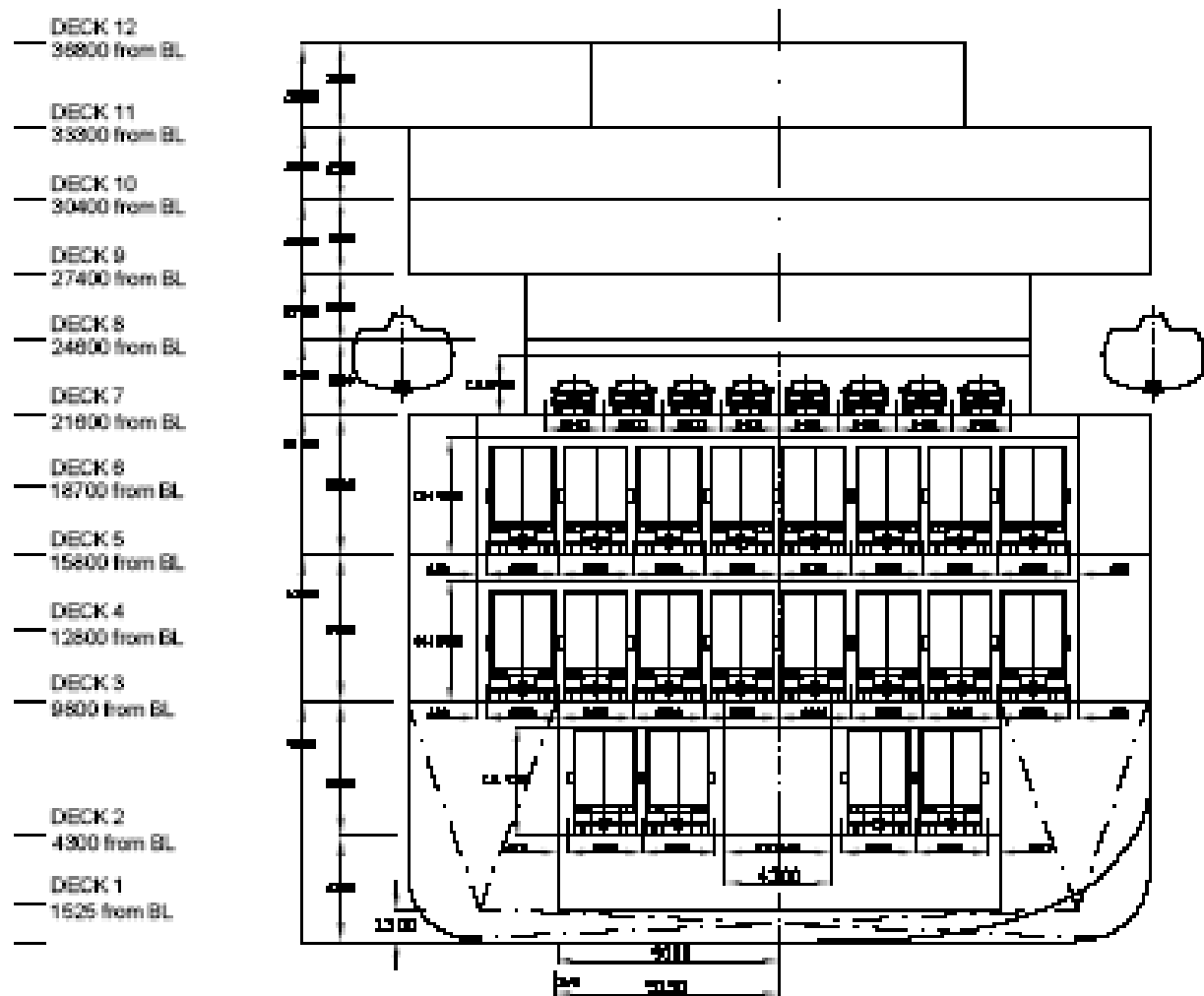
U suvremenim brodogradilištima u Europi i u svijetu prisutan je koncept proizvodnih linija gdje se uz pomoć podnog transporta materijal kreće kroz radna mjesta već definiranim redoslijedom operacija u cilju smanjenja troškova i vremena izrade. Današnji tehnološki proces u Brodosplitu je također baziran na proizvodnim linijama koje su mehanizirane i automatizirane ili robotizirane.

U ovom članku biti će govora o automatiziranoj proizvodnoj liniji za izradu tankih panela paluba putničkih i Ro-pax brodova laser-hibridnom tehnologijom. Kroz opis linije za izradu tankih panela biti će prikazana struktura i konfiguracija linije, oprema i tehnologija laser-hibridnog zavarivanja. Na kraju članka dati će se zaključna razmatranja s troškovima nabavke proizvodne linije.



Slika 1. Ro-pax brod za prijevoz vozila i putnika

Fig. 1 Passenger Ro-pax vessel



Slika 2. Ro-pax - presjek

Fig. 2 Ro-pax transverse section

2. Struktura i konfiguracija proizvodne linije tankih panela

Proizvodni proces linije za izradu tankih panela organiziran je na tri radne stanice na kojima se odvijaju sljedeće operacije :

1. stanica: stanica za jednostrano zavarivanje
2. stanica: stanica za obrezivanje, čišćenje i označavanje panela
3. stanica: stanica za montažu i zavarivanje profila



Slika 3. Linija za izradu tankih panela u Monfalcone - Italija

Fig. 3 Thin panel production line in Monfalcone - Italy

Proizvodna automatizirana linija tankih panela je organizirana kao protočna linija za izradu ravnih panela maksimalne širine 13 m, dužine 18 m i debljine 4 do 15 mm.

Proces izrade tankih panela započinje na način da se magnetskom dizalicom dovede lim na ulazni konvejer stanice za jednostrano zavarivanje. Stanica je koncipirana tako da se modernom tehnologijom glodanja i laser-hibridnim zavarivanjem postignu visoki proizvodni učinci. Dakle, kroz pripremu spoja takozvani "nulti žlijeb" i laserskim zavarivanjem postiže se manji unos topline, a time i manje deformacije tankog panela.

Podnim lančanim transportom panel se dovodi do stanice za obrezivanje, čišćenje i trasiranje koja je koncipirana na principu portala koji nosi uređaj za rezanje (plinski ili plazma gorionik) i uređaj za pjeskarenje i trasiranje.

Sljedeći takt je sastavljen od montažnog i zavarivačkog portala na kojem je instaliran uređaj za MIG/MAG zavarivanje sa dodatnom mogućnošću laser-hibridnog kutnog zavarivanja profila.

S tim u svezi, proizvodni proces bi bio organiziran kroz taktna vremena koja se kreću od dva do četiri radna sata sa radom u dvije smjene.

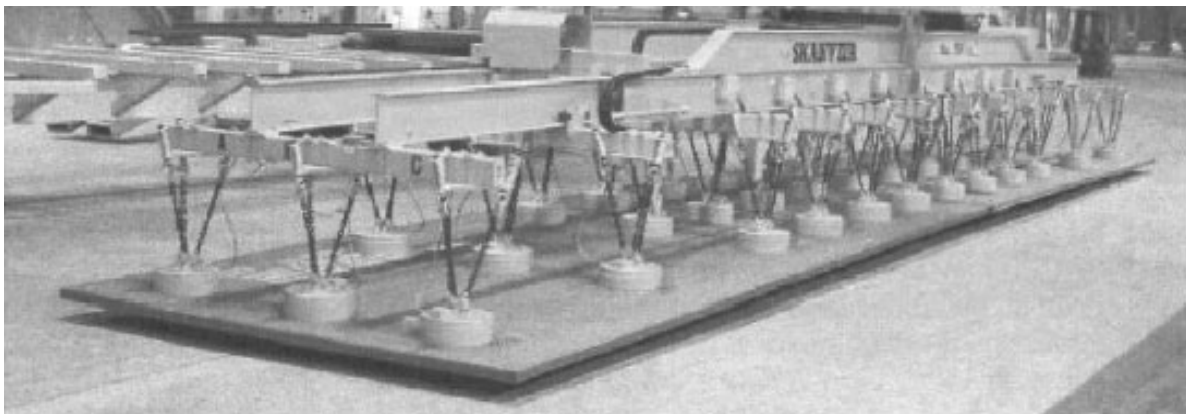
2.1. Prva stanica: stanica za jednostrano zavarivanje

Predmetna stanica uključuje:

2.1.1. Magnetska dizalica sa traverzom

Tehničke značajke magnetske dizalice sa traverzom:

- nosivost: 80 kN
- raspon: 17 m
- visina dizanja: 3 m
- traverza: 12 m x 3 m
- broj magneta: 32 kom.
- upravljanje: radio kontrola



Slika 4. Magnetska dizalica sa traverzom

Fig. 4 Magnetic crane with traverse

2.1.2. Obradna stanica za pripremu limova za laser-hibridno zavarivanje

Obradna stanica je konstruirana na način da se istovremeno vrši glodanje dva sučeljena ruba lima koji se trebaju spojiti u zavarivačkom procesu. Cijeli sustav prihvata lima u procesu glodanja je koncipiran na principu nosivog okvira koji je čvrsto vezan sa temeljem poda. Dvije aktivne pomične grede su ugrađene u taj okvir, a one formiraju podnožje postrojenja koje skupa sa postoljem za nošenje i smještaj limova te napravom za pripajanje limova omogućavaju veliku učinkovitost procesa.

Elektro-mehaničko obradno postrojenje čine:

- sistem klizača sa glodajućim alatom
- sistem za pripajanje/učvršćenje limova
- nosivi stol za limove
- sistem podešavajućih stezaljki sa postoljem za podešavanje razmaka limova u korijenu žlijeba
- pomična dizalica za izmjenu alata za glodanje
- sistem vodilica za vertikalno poravnavanje rubova limova
- sistem kuglastih kotača za uzdužni i poprečni prijenos limova unutar postrojenja
- sistem za poprečno usmjeravanje limova u odnosu na liniju izvođenja proizvodnog toka
- softverski i hardverski upravljački sustav
- hidraulički sustav

Tehničke značajke obradne stanice:

duljina ruba lima za obradu: 6000 - 13000 mm

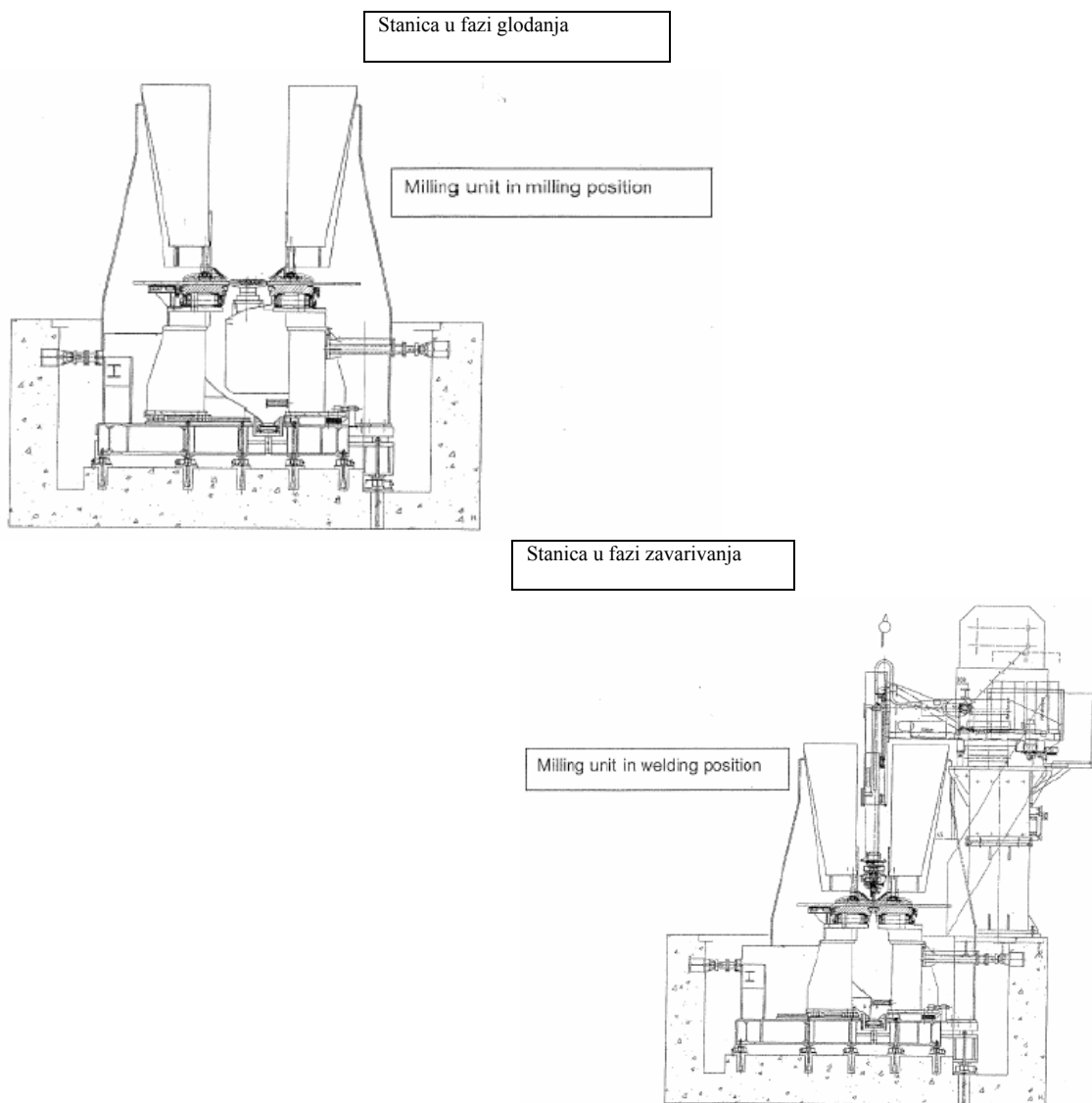
debljina lima za strojnu obradu: 4 - 15 mm

maksimalna hidraulička pritezna sila na lim: 80 kN/m

glodalica:

- dimenzija glodala: 500 mm
- brzina: 0,2 - 6 m/min
- preciznost glodanja: $\pm 0,1$ mm na 13 m dužine lima
- snaga glodanja: 45 kW

težina obradne stanice: 270 t



Slika 5. Obradna stanica u fazi glodanja i zavarivanja

Fig. 5 Milling machine in milling and welding position

2.1.3. Laser-hibridna oprema za zavarivanje

Zavarivačka kolica sa laser-hibridnom opremom su montirana na nosivu konstrukciju obradne stanice za pripremu rubova limova. Na nosivoj gredi spomenute konstrukcije montiran je šinski sistem gibanja zavarivačkih kolica koja su opremljena sljedećim elementima:

nosiva čelična konstrukcija za smještaj i priključak komponenti laser-hibridne zavarivačke opreme

motor pogona vožnje zavarivačkih kolica (brzina vožnje: 0,3 - 20 m/min)

sistem za vertikalno i horizontalno pomicanje zavarivačke glave

laser-hibridna zavarivačka glava sastoji se:

- optički modul sa ugrađenom kamerom
- MIG/MAG gorionik
- podesivi nosači optičkog modula za podešavanje nagiba ($\pm 5\%$ horizontalno prema liniji šava)
- podesivi sistem za podešavanje MIG/MAG gorionika u smjeru x-y-z osi prema osi laserske zrake

sistem za praćenje šava tijekom zavarivanja

integrirani sistem za odvođenje štetnih plinova i dima tijekom zavarivanja

upravljački panel operatera za upravljanje svim procesima laser-hibridnog zavarivanja

Glavne komponente laser-hibridnog zavarivanja su:

laserska zraka:

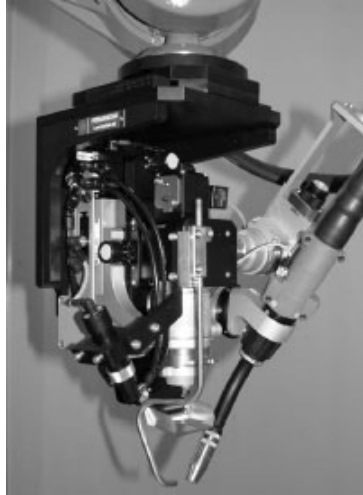
- efekt dubokog unosa dodatnog materijala bez velikog unosa topline
- provarivanje korijena zavora

MIG komponenta:

- rastaljivanje žice dodatnog materijala
- rastaljivanje rubova limova
- formiranje metalne kupke rastaljenog materijala pogodne za daljnje djelovanje laserske zrake

senzorski elementi:

- provjera i procjena ograničenja za normalno izvođenje zavarivanja kao što su preveliki otvori žljebova i razmaci korijena žlijeba između limova koji se spajaju i drugo
- otkrivanje pukotina u šavu zavora.



Slika 6. Laser-hibridna zavarivačka glava

Fig. 6 Laser-hybrid welding head

Redosljed izvođenja osnovnih postupaka kod laser-hibridnog zavarivanja:

1. priprema rubova limova sa strojem za glodanje
2. prvi obilazak zavarivačkih kolica po mjestu spajanja pri čemu se izvode sljedeće radnje:
 - točkasto zavarivanje laserom na približno 3 do 4 mjesta
 - zavarivačka kolica odlaze na početnu poziciju za početak zavarivanja
 - započinje laser-hibridno zavarivanje
 - nakon završetka zavarivanja zavarivačka kolica vraćaju se na početnu poziciju

Tehničke značajke zavarivačke stanice:

- tip lasera: DISC LASER 12 kW
- brzina zavarivanja: 1,6 - 2,5 m/min
- debljina limova: 4 - 15 mm
- zaštita postrojenja od laserskog zračenja
- sustav za rashlađivanje lasera

2.1.4. Podna transportna oprema sa okretnom stanicom

Tehničke značajke podne transportne opreme:

- broj lančanih konvejera: 4 kom.
- ulazni i izlazni portal za prihvat lima: 60 kN/m
- okretna stanica: 11 m x 11 m

2.2. Druga stanica: stanica za obrezivanje, čišćenje i označavanje panela

Tehničke značajke stanice:

- širina portala: 17200 mm
- plinska (plazma) okretna glava
- sustav VacuBlast za čišćenje i pozicioniranje uzdužnjaka: 20 m/min
- sustav za označavanje: 3 Arc-markera za linije



Slika 7. Portal za obrezivanje, čišćenje i označavanje panela
Fig. 7 Gantry for panel cutting, grinding and marking

2.3. Treća stanica: stanica za montažu i zavarivanje profila

Sastoji se od:

- pokretni portal sa magnetskom gredom za montažu profila sa 13 magneta
- fiksni zavarivački portal raspona 16 m sa zavarivačkom opremom
- preddeformacijska stanica duljine 13 m sa silom na magnetima od 60 kN/m
- nosač sa paletom za profile duljine 13 m
- podni lančani transport brzine 5 m/min



Slika 8. Portal za montažu profila
Fig. 8 Profile mounting gantry



Slika 9. Portal za zavarivanje profila

Fig. 9 Profile welding gantry

3. Zaključak

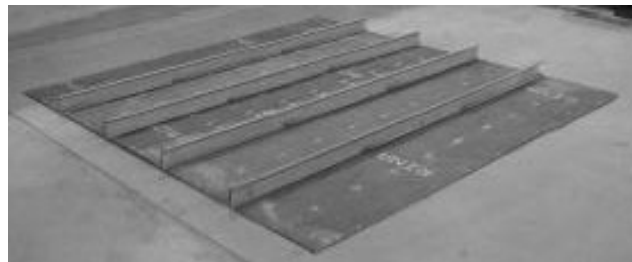
Uvođenjem u brodograđevni proces proizvodne linije tankih panela na bazi laser-hibridne tehnologije zavarivanja postižu se sljedeći ciljevi :

- smanjenje troškova izrade tankih panela
- smanjenje vremena izrade
- manji unos topline u osnovni materijal, a samim tim su i manje deformacije materijala



Slika 10. Izrada panela zavarivanjem pod praškom

Fig. 10 Thin panel production with SAW weld



Slika 11. Izrada panela laser-hibridnim zavarivanjem

Fig. 11 Thin panel production with laser-hybrid weld

- manja je potrošnja energije te se postiže velika energetska učinkovitost (odnos ulazne električne prema izlaznoj optičkoj snazi zračenja)
- veća prilagodljivost zahtjevima
- kompaktno integrirana konstrukcija i drugo.

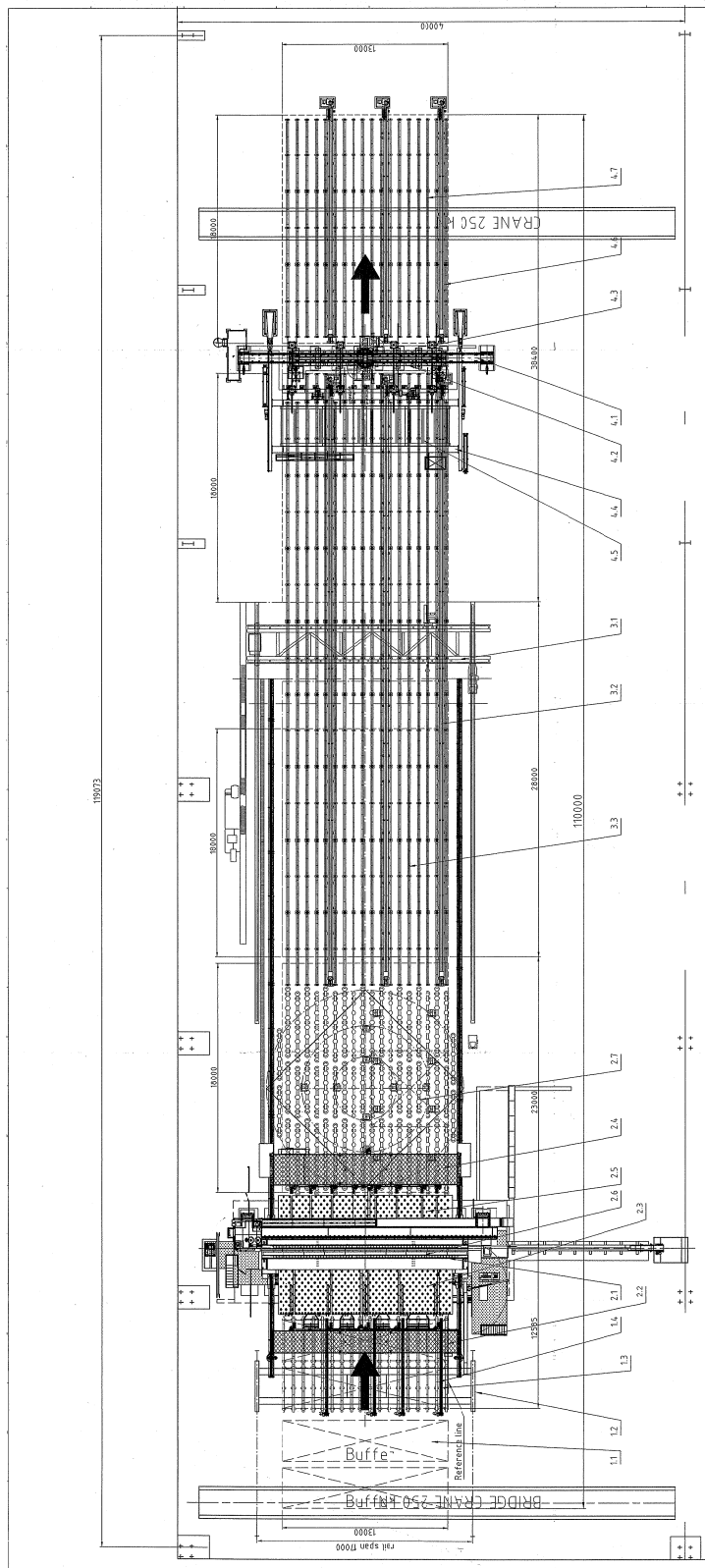
Proizvodna linija tankih panela predviđena je za rad u dvije smjene, a za obavljanje radnih operacija potrebno je 5 radnika. Ukupna cijena ove investicije je 12.5 milijuna EUR-a.

Panel linija sa laser-hibridnim zavarivanjem je instalirana u nekoliko svjetskih brodogradilišta koja su specijalizirana za gradnju luksuznih putničkih brodova, a to su:

- Meyer Werft - Njemačka (panel linija 20 m × 20 m)
- Aker Yards - Finska (panel linija 16 m × 20 m)
- Fincantieri Monfalcone - Italija (panel linija 16.5 m × 24 m)

LITERATURA

- [1] A. Čagalj: "Fleksibilna automatizacija u proizvodnji broskog trupa" Magistarski rad, FSB - Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 1993.
- [2] Proposal for the panel line 13 m (Laser-Hybrid-Welding), IMG - Njemačka, 2008.
- [3] Offer for PEMA flat panel line and profile edge milling station, PEMA - Finska, 2008.
- [4] Offer for the supply of a panel production line in shipyard Brodosplit, MECA - Italija, 2008.



STANICA 1:

- 1.1 PROSTOR ZA ODLAGANJE LIMOVA
- 1.2 MAGNETSKA DIZALICA SA TRAVERZOM
- 1.3 LANČANI KONVEJER
- 1.4 POLJE OKRETNIH KOTAČA
- 2.1 OBRADNA STANICA - GLODALICA
- 2.2 ULAZNI PORTAL ZA DOVOZ I CENTRACIJU LIMA
- 2.3 POZICIONI RADNI STOL
- 2.4 IZLAZNI PORTAL ZA ODVOZ PANELA
- 2.5 POLJE KUGLASTIH KOTAČA
- 2.6 LASER-HIBRIDNI PORTAL SA OPREMOM ZA ZAVARIVANJE
- 2.7 OKRETNNA STANICA (11 m x 11 m)

STANICA 2:

- 3.1 PORTAL SA UREĐAJEM ZA OBRZIVANJE, ČIŠĆENJE I OZNAČAVANJE
- 3.2 LANČANI KONVEJER
- 3.3 POLJE OKRETNIH KOTAČA

STANICA 3:

- 4.1 PORTAL SA OPREMOM ZA KUTNO ZAVARIVANJE PROFILA
- 4.2 PREDDEFORMACIONA STANICA
- 4.3 UREĐAJ ZA PODEŠAVANJE PANELA
- 4.4 MONTAŽNI MAGNETSKI PORTAL ZA PROFILE
- 4.5 PALETA SA PROFILIMA
- 4.6 LANČANI KONVEJER
- 4.7 POLJE OKRETNIH KOTAČA

Slika 12. Smještaj suvremene proizvodne linije tankih panela u Brodosplit - Brodogradilištu

Fig. 12 Lay-out of thin panel production line in Brodosplit Shipyard

Dino Macan, ULJANIK Brodogradilište d.d.
Dani Dundara, ULJANIK Brodogradilište d.d.
Doriano Čehić, ULJANIK Brodogradilište d.d.
Anto Tusun, ULJANIK Brodogradilište d.d.
Eduard Milovan, ULJANIK Brodogradilište d.d.

TEHNOLOGIJA IZRADE, MONTAŽE I KONTROLIRANOG SPUŠTANJA KOPAČA U TRUP BRODA – TEORIJA I PRAKSA

Sažetak

Tijekom razrade projekta broda za jaružanje pijeska, mulja i kamenja izdvojen je kopač – 1200 tona teška radna ruka za kopanje kao tehnološka cjelina, te je za nju razvijena tehnologija izrade, montaže i kontroliranog spuštanja u brod, prije porinuća broda. Prethodno spomenuta tehnologija je prezentirana kao teoretski rad na "Sorti 2008", a ovaj rad će teorijsku podlogu potvrditi, te obogatiti iskustvima i ostvarenjima iz prakse.

Ključne riječi: brod za jaružanje, kopač, "porinuće" kopača

TECHNOLOGY OF CUTTER FABRICATION, MOUNTING AND CONTROLLED LOWERING INTO SHIP HULL – THEORY AND PRACTICE

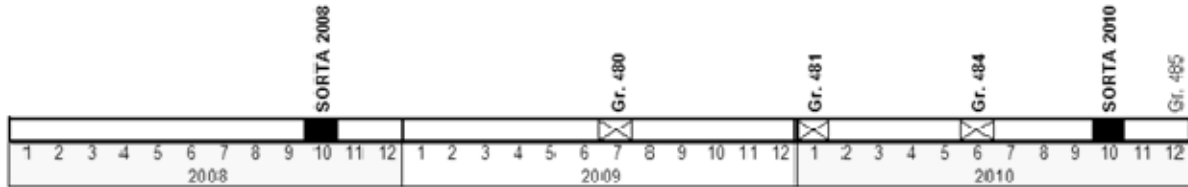
Summary

During the initial stage of project realization of our Self propelled cutter suction dredger, we have separated 1200 ton cutter ladder as a unique technological unit for which we have devised fabrication and mounting technology, together with detailed procedure for controlled lowering into the ship hull and assembling process. The above mentioned technology was presented in theory on our last Symposium "Sorta 2008" and this work will give proof of theory and enrich it by actual experiences and achievements from actual events.

Key words: self propelled cutter suction dredger, cutter ladder, cutter "launching"

1. Uvod

U duhu simpozija "Sorta" u radu je prikazan osvrt na teorijske postavke iznesene u radu koji je pod jednakim naslovom objavljen na XVIII. simpoziju 2008.



Slika 1. Put od teorije do prakse

Fig. 1 Path from theory to practice

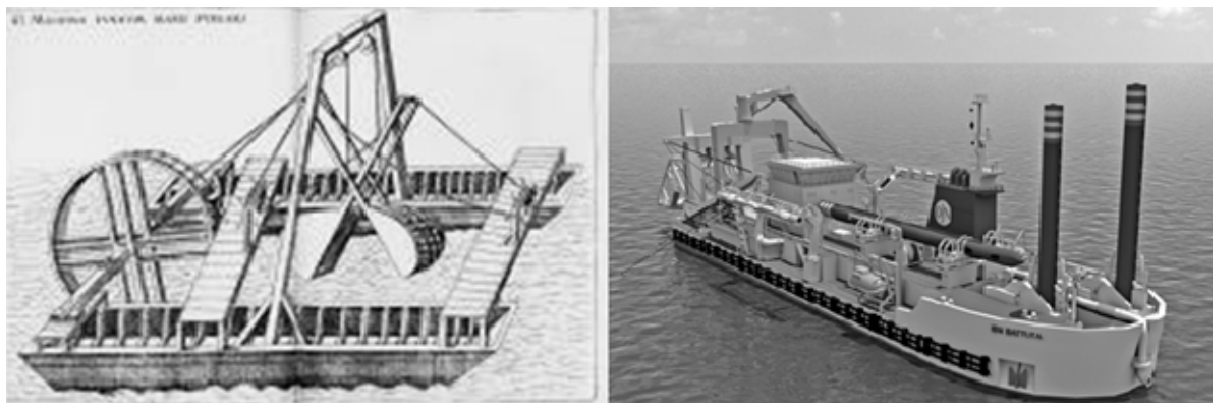
Slika 1. prikazuje vremensku skalu i navodi ključne događaje u periodu između dva simpozija. Rad na rješenju porinuća kopača u brod je startao već 2007, na "Sorti 2008" su izneseni rezultati rada u obliku teorije, nakon čega se krenulo u pripreme za realizaciju porinuća prvog kopača za novogradnju Gr. 480.

Teorija je uspješno potvrđena, te ponovno provedena na novogradnjama Gr. 481 i Gr. 484. Koncem godine će se provesti porinuće kopača i na zadnjoj gradnji u seriji Gr. 485.

2. Jaružari

Jaružari su brodovi koji su namijenjeni prije svega uklanjanju materijala ispod vode, a danas je namjena proširena i na poslove nasipavanja.

Brodovi ovog tipa su najčešće korišteni za potrebe održavanja luka i plovnih putova, za polaganje cjevovoda za potrebe eksploatacije plina i nafte s udaljenih izvora na morskom dnu. Iako ovaj tip broda postoji već dugi niz godina, gradnja umjetnih otoka u Perzijskom zaljevu i angažman na održavanju Panama kanala su ovaj tip broda eksponirale kao brod koji nije samo zanimljiv brodograditeljima, nego i općoj populaciji stanovništva kao zanimljiv i impozantan ljudski pothvat. Slika 2. prikazuje kako su jaružari izgledali nekada, a kako izgledaju danas.



Slika 2. Jaružari – evolucija

Fig. 2 Dredgers - evolution

Kao i kod svakog tipa broda, razvile su se određene podvrste, pa stoga se jaružari mogu naći u raznim konfiguracijama. Raznolikost uglavnom potječe od načina na koji se materijal s dna mora uklanjati, te o tome što se kasnije može raditi s iskopanim materijalom.

Složenost se kreće od jednostavnih barži koje na sebi nose građevinski stroj za kopanje, koji kao takvi nemaju nikakvu autonomiju plovidbe, pa do danas najsloženijih plovni objekata koji su u stanju iskopati desetke tisuća tona materijala dnevno, prebaciti materijal u barže ili iskopani materijal plutajućim cjevovodom prebaciti na obalu.

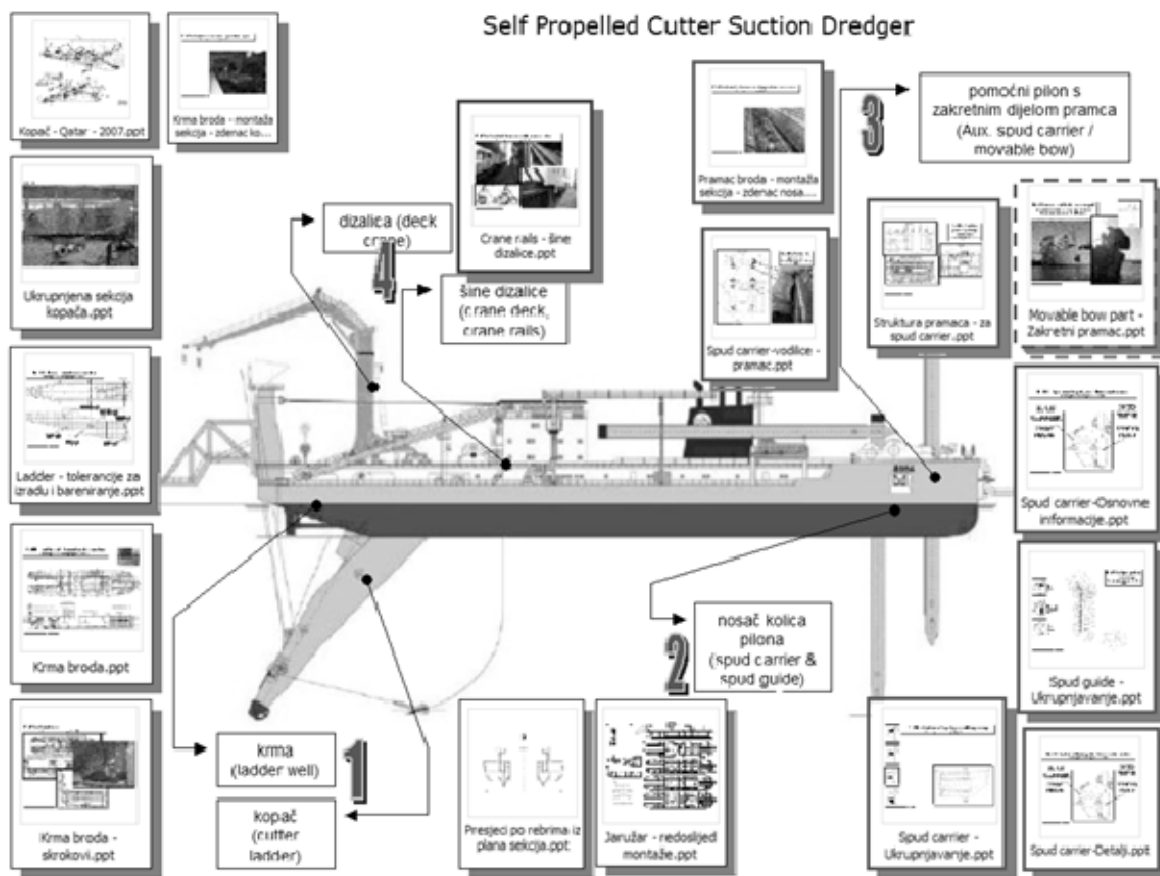
Ovaj rad opisuje izradu i ugradnju ruke za kopanje (kopača) upravo jednog takvog sofisticiranog jaružara, engleski naziv, "Self Propelled Cutter Suction Dredger".

3. Funkcija i specifičnosti kopača

Kako bi se prikazala kompleksnost broda na Slici 3. su prikazani najznačajniji elementi bez kojih ovaj tip broda ne može funkcionirati,

Izdvajamo stavku označenu brojem 1., koja predstavlja Kopač u krmenom zdencu za potrebe osiguranja funkcije jaružanja, gdje su ukomponirani sustavi za manipulaciju kopačem, te sustavi za bočni pomak krme broda pri jaružanju. Stavke 2. i 3. predstavljaju glavni i pomoćni pilon u pramčanom zdencu i okretnom pramcu. Namjena ovog dijela postrojenja je održanje pozicije, te svojevrsna vožnja krmom tijekom procesa kopanja. Stavka 4. objedinjuje kompletnu palubu dizalice sa svom opremom i dizalicom čiji je radni hod po cijeloj duljini broda. Preostali dio broda je jednostavnim rječnikom jedna velika strojarnica organizirana za zadovoljavanje funkcija pogona svih funkcija broda.

Funkcija kopanja se osigurava svojevrsnom rukom za kopanje (u nastavku kopač), koja je spojena s brodom u krmenom dijelu, ima mogućnost zakretanja u položaj kopanja ispod vode, opremljena je rotirajućim alatom za kopanje sa svojim pogonom i na koncu kopač je opremljen pumpom i cjevovodom kojim se iskopani materijal usisava i transportira u brod.



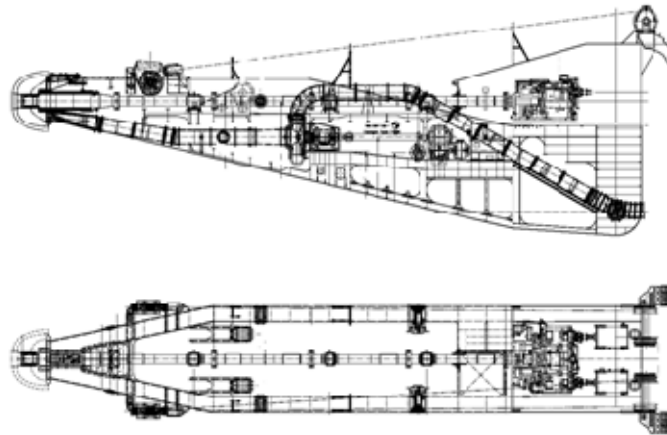
Slika 3. Kopač kao dio broda

Fig. 3 Cutter ladder as a integral part of a ship

Sve prethodno navedeno je potrebno ukomponirati u jedan prostor i osigurati nelimitiranu funkcionalnost.

Pored toga treba napomenuti da se radni uvjeti tijekom eksploatacije kreću u maksimalnom rasponu od ekstremnih arktičkih, pa do jednako tako ekstremnih tropskih uvjeta na drugom dijelu spektra.

U potpunom radnom vijeku broda, tijekom eksploatacije, približno $\frac{3}{4}$ kopača je uvijek uronjena u vodu. Zahtjevi za znanjima, vještinama i kvalitetom rada su iznimno visoki.



Slika 4. Funkcije kopača

Fig. 4 Cutter ladder functions

Slika 4. prikazuje glavne elemente kopača, kojima se osiguravaju glavne funkcije.
 oprema za kopanje i cjevovod za transport iskopanog materijala
 strojnica za pogon alata za kopanje s osovinskim vodom
 oprema za podizanje/spuštanje kopača
 oprema za vezu (zaklinjenje) između kopača i broda

4. Tehnologija izrade i montaže sekcija kopača

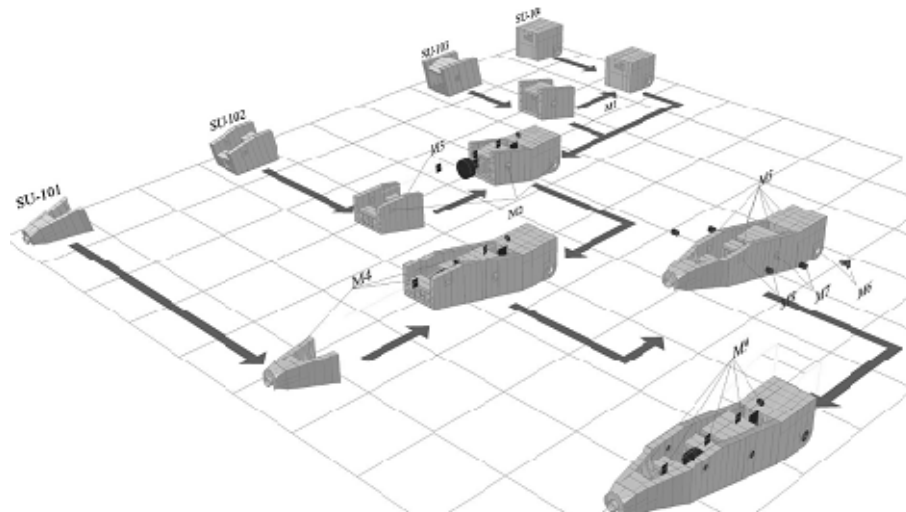
4.1. Izrada kopača

Tehnologija gradnje broda zahtijeva podjelu posla na tehnološke faze, koje svojim slijedom izvršavanja garantiraju postizanje zahtijevanih karakteristika. Kopač je podijeljen na montažne jedinice, koje su potom podijeljene na predmontažne sekcije, sklopove i na kraju brodograđevne elemente.

Kao što to prikazuje Slika 5., svaka od montažnih jedinica je obuhvatila jedan dio osobina kopača.

Montažna jedinica:

- 101 sadrži glavni ležaj osovine za pogon alata za kopanje,
- 102 sadrži točku morskog veza kopača i temeljenje užnica za podizanje kopača,
- 103 sadrži prekretnu točku kopača, te temeljenje pumpe jaružanja,
- 104 sadrži glavnu okretnu točku kopača, te temeljenje pogonskog stroja kopača.



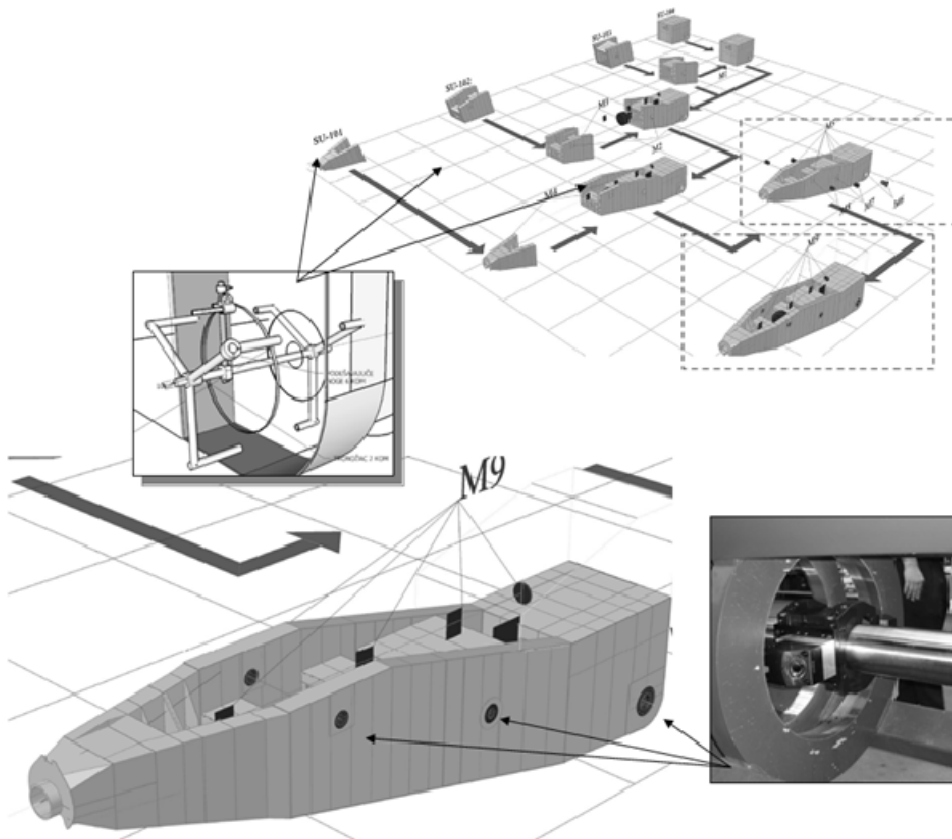
Slika 5. Kopač dodijeljen na montažne jedinice

Fig. 5 Cutter ladder divided into assembly units

4.2. Montaža na navozu

Prethodno navedene jedinice su na navozu spojene u jednu cjelinu prema znanju i mogućnostima uobičajene brodograđevne proizvodnje. Pri tome je korištena moderna oprema za mjerenje i kontrolu geometrije.

Upotreba mjerne opreme je još naglašenija u ranijoj fazi procesa izrade, pri izradi montažnih jedinica, dok se na navozu nastojalo osigurati globalnu geometriju kopača.



Slika 6. Ugradnja ležajeva točaka zaklinjenja kopača u brod

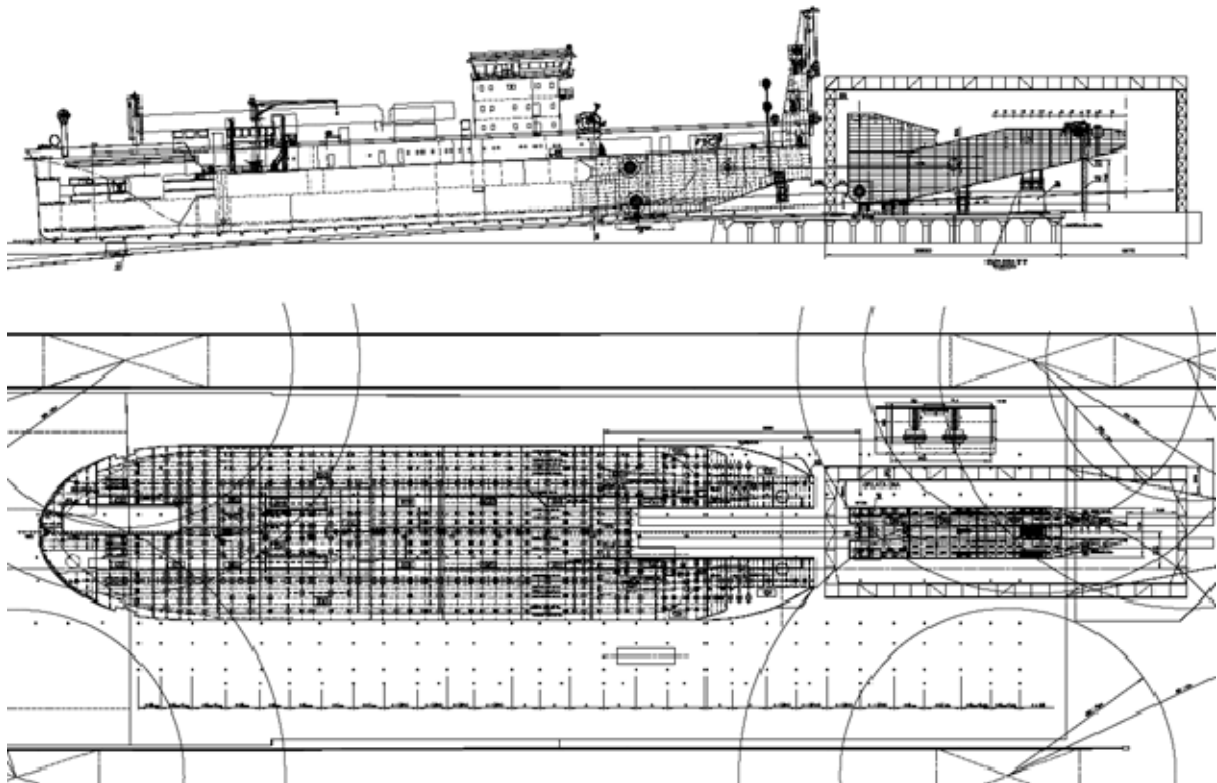
Fig. 6 Cutter ladder hinge positions installation

Slika 6. prikazuje dio posla koji je rađen nakon što je kopač formiran kao cjelina na navozu. Izmjerena su odstupanja, rezan je višak materijala na pozicijama ugradnje ležajeva, te se na taj način moguća greška svela na odstupanja nakon zavarivanja ležajeva u strukturu kopača.

Nakon zavarivanja je provedena završna strojna obrada ležajeva, te su isti opremljeni i pušteni u funkciju na navozu. Time je ispunjen prvi preduvjet za porinuće kopača u brod, a to je kopač spreman za spajanje s brodom.

5. Položaj broda i kopača na navozu

Slijedeći preduvjet je imati brod na navozu spreman za primiti kopač, a kako bi to bilo moguće odstupilo se od uobičajene prakse porinuća broda krmom prema moru i cijeli pothvat je zamišljen i prilagođen lakšem porinuću kopača u broda. Stoga je pramac orijentiran prema moru, a krma je "postavljena" ispred vrata hale u kojoj se gradi kopač.



Slika 7. Položaj broda na Navozu N2

Fig. 7 Ship location at the Berth N2



Slika 8. Brod u gradnji na navozu – Gr. 481

Fig. 8 Ship at the Berth – Yard 481



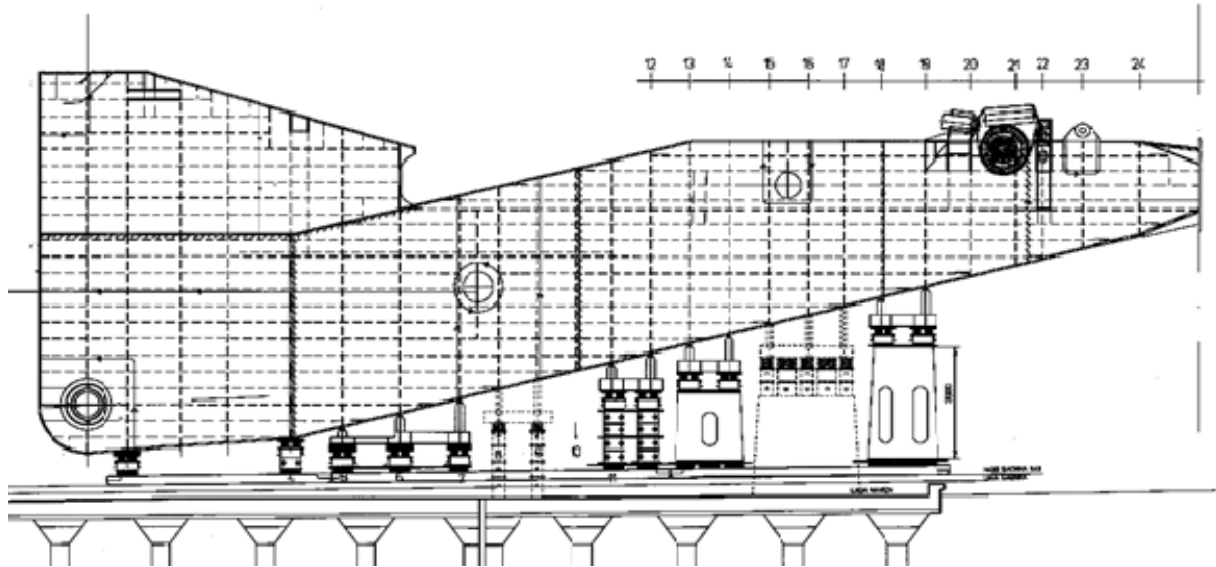
Slika 9. Krma broda, pogled prema hali za izradu kopača – Gr. 481

Fig. 9 Stern, view toward cutter ladder workshop – Yard 481

6. Kontrolirano spuštanje kopača – porinuće kopača

6.1. Potklađivanje

Kako bi se uspješno provela operacija kontroliranog spuštanja kopača, kopač je tradicionalno pripremljen na način kako se provodi porinuće broda sistemom saonica koje kližu po saoniku, te pakiranjem između saonica i kopača. Tijekom gradnje kopača se sustav oslanjanja kopača mijenjao kako bi se osigurali uvjeti za montažu opreme.



Slika 10. Kopač spreman za proceduru porinuća

Fig. 10 Cutter ladder ready for launching procedure

Uredno potklađivanje mora osigurati prethodno točno dogovorenu i proračunatu poziciju, od koje ovisi rezultat spajanja kopača s brodom.



Slika 11. Detalj oslanjanja kopača na saonice

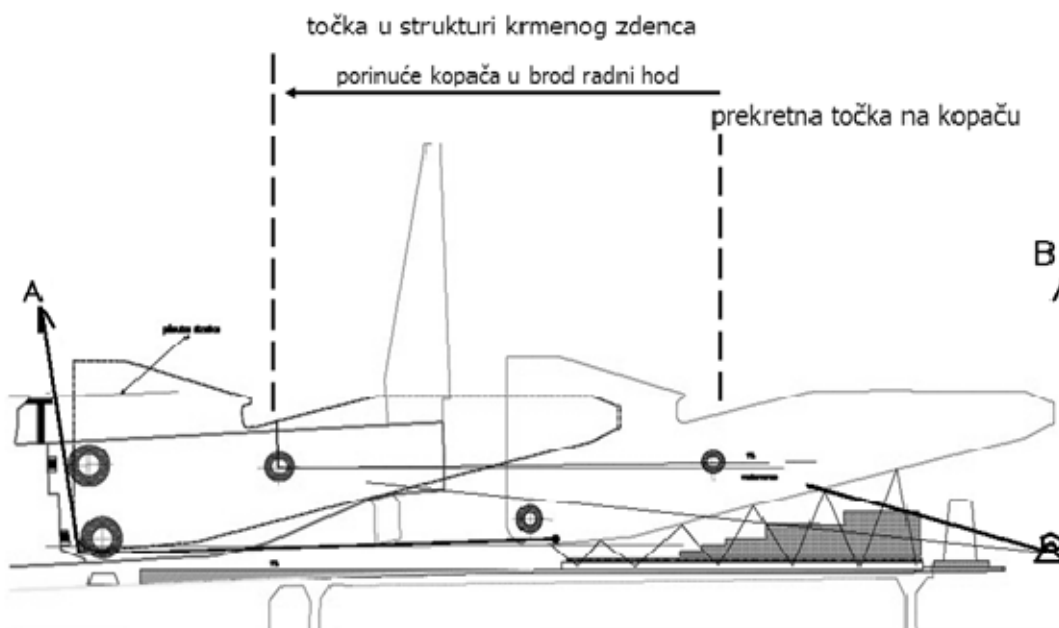
Fig. 11 Cutter ladder support – connection to the sleds

6.2. Oprema za kontrolirano spuštanje

Pripreme su uključile smještaj opreme za kontrolirano spuštanje, odnosno, ugradnju uški koje su kasnije korištene kao hvatišta čeličnih priveznica koje su spojene na portalne dizalice kojima je navoz kao građevno mjesto opremljen. Slika 12. prikazuje pozicije hvatišta dizalice A kojom se vrši potezanje kopača, i hvatište dizalice B koja ima ulogu kočnice, a samim time doprinosi naslovu kontrolirano spuštanje. Slike 13. do 15. prikazuju detalje opreme koja je korištena u hvatištima A i B.

6.3. Radni hod kopača

Slika 12. također prikazuje put koji kopač treba prevaliti iz pozicije na kojoj je građen do pozicije na kojoj se mora spojiti s brodom.



Slika 12. Radni hod kopača prilikom kontroliranog spuštanja

Fig. 12 Cutter ladder part during launching procedure



Slika 13. Hvatište A – početak povlačenja kopača

Fig. 13 Connection A – start of cutter ladder pulling

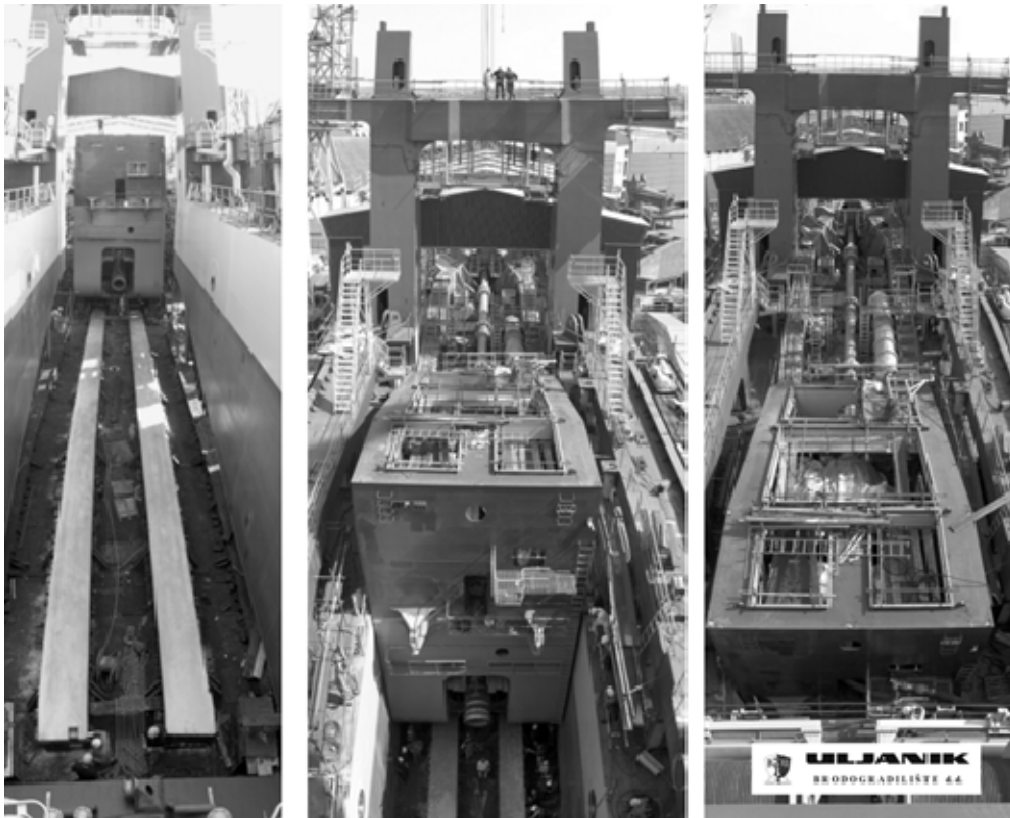


Slika 14. Hvatište B – pridržavanje kopača
Fig. 14 Connection B – cutter ladder holding



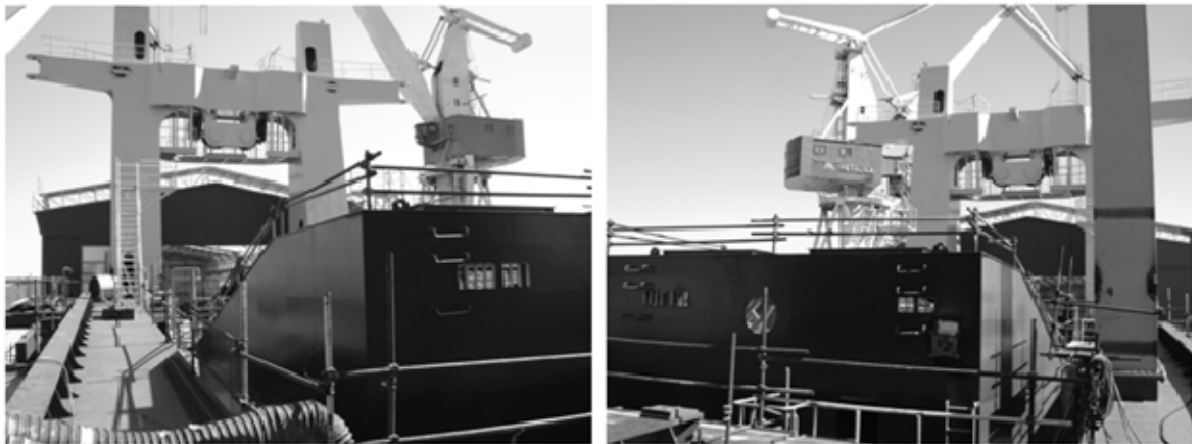
Slika 15. Hvatište A – Završno povlačenja kopača na konačnu poziciju
Fig. 15 Connection A – final cutter ladder pulling to its final position

6.4. Detalji spuštanja kopača



Slika 16. Prikaz faza porinuća – Gr. 481

Fig. 16 View of cutter ladder launching phases – Yard 481



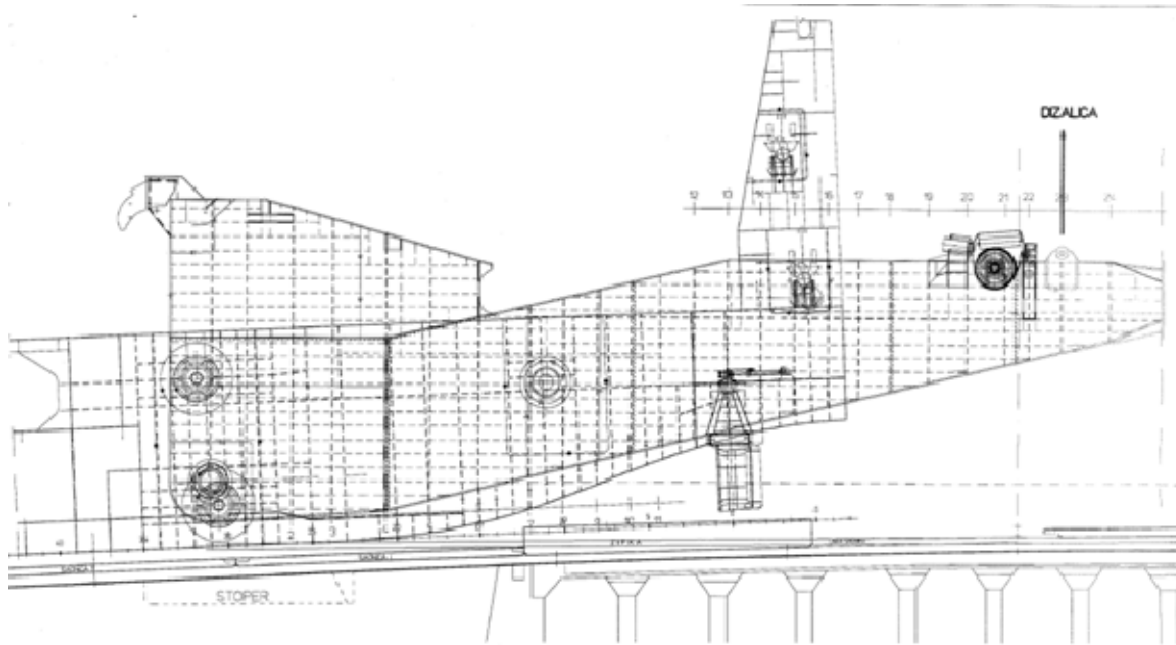
Slika 17. Prikaz faza porinuća – Gr. 484

Fig. 17 View of cutter ladder launching phases – Yard 484

6.5. Spajanje kopača s brodom

Nakon što je kopač doveden u prostor krme, preostala je ključna operacije cijelog pothvata, a to je spajanje s brodom. Kako bi to bilo moguće kopač je morao biti u sredini broda, te na pravilnoj visini od kobilice.

Slika 15. i Slika 17. prikazuju kopač u poziciji kada je spreman za spajanje s brodom.

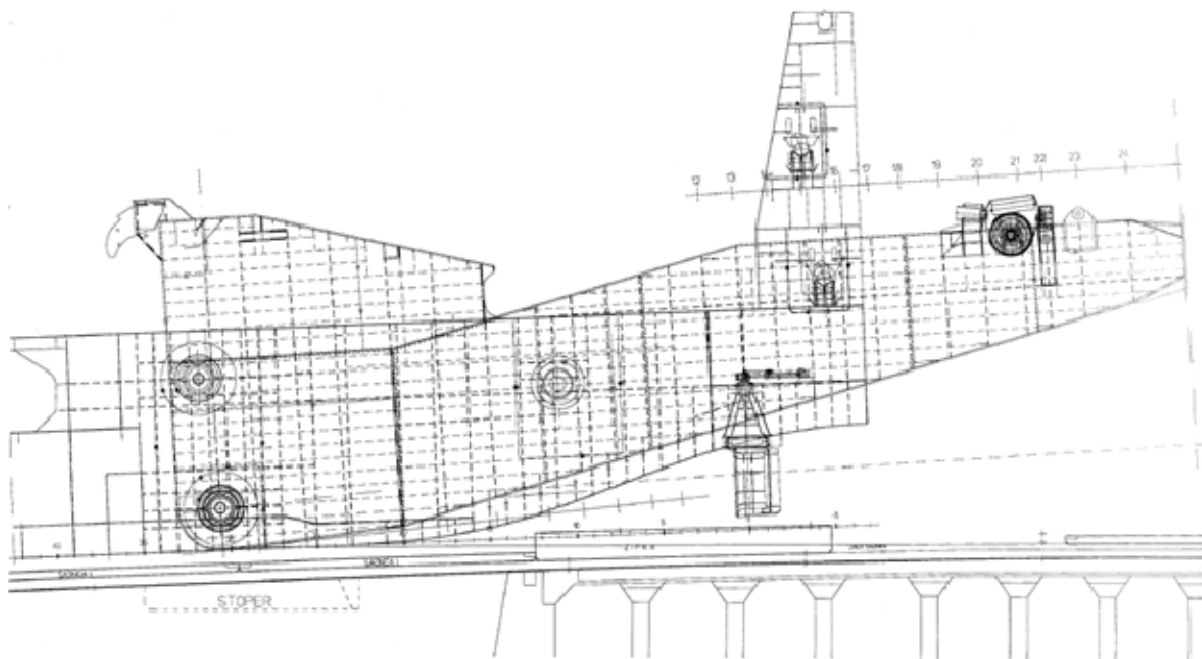


Slika 18. Kopač poziciji spajanja prekretno točke

Fig. 18 Cutter ladder in position for tilting point connection

Slika 18. prikazuje fazu kada je kopač doveden u poziciju poklapanja prekretnih točaka na kopaču s prekretnim točkama na krmi broda.

U tom trenutku su aktivirani cilindri unutar kopača koji su se zaklinili u ležaj u krmi, te je time formirana osovina oko koje je moguće preketati kompletan kopač.



Slika 19. Kopač poziciji spajanja okretne točke

Fig. 19 Cutter ladder in position for turning point connection

Slika 19. prikazuje poziciju kopača kada je zaklinjen u prethodno spomenutoj prekretnoj točki, te pomoću dizalice doveden u preklapanje okretnih točaka, te opet hidrauličkom zaklinjen u ležaj u krmu broda. Cijela operacija ovdje završava.

7. ZAKLJUČAK

Prethodno navedena tehnologija je uspješno primijenjena na aktivnim gradnjama u Brodogradilištu Uljanik, bez značajnih izmjena. Do dana kompletiranja ovog teksta provedena su tri porinuća, a slijedi još jedno.

Brodogradilište je pri tome uspjelo značajno smanjiti troškove angažmana plovni dizalica velikih nosivosti, a pored toga se uspjelo jednu od kritičnih i ključnih faza gradnje broda obaviti na KONTROLIRAN način i to s nama uobičajenim alatima i metodama rada. U tome leži značaj ovog pothvata.

REFERENCES

- [1] D. Macan, Đ. Dundara, D. Čehić, A. Tusun i E. Milovan, "Tehnologija izrade, montaže i kontroliranog spuštanja kopača prije porinuća u brod za jaružanje", Sorta 2008.

(2.12)

Doc. dr. sc. Marko Hadjina, dipl. ing., Tehnički fakultet Rijeka, Vukovarska 58, Rijeka

Red. prof. dr. sc. Nikša Fafandjel, dipl. ing.

Red. prof. dr. sc. Slavko Šimundić, dipl. ing.

Asist. Damir Kolić, dipl. ing.

METODA SIMULACIJE ZA PROJEKTIRANJE BRODOGRAĐEVNOG PROIZVODNOG PROCESA

Sažetak

U radu je opisana metodologija projektiranja brodograđevnog proizvodnog procesa koja se temelji na primjeni metode simulacijskog modeliranja. Od takve se metodologije očekuje da projektantima procesa omogući brži, efikasniji i kvalitetniji pristup projektiranju složenosti i dinamike kompleksnog brodograđevnog proizvodnog procesa. U prvom dijelu rada istraživane su metode i tehnike općenito primjenjivane za projektiranje proizvodnih procesa. Opisane su osnovne karakteristike simulacijskog modeliranja te razlozi primjene. Metodologija je primijenjena na konkretnom brodograđevnom proizvodnom procesu za projektiranje nove robotizirane linije za obradu profila. Nakon instalacije projektirane linije, provedena je evaluacija rezultata temeljem usporedbe sa stvarnim proizvodnim procesom. Temeljem zaključaka, predložene su i smjernice za daljnje istraživanje.

Ključne riječi: brodogradnja, proizvodni proces, metodologija projektiranja, simulacija

SIMULATION METHOD FOR SHIPBUILDING PRODUCTION PROCESS DESIGN

Summary

In this paper a simulation modeling based methodology for shipbuilding production process design is suggested. It is expected from suggested methodology to give faster, better and more efficient tool for designers of complex production processes, with special focus on shipbuilding production processes design. Within the first part of paper, various methods used in production process design practice, are investigated. In continuing, simulation modeling method is described due to its characteristics, and reasons for application. Furthermore, appliance of suggested methodology within specific shipyard production process is demonstrated. Acquired solution is finally tested and evaluated through comparison with installed robotized profile cutting line in specific shipyard production process. On grounds of conclusion droved from this comparison directions for further research are suggested.

Key words: shipbuilding, production process, design methodology, simulation

1. Uvod

Kako bi brodogradilišta bila konkurenta na današnjem brodograđevnom tržištu, ona kontinuirano moraju ulagati u svoj proizvodni proces s ciljem unapređenja proizvodnje radi povećanja produktivnosti i profita. Stoga brodogradilišta često poduzimaju značajne zahvate u svojim proizvodnim procesima, odnosno moraju se nositi sa zadatkom projektiranja i implementacije novih tehnologija u postojeći proizvodni proces, što je vrlo složeni projektni zahtjev, [1]. Projektiranje novoga proizvodnog procesa zadatak je koji se izvodi temeljem raznih pretpostavki uz poznata ograničenja. Rješenje je nužno rezultat složene međuovisnosti elemenata u postupku odlučivanja, [2]. U tom kontekstu, autori su analizirali i utvrdili nedostatke do sada primjenjivanih metodologija projektiranja brodograđevnog proizvodnog procesa. Slijedom uočenih nedostataka, posebno se izučavala i primjenjivala metoda simulacijskog modeliranja te drugi alati operacijskih istraživanja za projektiranje složenih proizvodnih procesa, a posebice brodograđevnog, [3]. Na temelju dobivenih spoznaja tijekom dosadašnjeg znanstvenog i stručnog rada autori utvrđuju da postoji potreba za primjenom znanstveno utemeljene simulacijske metode kao temelja za projektiranje brodograđevnog proizvodnog procesa za potporu u odlučivanju prilikom uvođenja novih tehnologija u svrhu projektiranja boljeg, uvjetima brodogradilišta podobnijeg proizvodnog procesa. Stoga se na temelju usvojenih saznanja osniva posebno prilagođena metodologiju temeljena na metodi simulacijskog modeliranja, uz podršku drugih odabranih ili posebno prilagođenih metoda i alata primijenjenih operacijskih istraživanja, koja je strukturirana kroz utvrđenu proceduru. Predložena metodologija je provjerena kod projektiranja stvarnog brodograđevnog proizvodnog procesa te je potvrđena nakon realizacije projekta, odnosno nakon što je projektirana robotizirana linija za obradu profila instalirana.

Kao nastavak istraživanja predviđa se daljnji razvoj i mogućnost primjene ovog modela i na ostale proizvodne procese brodogradilišta te u konačnici osnivanje simulacijskog modela cijelog brodograđevnog procesa koji bi ujedno bio i informacijski integriran s ostalim sustavima brodogradilišta.

2. Definiranje problema

Provedenim istraživanjem metoda, tehnika i alata za projektiranje procesa posebno je istaknuta i opisana problematika projektiranja složenog proizvodnog procesa kao što je brodograđevni. Identificirani su i dosadašnji pristupi projektiranju brodograđevnog proizvodnog procesa te istaknuti nedostaci takvih pristupa. Naime, konvencionalnim postupkom uobičajeno je odabrati projektno rješenje temeljem usporedbe s drugim brodogradilištima koja su sličnu tehnologiju već implementirala, [4]. Takvo rješenje u određenim okolnostima može biti zadovoljavajuće, međutim ne nužno i najbolje prilagođeno odabranom brodogradilištu, [5]. U tom smislu, sve se veća pažnja poklanja primjeni znanstvenih metoda u praćenju i otkrivanju mogućnosti poboljšanja procesa. Primjer tome su, prije svega, primjena operacijskih istraživanja, među kojima ponajviše primjena odgovarajućih matematičkih metoda, [6], [7]. Međutim, utvrđena je neprikladnost primjene matematičkih te drugih analitičkih metoda za projektiranje i definiranje cjelokupne složenosti i dinamike proizvodnih procesa u različitim industrijskim granama, pa tako i u brodogradnji. Naime, određeni faktori ograničavaju primjenu tradicionalnih matematičkih metoda modeliranja i to primjerice, [8]:

Stvarni proizvodni proces i odnosi unutar njega često nisu dovoljno poznati da bi mogli biti matematički definirani.

Praktični problemi su redovito vrlo složeni što njihovo opisivanje analitičkim matematičkim metodama čini vrlo zahtjevnim.

Matematičkim modelom teško je opisati, a posebno vizualizirati dinamiku proizvodnih procesa.

Nadalje, kada se radi posebno o brodograđevnom proizvodnom procesu on posjeduje određene specifičnosti u odnosu na druge slične industrije, a koje ga čine posebno složenim za projektiranje. Neke od osnovnih specifičnosti su slijedeće, [9]:

radno intenzivna djelatnost,

složen tok materijala i postupci upravljanja njime,

potreban je vrlo velik radni prostor, površine su vrlo važan resurs,

proizvod je gotovo uvijek jedinstven i vrlo složen,

vrlo velik broj međuproizvoda, ali zbog njihove iznimne raznolikosti gotovo je

nemoguće primijeniti principe velikoserijske masovne proizvodnje, itd.

Slijedom prepoznate problematike utvrđena je potreba za osnivanjem prikladnije metodologije projektiranja složenih proizvodnih procesa, a posebice brodograđevnog proizvodnog procesa. Osnovna svrha takve metodologije jest doprinijeti unapređenju postupka projektiranja brodograđevnog proizvodnog procesa.

3. Predložena metodologija

Temeljem raspoloživih rezultata dosadašnjih istraživanja i analize brodograđevnog procesa, postavljenog problema i ciljeva istraživanja osniva se posebno prilagođena metodologija projektiranja brodograđevnog proizvodnog procesa temeljem metode simulacijskog modeliranja, uz podršku drugih odabranih ili posebno prilagođenih metoda i alata primijenjenih operacijskih istraživanja. Pri tome, simulacijsko modeliranje se definira kao imitacija operacija i postupaka stvarnog procesa kroz određeno vrijeme, [10]. Za modeliranje i simuliranje proizvodnog procesa koristiti se diskretno simulacijsko modeliranje temeljem objektno orijentiranog računalnog programskog jezika *SimTalk* u okviru softvera *eM-Plant*, [11]. Temeljni element metode simulacijskog modeliranja jest računalni simulacijski model koji je, za razliku od analitičkih matematičkih modela, pregledniji, lakše upravljiv, te omogućuje da se teorija i pretpostavke jednostavnije i brže provjere na računalu, [12]. Pri tome su neki od osnovnih razloga zašto se simulacijsko modeliranje sugerira kao prikladna metoda za primjenu u brodograđevnim proizvodnim procesima jesu slijedeći, [13]:

Simulacijski je model relativno vjeran prikaz realnog sistema;

Simulacijskim modeliranjem moguće je uočavanje "uskih grla" na modelu prije nego se ona dogode u stvarnom procesu;

Simulacijsko modeliranje može se koristiti za eksperimentiranje sa različitim inačicama novog dizajna (*what-if* scenariji), prije konačne odluke o tome u što će se investirati i bez zadiranja u stvarni proces;

Simulacijsko modeliranje se može koristiti za verifikaciju predloženih rješenja nekog problema u proizvodnji, ili za eksperimentiranje sa nekim kritičnim elementima u njihovom kritičnom području rada.

Ovakav pristup projektiranja pruža menadžmentu niz relevantnih i pravovremenih podataka temeljem kojih će donositi pouzdanije odluke vezane za proizvodni proces, što će rezultirati izborom optimalnog rješenja za brodograđilište, [14]. U tablici 1, prikazana je pojednostavljena usporedba tradicionalnih načina projektiranja procesa bez upotrebe računalnog modela i onog temeljenog na metodi simulacijskog modeliranja koja ilustrira osnovne razlike ta dva pristupa, [15].

Tablica 1. Usporedba tradicionalnog načina projektiranja procesa bez upotrebe računalnog modela i onog temeljenog na metodi simulacijskog modeliranja**Table 1.** Conventional and simulation based design comparison

	Tradicionalni način	Simulacijsko modeliranje
1.	Projektiranje	Projektiranje modela na računalu
2.	Investicija	Provjera i potvrda modela na računalu
3.	Izgradnja – implementacija	Investicija
4.	Provjera na stvarnom sustavu	Izgradnja – implementacija
5.	Popravci	- / -

Osnovna razlika je primjetna, provjera se ne odvija na stvarnom sustavu već puno prije investicije i implementacije, na računalnom modelu sustava što dovodi do minimiziranja potrebnih popravaka pa čak i potpune eliminacije istih, [16].

4. Opis predložene metodologije

Metodologija projektiranja brodograđevnog proizvodnog procesa temeljem metode simulacijskog modeliranja, definira se u sedam faza koji su opisani u nastavku.

4.1. Faza 1.: Definiranje problema i ciljeva projekta

Ova faza podrazumijeva upoznavanje i razumijevanje procesa koji će se modelirati te definiranje ciljeva i rokova. Osnovni zadaci ove faze jesu sljedeći:

1. definirati problem i uzroke; treba jasno definirati što je problem sa postojećim proizvodnim procesom te koji su uzroci tome, odnosno što se želi unaprijediti.
2. definirati ciljeve projekta; postaviti jasne ciljeve projekta odnosno što se očekuje od novog proizvodnog procesa
3. definirati odgovornosti i rokove; utvrđuju se odgovornosti i rokovi.

Metode i alati primjenjivani u okviru ove faze primarno su grafički prikaz toka procesa, uzročno-posljedični dijagram, pareto dijagram, gantogram, itd.

4.2. Faza 2.: Definiranje ulaznih podataka i idejno osmišljavanje modela

Osnovni cilj ove faze jest preliminarno osmisliti projektno rješenje te prikupiti i definirati relevantne ulazne podatke i idejno osmisliti budući simulacijski model.

Osnovni zadaci ove faze su:

1. Definiranje ulaznih podataka i preliminarnog projektnog rješenja; podrazumijeva definiranje opreme, CAD nacrt, grafički prikaz toka procesa, itd.
2. Idejno osmišljavanje simulacijskog modela proizvodnog procesa; pristupa se idejnom osmišljavanju simulacijskog modela novog proizvodnog procesa

Metode i alati primjenjivani u okviru ove faze primarno su CAD / 3D alati, grafički prikaz toka procesa, metoda simulacije, benchmarking, *SimTalk* simulacijski jezik, itd.

4.3. Faza 3. Osnivanje računalnog simulacijskog modela

Osnovni cilj ove faze jest osnovati funkcionalan simulacijski model projektiranog brodograđevnog proizvodnog procesa.

Osnovni zadaci ove faze su:

1. Organiziranje i sistematizacija prikupljenih podataka; pregled dostupnosti svih potrebnih podataka i prema potrebi prikupljanje novih.
2. Definiranje ulaznog proizvodnog asortimana; definira se ulazni asortiman u simulacijski model.
3. Osnivanje simulacijskog modela proizvodnog procesa; osniva se simulacijski model projektiranog proizvodnog procesa u diskretnom simulacijskom softveru.

Metode i alati primjenjivani u okviru ove faze primarno su regresijska analiza, metoda simulacije, statistička analiza, *SimTalk* simulacijski programski jezik, itd.

4.4. Faza 4.: Verifikacija simulacijskog modela

Osnovni cilj ove faze projektiranja brodograđevnog proizvodnog procesa jest verificirati osnovani simulacijski model kako bi se nadalje nastavio koristiti u svrhu analize i unapređenja procesa. Verificirati model primarno znači:

otkloniti sve logičke pogreške iz modela
osigurati funkcionalnost modela.

Ukoliko je potrebno treba izvršiti popravke u modelu kako bi se otklonile sve uočene pogreške i nelogičnosti u funkcioniranju modela te steklo povjerenje u kvalitetu modela.

Metode i alati primjenjivani u okviru ove faze primarno su metoda simulacije, statistička analiza, *SimTalk* simulacijski programski jezik, itd.

4.5. Faza 5.: Analiza proizvodnih scenarija i unapređenje simulacijskog modela

Osnovni cilj ove faze jest metodom simulacije vrednovati osnovani simulacijski model predloženog projektnog rješenja te utvrditi da li ono udovoljava postavljenim ciljevima. Inače, treba pristupiti analizi projektnog rješenja, s ciljem njegova unapređenja. Osnovni zadaci ove faze projektiranja su sljedeći:

1. Analiza i vrednovanje simulacijskog modela predloženog projektnog rješenja; svrha ovog zadatka jest utvrđivanje da li projektno rješenje kao takvo ispunjava postavljene projektni zadatak.
2. Analiza i unapređenje simulacijskog modela predloženog projektnog rješenja; Ukoliko je potrebno pristupa se daljnjoj analizi ciljem unapređivanja projektiranog brodograđevnog proizvodnog procesa.

Metode i alati primjenjivani u okviru ove faze primarno su metoda simulacije, analiza osjetljivosti, *brainstorming*, itd. Na kraju ove faze, očekuje se odabir takvih vrijednosti značajki proizvodnog procesa takvih da minimalno ispunjavaju postavljene ciljeve projekta.

4.6. Faza 6.: Dokumentiranje provedbe i rezultata

Osnovna zadaća ove faze jest dokumentirati postupak provođenja projekta, dokumentirati donesene rezultate projekta. Nakon analize provedenih scenarija i donesenih

zaključaka glede ciljeva projekta određeni međurezultati, konačni rezultat i ostali pokazatelji trebaju se prikazati i dokumentirati i to na jasan i pregledan način.

4.7. Faza 7: Implementacija projektnog rješenja

Osnovni cilj ove faze jest realizirati predloženo projektno rješenje temeljem predložene metodologije projektiranja, u stvarni proces. Osnovni zadaci ove faze projektiranja jesu sljedeći:

1. Implementacija projektnog rješenja u stvarni brodograđevni proces: Implementacija definiranih rješenja u stvarni proizvodni proces.
2. Dorada simulacijskog modela prema stvarnim podacima iz proizvodnje: Simulacijski model se s povratnim informacijama iz stvarnog procesa doraduje te se u svom konačnom obliku koristi za potrebe planiranja i praćenja stvarne proizvodnje, unapređivanja proizvodnog procesa, itd.

5. Primjena i verifikacija predložene metodologije

Prema utvrđenoj proceduri, osnovan metodologija je primijenjena i verificirana na realnom primjeru projekta nove robotske linije za obradu profila u brodograđevnom proizvodnom procesu kako slijedi.

Definiranje problema i ciljeva projekta robotske linije

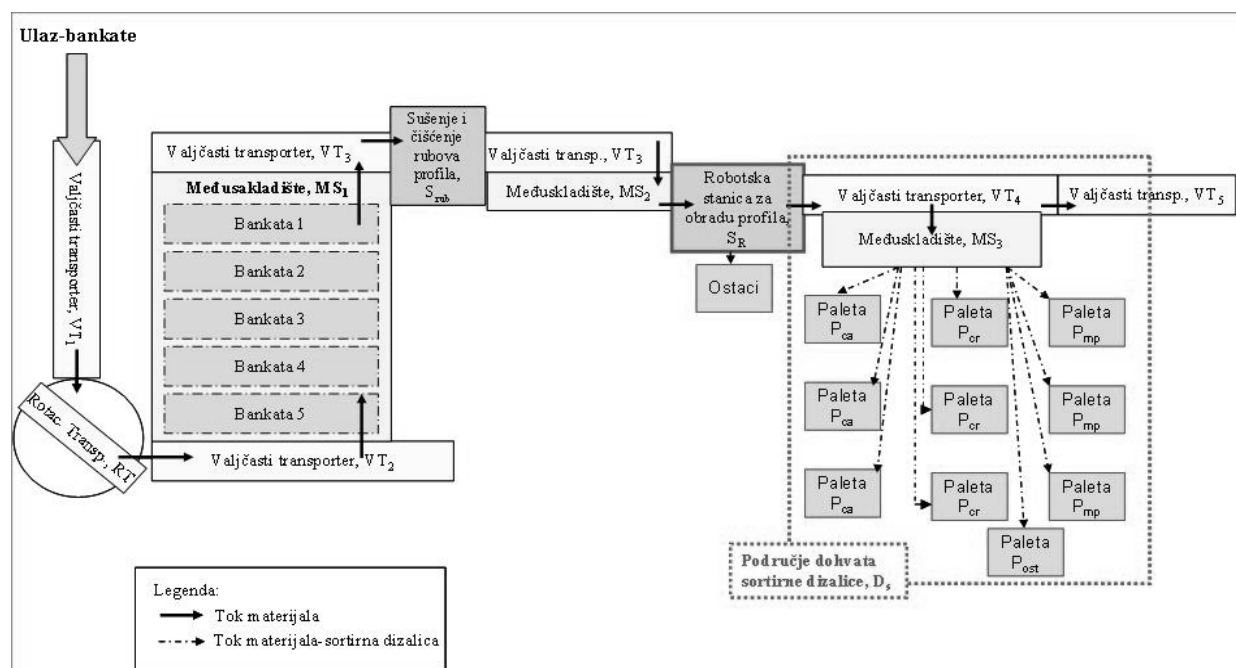
Postojeći proizvodni proces za obradu ravnih profila nedostatne je propusnosti i zastarjele tehnologije te okupira previše prostora, radne snage i ostalih resursa. Stoga je cilj projektirati novu liniju za obradu profila od koje se očekuje povećanje propusnosti linije i redukcija potrebnog radnog prostora.

Pri tome, osnovni ciljevi primjene osnovane metodologije odnosno simulacijskog modeliranja robotske linije za obradu profila su:

1. Cilj A; temeljem osnovanog računalnog simulacijskog modela, provjeriti da li inicijalno predloženo projektno rješenje, od strane brodogradilišta, ispunjava osnovni projektni zahtjev – proizvodnje 11000 komada profila mjesečno; i
2. Cilj B; sugerirati odabir vrijednosti značajki nove robotske linije, takvih da se postigne još kraće ukupno trajanje rezanja odabranog asortimana proizvoda.

Definiranje ulaznih podataka i idejno osmišljavanje simulacijskog modela

Na temelju inicijalnog koncepta konfiguracije robotizirane linije za obradu profila, te njegove detaljne razrade definira se i grafički prikaz toka procesa, slika 1. U ovoj fazi potrebno je definirati preliminarne tehničke karakteristike linije, operacije, tok materijala i sl. Ovi podaci su dijelom usvojeni prema specifikaciji proizvođača, a dijelom prema iskustvu i usporedbi sa sličnom ili istom opremom.



Slika 1.1.1 Tokaz toka procesa robotizirane linije za obradu profila

Fig. 1. Robotised profile cutting line production process flow chart

Temeljem provedene analize i prikupljenih podataka te opisanog procesa, pristupa se i inicijalnom osmišljavanju računalnog modela što u osnovi uključuje definiranje strukture modela, logike modela i definiranje postupka modeliranja.

Osnivanje računalnog simulacijskog modela

Simulacijski model linije je temelj računalne simulacije, [17], te ga je potrebno definirati tako da na odgovarajući način predstavlja projektirani proizvodni proces. Na temelju toka procesa linije (slika 1), definiranog ulaznog obradnog asortimana projektirane linije, tehničkih karakteristika linije, izvršeno je modeliranje proizvodne linije za rezanje ravnih profila i traka primjenom metode simulacije u okviru diskretnog simulacijskog softvera *eM-Plant*.

Verifikacija i analiza simulacijskog modela predložene konfiguracije linije

Nakon što se sa stručnjacima brodograđilišta model verificira, odnosno utvrdi da model ispravno opisuje projektirani proces pristupa se analizi i vrednovanju predložene konfiguracije linije, kako bi se ustanovilo da li linija ispunjava postavljene ciljeve.

Provođenjem simulacija na osnovanom simulacijskom modelu promatrane linije, utvrđuje se da ukupno trajanje rezanja za odabrani asortiman ne ispunjava primarni cilj projekta unapređenja, odnosno proizvodnje 11000 komada profila mjesečno.

Stoga se u nastavku predložena konfiguracija linije analizira kako bi se prepoznali razlozi zašto ne ostvaruje ciljanu propusnost, stoga se provodi:

Analiza toka materijala linije;

Analiza opterećenja te identifikacija kritičnih pozicija i uskih grla linije;

Analizom osjetljivosti utvrđuju se najutjecajnije značajke linije na ukupno vrijeme trajanja rezanja.

Provedenom analizom utvrđeno je da je primarno usko grlo predložene konfiguracije linije brzina rada sortirne dizalice, koja prema inicijalno postavljenim značajkama projekta ne može adekvatnom brzinom oslobađati izlazni valjčasti transporter iz robotske stanice koji je stoga i do 35% vremena blokiran. Stoga, pristupa se provođenju pokusa kojima se varira brzina sortirne dizalice pojedinačno, zadržavajući početno definiranu brzinu rezanja, ali i paralelno s promjenom faktora brzine rezanja. Rezultati su prikazani u tablici 2, gdje je prikazano ukupno vrijeme obrade za svaku varijantu te njezino unapređenje u postocima u odnosu na početno predloženo projektno rješenje. Pri tome, identificirana su tri moguća scenarija unapređenja, ovisno o tehnološko-financijskoj razini investicije.

Tablica 2. Pregled ukupnih vremena trajanja obrade predloženih varijanti rješenja usporedba s početnim projektним rješenjem

Table 2. Cutting time results and improvement against initially suggested solution

Poč. rješenje, min	"Ekonomična", min	"Ekonomična", poboljš.	"Optimalna", min	"Optimalna", poboljš.	"Maks.", min.	"Maks.", poboljš.
3530	3030	14.1 %	2838	25.2 %	2531	28.3 %

Zaključno, autori predlažu primjenu "*Optimalne varijante*" koja uz, za brodogradilište prihvatljive dodatne financijske izdatke i tehničke modifikacije, ostvaruje značajno skraćenje ukupnog vremena obrade u odnosu na predloženu konfiguraciju, u iznosu od **25.2%**.

Potvrda simulacijskog modela nakon realiziranog projekta

Nakon što je investicija realizirana i nova robotizirana linija za obradu profila instalirana i stavljena u funkciju, slika 2., osnovani simulacijski model usporedio se sa stvarnim proizvodnim procesom.



Slika 2. Fotografija projektirane i instalirane robotizirane linije za obradu profila, [18]

Fig. 2 New robotised profile cutting line installed in shipyard, [18]

Rezultati usporedbe pokazali su dobre rezultate, te je odlučeno da se linije uz manje prilagodbe, koristeći povratne podatke iz stvarnog procesa, može koristiti za za planiranje, kontrolu i unapređivanje procesa.

6. Zaključak

U radu je izvršena analiza dosadašnjih spoznaja projektiranja proizvodnih procesa s posebnim osvrtom na brodograđevni proizvodni proces. Temeljem takve analize utvrđena je nedovoljna prikladnost konvencionalnog pristupa, matematičkih te drugih metoda za projektiranje proizvodnih procesa, a posebice procesa visoke razine složenosti kao što je brodograđevni. Nadalje, utvrđena je prikladnost primjene metode simulacijskog modeliranja koja se postavlja kao temelj osnovane metodologije projektiranja procesa. Stoga, osnovana je prilagođena metodologija projektiranja, temeljena na metodi simulacijskog modeliranja, uz odabrane metode i alate operacijskih istraživanja. Osnovana metodologija primjenjena je na stvarni projekt nove proizvodne linije, te je u odnosu na projekt linije realiziran konvencionalnim pristupom, ostvarena veća propusnost za više od 25%. Na kraju, osnovana metodologija i rezultati provjereni su i dokazani usporedbom rezultata sa stvarnim proizvodnim procesom. Pri tome, osnovni doprinos ovog istraživanja, uz primjenu osnovane metodologije, jest unapređenje postupka projektiranja brodograđevnog proizvodnog procesa. Naime, autori smatraju da osnovana metodologija osigurava efikasniji alat za vrednovanje projektnih alternativa i scenarija proizvodnje u ranoj fazi projektiranja, efikasniji alat za planiranje i upravljanje proizvodnjom te efikasnije donošenje odluka s nižom razinom rizika. Kao daljnje istraživanje predlaže se daljnji razvoj simulacijskog modela te primjena i na ostale proizvodne procese brodogradilišta s ciljem osnivanja simulacijskog modela cjelokupnog brodograđevnog procesa, a koji će ujedno biti i informacijski integriran s ostalim informatičkim cjelinama brodogradilišta.

LITERATURA

- [1] I. Veža, B. Bilić, D. Babić, *Projektiranje proizvodnih sustava*, Sveučilište u Splitu, Split, 2001.
- [2] N. Fafandjel, A. Zamarin, M. Hadjina, *Generation of Optimal Vessel's Production Costs Structure*, *Strojarstvo* (ISSN 0562-1887), 50 (2), str. 77-84, Hrvatski strojarski i brodograđevni inženjerski savez, Zagreb, 2008.
- [3] N. Fafandjel, V. Simone, M. Hadjina, T. Matulja, *Using throughput in approaching shipyard production process design*, 11th International Congress of the International Maritime Association of the Mediterranean 2005, Volume 1/C, pp. 909-913, ISBN: 0415390362., 2005.
- [4] M. Altinkilinc, *Simulation-based layout planning of a production*, *Proceedings of the 2004 Winter Simulation Conference*, pp. 1079-1084, 2004.
- [5] D. Steinhauer, *Simulation Aided Production Planning at Flensburger*, COMPIT05, Hamburg, Germany, pp. 391-398, 2005.
- [6] T. L. Satty, *Mathematical Methods of Operations Research*, Dover Publications, Inc., Pittsburgh, ISBN 0486495698, 2004.
- [7] W. L. Winston, *Operations Research: Applications and Algorithms*, Publisher: Duxbury Press; 4 edition, ISBN: 0534380581. 2003.
- [8] J. Banks et al, *Discrete-Event System Simulation (4rd Edition)*. Publisher: Person Education Ltd, ISBN: 0131293427, 2005.
- [9] R. L. Storch et al, *Ship Production*. Cornell Maritime Press, ISBN 0870334611. 1995.
- [10] J. Banks, *Handbook of Simulation*, John Wiley & Sons, New York, 1998. ISBN 0-471-13403-1
- [11] eM-Plant, *Reference manual*, Siemens, Tecnomatix, UGS corp, 2006.

- [12] P. J. Sanchez, *Fundamentals of Simulation Modelling*, Proceedings of 2007 Winter Simulation Conference, pp. 54-62, 2007.
- [13] A. G. Bruzzone et al, *The vulnerability of supply chain as key factor in supply chain management*, Proceedings of summer computer simulation conference, Calgary, Canada, pp. 181-186, 2006.
- [14] J. A. J. Kaarsemaker, et al, *The Benefits of Applying Simulation in Shipbuilding Production: Arguments Based on Examples from Industry*, Proceedings of 6th International Conference on Computer and IT Applications in the Maritime Industries, COMPIT 07, pp. 504-512. Cortona, Italy, 2007.
- [15] H. van Alphen et al, *Virtual manufacturing in shipbuilding processes*, European shipbuilding, Repair, and Conversion-The Future, London, 2004.
- [16] F. Blair, et al, *Modelling, simulation and optimisation of a Shipbuilding workshop*, COMPIT 2005.
- [17] A. Munitić, S. Šimundić, P. Ristov, S. Lukšić, *Kompjutorsko simulacijski model VII faze životnog vijeka broda*, XVIII. Simpozij Teorija i Praksa Brodogradnje. SORTA 2008, pp. 71-78. Pula 16.-18. listopada 2008.
- [18] Brodogradilište "3.MAJ" d.d., Rijeka. 2009.

Doc. dr. sc. Tin Matulja, dipl. ing., Tehnički fakultet Sveučilišta u Rijeci
Red. Prof. dr. sc. Nikša Fafandjel, dipl. ing., Tehnički fakultet Sveučilišta u Rijeci
Red. Prof. dr. sc. Roko Markovina, dipl. ing., Fakultet elektrotehnike, strojarstva i
brodogradnje Sveučilišta u Splitu
Izv. Prof. dr. sc. Albert Zamarin, dipl. ing., Tehnički fakultet Sveučilišta u Rijeci
Asist. Damir Kolić, dipl. ing., Tehnički fakultet Sveučilišta u Rijeci,

PROJEKTIRANJE OPTIMALNOG RASPOREDA PROIZVODNIH POVRŠINA BRODOGRADILIŠTA

Sažetak

U radu je prikazana metodologija za projektiranje optimalnog rasporeda proizvodnih površina brodogradilišta u preliminarnoj fazi, a koja se temelji na provođenju točno definirane procedure uz korištenje točno odabranih metoda i alata. U prvoj fazi utvrđeni su odnosi bliskosti osnovnih proizvodnih površina sa stajališta tehnološkičnosti brodogradnje, na temelju provedenog anketiranja relevantnih eksperata. Zatim se, u drugoj fazi se SLP metodom vrši generiranje te procjena svih mogućih varijanti rasporeda odabranih proizvodnih površina u okviru brodogradilišta. Nadalje, nakon utvrđenog reprezentativnog broja najkonkurentnijih varijanti, u trećoj fazi se primjenom AHP metode vrši izbor one koja optimalno udovoljava svim postavljenim kriterijima. U zadnjoj, četvrtoj fazi provodi se analiza osjetljivosti kako bi se ispitala stabilnost odabranog rješenja rasporeda proizvodnih površina. Predložena metodologija je primijenjena kod projektiranja rasporeda proizvodnih površina realnog brodogradilišta.

Ključne riječi: projektiranje rasporeda površina, AHP metoda, SLP metoda, analiza osjetljivosti, brodogradilište

SHIPYARD PRODUCTION AREAS OPTIMAL LAYOUT DESIGN

Summary

A methodology for creating a preliminary optimal layout design of shipyard production areas is presented in this article. The proposed methodology is based on the implementation of a specifically defined procedure in four phases and using specific methods and tools. The first phase established the closeness relationships of the main production areas from the shipbuilding technological point of view, based upon a survey of relevant experts. Thereupon, the second phase proposed the generation and valuation of all possible production layout variants within the shipyard using SLP method. Furthermore, after establishing a representative number of most competitive variants, the third phase considers choosing the variant which most optimally satisfies all criteria by using the AHP method. In the fourth and final phase, a sensitivity analysis is made in order to check the stability of the chosen layout of production areas. The proposed methodology was applied to the production layout design of an existing shipyard.

Key words: layout design, AHP method, SLP method, sensitivity analysis, shipyard

1. Uvod

Potreba za kontinuiranim tehnološkim unapređivanjem i širenjem složenih proizvodnih sustava kao što je brodogradilište dovodi do potrebe donošenja vrlo kompleksnih i odgovornih odluka, koje moraju biti adekvatno argumentirane i prije svega ispravne, kako bi ona ostala konkurentna na svjetskom brodograđevnom tržištu. Veliki broj kontradiktornih zahtjeva te posebnih ograničenja mora biti analiziran i ponderiran kako bi se uopće moglo približiti nekim prihvatljivim rješenjima, dok su za odabir optimalnih rješenja potrebne dodatne analize i proračuni korištenjem niza znanstvenih metoda, tehnika i alata.

Međutim, česta nemogućnost prostornog širenja takvih kompleksnih sustava zbog raznih objektivnih ograničenja, kao što su omeđenost morem, drugom industrijom, urbanom sredinom, zatim zakonskom regulativom te drugim ograničenjima primjerice onim koja postavlja europska zajednica, sužava potencijalne mogućnosti tehnološke modernizacije. Unapređenje postojećih proizvodnih procesa nužno dovodi do potrebe reorganizacije rasporeda proizvodnih površina samo u postojećim prostornim okvirima.

Dosadašnjim radom autori su uočili nedostatak adekvatne metodologije za projektiranje, modernizaciju ili optimizaciju rasporeda proizvodnih površina brodogradilišta te pripadajućih proizvodnih tokova. Zbog nedostatka pristupačnih metodologija koje obuhvaćaju posebne znanstvene metode, tehnike i alate, kao i nužnih podataka za donošenje odluka kod ovakvog problema, rukovodstva brodogradilišta najčešće svoje odluke donose temeljem iskustva i/ili putem uspoređivanja s drugima i sl. Ovakav pristup najčešće ne dovodi do izbora optimalnog rješenja. Stoga se pristupilo istraživanju s ciljem definiranja metodologije koja će korištenjem znanstvenih metoda, tehnika i alata brzo i efikasno dovoditi do takvih rješenja rasporeda proizvodnih površina koja će optimalno zadovoljavati postavljena ograničenja, ali da istovremeno ista bude primjenjiva i razumljiva prioritetno rukovodstvu brodogradilišta.

2. Specifičnosti projektiranja rasporeda proizvodnih površina brodogradilišta

Općenito proces projektiranja rasporeda površina usmjeren je ka traženju optimalnih rješenja u određivanju prostora za različite aktivnosti s pripadajućim komponentama. Spomenuti proces predstavlja određivanje rasporeda površina unutar određenog prostora, kako bi optimalno zadovoljio zadane postavke i ograničenja. Zadane postavke uključuju visok stupanj neodređenosti [1], [2].

Očito je da se proces projektiranja rasporeda površina temelji na kreativnosti projektanta kao i na korištenju interakcije te kompromisa rezultata različitih konkurentnih i kontradiktornih disciplina [3]. Poznato je da većina kompjuteriziranih tehnika projektiranja rasporeda površina ograničava i/ili ignorira kreativnost i talent projektanta koji razumije kompleksan odnos proizvodnih tokova i prostora [4].

Za istu svrhu koristi se i pristup temeljen na ekspertizi donosioca odluka, kao i tehnikama prikladnim za modeliranje neodređenih problema, [5]. Takav Ekspertni pristup (engl. Expert System) moguće je primijeniti i za projektiranje rasporeda površina u brodogradnji.

Proizvodne površine u brodogradnji od posebnog su značaja zbog same specifičnosti ove proizvodne djelatnosti gdje vrlo velike dimenzije proizvoda uvjetuju angažiranje velikih površina. Interes za istraživanje problema projektiranja i optimizacije rasporeda proizvodnih površina proistječe iz nekoliko osnovnih razloga:

- I. Veličina i oblik površine u brodograđevnom procesu strogo su fiksirani lokacijom brodogradilišta koju najčešće s jedne strane omeđuje vodena

površina, a sa kopnene urbana ili industrijalizirana sredina. Rijetke slobodne površine predviđene za razvoj najčešće su već iskorištene ranijim rekonstrukcijama tih pogona.

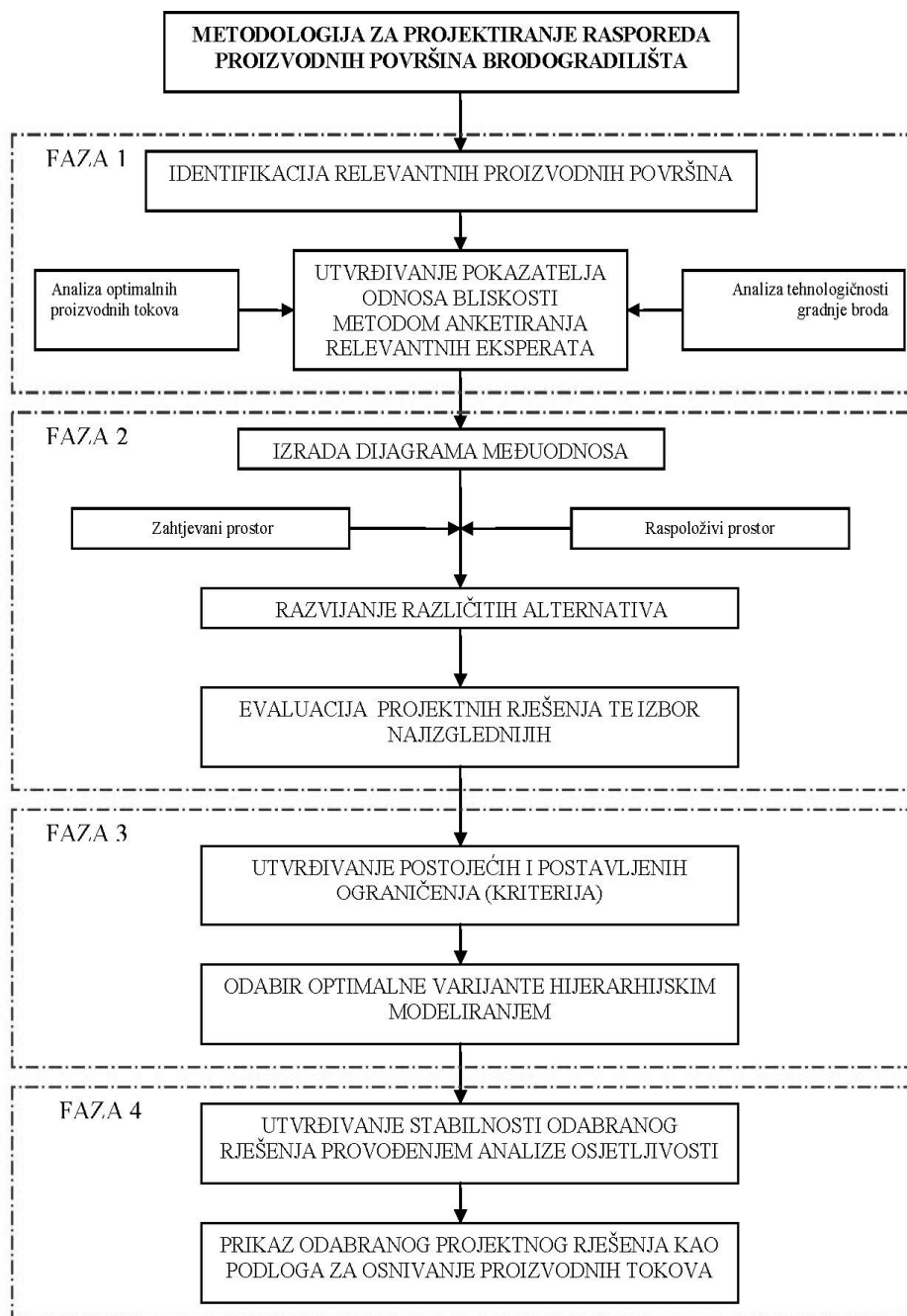
- II. Raspored postojećih brodograđevnih pogona, zbog krupnih građevinskih objekata, najčešće nije prilagodljiv i prikladan za promjene.
- III. Vrlo intenzivni razvoj tehnologije gradnje broda postavio je zahtjeve na proizvodne površine u brodogradilištima koji se zbog postojećih ograničenja teško mogu implementirati.

Za postojeća brodogradilišta jedna od prepreka u očekivanom razvoju brodograđevne proizvodnje, kako je već spomenuto, zasigurno je prostorno ograničenje. Stoga je kod njih nužno tražiti način da dalje unapređuju svoju proizvodnju i uz to održe konkurentnost na svjetskom tržištu. U tim brodogradilištima tehnološka modernizacija mora biti usmjerena prema intenziviranju korištenja postojećih prostornih resursa u svrhu unapređenja proizvodnih tokova. Stoga je nesumnjivo je da će razvoj brodograđevne tehnologije u narednom periodu stavljati u primarne zadatke potrebu optimizacije proizvodnih površina.

3. Prijedlog metodologije za projektiranje rasporeda proizvodnih površina brodogradilišta

Predložena metodologija za projektiranje rasporeda proizvodnih površina zasniva se na provođenju točne procedure koja se sastoji od četiri faze kroz koje se dolazi do optimalnog projektnog rješenja. Na ovaj način odabrano optimalno projektno rješenje predstavlja podlogu za daljnje osnivanje proizvodnih tokova, te detaljnu razradu.

Predložena metodologija u ovom je radu provjerena kod projektiranja optimalnog rasporeda proizvodnih površina, a u okviru projekta tehnološke modernizacije postojećeg brodogradilišta. Sama procedura, metode, tehnike i alati na kojima se temelji predložena metodologija opisana je u daljnjem tekstu, a blok dijagram iste dan je na slici 1.

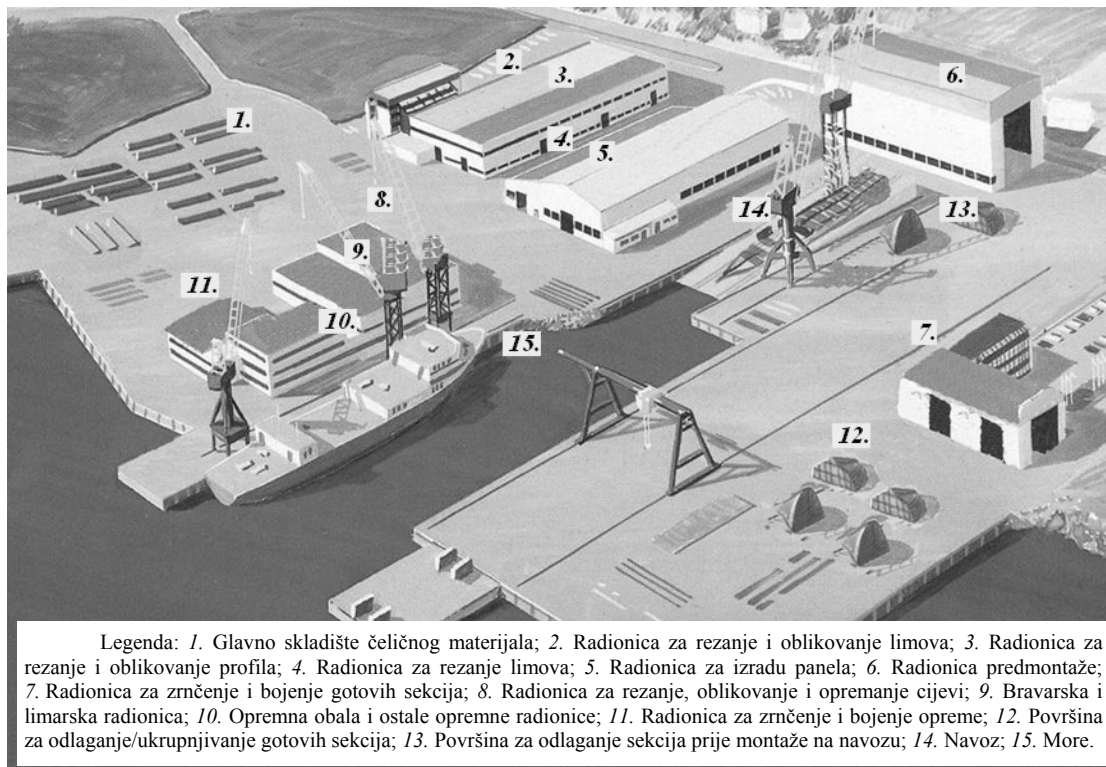


Slika 1. Blok dijagram predložene metodologije

Fig. 1 Proposed methodology Pattern of Procedures

3.1. FAZA 1 – Utvrđivanje pokazatelja odnosa bliskosti odabranih proizvodnih površina brodogradilišta metodom anketiranja

Za prvu fazu predložene metodologije izvršen je izbor onih proizvodnih površina brodogradilišta za koje je dosadašnjim radom i istraživanjima utvrđeno da direktno participiraju u osnovnom proizvodnom toku brodograđevnog procesa. Posebno odabrane osnovne proizvodne površine brodogradilišta prikazane su numerirano na slici 2. na primjeru jednog modernog brodogradilišta najviše, pete tehnološke razine u okviru Grupe E, Podgrupe E1 [6].



Slika 2. Osnovne proizvodne površine brodogradilišta

Fig. 2 Shipyard main production areas

Reorganizacija rasporeda ovih posebno odabranih proizvodnih površina na prostoru jednog brodogradilišta direktno mijenja osnovni proizvodni tok te na taj način utječe na performanse brodogradilišta. U tu svrhu, nužno je utvrđivanje pokazatelja odnosa bliskosti s pripadajućim težinskim faktorima kako bi se korištenjem odabrane metode za sistematsko planiranje rasporeda površina omogućila procjena u kojoj mjeri, pojedine varijante rasporeda proizvodnih površina, slijede saznanja o optimalnom osnovnom proizvodnom toku brodograđevnog procesa na višoj tehnološkoj razini.

Pokazatelji odnosa bliskosti su u ovom radu opisani broječanim kodovima, odnosno ocjenama od 0 do 5 te dodatno oznakama bliskosti, i to A, E, I, O, U i X, koje kao takve predstavljaju jedan od ulaznih podataka u okviru druge faze. Navedeni pokazatelji odnosa bliskosti prikazani su u tablici 1.

Tablica 1. Pokazatelji odnosa bliskosti

Table 1 Closeness ratings

<i>Kod</i>	<i>Bliskost</i>	<i>Oznaka bliskosti</i>
5	<i>Isključivo potrebna</i>	A
4	<i>Potrebna</i>	E
3	<i>Važna</i>	I
2	<i>Neznatno važna</i>	O
1	<i>Nevažna</i>	U
0	<i>Nepoželjna</i>	X

Do utvrđivanja pokazatelja odnosa bliskosti, odnosno brojčanih kodova iz tablice 1., došlo se je metodom anketiranja značajnog broja relevantnih znanstvenih savjetnika i suradnika, te stručnjaka iz razmatranog polja brodogradnje koji su bili dostupni u velikim hrvatskim brodogradilištima i fakultetima brodogradnje. Istim anketnim upitnikom došlo se do prijedloga težinskih faktora, odnosno pondera za oznake bliskosti.

Na temelju prikupljenih podataka iz provedenog anketiranja relevantnih eksperata izvršeno je utvrđivanje pokazatelja odnosa bliskosti uz pomoć sljedećeg izraza:

$$w_i = \frac{\sum_{k=1}^m \rho_{jk}}{m} \quad (1)$$

gdje je:

- w_i - težinski faktor za i-tu bliskost,
- ρ_{jk} - ocjena bliskosti za i-tu bliskost od k-tog eksperta,
- m - broj ocjena/eksperata.

Nadalje, obradom navedenih rezultata određeni su pokazatelji odnosa bliskosti te pripadajući težinski faktori, koji će u sljedećoj fazi, odnosno pri generiranju svih mogućih projektnih rješenja, favorizirati ona rješenja rasporeda proizvodnih površina koja teže optimalnim proizvodnim tokovima brodograđevnog procesa, a na temelju *SLP* ocjene rasporeda površina, [7]. Pokazatelji odnosa bliskosti odabranih proizvodnih površina prikazani se u matrici odnosa bliskosti, tablica 2. Pripadajući težinski faktori pojedinih oznaka bliskosti dani su u tablici 3.

Tablica 2. Matrica odnosa bliskosti

Table 2 Relationship matrix

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
		SKL	ROL	ROP	RRL	PAN	RPM	ZIB	RIC	BIL	MOT	ZBO	OD1	OD2	NAV	SEA
1	SKL	◇	A	A	A	O	O	U	E	O	O	O	U	U	U	I
2	ROL	A	◇	I	I	I	E	U	U	U	U	U	O	U	O	U
3	ROP	A	I	◇	I	E	E	U	U	O	U	U	O	U	U	U
4	RRL	A	I	I	◇	A	E	U	U	O	U	U	O	U	O	U
5	PAN	O	I	E	A	◇	A	I	U	O	U	U	I	O	O	U
6	RPM	O	E	E	E	A	◇	A	I	I	I	O	E	E	I	O
7	ZIB	U	U	U	U	I	A	◇	U	U	O	O	E	E	E	U
8	RIC	E	U	U	U	U	I	U	◇	I	E	E	I	I	I	I
9	BIL	O	U	O	O	O	I	U	I	◇	E	E	I	O	I	O
10	MOT	O	U	U	U	U	I	O	E	E	◇	I	I	O	I	E
11	ZBO	O	U	U	U	U	O	O	E	E	I	◇	I	I	I	U
12	OD1	U	O	I	O	I	E	E	I	I	I	I	◇	I	A	O
13	OD2	U	U	U	U	O	E	E	I	O	O	I	I	◇	E	O
14	NAV	U	O	U	O	O	I	E	I	I	I	I	A	E	◇	A
15	SEA	I	U	U	U	U	O	U	I	O	E	U	O	O	A	◇

Tablica 3. Težinski faktori oznaka bliskosti

Table 3 Closeness weight factors

<i>Oznaka bliskosti</i>	<i>Težinski faktor, w_i</i>
A	45
E	11
I	3
O	1
U	0
X	-45

Ovi podaci omogućuju da se kroz iduću fazu, korištenjem metode za sistematsko planiranje rasporeda površina, međusobno ponderiraju odabrane proizvodne površine te izvrše procjene u kojoj mjeri njihov međusobni raspored unutar određene varijante zadovoljava saznanja o optimalnim proizvodnim tokovima.

3.2. FAZA 2 – Generiranje svih mogućih projektnih rješenja rasporeda odabranih proizvodnih površina korištenjem SLP metode

Općenito, svaki raspored brodogradilišta uključuje:

- Odnose bliskosti pojedinih površina unutar prostora namijenjenih pojedinim aktivnostima,
- Površine i oblik pojedinog prostora,
- Razmještaj navedenoga u okvirima brodogradilišta.

Vodeći računa upravo o uključenim elementima, u drugoj fazi se proceduralno dolazi do postavljenog cilja korištenjem prilagođene metode sistematskog planiranja rasporeda površina. Za brže generiranje rezultata preporuča se korištenje specijaliziranog računalskog programa [9].

Cilj korištenja ove metode jest odabir najizglednijih rasporeda proizvodnih površina analizom i procjenom svih mogućih kombinacija zadanih proizvodnih površina u definirani prostor brodogradilišta. Takvih kombinacija može biti mnogo, primjerice za prostor koji razmatra 20 proizvodnih površina broj mogućih kombinacija je $2,4 \cdot 10^{18}$. Budući da postoje radne površine koje nužno moraju biti u blizini, te postoje i one za koje nije poželjno da su u blizini, a što proizlazi iz postavljenih zahtjeva, potrebno je izdvojiti samo kombinacije istih koje se mogu uzeti u razmatranje kao najizglednijih rješenja.

Na taj način moguće je sve kombinacije zadanih radnih površina unutar definiranog prostora, kao alternative rasporeda površina, međusobno usporediti. Ono se u okviru odabrane metode vrši na temelju tzv. *SLP* ocjene rasporeda površina (engl. *SLP score*) dobivene pomoću kriterija bliskosti za koji vrijedi slijedeći izraz:

$$s = \sum_{i=1}^{n_p} w_i \cdot Y_i \tag{1}$$

gdje je:

- Y_i - broj bliskosti u i-toj klasi,
- w_i - težinski faktor za i-tu bliskost,
- s - ocjena rasporeda površina,
- n_p - broj radnih površina.

Veća vrijednost SLP ocjene rasporeda površina u okviru promatrane varijante, znači i veće približenje optimalnim tokovima brodograđevnog procesa. Najveća moguća vrijednost normalizirane ocjene rasporeda površina dobivene temeljem kriterija bliskosti je jedan.

Od svih generiranih varijanti rasporeda površina, jedna će zasigurno biti najbolja sa stajališta SLP ocjene, međutim to nije nužno i optimalno projektno rješenje sa stajališta cijelog brodogradilišta. Naime, pored zahtjeva za optimalnim proizvodnim tokovima, u obzir moraju biti uzeti i ostali postojeći te postavljeni zahtjevi koji su također vrlo značajni kod projektiranja rasporeda površina. Dakle, zahtjevi kao što su ograničena veličina investicija potrebnih da se realizira predloženo projektno rješenje, zatim postojeća infrastruktura koja se ne može mijenjati ili micati, nadalje nužnost neometanog odvijanja tekuće proizvodnje, i sl., predstavljaju realne zahtjeve ali koje nije moguće uključiti u okviru ove faze.

Iz tog razloga, u okviru ove faze, autori predlažu izbor 20 najizglednijih varijanti projektnog rješenja, dobivenih na temelju SLP ocijene, jer smatraju da se upravo unutar takvog uzorka nalazi ono rješenje koje će optimalno zadovoljiti i ostale kriterije.

Budući je, u okviru ove faze, potrebno analizirati velik broj mogućih rasporeda proizvodnih površina, preporuča se korištenje specijaliziranog računalskog programa. Jedan takav program, primjenjiv te preporučen za potrebe u okviru ove faze, je Block Plan for Windows 1.4 [9]. Ovaj program namijenjen je rješavanju raznih problema projektiranja rasporeda površina upravo primjenom SLP metode. Pomoću njega omogućeno je brzo generiranje i procjena svih varijanti rasporeda površina temeljem odnosa bliskosti utvrđenih u prvoj fazi ove metodologije.

3.3. FAZA 3 – Hijerarhijsko modeliranje AHP metodom za odabir optimalnog projektnog rješenja

Za treću fazu u ovdje predloženoj metodologiji, tj. za odabir projektnog rješenja koje će optimalno zadovoljiti postavljene kriterije, predlaže se analitički hijerarhijski proces, tj. AHP metoda, [10]. Ista predstavlja jednu od metoda znanstvene analize scenarija i donošenja odluka konzistentnim vrednovanjem hijerarhijske strukture koju čine ciljevi, kriteriji, podkriteriji te alternative. Alternative, kao najizglednije varijante rješenja, se preuzimaju iz prethodne faze.

Kako bi se mogao izvršiti odabir optimalnog rješenja između prikazanih dvadeset najizglednijih varijanti rasporeda proizvodnih površina, potrebno je utvrditi postavljena ograničenja, odnosno kriterije koje će potencijalno rješenje optimalno zadovoljiti.

Prvi postavljeni kriterij, proizašao kao rezultat druge faze predložene metodologije, odnosno:

Kriterij 1: SLP ocjena rasporeda proizvodnih površina,

koja predstavlja u kojoj mjeri promatrana varijanta slijedi tehnološkičnost gradnje broda odnosno saznanja o optimalnim proizvodnim tokovima. Nadalje, ostali postavljeni kriteriji, proizašli su dijelom iz projektnih zahtjeva, a dijelom iz tehnoloških ograničenja brodogradilišta te su sljedeći:

Kriterij 2: Cijena investicije,

Kriterij 3: Zadržavanje postojećih objekata,

Kriterij 4: Izvedivost,

Kriterij 5: Širenje izvan vanjskih granica brodogradilišta,

S obzirom na postavljene kriterije izvršena je detaljna analiza osnovnih karakteristika najizglednijih varijanti proizašlih iz prethodne faze, te su iste prikazane u tablici 4.

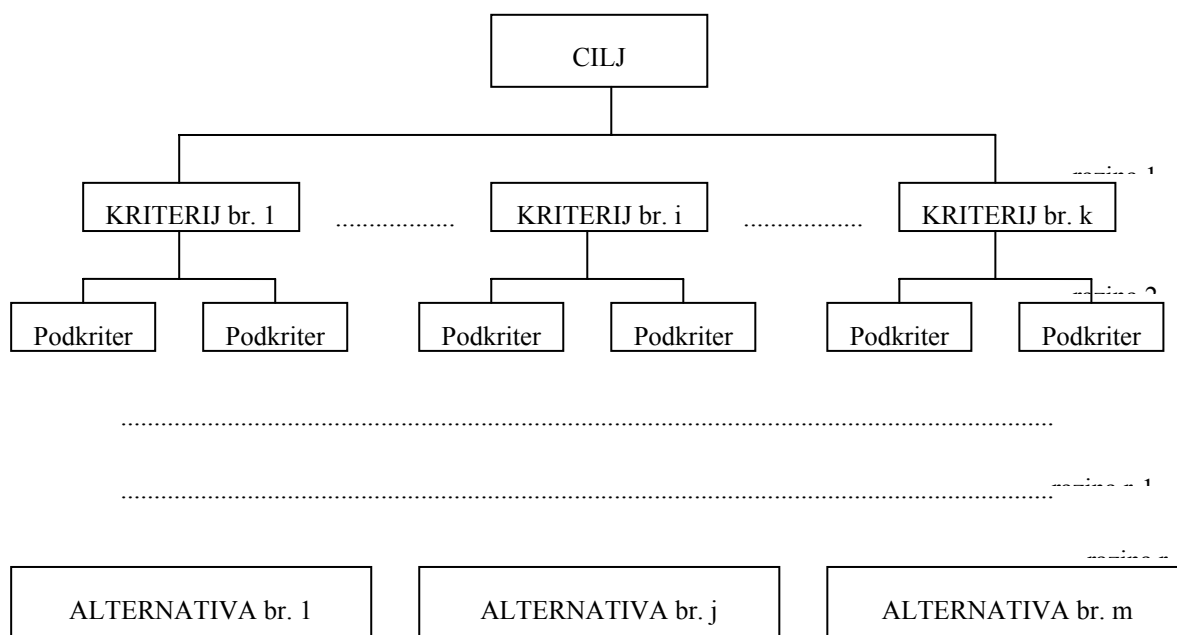
Tablica 4. Osnovne karakteristike alternativa prema postavljenim kriterijima

Table 4 Basic characteristics of the selected design solutions regarding given criteria

KRITERIJI			1	2	3	4	5
			<i>SLP ocjena rasporeda površina</i>	<i>Cijena investicije, k€</i>	<i>Broj objekata koje je potrebno srušiti</i>	<i>Ometanje tekuće proizvodnje, %</i>	<i>Potreba za širenjem izvan granica brodogradilišta</i>
ALTERNATIVE							
1	<i>Varijanta</i>	<i>1</i>	0,66	24299	14	40	NE
2	<i>Varijanta</i>	<i>2</i>	0,71	21154	7	15	NE
3	<i>Varijanta</i>	<i>3</i>	0,54	24182	11	55	NE
4	<i>Varijanta</i>	<i>4</i>	0,68	24794	14	35	NE
5	<i>Varijanta</i>	<i>5</i>	0,73	24812	15	30	DA
6	<i>Varijanta</i>	<i>6</i>	0,6	24722	13	50	NE
7	<i>Varijanta</i>	<i>7</i>	0,58	23947	10	25	NE
8	<i>Varijanta</i>	<i>8</i>	0,7	25727	8	25	DA
9	<i>Varijanta</i>	<i>9</i>	0,69	24959	11	40	DA
10	<i>Varijanta</i>	<i>10</i>	0,58	24317	11	40	NE
11	<i>Varijanta</i>	<i>11</i>	0,65	24859	14	30	NE
12	<i>Varijanta</i>	<i>12</i>	0,76	26177	11	30	DA
13	<i>Varijanta</i>	<i>13</i>	0,71	24709	14	50	NE
14	<i>Varijanta</i>	<i>14</i>	0,6	25709	12	40	NE
15	<i>Varijanta</i>	<i>15</i>	0,71	24659	14	40	NE
16	<i>Varijanta</i>	<i>16</i>	0,67	24609	11	55	NE
17	<i>Varijanta</i>	<i>17</i>	0,69	20974	6	10	NE
18	<i>Varijanta</i>	<i>18</i>	0,73	24544	12	30	NE
19	<i>Varijanta</i>	<i>19</i>	0,57	27797	13	90	NE
20	<i>Varijanta</i>	<i>20</i>	0,73	25497	13	25	DA

Kriteriji se uključuju u izradu hijerarhijskog modela te se na osnovu njih, među alternativama, traži optimalno rješenje kao cilj.

Hijerarhijski strukturiran model odlučivanja sastoji se od cilja, kriterija, pod-kriterija te alternativa, slika 3. Cilj se nalazi na najvišoj razini hijerarhijske strukture, te se on s nijednim drugim elementom ne uspoređuje. Na prvoj razini se nalazi k kriterija koji se u parovima, svako sa svakim, uspoređuju u odnosu na neposredno nadređeni element na višoj razini, a to je cilj. Potrebno je ukupno uspoređivanja. Isti postupak se ponavlja u sljedećoj hijerarhijskoj razini, pa tako sve prema niže dok se na posljednjoj r -toj razini ne izvrše uspoređivanja svih alternativa u odnosu na nadređene pod-kriterije na preposljednjoj razini.



Slika 3. AHP hijerarhijski model

Fig. 3 AHP hierarchical model

Svako uspoređivanje dva elementa hijerarhije (modela) vrši se korištenjem Saaty-jeve skale vrednovanja, tablica 5.

Tablica 5. Saaty-jeva skala vrednovanja

Table 5 Saaty's scale of relative importance

Značaj	Definicija	Opis
1	Istog značaja	Dva kriterija ili alternative jednako doprinose cilju
3	Slaba dominantnost	Na temelju iskustva i procjena daje se umjerena prednost jednom kriteriju ili alternativu u odnosu na drugu
5	Jaka dominantnost	Na temelju iskustva i procjena strogo se favorizira jedan kriterij ili alternativa u odnosu na drugi
7	Dokazana dominantnost	Jedan kriterij ili alternativa izrazito se favorizira u odnosu na drugi; njegova dominacija dokazuje se u praksi
9	Apsolutna dominantnost	Dokazi na temelju kojih se favorizira jedan kriterij ili alternativa u odnosu na drugi potvrđeni su s najvećom uvjerljivošću
2,4,6,8	Međuvrijednosti	Potreban kompromis ili daljnja podjela

Rezultati uspoređivanja elemenata na danoj razini hijerarhijske strukture svrstavaju se u odgovarajuće matrice na sljedeći način:

Ako se međusobno uspoređuje n elemenata u odnosu na odgovarajući element na neposredno višoj razini hijerarhijske strukture, tada se pri uspoređivanju i -tog elementa u odnosu na j -ti element, pomoću Saaty-jeve skale određuje numerički koeficijent a_{ij} te se svrstava na odgovarajuću poziciju u matrici A :

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdot & \cdot & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdot & \cdot & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdot & \cdot & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (3)$$

Recipročna vrijednost rezultata uspoređivanja smješta se na poziciji a_{ji} kako bi se očuvala konzistentnost rasuđivanja. Sami matematički temelji AHP metode dani su u [11].

U okviru ovog rada izrađen je poseban računalni alat za hijerarhijsko modeliranje prilagođen projektiranju rasporeda proizvodnih površina brodogradilišta. Izrađeni alat ima način unosa ulaznih podataka upravo prilagođen za projektiranje rasporeda površina brodogradilišta. Isti, hijerarhijskim modeliranjem i korištenjem matematičkih temelja AHP metode dolazi do rezultata u obliku rang liste razmatranih najizglednijih alternativa rasporeda.

AHP metodom dolazi se do lokalnih prioriteta te se na temelju istih utvrđuju ukupni prioriteti pomoću izraza (4).

$$P_1 = A_{1-1} \cdot K_1 + A_{2-1} \cdot K_2 + A_{3-1} \cdot K_3 + A_{4-1} \cdot K_4 + A_{5-1} \cdot K_5 \quad (4)$$

Konačno temeljem utvrđenih prioriteta, P1... P20, izdvaja se rješenje koje ima najveću vrijednost, a što znači najbolje udovoljavanje postavljenim kriterijima. Takvo rješenje smatra se optimalnim.

3.4. FAZA 4 – Utvrđivanje stabilnosti projektnog rješenja metodom analize osjetljivosti

Analiza osjetljivosti provodi se u četvrtoj fazi predložene metodologije, a s ciljem da se utvrdi u kojoj mjeri se promjene ulaznih podataka odražavaju na ukupne prioritete alternativa, odnosno kako bi se utvrdila stabilnost odabranog rješenja.

Analiza osjetljivosti je metoda operacijskih istraživanja skupine linearnog programiranja, koja proučava kako promjene parametara modela, odnosno vrijednosti značajki, utječu na optimalno rješenje linearnog programiranja, [12].

Svrha i rezultati primjene metode analize osjetljivosti mogu biti sljedeći:

- utvrđivanje stabilnosti odabranog projektnog rješenja,
- pojednostavljivanje hijerarhijskog modela,
- identificiranje novih vrijednosti značajki hijerarhijskog modela temeljem eksperimenata,
- utvrđivanje kritičnih značajki hijerarhijskog modela, itd.

Pri tome, razlikuju se dvije varijante metode analize osjetljivosti vezano za pristup njihovom provođenju, a odluka često ovisi o karakteristikama slučaja na koji se primjenjuje, i to, [13]:

Analitička analiza osjetljivosti:

- za dobro definirane sustave,
- rješavanju problema pristupa se parcijalnim derivacijama, (5),

$$S_x^F = \frac{\partial F}{\partial x} \quad (5)$$

pri čemu S definira funkciju osjetljivosti, odnosno intenzitet promjene, ciljne funkcije F ovisno o promjenama parametra x.

Empirijska analiza osjetljivosti:

- eksperimentiranjem se analizira utjecaj promjene ulaznih parametara na izbor optimalnog projektnog rješenja,
- prikladnija za složene sustave i one koji nisu precizno definirani.

Za potrebe predložene metodologije prikladnija je te stoga i predložena upravo empirijska analiza osjetljivosti.

U okviru ovoga, a radi brže analize i provjere konačnog rješenja, korišten je specijalizirani računalni alat Expert Choice software [14]. Za potrebe metodologije predlažu se četiri relevantna tipa analize osjetljivosti i to:

- dinamička analiza osjetljivosti
- analiza izvedbene osjetljivosti
- analiza dijagramom stupnja osjetljivosti
- analiza dijagramom sučeljavanja

Predložena, završna faza provedena je i na realnom primjeru te su rezultati proizašli iz treće faze utvrđeni kao dovoljno stabilni i konačni.

4. Zaključak

Razvojem brodogradnje mijenjao se je tehnološki proces gradnje broda, kao i materijali za gradnju broda, rasla je proizvodnost, a sve je to zahtijevalo i drugačiju konfiguraciju brodogradilišta s novim, dodatnim radionicama i površinama. Odgovor na navedeni razvoj redovito se pronalazio u širenju oko već postojećih sadržaja. Takva rješenja su u određenim okolnostima bila zadovoljavajuća, ali ne i optimalna sa stajališta proizvodnih tokova procesa. U tom smislu, a naročito iz činjenice da su daljnja prostorna širenja postojećih brodogradilišta danas gotovo nemoguća, javlja se potreba za primjenom znanstvene metodologije u praćenju i otkrivanju mogućnosti poboljšanja brodograđevnog proizvodnog procesa kroz optimizaciju rasporeda postojećih površina, odnosno kroz unapređenje proizvodnih tokova.

Pretraživanjem dostupnih izvora informacija utvrđeno je da se za projektiranje rasporeda površina u području brodogradnje ne primjenjuju dovoljno suvremene metode, tehnike i alati. Stoga je, na temelju usvojenih saznanja, postavljen i cilj istraživanja, tj. osnivanje posebno prilagođene metodologije za projektiranje optimalnog rasporeda proizvodnih površina brodogradilišta. Dodatno, značajan napor uložen je pri odabiru i prilagodbi prikladnih metoda i alata, kako bi isti činili takvu metodologiju projektiranja rasporeda površina primjenjivom i učinkovitom te razumljivom i rukovodstvima brodogradilišta.

Ovako osnovana metodologija za projektiranje rasporeda proizvodnih površina, realizira se kroz utvrđenu proceduru koja se sastoji od četiri faze u okviru kojih se, za postizanje željenih rezultata koriste posebno prilagođene metode i alati.

Predložena metodologija provjerena je na realnom problemu kod postojećeg brodogradilišta, a u okviru projekta njegove tehnološke modernizacije. Nakon primjene predložene metodologije, odabrano projektno rješenje unaprijedilo je raspored površina te je

pri tom optimalno zadovoljavajući postavljene kriterije. Isto projektno rješenje je, u preliminarnoj fazi navedenog projekta tehnološke modernizacije, uzeto za daljnju razradu.

Nadalje, preporuča se daljnje istraživanje u svrhu prilagodbe te analize primjenjivosti predložene metodologije za projektiranje optimalnog rasporeda površina brodogradilišta na njegove odabrane dijelove. Preporuča se istražiti i utvrditi doprinos primjene ovakve metodologije kod unapređenja rasporeda i dimenzioniranja proizvodnih tokova, kao i podizanja tehnološke razine pojedinog proizvodnog procesa.

LITERATURA

- [1] F. Karray, E. Zaneldin, T. Hegazy, A.H.M. Shabeeb, and E. Elbelgati, "Tools of Soft Computing as Applied to the Problem of Facilities Layout Planning", IEEE Transaction on Fuzzy Systems, Vol. 8, No. 4, pp. 367-379, August 2000.
- [2] N. Singh, and M.H. Wang, "Concurrent engineering in a high variety printing environment", Int'l Journal of Production Research, Vol. 32, No. 7, pp. 1675-1691, 1994.
- [3] J.A. Tompkins, J.A. White, Y.A. Bozer, and J.M.A. Tanchoco, "Facilities Planning", 3rd Ed., Reading: John Wiley Inc., NY, 2002.
- [4] Ahmad, R. A., "An Intelligent Expert System for Decision Analysis and Support in Multi-Attribute Layout Optimization" Univerity of Waterloo, Ontario, Canada, 2005.
- [5] E.K. Burke, G. Kendall, G. Whitwell, "A New Placement Heuristic for the Orthogonal Stock-Cutting Problem", Operations Research, Vol. 52, No. 4, pp. 665-671, 2004.
- [6] T. Matulja, "Hijerarhijsko modeliranje.....", DD
- [7] R. Muther, "Sistematic Layout Planning", Second edition, ISBN: 0-933684-06-1. Menagement & Industrial Research Publications, USA, 1973.
- [8] N. Fafandjel, R. Rubeša, T. Matulja, "Improvement of industrial production process design using Systematic layout planning", Strojarsstvo (ISSN 0562-1887), 51(3), str. 177-186, Hrvatski strojarski i brodograđevni inženjerski savez, Zagreb, 2009.
- [9] E.C. Donaghey, A.C. Chung, H. Kong, F.V. Pire, "BlockPlan 1.5", Department of Industrial Engineering, Cullen College of Engineering, University of Houston, USA, 2006.
- [10] T.L. Saaty, "Multicriteria Decision Making", ISBN: 0-9620317-2-0. RWS Publications. USA, 1996.
- [11] T. L. Saaty, "The Analytic Hierarchy Process", ISBN: 0-07-054371-2. McGraw-Hill, Inc. USA, 1980.
- [12] W.L. Winston, "Operations Research: Applications and Algorithms", Publisher: Duxbury Press; 4 edition, ISBN: 0534380581. 2003.
- [13] F.S. Hillier, G.J. Lieberman, "Introduction to operations research", 7th edition, McGraw Hill, ISBN 0072321695, 2001.
- [14] Expert Choice, Inc., "Expert Choice software 11", Arlington, VA, USA, 2004.

Danijel Linić, Brodogradilište Uljanik, Pula
Igor Lalović, Brodogradilište Uljanik, Pula

SUVREMENA METODA SNIMANJA POSTOJEĆE FORME BRODA S PRIMJEROM REPARACIJE TRAJEKTA MARKO POLO

Sažetak

Primjenom suvremene numeričke metode, kao što je snimanje totalnom stanicom (3D mjerenje), gotovo su sve poteškoće i nedostaci klasične metode uklonjeni. Za snimanje forme broda klasičnom metodom potrebne su predradnje i uvjeti zbog kojih je mjerenje dugotrajno (vrijeme potrebno za izvođenje mjerenja) i točnost rezultata mjerenja upitna, pogotovo kod većih brodova i mjerenja u plovnim dokovima. U radu je ukratko opisana klasična metoda snimanja forme broda i uspoređena s modernom metodom. Detaljno je opisana metoda snimanja forme broda totalnom stanicom i obrada izmjerenih podataka na računalu. Prikazan je primjer jednog takvog snimanja u praksi. Snimljena je forma neoštećenog dijela pramca nasukanog trajekta «Marko Polo», na temelju čega je napravljena dokumentacija za popravak oštećenog dijela. Ukratko su opisane i ostale primjene ove metode mjerenja u brodogradnji.

Ključne riječi: forma broda, snimanje forme broda, mjerenje u brodogradnji, totalna stanica

MODERN SCANNING METHOD OF AN EXISTING SHIP HULL FORM WITH THE EXAMPLE OF «MARKO POLO» FERRY REPARATION

Summary

By using a modern numerical method, e.g. scanning with total station (3D measurement), almost all the difficulties and insufficiencies of classic method are avoided. When using the classic method, many conditions have to be met and preliminary operations done, which prolongs the measurement process and makes the results inaccurate, especially when working with larger vessels in floating docks. The paper gives a short description of the classic hull form scanning method and compares it to the modern method. It gives a detailed description of the modern scanning method by means of total station and computer data processing. An example of such scanning is described. The undamaged bow area of the stranded ferry "Marko Polo" was scanned. The scanning results served as a basis to make the repair documentation of the damaged area. A brief description of other applications of this measurement method in shipbuilding is given.

Key words: ship hull form, hull form scanning, measurement in shipbuilding, total station

1. Klasična metoda snimanja forme broskog trupa [1]

Snimanje broda u naravi je potrebno ako nema potpune dokumentacije o gradnji broda. Češće je to slučaj kod manjih brodova, ribarskih, obalnih i slično, ali postoje slučajevi kada je potrebno snimati formu velikih brodova. Snimanje forme je odgovoran i zahtjevan posao, a obzirom na kasniju upotrebu snimljene forme (proračuni knjige trima i stabiliteta, izrada radioničke dokumentacije) važno je postići dovoljnu točnost koja osigurava dovoljno točne proračune na osnovi te forme.

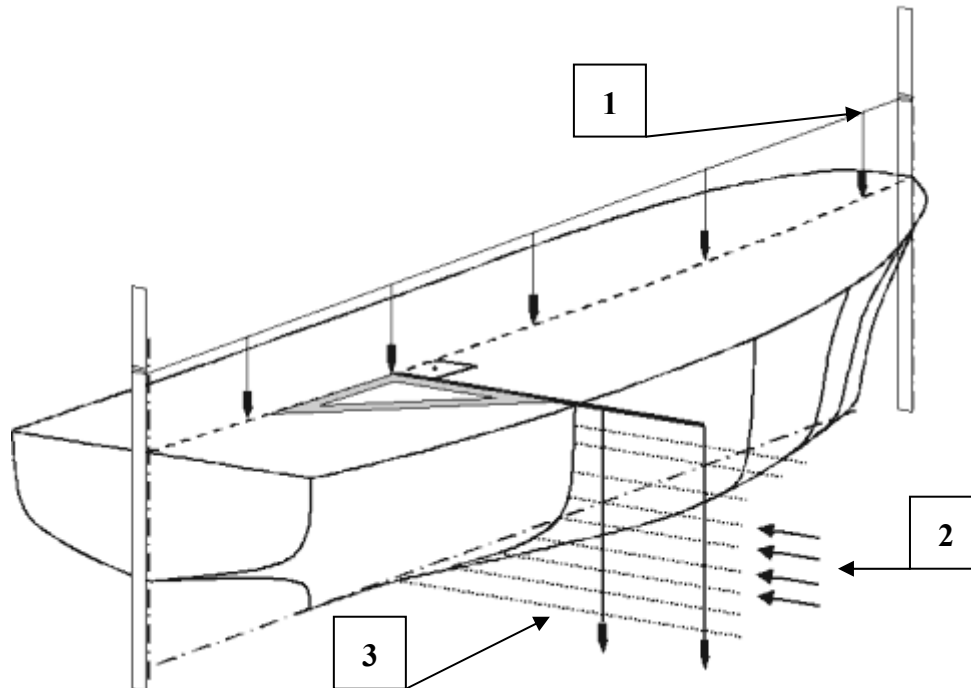
Prvi uvjet točnog snimanja je dostupnost potrebnog broja točaka na brodskoj oplati u stvarnim uvjetima brodogradilišta ili drugog mjesta gdje se brod nalazi. Premda se ponekad forma mora snimiti u nepovoljnim uvjetima, treba nastojati ispuniti sljedeće uvjete:

1. Brod treba biti na operativnoj površini izvan vode, navoz, dok, obala. Mjerenje broda u plovnom stanju je moguće samo iznutra a to znatno smanjuje točnost jer postoje unutrašnje pregrade, oprema i uređaju koji otežavaju pristup oplati.
2. Brod se treba čim je više moguće postaviti u projektno stanje da se smanji potreba za kasnijim korekcijama koje uvode netočnost u proces.
3. Brod na suhom treba postaviti na čim ravniju površinu, tako da se pokuša izbjeći poprečni i uzdužni nagib broda. Ponekad je to nemoguće postići (ako se brod izvlači na navoz ili plovni dok). Posebno treba paziti da se brod postavi uspravno bez poprečnog nagiba. Nagib se može uzeti u obzir kod izgladivanja linija ali je mnogo lakše ako je to već riješeno kod mjerenja.
4. Treba osigurati dovoljno prostora za rad kao i skele koje omogućavaju pristup oplati broda. Potrebne su ljestve ili platforme koje su sigurne za mjeritelje.
5. Broj potklada mora biti dovoljan da brod bude sigurno poduprt. Istovremeno veliki broj potklada onemogućava mjerenja na tim mjestima.
6. Treba osigurati dobru vidljivost bilo dnevnim svjetlom ili umjetnom rasvjetom.

Kako se vidi iz gore navedenog, potrebno je zadovoljiti mnoge preuvjete da bi se uopće počelo s mjerenjem.

Samo je mjerenje također dugotrajno, a provodi se pomoću mjernih vrpce, libela, letvica i viska. Izmjerene vrijednosti se teško kontroliraju, pa je moguća pojava grešaka kod mjerenja, pogotovo ako se ne mogu ispuniti gore opisani uvjeti.

Na slici 1 je prikazan princip mjerenja. Kako se vidi sa slike, najprije je potrebno odrediti simetralu broda (1). Kada je to učinjeno, potrebno je za svako rebro odrediti ravninu viziranja okomitu na simetralu broda (2). Nakon toga slijedi očitavanje koordinata točaka po visini i širini (3). Cijeli ovaj postupak je potrebno ponoviti za svako rebro i za krajeve forme (pramčanu i krmenu statvu).



Slika 1. Klasična metoda snimanja forme trupa

Fig. 1 Classic hull scanning method

Nakon snimanja forme broda potrebno je obraditi dobivene podatke, odnosno kreirati glatku formu koja se kasnije može koristiti za izradu proračuna, nacrtu trupa, itd. Način obrade je sličan postupku kreiranja nove forme. U današnje vrijeme se forma u pravilu generira pomoću računala. Izmjereni podaci se moraju preračunati u formu pogodnu za ubacivanje u računalo i na način analogan snimanju forme digitalizirati. Nakon digitalizacije koordinata i crtanja krivulja forme slijedi zaglađivanje forme po uvriježenoj brodograđevnoj praksi.

2. Suvremena metoda snimanja forme broskog trupa

U svijetu danas postoji više numeričkih metoda prostornog snimanja velikih objekata: fotogrametrijska metoda, primjena 3D laserskog skenera, laserskog trackera i mjerenje totalnom stanicom.

U brodogradilištu "Uljanik" se za potrebe kontrole dimenzija u procesu izrade trupa broda koristi sustav mjerenja totalnom stanicom. Sustav se sastoji od mjernog uređaja (totalna stanica, 3D-teodolit), pomoćnih naprava za mjerenje, džepnog računala, osobnog računala i programskog paketa za obradu izmjerenih podataka.

2.1. Mjerni uređaj i pomoćne naprave za mjerenje

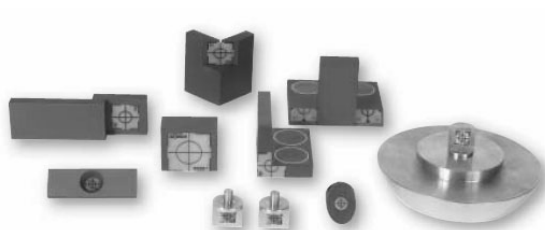
Mjerni uređaj koji se koristi je totalna stanica (slika 2.), koji se naziv još i 3D-teodolit, ili tahimetar, sljedećih glavnih karakteristika [2]:

Proizvođač:	SOKKIA
Model:	NET 1200
Povećanje teleskopa:	30 puta
Vrijeme mjerenja:	0.5 s
Domet mjerenja:	1.3 m do 200 m s reflektirajućim metom 1.3 m do 40 m bez reflektirajuće mete
Preciznost mjerenja:	± 0.6 mm s reflektirajućom metom ± 1 mm bez reflektirajuće mete



Slika 2. NET 1200 totalna stanica

Fig. 2 NET 1200 total station



Slika 3. Reflektirajuće mete

Fig. 3 Reflective targets



Slika 4. Rotirajuće mete

Fig. 4 Rotary target

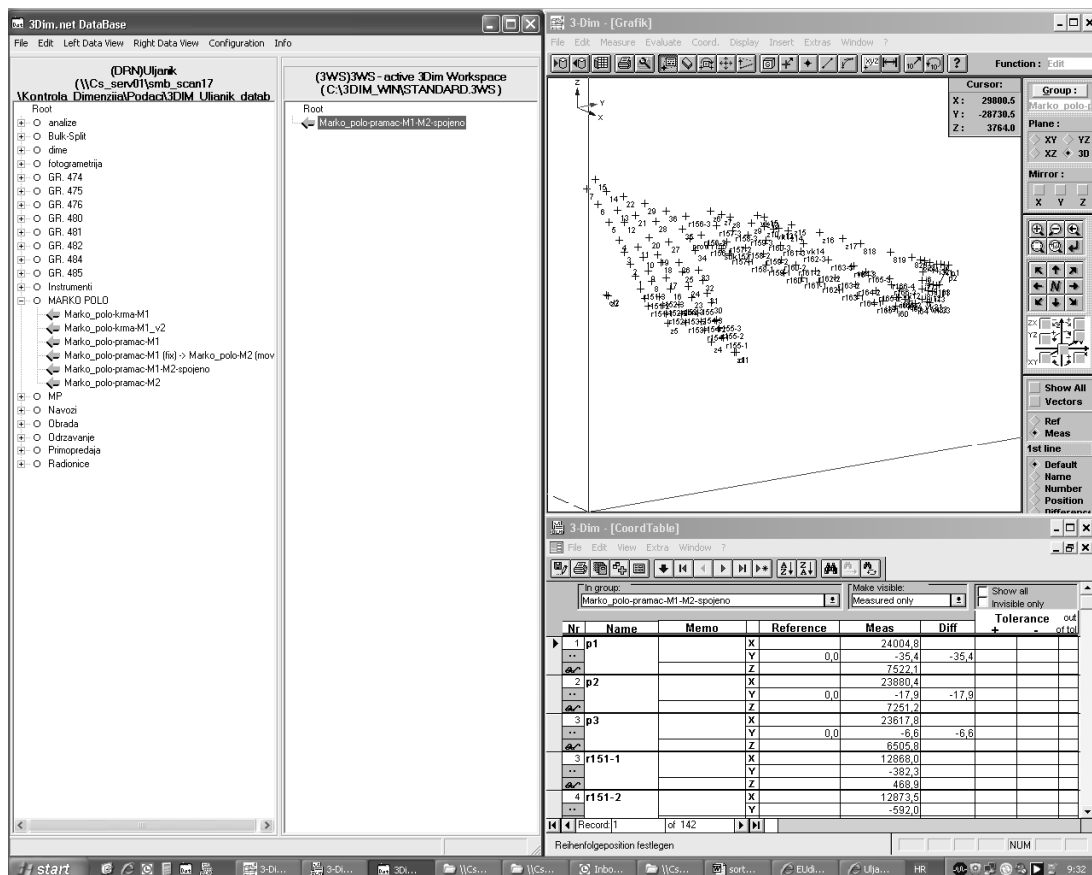
Za rad s totalnom stanicom je potreban i tronožac na koji se ona montira – slika 2. Za točno viziranje koriste se reflektirajuće mete s označenim centrom koji se vizira putem durbina; više o viziranju u poglavlju 2.3. Na slici 3 su prikazane samo meke od mnogih izvedbi takvih meta.

Na slici 4 je prikazana rotirajuća meta koja služi za promjenu pozicije totalne stanice, što će biti objašnjeno u poglavlju 2.3.

2.2. Programski paket

Za obradu podataka koristi se programski paket "3-Dim" Njemačke tvrtke "GLM", koji se isporučuje zajedno s uređajem. Postoji inačica programa za osobno računalo (može biti stolno ili prijenosno za rad na terenu) i džepno računalo. Verzija programa za džepno računalo naziva se "3-Dim Observer".

Verzija za osobno računalo se sastoji od baze podataka projekata (lijevo na slici 5.), grafičkog prozora (gore desno na slici 5.) u kojem se vidi prostorni položaj točaka i tabličnog prozora (dolje desno na slici 5.) u kojem se vide prostorne koordinate točaka.



Slika 5. 3-DIM programski paket

Fig. 5 3-DIM program package

Baza podataka je podijeljena u dva prozora. U jednom prozoru je baza podataka koja funkcionira kao mapa dokumenata koja sadrži projekte i podprojekte. Drugi prozor predstavlja aktivni radni prostor koji služi za komunikaciju između baze podataka i grafičkog i tabličnog prozora.

Uvjeti mjerenja u brodogradilištu često su takvi da nije moguć rad s prijenosnim računalom (zbog vlage, prašine, skućenog prostora, opasnosti od oštećenja itd.) zbog čega se na terenu najčešće koristi robusno džepno računalo koje je otporno na sve gore navedene uvjete. Za džepno računalo postoji posebna inačica programa koja se sastoji samo od tabličnog prikaza točaka. Nedostatak džepnog u odnosu na osobno računalo je manja veličina ekrana i nepostojanje grafičkog modula za prikaz mjernih točaka. Na slici 6 je prikazano džepno računalo s programom "3-Dim Observer".



Slika 6. Džepno računalo s programom "3-Dim Observer"

Fig. 6 Pocket PC with "3-Dim Observer" software

Iz programskog paketa moguće je izvesti podatke prostornih pozicija mjernih točaka u formatu datoteka koje podržavaju ostali CAD programi koji se najčešće koriste u brodogradnji:

Tribon
AutoCAD
CADDs
Rhinoceros

.....

Datoteke izvoza mogu biti različitih formata:

*.dwg
*.dxf
*.igs
*.stp
*.asc
*.txt
*.csv

Na sličan način se izmjereni podaci mogu uvoziti iz CAD aplikacija u "3-Dim".

U brodogradilištu "Uljanik" se pri izradi projektne i radioničke dokumentacije najviše koristi "CADDs" iz kojeg se putem *.csv datoteka u "3-DIM" uvoze teoretski podaci koji se koriste kod mjerenja.

Za izvoz izmjerenih podataka iz "3-DIM" –a koriste se *.dxf datoteke koje se jednostavno uvoze u "CADDs" ili "Rhinoceros".

Osim u CAD aplikacije izmjerene podatke moguće je jednostavno uvesti i u neki od tabličnih kalkulatora (kao što je EXCEL), gdje se mogu vršiti razne analize izmjerenih podataka.

2.3. Postupak mjerenja

Prije svakog početka mjerenja potrebno je postaviti zadatak mjerenja. Zadatak mjerenja je snimanje forme broda sa što većim brojem točaka kako bi forma bila što kvalitetnije opisana. Mjerenje mora biti izvedeno u realnom vremenu, tako da se treba naći kompromis između ta dva zahtjeva.

Prije početka mjerenja moraju biti ispunjeni osnovni uvjeti, ali njih ima znatno manje nego kog snimanja klasičnom metodom:

1. Brod treba biti podignut na operativnu površinu iznad vode, na navoz, dok, obalu. Mjerenje broda u plovnom stanju je moguće samo iznutra. Kod ovakvog načina mjerenja se točnost znatno ne smanjuje, ali se produljuje vrijeme potrebno za mjerenje jer postoje unutrašnje pregrade, oprema i uređaji koji ometaju pravac viziranja prema oplati, pa je mnogo puta potrebno premještati totalnu stanicu.
2. Treba osigurati dovoljno prostora za rad kao i skele koje omogućavaju pristup oplati broda. Potrebne su ljestve ili platforme koje su sigurne za mjeritelje. I ovaj zahtjev je nešto blaži u odnosu na klasičnu metodu budući da se veliki dio točaka može snimiti i bez fizičkog pristupa istima.
3. Broj potklada mora biti dovoljan da brod bude sigurno poduprt. Istovremeno veliki broj potklada onemogućava mjerenja na tim mjestima.
4. Treba osigurati dobru vidljivost bilo dnevnim svjetlom ili umjetnom rasvjetom.

Na temelju zadatka mjerenja i stanja na terenu planira se mjerenje. Radno okruženje u brodogradilištu je takvo da se ono mijenja iz dana u dan, pa će se i način mjerenja za isti objekt mijenjati ovisno o stanju na terenu. Mora se odrediti pozicija totalne stanice iz koje se vidi što je moguće veći broj mjernih točaka. Kako se u brodogradnji najčešće mjere veliki prostorni objekti u pravilu nije moguće izvršiti mjerenje s jedne pozicije. Zbog toga je potrebno za stajalište totalne stanice odabrati poziciju iz koje će se vidjeti dvije dovoljno udaljene čvrste točke koje će služiti za povezivanje dvaju ili više koordinatnih sustava unutar jednog mjerenja. Za povezivanje koordinatnih sustava dovoljno je sa svakog novog stajališta totalne stanice snimiti rotirajuće mete (slika 4.) koje služe upravo toj svrsi, a program automatski proračunava svaku novu poziciju totalne stanice u odnosu na početnu poziciju.

Kod mjerenja na moru (na brodu i/ili plutajućem doku) javlja se jedan dodatni zahtjev. Totalna stanica u sebi sadrži kompenzator kuta nagibanja "Z" – osi, koji optimizira horizontiranje totalne stanice, tako da je njezina "Z" – os uvijek u smjeru sile gravitacije. Kod mjerenja na moru potrebno je isključiti kompenzator jer on ispravlja totalnu stanicu, a objekt mjerenja se pomiče uslijed pomicanja površine mora, zbog čega se dobivaju pogrešni rezultati. Kod isključenog kompenzatora totalna stanica pomiče se zajedno s brodom i/ili plutajućim dokom, a njihov je međusobni prostorni položaj uvijek isti. Jedina razlika u odnosu na mjerenja na "suhom" je, uz isključivanje kompenzatora, u tome što je potrebna dodatna točka za spajanje koordinatnih sustava pri promjeni pozicije totalne stanice.

Kada se je odredio plan, pristupa se samom mjerenju. Vizira se točka po točka i izmjerene vrijednosti se snimaju u datoteku mjerenja na računalu. Na slici 7. prikazan je pogled kroz durbin totalne stanice i viziranje reflektirajuće mete (udaljenost mjerenja je oko 20 m).



Slika 7. Viziranje reflektirajuće mete

Fig. 7 Sighting of reflective target

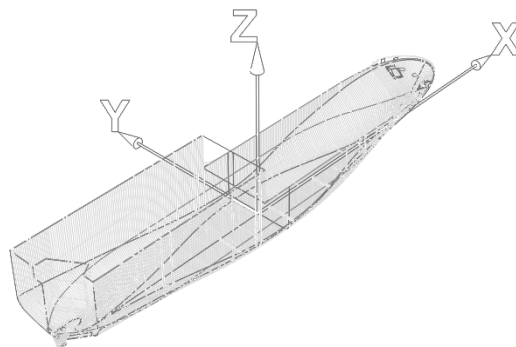
Za snimanje su uglavnom dovoljne dvije osobe– jedna za rad na totalnoj stanici, a druga za pridržavanje reflektirajućih meta ili za razne pomoćne radnje (uklanjanje prepreka u pravcu viziranja, dodavanje razne opreme,...). Ako se radi o skućenom i zakrčenom prostoru, što je u brodogradnji čest slučaj, dobro je ako je u ekipi još jedan pomoćni član.

Kod viziranja se najčešće koriste reflektirajuće mete jer je mjerenje pomoću njih najtočnije. Ako je pristup nekoj točki ograničen moguće je snimati i bez reflektirajuće mete, ovisno o kutu između pravca snimanja i snimane površine i hrapavosti snimane površine.

Rezultat mjerenja je oblak točaka s definiranom prostornom pozicijom svake točke u odnosu na ishodište koordinatnog sustava totalne stanice.

2.4. Obrada rezultata mjerenja

Oblak točaka dobiven mjerenjem potrebno je s koordinatnog sustava totalne stanice svesti na koordinatni sustav broda. U programu se to obavlja jednostavnom naredbom, ali je potrebno poznavati osnovna načela definiranja koordinatnog sustava broda, načina mjerenja i rada programa. Na slici 8. je prikazan primjer koordinatnog sustava broda. Položaj ishodišta može biti različit od kod različitih brodova, ali je orijentacija osi uvijek ista.



Slika 8. Koordinatni sustav broda

Fig. 8 Ship coordinate system

Kod ovog načina snimanja nije bitno u kojem se položaju nalazi brod – on može imati poprečni ili uzdužni nagib, zbog čega je prilikom snimanja forme broda važno snimiti dovoljan broj točaka za transformaciju koordinatnog sustava. Teoretski su dovoljne tri točke, npr.:

1. točka – za definiranje ishodišta sustava
2. točka – za definiranje "X" – osi sustava
3. točka – za definiranje "XY" – ravnine koordinatnog sustava broda

Os "Y" se automatski postavlja kroz ishodište, okomito na os "X" u "XY" ravnini

Os "Z" se automatski postavljaju kroz ishodište, okomito na os "X" i "Y".

Kod stvarnih objekata izmjerene vrijednosti nisu nikad jednake teoretskima pa odabrane točke za definiciju koordinatnog sustava ne moraju biti ispravne.

Kako bi se dobili što pouzdaniji rezultati potrebno je snimiti kontrolne točke na poznatim pozicijama

To su najčešće:

točke na ravnom dnu ili palubi (teoretski na istoj visini; "Z" – koordinata konstantna)

točke na ravnom boku ili uzdužnoj pregradi (teoretski na istoj širini; "Y" – koordinata konstantna)

točke na poprečnoj pregradi ili rebu (teoretski na istoj dužini; "X" – koordinata konstantna)

Ako se javljaju međusobna odstupanja u koordinatama točaka koje moraju imati konstantnu "X", "Y" ili "Z" koordinatu, uzima se srednja vrijednost pri transformaciji koordinatnog sustava. Ako neka točka previše odskoče od ostalih onda se ona zanemaruje kod definiranja koordinatnog sustava. Što je više točaka snimljeno rezultat je pouzdaniji, ali je i vrijeme potrebno za obavljanje snimanja duže, pa treba naći ravnotežu između zahtjeva za brzinom snimanja i potrebnom točnošću.

Nakon transformacije koordinatnog sustava i provjere svih kontrolnih točaka i eventualnih korekcija izmjereni podaci su spremni za danju obradu.

Izmjerene vrijednosti se mogu prebaciti u neku CAD aplikaciju preko *.dxf datoteke i tamo dalje obrađivati.

3. Snimanje forme neoštećenog dijela pramca trajekta "Marko Polo"

Snimanje forme se obavljalo u plutajućem doku u brodogradilištu "LP Brodogradilište" u Malom Lošinju. Bilo je potrebno izraditi sekcije pramca, a pošto je dokumentacija bila nepouzdana izvršilo se je snimanje neoštećenog dijela kako bi se dobio kontinuitet u formi broda na spojevima novih sekcija s postojećim trupom. Snimao se je neoštećeni dio forme pramca – oko 3 metra u smjeru krme i gornje palube – slika 9.

Snimanje je izvršeno u dva navrata, pošto se prvi put nije snimio dovoljan broj točaka koji je bio potreban za izradu radioničke dokumentacije novih sekcija pramca.

Kod prvog snimanja izmjereno je 115 točaka, a kod drugog dodatne 32 točke. Snimanja su svedena u zajednički koordinatni sustav preko tri zajedničke točke i više kontrolnih točaka na gore opisan način, te se je nakon toga pristupilo daljnjoj obradi izmjerenih podataka.

80 % točaka snimljeno je bez reflektirajuće mete, što znači da nije bilo potrebno graditi skelu do tih točaka, a snimanje se je time je znatno ubrzalo.



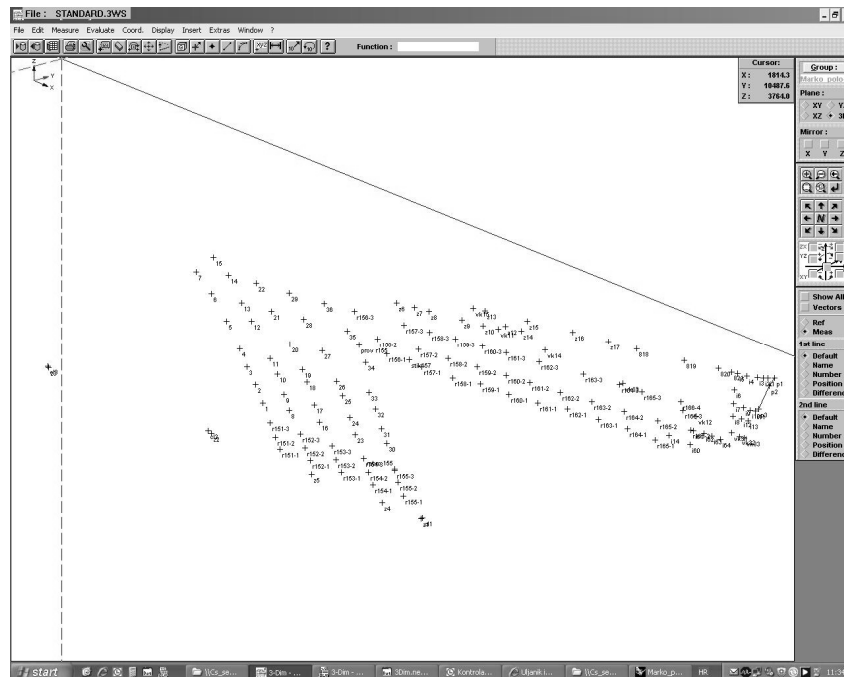
Slika 9. Dio područja snimanja

Fig. 9 Part of scanning area

Ukupno vrijeme snimanja je bilo oko 5 sati; za snimanje su bile potrebne dvije osobe.

Nakon snimanja na terenu, koje se je obavljalo preko džepnog računala slijedila je obrada podataka u programu "3-DIM" na stolnom računalu.

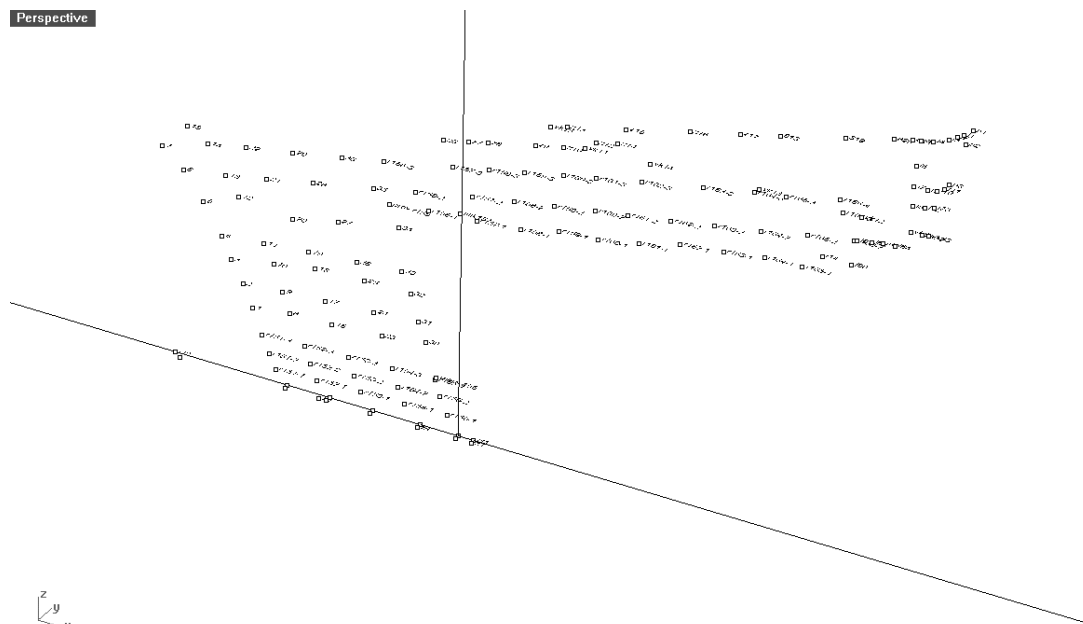
Na slici 10. se vidi rezultat mjerenja u "3-DIM"-u



Slika 10. Oblak točaka u "3-DIM"-u

Fig. 10 Point cloud in "3-DIM"

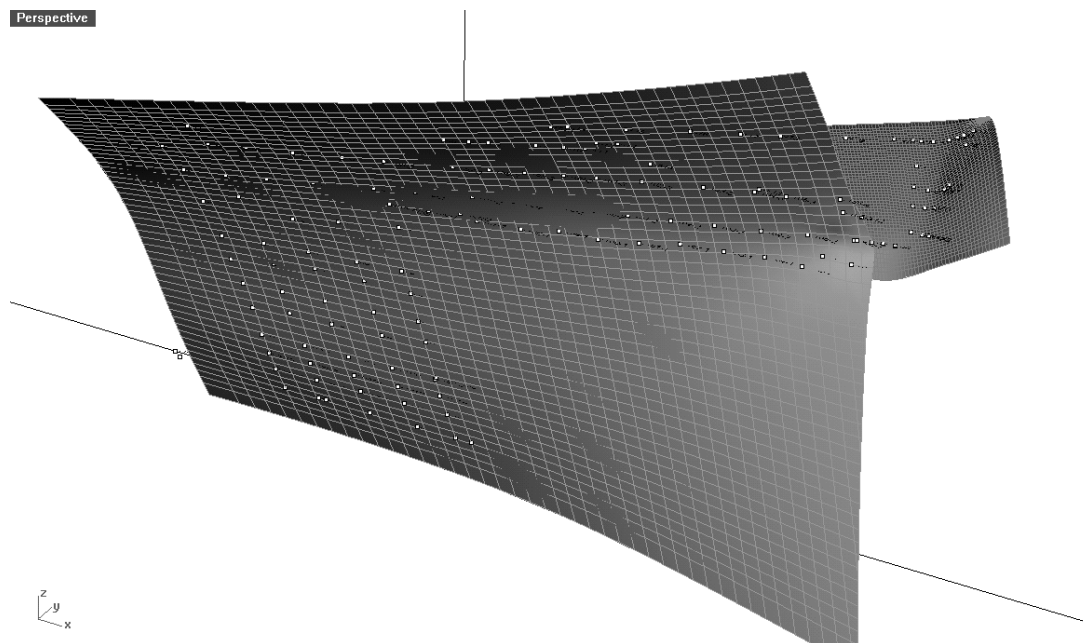
Nakon spajanja dvaju mjerenja i transformacije koordinatnog sustava slijedi izvoz podatak u program "Rhinceros" – na slici 11 vidi se isti oblak točaka kao u programu 3-Dim.



Slika 11. Oblak točaka u "Rhinceros"-u

Fig. 11 Point cloud in "Rhinceros"

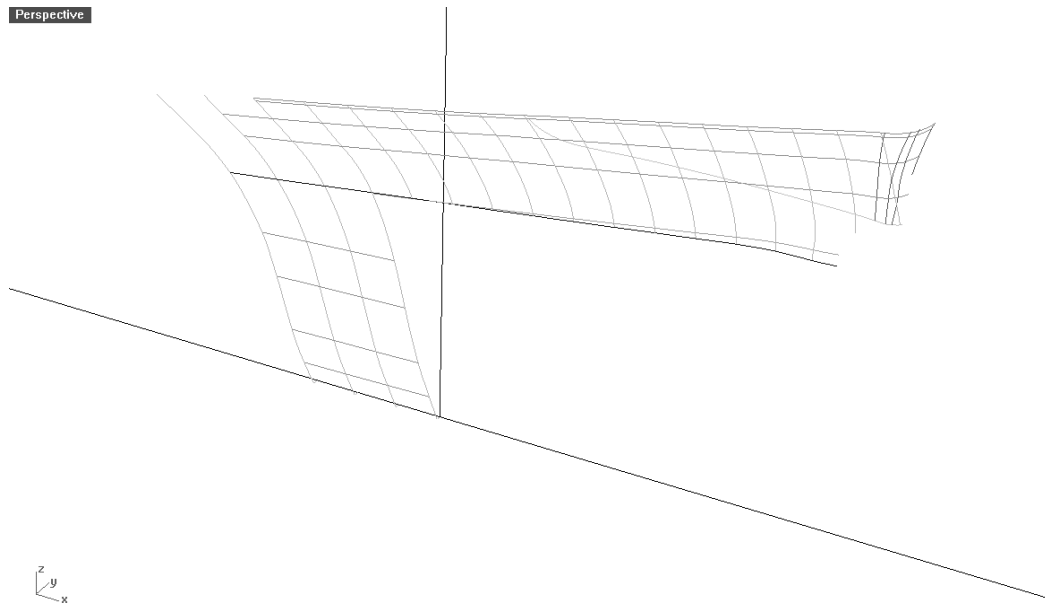
Za daljnju obradu je izabran "Rhinceros" zbog mogućnosti brzog modeliranja s NURBS plohama i krivuljama. Točke nisu na svim mjestima snimljene na točnoj poziciji rebra, kako se ne bi gubilo vrijeme na traženje iste, nego na približnoj poziciji. Zbog toga je druga faza pri modeliranju forme provlačenje NURBS plohe kroz snimljene točke. Generirane su dvije plohe zbog toga što forma naglo mijenja radijus zakrivljenosti na pramčanoj statvi pa ta ploha ima nešto više kontrolnih točaka. Na slici 12. su prikazane dobivene plohe.



Slika 12. NURBS ploha

Fig. 12 NURBS surface

Nakon generiranja ploha slijedi presijecanje istih s ortogonalnim ravninama rebara, šavova i vodnih linija. Konačan rezultat je nacrt linija broda; 3-D prikaz nalazi se na slici 13.

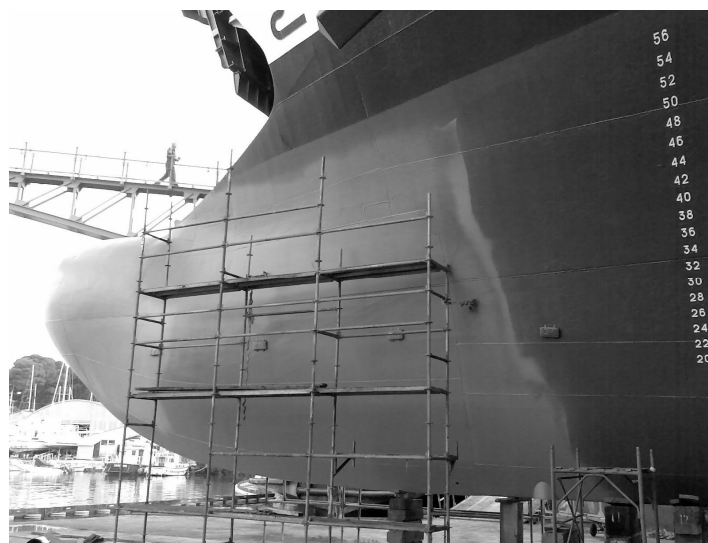


Slika 13. Nacrt brodskih linija

Fig. 13 Lines drawing

Generirane krivulje su NURBS krivulje su pomoću *.dxf datoteke prebačene u "CADDs". Ured "Numeričko trasiranje" brodogradilišta "Uljanik" je temelju njih i starih klasifikacijskih nacрта trupa izradio formu pramca i potom radioničku dokumentaciju za predmontažu novih sekcija pramca. Rezanje i savijanje limova i profila se je također napravilo u brodogradilištu "Uljanik", a sekcije su se izradile u brodogradilištu "Tehnomont".

Na slici 14. prikazan je konačan rezultat – gotov pramac montiran na brod. Treba napomenuti da je montaža novih sekcija protekla s minimalnim dodatnim radovima na spojevima novo izrađene sekcije pramca s bulbom i trupa broda, te time besprijekorno sačuvan kontinuitet forme u tom području.



Slika 14. Konačni rezultat – montirane nove sekcije pramca

Fig. 14 Final result – installed new bow blocks

4. Ostale primjene ove metode mjerenja u brodogradnji

Sustav mjerenja totalnom stanicom uveden je u brodogradilište "Uljanik" 2006. godine zbog kontrole dimenzija kod izrade sekcija brodskog trupa, što mu je i danas primarna zadaća. Prolaskom vremena i stjecanjem iskustva uvidjelo se je da se ta oprema učinkovito može koristiti i za mjerenje geometrije raznih brodskih elemenata, sklopova, sustava i opreme.

Danas se totalna stanica u brodogradilištu "Uljanik" koristi za kontrolu:

- Dimenzija sekcija brodskog trupa
- Dimenzija kod montaže sekcija na navozu
- Dimenzija sklopova na maloj predmontaži
- Dimenzija limova i profila u obradi
- Pozicioniranja osovinskog voda i pogonskog motora
- Pozicioniranja palubnih dizalica
- Pozicioniranja šina dizalica
- Ugradnje i pozicioniranja kontejnerskih stopa na brodovima za prijevoz kontejnera
- Posebne brodske opreme i brodskih sekcija, naročito kod brodova jaružala koji se danas grade u brodogradilištu "Uljanik". Bez ove opreme gradnja ovakvih brodova bila bi gotovo nezamisliva u zadanim vremenskim okvirima
- Pozicija raznih senzora na brodu (dubinomjeri, GPS...)
- ...

Osim za potrebe gradnje broda, koristi se i za svrhe mjerenja kod održavanja, servisiranja i ugradnje novih strojeva i uređaja koji se koriste u proizvodnom procesu brodogradilišta:

- Mjerenje razmaka i visina šina svih dizalica u brodogradilištu
- Mjerenje okomitosti portala plazma rezačica i panel linije
- Mjerenje i centriranje valjaka na savijačici limova
- Mjerenje transportnih staza limova i profila
- Mjerenje svijetlih prolaza na transportnim putovima unutar brodogradilišta
- Mjerenje dimenzija i ravnina radnih površina
- ...

Kako se vidi iz gore opisanog primjena ove mjerne opreme je veoma raznolika. Može se reći da su glavna ograničenja u njenom korištenju ideja, znanje i iskustvo ljudi koji se njom koriste i organizacija posla u brodogradilištu.

5. Zaključak

Primjenom suvremene metode se nedvojbeno smanjuju troškovi i vrijeme, a povećava točnost snimanja forme broda. U radu se nisu egzaktno obrađivali troškovi pripreme i snimanja, ali se lako mogu vidjeti prednosti ako se usporede zahtjevi za obje metode u tablici 1.

Tablica 1. Usporedba moderne i klasične metode snimanja forme

Table 1 Comparison of classic and modern hull form scanning method

ZAHTJEV	KLASIČNA METODA	SUVREMENA METODA
PODIGNUTI BROD NA SUHO	DA	DA
POSTAVITI BROD U PROJEKTNO STANJE	DA	NE
POSTAVITI BROD NA RAVNU POVRŠINU	DA	NE
POSTAVITI BROD USPRAVNO	DA	NE
OSIGURATI SKELU	DA	DA*
OSIGURATI DOVOLJAN BROJ POTKLADA	DA	DA
OSIGURATI DOBRO OSVJETLJENJE	DA	DA

*kako se vidi iz poglavlja 3. 80% točaka je bilo moguće snimiti bez kontakta i pristupa, pa je potrebno osigurati skelu samo manjem dijelu točaka

Osim vremena koje je potrebno pripremu i za snimanje forme bitan čimbenik koji je na strani suvremenih metoda mjerenja je njihova greška mjerenja. Ona je reda veličine 1 mm na udaljenostima snimanja do 200 m, što je kod snimanja forme broda zanemarivo.

U 4. poglavlju su nabrojane i ostale primjene ove metode mjerenja u brodogradnji. Vidi se da se radi o izrazito fleksibilnoj mjernoj opremi koja može pokriti najveći dio mjerenja potrebnih u brodogradilištu.

REFERENCE

- [1] I. Grubišić: Geometrija broda – elektronički udžbenik (<http://www.fsb.hr/geometrija.broda/>)
- [2] Korisnički priručnik totalne stanice NET 1200

Gordan Šikić, MSc, USCS d.o.o., Flaciusova 1, Pula

Marin Bistričić, mag. ing., USCS d.o.o., Flaciusova 1, Pula

Sanja Butković, dipl. ing., Uljanik Brodogradilište d.d., Flaciusova 1, Pula

VIZUALNI SUSTAV ZA PROCJENU KOLIČINE BOJE STRUKTURE TRUPA BRODA

Sažetak

Odjelu Bojenja broda od iznimne su važnosti površine brodskih prostora jer je to osnova za specificiranje materijala za rad (količina boje i sačme), vremena trajanja AKZ radova te cijene samog rada. Zato je, u suradnji s Odjelom Bojenja broda Brodogradilišta Uljanik, osmišljena i izrađena aplikacija koja omogućava brzu i točnu procjenu površina bojenja i količine boje potrebne za bojenje broda. Jedan od ciljeva je bio da se primjenom jednostavnih vizualnih operacija omogući definiranje kompleksnih prostora, a time i izračun njihovih površina.

Članak prikazuje dizajn, način rada, kao i iskustva stečena pri definiranju zahtjeva, izradi i korištenju aplikacije.

Ključne riječi: vizualizacija, definiranje prostora, površina bojenja

VISUAL SYSTEM FOR HULL STRUCTURE PAINT QUANTITY ESTIMATION

Summary

The correct estimation of painting area is very important for Shipyard Paint Department, since it is a basis for material specification, working time and price estimation. Therefore, a new application has been designed, that allows quick and reliable estimation of painting areas, as well as paint quantity. One of the application's main goals was to allow easy creation of complex spaces, along with paint area calculation.

This article gives the application design overview, together with the paint area estimation workflow. The experiences gained during the initial design and application development is also presented.

Key words: visualization, space definition, paint area

1. Uvod

U Odjelu Bojenja broda Brodogradilišta Uljanik izrađuje se kompletna dokumentacija za bojenje broda, specificira i naručuje materijal potreban za izvođenje radova bojenja broda. Za izradu dokumentacije, planiranje radova i specifikaciju materijala neophodan je podatak o površini broda po pozicijama. Po današnjoj organizaciji, izračunavanje površina radi Odjel Konstrukcije, kojem je osnovni posao izrada radioničke dokumentacije trupa, a izračun površina dodatni. Zbog toga se često događa da podaci o površinama ne odgovaraju potrebama Odjela Bojenja broda. Iz toga je razloga pokrenut projekt za izradu aplikacije koja bi Odjelu Bojenja broda omogućila samostalno računanje površina i količine potrebne boje na osnovu interaktivno definiranih prostora.

2. Analiza problema

Nakon upoznavanja s procesom izračuna količine potrebne boje, odlučeno je da se neće raditi dodatno proširenje CADDSS/TRIDENT sustava za modeliranje, već da će se stvoriti kompletno nova aplikacija, koja će podatke za svoj rad dobivati iz CADDSS/TRIDENT sustava. Ova je odluka s jedne strane otvorila niz dodatnih mogućnosti, ali su se isto tako pojavili i dodatni problemi kojih ne bi bilo da se aplikacija razvijala unutar CADDSS/TRIDENT sustava. Jedna od važnijih prednosti je aplikacija koja će raditi na više operativnih sustava (Solaris SPARC i x86, Linux, Windows XP i Windows 7), što omogućava korištenje na svim tipovima računala koja su trenutno u upotrebi u Brodogradilištu Uljanik.

S druge strane, pojavio se problem prenošenja podataka iz sustava za modeliranje pa je trebalo naći način da se izmodelirani elementi prebace u sustav za bojenje. Ovaj je problem riješen izvozom podataka u XML format uz korištenje posebne XML sheme, razvijene unutar USCS-a, koja sadrži kompletan opis modela (grafički i negrafički podaci o elementima i veze među njima).

Izvršavanje aplikacije na različitim tipovima računala uvjetovalo je definiranje učitavanja i spremanja podataka neovisno o tipu računala i operativnom sustavu. Jedan od zahtjeva je bio da se projekt koji je kreiran na x86 platformi, bez problema učitava na SPARC-u. Ovaj je problem također riješen korištenjem XML tehnologija, tako da se svi rezultati spremaju u XML formatu.

Kako je izračun količine potrebne boje direktno vezan za površine, cijeli problem se može definirati kao problem izračunavanja površina. Ovo znači da je težište cijele aplikacije na što ugodnijem i bržem definiranju prostora, čije se površine traže. Odlučeno je da će se za definiranje prostora iskoristiti HLR (hidden line removal) sustav, razvijen ranije od strane USCS-a. Ovaj je sustav napravljen kao zamjena originalne CADDSS naredbe za generiranje prikaza sa izbrisanim skrivenim linijama. Kroz njega su generiranje i manipulacija modelom već bili implementirani. Jedna od vrlo važnih mogućnosti ovog sustava je i rezanje geometrije ravninama, što je iskorišteno kao osnova za definiranje prostora u novoj aplikaciji. Budući da manipulacija modela u HLR sustavu nije bila predviđena za interaktivnu upotrebu, trebalo ga je preraditi i učiniti kompatibilnim s interaktivnim radom, tj. trebalo je napraviti analizu izvršavanja i ubrzati operacije prikazivanja i rezanja geometrije, uzimajući u obzir nove zahtjeve.

3. Tehnologije korištene za razvoj aplikacije

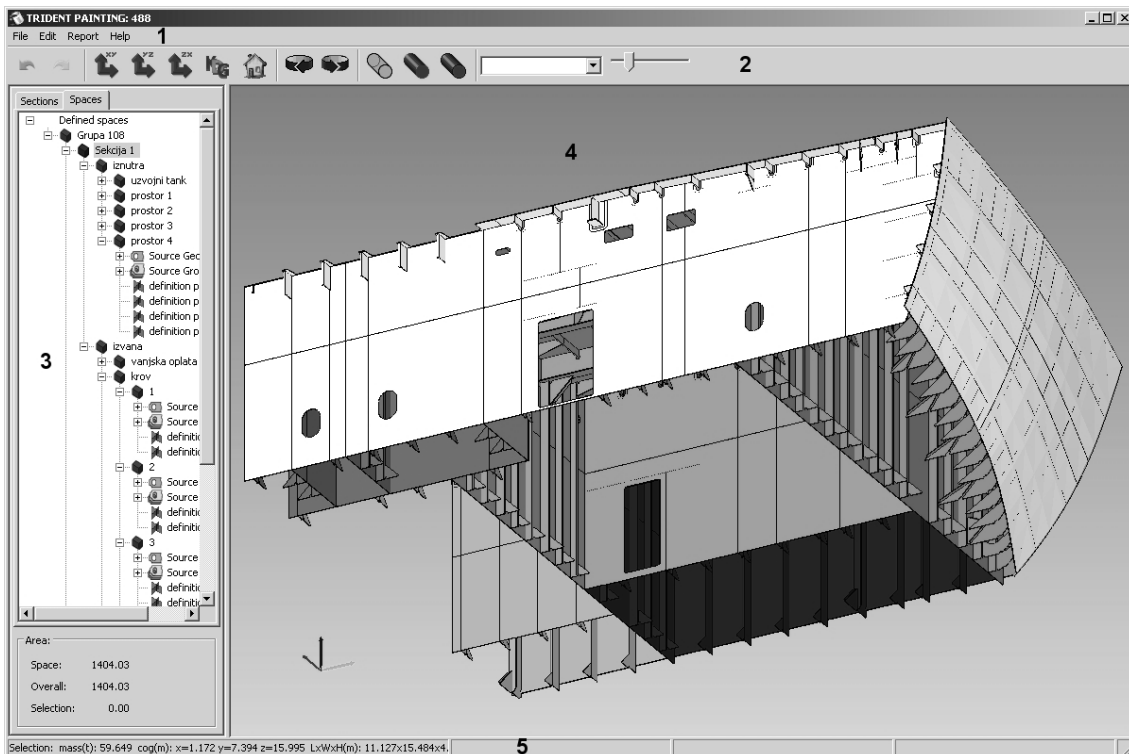
Zahtjevi postavljeni tokom dizajniranja aplikacije su uvjetovali široku upotrebu XML formata. Kako ovaj format nije zamišljen za ručni pristup, bilo je potrebno osmisliti postupak automatskog generiranja funkcija vezanih za čitanje i pisanje XML-a. Radi toga je cjelokupan pristup XML datotekama definiran korištenjem *xsd* programskog alata za automatsko generiranje izvornog koda. Upotreba ovog alata je jako pojednostavila rad s podacima u XML-u i u potpunosti eliminirala greške vezane za njegovu definiciju. Kompletan rad s XML-om se svodi na definiranje XSD sheme, na osnovu koje se automatski generira izvorni kod. Za grafičko prikazivanje geometrije je korišten *OpenGL*, koji (uz uvjet pravilnog korištenja) omogućava vrlo brz prikaz velikih količina podataka.

Odabir GUI biblioteka je bio vrlo važan; trebalo je odabrati neko višepatformno rješenje, koje obavezno uključuje i Solaris/SPARC platformu. Nakon dublje analize i testiranja, odabrana je biblioteka *wxWidgets*, koja je aktivno podržana na svim ciljanim platformama.

Aplikacija je najvećim dijelom napravljena korištenjem C++ programskog jezika. Iako je ovo vrlo kompleksan programski jezik, odabran je obzirom na iskustvo u njegovoj upotrebi unutar USCS-a.

4. Sučelje aplikacije

Aplikacija je dizajnirana na način da rad sa njom bude što je moguće intuitivniji i lakši. U tu svrhu sučelje aplikacije podijeljeno je na pet logičkih cjelina (slika 1): traku izbornika (1), alatnu traku (2), područje za rad sa hijerarhijskom strukturom tehnoloških cjelina i definiranih prostora (3), modelski prozor (4) i statusnu traku (5).



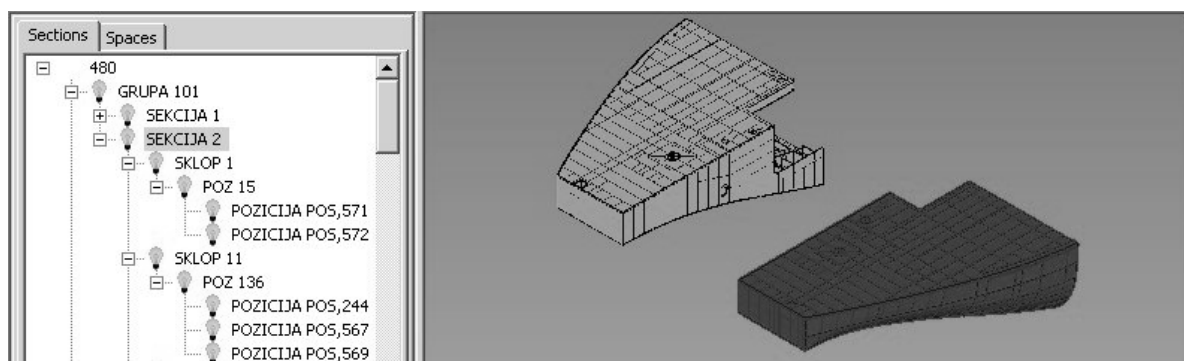
Slika 1. Sučelje aplikacije

Fig. 1 Application interface

Traka izbornika sastoji se iz uobičajenih padajućih izbornika koji se mogu vidjeti u većini aplikacija (*File, Edit, Help*) i jednog specijaliziranog izbornika (*Report*) vezanog uz kreiranje izvještaja potrebne količine boja.

Alatna traka sadrži alate za manipulaciju modelom prikazanim unutar modelskog prozora. To su uglavnom alati za zakretanje modela i promjenu načina prikaza modela.

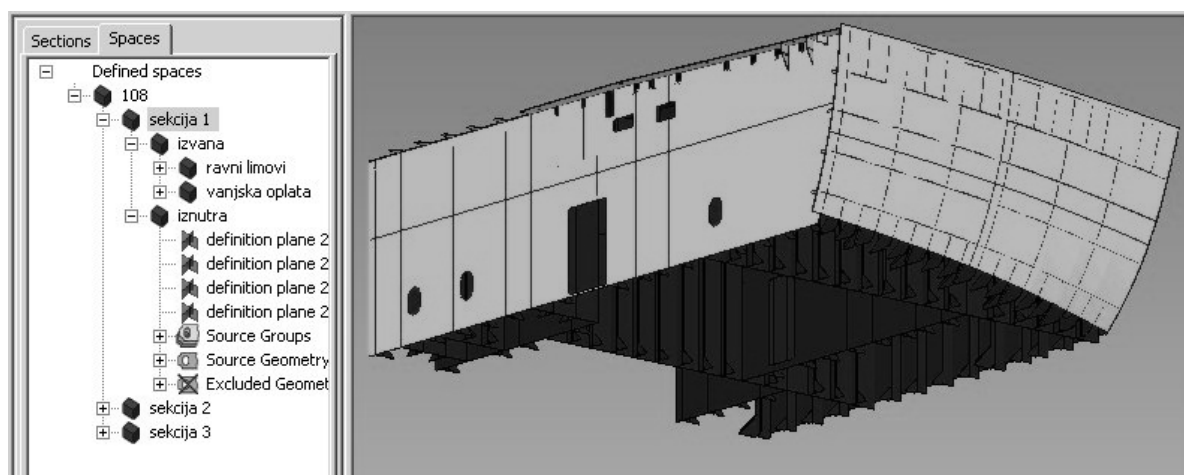
Područje za rad sa hijerarhijskom strukturom sadrži dvije strukture: tehnološku strukturu (*Sections*) i strukturu prostora za bojenje (*Spaces*). Tehnološka struktura (slika 2) može se koristiti kao preglednik modela brodske strukture, ali primarna zadaća joj je brz odabir geometrije tehnoloških cjelina potrebnih za definiranje prostora za bojenje.



Slika 2. Diskriminacija odabrane geometrije unutar tehnološke strukture

Fig. 2 Selected geometry discrimination

Struktura prostora za bojenje (slika 3) sadrži hijerarhiju definiranih prostora za bojenje i omogućava manipulaciju prostorima (stvaranje novih prostora, brisanje nepotrebnih prostora, kopiranje ili pomicanje čvorova hijerarhije prostora u neki drugi prostor i sl.). Stvaranje prostora zamišljeno je na način da se kompleksni prostor rekurzivno razbija na jednostavnije cjeline. Tako se kreira i stablo prostora, pri čemu je definirani kompleksni prostor glavni čvor, a manje kompleksni podprostori su njegova djeca. Zadnjim razinama prostora definira se geometrija pa na taj način prostor iznad ove razine ima zbrojenu geometriju svih podprostora.

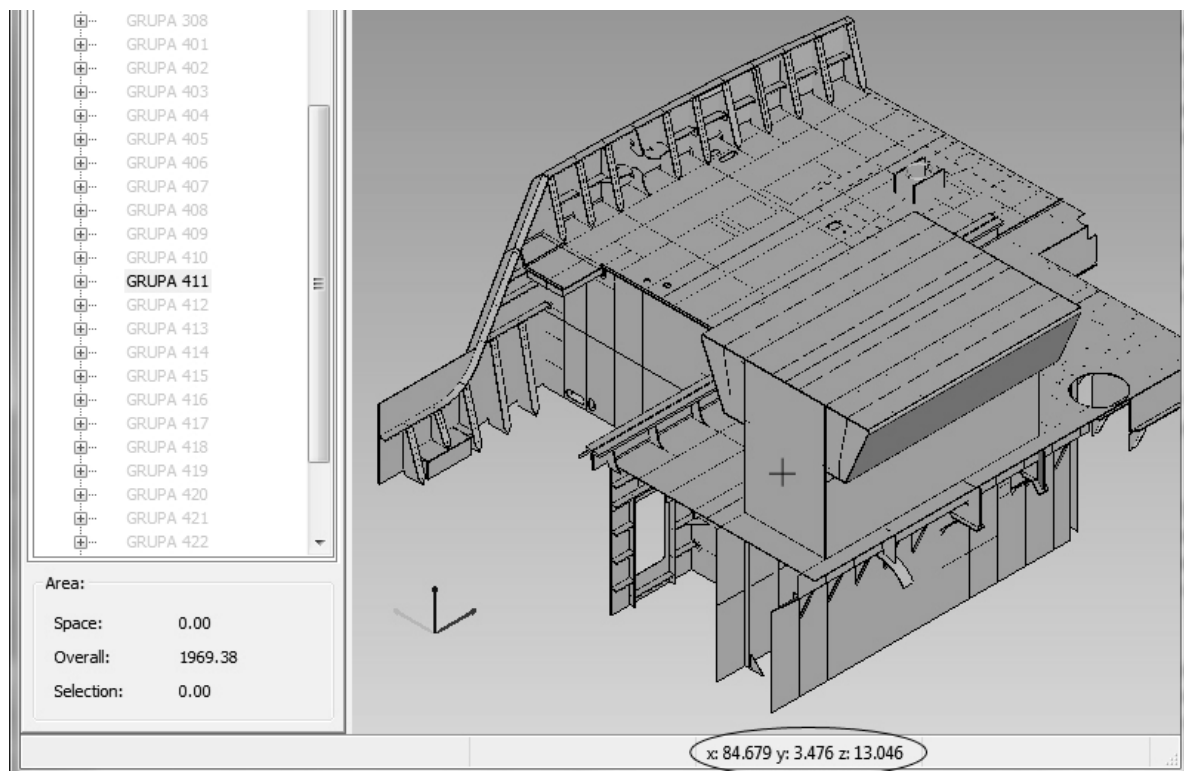


Slika 3. Struktura prostora sa prikazom geometrije odabranog prostora

Fig. 3 Spaces tree with selected space geometry preview

Primarna funkcija modelskog prozora je brz i jednostavan odabir i prikaz geometrije. Ukoliko je unutar područja za rad sa hijerarhijskom strukturom odabrana kartica *Sections*, modelski prozor će prikazati geometriju koja je unutar tehnološke strukture označena kao učitana (tekst čvora prikazan crnom bojom) i neskrivena (s lijeve strane čvora prikazana upaljena lampica). Ukoliko je unutar područja za rad sa strukturom odabrana kartica *Spaces*, modelski prozor će prikazati geometriju odabranog prostora.

Unutar modelskog prozora mogu se vršiti operacije zakretanja modela, povećavanja ili umanjivanja prikaza modela, pomicanja modela, odabira geometrije, sakrivanja odabrane geometrije, prikazivanja odabrane geometrije (ukoliko je prethodno bila sakrivena), prikazivanja samo odabrane geometrije, pohranjivanja trenutnog stanja modelskog prozora i naknadnog pozivanja pohranjenog stanja modelskog prozora, pohranjivanja trenutnog prikaza modelskog prozora u obliku slike te operacije promjene boja prikaza odabrane geometrije. Zakretanje, povećavanje / umanjivanje i pomicanje modela vrši se oko dinamički određene točke. To je točka dodira kursora miša i geometrije u trenutku pokretanja jednog od ovih triju procesa (slika 4). Na ovaj način postiže se znatno prirodniji osjećaj kontrole nad modelom. Koordinate točke dodira kursora i geometrije možemo vidjeti i unutar statusne trake ukoliko pomičemo kursor iznad geometrije.



Slika 4. Prikaz koordinata točke dodira kursora i geometrije

Fig. 4 Coordinates of the cursor projection to the model

5. Način rada aplikacije

Rad sa aplikacijom svodi se na slijedeće operacije:

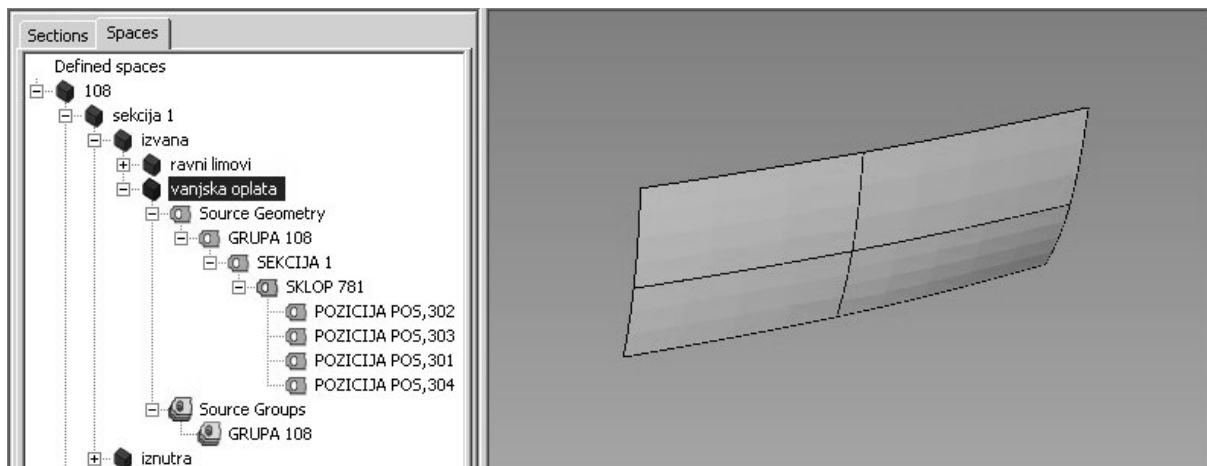
- Stvaranje hijerarhije prostora i podprostora
- Dodjela geometrije pojedinom prostoru
- Dodjela boja prostorima
- Generiranje izvještaja

5.1. Stvaranje hijerarhije prostora i podprostora

Stvaranje hijerarhije prostora i podprostora vrši se na stablu strukture prostora unutar kartice Spaces preko kontekstnog izbornika, dodavanjem prostora i pripadajućih podprostora. Moguće je definirati proizvoljan broj prostora i podprostora, tj. moguće je stvaranje hijerarhije prostora proizvoljnih razina (slika 3).

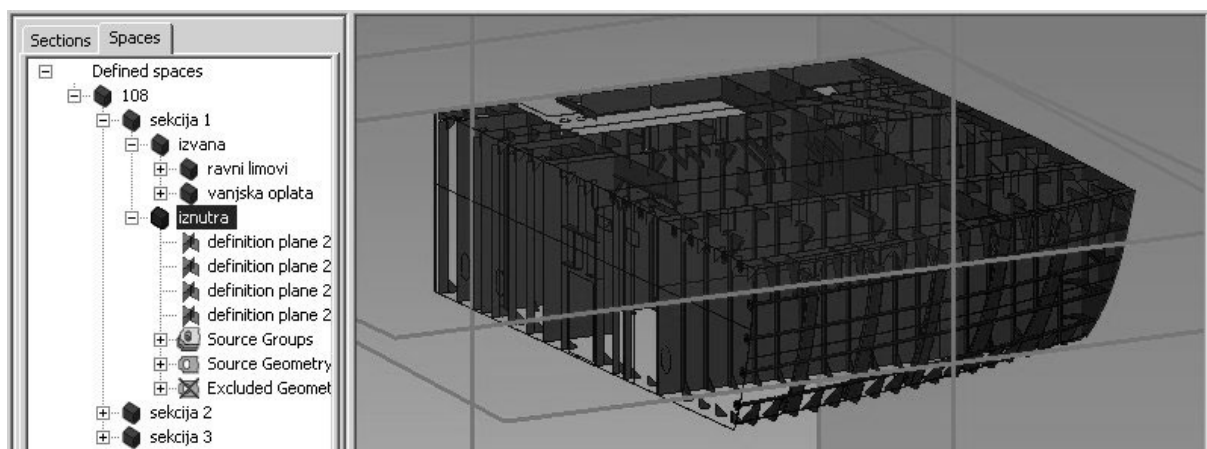
5.2. Dodjela geometrije pojedinom prostoru

Dodjela geometrije pojedinom prostoru može se vršiti odabirom geometrije koju želimo unutar prostora (slika 5), definicijskim ravninama pri čemu u prostor ulazi sva učitana geometrija odrezana definicijskim ravninama (slika 6), ili kombiniranjem odabrane geometrije i definicijskih ravnina pri čemu u prostor ulazi samo odabrana geometrija odrezana definicijskim ravninama (slika 7). Uočeni višak geometrije može se odabrati i ukloniti iz prostora.



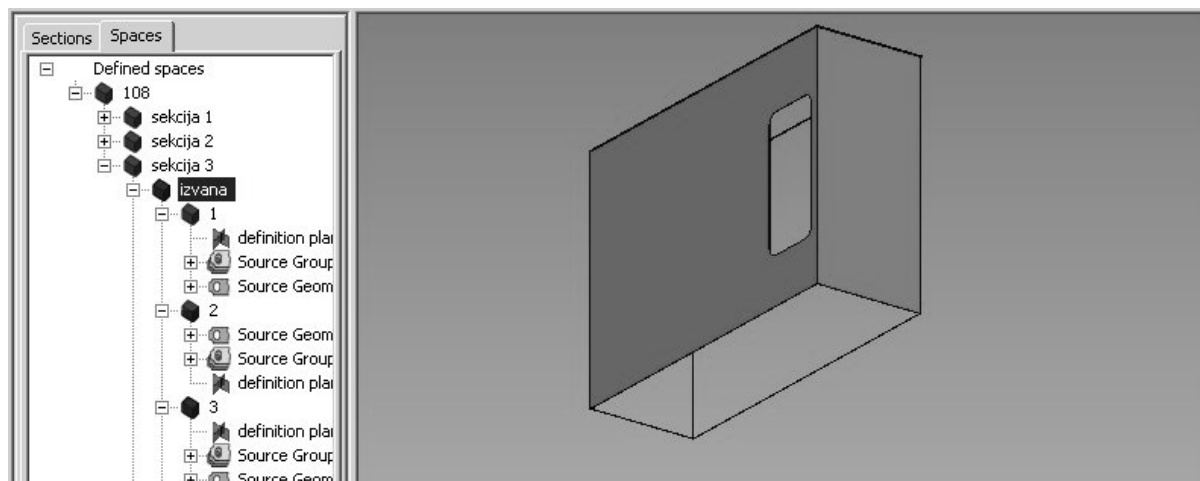
Slika 5. Prostor vanjske oplata sekcije definiran odabirom geometrije

Fig. 5 Space defined by geometry selection



Slika 6. Prostor sekcije iznutra dobiven definicijskim ravninama

Fig. 6 Space defined entirely with definition planes



Slika 7. Prostor sekcije, definiran kombiniranjem odabrane geometrije i definicijskih ravnina

Fig. 7 Space defined by combining geometry selection and definition planes

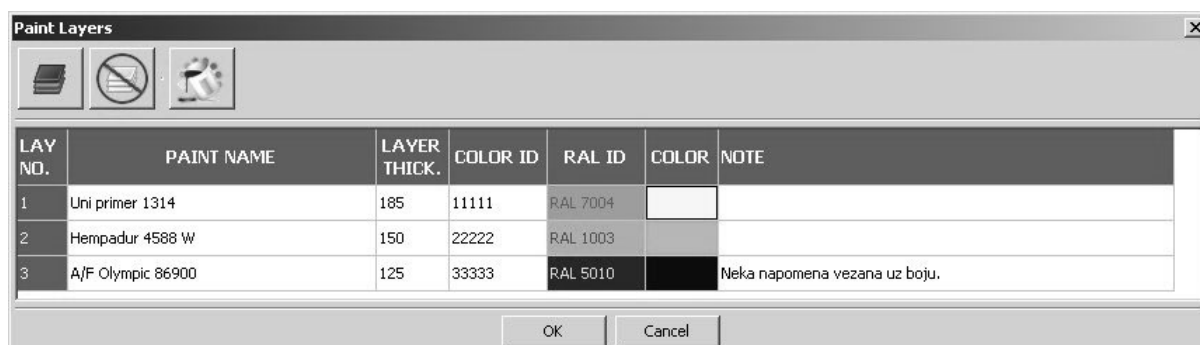
5.3. Dodjela boja prostorima

Svakom čvoru prostora unutar stabla strukture prostora moguće je dodijeliti proizvoljan broj slojeva boja, pri čemu podprostori zadržavaju slojeve boja pripadajućeg nadprostora.

Princip dodjela boja slijedeći:

- glavnom prostoru dodijele se slojevi boja koje će sadržavati svi njegovi podprostori (npr. temeljna boja)
- podprostorima se dodijele slojevi boja koje su specifične za dotični podprostor

Dijalog za manipulaciju slojevima boja prostora (slika 8) pokreće se iz kontekstnog izbornika čvora prostora.



Slika 8. Dijalog za manipulaciju slojevima boja prostora

Fig. 8 Paint layers dialog

5.4. Generiranje izvještaja

Nakon stvaranja prostora i dodjele boja, može se pristupiti generiranju izvještaja. Moguće je dobiti izvještaj po specifičnim prostorima ili po tehnološkim cjelinama za bojenje.

Izvještaj po specifičnim prostorima prikazuje površinu i potrebnu količinu pojedine boje za prostore definirane unutar stabla strukture prostora.

Izvještaj po tehnološkim cjelinama za bojenje raspoređuje definirane prostore na tehnološke cjeline i zbraja površine i potrebne količine boja za pojedinu tehnološku cjelinu.

Unutar preglednika izvještaja (slika 9) moguće je pregledati stranice izvještaja, pokrenuti ispis izvještaja i pohraniti izvještaj u pdf obliku.

BOJENJE SEKCIJA		Gr. br.	Nacrt br.	Str.	
17.6.2010.		example		3	
red br.	sekcija / prostor	povrsina m ²	planirana boja - l	potrosena boja - l	napomena
108 1					
	iznutra	927.56			
1	A/F Olympic 86900 ID_33333 (125 mikrona)		240.05		
	Hempadur 4588 W ID_22222 (150 mikrona)		369.68		
	Uni primer 1314 ID_11111 (185 mikrona)		455.94		
	izvana	323.59			
2	Hempadur 17633 ID_22222 (150 mikrona)		128.97		
	Uni primer 1314 ID_11111 (185 mikrona)		159.06		
108 2					
	iznutra	969.75			
1	A/F Olympic 86900 ID_33333 (125 mikrona)		250.97		
	Hempadur 4588 W ID_22222 (150 mikrona)		386.49		
	Uni primer 1314 ID_11111 (185 mikrona)		476.67		
	izvana	365.67			

Slika 9. Preglednik izvještaja

Fig. 9 Report preview

6. Baza podataka boja

Za potrebe izračuna količine potrebne boje razvijena je baza podataka boja i aplikacija za upravljanje bazom boja (slika 10). U bazu podataka boja unose se svi potrebni podaci, dobiveni od strane proizvođača dotične boje, koji su neophodni za izračun količine potrebne boje i generiranje izvještaja.

PAINT NAME		Hempadur 17633	Hempadur 4588 W	Hempadur 45182	A/F Olympic 86900	Hempadur 85671
TECHNICAL CHARACTERISTICS						
percentage of dry matter %		69	69	69	69	69
loss factor		40%+10	40%+10	40%+10	30%	40%+10
interval btw coating	5 °C	min	26h	21h		
		max				
	10 °C	min	16h			90h
		max				
20 °C	min	8h		6h	8h	36h
	max			5d		21d
max. rel. humidity %		85	85	85	85	60
mixture ratio		4.000000:1.000000	3.000000:1.000000	4.000000:1.000000		8.800000:1.200000
mixed color durability /hours/ at temp.	10 °C					
	20 °C	2h	1h	3h		3h
	30 °C	1h				
solvent		08450	08450	08450	08080	08450
max. solvent percent. %		5	5	5	5	5
nozzle opening (")		0.021000-0.025000	0.017000-0.023000	0.023000	0.027000-0.031000	0.018000-0.021000
outlet pressure (bar)		250.000000	250.000000	200.000000	270.000000	200.000000
curing time (+20 °C)		20d(+5.000000C)	20d(+5.000000C)	7d		10d
min. vent. for 10% LEL		m ³ /lit				81
Paint film thickness	min	150	200	100	100	100
	max					300
flaming point °C		32	40	23	25	24

Slika 10. Aplikacija za upravljanje bazom boja

Fig. 10 Paint database application

7. Iskustva stečena u izradi aplikacije

Nakon početne analize problema izračuna bojanja, uvidjelo se da je moguće iskoristiti HLR sustav. Njegove je funkcionalnosti trebalo proširiti i prilagoditi interaktivnom radu. Radi toga se u početnoj fazi projekta pristupilo dodatnom profiliranju već postojećeg koda u svrhu inicijalnog optimiziranja već postojećih biblioteka, a profiliranje koda je ostalo kao vrlo važan pristup generiranju kvalitetne i odzivne aplikacije.

Korištenjem modernih tehnika iscrtavanja, uz upotrebu *OpenGL-a*, brzina prikazivanja geometrije je dovedena na vrlo visoku razinu, čak i na računalima slabijim od ciljane konfiguracije. Manipulacija geometrijom, poput rezanja ravninama, je također optimizirana, što omogućava vrlo ugodan rad.

Jedan od dodatnih dizajnerskih ciljeva je bio da aplikacija radi na raznim platformama, bez ikakvih izmjena. Trenutno, sustav za bojanje je moguće izvršavati na Solaris-u (SPARC i x86), Linux-u, kao i na Windowsima (XP i 7). Aplikacija je paralelno razvijana na svim ciljanim platformama, kako bi se eventualni problemi otkrili i riješili što je moguće ranije. Ovakav pristup je rezultirao kodom koji je neovisan o operativnom sustavu, što maksimalno olakšava eventualno implementiranje aplikacije na nove računalne platforme.

8. Iskustva u radu s aplikacijom

Aplikacija za računanje površina prilično je jednostavna za rad. Naravno, što su prostori, odnosno sekcije, jednostavnije po strukturi, to je lakše i brže doći do željene

površine. S obzirom da je riječ o vizualizaciji, tj. 3D prikazu, uz korištenje nacрта strukture trupa lako je odrediti koji prostor pripada kojoj sekciji. To je ujedno i prvi korak u računanju površina. Nakon definiranja prostora po sekcijama njegove se granice zasebno izračunavaju postavljanjem ravnina rezanja.

Prvi koraci rada u aplikaciji obuhvaćali su provjeru postojećih površina za novogradnje koje se trenutno izrađuju u brodogradilištu. Površine dobivene od Odjela Konstrukcije uspoređivane su sa izračunatim površinama uporabom ove aplikacije. Na taj su način, uz upoznavanje s novom aplikacijom, provjerene površine za cijelu jednu seriju brodova. Zaključeno je da su izračunate površine točne i da će Odjel Bojenja broda od prvog novog projekta u brodogradilištu površine izračunavati samostalno koristeći ovu aplikaciju.

Aplikacija se operativno koristi za računanje stvarnih površina aktualnih novogradnji u brodogradilištu. Svakodnevna upotreba dovela je do novih zahtjeva za poboljšanjima funkcionalnosti, koje se ugrađuju u aplikaciju.

9. Zaključak

Temeljem zahtjeva Odjela Bojenja broda Brodogradilišta Uljanik napravljena je aplikacija koja je omogućila vizualno definiranje brodskih prostora te izračun njihovih površina. Ovakav pristup je poboljšao točnost izračuna količine materijala potrebnog za bojanje. U razvoju aplikacije su svojim primjedbama i komentarima aktivno učestvovali djelatnici Odjela Bojenja broda, što je rezultiralo rješenjem prilagođenom korisničkim potrebama, objedinjeno pod imenom TRIDENT Painting.

Za izradu aplikacije su korištene moderne tehnike programiranja u C++, uz upotrebu provjerenih biblioteka, uključujući i biblioteke razvijene unutar USCS-a. Velika pažnja je posvećena povećanju brzine rada, kao i podršci za raznorodne, međusobno vrlo različite operativne sustave.

Tokom izrade aplikacije TRIDENT Painting iskazalo se da je potencijal cijelog sustava vrlo veliki te da omogućava rješavanje čitavog niza drugih problema, koji su vezani za prikaz i manipulaciju trodimenzionalnih modela. To je i iskorišteno, tako da sada postoji čitava serija aplikacija, koje su bazirane na iskustvima vezanim za projekt, poput:

- TRIDENT Ship Explorer,
- TRIDENT Drafting,
- TRIDENT Measure,
- TRIDENT Pipe Production,
- CADDS Procedure Editor.

LITERATURA

- [1] TRIDENT Hiding documentation
- [2] TRIDENT Painting documentation
- [3] <http://www.boost.org>
- [4] <http://www.OpenGL.org>
- [5] <http://docs.freebsd.org/44doc/psd/18.gprof/paper.pdf>
- [6] <http://www.w3.org/standards/xml/>
- [7] <http://www.codesynthesis.com/products/xsd/>
- [8] <http://www.wxwidgets.org>

(2.1*)

Doc. dr. sc. Boris Ljubenkov, dipl. ing., Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb
Dipl. ing. Mladen Mihailović, Lošinjska plovidba – brodogradilište, Lošinjskih
brodograditelja bb, Mali Lošinj
Prof. dr. sc. Želimir Sladoljev, dipl. ing., Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb
Prof. dr. sc. Tomislav Zaplatić, dipl. ing., Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb
Prof. dr. sc. Kalman Žiha, dipl. ing., Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb

KONCEPTUALNI PROJEKT BRODOGRADILIŠTA NA DUNAVU

Sažetak

U članku je prezentiran konceptualni projekt fleksibilnog montažnog brodogradilišta na Dunavu. Uvodno su razmatrane značajke i ograničenja plovnih putova u Europi i Hrvatskoj te su dane procjene razvoja prometa u unutrašnjoj plovidbi. Nadalje, prikazani su karakteristični riječni i manji morski brodovi koji bi se mogli uključiti u proizvodni program brodogradilišta. Analizirani su industrijski kapaciteti firmi u regiji s kojima bi brodogradilište moglo surađivati, a prema tome je definiran osnovni koncept prevladavajući montažnog brodogradilišta. Lokacija novog brodogradilišta definirana je prema konfiguraciji terena te obzirom na socijalno industrijske značajke područja regije. Predloženi konceptualni projekt brodogradilišta na Dunavu sadrži tlocrt, raspored radnih prostora, tokove materijala te princip predaje broda vodi.

Ključne riječi: unutrašnja plovidba, montažno brodogradilište, Dunav

CONCEPTUAL DESIGN OF SHIPYARD ON THE RIVER DANUBE

Summary

This paper presents a conceptual design of a shipyard on river Danube. The introductory notes considered the inland navigation routes in Europe and in Croatia as well as the assessments of developments in inland navigation. Furthermore, the characteristic types of ships that could be included in the production plan of the shipyard. The industrial capacities of regional companies of potential for cooperation in shipbuilding are analyzed in order to define the basic concept of a prevailing assembly yard. The location of the shipyard has been investigated with respect to social and industrial characteristics in the region. The conceptual design proposal in the paper brings forward the shipyard layout, arrangement of working areas, material flows and launching procedures.

Key words: inland navigation, assembly yard, Danube

1. Uvod

Promet na unutrašnjim vodama odvija se na rijekama, umjetno prokopanim kanalima i jezerima, a ubraja se u najstarije i najjeftinije vrste prijevoza. Rijeke i jezera su bili prvi komunikacijski putovi, a njima se mogu prevesti velike količine roba jeftinije nego kopnenim putem. Razvojem kopnenog transporta, promet unutrašnjim vodama je u jednom periodu gubio na značaju, ali se u novije vrijeme ponovo vraća u prvi plan. Nastojanja Europske Unije idu prema sve većem korištenju unutrašnje plovidbe u odnosu na cestovni i željeznički promet. Osim prijevoza roba u sve većem zamahu je i razvoj turizma na unutrašnjim vodama. Širina plovnih putova rijeka Dunava, Majne i Rajne te dobra povezanost europskih metropola omogućuju atraktivna krstarenja.

Glavni ciljevi strategije razvoja unutrašnje plovidbe u Hrvatskoj su:

- usklađivanje s uputama Europske Unije o razvoju transporta roba unutrašnjim vodama
- uključivanje u europsku mrežu transporta unutrašnjim vodama
- povećanje udjela prijevoza roba unutrašnjom plovidbom
- održavanje plovnih putova u skladu s njihovom kategorijom i obnavljanje riječne flote.

Obzirom na ciljeve strategije razvoja riječnog prometa u Republici Hrvatskoj i očekivano veći broj turista nužno je obnavljanje luka, osuvremenjavanje brodova i poboljšanje plovnih putova. Procjenjuje se da bi se na obale domaćih rijeka moglo privući godišnje i do 100000 turista. U prilog tome ide obnavljanje pristaništa u Osijeku, Aljmašu, Batini, a u planu su obnavljanja pristaništa u drugim mjestima.

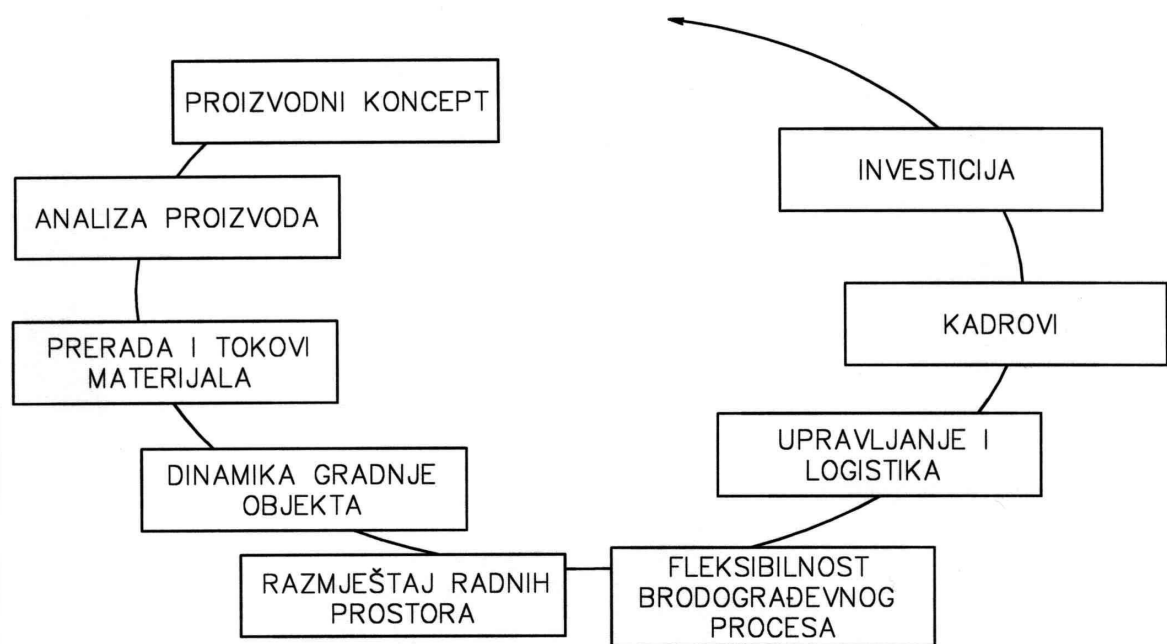
U Hrvatskoj se samo 1.5% roba preveze rijekama, pa je nužno povećanje udjela transporta roba rijekama što će rezultirati većom potrebom plovidbe unutrašnjim vodama i većim brojem brodova. Kada se tome pridoda pomorska orijentacija zemlje, tradicija brodogradnje, stručnost radne snage i razvijeno školstvo nužno je osnivanje centra za gradnju i remont brodova što ujedno doprinosi razvoju industrijskih kapaciteta te mogućnost zapošljavanja većeg broj ljudi na područjima posebne državne skrbi.

2. Projektiranje brodograđevnog procesa

Projektiranje brodograđevnog procesa započinje određivanjem dugoročnih ciljeva, koji ovise o potrebama brodograđevnog tržišta. Brodograđevno tržište je nestalno i ne osigurava stabilnu potražnju brodskog prostora, te je podložno cikličkim promjenama 1. Uzroci cikličkih promjena mogu biti vezani za:

- društvene ili ekonomske promjene, a odnose se na stanje u zemljama kao što je njihovo političko uređenje, zakoni, eventualni sukobi i
- razvoj postupaka i načina prijevoza roba i putnika koji će rezultirati novostima u projektnim rješenjima brodova.

Projektiranje brodograđevnog procesa je iterativni postupak sastavljen od elemenata prikazanih slikom 1. Svaki element projekta ima zahtjeve i ograničenja, a njihova međuzavisnost je složena, pa se konačno rješenje traži iteracijom u nekoliko koraka 2. U svakom slijedećem koraku iteracije elementi projekta imaju nova rješenja koja se reflektiraju na ostale elemente projekta. Konačni rezultat je kompromisno rješenje projekta brodograđevnog procesa u cjelini, pri čemu neće biti moguće postići najbolja rješenja pojedinačno za svaki element projekta.



Slika 1. Projektna spirala

Fig. 1 The design spiral

Elementi projekta su:

Proizvodni koncept

Proizvodnim konceptom definira se građevno mjesto koje može biti ravno ili koso te način sastavljanja finalnog proizvoda jednom od metoda, a to su:

- metoda sastavljanja modula trupa,
- metoda sastavljanja blokova trupa ili
- metoda sastavljanja sekcija trupa.

Metode se razlikuju prema geometrijskim karakteristikama dijelova strukture koji se montiraju u trup broda. Modul je dio strukture koji obuhvaća finalni proizvod u njegovoj punoj širini i visini, ali u ograničenoj duljini. U metodi sastavljanja blokova trupa osnovni element sastavljanja trupa je blok, čija masa može biti i do 600 tona. Metoda sastavljanja sekcija trupa koristi se kod sastavljanja trupa na kosom građevnom mjestu, a osnovni element je sekcija.

Analiza proizvoda

Analiza se radi prema proizvodnom konceptu, a uključuje upoznavanje s finalnim proizvodom, njegovim funkcioniranjem, strukturom i potrebnom opremom.

Prerada i tokovi materijala

Proizvodni proces se definira kao intermitentni s obzirom na različite finalne proizvode koji se mogu istovremeno naći u proizvodnji. Karakteristika intermitentnog – isprekidanog procesa je veliki broj radnih operacija koje ne traju jednako. Radi toga su u procesu potrebna međuskладиšta koja zahtijevaju prostor i češće korištenje transportnih sredstava.

Tokovi materijala kroz proces moraju biti pravolinijski i što kraći, a svakako treba izbjegavati povratne tokove i presijecanje drugih tokova ili linija proizvodnje.

Dinamika gradnje

Dinamika gradnje se definira za očekivane objekte proizvodnog programa. Na osnovu podataka analize proizvoda slijedi proračun izrade osnovnih građevnih jedinica te sastavljanja objekta u svrhu određivanja opterećenja i kapaciteta radionica, strojeva i uređaja u svim fazama proizvodnog procesa. U fazi definiranja dinamike gradnje provjeravaju se različite varijante sastavljanja finalnog proizvoda kao i utjecaj različitih finalnih proizvoda na opterećenje svih faza proizvodnog procesa. Za fleksibilno brodogradilište to je važno, jer se može očekivati široki asortiman finalnih proizvoda.

Razmještaj radnih površina

Proizvodnim konceptom se određuje građevno mjesto i metoda sastavljanja trupa što predstavlja osnovu za definiranje faza proizvodnog procesa te razmještaja radnih prostora i tokova materijala.

Upravljanje i logistika

Upravljanje procesom je koordinacija svih sudionika u procesu. Za učinkovito upravljanje potrebno je definirati strukturu upravljanja, odgovornosti, razine odlučivanja, principe donošenja odluka, kontrolu, postupke i tehnike planiranja te informatičku podršku.

Brodograđevni proces se može podijeliti na pripremni i proizvodni. U pripremni proces spadaju aktivnosti prodaje, projektiranja, konstruiranja, tehnologije i nabave, a kvaliteta pripreme je osnova organiziranog proizvodnog procesa koji se odvija u pogonima brodogradilišta.

Kadrovi

Brodogradnja je radom intenzivna industrija, radi čega su kadrovi važan element u ostvarenju projekta brodograđevnog procesa. Za svaku fazu proizvodnog procesa definiraju se potrebna zanimanja i broj ljudi. Potrebno je voditi brigu o stalnoj izobrazbi i usavršavanju kadrova kao i o uvjetima zapošljavanja novih ljudi, te kontaktima sa kooperacijom kada vlastiti kapaciteti nisu dovoljni.

Investicija

Investicija obuhvaća definiranje svih stavki i procjenu troškova počevši od građevinskih radova, pa do potrebne opreme brodogradilišta.

Uz prikazane elemente projektne spirale, bitni elementi ovog projekta su analiza plovnih putova, definiranje proizvodnog programa te ocjena industrijskih kapaciteta tvrtki u regiji.

2.1. Plovni putovi u Hrvatskoj i u Europi

Plovni put je pojas na unutrašnjim vodama određene dubine, širine i ostalih propisanih gabarita koji je uređen, obilježen i otvoren za sigurnu plovidbu. Definiran je plovnim koritom i radijusom zavoja kod niskog plovnog vodostaja te visinom ispod mostova i zračnih kabela kod visokog plovnog vodostaja 4 .

Plovne putove klasificira Organizacija za unutrašnje Transporte Europske ekonomske komisije Ujedinjenih naroda prema veličini brodova koji njima mogu ploviti. Podjela je prikazana u tablici 1. Definirano je 6 klasa plovnih putova prema nosivosti, duljini, širini i gazu brodova.

Prema trenutnoj situaciji, kako je prikazano slikom 2, u Hrvatskoj se definiraju 4 važna plovna puta, a to su:

- plovni put rijeke Dunav duljine 137 km klase VI,
- plovni put rijeke Save duljine 446 km klasa II i III,
- plovni put rijeke Drave duljine 200 km klasa II, III i IV i
- plovni put rijeke Kupe duljine 5 km klase III.

Tablica 1. Klasifikacija rijeka

Table 1 Classification of European inland waterways

Klasa	Istisnina (t)	Duljina (m)	Širina (m)	Gaz (m)	Visina (m)
I	300	38.5	5	2.2	3.55
II	600	50	6.6	2.5	4.20
III	1000	67	8.2	2.5	3.95
IV	1350	80	9.5	2.5	4.40
V	2000	95	11.5	2.7	6.70
VI	> 2000	> 95	> 11.5	> 3.0	> 6.70



Slika 2. Plovni putovi u Republici Hrvatskoj

Fig. 2 Waterways in Croatia

Ukupna duljina postojećih plovnih putova je oko 800 km, a prema strategiji razvoja unutrašnje plovidbe Republike Hrvatske jedan od važnijih ciljeva je održavanje pouzdane i sigurne plovidbe u skladu s kategorizacijom plovnog puta.

Plovni putovi u Hrvatskoj su dio europskih plovnih putova koji postaju sve zanimljiviji i iz ekonomskih i ekoloških razloga. Jedan od ciljeva europske komisije je rasterećenje cestovnog prometa povećanom unutrašnjom plovidbom. Uvodi se niz restriktivnih mjera, cestovni promet postaje skuplji te dolazi do većeg korištenja intermodalnog načina prijevoza. Intermodalni način prijevoza je kombinacija cestovnog i riječnog transporta, a posebno se odnosi na prijevoz RO-RO tereta.

Dunav je bio prvi plovni put kojim je plovidba uređena međunarodnim ugovorima još 1856. godine. Danas je plovidba Dunavom regulirana Konvencijom iz 1948. godine. Tim sporazumom su definirana pravila plovidbe i održavanje plovnog puta.

Transport kroz Europu je bio tema nekoliko Pan europskih konferencija na kojima je devedesetih godina prošlog stoljeća definirano 10 glavnih prometnih koridora. Od tog broja 9 koridora je kopnenih, jedan je riječni, a to je koridor VII. Koridor VII predstavlja Dunavski plovni put duljine 2300 km.

Važan transportni put kroz Europu je povezivanje Sjevernog i Crnog mora vodenim putem preko rijeka Dunava i Rajne. Ideja je stara stoljećima, ali se tek nakon Drugog svjetskog rata krenulo u izgradnju složenog sustava koji se zove Europski kanal tj. kanal Rajna-Majna-Dunav. Dovođenjem Europskog kanala ostvaren je 3500 km dugi plovni put od rumunjske luke Constanza do nizozemskog Rotterdama. Maksimalne dimenzije brodova, definirane prema ograničenjima plovnog puta su duljina 185 m, širina 11.4 m, gaz 2.7 m i nosivost 2500 t.

2.2. Proizvodni program brodogradilišta

Prikazani su neki od brodova koji bi se mogli graditi i održavati u budućem brodogradilištu. Analizom tržišta i praćenjem želja naručitelja izdvojeni su tipični riječni brodovi te brodovi za otvorenu plovidbu morima. Dimenzije brodova za otvorenu plovidbu su u skladu s ograničenjima plovidbe Dunavom do Crnog mora.

Riječni brodovi koji bi se mogli graditi u brodogradilištu su:

brodovi za prijevoz općeg tereta/kontejnera koji spadaju u najtraženije brodove radi sve većeg opsega prijevoza kontejnera.

RO-RO brodovi i barže za prijevoz RO-RO tereta postaju sve traženiji plovni objekti radi većeg udjela transporta takvog tipa tereta

brodovi tegljači/gurači – iznimno važni brodovi za transport roba baržama

brodovi za krstarenja – postaju sve zanimljiviji plovni objekti razvojem riječnog turizma.

Brodovi otvorene plovidbe

U brodogradilištu na Dunavu mogu se graditi brodovi koji će ploviti morima, ali se moraju uzeti u obzir ograničenja plovidbe do Crnog mora. Glavna ograničenja su dimenzije ustava na Đerdapu, a prema njima su definirane maksimalne dimenzije brodova za otvorenu plovidbu. Duljina broda je do 310 m, širina do 34 m, gaz do 2.3 m, visina 9.15 m, a u ovu kategoriju brodova spadaju brodovi za prijevoz rasutog tereta i kontejnera, opskrbeni i ribarski brodovi.

Glavne dimenzije navedenih brodova dane su u tablici 2, a slikama 3 i 4 su prikazani brod za prijevoz općeg tereta i RO-RO barža tipa Europa II.



Slika 3. Brod za prijevoz općeg tereta

Fig 3 General cargo ship



Slika 4. RO-RO barža tipa Europa II

Fig. 4 RO-RO barge – type Europa II

Tablica 2. Glavne dimenzije karakterističnih brodova

Table 2 Characteristic principal dimensions for ships of interest

Tip broda	Istisnina (t)	Duljina (m)	Širina (m)	Masa lakog broda (t)
Brod za prijevoz općeg tereta	2000	95	11.4	1000
RO-RO barža – tip Europa II	1800	80	11.4	500
Brod tegljač / gurač	-	40	13.0	700
Brod za rasuti teret	3000	90	12.5	2000

3. Konceptualni projekt riječnog brodogradilišta

U brodogradilištu su predviđena dva programa rada, a to su gradnja novih brodova i remont. U sklopu proizvodnog koncepta definirana je gradnja brodova na ravnoj površini metodom sastavljanja modula i blokova te poslovni model novog pogona. Poslovni model je montažno brodogradilište čije su značajke:

- gradnja nestandardnih plovila

- proizvodni program se svodi na projekte izrađene prema želji kupca

- proizvodna djelatnost brodogradilišta u pravilu se ograničava na montažu trupa kao temeljnu aktivnost

- pojedine dijelove proizvodnog procesa izvode supkontraktori koji za ugovorenu funkciju ili prostornu cjelinu novogradnje sudjeluju u definiciji projekta, te isporučuju i ugrađuju sve potrebne dijelove i testiraju njihovu pogonsku sposobnost u opsegu po načelu 'ključ u ruke'

- vlastiti kapaciteti za izgradnju trupa broda fleksibilno se prilagođavaju potrebama angažiranjem dopunskog broja radnika

Montažno brodogradilište se oslanja na prateću industriju i proizvodne kapacitete u okolini. U sklopu ovog projekta analizirane su tvrtke i njihovi kapaciteti unutar Vukovarsko – srijemske županije i okolnih županija Osječko – baranjske i Brodsko – posavske. U promatranoj regiji postoje tvrtke koje bi mogle raditi na poslovima obrade materijala i izrade brodske opreme. Brodogradilište bi se orijentiralo na sastavljanje podsklopova i sklopova, sastavljanje, opremanje i antikorozivnu zaštitu sekcija, montažu i opremanje trupa i opreme te

na finalizaciju, ispitivanje i primopredaju finalnog proizvoda. Kod ovakvog načina poslovanja važan aspekt predstavljaju troškovi transporta materijala i opreme, pa su analizirani mogući transportni putovi između dobavljača i novog brodogradilišta. Zaključak je da su transportne veze dobre te da ih je moguće ostvariti svim vidovima transporta od cestovnog, željezničkog do riječnog.

Jedan od osnovnih koraka u osnivanju brodogradilišta na Dunavu je definiranje lokacije. Lokacija mora zadovoljavati niz kriterija, a to su:

- blizina prometnica (ceste, pruge) radi lakšeg transporta materijala i opreme,
- blizina većeg mjesta radi angažiranja većeg broja djelatnika i nužne energetike,
- dovoljna tlocrtna površina brodogradilišta za smještaj svih radnih površina i eventualna proširenja u slučaju potrebe.

Kod izbora lokacije razmatrane su tri mogućnosti u regiji i to u blizini Iloka, Erduta i Vukovara. Nedostaci lokacija kod Iloka i Erduta su slaba prometna povezanost te nedostatak kadrova traženih zanimanja. Izabrana lokacija, označena strjelicom na slici 5, udaljena je 3 km od Vukovara u jednom rukavcu rijeke Dunav. Otežavajuća okolnost kod projektiranja brodogradilišta na rijekama može biti velika razlika niskog i visokog vodostaja. Na Dunavu razlika može biti i do 8m što je ustanovljeno analizom mjernih rezultata vodostaja. Pri tome, je nužno da radna površina brodogradilišta bude iznad najvišeg vodostaja kako ne bi došlo do naplavlivanja. Velika razlika vodostaja zahtjeva veliku duljinu navoza s obzirom na nagib koji može biti između 5 i 15°.

Proizvodni proces brodogradilišta većim dijelom je organiziran kao intermitentni obzirom na različitost proizvoda i različito trajanje pojedinih tehnoloških operacija. U nekim dijelovima kao što su predmontaža podsklopova i sklopova proces se može organizirati kao ponavljajući korištenjem specijalnih proizvodnih linija.



Slika 5. Lokacija brodogradilišta na Dunavu

Fig. 5 The location of the shipyard on Danube

Riječni brodovi konstrukcijski nisu prezahtjevni. Uglavnom se radi o ravnoj strukturi u kojoj se može izdvojiti veliki broj kutijastih sekcija, ukrijepljenih panela i ravnih podsklopova.

Obzirom na postojeće kapacitete tvrtki u okruženju u brodogradilištu su predviđeni podproces:

- skladište obrađenog materijala i opreme,
- predmontaža podsklopova,
- predmontaža sklopova,
- predmontaža i opremanje sekcija, blokova i modula,
- antikorozivna zaštita sekcija, blokova i modula,
- montaža i opremanje trupa i
- predaja broda vodi.

Raspored radnih prostora napravljen je prema pretpostavljenom godišnjem proizvodnom programu brodogradilišta u kojem bi se gradilo 6 brodova, a to su:

- 1 brod za prijevoz općeg tereta,
- 2 barže tipa Europa II,
- 2 broda tegljača/gurača i
- 1 brod za prijevoz rasutog tereta.

Predviđen je tzv. Production mix kakav se očekuje u brodogradilištu. Procijenjena godišnja količina crne metalurgije za pretpostavljeni proizvodni program je 5000 t. Ukupna količina crne metalurgije u brodogradilištu se procjenjuje na 7000 t kada se uzme u obzir količina materijala za remont brodova.

Prema definiranom proizvodnom programu napravljena je približna raščlana brodova kako bi se procijenila opterećenja svih faza proizvodnog procesa te napravila usporedba s kapacitetima tj. s mogućnostima raspoloživog radnog prostora i tehnološke opreme.

Rezultati analize proizvoda brodova iz proizvodnog programa prikazani su u tablicama 3 i 4 gdje su dane količine i prosječna masa modula, količine i prosječna masa sekcije, te broj panela, sklopova i podsklopova. U tablicama su dani okvirni podaci, a za detaljniji proračun potrebno je detaljnije analizirati strukturu trupa i opremu brodova.

Ulazni podaci za analizu proizvoda uzeti su za brodove iz tablice 2. Prema glavnim dimenzijama karakterističnih brodova moguća je podjela trupa na module tj. dijelove broda ukupne širine i visine te ograničene duljine. Duljina modula je 10 m, a određena je duljinom limova strukture. Dimenzije karakterističnog modula su: duljina 10 m, širina 11.4 m, visina i masa ovisi o tipu broda. Visina modula može biti od 3 do 6 m, a masa od 50 do 100 t.

Moduli se sastoje od 3-5 volumenskih sekcija koje mogu biti sekcije dvodna, dvoboka, pregrada i paluba. Dimenzije sekcija su: duljina 10m, širina od 3 do 11m, visina do 1.5 m, a prosječna masa od 20 do 40 t.

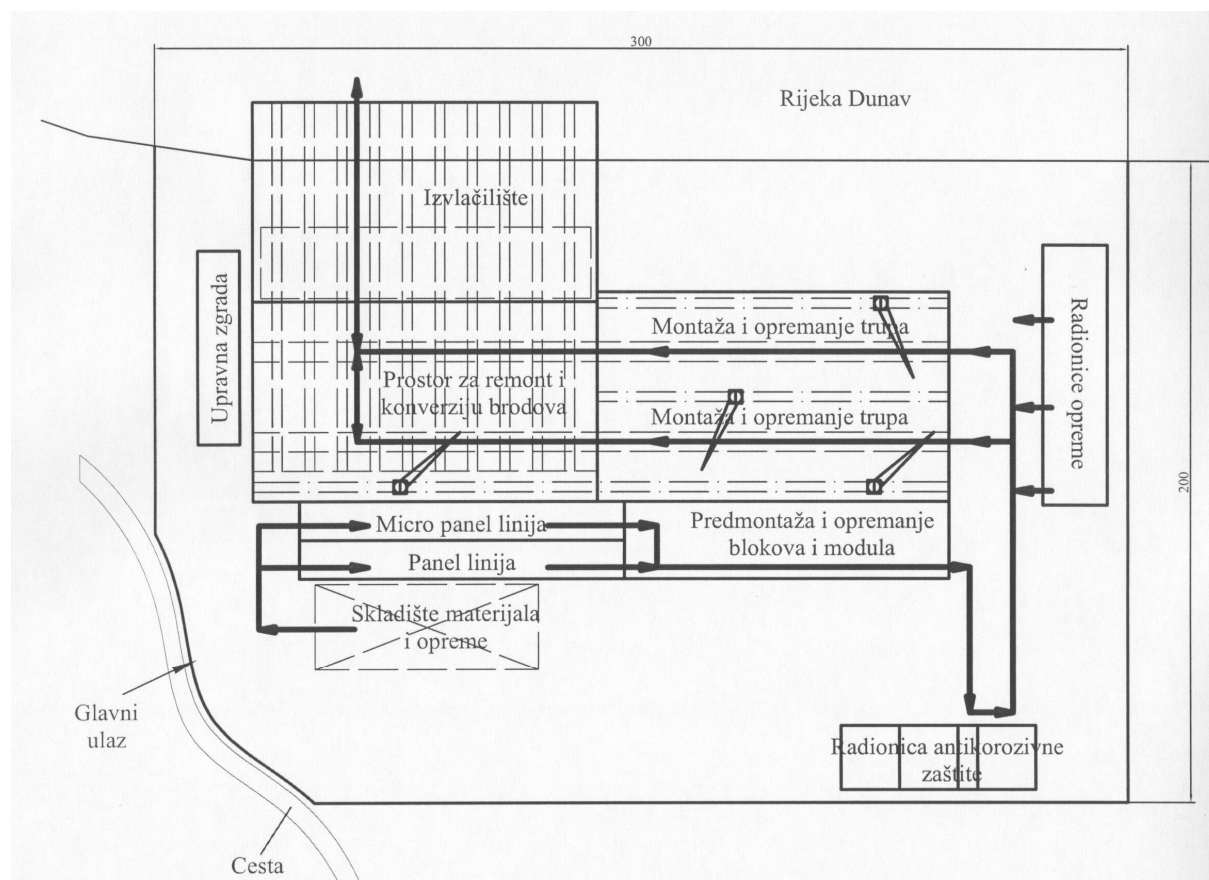
Ukrijepljeni paneli se nalaze u strukturama sekcija dvodna, dvoboka i paluba, a njihove dimenzije su 10×11.4 m. Karakteristični sklopovi su dijelovi pregrada te unutrašnje i vanjske oplata manjih brodova dimenzija 3×10 m. U podsklopove spadaju uzdužni nosači dvodna, rebrenice, proveze ili sastavljeni T nosači dimenzija 1×10 m.

Tablica 3. Analiza proizvoda – količina i masa modula i sekcija**Table 3** Product analysis – quantities and masses of modules and sections

Tip broda	Godišnji broj brodova	Procijenjeni broj modula	Prosječna masa modula (t)	Procijenjeni broj sekcija	Prosječna masa sekcije (t)
Brod za prijevoz općeg tereta	1	10	100	45	25
RO-RO barža – tip Europa II	2	16	65	64	20
Brod tegljač / gurač	2	12	85	36	30
Brod za rasuti teret	1	12	180	50	40
Ukupno	6	50		200	

Tablica 4. Analiza proizvoda – količina panela, sklopova i podsklopova**Table 4** Product analysis – quantities of stiffened panels, units and subassemblies

Tip broda	Broj ukrijepljenih panela	Broj sklopova	Broj podsklopova
Brod za prijevoz općeg tereta	30	50	120
RO-RO barža – tip Europa II	50	30	180
Brod tegljač / gurač	30	20	100
Brod za rasuti teret	50	50	200
Ukupno	160	150	600

**Slika 5.** Raspored radnih površina i tokovi materijala**Fig. 5** The arrangement of working areas and material flows

Raspored radnih površina i tokovi materijala prikazani su slikom 5. Obradeni materijal i oprema dolazi na prostor skladišta odakle ide u proizvodni proces. Limovi i profili se transportiraju na linije za proizvodnju podsklopova i ukrijepljenih panela. Rad linija je koncipiran po principima taktne proizvodnje, a nalaze se u radionici dimenzija 90×24m. Podsklopovi se izrađuju na automatiziranoj liniji s 5 radnih stanica na kojima se pozicioniraju, privaruju i zavaruju ukrepe. Kapacitet proizvodne linije je 4 podsklopa dnevno.

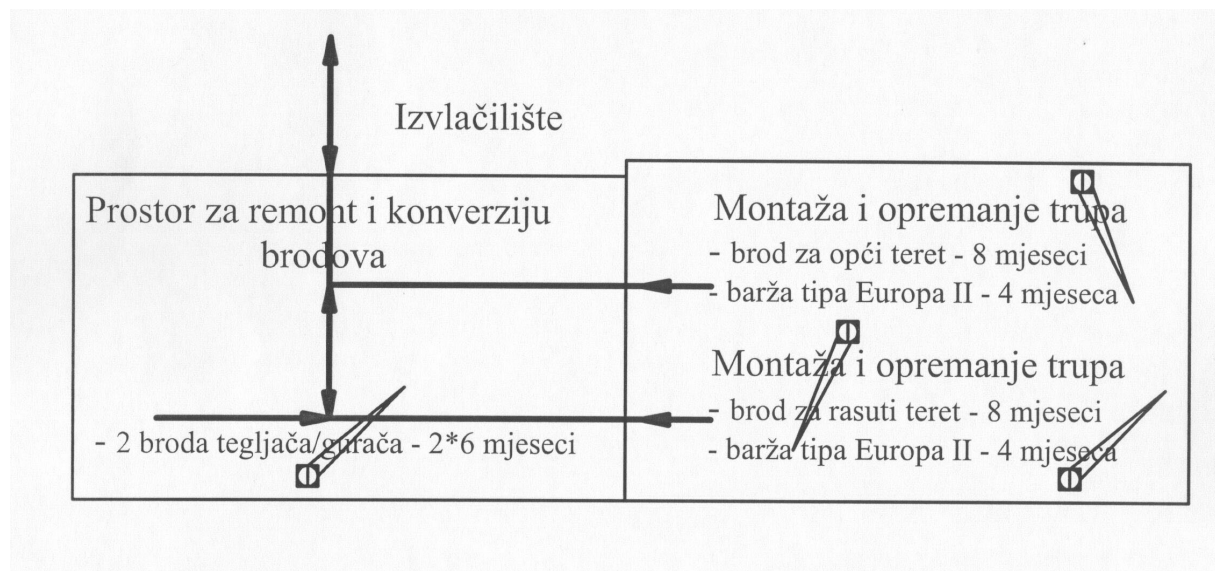
Ukrijepljeni paneli se izrađuju na automatiziranoj liniji s 3 takta, a kapacitet proizvodne linije je 2 panela dnevno.

Blokovi i moduli sastavljaju se unutar predmontažne hale dimenzija 100×24m. U hali su predviđeni prostori međuskladišta elemenata, podsklopova i sklopova te 4 radne platforme za kompletiranje strukture i uranjeno opremanje sekcija, blokova i modula. Prosječno trajanje sastavljanja strukture sekcija i modula te njihovog opremanja je 15 radnih dana. U hali se transport obavlja mosnim dizalicama nosivosti 75t.

Nakon predmontaže i uranjenog opremanja blokovi i moduli idu u radionice antikorozivne zaštite. Predviđene su 3 hale, od toga je jedna za čišćenje i dvije za bojanje. Dimenzije jedne hale je 15×15 m, a ukupna površina postrojenja je 50×15 m. Trajanje čišćenja i bojanja jednog modula procijenjen je na 7 radnih dana. Istovremeno se bojaju i suše 2 modula, bloka ili sekcije. Transport blokova i modula obavlja se parternim sredstvima.

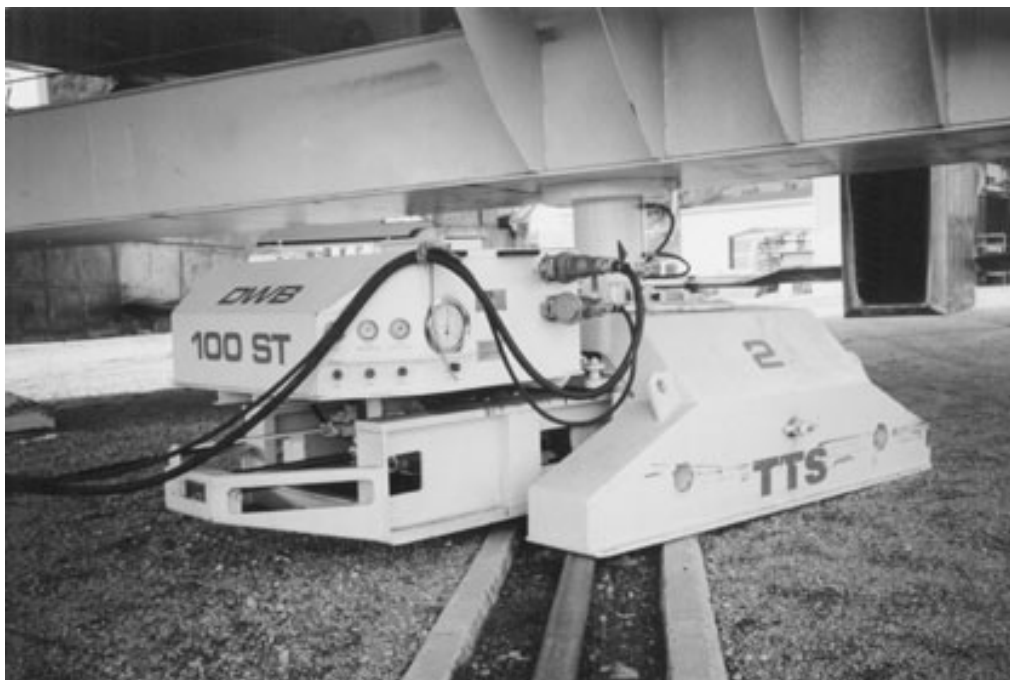
Nakon antikorozivne zaštite blokovi i moduli se transportiraju na prostor montaže. Prostor površine 200×65 m podijeljen je na prostore za remont i za montažu trupa. Prostor za remont nalazi se u produžetku prostora za izvlačenje brodova. Na njemu bi se organizirao istovremeni remont 2 do 3 objekta. Prostor za montažu se nalazi pored, a predviđen je za istovremeni rad na dvije novogradnje. Opremljen je dizalicama nosivosti 100 t.

Organizacija radnog prostora montaže i remonta prikazana je slikom 6. Na prostoru za montažu grade se brodovi za opći teret i za rasuti teret te barže tipa Europa II. Brodovi su prema strukturi i opremi zahtjevniji od barži i za njih se predviđa trajanje montaže i opremanja od 8 mjeseci, a za barže 4 mjeseca. Brodovi gurači/tegljači se grade na prostoru remonta brodova, a predviđa se trajanje montaže i opremanja od 6 mjeseci.



Slika 6. Shema organizacije radnog prostora montaže i remonta

Fig. 6 Organizational schema and material flows on areas of hull assembly and ship repair



Slika 7. Transporter za teške terete

Fig. 7 Heavy load transporter

Kod ovako organiziranih radnih prostora važan je transport, jer se objekti moraju rasporediti na više radnih mjesta u uzdužnom i poprečnom smjeru. Za transport se koriste transporteri za teške terete - uređaji sa hidrauličkim podizačima za podizanje i spuštanje brodova prikazanih slikom 7.

Usporedba opterećenja i kapaciteta radnih prostora i tehnološke opreme prikazana je u tablici 5. Podaci o opterećenju se nalaze u tablicama 3 i 4, a kapaciteti su procijenjeni za pojedini radni prostor i tehnološku opremu. Usporedba je napravljena tako da se za svaku proizvodnu fazu ili liniju proračuna prema opterećenju ukupno vrijeme izrade te usporedi s fondom vremena. U zadnjem stupcu tablice je postotak iskorištenog vremena.

Tablica 5. Usporedba opterećenja i kapaciteta proizvodnih faza i tehnološke opreme

Table 5 Comparison of the production phases loads and capacities

Naziv proizvodne faze i tehnološke opreme	Opterećenje	Kapacitet	Ukupno vrijeme izrade (d)	Raspoloživi broj radnih dana (d)	Postotak korisnog vremena
(1)	(2)	(3)	(4)=(2)/(3)	(5)	(6)=(4)/(5)
Predmontaža podsklopova - mikropanel linija	600 podskl.	4 podsk/dan	150	250	60%
Predmontaža sklopova - panel linija	310 panela	2 pan/dan	155	250	62%
Predmontaža sekcija i modula	70	2 mod/tjed	245	250	98%
Antikorozivna zaštita sekcija i modula	70	2 mod/tjed	245	250	98%
Montaža trupa	6		250	250	100%



Slika 8. Slipni uređaj za transport i predaju broda vodi

Fig. 8 Vecihles for ship loading/launching

Usporedbom opterećenja i kapaciteta proizvodnih faza i tehnološke opreme zaključuje se da su opterećenja faza predmontaže i antikorozivne zaštite sekcija i modula te montaže trupa u skladu s kapacitetima, a da višak kapaciteta postoji u fazama predmontaže podsklopova i sklopova. Višak kapaciteta se može koristiti za potrebe remonta brodova.

Predaja broda vodi može se obaviti na nekoliko načina i to slipnim uređajem, prevodnicama ili synchroliftom. U članku su prikazana iskustva rada na projektu izvlačilišta brodova u Galdovu u blizini Siska na rijeci Savi [6], [7] gdje se koristi slipni uređaj. Sustav, prikazan slikom 8, sastoji se od dva niza kolica. Jedna se gibaju po kosini, a služe za transport brodova u vodu i izvlačenje brodova do radne površine. Druga kolica služe za transport objekata na radnoj površini u uzdužnom smjeru.

Približna procjena glavnih investicijskih troškova predloženog rješenja dana je u tablici 6. Osnovne grupe troškova su troškovi građevinskih radova i potrebne tehnološke opreme. U troškove građevinskih radova spada betoniranje radnih površina i transportnih putova postavljanje energetskih kanala i tračnica dizalica, izgradnja radionica te izgradnja izvlačilišta. Troškove tehnološke opreme čine mikro panel linija, panel linija, transportna sredstva (dizalice i parterni transport), strojevi i uređaji predmontažnih radionica i radionica opreme, postrojenje za antikorozivnu zaštitu te kolica za transport brodova i njihovo izvlačenje ili porinuće.

Troškovi građevinskih radova su procijenjeni na 13.300.000 €, a troškovi potrebne tehnološke opreme na 11.700.000 €. Ukupna investicija projekta procijenjena je na 25.000.000 €.

Rad na konceptualnom projektu brodogradilišta na Dunavu se oslanja na podršku Hrvatskog klastera brodogradnje u području riječne brodogradnje u kontinentalnom dijelu Hrvatske [8].

Tablica 6. Procjena investicijskih troškova projekta**Table 6** The prediction of the project investment costs

Naziv stavke	Procjena investicije (€)
1) Građevinski radovi	
Betoniranje radnih prostora i transportnih putova površine 50000 m ²	1.500.000
Postavljanje energetske kanala duljine 1000 m	400.000
Izgradnja radionica predmontaže i opreme površine 6400 m ²	2.200.000
Izgradnja i opremanje radionica antikorozivne zaštite	3.000.000
Postavljanje tračnica mosnih dizalica duljine 250 m	200.000
Izgradnja zgrade uprave i administracije površine 2000 m ²	600.000
Postavljanje tračnica vanjskih dizalica duljine 800 m	400.000
Postavljanje tračnica na razvlačilištu duljine 3000 m	1.000.000
Izgradnja izvlačilišta i iskopi na području izvlačilišta	4.000.000
Ukupno	13.300.000
2) Tehnološka oprema	
Mikro panel linija	1.000.000
Panel linija	3.000.000
Portalna dizalica na skladištu obrađenog materijala - nosivost 10 t; raspon 30m; 1 kom.	200.000
Mosne dizalice u radionici predmontaže - nosivost 75 t; raspon 24 m; 3 kom.	600.000
Parterni transporter CAMAG - nosivost 100 t; 3 kom.	600.000
Dizalice na prostoru montaže i remonta - nosivost 100 t; 4kom.	800.000
Transporter za teške terete Nosivost 2000 t; 2 kom.	700.000
Kolica za izvlačenje i porinuće brodova	100.000
Strojevi i uređaji predmontažnih radionica i radionica opreme	3.000.000
Energetska oprema brodogradilišta	1.700.000
Ukupno	11.700.000
Ukupna investicija brodogradilišta 1)+2)	25.000.000

4. Zaključak

U članku je prikazan konceptualni projekt brodogradilišta na Dunavu. Projektiranje tako složenog proizvodnog sustava je iterativni postupak koji se provodi u nekoliko koraka po projektnoj spirali.

Za ovu fazu projekta definiran je proizvodni koncept gradnje i remonta brodova na ravnoj površini metodom sastavljanja modula i blokova. Model poslovanja je montažno brodogradilište koje se može osloniti na kapacitete tvrtki u okolini za poslove obrade materijala i izrade brodske opreme. U proizvodni program spadaju riječni brodovi i brodovi za otvorenu plovidbu morima. Proizvodni proces je projektiran većim dijelom kao intermitentni obzirom na različitost proizvoda i različito trajanje radnih operacija. Raspored radnih prostora i tokovi materijala definirani su za gradnju 6 brodova godišnje i ukupnu količinu od 7000 t crne metalurgije. Investicija u projekt brodogradilišta je procijenjena na 25.000.000 eura, a obuhvaća troškove građevinskih radova i potrebne tehnološke opreme. Također u radu su prikazani rezultati analize izbora lokacije, a prema postavljenim kriterijima izabrana je lokacija u blizini Vukovara.

Obzirom na revitalizaciju prometa roba rijekama, razvoj riječnog turizma te strategiju razvoja unutrašnje plovidbe u Republici Hrvatskoj nužno je obnavljanje luka i plovni putova, te remont i gradnja novih brodova što nužno dovodi do potrebe osnivanja takvog centra na Dunavu.

Pređeni konceptualni projekt fleksibilnog montažnog brodogradilišta ujedno je prilog studiji izvedivosti ovako kompleksnog sustava u složenim društvenim i gospodarskim okolnostima.

LITERATURA

- [1] Ž. Sladoljev: Organizacija i poslovanje brodogradilišta, skripta, FSB, Zagreb 1996.
- [2] Ž. Sladoljev: Tehnologija gradnje plovni objekata, skripta, FSB, Zagreb 1987.
- [3] B. Ljubenkov: Upravljanje gradnjom samopodizne platforme simulacijskim metodama, magistarski rad, FSB, Zagreb 2002.
- [4] M. Mihailović: Osnivanje montažnog brodogradilišta na obali Dunava, diplomski rad, FSB, Zagreb, 2008.
- [5] T. Uroda, K. Žiha, N. Brnardić, P. Pekas: Feasibility study on docking using laid-up vessels, European Inland Waterway Navigation Conference EIWN, Budimpešta, 2001.
- [6] K. Žiha, N. Brnardić, T. Zaplatić, P. Pekas, I. Bilić-Prcić, T. Uroda: Conceptual Design of a New Shipyard on River Sava, European Inland Waterway Navigation Conference EIWN, Gyor, 2003.
- [7] N. Brnardić, P. Pekas, I. Bilić-Prcić, K. Žiha, T. Zaplatić, T. Uroda: 'New slipping way on river Sava', Proceedings of 16. Symposium Theory and Practice of Shipbuilding, Plitvice, Croatia, 2004.
- [8] G. Krpanec, K. Žiha, B. Ljubenkov: Foundation of Croatian Inland Navigation and Shipbuilding Cluster, European Inland Waterway Navigation Conference EIWN, Visegrad, Hungary, 2007.

(2.1+)

Mag. ing. stroj. Petar Ljubičić, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb

Prof. dr. sc. Janoš Kodvanj, dipl. ing., Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb

Doc. dr. sc. Boris Ljubenkov, dipl. ing., Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb

MEHANIČKA SVOJSTVA NEHRĐAJUĆEG ČELIKA PRI NISKIM TEMPERATURAMA

Sažetak

Prijevoz ukapljenog plina brodovima ima sve značajniji udio u pomorskom prijevozu. Ukapljeni plin se prevozi u nestrukturim tankovima na -165°C te se na takve brodove postavljaju visoki zahtjevi u pogledu mehaničkih svojstava materijala.

U članku su uvodno prikazani tipovi brodova za prijevoz ukapljenog plina te su navedene značajke materijala za gradnju strukture skladišnih prostora. Nadalje, navedeni su zahtjevi Hrvatskog registra za ispitivanje mehaničkih svojstava materijala na niskim temperaturama. Prikazana je oprema za ispitivanje, uzorak za testiranje te procedura ispitivanja. Uzorci su se ispitivali na 4 različite temperature od 0° do -165°C . Tokom ispitivanja za materijal su se određivali iznosi vlačne čvrstoće, deformacija, istezljivosti te modula elastičnosti. Zaključno su dana razmatranja o mehaničkim svojstvima materijala pri niskim temperaturama.

Ključne riječi: prijevoz ukapljenog plina, mehanička svojstva, nehrđajući čelik, niske temperature

MECHANICAL CHARACTERISTICS OF THE STAINLESS STEEL AT SUB-ZERO TEMPERATURES

Summary

The transport of the liquefied gas by ships becomes more important in the maritime transport. The liquefied gas is transferred in the cargo tanks at -165°C . Mechanical characteristics of the materials for ship building are faced with high-level demands.

The paper, in introduction, presents types of ships for liquefied gas transport and materials for building a structure of the cargo tanks. Furthermore, requirements of the Croatian Register of Shipping for mechanical testing of the material are presented. The equipment, specimens and testing procedure are described. Specimens are tested on 4 different temperatures from 0° to -165°C . Values of the tensile strength, deformation, total uniform elongation, breaking elongation and modulus of elasticity are measured during each test. The conclusion contains remarks about mechanical characteristics of the stainless steel at sub-zero temperatures.

Key words: liquefied gas transport, mechanical characteristics, stainless steel and sub zero temperatures

1. Uvod

Stalan razvoj svjetskog gospodarstva zahtjeva veće potrebe za različitim vrstama energije. Među različitim energentima, plinovi predstavljaju značajan i ekološki vrlo prihvatljiv izvor energije. Razlikuju se dvije osnovne grupe plinova, a to su:

- Petrolejski plinovi kao što su etan, propan, butan i njihova mješavina etilen te
- Prirodni plin – najvećim dijelom je metan

Prirodni se plin, poput nafte pronalazi i crpi diljem svijeta na poljima koja sadrže plin i/ili naftu. Plin se nalazi u poroznim dijelovima zemljine kore na velikim nalazištima u Perzijskom zaljevu, zemljama bivšeg Sovjetskog saveza, jugoistočne Azije, južne i sjeverne Amerike i Europe [1].

Zahvaljujući porastu interesa u svijetu za prirodni plin kao zamjenu za naftu trebalo je riješiti način transporta. Plin se transportira cjevovodima ili u tankovima tereta brodova za prijevoz prirodnog (LNG) ili petrolejskih (LPG) plinova. Transport brodovima započeo je 50-tih godina uz ostvarenu iznimnu pouzdanost i sigurnost, jer do današnjih dana još nije bilo slučajeva pucanja ili popuštanja tankova. Plin se prevozi u ukapljenom stanju, jer se gustoća plina povećava snižavanjem temperature, pa se uz isti kapacitet spremnika može prevesti veća količina.

Agregatno stanje plina ovisi o temperaturi i tlaku. Tipičan p-v dijagram sastoji se od izotermnih krivulja koje razdvajaju područja u kojima će plin biti u plinovitom, ukapljenom ili prijelaznom (istodobno plinovitom i ukapljenom) stanju. Tekuće stanje plina postiže se na tri moguća načina, a to su:

- Povećavanjem tlaka uz temperaturu okoline
- Smanjenjem temperature uz zadržavanje atmosferskog tlaka
- Kombinacijom dvaju prethodnih načina

Temperatura ukapljenog prirodnog plina pri prijevozu iznosi do -165°C , pa se na brodove za prijevoz ukapljenog plina postavljaju visoki zahtjevi u pogledu mehaničkih svojstava, čvrstoće konstrukcije, izvedbe zavarenih spojeva te izolacije skladišta.

Također, brodovi za prijevoz ukapljenog plina su predmet istraživanja znanstvenih institucija i klasifikacijskih ustanova.

2. Brodovi za prijevoz ukapljenog plina

Ideja transporta prirodnog ukapljenog plina seže od 50-tih godina prošlog stoljeća dok se za stvarni početak takve vrste transporta uzima period od 1960. do 1965. godine kada su brodovima Methan Pioneer, Methan Princess i Methan Progress prevezene prve količine ukapljenog plina [2]. Vremenom su se razvile dvije osnovne vrste brodova za prijevoz ukapljenog plina, a to su:

- Brodovi sa sfernim spremnicima
- Brodovi sa membranskim tankovima tereta

Kod brodova sa sfernim spremnicima radi se o nestrukturnim tankovima prepoznatljivog izgleda prikazanog slikom 1 koji se montiraju na strukturu trupa. Slika 2 prikazuje poprečni presjek broda.

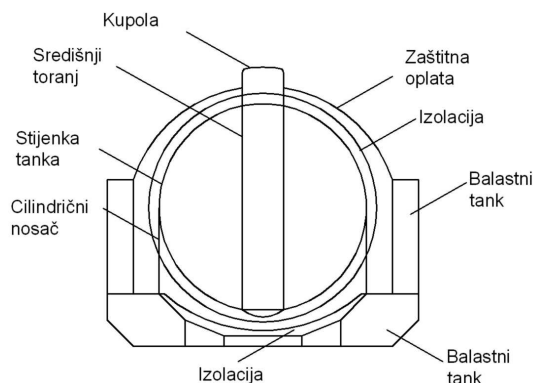
Brodovi sa membranskim spremnicima najčešće imaju 4 spremnika. Značajke takvog tipa broda za prijevoz ukapljenog plina su:

Dvostruka oplata kojom se štiti spremnik od sudara i havarije
Zaštita tankova tereta od požara na palubi dvostrukom oplatom
Donji dio tankova tereta zaštićen je od nasukavanja posebno dizajniranim
kontinuiranim dvodnom



Slika 1. LNG brod sa sfernim tankovima

Fig. 1 LNG ship with spherical tanks



Slika 2. Poprečni presjek broda sa sfernim tankovima

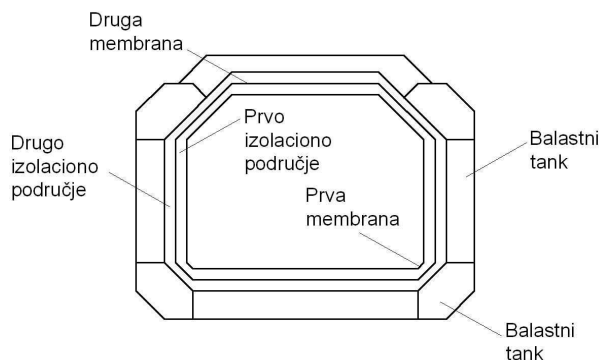
Fig. 2 Transverse section of the ship

Slikom 3 prikazan je brod za prijevoz ukapljenog plina sa membranskim tankovima tereta, a slikom 4 prikazan je njegov poprečni presjek.



Slika 3. LNG brod sa membranskim tankovima

Fig. 3 LNG ship with membrane tanks



Slika 4. Poprečni presjek broda sa membranskim tan.

Fig. 4 Transverse section of the ship

Usporedbom sfernog i membranskog tipa broda za prijevoz ukapljenog plina izdvaja se nekoliko bitnih značajki.

Kod membranskog tipa broda volumen tanka tereta definiran je dimenzijama trupa, a kod sfernog tipa broda standardnim dimenzijama sfernog tanka. Membranski tip broda ima bolju iskoristivost volumena trupa što znači da je taj koncept bolji jer za isti volumen tereta ima manje dimenzije. Veće dimenzije sfernog tipa broda imaju dodatne negativne posljedice. Jedna od njih je visina broda. Viši brod ima veću lateralnu površinu i više težište sistema te može imati problema sa stabilitetom i upravljivošću. Zbog sfernih tankova koji strše visoko iznad gornje palube uvelike je ograničeno vidno polje u svim smjerovima, a vidljivost s komandnog mosta dodatno pogoršava oprema postavljena na palubi.

Budući da je gornja paluba membranskog tipa broda potpuno ravna omogućeno je lakše postavljanje cjevovoda i pumpi tereta, jednostavnije je održavanje opreme i njena antikorozivna zaštita za vrijeme dok je brod u službi.

Prednost sfernog tipa broda je veća fleksibilnost za različita stanja krcanja. Zbog svog karakterističnog oblika, sferni tankovi smanjuju utjecaj slobodne površine tereta zbog čega se javljaju niža naprezanja za različite razine ukrcaja tereta nego što je to slučaj kod membranskog tipa broda.

Šta se tiče sigurnosti broda, sferni tankovi imaju prednost, jer ne ispunjavaju kompletan unutrašnji prostor skladišta, pa su sigurniji od eventualnih sudara i nasukavanja.

3. Zahtjevi Klasifikacijskih ustanova za brodove za prijevoz ukapljenog plina

Brodovi za prijevoz ukapljenog plina moraju za slobodnu plovidbu morima zadovoljiti sva pravila određena dokumentima:

International Gas Carrier Code 'IGC Code' – SOLAS – Chapter VII, part C

Posebna pravila Klasifikacijskih ustanova

Četiri specijalna zahtjeva Američke obalne straže

Godine 1973. IMO (International Maritime Organization) izdala je pravilo koje je prihvaćeno i primjenjivo u svijetu a odnosi se na projektne i konstrukcijske standarde primjenjive na brodove za prijevoz ukapljenog plina. Dokument se naziva IGC Code 'International Code for Construction and Equipment of Ships carrying Liquefied Gases in Bulk', a uvršten je u SOLAS pravila pod nazivom 'International Convention for the Safety of Life at Sea' – Chapter VII, part C. Pravila iz ovog dokumenta se odnose na slijedeće aspekte:

Sposobnost broda za preživljavanje

Opći plan i smještaj tankova na brodu

Projekt teretnih tankova

Sistem cjevovoda na brodu

Materijal za konstrukciju tankova i opreme

Ventilacijski sustav teretnih tankova

Sustav za regulaciju tlaka i kontrolu temperature

Električne instalacije i protupožarni sustav na brodu

Zaštita posade

Ograničenja razina krcanja teretnih tankova

Zahtjevi za opremu za rukovanje teretom

Američka obalna straža je uz postavljena pravila dodala svoja četiri zahtjeva, a to su:

Korištenje materijala za izradu tankova koji blokiraju napredovanje pukotine

Veći faktor sigurnosti za nestrukturne tankove tereta

Postavljanje sustava za regulaciju tlaka i kontrola kvalitete

Definiran raspored temperaturnog gradijenta po strukturi tanka i unutrašnje oplata da bi se izvršio pravilan izbor konstrukcijskog materijala

Uz ova međunarodna pravila uklapaju se opći zahtjevi Hrvatskog registra brodova koji se primjenjuju na materijale i proizvode predviđene ugradnji, popravku i opremanju brodova, priobalnih instalacija i ostalih konstrukcija.

U posebnim okolnostima, Registar može tražiti veći raspon ispitivanja materijala i proizvoda koji nastaju na temelju suvremenih istraživanja ili praktičnih iskustava.

Obzirom na vrstu tereta koji prevoze brodovi za prijevoz ukapljenog plina i na radnu temperaturu u teretnim tankovima važno je naročitu pažnju posvetiti odabiru materijala za izradu tanka. Odabiru se materijali pogodni za rad na niskim temperaturama zadržavajući pri tom svoju istezljivost. Kemijski sastav materijala mora biti odobren od strane klasifikacijskih ustanova, mehanička svojstva materijala moraju biti u skladu s vrijednostima propisanim normama.

U tablici 1 nalaze se podaci iz Hrvatskog registra brodova o primjeni čelika na niskim temperaturama [3]. Mogu se primjeniti finoizrtni konstrukcijski čelici s nazivnom granicom tečenja do 355 N/mm^2 za temperaturu do -45°C , dok se za niže temperature koriste niklom legirani čelici u skladu s normom DIN 17280. Za prijevoz ukapljenog plina prihvatljivi su austenitni čelici u skladu s normom DIN 17440.

Tablica 1. Čelici primjenjivi na niskim temperaturama

Table 1 Steel materials for sub-zero temperatures

Kategorija	Norma / Oznaka materijala	Najniža proračunska temperatura [$^\circ\text{C}$]
Finoizrtni konstrukcijski čelici s nazivnom granicom tečenja do 355 N/mm^2	DIN 17102	-45
Niklom legirani čelici koji sadrže:	DIN 17280	
0.5 % Ni	13 Mn Ni 6 3	-55
1.5 % Ni	14 Ni Mn 6	-60
3.5 % Ni	10 Ni 14	-90
5 % Ni	12 Ni 19	-105
9 % Ni	X 8 Ni 9	-165
Austenitni čelici	DIN 17440 (AISI 304 L) 1.4404 (AISI 316 L) 1.4541 (AISI 321) 1.4306, 1.4550 (AISI 347)	-165

4. Ispitivanje mehaničkih svojstava materijala

Mehanička svojstva materijala zauzimaju posebno mjesto među ostalim fizikalnim i kemijskim svojstvima materijala, jer se na osnovu njih dimenzioniraju dijelovi strojeva i uređaja. Mehanička svojstva su posljedica strukturnog stanja materijala koja se dobiva obradom materijala određenog sastava određenim tehnološkim postupkom.

Materijali podliježu ispitivanjima, a u određenoj količini materijala definira se uzorak za ispitivanje. Uzorci se režu na točno određenim dijelovima materijala te se mogu pripremiti nakon završetka svih mehaničkih i toplinskih obrada koje se primjenjuju. Iz uzorka se priprema epruveta za ispitivanje tj. komad propisanih dimenzija i izgleda. Epruvete mogu biti okruglog ili četvrtastog poprečnog presjeka.

Kod ispitivanja materijala limova i toplo valjanih traka epruvete se režu poprečno od smjera valjanja. Broj epruveta za ispitivanje određuje se prema tipu proizvoda kako je navedeno:

Limovi i ploče: jedna epruveta s jednog kraja lima ili ploče. Ako je duljina lima veća od 7 m uzimaju se po jedna epruveta na svakom kraju lima ili ploče.

Toplo valjane široke trake: jedna epruveta

Ostali proizvodi: jedna epruveta u ispitnoj skupini

Mehanička svojstva materijala ispituju se statičkim vlačnim pokusom. Ispitivanje se provodi na uređajima koji se nazivaju kidalice, na kojima se epruvete kontinuirano vlačno opterećuju do loma. Kod kidalica opterećenje se provodi hidraulički ili mehanički. Rezultati ispitivanja su osnovna mehanička svojstva materijala kao što su granica razvlačenja, vlačna čvrstoća ili istežljivost materijala. Za precizno mjerenje produljenja na epruvete se učvršćuju ekstenzometri koji rade na mehaničkom, optičkom ili elektronskom principu.

Pri ispitivanju se kontinuirano mjere sila i produljenje epruvete te se na pisaču kidalice crta dijagram 'sila-produljenje'. Iznos sila pri statičkom vlačnom pokusu ne daje pravi uvid u mehanička svojstva materijala dok se ne uzme u obzir površina poprečnog presjeka epruvete odnosno ukoliko se umjesto sile ne uvede naprezanje kao omjer sile i poprečnog presjeka. Produljenje epruvete se može podijeliti s početnom duljinom te se dobiva relativno produljenje ili istežanje materijala. Iz dijagrama 'sila-produljenje' dobiva se dijagram 'naprezanje-istežanje'. Primjer dijagrama za konstrukcijski čelik prikazan je slikom 5. Karakteristične vrijednosti naprezanja i istežanja prikazane dijagramom su:

R_e – granica razvlačenja

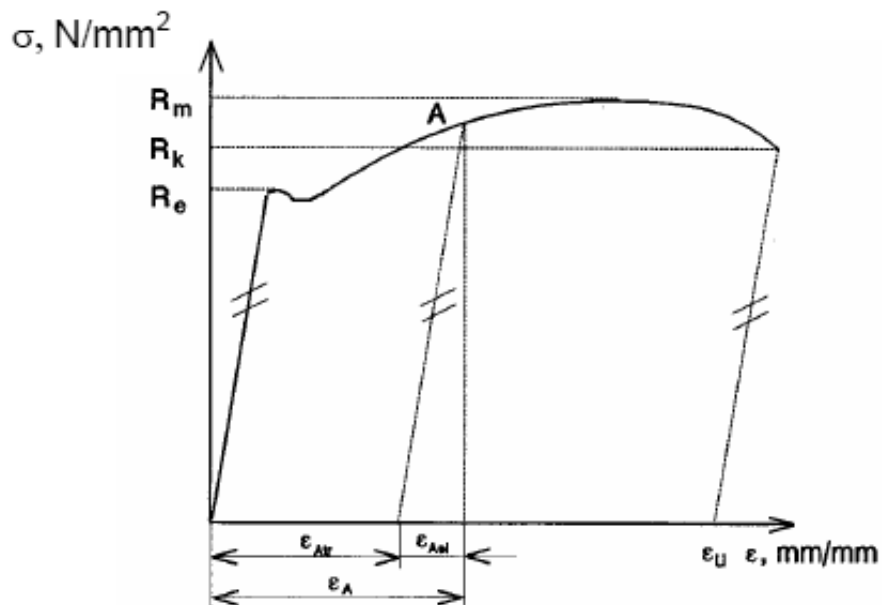
R_m – vlačna ili rastezna čvrstoća

R_k – konačno naprezanje kod kojeg dolazi do loma epruvete

ϵ_A – ukupno istežanje

ϵ_{ael} – elastično istežanje

ϵ_{apl} – plastično istežanje



Slika 5. Dijagram 'naprezanje-istežanje' za konstrukcijski čelik

Fig. 5 'Stress-Strain' diagram for steel

Sukladno uvjetima eksploatacije, ispitivanje mehaničkih svojstava materijala provodi se i kod povišenih i sniženih temperatura. Sniženje ili povišenje temperature utječe na strukturu

materijala i na mehanička svojstva. Da bi se utvrdio utjecaj promjene temperature na mehanička svojstva epruveta se postavlja u komoru koja se tijekom ispitivanja grije ili hladi. Prema podacima iz literature, na niskim temperaturama vrijednosti granice razvlačenja R_e i vlačne čvrstoće R_m rastu, istezljivost materijala se smanjuje, vrijednost modula elastičnosti se ne mijenja [4].

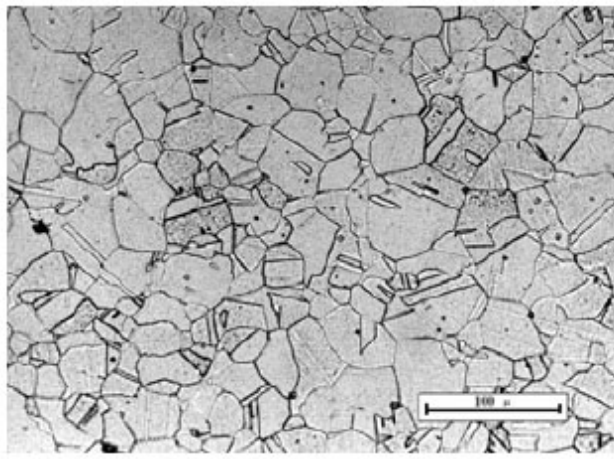
5. Ispitivanje mehaničkih svojstava austenitnog čelika pri niskim temperaturama

Prema zahtjevima Hrvatskog registra brodova i prema podacima iz tablice 1, materijal za izradu tankova za prijevoz ukapljenog plina je jedan od austenitnih čelika. Izabran je austenitni čelik oznake AISI 316L. Epruveta za ispitivanje izrađena je prema zahtjevima Registra, a statički vlačni pokus provodi se na univerzalnoj kidalici na temperaturama od -40°C , -80°C , -165°C te na sobnoj temperaturi od 22°C . Za svaku temperaturu provedena su tri ispitivanja. Prije prikazivanja rezultata prikazati će se osnovne značajke ispitivanog materijala, izgled i dimenzije epruvete te mjerna oprema.

5.1. Austenitni nehrđajući čelik

Austenitni nehrđajući čelici su CrNi čelici s malim postotkom ugljika (C) koji se kreće u granicama od 0.03% do 0.12%. Postotak kroma (Cr) se kreće od 12 do 25% dok je postotak nikla (Ni) u granicama od 8 do 25%.

Za ispitivanje je odabran austenitni čelik oznake AISI 316L (X2CrNiMo) ili (Č1.4404) čija je mikrostruktura prikazana slikom 6, a kemijski sastav i mehanička svojstva dana u tablicama 2 i 3. Ovaj čelik ima sadržaj ugljika oko 0.03% te ima potpunu austenitnu strukturu na sobnoj temperaturi. Značajke čelika su dobra kovnost, duktilnost i otpornost na koroziju te postojanost na visokim i niskim temperaturama.



Slika 6. Mikrostruktura austenitnog nehrđajućeg čelika AISI 316L

Fig. 6 Microstructure of the stainless steel AISI 316L

Tablica 2. Kemijski sastav austenitnog nehrđajućeg čelika AISI 316L

Table 2 Chemical composition of the stainless steel AISI 316L

C [%]	Si [%]	Mn [%]	P [%]	S [%]	Cr [%]	Ni [%]	Mo [%]	N [%]
≤ 0.03	≤ 1.0	≤ 2.0	≤ 0.045	≤ 0.03	16-18	10-14	2-2.5	≤ 0.1

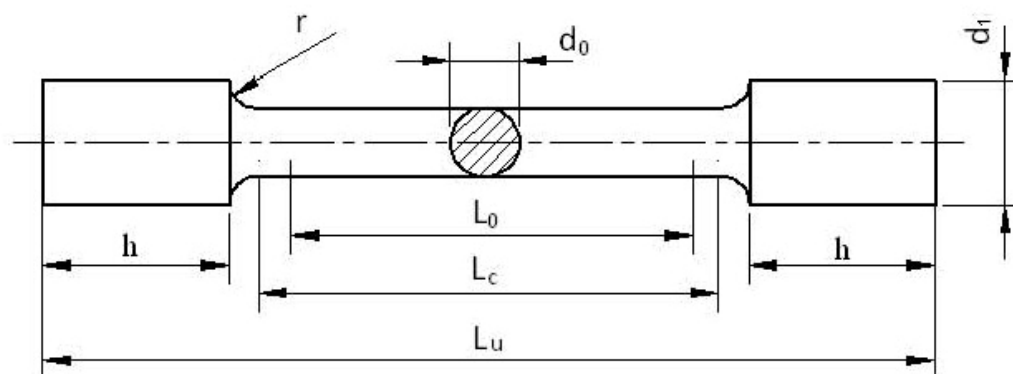
Tablica 3. Mehanička svojstva austenitnog nehrđajućeg čelika AISI 316L pri 20°C**Table 3** Mechanical characteristics of the stainless steel AISI 316L

Tvrdoća [HB]	$R_{p0,2}$ [N/mm ²]	R_m [N/mm ²]	Istezljivost A [%]
≤ 205	460	600-720	40

5.2. Epruvete za ispitivanje

Izgled i dimenzije epruveta za ispitivanje propisane su pravilima Registra. Epruvete mogu biti okruglog ili pravokutnog presjeka, ali se kod ispitivanja prednost daje okruglim epruvetama radi jednostavnije primjene. Slikom 7 prikazana je epruveta za ispitivanje s karakterističnim mjerama koje se moraju zadovoljiti, a to su:

- d_o – promjer vrata
- d_1 – promjer glave
- h – duljina glave
- L_o – početna mjerna duljina
- L_c – duljina ispitnog dijela
- L_u – ukupna duljina epruvete
- r – prijelazni polumjer

**Slika 7.** Epruveta za ispitivanje**Fig. 7** Testing specimen

Promjer vrata epruvete se određuje prema maksimalnoj sili ispitnog uređaja i značajkama materijala. Za ispitivanje mehaničkih svojstava nehrđajućeg austenitnog čelika AISI 316L dimenzije epruvete dane su u tablici 4.

Tablica 4. Dimenzije epruvete za ispitivanje**Table 4** Dimensions of the testing specimen

Veličina	d_o	d_1	L_o	L_c	L_u	r	h
Dimenzija [mm]	8	12	40	48	115	10	30

5.3. Mjerna oprema

Ispitivanja su provedena na statičkoj kidalici marke Messphysik Beta 50-5 prikazanoj slikom 8 s maksimalnom silom od 50kN [5]. Pomak čeljusti kidalice ostvaruje se pomoću dva vretena. Ispitni uređaj je spojen s računalom, pa se prije ispitivanja definiraju svi parametri kao što su brzina ispitivanja, dimenzije i površina presjeka epruvete te vrsta ispitivanja. U ovom slučaju ispitivanje se provodi u komori prikazanoj slikom 9 koja se hladi na željenu temperaturu te na toj temperaturi epruveta mora ostati dva sata radi ravnomjernog hlađenja prije nego započne eksperiment. Za hlađenje epruveta koristi se tekući dušik, a željena temperatura se regulira i kontrolira pomoću uređaja za regulaciju. Na uređaju su dva zaslona, jedan koji pokazuje trenutnu temperaturu u komori i drugi koji pokazuje željenu temperaturu za ispitivanje.

Pri određivanju mehaničkih svojstava materijala koriste se precizni mjerni uređaji kao što su ekstenzometri koji mjere istezljivost materijala. U praksi se koriste različite vrste ekstenzometara kao što su elektrooptičke mjerne trake, mehanički ili zrcalni ekstenzometri ili u novije vrijeme videoekstenzometri i laserski ekstenzometri. U ovom radu korišten je laserski ekstenzometar čije su prednosti u odnosu na ostale vrste uređaja kako slijedi:

- nema izravni kontakt s epruvetom,
 - nema ograničenja mjerenja obzirom na produljenje epruvete,
 - nema postavljanja posebnih mjernih markera na epruvetu
- mjerenje produljenja provodi se kroz staklo komore što je bitno obzirom na temperaturu od -165°C u komori

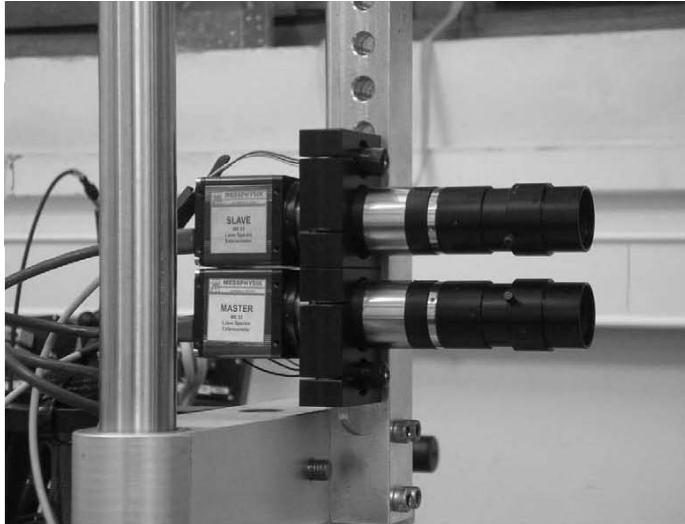


Slika 8. Statička kidalica Messphysik Beta 50-5
Fig. 8 The testing machine Messphysik Beta 50-5



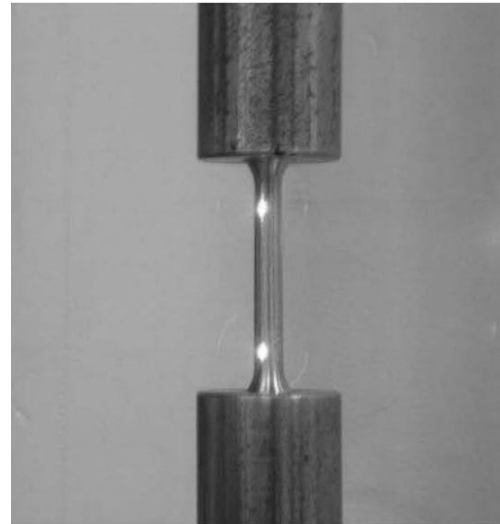
Slika 9. Komora za ispitivanje
Fig. 9 The chamber for testing

Laserski ekstenzometar, spojen na računalo, sastoji se od dvije kamere i dvije laser diode snage 3mW crvenog snopa kako je prikazano slikom 10. Međusobni razmak kamera definira početni razmak mjernih točaka i u ovom slučaju iznosi 40 mm. Za vrijeme rada laserskog ekstenzometra koherentno lasersko svjetlo obasjava površinu epruvete kako se vidi na slici 11 dok kamera snima refleksiju površine. Kada koherentno lasersko svjetlo pogodi optički hrapavu površinu, svjetlo se disperzira u različite smjerove.



Slika 10. Kamere laserskog ekstenzometra

Fig. 10 The laser extensometer cameras



Slika 11. Lasersko svjetlo na površini epruvete

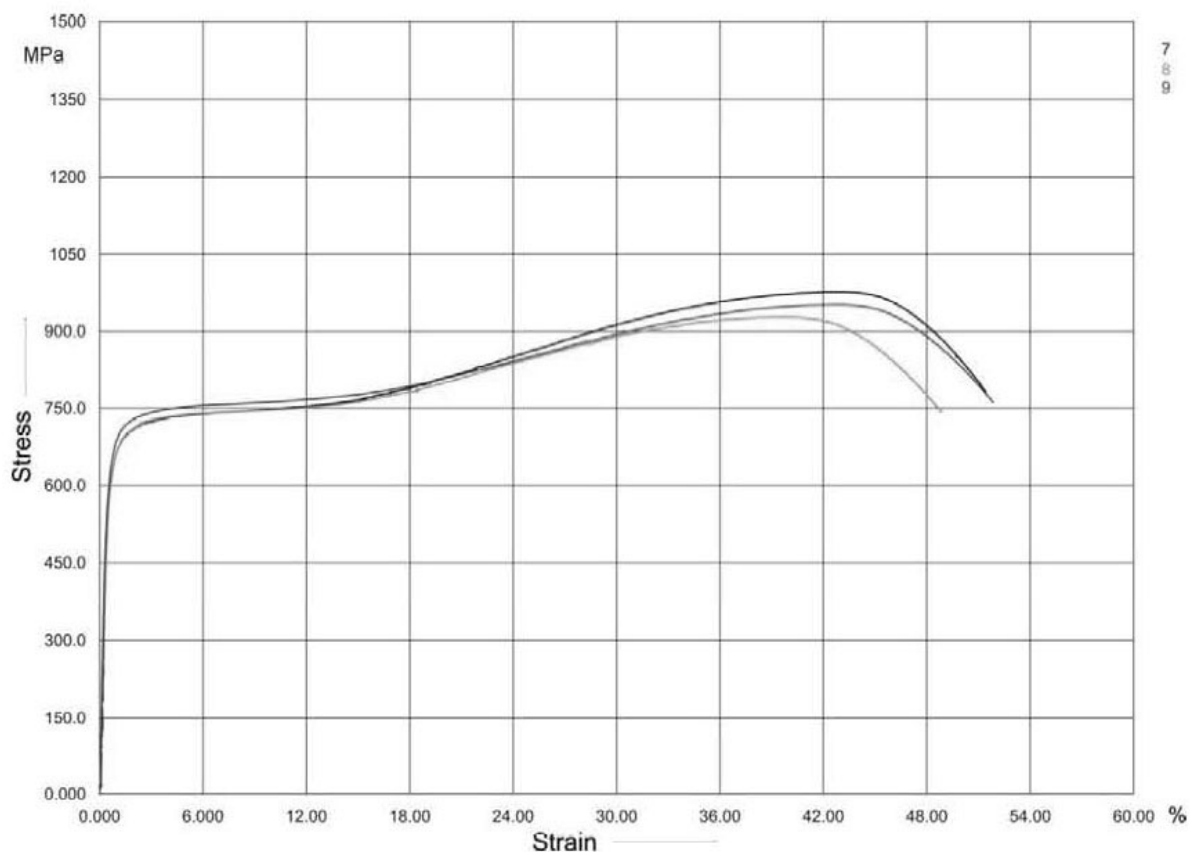
Fig. 11 The laser light on the testing specimen surface

Zbog hrapavosti površine dolazi do pojave interferencije zraka svjetlosti te se na slici koju pokazuju kamere vidi zrnata struktura različito osvijetljenih piksela. Svaka promatrana grupa piksela ima jedinstveni uzorak poput otiska prsta. Kako se tokom ispitivanja površina materijala mjenja, mjenja se i slika koja se vidi kamerama. Analizom slika kamere u različitim vremenskim intervalima video procesor na uzastopnim slikama pronalazi početni referentni uzorak i mjeri udaljenost za koju se uzorak u tom vremenu pomakao.

Nedostatak rada s laserskim ekstenzometrom je što se produljenje ne može točno izmjeriti kada se poklopi položaj laserskog svjetla i vrat epruvete na kojem će doći do pucanja.

5.4. Rezultati ispitivanja

Ispitivanje mehaničkih svojstava materijala provelo se na temperaturama od -40°C , -80°C , -165°C te na sobnoj temperaturi od 22°C . Za svaku temperaturu ispitivane su tri epruvete, a rezultati su prikazani dijagramom 'naprezanje-istezanje' i tablično. U tablici se nalaze redni broj, oznaka, promjer i površina epruvete te vrijednosti modula elastičnosti E , konvencionalne granice razvlačenja $R_{p0.2}$, granice razvlačenja R_m , deformacije ϵ_m i istezljivosti A . U zadnjem retku tablice su srednje vrijednosti ispitivanja za tri epruvete. Radi ograničenog prostora u članku prikazat će se rezultati ispitivanja na temperaturi od -80°C . Dijagram 'naprezanje-istezanje' prikazan je slikom 12, a rezultati su dani u tablici 5.



Slika 12. Dijagram 'naprezanje – istezanje' na temperaturi -80°C

Fig. 12 'Stress-Strain' diagram for testing at temperature -80°C

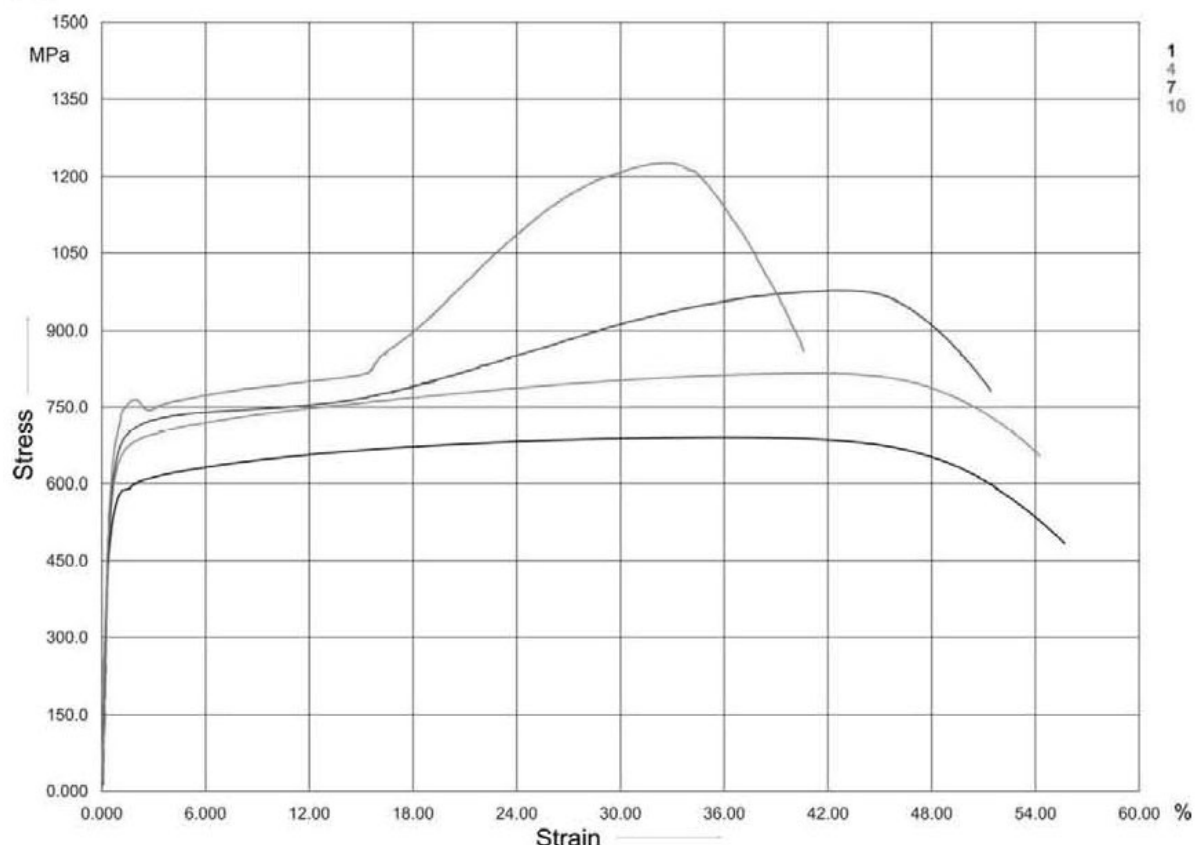
Rezultati ispitivanja mehaničkih svojstava materijala triju epruveta na temperaturi od -80°C su međusobno vrlo slični, u skladu su s očekivanjima, a krivulje u dijagramu imaju sličan oblik.

Tablica 5. Rezultati ispitivanja mehaničkih svojstava materijala na -80°C

Table 5 The results of the material mechanical characteristics testing at temperature -80°C

Redni broj mjer.	Oznaka epruvete	d	So	E	R _{p0.2}	R _m	ε _m	A
		[mm]	[mm ²]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[%]	[%]
1.	E-7-M80	7.88	48.768	195.2	572.6	976.7	42.14	50.94
2.	E-8-M80	7.93	49.389	203.6	561.8	927.2	39.14	48.41
3.	E-9-M80	7.95	49.639	212.1	580.0	951.3	42.34	51.46
	Srednja vrijednost	7.92	49.265	203.6	571.5	951.7	41.21	50.27

Usporedni dijagram ispitivanja mehaničkih svojstava materijala na niskim temperaturama prikazan je slikom 13. Za ovaj prikaz uzeta je po jedna karakteristična epruveta iz svake ispitne grupe za svaku temperaturu, a rezultati su prikazani i u tablici 6.



Slika 13. Usporedni dijagram ispitivanja mehaničkih svojstava materijala na niskim temperaturama

Fig. 13 Comparative diagram of the material mechanical characteristics testing at sub-zero temperatures

Rezultati ispitivanja su u skladu s očekivanjima. Snižavanjem temperature vrijednosti granice razvlačenja R_e i vlačne čvrstoće R_m rastu, dok se istezljivost A i deformacija ϵ_m smanjuju. Vrijednosti modula elastičnosti E su približno jednake bez obzira na promjene temperature što se vidi na dijagramu jer sve krivulje imaju isti nagib Hookovog pravca.

Detaljnijom analizom mjernih rezultata pojedinog svojstva materijala uočeno je da vlačna čvrstoća lagano raste u intervalu od sobne temperature do -40°C nakon čega porast postaje izraženiji. Suprotno od ovih rezultata sniženjem temperature istezljivost A lagano pada u intervalu od sobne temperature do -80°C nakon čega taj pad postaje izraženiji. Za daljnja razmatranja sugeriraju se dodatna ispitivanja materijala pogotovo u intervalu temperatura od -80°C do -165°C .

Tablica 6. Rezultati ispitivanja mehaničkih svojstava materijala na niskim temperaturama

Table 6 The results of the material characteristics testing at sub-zero temperatures

Redni broj mjer.	Oznaka epruvete	d	S_o	E	$R_{p0.2}$	R_m	ϵ_m	A
		[mm]	[mm^2]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[%]	[%]
1.	E-1-sobna	7.98	50.014	204.4	485.4	688.9	35.79	55.44
2.	E-4-M40	7.99	50.202	198.5	568.5	815.9	40.30	53.82
3.	E-7-M80	7.88	48.768	195.2	572.6	976.7	42.14	50.94
4.	E-10-M165	6.85	36.863	203.2	603.4	1227.7	31.68	37.18

6. Zaključak

Obzirom na vrstu tereta koju prevoze LNG brodovi i na ekstremno nisku radnu temperaturu u tankovima tereta na materijale za izradu tankova postavljaju se visoki zahtjevi u pogledu mehaničkih svojstava. Cilj rada je eksperimentalno određivanje mehaničkih svojstava materijala pogodnih za izradu tankova tereta brodova za prijevoz ukapljenog plina, a to su austenitni nehrđajući čelici.

Za ispitivanje statičkim vlačnim postupkom izabran je austenitni nehrđajući čelik oznake AISI 316L. Ispitivanja su izvedena na 4 različite temperature i to na sobnoj temperaturi od 22°C te na temperaturama od -40°C, -80°C i -165°C. Na svakoj temperaturi ispitane su tri epruvete, a određene su vrijednosti modula elastičnosti E, konvencionalne granice razvlačenja, $R_{p0.2}$, vlačne čvrstoće R_m , deformacija ϵ_m i istežljivosti A.

U radu je pokazano da se u Laboratoriju za eksperimentalnu mehaniku Fakulteta strojarstva i brodogradnje uspješno mogu provesti ispitivanja mehaničkih svojstava materijala na niskim temperaturama s postojećom opremom. Ispitivanja su provedena univerzalnom kidalicom marke Messphysik Beta 50-5 s maksimalnom silom od 50kN. Mjerenja produljenja epruvete obavljena su laserskim ekstenzometrom. Rezultati su prikazani dijagramom 'naprezanje-istezanje' i tablično. Sukladno očekivanjima snižavanje temperature utječe na mehanička svojstva materijala. Vrijednosti granice razvlačenja R_e i vlačne čvrstoće R_m rastu dok se deformacija ϵ_m i istežljivost A smanjuju. Modul elastičnosti E ima neznatne promjene te se može reći da je utjecaj temperature zanemariv. U intervalu temperatura od -80 do -165 događaju se značajnije promjene mehaničkih svojstava materijala pa bi za detaljniju analizu rezultata trebalo provesti dodatna ispitivanja.

LITERATURA

- [1] B. Bronzan: LNG, Energetika marketing, Zagreb, 1999.
- [2] G. Poljak: Tehnologija gradnje brodova za ukapljeni plin, diplomski rad, FSB,
- [3] Hrvatski registar brodova: Pravila za tehnički nadzor pomorskih objekata, dio25 – metalni materijali, 2005.
- [4] M. Franz: Mehanička svojstva materijala, FSB, 1998
- [5] P. Ljubičić: Mehanička svojstva brodograđevnog čelika pri niskim temperaturama, diplomski rad, FSB, 2010.

ANALIZA PRINCIPA RADA FMCW I VOĐENIH MIKROVALNIH RADARA ZA MJERENJE RAZINE

Sažetak

U ovom radu objašnjeni su osnovni principi rada FMCW (Frequency modulated continues wave) i vođenih mikrovalnih radara. Pravilan odabir i pravilna upotreba ovih uređaja može u znatnoj mjeri smanjiti investicijske troškove, troškove montaže i troškove održavanja. Poznavanje fizikalnih principa na kojima se temelje postupci mjerenja neophodno je kod procjene mogućnosti mjernog elektroničkog sklopovlja kao i procjena mogućnosti suvremenih tehnologija.

Ključne riječi: FMCW (Frequency modulated continuous wave) radar, vođeni radar

ANALYSIS OF MEASUREMENT PRINCIPLES OF FMCW AND GUIDED MICROWAVE RADAR INSTRUMENTS FOR LEVEL MEASUREMENT

Summary

In this paper basic measurement principles of FMCW (Frequency modulated continues wave) and guided radars are described. Correct choosing and correct usage of instruments can considerably decrease investment cost, installation costs and maintenance costs. Knowledge about physical principles on which is based measurement is necessary for estimation of possibilities of measurement electronic circuitry and possibilities of modern technologies.

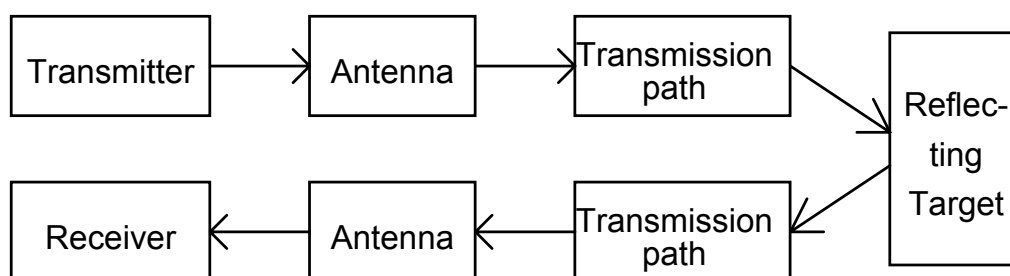
Key words: FMCW (Frequency modulated continuous wave) radar, guided radar

1. Uvod

Mjerenja razina tekućina i rasutog tereta na brodovima vrlo često se izvodi radarskim uređajima. Radarsko mjerenje razina može omogućiti pouzdana mjerenja, ali zbog neodgovarajuće primjene također može doći do komplikacija koje mogu znatno otežati primjenu na pojedinim objektima. Za pravilnu primjenu radarskog mjerenja razina neophodno je detaljno analizirati fizikalne pojave na kojima se temelji mjerenje. Takove analize korisne su stoga što omogućuju razumijevanje ograničenja u pogledu točnosti i pouzdanosti samog mjernog principa i elektroničkog sklopovlja.

2. Mikrovalni radari

Osnovni princip rada mikrovalnih radara dan je na slici 1.



Slika 1. Princip rada mikrovalnih radara

Fig. 1 Working principles of microwave radars

Mjerni sustav sastoji se od odašiljača (transmitter), antene, staze kroz koju putuje val do reflektora (transmission path) te prijemnika (receiver). Važno je napomenuti da sustav mjeri vrijeme od trenutka odašiljanja sa odašiljača do trenutka dolaska u prijemnik. Udaljenost antena – reflektor (Transmission part) proračunati će se na osnovu izmjenjenog vremena proleta i **POZNATE BRZINE PROSTIRANJA** mikrovalnog snopa.

Mikrovalni radari dijele se na 2 osnovna principa rada, i to:

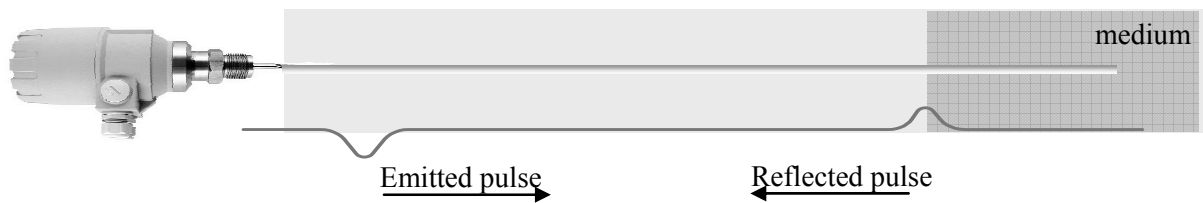
a) FMCW radar – frekventno modulirani kontinuirani val



Slika 2. FMCW radar

Fig. 2 FMCW radar

b) Guided radar - vođeni radar

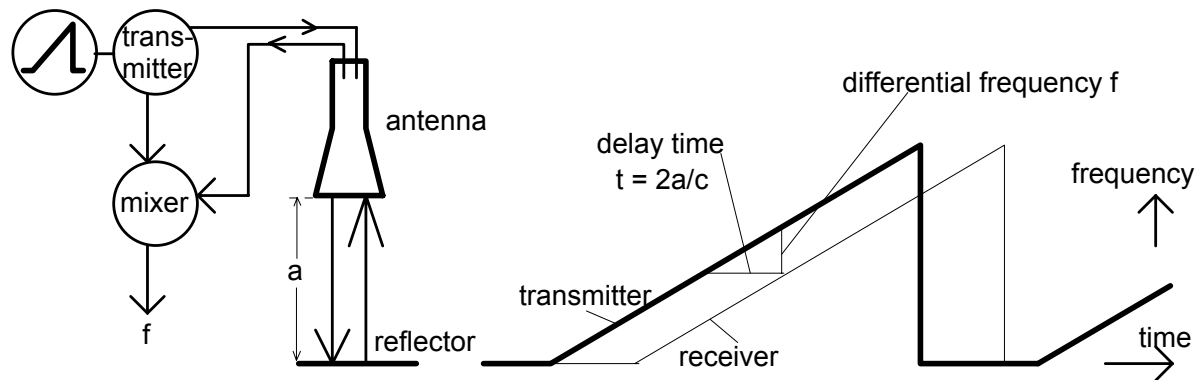


Slika 3. Vođeni radar

Fig. 3 Guided radar

2.1. FMCW Radari. Frekventno modulirani kontinuirani val

FMCW radari svoj rad temelje na **proračunavanju** vremena proleta odašiljač – reflektor – prijemnik. Vrijeme proleta proračunava se mjerenjem razlike frekvencija internog moduliranog oscilatora i reflektiranog signala. Na slici 4 prikazan je rad FMCW radara.



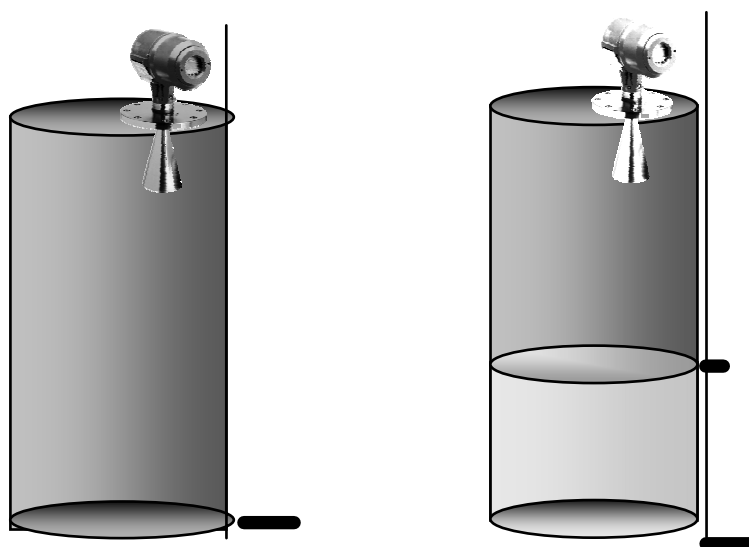
Slika 4. Shematski prikaz funkcioniranja FMCW radara

Fig. 4 Block diagram of function principles of FMCW radar

Odašiljač (transmitter) odašilje frekventno modulirani signal od 9 GHz do 10 GHz. Vrijeme i brzina modulacije su poznati. Frekventno modulirani signal prelazi stazu dužine **a** od antene do reflektora, i stazu dužine **a** od reflektora do antene. Frekventno modulirani signal koji je prešao stazu **2a** i vratio se u antenu ima nižu frekvenciju od trenutne frekvencije odašiljača. Poznavajući brzinu porasta frekvencije transmittera i mjereći razliku frekvencija transmittera i reflektiranog signala biti će moguće izračunati vrijeme prolaza kroz stazu **2a**. Poznavajući brzinu prostiranja mikrovalova kroz stazu **a** biti će moguće proračunati duljinu staze **a**. Razlika frekvencija mjeri se tako da se signal oscilatora transmittera i reflektirani signal miješaju i na takvom signalu obavlja se FFT.

2.1.1. TBF – Tank bottom following

Ukoliko je koeficijent refleksije na površini tekućine mali tada će glavnina signala dolaziti od refleksije sa dna tanka. Budući je brzina prostiranja kroz tekućinu manja nego brzina prostiranja kroz zrak vrijeme proleta kroz tekućinu biti će veće nego vrijeme proleta kroz prazan tank.



Slika 5 Radar mjeri dubinu praznog tanka. Dolaskom tekućine vrijeme proleta se povećalo (kao da se dno tanka udaljilo)

Fig. 5 Radar measures depth of empty tank. By presence of liquid time of echo is enhanced / like that bottom is on greater distance.

Mjerni sustav u tom slučaju dobiva informaciju kao da se dno tanka udaljilo (vrijeme proleta je dulje nego vrijeme proleta kroz prazan tank), međutim poznavajući brzinu prostiranja kroz tekućinu moguće je proračunati visinu stupca tekućine. Važno je napomenuti:

Sustav mjeri razliku frekvencija
proračunava vrijeme

POZNAVAJUĆI BRZINU proračunava stupac tekućine.

Program koji na ovaj način proračunava visinu stupca tekućine naziva se tank bottom following

Brzina prostiranja mikrovalova kroz tekućinu izračunava se prema formuli:

$$V_p = \frac{C_0}{\sqrt{\epsilon_{ri}}}$$

Važno je uočiti. Za određivanje brzine u tekućini potrebno je znati ϵ_r tekućine. Pogreška određivanja ϵ_r uzrokovati će pogrešku proračunavanja visine stupca tekućine zato jer se visina tekućine preračunava na temelju poznate brzine u tekućini i izmjenjenog ili izračunatog vremena proleta.

Kolika može biti greška izračunavanja razine tekućine zbog greške određivanja ϵ_r prikazano je na sljedećem primjeru.

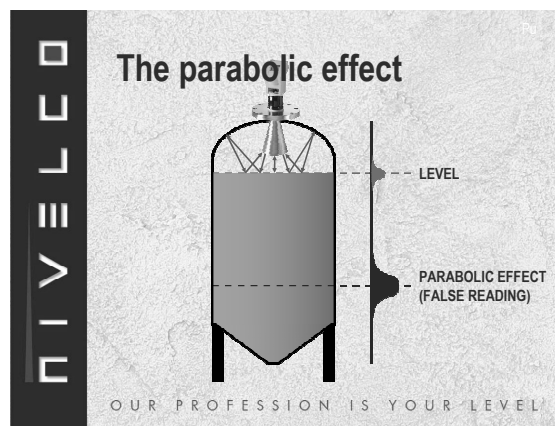
Ukoliko je visina stupca tekućine oko 2 metra, a iznos dielektričke konstante ϵ_r oko 2.3 tada će greška određivanja ϵ_r za iznos +/- 0.1 uzrokovati **grešku proračunavanja visine +/- 40 mm!**

$$\epsilon_r = 2.3 \pm 0.1 \rightarrow H = 2 \text{ m} \pm 40 \text{ mm}$$

Važno je uočiti da je za mjerenje razine tekućina sa malim ϵ_r neophodno upotrijebiti tank bottom following (TBF) mod. Upotreba TBF moda imati će grešku mjerenja uzrokovanu tolerancijom ϵ_r . ϵ_r ovisiti će o mnogim faktorima kao npr. sadržaju vode, nečistoća...

Antena FMCW radara odašilje mikrovalno polje u prostor i ukoliko je gornja strana tanka zaobljena može doći do pojave stojnih valova koji će se, zbog interferencije, na prijemnoj strani međusobno poništiti i radar neće imati prijem reflektiranog signala iako je tank djelomično ispunjen. Daljnje ograničenje FMCW radara je primjena u manjim tankovima. Zbog blizine bočnih stijenki reflektirani signali mogu biti tako jaki da će onemogućiti mjerenje. U tom slučaju preporuča se upotrijebiti cijev koja će služiti kao valovod, međutim u takovim slučajevima jednostavnija je upotreba vođenih radara koji će imati znatno jednostavniju montažu i nižu cijenu.

2.1.2. Parabolik efekt

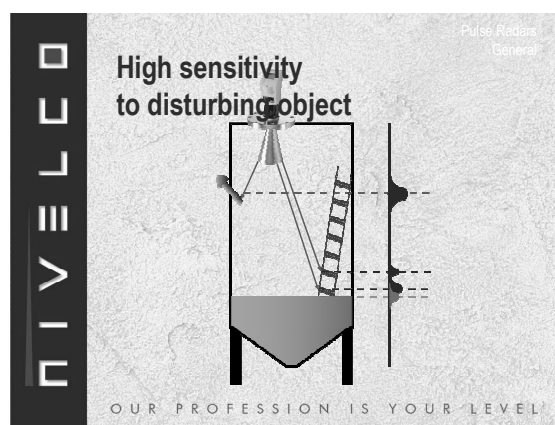


Slika 6. Pojava krivog očitavanja razine FMCW radara zbog parabolik efekta

Fig. 6 Incorrect reading of level by FMCW radar because of parabolic effect

Ukoliko je gornja strana rezervoara zakrivljena kao na sl. 6 tada mikrovalni valovi reflektirani od gornjeg dijela mogu biti fokusirani i mogu imati veću amplitudu od valova reflektiranih od same površine tekućine. Budući valovi reflektirani od gornjeg dijela imaju veće kašnjenje neko valovi reflektirani sa površine doći će do krivog očitavanja razine. Važno je napomenuti da elektroničko sklopovlje radi ispravno a greška je uzrokovana fokusiranjem valova reflektiranih sa gornje strane rezervoara.

2.1.3. Smetnje FMCW radara zbog refleksija u malom rezervoaru.

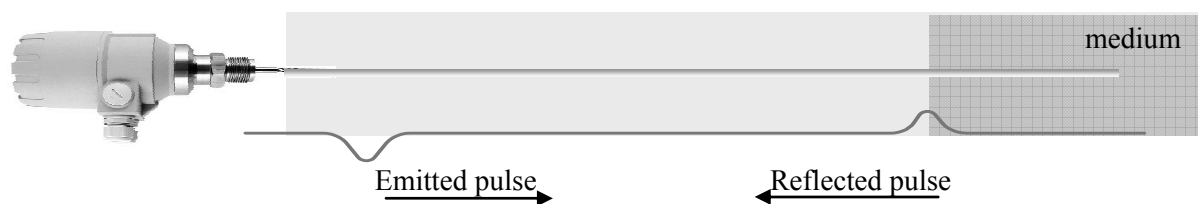


Slika 7. Pojava krivog očitavanja FMCW radara zbog refleksija u malom rezervoaru

Fig. 7 Incorrect reading of level by FMCW radar because of reflections in small tank

FMCW radar odašilje mikrovalne valove i oni se šire u prostoru. Svi predmeti koji se nalaze u mikrovalnom snopu reflektirati će mikrovalnu energiju. Energija reflektirana sa pojedinih predmeta unutar rezervoara može biti veća nego energija reflektirana sa površine tekućine. U tom slučaju doći će do krivog očitavanja, međutim potrebno je naglasiti da elektroničko sklopovlje radi ispravno.

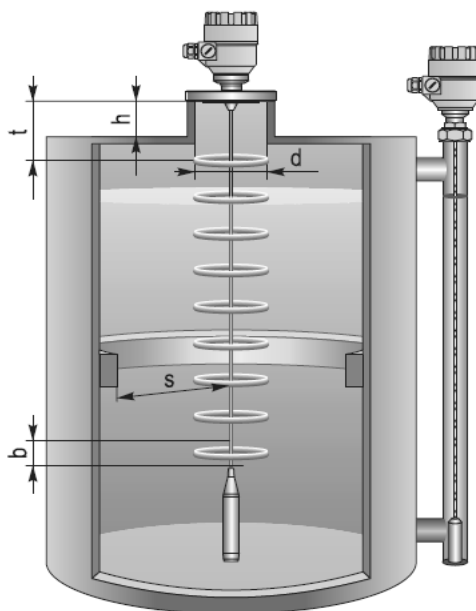
3. Vođeni radar (guided radar)



Za razliku od FMCW radara koji odašilje mikrovalno polje u obliku stošca, vođeni radar ima šipku ili sajlu ili dvije sajle ili koaksijalni kabel i njegovo mikrovalno polje neće biti šireno u prostoru nego će biti u blizini produžetka. Takovim principom rada vođeni radar moći će pouzdano raditi i u uskim i malim rezervoarima.

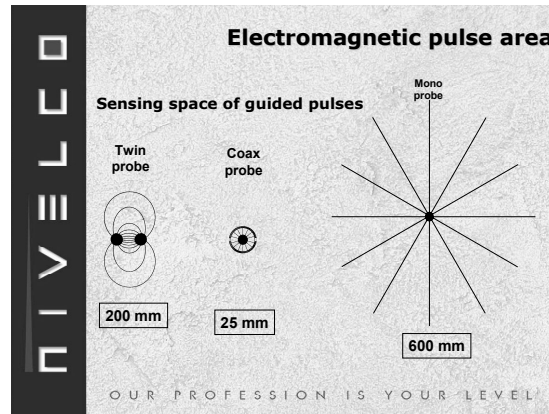
Princip rada je slijedeći:

Vođeni radar odašilje sinkronizirane impulse u trajanju ca 1ns i taktu ca 300 ns. Signal vala reflektiranog sa površine simplira se kao u visokofrekventnim osciloskopima i na taj način je moguće ostvariti točnosti mjerenja od +/- 5 mm.



Slika 8. Širenje mikrovalova pored sajle. Kružnice označuju detekcionu zonu unutar koje ne smije biti stranih tijela. (Detekciona zona je znatno uža nego kod FMCW – zona je navođena.)

Fig. 8 Spreading of microwaves near wire cable. Circuits define detection space in which is not allowed presents of objects. Detection zone is considerably narrower than by FMCW radars – zone is guided.

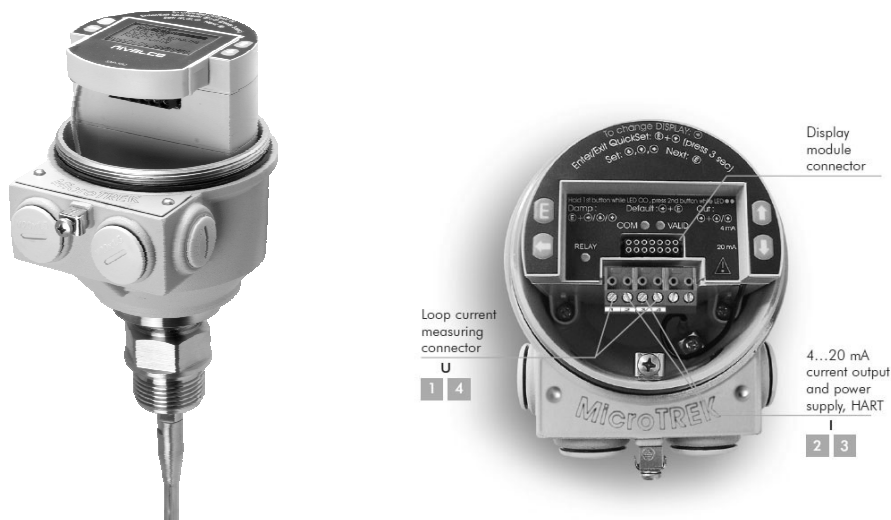


Slika 9 Ovisnost detekcione zone u ovisnosti o obliku produžetka vođenog radara.

Fig. 9 Dependence of detection zones regarding of shape of extension of guided radar

Slika 9 prikazuje oblike detekcionih zona vođenih radara. Ukoliko se koristi jedna šipka ili jedna sajla detekciona zona imati će 600 mm promjer; u toj zoni ne smiju se nalaziti strani predmeti jer mogu uzrokovati refleksiju signala. Detekciona zona kod upotrebe dvije šipke ili dvije sajle je 200 mm široka. Upotrebom cijevi u kojoj se nalazi šipka detekciona zona je svedena na unutrašnjost cijevi, što znači da se vanjski dio cijevi može nalaziti u blizini stijenke rezervoara ili drugih predmeta. Zbog navedenih osobina vođeni radar (u usporedbi sa FMCW radarom) imati će niz prednosti kod upotrebe u uskim ili malim tankovima.

Odabir produžetka ovisiti će o dielektričkoj konstanti mjenog materijala ϵ_r kao i o geometriji rezervoara.



Slika 10. Izgled vođenog radara. Opcionalni display omogućiti će očitavanje na licu mjesta.

Fig. 10 View of guided radar. Optional display enables reading on instrument.

Važno je napomenuti: Upotrebom koaksijalne probe ili dvije sajle biti će moguće dobiti pouzdane refleksije signale i na tvarima sa malim ϵ_r što će omogućiti točna mjerenja. Na tvarima sa malim ϵ_r FMCW radar mora ući u tank bottom following (TBF) mod i time će njegovo mjerenje direktno ovisiti o točnosti određivanja ϵ_r . Svaka greška određivanja iznosa ϵ_r imati će za posljedicu pogrešku izračunavanja razine tekućine.

Analizirajući principe rada vođenog radara i FMCW radara potrebno je uočiti:

Vođeni radar imati će prednosti kod primjena gdje produžetak (šipka ili sajla) neće smetati, i gdje je točnost mjerenja $\pm 5\text{mm}$ zadovoljavajuća.

FMCW radar imati će prednost kod primjena gdje nije moguće imati sajlu ili šipku, (nešto bi ih polomilo ili bi se neki materijal lijepio)

FMCW radar može imati točnost od $\pm 1\text{mm}$, ali će cijena biti znatno viša

FMCW radar će kod tekućina sa malim ϵ_r morati ući u tank bottom following (TBF) mod i time ući u mjernu nesigurnost uzrokovanu tolerancijama ϵ_r .

Vođeni radar omogućiti će pouzdani rad u malim i uskim tankovima

Vođeni radar imati će jednostavniju montažu

4. Zaključak

Vođeni radari imaju u mnogim slučajevima niz prednosti u odnosu na FMCW radare. Njihova detekciona zona je definirana konfiguracijom valovoda i biti će znatno uža nego kod FMCW radara. Njihova velika prednost je upotreba u manjim rezervoarima gdje pouzdano funkcioniranje FMCW radara može biti upitno zbog refleksija na preprekama i zbog mogućnosti grešaka zbog interferencija. Nadalje u usporedbi sa ostalim načinima mjerenja razina vođeni radari se uspješno koriste kod visokih temperatura medija i kod visokih tlakova.

Upotrebom koaksijalnog valovoda detekciona zona je koncentrirana unutar cijevi i takova konstrukcija neće biti osjetljiva i na prepreke koje su u neposrednoj blizini cijevi. Upotreba koaksijalne cijevi također će moći prigušiti oscilacije razine tekućine budući tvori mehanički low pass filter. **Cijena vođenog radara je znatno niža od FMCW radara** pa će njegova upotreba imati znatnog utjecaja na profitabilnost i konkurentnost projekata.

Poznavajući principe rada pojedinih uređaja za mjerenje razina moguće je odabrati odgovarajući način mjerenja za pojedinu primjenu. Pravilan odabir može u znatnoj mjeri smanjiti investicijske troškove, povećati pouzdanost proizvodnih procesa i smanjiti troškove instalacije i održavanja. Prilikom odabira mjerne instrumentacije korisno je obaviti razgovore sa stručnjacima koji imaju praktična iskustva i koji će kontaktirati tehnologe, održavatelje, izvođače radova kao i tvrtke za automatizaciju.

(2.19)

V.O. Mrykin, Central Design Bureau For Marine Engineering «Rubin», Russia, Saint-Petersburg, 90, Marata str.

V.A. Lomov

S.A. Kurnosov

V.A. Zdornov

M.Kh. Dorr, Institute of Control Sciences of the Russian Academy of Sciences, Moscow, 65, Profsouznay str.i

V.A. Trapeznikov

PROMISING SUBMARINE MOTION CONTROL CONSOLE WITH ELEMENTS OF ENVIRONMENT VISUALIZATION ON THE BASIS OF VIRTUAL DYNAMIC SYSTEMS APPLICABLE TO SUBMARINE SURFACING MANOEUVRE

Summary

Problems arising during development of promising motion control systems for modern submarines are considered in the first part of the presentation.

Results of development work for tools and computer-aided technologies used during formation of virtual dynamic systems are covered in the second part. The tools and computer-aided technologies allow the environment surrounding the submarine to be vividly and dynamically represented. The use of proposed tools implemented during the development of submarine motion control console is demonstrated on the example of submarine surfacing manoeuvre with crossing of free surface.

Proposals how to use the suggested control console as a training facility to exercise tasks of modern submarine motion control and optimize control algorithms are given.

Key words: submarine, motion control system, virtual dynamic systems, surfacing manoeuvre, control algorithms

1. Introduction

Issues related to the large scope of information to be processed by the operator of the submarine manoeuvring control system remain important as more advanced control systems are being developed. Computer-aided technologies allow these issues to be solved visually displaying in dynamics information on submarine attitude, which is required for safe control of submarine manoeuvring, taking into account the environment and other objects. It is assumed that information on the location of other objects is generated by surveillance aids and displayed on special indicating instruments. Information on the state vector of submarine displayed on video frames of the manoeuvring control system console does not make it possible to create the vivid picture, sufficiently convenient for perception, of submarine attitude and the environment for comfort and confident control of submarine manoeuvring near the bottom, sea surface or ice surface taking into account geometrical characteristics of submarine like length of fore and aft body, sail height, etc. With the help of virtual dynamic systems it is possible based on the simulation and using dedicated tools to present the submarine attitude in the environment for the operator steering the submarine. Control with the help of such visual interface created with virtual dynamic systems using monitors and graphics workstations is the basis for promising manoeuvring control console of modern submarines.

2. Submarine Motion Control Aids

Submarine and its technical facilities control consoles used nowadays include face panels of consoles of automatic manoeuvring control systems, monitors with video frames, repeaters and indicator buttons, keyboards, indicating instruments, indicators, etc. connected to various systems of the submarine. Submarine motion control from the console shown in Fig. 1 is carried out both with physical control organs (indicator buttons, knobs, etc.) and virtual control organs (symbols of elements of technical facilities in video frames) with types of control being displayed on video frames similar to the one shown in Fig. 2.

3. Basic Principles for Formation of Promising Submarine Manoeuvring Control Console

3.1. Work of Operators of Submarine Control Systems

Operators steering submarines have to work under difficult conditions characterized by effect of extreme factors and tight constraints on time for taking and implementing decisions. For example, the operators have to assess the information on external situation by readings of instruments.

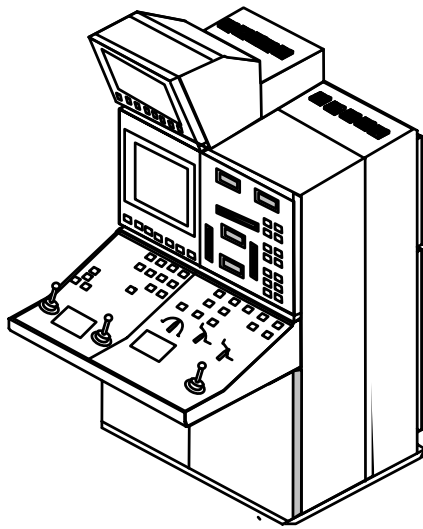


Fig. 1 Submarine Manoeuvring Control Console

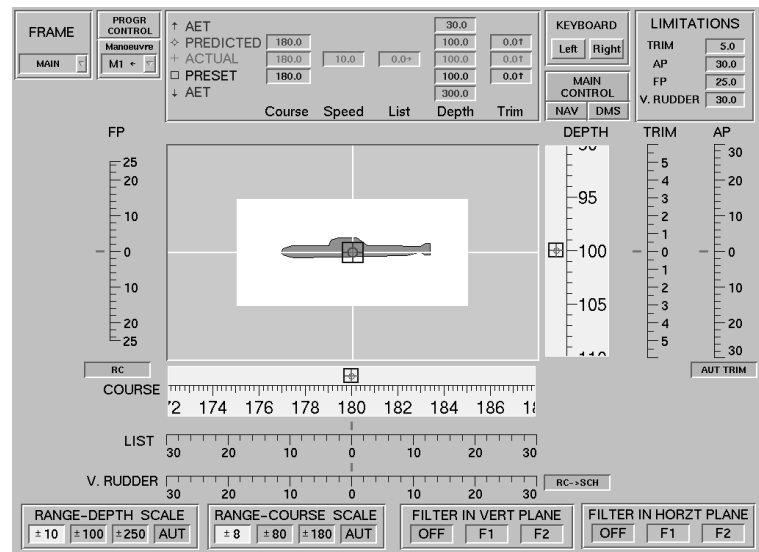


Fig. 2 Video Frame of Submarine Manoeuvring Control Console

In some cases, complexity of the tasks to be solved, large scope of incoming information, and insufficient time for decision taking result in mismatch between abilities of human operator and requirements for efficient process of on-line control of submarine motion and operation of its technical facilities. All the above-mentioned leads to reduced control efficiency and does not always ensure a required level of safety, which is proved by actual data on accidents suffered by submarines. Therefore issues related to increased information support with necessary information provided in convenient for perception form for operators of submarine manoeuvring control systems remain important as more advanced control systems are being developed.

3.2. Virtual Dynamic Systems

With the appearance of new computer tools and technologies one of the possible ways for improving working conditions of motion control system operators can be the use of virtual dynamic systems for display of information on the state of submarine. These systems enable the required information on the environment to be integrally represented in explicit and easy-to-perceive form.

The virtual dynamic systems simulate input on human sense organs very similar to those that could be felt by a person in reality.

Essential advantage of virtual dynamic systems is the opportunity of vivid representation of the object and environment, where processes take place, in the form most visual and approximated to the real situation. 3D representation and software tools that can reproduce the external situation in dynamics from various viewpoints of observer play a dominant role. The virtual dynamic systems can retain the likeness between the simulated and real processes in the object and display them within specified space and time constraints. This property is very essential for successful control, prediction of complex emergencies and development of intuition. The availability of special tools oriented to the development of virtual dynamic systems and reflecting behaviour, state of control objects and environment will allow the virtual dynamic systems to be developed in a short space of time at minimum

expenses for systems representing the information of various purpose including submarine motion control consoles that will ensure increased efficiency and safety in submarine control both in normal operating modes and emergency modes.

Therefore during development of promising control console, the problem was set to elaborate a scientific and methodological apparatus ensuring formation of virtual dynamic systems in interactive mode on the basis of procedure for block-hierarchical structuring of the task: integration of blocks containing algorithms for calculation with blocks for visual representation of the state of submarine and environment.

3.3. Software Package for Calculation of Dynamic Systems

At present, based on the results of joint activities of V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences, CDB ME Rubin and NPO Avrora, the promising submarine manoeuvring control console with environment visualization elements on the basis of virtual dynamic systems has been developed. This submarine manoeuvring control console shown in Fig. 3 was demonstrated at the International Maritime Defence Show 2009 in Saint-Petersburg and attracted interest of specialists.



Fig. 3 Promising control console of submarine manoeuvring control system

The tools software package (Calculation of dynamic systems) developed by V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences is the basis for environment visualization of the suggested promising console for submarine manoeuvring control. In the course of package development, its general structure consisting of common executive program (development environment) and set of block-modules performing various tasks was determined. Type and quantity of modules to be used depend on the purpose of virtual dynamic system to be developed and customer's requirements. As a result of analysis carried out for module arrangement, data structure of multi-purpose block of the system and data structure of subsystems was determined. Format and type of data flows transmitted over communication lines were selected. The necessity of conditions required for automatic compilation of executive programs of blocks was demonstrated.

Principles for the arrangement of tools software package for calculation of dynamic systems are addressed including such issues as:

1. Operating modes of package operation and general principle for calculation of virtual dynamic systems.

2. Data transmission over buses.
3. Vector images of blocks.
4. Control of actuation of blocks and links.
5. Division of structure into layers.
6. Group selection and setting of block parameters.
7. Running of package in several computers.
8. Interaction of package with other programs.
9. Connection with real equipment.

Fragments of operator's virtual station for manoeuvring control system carried out with software package for calculation of dynamic systems are given in Fig. 4. Video frames of control consoles for operators controlling submarine diving planes and rudders and hence submarine motion are shown. The left-hand video frame contains traditional display of submarine course as a rotating compass card with course and fine readings. Information on the rate of change of course is additionally provided. Submarine attitude for heel is displayed in dynamics as submarine cross-section in the top left-hand part of the video frame. Position for depth and trim is displayed in the right-hand part of the video frame. Submarine symbol moves vertically along the depth scale simultaneously changing its inclination angle depending on trim. When entering the depth stabilization zone, the precision scale is displayed. To display current precise values and the specified ones of all parameters, a common panel is provided in the top right-hand part of video frame. The same panel is used for entering the specified values. Entering the "PRESET" line is carried out from the keyboard and then the parameter to be changed is selected.

Limitations on submarine motion parameters and angles of control surfaces are changed in a similar way.

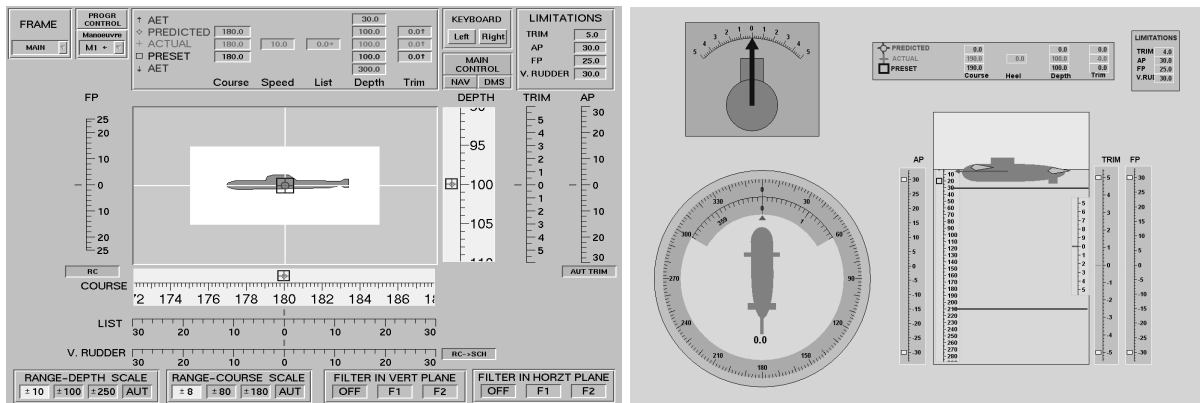


Fig. 4 Video Frames of Training Complex of Manoeuvring Control System, Left: Main Video Frame, Right: Additional Video Frame

The animated three-dimensional image of submarine is shown in Fig. 5 (in addition to Fig. 4) for visualization. For this image, parameters of motion relative to conventional sea and bottom surfaces as well as conventional centre of gravity are changed in accordance with those control inputs of control organs that are set from the video frame of submarine manoeuvring system shown in Figure 4 and from the master video frame shown in Figure 7.

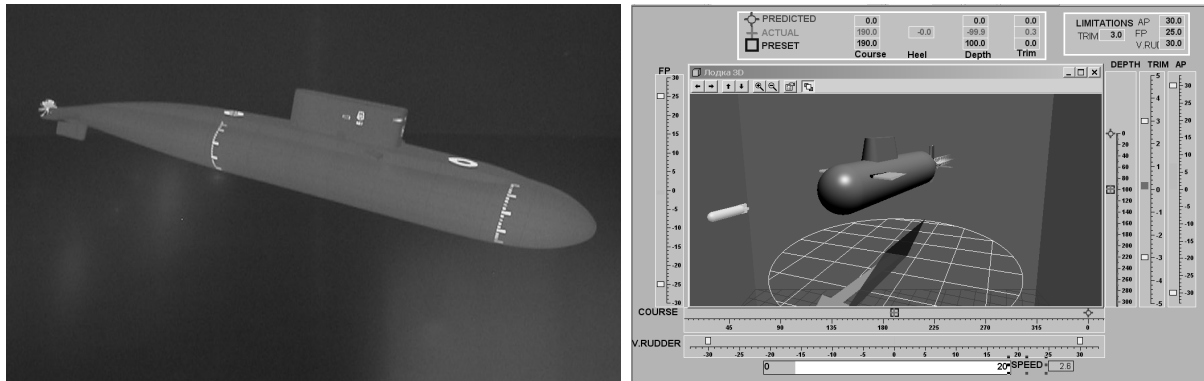


Fig. 5 Display of submarine three-dimensional motion in operator's monitor. Left: additional video frame. Right: main video frame

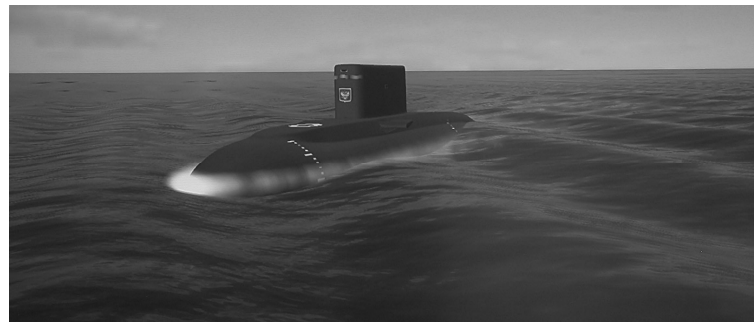


Fig. 6 Display of submarine three-dimensional motion on surface in operator's monitor

The video frames shown in Fig. 5 and Fig. 6 are meant to display the submarine state. They contain minimum required but still sufficiently full information on control aids and submarine attitude relative to water and bottom surfaces. With the three-dimensional image shown in Fig. 5 the operator can estimate the situation for submarine motion control and refine motion parameter values looking at scale instruments. For the promising control console shown in Fig. 3, control inputs of control organs and submarine state vector are transmitted by the protocol of information interaction between the submarine motion visualization system and various systems, for example, navigation complex, depth measuring system, manoeuvring control system and others.

In case of stand-alone use of the software package for dynamic system calculation applicable to the operator's virtual station of submarine manoeuvring, motion control algorithms are set from the master video frame and motion parameters are calculated using mathematical models of motions and operation of technical facilities.

Fig. 7 shows the master video frame to specify submarine motion control algorithms.

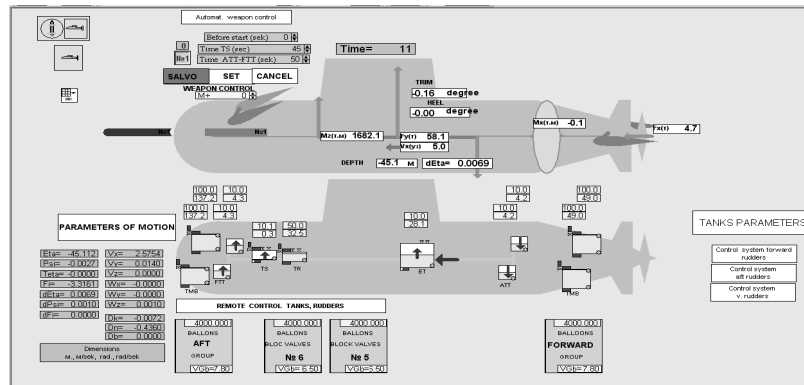


Fig. 7 Master video frame

Main control organs of submarine: control surfaces, tanks and propulsor (propeller) are shown there. Using these control organs and setting control inputs in the subsystem it is possible to exercise tasks of submarine motion control in operating and special sailing modes as well as modes related to emergencies (plane/rudder jamming, water ingress to pressure hull compartments, erroneous actions of control system operator, etc.). Indicators of parameters are specially zeroed. Symbols of all devices are animated by means of software package: deviations of planes/rudders, water level in tanks, air pressure in bottles, opening and shutting of all valves and kingstons are schematically shown. In addition, force vectors acting on the submarine are schematically shown and various numerical indicators are displayed.

The entire system for calculation of dynamic systems is based on the Windows operating system with the help of C++Builder and uses service tools familiar to most users.

Visualization of tank blowing and change in the weight of compressed gas in bottles is developed in the software package visualization module for dynamic process of tank flooding and blowing. Indicators display values of pressure in the tank and bottles, outside pressures and volume of water in the tank, also processes taking place during water intake to the tank and water drain from the tank are displayed on graphs.

Non-linear characteristics of various modules are represented as piecewise linear functions. Standard software modules are developed for setting non-linear characteristics of the control object and control means. Matrix with coordinates of piecewise linear function points is entered by the user with the help of matrix editing block which output is connected to the input of interpolating block.

In subsystems, simulating submarine three-dimensional motion, simulation was made using a dedicated software product OpenGL. Dimensions, colours and other characteristics of submarine three-dimensional motion can be selected with the help of OpenGL forms. They allow the data to be changed and refined in interactive mode and the results to be visually displayed on the monitor screen.

The software package is capable of simulating systems represented as a set of interconnected modules. Each module can contain the calculation program that determines the interaction with other modules of the system and response to user's actions. Groups of functionally related blocks can be united in composite blocks (subsystems) that may contain their own routine in addition to routines resided inside the subsystem of blocks. The visualization example for such module for control of aft planes is shown in Fig. 8.

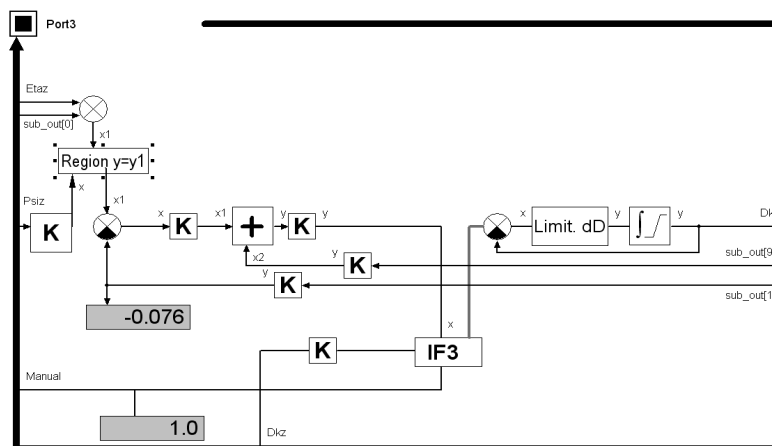


Fig. 6 Visualization of operation of plane control module

All programs of blocks are loaded from external libraries that can be modified irrespective of the main program.

The software package has the following major advantages:

1. Easy and visual representation for the image of each system block is possible.
2. During development of models, various types of transmission of information flows among blocks are acceptable.
3. Provision is made in the software package for creating models and their interfaces at different layers of visibility.
4. In the software package, hierarchical structure of blocks is acceptable and complicated modules can be used on a par with primitive modules.
5. The software package allows the block operation logic to be set and thus simulate any logically constructed systems like algorithmic block diagrams and Petri nets.
6. The software package has tools to control the process and intervene in progress of dynamic process directly from the monitor screen.
7. Provision is made for development of auto compiled blocks by control system designers.
8. Availability of visualization tools for control processes and behaviour of controlled objects.
9. It is possible to solve tasks in fast-time scale and in real time, which is helpful in the use of package for construction of package links with real equipment of submarines.
10. It is possible to develop and check algorithmic and software support for modern control systems of submarines working with real devices in the mode of semirealistic simulation.
11. It is possible to apply modern methods of control theory to development and enhancement of submarine motion control systems.
12. It is possible to provide for operators a virtual environment of development where implications of disturbances and failures in operation of equipment are vividly demonstrated.

4. Visualization of Environment when Submarine is Controlled During Surfacing Manoeuvre with Crossing of Free Surface

During surfacing manoeuvre, submarine volume and weight change considerably because the ballast tanks and superstructure are being drained.

Evaluation of submarine metacentric stability and its behaviour with respect to heel and trim in order to assess safety during surfacing is an important task to be solved during exercising ways of submarine control in the process of operation, which is preceded by writing of relevant instructions.

Submarine metacentric stability depends on such design characteristics as its metacentric height, area of flood holes in the superstructure, area of ballast tank flood holes, flow rate and time of compressed air supply to tanks as well as initial depth of surfacing and composition of tanks to be blown. Normally, ballast tanks are united in groups of several tanks: forward, aft and midship.

During surfacing, the operator monitors trim and depth variations in such a way that surfacing should take place without considerable change in trim.

If during submarine surfacing there is a trend to trim increase over 15° , a respective end group of tanks should be blown until trim starts reducing.

In case of appreciable reduction of submarine ascending speed, the midship ballast tank group should be blown. When approaching surface at a depth of 30 to 50 m all unblown ballast tank groups should be blown. In case of surfacing with the help of aft planes, trim by the stern of 5° to 7° is maintained. When reaching the surface, trim is reduced from 1° to 3° by the stern. Thus, important factor of submarine safe surfacing is a selection of optimal control algorithms for buoyancy and control surfaces. Submarine surfacing manoeuvres are notable for great variety of their execution. This is due to the possibility of surfacing from different depths at various combinations of ballast tank blowing. Selection by the operator of optimal control algorithms for buoyancy and control surfaces becomes a decisive factor when solving tasks of submarine safe surfacing. At the same time, information on submarine attitude and environment provided in the necessary scope and easy for perception form is a necessary condition for correct execution of surfacing manoeuvre for submarine manoeuvring control operator during control process. The operator should know arrangement of submarine ends and the sail relative to water/ice surface or bottom to ensure safety during execution of surfacing manoeuvre.

On the basis of virtual dynamic systems displaying a three-dimensional picture of submarine moving in space i.e. in water mass relative to the bottom and water surface with indications of motion parameters on scale instruments, the promising manoeuvring control console operator can use additional, extremely important information.

The three-dimensional picture of submarine when approaching the surface at periscope depth changes its coloured background (transparent background replaces the dark one as the submarine approaches the surface). On surface, picture of environment changes (submarine surfaces and moves with the specified draft). In case of rough sea state, position of submarine relative to general direction of wave propagation can be determined.

5. Use of Promising Control Console for Submarine Manoeuvring as a Training System

The promising submarine manoeuvring control console can be used as a training system to exercise control tasks in design engineering firms and training centres for submarine crew

training. Operational experience with the promising control console obtained in the process of exercising the tasks of submarine control and when writing control instructions, demonstrated its efficiency for use of development and evaluation of control algorithms of submarine motion in various motion modes. Exercising of submarine control using simulation systems normally precedes to the development of instructions. The simulation systems enable the possibility of successful solution of submarine control tasks to be estimated in terms of quality and quantity in different conditions for different modes with submarine control systems not being obviously represented, which is possible only in conditions of submarine or training centres. Use of promising submarine manoeuvring control console as a training system makes it possible to reject expensive and bulky equipment of training centres.

6. Conclusions

1. The task of operator's information support during submarine manoeuvring control including assessment of current state and prediction of submarine motion at various combinations of technical facilities used still remains a pressing problem.

2. Availability to operators of virtual environment that visually demonstrates implications on the submarine of inputs of any control organs, its movement relative to the bottom, water or ice surface as well as other objects would considerably improve conditions of work of manoeuvring control system operator.

3. Modern visualization aids provide means of developing virtual dynamic systems that simulate ongoing processes, thus obviously representing implications of any actions by submarine control operators.

REFERENCES

- [1] M.K. Dorri, V.M. Korchanov, G.E. Ostretsov, P.V. Popov, A.A. Rochin, Advancement of systems representing information about control facilities and submarine state in space, Collected Papers of XXXII All-Russia Conference on Sea Vessel and Special Vehicle Motion Control, Moscow, 2005, pp.9-16
- [2] M.K. Dorri, V.M. Korchanov, G.E. Ostretsov, A.A. Rochin, Principles of development of full-scale research simulators and ways of their implementation based on software package "Dynamic System Calculation", Collected Papers of XXXIII All-Russia Conference on Sea Vessel and Special Vehicle Motion Control, Moscow, 2006, pp.28-36
- [3] V.O. Mrykin, M.K. Dorri, P.P. Tolkachev, V.A. Lomov, Desktop Research and Training Stand for Assessment of Submarine Motion Control Algorithms and Skill Exercising in Technical Facilities Control, Proceedings of 6th International Symposium on Underwater Technologies, UT 2009, Wuxi, China, 2009, pp. 369-374

(2.20)

Anatolij-Branko R. Togunjac, Ph.D, Research and Design Institute for Fishing Fleet, GIPRORYBFLOT, M. Morskaya str.,18-20, St. Petersburg, 190000 Russia
Leonid I. Vishnevsky, D.Sc,Krylov Shipbuilding Research Institute, Moskovskoye shosse 44, St.Petersburg,196158 Russia

DUAL-MODE CONTRAPROPELLER WITH CURVE STACKING LINE FOR BLADE

Summary

The present paper provides motivation for equipping a dual-mode contrapropeller (functioning both in reactive and passive modes) with curve stacking line for blade. The patent on multi-function propulsive system that uses a contrapropeller of the kind is described in the paper. Comparative analyses of curvilinear and traditional blade configurations basing on a trawler's design calculations were performed and the results are presented in the paper. The paper describes advantages of the patented multi-function propulsive system resulting in energy saving and reliability.

Key words: hydrodynamics, propulsor, contrapropeller

The practical application of systems with a contrapropeller mounted behind the screw propeller started in the second decade of the last century. Very soon it became a common practice and more than 100 American and European vessels were equipped with the contrapropellers [1], fig.1. According to the booklet [1], energy saving from the use of contrapropellers resulting in more than 10%. The widespread and efficiently using of contrapropellers could be explained by a certain structural imperfection of the screw propellers that were used at that time: the less hydrodynamically perfect a screw propeller was, the more efficient performance was demonstrated by a contrapropeller. Besides, application of a contrapropeller contributed a lot to the improvement of hydrodynamic efficiency of rudder-and-screw systems of that time (as a result of relatively long distance between rudder and screw propeller the counter propeller effect of rudder was not significant).

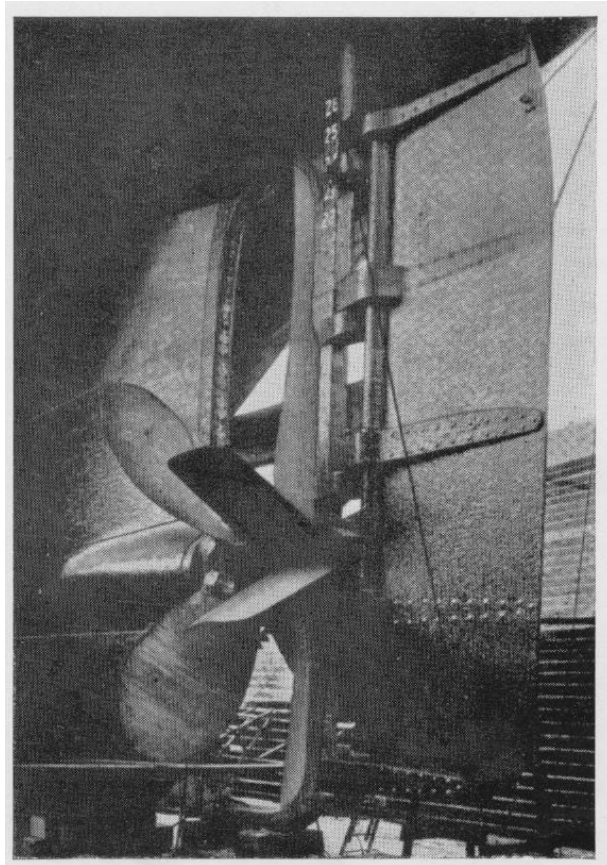


Fig. 1 Contrapropeller as a part of the propulsion system used on board vessels dating to the 20^{ies} of the last century.

Recent research studies (1992) [2], [3] demonstrated that hydrodynamic efficiency of a propulsive system after being equipped with a contrapropeller was exceeded for not more than 7-8%. According to the research, a contrapropeller blade span can be restricted without any loss of its hydrodynamic efficiency. Moreover, it was shown that the contrapropeller helped to increase the hydrodynamic efficiency of the propulsor while being exposed to a wide range of loads during trawling and free-running modes of operation (fig.2).

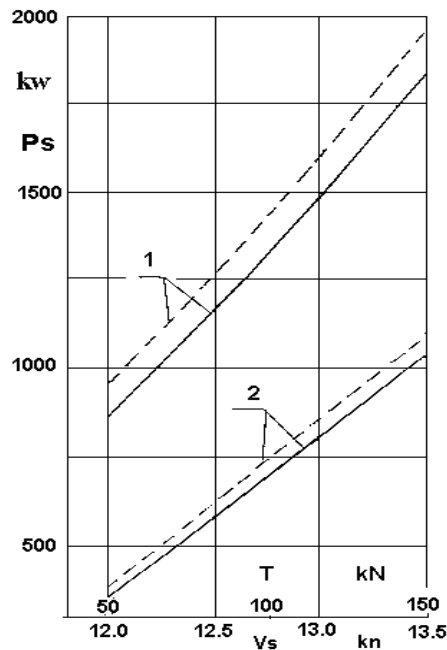


Fig. 2 Running and towing performance of a trawler
 1 - $P_s = f(V_s)$; 2 - $P_s = f(T)$, $V_s = 6.0$ Knots
 ---- nozzled screw propeller and rudder,
 — multifunctional propulsor

Another important step in the further technical development of a contrapropeller design was achieved by using a contrapropeller not only in passive mode (i.e. without rotation and, consequently, without any energy supply) but in reactive mode of operation as well. The offer was patented in Russia under the number 2098316 [4], [5]. The patent describes a two-stage propulsive system having the following performance:

- energy saving full speed mode being achieved by means of hydrodynamics;
- slow speed and dead slow speed;
- emergency speed;
- maneuvering in combination with traditional rudder for all speed range and at the stopping mode as well.

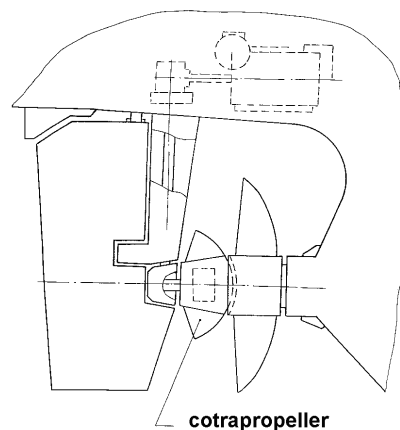


Fig. 3 General view of the propulsor: patent No. 2098316 (with dual-mode contrapropeller)

The propulsor (fig.3) consists of a two-stage blade system and two self-contained drives. The front step functions as a screw propeller and the back step can operate both as screw propeller (reactive mode) and as stationary contrapropeller (passive mode). The back step blade position of the propulsor (further named as contrapropeller) is regulated by the pitch control mechanism. The length of contrapropeller blades is restricted and does not exceed a half of the screw propeller blades length, and the contrapropeller is mounted in such way that permits its hub to turn in horizontal plane and equipped due to turning device. Consequently, the propulsor, when used in combination with a traditional rudder, guarantees the backing up of propulsion and steering unit main functions: back step of the propulsor provides both slow speed and maneuvering of vessel even in the case of a screw propeller and steering rudder are damaged. The above mentioned statement is very important. While analyzing technical risks that may arise in the course of operating a vessel such factors as loss of speed and loss of manoeuvrability among the most dangerous events. Loss of speed and manoeuvrability can be provoked by storm weather conditions, grounding, ice damages, onboard equipment failure etc. The ability of the described propulsor to back up a screw propeller and its drive eliminates to a great extent the possible cases of total speed and manoeuvrability loss. It helps to increase ship's or vessel's survivability and can be used as a basis for risk tariffication and, consequently, may result in the decrease of insurance premium paid by a ship-owner in connection with a contract of marine insurance being concluded [7].

From a hydrodynamical point of view the most complicated design task is represented by a contrapropeller blade system. Depending on the mode of operation a contrapropeller can be used as follows: energy-saving unit (blades operate in passive mode), back screw propeller in the pair of contra-rotating propellers, puller or pusher propeller of a steering thruster.

Hydrodynamic calculation of this multi-functional propulsor demonstrated with a fishing vessel (trawler) as an example, proved that the use of its rear step (contrapropeller) both in passive and reactive modes is rather efficient however having certain deficiencies [6]. During full speed and trawling modes the propulsor ensures 5-7% efficiency increase in compared to a traditional nozzleed screw propeller. At the same time, losses subject to non-optimal contrapropeller blades geometry during its reactive mode of operation made 8-12%. The blade being designed for contrapropeller mode of operation in the reactive mode operation demonstrated non-optimal behaviour in regard to the radial distribution of hydrodynamic load, fig.4, [6]. These are the consequences of the contrapropeller dual mode of operation.

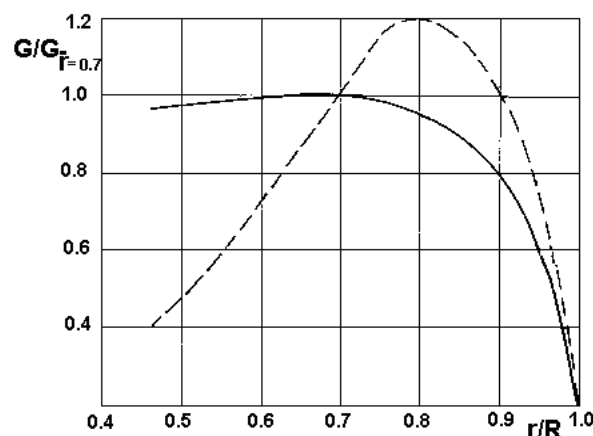


Fig. 4 Load distribution (circulation $G/G_{r=0.7}$) for design mode of operation

---- - contrapropeller,
 ——— - optimal screw propeller

Increase of load at the peripheral parts of blades (fig.4) negatively affects not only the efficiency of operation. It also causes intensive vortex and edge cavitation. The cavitation, in its turn, provokes the performance degradation of the propulsor: high level of vibration, erosion of blades, increase radiated noise.

Non-optimal design of the counter propeller in this case results in a high hydrodynamic load on the peripheral part of the blade due to increased pitch. In passive mode (which can be recommended for choosing of contrapropeller geometry, namely, radial distribution of pitch P , camber of blade section f), contrapropeller pitch angle will depend upon screw propeller induced velocities (U_T – tangential velocity и U_A – axial velocity) and axial inflow velocity V_{AR} (fig.5, [3]).

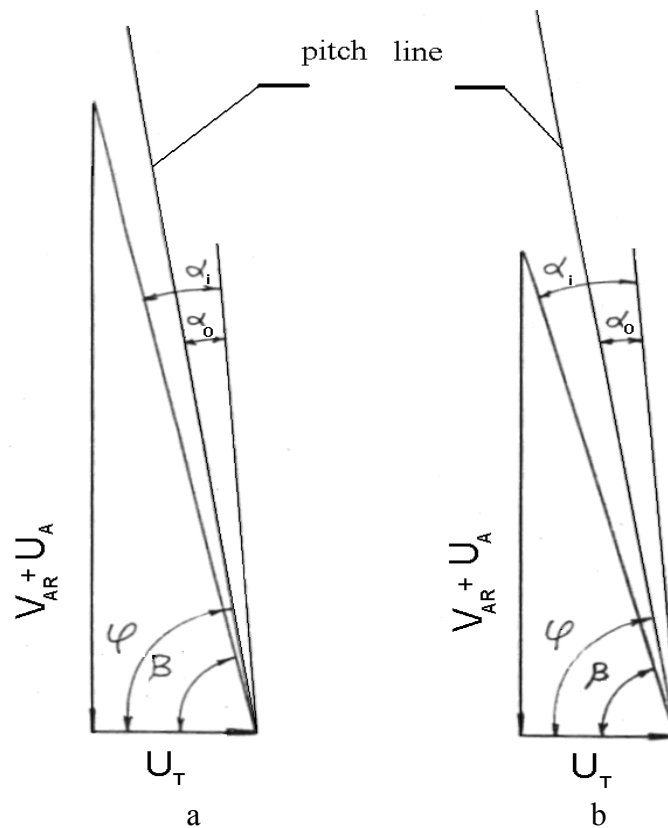


Fig. 5 Velocity triangles of a trawler screw propeller with relative radius $\bar{r}=0.4$
a- free running, b- trawling

In this case the advance angle β increases in line with the radius r increase as the induced velocities U_T decrease and for passive mode $\omega r = 0$. The above mentioned results in pitch increase towards a blade edge. For the reactive mode of operation it is necessary to change the blade position that is characteristic for a stationary contrapropeller towards the pitch decrease by turning it (as an example, for $63^\circ 11'$ for 13010 project trawler [6]). The nature of the radial law of pitch distribution will not change in this case: the pitch increases towards the periphery of blade. This law does not match the velocity field for reactive mode. The screw propeller angular velocity ω determines considerable decrease of the advance angle β and, as a result, induced advance angle β_i , and while the radius r increases this influence gains as well. With refer to the geometry of the blade propulsor designed for the use in reactive mode of operation it is possible to state that the pitch distribution in this case will be

close to constant with a certain decrease in periphery. In other words, velocity fields in the propulsor disk in passive and reactive modes of operation differ principally from each other and while choosing the geometry of a blade intended to be used in both modes of operation it is necessary to find a compromise solution.

Such decision was offered by the authors and patented in the Russian Federation [8]. The definition of the invention is as follows:

1. A blade propulsion device comprising: a screw propeller and a contrapropeller of less diameter being coaxially mounted behind the propeller and having controllable pitch blades and a pitch adjusting mechanism; a mechanism used to turn said contrapropeller around the vertical axis and a mechanism used to lock the hub of said contrapropeller, and being different from known solution in that the each blade of said contrapropeller has a curve stacking line and is curved in such a way that its suction or pressure sides at the blade edge faces the hub surface of said contrapropeller.
2. A device according to claim 1 differs in that the curve stacking line for the blade is located tangentially towards the cylinder surface having radius equal to said contrapropeller radius and an axis that coincides with the contrapropeller axis.
3. A device according to claim 1 differs in that the mechanism of pitch adjustment provides for the possibility to bring the contrapropeller blades into position where they being movably fixed in the hub have the possibility to move relative to the contrapropeller disk plane.

The use of curve stacking line for blade systems operating in reactive modes, i.e. screw propellers, is an established practice [9] [10]. The curve stacking line is able to postpone (regarding speed of vessel) the appearance of the vortex and edge cavitation in non-uniform velocity field or minimize its occurrence and in this way to minimize the following conditions that might be harmful for operation: vibration, noise, blade erosion. The resulting velocity vector V_i being changed in the process of the screw propeller rotation as if slides along the end part of the blade (see claim 1 and claim 2 of the definition of the invention) what does not result in pressure drop between the suction and pressure sides of the blade. The end of blade is unloaded in a wide range of the angles of attack. In the USSR, in the middle of the 60ies of the last century such screw propellers were invented by Lifenko and Gorshkov [9]. In the 80ies of the last century a Danish designer J.J. Kappel offered to use a similarly shaped screw propeller blade [10].

However, in the blade propulsor system described in the present paper, a curve stacking line has some other purpose, namely: it helps to eliminate the deficiency in contrapropeller blade geometry (pitch increase at the end of blade) during reactive mode of operation and resulting from its multi-functional nature. The curve stacking line of the blade unloads the end of blade within the range of existing angles of attack. In case of a contrapropeller it means that notwithstanding the fact that the blade pitch increases towards the periphery (fig.6, [6]), there are no conditions for the development of intensive cavitation at the blade tip (no pressure peaks along the suction side at end of the blade will occur as the resulting velocity vector V_i will be located in the plane of the screw propeller blade excluding angle of attack depended on the pitch). Minimizing the occurrence of cavitation brings vibration down and eliminates the conditions for blade erosion. The unloading the ending part of contrapropeller blades improves its hydrodynamic efficiency by optimizing the radial distribution of load.

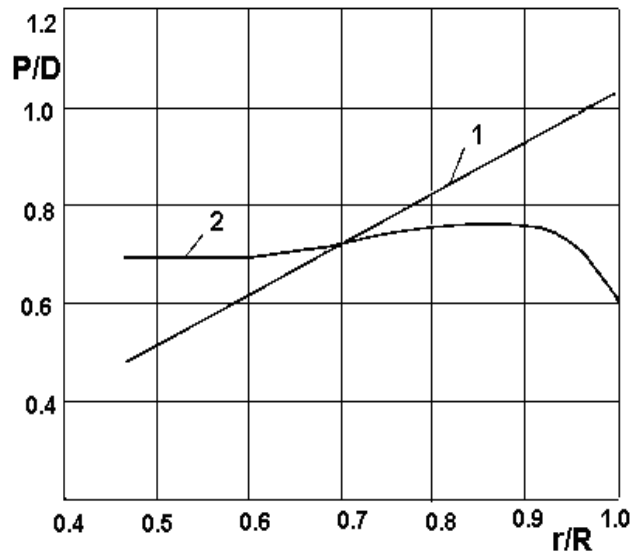


Figure 6 The radial distribution of pitch ration
1 – contrapropeller; 2 – optimal screw propeller

Let us consider a use of curvilinear blade component as a part of a contrapropeller design using a project 13010 trawler as an example 13010 [3], [6]. The curve stacking line is shaped along the blade trailing edge as lemniscate of Bernoulli. The blade is curved in such way that its pressure side faces the hub surface. This method has been very well established in Russian practice of designing screw propellers with curvilinear blades 9. In accordance with the lemniscate of Bernoulli equation in polar coordinates $r = a \sqrt{2 \cos 2 \alpha}$ (for screw propeller $\bar{r} = r/R = 0.7071 \sqrt{2 \cos 2 \alpha}$), Table 1.

Table 1 The coordinates of a curve stacking line for blade

\bar{r}	0.25	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	0.95	0.975	1.0
α°	43°13	42°25	40°24	37°46	34°27	30°20	25°07	17°57	12°46	9°03	0

Angle α is explicitly related to the following generally accepted parameters that define the geometry of a screw propeller (fig.7):

$$\text{skew } C_s = C/2 - \frac{r \alpha}{\cos \varphi};$$

$$\text{rake } X_r = r \alpha \operatorname{tg} \varphi, \text{ where } \varphi - \text{pitch angle}$$

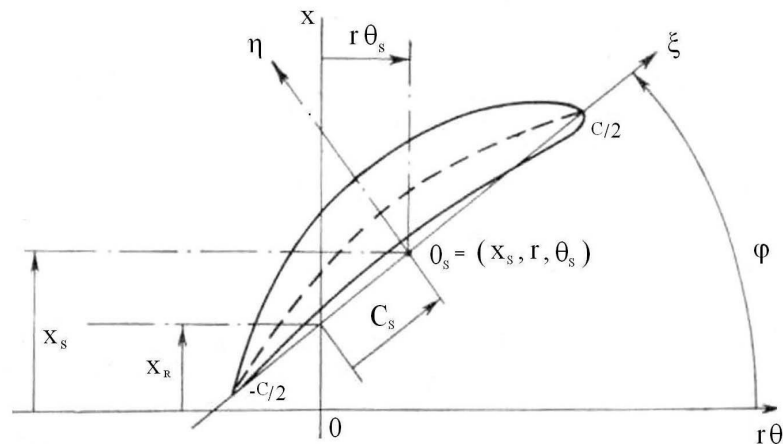


Fig. 7 The local system of coordinates (O_s, ξ, η)

For this particular case, specifying of the screw propeller geometry with the use of the parameter α noticeably simplifies the drawing as instead of two parameters C_s and X_r only one, that by no means defines them both, can be easily used.

Table 2 Geometrical characteristics of the project 13010 trawler contrapropeller blades

\bar{r}	0.465	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900	0.950	0.975	1.00
C/R	0.540	0.538	0.535	0.532	0.455	0.315	0.170	0.090	0
$\bar{f} = f/C$	0.003	0.013	0.038	0.066	0.083	0.091	0.080	0.040	0
$= e/C$	0.134	0.128	0.110	0.092	0.086	0.089	0.135	0.228	0
P/D	9.59	10.31	12.38	14.44	16.50	18.57	19.60	20.11	20.63

blade with straight (ordinary) stacking line

C_s/R	0.060	0.042	-0.005	-0.040	-0.085	-0.140	-0.170	-0.190	-0.210
X_r/R	0	0	0	0	0	0	0	0	0

blade with curve stacking line

α	39°	37°46	34°27	30°20	25°07	17°57	12°46	9°03	0
C_s/R	-1.832	-1.913	-2.129	-2.197	-2.103	-1.713	-1.318	-0.981	0
X_r/R	2.074	2.160	2.368	2.433	2.305	1.848	1.386	1.013	0

The comparison of blade geometry of the project 13010 trawler contrapropeller 3 and a contrapropeller with curvilinear blade (table.2, fig.8, fig.9) shows their considerable difference notwithstanding the fact that the radial pitch distribution and blade width do not change. The same can be said about the radial distributions of relative camber $\bar{f} = f/C$ and relative thickness $\delta = e/C$ of blades section. It is worth mentioning that for the blades with curve stacking line it is characteristic to have increased relative thickness δ on ending of the blade. The necessity of it can be explained by the strength requirements as the normal thickness towards the surface this parts of blades is considerably less than the thickness of cylindric cross-section.

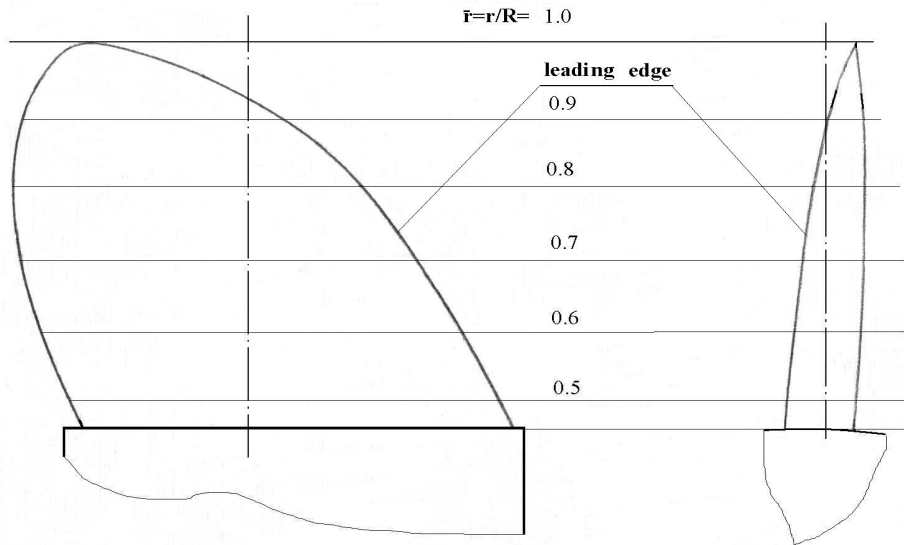


Fig. 8 Lateral and normal view of a contrapropeller blade with straight (ordinary) stacking line, $R=0.81$ m

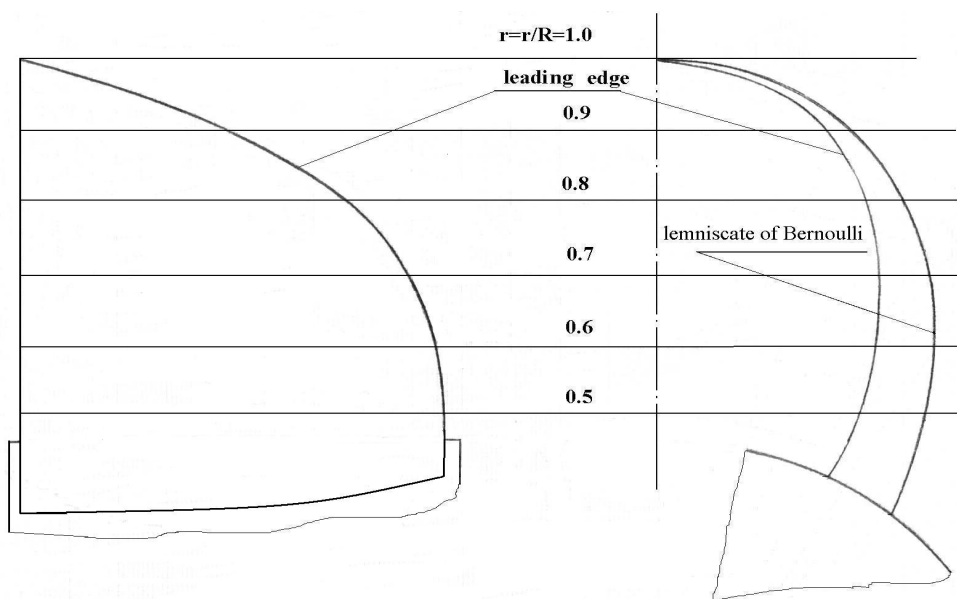


Fig. 9 Lateral and normal view of contrapropeller blade with curve stacking line, $R=0.81$ m

Conclusion

There should be no difficulties with the use of a propulsor with a dual-mode contrapropeller on practice as all the components of such device are widely used in different ship and vessel designs. It is recommended to design a propulsor of the kind as a steering column equipped with a controllable pitch propeller. It will differ from existing designs by the necessity to lock the contrapropeller shaft in passive mode (i.e. in energy saving mode of operation), and a pitch adjustment mechanism can be two-position. The detailed solution of

hydrodynamic design problems can be achieved while designing a dual-mode contrapropeller, during model tank tests, for instance. The curve stacking line for the contrapropeller blade will improve performance of the propulsor by minimizing vibration, noise, erosive destruction of blades.

The propulsor with dual-mode contrapropeller will make possible to:

- increase the hydrodynamic efficiency of propulsor-and-rudder system for 5-8% during full speed and trawling modes of operation;
- provide good maneuverability at slow and dead slow speed of ship;
- provide emergency speed in case of the main engine and the screw propeller are damaged;
- provide emergency manoeuvrability in case of the steering rudder are damaged.

REFERENCES

- [1] *** "Star ", prospect, Fabritiuz and Soner, Oslo, 1926.
- [2] А.Р. Тогуњац "Судовой движительный комплекс" Патент № 1636299 Бюллетень "Открытия и изобретения" № 11, 1991.
- [3] А.Р. Тогуњац, S.V. Капранцев: "Design and model tests of its efficiency", Brodogradnja 42 (1994)2, p. 127-133, (Croatian).
- [4] А.Р. Тогуњац "Способ движения и маневрирования судна и лопастной движительный комплекс", патент № 2098316, Официальный бюллетень ВНИИПИ "Изобретения, № 34, 1997.
- [5] А.Р. Тогуњац "Two-Stage Multipurpose Screw Propulsor", Brodogradnja, 44 (1996) 1,p.33-38
- [6] А.Р. Тогуњац, S.V. Капранцев "Estimation of Hydrodynamic Efficiency of Fishing Vessel Two-stage Multipurpose propulsor" XIII Symposium on Theory and Practice of Shipbuilding SORTA-98, Zadar, Croatia 1-3 October, 1998.
- [7] С.Л. Ефимов Морское страхование. Теория и практика. РосКонсульт. Москва. 2001.
- [8] А.Р. Тогуњац, Л.И. Вишневский "Лопастной движительный комплекс", патент № 2362706, Официальный бюллетень ВНИИПИ "Изобретения, №21, 2009.
- [9] L.I. Vishnevsky, V.E. Krasavtsev, A.R. Togunjac: Selecting of Blade Shape of Screw as a Means for Solution of Hydrodynamics Propeller Problems. Proceedings of the 17th Symposium on Theory and Practice of Shipbuilding in Memoriam prof. Leopold Sorta, (513-525), SORTA-2006, Opatija, 19-20 October 2006.
- [10] Brodogradnja, 42 (1994) 4, p. 357-358.

(2.21)

Leonid I. Vishnevsky, D. Sc. Marine State University, Losmanskya St., r 3, St. Petersburg, 190000 Russia E-m: Vishli@yandex.ru

Anatolij-Branko R. Togunjac, Ph.D, Research and Design Institute for Fishing Fleet, GIPRORYBFLOT, M. Morskaya str., 18-20, St. Petersburg, 190000 Russia

IMPROVEMENT OF PROPULSION OF SURFACE SHIPS BY USING NON-TRADITIONAL PROPELLERS

Summary

The description of the variable pitch propeller (VPP) is presented. An insight into this propeller operation is given. Its advantages which give the improvement of propulsion of different purpose ship in comparison with the traditional propeller are noted. To be said in the report it is confirmed by examples.

Key words: hydrodynamics, non-traditional propeller

1. Introduction

About twenty years it has been already exhibited marked interest to unusual propeller – variable pitch propeller (VPP). The constructional feature of this propeller is a movable clamping between the propeller and the hub.

By the present day several concrete constructional of VPP have been offered. For their creation it has been carried out design, researches and full scale tests. The most completed works are related to VPP with "free" moving blades within the disk plane near the operating position. The last one of such propeller is defined by action of the hydrodynamic and of the centrifugal restorative force.

2. Comparison VPP with CPP

The interest to be arisen to VPP is explained by the fact that it can considerably fulfil the function of controllable pitch propeller (CPP), giving it in the first turn the effective processing power in wide range of changing mode of propeller operation. Such modes it is constantly met during the ship moving in the intervening running. In this case fixed pitch propeller (FPP) to be designed as optimal one with the condition of reaching maximum ship speed on the calm water does not allow to realize the having reserves in improving running qualities in wide range of service conditions. At the same time right designed VPP has not such drawback. The same is concerned with CPP. However, for the rotating its blades it is necessary to have forced (hydraulic) driven being very expensive and complex device and requiring special service about it during operating. Besides the changing of FPP by CPP in the vessels is connected with huge additional expenditure and with hard working with shaft line. Being with hydraulic driven of blades there is ecology's danger of environment due to oil leak.

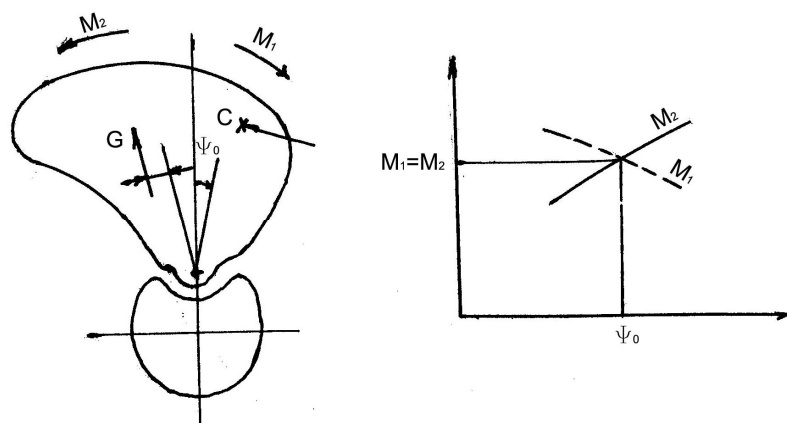


Fig. 1 The operating principle of VPP

3. The operating principle of VPP

To illustrate the principle of the VPP operating a diagram is given in fig.1 showing the forces which act on one of the blades. The blade motion is provided within the disk plane in relation to point A at the hub. The research results have demonstrated that the relative

displacement of the blade in direction opposite to that of the propeller rotation is accompanied by increasing in the moment M_1 caused by centrifugal force and decreasing in the moment M_2 caused by hydrodynamic forces. When the blade is deflected in the opposite direction the picture is reversed. This blade position on the hub is determined by equality of action of the mutually opposed moments. In depending on the propeller operation mode (advance ratio) the blade position will be different. As this take place the propeller hydrodynamic characteristics as compared with those of the propeller with fixed blades will change (see fig. 2) as the above motions (in relation to the pivoting point A located off the propeller axis) cause the changing of the propeller geometry (see fig 2). This very important quality of VPP opens the prospect in some cases to use it instead of FPP self-providing the optimal main engine load at the intervening modes of operation and correlation engine operation with the propeller at the service conditions without force driven only at the expense of action of hydrodynamic, inertia and, in general case, of elastic forces.

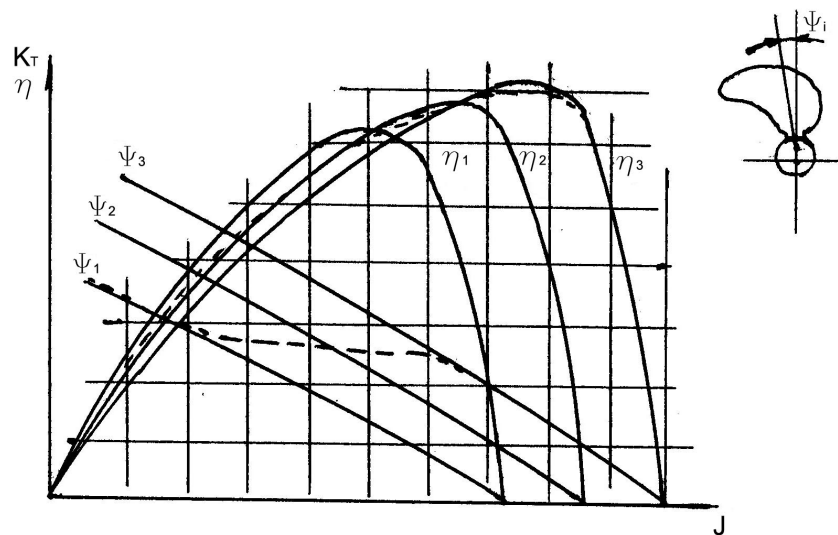


Fig. 2 Hydrodynamic characteristics of VPP
Notations are related to:
—— fixed blades; - - - - - "free" blades.



Fig. 3 The general view of the sea-river going ship "Ladoga"

The typical feature of VPP is the fact that hydrodynamics characteristics of the propeller due to movable blades relative to hub have less of slope against the horizontal axe. Moreover the geometrical characteristics of VPP may be chosen in such a way that in all range of modes of its operations it is able to process full power of main engine without overloading at any conditions of ship going. This is important quality VPP as at the designing of FPP, as rule, it is tended to hydrodynamic decreasing of load in ship services due to acting of waves, getting hull roughness and so on. Here it is not need to take such care off. Excluding of this reserve in applying of VPP it is allowed to get maximum ship speed on calm water and in doing so to increased her propulsion qualities.

4. Results of design

The fulfilment of design researches of VPP in applying to "Ladoga" (see fig. 3) of sea-river going ship shown that year economical effect is more than 10000\$ in year. This result has been gotten in service conditions which was out of the calm deep water and was connected with the decreasing of service consumption with the equality of freight turn-over. This result may be considerably increased if operating economy is connected with freight of vessel. However, in this case the quantity will be considerably depended on market interest to be taken place in the region.

Another way to use VPP may be connected with improvement of pulling characteristics of ship. The matter is that FPP being design for processing full power with aim for reaching maximum speed does not allow to use available power reserve in the conditions of towing of any object due to restriction power consumption in depending of shaft rotation. In fig. 4 it is shown calculation data relating to trawler with the results of full scale tests. They are confirming that to be said. From this results it is seen that propulsion ship qualities in the case of VPP with fixed and "free" blades on the hub are practically the same (curves 1,3). At the same time at the mode of pulling (curve 2,4) due to restriction characteristics of main engine (curve 5) VPP allows to process more power. It gives the trawler more high pulling characteristics. In this example the speed of trawling increase by 0,4 knots and pulling of towing hook – by 350 km. The general view of VPP arranged on trawler is shown in fig 4.

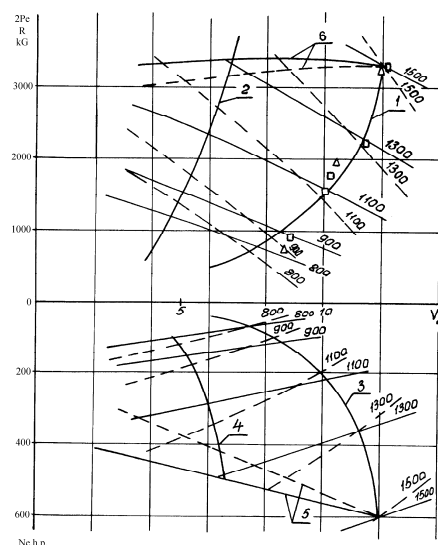


Fig. 4 The passport diagram of the trawler with VPP

Notations are related to:

— VPP; - - - - FPP; , full scale data.

This result is explained by moveable of blades on the hub. With the increasing of propeller load the blades move to decreased pitch (negative angle β , see fig. 2) what resulted in to decreasing hydrodynamics moment on the VPP and in the case of keeping the taking up the power to need for increasing rotation that is to change operation mode of engine in high rotation domain (see fig 5) where its restriction curves allows to take off more power what result in to increasing pull characteristics of trawler.

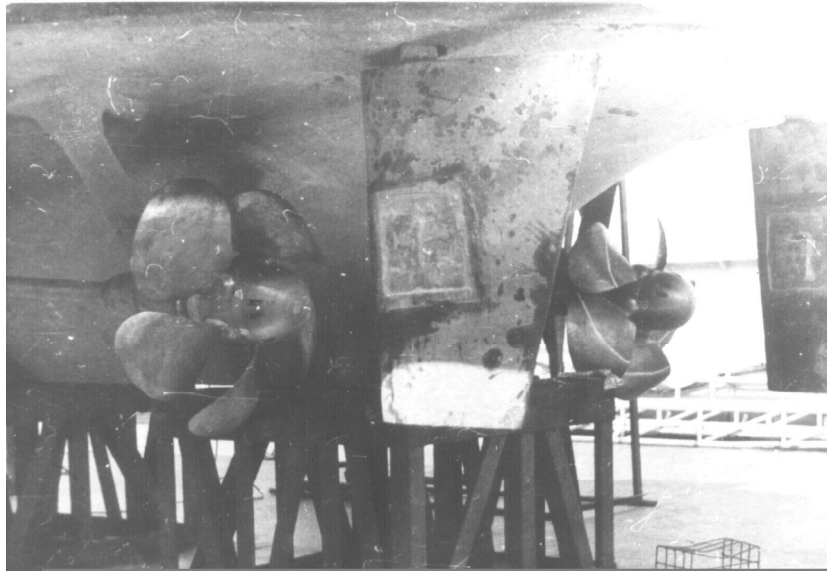


Fig. 5 The general view of VPP arranged on trawler

5. Conclusion

Making an estimate of the prospects for applications of VPP it should be noted that nowadays it has been carried out methodical materials, it has been accumulated experience of their manufacture. It gives grounds in the present conversion conditions to ensure carrying out the creation of non-traditional propeller – VPP as applied to different purpose ships on short notice.

REFERENCE

- [1] L.I. Vishnevsky: The prospects of application of propeller with shifted blade connection for the different purpose ships. The first International Conference Navy and Shipbuilding Nowadays, 1996.

(2.22)

Monika Warmowska, Jan Jankowski, Polski Rejestr Statków S.A., al. gen. Józefa Hallera 126, Poland, Gdańsk, 80-416

MODELLING OF WATER FLOW ON SMALL VESSEL'S DECK

Summary

Green water moving on deck of small vessels affects their motion and can contribute to the vessel capsizing. The phenomenon is nonlinear and its description using mathematical differential problems remains to be difficult. This paper presents a numerical model, based on shallow water flow, describing water flow on moving ship's deck. Up to now simplified methods have been applied to determine ship motion in irregular waves.

The shallow water method is developed to include it into ship motion equations. The paper presents verification of this method and the results of the simulation of water moving on small vessel's deck.

Key words: shallow water problem, water on deck, vessel capsizing, vessel motion

1. Introduction

The amount of water on deck changes continuously during simulation and may lead to capsizing of the vessel. To model this phenomenon we have to take into account boundary conditions such as:

- velocity field of water motion around the ship,
- pressure caused by water incoming on submerged deck,
- motion of ship,
- mass and acceleration of water jumping over the bulwark,
- mass of water inflow and outflow through the openings of bulwark.

These problems are well described in references.

Dillingham (1981) presents a formulae describing water flow through openings in bulwark and over bulwark. The mass of flowing water depends on the size and shape of the openings, the height of sea wave and the water elevation above the opening.

The numerical solution of 2D problem is given by Dillingham (1981). The equation used is valid for a ship at rest. The author applies the random choice method for solving hyperbolic equations. The three-dimensional flow is described by Dillingham and Falzarano (1986), who transform equations to a coordinate system coupled to the ship's centre of gravity. Panatazapoulas (1988) presents a 3D equation of shallow water motion on deck of a ship moving in waves with yaw equal to zero. His method is further developed by Huang and Hsiung (1997), who apply the flux differential splitting method to solve the non-linear three-dimensional problem describing water flow on deck. The forces and moments of water moving on deck are added to equations of ship motion.

The changing water mass and flow of water across the deck and bulwark contribute to the forces and moments acting on the ship. Detailed description of this problem is presented by Belenky (2002).

Jankowski & Laskowski (2006) applied a simplified approach used in Ro-Ro ferries damage stability calculations in their computer programs enabling simulation of ship motion in irregular waves (Jankowski, 2007), as the first phase of modeling the water-on-deck effects. They added to the model used in Ro-Ro ferries additional pressure acting on the deck caused by the change of water volume on the deck (Buchner, 2002). This program was used to determine a ship's motion in irregular waves.

As the next step the problem of shallow water flow was used to model the water motion on deck, which includes horizontal relative velocity of water (Zienkiewicz, 2005). The added pressure of the dynamic motion of water was obtained using this method.

2. Ship motion in irregular waves obtained using simplified method

The simulation of vessel motions in waves is based on numerical solutions of non-linear equations of motion (non-linear model). The hydrodynamic forces and moments defining the equations are determined in each time step, Fig. 1.

The forces acting on the vessel can be split into: Froude-Krylov forces, diffraction and radiation forces, rudder forces, non-linear damping and forces induced by water on deck. The forces caused by water on deck are obtained using a simplified model used in Ro-Ro ferries (Jankowski & Laskowski, 2006).

The example of simulation of ship motion is presented in Figure 1.

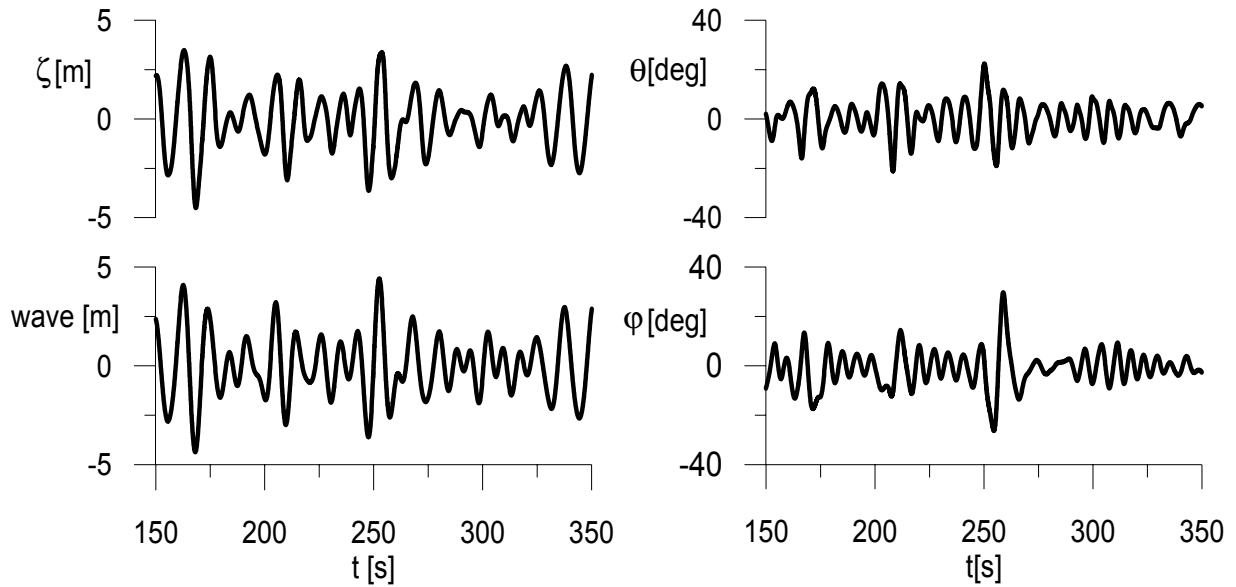


Fig. 1 Time history of ship heave ζ , pitch θ , surface elevation ζ , and roll φ

The position of water trapped on deck is determined by the horizontal plane and the actual position of the vessel deck in the given time instant. The dynamics of water caused by the motion of water particles in relation to the deck is neglected. The forces and moments caused by water-on-deck are obtained by integrating the hydrostatic pressure determined by water horizontal plane above the deck in the vessel's actual position.

Additionally, the vessel's acceleration and the changing heights of the horizontal plane above the deck have been added to the model to better replicate the phenomenon (Jankowski & Laskowski, 2006). The pressure p_A in point A on the deck is equal to:

$$p_A = \rho \frac{dh}{dt} v_A + \rho(g + a_A)h \quad (1)$$

where

h – changing distance of the horizontal plane from the point A in the inertial system,
 v_A , a_A – velocity and acceleration of the deck point A , determined in the inertial system.

The pressure field enables us to determine the force $\mathbf{F}=(F_1, F_2, F_3)$ and movement $\mathbf{M}=(F_4, F_5, F_6)$ generated by moving water on deck:

$$F_i = - \int_S n_i p_A dS, \quad i = 1, 2, 3$$

$$F_{i+3} = - \int_S (\mathbf{n} \times \mathbf{R})_i p_A dS, \quad i = 1, 2, 3 \quad (2)$$

where

S – the wetted part of surface of the deck and bulwark,
 \mathbf{R} – the position vector of points belonging to S ,
 \mathbf{n} – normal vector.

3. Modeling of water flow on small vessel's deck using the shallow water method

The phenomenon of water flow on small vessel's deck can be divided into the following stages:

1. the inflow of water over upper edge of bulwark,
2. the inflow and outflow of water from deck through openings in bulwark,
3. the flow of sea water over the submerged vessel deck,
4. the dynamic water motion on deck.

In this model it is assumed that the volume of water on deck, varying in time, depends on the difference in heights between the wave surface and the following edges: the upper edge of the bulwark, and the lower edges of openings in the bulwark.

The velocity field around the ship is not disturbed by the ship and its motion. The field causes the flow of seawater in case the deck is submerged.

The dynamic water motion over the deck is directed along the deck. The vertical acceleration a_z can be neglected. It is assumed that viscosity forces can be neglected. The motion of water is described using Euler equations. The assumption enables to model the problem of dynamic water motion on deck as the shallow water flow problem.

Using such a model the following can be determined:

- the shape of free surface elevation,
- the velocity field of water particles over the deck,
- the pressure, forces and moments acting on the deck caused by water moving over the deck.

3.1. Inflow and outflow of water over the bulwark and through the openings

It is assumed that the flow rate of water volume over the bulwark can be calculated as the flow over a weir, whereas the flow through the openings in the bulwark is modeled as a flow through a submerged orifice in a dam. The general formula for the flow rate is:

$$q = (\text{sign}(H))cb\sqrt{2g}\left(\frac{2}{3}|H|^{\frac{3}{2}} + d|H|^{\frac{1}{2}}\right) \quad (3)$$

where

- q – changing mass of water,
- c – correction coefficient for non-stationary flow, established experimentally,
- b – the width of the orifice or the fragment of bulwark above which the deck is flooded,
- H – vertical distance between the wave profile and the water free surface on the deck at a point considered (positive if the wave exceeds the water level on the deck),
- d – the depth of water at the orifice or the instantaneous elevation of wave profile above the deck edge at the orifice.

Formula (3) assumes various forms depending on relative water levels inside and outside the deck hollow and on the position of the opening in the bulwark (Pawłowski, 2004). Formula (3) is applied separately for the upper edge of bulwark and the openings in the bulwark.

3.2. Deck submerged in water

It is assumed that the velocity field around the ship is the velocity of the undisturbed sea wave. In the case of deck submerged in a wave, the water particle velocity over the deck, near ship's bulwark, is calculated taking into account the velocity field being the average of the deck water velocity field and the wave velocity field.

3.3. The shallow water model

The shallow water problem is solved in four steps (Warmowska, 2008), determining:

1. the domain occupied by water,
2. the pressure field,
3. the horizontal components u_x, u_y of velocity \mathbf{u} ,
4. the vertical component u_z of velocity \mathbf{u} ,
5. the forces and moments generated by moving water over the deck.

The motion of the free surface S_F is described by the following equations:

$$\begin{aligned}\frac{dx}{dt}(t) &= u_x(t, x, y, z), \\ \frac{dy}{dt}(t) &= u_y(t, x, y, z), \quad (x(t), y(t), z(t)) \in S_F(t) \\ \frac{dz}{dt}(t) &= u_z(t, x, y, z).\end{aligned}\tag{4}$$

Equations (4) are integrated using the Runge-Kutta method. The nodes of the net determining the free surface moving in time are updated in each time step by interpolating the function describing free surface over nodes (x_{Ai}, y_{Ai}, z_{Ai}) of constant Euler grid of deck.

It is assumed that the vertical acceleration a_z can be neglected. The pressure field on deck p_A is obtained integrating third Euler equation defining water motion. As a result we obtain:

$$p_A(t, x, y, z_A) \cong p_a + \rho \int_{z_A+h(t, x, y, z_A)}^{z_A} f_z(t, x, y, s) ds, \quad (x(t), y(t), z_A(t)) \in \Omega(t),\tag{5}$$

where

p_a – pressure on the free surface S_F corresponding to atmospheric pressure,
 f_z – vertical component of the force acting on the water in point (x, y, z_A) .

Horizontal components of the velocity field in the domain are determined from the two first Euler equations:

$$\begin{aligned}\frac{du_x}{dt}(t, x, y, z) &= f_x(t, x, y, z) - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x}(x, y, z), \\ \frac{du_y}{dt}(t, x, y, z) &= f_y(t, x, y, z) - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y}(x, y, z), \quad (x(t), y(t), z(t)) \in \Omega,\end{aligned}\tag{6}$$

for pressure determined by formula (5), where

f_x, f_y – horizontal components of the force acting the water in point (x, y, z_A) .

The vertical component u_z of the velocity field in the domain is determined from the equation of mass conservation. Additionally, in the shallow water model it is assumed that horizontal velocities u_x and u_y do not depend on the vertical coordinate z . Basing on this assumption, the equation determining vertical component u_z takes the form:

$$u_z(t, x, y, z) = \left(-\frac{\partial u_x}{\partial x}(t, x, y) - \frac{\partial u_y}{\partial y}(t, x, y) + q \right) (z - z_A). \quad (7)$$

The forces and moments are obtained from formulas (2).

4. Verification

The model was verified (Warmowska, 2008) testing the following cases of water motion:

1. with constant water mass inside tank moving with constant acceleration,
2. trapped on non moving open deck,
3. with constant water mass inside tank and moving in 3D,
4. trapped on small vessel, moving on irregular wave (Warmowska, 2010),
5. trapped on moving vessel with and without open stern.

In case 1, procedures solving the problem of free surface movement were tested. The second case checked the problem of the impact of sea wave motion on water flow over the deck. In case 3, the 3D flow of water inside the closed tank was verified. In case 4, the forces and moments obtained using simplified method (with horizontal, non disturbed free surface of water over deck) and shallow water method were compared.

4.1. Tank moving with constant acceleration

In this case the rectangular deck moved with constant acceleration. During the simulation after a few seconds the flat free surface inclined at a constant angle to the deck (Fig. 2).

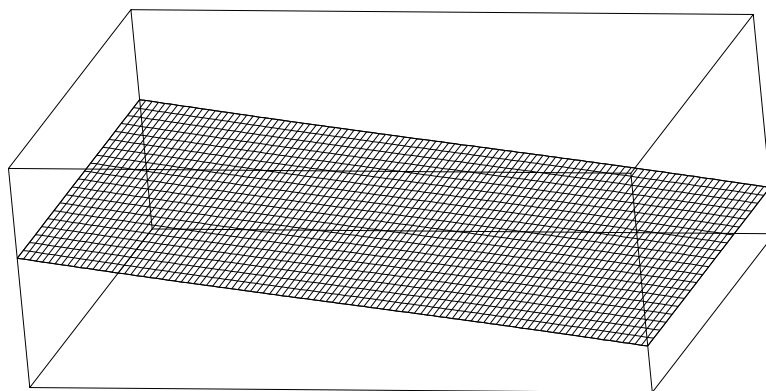


Fig. 2 The form of free surface of water on deck moving with constant acceleration $a_x=1\text{m/s}^2$

4.2. Inflow of wave on non moving deck

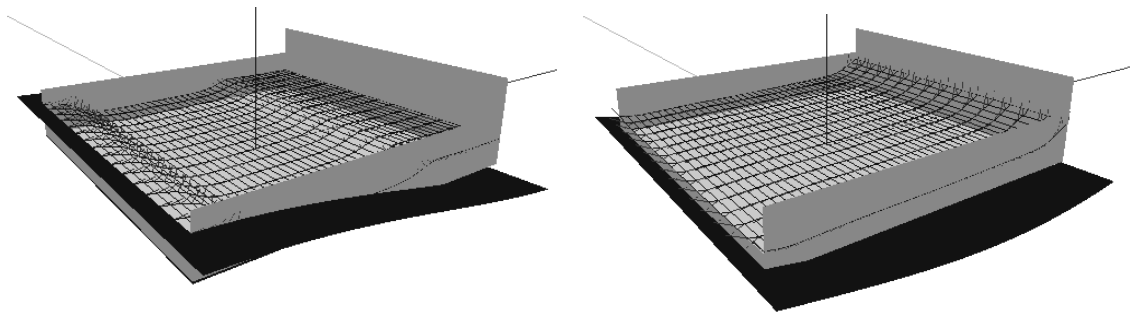


Fig. 3 The impact of the sea wave on the flow over the deck

In this case the deck was on the level of the sea surface. The sea wave was regular and flowed onto the open deck. The mass of water kept changing. The superposition of incoming and reflected wave could be observed (Fig. 3).

4.3. Water motion on oscillating deck

The simulation of water motion on deck moving with a harmonic acceleration had also been carried out. The results were compared with results obtained by other authors and in experiments (Huang Z.-J., Hsiung C., 1997).

Various frequencies of the deck oscillations were applied. When the frequency was equal to one and half of primary natural frequency, the bore could be clearly observed (Fig. 4).

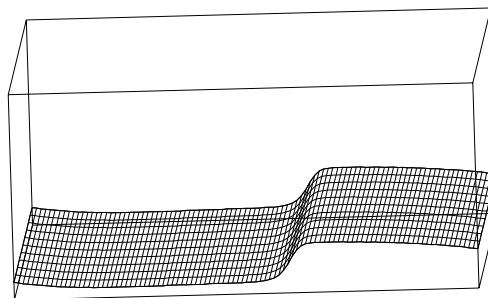


Fig. 4 The oscillating tank

The water motion simulation in the tank is described by 3D model. Coupled sway and pitch motion of the tank are presented in Fig. 5. When the frequency was equal to second natural frequency, the free surface was not much disturbed (the Figure on right). In this case the wave over the tank was the superposition of two waves: coming and reflected.

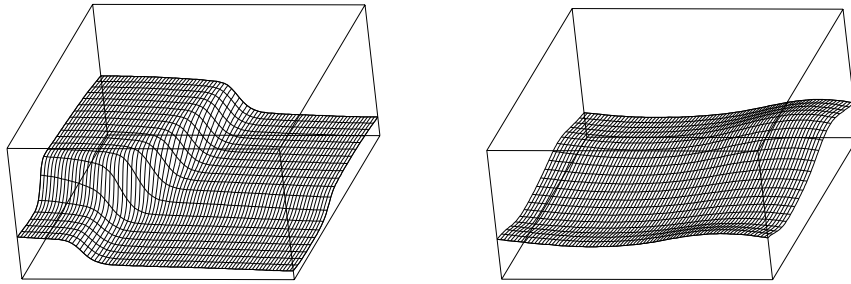


Fig. 5 The motion of tank coupled by sway and pitch

The simulation enables visualization of the velocity field changing in time. In the case of progressive wave formation, the largest velocity values are created in the head of the wave (Fig. 6).

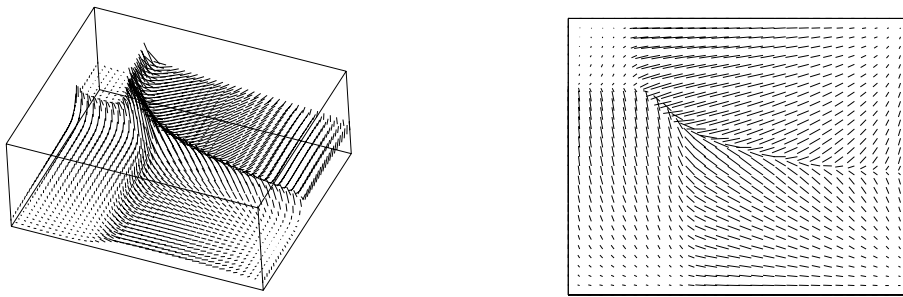


Fig. 6 The velocity field distribution (3D and projection on the plane OXY)

4.4. Comparison between two models

The forces and moments F_d caused by water on deck are calculated by two models:
 the simplified method – the model used in Ro-Ro ferries damage stability calculations (presented in chapter 2);
 the shallow water model (presented in chapter 3).

The comparison of forces generated on the vessel deck was calculated with the use of two models (simplified and presented) for the same vessel motion making it possible to compare the forces.

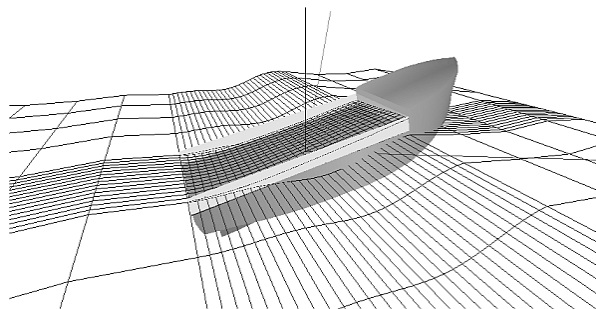


Fig. 7 Simulation of the water flow on the moving vessel's deck, 262s

The irregular wave, determined by significant wave height $H_s=6\text{m}$ and mean period $T_z=8\text{s}$, followed the vessel moving with the forward speed $u=6\text{m/s}$. The angle between the vector of forward vessel velocity and the wave vector was 30 degree.

Fig. 8 presents force F_{d3} generated by water on deck, which increases the vessel draught, and Fig. 9 – the rolling moment F_{d4} , responsible for vessel capsizing.

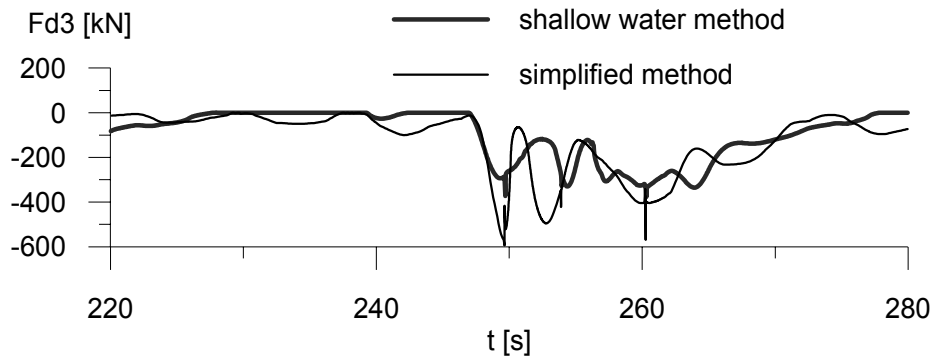


Fig. 8 Time history of vertical force F_{d3} (increasing the draught)

When the vessel is in a relatively calm wave trough and the free surface on deck is almost a horizontal plane both methods match well, (in period (240s, 248s)). There are some differences in period (248s, 260s). In shallow water model the mass of water does not change as rapidly as in the simplified method Fig. 8. In the simplified method the volume of water on deck depends only on the difference between the wave surface and deck water surface and does not depend on the velocity field on the deck. In period (260s, 265s) the water surface in the simplified method drops immediately, while in the shallow water method the velocity field in the water on deck falls down slower Fig. 7.

The rolling moment matches very well for both methods (Fig. 9); this is probably because the following wave is considered for these conditions, which does not generate significant water motion across the deck.

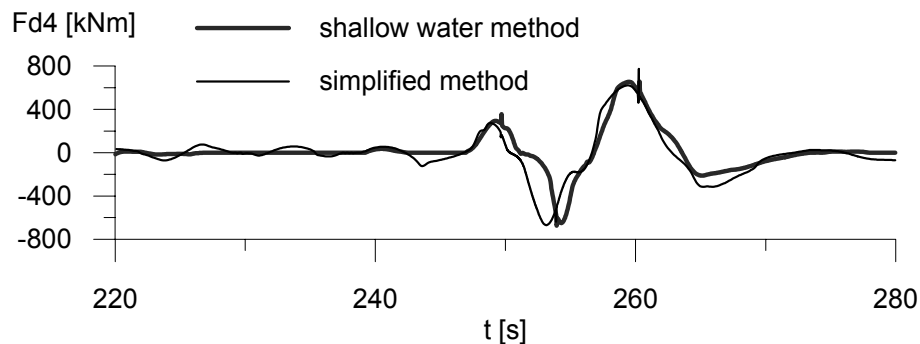


Fig. 9 Time history of rolling moment F_{d4}

4.5. Water flow on deck with or without the open stern

For an open stern vessel the mass of seawater inflow on deck and its outflow is faster than the water mass flowing on closed stern vessels.

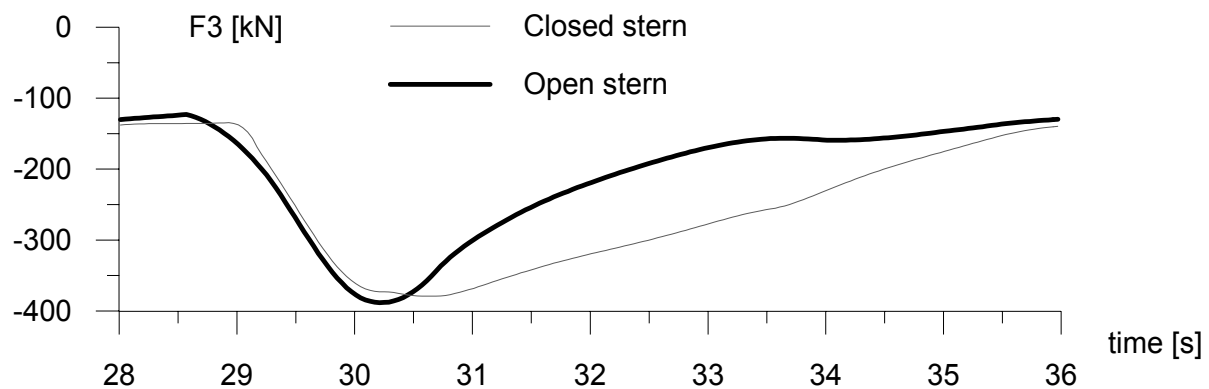


Fig. 10 The vertical forces caused by water on deck

In the case of closed stern vessels the water stays longer on the deck. It increases the heave of the vessel and it changes the GM value. A similar situation is observed when the orifices are small or closed. The closed bulwark around small vessels' deck may cause vessel capsizing.

5. Conclusions

The shallow water model with appropriate models of boundary conditions such as: influence of seawater, water plunging on the deck, motion of the ship, can be applied to simulate the problem of water flow over the ship deck, moving in irregular wave.

The computer program, developed in PRS, simulates the flow of water on deck. It takes into account the sea wave undisturbed by ship's presence, the motion of vessel in the wave, the shape of deck and the orifices.

The study shows that the velocity of the water flow on deck impacts the forces generated on the deck. In the future, the diffraction velocity field of sea waves around the ship will be added to the boundary conditions of the velocity field of water on deck (Wroniszewski, 2010).

REFERENCES

- [1] V. Belenky, D. Luit, K. Weems, Y.-S. Shin (2002), 'Nonlinear ship roll simulation with water-on-deck', 6th International Ship Stability Workshop, Webb Institute, New York.
- [2] B. Buchner (2002), 'Green water on ship type offshore structures', PhD Thesis, Delft University of Technology.
- [3] J.T. Dillingham (1981), 'Motion studies of a vessel with water on deck', Marine Technology, Vol. 18, No. 1.
- [4] J.T. Dillingham, J.M. Falzarano (1986), 'Three-dimensional numerical simulation of green water on deck', 3rd International Conference on the Stability of Ship and Ocean Vehicles, STAB'86, Gdańsk.

- [5] Z.-J. Huang, C.-C. Hsiung (1997), 'Nonlinear shallow-water flow on deck coupled with ship motion', Proceedings of the Twenty – First Symposium of Naval Hydrodynamics, National Academy Press, Washington, D.C.
- [6] J. Jankowski (2007), 'Statek wobec działania fali', Raport Techniczny Nr 52, PRS, Gdańsk, Poland.
- [7] J. Jankowski, A. Laskowski (2006), 'Capsizing of small vessel due to waves and water trapped on deck', Proceedings of the 9th International Conference STAB 2006, Brasil.
- [8] M. Pawłowski (2004), 'Subdivision and Damage Stability of Ship', Euro-MTEC series, pp.217-220.
- [9] M. Warmowska (2007), 'Problem of water flow on deck', Archives of civil and mechanical engineering, Wrocław, Poland, vol. VII, No. 4.
- [10] M. Warmowska (2010), 'Problem of water flow on deck of small vessel', 18th International Conference on Hydrodynamics in Ship Design, Safety and operation, Hydronav'10, Gdańsk, Poland.
- [11] P. Wroniszewski, J. Jankowski, S. Grochowalski (2010), 'Verification of various methods for calculation of diffracted wave field around the ship', 18th International Conference on Hydrodynamics in Ship Design, Safety and operation, Hydronav'10, Gdańsk, Poland
- [12] O. Zienkiewicz, R.L. Taylor, P. Nithiarasu (2005), 'The Finite Element Method for Fluid Dynamics', Elsevier.

*Tomasz Hinz, Polish Registry of Shipping; Tomasz.Hinz@prs.pl
Jerzy Matusiak, Aalto University School of Science and Technology*

FUZZY MONTE CARLO METHOD FOR PROBABILITY OF CAPSIZING CALCULATION USING REGULAR AND NON-REGULAR WAVE

Summary

Currently, research centres from all over the world (Italy, Greece, Japan, USA, Germany) are working on a new generation of stability regulations. IMO proposed to focus on three main scenarios of ship capsizing. One of these scenarios refers to Dead Ship Condition. The new regulations are to be of a probabilistic nature. To achieve this, it will be necessary to create appropriate methods for determining the probability of ship capsizing or the probability of loss of stability (LOSA - loss of stability accident).

In order to calculate the risk of ship capsizing it is necessary to build a mathematical model of ship motion. One of the existing models, which was developed in Finland at Aalto University in Espoo, is called LAIDYN.

This article presents one of the methods used to assess LOSA probability. This method is based on the Monte Carlo simulation with the application of the fuzzy number method. In the ship's motion model both regular and irregular waves are considered.

Key words: capsizing, dead ship condition, Monte Carlo

1. Introduction

During some previous IMO - SLF sessions (from 47th to 52st) [1], [2], [3], [4] discussions took place concerning the new generation of regulations. It was decided to develop the regulation basing mainly on the following four scenarios:

- Dead Ship Condition, i.e. ship without forward speed, exposed to action of waves and wind;
- Pure-loss of stability;
- Parametric roll;
- Surf-riding and broaching.

In order to present a new approach to the stability issue, it is necessary to define the intact stability failure. The definition can be found in SLF document 51/WP.2 [4]:

"Intact stability failure is a state of inability of a ship to remain within design limits of roll angle and combination of rigid body accelerations".

SLF subcommittee presented four definitions of criteria, which deal with the assessment of the intact stability failure in different ways:

- "probabilistic performance-based" – this criterion is based on the physical model of intact stability failure considering the probability of an event;
- "deterministic performance-based" – this criterion resembles the previous one, except the fact that the event is determined;
- "probabilistic parametric criterion" – this criterion is based on the value measurement connected with an occurrence but it does not encompass the physical model of the occurrence. It exploits one or more stochastic values;
- "deterministic parametric criterion" – this criterion also does not contain the physical model but is based on one or more deterministic values, which take part in measuring the values connected with the occurrence. This criterion is applied to present regulations.

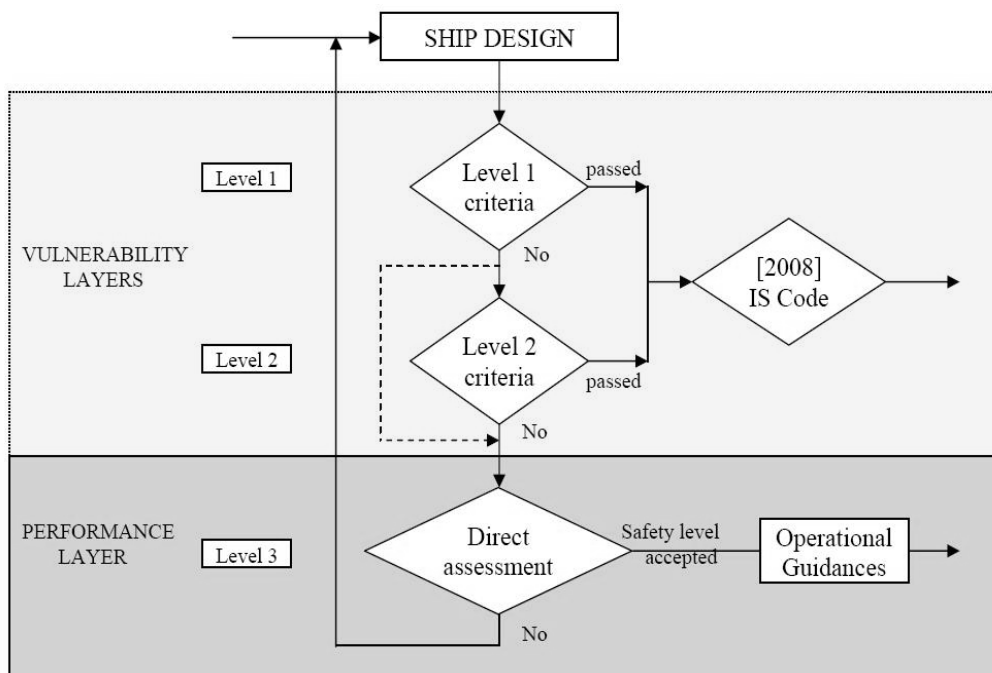


Fig. 1 Process of assessment in the new generation of stability rules [4]

Fig. 1 presents the multi-stage approach of the stability regulations. The concept is built on the performance based criteria and on the vulnerability criteria [4]:

Performance based criteria – criteria combined with attaining the performance; they can be based on the model test or numerical simulations and can have a probabilistic or deterministic nature;

Vulnerability criteria – criteria connected with a ship’s susceptibility to intact stability failure for particular scenarios; these criteria can be divided into two or more levels:

- level 1 is based on the simple criterion combined with the ship geometry,
- level 2 is based on the simple physical model of an occurrence of a dangerous phenomenon.

The discussion concerning the new generation of IS Code is widely described in literature [5], [6]. It is also possible to find some critical voices that do not agree with this new concept [6].

Individual countries, which participate in developing the new generation of rules, presented their suggestions on how to apply the multi-stage approach to particular scenarios, which are given in Table 1.

Table 1 Summary of the methodologies for different stability scenarios [6]

Stability failure mode	Level 1	Level 2	Direct assessment	Operational guidance
Pure loss stability		USA	Germany	Germany
Parametric roll		USA	Germany	Germany
Surf riding/ broaching	Japan	Japan	Japan	
Dead ship condition	Italy, Japan	Italy, Japan	Italy, Japan, Germany	

2. The Probability of ship capsizing in Dead Ship Condition

The capsizing probability of non-damaged ship is the main part of the probability criteria. The probability model that is mostly presented is the model described by the following formula [7], [8], [9], [10]:

$$P(C_{annual}) = \sum_{i=1}^{N_{vs}} \sum_{j=1}^{N_{\beta}} \sum_{k=1}^{N_{H/\lambda}} \sum_{l=1}^{N_X} \frac{1}{N_X} p_{vs}(V_{s-i}) p_{\beta}(\beta) p_{H/\lambda}(H/\lambda) \cdot Q_{H_{s,annual}}(H_C | V_S, \beta, H/\lambda, X), \quad (1)$$

where:

- $P(C_{annual})$ – probability of ship capsizing,
- V_s – ship speed,
- p_{vs} – probability that ship will be in giving speed
– heading,
- p – probability that ship will be in giving heading
- $H/$ – wave steepness,
- $p_{H/}$ – probability of appearance giving wave steepness

$H_{s,annual}$ – maximum significant wave height,

$Q_{Hs, annual}$ – probability of appearance of a certain significant wave height during a storm,

H_C – minimum significant height of wave which causes the capsizing in the presence of parametrical data,

By deleting from Formula (1) elements associated with speed we obtain the capsizing probability of non-damaged ship in Dead Ship Condition.

$$P(C_{annual}) = \sum_{i=1}^{N_\beta} \sum_{j=1}^{N_{H/\lambda}} \sum_{k=1}^{N_X} \frac{1}{N_X} p_\beta(\beta) p_{H/\lambda}(H/\lambda) Q_{H_{s,annual}}(H_C|\beta, H/\lambda, X). \quad (2)$$

It is possible to calculate the probability of ship capsizing as well as to compute the probability of exceeding a certain roll angle.

McTaggart [9] proposed the usage of the method based on the probability calculation of exceeding a certain roll angle instead of calculating the capsizing probability directly. This method is based on calculating the distribution of maximal roll angle for different sea conditions.

$$Q_{\phi_{max,D}}(\phi_{max,D}) = \sum_{i=1}^{N_{v_s}} \sum_{j=1}^{N_\beta} \sum_{k=1}^{N_{H_S}} \sum_{l=1}^{N_{T_P}} p_{v_s|H_S}(v_{s-i}|H_S) p_{\beta|H_S}(\beta_j|H_S) \cdot p_{H_S,T_P}(H_{S-k}|T_{P-l}) Q_{\phi_{max,D}|v_s,\beta,H_S,T_P}(\phi_{max,D}, \beta, H_S, T_P), \quad (3)$$

where:

$Q_X(X)$ – probability of exceeding variable X .

By deleting from Formula (3) elements associated with speed we obtain the distribution of maximal roll angle for different sea conditions for non-damaged ship in Dead Ship Condition.

$$Q_{\phi_{max,D}}(\phi_{max,D}) = \sum_{j=1}^{N_\beta} \sum_{k=1}^{N_{H_S}} \sum_{l=1}^{N_{T_P}} p_{\beta|H_S}(\beta_j|H_S) p_{H_S,T_P}(H_{S-k}|T_{P-l}) \cdot Q_{\phi_{max,D}|\beta,H_S,T_P}(\phi_{max,D}, \beta, H_S, T_P). \quad (4)$$

In the case of this approach the ship capsizing probability can be calculated from Formula 4:

$$P(C) = Q_{\phi_{max}}(\phi_C), \quad (5)$$

In order to calculate the ship capsizing probability for Dead Ship Condition the Monte Carlo method was applied. The capsizing probability was determined from Equation 5.

The Monte Carlo method can be described by Formula 6:

$$Q_{\phi_{max}}(\phi_C) = \frac{N_{\phi_C}}{N_S}, \quad (6)$$

where:

N_{ϕ_C} – number of simulations where the assumed angle was reached,

N_S – number of simulations.

In this article the ship heeling angle equal to 60° is used as criterion of capsizing. The value of critical angle was taken from experts' opinion and intact stability rules.

2.1. Fuzzy probability of capsizing (lost of stability accident)

The probability of ship capsizing can also be described using the fuzzy numbers. According to definition a fuzzy number is described with the formula (7).given below [11]

$$A = \{(x, \mu_A(x)); x \in X\}, \tag{7}$$

where

$$\mu_A : X \rightarrow [0,1].$$

There also exists a verbal description, as well, where particular numbers or sets of numbers are assigned to a given linguistic term. The latter way of description is more natural for people [11].

In order to determine the fuzzy probability of ship capsizing it is possible to use two ways separately or both of them at the same time:

- with the usage of operation performed on fuzzy numbers
- with the usage of linguistic terms

In this article, the second approach was applied to calculate the probability of ship capsizing in Dead Ship Condition, with the usage of the ranges presented in Table 2.

Table 2 Probability range for linguistic terms [11]

Probability (linguistic term)	MTBF range (days)	Failure rate (ordinal scale)
Very high	1 to 5	1E-1 to 2E-1
High	5 to 50	2E-1 to 2E-2
Moderate	50 to 500	2E-2 to 2E-3
Low	500 to 2000	2E-3 to 5E-4
Remote	2000 to 10000	5E-4 to 1E-5

Fig. 2 presented form of the function μ_A for fuzzy probability of capsizing describe be linguistic terms.

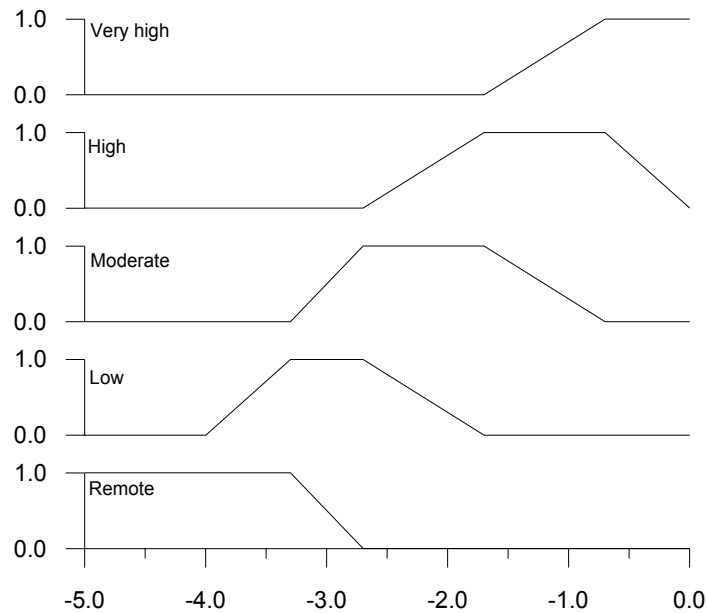


Fig. 2 Form of the function μ_A [12]

3. Calculations and results

The calculations were conducted for a container ship ITTC A1 [13]. Table 3 gives the elementary technical data of the ship.

The calculations were conducted for regular and irregular waves. The wave parameters were chosen basing on the statistics for the Adriatic [14], [15]. The Tabain spectrum [14], which is appropriate for this sea, was chosen as the wave spectrum.

The program LAIDYN was applied to conduct all calculations (for regular and irregular waves). The program is under continuous development in Finland at Aalto University in Espoo [16], [17], [18], [19]. The LAIDYN method is based on the assumption that the complete response of a ship equals to the sum of linear and non-linear parts [16]. The diffraction and radiation forces are well described by the linear theory. In this method, the main part of the first order load is calculated with the linear approximation, based on the current heading and location in relation to a wave. Defining the non-linear part, hydrostatics, wave force (regular and irregular waves [19]), propeller and rudder forces, were taken into consideration.

It was obtained from the computations that for angle 60° the probability of ship capsizing in regular waves is equals to $4.808E-4$.

The dangerous weather conditions for this ship were chosen from the calculation for regular wave. The most dangerous area is for significant wave height ranging from 2.6 m to 5.9 m and periods taken from statistics [14], [15] for this significant wave height.

In the case of irregular waves, the probability of ship capsizing is smaller the for regular waves and is about $4.279E-4$.

Table 3 Principal particulars of the test[13]

	Items		Ship ITTC A1
L_{pp}	Length	[m]	150.00
B	Breadth	[m]	27.2
D	Depth	[m]	13.5
T_f	Draught at FP	[m]	8.5
T	Mean draught	[m]	8.5
T_a	Draught at AP	[m]	8.5
C_b	Block Coefficient	[-]	0.667
	Pitch radius of gyration	[m]	0.244
x_{CG}	Longitudinal position of centre of gravity from midships	[m]	1.01 aft
GM	Metacentric height	[m]	1.0
T_e	Natural roll period	[s]	21

Table 4 presents the results of calculations, which concern the fuzzy probability of ship capsizing. Fuzzy probability of ship capsizing was assess using theory of fuzzy number[11] and range of linguistics term[11], [12] from Fig. 2.

Table 4 Fuzzy probability of ship capsizing

	Regular wave	Irregular wave
	μ_A	μ_A
Remote	1	1
Low	0.25	0.25

4. Conclusions

The probability of capsizing of the container ship during one-year operation is found to be 4.808E-4 for regular waves and 4.279E-4 for irregular waves.

The safety level for the Dead Ship Condition remains open and must be evaluated by governments or insurance companies.

The Dead Ship Condition scenario is considered at IMO as one of the main scenarios for stability accidents. It is assumed as especially dangerous for ships with big "superstructures" like a loaded container ship or RoPax.

Monte Carlo method, as a tool for probability computations, has some disadvantages. The most serious one is its time-consuming nature in particular for irregular waves. This method gives better results when the number of computations increases.

REFERENCES

- [1] "SLF 50/4 - Revision of the intact stability code. Report of the working group on intact stability at SLF49 (part 2). Submitted by the chairman of the working group," *50st session of IMO Sub-Committee on Stability and Load Lines and on Fishing Vessels Safety*, IMO, 2006.

- [2] "SLF 51/4 - Revision of the intact stability code. report of the working group (part 2). Submitted by the chairman of the working group," *51st session of IMO Sub-Committee on Stability and Load Lines and on Fishing Vessels Safety*, IMO, 2008.
- [3] "SLF 52/3 - Revision of the intact stability code. report of the working group (part 2). Submitted by the chairman of the working group," *52st session of IMO Sub-Committee on Stability and Load Lines and on Fishing Vessels Safety*, IMO, 2010.
- [4] "SLF 52/WP.2 - Revision of the intact stability code," *51st session of IMO Sub-Committee on Stability and Load Lines and on Fishing Vessels Safety*, IMO, 2010.
- [5] C.C. Bassler, V. Belenky, G. Bulian, A. Francescutto, K. Spyrou, i N. Umeda, "A review of available methods for application to second level vulnerability criteria," *10th International Conference on Stability of Ships and Ocean Vehicles*, 2009, s. 111-128.
- [6] L. Kobylński, "New IMO Intact Stability Code," *18th International Conference on Hydrodynamics in Ship Design, Safety and Operation*, Gdansk, Poland: Ship Design And Research Center S.A., , s. 197-212.
- [7] K. McTaggart, *Wind effects on ship capsize risk*, 1995.
- [8] K. McTaggart, "Ongoing work examination capsizing risk of intact frigates using time domain simulation," *Proceedings of 4th International Stability Workshop*, 1998.
- [9] K. McTaggart, *Improved modelling of capsize risk in random seas*, 2000.
- [10] S. Lee, Z. Long, J. Jeong, i S. Cheon, "Risk assessment method of simulation-based for the intact ship stability," *Proceedings of ICCES 09*, s. 2009.
- [11] A. Pillay i J. Wang, *Technology and Safety of Marine Systems*, Elsevier, 2003.
- [12] T. Hinz, "Analiza ryzyka jako alternatywna metoda oceny bezpieczeństwa statecznościowego statku w stanie nieuszkodzonym," PhD Thesis, Gdansk University of Technology, 2010.
- [13] "The specialist committee on prediction of extreme ship motions and capsizing final report and recommendations to the 23rd ITTC," *23rd International Towing Tank Conference*, ITTC, 2002.
- [14] T. Tabain, "Standard wind wave spectrum for the Adriatic sea revisited (1977-1997)," *Brodogradnja*, vol. 46, 1997, s. 303-313.
- [15] J. Pripic-Orsic i V. Coric, *Pomorstvenost Plovnih Objekata*, Rijeka: 2006.
- [16] J. Matusiak, "Two-stage approach to determination of non-linear motions of ship in waves," *4th Osaka Colloquium on Seakeeping Performance of Ships*, Osaka University, Osaka Prefecture University, 2000, s. 326-332.
- [17] J. Matusiak, "Towards an unified theoretical model of ship dynamics," *The Maritime Research Seminar*, Sjukulla, Finland: 2002.
- [18] J. Matusiak, "On certain types of ship responses disclosed by the two stage approach to ship dynamics," *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, vol. VII, 2007.
- [19] J. Matusiak, "On the Modelling of Irregular Waves in the Non-linear Ship Dynamics Method Laidyn," *18th International Conference on Hydrodynamics in Ship Design, Safety and Operation*, Gdansk, Poland: Ship Design And Research Center S.A., 2010, s. 227-237.

Goran Paladin, dipl.ing., Adria-Mar Brodogradnja d.o.o., Zagreb
Richard Anzböck, dipl.ing., Vienna Model Basin Ltd. , Vienna
Hrvoje Orešković, dipl.ing., Adria-Mar Brodogradnja d.o.o., Zagreb

PATROL VESSEL MAIN DIMENSIONS DEFINITION WITH REGARD TO RESISTANCE – PREDICTION AND TOWING TANK TRIALS

Summary

Design of new hull is often connected with significant costs and risk. If hull design fails, entire concept of the vessel can fail resulting in a major project setback. For the purpose of patrol vessel design, the influence of main dimensions on hull resistance was analyzed. Procedure based on systematic variation of main dimensions for finding optimal hull was applied. Hull lines were designed according to obtained optimal dimensions. Towing tank tests were performed to check the design and make necessary corrections. This paper focuses on design procedure, methods and towing tank contribution necessary to successfully design hull for patrol vessel.

Key words: hull design, patrol vessel, resistance, prediction, towing tank testing

ODABIR GLAVNIH DIMENZIJA PATROLNOG BRODA SA STANOVIŠTA OTPORA – PROCJENA I BAZENSKA ISPITIVANJA

Sažetak

Projekt novog trupa prate znatni troškovi i rizik. Neuspješan projekt trupa može dovesti u pitanje koncept broda i time bitno unazaditi projekt broda. Za potrebe osnivanja patrolnog broda analizirali smo utjecaj glavnih izmjera na otpor trupa. Primijenili smo proceduru za pronalaženje optimalnog trupa, koja se temelji na sustavnoj varijaciji glavnih izmjera. Osnovani smo linije za optimalni trup. Provođenje bazenskih ispitivanja omogućilo je da se provjere rezultati proračuna i naprave nužne korekcije. Ovaj rad prikazuje projektunu proceduru, metode i doprinos bazena nužan za uspješno projektiranje trupa patrolnog broda.

Ključne riječi: projektiranje trupa, patrolni brod, otpor, procjena otpora, bazenska ispitivanja

1. Uvod

A practical method for main dimensions definition is presented in this paper. The method was developed for the purpose of coast guard patrol vessel OPB39 hull design. After analysis of design requirements for the vessel and preliminary design work a problem occurred. Preliminary power prediction showed that the installed power may not be enough for the desired speed. This could have been remedied by installation of stronger but heavier and more expensive main engines. This would have solved the power problem but would have increased total weight, initial costs and lifetime costs due to greater fuel consumption. Instead, it was decided to design the hull in a way to reduce resistance in order to keep original main engines and all comparative benefits.

This was achieved by analyzing the influence of main dimensions on resistance and choosing the optimal combination of main dimensions. To finish the hull, lines were borrowed from our earlier design PV30-LS. Same design was also used as reference for power prediction and calibration of power prediction method. Results were confirmed by model basin tests after on-site corrections were made.

2. Design requirements

The vessel had to be designed as monohull with steel hull and aluminium superstructure, powered by two turbo charged diesel engines of 2150 kW, each driving a propeller. Maximum required speed was 30 knots. In later clarification over all length was limited to 40 meters.

Design requirements that have influence on hull dimensions had been translated to measurable values and descriptive values, Table 1.

Table 1 Design requirements

Tablica 1. Projektni zahtjevi

Design requirement		Measurable value	Descriptive value
Draught, max.	2.5 m	2.5 m	-
Displacement, max.	180 t	165 t*	-
Crew	15	-	space
Speed, max.	30 kn	30 kn	-
Twin engines	-	-	space
Steel hull	-	hull weight	-
Over all length	40 m	40 m**	

* design goal

** introduced later

3. Method

3.1. Main dimensions

The method starts by defining projects with different main dimensions that all share the same displacement, set at target value of 165 tonnes. This was sufficient according to preliminary design. Length and block coefficient were varied, while breadth and height were kept constant. Draught was calculated, Table 2.

Table 2 Main dimensions and coefficients

Tablica 2. Glavne izmjere i koeficijenti

Dimension	Value	Type	Comment
Length, water line	$L_{WL} = 36 \div 41$ m	Variable	varied with 1 m step
Breadth, water line	$B_{WL} = 6.9$ m	Fixed	fixed to minimal value for accommodation and machinery arrangement
Draught, hull	$T = \frac{\Delta}{L_{WL} \cdot B_{WL} \cdot C_B \cdot \rho_{SW}}$	Calculated	calculated value
Depth, hull	$H = 4.2$ m	Fixed	fixed to minimal value for accommodation and machinery arrangement
Block coefficient	$C_B = 0.38 \div 0.48$	Variable	varied with 0.01 step
Displacement	$\Delta = 165$ t	Fixed	fixed to desired value according to estimates and earlier design
Steel weight to Light ship weight ratio	$W_{ST} / W_{LS} < 0.5$	Constraint	ratio according to estimates and earlier design
Length, over all	$L_{OA} < 40$ m	Constraint	maximum length over all
Total required power	$P \leq 4300$ kW	Constraint	maximum installed power available

Preliminary resistance was calculated for all projects using Statistical power prediction method by Holtrop and Mennen [1, 2, 3, 4]. Values and coefficients used in H-M method, transom area, wetted area, appendages, and similar, were derived from main dimensions and preliminary design. This was not completely accurate but it provided the same base for comparison of different projects. Power and resistance was predicted for speeds ranging from 5 to 33 knots.

Following conclusions were drawn from the prediction results:

1. Lower block coefficient increases total resistance in lower but decreases total resistance in higher speed range,
2. Total resistance decreases as length increases,
3. Projects with greatest length had minimal resistance in the entire speed range regardless of block coefficient,
4. Length influences the resistance stronger than block coefficient,
5. Wave resistance component is the most influential component of total resistance.

The trends are shown in Table 3.

Table 3 Average resistance trends

Tablica 3. Trend prosjeka otpora

When		Then	
Length	Block coefficient	Average resistance 5 to 15 kn	Average resistance 20 to 30 kn
•	□	□	□
•	□	□	□
□	•	□	□
□	•	□	□

Legend: • is constant, □ increases, □ decreases

This procedure resulted in project space with 66 projects, Figure 1. The project space was limited by maximum power and maximum length, Table 2. Steel weight constraint was used to filter out projects with hulls that were too heavy in comparison with light ship weight. Steel weight and light ship ratio was calculated based on similarity with earlier project.

Project 20 was chosen as the best one. It reached speed of 30 kn with 4174 kW of installed power. It had highest possible block coefficient and over all length of 40 m, Figure 1. Some other projects needed less power but had lower Cb. It was decided to choose a project with higher Cb which meant more space inside the hull (bow) and lower resistance in 5 to 15 knots speed range.

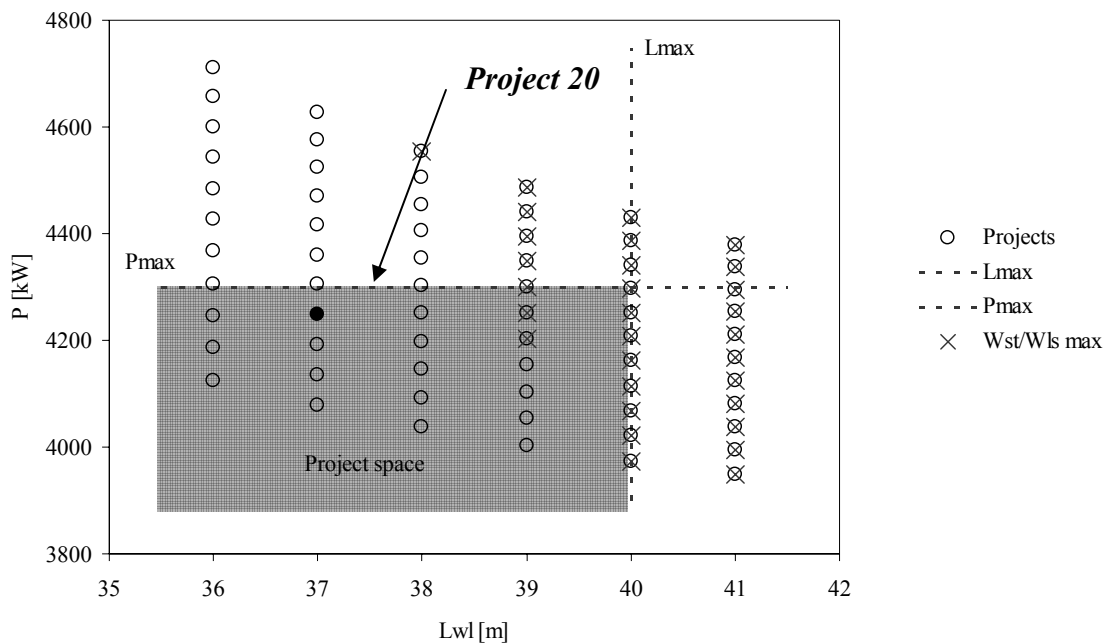


Fig. 1 Project space

Slika 1. Projektni prostor

3.2. Hull form

Main dimensions of Project 20 are shown in the Table 4.

Table 4 Average resistance trends

Tablica 4. Trend prosjeka otpora

Length, water line	$L_{WL} = 37$ m	Block coeff.	$C_b = 0.41$
Breadth, water line	$B_{WL} = 6.9$ m	Displacement	$\Delta = 165$ t
Depth	$H = 4.2$ m	Speed	$V = 30$ kn

Hull form selected for this project belongs to our series of six 30 meter vessel that were built recently. It is semi displacement form, with round bilges, V shaped frames on bow and U shaped frames on stern. Stern frames finish on transom that is immersed below water line. Pronounced bow shoulders act as spray deflectors. In combination with spray rails they proved very successful during sea trials and later in service, Figure 2.

To use it for this project, the form had to be "stretched" to new dimensions while keeping it's important original characteristics. Hull appendages were designed to minimally disturb the flow of water under the hull.

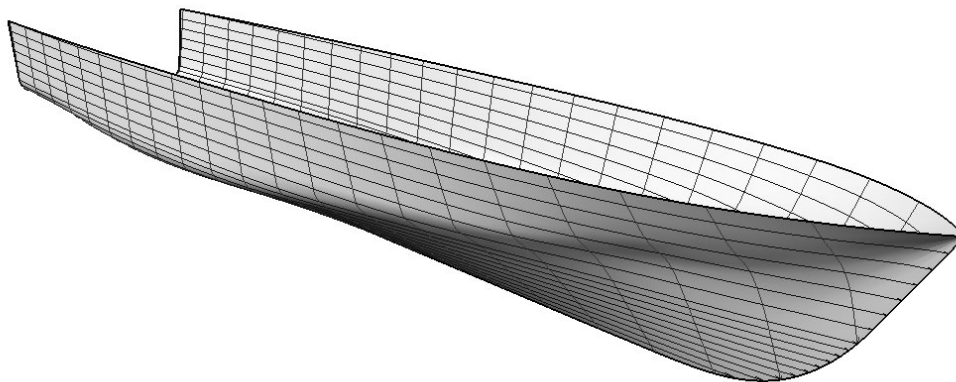


Fig. 2 Hull form

Slika 2. Forma trupa

4. Resistance prediction

Resistance and power for Project 20 were recalculated with form dimensions and other values derived from finished hull form. Since the method allows calculation of additional resistance resulting from appendages, all of them had been taken into account according to preliminary design. Formulas from original published papers [1,2,3,4] were used instead of power prediction software utilizing Holtrop-Mennen method. This enabled accurate application of the method while avoiding "black-box" effect of computer software. Result of power prediction is shown in Figure 3.

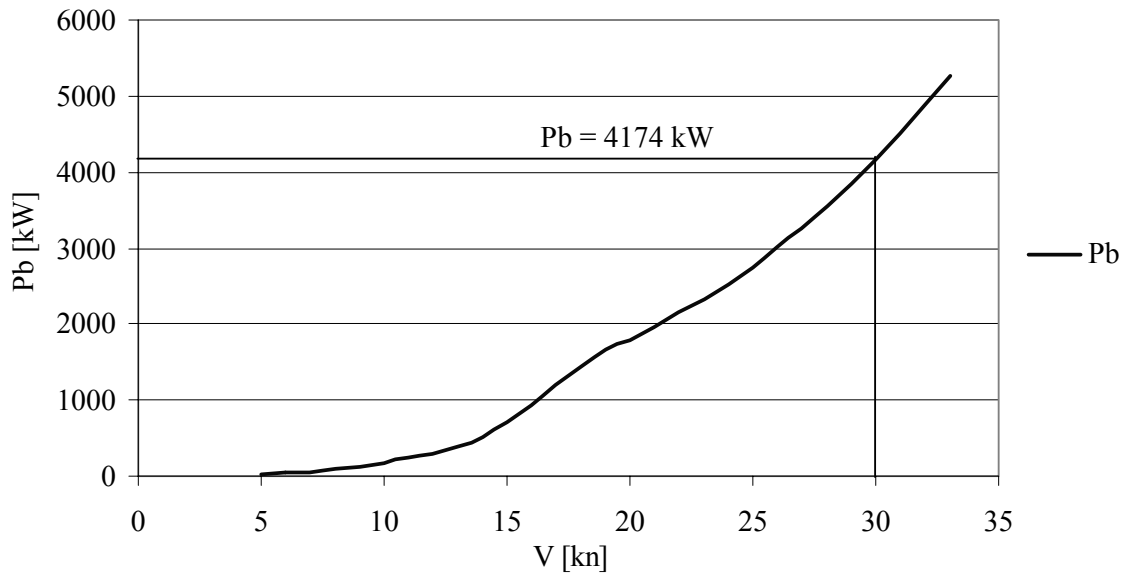


Fig. 3 Power prediction results

Slika 3. Procjena snage

Total brake power required for reaching the speed of 30 kn was 4174 kW which lower than 4300 kW available. After this step hull lines were finalized and sent to model basin for model construction and testing.

5. Model basin trials

The trials were held in Vienna Model Basin with model manufactured of wood. Superstructure and bulwark were built in simplified form. Experiments were carried out in 180 m towing tank.

5.1. Experimental setup

The ship model scale was selected 1:12.5. Model was built of transversal sections with wooden plating. Sand stripes of carborundum crystal for turbulence stimulation were placed between the frames #16 and #20 close to the longitudinal centerline accounting for the reduction of the waterline length at higher speeds.

Stock propeller No. 783 with known open water test results was used as model propeller.

5.2. Test program

Test program included tests in calm water and in waves.

Calm water

Resistance test; speed range 12 – 32 knots, standard displacement

Paint flow test; speed 15 and 30 knots; standard displacement

Self propulsion test; speed range 12 – 32 knots, standard and full displacement

Waves

Sea keeping test in irregular seas

5.3. Tests

The calm water program begun with benchmark test where the model was initially prepared as designed – full draught on even keel. Bilge keels were to be installed after the paint flow tests, when correct position could be determined.

First self propulsion tests showed that there would not be enough power to reach the speed of 30 knots. During the tests it was noticed that the model is trimmed by the stern. Model basin experts' opinion was that trim correction would decrease the resistance and power needed for propulsion. By several alterations of weight distribution the optimum trim, with resistance lower by 9.8%, was found. With the reserve of power gained by trim correction, paint flow test was performed and bilge keels were installed. Self propulsion test was repeated and the results showed that 4300 kW of installed power would be enough for the designed speed of 30 knots. System for hydrodynamic trim correction was introduced instead of weights to simulate real conditions. After final self propulsion tests were performed, results showed resistance drop by further 2.86%, Figure 4.

The trial prediction calculation was based on the following assumptions:

projected wind area: $T = 1.8\text{m} / T = 1.68\text{m}$:	41 m ²
wind and sea states according:	Beaufort 0
wind resistance coefficient:	1
deep and calm water, no current	
allowance for the bow thruster opening:	no bow thruster
mechanical losses in the shaft bearings and gearboxes:	3% of P_d

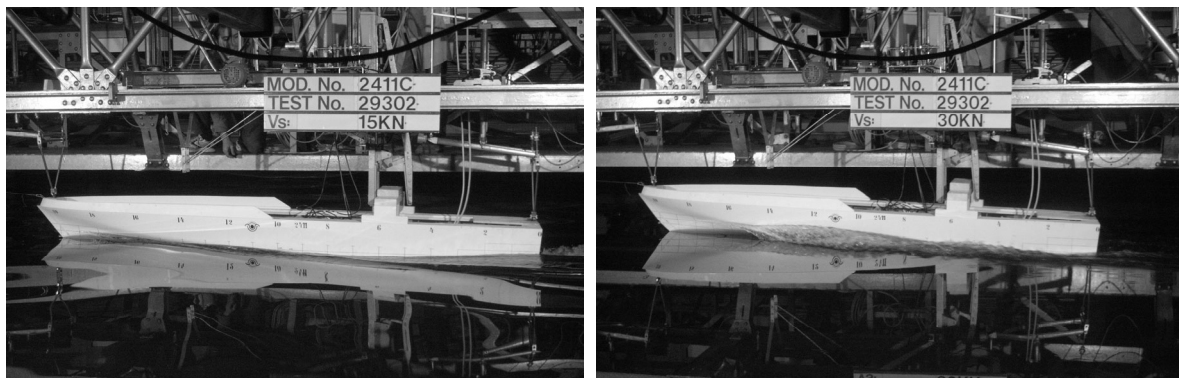


Fig. 4 Power prediction results

Slika 4. Procjena snage

Several sea keeping tests were performed afterwards. It is worth mentioning that bilge keels were correctly designed and that bilge keel area was not changed after results from this tests were analyzed. Final results of basin power prediction (P_b basin) and preliminary power prediction (P_b prediction) are shown in Figure 5.

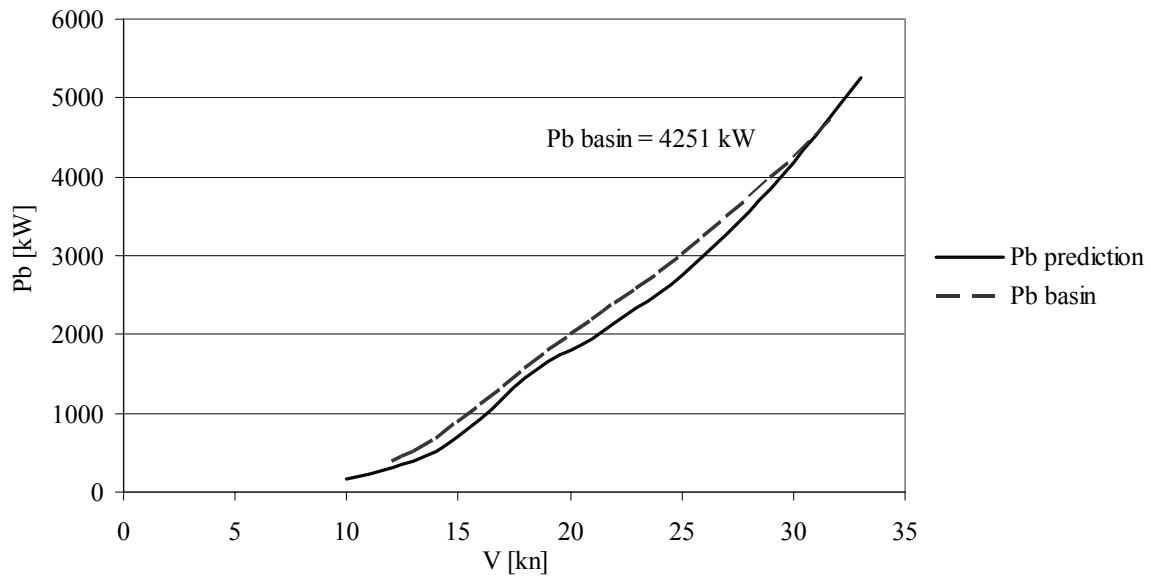


Fig. 5 Final power prediction

Slika 3. Konačna procjena snage

6. Results comparison

Figure 5 shows the results from model basin compared with calculated prediction results. Difference in power needed to achieve 30 knots, was 77 kW (1.8%). This could be evaluated as confident prediction. The difference is more pronounced if the curves are compared over entire speed range. There are two significant details in which these curves differ: resistance hump on prediction power curve that can be observed around the speed of 18 knots ($F_n = 0.486$) which is not present on basin power curve and trend difference between curves that occurs above the speed of 30 knots. Resistance hump is not something that presents a problem for a semi displacement hull and even better if it is not pronounced. Trend difference between the two curves at higher speeds reminds that this regression-based power prediction method based doesn't relate to model/vessel physics but to statistics of other vessels. In [4] it mentioned that the paper was contribution to earlier efforts in order to achieve better results for Froude numbers of 0.5 and higher. Since project 20# at 30 knots has F_n of 0.8, predicted results are in upper F_n range of the prediction method and therefore less reliable than results for lower F_n values.

7. Conclusions

The practical method for main dimension definition presented in this paper resulted in hull that satisfied all design requirements. Main dimensions were defined as described using simple variation procedure based on physical reality and common sense. Power was predicted using the method that enabled fast elimination of dominated projects in preliminary phase and accuracy needed prior to model basin testing. The resistance and propulsion tests in model basin proved crucial for revision of results, and correction and improvement of model. The differences in trends between prediction and basin power curves at higher speeds further confirm the necessity of model testing. Although not subject of this paper, it is worth

mentioning that results from seakeeping tests varied greatly from seakeeping prediction based on strip theory.

From the project standpoint, utilizing this method was fast and economical – successful in general. If similar design work is to be repeated in the future, more attention to power prediction, cooperation with model basin and better concept definition would possibly improve the project from the design point of view.

REFERENCES

- [1] J. Holtrop, "A statistical analysis of performance test results", International Shipbuilding Progress, Vol. 24. No. 270, February 1977.
- [2] J. Holtrop. and G.J.J. Mennen, "A statistical power prediction method", International Shipbuilding Progress, Vol. 25., October 1978.
- [3] J. Holtrop and G.J.J. Mennen, "An approximate power prediction method", International Shipbuilding Progress, Vol. 29., July 1982
- [4] J. Holtrop, "A statistical re-analysis of resistance and propulsion data", International Shipbuilding Progress, Vol. 31., 1984.

Dunja Matulja, Faculty of Engineering, Rijeka
Marco Sportelli, Instituto Superior Técnico, Lisbon, Portugal
Jasna Prpić-Oršić, Faculty of Engineering, Rijeka
Carlos Guedes Soares, Instituto Superior Técnico, Lisbon, Portugal

METHODS FOR ESTIMATION OF SHIPS ADDED RESISTANCE IN REGULAR WAVES

Summary

Two methods of added resistance calculation are briefly presented, one developed by Faltinsen, and the other by Salvesen. Both are based on the Salvesen, Tuck and Faltinsen linear strip theory, as they use it to define the wave induced motions. The first one obtains the added resistance by direct pressure integration, while the second one consists in the potential flow solution. Also, as a third method, an empirical approximation of the Salvesen method for the short wave lengths region is included.

The calculations of added resistance due to waves are performed according to the chosen methods for two different containerships. The results are presented graphically, with the comparison to experimental results for the available cases.

Key words: *added resistance, motion of a ship in waves, speed loss*

ODREĐIVANJE DODATNOG OTPORA BRODA NA PRAVILNIM VALOVIMA

Sažetak

U radu su ukratko izložene dvije metode, od kojih je jedna temelji na Faltinsenovom radu, a druga na Salvesenovom. Obje metode proizlaze iz Salvesenove, Tuckove i Faltinsenove linearne vrpčaste teorije, jer se pomoću nje određuju gibanja inducirana djelovanjem valova. Međutim, kod prve metode dodatni otpor dobiva se direktnom integracijom tlakova, dok se u drugoj rješava potencijalno strujanje. Osim ove dvije, radi usporedbe je uvedena i treća metoda, odnosno iskustvena aproksimacija Salvesenove metode za područje manjih valnih duljina.

Primjenom navedenih metoda, provedeni su proračuni dodatnog otpora zbog utjecaja valova za dva različita broda za prijevoz kontejnera. Rezultati su prikazani grafički, uz usporedbu s eksperimentalnim vrijednostima za dostupne slučajeve.

Ključne riječi: *dodatni otpor, gibanje broda na valovima, gubitak brzine*

1. Introduction

The capability to sustain speed in a seaway is one of the primary objectives in the design of ships. The accurate prediction of the added resistance of a ship in a seaway is of great importance because of the increasing demand in management of the transportation speed and voyage duration [1] as well as because of increasing pressure to reduce emissions from the ships [2, 3, 4].

Progress made in seakeeping, in both analytical methods and experimental techniques, makes it possible to determine the added resistance with sufficient accuracy for design purposes. However, the accuracy of added resistance calculation depends very much on the accuracy of ship motion prediction, but this problem will not be considered here. The same is valid for the effect of wind loads on speed loss and the effects which lead to purposely speed reduction based on the ship master judgment (such as slamming, propeller racing, ventilation, excessive accelerations and green water on deck).

The phenomenon treated in this paper is the added resistance of a ship advancing in regular waves, which causes involuntary speed reduction. During voyage in wind and waves, the increase of the resistance requires an adequate power increase in order to maintain a certain cruising speed. The added resistance may also have significant influence on ship's performance in moderate seas, especially for ships with blunt bow-forms. Therefore, a preliminary estimation of added resistance considering a given sea condition needs to be performed.

Different methods of added resistance estimation can be chosen, starting from the simplest empirical ones to the most recent computational methods [5]. Several theoretical methods of added resistance estimation can be pointed out: Havelock [6], Maruo [7], Joosen [8], Boese [9], Gerritsma and Beukelman [10]. These methods have been evaluated by different authors (Strom-Tejsen et al., [11]), and none of them seem to predict the added resistance accurately over a wide range of ship forms and speeds. Considering the disadvantages of each of these methods, two other methods have been developed, in order to allow the added resistance estimation for any ship type at any speed, and at any heading. One has been developed by Faltinsen [12], and the other by Salvesen [13]. Both are based on the Salvesen, Tuck and Faltinsen linear strip theory [14], as they use it to define the wave induced motions. The first one obtains the added resistance by direct pressure integration, while the second one consists in the potential flow solution.

The idea of this paper is to briefly describe and compare these two methods. The coefficients obtained by the linear strip theory are used for the numerical calculation of the required pressures and forces, and the added resistance due to waves is expressed nondimensionally. The results are presented graphically, with the comparison to experimental results for the available cases.

2. The Added Resistance Estimation Methods

The term "Added Resistance" is used to describe the phenomenon of energy loss because of generation of waves as a consequence of ship motions due to sea waves. To this purpose the ship resistance in calm water is increased by accounting for the effect of the seaway. The ship speed, required power and propeller characteristics are usually estimated for still water conditions. But during its exploitation, the ship encounters different sea conditions and in many occasions the seaway influences the resistance and propulsion features. The added resistance of a ship in waves is generally explained by three effects: the so-called

drifting force resulting from interference of incidence waves and waves generated by heaving and pitching; the damping force associated with heaving and pitching in calm water; the diffraction force due to the interference of waves and ship. These forces are related to the energy transmitted from the ship to the water and to wave generation. In general, it has been proved that the drifting force is the most significant one while the diffraction force would make the smallest contribution, more important for short waves. The viscous effect due to the damping of the vertical motions represents only a small part of this extra-induced loss of energy.

The Salvesen, Tuck and Faltinsen linear strip theory is common to both Salvesen and Faltinsen methods as a tool to find the wave induced motion. The theory assumes the ship to have a slender hull form with lateral symmetry. The ship is advancing at a constant mean forward speed U in sinusoidal waves with an arbitrary heading. The translatory displacements in the x , y , and z directions are η_1 (surge), η_2 (sway) and η_3 (heave), and the angular displacement of rotational motion about the x , y , and z axis are η_4 (roll), η_5 (pitch) and η_6 (yaw) respectively.

The responses are assumed to be linear and harmonic. The viscous effects are disregarded, so the fluid motions can be assumed as irrotational and the problem can be formulated within the potential flow theory.

The velocity potential for an incident wave, according to gravity theory, is:

$$\Phi_0(x, y, z, t) = \phi_0(x, y, z)e^{i\omega_e t},$$

where ω_e is the encounter frequency, which is related to the wave frequency ω by:

$$a = a_e + kU \cos \beta.$$

Here k is the wave number, β is the heading angle and U is the ship speed.

At this point the complex amplitude of the incident wave potential can be expressed in terms of real and imaginary, and this is where the differences between the treated methods start.

2.1. Faltinsen method

In Faltinsen method the linear wave induced motions and loads are calculated first. This way the dynamic pressures and dynamic elevations are obtained. The added resistance is then calculated by direct integration of the pressure over the wetted body surface.

The time-dependent potential can be divided into three parts:

$$\phi_0(x, y, z)e^{-i\omega_e t} = \phi_I + \phi_F + \phi_D,$$

where ϕ_I is the incident wave potential, ϕ_F is the velocity potential due to forced motions in six degrees of freedom, and ϕ_D is the diffraction potential of the restrained ship. According to Faltinsen method, each term is analyzed, then the dynamic pressure and elevation are obtained, and added is obtained by direct pressure integration.

2.2. Salvesen method

In the Salvesen method, considering the theory assumptions, for a slender ship with lateral symmetry, the two linear coupled equations that govern the heave and pitch motions in the frequency domain are:

$$\sum_{k=3,5} \left[-\omega^2 (M_{jk} + A_{jk}) + i\omega B_{jk} + C_{jk} \right] \eta_k = F_j, \text{ for } j=3 \text{ and } 5.$$

In this equation M_{jk} is the mass matrix, A_{jk} and B_{jk} are respectively the added mass and damping coefficients, while C_{jk} is the restoring coefficient.

The exciting force and moment F_j can be expressed as:

$$F_j = F_j^I + F_j^D$$

The term F_j^I represents the Froude-Krilov force and moment, and F_j^D represents the diffraction force and moment. The term F_j^I can be expressed in terms of the complex amplitude of the incident – wave potential:

$$\phi_0 = \frac{ig\zeta_a}{a} e^{(-ik(x \cos \beta + y \sin \beta) + kz)}$$

Once the potential flow is solved, the added resistance can be estimated. Since the Salvesen method seems to give accurate results for the longer waves region ($L/\lambda < 1.5$), a correction for the short wave lengths region has been made, using a semi-empirical formula derived from the Faltinsen method. The mentioned third method consists in this correction. The term of "short waves region" can be somehow undefined, since it depends on the ship length. So, according to the ship's geometry and speed, the correction can be applied also for $L/\lambda > 1.5$ and give convincing results.

3. Comparison of the Results

The calculations using both methods have been done for two ships: the ITTC containership S-175 and one more recent containership.

Theoretical results obtained by the described methods are presented in figures 1 to 4 for the S-175, and a comparison with the available experimental values [15] is also given. The results for the second containership are reported in figures 5 to 8. The results are for different Froude numbers and wave lengths, while all the calculations have been done for head seas. As expected, all the methods predict the highest added resistance due to waves at the wavelength approximately equal to the ship length ($L/\lambda = 1$). But, depending on the speed, the two theories show certain differences in the results. For lower speeds, the Faltinsen method predicts lower added resistance than the Salvesen method, while for higher speeds it predicts higher added resistance. The Faltinsen method seems to agree better with the known experimental results.

The Salvesen method isn't reliable for smaller wave lengths; therefore it is corrected by the approximated formula. For L/λ greater than 1.5 some inconsistencies can be noticed in the experimental results, as well in the results obtained by the Salvesen method, which seems to give significant changes of added resistance for a slight change of wave frequency in the mentioned range. For the considered ships the results follow the same trend, and the peak values differ within $\pm 15\%$, considering a mean value. It has to be pointed out that for all the calculation the ship's geometry has been described quite roughly, with a modest number of points, and the shape of the stem and stern are not taken into consideration. Therefore, complete precision can not be expected, but the shape of the curves and the peak values can be taken as accurate enough.

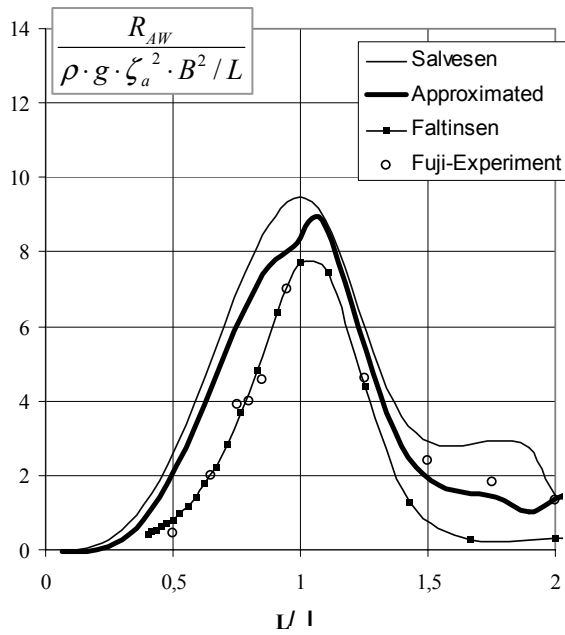


Fig. 1 Added resistance for the S-175, $F_n = 0.15$
Slika 1. Dodatni otpor za S-175, $F_n = 0.15$

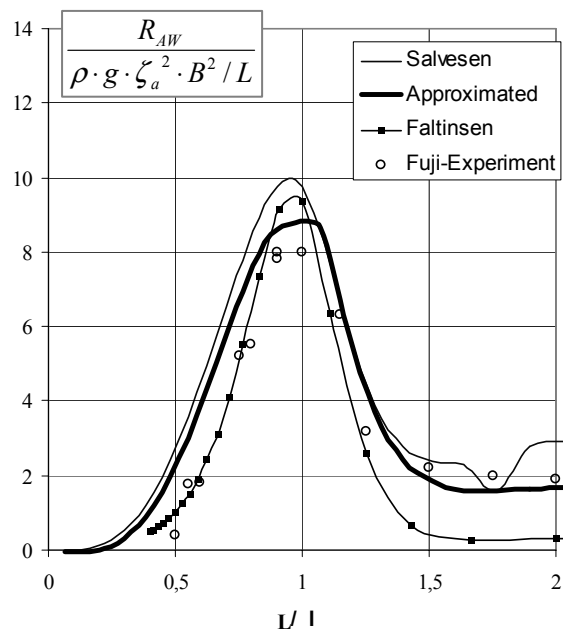


Fig. 2 Added resistance for the S-175, $F_n = 0.20$
Slika 1. Dodatni otpor za S-175, $F_n = 0.20$

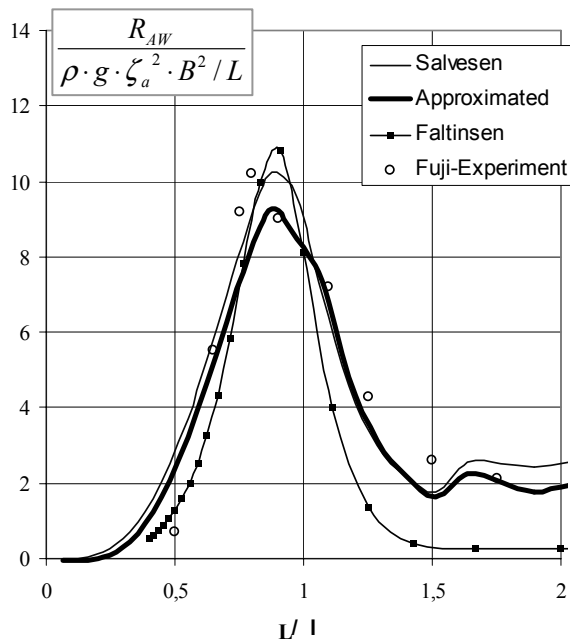


Fig. 3 Added resistance for the S-175, $F_n = 0.25$
Slika 3. Dodatni otpor za S-175, $F_n = 0.25$

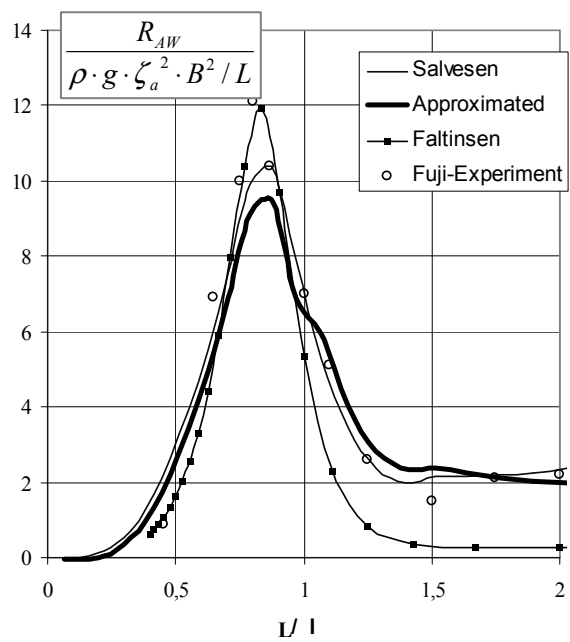


Fig. 4 Added resistance for the S-175, $F_n = 0.30$
Slika 4. Dodatni otpor za S-175, $F_n = 0.30$

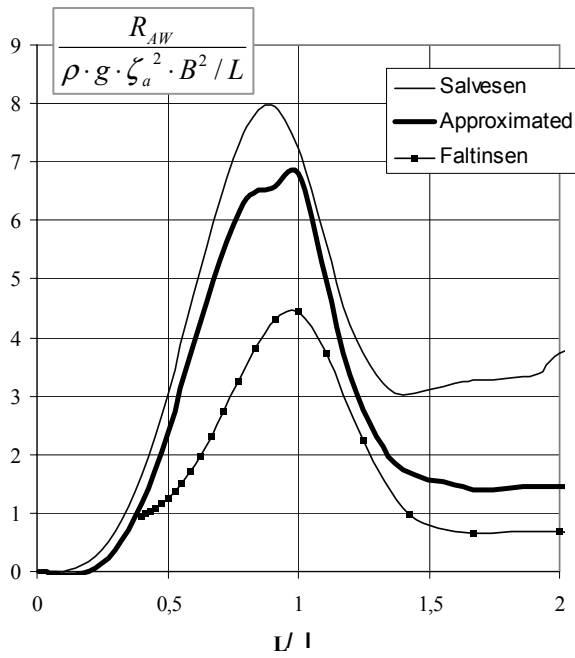


Fig. 5 Added resistance for the containership, $F_n = 0.15$

Slika 5. Dodatni otpor za kontejnerski brod, $F_n = 0.15$

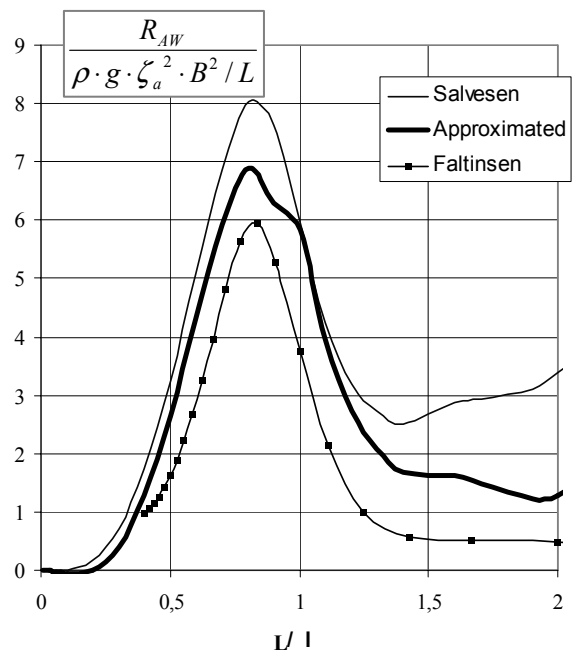


Fig. 6 Added resistance for the containership, $F_n = 0.20$

Slika 6. Dodatni otpor za kontejnerski brod, $F_n = 0.20$

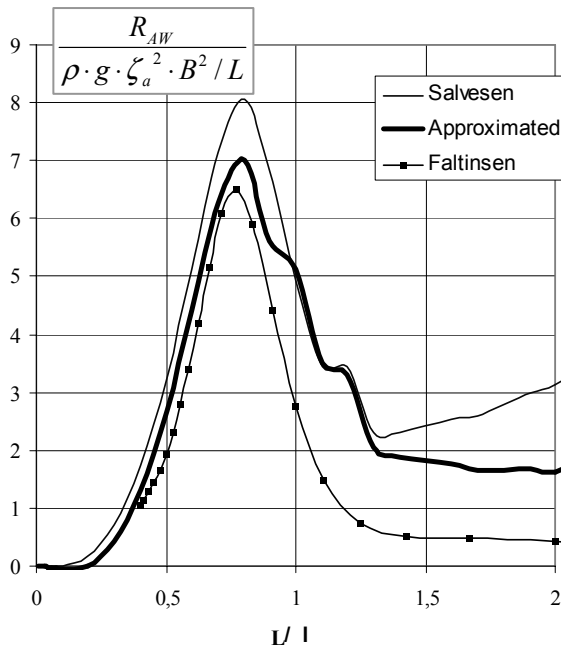


Fig. 7 Added resistance for the containership, $F_n = 0.25$

Slika 7. Dodatni otpor za kontejnerski brod, $F_n = 0.25$

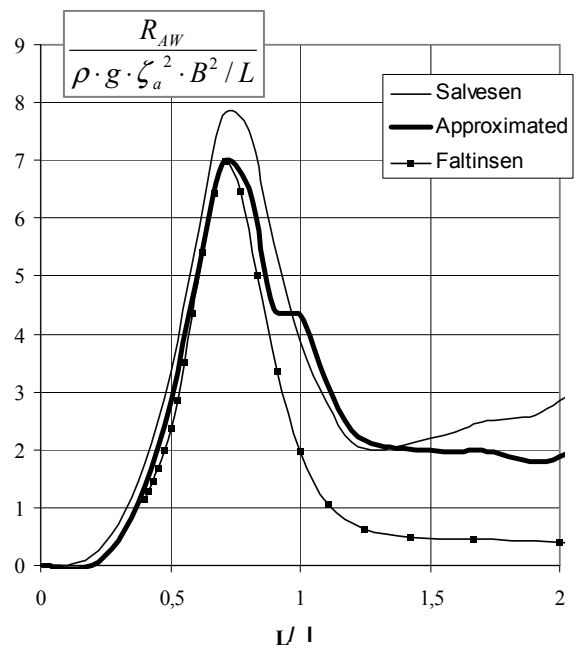


Fig. 8 Added resistance for the containership, $F_n = 0.30$

Slika 6. Dodatni otpor za kontejnerski brod, $F_n = 0.30$

4. Conclusion

A comparison of two methods for added resistance in regular waves has been presented: the Faltinsen method and the Salvesen method. Both methods are well known and widely used, with the exception of the approximation for lower wave lengths in the Salvesen method.

Since the basic theory of the methods is still being applied, a short overview of both is presented. The calculations have been performed by codes written in Fortran and Matlab. Two containerships have been chosen for the calculations: the S175 and a more recent containership. The results are non-dimensional, and their absolute values of added resistance can be calculated. When available, a comparison with experimental results is also given. Both methods seem to predict the added resistance in head seas with similar accuracy. But, the non-dimensional values of added resistance can not illustrate their influence on total resistance in terms of total loss of speed or increase of power. A percentage value, considering the resistance in ship water, would allow the prediction of the increase of power required to maintain the ship speed in the given conditions, which is actually one of the basic targets of seakeeping calculations.

However, for a rough estimation of added resistance in regular waves any of the treated methods can be successfully used. But for a more accurate analysis of the motions and of the flow along the hull, or even for a fuller form, a more advanced method would be more appropriate.

Acknowledgements

This work has been performed mainly during the visit that the first author had to the Centre for Marine Technology and Engineering, which has been financed by the project "Advanced Ship Design for Pollution Prevention (ASDEPP)" that was financed by the European Commission through the Tempus contract JEP-40037-2005. The second author has been financed from the project "Methodology for ships maneuverability tests with self-propelled models", which is financed by the Portuguese Foundation for Science and Technology.

REFERENCES:

- [1] C. Guedes Soares, N. Fonseca, and J. Ramos, Prediction of Voyage Duration with Weather Constraints, Proceedings, International Conference on Motions and Manoeuvrability, Royal Institute of Naval Architects, London, 1998.
- [2] J. Prpić-Oršić, O. M. Faltinsen, Speed loss calculation in a Seaway, The 13th Congress IMAM 2009, Istanbul, Turkey, 2009.
- [3] M. Borlenghi, M. Figari, I.S. Carvalho and C. Guedes Soares, Modelling and assessment of Ferries environmental impact: a case study. Maritime Industry, Ocean Engineering and Coastal Resources. C. Guedes Soares, P. Kolev, (Editors). Taylor & Francis Group; London, U.K.: 2008; pp. 1135-1144.
- [4] M. Figari, and C. Guedes Soares, Fuel consumption and exhaust emissions reduction by dynamic propeller pitch control. Analysis and Design of Marine Structures. Guedes Soares, C. & Das, P. K. (Eds) Taylor & Francis Group; London, U.K.: 2009; pp. 543-550.
- [5] J. Prpić-Oršić, R. Nabergoj, G. Trincas, The methods of added resistance estimation for ships in a seaway, Symposium Sorta 2008, Pula, Croatia, 2008.
- [6] T.H. Havelock, Drifting Force on a Ship Among Waves, Philosophical Magazine 33, 1942.
- [7] H. Maruo, The Excess Resistance of a Ship in a Rough Seas, International Shipbuilding Progress 4(85), 1957.

- [8] W.P.A. Jossen, Added Resistance in Waves, 6th Symposium on Naval Hydrodynamics, Washington, 1966.
- [9] P. Boese, Eine Einfache Methode zur Berechnung der Widerstandserhöhung eines Schiffes in Seegang, Technical Report 258, Institut für Schiffbau der Universität Hamburg, 1970.
- [10] J. Gerritsma, W. Beukelman, Analysis of the Resistance Increase in Waves of a Fast Cargo-ship, International Shipbuilding Progress 18(217), 1972.
- [11] J. Strom-Tejse, H.Y.H. Yeh, D.D. Moran, Added Resistance in Waves, SNAME 81, 1973.
- [12] O. M. Faltinsen, K. J. Minsaas, N. Liapis, S. Skjördal, Prediction of Resistance and Propulsion of a Ship in a Seaway, Proceedings of the 13th ONR Symposium, 1980.
- [13] N. Salvesen, Added Resistance of Ships in Waves, Journal of Hydronautics, 1978.
- [14] N. Salvesen, E.O. Tuck, O.M. Faltinsen, Ship Motions and Sea Loads, SNAME, Jersey City, 1970.
- [15] H. Fuji, T. Takahashi, Experimental Study on the Resistance Increase of a Ship in Regular Oblique Waves, Proc. 14th ITTC, Vol. 4 (1975), p. 351.

D. Bajić, Lloyd's Register EMEA, Trieste, Italy

J. Prpić-Oršić, A. Turk, Faculty of Engineering, University of Rijeka, Croatia

BOWFLARE IMPACT LOADS ON CONTAINERSHIPS

Summary

Bowflare slamming describes dynamic wave impact on the bow side shell structure above the design waterline. During water entry the bow structure is subject to high pressure loads which sometimes lead to local damages that usually do not affect the survivability of the ship. Recently, the number of large container ships is increasing. In order to increase the convenience for cargo loading for containers and pure car carriers, the recent tendency has been to widen the bow flare angle. This raises the flare slamming pressure excessively and causes structural damages. The problem is recently exacerbated by modern trend to "drive through" bad weather. The bow flare slamming impact on such ships was investigated by applying contemporary rules. For practical purposes, the values of these pressures are usually obtained by simplified procedures suggested by classification societies. This paper addresses some basic aspects of the problem such as the influence of the design parameters as well as the problem of the uncertainty of the results. The comparison of various approaches suggested by different classification societies suggests significant difference in estimated values of pressure. The objective of the research is also to improve our understanding of the background of the various classification societies approaches related to bowflare slamming pressure estimation.

Key words: *bowflare slamming, slamming pressures, containerships*

OPTEREĆENJA IZBAČENE FORME PRAMCA NA BRODOVIMA ZA PRIJEVOZ SPREMNIKA

Sažetak

Udaranje izbačene forme pramca dinamički je udar bočnog dijela konstrukcije pramca iznad vodne linije o morsku površinu. Tijekom ulaska u vodu pramčana je konstrukcija izložena velikim opterećenjima koja ponekad mogu dovesti do lokalnih oštećenja koja uobičajeno ne ugrožavaju preživljavanje broda. U posljednje se vrijeme broj velikih kontejnerskih brodova značajno povećava. U cilju što boljeg iskorištenje prostora za smještaj tereta na novim se brodovima za smještaj kontejnera i automobila povećava kut izbočene forma pramca, što ima za posljedicu veća udarna opterećenja te lokalna oštećenja konstrukcije. Problem je dodatno izraženiji i zbog trenda "vožnje kroz" loše vremenske uvjete. U radu je udarno opterećenje na izbačenu formu pramca analizirano primjenjujući trenutno važeća pravila klasifikacijskih društava. Za praktične svrhe, vrijednosti tlakova uobičajeno se dobivaju pojednostavljenim postupcima prema preporukama klasifikacijskih društava. Ovaj rad obrađuje neke od osnovnih aspekata spomenutog problema kao što su utjecaj projektnih parametara te vjerodostojnost dobivenih vrijednosti. Usporedba različitih pristupa klasifikacijskih društava ukazuje na značajnu razliku izračunatih vrijednosti udarnih tlakova. Cilj istraživanja je i unapređenje razumijevanja pozadine postupka procjene tlakova uslijed udara izbočene forme pramca pojedinih klasifikacijskih društava.

Ključne riječi: *udaranje izbačene forme pramca, udarni tlak, kontejnerski brodovi*

1. Introduction

In order to increase area available for cargo loading, in particular on container and Ro-Ro ships, the recent trend is to widen deck forward. Consequently, bowflare angles are lowered. Bowflare angle is intended as an angle in a transverse section between side shell and horizontal axes. This raises the flare slamming pressure excessively and may cause structural damages. It has been observed that such ships often suffer damages in the fore end region while sailing in heavy weather conditions. It has been realized that damages are caused by dynamic wave impacts in these regions due to excessive ship motions. The problem is recently exacerbated by modern trend to "drive through" bad weather particularly in conjunction with high speeds.

The major problem in this respect is to accurately predict values of these pressures in order to determine adequate reinforcements in the bow area. Various classification societies have developed in the past various sets of Rules. These Rules have been created in a different ways combining analytical techniques with results of direct calculations all calibrated with damages experienced in service. Intention of this paper is to investigate differences in their approaches in terms of predicted pressures in a bow flare area as well as sensitivity to different input parameters. Lloyd's Register (LR), American Bureau of Shipping (ABS), Bureau Veritas (BV), Germanischer Lloyd (GL), Korean Register (KR) and Det Norske Veritas (DNV) have been chosen for the purpose of this investigation.

2. Bowflare slamming phenomena

As shown in Figure 1, the problem of bowflare slamming is the problem of a symmetrical body penetrating the water surface. The y and z axes are taken along the undisturbed free surface and along the body's centreline pointing upward, respectively. The problem corresponds to the vertical motion of a hull section in heading or following waves, in addition, the vertical speed $V(t)$ in the figure can be considered the body's relative velocity with the water surface of incoming waves at the target section. The fluid domain is surrounded by the boundaries consisting of the free surface, the body surface, the centreline, the side walls, and the bottom. Assuming the fluid is incompressible and the flow is irrotational, the fluid motion is specified by the velocity potential.

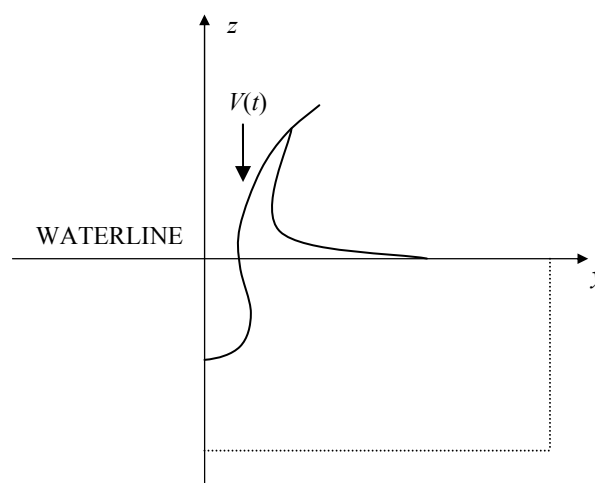


Fig. 1 Bowflare slamming

Slika 1. Udaranje izbačene forme pramca

Traditionally the water impact problem is applied to the slamming analysis. So far enormous works have been done in this respect (e.g. Korobkin, (1996), Faltinsen (2005)). The water impact approach is classified roughly into analytical and numerical. The analytical approach is based on mathematical models. Although the Wagner theory is well known, the recent studies are devoted to deal with the slamming problem of the arbitrary shaped body (Korobkin (2005), Takagi et al. (2007)). The numerical approach is represented by the boundary element method (BEM). A certain level of success was already achieved previously, but the important progress has been actuated when the numerical simulation of the impact jet is realized, Sun et al. (2007).

Moreover, the problem additionally become more complex because of stochastic sea nature and the problem of estimation of worst weather condition which the ship can suffer during exploitation.

However, in practice the problem of design slamming pressures are usually obtained by empirical formulae given by classification societies. These formulas are simplified and take into account simplified form of ship defined by basic parameters (length, beam, draft, block coefficient etc.). The bow form is defined by relevant angles α (angle between axes x and section inclination in vertical longitudinal plane), β (angle between axes y and section inclination in vertical transversal plane) and γ (angle between axes x and section inclination in horizontal plane) shown at Fig. 2.

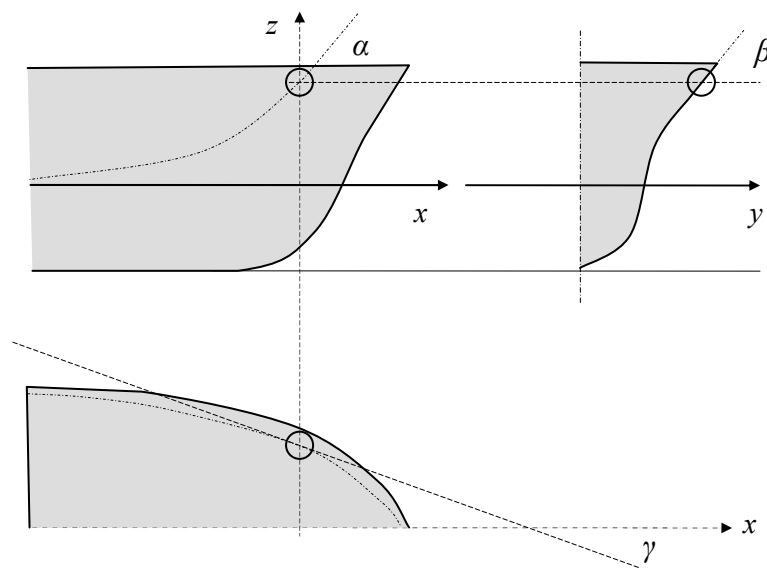


Fig. 2 Relevant angles

Slika 2. Relevantni kutovi

The procedures proposed by classification societies are based on performed direct calculations and correlated by service experience. Consequently, these formulas are not necessarily valid for novel designs.

3. Classification societies requirements

3.1. Applicable ship type

LR has two sets of relevant Rules (Lloyd's Register, (2009)). First one contemplated in the Part 3, Chapter 5 are intended for ships with moderate block and moderate speed hull forms. Since these requirements were not adequate for high speed hull forms with more significant bow flare angles a revised bow flare slamming pressure requirements were introduced in the Part 4, Chapter 2 for passenger ships, Ro-Ro ships, ferries and container ships.

ABS has different sets of Rules (American Bureau of Shipping, (2010)) for oil tankers contemplated in the Part 5-1-3, bulk carriers contemplated in the Part 5-3-3 and Container ships contemplated in the Part 5-5-3.

DNV has unified Rules (Det Norske Veritas, (2009)) contemplated in the Part 3, Chapter 1, Section 7, para E300 intended for all ship types. Normally only ships with well rounded bow lines and or flare will need strengthening.

As regards BV (Bureau Veritas, (2009)), relevant requirements are set in the Part B, Chapter 9, Section 1, paragraph 4. These requirements are intended for ships other than passenger ships which makes them applicable to container vessels.

GL (Germanischer Lloyd, (2009)) has separate requirements for container ships contemplated in the Chapter 5, in particular as regards bow flare slamming in the Section 4 B paragraph 2.2.

As to KR (Korean Register, (2009)), relevant requirements can be found in the Part 3, Chapter 8, Section 1, paragraph 108. Basically these requirements are set for pure car carriers but may be considered applicable to container ships as well.

3.2. Applicable bow region

ABS requires investigating bowflare slamming in the region above the waterline between $0.0125L$ and $0.25L$ from the forward perpendicular (FP). As per DNV requirements, the effect of bow impact loads is in general to be evaluated in the region forward of a position $0.1L$ from FP and above the summer load waterline. On the other hand LR requires strengthening shell envelope against bow flare typically over the fore end side and bowing structure above the waterline in the areas where the hull exhibits significant flare. BV requires to reinforce bow area that is extending forward of $0.9L$ from the aft end of L and above the summer load waterline up to the level at which a knuckle with an angle greater than 15 degrees is located on the side shell. As per GL, bow flare area to be specially investigated is that forward of $0.1L$ behind F.P. and above the ballast waterline. Similarly, KR states bow flare positions considered to endure large wave impact pressures are those above the load line for $0.1L$ forward.

3.3. Selected hull form

Considering content of chapter 3.1. above, the container ship has been chosen as a referent ship type for this comparison. The main characteristics of chosen hull form and relevant bow sections are shown at the Fig. 3.

As far as content of chapter 3.2. is concerned, this investigation has been limited to the area forward of $0.1L$ from FP above waterline. Selected frames 312, 320, 328, 336, 344 and 352 are located at approximately 91, 93, 96, 98, 100 and 103% of length from aft end

respectively. Pressures have been calculated at each frame for three different levels, i.e. at 11 m (Level 1), 13.8 m (Level 2) and 16.6 m (Level 3) above base line.

$L = 240$ m
 Breadth = 36 m
 Draught = 8.5 m
 Block coefficient = 0.71
 Service speed = 22 kn

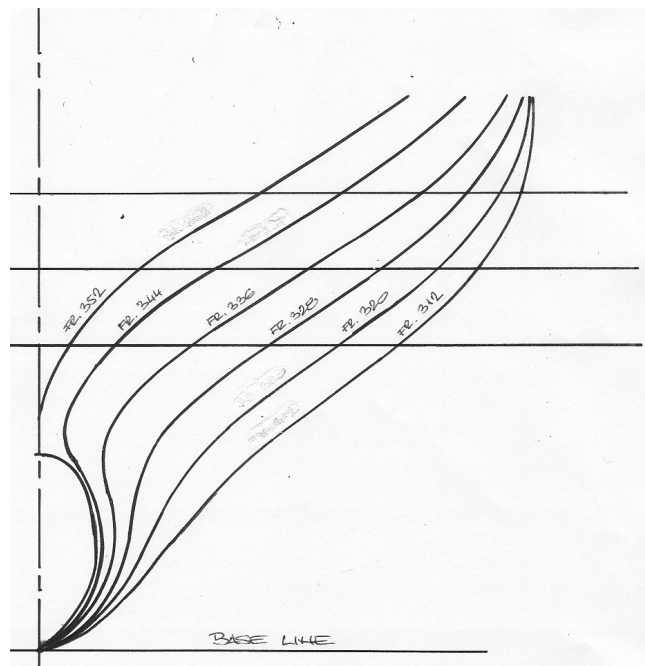


Fig. 3 Bow form

Slika 3. Forma pramca

4. Bowflare slamming pressure estimation

For selected positions six different Rule calculation procedures have been applied and following values of bowflare slamming pressures, shown in Fig. 4, have been obtained.

For the time being analysis is limited to pressure estimation only. Previous work (Bajič&Prpić-Oršić, 2009) has shown that, with respect to thickness and at least considering ABS, DNV and LR, formulas for scantlings determination were quite similar. Therefore, conclusions made only on the basis of the pressures were still approximately valid for the final scantlings too. However, intention is to continue with this analysis in the future and also elaborate scantlings in terms of plating thickness and section modulus of primary and secondary members.

As can be seen from the Fig. 4, BV, DNV and LR values are roughly similar. GL and ABS values, apart from few points, are significantly lower especially where bow flare angles are lower. Great oscillations in calculated pressures have been noted in case of KR. As explained later, these oscillations are mainly the function of the oscillations of hull form coefficients.

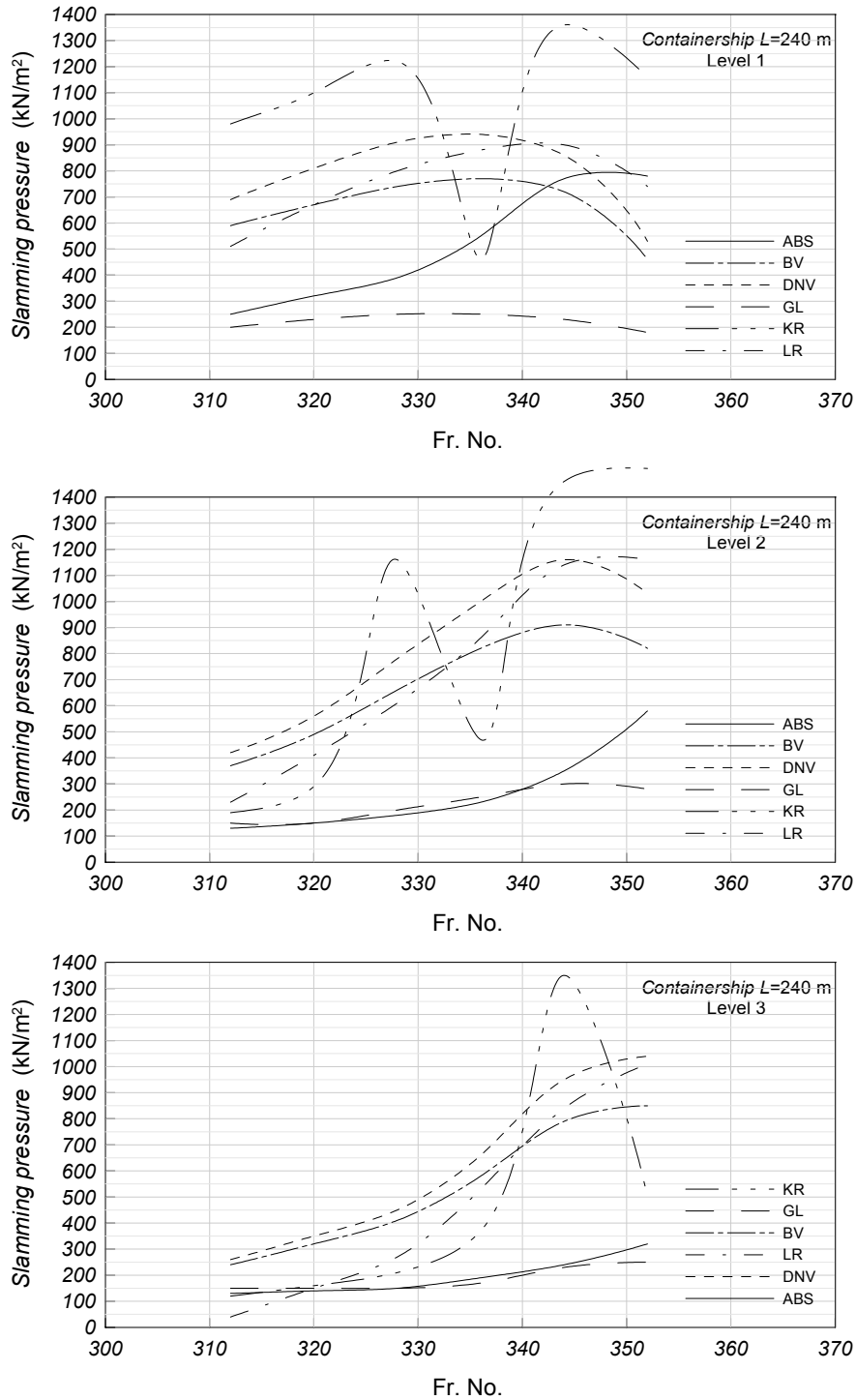


Fig. 4 Pressure distribution over decks

Slika 4. Razdioba tlakova po palubama

5. Bowflare slamming formulas decomposition

Generally, slamming pressure is considered as a proportional to the square of the relative velocity v_r between the wave and ship bow at the instant of impact expressed in broad terms as

$$p = \frac{1}{2} \rho \cdot k \cdot v_r^2 \quad (1)$$

where ρ is a water density and k is a non-dimensional hull form coefficient. In the following paragraphs, for various classification societies, calculated pressure has been decomposed in order to extract relative velocities and hull form coefficients as estimated by each society. Furthermore, influence of each on these two parameters on the final value of calculated pressure has been analysed.

ABS has not been included since in this instance it was not feasible to extract above mentioned two parameters from pressure estimation formula.

As regards to LR, in order to simplify the analysis, part of the pressure caused by forward ship speed is neglected since it generally constitutes for only up to max 3% of total pressure.

5.1. Hull form shape coefficient

When comparing hull form coefficients determined by classification societies with theoretical ones a following can be exhibited from the Fig. 5 Hull form coefficients as determined by LR are very well corresponding with those predicted by Von Karman's theory. On the other hand, coefficients as estimated by BV are close to those predicted by Ochi's theory. DNV appears to follow also Ochi's theory but with some additional safety margin. This may be expected since coefficients foreseen by the societies can usually include some safety factors obtain by calibration process on the damaged ships. No correlation has been found in case of GL while large oscillations are present in the case of KR.

As seen from the Fig. 6, GL generally have the lowest coefficients. LR values are slightly above. Greater values are used by BV while the greatest values of hull form coefficients are those foreseen by DNV. As said previously, large oscillation of hull form coefficients have been noted in case of KR. As per separate analysis this phenomena is mainly caused by coefficient K_p that has large step when corrected flare angle reaches 18 degrees.

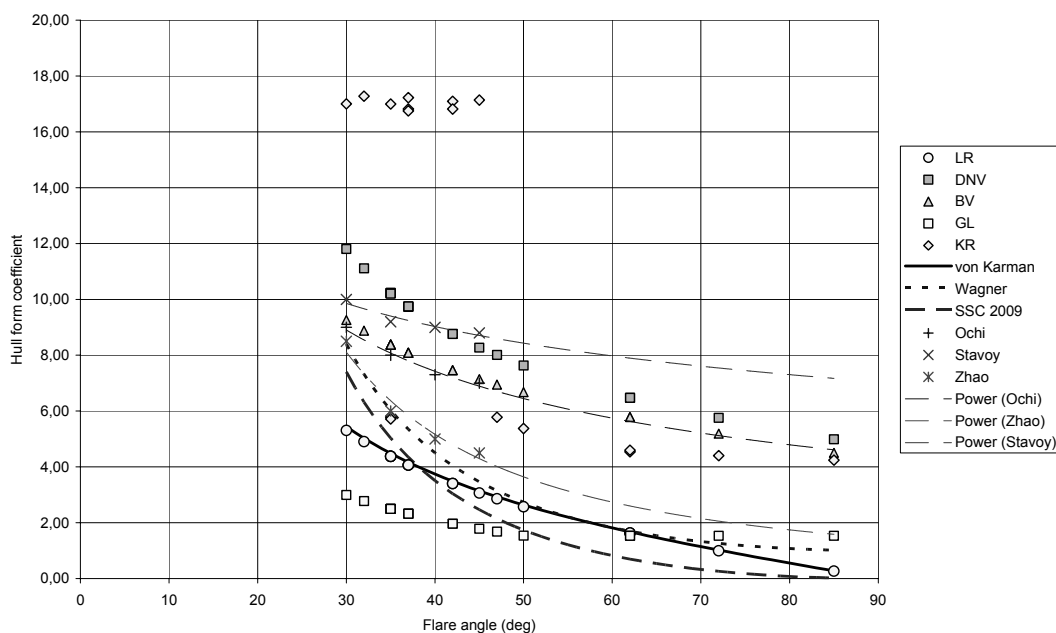


Fig. 5 Hull form coefficients

Slika 5. Koeficijenti forme trupa

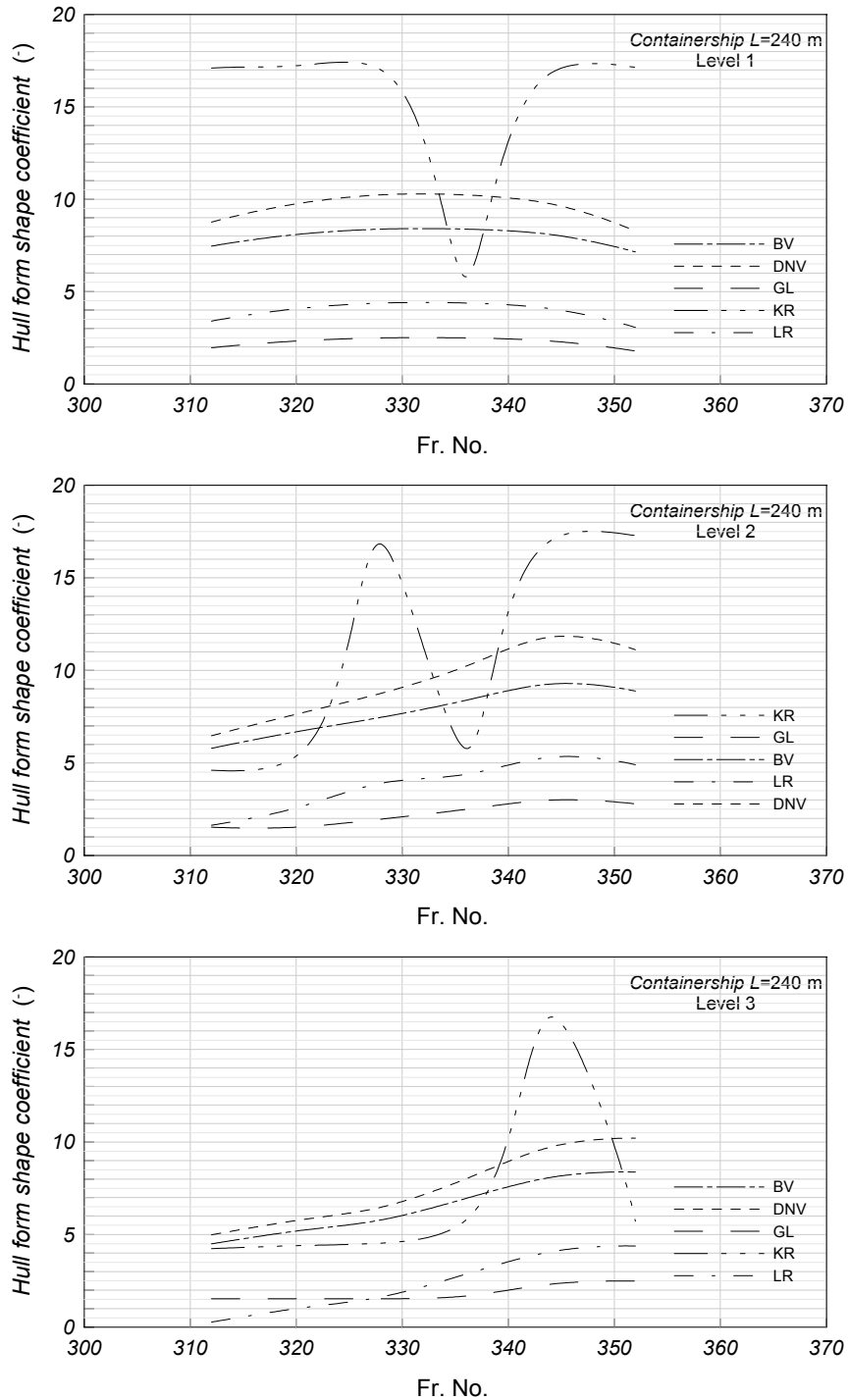


Fig. 6 Hull form shape coefficient over decks

Slika 6. Koeficijent oblika forme po palubama

5.2. Impact velocity estimation

With respect to relative impact velocities, diagrams in Fig. 7 show less difference between various classification societies when compared to differences found for hull shape coefficients. In case of velocities, the lowest values are those estimated by KR. Slightly higher are those calculated by BV and DNV having the same formula for relative impact velocity. GL in this case has a constant value generally slightly above BV and DNV estimation. The highest values are those as calculated by LR. Both, KR and in particular LR show trend of

increase of relative velocity towards the fore end that is perfectly to expect since these velocities mostly influenced by pitching.

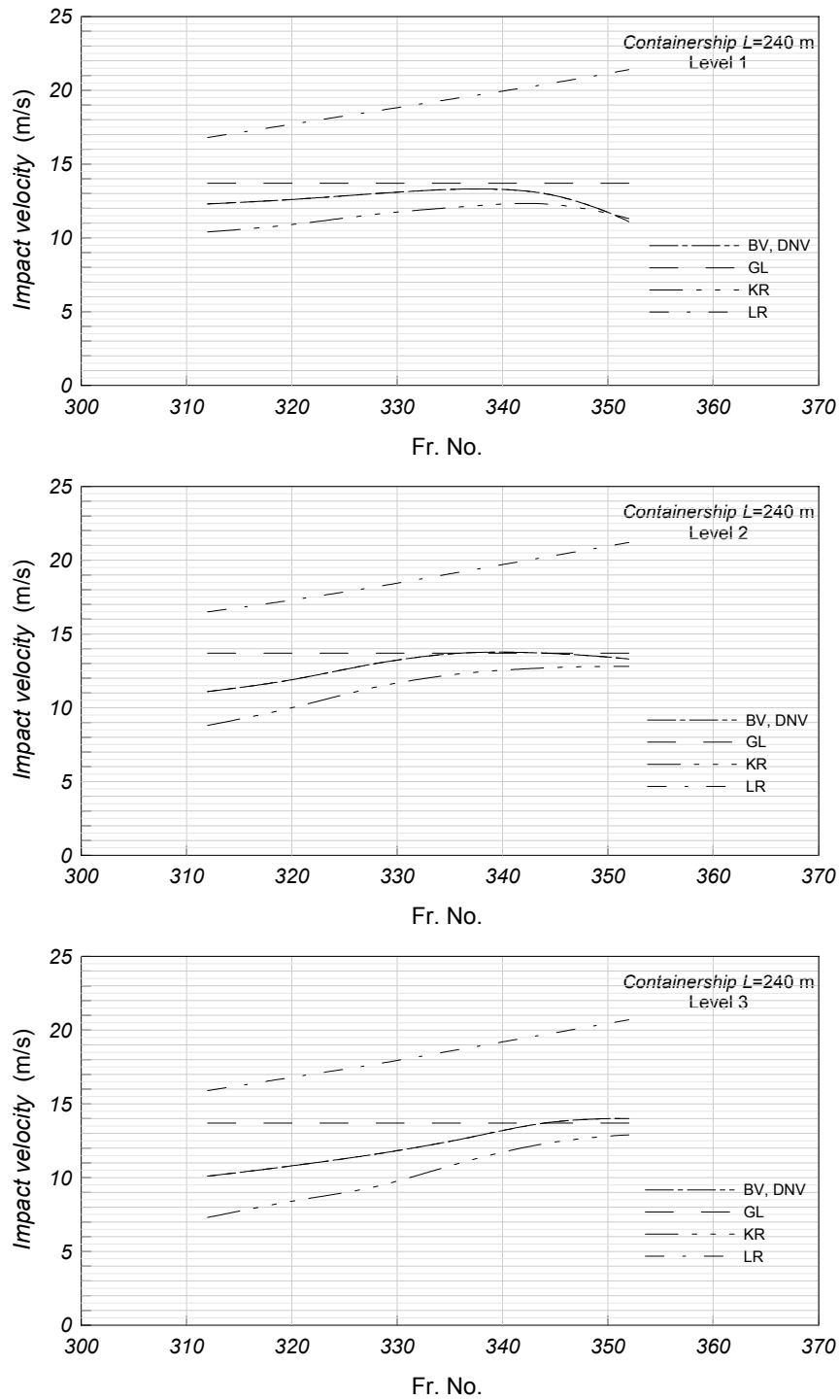


Fig. 7 Impact velocity over decks
Slika 7. Udarna brzina po palubama

6. Sensitivity study

Differences found in the comparison of bowflare pressure values are significant. Analyzing the different empirical formulas as proposed in the Rules by each classification society it is not possible to get insight into the background of their procedures. For example LR requirements originally were developed from a comparative study carried out on cargo ships which experienced fore end damages from heavy weather and on undamaged ships having a similar configuration and service speed (to ensure that strengthening for bow slamming was not carried out unnecessarily). This method was further calibrated using general cargo ship type hull forms, i.e. moderate block and moderate speed hull forms. Later, it was found that these requirements were not adequate for high speed hull forms with more significant bow flare angles. For this reason a revised bow flare slamming pressure requirement was introduced for passenger ships, Ro-Ro ships, ferries and container ships. This method is based on the theoretical approach using ship motions correlated with service experience.

The summary of input parameters for calculation of slamming pressures has been listed at Table 1. Therefore, at this stage, it was decided to examine the differences in the results through influence of various input parameters. Only parameters required by all societies are considered. Among them ship speed V , distance of considered point from waterline z_p (calculated as difference of distance of considered point from baseline z'_p and draft T) and angle between side shell and waterline in a transverse section β have been selected as the most influential ones. Moreover, the influence of block coefficient C_B and angle between axes x and section inclination in horizontal plane, γ , on pressure values have been examined. It is important to point out that medium increment of pressure is calculated as an average for the entire bow region. The results are shown in the Figures 8 to 12. respectively.

Table 1 Input parameters

Tablica 1. Ulazni parametri

	LR	ABS	DNV	BV	GL	KR
L	✓	✓	✓	✓	✓	✓
C_B	✓	✓	✓	-	-	✓
V	✓	✓	✓	✓	✓	✓
T	✓	✓	✓	✓	-	✓
β	✓	✓	✓	✓	✓	✓
γ	✓	✓	✓	✓	-	✓
α	✓	-	-	-	-	-
x_p	✓	✓	-	-	-	✓
z'_p	✓	✓	✓	✓	-	✓
Stem angle	-	✓	-	-	-	-
Half breadths	-	✓	-	-	-	-
B	-	-	✓	-	-	✓
D	-	-	-	-	-	✓

As regards ship speed, lowest influence has been noted in case KR. Slightly larger and very similar dependency has been noted in case of LR, DNV, BV and GL. The biggest influence of speed has been noted for ABS.

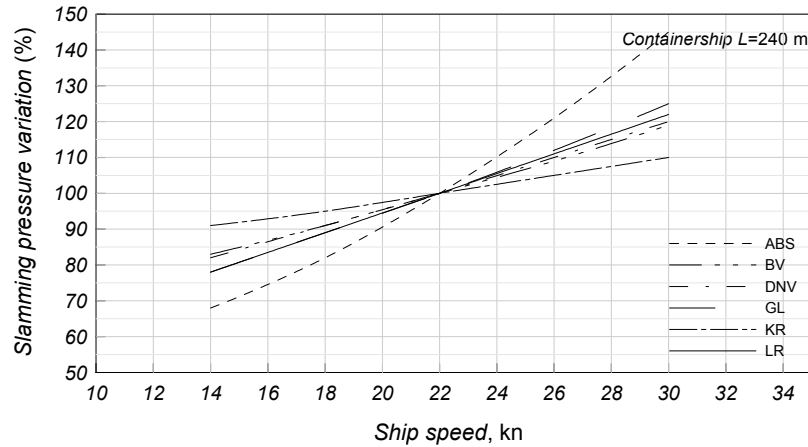


Fig. 8 Ship speed influence on slamming pressure

Slika 8. Utjecaj brzine broda na tlak udara

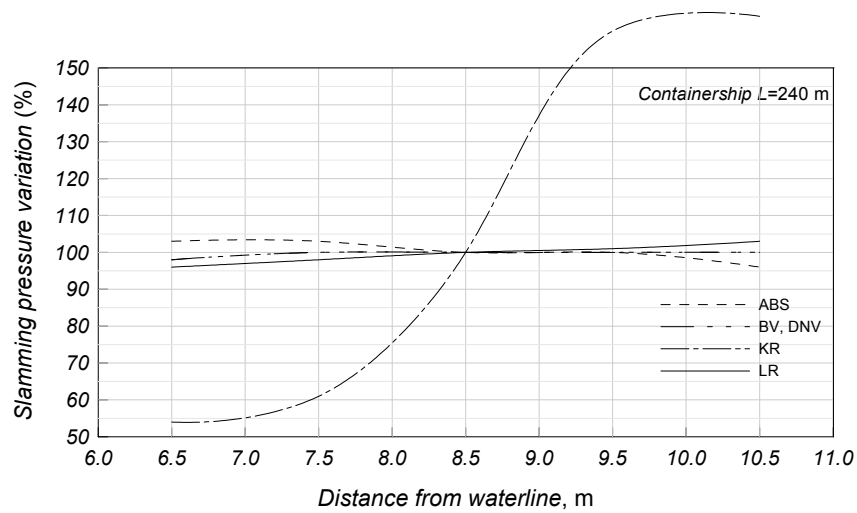


Fig. 9 Ship draught influence on slamming pressure

Slika 9. Utjecaj gaza broda na tlak udara

Apart KR, very small dependency on the distance of considered point from WL has been noted.

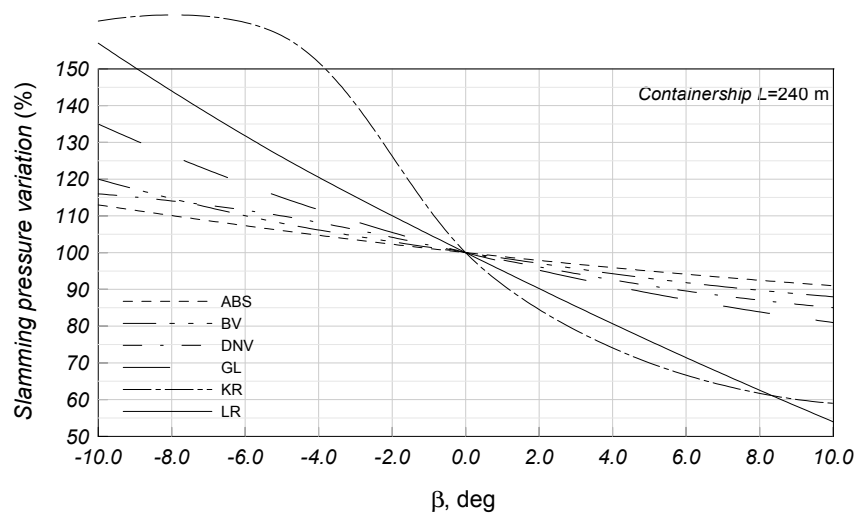


Fig. 10 Angle influence on slamming pressure

Slika 10. Utjecaj kuta na tlak udara

Variation of flare angle showed generally to have large impact on the calculated pressure. This has been particularly noted in case of KR and LR, and partially GL.

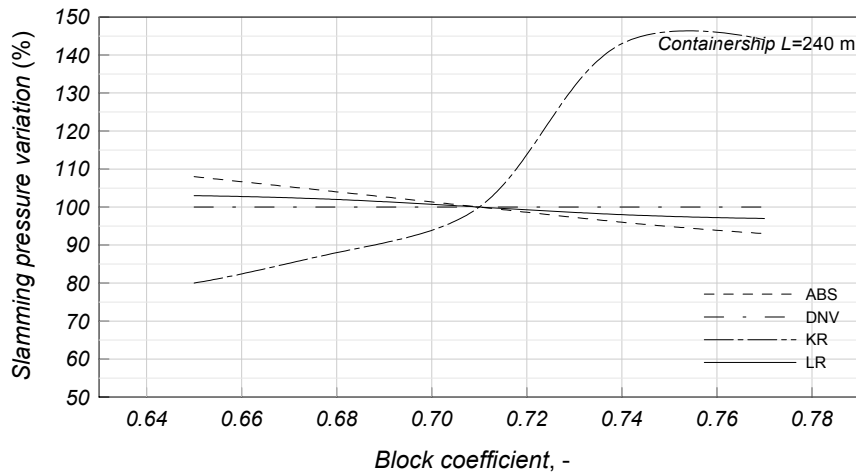


Fig. 11 Block coefficient influence on slamming pressure

Slika 11. Utjecaj koeficijenta punoće na tlak udara

Apart from KR, very small dependency on the block coefficient has been noted.

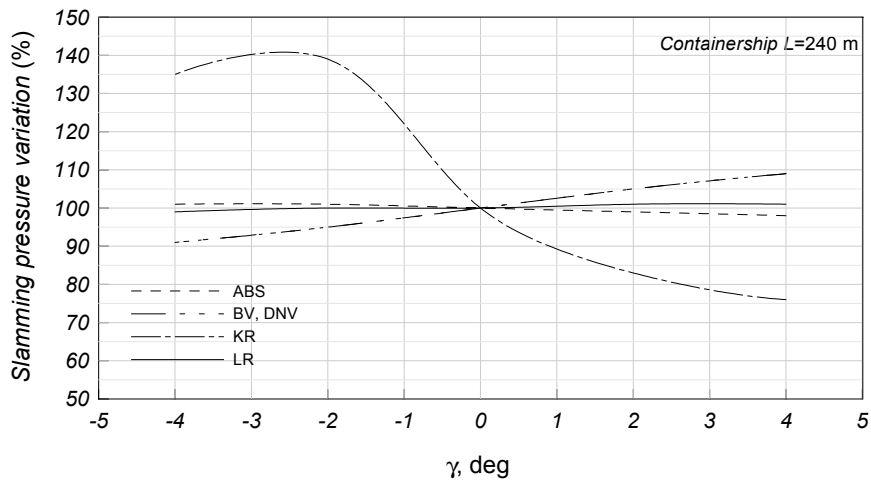


Fig. 12 Angle influence on slamming pressure

Slika 12. Utjecaj kuta γ na tlak udara

Apart KR, very small dependency on the WL angle has been noted.

7. Conclusion

This analysis has shown that various classification societies have very different approach when calculating bowflare pressures. Bigger differences have been noted in case of hull form coefficients while relative impact velocities were closer.

Sensitivity analysis has shown that the most governing criteria in the pressure calculation is flare angle.

The further investigation, still in terms of pressures, will be directed toward analyzing novel forms extreme bowflare slamming pressures by direct calculation and comparing it with values estimated by empirical formulas.

REFERENCES

- [1] American Bureau of Shipping, 2006, Rules for Building and Classing Steel Vessels, Houston
- [2] D. Bajič, J. Prpić-Oršić, Comparison of various classification societies requirements, ASDEPP Workshop, Split, Croatia, 2010.
- [3] Bureau Veritas, 2009, Rules for the classifications of steel ships, Part D- Containerships, Neuilly-sur-Seine Cedex
- [4] J. Daidola, and V. Mishkevich, 1995, Hydrodynamic impact on displacement ship hulls, Ship Structure Committee SSC-385, Washington
- [5] Det Norske Veritas, 2004, Rules for Ships, Hovik
- [6] O.M. Faltinsen, 2005, Hydrodynamics of High-Speed Marine Vehicles, Cambridge University Press
- [7] Germanischer Lloyd, 2009, Rules for the classifications and construction of seagoing ships, Hamburg
- [8] A.A. Korobkin, 1996, Water impact problem in ship hydrodynamics, Advance in Marine Hydrodynamics, M. Ohkusu, Ed (Chap.7), Computational Mechanics Publishing, Southampton, Boston
- [9] A.A. Korobkin, 2005, Analytical Models of Water Impact, Euro. J. Applied Mathematics, 16, pp.1 – 18
- [10] Korean Register, 2009, Rules for the classifications of steel ships, Seoul
- [11] Lloyd's Register, July 2009, Rules and Regulations for the Classification of Ships, London
- [12] H. Sun and O.M. Faltinsen, 2007, Water Impact of Horizontal Circular Cylinder and Cylindrical Shells, Applied Ocean Research, Vol.28, pp.299-311
- [13] K. Takagi and Y. Ogawa, 2007, Flow Models of the Flare Slamming, Proc. of International Conference on Violent Flows, pp.173-179

*Kalman Žiha, Joško Parunov, Maro Ćorak,
Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture, Zagreb*

THE CSR SHIP HULL GIRDER ULTIMATE STRENGTH CHECK PROCEDURE REVISITED

Summary

This technical note firstly reminds on the idealized elastic-plastic modeling of the ultimate strength of structural elements. Next it reviews the ultimate strength assessment procedures for the ship's hull supported by the Common Structural Rules (CSR) and by the American Petroleum Institute (API) standards. In the continuation the study compares the idealized ultimate strength assessments according to the flow stress approach recommended by the API-579 standards and the minimal yield strength approach as it is adopted by the CSR. At the end, the two approaches are separately applied to recently build five tankers and three bulk carriers following the simplified iterative-incremental method for ultimate strength assessment of the ship hull girder implemented in the program MARS. The paper indicated the differences in participation of buckling and plastic yielding in the total ultimate bending strength of the hull girder. The conclusion is that there are significant potential reserves in the hull girder ultimate strength with respect to the various assessments based on the idealized computational procedure recommended by the CSR.

Key words: *ship hull, common structural rules, API standards, ultimate strength*

PREISPITIVANJE ZAJEDNIČKIH PROPISA ZA PROCJENU GRANIČNE ČVRSTOĆE BRODSKOG TRUPA

Sažetak

Ovaj tehnički prikaz najprije podsjeća na idealizirano elasto-plastično modeliranje granične čvrstoće strukturnih elemenata. Potom daje preglede postupaka za procjenu granične čvrstoće broskog trupa podržane u zajedničkim propisima za konstrukciju Common Structural Rules (CSR) i one dane u standardima američke naftne industrije American Petroleum Institute (API). U nastavku se uspoređuju idealizirane procjene prema naprezanju tečenja preporučene od strane API-579 standarda i prema minimalnom naprezanju popuštanja prema CSR. Na kraju, dva su pristupa zasebno primijenjena u procjeni granične čvrstoće trupova pet nedavno izgrađenih tankera i tri broda za rasute terete primjenom preporučenog pojednostavljenog iterativno-inkrementalnog postupka i to provedbom sa programom MARS. U radu su pokazani i udjeli izvijanja i plastičnog popuštanja u ukupnoj graničnoj čvrstoći broskog trupa. Zaključak je ovog ispitivanja da postoje značajne zalihe u graničnoj čvrstoći broskog trupa obzirom na različite procjene koje daje idealizirani računski postupak preporučen zajedničkim propisima.

Ključne riječi: *brodski trup, zajednička pravila za trup, API standardi, granična čvrstoća*

1. Introduction

The elastic-perfectly-plastic idealization of material behavior in assessment of the ultimate strength is commonly used in practical structural engineering and engineering of materials. Subsequently, the CSR for tankers and bulk carriers (IACS, 2006) 1, 2 applies material behavior idealization in assessment of the plastic collapse of hull girder scantlings embedded as the load-end shortening curves in the iterative-incremental calculation procedure. However, the results in prediction of the elastic-plastic collapse depend on the true material properties and may significantly differ for various idealization methods. Therefore the study considers the current CSR with respect to the practice of elastic-plastic modeling of steel materials in other engineering applications. For this reason the note investigates the application of the flow stress approach supported by API-579 standards (API, 2000) 3 to ship hull ultimate strength assessment instead of the minimal upper yield stress in the iterative-incremental calculation as it is used by CSR. The aim of this comparison is to find out the potential reserve in ship hull girder ultimate strength with respect to the calculation procedure supported by the CSR, if any, as a consequence of various idealization models in the elastic-plastic approaches to ultimate strength assessment.

2. The application of ideal elastic-perfectly plastic material behavior model

Study of the plastic behavior of structural elements is concerned with the analysis of stresses and strains in the plastic as well as elastic ranges. It provides a more realistic estimate of the ultimate load carrying capacities of structures and gives a more complete understanding of the ultimate response of structural elements to external loads. The practical engineering uses several idealized models to study structural deformations due to material yielding in plastic region as it is summarized in the sequel.

- a) The most frequently used approximation is the elastic-perfectly plastic model. The simple elastic-perfectly plastic model approximates the experimental engineering stress-strain curve, Fig.1 (a), commonly assuming that the plasticity occurs as the flow stress σ_f reaches the yield stress σ_y , Fig. 1(b).

$$\sigma_f = \sigma_y \quad (1)$$

This simple model neglects entirely the effect of work hardening being in this sense from the beginning conservative with respect to the ultimate strength assessment, Fig. 1. The results represent the minimal ultimate strength. Therefore the material flow stress σ_f is to be defined differently of the yield stress σ_y in order to compensate the effect of the work hardening till reaching the ultimate stress σ_u .

- b) Another elastic-perfectly plastic model assumes that plastic flow occurs at the stress level between the yield stress σ_y and ultimate stress σ_u , Fig. 1 (c).

$$\sigma_f = \sigma_y + c \cdot (\sigma_u - \sigma_y) \quad (2)$$

The flow stress σ_f is the stress along one axis at a given value of strain that is required to produce plastic deformation.

The modification (2) enhances the simple elastic-perfectly plastic idealization by indirect approximation of the work hardening in the idealized model (1). The material work

hardening represents a potential reserve in ultimate strength assessment in (2) with respect to the simple elastic-perfectly plastic model (1) that will be investigated in the sequel.

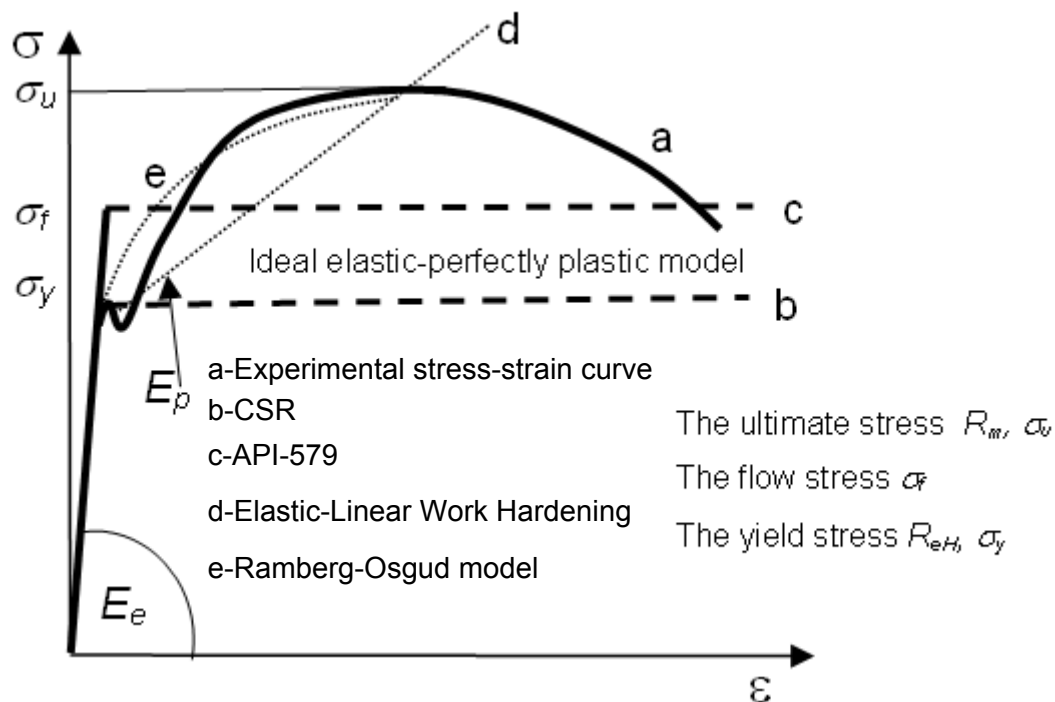


Figure 1. Idealizations of engineering stress-strain models

Slika 1. Idealizacija inženjerskih modelanapreznaja-deformacije

There are some other idealized models using different approximation methods for the stress-strain relation.

- c) The Elastic-Linear Work Hardening Model: In this model the elastic and plastic regions are approximated by two straight lines. The first line with $\epsilon = c / E_e$ a slope of E_e which represents the elastic region and the second line $\epsilon = c_y / E_e + (c - c_y) / E_p$ with slope E_p which represents the plastic region, Fig. 1 (d).
- d) The Elastic-Experimental Hardening model fits the experimentally obtained stress-strain curve more closely by modeling the work hardening region with an exponential curve $c = k\epsilon^n$.

The Ramberg-Osgood Model represents the stress-strain curve with a power functions

$$\epsilon = \frac{\sigma}{E} + a \left(\frac{\sigma}{b} \right)^n, \text{ Fig. 1 (e).}$$

3. The CSR recommendation for the ship hull girder ultimate strength check

In definition of functional requirements relevant to ship structure the ultimate strength calculations have to include ultimate girder capacity and ultimate strength of plates and stiffeners for ships equal or greater than 150 meters in length. The ultimate strength of the hull girder is to withstand the maximum vertical longitudinal bending moment obtained by multiplying the partial safety factor and the vertical longitudinal bending moment at 10^{-8} probability level (IACS, 2006) 1, 2 .

3.1. Hull girder bending moment

The vertical hull bending moment M in sagging and in hogging conditions, to be considered in the ultimate strength check of the hull girder, is to be obtained, in kNm , in intact, flooded and harbor conditions, from the following formula:

$$M = M_{SW} + \gamma_W M_{WV} \quad (3)$$

where:

M_{SW} , $M_{SW,F}$, $M_{SW,P}$: Design still water bending moment, in kNm , in sagging and hogging conditions at the hull transverse section considered, to be calculated respectively in intact (M_{SW}), flooded ($M_{SW,F}$) and harbor ($M_{SW,P}$) conditions,

M_{WV} , $M_{WV,F}$, $M_{WV,P}$: Vertical wave bending moment, in kNm , in sagging and hogging conditions at the hull transverse section considered, respectively in intact (M_{WV}), flooded ($M_{WV,F}$) and harbor ($M_{WV,P}$) conditions,

γ_W : Safety factor on wave hull girder bending moments, taken equal to $\gamma_W = 1.20$.

The ultimate bending moment capacities of a hull girder transverse section, in hogging and sagging conditions, are defined as the maximum values of the curve of bending moment capacity M versus the curvature χ of the transverse section considered. The curvature χ is positive for hogging condition and negative for sagging condition. The curve M - χ is to be obtained through an incremental-iterative procedure, according to the criteria specified by the CSR 1, 2 .

The vertical hull bending moment M is to be checked that the hull girder ultimate bending capacity at any hull transverse section is in compliance with the following formula:

$$M \leq \frac{M_u}{\gamma_R} \quad (4)$$

where:

M_U : Ultimate bending moment capacity of the hull transverse section considered, calculated with net offered scantlings based on gross offered thickness reduction, in kNm :

$M_U = M_{UH}$ in hogging conditions,

$M_U = M_{US}$ in sagging conditions,

M_{UH} : Ultimate bending moment capacity in hogging conditions, in kNm

M_{US} : Ultimate bending moment capacity in sagging conditions, in kNm ,

M : Bending moment, in kNm , for the ship in intact, flooded and harbor conditions,

γ_R : Safety factor taken equal to 1.10.

3.2. Elastic-plastic collapse of structural elements

The equation describing the load-end-shortening curve for the ideal elastic-plastic collapse of structural elements composing the hull girder transverse section is to be obtained from the following formula, valid both for positive (shortening) and negative (lengthening) strains:

$$\sigma = \Phi \cdot R_{eH} \quad (5)$$

The edge function Φ in (5) is defined as:

$$\Phi = -1 \quad \text{for} \quad \varepsilon < -1$$

$$\Phi = \varepsilon \quad \text{for} \quad -1 < \varepsilon < 1$$

$$\Phi = 1 \quad \text{for} \quad \varepsilon > 1$$

The relative strain is defined as $\varepsilon = \frac{\varepsilon E}{\varepsilon_Y}$ and the strain at yield stress is equal to $\varepsilon_Y = \frac{R_{eH}}{E}$.

R_{eH} : in (5) is the minimum yield stress (σ_y), in N/mm², of the material and E is the Young's modulus, in N/mm², to be taken equal to $E = 2.06 \cdot 10^5$ N/mm², for steels in general.

3.3. Beam column buckling, torsional buckling, web local buckling of ordinary stiffeners made of flat bars, plate buckling

The ultimate buckling strength checking does not account for material ultimate stress and employs only the minimal yield stress in two ways:

to determine the criterion (Johnson-Ostenfeld's parabola) for elastic and plastic buckling behavior

to determine the effective width of attached shell plating

Note how the flow stress (5) does not affect directly the ultimate buckling strength checking only indirectly whether the buckling occurs in elastic or plastic region of material behavior.

4. API-579 "Engineering Failure Analysis" standards

The flow stress can be thought of as the effective yield strength of a work hardened material. The use of a flow stress concept permits the real material to be treated as if it were an elastic-plastic material which can be characterized by a single strength parameter. The flow stress can be used, for example, as the stress level in the material that controls the resistance of structure to failure by plastic collapse.

Several relationships for estimating the flow stress have been proposed by API-579 (API, 2000) 3 :

1. The average of the yield and tensile strength (recommended for most assessments).

$$\sigma_f = \sigma_y + \frac{\sigma_u - \sigma_y}{2} \quad (6)$$

Where in (6) σ_y - is the yield stress and σ_u - is the tensile stress.

2. The yield strength plus 69 MPa (normally the statistical mean value of the yield strength):

$$\sigma_f = \sigma_{ys} + 69 \text{ MPa} \quad (7)$$

3. If Ramberg-Osgood parameters are available, the flow stress can be computed using the following equation.

$$\sigma_f = \frac{\sigma_{ys}}{2} \left[1 + \frac{\left(\frac{1}{0.002n} \right)^{1/n}}{\exp\left(\frac{1}{n}\right)} \right] \quad (8)$$

In the absence of a material test report for plate and pipe, and for weld metal, the specified minimum yield strength and the specified minimum tensile strength for the material can be used to calculate the flow stress. The mechanical properties of shipbuilding steels are summarized in Table 1.

5. The calculation procedure

The study investigates the current CSR 1, 2 iterative-incremental computational procedure with respect to various idealizations in elastic-plastic collapse assessments of structural elements.

The underlying idea of the study is to replace the minimal yield stress R_{eH} in the load-end-shortening formula (5) given in CSR with the flow stress σ_f recommended by API-579 standards (6) 3 as follows:

$$\sigma = \Phi \cdot \sigma_f \quad (9)$$

The hull girder ultimate strength assessment is then to be repeatedly performed with newly introduced values for flow stress σ_f and compared to the results from the formerly executed CSR procedure 1, 2 with minimal yield stress values R_{eH} .

6. Material mechanical properties

The mechanical properties of commonly used MS and HT shipbuilding steels are summarized next, Table 1.

Table 1. The mechanical properties of commonly used MS and HT shipbuilding steels in N/mm^2

Tablica 1. Mehanička svojstva običnog brodograđevnog čelika i čelika povišene čvrstoće

Steel	Yield stress	Ultimate stress	Mean(σ_y)	Flow stress
	ReH min (σ_y)	Rm (σ_u)	+69MPa	$\sigma_f = \sigma_y + (\sigma_u - \sigma_y)/2$
MS	235	400-520	304	317-377
HT32	315	440-570	384	377-442
HT36	355	490-630	324	422-492
HT40	390	510-660	459	450-525

7. Examples

The following example reconsiders the ultimate strength for five tankers and three bulk carriers formerly assessed by using CSR 1, 2 recommended values of minimal shipbuilding steel yield stresses (IMAM, 2009) 5, Table 1. The results for elastic, fully plastic and ultimate bending moments for hogging and sagging conditions are obtained by using the computer program MARS (BV, 2003) 4 based on incremental-iterative algorithm, Table 2.

The ultimate strength assessment is repeatedly performed by using the API-579 3 recommended values for the flow stresses f (6) instead of the minimal yield stress R_{eH} (5), using the minimal ultimate (or tensile) stress according to classification rules (value to the left in the third column), Table 1. The study focused on the ultimate bending strength reserve with respect to the CSR required safety factor R equal to 1.10 relative to the design vertical bending moment M of the ship hull(4), Table 3.

8. Conclusion

The study investigated how various methods of idealization of true material yielding behavior affect the ship hull girder ultimate strength assessments. The most frequently used elastic-perfectly plastic model that is also adopted by the CSR for tankers 2 and bulk carriers 1 approximates the experimental engineering stress-strain curve commonly assuming that plasticity occurs when the flow stress reaches the yield stress. Moreover, the CSR accept the minimal declared that is the nominal yield stress giving the minimal ship hull ultimate strength, which itself already introduces reserves with respect to the actual structural strength. The simple idealization model neglects entirely the effect of work hardening being in this sense conservative at the beginning. The API standards takes the material flow stress above the yield stress in order to compensate the effect of the work hardening till reaching the ultimate stress. The study therefore calculated the potential reserve in ship hull girder ultimate strength with respect to the simple elastic-perfectly plastic model used by CSR but now additionally accounting for material work hardening as it is adopted by application of modified flow stress recommended API standards. The calculation procedure in the study applied both for the CSR and for API approaches the iterative-incremental procedure as it is recommended by CSR. The calculation is performed using the computer program MARS 4, Table 2. Former investigations on recently built tankers and bulk carriers (IMAM, 2009) 5 indicated how the ultimate strength of ship hull girder abundantly satisfies the rule requirement of partial safety factor R at least amounting to 1.1 with respect to the design bending moment, Table 3. The study presented herein shows that the ultimate strength could be considered even higher if the potential reserve due to shipbuilding steel work hardening is taken into account by modified elastic-perfectly-plastic model with flow stress instead of the minimal yield stress.

Table 2. Longitudinal strength data of considered tankers (T) and bulk carriers (B)**Tablica 2.** Podaci o uzdužnoj čvrstoći razmotrenih tankera (T) i brodova za rasute terete (B)

Items		T1	T2	T3	T4	T5	B1	B2	B3
Lpp	m	236	268	258	235	175.5	228	277	266
B	m	42	48.2	46	42	40	32.24	45	42
H	m	21	23	22.6	21.3	17.9	18.3	24.1	23
d	m	15.6	17.1	15.3	14.8	13	12.74	17.7	16.95
DWT	t	108000	166163	126653	107160	65200	65000	unknown	unknown
M_H	$10^6 kNm$	6.41	9.75	8.85	6.89	3.64	4.52	9.96	8.1
M_S	$10^6 kNm$	5.93	9.75	8.77	5.99	3.16	4.06	9.96	8.1
CSR	$\sigma_f = R_{eH} \text{ N/mm}^2$								
R_{eH}	N/mm^2	315	315	315	355	315	315	315	355
M_e	$10^6 kNm$	9.47	14.18	12.59	10.34	6.23	6.43	14.04	12.19
M_p	$10^6 kNm$	12.05	16.53	15.67	12.58	7.59	7.4	16.93	13.81
M_{uH}/M_{uS}	λ_{hs}	1.30	1.17	1.25	1.25	1.43	1.21	1.27	1.18
M_{uH}/M_p	λ_{ph}	0.90	0.91	0.90	0.88	0.93	0.93	0.94	0.92
M_{uS}/M_p	λ_{ps}	0.69	0.78	0.72	0.70	0.65	0.77	0.75	0.79
API-579	$\sigma_f = \sigma_y + (\sigma_u - \sigma_y)/2 \text{ N/mm}^2$								
σ_f	N/mm^2	377	377	377	422	377	377	377	422
M_e	$10^6 kNm$	11.30	16.93	15.03	12.29	7.45	7.67	16.77	14.50
M_p	$10^6 kNm$	14.55	20.13	18.94	15.00	9.21	8.80	19.87	16.20
M_{uH}/M_{uS}	λ_{hs}	1.33	1.19	1.28	1.29	1.47	1.24	1.30	1.21
M_{uH}/M_p	λ_{ph}	0.87	0.89	0.88	0.86	0.91	0.94	0.94	0.92
M_{uS}/M_p	λ_{ps}	0.66	0.74	0.69	0.67	0.62	0.76	0.72	0.76

The potential reserve of the ultimate strength measured with respect to the safety factor R obtained according to CSR idealized model with minimal yield stress, Table 2, could increase in amount up to 17-20% for hogging and 13-17% for sagging for API based flow stress assumption between the yield and ultimate stress, Table 3. The reserve could be even greater if instead of the minimal values of yield and ultimate stresses their mean or upper values would be taken into calculation.

The relation between the hogging and sagging ultimate bending moments $M_{uH}/M_{uS} > 1$, Table 2, indicate that buckling failures have expectedly less influence in the hogging conditions than in the sagging condition. The relations between the hogging M_{uH}/M_p or sagging M_{uS}/M_p ultimate bending moments and the fully plastic moment can be considered as the yielding index that show how in the hogging condition about 87-94% of the ultimate bending moment is due the regular yielding while the rest refers to buckling and early yielding, if any, Table 2. In the sagging condition that ratio is different, where about 62-79% of failures are due to regular yielding and the rest of the ultimate bending moment refers to buckling and early yielding, if any, Table 2.

Table 3. Ultimate strength checking for tankers and bulk carriers

Tablica 3. Provjere granične čvrstoće tankera i brodova za rasute terete

Items		T1	T2	T3	T4	T5	B1	B2	B3
σ_f/R_{eH}		1.20	1.20	1.20	1.19	1.20	1.20	1.20	1.19
CSR		$\sigma_f=R_{eH} \text{ N/mm}^2$							
M_{uH}/M_H	γ_{Rh}	1.51	1.38	1.44	1.45	1.77	1.36	1.43	1.41
M_{uS}/M_S	γ_{Rs}	1.24	1.17	1.80	1.31	1.40	1.23	1.13	1.20
API-579		$\sigma_f=\sigma_y+(\sigma_u - \sigma_y)/2 \text{ N/mm}^2$							
M_{uH}/M_H	γ_{Rh}	1.77	1.64	1.70	1.70	2.10	1.64	1.68	1.65
M_{uS}/M_S	γ_{Rs}	1.42	1.36	2.08	1.48	1.60	1.44	1.28	1.35
<i>Hog</i>	$\gamma_{R,API}/\gamma_{R,CSR}$	1.18	1.18	1.18	1.17	1.19	1.20	1.18	1.17
<i>Sag</i>		1.15	1.16	1.16	1.13	1.15	1.17	1.13	1.13

The increase of the material flow stress above the yield stress in order to compensate the effect of the work hardening till reaching the ultimate stress σ_u leads to higher ultimate strength of the hull girder. However, this increase is slightly lower, 17-20% for hogging and 13-17% for sagging conditions, Table 3, compared to the increase of the material flow stress (20% in the example). That arises from the fact that higher material flow stress assured higher resistance against yielding while it has small effect on the buckling. The relation $\gamma_{Rh,API}/\gamma_{Rs,CSR}$ in Table 3, confirms once again that buckling jeopardize the ship hull more in sagging than in hogging condition.

REFERENCES

- [1] IACS (2006): Common Structural Rules for Bulk Carriers, January 2006.
- [2] IACS (2006): Common Structural Rules for Double Hull Oil Tankers, January 2006.
- [3] API Recommended Practice 579 (2000): Fitness for Service, First Edition, 2000.
- [4] Bureau Veritas (2003): MARS 2000, Paris, 2003.
- [5] M. Čorak, J. Parunov, K. Žiha (2009): The relation of working and ultimate longitudinal strength of a ship hull girder in service, 13th Congress of Intl. Maritime Assoc. of Mediterranean, IMAM 2009, Istanbul, Turkey, 12-15 Oct. 2009.

Dani Dundara, Brodogradilište Uljanik, Pula
Obrad Kuzmanović, Brodogradilište Uljanik, Pula
Vedran Žanić, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje
Jerolim Andrić, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje
Pero Prebeg, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje

NEW INNOVATIVE DESIGN OF ROPAX SHIP

Summary

The objective of the paper is to present the main outcome regarding design of the new innovative Ro-Pax vessel developed through EU FP6 project IMPROVE. The main characteristics of the ship, based upon ship owner design requirements and shipyard preferences are presented. The primary focus was on the general ship design (Naval Architecture calculations: speed, power, damage stability, etc.) performed at ULJANIK shipyard. Different propulsion variants were compared and evaluated. Additional benefits can be achieved by structural optimization of deck transverses web height and superstructure topology, specially for multi-deck ships, in order to obtain lower Equipment Number and smaller Gross Tonnage reducing additionally vessel's price and port fees. Various structural arrangements of midship and superstructure were analyzed as a multi-objective design problem. Approach that combined ship general and ship structural design has been suggested for early design stage.

Key words: *Ro-Pax vessel, propulsion concept, ship structural optimization, early design phase.*

NOVI INOVATIVNI PROJEKT ROPAX BRODA

Sažetak

Cilj rada je prikazati glavne karakteristike projekta novog Ro-Pax broda razvijenog kroz EU FP6 projekt IMPROVE. Prikazane su glavne karakteristike projekta, temeljene na projektnim zahtjevima brodovlasnika i preferencijama brodogradilišta. Primarni fokus bio generalni projekt broda (različite brodograđevne kalkulacije: snaga, stabilitet, brzina, itd.) koje su provedene u brodogradilištu ULJANIK. Predloženi su i evaluirani različiti propulzijski koncepti. Dodatna uštede mogu se postići primjenom strukturne optimizacije visine poprečnih elemenata i topologije nadgrađa s ciljem smanjenja težine broda i prelaska u niži razred opremnog broja, što u konačnici dovodi do smanjenja cijene plovila i lučkih pristojbi. Različite topološke varijante glavnog rebra i nadgrađa su analizirane kao više-ciljni projektni problem. Za ranu fazu projekta predložen je postupak koji istovremeno razmatra generalno projektiranje broda i projektiranje strukture.

Ključne riječi: *RoPax brod, propulzijski koncepti, strukturna optimizacija trupa, rana projektna faza*

1. Introduction

The main objective of the EU FP6 IMPROVE project was to design 3 different types of a next generation vessels by integrating different aspects of ship structural design into one formal framework and applying it [1]. The nature of shipbuilding in Europe is to build small series of very specialized ships (the opposite of the Korean and Chinese shipyards). Thus, the IMPROVE project has addressed ships which, with their complex structures and design criteria, are at the top of the list for customization. The IMPROVE consortium has identified the next generation of Large ROPAX ship, Product/chemical carrier and LNG gas carrier as the vessels the most suitable for European yards to focus their energies on [2] and [3].

ULJANIK Shipyard in the last 10 years has designed several car-carriers, ConRo and ROPAX vessels for different ship-owners [4]. For a long period ULJANIK has strong cooperation with GRIMALDI GROUP as respectable ship owner regarding market needs and trends.

In Owner definition: RoPax Vessels are built to combine two genres of transport: the roll on roll of services (as trailer, semi trailers, cars and special cargo) and the passenger transfer, and of course to take profit out it. A close cooperation between the Shipyard and the Owner during the design phase and during the preparation of the technical specification is a key point to achieve above results. The development of the new products required a concurrent design, where new product design generations have to be developed in a multiple criteria decision making environment including multiple objective design and multiple attribute design evaluation stages. Overall goal is to increase the ship-owner's profit while at the same time to reduce shipyard production cost. To maximize the key performance indicators (KPI) for a multi-deck RoPax ship, various aspects of ship structural design were integrated into the multi-criteria (MC) optimization process. It is using, besides existing methods and tools, a number of new tools developed within IMPROVE project. The procedure was mainly split into two interconnected levels:

- (1) general ship design (GD) – optimization and selection.
- (2) ship structural design (SD) – optimization, selection and analysis.

Regarding general ship design the targets were:

- Selection of resistance friendly hull form,
- Smaller propulsion engine for the same speed,
- Reduced fuel oil consumption,
- Selection of a hull form in order to reduce a length of the engine room (increased length of cargo space).

Regarding ship structural design the targets were:

- Lower VCG (better stability).
- Reduced light ship weight (reduced displacement and propulsion power)
- Reduced maintenance cost

To achieve defined objectives an existing line of vessels, as designed by ULJANIK shipyard and GRIMALDI GROUP, was re-assessed (structural limit states, production cost, maintenance assessment).

2. General ship design

The primary focus was on the general ship design (Naval Architecture calculations: speed, power, damage stability, etc.) performed at ULJANIK and corresponding comparisons of selected propulsion variants. Within set requirements, the design considered large variations in seasonal trade (summer 1600pax, winter 100pax). The design was based on a successful existing contemporary ship, used as a prototype (Level 1).

The design methodology in the IMPROVE project defines three design levels:

- I. *STANDARD SHIP* is the existing ship or Yard prototype,
- II. *NEW SHIP* was designed during the first period of the project. The design was realized using mainly the existing methodology and will include improvements to the main dimensions, general arrangement, hydrodynamics and propulsion,
- III. *IMPROVED SHIP* was obtained starting from the Level II design and using results from multi-criteria structural optimization.

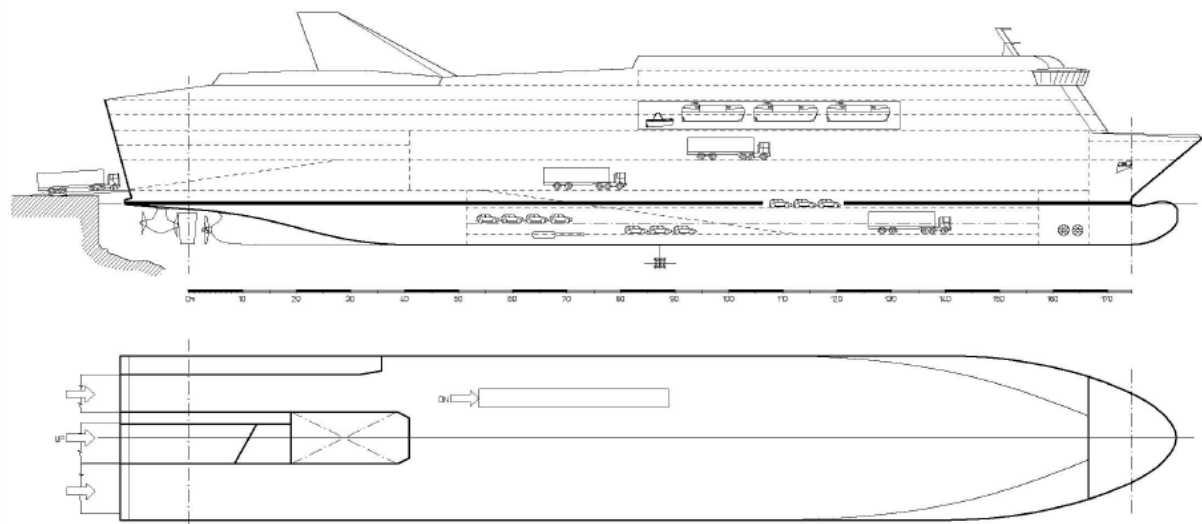


Fig. 1 Standard Ro-Pax Ship-Level I

Slika 1. Standardni projekt Ro-Pax broda-Nivo I

The project of Ro-Pax, developed before ten years by ULJANIK, has been considered as standard ship, Fig.1. The main characteristics of this ship are given below.

Main dimensions: Length overall – 193 + 4 m, Breadth – 29.0 m, Draft design – 6.7 m

Trial speed – 24.5 knots

Cargo capacities – Trailers 3000 lane meters + 300 cars

Capacities: HFO – 1400 m³, DO – 250 t, FW – 1200 m³, SW – 600 m³

Passengers: 166 cabins + 400 aircraft seats

Crew 74 cabins

The designed ship had to be propelled by two pods behind two skegs.

The optimized design (Level II), see Fig.2, has significant advantages as compared with reference RoPax ship(Level I), such as improved redundancy and simplicity of systems, improved manoeuvrability, optimized seakeeping and maximized comfort.



Fig. 2 New Ro-Pax ship design-Level II

Slika 2. Novi projekt Ro-Pax broda-Nivo II

Main dimensions of ROPAX concept design are optimized using TRIDENT/SEAKING software (ULJANIK/USCS software [5]) in order to obtain minimal main engine power and sufficient stability. The cargo capacities, restrictions of main dimensions, trial speed etc. are defined by ship-owner request. A new application was developed, which finds a best combination of main dimensions in order of minimize resistance. Original hull form was Uljanik's biggest PCTC, which was then transformed into new (Level II) form with smaller resistance, see Fig. 3.

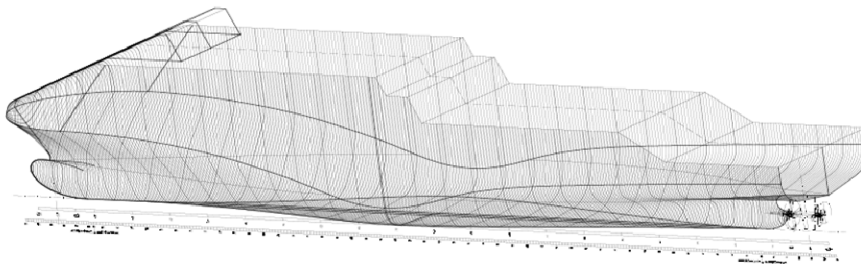


Fig.3 Body Lines of RoPax (Level II)

Slika 3. Brodske linije Ro-Pax broda-Nivo II

In comparison with standard ship, optimized design needs 2900 kW (abt. 11 %) less power due to different main particulars and hull form.

The main characteristics of a new ship:

Length overall abt 193 m

Length between perpendiculars: 180 m

Breadth: 29.8 m

Design draft: 7.5 m

Block coefficient: 0.53

Trial speed: 24.5 knots

Main engine power (MCR): 14940 kW

Active rudder output: 5000 kW

Capacities: HFO – 860 m³, DO – 440 t, FW – 1000 m³, SW – 600 m³

Passengers: 350 cabins + 200 aircraft seats

Crew 85 cabins

Loading/unloading of vehicles is done via stern ramp over four decks. Trucks and trailers are parked on tank top, freeboard deck and upper deck, while cars and smaller vehicles

are located on second deck. The total lane length is 3000 m plus 300 cars. There are two fixed ramp ways for transport connection between decks, one going from tank top to main deck with bridge extension to second deck and the other from main to upper deck. Passenger embarkment is done also via stern ramp over elevators to accommodation decks.

After the optimization of main particulars, two propulsion design alternatives were investigated, see Fig.4:

Variant I: One slow speed main engine directly coupled to fix pitch propeller with one active rudder with propulsion bulb to increase main propeller efficiency. Auxiliary propeller is driven by direct electric drive of 5000 kW using bevel gears at the top and the bottom of the leg (inside circular torpedo body). Planetary gears for steering are driven by frequency controlled electric motors. Engine room space is divided into three parts: main engine room with main engine with power of 14900 kW, auxiliary engine room with 4 engines with total power of about 9000 kW and electric converters room for driving active rudder propeller.

Variant II: Two medium speed main engines coupled via gearbox to CP-propeller with two retractable side thrusters. Engine room space is divided into four parts: main engine room with main two engines of 8400 kW each, auxiliary engine room with 4 engines with total power of about 8000 kW, bow retractable thruster room and electric stern retractable thruster room. Retractable thrusters will operate in port only.

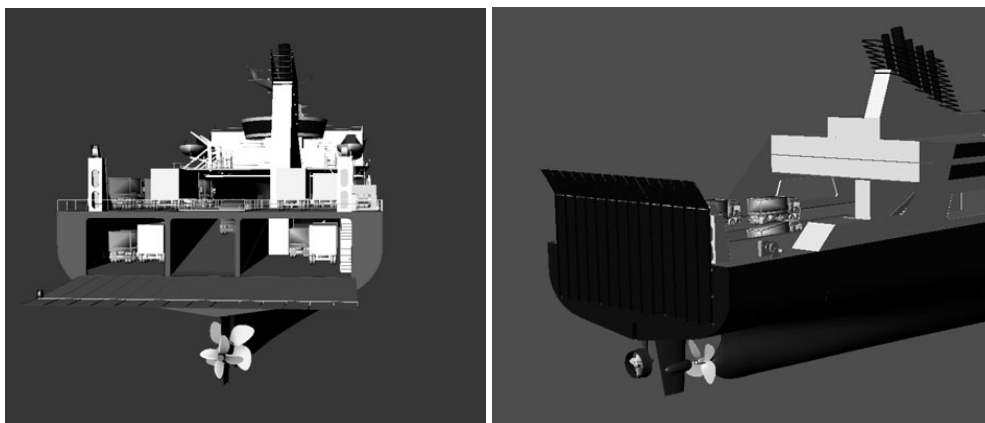


Fig. 4 Different propulsion solutions-Level II

Slika 4. Različita propulzijska rješenja-Nivo II

The main idea of novel propulsion concept is to avoid as much as possible the running of electrically driven thrusters in seagoing condition, i.e. to use it only during manoeuvring in harbour (no tugs) and to have two independent sources of propulsion in order to obtain 100% redundancy notation. The owner requirement was that ship must never stop and requested selection of two main engines coupled via gearbox to one CP-propeller (Variant II). This arrangement gives the possibility to operate vessel with one main engine running and carry out maintenance on the other main engine. The selected Variant II arrangement shows 9% smaller efficiency compared to Variant I.

Goals regarding achievement in fuel oil consumptions and increased lane meter on tank top (cargo capacity) have been achieved. In comparison with *Standard* ship, *New* design (Level II) needs almost 7900 kW less power, weight of machinery is reduced by 450 t, fuel oil consumption is 28% less and finally, propulsion system is more reliable. Index of redundancy is 100% (2 independent engine rooms and 2 independent propulsion systems).

Final *IMPROVED* ship (Level III) has been obtained using multi-criteria structure/general design optimization results given in Ch.3.

3. Multi-criteria structural design optimization

The main idea of Level III is to further increased savings obtained on the Level II design by implemented structural design optimization in connection with general ship calculations.

3.1. Structural optimization

On the general ship level, several topological/geometrical concepts have been proposed and evaluated based on new ship design (Level II) which served as prototype. Two different concepts of superstructure were attached to each of three midship section variants proposed by ULJANIK. In that way a total number of six different model variants were formulated in order to perform structural optimization for each of them, Fig. 5:

1. Number of superstructure decks. Two variants of superstructure (\mathbf{x}^T : two and three tiers), but with the same total area of accommodation decks.
2. Transverse position of longitudinal bulkhead between deck 1 and deck 3 (\mathbf{x}^G). Three different positions have been examined.

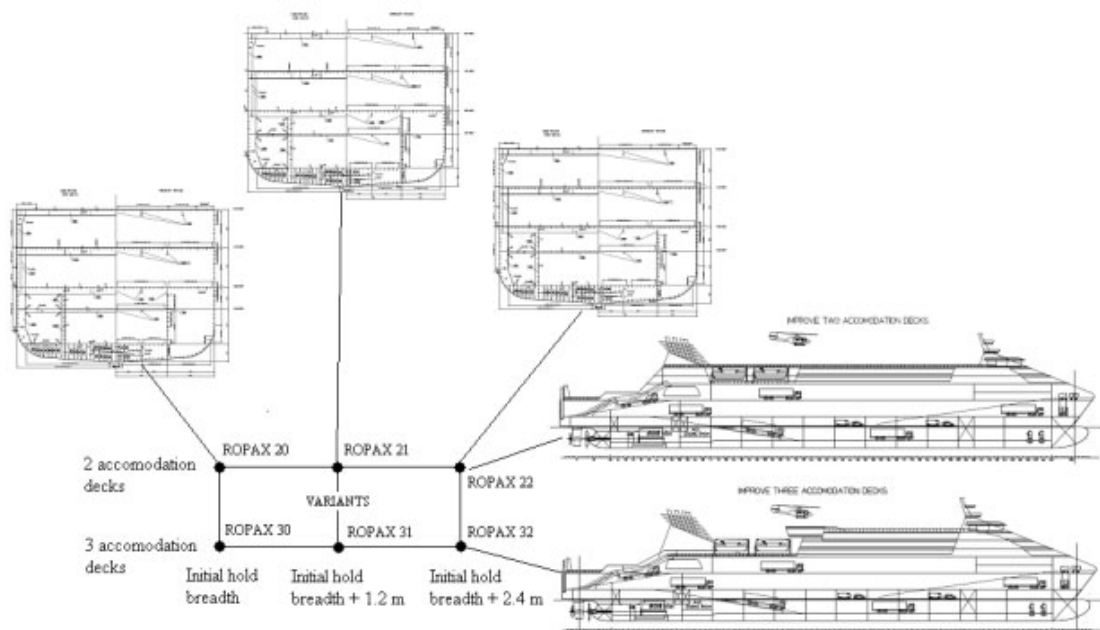


Fig. 5 RoPax Topological/geometrical design variants

Slika 5. RoPax topološke/geometrijske projektne varijable

For a concept structural design of multi-deck ships (such as Ro-Pax) an efficient multi step procedure have been established to solve topology (and interwoven scantling/geometry) optimization via two main tasks [6] and [7]:

(A) topology / geometry optimization

(B) scantling / material optimization of the preferred variants from task (A)

Generic tapered ship 3D FEM models based on gross-elements/surrogates [8] according to class Rules, was selected as the appropriate model for structural optimization of both task. Each of the six extruded generic 3D FEM models were generated in MAESTRO structural design software [9], see Fig. 6.

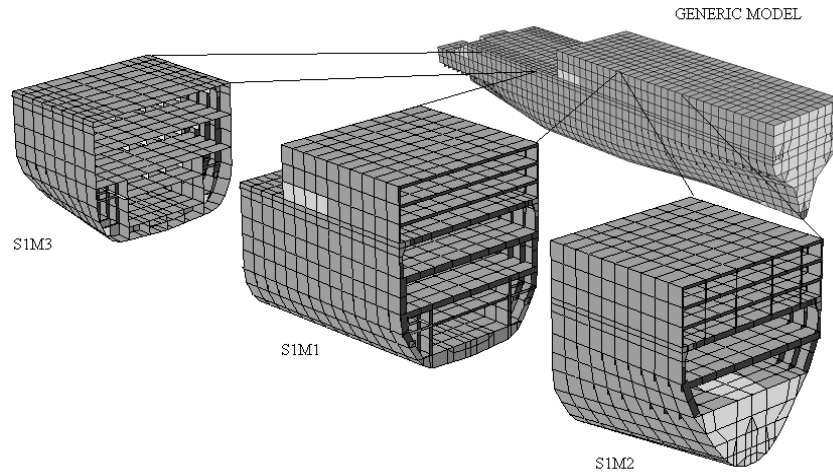


Fig. 6 MAESTRO 3D generic model of RoPax ship

Slika 6. MAESTRO 3D generički MKE model RoPax broda

The design variables used are divided into topological, geometrical and scantling variables, see Table 1. The topological variable was the number of superstructure decks (x^T : two and three tiers). The geometrical variable was the breadth of lower hold (x^G : three different position of longitudinal bulkhead in cargo space). The scantling variables were scantlings of structural elements (x^S : 14 scantling variables per stiffened panel). x^T and x^G are very important on the general ship level because their reduction could possibly reduce equipment number (cost of equipment). Shipyard supplied constraint function for equipment number based upon geometrical design variables used in optimization process. Also, by increasing the lower hold breadth, a total gross tonnage also increases.

Table 1. Design variables

Tablica 1. Projektne varijable

Design variables type	DESIGN VARIABLES PROPERTIES				
	Name	Min	Max	Step	Comment
x^T	Number of SS decks	2	3	1	Booth version have the same area of accommodation decks
x^G	Lower hold breadth	15360 mm	17760 mm	1200 mm	One or more car lane (height of deck 3 is function of this variable)
x^S	Structural elements				Min/Max values based on class. rules, technology demands, experience, etc.

Structural optimization of different design concepts for given objectives (cost, mass, VCG, safety, etc.) w.r.t. the topological, geometrical and scantling variables enables their fair comparison. In the context of general design, designer’s selection should be performed as second design task, using the global design quality measures on the grid of optimized variants. In parallel with the structural part, ULJANIK performed general naval architecture calculations (damage stability, power, resistance, cargo capacity, etc.) for each of three midship section variants. Also, for each variant the damage stability calculations have been performed to achieve minimal depth of freeboard deck (height of Deck 3) which satisfies damage stability criteria.

Each panel can contain plating, stiffeners, transverse frames and longitudinal girder). Design constraints and requirements were:

- (a) Minimum and maximum values for the height of frame web of deck transverses specified by shipyard;
- (b) Minimum values for the thickness of plating and stiffener section modulus determined according to the requirements of BV, as minimum allowable thickness of plating and section modulus that can support wheel loads [10];
- (c) To satisfy structural strength, the adapted set of MAESTRO adequacy parameters was used [11].

The design objectives used for optimization of all six structural variants were: structural weight, cost of material and position of vertical centre of gravity (VCG). All variants were optimized using MAESTRO SLP optimization algorithm during 10 design cycles. Mass, cost and VCG of each model were calculated using MAESTRO inbuilt functions. Safety measures were determined using normalized adequacy criteria. Relative adequacy index [11], has been calculated for all three modules used in optimization (S1M1, S1M2 and S1M3). Height of ship for proposed models was determined after the optimization was performed. Based on the comparison between all six models (initial and proposed) the following results have been achieved:

Total mass of each model was successfully decreased by approximately 200 to 300 t for all variants (depending on a model).

Production cost and VCG were successfully decreased.

Safety was increased due to smaller number of unsatisfied constraints and greater relative adequacy index.

Height of all models was slightly increased due to greater height of transverse beams of decks 2 and 3.

Fig. 7 shows the structural mass cycle-history as well as the changes in total number of unsatisfied constraints with respect to the cycle number for design RoPax 22.

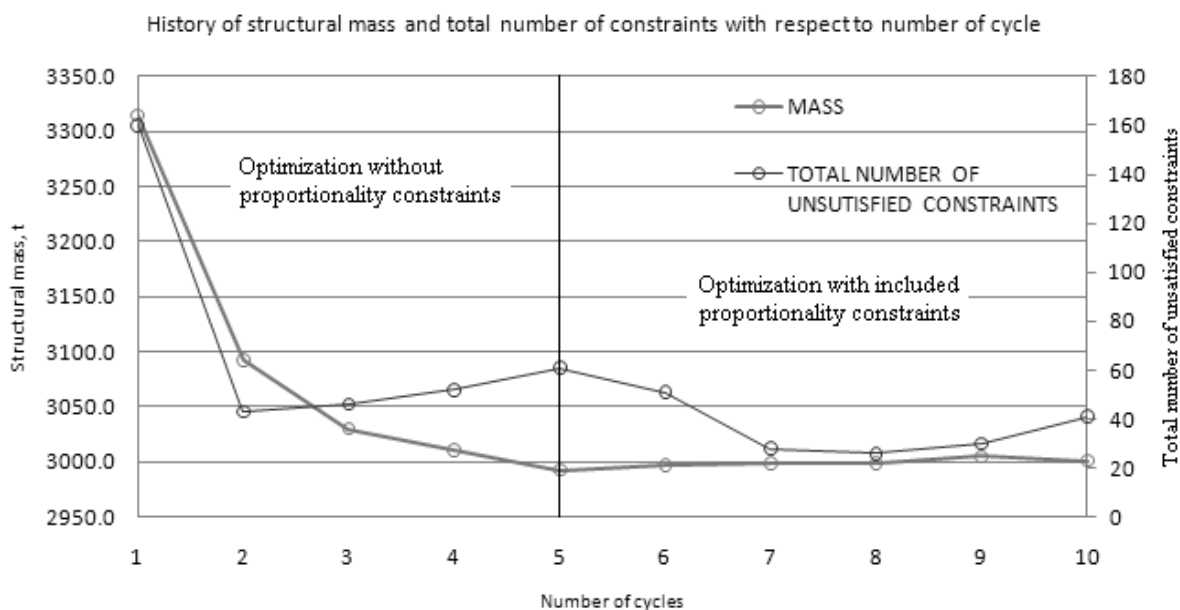


Fig. 7 Design history of mass and safety for RoPax 22

Slika 7. Promjena mase i sigurnosti po projektnim ciklusima za projekt RoPax 22

Influences of \mathbf{x}^T and \mathbf{x}^G on the structural design are briefly summarized:

The main differences between two superstructure concepts (\mathbf{x}^T), one with two tiers (RoPax 20, 21 and 22) and those with three superstructure decks (RoPax 30, 31 and 32), is in longitudinal (hull girder) stress distribution along the ship height/length. Due to the fact that superstructure with two decks is very long, about 80-90% of ship length, it participates in the hull global bending with more efficiency than variants with much shorter superstructure with three decks. Comparison of longitudinal stresses for LC2 is given for two variants RoPax 22 and RoPax 30, see Fig.8.

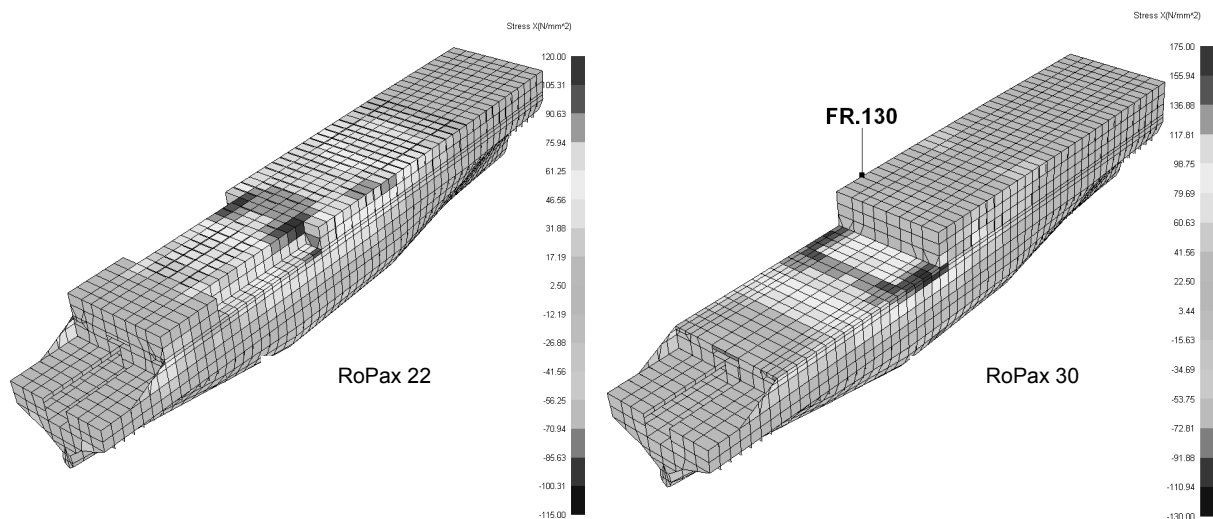


Fig. 8 Longitudinal primary stresses distribution for two variants RoPax 22 and RoPax 30

Slika 8. Uzdužna primarna naprezanja za dvije varijante RoPax 22 i RoPax 30

The contribution of superstructure decks to the primary strength for RoPax 30 is low. This variant is also characterized with the stress concentration areas at the position of the connection of the superstructure end with the upper hull deck (Deck 6). It affects stress distributions over cross section height and causes higher stresses in Deck 6 (highest lower hull deck) and increases compression stresses in the bottom plating, compared to RoPax 22 variant. Higher compression stresses lead to thicker bottom plating to prevent the buckling problems. The reduction in mass of RoPax 22 for about 60t is achieved compared to RoPax 30.

Transverse position of longitudinal bulkhead between Deck 1 and Deck 3 (\mathbf{x}^G) has an influence mainly on the transverse beams scantlings on Deck 2 and 3. Its influence is relatively low with respect to the completely structural mass. As it was expected, the variants RoPax- 20 and RoPax-30 resulted in the smallest scantlings of transverse beams for both decks due to smaller unsupported beam length.

3.2. Design selection

Structural optimization of a real ship can offer a significant help to the ship designer because it can optimally redistribute material, reducing weight of initial model and increasing its safety. Also, a total number of six RoPax ship model variants were investigated in order to determine the best variant with respect to multiple objectives (lowering of ship height, minimization of total mass, cost and position of vertical centre of gravity, safety criteria). Based on structural optimization results and additional general naval architecture calculation

of ship damage stability and cargo handling for all variants, designer has specified six criteria for the final selection:

- Parking Area,
- Production measure,
- Ship stability,
- Passenger comfort,
- Air draught,
- Structural Safety

Values of six design attributes are summarized in Fig. 9 for all six examined RoPax variants (6 generic FEM models for: 2 variants of superstructure x 3 variants of LBHD-Fig. 5.

VARIANT NAME	Nondominated Designs						
	No	PARK_AR	STABILITY	AIR_DRAUG	PRODUCTIO	PASS_COMF	SAFETY
RoPax 30	1	10150	13376	32250	2991	36765	0.9599
RoPax 31	2	10360	13405	32400	3038	35964	0.9497
RoPax 32	3	10570	13450	32550	3058	35479	0.9519
RoPax 20	4	10150	12797	29250	2930	33345	0.9469
RoPax 21	5	10360	12870	29400	2958	32634	0.9415
RoPax 22	6	10570	12906	29550	3000	32209	0.9451

Fig. 9 Values of design attributes for different variants

Slika 9. Vrijednost projektnih atributa za različite projektne varijante

Designer’s and Owner’s subjective intra-attribute and inter-attribute preferences were revealed. Novak’s fuzzy functions were used to model intra-attribute preferences, Fig.10, while Saaty’s AHP method was used for inter-attribute preferences [12].

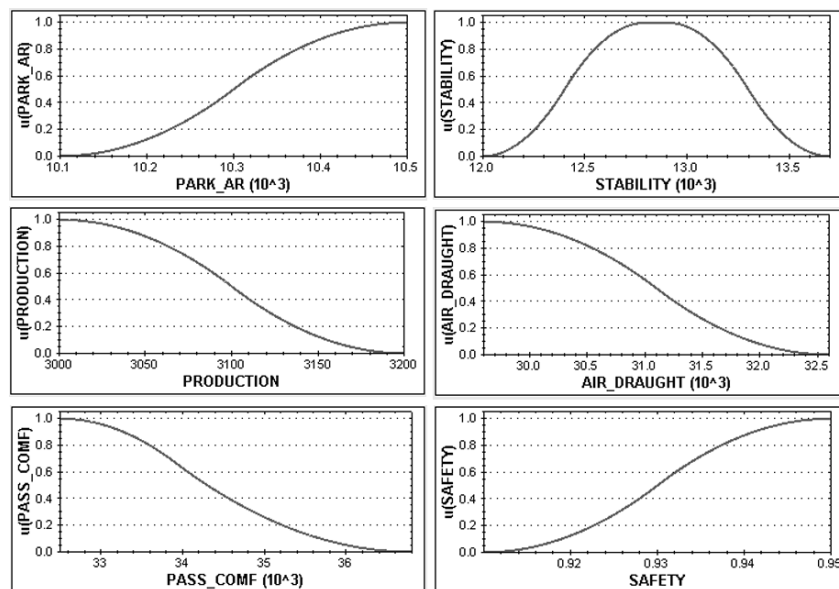
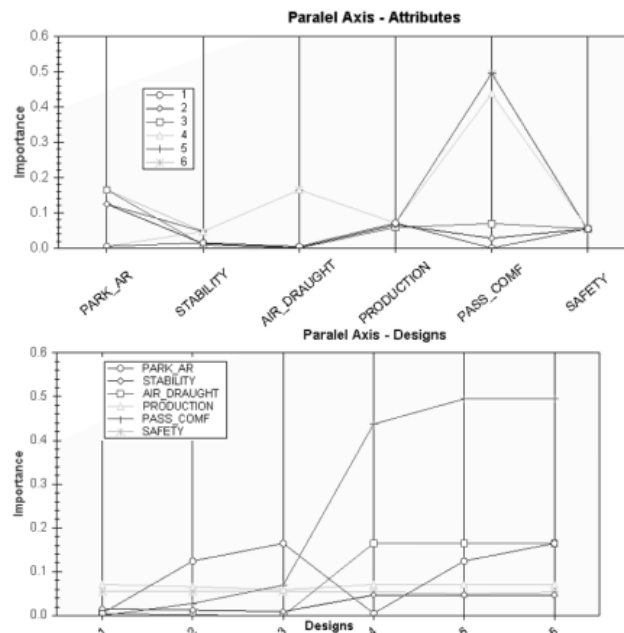


Fig. 10 Intra attribute preferences-fuzzy function

Slika 10. Neizravne funkcije- unutar atributne preferencije

Final selection of the preferred variants was performed by ULJANIK shipyard head designer on the *Parallel axis plot* of selected criteria’s in OCTOPUS Designer DeView Tool (see Fig.11) based on Designer’s and Ship Owner’s subjective intra-attribute and inter-attribute preferences.



Legend: Design 1 - RoPax 30; D2 - RoPax 31; D3 - RoPax 32; D4 - RoPax 20; D5 - RoPax 21; D6 - RoPax 22

Fig. 11 Parallel axis plot of criteria for all six variants

Slika 11. Prikaz svih šest projektnih varijanti pomoću paralelnih osi

The variant *RoPax 22* has been chosen as preferred solution. Some of the highlights of the preferred *RoPax 22* variant are:

- (1) Additional 403.2 m² of parking area with respect to the starting variant RoPax 30.

Parking area Deck 2 = +201.6 m ² × 3000 Euro/m ²	= + 604800 euro
Parking area Deck 1 = +201.6 m ² × 5000 Euro/m ²	= +1008000 euro
Total parking area = +403.2 m²	= +1612800 euro

- (2) No additional ballasting – the vessel will sail at smaller draught in arrival condition,
- (3) 2.5 m smaller air draught with respect to *RoPax 32*,
- (4) Reduced weight of wing tank blocks and smaller distance to water line, which directly improves passenger comfort.
- (5) Structure inside wing tanks is modified in a way that three stringers are added P/S in order to avoid erection of scaffoldings for inspection of Voids P/S. It will make easier Class inspection.

Selection performed presents the interaction of General Design (GD) procedure and Structural Design (SD) procedure in the first design cycle.

Final *IMPROVED* ship (Level III) has 4 % less lightship weight in comparison with *New IMPROVE* ship (Level 2) and because of this, the required propulsion power and fuel oil consumption are 5 % less (19560 kW instead of 20500 kW). The gain of 5% more trailer lanes (cargo capacity) on tank top is achieved by investigating different positions of longitudinal ballast tank bulkhead and at the same time ballast volume is minimized.

4. Conclusions

An innovative RoPax design has resulted following a multi-stakeholder approach where shipyards and ship-operators were involved. To maximize the key performance indicators (KPI) for a RoPax product various aspects of ship structural design were integrated into the multi-criteria optimization process.

IMPROVE goals regarding achievement in fuel oil consumptions (12%) and increased cargo capacity of about 5% more trailer lanes on tank top has been achieved. Ship-owner profit has been significantly increased due to reduction in fuel consumption (better propulsion and ship hull form, reduced weight, etc.), increase in payload (increased parking area).

Various structural arrangements were analyzed by ULJANIK and UZ as a multi-objective design problem. Structural optimization obtained savings in cargo space weight of approx. 300 tons in which influenced general ship design (Level III) in terms of additional reduction of required propulsion power for 5% compared to the same propulsion system implementer in new ship (Level II). Also, the preferred topological/geometrical concept (RoPax 22) has been chosen and served as the starting point for the more detailed structural optimization.

Presented approach gives Yards and Owners a possibility to select competitive design solutions by following the basic IMPROVE paradigm: better ship for the Yard production and more profitable ship for Owner regarding maintenance and operational aspects within LCC.

Presented work represents the successful cooperation and joint work of Yard and Faculty design teams as an example of modern design approach in very early design phase.

ACKNOWLEDGEMENT

Thanks are due to Croatian Ministry of Science, Education and Sport: projects 120-1201829-1671 and the EU Commission under the FP6 Sustainable Surface Transport Programme, project IMPROVE, Contract No. FP6-031382 for supporting the part of the study. Thanks are due to all members of the *OCTOPUS group* (www.fsb.hr/octopus) and to the design team of the *ULJANIK shipyard* (www.uljanik.hr) for fruitful and long term cooperation.

REFERENCES

- [1] IMPROVE Consortium (2009), "Proceedings of Final IMPROVE Workshop", Dubrovnik, Croatia, September 2009, all papers available on <http://www.improve-project.eu/>.
- [2] D. Dundara, B. Ferlatti, O. Kuzmanović, I. Lalović (2008), "Development of a New Innovative Concept of Ropax Ship Project IMPROVE", XVIII Symposium on Theory and Practice of Shipbuilding-SORTA 2008, pp.187-197, Pula, 2008.
- [3] V. Zanic, P. Prebeg, J. Andric, S. Kitarovic, M. Grgic (2008), "Multicriteria structural design of ropax ship: specification of design problem roadmap for EU FP6 Project IMPROVE", XVIII Symposium on Theory and Practice of Shipbuilding-SORTA 2008, pp.267-278, Pula, Croatia.
- [4] V. Zanic, T. Jancijev, J. Andric, D. Frank, S. Bralic, D. Sponza, D. Dundara (2001), "Racking Analysis of Car-Truck-Carriers", Brodogradnja, 49, Vol. 2, pp. 181-190.
- [5] Trident User manual, Uljanik Shipbuilding Computer System, <http://www.uscs.hr/>.
- [6] V. Zanic, J. Andric, P. Prebeg (2009), "Design Environment for Structural Design: Application to Modern Multideck Ships", Proc.IMEchE, part M, J. of Engineering for the Maritime Environment, Vol.223, No.M1, pp.105-120.
- [7] V. Zanic, J. Andric, P. Prebeg, S. Kitarovic, K. Piric (2009), "Multi-Objective Optimization of Ship Structural Topology and Scantlings", Proc. of 10th Int. Marine Design Conference IMDC, Trondheim.
- [8] J. Andric and V. Zanic (2010), "The Global Structural Response Model for Multi-Deck Ships in Concept Design Phase", Ocean Engineering 37 (2010) 688-704.
- [9] MAESTRO Version 8.9. (2009), Program documentation, DRS Technologies, <http://www.orca3d.com/maestro/>.
- [10] BV (2007), Rules for the Classification of Steel Ships - December 2003 Edition, Bureau Veritas, France.
- [11] O.F. Hughes, F. Mistree, V. Zanic (1980), "A Practical Method for the Rational Design of Ship Structures", Journal of Ship Research, Vol. 24.
- [12] T. L. Saaty (1990), "How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process" European Journal of Operational Research 48, pp. 9-26, North-Holland.

Joško Parunov, Maro Ćorak

University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture I. Lučića 5,
10000 Zagreb

USE OF NFEM IN STRUCTURAL DESIGN OF SHIPS WITH ICE NOTATION

Summary

The paper describes practical application of nonlinear finite element method (NFEM) in design of the side shell structure of an oil tanker with ice notation. Different structural configurations of the side shell are investigated in order to find solution that is in the same time the most convenient for the shipyard and acceptable by classification societies. The procedure is immediately applicable as it is prescribed by classification societies in the form of Guidelines Note. It may provide significant cost reduction for the shipyard, and keep safety needs on required level. Result of such calculations is optimum design which justifies usage of direct calculation methods. Computer package Femap with NX Nastran is employed in the study.

Key words: oil tanker, ice navigation, nonlinear finite element method.

PRIMJENA NMKE U PROJEKTIRANJU KONSTRUKCIJE BRODOVA ZA PLOVIDBU U LEDU

Sažetak

Opisan je postupak praktične primjene nelinearne metode konačnih elemenata u projektiranju konstrukcije oplata naftnog tankera namijenjenog plovidbi kroz led. Razne konfiguracije konstrukcije vanjske oplata su istražene s ciljem pronalaženja rješenja koje je istovremeno najpovoljnije za brodogradilište i prihvatljivo za klasifikacijska društva. Procedura je neposredno primjenjiva jer je propisana od klasifikacijskih društava u obliku Guidance Note. Postupak može brodogradilištu omogućiti značajne uštede, dok sigurnosne zahtjeve drži na zahtijevanoj razini. Rezultat takvih proračuna je optimalan projekt, koji u konačnici opravdava korištenje takvih direktnih metoda proračuna. U studiji je korišten kompjuterski program Femap s NX Nastranom.

Ključne riječi: naftni tanker, plovidba kroz led, nelinearna metoda konačnih elemenata

1. Introduction

Floating ice sheets introduce rather large horizontal forces to the side structures of vessels navigating in icy sea. Therefore, ship structures having some of ice notations have to be significantly strengthened. The focus of ice strengthening design is placed on the resistance of side shell structure subjected to lateral loads in the ice belt region. In principle, spacing of longitudinal stiffeners of ships with ice notation is to be 0.45m or less, while brackets have to be provided connecting stiffeners and transverse web frames or bulkheads. The additional steel weight increase of an Aframax oil tanker due to the various ice class notations could range from 2.5% to more than 5% [1]. Welding of brackets and producing panels with rather narrow span of stiffeners additionally contribute to the increasing cost of these vessels. Therefore, there is a great need for optimization of structural reinforcements due to the ice loads.

This fact is recognized by some of classification societies which proposed direct calculation procedure for structural assessment of side shell structure due to the ice impact [2]. Classification societies tolerate small yielding and even plastic deformations on the shell structures when ships navigate in ice. This is possible, since the ice induced loads can be considered as some kind of accidental loads that occurs seldom [3]. Proposed NFEM procedure allows designer to investigate several alternative structural configurations and to select the most convenient one. For example, designer might prefer to increase size of the longitudinal stiffeners with usual stiffener spacing rather than to use smaller longitudinals with rather narrow spacing. Similar considerations can be done for brackets that increase considerably production costs. Overall this procedure helps to solve the problem of imbalance between the strength of framing and shell plating.

This paper describes the practical applicability of the NFEM procedure on the simple example. The aim is to analyse side shell longitudinal stiffener and the side shell plating in the ice belt region and to investigate feasibility of the alternative structural arrangements.

2. Description of the model [2]

The three-dimensional structural model should represent the structural behaviour of the side structures subject to ice loads. In the longitudinal direction, the structural model is to extend a minimum of three webs (three-bay model) with an extra half-frame spacing on the forward and aft ends. In vertical extent the structural model is to extend between the two horizontal stringers that include the ice belt region. Typically, the ice belt is applied in the area of a single longitudinal frame that is halfway between the stringers. The model should contain at least one three-dimensional longitudinal frame above and below the frame of interest. In the transverse direction, the FE model extends from the side shell to the inner skin. Structures to be modelled include: side shell plating and side longitudinal stiffeners, web frames, web stiffeners and brackets and inner skin plating and attached longitudinals.

Only shell elements are used in the model. The mesh size is such to have at least three elements along web height of side shell longitudinal stiffeners. Quadrilateral elements are to be used whenever possible with aspect ratio of sides smaller than 3:1. Finite element model of side shell structure created according to the described principles is shown in the Figure 1.

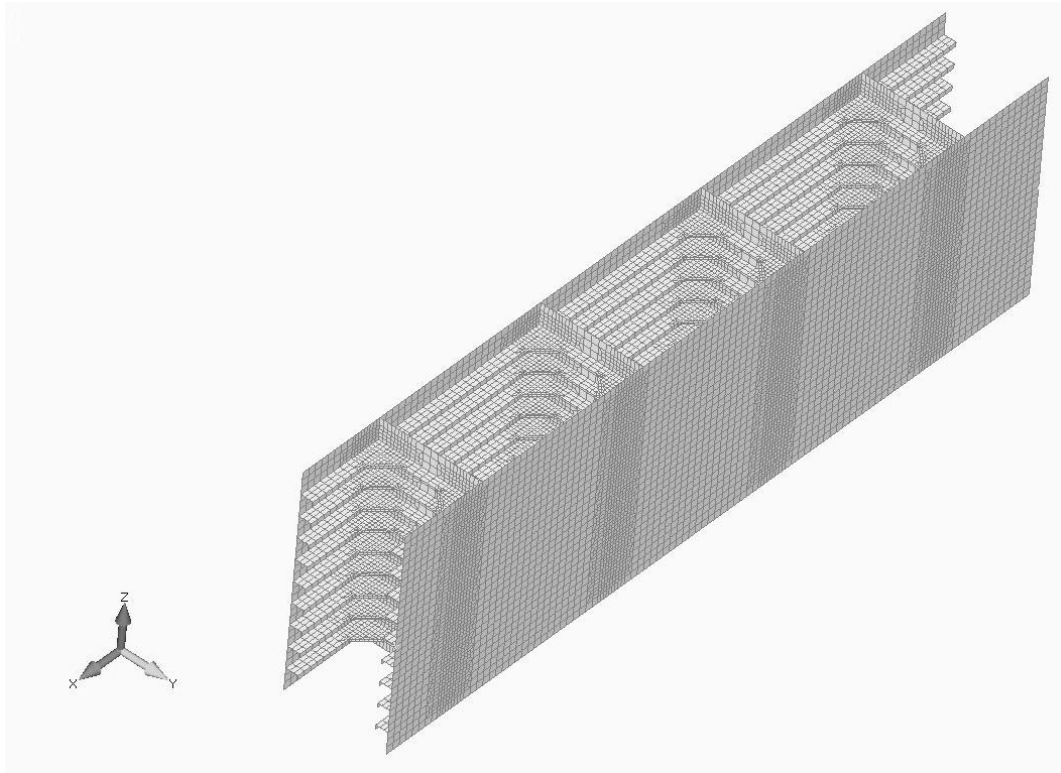


Fig. 1 Finite element model of side shell structure

Slika 1. Model konačnih elemenata konstrukcije boka broda

Boundary conditions prevent rigid body motion of the model while permitting the longitudinal frame to flex as it would if the entire structure had been modelled. Thus, the top and bottom cut planes apply complete translational fixity, but allow rotation about the vessel's longitudinal axis. This represents the rigidity of the horizontal stringers bounding the vertical model extent. The forward and aft cut planes apply a symmetric condition with respect to the plane perpendicular to the vessel's longitudinal direction. This represents that the structure is continuous in the vessel's longitudinal direction.

Material nonlinearity results from the nonlinear relationship between stress and strain once the elastic yield limit of the material has been reached. The behaviour of materials beyond yield is typically characterized by the slope of the stress-strain curve that indicates the degree of hardening. In general it is recommended to use an elastic-perfectly-plastic material model for shipbuilding steel that does not account for strain hardening effects. This simplification yields conservative results.

3. Loading of the model [2]

Designer goal is to achieve optimum design and to avoid heavier and less producible structure. Such balanced structure should be based on the realistic local load distribution. For the purpose of designing a side longitudinal and its end connections to web frames, the ice loads may be represented as line loads acting on the side longitudinal within the ice belt. The ice load per unit length used in calculating the scantlings is given as $F = p_{max} \cdot h$ where p_{max} is the ice pressure depending on the hull area, ship displacement and propulsion power, while h is a load height given by the ice class. The FE model loaded by the line load is presented in Figure 2.

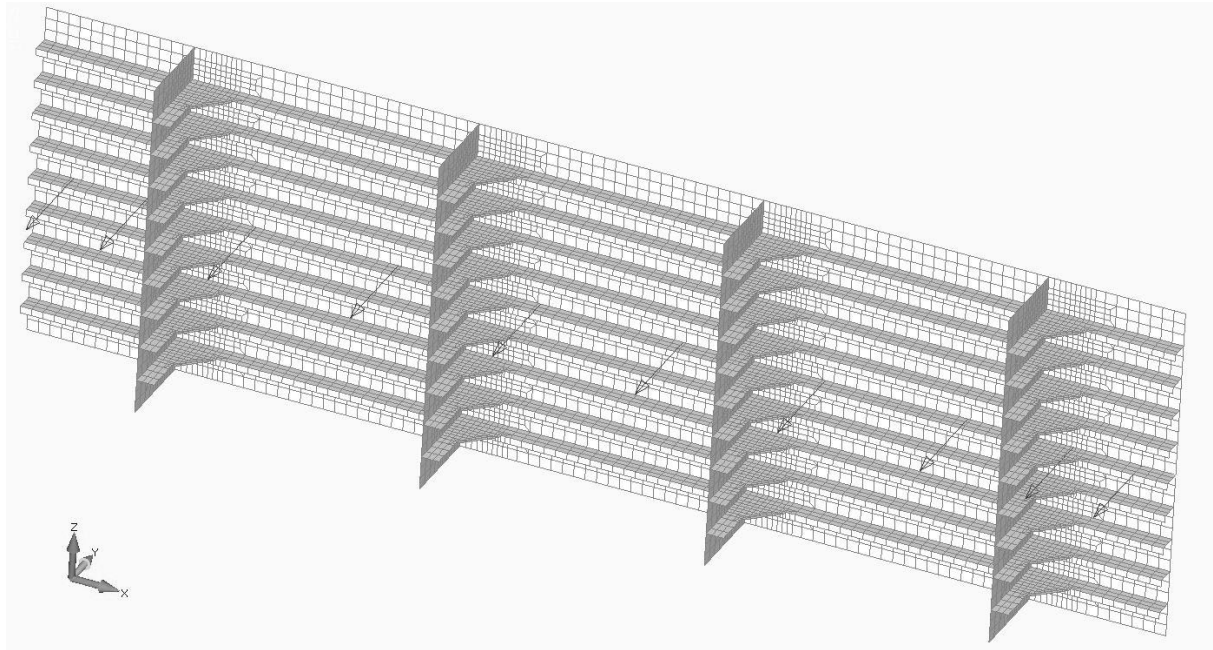


Fig. 2 Line load on the finite element model

Slika 2. Linijsko opterećenje modela konačnih elemenata

For the purpose of designing side shell plating, the applied extreme ice pressure is three times the standard design ice pressure defined in the ice class rules. The pressure is to be applied as patch load between two longitudinals, where load length is equal to two times the longitudinal spacing, while the load height is given by the ice class. The FE model loaded by the pressure load is presented in Figure 3.

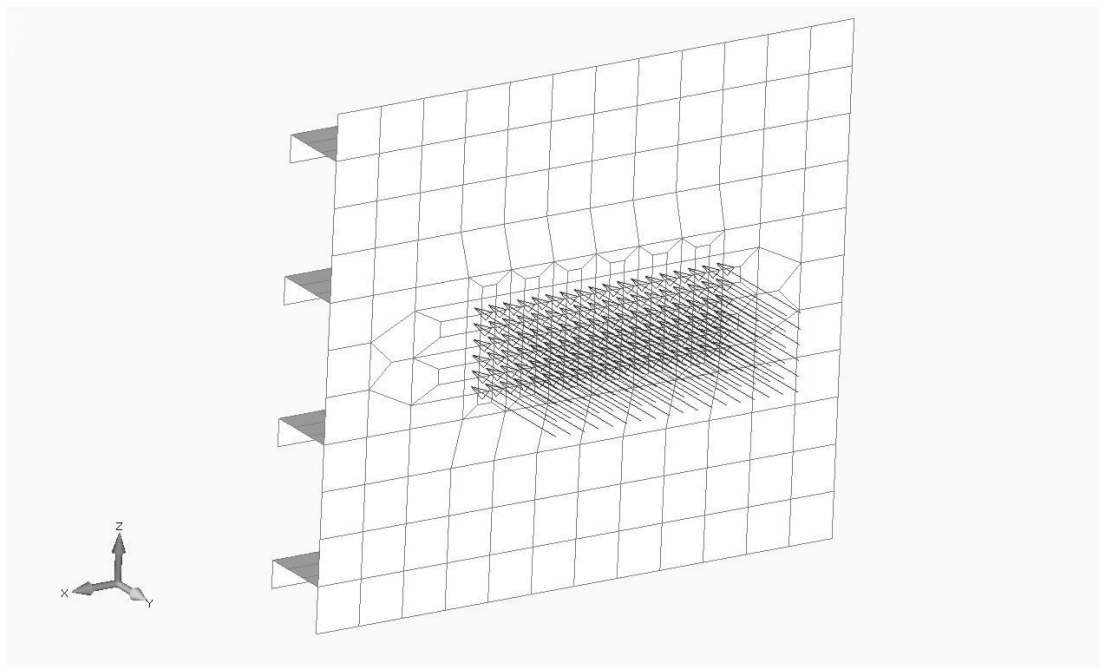


Fig. 3 Pressure load on the finite element model

Slika 3. Površinsko opterećenje modela konačnih elemenata

Nonlinear analysis is usually more time-consuming than linear analysis. The nonlinear solution, if yield stress is exceeded, will require a series of iterative steps where the load is incrementally applied. Within each load step, a series of sub-iterations may be required in order to reach equilibrium convergence with the current load step. At the end of each incremental step, deflection at any point of the structure may be obtained as a function of the load level. Usually, the maximum deflections are requested as well as permanent deflection remaining on structure after the unloading process. Loading and unloading of the model is schematically presented in the Figure 4 for the case of patch pressure on the side shell plating. Similar diagram is valid also for line load on side longitudinals.

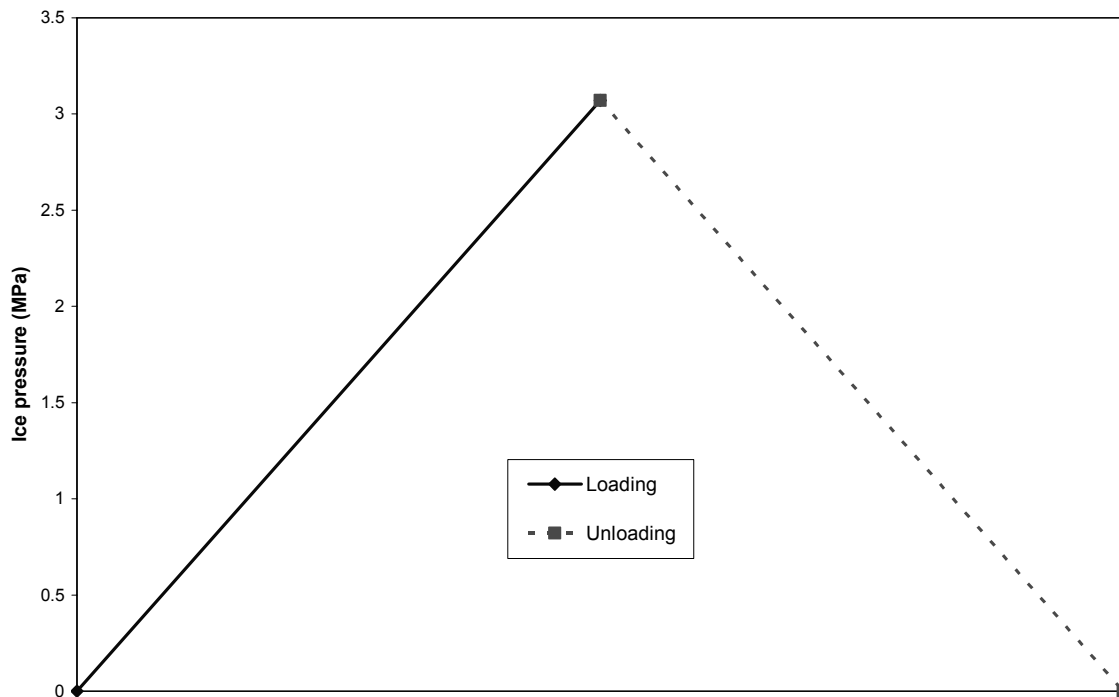


Fig. 4 Variation of the pressure load

Slika 4. Promjenjivost površinskog opterećenja

4. Acceptance criteria [2]

Following procedure is recommended to demonstrate acceptability of the proposed design of the side shell longitudinal:

1. design side shell according to the existing ice class rules. Normally, design includes reduced longitudinal spacing and brackets.
2. calculate load-deflection curve for "rule" design using described NFEM procedure.
3. re-design side shell structure usually with increased longitudinal spacing, increased size of longitudinals and with or without brackets.
4. calculate load-deflection curve for modified design using described NFEM procedure.
5. if maximum deflection and permanent plastic deformation of modified design are below values obtained for "rule" design, then re-designed structures is considered as acceptable.

The procedure for acceptance of side shell plating is simpler, as it is requested that permanent deformation is less than 2% of the longitudinal spacing.

5. Presentation of results

Side shell structure of the Aframax oil tanker analysed in the present paper is firstly designed for ICE-1C notation according to the rules for classification of ships ("rule" design). The structure is then re-designed and structural adequacy is checked using direct calculation by NFEM ("alternative" design).

The "rule" design has longitudinal spacing of 450mm, while brackets are used to connect longitudinals and web frame stiffeners. The "alternative" design has longitudinal spacing of 850mm. There are two main advantages of the "alternative" design comparing to the "rule" design:

the spacing of longitudinals is the same in the "ice belt" region as in other ship areas.

brackets connecting longitudinals and web frame stiffeners are not required.

These improvements could simplify fabrication procedure and reduce costs.

The NFEM analysis of the side shell structure is performed using Femap with NX Nastran software ver. 9.31. Design line load for shell longitudinals reads 312 kN/m, while design patch pressure for side shell plating reads 3.07MPa. Design loads are calculated according to the Guidance Notes [2].

Load-maximum deflection curves for side longitudinal for "rule" and "alternative" designs are presented in Figure 5. First, "alternative" design with initial shell thickness ($t=17.5$) is analysed, after which final "alternative" design is proposed with shell thickness increased in order to satisfy acceptance criteria of side shell plating. It may be seen that the maximal deflections and permanent deformations of proposed "alternative" design are lower than corresponding values of the "rule" design. Therefore, "alternative" design of the side longitudinals is acceptable.

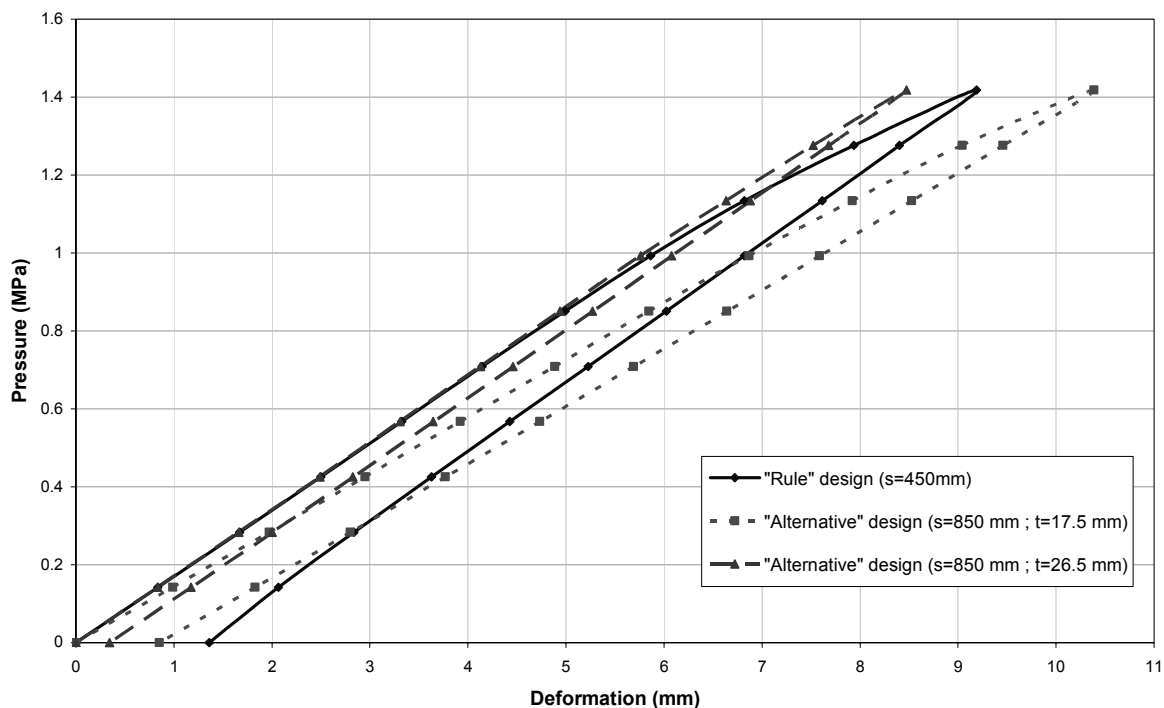


Fig. 5 Load-maximum deflection curves for the side shell longitudinal

Slika 5. Krivulje opterećenje-maksimalni progib za uzdužnjak vanjske oplate

Von Mises stresses on the deformed model are presented in the Figures 6 & 7 for "rule" and "alternative" designs respectively.

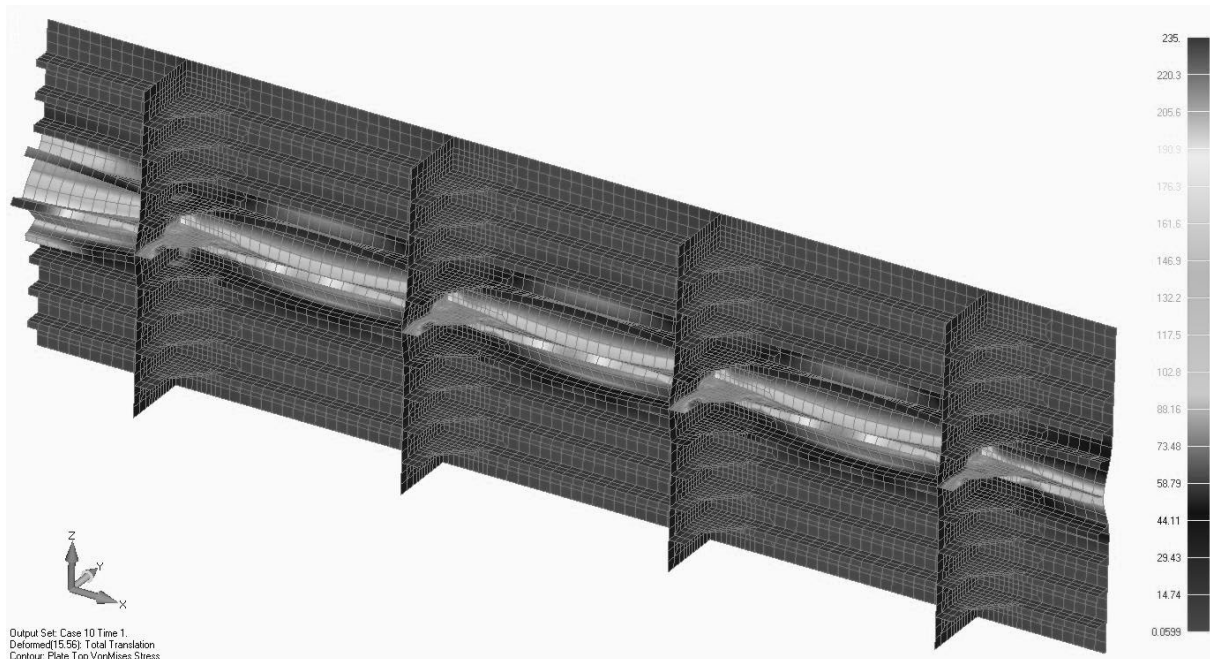


Fig. 6 Von Mises stresses on deformed model ("rule" design)

Slika 6. Von Misesova naprezanja na deformiranom modelu ("rule" projekt)

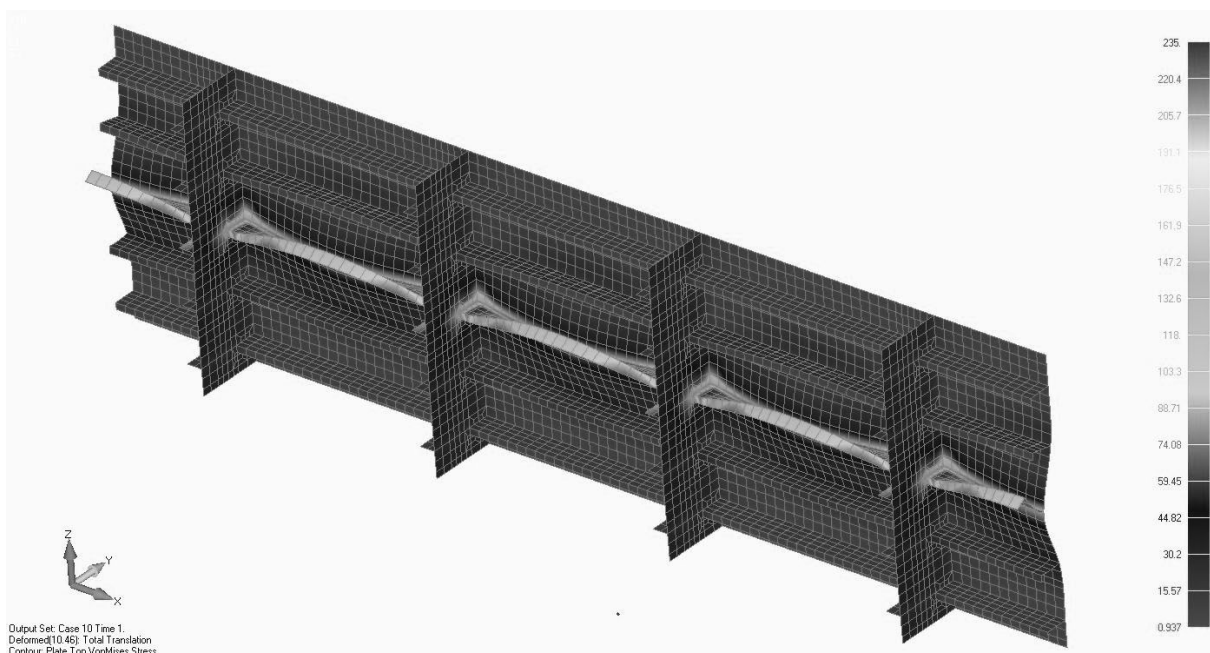


Fig. 7 Von Mises stresses on deformed model ("alternative" design)

Slika 7. Von Misesova naprezanja na deformiranom modelu ("alternative" projekt)

Besides side shell longitudinals, side shell plating is also affected by increasing spacing of longitudinals. Therefore, side shell plating thickness should be increased using similar design procedure as for the longitudinals. Side shell plate thickness of the "rule" design reads 17.5mm, while thickness of "alternative" design is increased to 26.5mm. Load-maximum deflection curves for side shell plating for "rule" and "alternative" designs are presented in

Figure 8. As permanent deformations of "alternative" design is less than 2% of stiffener spacing (17mm), it may be concluded that the "alternative" design is satisfactory and acceptable. Intermediate results, with increased spacing of longitudinals and initial thickness (17.5mm) are also shown in the Figure 8, leading to the unacceptable large deformations.

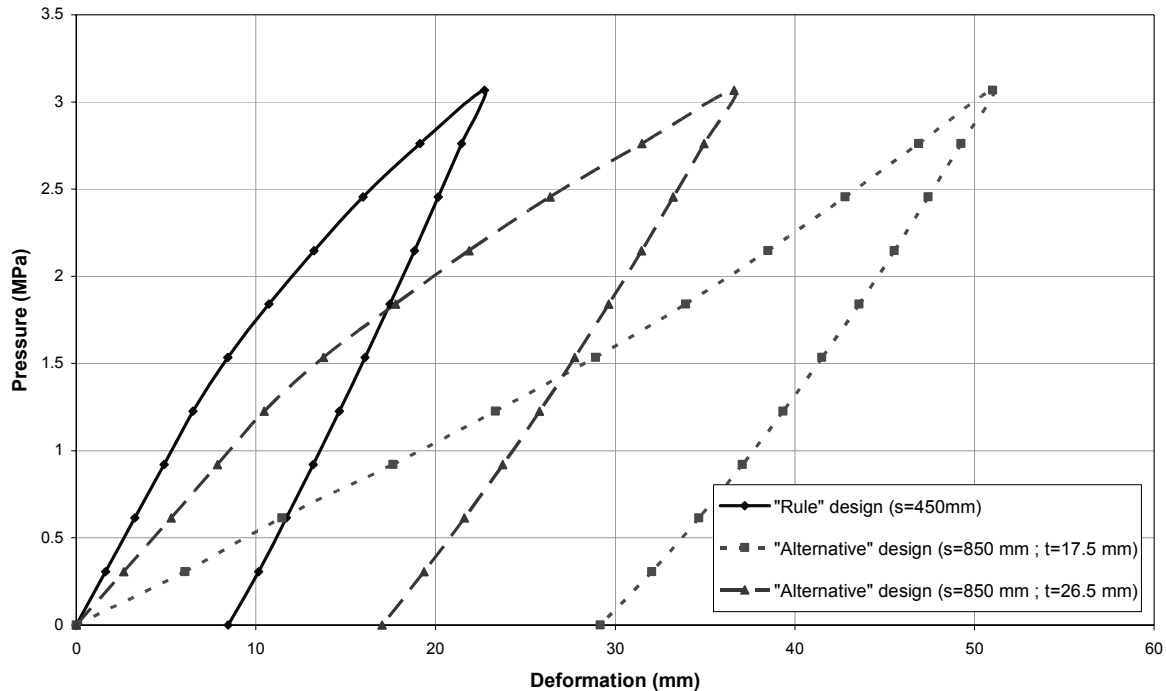


Fig. 8 Load-maximum deflection curves for the side shell plating

Slika 8. Krivulje opterećenje-maksimalni progib za oploćenje vanjske oplate

Von Mises stresses on the deformed model are presented in the Figures 9 & 10 for "rule" and "alternative" designs respectively.

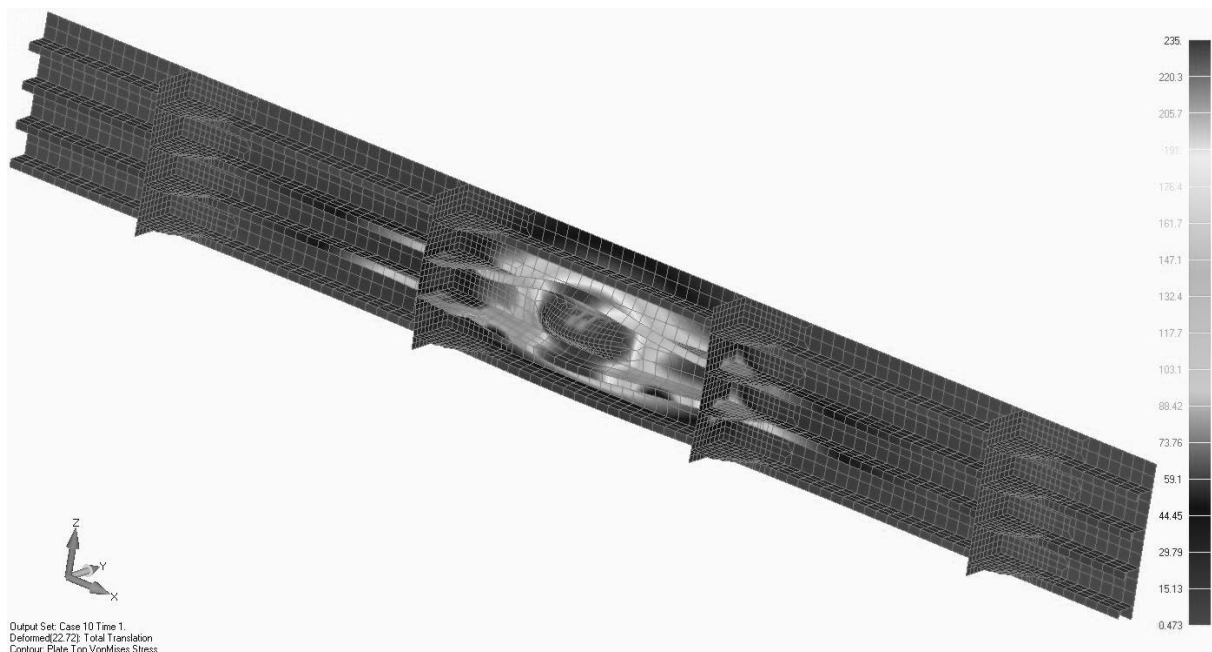


Fig. 9 Von Mises stresses on deformed model ("rule" design)

Slika 9. Von Misesova naprezanja na deformiranom modelu ("rule" projekt)

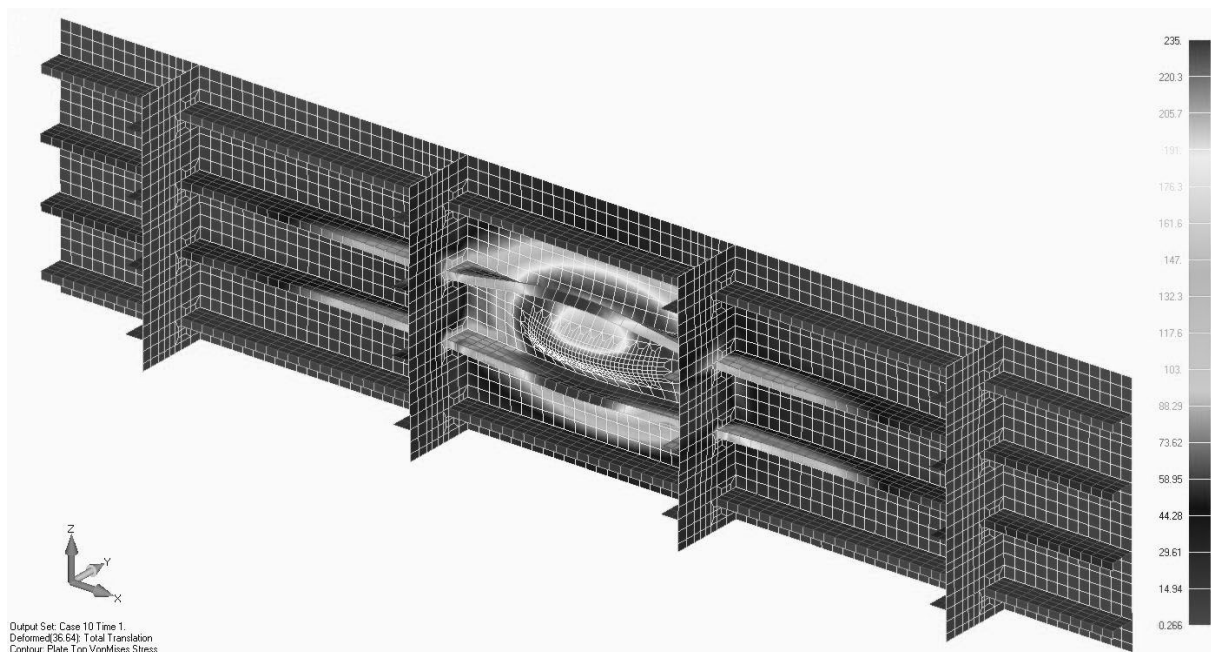


Fig. 10 Von Mises stresses on deformed model ("alternative" design)

Slika 10. Von Misesova naprezanja na deformiranom modelu ("alternative" projekt)

6. Conclusions

The paper describes procedure for designing side shell structure of an oil tanker with ice notation using NFEM. The approach is based on the requirement that the maximal and permanent deflections of such designed side shell structure due to the ice loads are similar to those of the structure designed according to the rule formulae.

The procedure is employed on the example Aframax tanker with ICE-1C notation and it is proved to be efficient tool for structural design optimization. It enables wider longitudinal spacing and design without brackets between longitudinals and web frame stiffeners. The proposed method enables also rational dimensioning of the side shell plating thickness. Eventually, NFEM could lead to the considerable reduction of fabrication costs and/or steel weight reduction of an oil tanker with ice notation comparing to the conventional rule approach.

REFERENCES

- [1] G. Wang & C.J. Wiernicki, Using Nonlinear Finite Element Method to Design Ship Structures for Ice Loads, *Transactions SNAME 112*, 2005., pp. 113-116.
- [2] ABS. *Guidance Notes on ICE Class*, 2005 (with 2008 updates).
- [3] P. Kujala, Safety of ice-strengthened shell structures of ships navigating in the Baltic Sea, in: *Advanced Ship Design for Pollution Prevention*, ed. Guedes Soares & Parunov, Taylor & Francis Group, London, UK, 2010.

*Paul Jurišić, Croatian Register of Shipping, Marasovićeve 67, Split,
Joško Parunov, University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval
Architecture, I. Lučića 5, Zagreb*

LONG-TERM PREDICTION OF GLOBAL CORROSION WASTAGE OF OIL TANKERS

Summary

The paper describes investigation of global corrosion wastage of three oil tankers with single-hull structure built in eighties. Analysis of data is based on existing thickness measurements of hull elements reduction from Croatian Register of Shipping (CRS) file, gauged on periodic dry-docking and close-up surveys of ships in service after 10, 15 and 20 years. Hull girder section modulus (HGSM) is determined as function of time taking into account the lifetime of protective coatings. The obtained results are compared to the available theoretical non-linear corrosion models in order to predict the long-term corrosion wastage progression. The results of this study can be used when planning ship hull inspection of oil tankers in service.

Key words: corrosion wastage, hull girder section modulus (HGSM), oil tanker

DUGOROČNO PREDVIĐANJE GLOBALNIH ISTROŠENJA TRUPA TANKERA

Sažetak

Opisan je postupak analize korozivskih istrošenja tri tankera s jednostrukom oplatom izgrađenih osamdesetih godina. Obrada podataka temelji se na postojećim izmjerama debljina elemenata trupa iz baze Hrvatskog Registra Brodova (HRB) s periodičnih suhih dokovanja i pregleda brodova u službi nakon 10, 15 i 20 godina. S obzirom da su u model unesene vrijednosti korozivskih istrošenja u različitim fazama vijeka trajanja broda određen je gubitak momenta otpora poprečnog presjeka kao funkcija vremena, uzimajući u obzir vijek trajanja zaštitnog premaza. Za predviđanje napredovanja korozivskog istrošenja odnosno općenitog trenda smanjenja momenta otpora glavnog rebra na temelju rezultata dobivenih navedenom analizom, korišten je dostupni teorijski nelinearni korozivski model. Rezultati ove studije mogu se koristiti kod planiranja inspekcijskih pregleda brodskog trupa tankera u službi.

Ključne riječi: korozivska istrošenja, moment otpora poprečnog presjeka, tanker.

1. Introduction

Damages to ships due to corrosion are very likely and the possibility of accident increases with the aging of ships. Statistics reveal that corrosion is the number one cause for marine casualties in old ships. The consequences of corrosion wastage can be very serious in some circumstances. Severe corrosion can result in deck cracks across almost the entire ship width and also consequently result in the loss of ships. Figure 1 shows the underdeck area of 20-year-old tanker. The deck plates and longitudinals suffered various degrees of corrosion. In some locations, the web plate of deck longitudinal was totally wasted away. This caused loss of support of deck plates from longitudinals. The unsupported spans of the deck plate increased and effectively decrease in buckling strength. In heavy seas, buckling repeatedly occurred under the action of the cyclic wave loads. Plastic deformation accumulated and eventually cracks appeared.



Fig. 1 Heavily corroded under-deck of 20 years old oil tanker

Slika 1. Uznepredovala korozija potpalublja 20 godina starog tankera

Hull girder section modulus (HGSM), as fundamental measure of the ship longitudinal strength deteriorate over time due to corrosion. Traditional engineering and analysis use simplified deterministic approaches to account for this time-variant random process. In most cases some nominal values are predefined for corrosion additions. Thus, ship classification rules, including newly developed Common Structural Rules (CSR) for Double-hull Oil Tankers assume constant loss of HGSM throughout the whole ship lifetime [1]. Structural assessment in the ship structural design phase is performed using such "net" HGSM. Although "rule" approach is practical, it is obviously not realistic, as HGSM loss is actually time-dependant non-linear function [2]. There is a clear tendency nowadays to adopt theoretical non-linear models in order to predict the long-term corrosion wastage progression and associated loss of HGSM. Such direct approach for corrosion progression could be useful tool for classification societies and ship owners in order to predict long-term behaviour of hull structure and to decide weather the renewal of the hull structure is necessary and when would be the optimal time for the repair [3]. Furthermore, such direct approach has potential to facilitate application of more accurate computational methods in design and analysis of oil tankers [5].

Practical applicability of the time-dependant HGSM concept is investigated in the present study. This is done in a way that HGSM losses of three ships in service are calculated

based on measurements after 10, 15 and 20 years. HGSM losses are then compared to the non-linear functions that are recently proposed based on measurements on large number of single hull oil tankers [2]. Furthermore, new functions are developed based on HGSM losses from the present study measured after 10 and 15 years. The main expected result of this research is the development of the method capable to predict HGSM after 20 or 25 years of service based on measurements collected in the history of each ship.

2. Assessment of HGSM loss

Structural configuration of all three analysed ships is typical for single-hull oil tankers, where central tanks along cargo hold areas are cargo oil tanks, while wing tanks can serve as ballast or cargo oil tanks, see Fig. 2.

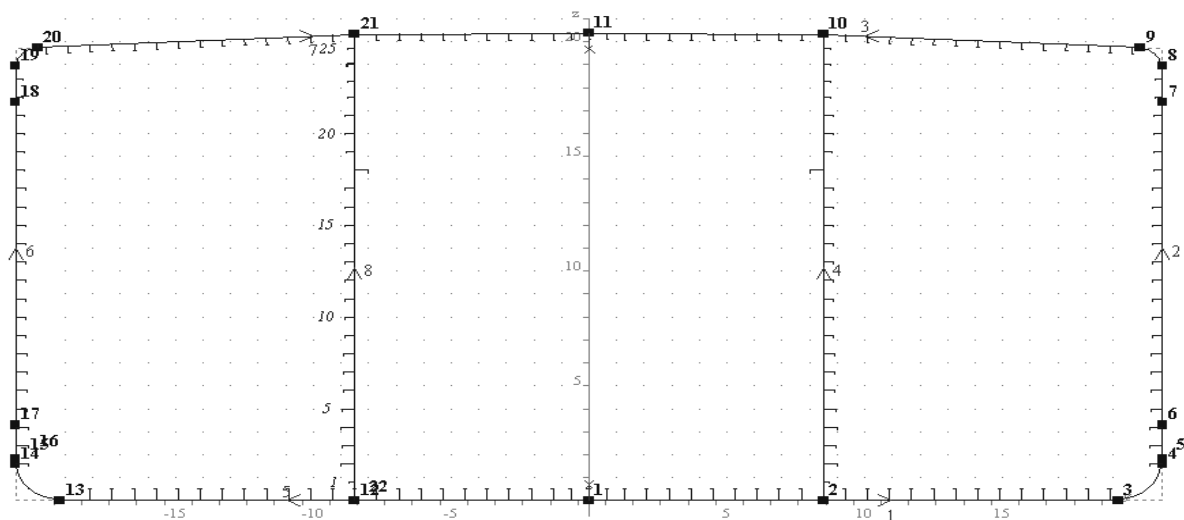


Fig. 2 Midship section of single-hull oil tankers

Slika 2. Glavno rebro tankera s jednostrukom oplatom

In the present study, HGSMs in cargo space are calculated with the program for the 2D sectional analysis MARS of classification society Bureau Veritas (BV) [8]. Firstly, the as-built HGSM is calculated. Then, thickness of structural elements (plates and longitudinals) contributing to the longitudinal strength are modified according to the results of thickness measurements from Croatian Register of Shipping (CRS) file. Gauging records were performed on periodic dry-dockings and close-up surveys of ships in service after 10, 15 and 20 years. Corrosion model of the ships was performed for the transverse sections with combination of central tanks as cargo oil tanks and wing tanks as ballast tanks.

Typical midship section of one of ships with corroded thickness of plate elements is presented in the Figure 3.

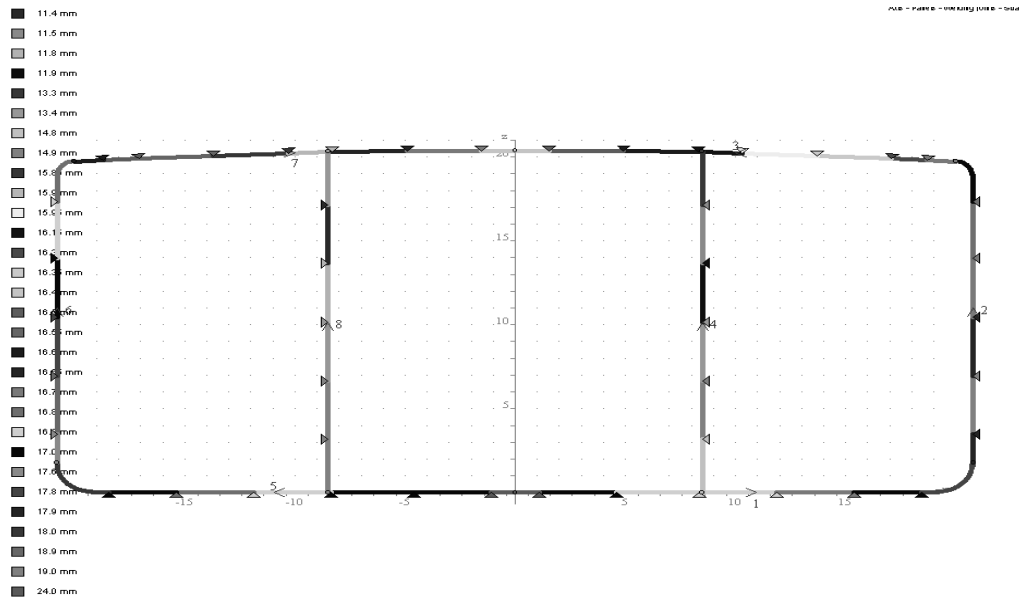


Fig. 3 Gauged plate's thickness of transverse section for 20 years old tankers.

Slika 3. Izmjerene debljine limova poprečnog presjeka 20 godina starog tankera

The aging effect is measured by the HGSM loss, which is the ratio of the as-gauged HGSM over the as built:

$$R(t) = 1 - \text{HGSM}(\text{as-gauged at year } t) / \text{HGSM}(\text{as-built}) \tag{1}$$

Results for measured $R(t)$ for three ships after 10, 15 and 20 years are presented in the Table 1.

Table 1 Measured $R(t)$ for three ships

Tablica 1. Izmjereni $R(t)$ za tri broda

Years of measured	$R(t)$ -Ship 1	$R(t)$ -Ship 2	$R(t)$ -Ship 3
10	0.0151	0.0145	0.0161
15	0.0225	0.0290	0.0445
20	0.0410	0.0470	0.0592

3. Time-dependant HGSM

HGSM loss is determined as a function of time taking into account the lifetime of protective coatings. The following equation for the HGSM loss after t years of ship service is proposed based on the gauging results from all longitudinally-effective structural components on 2195 transverse sections of 211 single-hull oil tankers [2]:

$$R(t) = C(t-t_0)^I \tag{2}$$

where $R(t)$ is the HGSM loss at age t , while t_0 is the year when HGSM starts to deviate from the as-built condition. C and index I are constants that can be determined according to the data set. Large data set is collected in ABS' Safe hull Condition Assessment Program (CAP) and results are presented as average parameters of the Equation (2) for four different levels of the corrosion severity, Table 2 and Figure 4 [2].

Table 2 Parameters of Equation (1) for different levels of corrosion severity

Tablica 2. Parametri jednadžbe (1) za različite razine oštine korozije

Corrosion severity	C	t ₀ , years	I
Slight	0.62	6.5	0.67
Moderate	0.80	5	0.75
Severe	0.84	3.5	0.83
Extreme	0.90	2	0.91

Results from the curves presented in Figure 4 indicate that corrosion loss of HGSM will be less than 10% during whole lifetime of the vessel, in cases of slight and moderate corrosion severities. For severe corrosion rate, HGSM will become less than 90% of its initial value after approximately 23 years while in extremely unfavourable corrosion conditions 10% loss limit will be exceeded after 18 years. This value of 10% of permissible loss of initial HGSM represents important industry standard that must be respected during whole lifetime of the ship.

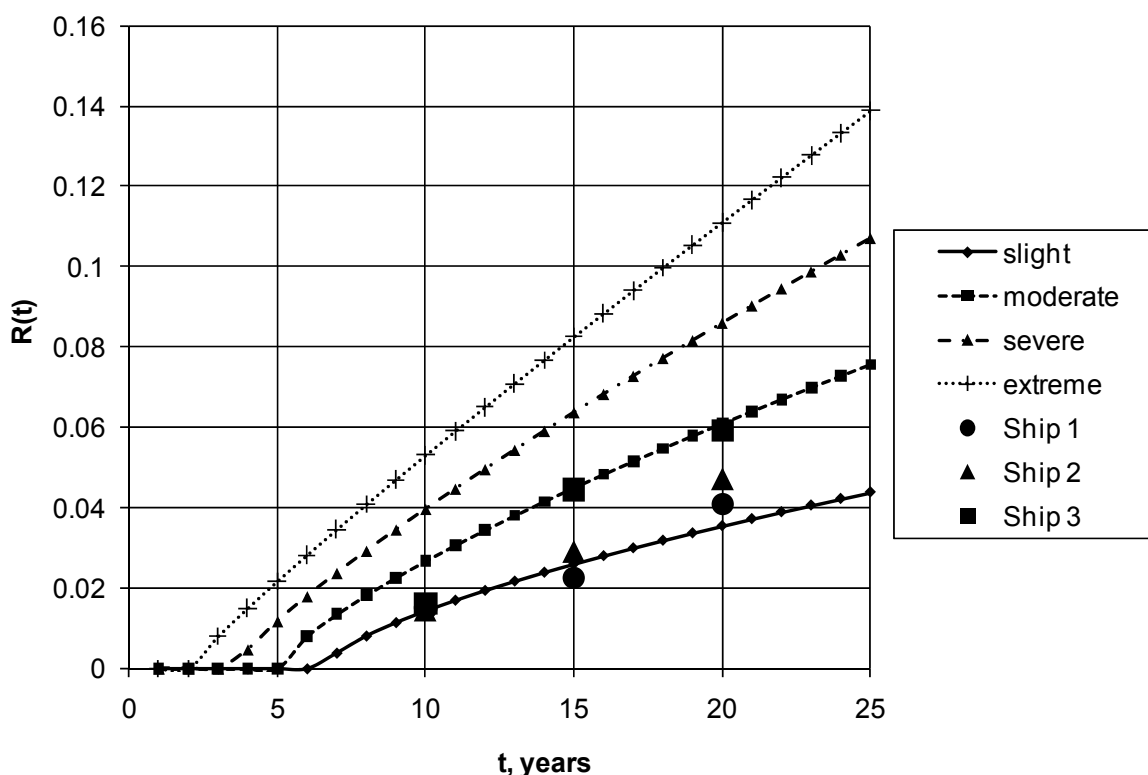


Fig. 4 HGSM loss for different levels of corrosion severity

Slika 4. Gubitak momenta otpora poprečnog presjeka za različite oštine korozije

In the Figure 4, measured results obtained for three oil tankers considered in the present study are also shown. It may be seen that measured corrosion loss is always between prediction curves for slight and moderate corrosion levels.

Ship no. 1 in Figure 4 (circles) has slight corrosion wastage for all three measurement points (10, 15 and 20 years) and prediction curve represent approximately least square fit through these measurement points.

Measurement points for ship no. 2 (triangles) lie approximately on straight line and in long-term prediction it could be expected that the corrosion approaches curve for moderate corrosion.

Results obtained for ship no. 3 (squares) are very interesting. Measurements points seem to be placed on the curve that starts to grow from zero at approximately 8 years, that could represent coating lifetime in that particular case. After expiration of the coating lifetime, the corrosion is developed quite rapidly (until about 15 years) but then corrosion rate is reduced and corrosion loss approximately follows curve for moderate corrosion.

In order to investigate further improvement of predictions, curves similar to those from Figure 4 are fitted through measurement points of HGSM loss at 10 and 15 years. Results are presented in the Table 3 and Figure 5.

Table 3 Parameters of Equation (1) for different ships based on measurement after 10 and 15 years

Tablica 3. Parametri jednadžbe (1) za različite brodove prema mjerenjima nakon 10 i 15 godina službe

Corrosion severity	C	t ₀ , years	I
Ship 1	0.60	5	0.58
Ship 2	0.44	6	0.86
Ship 3	0.92	8	0.81

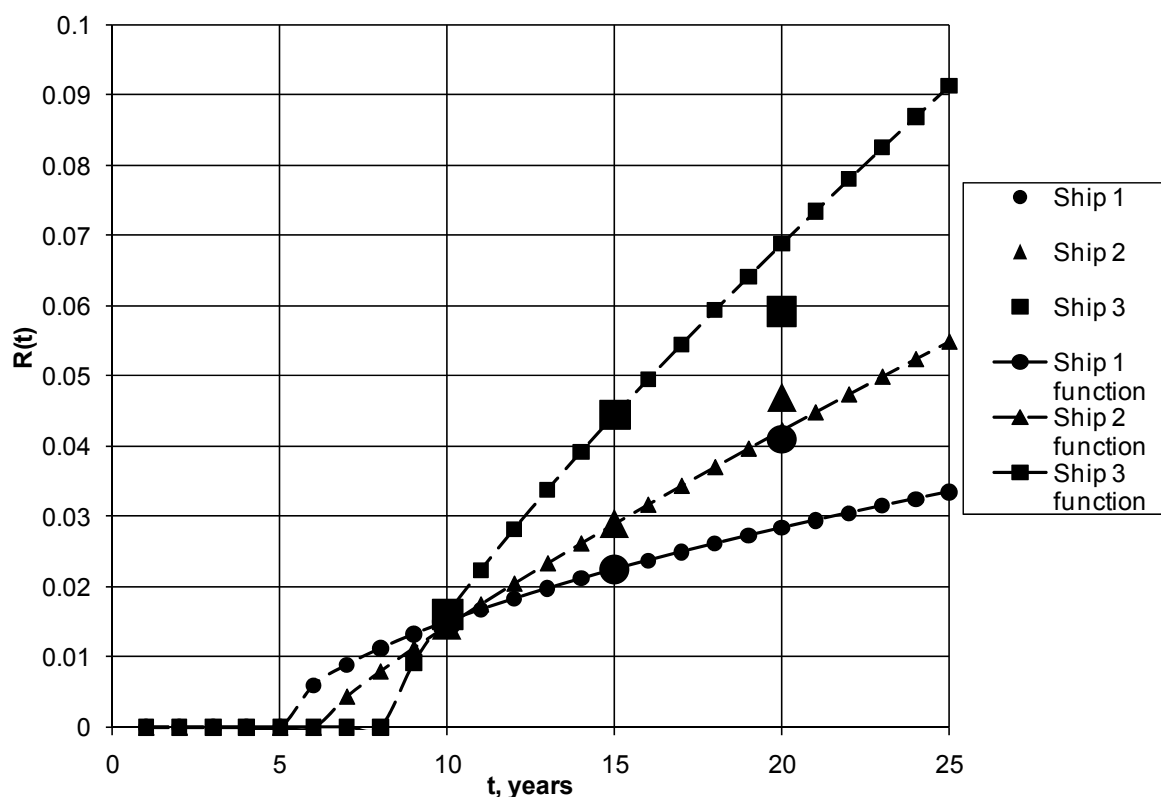


Fig. 5 Measured and predicted HGSM losses for different ships

Slika 5. Izmjereni i predviđeni gubitak momenta otpora poprečnog presjeka za različite brodove

It appears from Figure 5 that HGSM loss at 20 years for ship no. 1 is underestimated by prediction curve. Much better agreement is obtained by curve for slight corrosion from Figure 4.

Prediction of HGSM loss in 20 years for ship no. 2 is quite good. Curve is almost linear from time of coating breakdown (6 years).

Results for ship no. 3 indicate that the coating lifetime for that ship could be the longest, but after the breakdown of the coating corrosion progression is very fast. Prediction curve would overestimate actual HGSM loss.

It should be mentioned that there is a large uncertainty associated to HGSM loss as the corrosion loss is different for each transverse section of the ship hull. It may be assumed, however, that surveyors of analysed ships measured sections with representative (average) corrosion losses. More research is required to improve reliability of long-term predictions of corrosion losses.

4. Conclusion

Each individual oil tanker, particularly if it is an aged one of single side skin type, represents potential huge threat to the environment. Classification societies most seriously take into consideration the corrosion wastage as one of the very important degradation factors for ship structural strength [9][10]. Therefore, it is of interest to examine how the corrosion wastage of ship structural elements propagates through the years.

The present paper proposes the methodology how to efficiently anticipate long-term corrosion wastage using thickness measurement results from ship history. Long-term non-linear corrosion model is fitted through measured HGSM losses of three single hull tankers after 10 and 15 years of service and predictions are then compared to the measured HGSM losses after 20 years. This approach could lead to more refined and more rational inspection and repair planning of existing ships. The procedure represents an improvement compared to CSR, as the rules assume constant corrosion loss throughout whole ship's lifetime, being an unrealistic assumption.

It is shown in the paper that measured corrosion wastage generally agrees well with proposed curves for long-term HGSM loss. However, further researches are required since large uncertainties regarding the coating lifetime and rate of corrosion propagation are noticed.

REFERENCES

- [1] American Bureau of Shipping, Det Norske Veritas, Lloyd's Register, 2006. *Common Structural Rules for Double Hull Oil Tankers*.
- [2] G. Wang, A.-K. Lee, Lj. Ivanov, T.J. Lynch, C. Serratella, & R. Basu, 2008. *A statistical investigation of time-variant hull girder strength of aging ships and coating life*. Marine Structures 21, p. 240-256.
- [3] Y. Garbatov & C. Guedes Soares, Risk based maintenance of deteriorated ship structures accounting for historical data. in: *Advanced Ship Design for Pollution Prevention*, ed. Guedes Soares & Parunov, Taylor & Francis Group, London, UK, 2010. p.131-147.
- [4] J. Parunov, P. Mage, C. Guedes Soares, 2008, Hull girder reliability of an aged oil tanker, *Proceedings of the 27th International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering, (OMAE2008)*, ASME, Estoril, Portugal, Paper no. 57183.
- [5] J. Parunov, K. Žiha, P. Mage, Corrosion wastage of oil tankers – A case study of an aged ship // *IMAM 2007* / Guedes Soares & Kolev (ed.), Varna: Taylor & Francis Group, 2008. p. 271-276.

- [6] J. Parunov, K. Žiha, P. Mage, P. Jurišić, Hull girder fatigue of corroding oil tanker. in: *Advanced Ship Design for Pollution Prevention*, ed. Guedes Soares & Parunov, Taylor & Francis Group, London, UK, 2010. p.149-154.
- [7] IACS PR No. 34 (Rev.3 Corr.1 Jul. 2008) – Procedural Requirement on Application for the IMO Performance Standard for Protective Coatings (PSPC), *Resolution MSC.215(82)*, under IACS Common Structural Rules for Bulk Carriers and Oil Tankers.
- [8] Bureau Veritas 2003. MARS 2000, Paris.
- [9] Croatian Register of Shipping 2009. *Rules for the Classification of Ships, Part 2-Hull*.
- [10] International Maritime Organization (IMO), Resolution MSC.105(73), 2000. *The guidelines on the enhanced program of inspection during surveys of bulk carriers and oil tankers*, London.

*Jerolim Andrić, Vedran Žanić, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje
Dino Sponza, Đani Dundara, Vito Radolović, Brodogradilište Uljanik, Pula
Karlo Pirić, Mate Grgić, Marko Stipčević, Sveučilište u Zagrebu, FSB*

STRUCTURAL ANALYSIS OF LIVESTOCK CARRIER

Summary

The main results of structural analysis of livestock carrier designed in ULJANIK shipyard (Yard no. 486-487) have been presented. The most important aspects in a rational structural design of this kind of ships have been underlined. The ship structure is characterized with large openings in the superstructure side shell and with the absence of transverse bulkheads in superstructure part (zone above Deck 6). Ventilations tubes (channels) are integral load carrying part of the structure. Two main structural problems have been evaluated: (1) longitudinal strength, with the appropriate level of superstructure participation in the hull girder bending; (2) transverse/racking strength, where the capability of transverse structure has been evaluated. The strength calculation has been carried out according to RINA Rules using FE coarse mesh approach. Superstructure participation in hull girder longitudinal bending has been evaluated and longitudinal stress distribution over ship height has been analyzed for the prototype and the proposed model. Critical locations (where a fine mesh FE analysis is needed) with the high stress concentrations have been identified. Gain in structural weight has been achieved in the superstructure due to the rational redesign procedure.

Ključne riječi: livestock carrier, structural design, full ship FE model, longitudinal and transverse strength

STRUKTURNA ANALIZA BRODA ZA PRIJEVOZ ŽIVE STOKE

Sažetak

Svrha rada je prikazati najvažnije rezultate strukturne analize broda za prijevoz žive stoke projektiranog u brodogradilištu ULJANIK (Gradnja 486-487). Prikazani su glavni aspekti koje je potrebno razmotriti prilikom racionalnog projektiranja konstrukcije ovakvih tipova broda. Struktura broda odlikuje se velikim otvorima u boku iznad najgornje palube trupa, te nepostojanjem poprečnih pregrada u strukturi nadgrađa (između paluba 6 i 10). Cijevni ventilacijski kanali su integralni, nosivi dio strukture. To zahtjeva pažljivo razmatranje dva globalna strukturna problema: (1) problem uzdužne čvrstoće uz sudjelovanje paluba nadgrađa; (2) problem poprečne čvrstoće i nosivost poprečnih elemenata. Proračun čvrstoće je proveden je prema Pravilima klasifikacijskog društva RINA koristeći postupak modeliranja cijelog broda 'grubom' MKE mrežom. Sudjelovanje paluba nadgrađa u uzdužnoj čvrstoći izraženo je preko stupnja efikasnosti nadgrađa, te su analizirani dijagrami distribucije primarnih naprezanja po visini trupa za nekoliko karakterističnih presjeka, za početni model i predloženu varijantu. Identificirane su kritične točke u kojima se pojavljuju koncentracije naprezanja za koje je potrebno provesti proračun 'finom' MKE mrežom u dogovoru s klasifikacijskim društvom. Racionalnim dimenzioniranjem ostvarene su značajne uštede u težini nadgrađa i gornje palube trupa.

Key words: brod za prijevoz žive stoke, strukturna analiza, MKE, uzdužna i poprečna čvrstoća

1. Uvod

The extensive superstructure characterizes some ship types: cruise ships, passenger ferries, RoPax ships, car carriers, etc. Examined livestock carrier can be classified as a ship with a strong hull-superstructure interaction. The height of the superstructure is approximately equal to the height of the lower part of the hull and its influence on longitudinal strength of the ship is very important. Thus, it should be taken into consideration during a design and dimensioning of the structural elements.

A term strength deck, which is obvious for ships with a single deck, in this case is obsolete. The design of the structural elements on the assumption that only the lower part of the hull participates in the longitudinal strength is not rational and it could cause an excessive scantlings of structural elements in the lower part of the hull. The assumption that the superstructure is 100% effective and that a classical Bernoulli beam could be applied for estimation of primary stresses also is not valid for this type of the structures. Nonlinear distribution of the primary stresses in the hull is caused by many factors such as reduced shear stiffness of the side shell due to large openings, a shift of the side wall line of the hull or superstructure due to recess, the free end effect of short superstructures, influence of length, breadth and height of the superstructures, etc. For the rational structural design of these kinds of vessels, the correct primary stress distribution amidships along the height of the cross section (lower part of the hull+superstructure) should be determined. Scantlings of structural elements around midship calculated in the early design phase have a huge impact on the further process of the project. The effective superstructure design is very important because of a regulation of weights and vertical position of gravity, due to speed and stability requirements. Relatively large ship's height (hull + superstructure) could cause a large reduction of the primary stresses in upper lower hull decks if the superstructure only partially participates in longitudinal strength of ship.

Also, this kind of ship is characterized with the absence of transverse bulkheads in the superstructure part, so special care has to be focused also on transverse strength (racking) calculation due to non-symmetrical load cases.

Nowadays, most suitable and accepted method for final checking of structural adequacy of ships with large superstructures is the 3D FEM coarse mesh model of a complete ship.

In the cooperation with the ULJANIK Shipyard, Pula, the University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture has carried out the full ship 3D FEM analysis of the complete hull of Yard number: 486-487 designed in ULJANIK Shipyard [2]. Presented research represents continuations of previously presented work, see [7], on similar ship already built by ULJANIK (Yard no.428) and long-term effort in structural design improvement of ULJANIK vessels.

The objective of the analysis was to investigate the structural strength in fulfilment of the requirements for direct calculation of the classification society Registro Italiano Navale (RINA) [3], including: (1) longitudinal strength analysis, (2) double bottom analysis, (3) transverse strength analysis, (4) detail stress analysis of structure around openings in deck 6, side shell, etc. The main results of those investigations have been summarized through this paper. MAESTRO software [4] was used for calculation of the structural response of the full ship 3D FEM model.

2. Vessel description

The vessel is a LIVESTOCK CARRIER 24 000 sq. meters with the following principal dimensions:

Length overall	185.20 m
Length between perpendiculars	169.26 m
Breadth moulded	31.10 m
Depth moulded to DECK no.6	14.53 m
Depth moulded to DECK no. 10	24.33 m
Draught design moulded	7.70 m
Draught scantling moulded	8.70 m
Deadweight at design draught	10800 t
Deadweight at scantling draught	14700 t
C_B at $d=8.70$ m	0.54
Main engine MCR	MAN B&W 7S50 MC-C
Output	116200 kW/127 r.p.m.
Speed trial (90% MCR)	19.8 knots

Ship has 10 decks and a deck house. The pen and access arrangement defines the layout of ordinary and primary pillars in transverse direction. The arrangement is based on *AMSA (Australian Maritime Safety Authority)* Rules: the breadth of a single pen is limited to 4.5 m and minimal access breadth between stores for food and water is 0.7 m. Based on these constrains 6 pens (layout: 1+2+2+1) and 3 access are arranged in transverse direction.

The ship is longitudinally framed with the exception of ship sides above Deck 1, some areas within the engine room, fore and aft peak structures. The ship structure is characterized with large openings in superstructure side shell and with the absence of transverse bulkheads in superstructure (zone above Deck 6). Large ventilations tubes (channels) are integral load carrying part of the structure. Two RINA approved material qualities were used:

Steel Grade	NSS	Minimum yield stress = 235 N/mm ²
Steel Grade	AH36	Minimum yield stress = 355 N/mm ²

Fig. 1 shows an outline of the general arrangement of the vessel.

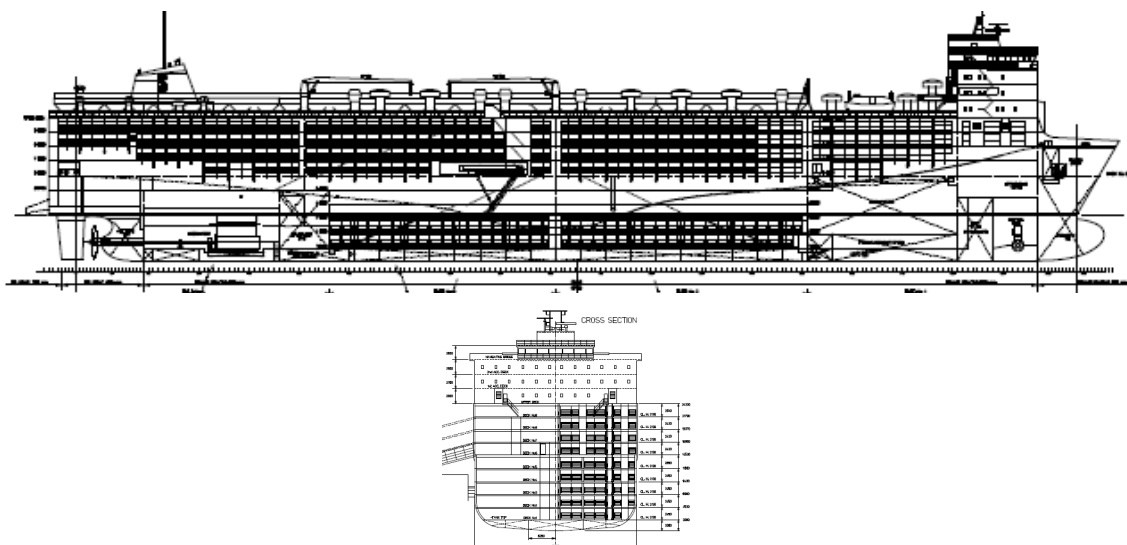


Fig. 1 General arrangement of livestock carrier

Slika 1. Generalni plan broda za prijevoz žive stoke

3. Mathematical Model and Boundary Conditions

In the view of the non-symmetrical structure and racking loads, the entire full ship FEM model was performed to give deflection, stress and adequacy results and simultaneously provide boundary conditions for further fine mesh analysis of all critical areas. The coarse-mesh, full-asymmetric, global livestock carrier FE model for Yard no. 486 was developed, see Figs.2 and 3. FE modeling details are as follows:

(a) Plated areas such as decks, outer shell and bulkheads were represented by the special stiffened shell macroelements. MAESTRO stiffened macroelement uses the NASTRAN type **QUAD4** 4-node shell elements enhanced with stiffeners in their proper geometrical position regarding axial and bending energy absorption / detailed stress output.

(b) TRIA triangular 3 node elements were also applied with appropriate thickness.

(c) Smaller primary transverse frames or girders were modeled with bracketed beam macro-elements (where beam theory is applicable).

(d) Larger web frames or girders were modeled with elements as ad (a) or (b).

Full ship 3D FEM model had 52 827 nodes and 77 722 macro-elements (stiffened panels and bracketed beams). Ventilation ducts (tubes) were in general modeled with the eight plate segments and are penetrating respective decks with a 'collar' of plate elements. Element thicknesses and properties were calculated from the scantlings shown on the structural plans supplied by the Yard. Net scantling approach was implemented based on complete ship model in accordance with reference [5], (see, Pt. B, Ch 4, Sec. 2.) Manholes (and similar) in the webs of primary supporting members (particularly in double bottom floors) were disregarded [3] and element thickness has been reduced in required proportion.

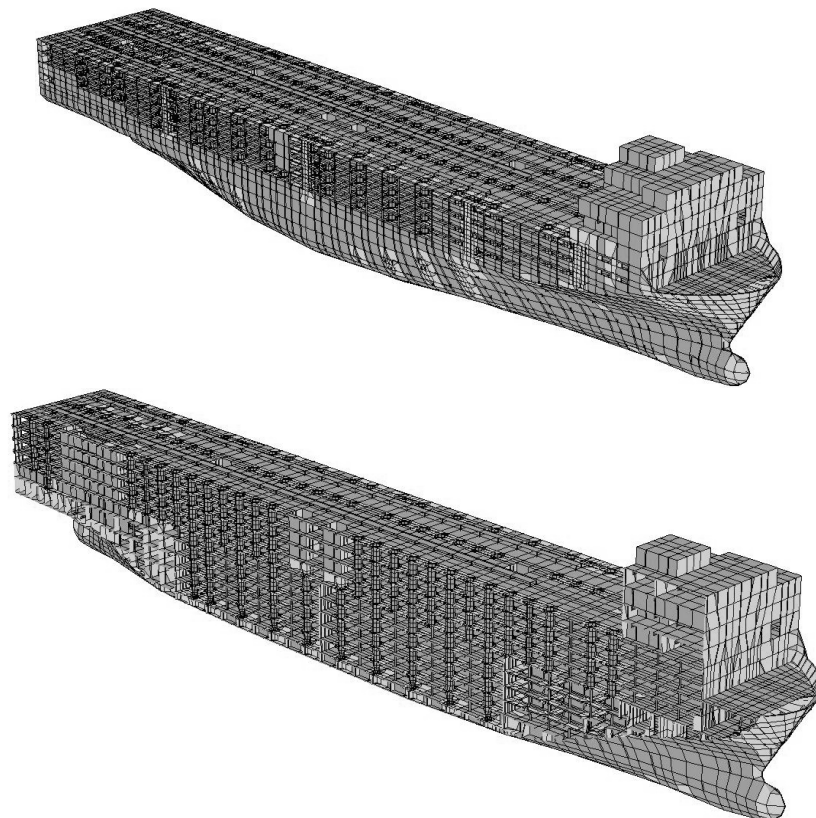


Fig. 2 Full ship FEM model of livestock carrier

Slika 2. MKE model cijelog broda za prijevoz žive stoke

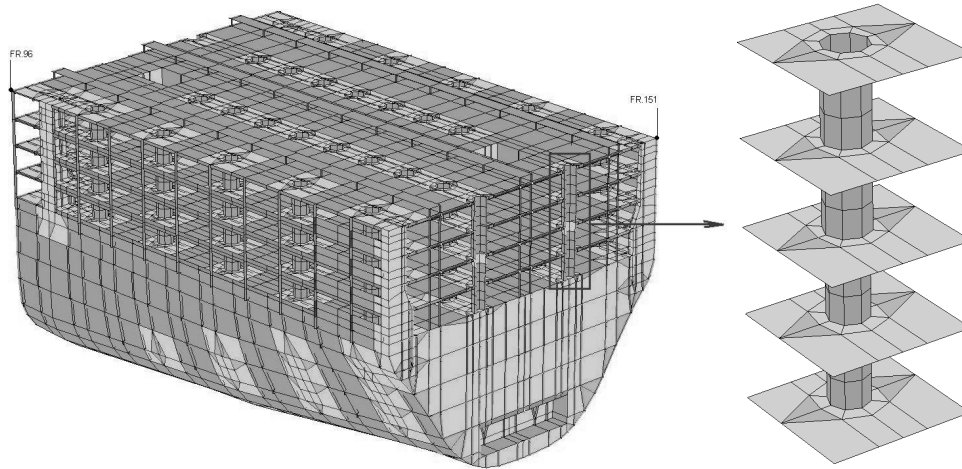


Fig. 3 Part of the full ship FEM model - area between Fr.96 and Fr.151 and ventilation tubes detail

Slika 3. Dio MKE model cijelog broda - područje između R.96 i R.151 i detalj ventilacijskih cijevi

To prevent rigid body motion of the model and singularity of the free ship stiffness matrix boundary conditions were implemented in accordance with RINA Rules [3], see Fig.4.

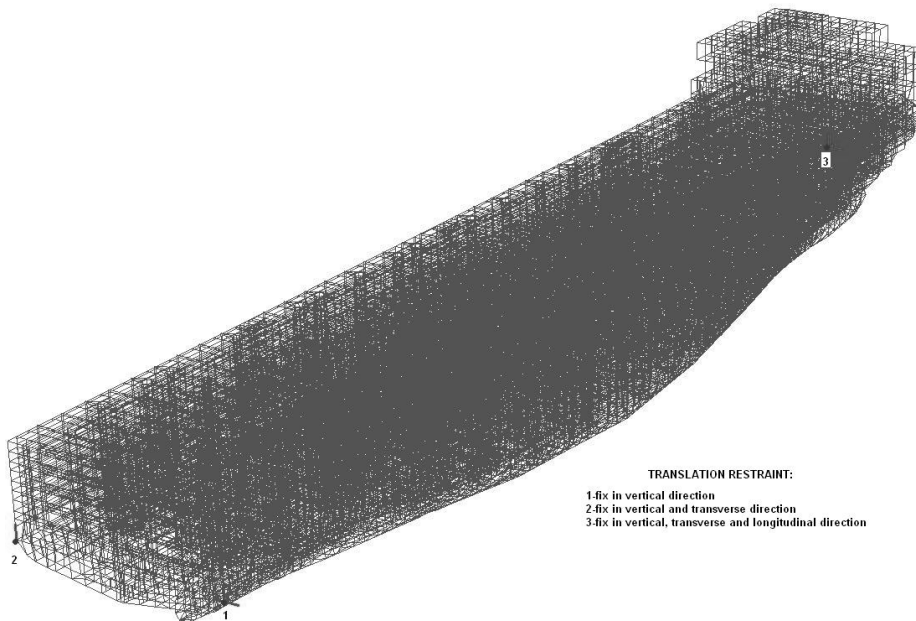


Fig. 4 Boundary conditions

Slika 4. Rubni uvjeti modela

Quasi static balancing of the full ship FEM model was performed using MAESTRO automatic balancing option (changing heave, trim and heel) to achieve permitted reaction force levels on the restrained nodes. Reactions obtained for the balanced ship in all load cases were below RINA requirements.

4. Loading

One of the characteristics of considered ship are relatively fine hull lines (low block coefficient) and continuous distribution of lightweight which imply that the ship is always in hogging condition at still water i.e. it has excess of buoyancy amidships and excess of weights at the ends. Due to this distribution of static loads, the structure is loaded by very large still water hogging bending moment. A combination of maximum still water bending moment and maximum wave bending moment in hogging condition produces the maximum longitudinal stresses. A combination of minimum still water bending moment in hogging condition and maximum wave bending moment in sagging condition could generate a compression stresses in upper decks. This should be avoided at any cost because the compression stresses could generate panel buckling problems on the upper decks which mostly consist of very thin plates. For this type of ship it is not a case and the structure is always in hogging condition. Nevertheless, the deck structure is designed in such way that stiffened panels withstand compression stress of minimum 30 N/mm^2 . The still water shear force distribution is similar to a conventional distribution with the maximum values at positions $0.25L$ and $0.75L$ from aft perpendicular. The design values of shear force are obtained by summing the maximum value of still water shear force with the maximum value of wave shear force. The shear force could cause large shear stresses on the ship side in the areas where the shear stiffness is decreased. One of the advantages of 3D FEM complete ship models is an avoidance of defining force/displacement boundary conditions at the ends which are necessary for partial ship models. The complete models should be balanced such as the reactions in points where the boundary conditions are placed are negligible. A total bending moment (static and wave) and shear forces are derived from static and dynamic load components distribution. Each loading condition comprises of four sets: (1) light ship weight, (2) deadweight, (3) accelerations and (4) buoyancy loading including dynamic pressures.

Static load of an ideal structure is required to be enlarged and adjusted to the lightweight of a ship according to the trim and stability book (T&S) for considered load case. Based on the model geometry and the scantlings of the elements used, a modeled mass for the hull was generated within the program. Additional masses of machinery and equipment were added to the hull mass by concentrated masses at the appropriate nodes. Those masses include superstructure items (other than directly modeled), wheelhouse, stern ramp, rudder and steering gear, bow and stern thruster, diesel engine and transmissions, boiler, main electric power production, fooders. Cargo loading consists of masses of cattle and food. The distribution of cargo loading was defined by Yard in [6]. Cargo masses were concentrated in mesh nodes of the corresponding decks. The masses of water ballast, fuel oil, fresh water etc. were taken from [6]. These masses were generally placed in appropriate tanks, which were modeled inside the ship structure model. The main engine and massive equipment are defined as concentrated masses on their actual positions. Contents of some smaller tanks were idealized by the concentrated masses. The mass distribution defined above was corrected to achieve the distribution given in [6]. Total light ship mass was 11 150 t.

The hull shape of the 3D FEM model slightly differs from the original one, i.e. a difference of a displacement up to 2% are acceptable. A hydrostatic pressure distribution is defined directly by the ship's draught and it is implemented automatically by the software.

Wave induced loads and 3D FEM full ship model implementation

Upon the modeling of wave induced loads it should be mentioned that it is generated with much more uncertainty than the structural model. For a practical implementation of the

wave loads on the 3D FEM full ship model there are various methods which use direct calculation of the loads [9, 10]. Design wave method [3] uses elements of deterministic approach in defining an equivalent design wave by which the FEM model will be loaded. This method is used in our case. The dominated load effect, i.e. the target value by which is loaded the FEM model, is the total vertical bending moment (static + wave) for hogging condition where the wave bending moment is calculated by the Rules.

Equivalent design wave is a regular sinusoidal wave (with Smith's effect included) with the following characteristics: length, height (twice the value of amplitude), phase which defines the position of a crest from the origin. It should be mentioned that due to the high nonlinearity of the hull form (deviation of a side shell from a normal above the waterline) at the ends the real wave bending moment is increased in hogging condition and decreased in sagging condition. Correction factor for hogging condition, regarding linear wave bending moment can be considered for this ship type. The value of vertical wave bending moment calculated according to expression from Requirement S11 is not scaled with calculated correction factor but the total value of the vertical bending moment is reduced according to the RINA requirement [3]. Acceleration components were also calculated according to Rules [5] and implemented in the model as an acceleration vector.

Set of critical load cases is selected aiming to maximize dominant load effects having dominant influence on the strength of some part of the structure, Table 1.

Table 1 Load cases description

Tablica 1. Opis slučaja opterećenja

CASE NO.	RINA [3],[5]	LOADING COND. [6]	TYPE OF ANALYSIS	M_{SW} (kNm)[6]	M_{Wave} (kNm)[5]	$M_{Total(max)} = M_{SW} + \gamma_{w1} \cdot k \cdot M_{Wave}$ (kNm),[3]	$M_{FEM(max)}$ (kNm)
1	LC a-crest	11-Cattle 14000	Long. Strength	1 187 206	938 517	1 832 437	1 910 000
2	LC b-crest	11-Cattle 14000	Long. and Transverse Strength	1 187 206	938 517	1 832 437	1 870 000
3	LC a-trough	10a-Minimum Hogging	Long. Strength	570 726	-1 177 260	-482 838	- 482 000
4	LC a-crest	2-Ballast cond. 100% Cons.	Double Bottom	1 146 428	938 517	1 791 659	1 815 900
5	LC b-crest	4-IMO 100% Cons.	Double Bottom	1 136 351	938 517	1 781 582	1 760 000
6	LC a-crest	4-IMO 100% Cons.	Double Bottom	1 136 351	938 517	1 781 582	1 780 000
7	LC d-PS down	4-IMO 100% Cons.	Transverse Strength	1 136 351	938 517	1 370 980	1 4000 000
8	LC d-SB down	4-IMO 100% Cons.	Transverse Strength	1 136 351	938 517	1 370 980	1 410 000

The wave bending moment and the total bending moments were calculated according to RINA Rules, [5]. Implemented distribution of the total vertical bending moment and shear forces shows good agreement with the required/target values, see Fig. 5, for LC1 and LC2.

For transverse strength calculation two load cases "b" and "d" were selected. For the transverse strength calculation in the upright condition, the load case LC3 (RINA "b" case)

was based on load condition 11 (14000 Cattle). It was chosen according to T&S book due to higher loads on the decks. LC8-IMO full load (Loading Condition 4 according T&S book) was chosen, for the inclined LC1 and LC2 (RINA "d" case), due to high GM that causes the highest transverse acceleration vector.

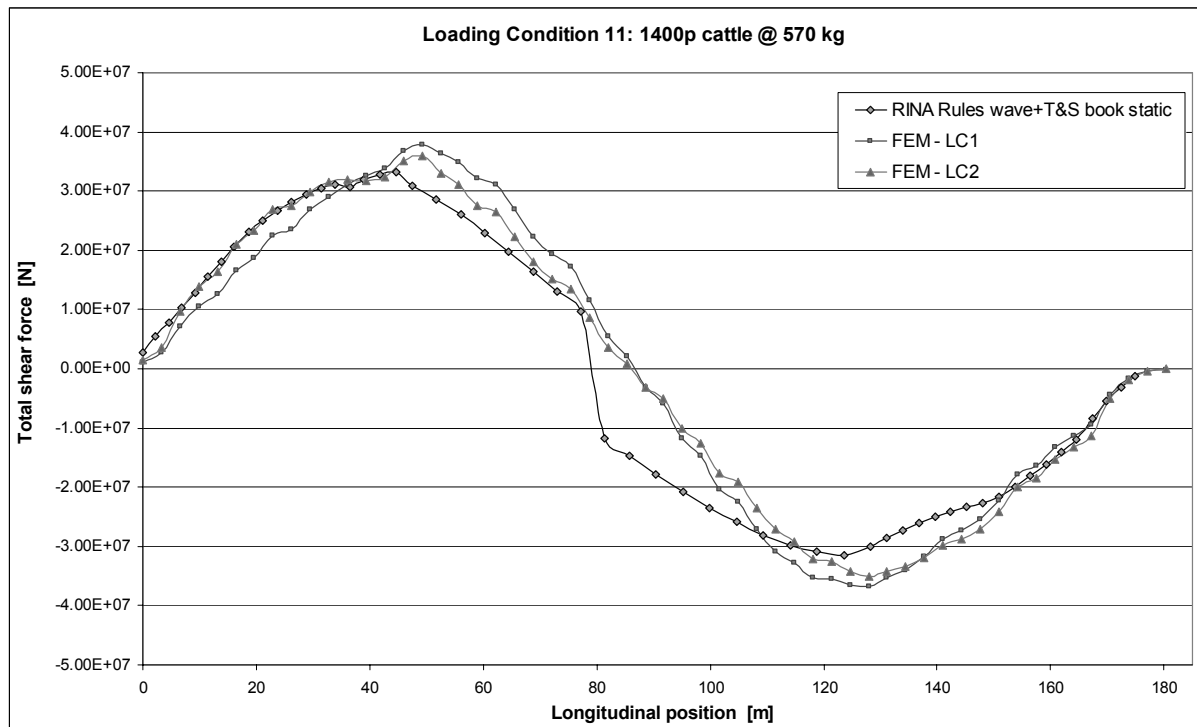


Fig. 5 Shear force distributions for LC1 and LC2 and comparison with RINA requirements

Slika 5. Dijagram poprečnih sila za LC1 i LC2 i usporedba s zahtjevima RINA-e

5. Results

5.1. Longitudinal strength analysis

The full ship 3D FE model provided results for the global deformations, the effectiveness of upper decks, the distribution of longitudinal stresses at each level, etc. as well as the boundary conditions for the fine mesh analysis of the critical details. The model used here, for the RINA analysis specified in [5], was sufficient for all those purposes. The selected load cases represented the approximation of the extreme condition in accordance with the RINA requests. All conclusions were based on the selected load cases. The behaviour of the ship's structure in terms of the global deformation is considered satisfactory from the structural aspect in all loading conditions considered.

Results obtained, confirmed the design assumptions that all continuous superstructure decks participated in the global hull girder bending, see Figs. 6 and 7.

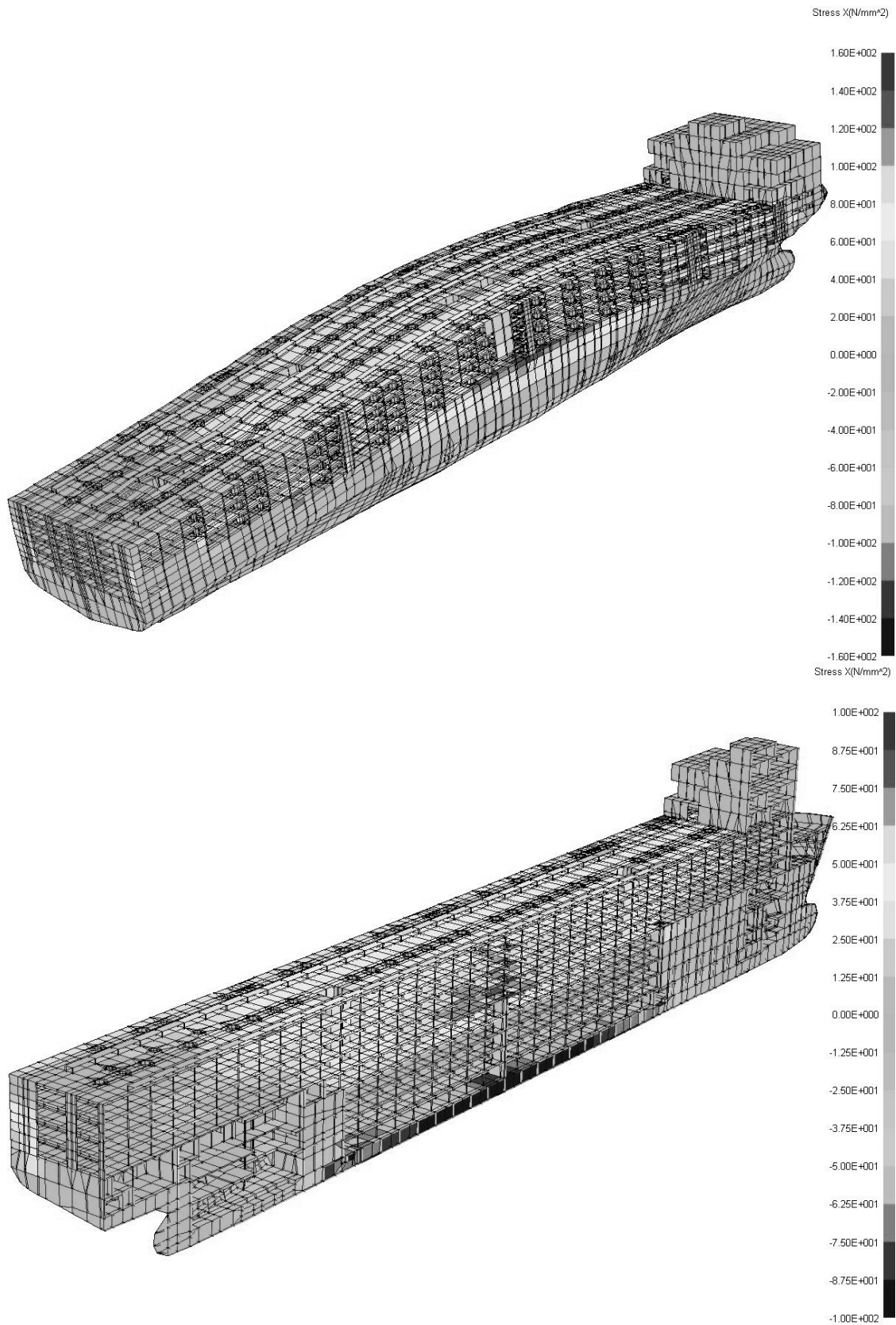


Fig. 6 Deformed full and half ship FEM model and normal σ_x stresses for LC2

Slika 6. Deformirani model cijelog broda i normalna σ_x naprezanja za LC2

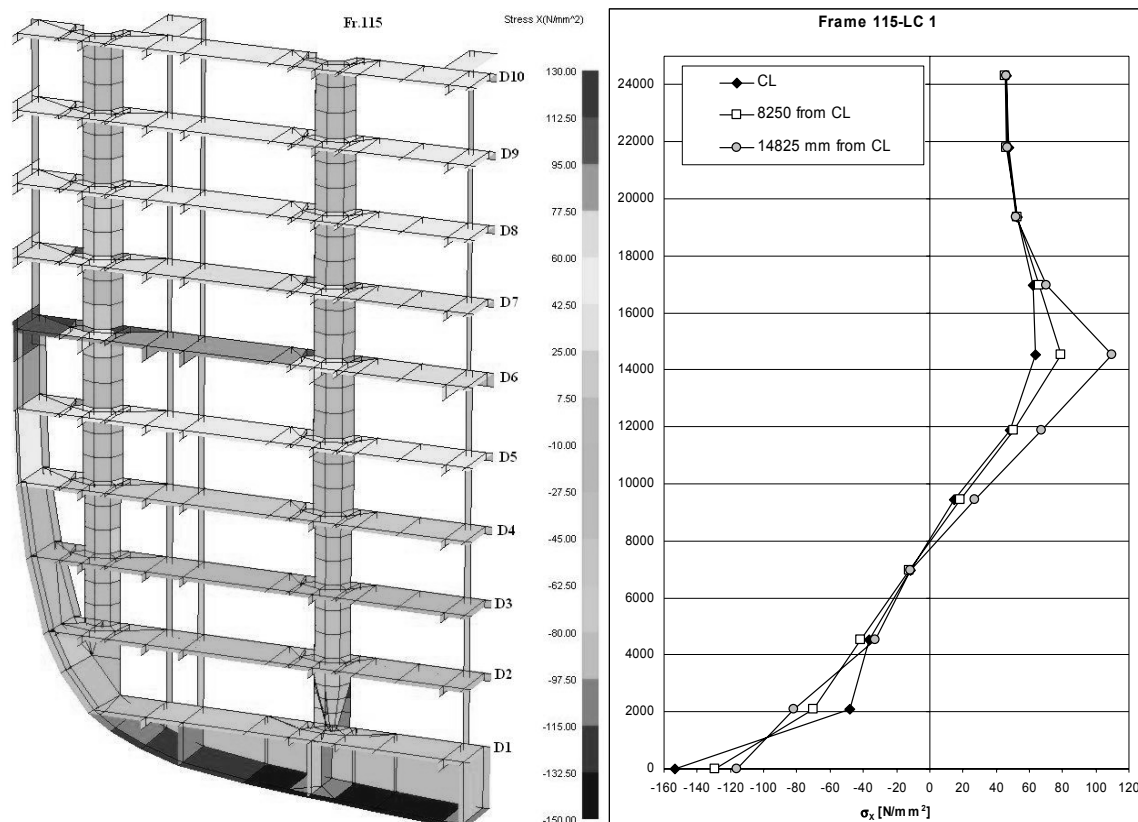


Fig. 7 Normal σ_x stresses distribution over ship height at Fr.115 for LC1

Slika 7. Normalna σ_x naprezanja po visini broda na R.115 za LC1

The implemented concept (partially effective superstructure) present an opportunity to reduce structural scantlings of superstructure decks (decks above D6) which are affected by the RINA requirements to increase cross section modulus by increased structural scantlings in superstructure decks. Based on RINA request, sensitivity analysis regarding increase of plating of deck 7 and 8 thicknesses has been performed. Very low influence was identified. Stress differences are below 10 N/mm^2 due to the increased plate thickness of deck 8, from $t_p=8 \text{ mm}$ to $t_p=11 \text{ mm}$. It has been verified that the level of normal σ_x stresses for proposed lightweight solution satisfied RINA requirements. Maximum normal σ_x stresses were below $+160 \text{ N/mm}^2$ (connection of DECK 6 and the outer shell) and -160 N/mm^2 (bottom structure) in region $0.3 L - 0.65 L$ for LC1-3.

Special attention has to be taken to solve the stress concentrations problems that have been identified in several locations:

Connection of ventilation tubes and pillars with double bottom plating in aft and fore region and connection of ventilation tubes and pillars with deck 6, see Fig. 8. Also, rational selection of pillar profiles has to be taken due to bending (and not only axial stress) that occurs in specified position. Cross-like type of profile has been substituted with tube/ rectangular type of profile.

Side openings in superstructure in fore part of the ship and amidships between deck 6 and 7.

Large casings openings at deck 6.

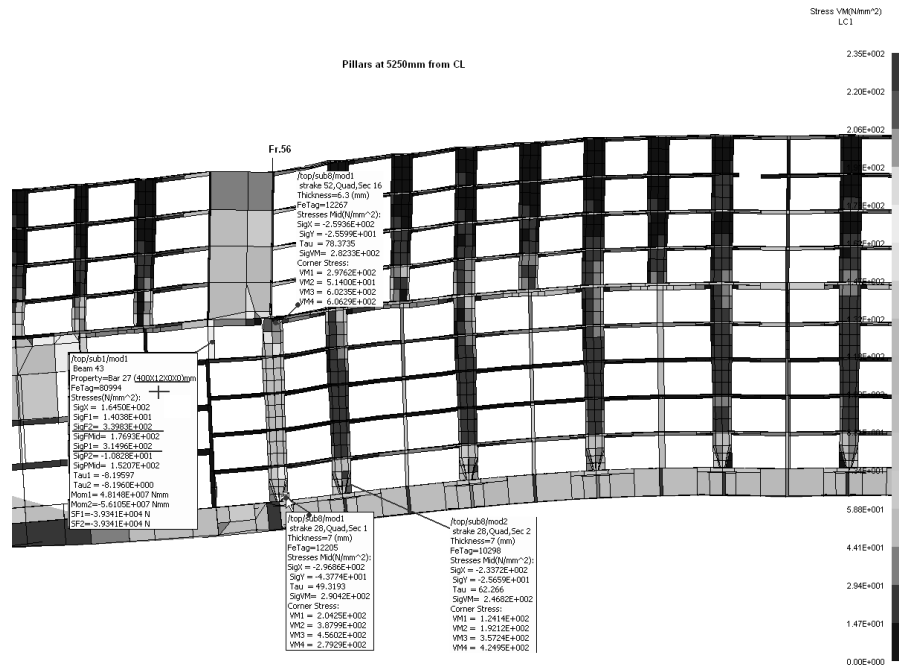


Fig. 8 Maximum Von Mises equivalent stresses in ventilation tubes for LC1

Slika 8. Maksimalna von Mises ekvivalentna naprezanja u ventilacijskim cijevima za LC1

5.2. Double bottom analysis

The fine mesh model, between Fr.71 and Fr.91, was developed and imbedded into global coarse mesh model, see Fig.9.

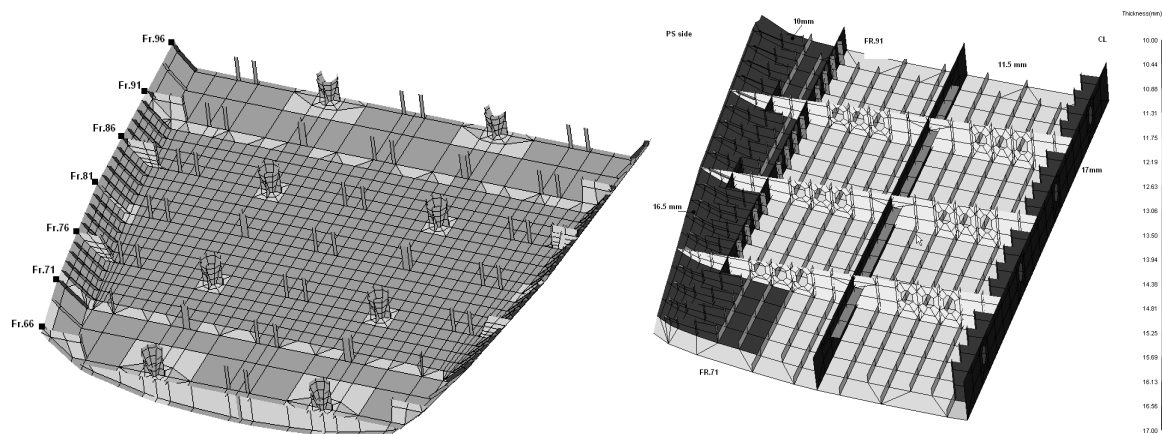


Fig. 9 Fine mesh FEM model of double bottom imbedded in global coarse mesh model and plate thickness

Slika 9. MKE fini model dijela dvodna uklopljen u globalni MKE model grube mreže i debljine limove

Two additional RINA load cases "a-crest" were implemented. Specifics of the examined double bottom structure are that pillars and ventilation tubes transfer cargo loading to the double bottom and support floors w.r.t to external pressure loading. This fact makes ballast condition critical. Several locations with high stress levels have been identified and evaluated/redesigned:

Higher stresses were recorded in the bilge region at the intersection of inner bottom plating, floor and partial transverse BHD supporting ventilation pipes (Fr. 76 and Fr. 86, see Fig. 10).

Very high stresses (at the free edge) were recorded in small brackets that connect the floor with the partial TBHD.

Around manholes (closest to bilge) local stress levels are increased.

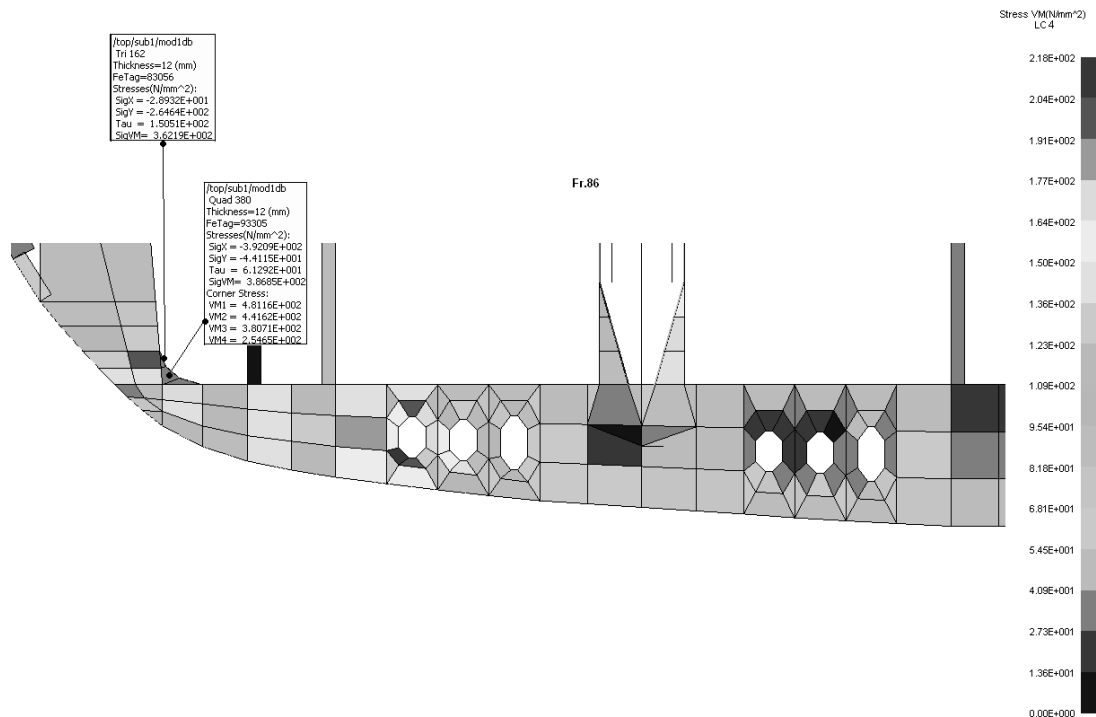


Fig. 10 Maximum Von Mises equivalent stresses at Fr. 86 for ballast load case LC4

Slika 10. Maksimalna von Mises ekvivalentna naprezanja na R. 86 za balastni slučaj opterećenja LC4

The comparable grillage (based on equivalent 3D beam model) calculation of double bottom structure using artificial boundary condition showed more conservative results.

5.3. Transverse strength analysis

Transverse strength analysis has been performed using presented global coarse mesh model to analyze several critical structural parts.

(a) Strength analysis of transverse bulkheads has been performed. The vessel has several waterproof transverse bulkheads from double bottom to D6 (Fr.51, 101,151 and 181). Fine mesh model was developed and imbedded into global coarse mesh model around specified transverse bulkheads. Model was balanced to achieve required transverse acceleration vector over the model height. Yield and buckling criteria were evaluated for the inclined "d" type load cases according to RINA Rules (LC7 and LC8).

Several high stresses areas have been identified on all examined transverse bulkheads mainly in connection with ventilation tubes, partial casing bulkheads and strong web frames above deck 6. Several highly stressed details are given on Figs. 11 to 13. Certain changes of plate thickness have been implemented following shipyard suggestions to achieve stress level bellow RINA limits (Pt B, Ch 7, Sec 1-3). Detail FEM analysis of critical structural details have been suggested to support local design.

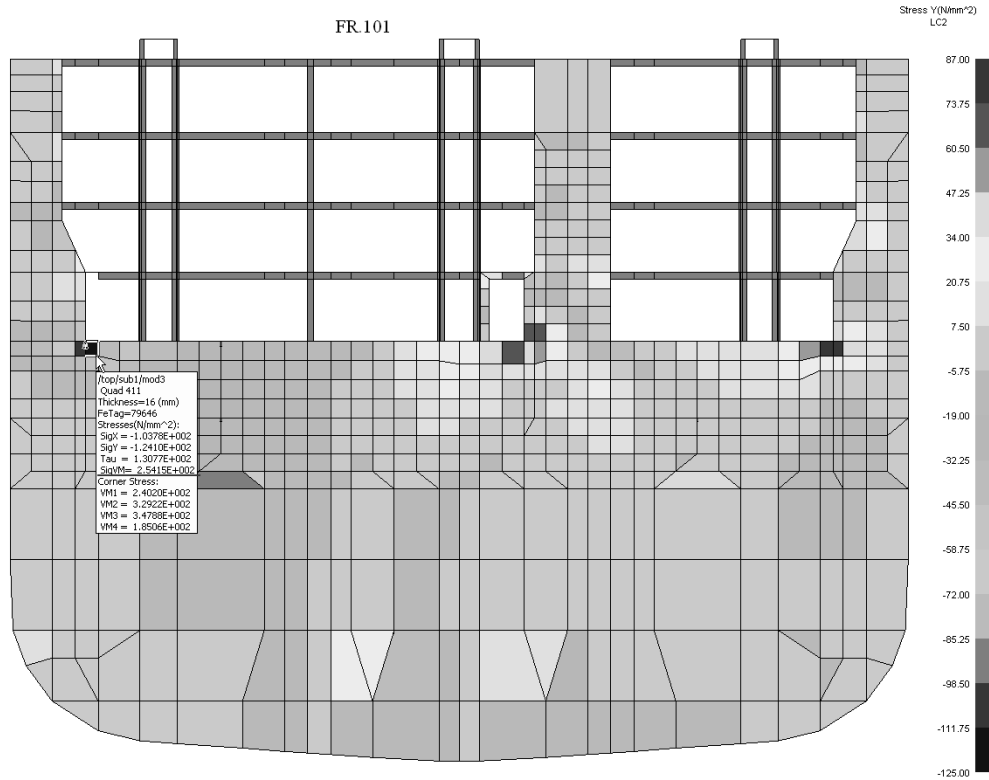


Fig. 11 Normal y stresses in transverse bulkhead at Fr. 101 for non-symmetrical load case LC8

Slika 11. Normalna y naprezanja u poprečnoj pregradi na R. 101 za nesimetrični slučaj opterećenja LC8

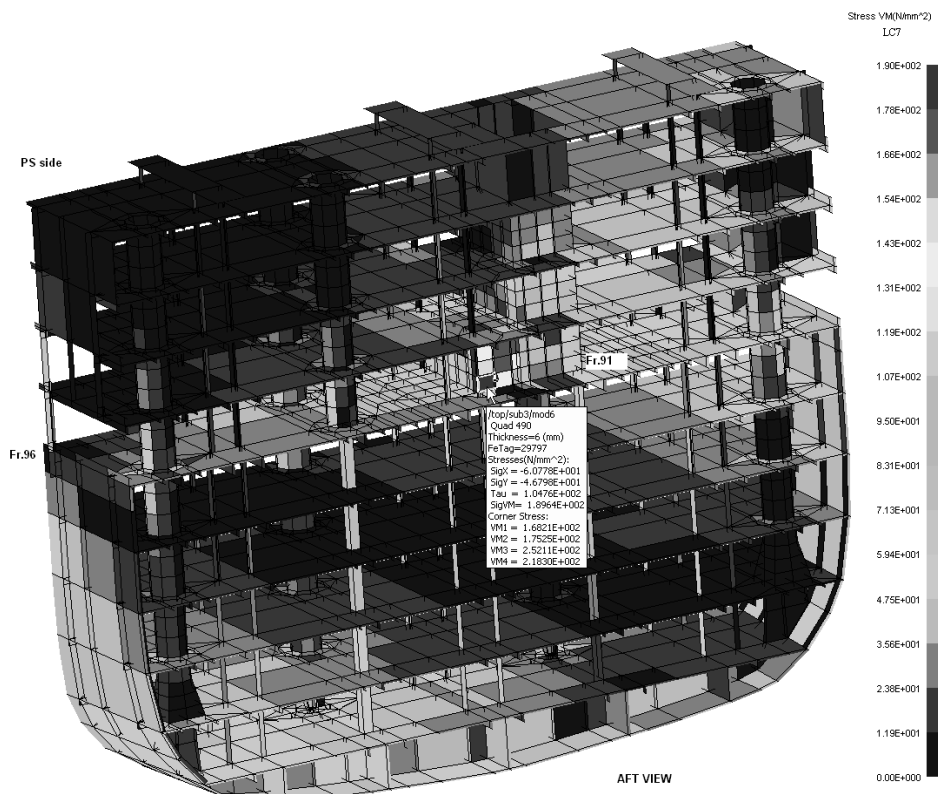


Fig. 12 Maximal Von Mises equivalent stresses in partial bulkheads of ventilation trunk for non-symmetrical LC7

Slika 12. Maksimalna von Mises naprezanja u parcijalnoj pregradi ventilacijskog kanal za LC7

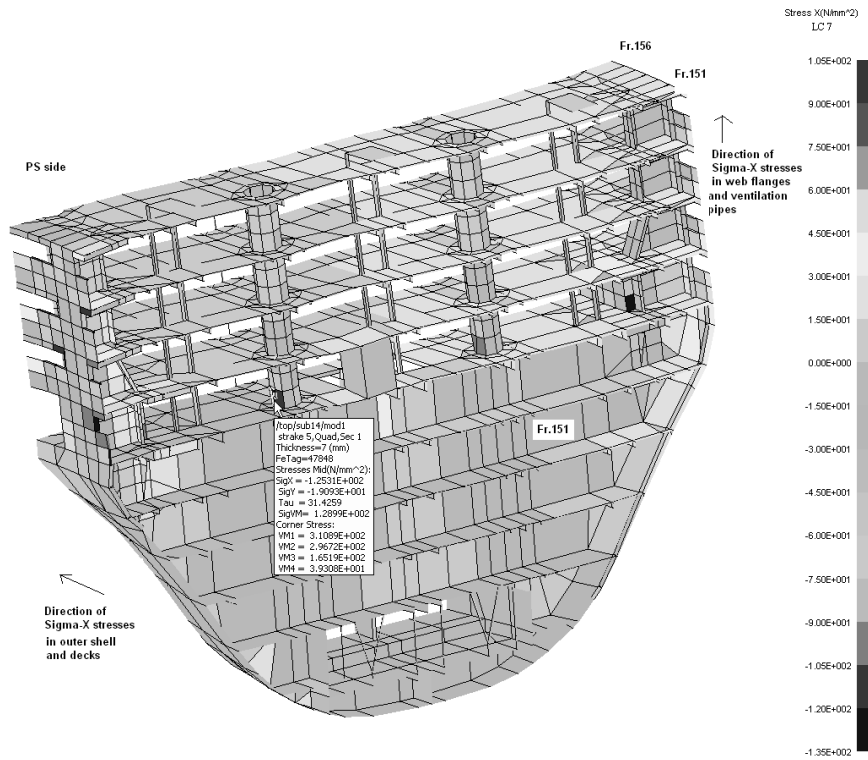


Fig. 13 Normal σ_x stresses in transverse bulkhead at Fr. 151 for non-symmetrical load case LC7

Slika 13. Normalna σ_x naprezanja u poprečnoj pregradi na R. 151 za nesimetrični slučaj opterećenja LC7

(b) Strength of transverse beams and side frames have been evaluated in upright load case (LC2) and inclined load cases (LC7 and LC8), see Table 1. Critical locations have been identified and recommendations to solve identified problems have been suggested. Most critical locations for transverse deck beams are in connection to ventilation trunk bulkheads, ventilation tubes and pillars, see Fig. 14.

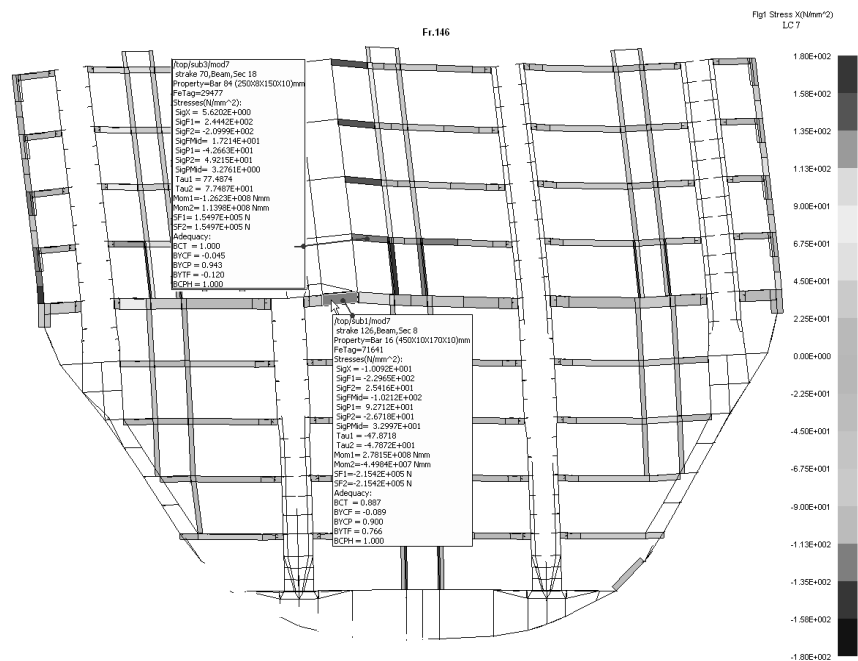


Fig. 14 Maximum (axial+bending) stresses in transverse beams flange at Fr. 146 for non-symmetrical LC7

Slika 14. Maksimalna (uzdužna+savojna) naprezanja u prirubnicama sponja i rebara na R. 146 za LC7

(c) Strength of pillars and ventilation tubes have been evaluated in upright load case (LC2) and inclined load cases (LC7 and LC8), see Table 1. Critical locations regarding achieved stresses have been identified in details. Changes in type of profiles of pillar systems have been suggested. Pillars (with cross-like cross section) due to high participation of bending stresses (in racking and longitudinal strength load cases) should be replaced with rectangular or tube cross section.

5.4. Fine mesh analysis of critical details

Several critical structural details have to be evaluated using very fine mesh FE models ($t \times t$). Those details very previously identified in the global-fine mesh model and presented through Ch.5.1 to 5.3:

- Connection of web frame and transverse bulkhead;
- Connection of ventilation tubes and Deck 6 plating;
- Connection of ventilation trunk and Deck 6 plating;
- Structure around openings at Deck 6 (amidships);
- Side openings above Deck 6-transverse frame design

Very fine FE mesh (element size $t \times t$) has been developed to support local design of side frames of large side openings above deck 6, see Fig. 15. Recommendations for solving those problems have been suggested.

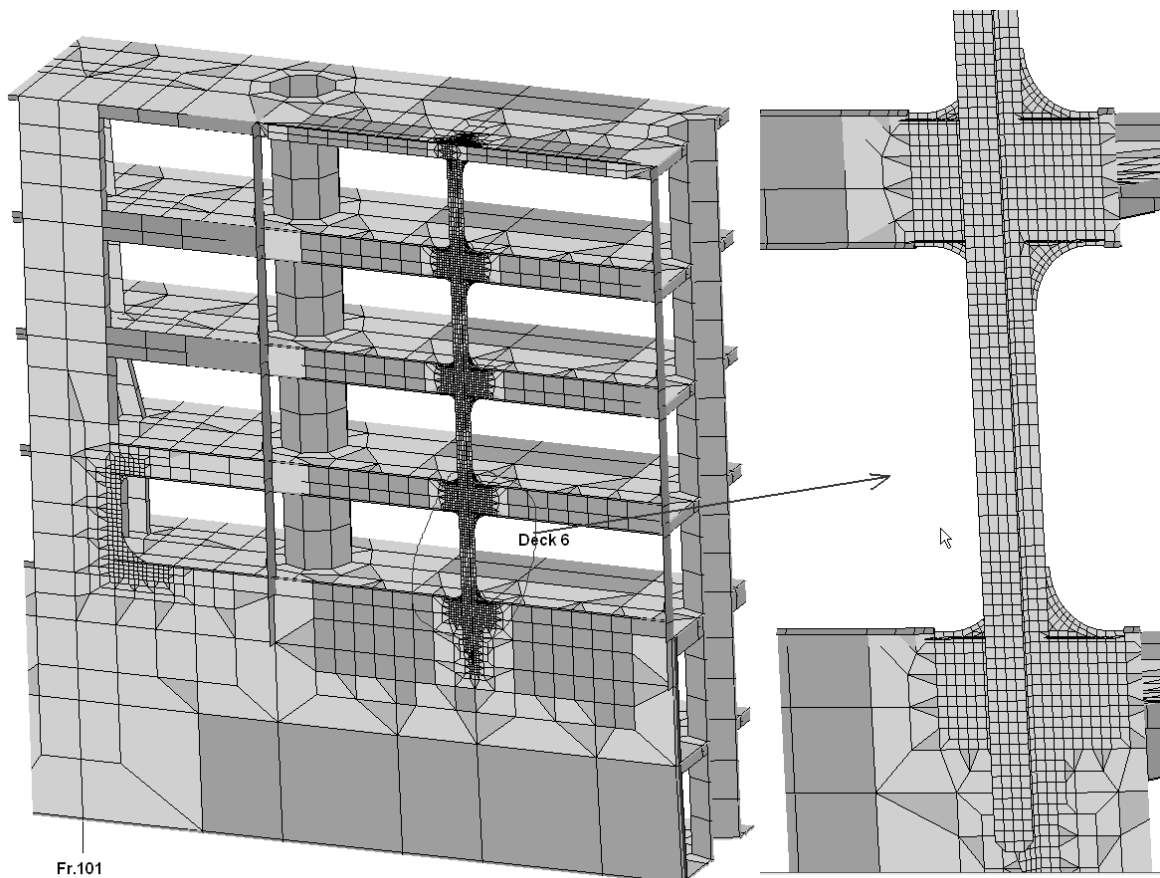


Fig. 15 Very fine mesh of superstructure side around Fr. 101 imbedded into global FE model

Slika 15. Vrlo fina MKE mreža područja boka nadgrađa oko R. 101 uklopljen u globalni MKE model

6. Conclusions

Presented work represents the successful cooperation and joint work of Yard and Faculty design teams as an example of modern procedure in rational structural design. It also represents a progress in developing livestock carrier structural concept as a specific (tailor made) type of vessel offered by ULJANIK shipyard. The conclusions are as follows:

Only the full ship FEM model is capable to simulate realistic 3D effect of hull/superstructure interaction without the restricting assumptions. Effectiveness of the superstructure in longitudinal strength was analyzed and efficient redesign was developed.

Sensitivity analysis, based on parametric investigations of different scantlings of the superstructure, has provided the designer with rational arguments regarding benefits/drawbacks of the selected designs.

Complex transverse strength problems in non-symmetrical load cases, using presented models, can be rapidly solved and provides the head designer with the rational basis for determination of the final design scantlings.

Pillars have to be rationally designed not only for axial loading but also regarding bending stresses.

Fine mesh and very fine mesh FE analysis was found to be very efficient way for solving the stress concentration problems on previously identified critical locations.

Acknowledgement

Thanks are due to the long-term support of Croatian Ministry of Science, Education and Sports: projects 120-1201829-1671. Thanks are due to all members of the *OCTOPUS group* (www.fsb.hr/octopus) and to the design team of the *ULJANIK shipyard* (www.uljanik.hr) for fruitful and long term cooperation.

REFERENCES

- [1] ISSC, 1997. Technical Committee II.1. Quasi-Static Response. Proc. of the 13th International Ship and Offshore Structures Congress Trondheim, Norway.
- [2] V. Zanic, J. Andric, M. Stipcevic, M. Grgic, K. Piric: " Full ship FEM Analysis of Livestock Carrier, Yard.no.486-487", Technical Reports ULJ 486-487/1÷5, University of Zagreb, Zagreb, 2009.
- [3] RINA RULES, Part B, Ch.7, Appendix 3: Analyses Based On Complete Ship Models, 2008.
- [4] MAESTRO Version 8.7.6, Program documentation, DRS Technologies, Stevensville, MD, USA.
- [5] RINA RULES FOR CLASSIFICATION OF SHIPS, NEWBUILDINGS, Part B, Hull and Stability, 2008.
- [6] Trim and Stability book with Longitudinal Strength Calculation, Yard no. 486-487, Uljanik, 1 103 102 A.
- [7] J. Andric, V. Zanic, M. Grgic, "Superstructure Deck Effectiveness in Longitudinal Strength of Livestock Carrier", XVII Simpozij Teorija i praksa brodogradnje, Proceedings of SORTA 2006, pp.525-540, Opatija, 2006.
- [8] J. Andric, "Decision support methodology for concept design of the ship structures with hull - superstructure interaction", PhD thesis, University of Zagreb, Croatia, 2007.
- [9] H. G. Payer, W. Fricke: "Rational Dimensioning and Analysis of Complex Ship Structures", SNAME Transactions, Vol. 102, pp.395-417, 1994.
- [10] Y-S. Shin, J. S.Chung, W. M.Lin, S. Zhang, A. Engle: "Dynamic Loading for Structural Analysis of Fine Form Container Ship Based on a Non-Linear Large Amplitude Motions and Loads Method", SNAME Transactions, Vol. 105, pp.127-154, 1997.

*Neven Hadžić, Maro Ćorak, Joško Parunov, Kalman Žiha
University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture, Zagreb*

COMPUTATIONAL UNCERTAINTIES OF SHIP HULL GIRDER RELIABILITY MODELLING

Summary

The aim of this paper is to investigate the computational uncertainties by applying different methods in reliability analysis of ship hull girder. The International Maritime Organization (IMO) proposals for hull girder reliability assessment are undertaken for probabilistic modelling of ship ultimate strength under combined longitudinal still water and wave bending moments both for hogging and sagging conditions. The example in the paper considers a typical service profile of a chemical tanker in as-built state and in corroded hull condition. The three methods of reliability analysis are compared in the paper: the First Order Second Moment (FOSM), the Advanced First Order Reliability Method (FORM) and the Monte Carlo Simulation (MCS). The conclusions resume the results of comparison of applied methods and discuss the appropriateness of numerical reliability methods on digital computers in ship hull girder safety assessments.

Key words: hull girder, reliability, uncertainty, FOSM, FORM, MCS, chemical tanker.

RAČUNSKE NEIZVJESNOSTI MODELIRANJA POUZDANOSTI BRODSKOG TRUPA

Sažetak

Cilj ovog rada je ispitati računske neizvjesnosti primjenom različitih postupaka analize pouzdanosti broskog trupa. Za modeliranje granične čvrstoće broskog trupa pod zajedničkim djelovanjem uzdužnih momenata savijanja na mirnoj vodi i na valovima, kako u progibu tako i u pregibu, preuzete se preporuke Međunarodne organizacije za pomorstvo (IMO) za ocjenu pouzdanosti. Primjer u članku razmatra tipičnu službu tankera za kemikalije za tek izgrađeni brod i za trup izložen hrđanju. U članku su uspoređena tri postupka analize pouzdanosti: Metoda prvog reda sa statističkim momentima drugog reda (FOSM), Napredna metoda prvog reda (AFORM) i Monte Carlo simulacija (MCS). U zaključcima se rezimiraju podaci usporedbi primijenjenih numeričkih postupaka za proračun pouzdanosti na elektroničkim računalima te se raspravljaju odgovarajući postupci za ocjenu sigurnosti broskog trupa.

Ključne riječi: brodski trup, pouzdanost, neizvjesnost, FOSM, FORM, MCS, tanker za kemikalije

1. Introduction

In addition to a number of serious environmental, material and workmanship uncertainties with respect to ship hull structural reliability, the problem of idealization and modelling uncertainties also involve computational uncertainties due to usually complex and often iterative mathematical operations. Pure analytical methods are seldom appropriate for practical reliability calculations. Among a number of numerical methods for practical engineering computations on digital computers on disposal for shipbuilders are the semi-probabilistic and probabilistic methods of various levels of complexity on one hand and a number of crude and accelerated Monte-Carlo simulation methods on the other. None of these numerical methods can assure exact results of complex engineering reliability calculations. Therefore this note presents the numerical results of ship hull girder ultimate strength reliability calculations 1-22 by applying various numerical methods 23-33 on a recently built tanker in order to identify the differences in their efficiency and accuracy. In spite of the intense calculation efforts on digital computers the paper could not guaranty the exact results of the hull girder ultimate longitudinal strength reliability calculation.

2. Structural safety assessments

The structural safety problems are rationally considered in terms of a finite set of basic variables $\mathbf{X} = (X_1, X_2, \dots, X_n)$ describing loads, material properties and geometry. Depending on the character of the basic variables the structural safety can be viewed as deterministic, probabilistic or as mixed problem.

The deterministic basic variables are defined solely by their nominal values and possibly by their tolerances when available. The stochastic basic variables are defined depending on the available statistical data usually by their mean values and dispersion (range, variance, standard deviation, coefficient of variation), correlations or by complete statistical distributions when available.

Many structural problems in engineering can be represented by structural capability (C) or resistance (R) also denoted sometimes as strength (S) and of demands (D) or loads (L) depending on the whole set or on the subset of basic variables \mathbf{X} .

The commonly recognized safety measures normally employ the basic variables to relate the structural capabilities and demands and can be presented by safety margin m , safety factors f and usage factors i as shown:

$$m(\mathbf{X}) = C(\mathbf{X}) - D(\mathbf{X}), \quad f(\mathbf{X}) = \frac{C(\mathbf{X})}{D(\mathbf{X})} \quad \text{and} \quad i(\mathbf{X}) = \frac{D(\mathbf{X})}{C(\mathbf{X})}.$$

Other formulations of safety measures can be used for some specific problems.

The limit state function $g(\mathbf{X})$ of the basic variables \mathbf{X} that divides the design space of basic variables into fail set \mathbf{F} and safe set \mathbf{S} can be formulated in terms of safety measures depending on structural properties as shown:

$$g(\mathbf{X}) \begin{cases} C < D & \text{for } \mathbf{X} \in \mathbf{F} \\ C = D & \text{for } \mathbf{X} \text{ on limit state.} \\ C > D & \text{for } \mathbf{X} \in \mathbf{S} \end{cases}$$

The limit state functions in general can be linear, nonlinear, continuous or not, implicit or explicit, derivable or not and in all this cases appropriate calculations should be applied.

Nominal safety measures apply to deterministic definition of basic variables also using tolerances where available, as follows:

$$m = (C - t_c) - (D + t_D), \quad f = \frac{C - t_c}{D + t_D} \quad \text{and} \quad i = \frac{D + t_D}{C - t_c}.$$

3. Structural reliability assessments

The structural reliability assessment reconsiders the system safety accounting for data dispersion by employing available statistical data on several levels. The firstly applied and the simplest approximation in the reliability assessment calculations that accounts for the data uncertainties undertakes the well known theorem of the linear combination of normally distributed random variables. For the normally distributed random variables X_i given by their mean value \bar{X} and standard deviation, the standard unit variable is given by normal transformation $x_i = (X_i - \bar{X}_i) / \sigma_{X_i}$.

The central safety measures denoted as level zero reliability assessment are based on mean values of variables that define the mean capability \bar{C} and mean demand \bar{D} as shown:

$$M = \bar{C} - \bar{D} \quad f = \frac{\bar{C}}{\bar{D}} \quad i = \frac{\bar{D}}{\bar{C}}.$$

The direct consequence of this approximation is the firstly published Cornell's safety index (level I method) defined by means and variances of capabilities and demands as follows:

$$\beta_C = \frac{\bar{C} - \bar{D}}{\sqrt{\sigma_C^2 + \sigma_D^2}} \quad (1)$$

For the linear limit state function $g(\mathbf{X}) = -a_o + \sum_{i=1}^n a_i x_i < 0$ and for the whole set of basic variables the general term for the safety index is denoted as the Second Moment (SM) method, which is not using other distributional properties except statistical moments up to second order, can be put down as follows:

$$\beta_{SM} = \frac{-a_o + \sum_i a_i \cdot \bar{x}_i}{\sqrt{\sum_i (a_i \cdot \sigma_{x_i})^2}} \quad (2)$$

For the non-linear limit state function and for the whole set of basic variables the general term for the safety index is denoted as the First Order Second Moment (FOSM) method since it applies the first order Taylor series expansion (level II method, distribution-free method) as shown:

$$\beta_{FOSM} = \frac{-a_o + \sum_i \left(\frac{\partial g}{\partial x_i} \right)_{\bar{x}_i} (\bar{x}_i - x_i)}{\sqrt{\sum_i \left(\frac{\partial g}{\partial x_i} \right)_{x_i^*}^2 \sigma_{X_i}^2}} \quad (3)$$

If the linearization takes place in the mean value the method is denoted as the Mean Value First Order Second Moment (MVFOSM). However, the results for non linear limit state functions depend on the linearization point as well as on the formulation of the limit state function.

The ultimate goal of the structural reliability analysis is the assessment of the failure probability generally defined as the integral over the failure set \mathbf{F} defined by $g(\mathbf{X}) \geq 0$ as follows:

$$P_F = P(g(\mathbf{X}) \leq 0) = \iiint_{g(\mathbf{X}) \leq 0} f_{\mathbf{X}}(\mathbf{X}) d\mathbf{X} \quad (4)$$

The simplest approximation of the failure probability based on FOSM is obtained as the inverse value of the standard normal function for formerly calculated safety indices as follows:

$$P_F = \Phi^{-1}(-\beta) \quad (5)$$

For FOSM the probability approximation implies that all the random variables are normal and the limit state function is either originally linear or lately linearized up to the first order. The numerical computation is under specified conditions fast and accurate but the results can diverge significantly from the correct results.

The aim of the next level of approximation is to account for original statistical distributions of random variables.

Normal tail approximation offers the approximation of true statistical distributions with normal distribution. Such an approximation allows the extension of FOSM methods to more general problems of different statistical distributions of basic variables.

More accurate of the normal tail approximation is the direct transformation of random variables that can be implemented in computer codes.

The aim of the next approach is the improvement of the FORM methods with respect to invariance of the results for different linearization points and formulations of the limit state functions. Advanced First Order Reliability Method (AFORM) (level III) applies the first order linearization of the limit state functions in the design point instead in the mean value in combination of the direct transformation of original random variables into normal random variables of either correlated or non-correlated types using Rosenblatt or Nataf transformations. Such a transformation provides the opportunity for integration in order to obtain the failure probability.

The Second Order Reliability Method (SORM) (level III) applies the second order linearization of the limit state functions and the direct transformation of original random variables into normal random variables of either correlated or non-correlated types. Such a transformation provides the opportunity for integration of nonlinear failure functions in order to obtain the failure probability.

Monte Carlo Simulation (MCS) is the only method so far that provide the possibility to integrate the failure probability for optional definition of the limit state functions and for

arbitrary statistical distributions of basic variables. However, the method provides assessment of the results within accuracy intervals depending on the number of samples. Normally, the crude Monte Carlo simulation (CMCS) simulation requires enormous number of samplings. Significant improvements are attainable by importance sampling simulation (ISMCS) methods when the sampling takes place in the area where most of the probability contents is placed that is normally around and in the vicinity of the design point. A number of other different accelerated MCS are developed for reliability assessments in structural problems 23-33 .

4. Reliability formulation of hull ultimate strength

The limit-state equation with respect to hull-girder ultimate failure under vertical bending moments, reads:

$$\hat{\chi}_u M_u - \hat{M}_{sw} - \psi \hat{\chi}_w \hat{\chi}_{nl} \hat{M}_w < 0 \quad (6)$$

where:

- M_u - deterministic ultimate hull-girder bending moment;
- \hat{M}_{sw} - random variable extreme vertical still-water bending moment;
- \hat{M}_w - random variable extreme vertical wave bending moment;
- ψ - load combination factor between still water loads and wave loads;
- $\hat{\chi}_u, \hat{\chi}_w, \hat{\chi}_{nl}$ - random variables representing modelling uncertainty of ultimate strength, linear wave load and non-linearity of wave load.

The reliability analysis 1-22 according to limit-state equation (6) is performed separately for two independent failure modes – sagging and hogging. The hull-girder reliability in each of the two failure modes is calculated for three elementary loading conditions – full load condition (FL), ship in ballast (BL) and partial loading condition (PL). For rational reliability assessment, the percentage of time that a ship spends in each of these loading conditions has to be estimated. The operational profile for chemical tankers differs from the profile of oil tankers since oil tankers are rarely sailing extended voyages in ballast condition, which is result of global spreading of production and consumption of chemicals 2 , Table 1.

Table 1 Operational profile adopted for chemical tanker 2

Tablica 1. Radni profil prihvaćen za tanker za prijevoz kemikalija

Load cond.	Harbour	Full load	Ballast load	Partial Load
Percentage of spent time	15%	35%	15%	35%
Voyage duration (days)	-----	23.5	23.5	2.0

5. Example ship

The ship analyzed in the present study is an existing, a relatively small chemical carrier, with corrugated both centreline and transverse bulkheads fully satisfying the contemporary

rules for design and construction of steel ships including IACS UR S11 2 . The particulars of the chemical tanker are presented in Table 2.

Table 2 Main characteristics of chemical tanker

Tablica 2. Glavne izmjere tankera za prijevoz kemikalija

Length between perpendiculars L_{pp}		120 m
Moulded breadth	B	17 m
Moulded depth	D	9 m
Scantling draught	T	7 m
Deadweight	DWT	7900 dwt

The longitudinal elements of the ship hull amidships is shown in Figure 1 2 , where some of typical features of chemical carriers may be noticed. In the first place, all structural members are removed from the cargo tank boundaries. This is achieved by placing deck longitudinals and deck girders on the topside of deck plating. Accordingly, web frames are also placed on the top of the deck plating in way of the cargo area. Deck, bottom and inner bottom panels are typical longitudinally framed structures, commonly used on chemical tankers. Transversal framing system is adopted for side- and inner-shell structures.

Cargo hold area is entirely built of mild steel and covered by special type of epoxy coating 2 . It is to be mentioned that cargo tanks of similar ships are alternatively often constructed of corrosion-resistant stainless steel. The ship might carry wide range of chemicals specified in the International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Dangerous Chemicals in Bulk (IBC code), with densities between 0.7 and 1.5 t/m³.

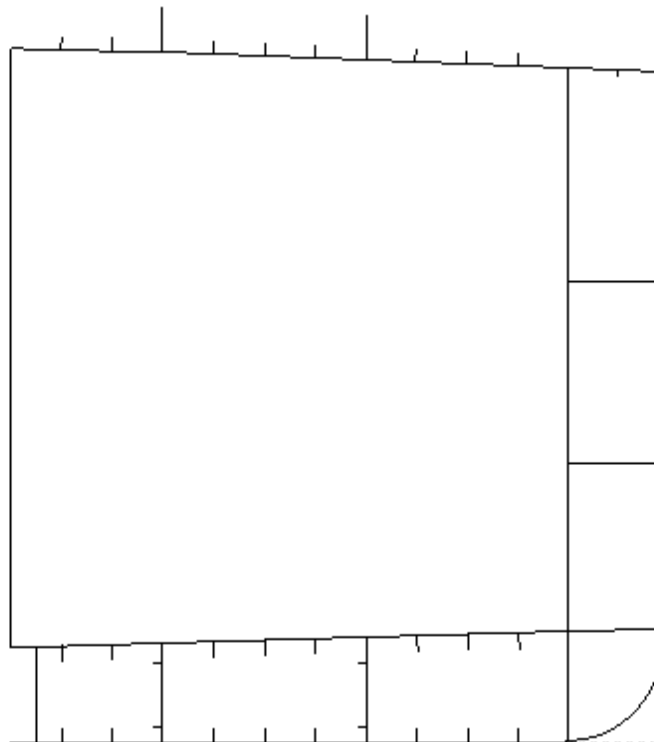


Fig. 1 Longitudinal elements of the ship hull amidships

Slika 1. Uzdužni elementi brodskog trupa u sredini

The annual safety indices were calculated for as-built state of the ship and for corroded state according to the corrosion deduction thickness from CSR, by the COMREL program using the FORM method [2].

Safety indices are calculated for three different loading conditions (full load, ballast and partial load) in hogging failure mode. Analysis is performed independently for oil tanker operational scenarios presented in Tables 1. The summary of the stochastic model adopted is shown in Tables 3 where the notation adopted in equation (1) is used.

Table 3 Summary of stochastic model adopted

Tablica 3. Pregled prihvaćenih podataka stihastičkog modela

Variable	Distribution	mean		COV
\hat{M}_{sw} (MNm)	Gumbel	FL	102.6	0.22
		PL	184.7	0.13
		BL	219.1	0.25
\hat{M}_w (MNm)	Gumbel	FL	299.0	0.09
		PL	273.1	0.09
		BL	255.9	0.09
M_u (MNm)	Deterministic	As-built	813	
		Corroded	663	
$\hat{\lambda}_w$	Gaussian	0.9		0.15
$\hat{\lambda}_{nl}$	Gaussian	0.95		0.15
$\hat{\lambda}_u$	Log-normal	1.14		0.13
ψ	Deterministic	FL	0.92	
		PL	0.91	
		BL	0.80	

In addition to the reported results [2] the study performs five other checking calculations (Table 4a and Table 4b):

FORM

FOSM

Crude Monte Carlo (CMCS) using Fortran programming facilities

Importance Sampling Monte Carlo (ISMCS) using Fortran

Crude Monte Carlo using MathCad (CMCS-MC)

Table 4a Summary of results for FORM, FOSM, CMCS, ISS reliability calculations**Tablica 4a.** Pregled rezultata proračuna FORM, FOSM, CMCS i ISS postupcima

As-built					
		FL	BL	PL	p_f
FORM(COMREL)		4.75	3.84	4.5	3.82
	P_f	1.02E-06	6.15E-05	3.40E-06	6.59E-05
FORM(RELI)		4.75	3.85	4.49	3.84
	P_f	9.93E-07	5.70E-05	3.55E-06	6.15E-05
FOSM(RELI)		4.4	3.85	4.01	3.74
	P_f	5.36E-06	5.65E-05	3.05E-05	9.24E-05
CMCS		3.52	3.84	4.41	3.51
	P_f	2.14E-04	6.34E-06	5.38E-06	2.26E-04
IMCS		4.73	3.84	4.43	3.82
	P_f	1.13E-06	6.20E-05	4.85E-06	6.80E-05
CMCS-MC		4.80(+1.034/-0.91)	3.96(+0.15/-0.14)	4.47(+0.61/+0.63)	3.93
	P_f	7.93E-07	3.75E-05	3.91E-06	4.22E-05

Table 4b. Summary of results for FORM, FOSM, CMCS, ISS reliability calculations**Tablica 4b.** Pregled rezultata proračuna FORM, FOSM, CMCS i ISS postupcima

Corroded					
		FL	BL	PL	p_f
FORM(COMREL)		3.84	3.02	3.46	2.95
	P_f	6.15E-05	1.26E-03	2.70E-04	1.60E-03
FORM(RELI)		3.84	3.03	3.46	2.96
	P_f	5.93E-05	1.22E-03	2.69E-04	1.55E-03
FOSM(RELI)		3.65	3.03	3.19	2.87
	P_f	1.27E-04	1.20E-03	7.04E-04	2.03E-03
CMCS			2.97	3.38	2.85
	P_f		1.49E-03	3.57E-04	2.16E-03
ISMCS		3.83	3.05	3.42	2.96
	P_f	6.50E-05	1.17E-03	3.23E-04	1.56E-03
CMCS-MC		3.90(+0.10,-0.11)	2.84(+0.02/-0.02)	3.67(+0.07/-0.08)	2.82
	P_f	4.81E-05	2.26E-03	1.21E-04	2.43E-03

6. Conclusion

The exact solution of complex structural reliability problems can hardly be attained. Numerical methods provide approximations based on first order or second moment linearization of the limit state functions. The iterative procedure applies finite accuracy of stopping criteria. The Monte Carlo methods provide results within confidence intervals depending on the number of samples. The problems of accuracy became even greater in systemic reliability analysis with more independent or dependent failure modes. Therefore the structural reliability analysis has to cope with reasonably set goals of accuracy at least in order to provide relative ordering of probabilistic safety measures within classes of problems

instead of the absolute values of safety measures. Accuracy is a prevailing goal of numerical calculations. However, practical problems in engineering require also computational efficiency. Therefore the two criteria: accuracy and efficiency are considered for selection of the appropriate calculation procedure often depending on the type and size of the problem.

The FORM results calculated by Fortran program RELI are in good agreement with reference values produced by computer program COMREL. The small differences might be the consequence of different tolerances in stopping criteria of the Rackwitz-Fiesler iterative algorithm. The computation is fast and reliable in most of the cases of well-defined mathematical models. The FORM procedure is appropriate to multiple failure mode engineering problems and deals with correlated basic variables and failure modes. Normally it is applied as a computer code due to its iterative character.

The results of FOSM calculation by Fortran program RELI showed surprisingly close results to reference values. The deviations from the FORM results are increasing with increase of safety indices what is the consequence in increasing differences in tails of applied statistical distributions other than assumed normal distributions as it is adopted in FOSM. Some improvements are possible by using the normal tail approximation procedure. The FOSM procedure is simple enough, fast and reliable but it is not useful for multiple failure problems although it can handle correlated basic variables. The procedure can be easily performed even by using standard spreadsheet facilities of digital computers.

The MCS method provided the results that can be considered as close to accurate within the calculated confidence intervals when efficient random number generators are employed. However, the test in this study showed that the CMCS might be somehow problematic when very small probabilities (high safety indices) are considered since the number of samples is very high, about 10 times of the reciprocal value of probability for only 0,3 confidence interval. The CMCS in the examples was performed for more than 10^6 samples.

The Importance Sampling Simulation approach gave good agreement with reference values. This approach is very sensitive to sampling parameter selection and requires tuning of calculation parameters such as the translocation of IS function as close as possible to design point, type of IS function (original, normal) and the mean and variance of IS function. The ISMCS requires significantly smaller number of samples of about 10^3 trials.

The Crude Monte Carlo simulations performed within the MathCad programming environment provide reliable results after an enormously high number of samples of about 10^8 for high safety indices within relatively wide confidence intervals for small failure probabilities.

LITERATURE:

- [1] M.R. Werner, Chemical Tankers (in: Ship Design and Construction, T. Lamb editor), SNAME, 2004.
- [2] J. Parunov, M. Ćorak, C. Guedes Soares, *Structural Reliability of a Chemical Tanker*, Marine Technology, **46** (2009), No.4, 192-199 (**CC, SCI-Expanded**)
- [3] C. Guedes Soares, M. Dogliani, C. Ostergaard, G. Parmentier, P.T. Pedersen, Reliability Based Ship Structural Design. Trans SNAME 1996;104:357-389.
- [4] ABS, DNV, LLOYD'S REGISTER. Common Structural Rules for Double Hull Oil Tankers, 2006.
- [5] IACS Recommendation No.34. Standard Wave Data. Rev.1, 2000.
- [6] International Maritime Organization (IMO). Goal-based New Ship Construction Standards, MSC 81/INF.6, February 2006.
- [7] C. Guedes Soares, Influence of Human Control on the Probability Distribution of Maximum Still-water Load Effects in Ships. Mar Struct 1990;3:319-339.
- [8] S. Gollwitzer, T. Abdo, R. Rackwitz, FORM - program manual. Munich, 1988.

- [9] E. Steen, T.K. Østvold, Valsgard S, A New Design Model for Ultimate and Buckling Strength Assessment of Stiffened Plates, Practical Design of Ships and Mobile Units (PRADS), 2001.
- [10] C. Guedes Soares, M. Dogliani, Probabilistic Modeling of Time-varying Still-water Load Effects in Tankers. *Mar Struct* 2000;13:129-143.
- [11] Det Norske Veritas. WAVESHIP – Wave Loads on Slender Vessels. SESAM User’s Manual: Høvik, 1993.
- [12] Det Norske Veritas. POSTRESP – Interactive Postprocessor for General Response Analysis. SESAM User’s Manual: Høvik, 1993.
- [13] C. Guedes Soares, On the Definition of Rule Requirements for Wave Induced Vertical Bending Moments. *Marine Structures*. 96; 9(3-4):409-426.
- [14] J. Parunov, I. Senjanović, M. Pavičević, Use of Vertical Wave Bending Moments from Hydrodynamic Analysis in Design of Oil Tankers, *International Journal of Maritime Engineering*, Vol. 146, Part A4, 2004, pp51-64.
- [15] A. Nitta et al. Basis of IACS Unified Longitudinal Strength Standard. *Mar Struct* 1992;5:1-21.
- [16] C. Guedes Soares, On the Uncertainty in Long Term Predictions of Wave Induced Loads in Ships. *Marine Structures*. 99; 12(3):171-182.
- [17] J. Parunov, I. Senjanović, Incorporating Model Uncertainty in Ship Reliability Analysis. *Trans SNAME* 2003;111:377-408.
- [18] C. Guedes Soares, Combination of Primary Load Effects in Ship Structures, *Probabilistic Engineering Mechanics* 1992;7:103-111.
- [19] C. Guedes Soares, Teixeira AP. Structural Reliability of Two Bulk Carrier Designs. *Mar Struct* 2000;13:107-128.
- [20] H.P. Cojeen, Discussion on: Comparative Reliability Analysis of Ships – considering different Ship Types and the Effect of Ship Operation on Loads by T. Moan et al., *Trans SNAME* 2006;114: 16-54.
- [21] J. Parunov, I. Senjanović, C. Guedes Soares, Hull-girder Reliability of New Generation Oil Tankers, *Mar Struct* 2007; 20, No.1-2, 49-70.
- [22] A. Mansour, L. Høvem, Probability-Based Ship Structural Safety Analysis, *Journal of Ship Research*, Vol. 38, No. 4, 329-339, Dec. 1994.
- [23] H. Itakagi, N. Hara, N. Hirai, Application of Monte-Carlo Method to Reliability Assessment of Structure, *J.S.N.A. Japan*, Vol. 144., Dec. 1978
- [24] H. Madsen, First Order vs. Second Order Reliability Analysis of Series Structures, *Struc. Saf.*, 2(1985., 207-214)
- [25] A. Harbitz, An Efficient Sampling Method for Probability of Failure Calculation, *Struc. Saf.*, 3(1986., 109-115)
- [26] G.I. Schueller, R. Stix, A Critical Appraisal of Methods to Determine Failure Probabilities, *Struc. Saf.*, 4(1987., 293-309)
- [27] C. Bucher, Adaptive Sampling-an Iterative Fast Monte-Carlo Procedure, *Struc. Saf.*, 5(1988., 119-126)
- [28] R.E. Melchers, Importance Sampling in Structural Sys., *Str.Saf.*, 6(1989, 3-10)
- [29] R.E. Melchers, Search-Based Importance Sampling, *Str.Saf.*, 9(1990., 117-128)
- [30] P. Bjerager, On Computational Methods for Structural Reliability Analysis, *Struc. Saf.*, 9(1990., 79-96)
- [31] I. Pavlic, *Statistička teorija i primjena*, Tehnička knjiga, Zagreb, 1970.
- [32] K.C. Kapur, L.R. Lamberson, *Reliability in Engineering Design*, Wiley, NY 1977.
- [33] L. Devroye, *Non-Uniform Random Variate Generation*, Springer-Verlag, 1988.
- [34] J.M. Hammersley, D.C. Handscomb, *Monte Carlo Methods*, Methuen and Co., London, 1964.

*Ivo Senjanović, Nikola Vladimir, Marko Tomić, Neven Hadžić
Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, I. Lučića 5, Zagreb*

HIDROELASTIČNI ODZIV VELIKOG KONTEJNERSKOG BRODA

Sažetak

Veliki kontejnerski brodovi su relativno elastični i brzi, pa su njihove prirodne frekvencije bliske susretnim frekvencijama. Za pouzdanije projektiranje takvih brodova potrebno je koristiti hidroelastične proračunske modele koji omogućuju vjerodostojnije modeliranje distribucije opterećenja i istovremeno uzimanje u obzir gibanja i elastičnih deformacija brodske konstrukcije. U ovom radu prikazane su teorijske osnove strukturnog, hidrodinamičkog i hidrostatičkog modela čijim spajanjem nastaje hidroelastični model. Razvijeni postupak temelji se na kombiniranju strukturnog 1D grednog modela konačnih elemenata i 3D hidrodinamičkog modela, što ga čini iznimno pogodnim za preliminarnu fazu osnivanja. Ukratko su opisani računalni programi izrađeni za potrebe hidroelastične analize, te je provedena analiza hidroelastičnog odziva velikog kontejnerskog broda nosivosti 7800 TEU. Valjanost 1D MKE modela provjerena je koreliranjem prirodnih frekvencija i oblika vibriranja s rezultatima 3D MKE analize. Rezultati su uspoređeni s rezultatima analize odziva krutog broda na valovima.

Ključne riječi: hidroelastičnost, kontejnerski brod, valno opterećenje, odziv, MKE

HYDROELASTIC RESPONSE OF A LARGE CONTAINER SHIP

Summary

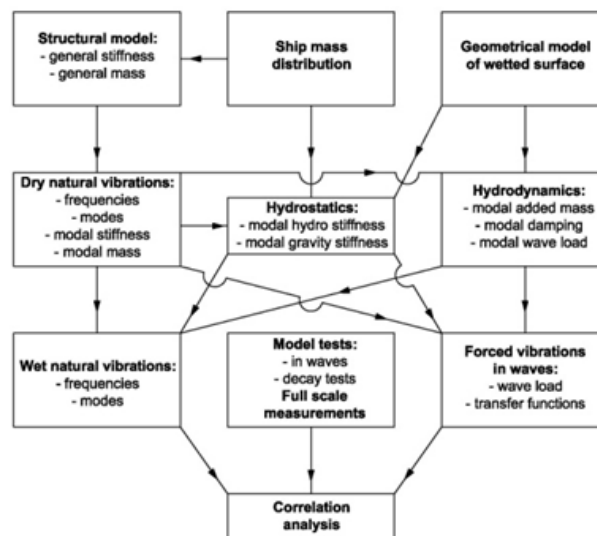
Very large container ships (VLCS) are rather flexible and fast vessels and their natural frequencies are close to encounter frequencies. Hydroelastic calculation models, which enable more realistic modeling of load distribution and taking into account ship displacements and strains at the same time, have to be used for reliable design of those kind of ships. In this paper theoretical background of structural, hydrodynamic and hydrostatic models, as constitutive parts of hydroelastic model, is given. The developed procedure is based on combining structural 1D sophisticated beam FEM model with 3D BEM hydrodynamic model, which makes it especially appropriate for preliminary design stage. Computer programs which are derived for hydroelastic analysis purposes are briefly described, and hydroelastic analysis of 7800 TEU container ship has been done. Validation of 1D FEM model is checked by correlation analysis with the vibration response of the fine 3D FEM model. The results are compared to those obtained by treating ship as a rigid body.

Key words: hydroelasticity, container ship, wave load, response, FEM

1. Uvod

Proces kontejnerizacije u pomorskom prometu započeo je 1937. godine dosegao je stupanj koji danas zahtijeva gradnju kontejnerskih brodova kapaciteta i do 15000 TEU. Takvi brodovi su razmjerno elastični što uz njihovu veću brzinu može dovesti do podudaranja prirodnih frekvencija s frekvencijama valne uzbude tj. pojave rezonantnih fenomena. Kontejnerski brodovi su ve im dijelom svoje duljine otvorenog presjeka, pa zbog razmjerno velike udaljenosti izme u centra smika i težišta njihovi najniži prirodni oblici vibriranja pripadaju spregnutim horizontalnim i torzijskim vibracijama [1]. Za pouzdanije projektiranje kontejnerskih brodova nije dovoljna primjena klasi nih teorija pomorstvenosti kao primjerice za tankere ili brodove za prijevoz rasutog tereta, ve je potrebna provedba hidroelasti ne analize koja omogu tje realniji opis distribucije optere enja i istovremeno uzimanje u obzir gibanja i deformacija [2].

Numerički postupak za hidroelasti nu analizu zahtijeva definiciju strukturnog modela, distribuciju mase tereta i broda, kao i definiciju oplakane površine broda [3, 4, 5]. Nakon toga slijedi prora un prirodnih vibracija u zraku te prora un modalne hidrostatske krutosti, modalne pridružene mase, prigušenja i valnog optere enja. Na kraju se mogu odrediti prijenosne funkcije odziva na valovima, kao i prirodne frekvencije i oblici vibriranja broda u vodi. Dobivene rezultate poželjno je korelirati s rezultatima modelskih testova ili ispitivanja u naravi [3, 4], Slika 1.



Slika 1. Metodologija hidroelastične analize

Fig. 1 Methodology of hydroelastic analysis

Ovaj rad prikazuje hidroelasti nu analizu velikog kontejnerskog broda nosivosti 7800 TEU, provedenu na temelju postupka razvijenog kroz višegodišnju suradnju FSB Zagreb i Bureau Veritas Pariz, koji kombinira sprežanje strukturnog 1D greznog modela kona nih elemenata s 3D hidrodinami kim modelom. Osim teorijskih osnova koje uklju uju opis strukturnog, hidrodinami kog i hidrostati kog modela ukratko su opisani razvijeni ra analni programi. Valjanost 1D MKE modela provjerena je koreliranjem prirodnih frekvencija i oblika vibriranja s rezultatima 3D MKE analize, a rezultati su uspoređeni s rezultatima analize odziva krutog broda na valovima.

2. Teorijske osnove

2.1. Strukturni model

Gredni model temelji se na teoriji tankostijenih nosača i uzima u obzir utjecaj smičnih sila na torziju te doprinos poprečnih pregrada ukupnoj krutosti brodskog trupa. Ukupni progib grede, w , sastoji se od savojnog dijela i doprinosa uslijed utjecaja smičnih sila

$$w = w_b + w_s = w_b - \frac{EI_b}{GA_s} \frac{d^2 w_b}{dx^2} \quad (1)$$

gdje su E i G modul elastičnosti i modul smika, a I_b i A_s predstavljaju moment tromosti poprečnog presjeka i smičnu površinu. Imajući u vidu analogiju između smika i torzije, ukupni kut zakreta se može zapisati preko kuta čiste torzije i doprinosa smičnih sila [6, 7]

$$\psi = \psi_t + \psi_s = \psi_t - \frac{EI_w}{GA_s} \frac{d^2 \psi_t}{dx^2}, \quad (2)$$

gdje je I_w modul vitoperenja, a I_s modul tromosti na smicanje. Presječne sile uključuju ukupni moment, T koji se sastoji od dijela koji se odnosi na čistu torziju T_t i smičnog doprinosa T_w i bimoment B_w .

$$T = T_t + T_w \quad (3)$$

$$T_t = GI_t \frac{\partial \psi_t}{\partial x}, \quad T_w = GI_s \frac{\partial \psi_s}{\partial x} = -EI_w \frac{\partial^3 \psi_t}{\partial x^3} \quad (4)$$

$$B_w = EI_w \frac{\partial^2 \psi_t}{\partial x^2}. \quad (5)$$

Doprinos pregrada ukupnoj krutosti brodskog trupa uzet je u obzir povećanjem torzijske krutosti poprečnog presjeka broda proporcionalno energiji deformacije pregrade i energiji deformacije pripadnog dijela trupa [8]. Pregrada se aproksimira ortotropnom pločom s krutim stool-om [9]. Ekvivalentni modul torzije pritom je jednak:

$$I_t^* = \left[1 + \frac{a}{l_1} + \frac{4(1+\nu)C}{I_t l_0} \right] I_t, \quad (6)$$

gdje je a visina ukrepa pregrade, l_0 je razmak pregrada Slika 2, a C predstavlja koeficijent koji se dobije prema:

$$C = \frac{U_g + U_s}{E\psi'^2}. \quad (7)$$

Energija deformacije roštilja pregrade sastoji se od energije vertikalnog i horizontalnog savijanja s kontrakcijom i torzije [8]:

$$U_g = \frac{1}{1-\nu^2} \left[\frac{116H^3}{35b} i_y + \frac{32b^3}{105H} i_z + \frac{8Hb}{75} \nu (i_y + i_z) + \frac{143Hb}{75} (1-\nu) i_t \right] E\psi'^2, \quad (8)$$

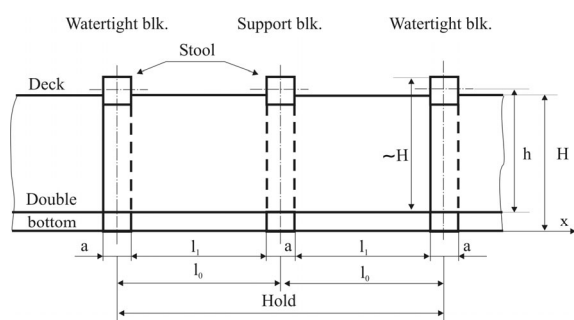
pri čemu i_y , i_z i i_t predstavljaju prosječne momente tromosti i modul torzije presjeka. Energija deformacije stool-a sastoji se od doprinosa savijanja, smicanja i torzije:

$$U_s = \left[\frac{12h^2 I_{sb}}{b} + 72(1+\nu) \frac{h^2}{b^3} \frac{I_{sb}^2}{A_s} + \frac{9b I_{st}}{10(1+\nu)} \right] E \psi'^2, \quad (9)$$

gdje je I_{sb} moment tromosti presjeka, A_s predstavlja smičnu površinu, I_{st} modul torzije, a h je udaljenost stool-a od dvodna, Slika 3. Sama deformacija pregrade (aksijalni pomak) može se opisati izrazom, Slika 3:

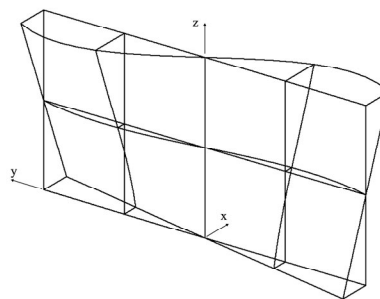
$$u(y, z) = -y \left\{ (z-d) + \left[1 - \left(\frac{y}{b} \right)^2 \right] \frac{z^2}{H} \left(2 - \frac{z}{H} \right) \right\} \psi'. \quad (10)$$

U izrazu (10) H je visina broda, b predstavlja polovinu širine pregrade, d je udaljenost centra vitoperenja od neutralne linije dvodna, y i z su poprečna i vertikalna koordinata, a ψ' a predstavlja promjenu kuta zakreta.



Slika 2. Uzdužni presjek kroz skladište broda

Fig. 2 Longitudinal section of ship hold



Slika 3. Deformacija pregrade

Fig. 3 Shape of bulkhead deformation

Matrična jednadžba „suhih“ prirodnih vibracija, za MKE analizu glasi [10]:

$$(\mathbf{K} - \Omega^2 \mathbf{M}) \boldsymbol{\delta} = \mathbf{0}, \quad (11)$$

gdje je \mathbf{K} matrica krutosti, \mathbf{M} je matrica mase, Ω je prirodna frekvencija, a $\boldsymbol{\delta}$ prirodni oblik vibriranja. Kao rješenje problema svojstvenih vrijednosti (11) dobiju se vrijednosti Ω_i i $\boldsymbol{\delta}_i$ za svaki i -ti oblik, pri čemu je $i = 1, 2, \dots, N$, gdje je N ukupni broj stupnjeva slobode. Prvih šest prirodnih frekvencija jednake su nuli i s odgovarajućim vrijednostima vlastitih vektora predstavljaju krute oblike vibriranja. Ukoliko se koristi 1D analiza, potrebno je „raspršiti“ pomake točaka konačnih elemenata na točke oplakane površine, pri čemu za vertikalne, odnosno spregnute horizontalne i torzijske vibracije vrijedi:

$$\mathbf{h}_i = -\frac{d w_{vi}}{dx} (z - z_N) \mathbf{i} + w_{vi} \mathbf{k} \quad (12)$$

$$\mathbf{h}_i = \left(-\frac{d w_{hi}}{dx} y + \frac{d \psi_i}{dx} \bar{u} \right) \mathbf{i} + [w_{hi} + \psi_i (z - z_S)] \mathbf{j} - \psi_i y \mathbf{k},$$

gdje w predstavlja progib trupa, ψ je kut uvijanja, a y i z koordinate točke na oplakanoj površini.

2.2. Hidrodinamički model

U općem slučaju postupak sprezanja strukturnog i hidrodinamičkog modela ne ovisi o korištenom hidrodinamičkom modelu, i ovdje je prikazan za slučaj bez brzine napredovanja kao najjednostavniji. Hidroelastični problem razmatra se u frekvencijskom području pa se operira s amplitudama sila i pomaka. Za sprezanje strukturnog i hidrodinamičkog modela potrebno je sile vanjskog tlaka izraziti na pogodan način [11]. Ukupna hidrodinamička sila F^h se razdvoji na dio F^R , ovisan o deformacijama konstrukcije, i dio F^{DI} , koji predstavlja čistu uzbudu. Moguće je koristiti metodu modalne superpozicije, a vektor deformacije oplakane površine $\mathbf{H}(x, y, z)$ može se izraziti preko „suhih“ prirodnih oblika $\mathbf{h}_i(x, y, z)$. Za hidrodinamički dio problema koristi se teorija potencijalnog strujanja, pa je u slučaju bez brzine napredovanja ukupni potencijal brzine φ definiran Laplaceovom diferencijalnom jednačinom i zadanim rubnim vrijednostima. U okviru linearne valne teorije može se izvršiti dekompozicija ukupnog potencijala na potencijal nailaznog vala φ_I , te difrakcijsku φ_D i radijacijsku φ_{Rj} komponentu.

$$\varphi = \varphi_I + \varphi_D - i\omega \sum_{j=1}^N \xi_j \varphi_{Rj}, \quad \varphi_I = -i \frac{gA}{\omega} e^{\nu(z+ix)} \quad (13)$$

U izrazu (13) A predstavlja valnu amplitudu, a ω valnu frekvenciju. Nakon što su potencijali određeni, modalne hidrodinamičke sile se određuju integracijom rada tlaka preko oplakane površine, S . Ukupni linearizirani tlak određuje se iz Bernoullijeve jednačine

$$p = i\omega\rho\varphi - \rho gz. \quad (14)$$

Najprije se razmatra član vezan za potencijal brzine φ i njegovom podijelom na uzbudni i radijacijski dio dobivamo:

$$F_i^{DI} = i\omega\rho \iint_S (\varphi_I + \varphi_D) \mathbf{h}_i \mathbf{n} dS, \quad F_i^R = \rho \omega^2 \sum_{j=1}^N \xi_j \iint_S \varphi_{Rj} \mathbf{h}_i \mathbf{n} dS \quad (15)$$

Zatim je moguće razdvojiti (15) na modalnu inercijsku silu vezanu s ubrzanjem, odnosno modalnu prigušnu silu vezanu s brzinom:

$$F_i^a = \text{Re}(F_i^R) = \omega^2 \sum_{j=1}^N \xi_j A_{ij}, \quad A_{ij} = \rho \text{Re} \iint_S \varphi_{Rj} \mathbf{h}_i \mathbf{n} dS \quad (16)$$

$$F_i^v = \text{Im}(F_i^R) = \omega \sum_{j=1}^N \xi_j B_{ij}, \quad B_{ij} = \rho \omega \text{Im} \iint_S \varphi_{Rj} \mathbf{h}_i \mathbf{n} dS. \quad (17)$$

gdje su A_{ij} i B_{ij} elementi matrice pridružene mase, odnosno prigušenja. Određivanje pridružene mase i prigušenja za krute oblike je u hidrodinamici dobro poznato, a isti postupak je proširen za proračun tih veličina i za elastične oblike. Hidrostatički dio ukupnog tlaka u Bernoullijevoj jednačini razmatra se u okviru hidrostatičkog modela.

2.3. Hidrostatički model

U konstituiranju hidrostatičkog modela dominantnu ulogu ima povratna krutost, za koju u literaturi ne postoji jedinstvena formulacija. Općenito, pristup njenom konstituiranju može biti hidromehanički ili strukturni. Prvu važniju formulaciju povratne krutosti izveli su Price i

Wu 1985. godine [12], u kojoj su uzimali samo član hidrostatičkog tlaka. Njihovu formulaciju proširuje Newman 1994. godine dodajući utjecaj volumenske deformacije na hidrostatičke sile [13], a zatim Riggs dodaje utjecaj težine 1996. [14]. 2000. Huang i Riggs u okviru strukturnog pristupa objavljuju revidiranu formulaciju povratne krutosti u koju je uvedena i geometrijska krutost [15]. Ona daje simetričnu matricu povratne krutosti i temelji se na uvođenju volumenskog integrala početnog naprezanja i parcijalnih derivacija prirodnih oblika. Malenica i drugi [11, 16], te Senjanović i drugi [17] prezentirali su različite formulacije povratne krutosti temeljene na varijacijskom principu. U ovom radu korištena je konzistentna matrica krutosti, čija formulacija je dostupna u literaturi samo u sažetom obliku [5, 18]. Povratna krutost sastoji se od hidrostatičkog i gravitacijskog dijela, a rad hidrostatičkog tlaka, koji predstavlja poopćenu silu, može se izraziti na sljedeći način [5, 18]:

$$F^h = -\rho g \iint_S [H_z + Z(\nabla \mathbf{H})] \mathbf{H} \mathbf{n} dS, \quad (18)$$

gdje je ∇ Hamiltonov diferencijalni operator, \mathbf{H} predstavlja vektor pomaka, dS je diferencijal oplakane površine, dok su Z i \mathbf{n} dubina i jedinični vektor normale. Prema definiciji, krutost je relacija između inkrementalne sile i pomaka, i može se odrediti iz varijacijske jednadžbe

$$\delta F^h = -\rho g \iint_S [H_z + Z(\nabla \mathbf{H})] \delta \mathbf{H} \mathbf{n} dS. \quad (19)$$

Budući da se koristi metoda superpozicije prirodnih oblika, varijaciju je potrebno prenijeti na oblike, odnosno modalne sile i pomake

$$\delta F^h = \sum_{j=1}^N \delta F_j^h, \quad \mathbf{H} = \sum_{j=1}^N \xi_j \mathbf{h}_j, \quad \delta \mathbf{H} = \sum_{j=1}^N \mathbf{h}_j \delta \xi_j, \quad (20)$$

pa se jednadžba (19) može razložiti na modalne jednadžbe:

$$\begin{aligned} \delta F_i^h &= -\sum_{j=1}^N [(C_{ij}^p + C_{ij}^{nh}) \xi_j] \delta \xi_i, \\ C_{ij}^p &= \rho g \iint_S \mathbf{h}_i h_z^j \mathbf{n} dS, \quad C_{ij}^{nh} = \rho g \iint_S Z \mathbf{h}_i (\nabla \mathbf{h}_j) \mathbf{n} dS \end{aligned} \quad (21)$$

C_{ij}^p i C_{ij}^{nh} su povratni koeficijenti uslijed tlaka i doprinosa vektora normale i oblika vibriranja. Na sličan način kao sila tlaka, može se izraziti poopćena gravitacijska sila

$$F^m = -g \iiint_V \rho_s (\mathbf{H} \nabla) H_z dV, \quad (22)$$

gdje ρ_s i V predstavljaju gustoću, odnosno volumen konstrukcije. Slično kao jednadžba (19) može se pisati

$$\delta F^m = -g \iiint_V \rho_s (\delta \mathbf{H} \nabla) H_z dV, \quad (23)$$

odnosno uz primjenu modalne superpozicije:

$$\delta F_i^m = -\sum_{j=1}^N C_{ij}^m \xi_j \delta \xi_i, \quad C_{ij}^m = g \iiint_V \rho_s (\mathbf{h}_i \nabla) h_z^j dV. \quad (23)$$

C_{ij}^m su koeficijenti gravitacijskog dijela povratne krutosti. Potpuni koeficijenti povratne krutosti dobiju se sumiranjem njihovih konstitutivnih dijelova, $C_{ij} = C_{ij}^p + C_{ij}^{nh} + C_{ij}^m$.

2.4. Hidroelastični model

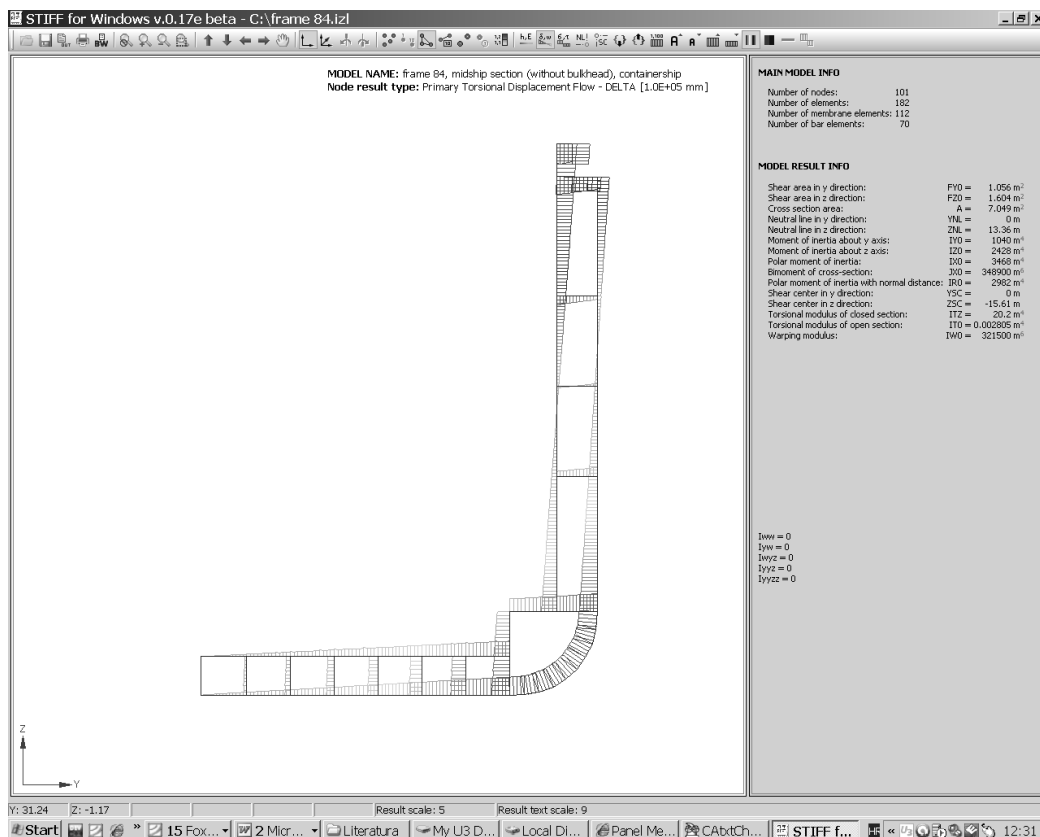
Nakon što su definirani strukturni, hidrodinamički i hidrostatički model, može se konstituirati hidroelastični model u frekventnoj domeni, koji je predstavljen jednadžbom

$$[\mathbf{k} + \mathbf{C} - i\omega(\mathbf{d} + \mathbf{B}(\omega)) - \omega^2(\mathbf{m} + \mathbf{A}(\omega))] \boldsymbol{\xi} = \mathbf{F}, \quad (24)$$

gdje su \mathbf{k} , \mathbf{d} i \mathbf{m} matrice krutosti, prigušenja i mase konstrukcije. \mathbf{C} je povratna krutost, dok su $\mathbf{B}(\omega)$, $\mathbf{A}(\omega)$ hidrodinamičko prigušenje i pridružena masa. $\boldsymbol{\xi}$ su modalne amplitude, \mathbf{F} je valna uzbuda, dok ω predstavlja susretnu frekvenciju.

3. Računalni programi

Geometrijske značajke presjeka brodskog trupa određuju se pomoću programa STIFF, koji se temelji na teoriji tankostijenih nosača [19], Slika 4. Moguće je odrediti površinu poprečnog presjeka, momente tromosti presjeka, smične površine, kao i module torzije, vitoperenja i smika, za zatvorene i otvorene poprečne presjeke. Također, mogu se odrediti i njihove efektivne vrijednosti za pretpostavljene sinusoidalne oblike deformacije.



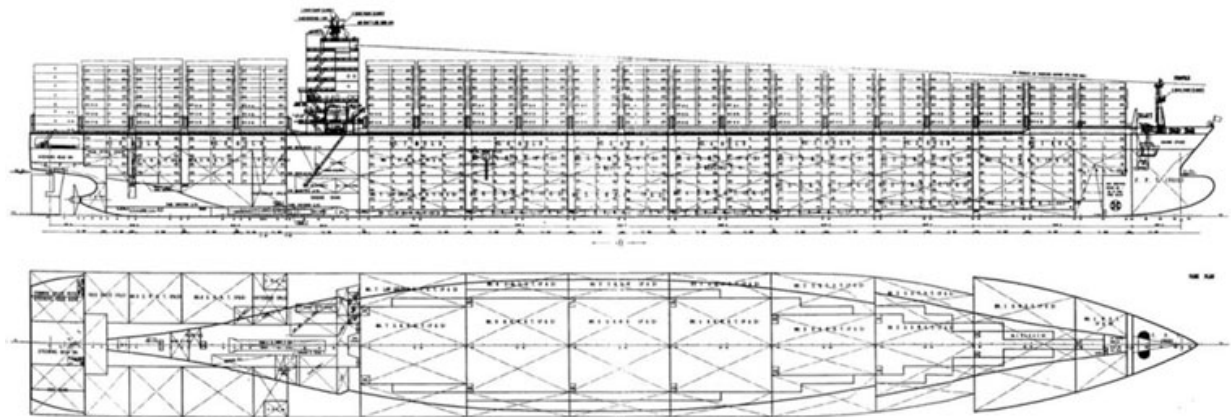
Slika 4. Vitoperenje poprečnog presjeka, program STIFF

Fig. 4 Warping of ship cross-section, program STIFF

Za provedbu hidroelastične analize korišten je program DYANA koji kombinira teoriju tankostijenih nosača i metodu konačnih elemenata, uzimajući u obzir smicanje, savijanje, torziju i vitoperenje presjeka [20]. Hidrodinamički dio u programu DYANA preuzet je iz HYDROSTAR-a i prilagođen potrebama hidroelastične analize [21].

4. Hidroelastična analiza kontejnerskog broda

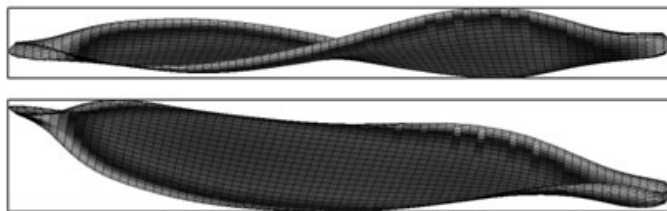
Provedena je analiza hidroelastičnog odziva velikog kontejnerskog broda nosivosti 7800 TEU i dimenzija $L_{pp} \times B \times H = 319,0 \times 42,8 \times 24,6$ m, Slika 5. Ekvivalentni modul torzije uslijed doprinosa poprečnih pregrada ukupnoj krutosti jednak je $I_t^* = 2,4I_t$.



Slika 5. Kontejnerski brod nosivosti 7800 TEU

Fig. 5 7800 TEU container ship

Valjanost grednog modela provjerena je koreliranjem prirodnih frekvencija i oblika vibriranja s rezultatima 3D MKE modalne analize za laki brod, provedene u komercijalnom paketu NASTRAN, Slike 6 i 7, pri čemu je postignuto dobro podudaranje, posebice za niže oblike vibriranja. Vrijednosti prirodnih frekvencija određene 1D i 3D MKE analizom su uspoređene u Tablici 1.

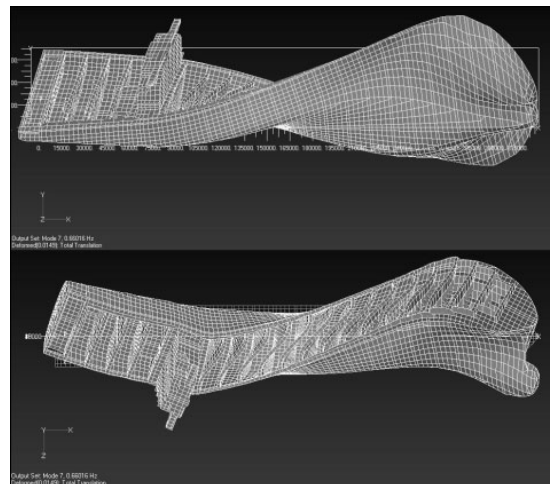


Slika 6. Prvi dominantno torzijski oblik, 1D model

Fig. 6 The first dominantly torsional mode, 1D model

Slika 7. Prvi dominantno torzijski oblik, 3D model

Fig. 7 The first dominantly torsional mode, 3D model

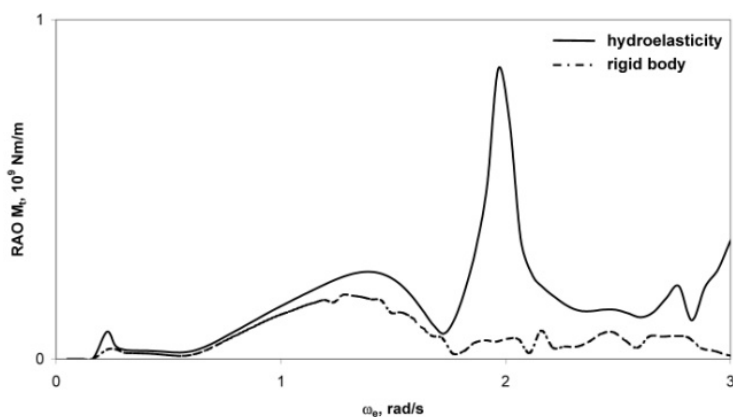


Tablica 1. Prirodne frekvencije vibriranja lakog broda, ω_i [rad/s]

Table 1 Lightship natural frequencies, ω_i [rad/s]

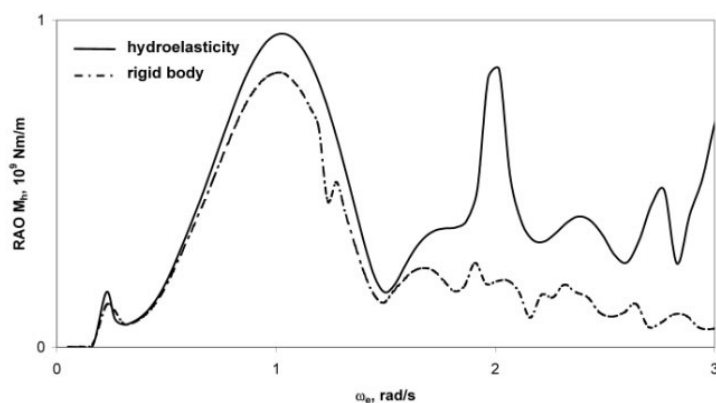
Oblik	Vertikalne vibracije		Horizontalne + torzijske vibracije		Oblik
	1D	3D	1D	3D	
1	7.35	7.33	4.17	4.15	1(H0 + T1)
2	15.00	14.95	7.34	7.40	2(H1 + T2)
3	24.04	22.99	12.22	12.09	3(H2 + T3)
4	35.08	34.21	15.02	16.22	4(H3 + T4)

Slike 8 i 9 prikazuju prijenosne funkcije momenta torzije i horizontalnog savijanja na sredini broda, koje su uspoređene s onima za kruti brod, dobivenim pomoću programa HYDROSTAR. U niskofrekventnom području, gdje se brod ponaša kao kruto tijelo, postignuto je dobro podudaranje, dok su veće razlike u rezonantnom području što je u skladu s očekivanjem.



Slika 8. Prijenosna funkcija momenta torzije, $\chi=120^\circ$, $U=25$ kn, $x=155.75$ m od A.P.

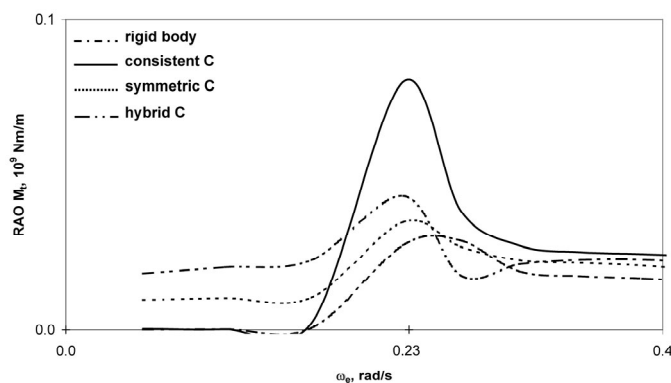
Fig. 8 Transfer function of torsional moment, $\chi=120^\circ$, $U=25$ kn, $x=155.75$ m from AP



Slika 9. Prijenosna funkcija horizontalnog momenta savijanja, $\chi=120^\circ$, $U=25$ kn, $x=155.75$ m od A.P.

Fig. 9 Transfer function of horizontal bending moment, $\chi=120^\circ$, $U=25$ kn, $x=155.75$ m from AP

Potrebno je istaknuti daje samo korištenjem konzistentne formulacije povratne krutosti moguće postići konvergenciju presječnih sila u nultu vrijednost s približavanjem valne frekvencije nuli, kao što pokazuje detaljan pogled prikazan na Slici 10.



Slika 10. Detaljan pogled na prijenosnu funkciju momenta torzije, $\chi=120^\circ$, $U=25$ kn, $x=155.75$ m od A.P.

Fig. 10 Zoomed transfer function of torsional moment, $\chi=120^\circ$, $U=25$ kn, $x=155.75$ m from AP

5. Zaključak

Veliki kontejnerski brodovi su na granici primjenjivosti pravila klasifikacijskih društava za njihovo pouzdano projektiranje, odnosno izvan granica primjenjivosti klasičnih teorija pomorstvenosti za pouzdano određivanje njihova odziva na valovima.

Rezultati analize pokazuju da je hidroelastični model koji je nastao kombiniranjem 1D MKE strukturnog i 3D BEM hidrodinamičkog modela učinkovit numerički alat za provedbu hidroelastičnih analiza brodskih konstrukcija. Prijenosne funkcije odziva u rezonantnom području pokazuju značajno više vrijednosti nego u slučaju odziva krutog broda, što naglašava važnost korištenja hidroelastičnih proračunskih modela. Opisani numerički alat osobito je pogodan za ranu fazu osnivanja, gdje dolaze do izražaja prednosti aproksimacije konstrukcije grednim modelom. Naime, umjesto dugotrajne izrade 3D MKE modela, dovoljno je za dvadesetak presjeka izračunati parametre krutosti, primjerice programom STIFF [19], i s njima provesti hidroelastičnu analizu kojom se pouzdanu određuju globalna opterećenja i odzivi. Budući da su hidroelastični proračunski modeli još uvijek u fazi razvoja, aproksimiranje konstrukcije grednim modelom nudi bolji uvid u vjerodostojnost opisa fizikalne pozadine problema. Kada je riječ o lokalnim odzivima, nužnim primjerice za određivanje koncentracije naprezanja, te detaljnim provjerama zadovoljavanja projektnih kriterija, potrebno je osloniti se na 3D MKE model.

Rezultate analize potrebno je dodatno provjeravati modelskim testovima i ispitivanjima u naravi, u svrhu poboljšanja pravila za gradnju broda, a sve u cilju povećanja sigurnosti broda i pomorskog prometa.

LITERATURA

- [1] S. Tomašević: Hidroelastični model dinamičkog odziva kontejnerskih brodova na valovima, Doktorska disertacija, FSB Zagreb, 2007.
- [2] RED Bishop, WG. Price: Hydroelasticity of Ships, Cambridge University Press, 1979.
- [3] I. Senjanović, Š. Malenica, S. Tomašević, S. Rudan: Methodology of ship hydroelastic investigation, Brodogradnja, 58 (2), 2007, 133-145.
- [4] I. Senjanović, S. Tomašević, M. Tomić, S. Rudan, N. Vladimir: Hydroelasticity of very large container ships, Design and Operation of Container Ships Conference, RINA, London, 2008, 51-70.
- [5] I. Senjanović, S. Tomašević, N. Vladimir, Š. Malenica: Numerical procedure for ship hydroelastic analysis, Third International Conference on Computational Methods in Marine Engineering, CIMNE, Barcelona, 2009, 259-264.

- [6] R. Pavazza: Torsion of thin-walled beams of open cross-sections with influence of shear, *International Journal of Mechanical Sciences*, 47, 2005, 1099-1122.
- [7] I. Senjanović, S. Tomašević, N. Vladimir: An advanced theory of thin-walled girders with application to ship vibrations, *Marine Structures*, 22 (3), 2009, 387-437.
- [8] I. Senjanović, S. Tomašević, S. Rudan, T. Senjanović: Role of transverse bulkheads in hull stiffness of large container ships, *Engineering Structures*, 30, 2008, 2492-2509.
- [9] R. Szilard: *Theories and Applications of Plate analysis*, John Wiley & Sons, New York, 2004.
- [10] KJ. Bathe: *Finite Element Procedures*, Prentice Hall, 1996.
- [11] Š. Malenica, B. Molin, F. Remy, I. Senjanović: Hydroelastic response of a barge to impulsive and non-impulsive wave load, *Hydroelasticity in Marine Technology*, Oxford, UK, 2003, 107-115.
- [12] WG. Price, Y. Wu: *Hydroelasticity of Marine Structures, Theoretical and Applied Mechanics*, F.I. Niordson and N. Olhoff, eds. Elsevier Science Publishers B.V., 1985, 311-337.
- [13] JN. Newman: Wave effects on deformable bodies, *Applied Ocean Research*, 16, 1994, 47-59.
- [14] HR. Riggs: Hydrostatic stiffness of flexible floating structure. *Proceedings of the International Workshop on Very large floating structures*, Hayama, Japan, 1996, 229-234.
- [15] LL. Huang, HR. Riggs: The hydrostatic stiffness of flexible floating structure for linear hydroelasticity, *Marine Structures*, 13, 2000, 91-106.
- [16] Š. Malenica: Some aspects of hydrostatic calculations in linear seakeeping, In: *Proceedings of the 14th NAV Conference*, Palermo, Italija, 2003.
- [17] I. Senjanović, M. Tomić, S. Tomašević: An explicit formulation for restoring stiffness and its performance in ship hydroelasticity. *Ocean Engineering*, 2008, 35, 1322-1338.
- [18] I. Senjanović, S. Tomašević, N. Vladimir, M. Tomić, Š. Malenica: Ship hydroelastic analysis with sophisticated beam model and consistent restoring stiffness, *International Conference on Hydroelasticity in Marine Technology*, Southampton, UK, 2009, 69-80.
- [19] STIFF, *Korisnički priručnik*, FSB Zagreb, 1990.
- [20] DYANA, *Korisnički priručnik*, FSB Zagreb, 2007.
- [21] HYDROSTAR, *User's manual*, Bureau Veritas, Pariz, 2006.

(2.3())

Alan Klanac, as2con-alveus, Rijeka/Croatia, alan.klanac@as2con.com

Petar Nikolić, as2con-alveus Rijeka/Croatia & Faculty of engineering, University of Rijeka, Rijeka/Croatia, petar.nikolic@as2con.com

Maja Kovač, as2con-alveus, Rijeka/Croatia & Faculty of engineering, University of Rijeka, Rijeka/Croatia, maja.kovac@as2con.com

Jon McGregor, Bureau Veritas, Neuilly-sur-Seine Cdx/France, jon.mcgregor@bureauveritas.com

ECONOMICS AND ENVIRONMENTAL IMPACT OF SHIP SPEED REDUCTION FOR AFRAMAX TANKERS

Summary

In this study we analyse the economic effects and environmental impact of speed reduction for an AFRAMax tanker. By varying the speed and the installed power, considering also the effects of fuel consumption difference, market conditions and the increase in transportation time, we show that slow steaming can be simultaneously economically sound and eco-friendly. Changes in the environmental efficiency design index, or EEDI, are also addressed.

Key words: speed reduction, ship emissions, CO₂, charter rate, AFRAMax, tanker, EEDI

UTJECAJ SMANJENJA BRZINE AFRAMAX TANKERA NA PROFITABILNOST BRODA I OČUVANJE OKOLIŠA

Sažetak

Za AFRAMax tanker provedena je analiza utjecaja smanjenja brzine na ekonomsku isplativost broda i utjecaj na okoliš – očuvanje okoliša. Izradili smo ekonomski model. Simuliranjem smanjenja brzine te promjenom instalirane snage motora, uočene razlike u potrošnji goriva te promjene u režimu plovidbe rezultirale su potvrdom naših očekivanja. Promijene u indeksu energetske efikasnosti (EEDI) u su također provjerene.

Ključne riječi: smanjenje brzine, ispušni plinovi, CO₂, cijena najma broda, AFRAMax, tanker, EEDI

1. Introduction

Ship emissions participate in the global CO₂ emissions with 3.3%, SO_x are emitted at about 4% of world total, while NO_x are about 7% of total emissions. According to the European Union targets [1], these emission levels need to be drastically reduced already in 2020. Knowing that the installed power on a ship, and thus the emissions have an exponential relationship with the speed, by significantly decreasing this speed we can greatly reduce the emissions. Furthermore, reducing the speed will also significantly reduce the fuel consumption and thus the operating costs.

History shows that reducing service speed of ships has been a common strategy when charter rates were low and/or the fuel oil prices were high. This can be also noticed in the present time [2,3].

In this paper we provide first principle analysis of effects of slow steaming to ship. We analyse how and why a slow steaming ship can be economically sound, and how does this reflects onto direct ship stakeholders, i.e. shipowners and charterers. For this, a simple, but generally applicable economic model is established.

All calculations presented in this paper are made for the AFRAMax tanker with the following particulars is taken into consideration:

Table 1. Main particulars of the AFRAMax

L _{OA} :	259 m
B :	47 m
DWT :	115 000 t
V :	15 kn
Main engine :	Wärtsilä RT flex84T – D
Main engine MCR:	14 700 kW
Fuel consumption	58.9 t/day
CO ₂ emissions:	229.5 t/day

*assumed as 6% of a total exhaust weight

The paper is divided into four parts. The first part (Ch. 2.1) deals with the general information concerning the calculations and problem definition. This part argues assumptions, and all the relevant data are explained there. The second part (Ch. 2.2) of the paper concerns calculation of overall profitability of slow steaming ships. In the third part (Ch. 3), the environmental impact is discussed.

2. The economics

2.1. Problem definition

The analysis of benefit of slow steaming on at the ship level is based on the comparison of profitability between the ship operating at the standard and at slow speeds on the annual basis. Relative benefit B of the slow steaming ship at service speed V is calculated for the shipowner and charterer respectively, using the following equations:

$$B_{so}(V) = N_{ss}(V) \cdot [ACR - C_o] - [ACR - C'_o] \quad (1)$$

$$B_{CH}(V) = N_{SS}(V) \cdot [-ACR - C_{FO}(V)] - (-ACR - C'_{FO}) \quad (2)$$

where N_{SS} is the number of slow steaming ships necessary to transport the equal amount of cargo as a ship operating at the standard speed V , calculated as a ratio $N_{SS}(V) = V'/V$. ACR is the annual charter rate, defined according to the: $ACR = 365 \cdot t \cdot DCR$ where t is percentage of commercial use of ship per annum (taken as a percentage of annual ship exploitation, and was assumed that its value is 0.9, while DCR is daily charter rate. C_O are shipowners operating cost per ship, estimated at 2.5 mil. USD annually. These involve e.g. the annual crew cost, maintenance, insurance, etc. and are assumed not to be affected by the speed reduction.

C_{FO} are the fuel cost In order to determine the fuel oil costs as a function of the ship's service speed, we select different engines for the AFRAMax slow steaming at 12.5, 10, 7.5 and 5 kn. Table 2 lists these engines and their characteristics. This provides sufficient amount of points through which a polynomial can be fitted, approximating with sufficient accuracy sought functional relationship.

$$C_{FO} = 4269.2 \cdot V^3 - 51648 \cdot V^2 + 244051 \cdot V - 35993 \quad (3)$$

The following global market prices for fuel are applied. Heavy fuel oil, for the slow-speed engines, is taken at 370 USD/t, while the diesel oil for the medium-speed engines is taken at 470 USD/t. These are average value for the year 2009 [4]

Discussing the benefits of slow steaming on the ship level can not provide the overall economic argumentation. Profitability of slow steaming should be compared considering the same amount of cargo per unit time.

Thus, we build an economic model that encompasses the main stakeholders affecting on the ship service speed, the ship owner and charterer. Following the assumption of the economic equilibrium in which stakeholders will, tend to equally share the benefits of an economic behaviour as much as possible, it is possible to determine the optimal service speed that produces equal amount of benefits for the stakeholder for a given market condition. This will then allow us to study the effects of speed reduction onto profitability of the stakeholders.

AFRAMax tanker, as a case ship is assumed to be in the time charter, for this analysis, and in a long-term contract with the charterer. The influence of duration of the journey between the slow steaming ship and the ship operating with standard speed can be therefore neglected. Furthermore, the additional investments, necessary to acquire the additional slow steaming ships to compensate for the lost transport capacity in time unit, can also be neglected. This assumption somewhat simplifies the analysis.

In the time charter contract, shipowner needs to cover the operating costs i.e. the crew costs, maintenance and repairs etc., and charterer directs the commercial operations of the ship and pays all voyage expenses, i.e. bunkers, port charges and canal dues, and cargo handling costs [5].

Calculations are made in accordance with today's market prices, i.e. fuel oil prices, harbour fees, insurance fees, crew cost, etc., and varying charter rates for time charter. We did not consider other systems on board.

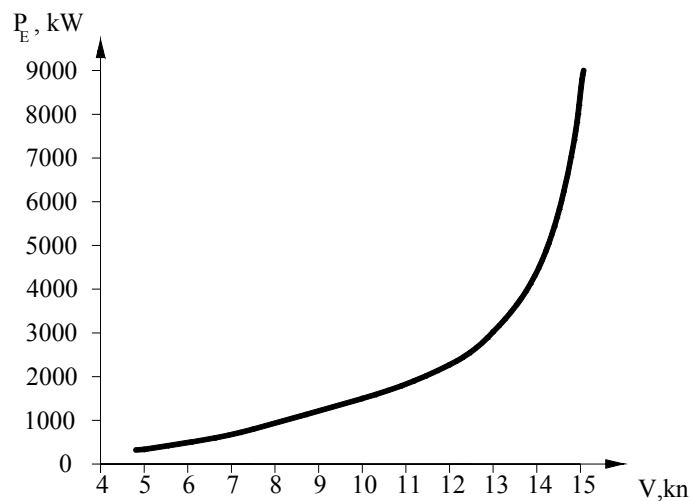


Fig 1 Speed - power curve for selected ship

Table 2. Comparison of ships speed with power, consumption and annual cost of fuel

DESIGN SPEED (kn)	P _E (kW)	TYPE	MCR (kW)	FO (t/day)	FO COST (USD/day)*	CO ₂ (t/day)
15	8 252	Wärtsilä RT-flex 84T-D [6]	14 700	58.9	21 793	229.5
12.5	2 981	Wärtsilä 38 8L38 [7]	5 100	22.3	10 481	108.5
10	1 437	Wärtsilä 26 8L26 [8]	2 600	11.8	5 546	27.2
7.5	874	Wärtsilä 20 8L20 [9]	1 600	7.5	3 525	17.7
5	341	Wärtsilä 20 4L20 [9]	800	3.7	1 739	8.8

*assuming 90% annual exploitation

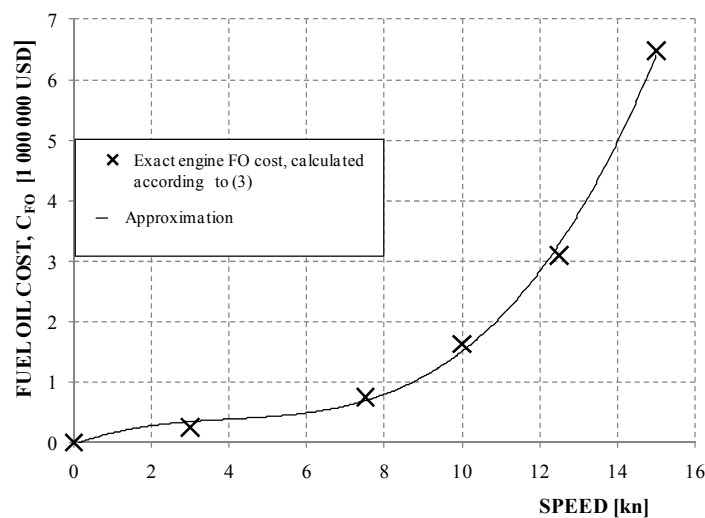


Fig. 2 Mutual dependence between ships speed and fuel oil annual cost, AFRAMax tanker

Because the slow steaming ship will conduct fewer journeys per annum, we can expect that the costs of port calls will be linearly smaller than for the ship operating at the standard

speed. This means that for the comparison on a fleet level, the harbour costs would remain the same annually, and can be thus omitted from the analysis. We also omit from the analysis the differing costs for engine installation at slow and standard speeds, as well as the benefits which might occur with the reduced requirements amount space needed for engine room once the demand for power reduces.

2.2. The analysis and discussion

Having defined now all the elements of the benefit equations (1) and (2), we are ready to determine whether slow steaming is economically sound. Following the assumption of equity between the stakeholders, and thus of their benefits, we can equate them, so that it is valid:

$$B_{SO}(V) = B_{CH}(V) \tag{4}$$

This way we can determine the stakeholder benefit for a reduced speed V in comparison to the operation at the standard speed. Given that the fuel costs are expressed as a cubic equation of speed, see Eq. (3), we solve this problem graphically. Supposing the value of a daily charter rate, we determine the speed for which the condition of Eq. (3) holds. If we plot now the values of benefits against the speed, and the supposed values of daily charter rates also against the speed we attain the following two graphs; see Figures 3 and 4.

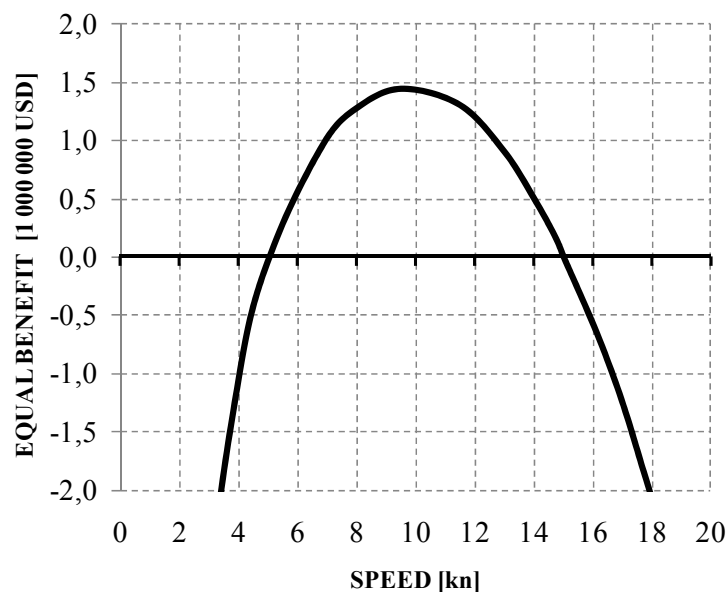


Fig. 3. The value of equal benefit from slow steaming for the shipowner and charterer as the function of speed

In Figure 3, we can see that both shipowner and charterer will enjoy a joint benefit. If the ship speed is reduced between 5 and 15 kn, outside this area of speeds, we can not expect joint benefits in comparison with the ship operating at standard speed. The maximal equal benefit for the shipowner and the charterer is 1 440 000 USD at attained 9.5 knots.

This shows that the slow steaming for an AFRAMax tanker in the wide range of speeds is an economically sound strategy

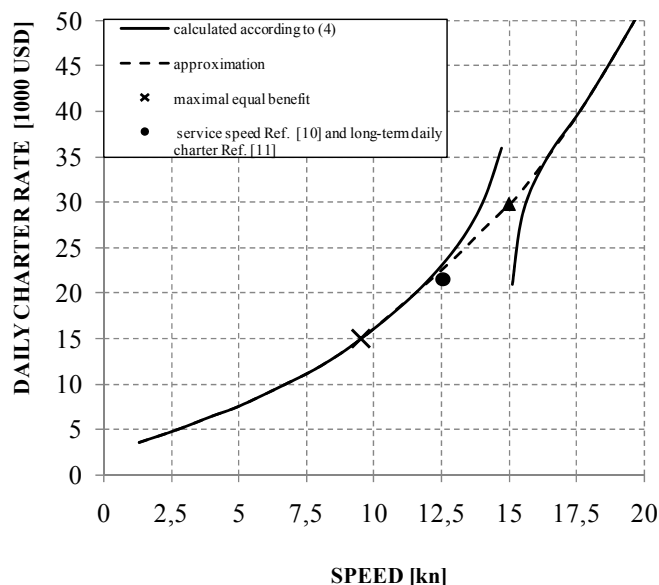


Fig. 4. Expected daily charter rate in dependence to ships service speed, AFRAMax tanker, for equal benefit of slow steaming (dotted line is supposed, based on continuity of the economic model)

Fig. 4. shows the daily charter rates values that correspond with the equal benefit for stakeholders for the given speed. Since the curve is obtained relative to the standard service speed of 15 kn, there is a discontinuity visible there.

To test attained curve, let us mark now the service speed of 9.5 knots, which incurs the biggest equal benefit of slow steaming. In this case the daily charter rate for AFRAMax tanker should be 15 000 USD. Considering the benefit of both stakeholders, this value is sensible as it assures lower costs for the charterer for the lower costs of fuel. The benefit for the owner is in the increased business with about 50% more ships employed.

Considering the assumption that the benefits to the stakeholders are equal, we can assume that the attained daily charter rate represents effectively a stable charter rate for the give speed of operations. Thus, we venture into interpolating between the two parts of the attained curve that are discounted at 15 kn. The validity of this argumentation can be found if we plot some available figures of average speed and daily charter rates for AFRAMax from the literature.

Thus according to the long term record of AFRAMax tankers, attained from AIS data [10], their average service speed is 12,6 kn. The average daily charter rate is 21 500 USD, according to Marine news [11]. Our prediction that for 12.6 knots service speed, daily charter rate should be 22 750 USD, and that for daily charter rate of 21 500 USD, service speed should be 11.8 knots. This is the question that should further be investigated in the future.

Furthermore, charts in Figures 3 and 4 effectively prove that the slow steaming is a sound strategy. This is especially valid in the times of weak economic growth, with low charter rates, the benefits for both stakeholders are positive. Operation with speeds higher than standard is, on the other hand, irrational, even if the market would be strong with high daily charter rates.

3. Environmental impact

3.1. First principles

Besides the positive economic impact, slow steaming due to the reduced emission can be a viable option for eco-shipping. As mentioned, by reducing the engine size, we reduce the emissions, and thus the CO₂, NO_x and SO_x gasses.

Following up on Table 2, we can determine the percentage of CO₂ emissions cut per ship in comparison with the ship operating at standard speed. Given the CO₂ on the emissions data obtained from the manufacturer, seen in Table 2, AFRAMax slow steaming results in a significant positive ecological impact. Based on this data, we can construct the diagram in Figure 5. We came to formula which best describes how much of CO₂ exhaust is reduced, as a function of ships speed.

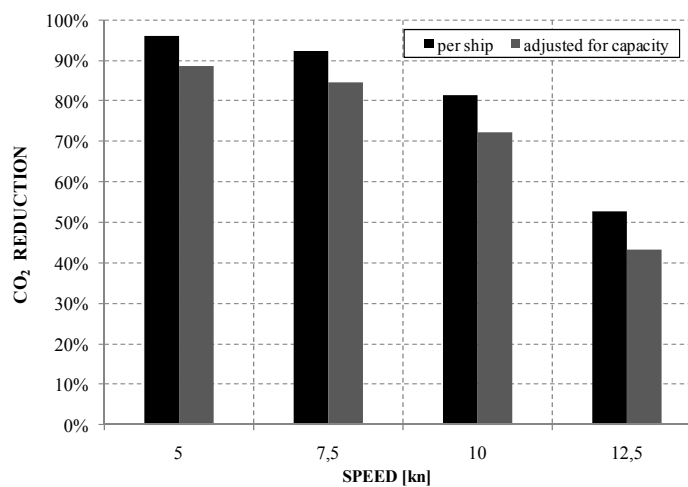


Figure 5. Annual CO₂ exhaust reduction in tonnes, function of ships service speed and adjusted to fit the same cargo capacity per unit time

As it can be seen from Figure 5, if we reduce ship service speed just by one third, to 10 knots, CO₂ emission reduction will be more than 80% of today's. If we reduce speed to 5 knots, the amount of reduction will be more than 95%.

3.2. EEDI

IMO recently initiated implementation of the EEDI (energy efficiency design index) [14], to be conceived as a future mandatory newbuilding standard. EEDI for a ship represents the basic energy efficiency of a design. The fundamental principle is that the emission index expresses the ratio between the amount of emission and the benefit that is generated, expressed as a transport work capacity. The EEDI is defined for a ship under specified conditions (e.g., engine load, draught, wind, waves, etc.) in relation to the nominal transport work rate. The unit for EEDI is grams of CO₂ per capacity-mile, where "capacity" is an expression of the cargo-carrying capacity relevant to the cargo that the ship is designed to carry. It is applied here to capture more holistic aspect of ship speed reduction. In Table 3. we can see EEDI comparison for different speeds for the AFRAMax tanker taken into consideration.

Table 3. EEDI for different AFRAMax speed's and adjusted for equal amount of cargo transported

SPEED [kn]	15	12.5	10	7.5	5
EEDI [g CO ₂ /t nm]	4.62	2.11	1.51	1.34	1.12
EEDI* [g CO ₂ /t nm]	4.62	2.53	2.65	2.68	3.36

adjusted for the same transport capacity per unit time

It is not a surprise that the slow steaming AFRAMax has a smaller EEDI and also the slower the better. However, if adjusted for the same transport capacity per unit time, the EEDI is minimal for the ship operating at 12.5 kn. This means that on the fleet level addition of more ships make up for the lost capacity will reduce the efficiency of the system. Nevertheless, the ecological efficiency will be still better than for a ship operating at standard speed.

4. Conclusion

The purpose of this paper was to investigate whether it is economically sound to reduce the speed of ships. In these investigations we have considered a typical AFRAMax tanker.

The findings indicate that with the growing fuel prices and with the growing requirement for the ecological protection, we can expect concept of growing slow steaming ships to become a viable option. But, as this affects in a way the logistic and supply chain, a change cannot be abrupt. Furthermore, a slow ship should require to have additional power available for assure to manoeuvre in rough weather conditions. This should be investigated more in the future.

In principle the findings suggest that slow steaming is a sound strategy, but more work is to be done to prove it.

REFERENCES

- [1] 2ND IMO GHG study, London, 2009
- [2] <http://www.joc.com/maritime/carriers-move-full-speed-slow-steaming>
- [3] <http://www.joc.com/maritime/maersk-says-slow-steaming-here-stay>
- [4] www.bunkerworld.com/prices/
- [5] Stopford, M., Maritime economics, 3rd edition, Routledge, Oxon, 2009
- [6] SULZER RTA-T, Engine selection and project manual, May 2009.,
- [7] Wärtsilä 38, Project guide, Trieste, November 2008.
- [8] [Wärtsilä 26, Project guide, Trieste, June 2007.
- [9] [Wärtsilä 20, Project guide, Vaasa, September 2008.
- [10] <http://www.marinetraffic.com/ais/>
- [11] <http://marinenews.com/>
- [12] <http://www.mandieselturbo.com/1011905/Press/Publications/Technical-Papers/Marine-Power/Low-Speed/Propulsion-Trends-in-Tankers.html>
- [13] <http://www.mcquilling.com/reportviewer.aspx?fname=No.+18+-+Asset+Project+Evaluation>
- [14] Interim guidelines on the method of calculation of the energy efficiency design index for new ships, IMO, August, 2009.

**PRAVNI ASPEKT RECIKLIRANJA BRODOVA S POSEBNIM
OSVRTOM NA MEĐUNARODNU KONVENCIJU IZ HONG KONGA
IZ 2009.**

Sažetak

Najviša dopuštena starost brodova jest 20-25 godina. Nakon proteka tog roka brod se može prenamijeniti ili reciklirati u rezalištu. Kako prenamjena starih brodova samo odgađa neminovno recikliranje, od izuzetne je važnosti bilo pravno regulirati ovu problematiku. Industrija reciklaže brodova mora funkcionirati na način koji će ispuniti razne zahtjeve, a prije svega one zaštite okoliša te zaštite zdravlja i sigurnosti na radu. Međutim, recikliranje brodova danas se većinom odvija u zemljama u razvoju i s jeftinom radnom snagom, pa je za pretpostaviti da navedenim kriterijima najčešće nije udovoljeno. Donošenjem Međunarodne konvencije o sigurnom i ekološki prihvatljivom recikliranju brodova 2009. godine željelo se doskočiti tom problemu kao i svim drugim koji bi se mogli pojaviti tijekom postupka recikliranja brodova. Njome se propisuju razne obveze za brodovlasnike kao i za rezališta kako bi se cijeli postupak recikliranja proveo bez ugrožavanja ljudi i okoliša. Spomenuta Konvencija još nije stupila na snagu niti se očekuje da će stupiti prije 2015. godine.

Ključne riječi: recikliranje brodova, postrojenja za reciklažu, međunarodna regulativa

**LEGAL ASPECT OF RECYCLING OF SHIPS WITH A SPECIAL
REFERENCE TO THE HONG KONG INTERNATIONAL
CONVENTION, 2009**

Summary

The maximum allowed age of ships is between 20 and 25 years. After that period a ship has to be converted for some other purpose or is to be recycled in a recycling facility. As regards that conversion only postpones recycling which is inevitable, it was extremely important to legally regulate this problem area. Ship recycling industry needs to operate in a way that fulfills certain conditions, especially those concerning protection of the environment and health and safety of people involved. Nowadays, however, recycling of ships takes place mostly in developing countries with a cheap labor force, so it is to be presumed that earlier mentioned conditions usually aren't met. The goal of the adopted International Convention for the Safe and Environmentally Sound Recycling of Ships is to prevent those problems, as well all the others that may appear during recycling operation. It stipulates various requirements for shipowners and ship recycling facilities so that entire recycling process goes by without threatening people and environment. Above mentioned Conventions has not yet entered into force nor is expected until 2015.

Key words: recycling of ships, recycling facilities, international regulations

1. Uvod

Recikliranje brodova pridonosi konceptu održivog razvoja i, bez sumnje, najbolje je rješenje za dotrajale brodove. U prilog tome govori i činjenica da je stari brod ujedno i koristan otpad, koji se dalje prerađuje za drugu svrhu, te koji ima svoju gospodarsku vrijednost.¹ Međutim, recikliranje brodova je, istovremeno, i jedna od ekološki visoko rizičnih industrijskih grana. Širenjem industrije recikliranja brodova,² rasla je i svijest o opasnostima kojima ona prijete sigurnosti, zdravlju ljudi³ i okolišu.

Zbog sve zastupljenije reciklaže brodova javila se potreba za uvođenjem brojnih sigurnosnih standarda koje bi trebalo poštivati u samom procesu recikliranja, ali i naknadno pri zbrinjavanju opasnog otpada s brodova.⁴ Kako djelovanje u skladu s navedenim standardima iziskuje visoke troškove, cjelokupna industrija recikliranja koncentrirala se u azijskim zemljama s jeftinom radnom snagom i niskim standardima sigurnosti i zaštite okoliša.⁵ Uvidjevši koje razmjere poprima onečišćenje okoliša uzrokovano recikliranjem, kao i zbog potrebe donošenja međunarodnog dokumenta koji bi na sustavan način obradio ovu problematiku, Međunarodna pomorska organizacija⁶ prihvatila se jako ozbiljnog i zahtjevnog zadatka i pristupila izradi konvencije koja je trebala regulirati recikliranje brodova.

¹ Vrijednost otpisanih brodova leži u materijalima od kojih je brod izgrađen jer gotovo sve te materijale je moguće ponovno upotrijebiti. Ukupni prihod od reciklaže brodova iznosi 1,5 milijardi dolara godišnje i globalno je jedna od najvećih reciklažnih industrija. Opširnije: **Branka Milošević-Pujo, Nataša Jurjević, Ivo Domijan-Arneri**, *Potrebe i posljedice uvođenja međunarodne standardizacije u problematiku reciklaže brodova*, Naše more 54(5-6), Dubrovnik, 2007., str. 175.

² Službeni statistički pregled recikliranja brodova u svijetu vidi: **Nikos E. Mikelis**, *A statistical overview of ship recycling*, International Symposium on Maritime Safety, Security & Environmental Protection, Athens, September 2007., www.imo.org

³ S opasnostima se, prvenstveno, susreću radnici koji sudjeluju u poslovima recikliranja brodova, ali ujedno i cjelokupna populacija koja boravi u blizini postrojenja gdje se recikliranje obavlja. Radnici koji se bave poslovima recikliranja izloženi su štetnom djelovanju azbesta, polikloriranih bifenila, žive, radijacije, buke, vibracije, onečišćenja zraka, organskih tekućina, kemijskih tvari...

⁴ Samo u 2005. godini u Europskoj uniji proizvedeno je oko 66 milijuna tona opasnog otpada. **Ivica Tijardović**, *Ilegalan prijevoz opasnog otpada*, Vijesnik, Tribina, 13. studeni 2009.

⁵ Industrija reciklaže brodova koncentrirala se u Tajvanu, a zatim u Indiji, Bangladešu, Pakistanu i Kini, gdje se trenutno prerađuje najveći broj brodova. Kina, međutim, u posljednje vrijeme ulaže mnogo kako bi podigla standarde u kojima se recikliranje obavlja. iako se situacija značajno popravila, ona je još uvijek daleko od zadovoljavajuće. Milošević-Pujo, B. i dr., *o.c.*, str. 176. Prednost rezališta u spomenutim zemljama jest, prvenstveno, u tome što je tamo postupak recikliranja izuzetno jeftin. Međutim, ako budu željeli i dalje poslovati, navedena će postrojenja morati uskladiti uvjete koji u njima vladaju sa standardima propisanim relevantnim propisima. Mnoga od njih su već učinila iskorak u tom smjeru, ali taj postupak modernizacije i implementacije propisa jest dugotrajan i skup. Navedeno za posljedicu ima poskupljenje reciklaže brodova u cjelini, ali i ulazak na tržište reciklaže brodova nekih drugih zemalja.

⁶ Engl. *International Maritime Organization* (dalje – **IMO**). IMO je utemeljen 1959. godine. sa sjedištem u Londonu. Na konferenciji Ujedinjenih naroda 1948. godine osnovana je Međunarodna vladina pomorska savjetodavna organizacija (engl. *International Governmental maritime Consultative Organization* – **IMCO**), koja 1982. godine mijenja ime u Međunarodna pomorska organizacija. Njeni su ciljevi poboljšanje sigurnosti međunarodnog pomorskog prometa, zaštita mora od onečišćenja, djelatnosti istraživanja i iskorištavanja podmorja, pravilno reguliranje međunarodne plovidbe i tehnička pomoć pomorstvu zemalja u razvoju. Opširnije o IMO-u: www.imo.org

2. Konvencija o sigurnom i ekološki prihvatljivom recikliranju brodova

Konvencija o sigurnom i ekološki prihvatljivom recikliranju brodova donesena je u Hong Kongu 2009. godine.⁷ Tekst Konvencije⁸ dorađivao se tri godine, prema uputama članica IMO-a i relevantnih nedržavnih organizacija, a u suradnji s Međunarodnom organizacijom rada⁹ i članicama *Baselske konvencije o nadzoru prekograničnog prometa opasnog otpada i njegovog odlaganja iz 1992.*¹⁰ Konvencija ima 21 članak, Aneks koji se odnosi na **Pravila za sigurno i ekološki prihvatljivo recikliranje brodova** i 7 Priloga (primjerci raznih svjedodžbi i formulara). Ukoliko se izričito ne propiše drugačije, pozivanje na odredbe ove Konvencije smatrat će se pozivanjem i na njen Aneks (čl.1., st.5.). Donošenju Konvencije prethodile su brojne smjernice donesene od strane IMO-a i ILO-a.¹¹ Konvencija još nije stupila na snagu,¹² niti se očekuje da će se to dogoditi prije 2015.godine.¹³ Konvencija, naime, u svom članku 17., st.1. propisuje da će stupiti na snagu dvije godine (24 mjeseca) nakon dana kada su se ispunili slijedeći uvjeti:

1. najmanje 15 država je Konvenciju ili potpisalo bez rezerve ratifikacije, prihvata ili odobrenja, ili je položilo neophodnu ispravu o ratifikaciji, prihvatu, odobrenju ili pristupanju u skladu s člankom 16;

⁷ U nastavku – **Konvencija o recikliranju brodova** ili **Konvencija**. Na diplomatskoj konferenciji u Hong Kongu, održanoj od 11. – 15. svibnja 2009. godine, sudjelovali su delegati 63 zemlje.

⁸ Konvencija može biti izmijenjena na način propisan istom u čl.18. Tekst Konvencije na engleskom jeziku vidi: www.imo.org

⁹ Engl. *International Labour Organization* (dalje – **ILO**). ILO je osnovan 1919. godine, a 1946. godine postao je prva specijalizirana agencija Ujedinjenih naroda koja okuplja predstavnike Vlada država članica, poslodavaca i radnika koji zajednički oblikuju politiku i programe od njihovog interesa. Opširnije o ILO-u vidi: www.ilo.org

¹⁰ Cilj Konvencije je kontrolirati kretanje opasnog i štetnog otpada od proizvodnje do konačnog zbrinjavanja. Njome se želi spriječiti ilegalan prijevoz opasnog i štetnog otpada, poticati na usvajanje moderne tehnologije koja smanjuje proizvodnju spomenutog otpada, poticati na zbrinjavanje otpada u mjestu proizvodnje po najvišim tehnološkim standardima kako bi se smanjila potreba za transportom... Tekst Konvencije vidi: **N.N.-M.U., br. 3/94**

¹¹ IMO je rezolucijom A.962(23) usvojio *Smjernice o recikliranju brodova* (engl. *Guidelines on Ship Recycling*), a ILO smjernice za azijske zemlje i Tursku (engl. *Safety and Health in Shipbreaking: Guidelines for Asian countries and Turkey*). Također, države članice Baselske konvencije donijele su 2002. godine *Tehničke smjernice za ekološki prihvatljivo upravljanje tijekom cjelovitog i djelomičnog rasporemanja brodova* (engl. *Technical Guidelines for the Environmentally Sound Management of the Full and Partial Dismantling of Ships*). Od posebnog su značenja za ovu problematiku Smjernice o recikliranju broda koje je IMO usvojio 05. prosinca 2003. godine. Njihova je svrha bila usmjeriti i naučiti optimalnom načinu rada u pogledu recikliranja broda državu zastave broda, državu luke i državu u kojoj se nalazi postrojenje za recikliranje, kao i brodovlasnike, brodograditelje, postrojenja za reciklažu broda te opskrbljivače pomorskom opremom. Smjernice teže poticanju recikliranja brodova, usmjeravanju i suradnji zainteresiranih strana tijekom cjelokupnog procesa recikliranja. **Sokratis Dimakopoulos, The IMO's work on ship recycling**, P:\www\Papers and Articles by IMO Staff\The IMO.doc

¹² Konvencija je otvorena za potpisivanje od 1. rujna 2009. godine do 31. kolovoza 2010. godine u sjedištu IMO-a, dok će nakon tog datuma biti otvorena za pristupanje. Prema službenim podacima IMO-a od 31. svibnja 2010. godine Konvencija još nema nijednu državu članicu. Članak 16. Konvencije propisuje da bilo koja država može postati stranka Konvencije:

- a) potpisivanjem bez potrebe naknadne ratifikacije, prihvata ili odobrenja; ili
- b) potpisivanjem koji naknadno treba ratificirati, prihvatiti ili odobriti; ili
- c) pristupanjem.

Ratifikacija, prihvata, odobrenje ili pristupanje bit će pravovaljani od trenutka polaganja odgovarajuće isprave generalnom tajniku IMO-a.

¹³ U st.2. istog članka navodi se da će za države koje su položile ispravu o ratifikaciji, prihvatu, odobrenju ili pristupanju Konvenciji nakon što su se ispunili propisani uvjeti za stupanje na snagu iste, ali prije nego je protekao rok od dvije godine, navedena isprava proizvesti svoj pravni učinak od dana stupanja na snagu Konvencije ili nakon proteka roka od 3 mjeseca od dana polaganja isprave, ovisno o tome koji je datum kasniji. Svaka država članica Konvencije može istu otkazati u bilo koje vrijeme nakon što protekne rok od dvije godine od dana kada je Konvencija za navedenu državu stupila na snagu (čl.19.).

2. ukupna trgovačka flota država iz točke 1. ovog članka sačinjava najmanje 40% ukupne bruto tonaže svjetskog trgovačkog brodovlja; i
3. udio maksimalnog obujma godišnjeg recikliranja brodova u državama članicama iz točke 1. ovog članka u posljednjih 10 godine je najmanje 3% ukupne bruto tonaže trgovačkog brodovlja tih istih država.

Cilj Konvencije jest osigurati da brodovi koji se recikliraju, nakon proteka njihovog vijeka trajanja, ne predstavljaju nikakvu prijetnju ili nepotreban rizik ljudskom zdravlju i sigurnosti, kao ni okolišu. Konvencija svojim odredbama pokriva čitavo vrijeme od izgradnje broda sve do njegova recikliranja i postavlja niz zahtjeva brodovlasnicima¹⁴ te postrojenjima za reciklažu. Pojam brodovlasnika odnosi se na fizičku osobu /osobe ili kompaniju koja je upisana kao vlasnik broda, odnosno ako nije upisana kao vlasnik broda, onda na fizičku osobu/osobe ili pravnu osobu koja brod posjeduje, kao i svaku drugu organizaciju ili osobu, poput menadžera ili naručitelja, koji su od vlasnika broda na sebe preuzeli odgovornost za djelatnost broda. Mada, kada je brod u vlasništvu države, a njime upravlja kompanija koja je u toj državi registrirana kao poduzetnik broda, pod pojmom brodovlasnika, u smislu odredbi ove Konvencije, mislit će se na tu kompaniju. Također, pojmom brodovlasnika obuhvaćena je i osoba koja brod u vlasništvu ima tek ograničeno vrijeme (pravilo 1., toč.8. Aneksa). Konvencijom je, dakle, predviđeno da se status brodovlasnika može steći čak i ako se brod drži u posjedu jako kratko vrijeme, npr. tijekom njegove prodaje ili prilikom predaje broda postrojenju za recikliranje. Ta se osoba naziva *cash buyer* i dužna je, prema Konvenciji, ispunjavati sve zahtjeve njome propisane za vlasnika broda. Štoviše, država zastave broda, ukoliko je članica Konvencije, dužna mu je izdati sve potrebne svjedodžbe predviđene istom, čak i kada se brod u vlasništvu te osobe nalazi tek nekoliko sati. Na ovaj način je, načelno, onemogućeno nepoštivanje odredbi Konvencije pod izlikom da u jednom kratkom vremenskom intervalu brod nije bio u posjedu vlasnika već neke druge osobe koja nije bila obvezna djelovati u skladu s njenim odredbama.

U skladu s općim odredbama, svaka država članica ove Konvencije obvezuje se dati puni pravni učinak njenim odredbama kako bi se spriječile, reducirale, umanjile i, u najvećoj mogućoj mjeri, eliminirale nesreće, ozljede i drugi štetni utjecaji po ljudsko zdravlje i okoliš izazvani recikliranjem brodova,¹⁵ te kako bi se unaprijedila sigurnost na brodu, kao i zaštita ljudskog zdravlja i okoliša u vrijeme radnog vijeka broda (čl.1., st.1). Istim je člankom državama članicama Konvencije o recikliranju brodova dana mogućnost propisivanja strožih mjera s ciljem prevencije, redukcije te minimaliziranja štetnih utjecaja recikliranja po ljudsko zdravlje i okoliš. Spomenute mjere, naravno, moraju biti u skladu s međunarodnim pravom (čl.1., st.2.).

Države se, između ostalog, obvezuju na međusobnu suradnju kako bi se odredbe Konvencije implementirale i ispunile nakon njenog stupanja na snagu (čl.1., st.3.).¹⁶ S istim je ciljem propisana i obveza svih država članica na slanje izvješća sa svim relevantnim informacijama IMO-u, koji će ista dalje proslijediti zainteresiranim članicama (čl.12.). Izvješće treba sadržavati slijedeće podatke: popis postrojenja za recikliranje brodova koja rade pod jurisdikcijom države članice; kontakt podatke tijela ovlašteno za pitanje recikliranja

¹⁴ O obvezama brodovlasnika prema Konvenciji pogledati više: *Guidelines on Transitional Measures for Shipowners*, www.marisec.org/recycling

¹⁵ Recikliranje brodova obuhvaća svaku aktivnost potpunog ili djelomičnog rastavljanja brodova u postrojenju za reciklažu brodova s ciljem obnove dijelova i materijala za reprodukciju i ponovnu uporabu vodeći, pritom, računa o opasnim i drugim štetnim materijalima. Recikliranje brodova se odnosi i na druge povezane radnje poput uskladištenja i obrade dijelova i materijala u postrojenju, ali ne i na njihovu daljnju obradu ili odlaganje u nekom drugom postrojenju (čl.2., st.10.).

¹⁶ Države će i ubuduće poticati stalan razvoj i napredak tehnologije i prakse koja pridonosi sigurnom i ekološki prihvatljivom recikliranju brodova (čl.1., st.4.).

brodova na području države članice; popis priznatih organizacija i imenovanih nadzornika ovlaštenih da, u ime države članice, obavljaju poslove vezane za pitanja koja se tiču kontrole recikliranja brodova u skladu s odredbama Konvencije, te kojima su, od strane tih država članica ili ovlaštenih nadzornika, dane posebne ovlasti i propisani posebni uvjeti postupanja; godišnji popis brodova koji plove pod zastavom države članice Konvencije, a kojima je izdana Svjedodžba o spremnosti broda za recikliranje, uključujući ime kompanije koja obavlja recikliranje i podatke o postrojenju za recikliranje; godišnji popis brodova koji su reciklirani pod nadležnošću države članice; podatke o kršenju odredbi Konvencije i radnjama poduzetim prema brodovima i postrojenjima za recikliranje brodova na području države članice.

Također, države članice će, direktno ili posredstvom IMO-a ili nekog drugog međunarodnog tijela, prema potrebi, pružiti pomoć drugim državama članicama, kada one to zatraže. Navedena se pomoć može očitovati u vidu obučavanja osoblja zaduženog za poslove recikliranja; osiguravanja potrebne tehnike, opreme i strojeva; iniciranja zajedničkog istraživanja i razvojnih programa te poduzimanja drugih radnji namijenjenih efektivnoj implementaciji ove Konvencije i njenih smjernica donesenih od strane IMO-a. Svrha ovog načina suradnje jest, isto tako, omogućiti sigurno i ekološki prihvatljivo recikliranje brodova (čl.13.).

2.1. Primjena Konvencije o sigurnom i ekološki prihvatljivom recikliranju brodova

Konvencija o recikliranju brodova, ukoliko izričito odredbama iste nije propisano drugačije, odnosi se na (čl.3., st.1.):

1. brodove¹⁷ ovlaštene da viju zastavu države članice Konvencije ili koji plove pod njenom nadležnošću;
2. postrojenja za reciklažu brodova¹⁸ koja djeluju pod jurisdikcijom države članice Konvencije.

Konvencija se neće primjenjivati na ratne brodove, pomoćne brodove, ili druge brodove u vlasništvu ili pod upravom države članice korištene isključivo u javne gospodarske svrhe. Ipak, sve države članice se moraju pobrinuti da i ti brodovi djeluju, koliko je to moguće, u skladu s ovom Konvencijom (čl.3., st. 2.). Također, ova se Konvencija neće primjenjivati na brodove manje od 500 BT¹⁹ ili na brodove koji plove isključivo u obalnom moru države čiju zastavu viju. Naravno da će se države članice Konvencije pobrinuti da i ovi brodovi poštuju odredbe Konvencije (čl.3., st.3.). Isto vrijedi i za brodove koji viju zastavu države koja nije članica ove Konvencije. Naime, njene države članice će i prema njima imati iste zahtjeve kako se ne bi dogodilo da se ti brodovi nađu u povoljnijem položaju od onih koji plove pod zastavom države članice (čl.3., st.4.). Ovom se odredbom, također, postiže viši stupanj primjene same Konvencije, a samim tim i njena svrha s obzirom na to da se njome želi, što je moguće u većoj mjeri, spriječiti štetan utjecaj recikliranja brodova na ljude i okoliš.

Temeljem odredbi Konvencije o recikliranju, dakle, brodovi koji plove pod zastavom države članice Konvencije mogu biti reciklirani jedino u postrojenjima države članice Konvencije (pravilo 8. i 17. Aneksa). Ovakva odredba predstavlja izuzetno restriktivno

¹⁷ Pojam „brod“ u smislu odredbi ove Konvencije odnosi se na plovilo bilo kojeg tipa koje se iskorištava ili se iskorištavalo u morskome okruženju, a uključuje podmornice, plutajuće objekte, plutajuće platforme, samoodržive platforme, plutajuće skladišne jedinice (FSU) i plutajuća skladišta za proizvodnju i istovar (FPSO), kao i plovilo bez opreme ili koje se tegli (čl.2., st.7.).

¹⁸ Engl. *Ship Recycling Facilities*. Pod pojmom postrojenja za reciklažu brodova misli se na jasno definirano područje koje predstavlja mjesto, gradilište ili postrojenje korišteno za recikliranje brodova (čl.2., st.11.).

¹⁹ Prema službenim podacima 2005. godine u svijetu je bilo 47 258 trgovačkih brodova od 500 BT ili više. Vidi: **Nikos E. Mikelis**, *Developments and Issues on Recycling of Ships*, The East Asian Seas Congress, Haikou City, Hainan Province, PR China, 12-16/12/2006., www.imo.org

rješenje s obzirom na to da temeljem ove Konvencije ne mogu biti reciklirani brodovi država nečlanica, kao i to što na ovaj način reciklažna postrojenja država nečlanica neće imati dovoljno posla i vjerojatno neće opstati. Istovremeno, na ovaj se način indirektno daje „zeleno svijetlo“ postrojenjima na teritoriju država nečlanica da mogu poslovati, jer i brodovi država nečlanica moraju jednom negdje biti reciklirani, a da ne ispunjavaju visoke kriterije sigurnosti zadane Konvencijom, što sigurno nije bila namjera Konvencije niti ide u prilog rješenju cjelokupnog problema recikliranja brodova.

Prema odredbama ove Konvencije, njene države članice imaju pravo nadzora nad brodovima koji plove pod njihovim zastavama, kao i nad postrojenjima za reciklažu brodova koja djeluju pod njihovom jurisdikcijom, kako bi osigurale ispunjenje svih uvjeta propisanih Konvencijom (čl.4.). Također, pravilo 2. Aneksa Konvencije navodi da će se, ukoliko drugačije nije izričito propisano, nacrti, gradnja, pregledi, certifikacija i recikliranje brodova provesti u skladu s njegovim odredbama. Nužno je, naime, već prilikom izrade nacrti i gradnje imati u vidu štetne materijale koji se trebaju ugraditi u brod i njihovu uporabu umanjiti ili u cijelosti ukloniti. Ovo pravilo, dakle, indirektno obvezuje i same brodograditelje na ulaganje dužne pažnje pri izboru materijala koje će ugraditi u brod.

Nad brodovima koji plove pod zastavom države članice Konvencije, ili su tu zastavu ovlaštene viti, provodi se nadzor u vidu osnovnih, redovitih, izvanrednih i završnih pregleda, kako bi se utvrdilo ispunjavaju li brodovi zahtjeve predviđene Konvencijom. Preglede obavljaju, u skladu sa smjernicama IMO-a, Vladini dužnosnici ili inspektori ili organizacije koje je u tu svrhu Vlada posebno imenovala (pravilo 10. Aneksa). Ukoliko se pregledima utvrdi da brodovi, uistinu, zadovoljavaju uvjete iz Konvencije izdat će im se odgovarajuća svjedodžba.

Konvencija navodi dvije glavne svjedodžbe koje se takvom brodu mogu izdati, a to su **Međunarodna svjedodžba o popisu opasnih tvari** i **Međunarodna svjedodžba o spremnosti broda za recikliranje**. Pravilima iz Aneksa konvencije regulirano je trajanje i valjanost navedenih svjedodžbi. Propisano je, tako, da će obje svjedodžbe izdati Vlada države članice pod čijom zastavom brod plovi ili osoba ili organizacija koja je na to ovlaštena.²⁰ Vlada će propisati i rok valjanosti pojedine svjedodžbe, s tim da Međunarodna svjedodžba o popisu opasnih tvari ne može biti izdana na rok dulji od pet godina,²¹ a Svjedodžba kojom se potvrđuje spremnost broda na recikliranje ne može vrijediti dulje od 3 mjeseca (pravilo 14. Aneksa).²²

Osnovni pregled je obavezan pregled kojem podliježe postojeći brod prije početka korištenja ili prije izdavanja Međunarodne svjedodžbe o popisu opasnih tvari.²³ Ovim se

²⁰ Najčešće se radi o klasifikacijskom društvu. U Republici Hrvatskoj je za obavljanje navedenih poslova ovlašten Hrvatski registar brodova. Pogledati: **Zakon o Hrvatskom registru brodova, N.N., br. 81/96.**

²¹ Međunarodna svjedodžba o popisu opasnih tvari prestat će važiti ako (pravilo 14., st.1. Aneksa):

- a) stanje broda ne odgovara u dovoljnoj mjeri sa stanjem navedenim u svjedodžbi, uključujući i slučaj kada prvi dio Popisa opasnih tvari nije pravilno ažuriran;
- b) brod plovi pod zastavom druge države od one koja mu je svjedodžbu izdala;
- c) redoviti pregled nije obavljen u roku;
- d) ako svjedodžba nije pravilno ovjerena.

²² Međunarodna svjedodžba o spremnosti broda za recikliranje prestat će važiti ako stanje broda nije usklađeno sa stanjem navedenim u svjedodžbi, dok se valjanost ove svjedodžbe može, iznimno, produžiti od strane Vlade do dolaska broda u postrojenje za recikliranje (pravilo 14., st.5. Aneksa)

²³ Engl. *International Certificate on Inventory of Hazardous Materials*. Svjedodžbu izdaje Vlada države članice ili druga osoba ili organizacija koju je Vlada na to ovlastila. U svakom slučaju, Vlada preuzima potpunu odgovornost za izdane svjedodžbe. Međutim, na zahtjev Vlade države članice Konvencije pod čijom zastavom brod plovi, Vlada druge države članice može, također, izdati tom brodu valjanu svjedodžbu. Kopija svjedodžbe, kao i kopija izvješća provedenog pregleda, bit će, što je prije moguće, poslana Vladi koja je zahtjev podnijela (pravilo 12. Aneksa).

pregledom potvrđuje da je prvi dio²⁴ **Popisa opasnih tvari** (tzv. *Zelena putovnica*),²⁵ propisan pravilom 5. Aneksa, usklađen s odredbama Konvencije. Pravilo 5 propisuje da svaki novi brod mora imati Popis opasnih tvari ovjeren od strane Vlade države zastave broda.²⁶ Popis opasnih tvari bit će specifičan za svaki brod i sadržavat će popis opasnih materijala koji su sastavni dio brodske konstrukcije ili opreme, mjesto gdje se oni na brodu nalaze kao i njihovu količinu, ali i potvrditi da brod ispunjava uvjete iz Pravila 4 koje zabranjuje i/ili ograničava ugradnju ili uporabu opasnih materijala iz Priloga 1 u brodove koji su ovlašteni vijati zastavu države članice. Njihova ugradnja i uporaba, također, mora biti zabranjena i/ili ograničena na brodovima dok se nalaze u lukama, brodogradilištima, remontnim zavodima i offshore terminalima. Za razliku od novog broda, Aneksom Konvencije je propisano da je postojeći brod svaki brod koji nije novi te se navodi da će takvi brodovi morati ispunjavati prethodno navedene uvjete, u pogledu Popisa, unutar roka od 5 godina od stupanja na snagu Konvencije.²⁷

U odnosu na osnovni pregled, redoviti pregled je obvezni pregled kojem podliježe postojeći brod u vremenskim razmacima koje određuje Vlada države zastave broda, ali koji ne mogu biti dulji od 5 godina.²⁸ Nakon značajne promjene, zamijene ili većeg popravka konstrukcije, opreme, sustava, uređaja i materijala brodovlasnik može zatražiti potpuni ili djelomični izvanredni pregled.²⁹ Naposljetku, po isteku radnog vijeka broda, prije nego se brod povuče iz plovidbe i prije početka njegova recikliranja, poduzima se završni pregled.³⁰ Kako bi se otpočelo s pripremama za završni pregled, vlasnik broda je dužan obavijestiti državu zastave broda o namjeri recikliranja. Isto je dužno učiniti i postrojenje za recikliranje kada očekuju zaprimiti brod određen za reciklažu (pravilo 24. Aneksa).

²⁴ Prvi dio Popisa (engl. *Inventory of Hazardous Materials*) odnosi se na potencijalno štetne materijale sadržane u brodskoj konstrukciji i opremi. Pored prvog dijela, popis sadrži i dio drugi i treći koji se odnose na otpad stvoren tijekom iskorištavanja broda i na zalihe potrošenih materijala. Podatke o prvom dijelu daje i u popis unosi brodograditelj, dok podatke o drugom i trećem dijelu osigurava vlasnik broda prije nego se brod uputi na svoje posljednje putovanje ka rezalištu. Promjene vezane za bilo koji od navedena tri dijela moraju se evidentirati i uredno ažurirati.

²⁵ Tzv. Zelena putovnica predviđena je Smjernicama o recikliranju brodova iz 2003. godine. Radi se o dokumentu koji sadržava sve relevantne informacije vezano za materijale koji mogu potencijalno biti štetni ukoliko se koriste u konstrukciji broda, njegovoj opremi ili sustavu. Sadrži sve bitne podatke o brodu te popis štetnih materijala ugrađenih u brod, zajedno s podacima o mjestu gdje se oni na brodu nalaze i u kojoj količini. Sukcesivni vlasnici broda su dužni održavati točnost zelene putovnice i unijeti u nju sve relevantne promjene dizajna i opreme. Zadnji vlasnik je dužan putovnicu predati zajedno s brodom postrojenju za recikliranje. Ekvivalent Zelenoj putovnici prema Konvenciji o recikliranju jest Popis opasnih tvari, ali se i dalje, u praksi, češće rabi termin Zelena putovnica.

²⁶ Pod novim se brodom misli na svaki brod čija je gradnja ugovorna na dan ili nakon stupanja na snagu Konvencije ili kojem je, ukoliko ugovor o gradnji ne postroji, kobilica položena šest mjeseci od dana stupanja na snagu Konvencije ili nakon tog datuma, kao i na onaj brod čija je predaja obavljena 30 mjeseci nakon stupanja na snagu Konvencije ili nakon toga.

²⁷ Popis svih opasnih materijala nalazi se u Prilogu 1 i 2 ove Konvencije.

²⁸ Ovim se pregledom potvrđuje da je prvi dio Popisa opasnih tvari, propisan pravilom 5. Aneksa, usklađen s odredbama Konvencije.

²⁹ Njime se potvrđuje da su navedene promjene, zamjene ili veći popravci napravljeni u skladu s odredbama ove Konvencije, kao i da je Popis opasnih materijala pravilno ažuriran. Ipak, nije precizirano Konvencijom što će se točno smatrati *značajnom* promjenom, koja je, kao što je poznato, preduvjet izvanrednog pregleda.

³⁰ Završnim se pregledom utvrđuje da je Popis opasnih tvari u skladu s pravilima ove Konvencije, da Plan recikliranja broda sadrži sve potrebne informacije u pogledu ustrojavanja, održavanja i nadzora sigurnih uvjeta u prostoru predviđenom za pripremu za recikliranje i samo recikliranje, te da postrojenja za reciklažu brodova, u kojima će se brodovi reciklirati imaju valjane dozvole u skladu s ovom Konvencijom.

Nakon uspješno obavljenog osnovnog ili redovitog pregleda,³¹ brodu se izdaje Međunarodna svjedodžba o popisu opasnih tvari,³² dok će se brodu na kojem je obavljen izvanredni pregled svjedodžba biti ovjerena samo na zahtjev vlasnika broda.

Brod, na koji se odnose odredbe ove Konvencije, može biti podvrgnut inspekcijskom pregledu u bilo kojoj luci ili *offshore* terminalu druge države članice kako bi se utvrdilo ispunjava li sve uvjete propisane ovom Konvencijom. Pregledom se, prvenstveno, provjerava nalazi li se na brodu Međunarodna svjedodžba o popisu opasnih tvari (čl.8., st.1). Ukoliko na brodu nema navedene svjedodžbe, prihvat će se umjesto nje Međunarodna svjedodžba o spremnosti broda za recikliranje ako je ona važeća.³³ Nadalje, detaljni inspekcijski pregled će se provesti kada brod nema valjanu svjedodžbu ili se sumnja da (čl.8., st.2.):

- a) stanje broda ili njegove opreme ne zadovoljava uvjete iz navedene svjedodžbe i/ili 1.dijela Popisa opasnih tvari; ili
- b) na brodu ne postoji implementirana procedura vezano za održavanje 1. dijela Popisa opasnih tvari.

Da bi se započelo sa procesom recikliranja nekoliko preduvjeta mora biti ispunjeno. Brodovi koji će se reciklirati mogu biti reciklirani samo u postrojenju koje je za to ovlašteno u skladu s odredbama Konvencije i koje je ovlašteno obaviti sve radnje tijekom procesa recikliranja, a koje su predviđene **Planom recikliranja broda**.³⁴ Plan za recikliranje broda izrađuje postrojenje za recikliranje broda prije početka samog recikliranja. Sadrži sve detalje recikliranja broda, a pri njegovoj izradi uzet će se u obzir sve informacije koje je postrojenju dostavio brodovlasnik. Recikliranju mogu pristupiti samo brodovi kojima je, od strane Vlade države članice Konvencije čiju zastavu vije, ili od strane organizacije koju je spomenuta Vlada ovlastila, izdana svjedodžba da se radi o brodu spremnom za recikliranje. Pored navedenog, prije samog ulaska u postrojenje za recikliranje, brod mora udovoljiti još nekim zahtjevima. Prvenstveno, mora obaviti sve potrebne radnje kako bi ostatke tereta, pogonskog goriva i drugog otpada na brodu umanjio koliko je to moguće. Također, ako će se postupku recikliranja podvrgnuti tanker, on mora, već pri ulasku u postrojenje, biti osiguran za daljnje postupanje s njim.³⁵ Problemu recikliranja tankera obratila se posebna pozornost zbog njegovih posebnih karakteristika, kao i zbog činjenice da se sve veći broj brodova ove vrste

³¹ Redoviti pregled može se obaviti po isteku postojeće svjedodžbe ili prije isteka tog roka. Ukoliko se redoviti pregled obavi unutar tri mjeseca prije isteka važenja svjedodžbe, izdat će se nova svjedodžba koja će vrijediti od dana obavljanja redovitog pregleda do proteka roka od ne duljeg od 5 godina računajući od dana isteka važenja ranije svjedodžbe. Kada se, međutim, redoviti pregled obavi po isteku postojeće svjedodžbe, nova će svjedodžba vrijediti od dana redovitog pregleda do isteka roka ne duljeg od 5 godina računajući od dana isteka važenja ranije svjedodžbe. Ako se, pak, redoviti pregled obavi ranije od tri mjeseca prije isteka važenja postojeće svjedodžbe, nova će vrijediti od dana obavljenog redovitog pregleda do isteka roka ne duljeg od 5 godina računajući od dana tog pregleda. Ako se dogodi da brod, u vrijeme kada mu ističe svjedodžba, ne nalazi u luci u kojem će se obaviti redoviti pregled, Vlada može produžiti valjanost svjedodžbe do dolaska broda u tu luku, ali ne na rok dulji od tri mjeseca (pravilo 11. Aneksa).

³² Postojećem brodu, čiji se osnovni i završni pregled odvijaju istovremeno, neće se izdati navedena svjedodžba.

³³ Engl. *International Ready for Recycling Certificate*. Ovu Svjedodžbu izdaje Vlada ili osoba ili organizacija koju je Vlada na to ovlastila, nakon što je uspješno obavljen završni pregled. Svjedodžba se izdaje bilo kojem brodu na koji se primjenjuje pravilo 10. Aneksa Konvencije. Nakon što je brodu izdana ova svjedodžba, postrojenje će o planiranom početku recikliranja obavijestiti ovlaštena tijela svoje države (pravilo 24., st.3. Aneksa).

³⁴ Engl. *Ship Recycling Plan*. Plan će biti na jeziku koji odredi država članica nadležna za navedeno postrojenje, a ako se ne radi o engleskom, francuskom ili španjolskom jeziku, Plan će se se prevesti na jedan od njih (pravilo 9. Aneksa).

³⁵ Smatrat će se sigurnim za ulazak u postrojenje i za daljnje postupanje s njim ukoliko se brod nalazi u stanju koje zadovoljava uvjete regulirane propisima nacionalnog prava države članice, na čijem teritoriju postrojenje radi, da bi se navedenom brodu mogla izdati Svjedodžba kojom se navedeni uvjeti potvrđuju (engl. *Certification as Safe-for-entry/Safe-for-work*).

podvrgava postupku recikliranja. Naime, propisima IMO-a i EU-a,³⁶ svi tankeri jednostruke oplate moraju biti prepravljani ili zamijenjeni onima dvostruke oplate najkasnije do 2015. godine. Kako je tih brodova mnogo, a rok se bliži, postoji opravdana bojazan da će, ipak, veliki broj brodova završiti u rezalištima u zemljama 3. svijeta gdje nisu, ni približno, ispunjeni potrebni sigurnosni standardi. Na postavljene zahtjeve EU-a, Republika Hrvatska je odgovorila donošenjem **Zakon o postupnom isključenju iz plovidbe tankera bez dvostruke oplate** 2004. godine.³⁷ Zakonom se uređuje sustav postupnog isključenja iz plovidbe tankera bez dvostruke oplate i uvođenja u plovidbu tankera s dvostrukom oplatom ili drugim jednakovrijednim zahtjevima za gradnju sukladno zahtjevima MARPOL-a 73/78. i zabrana prijevoza teških frakcija ulja u luke ili iz luka Republike Hrvatske tankerima s jednostrukom oplatom.

Nakon što se recikliranje privede kraju, postrojenje koje je recikliranje i obavilo izdat će **Potvrdu o izvršenju** (engl. *Statement of Completion*) i o tome obavijestiti ovlašteno tijelo svoje države (pravilo 25). Potvrda treba biti izdana u roku od 14 dana od dana kada je recikliranje završeno. Ovlašteno tijelo će kopiju navedene potvrde poslati Vladi države koja je izdala Međunarodnu svjedodžbu o spremnosti broda za recikliranje.

U pogledu postrojenja za reciklažu brodova Konvencija, također, predviđa niz zahtjeva koje treba ispuniti da bi navedeno postrojenje poslovalo u skladu s njenim odredbama. Tako, prema članku 6. Konvencije, države članice se moraju pobrinuti da postrojenja za recikliranje brodova koja rade pod njihovom jurisdikcijom i koja recikliraju brodove na koje se ova Konvencija odnosi,³⁸ imaju dozvolu za obavljanje navedene djelatnosti izdanu u skladu s pravilima iz Aneksa ove Konvencije.³⁹ Države članice, ujedno, moraju stvoriti takav pravni okvir unutar nacionalnog zakonodavstva koji će osigurati da se nacrti, gradnja i rad postrojenja odvija na siguran i ekološki prihvatljiv način u skladu s odredbama Konvencije (pravilo 15., st.1. Aneksa). Nedostatak ove odredbe jest u njenoj nepreciznosti. Naime, iz nje nije sasvim jasno kako mora uistinu izgledati postrojenje za reciklažu brodova, a da, istovremeno, ispunjava kriterije Konvencije. Na ovaj način je dana mogućnost da različite države, pored minimuma koji je kao polazište predviđen Konvencijom, propišu različite kriterije kojima se treba udovoljiti. Time se otvara mogućnost da se, u različitim državama

³⁶ U navedene propise se, prije svega, ubrajaju izmjene i dopune Međunarodne konvencije o sprječavanju onečišćenja mora s brodova - **MARPOL-a 73/78 (N.N.-M.U., br. 1/92)** i Rezolucija Odbora za zaštitu okoliša (**MEPC**) 94/46 od 27. travnja 2001. godine sa izmjenama i dopunama. Što se tiče prava Europske unije, kao najvažnija, može se izdvojiti Uredba Europske Komisije br. 2172/2004 od 17. prosinca 2004. godine koja izmjenjuje Uredbu br. 417/2002 Europskog Parlamenta i Vijeća o ubrzanju zamjene tankera s jednostrukom oplatom onima sa dvostrukom oplatom (engl. *Commission Regulation (EC) No. 2172/2004 of 17 December 2004 amending Regulation (EC) No. 417/2002 of the European Parliament and of the Council on the accelerated phasing in of the double hull or equivalent design requirements for single hull oil tankers*). Vidi: *Official Journal of the European Communities Vol. 47/L 371, pp 26-27, 18 December 2004.* <http://europa.eu.int/eurllex/lex/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2004:371:0026:0027:EN:PDF>

³⁷ Tekst vidi: **N.N., br. 48/04**. Vidi: **Dragan Bolanča - Rajko Naprta**, *More naše plavo – Sigurnost plovidbe*, Zbirka isprava, Zagreb-Split, 2009., str. 200.-203., **Dorotea Ćorić – Sandra Debeljak-Rukavina**, *Međunarodni i nacionalni popisi iz područja pomorskog prava*, Pomorski glasnik, Zagreb, 2007., str. 19.

³⁸ Ovo se pravilo odnosi i na one brodove koji plove pod zastavom države koja nije članica Konvencije, u skladu s člankom 3. st. 4. Konvencije.

³⁹ Pravilo 16. Aneksa propisuje da će dozvolu za obavljanje djelatnosti recikliranja postrojenju dati državno tijelo države članice Konvencije, koje je za to posebno ovlašteno od strane države članice, te da će davanju dozvole prethoditi pregled svih relevantnih dokumenata te inspekcija postrojenja na licu mjesta. Ako postrojenje ne odobri obavljanje navedene inspekcije, dozvola za obavljanje djelatnosti recikliranja brodova bit će mu oduzeta privremeno ili trajno. Dozvola će vrijediti na vrijeme koje odredi država članica Konvencije, ali ne dulje od 5 godina. Država članica, također, mora utvrditi uvjete izdavanja dozvole, njenog oduzimanja, suspenzije (privremenog oduzimanja), izmjene i obnavljanja te mora te uvjete prosljediti postrojenju za recikliranje brodova. O svim relevantnim informacijama koje se tiču postrojenja, a na temelju kojih su im i izdane potrebne dozvole, bit će obaviještena i IMO i druge države članice Konvencije, ukoliko one to zatraže (čl.7. Konvencije).

članicama Konvencije, nalaze i rade postrojenja koja su po svojim standardima sigurnosti neusporediva.

U skladu s navedenim obvezama, postrojenja za recikliranje brodova ustrojiti će poseban sustav upravljanja, procedure i tehnike koji neće predstavljati rizik po zdravlje zaposlenika i drugih ljudi koji borave u blizini postrojenja minimalizirao, te koje će ujedno spriječiti, reducirati, minimalizirati i, koliko je to moguće, spriječiti štetne posljedice po okoliš (pravilo 17., st.1. Aneksa).

Posebno je regulirano pitanje rukovanja štetnim tvarima koje brodovi predviđeni za recikliranje posjeduju. Tako će postrojenje za recikliranje biti dužno osigurati uklanjanje takvih tvari na siguran i ekološki prihvatljiv način.⁴⁰ Otpad nastao tijekom recikliranja treba se držati odvojeno od materijala i opreme broda koje je moguće dalje reciklirati. On mora biti pravilno označen i čuvan u odgovarajućim uvjetima tako da ne predstavlja rizik radnicima, ljudskom zdravlju i okolišu (pravilo 20. Aneksa).

Cjelokupan rad postrojenja reguliran je **Planom postrojenja za recikliranje** koji obuhvaća (pravilo 18. Aneksa):⁴¹

- politiku zaštite radnika⁴² i ljudskog zdravlja i okoliša;
- sustav osiguranja implementacije zahtjeva propisanih ovom Konvencijom;
- definiranje uloga i odgovornosti radnika tijekom procesa recikliranja;
- program informiranja i obučavanja radnika za obavljanje recikliranja na siguran i ekološki prihvatljiv način;
- pripremu za izvanredna stanja i odgovarajući plan postupanja u takvim situacijama;⁴³
- sustav nadzora postupka recikliranja;
- službene spise o obavljenom recikliranju;
- sustav obavještanja o ispuštanju, emisiji, nezgodama i nesrećama koje izazovu štetu po radnike, ljudsko zdravlje i okoliš, ili je mogu izazvati; i
- sustav obavještanja o profesionalnim oboljenjima, nesrećama, ozljedama i drugim štetnim posljedicama po sigurnost radnika i ljudsko zdravlje.⁴⁴

⁴⁰ Osobe zadužene za recikliranje, kao i drugi uposlenici postrojenja, moraju biti upoznati sa zahtjevima propisanim Konvencijom, a koji se tiču njihovih zaduženja.

⁴¹ Plan donosi upravno tijelo postrojenja ili drugo odgovarajuće rukovodeće tijelo *kompanije za recikliranje*. Pod kompanijom za recikliranjem se misli na vlasnika postrojenja za recikliranje, ili bilo koju drugu organizaciju ili fizičku osobu koja je na sebe preuzela odgovornost za obavljanje recikliranja, te na taj način, ujedno, na sebe preuzela sva prava i obveze vlasnika postrojenja propisane Konvencijom (čl.2., t.12.). Pravilima je predviđeno ustrojavanje i provođenje posebne procedure kako bi se navedeni ciljevi, zadani ovim Planom, ostvarili (pravilo 19. Aneksa).

⁴² Postrojenje se brine o sigurnosti i zaštiti svojih radnika na način da im osigura uporabu zaštitne opreme i odjeće; redovitu obuku vezano za sigurno recikliranje. također, da bi radnik, uopće, otpočeo s radom na bilo kojoj operaciji tijekom recikliranja broda, postrojenje će se prethodno uvjeriti da je on pravilno obučeni i upoznat s poslovima koje će obavljati.

⁴³ Planom će se osigurati potrebna oprema i odvijanje svih radnji u slučaju opasnosti u skladu s planom. Vježbe za takve slučajeve moraju se redovito obavljati. Plan će, također, sadržavati sve potrebne informacije, internu komunikaciju i koordinaciju koja postoji zbog zaštite svih ljudi i okoliša u slučaju opasnosti u postrojenju. On uključuje i informiranje svih relevantnih državnih tijela i centara za hitna stanja, te osiguranje prve pomoći i medicinske skrbi, kao i protupožarnu zaštitu i evakuaciju svih ljudi u postrojenju, zaštitu od onečišćenja te osigurava sve relevantne informacije i obuku zaposlenih u postrojenju (pravilo 21. Aneksa).

⁴⁴ Postrojenja su dužna obavijestiti ovlaštena državna tijela o svakoj nesreći, nezgodi, profesionalnom oboljenju, kroničnim oboljenjima, njihovim uzrocima, o poduzetim mjerama za sprječavanje štetnih posljedica, posljedicama i poduzetim korektivnim mjerama (pravilo 23. Aneksa).

Postrojenja za recikliranje prihvat će samo one brodove koji se pridržavaju odredbi Konvencije i ispunjavaju uvjete njome propisane, te brodove koje su ovlaštene reciklirati i koji imaju potrebnu dokumentaciju za recikliranje u konkretnom postrojenju (pravilo 17., st.2. Aneksa). Navedeni uvjeti moraju biti kumulativno ispunjeni.

2.2. Povreda odredbi Konvencije

Kako bi i brodovi i postrojenja djelovali u skladu s odredbama ove Konvencije te kako bi ispunjavali sve uvjete njome propisane, države članice su dužne međusobno surađivati s ciljem otkrivanja eventualnih povreda odredbi Konvencije kao i utvrđivanja njene stvarne primjene (čl.9., st.1.). Odredbama ove Konvencije zabranjeno je kršenje bilo kojeg njenog zahtjeva, pa će isto počinjeno pod jurisdikcijom bilo koje od država članica biti sankcionirano u skladu s nacionalnim pravom odnosne države. Naime, država članica će, ukoliko je do kršenja došlo na njenom području, pokrenuti postupak protiv prekršitelja prema domaćim propisima ili prosljediti dokaze o kršenju državi članici pod čijom zastavom brod kršitelj plovi (čl.10., st.2.). Bitno je da su poduzete sankcije ekvivalentne počinjenoj povredi kako bi postigle učinak odvraćanja od ponovnog počinjenja (čl.10., st.3.). Kako, međutim, Konvencija još nije stupila na snagu ne postoje ni odgovarajući nacionalni propisi država članica na snazi. Stoga će se ipak morati pričekati određeno vrijeme prije nego bude moguće ocijeniti hoće li zapriječene kazne biti dovoljno visoke, a samim tim i učinkovite.

Kada postoji dovoljno dokaza da brod krši ili je kršio ili će kršiti bilo koju od odredbi Konvencije, država članica, koja o tome ima dokaze, može zatražiti istragu tog broda kada on pristane u luku ili *offshore* terminal druge države članice Konvencije.⁴⁵ Od navedene se razlikuje situacija kada je, tijekom inspekcijskog pregleda broda, utvrđeno njegovo kršenje odredbi Konvencije.⁴⁶ U tom slučaju, država članica, čije je tijelo provelo inspekcijski pregled, može upozoriti, zadržati, zatražiti isplavljanje ili zabraniti uplovljavanje tog broda u svoje luke.⁴⁷ Ukoliko, pak, postoji, dovoljno dokaza da postrojenje za recikliranje brodova krši ili je kršilo ili će kršiti odredbe Konvencije, država članica, koja o tome ima dokaze, zatražit će istragu navedenog postrojenja koju će provesti država članica pod čijom jurisdikcijom postrojenje radi.⁴⁸

⁴⁵ Izvješće o provedenoj istrazi šalje se državi članici koja je istragu i zatražila, Vladi države zastave broda u pitanju i IMO-u (čl.9., st.2.).

⁴⁶ Inspekcijski nadzor, kao ni provođenje istrage zbog sumnje u kršenje odredbi Konvencije, ne smije dovesti do kašnjenja broda ni do njegovog neosnovanog zadržavanja. Ukoliko, ipak, do toga dođe, brod će biti ovlašten tražiti naknadu za pretrpljenu štetu ili izmaklu dobit (čl. 11.).

⁴⁷ O poduzetim mjerama država članica Konvencije će obavijestiti Vladu države zastave broda i IMO (čl.9., st.3.). Čl.10., st.1., t.1. navodi da će bilo kakvo kršenje odredbi Konvencije biti zabranjeno domaćim propisima te da će u slučaju da se utvrdi njeno kršenje od strane broda, navedeni brod biti sankcioniran prema pravu države čiju zastavu taj brod vije. Isti članak obvezuje Vladu države zastave broda da o kršenju odredbi Konvencije provede vlastitu istragu te joj daje mogućnost da zatraži od države članice, koja je kršenje prijavila, dodatne dokaze o navodnom kršenju odredbi. Ukoliko postojeći dokazi jasno ukazuju na kršenje Konvencije, država članica će, što je prije moguće, pokrenuti postupak protiv broda prekršitelja u skladu sa pozitivnim nacionalnim pravom.

⁴⁸ Izvješće o provedenoj istrazi, kao i o mjerama koje su se u pogledu tog postrojenja poduzele ili će se poduzeti, dostavit će državi članici koja je istragu zatražila i IMO-u (čl.9., st.4.). Čl.10., st.1., t.2. navodi da će bilo kakvo kršenje odredbi Konvencije biti zabranjeno domaćim propisima te da će u slučaju da se utvrdi njeno kršenje od strane postrojenja za recikliranje brodova, navedeno postrojenje biti sankcionirano prema pravu države pod čijom jurisdikcijom postrojenje radi. Isti članak obvezuje Vladu države pod čijom se nadležnošću postrojenje nalazi, da o kršenju odredbi Konvencije provede vlastitu istragu te joj daje mogućnost da zatraži od države članice, koja je kršenje prijavila, dodatne dokaze o navodnom kršenju odredbi Konvencije. Ukoliko postojeći dokazi jasno ukazuju na kršenje Konvencije, država članica će, što je prije moguće, pokrenuti postupak protiv navedenog postrojenja u skladu sa pozitivnim nacionalnim pravom. O tome će obavijestiti državu članicu koja je kršenje i prijavila, kao i IMO. Također, ako u roku od godine dana od podnošenja prijave o kršenju odredbi

Bilo koji spor do kojeg među državama članicama dođe zbog interpretacije ili primjene Konvencije, riješit će se nagodbom ili nekim drugim mirnim sredstvom rješavanja sporova kojeg su izabrale.⁴⁹ Treba, također, posebno naglasiti da odredbe ove Konvencije neće, ni na koji način, utjecati na prava i obveze država članica prema Konvenciji UN o pravu mora iz 1982. godine, kao ni na ona prava i obveze koje imaju prema običajnom međunarodnom pravu mora i drugim relevantnim i važećim međunarodnim ugovorima (čl.15.).

3. ZAKLJUČAK

Recikliranje brodova, zbog svoje svrhe, spada u tzv. zelenu industriju. Naime, cilj recikliranja jest iskoristiti materijal dotrajalih brodova u drugu svrhu, kako bi se izbjeglo stvaranje otpada i pridonijelo načelu održivog razvoja. Međutim, iako je sama svrha recikliranja, u cijelosti, pozitivna, tijekom recikliranja brodova pojedine štetne radnje i opasni materijali ugrađeni u brodove mogu izazvati velike štete po ljudsko zdravlje i okoliš. Kako bi se navedene opasnosti u potpunosti izbjegle ili barem značajno umanjile nužno je da se recikliranje brodova odvija u skladu sa sigurnosnim standardima.

S ciljem sustavne i cjelovite pravne regulative ove problematike 2009. godine u Hong Kongu IMO je donio Međunarodnu konvenciju o sigurnom i ekološki prihvatljivom recikliranju brodova. Konvencija još nije stupila na snagu niti se očekuje da će stupiti prije 2015. godine. Svojim odredbama, ovaj međunarodni dokument, pokriva vrijeme od izgradnje broda sve do njegova recikliranja i postavlja niz zahtjeva brodovlasnicima i postrojenjima za reciklažu brodova. Tako će se brodovlasnici morati pobrinuti da njihovi brodovi imaju Popis opasnih materijala te isti pravovremeno ažurirati. Također, morat će zatražiti od države, pod čijom zastavom brod plovi, dozvolu za obavljanje završnog pregleda na temelju kojeg će se izdati odgovarajuća svjedodžba nakon čega se može započeti sa recikliranjem broda u postrojenju za reciklažu. Postrojenja, također, moraju ispunjavati niz zahtjeva propisanih Konvencijom. Prvenstveno, ona moraju imati dozvolu za rad, a takva će se izdati samo postrojenju čiji su nacrti, gradnja i rad usklađeni sa odredbama Konvencije. Kao jednu od važnijih zadaća postrojenja treba posebno spomenuti obvezu izrade Plana za recikliranje broda. Po završetku recikliranja broda, postrojenje za reciklažu je dužno izdati Potvrdu o izvršenju.

Brodovi predviđeni za recikliranje, koji plove pod zastavom države članice Konvencije mogu se reciklirati samo u postrojenjima koja su pod jurisdikcijom države članice Konvencije. Na ovaj se način želi stati na kraj industriji reciklaže rasprostranjenoj u azijskim zemljama gdje se navedena djelatnost odvija po znatno nižim standardima koji ne osiguravaju potrebnu zaštitu ni ljudima ni okolišu.

Na kraju se može zaključiti da Konvencija o sigurnom i ekološki prihvatljivom recikliranju brodova ima jasno postavljen cilj i visoko propisane standarde spram brodovlasnika i postrojenja. Međutim, trebat će pričekati da ista stupi na snagu kako bi se moglo objektivno ocijeniti koliko je, uistinu, uspješna. Naime, o stupnju implementacije

Konvencije od strane postrojenja za recikliranje brodova, država članica ne poduzme nikakve mjere po tom pitanju, o svojim će razlozima izvijestiti državu članicu Konvencije koja je prijavu podnijela te IMO.

⁴⁹ Države članice mogu, kao sredstvo mirnog rješavanja sporova izabrati istragu, posredovanje, mirenje, sudsku nagodbu ili pribjeći pomoći neke regionalne organizacije ili posebnom sporazumu. Opširnije o mirnom rješavanju sporova vidi: **Vesna Barić-Punda – Davorin Rudolf ml.**, *Rješavanje sporova u međunarodnom pravu mora*, Split, 2007., str. 20.- 24., **Vladimir Đuro Degan**, *Međunarodno pravo*, Rijeka 2006., str. 747. – 848., **Vesna Barić-Punda**, *Mirno rješavanje međunarodnih sporova s posebnim osvrtom na Konvenciju UN-a o pravu mora (1982)*, doktorska disertacija, Split, 1994.

Konvencije u pojedina nacionalna zakonodavstva ovisi hoće li ona, zapravo, zaživjeti i, na taj način, značajno pridonijeti rješavanju problema recikliranja brodova.

LITERATURA:

- [1] V. Barić-Punda, Mirno rješavanje međunarodnih sporova s posebnim osvrtom na Konvenciju UN-a o pravu mora (1982), doktorska disertacija, Split, 1994.
- [2] V. Barić-Punda – D. Rudolf ml., Rješavanje sporova u međunarodnom pravu mora, Split, 2007., str. 20.-24.,
- [3] D. Bolanča - R. Naprta, More naše plavo – Sigurnost plovidbe, Zbirka isprava, Zagreb-Split, 2009., str. 200.-203.,
- [4] D. Ćorić – S. Debeljak-Rukavina, Međunarodni i nacionalni popisi iz područja pomorskog prava, Pomorski glasnik, Zagreb, 2007., str. 19.
- [5] V. Đ. Degan, Međunarodno pravo, Rijeka 2006., str. 747. – 848.,
- [6] S. Dimakopoulos, The IMO's work on ship recycling, P:\www\Papers and Articles by IMO Staff\The IMO.doc
- [7] N. E. Mikelis, A statistical overview of ship recycling, International Symposium on Maritime Safety, Security & Environmental Protection, Athens, September 2007., www.imo.org
- [8] N. E. Mikelis, Developments and Issues on Recycling of Ships, The East Asian Seas Congress, Haikou City, Hainan Province, PR China, 12-16/12/2006., www.imo.org
- [9] B. Milošević-Pujo, N. Jurjević, I. Domijan-Arneri, Potrebe i posljedice uvođenja međunarodne standardizacije u problematiku reciklaže brodova, Naše more 54(5-6), Dubrovnik, 2007., str. 175.
- [10] I. Tijardović, Ilegalan prijevoz opasnog otpada, Vjesnik, Tribina, 13. studeni 2009.
- [11] Zakon o postupnom isključenju iz plovidbe tankera bez dvostruke oplata, N.N., br. 48/04
- [12] Zakon o Hrvatskom registru brodova, N.N., br. 81/96.
- [13] MARPOL-a 73/78 (N.N.-M.U., br. 1/92)
- [14] www.imo.org
- [15] www.ilo.org
- [16] Guidelines on Transitional Measures for Shipowners, www.marisec.org/recycling
- [17] <http://europa.eu.int/eurllex/>

(2.36)

mr. sc. Hrvoje Južnić, 3. MAJ Motori i dizalice d.d., Rijeka, Hrvatska
izv. prof. dr. sc. Duško Pavletić, Tehički fakultet, Sveučilište u Rijeci, Hrvatska
izv. prof. dr. sc. Mirko Soković, Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani, Slovenija

UNAPREĐIVANJE KVALITETE U PROIZVODNJI BRODSKIH SPOROHODNIH MOTORA

Sažetak

U radu se prikazuju rezultati istraživanja mogućnosti praktične implementacije procesa neprekidnog unapređivanja kvalitete u proizvodnji brodskih sporohodnih motora temeljenog na alatima osiguranja kvalitete. Pokazana je uporaba alata osiguranja kvalitete na procesu lijevanja i proizvodnje košuljice cilindra u tvornici "3. MAJ" Motori i dizalice d.d. Cilj provedenog istraživanja je pokazati nužnost primjene dostupnih alata osiguranja kvalitete u industrijskoj maloserijskoj proizvodnji. Dobiveni rezultati nalaze primjenu kako u promatranom tako i u drugim procesima u proizvodnji brodskih sporohodnih motora.

Ključne riječi: brodski motor, lijevanje, osiguranje kvalitete, unapređenje kvalitete

QUALITY IMPROVEMENT IN THE PRODUCTION OF MARINE LOW-SPEED ENGINES

Summary

In the paper are presented the results of research conducted to assess the possibility of practical implementation of continuous quality improvement tools in the production of marine low-speed engines. The paper demonstrates the use of quality assurance tools in the casting and production of engine cylinder sleeve within the factory "3 Maj" Engines & Cranes. The aim of the research was to demonstrate the necessity of application of the available quality assurance tools in low volume industrial production. The results obtained are used in the observed process as well as in other processes in the production of marine low-speed engines.

Key words: quality assurance, quality improvement, marine engine, casting

1. Uvod

Globalne promjene tržišta, nove tehnologije na svim područjima, novi proizvođači i dobavljači, sve veći zahtjevi kupaca i korisnika, novi zahtjevi i ograničenja na ciljanim tržištima uvjetuju novi stil upravljanja tvrtkama, gdje uprave i menadžment moraju pronaći isto tako brze odgovore i rješenja. Samo tvrtke koje kontinuirano poboljšavaju kvalitetu svojeg poslovanje imaju šanse sačuvati svoj status ili poboljšati poslovanje i tržišni položaj.

Alati osiguranja kvalitete predstavljaju značajno pomagalo kod praćenja, postizanja i unaprjeđivanja kvalitete proizvoda ili usluga. Danas na raspolaganju stoji veliki broj raznih alata osiguranja kvalitete, a o njihovoj primjeni treba odlučiti na bazi upotrebljivosti rezultata koje pružaju za svaki pojedini slučaj.

2. Alati osiguranja kvalitete

Zahtjev za kvalitetom star je gotovo kao i ljudska civilizacija i javlja se već u prvim oblicima materijalne razmjene. Tijekom povijesti ljudskog roda naponi su se sustavno ulagali u potvrđivanje kvalitete i to ne samo proizvoda i usluga, nego i proizvođača i isporučitelja. Može se slobodno reći da kontrola kvalitete ima dugu povijest. Osnovni način poboljšanja kvalitete je prepoznavanje kupca i njegovih potreba, te zatim prilagođavanje procesa kako bi se potpuno ispunilo postavljene zahtjeve. Postoje razne tehnike za obavljanje takvog posla. One uključuju timove koji analiziraju problem i implementiraju rješenja. Proizvod, koji mora zadovoljiti zahtjeve kupca, mora biti proizveden u sposobnom i stabilnom procesu, odnosno mora biti sposoban djelovati s malom varijacijom oko željene ili nominalne vrijednosti promatrane proizvodne karakteristike. Prema dr. Ishikawi¹, 95% problema koji se odnose na kvalitetu može se riješiti primjenom sedam osnovnih alata osiguranja kvalitete [1, 2, 3, 4]:

- obrazac za prikupljanje podataka,
- Pareto dijagram,
- dijagram toka/dijagram procesa,
- uzročno-posljedični dijagram,
- histogram,
- dijagram zavisnosti,
- kontrolne karte.

Dijagram toka/dijagram procesa je grafički alat koji prikazuje osnovne faze procesa s ulaznim i izlaznim parametrima, te mogućnošću poboljšanja. To je izuzetno koristan alat kod utvrđivanja međuzavisnosti pojedinih faza. Dijagram toka je hijerarhijski prikaz procesa koji može biti općenit i detaljan. Općeniti se koristi kako bi se otkrile kritične točke u procesu. Karakterizira ga prikazivanje linearnog toka od jednog do drugog proizvodnog koraka. Detaljni dijagram toka koristi se da bi se razjasnili detalji proizvodnog procesa.

Obrazac za prikupljanje podataka omogućuje korisniku da prikupi podatke iz procesa na brz, sistematski i organiziran način. Svrha prikupljanja podataka je kontrola proizvodnog procesa radi uvida u zavisnosti uzroka i posljedica ili stalno poboljšanje procesa.

Kontrolne karte su alat statističke kontrole procesa koje omogućuju nadzor i kontrolu varijacije procesa kao i razlikovanje normalnih i specijalnih uzroka varijacije. Predstavljaju grafički prikaz stabilnosti procesa tijekom vremena.

¹ Kaoru Ishikawa, 1915-1989, japanski sveučilišni profesor i priznati stručnjak u području upravljanja kvalitetom.

Histogram je grafički alat koji pokazuje raspodjelu frekvencija promatranih obilježja. Omogućuje da se preglednije vidi raspodjela prikupljenih podataka.

Pareto dijagram je grafički prikaz utjecajnih čimbenika procesa poredanih od najučestalijeg prema onom manje učestalom. Tako, primjerice, Pareto dijagram ilustrira učestalost tipova pogrešaka i služi za određivanje prioriteta kod provođenja daljnjih aktivnosti. Omogućuje da se aktivnosti poboljšanja usmjere na najučestalije uzroke problema kako bi se postigao maksimalni učinak. Polazi od činjenice da je 80% problema uzrokovano s 20% potencijalnih uzroka.

Uzročno-posljedični dijagram omogućuje otkrivanje međuzavisnosti između problema i potencijalnog uzroka. Razvijanjem ovakvog dijagrama moguće je odrediti koji parametar najviše utječe na promatrani problem kvalitete.

Dijagram zavisnosti je grafička analiza međuovisnosti dvije varijable. Svrha je otkrivanje moguće zavisnosti dvaju čimbenika, te se koristi za predviđanja budućih stanja.

3. Analiza procesa pomoću alata osiguranja kvalitete

U radu je praćena proizvodnja brodskih dvotaktnih sporohodnih motora. Motor je jednoradni, prekretni, dvotaktni brodski dizel motor za direktan pogon propelera. Kod primjene alata osiguranja kvalitete, kao komponenta od interesa za analizu i poboljšavanje procesa izrade iste, odabrana je košuljica cilindra. Košuljice cilindra lijevane su iz sivog ljeva iz jednog komada.

Prvi korak strategije poboljšanja procesa je razumijevanje procesa, odnosno svih faza njegovog odvijanja [5]. U tu svrhu najčešće se crtaju dijagrami toka procesa. Slijedeći korak je prikupljanje podataka o ključnim ulazima, izlazima i varijablama procesa, pri čemu se koriste listovi prikupljanja podataka. Na tom nivou kritično je odrediti razliku između stabilnog i nestabilnog procesa. Tu se primjenjuju kontrolne karte. U stabilnom procesu slijedeći korak je procjenjivanje sposobnosti procesa. To se obično radi pomoću histograma. Jednom kad se shvati stvarno ponašanje procesa u odnosu na željeno ponašanje, slijedeći logičan korak je identifikacija i analiza glavnih uzroka varijacije. Nakon toga, rješenja mogu biti očita ili proces treba dalje istražiti identificiranjem odnosa uzroka i posljedica. U tu svrhu koriste se uzročno-posljedični dijagrami i dijagrami zavisnosti.

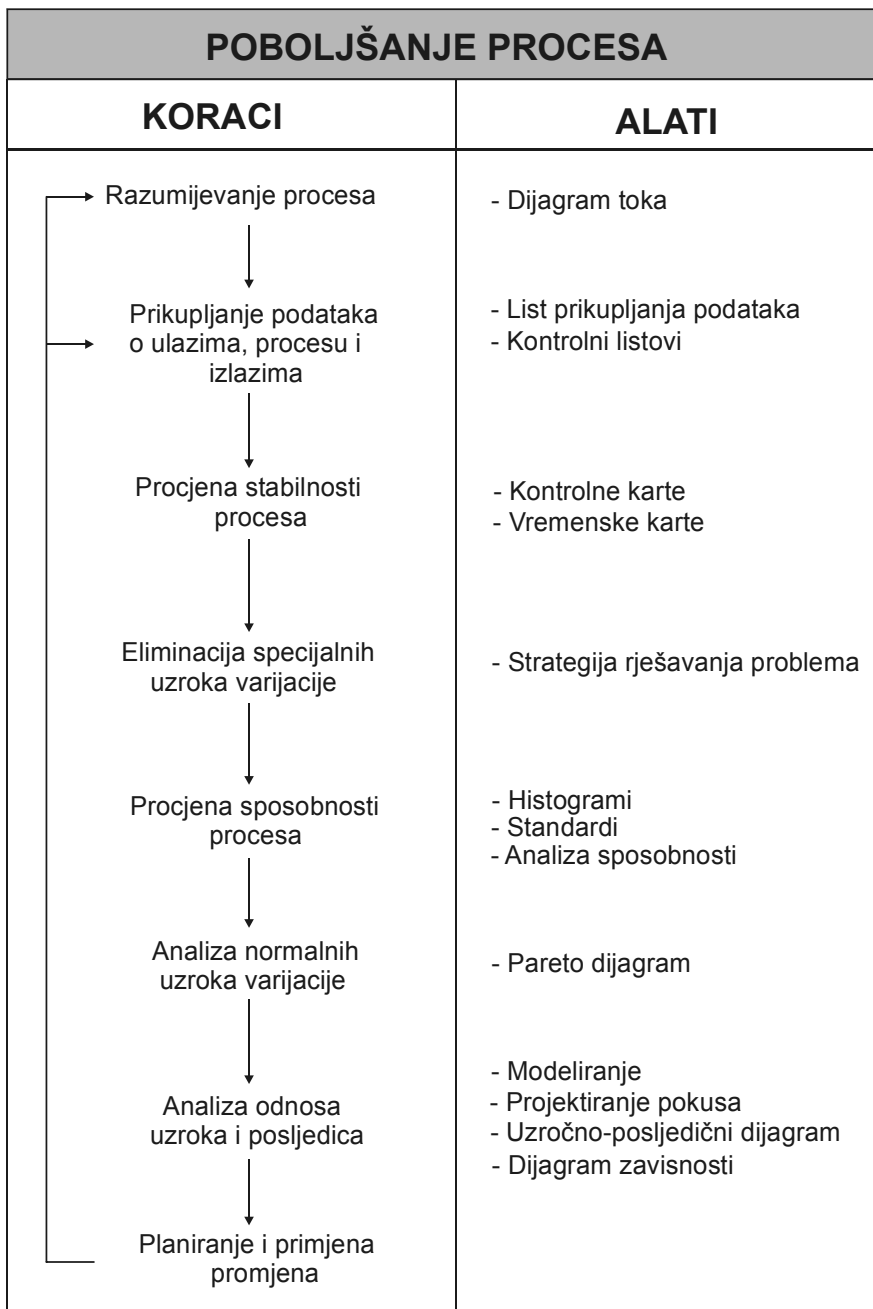
Kad je već primijenjena strategija poboljšanja procesa, mora se provjeriti i utjecaj provedenih promjena prikupljanjem dodatnih podataka. Kako bi se postigli željeni rezultati, možda će se kroz cijelu strategiju poboljšanja procesa morati proći i nekoliko puta.

Strategija poboljšanja procesa prikazana je na slici 1.

U procesu lijevanja košuljica cilindra, u tvornici "3.MAJ" Motori i dizalice, uzet je uzorak od 150 odlivenih košuljica cilindra raznih tipova motora, a prikupljeni podaci su analizirani putem alata osiguranja kvalitete.

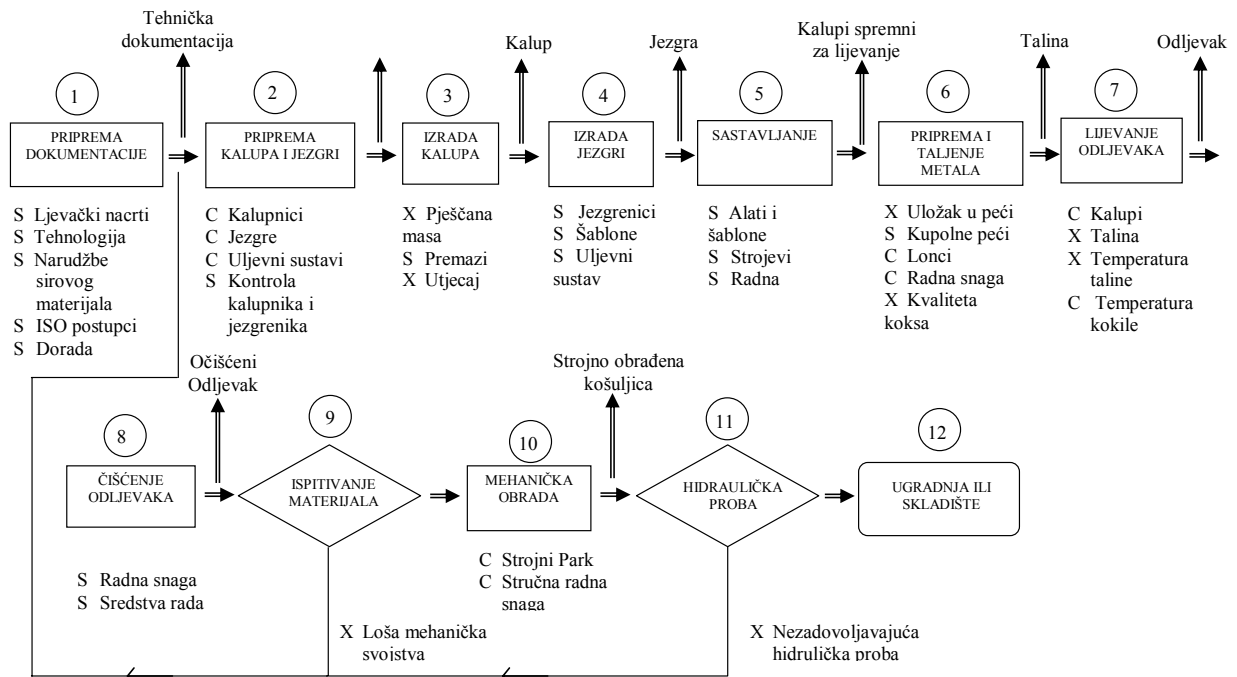
3.1. Dijagram toka

Za proces lijevanja košuljice načinjen je detaljniji dijagram toka procesa, sa svim varijablama procesa, ulazima, izlazima, te njihovim međuzavisnostima, slika 2. U ovom dijagramu prikazani su postupci u procesu lijevanja od izrade dokumentacije do ugradnje ili skladištenja gotove košuljice. Za svaki postupak prikazani su ulazi i izlazi.



Slika 1. Strategija poboljšanja procesa [6]

Fig. 1 Process improvement strategy [6]

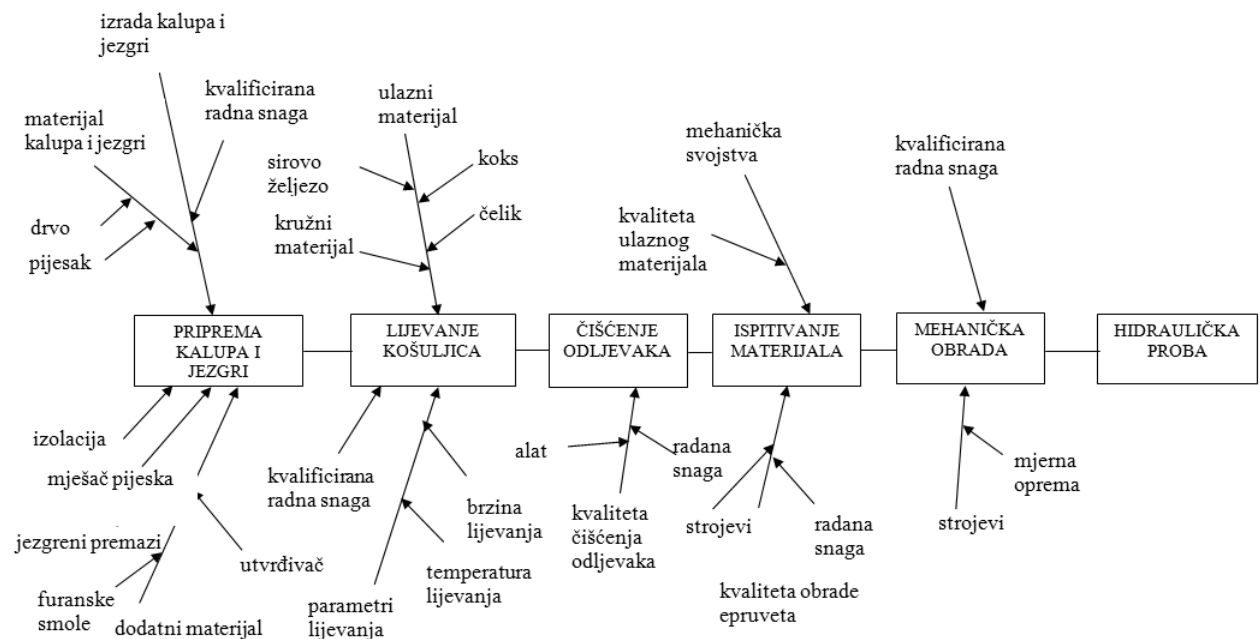


Slika 2. Detaljni dijagram toka procesa lijevanja košuljice [6]

Fig. 2 Detailed flowchart of cylinder liner casting process [6]

3.2. Uzročno-posljedični dijagram (Ishikawa dijagram)

Na uzročno-posljedičnom dijagramu prikazane su faze proizvodnje košuljice cilindra od pripreme kalupa i jezgri do hidrauličke probe koja, kao konačna operacija, potvrđuje prihvatljivost košuljice kao gotovog proizvoda, slika 3.

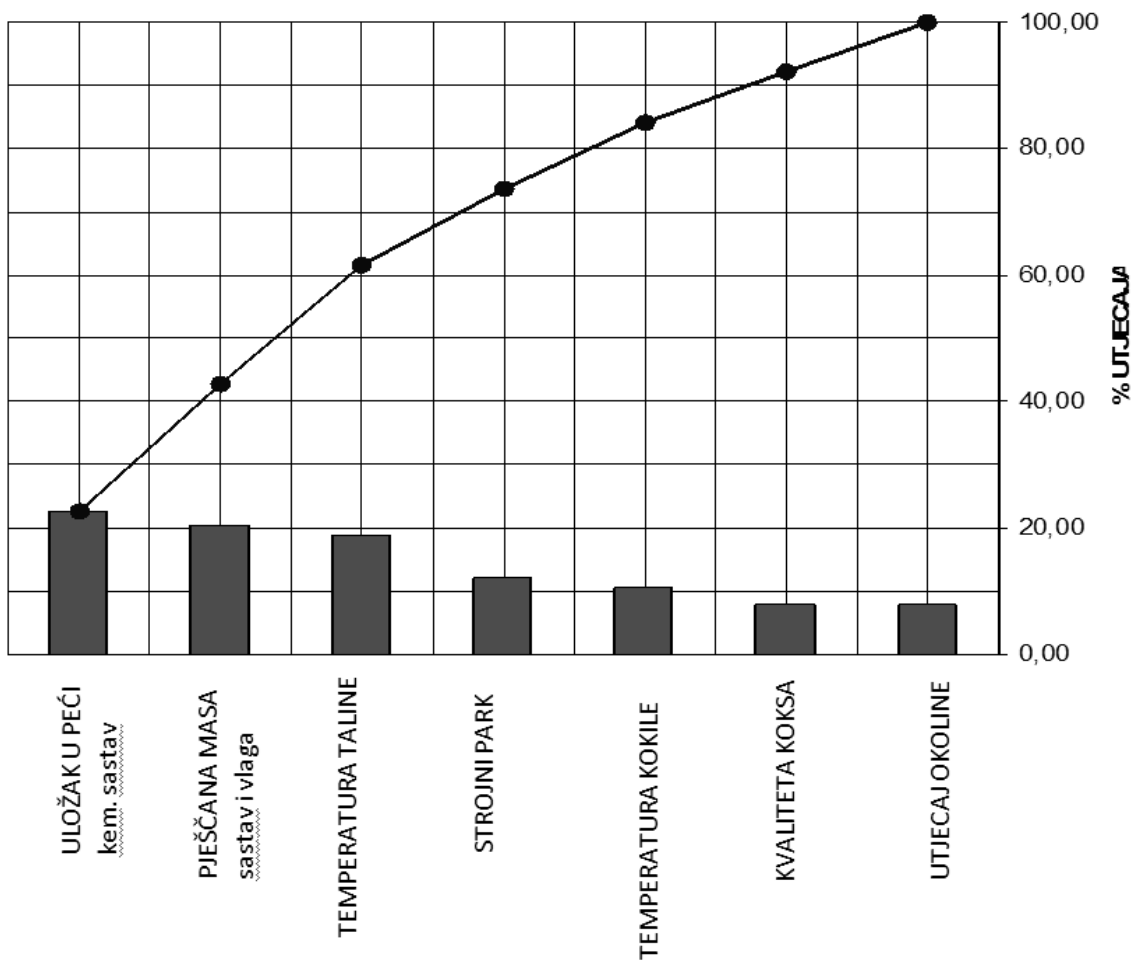


Slika 3. Uzročno-posljedični dijagram lijevanja košuljice [6]

Fig. 3 Cause-and-effect diagram of cylinder liner casting [6]

3.3. Pareto dijagram

Za utjecajne parametre načinjen je Pareto dijagram s prikazom kumulativnog učinka pojedinih parametara, slika 4.



Slika 4. Pareto dijagram za utjecajne parametre

Fig. 4 Pareto diagram for key input parameters

3.4. Obrazac za prikupljanje podataka

Obrazac za prikupljanje podataka korišten je za prikupljanje podataka dobivanih tijekom lijevanja i proizvodnje 150 košuljica cilindra u periodu od četiri godine. Na obrascu za prikupljanja podataka na slici 5 prikupljeni podaci razvrstani su s obzirom na uzrok škarta.

OBRAZAC ZA PRIKUPLJANJE PODATAKA		
Br. _____		
Proizvod: KOŠULJICA CILINDRA	Datum:	
Specifikacija br.	Odjel:	
Faza proizvodnje: Lijevanje	Kontrolor:	
Uk. broj ispitanih komada: 150		
Uzrok škarta	Pogreška	Zbroj
Mehanička svojstva	//////	10
Poroznosti u provrtu	////	7
Poroznosti u zoni I	//	2
Poroznosti u zoni II	//	2
Poroznosti u zoni IV	/	1
Poroznost izvana	/	1
Ostale ljevačke greške	////	4
Tvrdoća	/	1
Strojna obrada	/	1
Ukupno		29

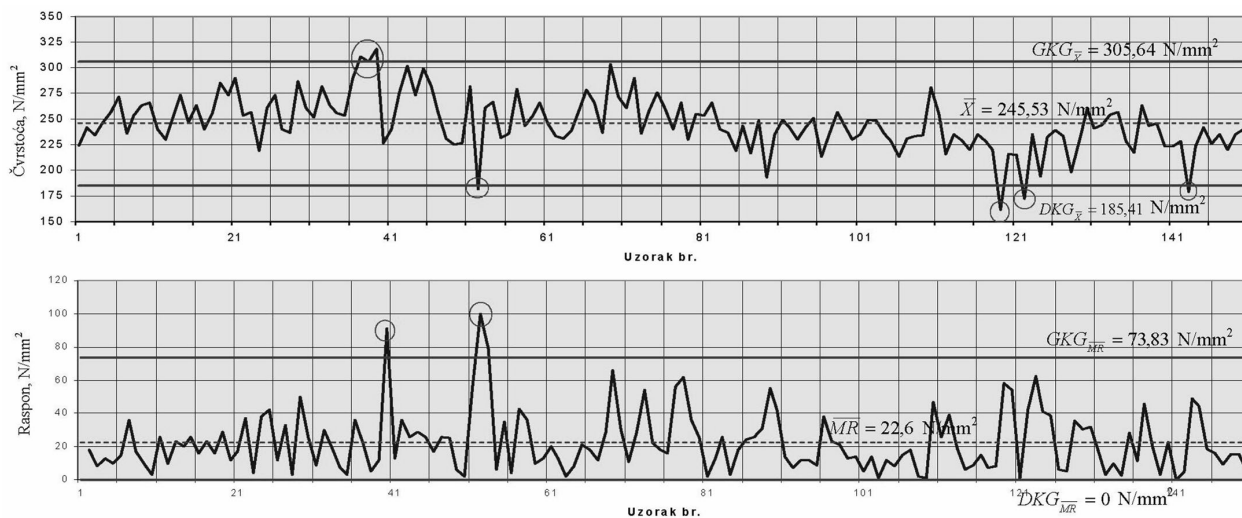
Slika 5. Obrazac za prikupljanje podataka prema uzroku škarta

Fig. 5 Check sheet with selection in accordance with scrap cause

3.5. Kontrolne karte

Promatrane su karakteristike košuljica cilindra koje imaju značajni utjecaj na kvalitetu, a koje su već identificirane primjenom uzročno-posljedične matrice. Uložak u peći direktno utječe na mehanička svojstva odljevka nakon skrućivanja, a temperatura taline i zagrijanost kokile utječu na brzinu skrućivanja i kristalizaciju, te konačno na tvrdoću košuljice cilindra. Načinjene su kontrolne karte za čvrstoću i izduženje kao mjerodavna mehanička svojstva košuljice od sivog ljeva, te kontrolne karte za temperaturu kokile i temperaturu taline. Iz kontrolne karte za čvrstoću na slici 6, koja se ovdje navodi kao primjer, vidljivo je da gotovo svi uzorci padaju unutar kontrolnih granica. Ima nekoliko uzoraka, a to su 37, 38 i 39 koji imaju povišenu čvrstoću i pokazuju vrijednosti iznad gornje kontrolne granice. Uzorci br. 52, 119, 122 i 143 pokazuju nedovoljne vrijednosti čvrstoće. Analizom utvrđenih podataka vidljivo je da košuljice s iznimno visokom čvrstoćom istovremeno pokazuju i veliko izduženje i visoku tvrdoću. Takve košuljice nisu nedovoljne kvalitete, ali predstavljaju problem u proizvodnji zbog otežane strojne obrade. Zato se s aspekta strojne obrade može reći

da povišene vrijednosti mehaničkih svojstava košuljica nisu poželjne i svakako treba težiti vrijednostima čvrstoće od 235 do 250 N/mm². S druge strane košuljice s niskim vrijednostima čvrstoće predstavljaju škart i ne mogu se upotrijebiti u procesu proizvodnje brodskih motora. Daljnja analiza kontrolnim kartama provedena je za izduženje, temperaturu kokile i temperaturu taline.

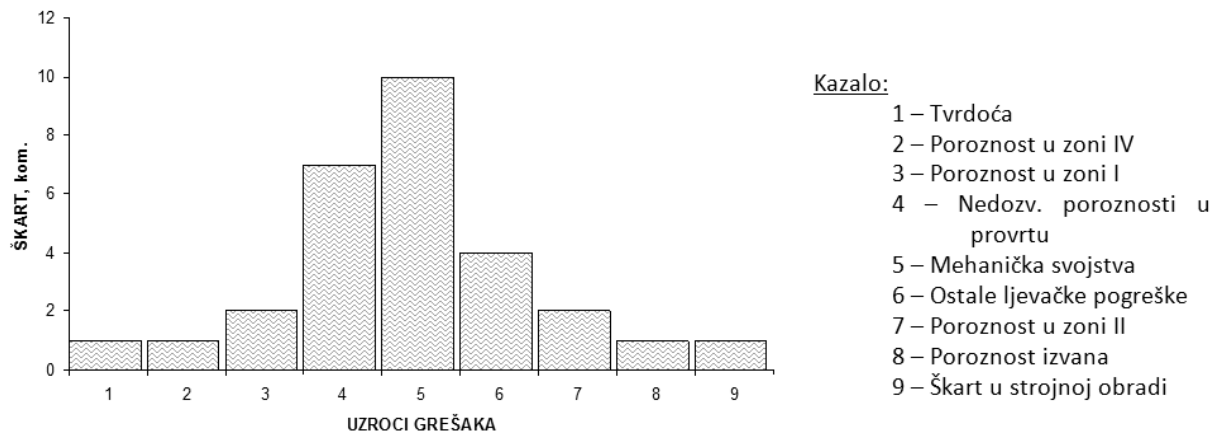


Slika 6. Kontrolna karta za čvrstoću

Fig. 6 Control chart for cylinder liner strength

3.6. Histogram

Histogramom su analizirani tipovi pogrešaka zbog kojih je nastao škart u procesu proizvodnje košuljica. Analizom škarta prema tipovima pogrešaka utvrđeno je da su najčešći uzrok neprihvatljivosti košuljica nezadovoljavajuća mehanička svojstva, u prvom redu čvrstoća i izduženje. Ostali uzroci su poremećaji u postupku ohlađivanja koji su rezultirali većim ili manjim poroznostima u osjetljivim zonama radnog dijela košuljice, a koje se nije moglo svrstati unutar propisanih specifikacija kvalitete, slika 7. Histogramom je, također, analizirana čvrstoća i izduženje košuljica.

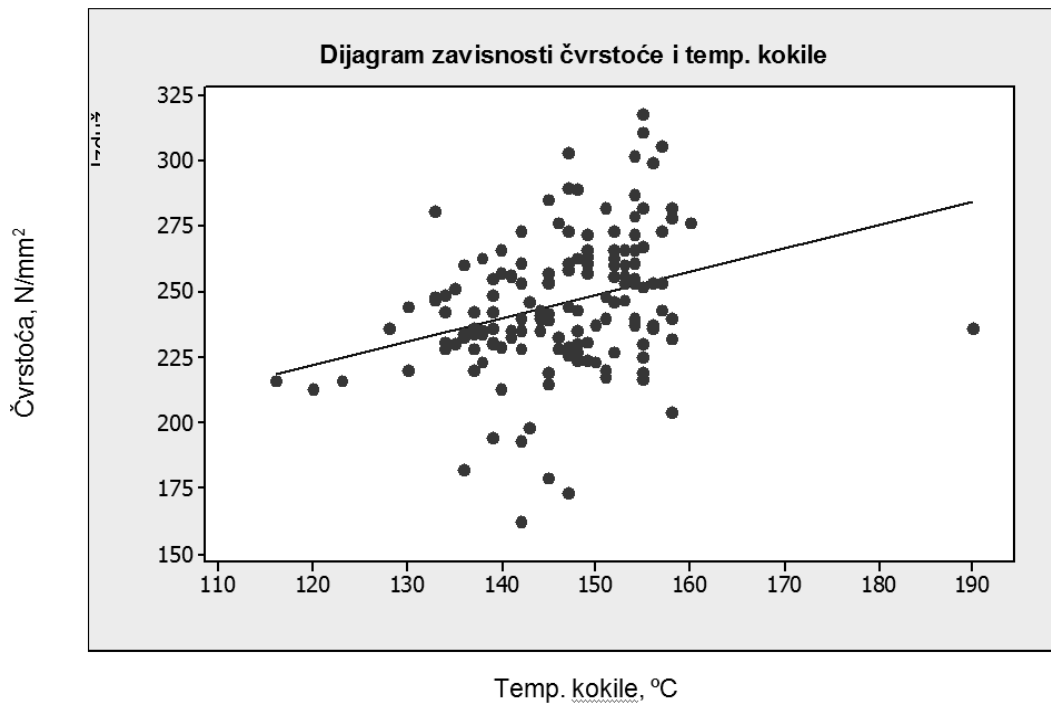


Slika 7. Analiza škarta prema tipovima grešaka

Fig. 7 Scrap analysis in accordance with types of nonconformities

3.7. Dijagram zavisnosti

Dijagramima zavisnosti ispitan je utjecaj postotka ugljika u lijevanom željezu na najvažnija mehanička svojstva košuljice i to čvrstoću i izduženje. Uočeno je da postoji vrlo slaba pozitivna korelacija između postotka ugljika i čvrstoće košuljice. Postoji slaba pozitivna korelacija između čvrstoće i temperature kokile, slika 8. Daljnjim utvrđivanjem zavisnosti zaključeno je da između izduženja i temperature kokile ne postoji korelacija, kao niti između izduženja i temperature kokile, te čvrstoće i temperature kokile.



Slika 8. Dijagram zavisnosti čvrstoće i temperature kokile

Fig. 8 Correlation diagram for casting mould temperature and strength of cylinder lining

4. Zaključak

Cilj ovog rada bio je istražiti primjenjivost alata osiguranja kvalitete u proizvodnji brodskih sporohodnih motora u tvrtci "3. MAJ" Motori i dizalice d.d., u svrhu analize procesa, podizanja razine kvalitete i smanjenja troškova, te pokazati nužnost primjene dostupnih alata osiguranja kvalitete u industrijskoj maloserijskoj proizvodnji. Statistički nadzor procesa je efikasna metoda nadzora procesa uporabom statističkih alata. Naglaskom na rano otkrivanje i prevenciju problema, statistički nadzor procesa ima značajne prednosti pred metodama kao što su kontrolne inspekcije koje se koncentriraju na otkrivanje i otklanjanje problema na gotovom proizvodu ili usluzi. U radu je općenito opisano sedam osnovnih alata osiguranja kvalitete, te je opisan proces lijevanja košuljice cilindra uz opis osnovnih dijelova motora i njihovu radnu funkciju. Proces lijevanja košuljice cilindra opisan je slijedom tehnoloških operacija počevši od pripremnih aktivnosti, samog postupka lijevanja do završnih aktivnosti kontrole i predaje gotovog odljevka u slijedeću fazu proizvodnje. Prikazan je primjern alata osiguranja kvalitete na procesu lijevanja košuljice cilindra, kratko su prokomentirani dobiveni rezultati, te je dat osvrt na pojedine faze proizvodnje košuljice cilindra i moguća poboljšanja. Iz analize dobivenih rezultata može se nedvojbeno zaključiti da postoji nužnost što skorijeg

uvođenja primjene alata osiguranja kvalitete u promatrani proces proizvodnje košuljica cilindra. Na temelju dobivenih rezultata i ponuđenih rješenja proces lijevanja košuljice cilindra trebalo bi modificirati i permanentno pratiti u svrhu verifikacije poboljšanja. Moguća su istraživanja i primjenjivosti i ostalih alata osiguranja kvalitete. Zaključno, može se reći da alati osiguranja kvalitete sigurno nalaze primjenu u poboljšanju proizvodnih procesa u proizvodnji brodskih sporohodnih motora, te da svojom univerzalnošću, sustavnošću i jednostavnošću osiguravaju značajni potencijal u postizanju većeg nivoa kvalitete, smanjenja troškova i povećanja konkurentnosti na današnjem zahtjevnom svjetskom tržištu.

LITERATURA

- [1] S.B. Vardeman, J.M. Jobe, Statistical Quality Assurance Methods for Engineers, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1999.
- [2] R. Basu, Implementing Quality: A Practical Guide to Tools and Techniques, Thompson Learning, Cornwall, 2004.
- [3] M. Lazić, Alati, metode i tehnike unapređenja kvaliteta, Univerzitet u Kragujevcu, Mašinski fakultet Kragujevac, Centar za kvalitet, Kragujevac, 2006.
- [4] N.R. Tague, The Quality Toolbox, 2nd ed., American Society of Quality, Quality Press, Milwaukee, 2005.
- [5] J. Banks, Principles of Quality Control, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1989.
- [6] H. Južnić, Alati osiguranja kvalitete u proizvodnji brodskih sporohodnih motora, Magistarski rad, Tehnički fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2009.

Mario Buršić Pula
Krešimir Vlašić, USCS, Pula
Dani Dundara, Brodogradilište Uljanik, Pula

PREDNOSTI UPOTREBE VLASTITOG PAKETA PROGRAMA ZA BRODOGRAĐEVNE PRORAČUNE

Sažetak

Izvedba brodograđevnih proračuna istim paketom programa koje koristi i klasifikacijska ustanova za odobravanje istih ne osigurava otkrivanje mogućih pogrešaka. Potvrda rezultata pomoću potpuno dva neovisna proračunska paketa programa daje potvrdu da je proračun izveden bez pogreške. Ovaj rad prikazuje praktičnu primjenu ove tvrdnje na primjeru serije od sedam višenamjenskih brodova za prijevoz RO-RO tereta, kontejnera i automobila. Postignuta je ušteda od 56 komada daljinski upravljivih hidrauličkih vodonepropusnih kliznih vrata dimenzija 2000×1400 mm kako za brodogradilište tako i za brodovlasnika jer su se vrata nalazila unutar prostora za teret te je postojala mogućnost da se oštete prilikom ukrcaja tereta.

Ključne riječi: Vlastiti paket programa za brodograđevne proračune

ADVANTAGES OF IN-HOUSE NAVAL CALCULATION PROGRAM PACKAGE

Summary

If the naval calculations in the shipyard are carried out with the same program package as used by Classification society approval procedure, effective detection of possible errors inside approved documents will not be achieved. The comparison of results obtained by two independent program packages will show if the calculations are carried out correctly. This paper shows actual events on a series of seven multipurpose RO-RO/container/car-carrier vessels recently built and still under construction. Savings of 56 pcs of remote controlled, hydraulically operated sliding doors dimension 2000×1400 mm is an advantage for shipyard but also for ship-owner as the doors were arranged inside cargo area and might be damaged during cargo operations.

Key words: In-house naval calculations program package

1. Uvod

Iz prakse u brodogradilištu Uljanik proizlazi : potkrade li se greška u ulaznim datotekama za izvođenje brodograđevnih proračuna, ista se ne otkriva ukoliko se ta datoteka proslijedi na odobrenje Klasifikacijskoj ustanovi koja koristi isti paket programa..

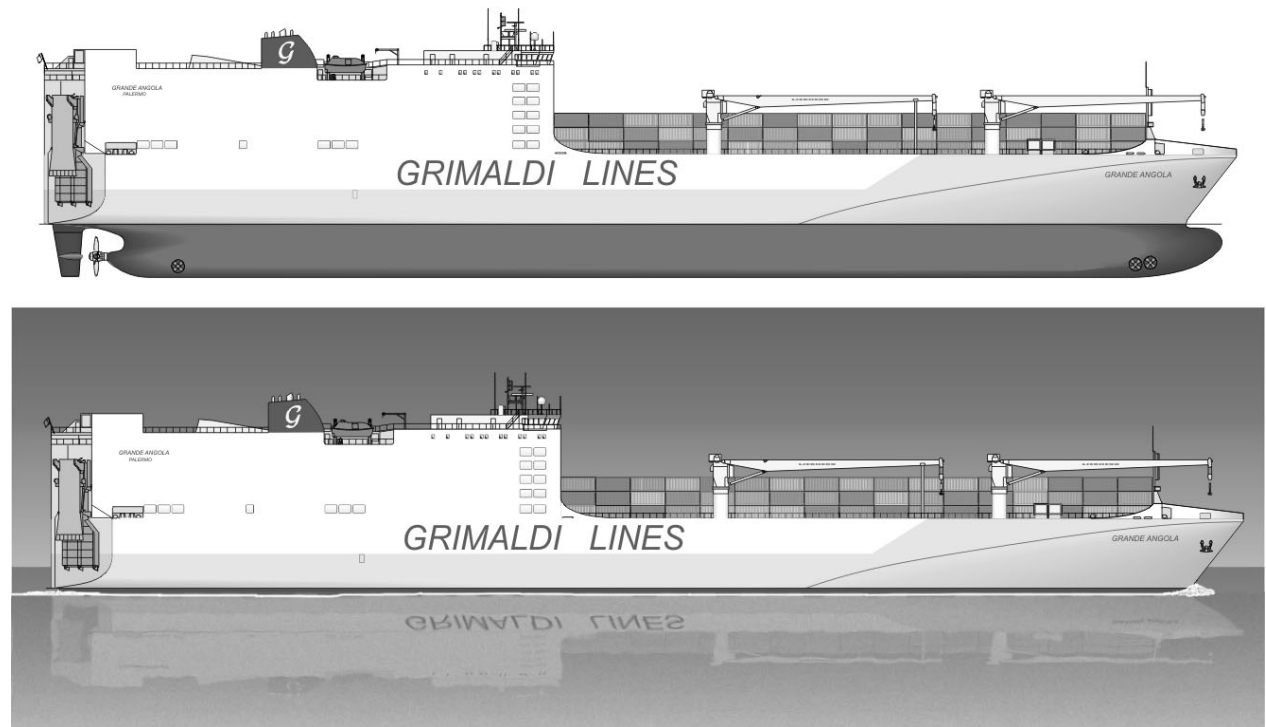
U brodogradilištu ULJANIK se brodograđevni proračuni izvode koristeći vlastiti paket programa (SEAKING) te se dokumentacija šalje na odobrenje u Klasifikacijsku ustanovu gdje se proračuni provjeravaju drugim programskim paketima (VeriSTAR, NAPA).

U ovom će radu biti prikazan primjer višenamjenskog broda za prijevoz kontejnera, automobila, prikolica i drugog tereta na kotačima.

2. Glavne značajke broda

Duljina preko svega	210,92 m
Duljina između okomica	196,8 m
Širina	32,26 m
Visina	34,61 m
Visina do 6. palube	21,53 m
Gaz	9,75 m
Nosivost	26400 t
Brzina	21,9 čv

RO / RO - CAR TRUCK CARRIER



Slika 1. Gradnja 474

Fig. 1 Yard 474

3. Osnivanje broda

ULJANIK Brodogradilište potpisuje krajem 2004. godine ugovor o gradnji tri višenamjenska broda (slika:1) za prijevoz kontejnera, automobila i drugog tereta na kotačima po važećim propisima za proračun pregrađivanja metodom vjerojatnosti. U toku gradnje broda u fazi izrade klasifikacijskih nacrti na zahtjev vlasnika brodovi su trebali zadovoljavati nove propise za proračun pregrađivanja metodom vjerojatnosti prema zahtjevima MSC 80/24.

Zahtjevu je trebalo udovoljiti sa što moguće manje zahvata na trupu te su pored dodavanja suhih prostora iznad palube nadvođa predviđena 8 komada daljinski upravljivih hidrauličkih vodonepropusnih kliznih vrata dimenzija 2000x1400 mm na ventilacijskim otvorima donjeg skladišta.

Kasnije su ugovorena za još dva + 2 broda dakle ukupno sedam brodova.

Preliminarni proračun pregrađivanja prema zahtjevima MSC 80/24 (kasnije SOLAS 2009) odobren je bez primjedbi.

Povoljnim razmještajem unutrašnjih rampi i kontejnera uspjeli smo u 1/3 dužine broda ugraditi dva niza upora. Nadalje ugradnjom duple palube čvrstoće sa lepezama na završecima poprečnjaka palube u području najvećih momenata savijanja uz bok broda postignuta je ušteda od 850 t čelika uz znatno niži položaj težišta po visini.

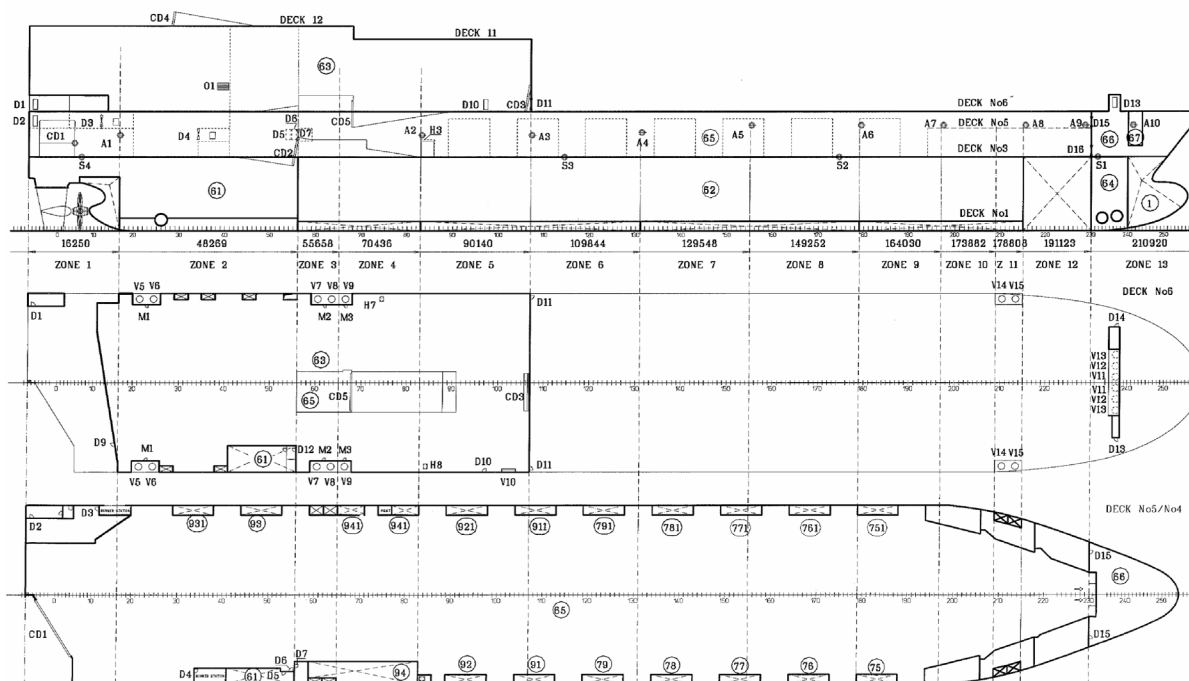
Ponovljeni proračun slučajeva krcanja je rezultirao povećanom metacentarskom visinom.

4. Proračun pregrađivanja metodom vjerojatnosti prema zahtjevima SOLAS 2009

Proračun pregrađivanja prema zahtjevima SOLAS 2009 programskim paketom SEAKING - sa povećanom metacentarskom visinom za najviši gaz broda sa 1.10 m na 1.25 m s dvije dodatne zone u području ventilacijskih kanala donje garaže (slika:2) bez daljinski upravljivih hidrauličkih vodonepropusnih kliznih vrata postignut je dovoljan indeks pregrađivanja.

SEAKING-PROGRAM		LEVEL		13-019						
		SUMMATION OF THE RESULT					SB			
DRAFT	1.COMP	2.COMP	3.COMP	4.COMP	5.COMP	SUMM	Fac	Ai		
9.750	: 0.2635	0.1821	0.0223	0.0084	0.0018	= 0.4781 (> req/2) * 0.4 = 0.1912				
8.490	: 0.3617	0.2652	0.0423	0.0129	0.0042	= 0.6863 (> req/2) * 0.4 = 0.2745				
6.600	: 0.4203	0.3452	0.0791	0.0222	0.0062	= 0.8730 (> req/2) * 0.2 = 0.1746				
=====										
ATTAINED SUBDIVISION INDEX								0.6403		
		SUMMATION OF THE RESULT					PS			
DRAFT	1.COMP	2.COMP	3.COMP	4.COMP	5.COMP	SUMM	Fac	Ai		
9.750	: 0.3047	0.1872	0.0234	0.0086	0.0018	= 0.5256 (> req/2) * 0.4 = 0.2102				
8.490	: 0.3596	0.2663	0.0472	0.0129	0.0042	= 0.6902 (> req/2) * 0.4 = 0.2761				
6.600	: 0.4203	0.3462	0.0739	0.0289	0.0062	= 0.8755 (> req/2) * 0.2 = 0.1751				
=====										
ATTAINED SUBDIVISION INDEX								0.6614		
REQUIRED SUBDIVISION INDEX								0.6473		

TOTAL DIFFERENCE								+0.0071		



Slika 2. Gradnja 474 PNP

Fig. 2 Yard 472 WIP

Proračun je poslan na konačno odobrenje. Provjera je izvršena programskim paketom NAPA. Postignuti indeks pregrađivanja po lijevom boku je bio isti dok je po desnom boku nedostajalo gotovo pet stotinki.

PORTSIDE	

SUBTOTAL DL	0.17422
SUBTOTAL DP	0.27606
SUBTOTAL DS	0.21123

TOTAL PS	0.66151

STARBOARD	

SUBTOTAL DL	0.17401
SUBTOTAL DP	0.24512
SUBTOTAL DS	0.14342

TOTAL SB	0.56255

ATTAINED SUBDIVISION INDEX	0.61203

REQUIRED	0.64731

Posjetili smo Registar i ustanovili sljedeće:

Prednji limit Zone2 (strojarnica) bio je postavljen točno na Rebro56 (poprečna pregrada) dok je u modelu opisan reces za vodonepropusna vrata od 450 mm prema krmu tako da se pri naplavlivanju Zone2 naplavljivala i Donja garaža volumena 32700 m³ što je davalo $s = 0$.

Pomicanjem prednjeg limita Zone2 450 mm prema krmu riješen je problem i dobiven je indeks pregrađivanja za 6 tisućinki manji od našeg no tisućinku veći od zahtijevanog .

Razlog tome je što smo mi uzeli u obzir volumen strukture krmene rampe.

5. Za i protiv

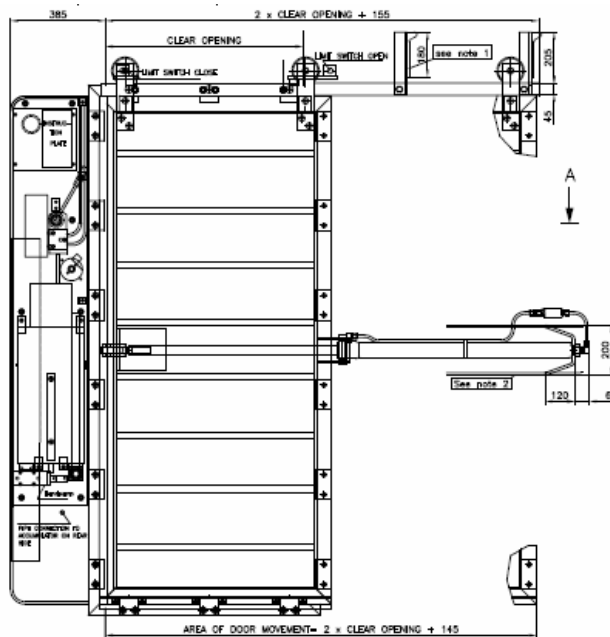
+ Daljinski upravljiva hidraulička vodonepropusna klizna vrata (slika:4) trebala su zatvarati ventilacijske otvore na uzdužnoj pregradi u području donje garaže gdje ih mogu oštetiti teška vozila pri ukrcaju i istovaru (slika:3).



Slika 3. GR474Tug-master sudar

Fig. 3 Yard 474 Tug-master colision

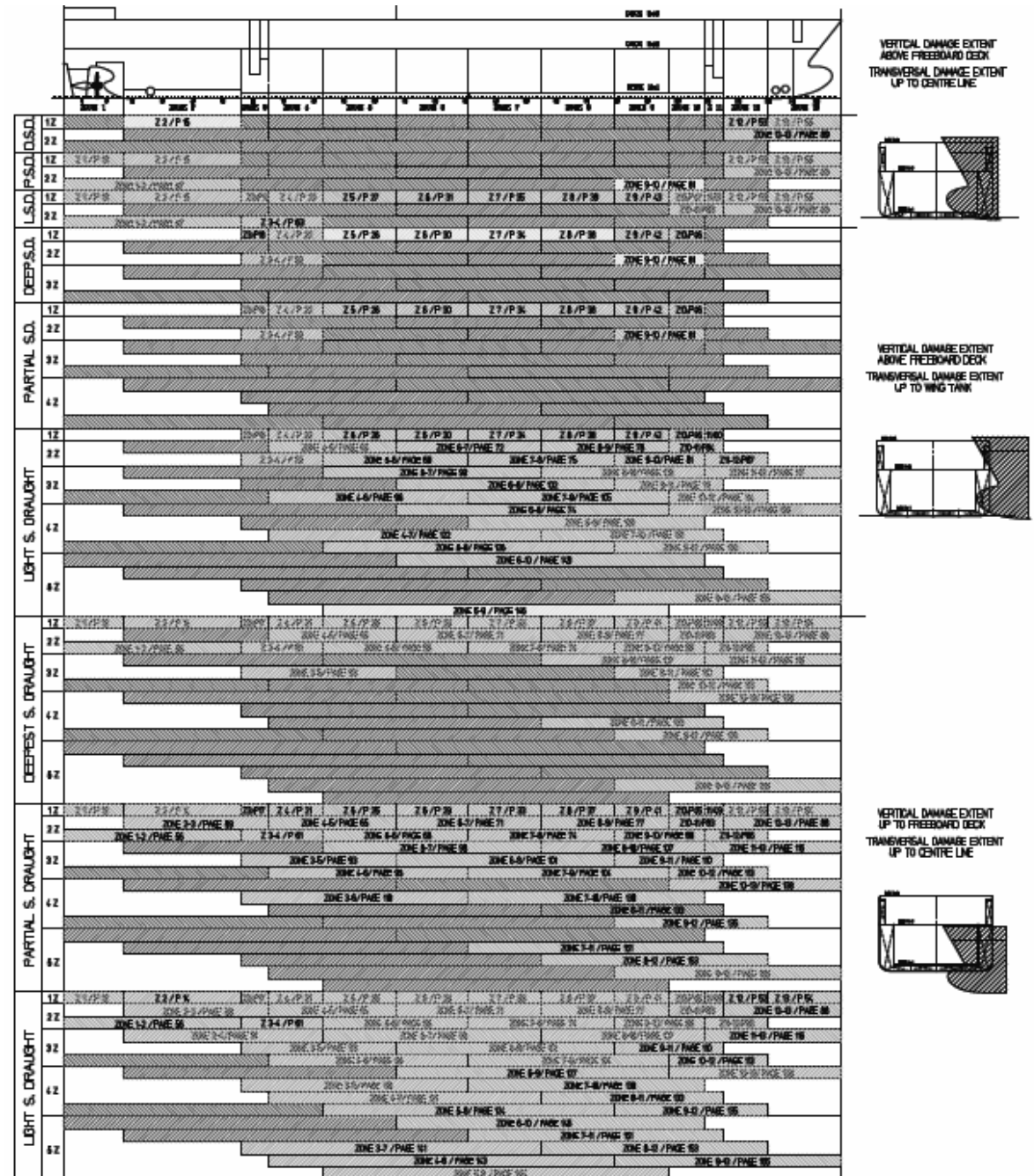
+ Nabavna cijena je 21000 eura/komadu + 160 ES/komadu za montažu, potezanje kabela do komandnog mosta, ispitivanje i predaju.



Slika 4. Vodonepropusna vrata

Fig. 4 Watertight door

- + Povećana metacentarska visina daje manje kutove nagiba pri rukovanju teretom.
- U slučaju sudara baš u tom uskom pojasu donja garaža će se naplaviti no brod neće potonuti ukoliko je oštećenje ispod palube nadvođa (slika:5).



Slika 5. GR474 Plan oštećenja
Fig. 5 Yard 474 Damage Control Plan

6. Zaključak

Točnost brodograđevnih proračuna moguće je potvrditi jedino ukoliko se rezultati proračuna provjere sa dva odvojena paketa programa. Na taj se način mogu otkriti i

eventualne nepravilnosti programa (osobito onih koji slučajeve oštećenja određuju automatski) Kod tih se programskih paketa doduše dobije nešto na vremenu no provjera rezultata je dugotrajna i nema se uvid što učiniti da se problem riješi.

LITERATURA

- [1] MSC 80/24 IMO Marine Safety Committee 80th session June 2005.
- [2] TRIDENT Sustav , korisnička dokumentacija, USCS, Pula, 2010.
- [3] NAPA Oy, NAPA Manuals 2009.1
- [4] RINA RULES FOR CLASSIFICATION OF SHIPS, NEWBUILDINGS, Part B, Hull and Stability, 2008.

Tamara Krajna, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb
Kalman Žiha, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb

ZNANSTVENO I STRUČNO IZDAVAŠTVO U HRVATSKOJ BRODOGRADNJI

Sažetak

Ovaj rad na početku daje pregled relevantnih tehničkih časopisa iz područja inženjerstva koji su od interesa za objavljivanje rezultata istraživača iz tehničkih područja. Nadalje, razjašnjava se pojam "faktor utjecaja" (impact factor) te daje prikaz raspona faktora utjecaja s posebnim osvrtom na inženjerske časopise. Potom se za primjer statistički obrađuje izdavačka djelatnost hrvatskih istraživača iz područja tehnike. Statistički podaci za ovaj članak su dobiveni pretraživanjem relevantnih baza podataka u inženjerstvu. Za primjer je pripremljen općeniti prikaz znanstveno stručnog izdavaštva istraživača iz područja brodogradnje na osnovi Hrvatske znanstvene bibliografije (CROSBİ). Iza toga je analizirana međunarodno vidljiva izdavačka aktivnost hrvatskih istraživača na osnovi važnih svjetskih bibliografskih/citatnih baza Web of Science (WoS) i Scopus. U zaključku se daju preporuke za utvrđivanje kriterija za vrjednovanje znanstvene djelatnosti istraživača na osnovi njihovih objavljenih radova u tehničkom znanstvenom području brodogradnje.

Ključne riječi: brodogradnja, bibliometrija, bibliografske baze podataka, znanstvena komunikacija

SCIENTIFIC AND PROFESSIONAL PUBLISHING IN CROATIAN SHIPBUILDING

Summary

This paper at the beginning provides the overview of relevant technical journals in engineering of interest for publications of researchers in the field of shipbuilding and related topics. Next it clarifies the term "impact factor" and brings the ranges of these factors for considered engineering journals. Furthermore the study provides statistics of scientific publications of Croatian researchers in the field of shipbuilding. The statistics are accomplished by searching in the most relevant bibliographic data bases in engineering. Firstly, a general overview of scientific and professional publishing of Croatian shipbuilding researchers is summarized from the Croatian Bibliographic Data Base (CROSBİ). Secondly, the international activity in publishing of Croatian shipbuilding researchers are analyzed through their publications in two bibliographic (citation) data bases Web of Science (WoS) and Scopus. The conclusion discusses the criteria for evaluation of scientific and professional publishing in the engineering fields of shipbuilding.

Key words: shipbuilding, bibliometrics, bibliographic databases, scientific communication

1. Uvod

Brojne su nedoumice istraživača u inženjerskim područjima vezane za vrjednovanje njihovog znanstvenog, istraživačkog i stručnog doprinosa. Njihove su aktivnosti po prirodi njihovih zvanja usmjerene na stvaranje tvornih i zamisaonih tehničkih djela kojima podupiru razvoj cjelokupnog gospodarstva u cilju pospješivanja ukupnog blagostanja zajednica u kojima djeluju. Na tom se putu razvoja nailazi na nove probleme koji traže nova inženjerska rješenja uz podršku znanosti dajući time i znanosti i specifični tehnički doprinos.

U ovom će se prikazu ispitati kako suvremeni globalni sustavi vrjednuju inženjerske doprinose razvoju znanosti kroz specifične doprinose i priloge priznatim znanstvenim časopisima.

2. Znanstveni časopisi

Razmjena rezultata znanstvenih istraživanja se za široki krug istraživača provodi preko znanstvenih časopisa. Prema bibliografskoj bazi Ulrich u svijetu ima oko 151 tisuća aktivnih periodičkih publikacija no samo ih je oko šezdeset tisuća u kategoriji znanstveno-stručnih časopisa¹ [4].

Od svih tehničkih časopisa samo se manji dio može neposredno povezati za brodogradnju a nešto veći za šire tehničko područje od manjeg ili većeg značaja za brodogradnju. U nastavku se daje pregled časopisa u kojima objavljuju ili bi mogli objavljivati svoje radove hrvatski istraživači iz područja brodogradnje (Tablica 1). Osim naslova časopisa također se daje pregled faktora utjecaja za 2009. godinu dostupnih u Journal Citation Reports (JCR) koji je integralni dio Web of Science (WoS)² [1].

Tablica 1. Popis časopisa tehničkog područja od užeg i šireg interesa za brodogradnju*

Časopis	ISSN	IF 2009**
Applied ocean research	0141-1187	0.807
Brodogradnja	0007-215X	
China ocean engineering	0890-5487	0.260
Coastal engineering	0378-3839	2.404
Coastal engineering journal	0578-5634	1.026
Communications in numerical methods in engineering	1069-8299	0.595
Computers and structures	0045-7949	1.440
Engineering applications of artificial intelligence	0952-1976	1.444
Engineering failure analysis	1350-6307	0.945
Engineering structures	0141-0296	1.256
Experimental mechanics	0014-4851	1.542
Fatigue and fracture of engineering materials and structures	8756-758X	0.835
Ices journal of marine science	1054-3139	1.920
IEEE journal of oceanic engineering	0364-9059	1.096

¹ Pehar, Franjo. Komunikacijska uloga hrvatskih časopisa u polju informacijskih znanosti: bibliometrijska analiza Vjesnika bibliotekara Hrvatske i Informatologije. Doktorska disertacija. Zagreb, 2010. Str. 45

² Centar za online baze podataka. Web of Science. Journal Citation Reports. Dostupno na: <http://www.online-baze.hr/> (16.09.2010.)

International journal of engineering science	0020-7225	1.360
International journal of fatigue	0142-1123	1.602
International journal of mechanical sciences	0020-7403	1.288
International journal of offshore and polar engineering	0370-047X	0.291
International journal of plasticity	0749-6419	4.791
International journal of production research	0020-7543	0.803
International journal of solids and structures	0020-7683	1.809
International shipbuilding progress	0020-868X	
Journal of aerospace engineering	0893-1321	0.714
Journal of atmospheric and oceanic technology	0739-0572	1.588
Journal of engineering materials and technology	0094-4289	0.815
Journal of marine science and technology	0948-4280	0.361
Journal of materials science and technology	1005-0302	0.828
Journal of navigation	0373-4633	0.631
Journal of offshore mechanics and arctic engineering	0892-7219	0.289
Journal of offshore mechanics and arctic engineering -transactions of the ASME	0892-7219	0.289
Journal of ship production	8756-1417	
Journal of ship research	0022-4502	0.347
Journal of testing and evaluation.	0090-3973	0.366
Journal of waterway port coastal and ocean engineering - ASCE	0733-950X	1.218
Journals of materials processing technology	0924-0136	1.420
Kovové materiály - Metallic materials	0023-432X	1.121***
Marine engineering log	0732-5460	
Marine georesources & geotechnology	1064-119X	0.184
Marine resource economics	0738-1360	0.492
Marine structures	0951-8339	1.031
Marine technology and sname news	0025-3316	0.200
Marine technology society journal	0025-3324	0.514
Marine transportation and port operations	0361-1981	0.298
Materials science and engineering A - Structural materials properties microstructure and processing	0921-5093	1.901
Meccanica	0025-6455	0.892
Mechanism and machine theory	0094-114X	1.407
Mer-marine engineers review	0047-5955	0.005
Metalurgija	0543-5846	0.439
Naval architect	0306-0209	0.001
Naval engineers journal	0028-1425	0.214
Naval research logistics	0894-069X	0.847
Naval research Logistics quarterly	0028-1441	
Naval research reviews	0028-145X	
Ocean dynamics	1616-7341	1.612
Ocean engineering	0029-8018	0.966

Ocean modelling	1463-5003	2.236
Ocean and coastal management	0964-5691	0.815
Probabilistic engineering mechanics	0266-8920	1.221
Proceedings of the institution of civil engineers-maritime engineering	1741-7597	0.345
Proceedings of the institution of mechanical engineers, Part G: Journal of aerospace engineering	0954-4100	0.773
Progress in oceanography	0079-6611	3.582
Reliability engineering and system safety	0951-8320	1.908
Sea technology	0093-3651	0.098
Strojarstvo	0562-1887	0.000
Structural and multidisciplinary optimization	1615-147X	1.516
Structural safety	0167-4730	2.276
Thin-walled structures	0263-8231	1.054
Transactions of FAMENA	1333-1124	0.208
Transportation research record	0361-1981	0.259

* *Naravno, ovim nije iscrpljena lista časopisa od interesa za brodograđevnu zajednicu.*

** *Srednja vrijednost za sve navedene časopise $IF_{srednje} = 58.13/63 = 0.923$*

*** *Podaci izdavača časopisa*

3. Relevantne baze bibliografskih podataka

Pristup ogromnom fondusu znanstvenih informacija nije više moguć, barem ne dovoljno učinkovito, bez bibliografskih baza podataka.

Bibliografske baze podataka sadrže strukturirane podatke o radovima objavljenim u časopisima. Sve su češće one koje osim bibliografskih podataka (autor, naslov rada, naziv časopisa, godina izdanja, sažetak...) donose i vezu sa cjelovitim tekstom.

U Hrvatskoj Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa za sada financira pristup najvažnijim bibliografskim bazama, prvenstveno onima koje se znanstvenicima vrednuju za znanstveno-nastavna napredovanja.

Pristup bazama reguliran je putem IP adresa fakulteta, odnosno elektroničkim identitetom u sustavu AAI@EduHr.

Među značajnijim bibliografskim bazama hrvatskoj znanstvenoj zajednici dostupne su:

- Web of science (WoS)
- Current Contents (CC)
- Scopus
- Science Direct (Elsevier časopisi)
- Wiley Inter Science
- Springer Link
- Ebsco Publishing...

Na žalost, dio tih baza je dostupan samo za one godine kad su plaćane.

4. Utjecajni faktor

Važnost nekog znanstvenog rada se ne može ocijeniti samo na osnovi činjenice da je objavljen ili na osnovi uložениh radnih sati, dana, mjeseci ili godina. Nesumnjivo je važno koliko je drugih znanstvenika u nekom radu našlo inspiraciju i korisne podatke za nastavak svojih istraživanja. Utjecaji znanstvenog rada u sadašnjem vremenu mogu biti odloženi i za neke novonastale okolnosti u budućnosti. Šezdesetih godina prošlog stoljeća tadašnji Institute for scientific information – ISI (Philadelphia, US) uvodi termin faktor utjecaja (engl. Impact Factor)³ [2] koji se određuje na osnovu statističkih pokazatelja o učestalosti citiranja određenog članka u određenoj godini. Izračune faktora utjecaja, a izračunava se za svaku godinu, donosi Journal Citation Reports (JSR), danas dio Thompson Reutersa.

Pojednostavljeno, faktor utjecaja je onoliki koliko puta je svaki članak iz tog časopisa citiran u određenoj godini. Primjerice, časopis *Marine structures* za 2009. godinu ima faktor utjecaja 1 031. To znači da je svaki njegov članak, objavljeni tijekom 2007. i 2008. godine (ukupno 32 članka) u prosjeku svaki citiran 1 031 puta. No, u praksi to znači da neki od tih članaka nisu citirani niti jedanput, no zato su drugi članci citirani više puta. Upravo iz tih razloga, faktor utjecaja je mjerilo kvalitete časopisa a ne pojedinca. No, pri uspoređivanju kvalitete časopisa kroz faktor utjecaja smiju se uspoređivati samo časopisi iz istog znanstvenog područja. Naime, razlike od jednog do drugog znanstvenog područja su ogromne. Također treba imati na umu da se pri određivanju faktora utjecaja računaju samo referencije u časopisima koji su indeksirani u bibliografskoj bazi Web of Science.

5. Utjecajni faktori inženjerskih disciplina

Unatoč svojoj nedvojbenoj važnosti za razvoj civilizacije utjecaj istraživanja u inženjerskim disciplinama se ne očituje dovoljno. Među ostalim, to je vidljivo i kroz faktore utjecaja časopisa u inženjerskim disciplinama. Vrijednosti faktora utjecaja za inženjerske discipline vrlo rijetko prelaze 1.

Journal citation reports podijeljen je u više od 150 stručnih područja. Časopisi iz područja brodogradnje pojavljuju se u nekoliko područja. Tablica 2 daje prikaz raspona faktora utjecaja za svako od tih područja. Osim naziva stručnog područja, daje se prikaz najnižeg i najvišeg faktora utjecaja u tom području te skupni, zajednički faktor utjecaja za cijelo područje (eng. *Aggregate impact factor*).

Tablica 2. Prikaz raspona faktora utjecaja za određena stručna područja

Stručno područje	Min IF 2009	Max IF 2009	IF područja za 2009*
Engineering, civil	0 (0.032)	4.144	0.290
Engineering, marine	0 (0.057)	1.031	0.050
Engineering, mechanical	0.045	11.024	1.104
Engineering, multidisciplinary	0.029	5.276	1.390
Engineering, ocean	0.098	2.404	0.961
Material science, multidisciplinary	0 (0.052)	29.504	0.484

³ Faktor utjecaja. Hrvatsko informacijsko-dokumentacijsko društvo. Dostupno na:
<http://www.hidd.hr/articles/impact.php> (23. VII 2010.)

Materials science, characterization and testing	0.124	9.250	0.808
Metallurgy and metallurgical engineering	0 (0.069)	3.760	1.169
Oceanography	0.102	7.312	1.894
Water resources	0 (0.073)	4.355	1.699
Engineering, industrial	0.036	2.466	1.320
Mechanics	0.065	9.353	1.406

*Srednja vrijednost za sva navedena područja je $IF_{srednje}=12.575/12=1.048$

**Srednja vrijednost za područja Engineering,... je $IF_{srednje}=3.795/5=0.759$

6. Znanstvena publicistika hrvatskih istraživača u području brodogradnje

Znanstveno i akademsko napredovanje u hrvatskoj znanstvenoj sredini prema minimalnim zakonskim uvjetima značajno ovisi o broju objavljenih radova u publikacijama uvrštenim u relevantne bibliografske baze podataka. Zastupljenost nekog časopisa u bibliografskim bazama podataka ključna je za njegovu međunarodnu vidljivost i prepoznatljivost a time i autora koji u njemu objavljuju svoje radove.

U cilju pregleda znanstvene publicistike najprije su se iz Hrvatske znanstvene bibliografije (CROSBI) identificirali istraživači iz područja brodogradnje. Tim je pregledom ustanovljeno da u području brodogradnje djeluje ukupno 50 istraživača, i to 8 iz Splita, 11 iz Rijeke i 31 iz Zagreba. Potom su za sve identificirane istraživače pretražene bibliografske baze podataka SCOPUS, Web of Science (WoS) i CROSBI od 2000. godine na ovamo. Utvrđeno je da ova skupina istraživača u sve tri pregledane baze ukupno ima 1 365 radova.

CROSBI, elektronička bibliografija, projekt je koji je nastao iz potrebe da se osigura "pristup svim informacijama relevantnima za znanost i znanstvena istraživanja u RH. Također je unaprijedio znanstvenu komunikaciju te osigurao odgovarajuću prosudbu rada na projektima".⁴ [3].

Scopus je najveća svjetska baza sažetaka i indeksa koja indeksira više od 18 tisuća naslova časopisa te uključuje više od 40 milijuna sažetaka.

Web of Science, dio Thompson Reuters-a koji je izdavač i poznate bibliografske baze Current Contents, indeksira oko 9000 vodećih svjetskih časopisa iz svih područja znanosti.

Baze su pretraživane prema autoru i svakom autoru, bez obzira na broj koautora rad je pripisivan kao cjeloviti rad. Također treba napomenuti da se neki radovi javljaju u sve tri baze. Iz toga proizlazi da 1 365 radova nije stvarni broj radova nego zbroj ukupnih pojavnosti određenih autora od 2000. godine na ovamo, u sve tri promatrane baze.

Nadalje se prilažu statističke analize na osnovi detaljnih pretraživanja baza podataka.

Najviše radova je evidentirano u CROSBI bazi (949 radova) što je i očekivano obzirom da CROSBI baza bilježi sve vrste radova, dok WoS i Scopus indeksiraju samo članke u časopisima (tablica 3).

⁴ Hrvatska znanstvena bibliografija. Dostupno na : http://bib.irb.hr/o_projektu (10.09.2010.)

Tablica 3. Broj radova prema bazama

	Broj radova
CROSBİ	949
Scopus	289
WoS	127
Ukupno	1 365

Prema podacima u tablici 4 vidljivo je da više od 60% radova u Crosbi bazi čine članci u zbornicima skupova.

Tablica 4. Vrste radova u Crosbi bazi

	Broj radova	%
Autorske knjige	15	1.6
Uredničke knjige	1	0.1
Poglavlja u knjizi	21	2.2
Skripta i udžbenici	18	1.9
Radovi u CC časopisima	80	8.4
Radovi u drugim časopisima	218	23.0
Radovi u zbornicima skupova s recenzijom	592	62.3
Radovi u zbornicima skupova bez recenzije	3	0.3
Patenti	1	0.1
Ukupno	949	100.0

I u području tehničkih znanosti uobičajena praksa je pisanje radova u koautorstvu. Tablica 5 daje prikaz raspona broja autora prema bazama. Prosječna vrijednost broja autora najveća je za bazu Crosbi. To je očekivano upravo iz razloga što Crosbi baza obrađuje i članke iz zbornika, koji su u pravilu pisani u koautorstvima. Prosječan broj autora za radove u zbornicima upisanim u Crosbi bazu je 3.5 autora po članku.

Tablica 5. Broj autora prema bazama podataka

Baza podataka	Crosbi	Scopus	WoS
Minimalni broj autora	1	1	1
Maksimalni broj autora	13	9	9
Prosječni broj autora	3.28	2.74	2.83

Promatrajući raspodjelu radova prema godinama (tablica 6) upečatljiv je porast broja radova u bibliografskoj bazi WoS. Mogući razlozi tomu su nagli porast broja časopisa, intenziviranje znanstvenog rada i promjene uvjeta za izbor u znanstvena zvanja koja motivira istraživače da objavljuju radove. Prema Pravilniku o uvjetima za izbor u znanstvena zvanja⁵ [5] iz lipnja 2005. godine posebno se vrednuju članci objavljeni u časopisima koje indeksiraju bibliografske baze Currents i Web of Science. Bez određenog broja radova u tim bazama napredovanja u znanstvena zvanja više nisu moguća. Nadalje, prema istom pravilniku članci objavljeni u zbornicima jako su malo vrednovani. Porastu broja članaka objavljenih u

⁵ Pravilnik o uvjetima za izbor u znanstvena zvanja. Dostupno na:
<http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/289156.html> (03. 09. 2010)

časopisima indeksiranim u WoS također je doprinijela činjenica da je časopis Brodogradnja od 2008. godine također uvršten u korpus časopisa u WoS.

Tablica 6. Broj radova prema godinama

	Crosbi	Scopus	WoS
2000	106	19	8
2001	45	30	1
2002	61	22	3
2003	61	26	3
2004	78	14	1
2005	69	43	7
2006	66	26	5
2007	95	38	18
2008	124	28	33
2009	156	27	35
2010	88	16	13
Total	949	289	127

Ovaj rad se nije bavio problematikom jezika članaka. No, činjenica je da većina hrvatskih znanstvenika i istraživača sklona je publiciranju na engleskom jeziku u međunarodno priznatim časopisima jer na taj način rezultati njihovih istraživanja prije postaju vidljivi međunarodnoj znanstvenoj zajednici te integrirani u korpus globalnog znanstvenog znanja.⁶ [6].

Zaključak

Suvremeni znanstveno-istraživački rad i publicistika ne mogu se više provoditi bez uvida u međunarodne bibliografske baze podataka. S tim je najuže povezan i međunarodni sustav vrjednovanja znanstvenog rada preko znanstvenih publikacija kojeg prihvaća i zajednica tehničkih fakulteta u Hrvatskoj.

Uključivanjem inženjerskog rada sa svim njegovim posebnostima u međunarodni sustav vrjednovanja znanstvenog rada nalaže inženjerima da se jednim dijelom svojih aktivnosti povinuju pravilima koja proizlaze iz vrjednovanja znanstveno evaluiranih radova a ne samo tehničkim i inženjerskim kriterijima koji prevladavaju u njihovim disciplinama.

Zbog toga je ovaj pregled osmišljen da pokaže međunarodne okvire vrjednovanja prikladnih za ocjenu inženjerske publicistike u Hrvatskoj. Kriteriji vrjednovanja koji se odnose na ostale znanstvenosti, poglavito prirodne znanosti i biomedicinske, oslonjeni na pravila publiciranja u tim znanostima, teško se mogu primijeniti u inženjerskim disciplinama.

Prema saznanjima iz ovog istraživanja, razmotreni časopisi iz područja tehničkih znanosti kreću se u rasponu IF do maksimalnih vrijednosti oko 1.5 ($IF_{\text{srednje}} = 0.916$). Iz tablice 2 vidljivo je da faktori utjecaja tehničkih znanstvenih područja (engineering) najčešće su ispod 1 i ne prelaze vrijednost 1.4 ($IF_{\text{srednje}} = 0.759$). Radovima u zbornicima skupova i konferencija ne pridaje se važnost koja im nesumnjivo pripada. Nadalje, autorstva knjiga, skripti, elaborata i projekata se ne vrjednuju.

⁶ Pulišelić, Lea; Petrak, Jelka. Is it enough to change the language? Learned publishing, vol. 19(2006), br. 4, str. 299-306.

Pri osmišljavanju budućih uvjeta za znanstvena napredovanja u inženjerstvu trebalo bi imati na umu specifičnosti publiciranja u tehničkim znanstvenim područjima.

Ovaj se pregled ograničio na tiskane publikacije premda je bjelodano da se elektronički pristup znanstvenim radovima sve više razvija. Trenutno akademska zajednica još nije spremna na isti način vrjednovati tiskane i digitalne radove. Području nadirućeg digitalnog izdavaštva sa strogim recenzijama radova treba posvetiti pažnju u bliskoj budućnosti.

I na kraju, na ovom mjestu, jedva da je moguće istaći važnost da Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa Republike Hrvatske, Sveučilišta ili same zainteresirane ustanove nastave financirati pristupe najvažnijim bibliografskim bazama, i to ne samo onih koji se znanstvenicima vrednuju za znanstveno-nastavna napredovanja nego i ostalih koji omogućuju kontinuitet na putu ka društvu znanja. Nadalje, bilo bi pogubno uskratiti podršku hrvatskim znanstvenim časopisima iz tehničkog područja koji su polučili međunarodno priznanje uključivanjem u važne bibliografske baze, često i nakon i više od pedeset godina izlaženja.

LITERATURA

- [1] Centar za online baze podataka. Web of Science. Journal Citation Reports. Dostupno na: <http://www.online-baze.hr/> (16.09.2010.)
- [2] Faktor utjecaja. Hrvatsko informacijsko-dokumentacijsko društvo. Dostupno na: <http://www.hidd.hr/articles/impact.php> (23. VII 2010.)
- [3] Hrvatska znanstvena bibliografija. Dostupno na : http://bib.irb.hr/o_projektu (10.09.2010.)
- [4] F. Pehar, Komunikacijska uloga hrvatskih časopisa u polju informacijskih znanosti: bibliometrijska analiza Vjesnika bibliotekara Hrvatske i Informatologije. Doktorska disertacija. Zagreb, 2010. str. 45.
- [5] Pravilnik o uvjetima za izbor u znanstvena zvanja. Dostupno na: <http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/289156.html> (03. 09. 2010).
- [6] L. Pulišelić, J. Petrak, Is it enough to change the language? Learned publishing, vol. 19(2006), br. 4, str. 299-306.

Nataša Golik Klanac, as2con – alveus ltd., Rijeka, Croatia
Ksenija Čuković, as2con – alveus ltd., Rijeka, Croatia

PERCEIVED VALUE OF WEBSITES FOR USERS IN THE SHIPPING INDUSTRY: SHIP-OWNERS PERSPECTIVE

Summary

The shipping industry is of immense importance for the European and the world's economy. To allow efficient interaction in the industry, the actors in the industry employ a variety of websites and the use of the internet continuously increases, facing also a lot of problems. In order to develop websites that will be used by the companies in the shipping industry i.e. that will be of value to them, we need to understand how website characteristics drive benefits or incur sacrifices to the users. Despite that, research on value of the internet for the companies in the industry is lacking. Hence, the aim of the paper is to define and describe value of websites for users in the shipping industry. The paper draws upon studies dealing with user value, business-to-business relationships and websites. The empirical part involves four qualitative case studies of ship-owner companies. Their perceived value of websites was captured through personal interviews. Results point at a number of benefits as well as at an array of potential sacrifices of the use for ship-owners. We identified four main value dimensions: efficiency, convenience, security and comfort and how these are related to website characteristics. The paper makes contributions both to the literature on value of business-to-business websites and to the use of websites in practice.

Key words: value, websites, business-to-business, shipping industry

PERCIPIRANA VRIJEDNOST INTERNET STRANICA ZA KORISNIKE U BRODARSKOJ INDUSTRIJI

Sažetak

Brodarska je industrija od nepresušnog značaja za europsku i svjetsku ekonomiju. Kako bi se omogućila efikasna interakcija između poduzeća u brodarskoj industriji, koriste se različite internet stranice te se njihova uporaba kontinuirano povećava. Istovremeno, korisnici internet stranica susreću se s mnogobrojnim problemima. Da bi se izradile internet stranice koje odgovaraju potrebama korisnika, tj. koje će onda biti i korištene, potrebno je razumjeti vrijednost tih stranica za korisnike odnosno nužno je spoznati kako karakteristike internet stranica rezultiraju u koristima ili u problemima za korisnike. Unatoč spomenutoj važnosti korištenja internet stranica, istraživanja njihove vrijednosti za korisnike, tj. istraživanja njihovih koristi kao i mogućih nedostataka praktički ne postoje. Stoga je cilj ovog rada definirati i opisati percipiranu vrijednost internet stranica za korisnike u brodarskoj industriji, bazirajući se na teorijama vrijednosti i karakteristika internet stranicama. Empirijski dio uključuje četiri studije slučaja brodarskih kompanija. Njihova percipirana vrijednost internet stranica dobivena je pomoću tehnike osobnih intervjua. Rezultati ukazuju na postojanje velikog broja koristi kao i nedostataka vezanih uz korisnikovu djelotvornost, sposobnost, sigurnost i ugodu.

Ključne riječi: value, websites, business-to-business, shipping industry

1. Introduction

The shipping industry is one of the world's most international and the most capital intensive industry. International shipping industry accounts today for ninety percent of global trade [1]. Without export and import of goods, progress of the modern world would not be possible. The development of the shipping industry is thus of immense importance for the European and the world's economy. Thanks to developments in internet technologies, which bring additional efficiency and competitiveness, prospects for further growth of the industry will continue to be strong.

In the business world, the impact of the Internet is quite hefty. Constant communication within the industry is necessary for progress. By means of internet technology, it is possible to efficiently and quickly contact business partners regardless of where in the world they are and without great costs. Internet is indispensable for everyday communication in business, for finding necessary information, for storing documents, for planning and for performing various business tasks. All that can accelerate and enhance business.

In order to enhance the use of the Internet in the shipping industry it is necessary to understand needs of its users in the industry. In order to understand these needs, it is important to understand the value of the Internet for users. Studies generally agree that by understanding customer value, the potential for organization success increases [2]. Lapierre (2000) [3] argues that it is critical for organisations to understand their offerings and learn how they can be enhanced to provide value to their users. In addition, Broekhuizen (2006) [4] emphasizes the essence of knowing customers value, what they want and what characteristics are important in their judgements of value, before we can truly understand their intentions and choices. In fact, superior customer value is a crucial element of company prosperity [5] and [2].

Despite the need to perceive the value of the Internet for users in the context of business relations in general and in the context of the shipping industry which is of immense importance for the European and the world's economy, knowledge regarding Internet use and web sites is in its beginnings. To allow efficient interaction in the industry, the actors in the shipping industry employ a variety of websites and the use of websites continuously increases, facing also a lot of problems. Despite that, research on value in the particular context is lacking while studies dealing with websites do practically not exist.

The aim of the paper is to identify and describe value perceptions of websites for users in the context of the shipping industry. Theoretical framework of the study consists of the theory and literature on value of using the Internet in business. The empirical part involved a qualitative case study in the shipping industry which involved in-depth interviews with employees from four ship-owner companies. The findings involve iteration between the empirical study and the theory on value of the Internet.

The following chapters examine business-to-business websites and customer value. Thereafter, the case study and the findings are presented. The paper ends with the discussion of the results and conclusions.

2. Business-to-Business Websites

The use of websites in the shipping industry continuously increases as such an interaction between business partners can bring various benefits due to its particular characteristics. Following communication theory, website communication can be seen through its different facets that matter in the development of communication strategies [6]. In

B2B relationships, several communication facets need to be taken into account: content, form, and direction [7].

Content of communication relates to the message or type of information that is transmitted [6] and [7]. Content can vary from general to individualized. General content concerns issues that are of interest for the customers but is not focused on information related to a relationship with a specific company while individualized content is developed for a specific customer i.e. for a particular relationship including every aspect of a relationship and purchasing. Form of website communication refers to the tools used to transmit information [6]. Form can be personal or impersonal, supporting one-to-one or mass communication respectively [8]. Interactive forms such as feedback forms, online customer support, document storage or solution specifying tools are considered to be personal as they support one-to-one communication [9], [10], [11] and [12]. Such forms often require person identification. On the other hand, some forms such as online brochures or product recommendations are considered impersonal since they are lacking one-to-one interaction. The third facet - direction of communication focuses on the patterns of contacts between organizations [7]. In that respect, websites can be not only unidirectional and bidirectional but also multidirectional as all parties can interact with each other [13]. These characteristics of a website can mean differently to users i.e. websites involve diverse value for users.

3. Customer (User) Value

The concept of customer or user value (CV) has captured substantial attention in marketing research. Current BtoB studies determine characteristics of products, services and relationships that drive CV e.g. [3]; [14] and [15], examine CV of technology e.g. [16], develop tools for measuring CV [17] and [18], review research on CV [14]; [19] or compare CV with other marketing concepts [20]; [21].

The concept of perceived value is characterized by complexity and richness. Perceived value of a website entails subject-object interaction [22] – a user -website interaction. Value is also contingent on a person, situation and objects of comparison [23]; [22]. Value of websites in BtoB relationships is multidimensional, relativistic perception and experience that encompass user desired end-states that customers associate with website communication in BtoB relationships [24]. User-desired end-states represent the reasons for using websites in communication and stand for the highest level of CV abstraction. CV seen through customer-desired end-states is considered to be the most stable and it could be generalized across different contexts and situations [25].

Value is seen as something that is perceived by the users rather than objectively determined by the seller [26]. Authors generally agree that value is considered as benefits obtained from the relationship less the costs from the relationship [3]. According to [27] recent literatures conceptualize value as multidimensional construct, consisting of different value dimensions and forming different value typology. The same item may change value depending upon time, place and use.

Current research on perceived value of websites in the shipping industry is scarce. Only a few studies touch upon the topic of BtoB interaction. [16] examines dimensions of CV of a BtoB extranet, outlining efficiency and effectiveness as the main CV dimensions.[28] develops a theoretical framework of customer value of BtoB websites that takes into account CV multidimensionality and richness. That framework builds on the interaction approach to industrial markets and integrates different approaches to value (benefit-sacrifices, means-end and experiential approaches). CV of BtoB websites can be defined as an interactive, relativistic, preference experience that encompass multiple benefits and sacrifices that

industrial customers associate with website communication characteristics, in terms of their expectations, i.e. needs and wants, taking into consideration the available alternative suppliers' communication channels in a specific use situation [28]. Following [29], perceived benefits (sacrifices) of websites are the customer subjective perceptions of gains (losses) from using a website as a communication tool in a business-to-business relationship.

[30] identified 7 main dimensions of CV of websites in BtoB relationships. The dimensions relate to customers' efficiency, convenience, competence, confidence, comfort, appreciation and enjoyment. Similarly to the previous studies, the research has confirmed that time and effort-related benefits are important in using websites. However, these dimensions are not the only important ones, contrary to what previous BtoB studies in the field might argue. CV of BtoB websites encompasses other dimensions not specified in previous studies, i.e. user competence-related benefits and sacrifices. In addition, the study points at CV connected with "soft", psychological aspects, such as comfort and confidence. Interestingly, although face-to-face contact is typically associated with the decrease of customer uncertainty [31] websites can be associated with the same. People may use websites for the reasons they are more confident in the information found there than received through personal contact [28]. Also, websites are evaluated upon its implications for appreciation of customers and it seems that enjoyment- related benefits and sacrifices matter in BtoB context. These value dimensions were developed in the context of the elevator industry and should be examined for the context of the shipping industry.

4. The Empirical Study

Due to the newness and scarce investigation of the research area, as well as the context-dependence of the phenomenon, the case study design and qualitative research techniques were considered as appropriate in the empirical investigation [32]; [33]. The empirical part is conducted in the shipping industry with the help of qualitative methods. Business relationships in the shipping industry involve various companies such as: ship-owners, suppliers, classification societies, repair yards, shipyards etc. which are spread all over the world.

As research on user value of websites in shipping industry practically does not exist, case studies and qualitative methods were found appropriate [32]; [33]. The process of data collection involved several stages. It started with gaining a pre-understanding [34] of the industry and internet use in the industry through interviews with industry experts and through analysis of various websites in the industry. To gain the pre-understanding of the industry, the seller, customer relationships and the role of the websites in the industry, we carried out around 40 hours of meetings and discussions with relevant people from the industry, we inspected the websites in the industry, and conducted interviews with interviewees from four ship-owner companies (Table 1).

Table 1 The cases and the interviewees

Case	Ship-owner A	Ship-owner B	Ship-owner C	Ship-owner D
Ship type	Tankers	LNGs	Passenger	Ro-Ro, Ro-Pax
Country	Croatia	Belgium	USA	Italy
Interviewees	2 technical managers	1 technical manager	1 technical manager	1 tech. manager

Four companies, ship-owners, were used as cases. The chosen cases represent typical companies in their specific sector of shipping. The cases involve companies of different

characteristics in respect with the types of ships that they own, owing ships for transport of different cargo i.e. ships of different characteristics: passenger ships, tankers, LNGs and Ro-ro ships for transport of vehicles. The companies come from different countries in which the Internet is used in business: Belgium, Italy, Croatia and USA. In that way a mixture of characteristics in respect to business field and to internet culture is represented in the cases. Table 1 presents the cases and the interviewees.

The interviewees were asked to report their perceptions on various websites and on their characteristics as well as to tell about shipyards perceptions on the same. In that way, view on value of websites from the perspective of both sides in a relationship was received.

The analysis involved continuous interaction between the empirical findings from the interviews with previously found dimensions' of customer value of websites. The interview transcripts were analyzed for matches and for possible mismatches in respect to the dimensions. The analysis focused on defining website characteristics incurring possible conflicts in a relationship.

5. Findings

Independent of a case, internet is used in a similar manner. It is used in every day communication for exchange of information, documents, drawings and different other work related reports. The interviewees use websites which help them in building and maintaining ships. Despite the considerable presence of internet in every day work, personal communication is still employed to a great extent.

The characteristics of the websites create benefits but also sacrifices to the users. As a result of website use, the users in the shipping companies can experience benefits and sacrifices which can be categorised in four groups: efficiency, competence, confidence and comfort. These dimensions are defined in Table 2. The end-states i.e. the value dimensions are defined according to benefits and sacrifices that these incur. The aim was to define concepts for states which are clear and do not require additional clarifications [28].

Table 2 Definitions of dimensions of user value of websites in the shipping industry

Value dimension	Definition
Efficiency	A state of doing something fast, without spending much time, with no effort and limits.
Competence	A state of performing one's own job well, with relevant knowledge.
Confidence	A state of being certain in one's own decisions, without any doubts and uncertainties.
Comfort	A state of being relaxed, worries-free and experiencing pleasure.

Efficiency

Efficiency is a condition in which something is done in a simple way without much effort, spending time and money. Respondents reported efficiency as an important factor in using Internet and websites. Documents and information are sent electronically to the designated server, it makes business easier because all information and documents you need are at one place, so there is no need to waste time in searching for data in multiple locations. *"... In our company we use a several servers where we put all the information ... It is a good way to build a database ... There are documents ten years old ... Inspector by the computer monitor can see what I made that day ... At the interface there is a specification of engine and equipment, and the inspector mustn't take a book and look for that certificate we need for the engine..."*

Through the Internet, the respondents follow the price of fuel, so in one place are all the prices so they have insight into the best fuel prices. Also, daily access to the documentation allows the shipyard to be more efficient. If something goes out of its course, the shipyard arrives to respond faster. Using the folder with the name of the ship, the name of the project and number of the project, business is much easier, because this is the easy way to look up for information or documents at any time. Respondent said: *"... I always insist on an electronic version so that it can be forwarded from China... then I can contact my colleagues to look up for what I need and contact me if they have any comments or not ..."*

In communication with shipyards, the use of electronic formats is increasing. In that way they save money, and sending an electronic format is considerably shorter in comparison to faxing: *"... We spoke with shipyards about greater use of electronic formats ... and in some ways they are all positive, as it cut costs. ... It's pretty expensive to send everything by fax ..."*

In communication with the shipyards they also use videoconferencing, which may be the simplest and the fastest way to discuss certain issues with business partners. For videoconferencing it is necessary to have the same equipment for both sides to establish communications: *"... In our office we have modern equipment for videoconferencing, and if the other shipyard has the same equipment we can communicate easily ..."*. Also, one of the respondents stated: *"... If I want to have a meeting, I have to buy a ticket to Korea, which is very expensive, but since the use of videoconferencing we have reduced that cost ..."*

Respondents claim that look-up website is of great significance for quickly finding the information: *"... There are huge websites where I find the information that I need very difficultly and then I have to ask colleague to help me..."*.

Respondents quote as a negative end-state related to their efficiency, an e-mail overload. Respondent states: *"Nowadays communication has changed ... Every day we receive e-mails, during and after working time, on weekends ... Every employee receives at least one hundred e-mails per day ..."*

Competence

The second dimension is the value of competence. Competence is a state in which we are able to carry out work requirements and the state in which we are informed of all relevant business aspects. In business collaborations, companies use servers. Through the server they have access to plans, draft lists and objections. One respondent stated: *"... We used FTP server and we worked draft list through it, which is and which is not approved ... We also had an insight if there were any objection ..."*

Some companies have internal software to make the difference between what they want and what they don't want to appear in public. On the software, inspectors write every inspection *"... This is important because if I have any objection to know when they will be removed (shipyard)..."*. Through software inspector can see how anyone made his work and the rest that they must do. Some software also enables access to finance, and also many other things can be taken with its modules as well as crew management and port.

Ship-owners via Internet are sending queries in order to get insight about a shipyard *"...I was delighted by a Portuguese shipyard which sent me a book full of information on their site, I found there all the necessary contacts ..."*. There are also websites with links to various suppliers: *"... If I need cylinder head, I go to this link and send a query to suppliers ... Then all suppliers send their bids and then you automatically see who sent you the best offer ..."*

In some companies, a group of people has the same e-mail address for the project: *"... So we all have access to all projects ... If I am busy with some work, someone else will read the e-mail for me..."*. Another respondent stated: *"... Our idea is to copy all the*

communication and to share it with the rest of team ... If someone is not near the phone in the office or can't currently be on a cell phone ...In that way it will be ongoing ... "

As the negative side of the competence is impaired and reduced ability to express themselves in an impersonal environment and in foreign languages "... *Shipyards in Korea don't use videoconferencing ... Perhaps this is due to cultural reasons ... or because they can't express themselves at that way because they are not fluent in English ... Maybe they are afraid videoconferencing...* "

Security

Security is a condition in which we are confident in our decisions without any doubt or uncertainty. Respondents point out that it is essential that the impression which companies make to the public and their business partners is positive. Respondent points out: "...*You must give the impression of organization and quality ...*"

Comfort

Comfort is a situation where we are relaxed and without worries. The consequence of daily use of Internet is a reduction of a personal contact. "*Today we do not need to call someone but we send him e-mails and then get a response.*" One respondent said that he avoids the unpleasant personal contact "... *In my case if I'm glad to hear a voice from the other side, then I prefer to call this person ...If it is the voice that I do not like to hear, then I rather send an e-mail...*"

The characteristics and the mentioned consequences can be presented in the map of CV of websites in the shipping industry in **Fig. 1**.

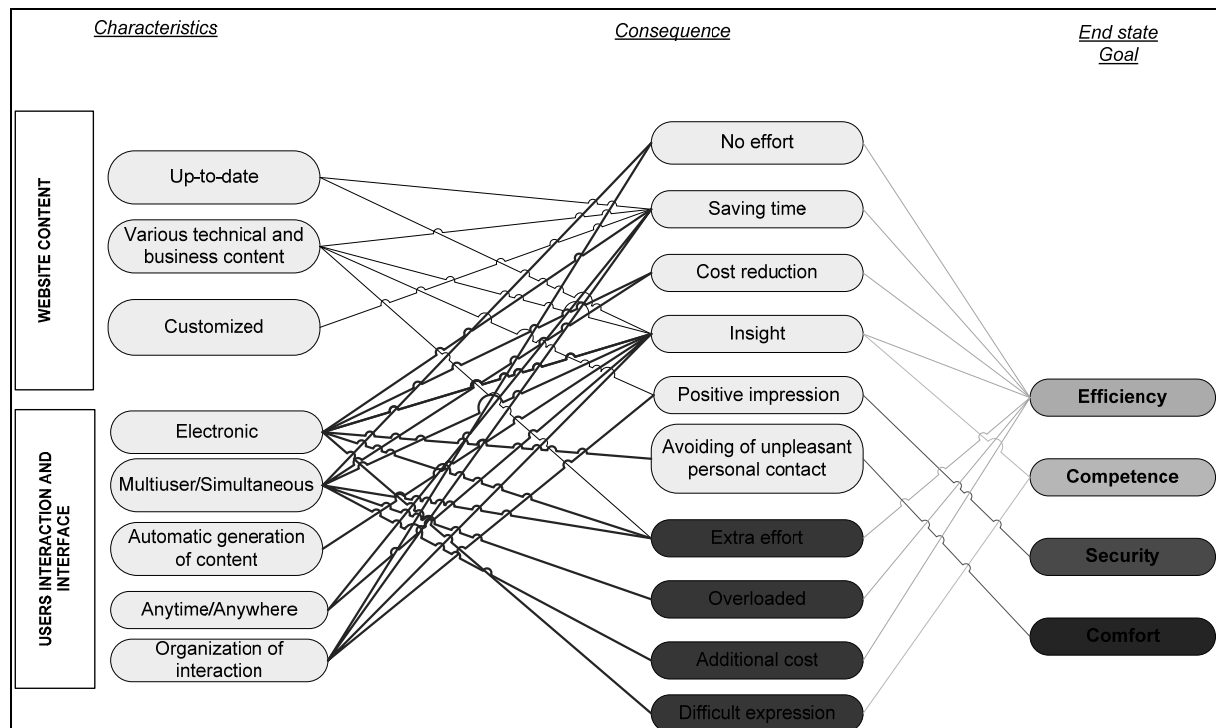


Fig. 1 A map of customer value of websites in the case

6. Discussions and Conclusions

This work elicits how websites in the shipping industry create value for users. It identifies characteristics which result in benefits and in sacrifices for the users.

The study has confirmed that goals such as efficiency and convenience are important in the use of business-to-business websites. It also reassures us that websites are very important in building ones competence. The users appreciate website characteristics according to the extent to which it helps them to be competent in performing their job. Apart from these functional dimensions of value, the psychological dimensions of user security and comfort play role for the use of websites.

The study presented four dimensions of user's end state and how characteristics lead to these end states. The results related to the end states confirm some conclusions from previous studies, but bring us also new aspects of the end states. In this study, in relation to research [28], four comprehensive dimensions of end states were formed: efficiency, competence, security and comfort which include some of the dimensions of the study [28]: convenience, efficiency, competence, reliability, relaxation, special treatment, enjoy. The dimension of special treatment was not found in this study. In addition, dimension effectiveness includes the dimensions: convenience and efficiency, and dimension security: reliability and performance. These dimensions are merge to encompass general situation in the cases.

Users have stated that the simply use of web site, without much effort, spending time and money matters for the assessment of their efficiency. Also, the ability to perform their job and to be informed about all aspects of the business led to their increased or decreased competence. Characteristics of the website such as various technical and business activities lead to user's security. Using the Internet reduces communication time and allows avoiding unpleasant personal contact that leads to the user's comfort.

Nowadays, the Internet and websites are becoming more widespread ways of communication by which the business market share different information, data, instructions, etc. Their using contributes to business efficiency and business relationships. It is increased demand for improvement and better organization of website that would have value for business users, but also for users in general. Besides the website should be well organized, they should have diverse and deeper content, practical implications, including all the necessary information and should be updated regularly. The additional aspects could be brought to the study. It would be worthwhile studying perceptions of shipyards of website use. Further studies could examine dynamics in value conflicts.

The paper extends current understanding of business-to-business websites in the shipping industry as research on the topic is scarce. It detects website characteristics which drive value for users in the shipping industry. It makes contributions both to the literature on value and business-to-business websites and to the use of websites in practice. Companies could design better websites and more appropriate website strategies by knowing the website characteristics which result in benefits and those which result in sacrifices.

REFERENCES

- [1] Maritime Knowledge Centre 2009, www.imo.org
- [2] AS Khalifa, (2004) 'Customer value: a review of recent literature and an integrative configuration', *Management Decision*, 42:5, 645-666
- [3] J. Lapierre, (2000), Customer-perceived value in industrial contexts, *The Journal of Business and Industrial Marketing*, 15 (2/3), pp. 122-140.
- [4] T. Broekhuizen, (2006) Understanding Channel Purchase Intentions: Measuring Online and Offline Shopping Value Perceptions, Doctoral Dissertation, University of Groningen, Groningen

- [5] R.B. Woodruff, (1997), Customer Value: The Next Source for Competitive Advantage, *Journal of the Academy of Marketing Science*, 25, Spring, pp. 139-153
- [6] K.J. Krone, F.M. Jablin and L.L. Putnam, (1987), Communication theory and organizational communication: multiple perspectives, in F.M. Jablin, L.L. Putnam, K.H. Roberts and L.W. Porter, (Eds.), *Handbook of Organizational Communication – An Interdisciplinary Perspective*, Sage Publications, Beverly Hills, pp. 19-38.
- [7] J. Mohr and J.R. Nevin, (1990), Communication strategies in marketing channels: A theoretical perspective, *Journal of Marketing*, Vol. 54, October, pp. 36-51.
- [8] R.T. Moriarty and R.E. Spekman, (1984); An empirical investigation of the information sources used during the industrial buying process, *Journal of Marketing Research*, Vol. 21, pp. 137-147.
- [9] D.R. Deeter-Schmelz and N.K. Kennedy, (2002), An exploratory study of the Internet as an Industrial communication tool – examining buyer's perceptions, *Industrial Marketing Management*, Vol. 31, pp. 145-154.
- [10] R.A. Mohammed, R.J. Fisher, B.J. Jaworski and G.J. Paddison (2003), *Internet Marketing: building advantage in a networked economy*, McGraw Hill, New York.
- [11] E. Turban, D. King, J. Lee, D. Viehland, (2006), *Electronic Commerce 2006 (International Edition): A Managerial Perspective*, Prentice Hall
- [12] J. Strauss and R. Frost, (2009), *E-Marketing*, 5th edition, Pearson, New Jersey
- [13] D.L. Hoffman and T.P. Novak, (1996), Marketing in hypermedia computer-mediated environments: conceptual foundations, *Journal of Marketing*, July, pp. 50-68.
- [14] W. Ulaga, (2003), Capturing value creation in business relationships: A customer perspective, *Industrial Marketing Management*, 32, pp. 677-693.
- [15] C. Bovik, (2004), *Customer-perceived Value in Business Relationships*, Karlstad Universities Studies, Doctoral Dissertation.
- [16] T. Foster, (2005), Creating digital value: at the heart of the I-E-I framework, *Journal of Business and Industrial Marketing*, 20 (4/5), pp. 245-252.
- [17] W. Ulaga and S. Chacour, (2001), Measuring customer-perceived value in business markets, *Industrial Marketing Management*, 30, pp. 525-540.
- [18] J.E. Hogan, (2001), Expected relationship value: a construct, a methodology for measurement and modeling techniques, *Industrial Marketing Management*, 30, pp. 339-351.
- [19] A. Lindgreen and F. Wynstra, (2005), Value in business markets: What do we know? Where are we going?, *Industrial Marketing Management*, 34 (7), pp. 732-748.
- [20] A. Eggert and W. Ulaga, (2002), Customer perceived value: a substitute for satisfaction in business markets? *Journal of Business and Industrial Marketing*, 17 (2/3), pp. 107-118.
- [21] W. Ulaga and A. Eggert, (2006), Relationship value in relationship quality, *European Journal of Marketing*, 40 (3/4), pp. 311-327.
- [22] M.B. Holbrook, (1999), Introduction to consumer value, in *Consumer Value: a Framework for Analysis and Research*, M.B. Holbrook ed., Routledge, London, pp. 1-28.
- [23] M. Garver and S.F. Gardial, (1996), The Role of The Salesperson in Delivering Customer Value: A Situational Analysis, in Moore, DL (ed), *Expanding Marketing Horizons Into the 21st Century*, Association of Marketing Theory and Practice, Syracuse, NY, pp. 243-249.
- [24] N. Golik Klanac, (2008), "Customer Value of Websites in Business-to-Business Relationships", *Journal of Business Market Management*.
- [25] T.J. Reynolds and J. Gutman, (1988), Laddering theory, method, analysis, and interpretation, *Journal of Advertising Research*, 28 (1), pp. 11-31.
- [26] G. Whittaker, L. Ledden, S.P. Kalafatis, (2007). A re-examination of the relationship between value, satisfaction and intention in business services. *Journal of Services Marketing*, 21 (5), 345–357.
- [27] D.M. Ruiz, D.D. Gremler, J.H. Washburn, G.C. Carrión, (2008). Service value revisited: Specifying a higher-order, formative measure. *Journal of Business Research*, 61 (12), 1278-1291.
- [28] N. Golik Klanac, (2008), "Customer Value of Websites in Business-to-Business Relationships", Doctoral Dissertation, Hanken School of Economics Finland.
- [29] S. Forsythe, C. Liu, D. Shannon and L. Gardner (2006), Development of a scale to measure the perceived benefits and risks of online shopping, *Journal of Interactive Marketing*, 20 (2), pp. 55-75.

- [30] N. Golik Klanac, (2010), "Types of Linkages between Service Characteristic and Customer Consequences", *European Journal of Marketing*, forthcoming.
- [31] E. Rovira, (2006), Face-to-face interaction in an age of information - necessary or not?, in *Managing Customer Relationships on the Internet*, Lindstrand A., Johanson J. and Sharma D.D. (eds.), Elsevier, Oxford, pp. 245-266.
- [32] Y.S. Lincoln and E.G. Guba, (2000), Paradigmatic Controversies, Contradictions, and Emerging Confluences, in *Handbook of Qualitative Research* Denzin, N.K. and Lincoln, Y.S. (eds.), Sage Publications, Thousand Oaks.
- [33] P. Ghauri and K. Grønhaug, (2002), *Research Methods in Business Studies: A Practical Guide*(2nd ed.), Prentice Hall, New York.
- [34] E. Gummesson, (2000), *Qualitative Methods in Management Research*, Sage Publications, Thousand Oaks.

ON PROJECT BASED LEARNING IN TRADITIONAL ENGINEERING STUDIES

Summary

The paper reviews experience from the implementation of a project based design-build (DB) course given during the last year of the master level education at two specializations at the Royal Institute of Technology (KTH). Key features concerning constructive alignment, efficient learning modes, the teacher's role, assessment and general implementation aspects are discussed. Traditional learning approach in mechanical engineering and naval architecture studies at University of Split are described and compared with methodologies developed at the KTH. Possibilities for implementation of project based learning and CDIO approach at University of Split are presented.

Key words: *engineering education, project based learning, CDIO*

O PROJEKTNOM ORIJENTIRANOM UČENJU NA TRADICIONALNIM INŽENJERSKIM STUDIJIMA

Sažetak

Rad prikazuje iskustvo u implementaciji projektno orijentiranog kolegija koji se izvodi na zadnjoj godini dva smjera diplomskih studija na Royal Institute of Technology (KTH). Razmotrene su glavne značajke koje se tiču konstruktivne orijentacije, efikasnih načina učenja, uloge nastavnika, ocjenenjivanja te aspekti opće implementacije. Opisan je tradicionalni pristup učenja na studijima strojarstva i brodogradnje na Sveučilištu u Splitu i prikazana je usporedba sa metodama razvijenima na KTH. Prikazane su mogućnosti implementacije projektno orijentiranog učenja i CDIO pristupa na Sveučilištu u Splitu.

Ključne riječi: *inženjerska edukacija, projektno orijentirano učenje, CDIO*

1. Introduction

All engineering studies including studies of Naval Architecture at University of Split have been organized according to the Bologna principles for a few years. The first generation of 'Bologna students' has just finished studies. In parallel with the introduction of the Bologna system all the faculties at the university are undergoing through application of new teaching methodologies. These are supported by introduction of modern computer technologies that mostly include different kinds of local and remote Internet-based learning systems. The Bologna system and application of modern technologies should have been an upgrade to the traditional education system, hoping to reduce dropout of students on engineering studies, particularly on naval architecture and mechanical engineering studies. However, the statistics at Faculty of Electrical Engineering, Mechanical Engineering and Naval Architecture (FESB) in Split, after implementation of the Bologna system, show that the number of graduated students is still very low: for mechanical engineering and naval architecture studies ^{that} is less than 10%. This is a tremendous waste of financial and life resources. Analyses showed that students tend to attribute their drop-out to factors relating to study programmes and teaching methods, rather than to personal factors. Thus, engineering education gets a reputation to be 'too hard' or 'boring'. Along with the perceived risk of failure, this may deter future students from engineering education.

Study programmes at FESB are still those that cover general engineering topics with a lot of theoretical background. The greatest change in study programmes since the introduction of the Bologna system was a possibility to introduce a (unlimited) number of elective courses. Although the sheer number of elective courses is now quite large the study programmes allow for only 2 or 3 elective courses due to low number of students on higher study years. Another problem with elective courses is that in most cases topics have already been covered in mandatory courses. The development of more flexible programmes with less mandatory and more elective courses is now undergoing at FESB. The new programmes will cover knowledge and competences as described by Accreditation Agency for Degree Programmes in Engineering (ASIIN) [1] and European Society for Engineering Education (SEFI) [2].

Regarding teaching and learning methods nothing, or very little, has been done to replace or at least to improve traditional approach at naval architecture and mechanical engineering studies in Croatia. Most of the positive things regarding computerization are well known: access to information (journals, books, and software), fast communication, remote-learning, etc. The introduction of computers, specialized software, Internet and e-learning systems have only changed the way the teaching is done, but teachers' perception on education has not changed, i.e. PowerPoint presentations just replaced chalk and blackboard. The students are not attracted by the courses and they consider teaching methods not appropriate for engineering education. This discourages students and they give up their studies. They consider that if they work in the industry they will gain necessary knowledge through experience. The implementation of the Bologna system and computerization has only formally changed education system, but students' frustration with the programs attended has remained. It is, thus, of the greatest importance to introduce learning methods that will, in addition to providing technical fundamentals, inspire and encourage students to take an active role in their education as well as to prepare them students for professional roles in the development of systems and products.

There are many reported researches and experiences of implementation of non-traditional learning methods in engineering education such as active learning [3] and problem-based learning [4, 5].

The basics of those methods as well as of creative processes and some methods for provoking and stimulating creativity such as brain storming, brain writing 6-3-5 methods,

lateral thinking, TRIZ, methods like the Walt Disney creativity strategy, design for six sigma, synectics and ideation in general are well summarized in [6].

Learning activities in project-based environments are being increasingly used in education at the university level for various reasons. In the engineering education the project-based learning has a natural place since the student when graduated likely will work in projects from day one in industry. Among the most appealing advantages is that of learning and practicing of some of the skills that traditionally are given subordinate attention in traditional higher engineering education, e.g. communication, creative thinking, team work, technical reasoning and modeling. Biggs [7] stresses the importance and advantages of active learning which according to the authors can be focused in project based activities.

Around 1990, a group of university engineering educators challenged aspects of the current approach of engineering education. The work has developed and resulted in a new approach to engineering education which can be summarized as Graduating engineers should be able to Conceive, Design, Implement and Operate complex value-added engineering systems in a modern, team-based environment. This approach has become known as CDIO. A detailed educational CDIO syllabus has been developed [8]. The CDIO program envisions an education that stresses the fundamentals, set in the context of Conceiving, Designing, Implementing, Operating systems and products.

Experiences on many universities, for example Royal Institute of Technology in Stockholm (KTH), show great benefits of teamwork projects, based on CDIO methodology, for both students and teachers.

It is intention here to summarize experience in project based engineering education from Department of Aeronautical and Vehicle Engineering at KTH and to give some recommendations on how to adapt their methods to FESB capabilities.

2. Experience with project based learning at KTH

This chapter summarizes experiences from a two-semester CDIO-based design-build course (DB-course) that runs at quarter speed during the last year of the master program specializations for lightweight structures and naval systems at KTH. The course typically contains 20-40 students whom are divided into project groups of 5-15 students mixed from the two specializations. Among the course objectives are to learn and practice to analyze technical problems from a systems perspective, to practically realize technical ideas, to reflect on, challenge and evaluate both achievements and solutions and to systematically optimize the utilization of various available engineering tools. The projects have basically two main phases, the first semester of conceiving and designing and the second semester of implementing, building, testing and operating. The second semester naturally is the more challenging where all solutions and analyses are put to test. The leap of actually realizing the product in contrast to ending the project after the design phase is very important since it rules out “cheating” with impractical solutions. The constraints given by the fact that the group are to realize the product sets critical judgments of uncertainties and other consequence analyses in focus. The authentic project setting with large groups, budgets, open-ended tasks etc puts quite a number of engineering skills in focus in a natural way. It is herein the core of the course lies – in becoming familiar with and practicing the true engineering skills integrated with the traditional topic-oriented knowledge acquired from other courses. The course has been given for some 10 years. Further aspects on the course design objectives are given in [9].

2.1. The importance of a good start

As always the start of a project is important to set the standards etc. It is usually no problem getting the group of students to be active and constructive at early stages. The challenge though is to lead the efforts in constructive directions that are of lasting use to the project in the long run. In several cases it has been experienced that eager students who too early have been allowed to pursue his/hers unchallenged initiative later get disappointed and discouraged when the endeavor did not bear fruit. Also, in the present course there is a great portion of actual hands on building involved. Students are typically not impressed and encouraged by the teacher who instead wants to focus on e.g. project management and assessment techniques.

To our experience, it is for these and other reasons important to carefully consider and plan the initial phase of the course. Quite some time can easily be spent on discussions on topics that from the eager students perspective is mostly disturbing and distracting. Various tactics have been tried to avoid this to happen where the most successful has been to alternate lectures with pure technical project meetings. Thus, student enthusiasm for the task is supported and the project starts before e.g. all course background is given.

In the early phases of the project students often feel that the specialist knowledge, often technical, is too limited. Hesitation and sometimes fear for tasks that are not solved by the use of knowledge taught in an earlier course at the university is not unusual. Sometimes such feelings lead to the positive situation where interlinking of other courses comes natural but other examples show that such topics are sometimes treated superficially and thus become the weak links of the project. Regardless of how such tasks are treated by the project and the individuals, they often become pedagogically interesting for e.g. reflecting during teacher led group discussions.

2.2. The learning modes

Teaching in a true DB-course has very little in common with teaching a conventional linear course. Early in the course the students (and sometimes also the teachers) are still stuck in their traditional roles. It has been found that since a good portion of the engagement in the beginning is concerned with administrative matters and getting the project started some practical teacher support is needed. Experience with too much student responsibilities too early in the project show that lack of experience and knowledge slows progress considerably with frustration and the risk of some indifferent students attitudes as consequence. Thus it is on the teacher to, sometimes by example; show e.g. how to efficiently chair meetings and reach well-supported decisions.

The DB-course allows for many various and quite different interactive learning modes ranging from seminars, lectures, meetings, workshops through one-on-one technical discussions to individual coaching. In situations where new energy needs to be injected into the project or at critical stages such as in preparation before a design review the workshop has proven to be extremely useful. A workshop leader, student or teacher, is appointed in advance with the main task to prepare and lead the group to solve problems during the workshop. The reached decisions are typically results of brainstorming type of activities or by rough paper and pen estimates usually done in smaller groups in 20 minutes and then reported before the entire project. The effects of such workshops are often amazing, both in terms of technical achievements and in terms of acting as project lubricant and energy booster. Some special workshop rules can be introduced if necessary. One rule that might be of value is the prohibition of the phrase and answer "I don't know" to entice constructive estimates instead of new question marks.

Another effective teaching/learning situation is when the little sub-group, or single student, who has taken on a certain task to solve in a given time meet the teacher for guidance. Nothing unconventional so far, but the very large difference from problem solving in traditional courses is that the advising teacher, which typically is appointed when the task is defined, has a completely new role. Since the task is to be solved for the good of the project and thus the customer of the work is the project, the teacher and the student is now on the same side of the task definition with the common goal to solve the problem. This actually differs a lot from the usual situation in traditional courses where the teacher is typically defining the requirements for the task and also the one judging the results. Now, the student can, in an atmosphere of fellowship seek the teacher for guidance and the teacher without the fear of giving one student an unjust advantage can give this guidance.

A challenging part of counseling of students in various topics is that quite often the tasks to be solved include considerable use of technologies which are not within the field of expertise of the teacher. This might at first be discouraging but actually means that the teacher in a realistic way can advise the students on techniques to solve problems without the usual situation of the teacher having pre-knowledge of the solution. The concurrent explorations however expose the teachers' limitations, which might feel somewhat unusual and uncomfortable at first. The students on the other hand might now actually find himself/herself in the unusual and inspiring situation to actually have equal or deeper specialist knowledge than the teacher. Especially situations where the students become the specialists help bringing in change in the traditional student-teacher relation. As the project progresses the teacher' role changes very clearly. From being the supervisor the role of the teacher gradually and continuously shift toward the role of an advisor or coach in the everyday work within the project.

2.3. Course implementation

Some important decisions are naturally made before the actual course starts. Among the more interesting decisions are whether or not an external costumer from the industry should be involved. There are several advantages with an external costumer such as that the project have a chance to be economically sponsored, that students might strive some extra, that the need for good communication is authentic etc. However, the teachers at KTH are convinced that the gain of using external costumers is sometimes exaggerated. It is in fact quite possible that student effort might be more optimized by having more mind thrilling and spectacular projects that most likely will not be initialized by the industry. The enthusiasm for an inspiring task seems to be the key element in student performance.

The technical complexity of the project is always a key point. It should be high enough to constitute a challenge but reasonable enough to let the group find, navigate, sift and choose between competing solutions. The task must be chosen with respect to the team size, composition, budget, level of pre-knowledge and other recourses. The task should preferably be changed every year since this lets the group take on the task with a minimum of preconceived notion of the task that vitalizes the conceptual phase. A risk when repeating the course is the yearly increase of task complexity due to the fact that the teachers get familiar with the format that unconsciously seem to lead to escalation of the technical goals.

Regardless of the size of the groups, the length of the project and complexity of the task, a structured way to administer the project is vital. The use of a project model is thus mandatory as a way to introduce suitable common rules, definitions, templates, communication flow and timing of events. A quite successful detail of the implementation of the project model is to let the group actively participate in planning of the various delivery dates, such as the design review dates and the phase transition dates to comply in best

possible way with the student's academic agenda. This significant influence gives the students a sense of involvement that has proven to be appreciated.

Sizing of the project groups is interesting where the optimal choice differs depending on the course objectives and various other constraints. Experience showed that in groups of size of 10-20 students the dynamics, needs and challenges become drastically changed compared with a group of say 3-5 students. As example, the true need for efficient information flow becomes evident in a larger group. The possibility appears for project members to selectively specialize within the project on skills ranging from e.g. solid mechanics, through fluid dynamics to project management.

2.4. Assessment

When discussing the topic amongst teachers one typically meets either the opinion that grading cannot be done in courses like this or the opinion that grading is self evident. One might debate whether grades in a DB-course act as stimulus for good achievements or just as a source for anxiety. For several reasons, also discussed in more detail in [7], the teachers at KTH have practiced both formative and summative assessment along with grading and are convinced that grading actually serves its purpose to enhance learning.

Each student continuously keeps track of time spent on the project, what the time is spent on and the outcome (evidence) of the effort. This, along with references to reports etc. will form the basis for their personal reflecting journal or portfolios. Apart from the effects of contemplation the self-assessment and writing of narrative gives a highlighted list of achievements, i.e. an index to the student's portfolio. The final part of the assessment scheme is that the involved teachers also go through the grading process and, if necessary, are prepared to act on e.g. conceivable unjust settlements between students.

The teacher's role has decreased in the actual grading part of the assessment procedure. It has been observed that e.g. small project groups tend to result in higher individual grades and that a technical success of the project is likely influencing the individual grades too much. It is thus a task for the teacher to guide the process to in the end reflect the learning and achievements of the individuals with respect to the course curriculum.

An improvement of the system is currently being developed and implemented. The change is aiming at increased teacher influence on the assessment. Prior to the peer modification the teaching staff will evaluate the project against a list of clearly defined attributes, such as a thinned out version of the CDIO syllabus [10]. This evaluation will result in a set of grades for the project as a whole and not on individual basis. During the following peer assessment the average of the individual grades from each student must comply with the project grades.

Whereas the individual success in a traditional course typically is measured by the results in a test the most appropriate gauge for measuring success in a DB course is far from obvious. One might spontaneously be misled to confuse various degrees of technical achievements done by the project group with individual performance. Apart from the aspects of correlation between technical success and grading the appreciation and boost of self-confidence that the project member experience after meeting the technical goals are worth striving for.

2.5. Challenges

There are some challenges in mastering project based DB-courses that are worth focusing on some extra. The open format is fairly new to many participants that

instantaneously lead to the question of responsibilities, incentives and control. The individual responsibility for the project is known to be one of the more challenging issues in the student run project. The potential misuse of trust from one project member can lead to severe consequences. The reoccurring missing of deadlines is one of the more obvious and unambiguous warning signals. Up to the deadline a project member can easily get away with not distinguishing between “working on a task” and “solving a task”. Hence, a free format supported by fairly short deadlines with good follow-up is recommended.

It is important to advise both the individual student as well as the group in an atmosphere of confidence rather than to retain the usual distance and strict hierarchy between the student and the teacher. Associated with this new role of the teacher another comprehensive choice is to be made. As a teacher with experience from both project work and technical knowledge it is quite easy to become involved in the actual solving of technical problems. The choice to be made by the teacher is whether the technical solutions should reflect the knowledge and skills of the project group or the level of the teaching staff. The feedback from occasions where teachers interfere with technical solutions usually comes promptly as students tend to cut themselves off from solutions that are not originally theirs. The conclusion to this point is that less technical interference from the teacher lead to higher sense of project ownership from the project members.

3. FESB capabilities for implementation of project based learning

The authors have compared capabilities on both institutions, the KTH and the FESB, for construction of project based (design-build) courses organized and conducted in accordance to the CDIO-principles. It was found that similar preconditions exist at Department of Aeronautical and Vehicle Engineering at KTH and at Department of Mechanical Engineering and Naval Architecture at FESB, regarding number of enrolled students who could attend CDIO based courses, number of teaching staff and available spaces for student work. Differences also exist and can be summarized in following categories:

1. number and topics of courses on NA and ME studies on both undergraduate and graduate levels,
2. contacts and projects with industry,
3. laboratory and workshop facilities and equipment and number and competences of professional lab-staff,
4. teachers' pedagogic education.

Number and particularly topics of courses on studies at the KTH and FESB are significantly different. The courses at FESB are still, after the implementation of the Bologna system that was introduced in 2003, too theoretical and lectured in a traditional manner. Studies itself are too narrowly oriented - there are only 3 different master level profiles (specializations) at FESB while the KTH offers more than 15. On the undergraduate level there are no courses that cover fundamental engineering knowledge like electrical and electronic engineering, control systems, sound and vibrations, etc. On graduate studies there are no courses that cover modern materials and technologies, like composite materials and technologies or even more advanced nano-materials and technologies. Courses with, today fundamental, engineering analysis knowledge are missing at FESB - there is no even course about FE analysis, which today is one of the basic engineering analysis tools. Additionally, there is only one 'specialization' in naval architecture, which has become too general and due to limited number of courses per semester introduced with Bologna system, too crippled, i.e. it covers some topics in too much details, while other are not even mentioned. In contrast to

that at the KTH there is 5 profiles offered to NA graduate students (Lightweight Structures, Fluid Mechanics, Sound&Vibration, Management and Sustainable Development) with the same number of teaching staff at both departments. Additionally, all the profiles (courses) at the KTH are organized according to CDIO-principles.

The reason for such a pathetic situation with study programmes at FESB is that some significant errors were made during transformation from the old 4-year education system to the 3+2 year Bologna system, which happened after the adoption of the Bologna declaration. This is particularly pronounced on the undergraduate (first) levels at mechanical engineering and naval architecture studies. When change was announced that there should be 'only' 3 years for the first level, instead of 4 years, problem aroused which courses to keep at undergraduate level and which ones to transfer to graduate level. The problem was 'solved' by keeping most of the courses at undergraduate level but only with reduced number of weekly hours per course. In our experience this was and still is the major cause for high drop out of students. This 'solution' has too many courses, all of them being lectured in a same way as before thus making it very hard for students to pass all the exams. This 'mess' has also caused a reduced number of specializations at graduate level since some fundamental engineering knowledge, necessary for certain specializations, has been missing.

The project based learning in its core requires broader fundamental engineering knowledge (often interdisciplinary) and this means that study programmes at FESB should have to pass through significant changes. Not only changes in fundamentals are necessary but also programmes need to modernize (i.e. cover modern and advanced engineering topics) and they need to become flexibly organized in order easily adapt in case of future changes (i.e. simple and fast introduction of new specializations). The FESB is now trying to improve the situation by introduction of study programmes according to the ASIIN and SEFI standards.

Contacts and projects with industry are very important part of the KTH functionality as source of funds and project ideas. It is also a source of attractiveness for students, since they realize that what is being done at the university is not purely academic and scientific, but also connected with a real world. The main source of funds for FESB (and all other universities in Croatia) is still the government. Thus, the vast majority of the projects funded by Ministry of Science and Education are concerned only with pure scientific output (number of published papers) and there is nothing in those projects related with either students or industry. Regarding contacts with industry there has not been healthy relationship between universities and companies. If there were any contacts it was usually in a way that some necessary work has been performed at the university that could not be done in the companies, such as testing and measurements. It was often cheaper to ask such services from faculties than from professionals on the market - there was rarely some systematic and prudential cooperation in contrast to form of cooperation that the KTH has with the industry. However, situation regarding contacts with industry is now improving at FESB, but at a slow pace. New contracts and agreements between some companies and the FESB now include projects that involve students. The students also, and not only university staff as it was the case until now, will be included in projects and they will have both university and industry resources at disposal.

Although some differences exist in laboratory facilities and equipment, with KTH being in considerably better position, these should not be considered as a major obstacle for implementation of project based learning methods at FESB. Department of Mechanical Engineering and Naval Architecture has on disposal 4 classrooms equipped with computers, ranging in size from 6 to 20 computers, which is more than enough for our current needs, i.e. number of students enrolled. The software on computers ranges from basic office programs to professional software systems like CATIA. Naval Architecture division has one lab that is currently unequipped – due to crisis and recession the funds from the government have been cut down. The intention is to equip this lab with necessary tools and machines for building

and testing models made of composite materials. Until then, agreements with some companies will allow for students to use industry facilities for building and testing models.

There is also a number of specialized laboratories at FESB (mechanics, vibrations, engineering design, metallic materials and technologies, fluid mechanics, thermodynamics, etc.) that could be put to a good use regarding implementation of the project based learning methods. However, the quality of professional lab staff is very questionable at FESB. There is no clear standard about which qualifications a certain lab professional should have. It led to employment of inappropriately qualified (or unqualified) persons.

It can be added that naval architecture studies in particular are missing the indoor testing basin (or a pool) since faculty does not have one and there are no companies near Split that also have one. Someone may notice that projects in naval architecture may always use the sea as a 'testing basin', which of course is inadequate.

In authors opinion the fourth point in the list of differences between the KTH and FESB (teachers' pedagogic education), is the most important for the successful implementation of the project based learning methods and it will be the most difficult to deal with. At FESB nothing has ever been invested in teachers' perception and knowledge about engineering education. In contrast to FESB at KTH all teachers have formal pedagogic education and documented experience from teaching as well as from course and program development and management. Also, at KTH teacher redundancy and sustainability is secured by sharing the responsibility for each of the program core courses between several teachers. Lack of formal pedagogic education of teachers is probably the main reason why the courses at FESB remained unattractive (or 'boring') for students. Traditional role of a teacher as a 'teller' has become a firm habit while there is no one to say whether someone is a good 'teller' or not. It has been up to the teachers to improve themselves, i.e. their teaching skills in a manner they thought were the best. Some of them have never change, no matter what changes had been introduced in study programmes, and it seems that they never will unless compelled to. This is something that cannot be done at the department level and there is a question whether it could be done at the faculty or even university level. Such a significant change in behavior and habits of teachers probably will have to be forced by the Ministry of science itself. There are however some signs of changes: on one hand some teacher have voluntarily started to improve their teaching methods and on the other the teachers' evaluation system has been introduced. The students now have the chance to evaluate teachers' work and these evaluations have slowly started to make some influence on teaching methods.

Additional problem, and very serious one, with teachers at FESB is that their willingness to learn and introduce new topics is in some cases very low. Some of the teachers have established their positions within faculty that they are not willing to change. For this reason it is vital that FESB has more contacts with universities abroad (since most of the Croatian universities 'suffer' from the same teachers' symptoms) in order to enlighten teachers and provoke them to make some changes. Regarding enlightenment it is also important to send teachers, researchers and students to spend some time at universities abroad. Hopefully, when enough teachers gain insight in teaching and learning standards at foreign universities it should be easier to introduce changes regarding teachers' pedagogic education.

4. Outcomes of CDIO based courses at KTH

The following figures present examples of novel crafts Conceived, Designed, Implemented and Operated by students in the courses at KTH. These projects provide important marketing for KTH through frequent attention in TV and other media, fairs, and currently on kthpainsidan.se.



Fig. 1 The student engineered solar powered aircraft (2001) *after* successful test flight

Slika 1. Studentski projekt zrakoplova na solarni pogon (2001) nakon uspješnog testnog leta



Fig. 2 The human powered water bike (2003)

Slika 2. Vodocikl na ljudski pogon (2003)



Fig. 3 Infernus, the high-speed craft with underwater capabilities (2004)

Slika 3. Infernus, brzo plovilo sa podvodnim mogućnostima (2004)



Fig. 4 Amphibious vehicle

Slika 4. Amfibijsko vozilo



Fig. 5 The environmentally sustainable commuter boat Kaimaran (2008)

Slika 5. Kaimaran, ekološki prihvatljivo plovilo (2008)



Fig. 6 Evolo, the electric water-toy (2009)

Slika 6. Evolo, električno plovilo za zabavu i rekreaciju (2009)

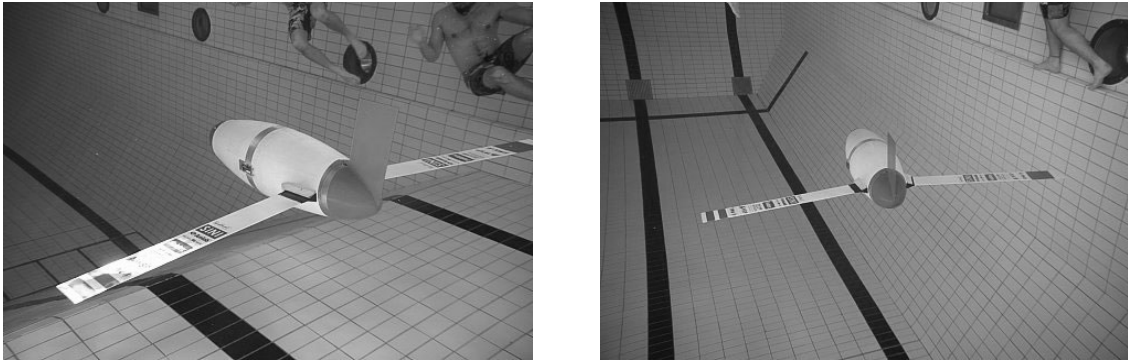


Fig. 7 The underwater glider and environmental probing platform Balder (2010)

Slika 7. Podvodna jedrilica i platforma za ispitivanje okoliša - Balder (2010)

5. Conclusion

Negative feedbacks from students of mechanical engineering and naval architecture at FESB about 'boring' courses and studies, combined with their common attitude that 'what we learn at faculty has nothing to do with the real world' has provoked activities of teachers to start improving teaching and learning methods. In the engineering education the project based learning has a natural place since the student when graduated likely will work in projects from day one in industry. Project-based learning emphasizes learning activities that are student-centered. This approach is structured differently than traditional, teacher-led classroom activities where teacher is 'telling' and students are 'doing'. Teacher has a different role here - he/she works as a coach of knowledge development and social skills rather than knowledge-holder and disseminator. Students become active in problem solving, decision making process and they collaborate or cooperate forming groups, organize their activities, conduct research, solve problems, synthesize information, organize time and resources and reflect on their learning.

Presented experience of the application of project based learning in engineering studies at KTH has showed great benefits of the approach for both students and teachers. Analysis of teaching and learning conditions at the KTH and comparison with the FESB capabilities pointed out some crucial differences. It was concluded that most of them could be reduced relatively easily, by organizing study programmes according to some international standards and by improving contacts with industry. However, one major obstacle remains to be dealt with - necessary improvement of pedagogic skills of teaching and academic staff at FESB.

Authors are also familiar with situation at other Croatian engineering faculties, particularly mechanical engineering and naval architecture, and we can point out that the same, or very similar, problems can be found there.

REFERENCES

- [1] ASIIN e.V.: Requirements and Procedural Principles for the Accreditation and Reaccreditation of Bachelor's and Master's Degree Programmes in Engineering, Architecture, Informatics, Natural Sciences and Mathematics, 2008.
- [2] SEFI Reference Documents, <http://www.sefi.be>.
- [3] P. Johnson (1999), Problem-Based, Cooperative Learning in the Engineering Classroom, *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 125(1), 8-11.
- [4] J.W. Thomas (2000), A review of research on project-based learning. The Autodesk Foundation.

- [5] BEST Educational Committee: Active learning in Engineering Education, BEST Symposium on Education, Porto, 1st May – 6th May 2006.
- [6] K. Žiha, Creativity and Engineering Education. Experience and Sustainability of International Curriculum Development in Naval Architecture, University of Zagreb, 2009.
- [7] J. Biggs, Teaching for quality learning at university, 2nd edition , St Edmundsbury Press Ltd, Suffolk, ISBN 0 335 21168 2, England, 2003.
- [8] E.F. Crawley, The CDIO Syllabus: A Statement of Goals for Undergraduate Engineering Education, MIT CDIO Report #1, Dept of Aeronautics and Astronautics, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, USA, 2001.
- [9] K. Edström , K. El Gaidi, S. Hallström, J. Kутtenkeuler, Integrated assessment of disciplinary, personal and interpersonal skills- iterative development based on student responses, 13th Improving Student Learning, London 5-7 September, 2005.
- [10] J. Malmqvist, P.W. Young, S. Hallström, T. Svensson, Lessons Learned from Design-Test-Build-Based Project Courses, International Design Conference – Design 2004, Dubrovnik, May 2004.

3. DEKLARACIJA

Kao konačan dokument Simpozija donesena je sljedeća

DEKLARACIJA SKUPŠTINE SIMPOZIJA 2010.

1. Republika Hrvatska nema djelatnosti koja može nadomjestiti brodograđevnu djelatnost (brodogradilišta i prateće djelatnosti).
2. Pouzdana analiza podataka pokazuje da brodogradnja ni sada ne živi na račun poreznih obveznika, tj. veća je korist društvu s brodogradnjom nego bez nje.
3. Nije vrijeme za prodaju brodogradilišta već je vrijeme za ulaganje u proizvodnju i povećanje intelektualnog kapitala u pripremi za sljedeći val konjunktura.
4. Privatizacija i restrukturiranje nisu povezani. Bez obzira na strukturu vlasništva odgovornost za restrukturiranje brodogradilišta ostaje na Vladi.
5. Potrebno je staviti naglasak na integraciju znanstvenih institucija, brodograđevne i prateće industrije.
6. Odgovornost za sadašnje teško stanje u brodograđevnoj djelatnosti snose sve dosadašnje vlade, uprave brodogradilišta i nadzorni odbori brodogradilišta.
7. Znanstvenici i stručnjaci okupljeni na Simpoziju raspolažu znanjem da u kratkom roku daju rješenja za opstanak i održivi razvoj brodograđevne djelatnosti u RH.
8. S obzirom da komunikacija struke s predstavnicima Vlade RH od 1992. god. do danas nije urodila nikakvim rezultatom, zajedno sa sindikatima formulirat ćemo plan daljnjih aktivnosti za opstanak brodograđevne djelatnosti u RH.
9. Dat ćemo stručnu pomoć sindikatima da u izravnom kontaktu s EU doprinesu rješavanju opstanaka brodograđevne djelatnosti u RH u primjerenom vremenu.

U Lumbardi 8. listopada 2010. godine.

Skupština 19. Simpozija teorija i praksa brodogranje – SORTA 2010.

4. POST FESTUM

4.1 O SIMPOZIJU

(Slobodna Dalmacija, podlistak Universitas, 13.10.2010.)

Prof.dr.sc. ROKO MARKOVINA-FESB-Split

SORTA 2010.- ZNANSTVENICI I STRUČNJACI ODLUČNI U STAVU DA JE HRVATSKU BRODOGRADNJU POTREBNO I MOGUĆE SAČUVATI

Iako je bio na granici neodržavanja, XIX simpozij „SORTA 2010.“ održan je, kako je i planirano, u koordinaciji FESB-a iz Splita u Gradu Korčuli (plenarna sjednica) i Općini Lumbardi (radni i društveni dio), a ostvarene su i stručne posjete korčulanskim brodogradilištima Montmontaža-Greben iz Vele Luke, Radež iz Blata i Leda iz Korčule te tradicionalni izlet, kojim je završen Simpozij, otvaranjem izložbe „Korčulanska brodogradilišta“ u Gradskom muzeju i obilaskom znamenitosti grada Korčule. Bilo je puno zapreka kje su prijetile njegovom održavanju, ali ću, u svrhu olakšavanja organiziranja budućeg Simpozija navesti samo neke, uvjetovane i unutarnjim i vanjskim čimbenicima.

Unutarnji čimbenici smo bili mi sami- brodograditelji. Radovi se nisu pripremili za tisak prema poslanom obrascu, nisu poslani na vrijeme tako da smo neke radove dobili nekoliko dana prije početka rada Simpozija, što nam je strašno kompliciralo tiskanje i pripremu kongresnih materijala, a kotizaciju je, do par dana prije održavanja Simpozija uplatilo tek 9 sudionika, uglavnom iz inozemstva, da bi se na Simpoziju pojavilo 149 sudionika, od kojih 10 iz inozemstva (Rusija, Poljska, Finska, Francuska, Engleska, Škotska) što je neodgovorno i prekomotno i nikako ne priliči akademski obrazovanim stručnjacima tehničke struke, posebice ne brodograditeljima.

Vanjski čimbenici bili su tzv. „relevantni politički čimbenici“ (3 resorna Ministarstva, 2 Akademije, 2 južne Županije), koji su se, unatoč početnim obećanjima o visokom pokroviteljstvu i sponzorstvu organiziranja Simpozija, oglušili su se na višekratne dopise i zamolbe za sudjelovanje i potporu Simpoziju i jednostavno, okrenuli leđa u presudnom trenutku. Međutim, zahvaljujući pomoći ponajprije FESB-a, nekolicine naših brodogradilišta, Registara, malih poduzeća, i tzv. „malih ljudi“ otoka Korčule i Lumbarde, koji su, po tko zna koji put pokazali svoje veliko srce, razbor i ponos na svoju korčulansku i hrvatsku brodogradnju, Simpozij se održao kako je planirano, makar i sa najmanjim dosadašnjim proračunom, četiri puta manjim od prethodnog u Puli. Iz tog razloga, izuzev predstavnika Grada Korčule i Općine Lumbarda, nije bilo dopušteno političarima čak ni pozdraviti Simpozij i iskazati mu „dobre želje“ za rad, jer bi to bilo licemjerno s njihove strane, a ponižavajuće s naše. Ako hrvatska brodogradnja ne treba hrvatskoj politici, kakvog god ona bila predznaka, onda ne treba ni politika brodogradnji. Valjda će se, jednog dana naći netko, tko će poslušati glas struke, a naš glas seže od 1992. godine te tako pokušati riješiti problem jedine preostale industrije u ovoj zemlji, brodogradnje, čiji je ovaj Simpozija znanstvena i stručna vodilja, bez obzira na vlasništvo, ako ovoj zemlji ona uopće više i treba. A jasno je i neupućenom da ova država za nju nema zamjene. Ona zapošljava oko 45.000 ljudi, ona hrani oko 200.000 duša, ona čini oko 15 % izvoza, ona prosječno donosi prometa oko 12 mld. Kn i oko 1,9 mld. Kn u državni proračun. Tek toliko da se zna, o čemu je bilo temeljite argumentacije u prvom dijelu plenarnih izlaganja.

Hrvatska je brodogradnja, okupljena na XIX Simpoziju SORTA 2010. pokazala je da, zajedno sa Sindikatom metalaca Hrvatske, koji će animirati i ostale sindikate u brodogradilištima, a koji su se pokazali kao oš jedini zainteresirani za njezinu opstojnost, da zna i može „zbiti redove“ sad kad joj je najpotrebnije, jer to je jedini uvjet njezinog opstanka.

Od 67 prijavljenih, pristiglo je 40 znanstvenih i stručnih radova, od kojih 10 iz inozemstva. Od svih pozvanih, uključujući i Predsjednika RH, Predsjednicu Vlade RH, ministre resornih ministarstava, direktora velikih brodogradilišta, predstavnike brodara jedini se gosp. Predsjednik učtivo ispričao zbog prezauzetosti državnim poslovima, ovlastio da ga zastupa i pozdravi skup Prof.dr.sc. Branko Grčić iz Splita. Ujedno, predsjednik RH gosp. Ivo Josipović obećao je biti visokim pokroviteljem jubilarnog XX Simpozija, koji se treba održati 2012. godine u Zagrebu.

Na plenarnoj sjednici Simpozija održana su slijedeća pozivna predavanja.

- 1.1 Ž. Sladoljev (FSB-Zagreb): AKTUALNI TRENUTAK HRVATSKE BRODOGRADNJE
- 1.2 T.Gavranić (Montmontaža-Greben-Vela Luka) i V. Ivančević (LEDA-Korčula): TRENUTNO STANJE S NARUDŽBAMA I PRETVORBOM – PRIVATIZACIJOM
- 1.3 D. Begonja (TF-Rijeka): POVEĆANJE KONKURENTNE SPOSOBNOSTI HRVATSKE BRODOGRADNJE
- 1.4 A. Večerina (MACK-Rijeka): PRIJEDLOG NOVOG ORGANIZACIJSKOG USTROJA HRVATSKE BRODOGRADNJE
- 1.5 I. Grubišić i V. Žanić (FSB-Zagreb): VIZIJA ODRŽIVE BRODOGRADNJE i MAKROPROJEKT „HRVATSKA BRODOGRADNJA 2010“
- 1.6 G.Šarić (Meditranska plovidba-Korčula): AKTUALNI TRENUTAK HRVATSKOG I SVJETSKOG BRODARSTVA.
- 1.7 B. Dabouis (Bureau Veritas- Paris): „What classification rules for the future and what future for classification?“.

Tijekom rasprava, utvrđeno je da se, prilikom sprovedbe preustroja brodogradilišta, mora računati i na nekoliko neprijatnih činjenica:

- da se, s obzirom na propise i uzuse EU, ne može računati na izravnu financijsku državnu podršku,
- s obzirom na intenziviranje globalizacijskih procesa, vjerojatno će se sve teže osiguravati opstojnost na svjetskom tržištu,
- položaj hrvatske brodogradnje može biti otežan i novom konkurencijom zbog ulaska inozemnog kapitala u zemlje znatno jeftinije radne snage i
- da će se brodogradilišta ipak morati privatizirati i da će to možda tražiti i nove organizacijske modele, na koje moramo biti spremni.

Isto tako, utvrđeno je da bi se gašenjem velikih brodogradilišta ugasio i velik broj hrvatskih proizvođačkih, uslužnih i trgovačkih djelatnosti, možda i nekih fakulteta, Brodarski institut i srednje i stručne brodograđevne škole, što bi se vrlo negativno moglo odraziti i na naš obrazovni, znanstveni i istraživački potencijal.

Stoga je stav simpozija da je krajnji čas da se konačno pokrene razumna i učinkovita akcija u svrhu održanja hrvatskih brodogradilišta, privatizacijom ili bez nje, koji proces, moraju nadzirati i sprovesti od povjerenstva, stručni i lojalni ljudi, koji poznaju i razumiju probleme hrvatske brodogradnje i koji su svjesni posljedica koje bi za Republiku Hrvatsku i njezino gospodarstvo mogle imati pogrešne odluke. Potrebno je, u svakom slučaju okupiti naše

najbolje stručnjake koji će u uskoj suradnji s vlasnikom, ma tko to u budućnosti bio, donijeti programe ozdravljenja brodogradilišta, i, što je najvažnije, sprovesti to u najboljem interesu vlasnika-koncesionara i Republike Hrvatske.

Pored toga, bjelodano je da u pregovorima s EZ treba tražiti i dobiti prijelazno razdoblje nužno za mobilizaciju snaga koje ovdje znaju i mogu pomoći, da se ne smije dopustiti ni po koju cijenu raspad velikih brodogradilišta, niti se smije dopustiti da zbog nebrige i neaktivnosti propadnu sama po sebi, jer je zaista moguće, odlučnim i znalčkim mjerama, intervenirati i poslovno ih osposobiti da postanu financijski zdrava, konkurentna i profitabilna. Hrvatska brodogradnja za to ima stručne ljude, znanje i vještine akumulirane decenijama, a da je to moguće pokazuju brodogradilišta koja kod nas u istim uvjetima posluju dobro, a što dokazuju i mnoga europska brodogradilišta koja, bilo u državnom ili, pak, privatnom vlasništvu uspješno funkcioniraju u skladu s pravilima EZ.

U društvenom dijelu Simpozija, kako je već rečeno, otvorene su dvije lijepe izložbe, "Naši brodograditelji" (lumbardski brodograditelji u drvu, te korčulanski inženjeri i profesori brodogradnje) u Galeriji "3 volta" u Lumbardi, kao i "Stara korčulanska brodogradilišta" u Gradskom muzeju u Korčuli te prezentiran publicistički rad doajena naše brodogradnje Dr.sc. Igora Belamarića iz Splita, za što je, uz Prof.emerit. dr.sc. Želimira Sladoljeva iz Zagreba dobio i zahvalnicu za izniman doprinos, kako Simpozijima „SORTA“, tako i hrvatskoj brodogradnji. Simpozij je završio koncertom "Priča o Lumbardi" u izvođenju KUD "Ivo Lozica" iz Lumbarde (Narodna glazba, Folklorna skupina i klapa "Pročulić" iz Smokvice), organiziranom u spomen Dana neovisnosti RH i Simpozija SORTA 2010., (bila je upriličena za sudionike Simpozija i viteška igra "Moreška" u Korčuli), dodjelom zahvalnica zaslužnim pojedincima, sponzorima i skromnih poklona domaćinima, završnim skupom na kojemu je donesena Deklaracija Skupštine XIX Simpozija te obilaskom znamenitosti Grada Korčule i ribarskom večeri, u organizaciji Općine Lumbarda, koja je svim sudionicima Simpozija otvorila, po tko zna koji put, svoje veliko i plemenito dalmatinsko srce.

Simpozij je, u potpunosti ispunio svoju i znanstvenu i stručnu i društvenu zadaću, a sudionici su, puni zahvalnosti organizatorima FESB-u iz Splita, Gradu Korčuli i Općini Lumbarda, zaželjeli da se još koji put, u budućem vremenu, nađu iznova u Lumbardi.

4.2 ELEKTRONSKA POŠTA

Poštovani profesore Markovina,

Nastavno na Vaš ponovljeni poziv Predsjedniku Republike Hrvatske da sudjeluje u radu

XIX Simpozija SORTA 2010, slobodni smo Vas obavijestiti kako je još 16. srpnja o.g. na Vaše ime upućen dopis u kojem se ispričava nazočnost Predsjednika Republike na spomenutom Simpoziju 07. listopada o.g. u Korčuli.

Budući da će ovogodišnji Simpozij raspravljati o budućnosti jedne od najvažnijih sastavnica hrvatske industrije - brodogradnje - smatramo kako bi bilo više nego korisno da po završetku Simpozija posjetite Predsjednika Republike u njegovom Uredu te da iznesete zaključke s rasprave.

Molimo da nas izvijestite da li prihvaćate ovaj prijedlog te Vas pozivamo da se povratno javite radi dogovora o terminu.

Uz izraze poštovanja,
H. Kasanić

Helena Kasanić,
tajnica Predsjednika RH za gospodarsku suradnju
Secretary to the President of the Republic of Croatia for Economic Cooperation

Telefon.Phone. +385 1 45 65 192
Telefax.Fax. +385 1 45 65 188
Adresa.Address.Pantovčak 241, 10 000 Zagreb
Članovima Stalnog odbora SORTE

Poštovani kolege

Simpozij SORTA 2010 je iza nas. Uz sve poteškoće koje su odraz stanja brodogradnje u RH, Simpozij je bio uspješno organiziran i bio je koristan. Zahvaljujući prvenstveno velikim zalaganjima našeg kolege Roka Markovine kao i naših domaćina iz Lumbarde i Korčule. Hvala im!

U skladu sa zaključcima Skupštine 19. Simpozija SORTA 2010., šaljem vam pismo koje sadrži Deklaraciju a koje je upućeno Vladi RH. Isto će pismo biti upućeno upravama naših velikih brodogradilišta. Tekst Deklaracije upućen je i javnim medijima.(Roko).

Molim primjedbe i prijedloge za daljnje aktivnosti.

Srdačan pozdrav

Većeslav Čorić

U privitku:

- Pismo s Deklaracijom upućeno Vladi RH,
- Zapisnik sa Skupštine 19. Simpozija SORTA 2010

Dobar dan Roko,

Jos jednom puno hvala tebi i tvojem timu na odličnoj organizaciji kako strucnog, tako i posebno atraktivnog i zanimljivog drustvenog dijela Simpozija. Isto tako zahvalu zaslužuju sumjestani Lumbarde i Korčule koji su nam omogućili zaista bogat i topao program gostoprimstva!

Navodim e-mail adrese na koje mozes proslijediti završnu izjavu/deklaraciju sa Simpozija SORTA 2010.:

irvin.badurina@ri.t-com.hr
dragan.badzek@brodkr.hr
Cc: julije.karminski@brodkr.hr

Istom prilikom prilozi konacni Popis ucesnika Simpozija (ako je isti vec azuran) - koliko je inace bilo registriranih sudionika?

Sto se tice Zbornika Simpozija molio bih te da predvidis jedan primjerak za Kraljevicu kada isti izade iz tiska. Naime, gosp. Dragan Badzek, rukovoditelj Prodaje BK (prijavljen kao ucesnik Simpozija, uz uplacenu kotizaciju) iz poslovnih razloga je morao nazalost u zadnji cas otkazati svoj dolazak u Lombardu, pa bi ukoliko bude moguće, zelio imati kopiju Zbornika za potrebe Brodogradilista.

Srdacno te pozdravljam,
Julije Karminski,
Brodogradiliste Kraljevica

Štovani gospodine Markovina,

jeste li se uspjeli opustiti i odmoriti. Ako Vam nešto znači, ja iznimno poštujem trud koji ste uložili i za našu brodogradnju i za Korčulu kojoj su itekako potrebne ovakove manifestacije. Moj tata smatra da je simpozij bio izuzetno sadržajan i uspješan, a posebno se divio Vašim govorničkim kvalitetama. Nadam se da ste i vi zadovoljni kako je sve prošlo. Ja sam vas čekala u subotu u 12,30 h na izložbi da još jednom svi skupa tamo prođete. Možda smo se mi krivo razumjeli, nije bitno i ovako je sve bilo odlično.

Ja bi se za kraj usudila još nešto zamoliti. Moja izložba će u Centru za kulturu ostati postavljena do kraja ovog tjedna. Bi li Vama bio moguće s obzirom na sve Vaše brige i obveze sastaviti dvije riječi o mojoj izložbi kao popratnom događanju simpozija i poslati to na korcula.net (webmaster@korcula.net). Za mene bi to bila lijepa reklama, osobito korisna sada kada sam odlučila otvoriti u prizemlju očeve rodne kuće (iza ACI marine) galeriju. Ukoliko Vam to iz bilo kojeg razloga predstavlja problem ništa se ne opterećujte. U svako slučaju, bilo mi je zadovoljstvo sudjelovati u ovoj manifestaciji.

Svako Vam dobro, puno zdravlja, zadovoljstva i uspjeha u radu! Lijepi pozdrav!

Mira Žepina (kći umirovljenog Ante Markovića, dipl.inž.brod.) iz Rijeke

Cenjeni profesore Markovina,

želim da Vam se javim da smo Mišo Macura i ja lepo doputovali u Beograd. Naime, malo smo prošetali po Stradunu u Dubrovniku, pojeli po sladoled u Maloj luci, predahnuli i krenuli put Beograda preko Trebinja i Višegrada. U Beograd smo stigli oko 4 sata ujutro u nedelju.

Ponedjeljak je doneo sa sobom svoje nove i stare poslove koje smo ostavili pre par dana pa evo tek sada stižem da Vam se javim.

SORTA 2010 je bila odlična po izboru i prezentaciji stručnih radova.

Upoznali smo dosta novih kolega i već planiramo da nekako "prodrmano" našu katedru za brodogradnju na Mašinskom fakultetu, pa da Vas i vaše kolege pozovemo na neko stručno druženje i u Beograd.

Hvala Vam za pruženo gostoprimstvo i za svu lepotu koju ste nam pružili u stručnim i turističkim ekskurzijama. Hvala Vam što ste nas držali sve vreme zajedno te smo se tako svi malo više zbližili u ta tri dana, što svakako i jeste jedan od ciljeva Simpozijuma SORTA 2010. Hvala Vam za sve istorijske informacije kojima ste nas bombardovali, i da znate da ste bili malo bolji turistički vodič od gospođe Željke, ali joj to nemojte reći, jer ona je ipak dama, a ja ne želim da je uvredim i povredim. Vama je samo tog trenutka inspiracija bila bolja. Nadam se da me razumete.

Ova SORTA se dobrano razlikovala od prethodnih na kojima sam bio, (SORTA 2006, SORTA 2008), i mislim da je to bio PUN POGODAK. Ovo je moje lično mišljenje i pri tome ostajem. Jedina je šteta što je bilo manje stručnih radova, ali i ono što je prezentirano, bilo je odlično.

Svaka čast Korčuli i narodu-brodograditeljima sa Korčule imaju se čime i ponositi. Ne dajte da vam uzmu ono što znate da radite i u čemu ste najbolji.

Koristim priliku da Vas pozovem da dođete u Beograd, pa makar to morali da obavite tako što ćete doći kod svoje, čini mi se punice, hahahahaha, malo šale, ne zamerite mi. Uostalom Vi ste joj pretili da ćete je poslati sa nama kolima za Beograd, a mi bi je, zbog Vas, rado vratili u Bgd. Ni njoj nemojte ovo čitati jer će se možda naljutiti pa jao nama kada je upoznamo u Beogradu, a Svet je tako mali.

Primate mnogo toplih i lepih pozdrava iz Beograda i pozdravite sve vaše ukućane, pa i punicu.

S poštovanjem,

Nenad Dragović

Privredna komora Srbije
samostalni savetnik
Centar za obuku
Udruženje za saobraćaj i telekomunikacije
Grupacija za rečno brodarstvo

Resavska 13-15,
11000 Beograd
www.pks.rs <<http://www.pks.rs/>>
www.pks.rs/adr
www.pks.rs/centarzaobuku

Tel: +381 (0) 11 33 00 986
Fax: +381 (0) 11 32 00 987
32 30 467

e-mail: nenad.dragovic@pks.rs
adr@pks.rs

Dear Mr. Roko Markowina!

I would like to thank you again for your invitation to Sorta 2010. Thank you for organizing the conference.
I really appreciate it. It was a pleasure to spend time on Korcula Island. Croatia is beautiful and people are very kind.
Also I would like to remind you about sending us a bill of our participation in the conference.
Please take into account only payment for Mr. Tomasz Hinz and Mrs. Monika Warmowska (260 euro).

Our address:

Polski Rejestr Statków S.A.

Al. Gen. Józefa Hallera 126

80-416 Gdańsk

NIP 584-030-44-72

I am looking forward to hearing from you soon.

Yours sincerely,

Monika Warmowska

P.S. You may send the bill by mail or fax. Our Fax No. is: +48 58 34 60 384.

Dragi Roko,

jos jednom Ti cestitam na izvanredno organiziranom Simpoziju.
Sve je bilo perfektno: organizacija, smjestaj, tocnost prema rasporedu, atmosfera, zabava, hrana, pice... Svaka cast. Bravo! I k tome Deklaracija.
Nadam se da ces sada malo predahnuti. Molim Te da mi javis kada prode Senat.

Hvala Ti na svemu,
uz pozdrave,
Niksa Fafandjel.

Poštovani gospodine Markovina,

Obzirom na Vaš poziv za sudjelovanje na plenarnom dijelu XIX Simpozija 07.10. u Korčuli, zahvaljujem na pozivu i javljam Vam da , nažalost, neću moći biti nazočan. Želim se Vama osobno i svima koji su sudjelovali na organiziranju Simpozija zahvaliti na uloženom trudu i neka ovih još nekoliko dana protekne u najboljem redu u cilju što uspješnijeg završetka organiziranja i uspješnog početka rada, za nas brodograditelje ove značajne manifestacije.
Bez obzira na trenutnu situaciju u hrvatskoj brodogradnji, koja je već godinama

bremenita problemima, Simpoziju želim uspješan rad i završetak. Nadam se da će i naša brodogradnja prebroditi sve ove poteškoće i uspješno okončati započete procese restrukturiranja i privatizacije.

S poštovanjem,

ULJANIK Brodogradilište
Predsjednik Uprave
Marinko Brgić

Poštovani Gosp. Roko Markovina,

zahvaljujem na pozivu za sudjelovanjem na Plenarnom dijelu XIX Simpozija teorija i praksa brodogradnje SORTA 2010 u Korčuli, te Vas sa žaljenjem obavještavam kako u navedenom terminu nisam u mogućnosti prisustvovati Simpoziju zbog poslovnih obveza.

Cijeneći izniman značaj Simpozija, cjelokupnom organizacijskom odboru kao i Vama osobno, želim mnogo uspijeha u radu.

U uvjerenju i očekivanju neke nove prilike za suradnjom, srdačno Vas pozdravljam, sa štovanjem

Robert Škifić, dipl.ing.

Poštovani gosp. Markovina,

Izviješćujem Vas da gosp. Dragutin Pavletić ne može prisustvovati simpoziju zbog ranije zakazanog službenog puta koji će trajati od 05. do 08.10.2010. godine.

Sa štovanjem!

ULJANIK PLOVIDBA d.d.

----- Original Message -----

From: <roko@fesb.hr>
To: <uljanik-plovidba@pu.t-com.hr>
Sent: Monday, September 27, 2010 1:32 PM
Subject: Sorta 2010.

Poštovani,

Zahvaljujem Vam na pozivu za sudjelovanjem na plenarnom dijelu Simpozija Sorta 2010. u Korčuli i obavještavam Vas da nisam u mogućnosti održati pozivno predavanje kako je predloženo iz nekih, a Vama poznatih razloga. Nadam se da ćemo se vidjeti na Korčuli.

Srdačan pozdrav,

Mato Botica

----- Original Message -----

From: <roko@fesb.hr>
To: <marenostrum-csa@zg.t-com.hr>
Sent: Thursday, September 09, 2010 12:24 PM
Subject: SORTA 2010.

Poštovani,

Na žalost, umjesto članka na temu "Osnivanje motorne jahte za serijsku proizvodnju...", prisiljen sam poslati vam svoju ispriku. Zbog velikog broja poslovnih i privatnih obaveza konstantno sam u kašnjenju s ispunjavanjem ugovornih obaveza prema naručiteljima projekata, tako da moram odgoditi sve zadatke koji nisu pod ugovorom.

Pozdrav

****Nikola Oreskovic, Naval Arch.****

BRODARSKI INSTITUT

Engineering in Boatbuilding Industry

Av. V. Holjevca 20

HR-10020 ZAGREB, Croatia

Mob.: +385 91 7311 514

Phone: +385 1 6504 121

Fax: +385 1 6504 300

nikola.oreskovic@hrbi.hr <<mailto:nikola.oreskovic@hrbi.hr>>

www.hrbi.hr <[blocked::http://www.hrbi.hr/](http://www.hrbi.hr/)>

Uto, rujan 21, 2010 12:46 pm

Dragi profesori (Žiha i Markovina),

evo konacnog popisa radova pristiglih za Sortu.

Nadam se da u ovom kaosu nisam neki od pristiglih radova izbrisao, pa vas molim da malo pogledate popis. Autori su slali sazetke i radove malo vama, malo meni, pa ste vi meni prosljedjivali, pa su autori 'opozivali' jedne radove, a slali druge, itd. Dakle, sve je moguće. Takodjer se nadam da sam sve ove sa popisa obavijestio da su im radovi prihvaceni. Problem je što jedan autor salje sažetak, drugi rad, treći ispravak i to na razlicite e-mail adrese (oni koji me znaju na moju adresu, a oni koji ne, na ovu sa web-a) - ne zna se 'ko pije 'ko placa'. Postoji mogucnost da netko od njih nije dobio obavijest pa bi bilo dobro da sto prije dobijemo program Sorte koji cemo staviti na web stranicu - tako ce svi moci vidjeti jesu li 'popisani' ili 'otpisani'. U razgovoru sa Jerom sam rekao da rad t7-3 moze malo kasniti (zato je 'u crveno'), jer ionako imaju jos 3-4 koja rada koja autori jos nisu vratili nakon recenzije. Ocekujem da ce do kraja tjedna svi radovi biti recenzirani i vjerojatno formatirani (Silvani treba dignit spomenik - bez nje ne bilo ove Sorte!).

Pozdrav

Branko Blagojević

P.S. Prof. Markovina: rad t1-5 u attachmentu je 'zakasnjeli' rad V.Slapnicara et al iz kojega se moze kopirati sazetak.

Sorta 2010

Radovi pristigli do 16.09.2010. (zadnji rok određen do 30.06.2010., pa produljen do 31.07 te ponovo produljen je do 20.08.2010)

SORTA 2010. Deadlines and key dates

Abstract submission:	28. 02. 2010.
Abstract acceptance note:	30. 04. 2010.
Paper submission:	30. 05. 2010.
Paper acceptance note:	30. 06. 2010.
Early program notification:	15. 07. 2010.
Early registration:	15. 07. 2010.
Final program notification:	15. 09. 2010.

(1)

(1.2) Lončarić D, Brlić M, Fabijanić M, Keber L.: SCHOONER TYPE TRAINING SHIP DESIGN.

(1.3) Gugić D, Slapničar V.: APPLICATION OF ECONOMIC CRITERIA OF MERIT IN SHIP DESIGN.

(1.4) Adum I, Slapničar V, Gugić D.: MEASURES OF MERIT AS CRITERIA IN SHIP DESIGN.

(2)

(2.1) Markovina R, Ukalović T.: THE TRADITIONAL WOODEN BOAT'S BUILDING TECHNOLOGY IN KORČULA (FISHING BOAT - „GAJETA“).

(3)

(3.1) Čagalj A.: THE MANAGEMENT MODEL OF INTERACTIVE NETWORK SHIPYARD.

(3.2) Bosančić F, Rovan M, Palaversić J. COMPUTER AIDED MANAGING OF SHIP BUILDING PROCESS.

(3.3) Šestanović B.: EARNED VALUE MANAGEMENT IN SHIP BUILDING PROJECT.

(4)

(4.1) Stanić V.: BUILDING TECHNOLOGY OF THE SHIP FOR SPECIAL CARGO TRANSPORTATION.

(4.2) Dundara Đ, Macan D, Radolovic V, Vujasinovic J.: LAUNCHING OF THE SHIP WITH INSUFFICIENT DISPLACEMENT.

(4.3) Mikačić N, Čulić M.: MODERN THIN PANEL PRODUCTION LINE (LASER-HYBRID TECHNOLOGY).

(4.4) Macan D, Dundara Đ, Čehić D, Tusun A, Milovan E.: TECHNOLOGY OF CUTTER FABRICATION, MOUNTING AND CONTROLLED LOWERING INTO SHIP HULL - THEORY AND PRACTICE.

(4.5) Hadjina M, Fafandjel N, Šimundić S, Kolić D.: SIMULATION METHOD FOR SHIPBUILDING PRODUCTION PROCESS DESIGN.

(4.6) Matulja M, Fafandjel N, Markovina R, Zamarin A, Kolić D.: SHIPYARD PRODUCTION AREAS OPTIMAL LAYOUT DESIGN.

(4.7) Linić D, Lalović I.: MODERN SCANNING METHOD OF AN EXISTING SHIP HULL FORM WITH THE EXAMPLE OF «MARKO POLO» FERRY REPARATION.

(4.8) Šikić G, Bistričić M, Butković S. VISUAL SYSTEM FOR HULL STRUCTURE PAINT QUANTITY ESTIMATION.

(4.9) Ljubenkov B, Mihailović M, Sladoljev Ž, Zaplatić T, Žiha K.: CONCEPTUAL DESIGN OF SHIPYARD ON THE RIVER DANUBE.

(4.10) Ljubičić P, Kodvanj J, Ljubenkov B. MECHANICAL CHARACTERISTICS OF THE STAINLESS STEEL AT SUB-ZERO TEMPERATURES.

(5)

(5.1) Žibrat D.: ANALYSIS OF MEASUREMENT PRINCIPLES OF FMCW AND GUIDED MICROWAVE RADAR INSTRUMENTS FOR LEVEL MEASUREMENT.

(6)

(6.1) Mrykin V.O, Lomov V.A, Kurnosov S.A, Dorri M.K.: PROMISING SUBMARINE MOTION CONTROL CONSOLE WITH ELEMENTS OF ENVIRONMENT VISUALIZATION ON THE BASIS OF VIRTUAL DYNAMIC SYSTEMS APPLICABLE TO SUBMARINE SURFACING MANOEUVRE.

(6.2) Togunjac A-B, Vishnevsky L.I.: DUAL-MODE CONTRAPROPELLER WITH CURVE STACKING LINE FOR BLADE.

(6.3) Vishnevsky L.I, Togunjac A-B.: NON-TRADITIONAL PROPELLERS IS THE MEAN OF IMPROVEMENT OF PROPULSION OF SURFACE SHIPS.

(6.4) Warmowska M, Jankowski J.: MODELING OF WATER FLOW ON DECK OF SMALL VESSEL.

(6.6) Hinz T, Matusiak J. FUZZY MONTE CARLO METHOD FOR PROBABILITY OF CAPSIZING CALCULATION USING REGULAR AND NON-REGULAR WAVE.

(6.11) Paladin G, Anzböck R, Orešković H.: PATROL VESSEL MAIN DIMENSIONS DEFINITION WITH REGARD TO RESISTANCE - PREDICTION AND TOWING TANK TRIALS.

(6.12) Matulja D, Guedes Soares C, Prpić-Oršić J.: ESTIMATION OF ADDED RESISTANCE OF A SHIP IN REGULAR WAVES.

(7)

(7.1) Bajič D, Prpić-Oršić J, Turk A.: BOW FLARE IMPACT LOADS ON CONTAINERSHIPS.

(7.2) Žiha K, Parunov J, Čorak M. THE CSR SHIP HULL GIRDER ULTIMATE STRENGTH CHECK PROCEDURE REVISITED.

(7.3) Žanić V, Rogulj A, Jančijev T, Kitarović S, Pirić K. CREST CSR-T/BC: EVALUATION OF SHIP STRUCTURES ACCORDING TO IACS COMMON STRUCTURAL RULES. (Jere je javio jutros 21.09.2010 da će promijenit naslov članka i nešto u sažetku - dakle čekamo da to pošalju.)

(7.4) Parunov J, Čorak M.: USE OF NFEM IN STRUCTURAL DESIGN OF SHIPS WITH ICE NOTATION.

(7.5) Jurišić P, Parunov J.: LONG-TERM PREDICTION OF GLOBAL CORROSION WASTAGE OF OIL TANKERS.

(7.6) Andrić J, Žanić V, Sponza D, Dundara Đ, Radalović V, Grgić M, Pirić K, Stipčević M.: STRUCTURAL DESIGN OF LIVESTOCK CARRIER.

(7.7) Hadžić N, Čorak M, Parunov J, Žiha K.: COMPUTATIONAL UNCERTAINTIES OF HULL GIRDER RELIABILITY MODELLING.

(7.8) Senjanović I, Vladimir N, Tomić M, Hadžić N.: HYDROELASTIC RESPONSE OF A LARGE CONTAINER SHIP.

(8)nema

(9)nema

(10)

(10.1) Amižić P.: LEGAL ASPECT OF RECYCLING OF SHIPS WITH A SPECIAL REFERENCE TO THE INTERNATIONAL CONVENTION FOR THE SAFE AND ENVIRONMENTALLY SOUND RECYCLING OF SHIPS.

(11)

(11.1) Južnić H, Pavletić D, Soković M.: QUALITY IMPROVEMENT IN THE PRODUCTION OF THE SHIPS LOW-SPEED ENGINES.

(12)Privavljen samo USCS iz Pule

(13)

(13.1) Buršić M, Vlašić K, Dundara Đ. ADVANTAGES OF IN-HOUSE NAVAL CALCULATION PROGRAM PACKAGE.

(13.2) Krajna T, Žiha K.: SCIENTIFIC PUBLISHING IN CROATIAN SHIPBUILDING.

(13.3) Golik Klanac N, Čuković K. PERCEIVED VALUE OF WEBSITES FOR USERS IN THE SHIPPING INDUSTRY.

(13.4) Blagojević B, Kuttenkeuler J.: POSSIBILITES FOR IMPLEMENTATION OF PROJECT BASED LEARNING IN TRADITIONAL NAVAL ARCHITECTURE STUDIES.

SORTA 2010. - POPIS AUTORA

Amižić, P, 10.1
Andrić, J, 7.7, 7.8
Anzböck, R, 6.11
Bajič, D, 7.1
Bezovnik, M, 4.5, 6.9, 6.10
Bing Luo, H, 7.12
Bistričić, M, 4.9
Blagojević, B, 13.6
Boras, M, 4.5, 6.10
Boras, P, 10.2
Bosančić, F, 3.2
Brlić, M, 1.2, 1.3
Buršić, M, 13.1
Butković, S, 4.9
Čagalj, A, 3.1
Čehić, D, 4.4
Ćorak, M, 7.2, 7.4, 7.9
Ćuković, K, 13.5
Čulić, M, 4.3
Čupić, B, 7.7
Deželjin, D, 6.9
Dorri, MK, 6.1
Dundara, Đ, 4.2, 4.4, 7.7, 7.8, 13.1
Fabijanić, M, 1.2
Fafandjel, N, 4.6, 4.7
Golik Klanac, N, 13.5
Grgić, M, 7.8
Guedes Soares, C, 6.12, 7.12
Gugić, D, 1.4
Hadjina, M, 4.6
Hadžić, N, 7.9, 7.11
Hinz, T, 6.6
Jančijev, T, 7.3
Jankowski, J, 6.4
Jurišić, P, 7.5
Keber, L, 1.2
Kitarović, S, 7.3
Klanac, A, 8.1
Kodvanj, J, 4.11
Kolacio, I, 9.1
Kolić, D, 4.6, 4.7
Kovač, M, 8.1
Krajna, T, 13.3
Kurnosov, SA, 6.1
Kuttenkeuler, J, 13.6

Lalović, I, 4.8
Linić, D, 4.8
Ljubenkov, B, 4.10, 4.11
Ljubičić, P, 4.11
Lomov, VA, 6.1
Lončarić, D, 1.2, 6.9
Lozina, Ž, 7.10
Macan, D, 4.2, 4.4
Markovina, R, 2.1, 4.7
Matulja, M, 4.7
Matulja, D, 6.12
Matusiak, J, 6.6
Mihailović, M, 4.10
Mikačić, N, 4.3
Miloš, P, 1.1, 5.1, 7.6
Milovan, E, 4.4
Munitić, A, 13.2
Myrkin, VO, 6.1
Nabergoj, R, 6.5, 9.1
Nikolić, P, 8.1
Orešković, N, 2.2
Orešković, H, 6.11
Paladin, G, 6.11
Palaversić, J, 3.2
Parunov, J, 7.2, 7.4, 7.5, 7.9
Pedišić Buća, M, 6.8
Peko, I, 2.2
Pirić, K, 7.3, 7.8
Prebeg, P, 7.7
Prpić-Oršić, J, 6.5, 6.12, 7.1, 9.1
Ptić Grželj, M, 1.3, 6.10
Radaković, M, 10.2
Radolović, V, 4.2, 7.8
Ristov, P, 13.2
Rogulj, A, 7.3
Rovan, M, 3.2
Ružić, S, 6.7
Sedlar, D, 7.10
Senjanović, I, 7.11
Sladoljev, Ž, 4.10
Slapničar, V, 1.4
Sponza, D, 7.8
Stanić, V, 4.1
Stipčević, M, 7.8
Šestanović, B, 3.3
Šikić, G, 4.9
Šimudić, S, 4.6, 13.2
Štimac, G, 7.12

Togunjac, AB, 6.2, 6.3
Tokić, B, 13.4
Tomić, M, 7.11
Trincas, G, 6.5
Turk, A, 7.1
Tusun, A, 4.4
Ukalović, T, 2.1
Vishnevsky, LI, 6.2, 6.3
Vladimir, N, 7.11
Vlašić, K, 13.1
Vučina, D, 7.10
Vujasinović, J, 4.2
Warmowska, M, 6.4
Zamarin, A, 4.7
Žanić, V, 7.3, 7.7, 7.8
Zaplatić, T, 4.10
Žibrat, D, 5.2
Žiha, K, 4.10, 7.2, 7.9, 13.3
Žuvela, T, 1.3

Pon, listopad 11, 2010 10:34 am !..

Poštovani i dragi profesori (Čorić i Markovina)

Ponajprije: - Hvala vam velika obojici na Sorti 2010, ali ne mogu izdržati a da odmah ne izreknem, onako iz rukava, neke stvari s kojima se ne smije oklijevati.

- Što je s Deklaracijom ?.. Ona je morala još onu večer otići na Internet i već sutra ujutro izravno na adrese okojima je bila riječ. Pošaljite nam je kako bismo je odmah stavili na Brodogradnjinu web stranicu.

- Predlažem da se ODMAH složi službeno-svečana izjava odgovornih osoba organizatora sljedećeg Sorte (dekan FSB i direktor BI). Taj bi papir sadržavao načelnu premnost za organiziranje i prihvaćanje obveza od dana današnjeg sve do dana finaliziranja simpozija 2012. godine. Taj bi se dokument mogao tradicionalno potpisivati svečano na završnoj plenarnoj sjednici.

- ODMAH organizirati prvi radni dogovor : predsjednik stalnog odbora Sorte, direktor BI i dekan FSB.

- ODMAH formirati i konstituirati Organizacijski odbor Sorte 2012, koji ODMAH mora početi s radom.

- Odnos Sorte prema časopisu Brodogradnja - znam da nije namjerno ignorantski, dapače, u osobnim kontaktima je dobar, ali moralo bi s nekako istaknuti na obostranu korist kako časopis iz broja u broj prati Sortu pa se i njemu može iz marketinških razloga dati neka povelja - zahvalnica da ostane zapisano.

- Ma što ja vama dalje da solim kad vi ovo znate sve još bolje od mene, ali nekako ne mogu izdržati pa vam se, evo, javljam.

Srdačno vas pozdravljam.

Zdenko Barišić

Uto, listopad 12, 2010 3:30 pm
Dragi Roko,

Uz još jedno zahvaljivanje na svemu što si nam Ti i Tvoja nezaboravna Lumbarda pružila za vrijeme našega druženja, u privitku Ti šaljem nekoliko sličica.

Inače, nezadovoljan sam i razočaran postsimpozijumskim (ne)djelovanjem perjanica naše brodograđevne zajednice.

Ali, o tom po tom, ako uopće za to "po tom" bude prilika.

Tebe i Tvoje volim i srdačno pozdravljam.

Zdenko

5. POPIS SVIH SUDIONIKA XIX SIMPOZIJA SORTA 2010.

	Prezime	Ime	Institucija	Adresa	Grad	Država
1	Adum	Ivan	umirovljenik		Zagreb	Hrvatska
2	Agustinović	Tomo	Bureau Veritas	Riva 16	Rijeka	Hrvatska
3	Aleksić	Aleksej	Uljanik	Flaciusova 1	Pula	Hrvatska
4	Amižić	P	Pravni Fakultet		Split	Hrvatska
5	Andrić	Jerolim	FSB-Zagreb	I.Lucića 5	Zagreb	Hrvatska
6	Badžek	Dragan	Brodogradilište Kraljevica		Kraljevica	Hrvatska
7	Bajić	David	LR Trieste Italia		Trst	Italija
8	Balić	Matko	Brodosplit	Put Supavla 19	Split	Hrvatska
9	Ban	Dario	FESB-Split	R.Boškovića b.b.	Split	Hrvatska
10	Barić	Joško	Hempel d.d.		Rijeka	Hrvatska
11	Barišić	Marko	FSB-Zagreb	I.Lucića 5	Zagreb	Hrvatska
12	Barišić	Zdenko	"Brodogradnja"- Zagreb	Al. Većeslava Holjevca 20	Zagreb	Hrvatska
13	Bašić	Josip	FSB-Zagreb	I.Lucića 5	Zagreb	Hrvatska
14	Bistričić	Marin	USCS	Flaciusova 1	Pula	Hrvatska
15	Begonja	Davor	TIC- Rijeka	Vukovarska 58	Rijeka	Hrvatska
16	Belamarić	Igor	umirovljenik		Split	Hrvatska
17	Bešker	Marko	BSO	Put Supavla 19	Split	Hrvatska
18	Bezić	Ana	Brodosplit	Put Supavla 19	Split	Hrvatska
19	Biočić	Tugomir	Brodotrogir	Put brodograditelja 1	Trogir	Hrvatska
20	Blagojević	Branko	FESB-Split	R.Boškovića b.b.	Split	Hrvatska
21	Bosančić	Filip	Brodosplit	Put Supavla 19	Split	Hrvatska
22	Božanović	Milan	3. Maj	Liburnijska 3	Rijeka	Hrvatska
23	Božić	Domagoj	FSB-Zagreb	I.Lucića 5	Zagreb	Hrvatska
24	Burazer	Ivan	FSB-Zagreb	I.Lucića 5	Zagreb	Hrvatska
25	Butković	Sanja	Uljanik	Flaciusova 1	Pula	Hrvatska
26	Crnalić	Nihad	Uljanik	Flaciusova 1	Pula	Hrvatska
27	Curać	Jakov	umirovljenik		Korčula	Hrvatska
28	Čagalj	Antun	umirovljenik		Split	Hrvatska

29	Čaktaš	Sanja	D2M		Pariz	Francuska
30	Čalić	Bruno	Tehnički fakultet Rijeka	Vukovarska 58	Rijeka	Hrvatska
31	Čehić	Doriano	Uljanik	Flaciusova 1	Pula	Hrvatska
32	Čižmek	Zrinka	FSB-Zagreb	I.Lucića 5	Zagreb	Hrvatska
33	Čorak	Maro	FSB-Zagreb	I.Lucića 5	Zagreb	Hrvatska
34	Čorić	Većeslav	FSB-Zagreb	I.Lucića 5	Zagreb	Hrvatska
35	Čorluka	Mladen	umirovljenik	III Vrbik 8	Zagreb	Hrvatska
36	Čuković	Ksenija	Alveus	Kvaternikova 62b	Rijeka	Hrvatska
37	Čulić	Melani	Brodosplit	Put Supavla 19	Split	Hrvatska
38	Dabouis	Bruno	Bureau Veritas		Paris	Francuska
39	Degiulli	Nastia	FSB-Zagreb	I.Lucića 5	Zagreb	Hrvatska
40	Dekaris	Mihovil	Brodotrogir	Put brodograditelja 1	Trogir	Hrvatska
41	Dragović	Nenad	PKS	Resavska 13-15	Beograd	Srbija
42	Dubravčić	Miroslav	umirovljenik		Zagreb	Hrvatska
43	Duetić	Teuta	Tehnički fakultet Rijeka	Vukovarska 58	Rijeka	Hrvatska
44	Dundara	Đani	Uljanik	Flaciusova 1	Pula	Hrvatska
45	Dundjer	Tomislav	FSB-Zagreb	I.Lucića 5	Zagreb	Hrvatska
46	Fabjanić	Miro	BRODARSKI INSTITUT	Al. Većeslava Holjevca 20	Zagreb	Hrvatska
47	Fabris	Robert	Brodogradilište Leda	Dominče b.b.	Korčula	Hrvatska
48	Fafandjel	Nikša	Tehnički fakultet Rijeka	Vukovarska 58	Rijeka	Hrvatska
49	Fajs	Zvonko	3. Maj	Liburnijska 3	Rijeka	Hrvatska
50	Fiamengo	Gorana	Brodosplit	Put Supavla 19	Split	Hrvatska
51	Flesch	Nenad	Brodotrogir	Put brodograditelja 1	Trogir	Hrvatska
52	Flesch	Franjo	Yacht design	Starčevićeva 16	Trogir	Hrvatska
53	Francisković	Miljenko	3. Maj	Liburnijska 3	Rijeka	Hrvatska
54	Frank	Darko	as2con	Franje Dursta 20	Zagreb	Hrvatska
55	Galić	Helena	FSB-Zagreb	I.Lucića 5	Zagreb	Hrvatska
56	Gavranić	Tonči	Greben		Vela luka	Hrvatska
57	Germek	Boris	3. Maj	Liburnijska 3	Rijeka	Hrvatska
58	Grgić	Mladen	Uljanik	Flaciusova 1	Pula	Hrvatska
59	Grubić	Goran	LR		Split	Hrvatska
60	Grubišić	Izvor	FSB-Zagreb	I.Lucića 5	Zagreb	Hrvatska
61	Grubišić	Rajko	FSB-Zagreb	I.Lucića 5	Zagreb	Hrvatska
62	Grubišić	Vjekoslav	FSB-Zagreb	I.Lucića 5	Zagreb	Hrvatska
63	Gugić	Danko	umirovljenik		Zagreb	Hrvatska
64	Hinz	Tomasz	Poljski registar	Al.gen.Jozefa Halera 126	Gdansk-Polska	Poljska
65	Ivančević	Vicko	Brodogradilište Leda	Dominče b.b.	Korčula	Hrvatska
66	Janković	Darko	Brodosplit	Put Supavla 19	Split	Hrvatska
67	Jurišić	Ino	Brodosplit	Put Supavla 19	Split	Hrvatska
68	Jurišić	Paul	HRB	Marasovićeva 26	Split	Hrvatska
69	Kalajžić	Mirna	3. Maj	Liburnijska 3	Rijeka	Hrvatska
70	Kapetar	Luka	FSB-Zagreb	I.Lucića 5	Zagreb	Hrvatska
71	Karminski	Julio	Brodogradilište Kraljevica		Kraljevica	Hrvatska
72	Kaštelan	Alemka	3. Maj	Liburnijska 3	Rijeka	Hrvatska
73	Katić	Radovan	umirovljenik			Engleska
74	Keelty	John	umirovljenik			Engleska

75	Kežić	Tihomir	Bureau Veritas	Riva 16	Rijeka	Hrvatska
76	Kilić	Tomislav	FESB-Split	R.Boškovića b.b.	Split	Hrvatska
77	Klanac	Daniel	3. Maj	Liburnijska 3	Rijeka	Hrvatska
78	Klanac-Golik	Nataša	Alveus	Kvaternikova 62b	Rijeka	Hrvatska
79	Klanac	Alen	Alveus	Kvaternikova 62b	Rijeka	Hrvatska
80	Kolić	Damir	Tehnički fakultet Rijeka	Vukovarska 58	Rijeka	Hrvatska
81	Kosanović	Nenad	FSB-Zagreb	I.Lucića 5	Zagreb	Hrvatska
82	Kožulić	Ivica	ASY BIJELA		Bijela	Crna Cora
83	Krajna	Tamara	FSB-Zagreb	I.Lučića 5	Zagreb	Hrvatska
84	Kurnosov	S	CDB ME RUBIN	Marata 90	Saint Petersburg	Rusija
85	Kuzma	Franko	3. Maj	Liburnijska 3	Rijeka	Hrvatska
86	Kuzmanović	Obrad	Uljanik	Flaciusova 1	Pula	Hrvatska
87	Lalović	Igor	Uljanik	Flaciusova 1	Pula	Hrvatska
88	Laštrić	Iris	USCS	Flaciusova 1	Pula	Hrvatska
89	Lenac	Zoran	3. Maj	Liburnijska 3	Rijeka	Hrvatska
90	Linić	Danijel	Uljanik	Flaciusova 1	Pula	Hrvatska
91	Lončarić	Dino	BRODARSKI INSTITUT	Av. Vječeslava Holjevca 20	Zagreb	Hrvatska
92	Ljubenkov	Boris	FSB-Zagreb	I.Lucića 5	Zagreb	Hrvatska
93	Macura	Mišo	JUGOREGISTAR	Narodnih heroja 30/II	Novi Beograd	Srbija
94	Makjanić	Darko	umirovljenik		Split	Hrvatska
95	Maretić	Mladen	Uljanik	Flaciusova 1	Pula	Hrvatska
96	Marini	Srećko	Brodogradilište Leda	Dominče b.b.	Korčula	Hrvatska
97	Marković	Ante	umirovljenik		Rijeka	Hrvatska
98	Markovina	Roko	FESB-Split	R.Boškovića b.b.	Split	Hrvatska
99	Martinović	Ivo	HB-JB	Al. Vječeslava Holjevca 20	Zagreb	Hrvatska
100	Matan	Maroje	FSB-Zagreb	I.Lucića 5	Zagreb	Hrvatska
101	Matulja	Dunja	Tehnički fakultet Rijeka	Vukovarska 58	Rijeka	Hrvatska
102	Mikačić	Nikola	Brodosplit	Put Supavla 19	Split	Hrvatska
103	Milanović	Milan	USCS	Flaciusova 1	Pula	Hrvatska
104	Milat	Žana	HB-JB	Al. Vječeslava Holjevca 20	Zagreb	Hrvatska
105	Miletić	Vesna	3. Maj	Liburnijska 3	Rijeka	Hrvatska
106	Miličević	Tihomir	Temarin d.o.o.		Zagreb	Hrvatska
107	Mrykin	Viktor	CDB ME RUBIN	Marata 90	Saint Petersburg	Rusija
108	Nazor Kunjašić	Tamara	Uljanik	Flaciusova 1	Pula	Hrvatska
109	Nikolić	Petar	Tehnički fakultet Rijeka	Vukovarska 58	Rijeka	Hrvatska
110	Orešković	Hrvoje	Adria-Mar brodogradnja d.o.o	Petrovaradinska 1	Zagreb	Hrvatska
111	Ostojić	Siniša	HB-JB	Al. Vječeslava Holjevca 20	Zagreb	Hrvatska
112	Paladin	Goran	Adria-Mar brodogradnja d.o.o	Petrovaradinska 1	Zagreb	Hrvatska
113	Palaveršić	Joško	Brodosplit	Put Supavla 19	Split	Hrvatska
114	Paravić	Tomislav	3. Maj	Liburnijska 3	Rijeka	Hrvatska
115	Pavačić	Melita	3. Maj	Liburnijska 3	Rijeka	Hrvatska
116	Pavelić	Ante	umirovljenik		Rijeka	Hrvatska
117	Pavletić	Duško	Tehnički fakultet Rijeka	Vukovarska 58	Rijeka	Hrvatska

118	Pavletić	Antun	umirovljenik		Rijeka	Hrvatska
119	Pirić	Karlo	FSB-Zagreb	I.Lucića 5	Zagreb	Hrvatska
120	Piteša	Mario	Brodotrogir	Put brodograditelja 1	Trogir	Hrvatska
121	Plavšić	Maja	FSB-Zagreb	I.Lucića 5	Zagreb	Hrvatska
122	Protić	Luka	FSB-Zagreb	I.Lucića 5	Zagreb	Hrvatska
123	Prpić-Oršić	Jasna	Tehnički fakultet Rijeka	Vukovarska 58	Rijeka	Hrvatska
124	Radelja	Nikola	3. Maj	Liburnijska 3	Rijeka	Hrvatska
125	Radolović	Vito	Uljanik	Flaciusova 1	Pula	Hrvatska
126	Radonić	Mladen	Uljanik	Flaciusova 1	Pula	Hrvatska
127	Radunović	Mijo	CONMAR, d.o.o.	Marina Držića 8	Split	Hrvatska
128	Rašpolić	Alen	3. Maj	Liburnijska 3	Rijeka	Hrvatska
129	Rimanić	Radojka	3. Maj	Liburnijska 3	Rijeka	Hrvatska
130	Rožić	Ivo	Brodotrogir	Put brodograditelja 1	Trogir	Hrvatska
131	Salamon	Helena	3. Maj	Liburnijska 3	Rijeka	Hrvatska
132	Sladoljev	Želimir	FSB-Zagreb	I.Lucića 5	Zagreb	Hrvatska
133	Slapničar	Vedran	FSB-Zagreb	I.Lucića 5	Zagreb	Hrvatska
134	Softić	Atif	Uljanik	Flaciusova 1	Pula	Hrvatska
135	Sorić	Dragan	Brodotrogir	Put brodograditelja 1	Trogir	Hrvatska
136	Stanić	Venesa	Brodosplit	Put Supavla 19	Split	Hrvatska
137	Streharški		umirovljenik		Rijeka	Hrvatska
138	Stupalo	Viktor	Brodosplit	Put Supavla 19	Split	Hrvatska
139	Svišković	Mirna	Brodosplit	Put Supavla 19	Split	Hrvatska
140	Šeparović	Petar	Mcgregor		Blato	Hrvatska
141	Šestanović	Boris	Brodosplit	Put Supavla 19	Split	Hrvatska
142	Šikić	Goran	USCS	Flaciusova 1	Pula	Hrvatska
143	Šimunec	Mario	USCS	Flaciusova 1	Pula	Hrvatska
144	Širić	Zoran	TLM	Nar.preporoda 12	Šibenik	Hrvatska
145	Škovrlj	Anamaria	Brodotrogir	Put brodograditelja 1	Trogir	Hrvatska
146	Šošić Ivančević	Mirica	Brodogradilište Leda	Dominče b.b.	Korčula	Hrvatska
147	Španić	Saša	Uljanik	Flaciusova 1	Pula	Hrvatska
148	Šperanda	Zdenko	FSB-Zagreb	I.Lucića 5	Zagreb	Hrvatska
149	Štambuk	Nataša	Brodosplit	Put Supavla 19	Split	Hrvatska
150	Šuljak	Anica	Brodotrogir	Put brodograditelja 1	Trogir	Hrvatska
151	Togunjac	Antun Branko	CSU St. Petersburg			Rusija
152	Tomašević	Darko	FSB-Zagreb	I.Lucića 5	Zagreb	Hrvatska
153	Turk	Anton	Tehnički fakultet Rijeka	Vukovarska 58	Rijeka	Hrvatska
154	Tusun	Anto	Uljanik	Flaciusova 1	Pula	Hrvatska
155	Večerina	Aris	MACK d.o.o.		Rijeka	Hrvatska
156	Vishnevsky	Leonid	MSU			Rusija
157	Vitasović	Enzo	USCS	Flaciusova 1	Pula	Hrvatska
158	Vlak	Frane	FESB-Split	R.Boškovića b.b.	Split	Hrvatska
159	Vujasinović	Jasenko	Uljanik	Flaciusova 1	Pula	Hrvatska
160	Warmovska	Monika	Poljski registar	Al.gen.Jozefa Halera 126	Gdansk-Polska	Poljska
161	Zamarin	Albert	Tehnički fakultet Rijeka	Vukovarska 58	Rijeka	Hrvatska

162	Zaplatic	Tomislav	FSB-Zagreb	I.Lucića 5	Zagreb	Hrvatska
163	Zlopaša	Hinko	FSB-Zagreb	I.Lucića 5	Zagreb	Hrvatska
164	Žanić	Vedran	FSB-Zagreb	I.Lucića 5	Zagreb	Hrvatska
165	Žanko	Boris	BSO	Put Supavla 19	Split	Hrvatska
166	Žaper	Petar	Agram d.o.o.	Januševečka 26	Zagreb	Hrvatska
167	Žibrat	Damir	Nivelco-mess.GMBH	Alois Stumergasse 4	2326 Maria Lanzendorf	Austrija
168	Žiha	Kalman	FSB-Zagreb	I.Lucića 5	Zagreb	Hrvatska

1	Batistić	Jagoda	tajnica		Lumbarda	Hrvatska
2	Peručić	Ksenija	TZ		Lumbarda	Hrvatska
3	Radovan	Ivo	načelnik		Lumbarda	Hrvatska
4	Varnica	Stipe	Lina		Lumbarda	Hrvatska
5	Lipanović	Nedjeljko	Lučica		Lumbarda	Hrvatska

UDK 629.5 (063)