

# Višekriterijski konceptualni projektni model generičkoga tipa višenamjenskoga ratnoga broda

---

Ljulj, Andrija

Doctoral thesis / Disertacija

2012

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:703014>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-10**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)





Sveučilište u Zagrebu

FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

mr. sc. Andrija Ljulj dipl. ing.

**VIŠEKRITERIJSKI KONCEPTUALNI PROJEKTNI  
MODEL GENERIČKOGA TIPA  
VIŠENAMJENSKOGA RATNOGA BRODA**

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2012



Sveučilište u Zagrebu

FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

mr. sc. Andrija Ljulj dipl. ing.

**VIŠEKRITERIJSKI KONCEPTUALNI PROJEKTNI  
MODEL GENERIČKOGA TIPA  
VIŠENAMJENSKOGA RATNOGA BRODA**

DOKTORSKI RAD

Mentor:  
Dr. sc. Vedran Slapničar docent

Zagreb, 2012



University of Zagreb

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING AND NAVAL  
ARCHITECTURE

MSc Andrija Ljulj

**MULTICRITERIAL CONCEPTUAL DESIGN  
MODEL OF GENERIC TYPE OF MULTIPURPOSE  
NAVAL SHIP**

DOCTORAL THESIS

Supervisor:  
Ph. D. Vedran Slapničar docent

Zagreb, 2012



## PODACI ZA BIBLIOGRAFSKU KARTICU

**UDK:** 629.5.01

**Ključne riječi:** višenamjenski ratni brod, korveta, konceptualni projektni model, samouravnoteženi model, višekriterijska optimizacija, Pareto metoda, genetički algoritam, mutacija, križanje, selekcija, NSGA-II metoda, PPNRGA metoda, Saatyeva metoda odabira najboljih rješenja,

**Znanstveno područje:** tehničke znanosti

**Znanstveno polje:** brodogradnja

**Institucija u kojoj je rad izrađen:** Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu

**Mentor rada :** Dr. sc. Vedran Slapničar docent

**Broj stranica:** 241

**Broj slika:** 65

**Broj tablica:** 14

**Broj priloga:** 10

**Broj bibliografskih jedinica:** 75

**Datum obrane:** 26. srpanj 2012.

**Povjerenstvo:** Dr. sc. Izvor Grubišić, red. prof., predsjednik

Dr. sc. Vedran Slapničar, docent, mentor

Dr. sc. Bruno Čalić, red. prof., član

Dr. sc. Predrag Čudina dipl. ing., član

Dr. sc. Ermina Begović docent, član

**Institucija u kojoj je**

**rad pohranjen:** Fakultet strojarstva i brodogradnje  
Sveučilišta u Zagrebu

## ZAHVALA

Zahvaljujem se mentoru doc. dr. sc. Vedranu Slapničaru na svesrdnoj potpori i savjetima tijekom izrade ovog rada. Ovaj rad bio bi neizvediv bez njegove pomoći u stručnoj literaturi i savjetima. Zahvaljujem se prof. dr. sc. Izvoru Grubišiću na korisnim savjetima i potpori u stručnoj literaturi tijekom izrade ovog rada. Zahvaljujem se prof. dr. sc. Žih Kalmanu na inovativnim prijedlozima kod definiranja hipoteze i ciljeva rada. Zahvaljujem se povjerenstvu za obranu rada koje je dalo korisne smjernice za nastavak izrade rada nakon obrane teme rada te na svim korisnim sugestijama tijekom pregleda konačnog rada.

Zahvaljujem se Ministarstvu obrane RH što mi je pružilo priliku za izradu doktorskog rada, te Službi za razvoj, opremanje i modernizaciju koja mi je osigurala radne uvjete. Zahvaljujem se kbb Dragi Periću na stručnoj pomoći u području zapovjedno informacijskih i komunikacijskih sustava te djelatnicima Hrvatske Ratne Mornarice kfr Damiru Dojkiću, kfr Darku Malečiću, kkr Antunu Flegaru i pbb Dragi Šimiću koji su sudjelovali u određivanju težinskih koeficijenata atributa globalne učinkovitosti.

Zahvaljujem se Snježani, Heleni i Ani na strpljivosti zbog oduzetog zajedničkog vremena koje bih proveo zajedno s njima da ga nisam odvojio za izradu ovog rada.

# SADRŽAJ

|  |              |
|--|--------------|
| <b>PREDGOVOR</b>   | <b>vii</b>   |
| <b>SAŽETAK</b>   | <b>viii</b>  |
| <b>SUMMARY</b>   | <b>ix</b>    |
| <b>KLJUČNE RIJEČI</b>  | <b>x</b>     |
| <b>KEY WORDS</b>   | <b>x</b>     |
| <b>POPIS OZNAKA I KRATICA</b>  | <b>xi</b>    |
| <b>POPIS SLIKA</b>   | <b>xxxii</b> |
| <b>POPIS TABLICA</b>   | <b>xxxiv</b> |
| <b>1 UVOD</b>  | <b>1</b>     |
| 1.1 Proces projektiranja ratnog broda  | 1            |
| 1.2 Prikaz dosadašnjih radova o projektiranju ratnog broda   | 3            |
| 1.3 Zahtjevi za razvoj projektnog modela   | 5            |
| 1.4 Scenariji upotrebe višenamjenskog ratnog broda   | 13           |
| <b>2 CILJ, HIPOTEZA RADA I ZNANSTVENI DOPRINOS</b>   | <b>16</b>    |
| 2.1 Cilj i hipoteza rada   | 16           |
| 2.2 Znanstveni doprinos rada   | 16           |
| <b>3 MATEMATIČKI MODEL VIŠEKRITERIJSKOG KONCEPTUALNOG<br/>PROJEKTA VIŠENAMJENSKOG RATNOG BRODA</b> | <b>17</b>    |
| 3.1 Opis projektnog modela   | 17           |
| 3.2 Struktura projektnog modela  | 18           |
| 3.3 Projektne varijable  | 20           |
| 3.4 Parametri projektnog modela  | 22           |
| 3.5 Postupak samouravnotežavanja projektnih rješenja   | 22           |
| 3.5.1 Brodska forma, koeficijenti, glavne izmjere i omjeri   | 24           |
| 3.5.1.1 Glavne izmjere i koeficijenti forme projektnog modela                                      | 31           |
| 3.5.1.2 Omjeri glavnih izmjera i koeficijenti forme  | 31           |
| 3.5.2 Otpor broda  | 32           |
| 3.5.3 Propulzija   | 34           |
| 3.5.3.1 Koeficijent sustrujanja  | 36           |
| 3.5.3.2 Koeficijent smanjenog poriva   | 37           |
| 3.5.3.3 Relativni rotativni koeficijent  | 38           |
| 3.5.3.4 Iskoristivost propelera i snaga na osovini   | 38           |

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| 3.5.3.5   | Određivanje postizive brzine broda i promjer vijka                              | 39 |
| 3.5.3.6   | Propulzijski koeficijent vodomlaznog propulzora                                 | 40 |
| 3.5.3.7   | Kavitacija propelera  | 41 |
| 3.5.4     | Dostupan volumen trupa i nadgrađa   | 41 |
| 3.5.5     | Bilanca električne energije   | 43 |
| 3.5.6     | Volumen tankova   | 45 |
| 3.5.7     | Raspored prostora ratnog broda  | 47 |
| 3.5.8     | Mase i centracija   | 49 |
| 3.5.8.1   | Mase i vertikalni položaj težišta masa skupina 2,4 i 7                          | 50 |
| 3.5.8.2   | Masa i vertikalni položaj težišta masa skupine 1                                | 54 |
| 3.5.8.2.1 | Opterećenje brodske konstrukcije  | 55 |
| 3.5.8.2.2 | Dimenzioniranje konstrukcijskih elemenata                                       | 57 |
| 3.5.8.2.3 | Masa i vertikalni položaja težišta trupa broda                                  | 59 |
| 3.5.8.3   | Masa i vertikalni položaj skupina masa 3,5,6 i 9                                | 61 |
| 3.5.8.4   | Rekapitulacija masa broda   | 65 |
| 3.5.8.5   | Rekapitulacija vertikalnog položaja težišta broda                               | 65 |
| 3.5.9     | Zahtijevani volumen / površina trupa i nadgrađa                                 | 66 |
| 3.5.10    | Stabilitet  | 69 |
| 3.5.11    | Pomorstvenost   | 70 |
| 3.6       | Ograničenja projektnih parametara   | 73 |
| 3.6.1     | Ograničenje maksimalne održive brzine   | 73 |
| 3.6.2     | Ograničenje električnog opterećenja   | 74 |
| 3.6.3     | Ograničenje visine trupa broda  | 74 |
| 3.6.4     | Ograničenje zahtijevane površine palube nadgrađa                                | 75 |
| 3.6.5     | Ograničenje početnog stabiliteta  | 76 |
| 3.6.6     | Ograničenje vertikalnih ubrzanja  | 76 |
| 3.6.7     | Ograničenje zahtijevane duljine otvorene palube                                 | 76 |
| 3.6.8     | Ograničenje zahtijevane površine otvorene palube                                | 77 |
| 3.7       | Atributi u projektnom modelu  | 77 |
| 3.7.1     | Atribut globalne učinkovitosti ratnog broda                                     | 79 |
| 3.7.1.1   | Općenito o globalnoj učinkovitosti ratnog broda                                 | 79 |
| 3.7.1.2   | Primjeri konceptualnih projektnih modela ratnog broda koji primjenjuju $A_{GU}$ | 80 |
| 3.7.1.3   | Teoretska podloga AHP   | 87 |

|                      |   |            |
|----------------------|---|------------|
| 3.7.1.4              | Primjena AHP na projektnom modelu ratnog broda  | 91         |
| 3.7.2                | Atribut cijene ratnog broda   | 99         |
| <b>4</b>             | <b>PRIMJENA METODE VIŠEKRITERIJSKE OPTIMIZACIJE ZA DOBIVANJE PREFERIRANIH PROJEKTNIH RJEŠENJA</b> | <b>104</b> |
| 4.1                  | Teorijska podloga višekriterijske optimizacije  | 104        |
| 4.2                  | Usporedba metoda višekriterijske optimizacije i odabir povoljnije                                 | 105        |
| 4.2.1                | Višekriterijska optimizacija: NSGA-II algoritam   | 106        |
| 4.2.2                | Višekriterijska optimizacija: PP-NRGA algoritam   | 110        |
| 4.2.3                | Usporedba metoda i odabir povoljnije  | 111        |
| 4.3                  | Općenito o genetičkom algoritmu   | 115        |
| 4.4                  | Operatori genetičkog algoritma  | 117        |
| 4.4.1                | Odabir  | 117        |
| 4.4.2                | Križanje  | 120        |
| 4.4.3                | Mutacija  | 121        |
| <b>5.</b>            | <b>TESTIRANJE IZLAZNIH REZULTATA PROJEKTOG MODELA</b>   | <b>123</b> |
| 5.1                  | Integracija projektnog modela s metodom višekriterijske optimizacije                              | 123        |
| 5.2                  | Opis programa višekriterijske optimizacije  | 126        |
| 5.3                  | Stabilnost i pouzdanost izlaznih rezultata višekriterijskog projektnog modela                     | 127        |
| 5.4                  | Usporedba dobivenih rezultata s postojećim projektnim rješenjima                                  | 131        |
| <b>6.</b>            | <b>ZAKLJUČAK</b>  | <b>136</b> |
| 6.1                  | Originalni znanstveni doprinos doktorskog rada  | 137        |
|                      | <b>POPIS LITERATURE</b>   | <b>138</b> |
| <br><b>PRILOZI :</b> |   |            |
| <b>Prilog 1:</b>     | Test programskog modula otpora broda po metodi Holtrop  | 143        |
| <b>Prilog 2:</b>     | Sheme opcija pogonskog sustava broda u projektnom modelu  | 144        |
| <b>Prilog 3:</b>     | Primjer izlaznih parametara samouravnoteženog dijela projekt. modela (dio I)                      | 147        |
| <b>Prilog 4:</b>     | Primjer izlaznih parametara samouravnoteženog dijela projekt. modela (dio II)                     | 150        |
| <b>Prilog 5:</b>     | Rezultati metoda NSGA-II i PP-NRGA na testnim funkcijama  | 153        |
| <b>Prilog 6:</b>     | Značajke opcija pogona projektnog modela višenamjenskog ratnog broda                              | 156        |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Prilog 7:</b> Proračun matrica usporedbe parova za hijerarhijsku strukturu sa Slike 28 | 164 |
| <b>Prilog 8:</b> Izlazni rezultati programa Monako PRB (I dio)                            | 165 |
| <b>Prilog 9:</b> Izlazni rezultati programa Monako PRB (II dio)                           | 178 |
| <b>Prilog 10:</b> Izlazni rezultati programa Monako PRB (III dio)                         | 190 |
| <br>  |     |
| <b>BIOGRAFIJA</b>   | 203 |
| <b>BIOGRAPHY</b>  | 204 |

## **PREDGOVOR**

Projektiranje ratnog broda je kompleksan zadatak koji treba rezultirati s projektnim rješenjem određenih karakteristika kako bi se dobila plovna platforma koja će zadovoljiti sve važne taktičko-tehničke zahtjeve. To podrazumijeva dobivanje projekta broda koji će zadovoljiti pojedine projektne kriterije kao što je postizanje potrebne brzine, stabiliteta u postavljenim granicama, pomorstvenosti, čvrstoće, doplova, autonomnosti, udarne moći kroz instalirano naoružanje te značajke preživljavanja kroz smanjenu magnetsku, radarsku, infracrvenu i hidroakustičku zamjetivost. Iz navedenog je vidljivo teško postizanje optimalnog projektnog rješenja koje bi imalo maksimalne značajke po svim gore navedenim kriterijima, pa se zbog toga pribjegava dobivanju preferiranih projektnih rješenja koja predstavljaju kompromis u zadovoljavanju pojedinih projektnih kriterija. U cilju dobivanja preferiranih projektnih rješenja tijekom razvoja nove plovne platforme izrađuje se niz studija koje rezultiraju s više konceptualnih projekata koji se zatim uspoređuju te u konačnici određuje jedno koje se detaljno razrađuje. U dosadašnjem pristupu projektiranja ratnog broda u Republici Hrvatskoj projektanti su se značajno oslanjali na sličan brod i na proces projektiranja primjenom klasične projektne spirale kojim se iterativno dolazilo do boljeg projekta pokušavajući poboljšati pojedine značajke broda. Rezultat takvog rada bio je dobivanje projekata koji nisu uvijek garantirali dobivanjem dobrih i zadovoljavajućih projekata, a razmatranje pojedinih značajki broda su bila neovisna i nedovoljno sintetizirana. Intencija ovog rada je upravo poboljšanje procesa projektiranja ratnog broda na konceptualnoj razini kako bi se izbjegli gore navedeni nedostaci te dobila preferirana projektna rješenja koja će zadovoljiti postavljene taktičko-tehničke zahtjeve i koja bi bila bolja od onih dobivenih klasičnim načinom projektiranja. U svrhu postizanja tog cilja kroz izradu ovog rada razvit će se konceptualni projektni model generičkog tipa višenamjenskog ratnog broda primjenom višekriterijske optimizacije. Model će uključiti definiranje samouravnoteženog dijela koji će rješavati brodograđevni dio problema kroz dobivanje broda minimalne istisnine, ograničenja projektnog prostora koji će definirati granice projektnog prostora, projektne varijable koje će se varirati, te attribute preko kojih će se uspoređivati generirani projekti u cilju dobivanja Pareto skupa preferiranih projektnih rješenja. Razvojem navedenog projektnog modela postiglo bi se kontrolirano projektiranje ratnog broda koje bi dalo bolja projektna rješenja od postojećih, a projektni model bi se uz nisku razinu korekcije mogao primijeniti za projektiranje više tipova ratnih i civilnih brzih brodova.

## SAŽETAK

Cilj ovog rada je razvijanje naprednog, višekriterijskog modela konceptualnog projekta višenamjenskog ratnog broda prilagođenog uvjetima Jadranskog mora. Matematički model broda se temelji na parametarskim jednadžbama primjerenim generičkom tipu (koeficijenti forme, odnosi glavnih izmjera broda). Model konceptualnog projekta sastoji se od dvije komponente: samouravnoteženog dijela i komponente za višekriterijsku optimizaciju i generiranje Pareto plohe. Samouravnotežena komponenta ima za cilj generiranje uravnoteženih projektnih rješenja s obzirom na zahtijevanu brzinu, površine/volumene, mase trupa, brodske opreme i naoružanja, potrebnu električnu energiju, te proračunava početni stabilitet i pomorstvenost. Ona rješava brodograđevni dio problema, dok druga komponenta modela je u funkciji filtriranja projektnih rješenja, višekriterijskog ocjenjivanja projekata, te identificiranja Pareto skupa projektnih rješenja koji će biti prihvatljivi za odabir konačnog projekta. Funkcije cilja (atributi) u optimizacijskom modulu sastoje se od atributa cijene i atributa globalne učinkovitosti broda. Atribut cijene životnog ciklusa broda pored cijene gradnje broda sadrži i cijenu koštanja posade, goriva, maziva, te cijenu održavanja broda za vrijeme njegovog životnog ciklusa. Globalna učinkovitosti sastoji se od pojedinih odabranih značajki broda, koje najviše utječu na učinkovitost broda kao što su brzina, vrste i količine oružnih sustava koje će biti instalirane na brodu, brzine, doplova, autonomnosti i zamjetivosti. Ključan dio optimizacijskog modula pored Pareto metode za određivanje preferiranih projekata je i skup ograničenja koja definiraju ograničeni prostor izvodivih projekata. Osnovni projektni model je u dovoljnoj mjeri koncipiran kao generički model da se sa sigurnošću može procijeniti njegovo korištenje i za druge potrebe kao što je projektiranje drugih tipova ratnog broda, te projektiranje civilnih brodova što je bio jedan od ciljeva izrade ovog rada. Model će posebno biti koristan za projektiranje manjih ratnih višenamjenskih brodova, obalnih i odobalnih ophodnih brodova, za akvatorije zatvorenih mora kao što je Jadran. Pored navedenog, projektni model će se koristiti za rekonstrukciju postojećih brodova u cilju dobivanja najpovoljnijih opcija rekonstrukcije. Očekuje se da će projektni model omogućiti dobivanje poboljšanih projekata te ubrzati proces projektiranja broda u fazi razvoja konceptualnih rješenja koja je ključna za odabir konačnog rješenja i njegovo detaljno projektiranje kroz izradu glavnog projekta.



## **SUMMARY**

The main goal of this work is to develop an advanced multicriteria model of multipurpose naval ship conceptual design suitable for Adriatic Sea environment. The mathematical model of ship will be represented by parametric equations (form coefficients, main dimensions ratios) that are appropriate for generic naval ship project model. The model will be composed of two main parts: self-balanced component and second part for generation of Pareto set of optimal solutions. The first component generates balanced projects regarding the speed, deck area / volumes, masses, needed electrical power, and calculate the initial stability and seakeeping characteristics of ship. While first component solves the shipbuilding related matters, the second component filter projects based on the constraints, do multicriterial evaluations of projects, and identification of Pareto optimal set. Goal functions (attributes) in optimization module are composed of cost and measure of global effectiveness of a ship. Cost covers production cost and cost related to expenditure for crew, fuel, lubricants, and maintenance during whole life cycle of ship. Global measure of effectiveness comprises of specific important ship characteristics which mostly influence the ship effectiveness such as speed, quantity and type of armament that will be installed onboard, range, autonomy and signatures of ship. Besides the Pareto method for getting preferred projects, important parts of the optimization module are constraints that define space of feasible projects. The main multicriteria project model is generic and it is envisaged that it will be used for design of other types of warships, as well as certain type of merchant ships. It is specifically suitable for design of small multipurpose warships corvette size, coastal and offshore patrol vessels for closed seas such as Adriatic. In addition, the project model could be used for reconstruction of existing ships with purpose of getting the best possible reconstruction option. It is expected that project model will enable getting the better projects and accelerate the design process in terms of concept projects development which is key for selection of the final project and development of its detail design.

## **KLJUČNE RIJEČI**

- višenamjenski ratni brod
- korveta
- konceptualni projektni model
- višekriterijska optimizacija
- Pareto metoda
- genetički algoritam
- mutacija
- križanje
- selekcija
- NSGA-II metoda
- PPNRGA metoda
- Saatyeva metoda odabira najboljih rješenja
- samouravnoteženi model

## **KEY WORDS**

- multipurpose naval ship
- corvette
- conceptual project model
- multi criteria optimization
- Pareto method
- genetic algorithm
- mutation
- cross over
- selection
- NSGA-II method
- PPRNGA method
- Saaty method of selection of the best solution
- self balanced model

## POPIS OZNAKA I KRATICA

|                  |  |
|------------------|--|
| $\alpha_F$       | nagib boka broda na FP, [°]  |
| $\alpha_M$       | srednji kut nagiba boka broda, [°]   |
| $\alpha_S$       | nagib boka broda na glavnom rebru, [°]                                       |
| $\alpha_{SKA}$   | nagib boka kaštela, [°]  |
| $\alpha_3$       | maksimalni nagib boka broda na 0.15 LWL od FP, [°]                           |
| $\beta$          | koeficijent korekcije omjera panela, [-]                                     |
| $\Phi_Z$         | koeficijent momenta otpora presjeka, [-]                                     |
| $\Delta$         | masa istisnine, [t]  |
| $\Delta(gen, x)$ | operator nejednolike mutacije, [-]   |
| $\nabla$         | volumen istisnine, [m <sup>3</sup> ]   |
| $\eta_R$         | propulzijski rotativni koeficijent, [-]                                      |
| $\eta_S$         | koeficijent prijenosa, [-]   |
| $\Phi$           | koeficijent u izrazu za $P_{dlb}$ , [-]                                      |
| $\varphi_i(x)$   | opći oblik funkcije cilja u optimizacijskoj PP-NRGA metodi, [-]              |
| $\gamma$         | koeficijent korekcije zbog zakrivljenosti oplata, [-]                        |
| $\gamma_W$       | specifična gustoća pitke vode, [t/m <sup>3</sup> ]                           |
| $\gamma_F$       | specifična gustoća goriva propulzije, [t/m <sup>3</sup> ]                    |
| $\lambda_{max}$  | maksimalna vrijednost vektora nul vrijednosti matrice A, [-]                 |
| $\theta_D$       | nagib dna broda na glavnom rebru u odnosu na ravninu osnovice, [°]           |
| $\theta_B$       | srednji nagib oplata dna u odnosu na osnovicu za određeni presjek broda, [°] |
| $\theta_S$       | srednji nagib oplata boka u stupnjevima na određenom presjeku broda, [°]     |
| $\theta_B$       | dinamički kut trima broda, [°]   |
| $\sigma_u$       | minimalna vlačna čvrstoća materijala osovinskog voda, [N/mm <sup>2</sup> ]   |
| $\sigma_s$       | granica razvlačenja materijala, [N/mm <sup>2</sup> ]                         |

|                   |   |
|-------------------|---|
| $A$               | potencijalno nekonzistentna matrica usporedbe parova kriterija, [-]   |
| $A_i$             | koeficijent u izrazu za vjerojatnost odabira jedinice, [-]  |
| $AA$              | protuzračni   |
| $A_{AOD}$         | dostupna površina otvorene palube, [m <sup>2</sup> ]  |
| $AAS$             | protuzrakoplovni obrambeni sustav   |
| $A_b$             | površina strukture bokova i nadvodnog dijela zrcala, [m <sup>2</sup> ]  |
| $A_{BT}$          | površina poprečnog presjeka bulba, [m <sup>2</sup> ]  |
| $A_{DA}$          | dostupna površina nadgrađa, [m <sup>2</sup> ]   |
| $A_{DIE}$         | zahtjevana površina usisa/ispuha, [m <sup>2</sup> ]   |
| $A_{DL}$          | zahtjevan površina za život i rad posade u nadgrađu, [m <sup>2</sup> ]  |
| $A_{sp}$          | površina glavne palube, [m <sup>2</sup> ]   |
| $A_{DR}$          | ukupna zahtjevana površina nadgrađa, [m <sup>2</sup> ]  |
| $A_{dz}$          | površina dna i zrcala do visine gaza, [m <sup>2</sup> ]   |
| $\frac{A_E}{A_0}$ | omjer površina vijka, [-]   |
| $A_f$             | minimalna površina poprečnog presjeka ukrepe, [cm <sup>2</sup> ]  |
| $A_{GU}$          | (OMOE - „overall measure of effectiveness“)<br>atribut globalne učinkovitosti ratnog broda, [-]                         |
| $A_{HA}$          | ukupna dostupna površina paluba trupa broda, [m <sup>2</sup> ]  |
| $A_{HAB}$         | zahtjevana površina po članu posade u trupu, [m <sup>2</sup> ]  |
| $A_{HIE}$         | zahtjevana površina usisa/ispuha kroz palube u trupu, [m <sup>2</sup> ]   |
| $A_{HL}$          | ukupna zahtjevana površina za smještaj posade u trupu, [m <sup>2</sup> ]  |
| $A_{HPR}$         | zahtjevana površina za smještaj naoružanja, zapovjedno informacijske i komunikacijske opreme u trupu, [m <sup>2</sup> ] |
| $A_{HR}$          | ukupna zahtjevana površina paluba u trupu, [m <sup>2</sup> ]  |
| $A_{HS}$          | zahtjevana površina skladišta u trupu, [m <sup>2</sup> ]  |
| $A_{HSF}$         | zahtjevana površina brodskih funkcija u trupu, [m <sup>2</sup> ]  |
| $A_k$             | minimalna površina poprečnog presjeka kobilice, [cm <sup>2</sup> ]  |
| $A_K$             | površina konstrukcijskog segmenta, [m <sup>2</sup> ]  |
| $A_M$             | površina glavnog rebra do vodne linije, [m <sup>2</sup> ]   |

|             |   |
|-------------|---|
| $A_{pp}$    | površina strukture poprečnih pregrada, [m <sup>2</sup> ]  |
| $A_{RAAR}$  | zahtjevana površina opreme motrilačkog i ciljničkog radara, [m <sup>2</sup> ]                   |
| $A_{RAG}$   | zahtjevana površina za smještaj pomoćnog diesel agregata za nuždu, [m <sup>2</sup> ]            |
| $A_{RAIS}$  | zahtjevana površina PZO sustava, [m <sup>2</sup> ]  |
| $A_{RASA}$  | zahtjevana površina borbenog kompleta PZO sustava, [m <sup>2</sup> ]                            |
| $A_{RASH}$  | zahtjevana površina oružnih sustava u trupu, [m <sup>2</sup> ]                                  |
| $A_{RASM}$  | zahtjevana površina protubrodskog raketnog sustava, [m <sup>2</sup> ]                           |
| $A_{RC4IH}$ | zahtjevana površina zapovjedno informacijske i komunikacijske opreme u trupu, [m <sup>2</sup> ] |
| $A_{RCR}$   | zahtjevana površina upravljačke kabine, [m <sup>2</sup> ]                                       |
| $A_{RDE}$   | zahtjevana površina palubne opreme, [m <sup>2</sup> ]   |
| $A_{RDEC}$  | zahtjevana površina mamaca, [m <sup>2</sup> ]   |
| $A_{REI}$   | ukupna zahtjevana površina usisa ispuha, [m <sup>2</sup> ]                                      |
| $A_{RFC}$   | površina palube kaštela, [m <sup>2</sup> ]  |
| $A_{RFFE}$  | zahtjevana površina protupožarne opreme u trupu, [m <sup>2</sup> ]                              |
| $A_{RHH}$   | zahtjevana površina komunikacijskih hodnika u trupu broda, [m <sup>2</sup> ]                    |
| $A_{RHS}$   | zahtjevana površina hodnika u nadgrađu, [m <sup>2</sup> ]                                       |
| $A_{RHSG}$  | zahtjevana površina vezana za hidroakustičku zamjetivost, [m <sup>2</sup> ]                     |
| $A_{RIH}$   | zahtjevana površina oblaganja i izolacije u trupu, [m <sup>2</sup> ]                            |
| $A_{RIS}$   | zahtjevana površina izolacije i oblaganja u nadgrađu, [m <sup>2</sup> ]                         |
| $A_{RLT}$   | zahtjevana površina lakog torpeda, [m <sup>2</sup> ]  |
| $A_{RMA}$   | zahtjevana površina jarbola, [m <sup>2</sup> ]  |
| $a_{RMS}$   | vertikalno ubrzanje izraženo kao RMS vrijednost, [g]  |
| $A_{RMSG}$  | zahtjevana površina sustava smanjenja magnetske zamjetivosti, [m <sup>2</sup> ]                 |
| $A_{RNBC}$  | zahtjevana površina NBC sustava, [m <sup>2</sup> ]  |
| $A_{ROD}$   | zahtjevana površina otvorene palube, [m <sup>2</sup> ]  |
| $A_{RRR}$   | zahtjevana površina radio kabine, [m <sup>2</sup> ]   |
| $A_{RSDH}$  | zahtjevana površina krmene palubne kućice, [m <sup>2</sup> ]                                    |
| $A_{RSG}$   | zahtjevana površina pramčanog topa, [m <sup>2</sup> ]   |
| $A_{RSR}$   | zahtjevana površina kormilarnice s navigacijskim stolom, [m <sup>2</sup> ]                      |
| $A_{RSRO}$  | zahtjevana površina mornarskog salona u trupu, [m <sup>2</sup> ]                                |
| $A_{RTH}$   | zahtjevana površina sanitarnih prostora u trupu, [m <sup>2</sup> ]                              |
| $A_{RTS}$   | zahtjevana površina sanitarnih prostora u nadgrađu, [m <sup>2</sup> ]                           |

|            |   |
|------------|---|
| $A_{RWS}$  | zahtjevana površina brodske radionice, [m <sup>2</sup> ]                        |
| $A_{SDC}$  | zahtjevana površina opreme SDC, [m <sup>2</sup> ]                               |
| $ASMS$     | protubrodski raketni sustav   |
| $A_T$      | uronjena površina zrcala, [m <sup>2</sup> ]                                     |
| $A_{TA}$   | ukupna dostupna površina paluba broda, [m <sup>2</sup> ]                        |
| $A_{TR}$   | ukupna zahtjevana površina broda, [m <sup>2</sup> ]                             |
| $AUT$      | autonomnost broda, [dana]   |
| $a_v$      | vertikalno ubrzanje težišta broda (prosjek 1/100 najviših), [g]                 |
| $A_{WL}$   | površina vodne linije, [m <sup>2</sup> ]  |
| $a_x$      | vertikalno ubrzanje na udaljenosti $x_a$ od AP, na statičkoj vodnoj liniji, [g] |
| $B$        | širina broda na glavnom rebru na vodnoj liniji, [m]                             |
| $B_A$      | površina poprečnog presjeka na FP / površina glavnog rebra, [-]                 |
| $B_C$      | širina trupa na uzvojnim tangencijalnim točkama, [m]                            |
| $B_d$      | širina broda na krmenom zrcalu na palubi čvrstoće, [m]                          |
| $B_{DT}$   | širina broda na krmenom zrcalu na vodnoj liniji, [m]                            |
| $B_{FP}$   | širina broda na FP, [m]   |
| $BGUN$     | pramčani top  |
| $B_{GR}$   | širina broda na glavnom rebru na palubi čvrstoće, [m]                           |
| $b_k$      | minimalna širina oplata kobilice, [mm]  |
| $B_m$      | maksimalna širina broda, [m]  |
| $B_N$      | širina nadgrađa, [m]  |
| $N_{CR}$   | broj članova posade, [-]  |
| $B_W$      | širina trupa broda na vodnoj liniji na LCG, [m]                                 |
| $c$        | koeficijent u izrazu za period ljuľjanja broda, [s/m <sup>0.5</sup> ]           |
| $C_{AA}$   | cijena protuzrakoplovnog sustava, [MEUR]  |
| $C_{ASMS}$ | cijena protubrodskeg raketnog sustava, [MEUR]                                   |
| $C_B$      | koeficijent punoće, [-]   |
| $C_{BG}$   | cijena pramčanog topa, [MEUR]   |
| $C_{BOPJ}$ | jedinična cijena brodske opreme i namještaja, [MEUR/t]                          |
| $C_{BPOJ}$ | jedinična cijena brodskih pomoćnih strojeva s ugradnjom, [MEUR/t]               |

|             |  |
|-------------|--|
| $C_{BS}$    | cijena broskog sustava temeljena na njegovoj masi, [MEUR]  |
| $C_{BT}$    | omjer širine broda na glavnom rebu na vodnoj liniji i gaza broda, [-]                                      |
| $C_{CREW}$  | cijena posade, [MEUR]  |
| $C_{CALJ}$  | jedinična cijena zapovjedno informacijske i komunikacijske opreme uključujući cijenu radova, [MEUR/t]      |
| $C_{DL}$    | volumetrijski koeficijent, [-]   |
| $C_{ELOPJ}$ | jedinična cijena električne opreme uključujući ugradnju, [MEUR/t]  |
| $C_F$       | koeficijent otpora trenja u skladu s ITTC-1957 [-]   |
| $C_{GORJ}$  | jedinična cijena goriva, [EUR/l]   |
| $C_{FL}$    | cijena goriva i maziva, [MEUR]   |
| $C_{GMB}$   | koeficijent omjera metacentarske visine i širine broda, [-]  |
| $C_I$       | indeks nekonzistentnosti matrice usporedbe parova kriterija, [-]   |
| $C_{LB}$    | omjer duljine broda na vodnoj liniji i širine broda na glavnom rebu na VL, [-]                             |
| $C_{LTOR}$  | cijena lakog torpeda, [MEUR]   |
| $C_{IT}$    | koeficijent redukcije momenta inercije vodne linije, [-]   |
| $C_{LH}$    | omjer duljine broda na vodnoj liniji i visine trupa broda na glavnom rebu, [-]                             |
| $C_M$       | koeficijent glavnog rebra, [-]   |
| $C_{MN}$    | cijena održavanja broda, [MEUR]  |
| $C_{MNP}$   | postotak cijene gradnje i opremanja broda u izrazu za cijenu održavanja broda, [%]                         |
| $C_{MSJ}$   | marža brodogradilišta kao frakcija cijene gradnje i opremanja broda, [%]                                   |
| $C_{NDJ}$   | jedinična cijena materijala nadgrađa koja uključuje i cijenu rada, [MEUR/t]                                |
| $C_{MTRJ}$  | jedinična cijena materijala trupa koja uključuje i cijenu rada, [MEUR/t]                                   |
| $C_{OPPJ}$  | jedinična cijena osovinskog voda i propulzora uključujući i cijenu rada, [MEUR/t]                          |
| $C_P$       | uzdužni prizmatički koeficijent, [-]   |
| $C_{PROJ}$  | jedinična cijena sustava propulzije (bez osovinskog voda i propulzora) uključujući i cijenu rada, [MEUR/t] |

|            |  |
|------------|--|
| $C_{PROP}$ | koeficijent ovisan o broju propulzora, [-]                                     |
| $C_{RD}$   | omjer duljine kaštela i duljine broda na vodnoj liniji, [-]                    |
| $C_{SJ}$   | profit brodogradilišta, [MEUR]   |
| $C_{TLC}$  | cijena ukupnog životnog ciklusa broda, [MEUR]                                  |
| $C_{TR}$   | omjer površine zrcala i površine glavnog rebra, [-]                            |
| $C_{WP}$   | koeficijent vodne linije, [-]  |
| $C_{WS}$   | koeficijent oplakane površine $C_{WS} = S / (L_{WL} \cdot \nabla)^{0.5}$ , [-] |
| $C_1$      | cijena materijala i gradnje trupa i nadgrađa, [MEUR]                           |
| $C_2$      | cijena propulzijskog sustava uključujući cijenu ugradnje, [MEUR]               |
| $C_3$      | cijena elektroenergetskog sustava uključujući cijenu ugradnje, [MEUR]          |
| $C_4$      | cijena zapovjedno informacijskih i komunikacijskih sustava s ugradnjom, [MEUR] |
| $C_5$      | cijena brodskih pomoćnih sustava s ugradnjom, [MEUR]                           |
| $C_6$      | cijena brodske opreme i namještaja s ugradnjom, [MEUR]                         |
| $C_7$      | cijena broskog naoružanja s ugradnjom, [MEUR]                                  |
| $D_C$      | omjer istisnine i duljine broda, [-]   |
| $d_f$      | minimalna visina rebrenica u simetralnoj ravnini, [mm]                         |
| $D_{MAX}$  | maksimalni promjer propelera, [m]  |
| $D_o$      | optimalni promjer propelera, [m]   |
| $D_p$      | promjer propelera, [m]   |
| $d_p$      | promjer osovinskih vodova, [mm]  |
| $E$        | parametar u izrazu za $P_{wl}$ , [kN/m <sup>2</sup> ]                          |
| $E_{DMF}$  | projektna margina snage, [-]   |
| $E_{FMF}$  | margina budućeg povećanja snage, [-]   |
| $EI$       | jedinična matrica, [-]   |
| $EMS$      | elektromagnetska zamjetivost   |
| $E_N$      | doplov broda, [NM]   |
| $END$      | doplov   |
| $f$        | faktor snage, [-]  |
| $F_{BI}$   | koeficijent u izrazu za koeficijent sustrujanja, [-]                           |
| $f_d$      | koeficijent tlaka forme broda za jednotrupce, [-]                              |



|                |  |
|----------------|--|
| $f_i(x)$       | opći oblik funkcija atributa u optimizacijskoj metodi PP-NRGA, [-]   |
| $Fitness(x_i)$ | vrijednosti funkcije cilja jedinki u populaciji, [-]   |
| $f_m(x)$       | funkcije atributa kod višekriterijske optimizacije, [-]  |
| $Fn$           | Froudeov broj, [-]   |
| $F_{RAVG}$     | prosječna potrošnja goriva uzimajući u obzir trošenje postrojenja, [g/kWh]   |
| $f_\sigma$     | koeficijent ograničenja savojnog naprezanja ukrepa i oplate, [-]   |
| $f_z$          | koeficijent vertikalne distribucije tlaka, [-]   |
| $f_{wb}$       | koeficijent gustoće pregrađivanja, [-]   |
| $F_0$          | nadvođe broda na AP, [m]   |
| $f_l$          | koeficijent korekcije potrošnje goriva zbog netočnosti instrumenata, [-]   |
| $F_{10}$       | nadvođe broda na LPP/2, [m]  |
| $F_{20}$       | nadvođe broda na FP, [m]   |
| $F_\nabla$     | $Fn \cdot \sqrt{Mo}$ , [-]   |
| $g$            | konstanta gravitacije, [m/s <sup>2</sup> ]   |
| $G_{AMAF}$     | specifična masa goriva, [m <sup>3</sup> /t]  |
| gen            | trenutna generacija  |
| gen_max        | maksimalan broj generacija   |
| $g_j(x)$       | jednakosne funkcije ograničenja, [-]   |
| $G_M$          | metacentarska visina, [m]  |
| $G_o$          | opseg presjeka broda na LCG na točkama koje definiraju tangentu od 50 stupnjeva na rebro u odnosu na osnovicu, [m]   |
| $HAS$          | hidroakustička zamjetivost   |
| $h_b$          | visina opterećenja (stupca vode) i to za oplatu se uzima udaljenost od točke na 1/3 visine oplate od njenog donjeg ruba do visine pregrade na boku, a za ukrepe udaljenost od sredine ukrepe do visine pregrade na boku broda, [m] |
| $h_B$          | položaj težišta površine poprečnog presjeka bulba u odnosu na osnovicu, [m]  |
| HC             | satna potrošnja goriva, [t/h]  |
| $H_{IP}$       | prosječna visina između paluba, [m]  |

|               |  |
|---------------|--|
| $H_{ME}$      | visina glavnih strojeva, [m]   |
| $h_k(x)$      | nejednakosne funkcije ograničenja  |
| $H_{MB\min}$  | minimalna visina strojarnice, [m]  |
| $H_{PRT}$     | prosječna visina broda, [m]  |
| $H_{rm}$      | koeficijent u izrazu za hidrodinamički tlak, [m]   |
| $H_{T0}$      | visina trupa broda na krmenom perpendikularu, [m]  |
| $H_{T10}$     | visina trupa broda na LPP/2, [m]   |
| $H_{T10\min}$ | minimalna visina trupa na glavnom rebru, [m]   |
| $H_{T20}$     | visina trupa broda na pramčanom perpendikularu, [m]  |
| $H_w$         | ograničenje valne visine iznad projektnog gaza, [m]  |
| $H_{1/3}$     | značajna valna visina, [m]   |
| $IRS$         | IC zamjetivost   |
| $iE$          | pramčani kut vodne linije mjeren između simetrale i tangente na VL u točki 1% LWL iza FP, [°]                                |
| $I_{xx}$      | moment inercije vodne linije oko uzdužne osi, [m <sup>4</sup> ]  |
| $(1+k_1)$     | koeficijent forme trupa, [-]   |
| $(1+k_2)$     | koeficijent otpora privjesaka, [-]   |
| $J$           | $U_a / (n \cdot D_p)$ , [-]  |
| $K_B$         | udaljenost od osnovice do težišta uzgona broda, [m]  |
| $k_c$         | iskustveni koeficijent cijene brodskog sustava, [MEUR/t]   |
| $K_G$         | vertikalni položaj težišta broda, [m]  |
| $K_{GMARG}$   | marginu $K_G$ , [m]  |
| $k_r$         | koeficijent forme valnog tlaka za jednotrupne brze brodove, [-]  |
| $k_s$         | koeficijent čelika povišene čvrstoće, [-]  |
| $K_T$         | $T / (\rho \cdot n^2 \cdot D_p^4)$ , [-]   |
| $K_{TK}(i)$   | konačni težinski koeficijenti u globalnoj učinkovitosti, [-]   |
| $K_{VKL}$     | koeficijent omjera brzine i korijena duljine vodne linije, [čv/(ft) <sup>0.5</sup> ] ili [0,9318((m/s)/(m) <sup>0.5</sup> )] |
| $L_{CB}$      | udaljenost težišta istisnine od glavnog rebra (%LWL/2), [%]  |
| $L_{OA}$      | duljina broda preko svega, [m]   |
| $L_{PP}$      | duljina broda između perpendikulara, [m]   |

|            |   |
|------------|---|
| $L_R$      | parametar u izrazu $(1 + k_1)$ , [-]  |
| $L_R$      | proračunska duljina broda po pravilima Lloyd Register, [m]                              |
| $L_S$      | duljina nadgrađa, [m]   |
| $L_{WL}$   | duljina vodne linije, [m]   |
| $LTOR$     | torpedno naoružanje   |
| $MEUR$     | milijun Eura  |
| $M_{GRE}$  | razlika mase broda u dvije uzastopne iteracije tijekom procesa uravnoteženja broda, [%] |
| $M_K$      | masa pojedinog segmenta brodske konstrukcije (paluba, bok, dno), [t]                    |
| $Mo$       | M okruglo, $L_{WL} / \nabla^{1/3}$ , [-]  |
| $M_{PO}$   | pretpostavljena vrijednost mase broda, [t]  |
| $MSS$      | maksimalna održiva brzina [m/s]   |
| $N$        | broj projektnih rješenja, [-]   |
| $n$        | broj strojeva u pogonu, broj okretaja propelera, [o/min]                                |
| $n_b$      | broj poprečnih pregrada, [-]  |
| $N_{DG}$   | broj instaliranih diesel agregata na brodu, [-]   |
| $NBC$      | nuklearno, kemijsko, biološki   |
| $N_{JLC}$  | broj godina životnog ciklusa, [-]   |
| $N_{PROP}$ | broj propulzora, [-]  |
| $OANS$     | opcije autonomnosti broda   |
| $OPENS$    | opcije doplova broda  |
| $OIRS$     | opcije IC zamjetivosti  |
| $OMAGS$    | opcija magnetske zamjetivosti   |
| $OMAT$     | opcije materijala trupa i nadgrađa  |
| $ONBC$     | opcije NBC zamjetivosti   |
| $OASMS$    | opcije protubrodskog raketnog sustava   |
| $OPSNS$    | opcije pogonskog sustava broda  |
| $OBGNS$    | opcije pramčanog topa   |
| $OAAS$     | opcije PZO sustava  |
| $ORS$      | opcije radarske zamjetivosti  |
| $OLTOR$    | opcije torpednog naoružanja   |
| $P$        | projektni tlak, [kN/m <sup>2</sup> ]  |

|              |  |
|--------------|--|
| $P_{bh}$     | tlak na vodonepropusnim pregradama, [kN/m <sup>2</sup> ]                           |
| $P_C$        | koeficijent propulzije, [-]  |
| $P_{dlb}$    | udarno opterećenje na dno broda, [kN/m <sup>2</sup> ]                              |
| $P_{dsl}$    | udarno opterećenje na bokove broda uslijed udaranja, [kN/m <sup>2</sup> ]          |
| $P_E$        | efektivna snaga pokretanja broda odgovarajućom brzinom, [kW]                       |
| $P_{EBAVG}$  | prosječna zahtijevana snaga motora na osovini kod ophodne brzine, [kW]             |
| $P_f$        | tlak uslijed udaranja na pramčani dio broda na vodnoj liniji, [kN/m <sup>2</sup> ] |
| $P_h$        | hidrostatički tlak na oplatu broda, [kN/m <sup>2</sup> ]                           |
| $P_i$        | vjerojatnost preživljavanja jedinke, [-]   |
| $P_{IDG}$    | snaga jednog instaliranog diesel agregata, [kW]                                    |
| $P_{ITOT}$   | konačna zahtijevana instalirana električna snaga, [kW]                             |
| $P_m$        | hidrodinamički tlak valova na oplatu broda, [kN/m <sup>2</sup> ]                   |
| $P_{MCR}$    | maksimalna kontinuirana snaga, [kW]  |
| $P_{PAT}$    | snaga potrebna za postizanje ophodne brzine, [kW]                                  |
| $P_p$        | hidrodinamički valni tlak, [kN/m <sup>2</sup> ]                                    |
| $P_S$        | koeficijent „tlaka odabira“ jedinke, [-]   |
| $P_{SH}$     | snaga na osovini pogonskog stroja, [kW]  |
| $P_{uQ}$     | kombinirana populacija projekata, [-]  |
| $P_{wl}$     | tlak na izloženu palubu i međupalube, [kN/m <sup>2</sup> ]                         |
| $P_{RAAS}$   | zahtijevana električna snaga protuzrakoplovnog sustava, [kW]                       |
| $P_{RACS}$   | zahtijevana električna snaga sustava klimatizacije, [kW]                           |
| $P_{RANC}$   | zahtijevana električna snaga sidrenog sustava, [kW]                                |
| $P_{RAMB}$   | zahtijevana električna snaga opreme u ambulanti, [kW]                              |
| $P_{RAMBAL}$ | zahtijevana električna snaga naplavljivanja komore streljiva i balasta, [kW]       |
| $P_{RAPROP}$ | zahtijevana električna snaga pomoćne propulzije, [kW]                              |
| $P_{RASM}$   | zahtijevana električna snaga protubrodskog raketnog sustava, [kW]                  |
| $P_{RBGUN}$  | zahtijevana električna snaga pramčanog topa, [kW]                                  |
| $P_{RBSON}$  | zahtijevana električna snaga pramčanog sonara, [kW]                                |

|              |   |
|--------------|---|
| $P_{RCE}$    | zahtijevana električna snaga komunikacijske opreme, [kW]  |
| $P_{RCS}$    | zahtijevana električna snaga komunikacijskih sustava na brodu, [kW]                                   |
| $P_{RCAI}$   | zahtijevana električna snaga zapovjedno informacijske i kom. opreme [kW]                              |
| $P_{RDEC}$   | zahtijevana električna snaga mamaca ciljeva, [kW]   |
| $P_{RDG}$    | zahtijevana snaga po jednom diesel agregatu, [kW]   |
| $P_{RDGS}$   | zahtijevana električna snaga sustava smanjenja magnetske zamjetivosti, [kW]                           |
| $P_{RDLS}$   | zahtijevana električna snaga detektora laserskog signala, [kW]  |
| $P_{RDR}$    | zahtijevana električna snaga sustava kaljuže i drenaže, [kW]<br>[kW]                                  |
| $P_{RDRS}$   | zahtijevana električna snaga detektora radarskog signala, [kW]  |
| $P_{REES}$   | zahtijevana električna snaga elektroenergetskog sustava broda, [kW]                                   |
| $P_{RFC}$    | zahtijevana električna snaga opreme za čuvanje i hlađenje hrane, [kW]                                 |
| $P_{RFD}$    | zahtijevana električna snaga sustava upravljanja paljbom, [kW]  |
| $P_{RFFS}$   | zahtijevana električna snaga protupožarnog sustava, [kW]  |
| $P_{RFH}$    | zahtijevana električna snaga sustava rukovanja gorivom, [kW]  |
| $P_{RHW}$    | zahtijevana električna snaga grijanja tople vode, [kW]  |
| $P_{RHSS}$   | zahtijevana električna snaga grijanja brodskih prostora, [kW]   |
| $P_{RKITC}$  | zahtijevana električna snaga opreme u kuhinji, [kW]   |
| $P_{RLT}$    | zahtijevana električna snaga torpednog naoružanja, [kW]   |
| $P_{RNBC}$   | zahtijevana električna snaga NBC sustava, [kW]  |
| $P_{RNR}$    | zahtijevana električna snaga navigacijskih radara, [kW]   |
| $P_{ROFR}$   | zahtijevana električna snaga uređaja u časničkom i dočasničkom salonu, [kW]                           |
| $P_{RPCAIA}$ | zahtijevana električna snaga sustava propulzije, zapovjedno informacijskih sustava i naoružanja, [kW] |
| $P_{RPEW}$   | zahtijevana električna snaga pulta za elektroničku borbu, [kW]  |
| $P_{RPLT}$   | zahtijevana električna snaga pulta torpednog naoružanja, [kW]   |
| $P_{RPROP}$  | zahtijevana električna snaga sustava propulzije, [kW]   |
| $P_{RPT}$    | zahtijevana električna snaga sustava za vez i tegalj, [kW]  |
| $P_{RRCS}$   | zahtijevana električna snaga sustava daljinskog upravljanja i signalizacije, [kW]                     |
| $P_{RRNE}$   | zahtijevana električna snaga preostale navigacijske opreme, [kW]                                      |

|             |   |
|-------------|---|
| $P_{R5}$    | zahtijevana električna snaga brodskih pomoćnih sustava, [kW]                              |
| $P_{R5ER}$  | zahtijevana električna snaga za osiguranje usluga na brodu, [kW]                          |
| $P_{R5EW}$  | zahtijevana električna snaga za manipulaciju crnim i sivim vodama, [kW]                   |
| $P_{RSS}$   | zahtijevana električna snaga potrebna za funkcioniranje pojedinih brodskih prostora, [kW] |
| $P_{RSTS}$  | zahtijevana električna snaga kormilarskog sustava, [kW]                                   |
| $P_{RTOT}$  | ukupna zahtijevana električna snaga na brodu, [kW]  |
| $P_{RVEN}$  | zahtijevana električna snaga ventilacije brodskih prostora, [kW]                          |
| $P_{RWAS}$  | zahtijevana električna snaga sustava orošavanja broda, [kW]                               |
| $P_{RWS}$   | zahtijevana električna snaga opreme u radionici i skladištima, [kW]                       |
| $R_A$       | korelacijski otpor model-brod, [kN]   |
| $R_{APP}$   | otpor privjesaka, [kN]  |
| $R_B$       | otpor bulba, [kN]   |
| $R_F$       | otpor trenja u skladu s ITTC-1957 izrazom, [kN]   |
| $R_T$       | ukupni otpor broda, [kN]  |
| $R_{TR}$    | otpor krmenog zrcala, [kN]  |
| $R_W$       | otpor valova za $0.4 < Fn < 0.55$ , [kN]  |
| $R_{W-A}$   | otpor valova za $Fn < 0.4$ , [kN]   |
| $RS$        | radarska zamjetivost  |
| $R_{W-B}$   | otpor valova za $Fn > 0.55$ , [kN]  |
| $Q$         | dječja populacija projekata, [-]  |
| $q$         | maksimalna nul vrijednost matrice W, [-]  |
| $q_K$       | masa konstrukcijskog segmenta po jedinici površine, [t/m <sup>2</sup> ]                   |
| $q_m$       | specifična potrošnja goriva kod nominalne snage stroja, [g/kWh]                           |
| $q$         | specifična potrošnja goriva, [g/kWh]  |
| $S$         | oplakana površina, [m <sup>2</sup> ]  |
| $s$         | raspon ukrepa, [mm]   |
| $S_{APP}$   | oplakana površina privjesaka, [m <sup>2</sup> ]   |
| $SFC_{EPE}$ | specifična potrošnja goriva kod ophodne brzine, [g/kWh]                                   |
| $SPA$       | brzina ophodnje, [čv]   |

|             |   |
|-------------|---|
| $SDC$       | borbena otpornost broda   |
| $t$         | koeficijent smanjenog poriva, [-]   |
| $T$         | gaz broda mjeren od osnovice koja prolazi najnižom točkom rebra najveće površine do vodne linije, [m] |
| $T_T$       | gaz broda na krmenom zrcalu, [m]  |
| $T_F$       | gaz na FP, [m]  |
| $t_k$       | minimalna debljina oplata kobilice, [mm]  |
| $t_p$       | debljina oplata trupa i nadgrađa, [mm]  |
| $T_S$       | period skladištenja, [dana]   |
| $T_T$       | gaz zrcala / gaz broda (T)  |
| $T_x$       | gaz broda na presjeku x od AP, [m]  |
| $t_w$       | minimalna debljina hrptenice, uzdužnih jakih nosača i rebrenica, [mm]                                 |
| $T_W$       | širina zrcala / širina glavnog rebra, [-]   |
| $U$         | brzina broda, [m/s]   |
| $U_a$       | brzina sustrujanja, [m/s]   |
| $U_E$       | ophodna brzina broda, [m/s]   |
| $U(i)$      | udaljenosti između projektnih rješenja u prostoru atributa, [-]                                       |
| $U_{MAX}$   | maksimalna brzina broda, [m/s]  |
| $U_S$       | maksimalna održiva brzina broda, [m/s]  |
| $V_{AVL}$   | volumen trupa iznad vodne linije, [m <sup>3</sup> ]   |
| $V_{BAL}$   | volumen tankova balasta, [m <sup>3</sup> ]  |
| $V_{Dmax}$  | maksimalni volumen nadgrađa razarača, [m <sup>3</sup> ]   |
| vel_pop     | veličina populacije   |
| $V_F$       | volumen goriva propulzije i proizvodnje električne energije na brodu, [m <sup>3</sup> ]               |
| $V_{FC}$    | volumen pramčanog kaštela, [m <sup>3</sup> ]  |
| $V_{FP}(i)$ | vrijednosti funkcije performansi, [-]   |
| $V_{FP}$    | volumen tankova goriva pogona broda, [m <sup>3</sup> ]  |
| $V_{HA}$    | ukupni dostupni volumen trupa broda, [m <sup>3</sup> ]  |
| $V_{HR}$    | ukupni zahtjevani volumen u trupu broda, [m <sup>3</sup> ]  |
| $V_{HT}$    | ukupni dostupni volumen trupa broda (uključen volumen kaštela), [m <sup>3</sup> ]                     |
| $V_{LO}$    | volumen tankova ulja za podmazivanje, [m <sup>3</sup> ]   |

|             |   |
|-------------|---|
| $V_{MB}$    | volumen strojarnice, [m <sup>3</sup> ]  |
| $V_{RS}$    | ukupni zahtjevani volumen nadgrađa, [m <sup>3</sup> ]   |
| $V_S$       | volumen nadgrađa, [m <sup>3</sup> ]   |
| $V_{SEW}$   | volumen tankova otpadnih voda, [m <sup>3</sup> ]  |
| $V_{TA}$    | ukupni dostupni volumen broda, [m <sup>3</sup> ]  |
| $V_{TK}$    | ukupni volumen tankova, [m <sup>3</sup> ]   |
| $V_{TOT}$   | ukupni dostupni volumen broda, [m <sup>3</sup> ]  |
| $V_{TR}$    | ukupni zahtjevani volumen broda, [m <sup>3</sup> ]  |
| $V_W$       | volumen tankova pitke vode, [m <sup>3</sup> ]   |
| $V_{WASTE}$ | volumen tankova otpadnog ulja, [m <sup>3</sup> ]  |
| $w$         | koeficijent sustrujanja, [-]  |
| $W$         | matrica omjera težinskih koeficijenata, masa broskog sustava, [t]   |
| $W_1$       | ukupna masa konstrukcije trupa i nadgrađa broda, [t]  |
| $W_{101}$   | masa jarbola, [t]   |
| $W_{102}$   | masa krmene palubne kućice, [t]   |
| $W_{103}$   | masa privjesaka i izdanaka, [t]   |
| $W_{104}$   | masa temelja u nadgrađu i na otvorenim palubama, [t]  |
| $W_{105}$   | masa konstrukcije trupa i nadgrađa broda bez privjesaka i izdanaka, jarbola, temelja na otvorenoj palubi i krmene palubne kućice, [t] |
| $W_{106}$   | masa nadgrađa, [t]  |
| $W_2$       | ukupna masa pogonskog sustava broda, [t]  |
| $W_{201}$   | masa osovinskih vodova, [t]   |
| $W_{202}$   | masa pomoćnog propulzora, [t]   |
| $W_{203}$   | masa propulzora, [t]  |
| $W_{204}$   | masa ostalih dijelova pogonskog sustava (ležajevi, brtvenice), [t]  |
| $W_{205}$   | masa propelera s promjenjivim usponom krila, [t]  |
| $W_{207}$   | masa propelera s fiksnim krilima, [t]   |
| $W_{210}$   | masa glavnih i pomoćnih strojeva, [t]   |
| $W_{2P}$    | masa propulzijskog sustava bez osovinskih vodova i propulzora, [t]  |
| $W_3$       | ukupna masa elektro energetskeg sustava broda, [t]  |
| $W_{301}$   | masa elektrokemijskih izvora električne energije, [t]   |
| $W_{302}$   | masa elektromotornih pogona, [t]  |
| $W_{303}$   | masa električne rasvjete, [t]   |



|                  |  |
|------------------|--|
| W <sub>304</sub> | masa ispravljača, pretvarača, transformatora i razvoda električne en., [t] |
| W <sub>305</sub> | masa kabela i nosača kabelskih trasa, [t]                                  |
| W <sub>307</sub> | masa sustava smanjenja magnetske zamjetivosti („Degausing“), [t]           |
| W <sub>4</sub>   | ukupna masa zapovjedno informacijskih i komunikacijskih sustava, [t]       |
| W <sub>401</sub> | masa ciljničkog radara, [t]  |
| W <sub>402</sub> | masa antena navigacijskih radara, [t]                                      |
| W <sub>403</sub> | masa elektro optičkog sustava, [t]   |
| W <sub>404</sub> | masa detektora laserskog signala, [t]                                      |
| W <sub>405</sub> | masa detektora radarskog signala, [t]                                      |
| W <sub>406</sub> | masa komunikacijske opreme, [t]  |
| W <sub>407</sub> | masa mamaca ciljeva, [t]   |
| W <sub>408</sub> | masa motrilačkog radara, [t]   |
| W <sub>409</sub> | masa opreme ciljničkog radara, [t]   |
| W <sub>410</sub> | masa opreme motrilačkog radara, [t]  |
| W <sub>411</sub> | masa opreme pramčanog sonara, [t]  |
| W <sub>412</sub> | masa pulta za elektroničku borbu i upravljanje mamcima, [t]                |
| W <sub>413</sub> | masa ostale navigacijske opreme, [t]                                       |
| W <sub>414</sub> | masa pulta navigacijskog radara, [t]                                       |
| W <sub>415</sub> | masa pramčanog sonara, [t]   |
| W <sub>416</sub> | masa pulta sonara i torpednog naoružanja, [t]                              |
| W <sub>417</sub> | masa računala i pulteva sustava upravljanja paljbom, [t]                   |
| W <sub>418</sub> | masa usmjerivača prema cilju, [t]  |
| W <sub>419</sub> | masa tegljenog sonara, [t]   |
| W <sub>5</sub>   | ukupna masa brodskih pomoćnih sustava, [t]                                 |
| W <sub>501</sub> | masa protupožarnih sustava i opreme, [t]                                   |
| W <sub>502</sub> | masa radne brodice, [t]  |
| W <sub>503</sub> | masa sanitarnog sustava, [t]   |
| W <sub>504</sub> | masa sustava ventilacije, klimatizacije i filtroventilacije, [t]           |
| W <sub>505</sub> | masa sustava kormilarenja, [t]   |
| W <sub>506</sub> | masa sustava morske vode, [t]  |
| W <sub>507</sub> | masa sustava za smanjenje IC zamjetivosti, [t]                             |
| W <sub>508</sub> | masa NBC sustava, [t]  |
| W <sub>509</sub> | masa upravljanja brodomskom centralom te brodskim alarmom, [t]             |

|                        |  |
|------------------------|--|
| <i>W<sub>6</sub></i>   | ukupna masa brodske opreme i namještaja, [t]             |
| <i>W<sub>601</sub></i> | masa boje i katodne zaštite, [t]                         |
| <i>W<sub>602</sub></i> | masa brodske ledenice, [t]                               |
| <i>W<sub>603</sub></i> | masa brodske radionice, [t]                              |
| <i>W<sub>604</sub></i> | masa izolacije pregradnih stijenki, [t]                  |
| <i>W<sub>605</sub></i> | masa materijala za lako pregrađivanje i oblaganje, [t]   |
| <i>W<sub>606</sub></i> | masa palubne opreme, [t]                                 |
| <i>W<sub>607</sub></i> | masa opreme borbene zaštite, [t]                         |
| <i>W<sub>608</sub></i> | masa opreme komore streljiva, [t]                        |
| <i>W<sub>609</sub></i> | masa opreme stambenih prostora, [t]                      |
| <i>W<sub>610</sub></i> | masa podnica, [t]  |
| <i>W<sub>611</sub></i> | masa opreme sanitarnih prostora, [t]                     |
| <i>W<sub>612</sub></i> | masa desalinizatora i vakuum sustava, [t]                |
| <i>W<sub>7</sub></i>   | ukupna masa brodskog naoružanja, [t]                     |
| <i>W<sub>702</sub></i> | masa opreme AA sustava, [t]                              |
| <i>W<sub>703</sub></i> | masa AA sustava, [t]                                     |
| <i>W<sub>705</sub></i> | masa opreme protubrodskog raketnog sustava, [t]          |
| <i>W<sub>706</sub></i> | masa opreme pramčanog topa, [t]                          |
| <i>W<sub>708</sub></i> | masa protubrodskog raketnog sustava, [t]                 |
| <i>W<sub>709</sub></i> | masa pramčanog topa, [t]                                 |
| <i>W<sub>710</sub></i> | masa AA sustava, [t]                                     |
| <i>W<sub>711</sub></i> | masa torpednog naoružanja, [t]                           |
| <i>W<sub>9</sub></i>   | ukupna varijabilna masa, [t]                             |
| <i>W<sub>901</sub></i> | masa balasta, [t]  |
| <i>W<sub>902</sub></i> | masa goriva, [t]   |
| <i>W<sub>903</sub></i> | masa hrane, [t]  |
| <i>W<sub>904</sub></i> | masa otpadnog ulja, [t]                                  |
| <i>W<sub>905</sub></i> | masa otpadnih voda, [t]                                  |
| <i>W<sub>906</sub></i> | masa pitke vode, [t]                                     |
| <i>W<sub>907</sub></i> | masa posade, [t]   |
| <i>W<sub>908</sub></i> | ukupna masa streljiva svih oružnih sustava na brodu, [t] |
| <i>W<sub>909</sub></i> | masa tekućina, [t]                                       |
| <i>W<sub>910</sub></i> | masa maziva, [t]   |

|           |   |
|-----------|---|
| $W_{912}$ | masa borbenog kompleta ASMS, [t]  |
| $W_{913}$ | masa borbenog kompleta BGUN, [t]  |
| $W_{914}$ | masa borbenog kompleta LTOR, [t]  |
| $W_{915}$ | masa borbenog kompleta AA, [t]  |
| $W_{BP}$  | masa goriva propulzije, [t]   |
| $W_{FE}$  | masa goriva propulzije, [t]   |
| $w_i$     | težinski koeficijenti kod izračuna $A_{GU}$ ratnog broda, [-]   |
| $W_{LS}$  | masa lakog broda, [t]   |
| $W_{MF}$  | koeficijent margine rasta brodskih masa, [-]  |
| $W_{M24}$ | masa margine, [t]   |
| $W_T$     | ukupna masa broda, [t]  |
| $Z$       | moment otpora presjeka primarnih i sekundarnih ukrepa, [cm <sup>3</sup> ]   |
| $Z_1$     | vertikalni položaj težišta mase konstrukcije broda, [m]   |
| $z$       | vertikalna koordinata od osnovice na kojoj se izračunava hidrostatički tlak, [m]  |
| $Z_{101}$ | vertikalni položaj težišta jarbola, [m]   |
| $Z_{102}$ | vertikalni položaj težišta mase palubne kućice, [m]   |
| $Z_{103}$ | vertikalni položaj težišta masa privjesaka i izdanaka, [m]  |
| $Z_{104}$ | vertikalni položaj težišta temelja u nadgrađu i na otvorenim palubama, [m]  |
| $Z_{105}$ | vertikalni položaj konstrukcije trupa i nadgrađa broda bez privjesaka i izdanaka, jarbola, temelja na otvorenoj palubi i krmene palubne kućice, [m] |
| $Z_2$     | vertikalni položaj težišta pogonskog sustava broda, [m]   |
| $Z_{201}$ | vertikalni položaj težišta osovinskih vodova, [m]   |
| $Z_{202}$ | vertikalni položaj težišta pomoćnog propulzora, [m]   |
| $Z_{203}$ | vertikalni položaj težišta FPP i CPP propulzora, [m]  |
| $Z_{204}$ | vertikalni položaj težišta ostalih dijelova pogonskog sustava (ležajevi, brtvenice), [m]  |
| $Z_{207}$ | vertikalni položaj težišta glavnih i pomoćnih strojeva od njihove osnovice, [m]   |
| $Z_{210}$ | vertikalni položaj težišta glavnih i pomoćnih strojeva od osnovice broda, [m]   |

|                        |  |
|------------------------|--|
| <i>Z<sub>3</sub></i>   | vertikalni položaj težišta masa elektro energetskog sustava broda, [m]                   |
| <i>Z<sub>301</sub></i> | vertikalni položaj težišta elektrokemijskih izvora električne energije, [m]              |
| <i>Z<sub>302</sub></i> | vertikalni položaj težišta elektromotornih pogona, [m]                                   |
| <i>Z<sub>303</sub></i> | vertikalni položaj težišta električne rasvjete, [m]                                      |
| <i>Z<sub>304</sub></i> | vertikalni položaj težišta ispravljača, pretvarača, transformatora, [m]                  |
| <i>Z<sub>305</sub></i> | vertikalni položaj težišta kabela i kabelskih trasa, [m]                                 |
| <i>Z<sub>306</sub></i> | vertikalni položaj težišta oprema upravljanja brodskom centralom, [m]                    |
| <i>Z<sub>307</sub></i> | vertikalni položaj težišta sustava smanjenja magnetske zamjetivosti, [m]                 |
| <i>Z<sub>308</sub></i> | vertikalni položaj težišta diesel agregata za nuždu, [m]                                 |
| <i>Z<sub>4</sub></i>   | vertikalni položaj težišta masa zapovjedno informacijskog i komunikacijskog sustava, [m] |
| <i>Z<sub>401</sub></i> | vertikalni položaj težišta ciljničkog radara, [m]  |
| <i>Z<sub>402</sub></i> | vertikalni položaj težišta antena navigacijskih radara, [m]                              |
| <i>Z<sub>403</sub></i> | vertikalni položaj težišta elektro optičkog sustava, [m]                                 |
| <i>Z<sub>404</sub></i> | vertikalni položaj težišta detektora laserskog signala, [m]                              |
| <i>Z<sub>405</sub></i> | vertikalni položaj težišta detektora radarskog signala, [m]                              |
| <i>Z<sub>406</sub></i> | vertikalni položaj težišta komunikacijske opreme, [m]                                    |
| <i>Z<sub>407</sub></i> | vertikalni položaj težišta mamaca ciljeva, [m]   |
| <i>Z<sub>408</sub></i> | vertikalni položaj težišta motrilačkog radara, [m]                                       |
| <i>Z<sub>409</sub></i> | vertikalni položaj težišta opreme ciljničkog radara, [m]                                 |
| <i>Z<sub>410</sub></i> | vertikalni položaj težišta opreme motrilačkog radara, [m]                                |
| <i>Z<sub>411</sub></i> | vertikalni položaj težišta opreme pramčanog sonara, [m]                                  |
| <i>Z<sub>412</sub></i> | vertikalni položaj težišta pulta za elektroničku borbu i upravljanje paljbom, [m]        |
| <i>Z<sub>413</sub></i> | vertikalni položaj težišta ostale navigacijske opreme, [m]                               |
| <i>Z<sub>414</sub></i> | vertikalni položaj težišta pulta navigacijskih radara, [m]                               |
| <i>Z<sub>415</sub></i> | vertikalni položaj težišta pramčanog sonara, [m]   |
| <i>Z<sub>416</sub></i> | vertikalni položaj težišta pulta sonara i torpednog naoružanja, [m]                      |
| <i>Z<sub>417</sub></i> | vertikalni položaj težišta računala i pulteva za sustav upravljanja mamcima, [m]         |
| <i>Z<sub>418</sub></i> | vertikalni položaj težišta usmjerivača prema cilju, [m]                                  |
| <i>Z<sub>419</sub></i> | vertikalni položaj težišta tegljenog sonara, [m]   |

|                  |   |
|------------------|---|
| Z <sub>5</sub>   | vertikalni položaj težišta masa brodskih pomoćnih sustava, [m]        |
| Z <sub>501</sub> | vertikalni položaj težišta protupožarnih sustava, [m]                 |
| Z <sub>502</sub> | vertikalni položaj težišta pomoćne brodice, [m]                       |
| Z <sub>503</sub> | vertikalni položaj težišta sanitarnog sustava, [m]                    |
| Z <sub>504</sub> | vertikalni položaj težišta sustava klime i ventilacije, [m]           |
| Z <sub>505</sub> | vertikalni položaj težišta sustava kormilarenja, [m]                  |
| Z <sub>506</sub> | vertikalni položaj težišta sustava morske vode, [m]                   |
| Z <sub>507</sub> | vertikalni položaj težišta IC sustava, [m]                            |
| Z <sub>509</sub> | vertikalni položaj težišta opreme upravljanja i nadzora, [m]          |
| Z <sub>6</sub>   | vertikalni položaj težišta masa skupine 6, [m]                        |
| Z <sub>601</sub> | vertikalni položaj težišta boje i katodne zaštite, [m]                |
| Z <sub>602</sub> | vertikalni položaj težišta brodske ledenice, [m]                      |
| Z <sub>603</sub> | vertikalni položaj težišta opreme brodske radionice i alata, [m]      |
| Z <sub>604</sub> | vertikalni položaj težišta opreme izolacije i oblaganja, [m]          |
| Z <sub>605</sub> | vertikalni položaj težišta lakih pregrada, [m]                        |
| Z <sub>606</sub> | vertikalni položaj težišta palubne opreme, [m]                        |
| Z <sub>607</sub> | vertikalni položaj težišta opreme borbene zaštite, [m]                |
| Z <sub>608</sub> | vertikalni položaj težišta opreme spremišta streljiva, [m]            |
| Z <sub>609</sub> | vertikalni položaj težišta opreme stambenih prostora, [m]             |
| Z <sub>610</sub> | vertikalni položaj težišta podnica, [m]                               |
| Z <sub>611</sub> | vertikalni položaj težišta opreme sanitarnih prostora, [m]            |
| Z <sub>612</sub> | vertikalni položaj težišta desalinizatora i vakuum sustava, [m]       |
| Z <sub>7</sub>   | vertikalni položaj težišta naoružanja, [m]                            |
| Z <sub>701</sub> | vertikalni položaj težišta pramčanog topa, [m]                        |
| Z <sub>702</sub> | vertikalni položaj težišta opreme PZO sustava, [m]                    |
| Z <sub>705</sub> | vertikalni položaj težišta opreme protubrodskog raketnog sustava, [m] |
| Z <sub>708</sub> | vertikalni položaj težišta protubrodskog raketnog sustava, [m]        |
| Z <sub>710</sub> | vertikalni položaj težišta PZO sustava, [m]                           |
| Z <sub>709</sub> | vertikalni položaj težišta opreme pramčanog topa, [m]                 |
| Z <sub>711</sub> | vertikalni položaj težišta torpednog naoružanja, [m]                  |
| Z <sub>9</sub>   | vertikalni položaj težišta varijabilnih masa, [m]                     |
| Z <sub>901</sub> | vertikalni položaj težišta balasta, [m]                               |
| Z <sub>902</sub> | vertikalni položaj težišta goriva, [m]                                |
| Z <sub>903</sub> | vertikalni položaj težišta zaliha hrane, [m]                          |

|             |  |
|-------------|--|
| $Z_{904}$   | vertikalni položaj težišta otpadnog ulja, [m]                              |
| $Z_{905}$   | vertikalni položaj težišta vode za piće, [m]                               |
| $Z_{906}$   | vertikalni položaj težišta otpadnih voda, [m]                              |
| $Z_{907}$   | vertikalni položaj težišta posade, [m]                                     |
| $Z_{908}$   | vertikalni položaj težišta streljiva oružnih sustava, [m]                  |
| $Z_{909}$   | vertikalni položaj težišta tekućina, [m]                                   |
| $Z_{910}$   | vertikalni položaj težišta maziva, [m]                                     |
| $Z_{911}$   | vertikalni položaj težišta varijabilnih masa, [m]                          |
| $Z_{912}$   | vertikalni položaj težišta borbenog kompleta ASMS, [m]                     |
| $Z_{913}$   | vertikalni položaj težišta borbenog kompleta pramčanog topa, [m]           |
| $Z_{914}$   | vertikalni položaj težišta borbenog kompleta LTOR, [m]                     |
| $Z_{915}$   | vertikalni položaj težišta borbenog kompleta AAS, [m]                      |
| $Z_{bh}$    | vertikalni položaj težišta poprečnih pregrada, [m]                         |
| $Z_{dz}$    | vertikalni položaj težišta strukture dna i zrcala, [m]                     |
| $Z_{GIR}$   | visina hrptenice broda, [m]  |
| $z_k$       | vertikalna udaljenost od osnovice do dna broda, [m]                        |
| $Z_{LS}$    | vertikalni položaj težišta lakog broda, [m]                                |
| $Z_{md}$    | vertikalni položaj težišta glavne palube, [m]                              |
| $Z_{ts}$    | vertikalni položaj težišta strukture bokova i nadvodnog dijela zrcala, [m] |
| $x$         | vektor nul vrijednosti matrice A, [-]                                      |
| $x_a$       | udaljenost od AP do točke na kojoj se računa vertikalno ubrzanje, [m]      |
| $X_{ADEC}$  | dostupna duljina izložene palube, [m]                                      |
| $x_i$       | projektne varijable projektnog modela, [-]                                 |
| $x_i^{(L)}$ | donja granica parametara projektnog modela, [-]                            |
| $x_i^{(U)}$ | gornja granica parametara projektnog modela, [-]                           |
| $x_i^m$     | vrijednost mutiranog gena, [-]   |
| $X_{FC}$    | duljina pramčanog kaštela, [m]   |
| $x_{LCG}$   | udaljenost LCG od AP, [m]  |
| $X_{MB}$    | duljina strojarnice, [m]   |
| $x^P$ i $x$ | vektori rješenja višekriterijske optimizacije, [-]                         |

|             |  |
|-------------|--|
| $X_{RAA}$   | zahtjevana duljina AA sustava, [m]           |
| $X_{RAN}$   | zahtjevana duljina sidrenog sustava, [m]     |
| $X_{RASM}$  | zahtjevana duljina ASMS, [m]                 |
| $X_{RBG}$   | zahtjevana duljina pramčanog topa, [m]       |
| $X_{RDECK}$ | zahtjevana duljina izložene palube, [m]      |
| $X_{RLT}$   | zahtjevana duljina torpednog naoružanja, [m] |
| $X_{RMAS}$  | zahtjevana duljina jarbola, [m]              |
| $X_{wl}$    | udaljenost od AP, [m]                        |

## POPIS SLIKA

|  |    |
|--|----|
| Slika 1. Projektna spirala ratnog broda  | 2  |
| Slika 2. Profil brzine ratnog broda za zadaću ophodnje i tranzita                      | 14 |
| Slika 3. Struktura višekriterijskog projektnog modela višenamjenskog ratnog broda      | 19 |
| Slika 4. Dijagram toka samouravnateženog dijela projektnog modela                      | 23 |
| Slika 5. Primjer poludeplasmankse forme  | 26 |
| Slika 6. Relativna snaga otpora u odnosu na omjer brzine i drugog korijena iz $L_{WL}$ | 27 |
| Slika 7. 3D prikaz brodske forme   | 28 |
| Slika 8. Geometrija glavnog rebra brodske forme  | 28 |
| Slika 9. Geometrija zrcala brodske forme   | 29 |
| Slika 10. Geometrija rebra na 0.15LWL od FP  | 30 |
| Slika 11. Ulazni kut vodne linije na pramcu  | 30 |
| Slika 12. Koeficijent sustrujanja  | 36 |
| Slika 13. Koeficijent smanjenog poriva   | 37 |
| Slika 14. Relativni rotativni koeficijent  | 38 |
| Slika 15. Određivanje brzine broda i promjera propelera za zadanu snagu                | 40 |
| Slika 16. Dostupni volumeni projektnog modela  | 42 |
| Slika 17. Volumen trupa iznad VL bez pramčanog kaštela                                 | 42 |
| Slika 18. Raspored prostora projektnog modela  | 48 |
| Slika 19. Određivanje vertikalnog položaja težišta pramčanog topa                      | 51 |
| Slika 20. Glavno rebro s primarnim nosačima  | 59 |
| Slika 21. Nedominirani Pareto front projekta ratnog broda veličine razarača            | 81 |
| Slika 22. Skup Pareto projektnih rješenja amfibijskog napadnog broda                   | 82 |
| Slika 23. Nedominirani Pareto front temeljen na cijeni, učinkovitosti i riziku         | 83 |
| Slika 24. Pareto nedomonirani front projektnog modela krstarice                        | 84 |
| Slika 25. Pareto nedominirani front višenamjenskog ratnog broda za litoralne vode      | 85 |
| Slika 26. Skup Pareto projektnih rješenja za projektni model patrolnog broda           | 86 |
| Slika 27. Ilustracija hijerarhijske strukture kod primjene AHP                         | 88 |
| Slika 28. Hijerarhijska struktura učinkovitosti ratnog broda                           | 93 |
| Slika 29. Vrijednosti funkcije performansi za ASMS                                     | 94 |
| Slika 30. Vrijednosti funkcije performansi za ophodnu brzinu                           | 94 |
| Slika 31. Vrijednosti funkcije performansi za pramčani top                             | 95 |
| Slika 32. Vrijednosti funkcije performansi za torpedno naoružanje                      | 95 |



|  |     |
|--|-----|
| Slika 33. Vrijednosti funkcije performansi za maksimalnu održivu brzinu  | 96  |
| Slika 34. Vrijednosti funkcije performansi za doplov   | 96  |
| Slika 35. Vrijednosti funkcije performansi za autonomnost  | 97  |
| Slika 36. Vrijednosti funkcije performansi za hidroakustičku zamjetivost   | 97  |
| Slika 37. Vrijednosti funkcije performansi AAS   | 98  |
| Slika 38. Vrijednosti funkcije performansi za IRS, EMS, RS, NBC  | 98  |
| Slika 39. Komponente cijene životnog ciklusa ratnog broda  | 99  |
| Slika 40. Primjer „krivulje učenja“  | 100 |
| Slika 41. Dijagram toka metode NSGA-II   | 107 |
| Slika 42. Izračun udaljenosti između pojedinih rješenja na jednom Pareto frontu                                  | 108 |
| Slika 43. Ilustracija NSGA-II algoritma  | 110 |
| Slika 44. Testna funkcija TNK iz [35]  | 112 |
| Slika 45. Test PP-NRGA metode na testnoj funkciji TNK iz [35]  | 112 |
| Slika 46. Test NSGA-II metode na testnoj funkciji TNK iz [35]  | 113 |
| Slika 47. Testna funkcija CTP1 iz [35]   | 113 |
| Slika 48. Test PP-NRGA metode na testnoj funkciji CTP1 iz [35]   | 114 |
| Slika 49. Test NSGA-II metode na testnoj funkciji CTP1 iz [35]   | 114 |
| Slika 50. Osnovna konstrukcija genetičkog algoritma  | 116 |
| Slika 51. Rulet s pripadnim površinama kromosoma   | 118 |
| Slika 52. Ilustracija Bakerovog odabira  | 120 |
| Slika 53. Ilustracija križanja dva kromosoma   | 121 |
| Slika 54. Ilustracija križanja dva kromosoma s dva presjecišta   | 121 |
| Slika 55. Dijagram toka integracije projektnog modela i primijenjene metode                                      | 125 |
| Slika 56. Forma ulaznih podataka programa MONAKO PRB   | 127 |
| Slika 57. Konvergencija skupova Pareto projektnih rješenja (za 10 različitih gen.)                               | 128 |
| Slika 58. Konvergencija skupova Pareto projektnih rješenja (za 5 različitih gen.)                                | 128 |
| Slika 59. Stabilnost izlaznih rezultata na tri uzastopna proračuna (300. gen.)                                   | 129 |
| Slika 60. Primjer skupa preferiranih Pareto projektnih rješenja  | 130 |
| Slika 61. Usporedba Pareto preferiranih proj. rješenja s postojećim projektom                                    | 132 |
| Slika 62. Usporedba Pareto skupova projektnih rješenja za različite vrijednosti ograničenja vertikalnih ubrzanja | 134 |
| Slika 63. Rezultati PP-NRGA i NSGA-II metode s testnim funk. iz [34] (I)   | 153 |
| Slika 64. Rezultati PP-NRGA i NSGA-II metode s testnim funk. iz [34] (II)  | 154 |
| Slika 65. Rezultati PP-NRGA i NSGA-II metode s testnim funk. iz [34] (III)                                       | 155 |

## POPIS TABLICA

|   |     |
|---|-----|
| Tablica 1. Zahtjevi za razvoj projektnog modela višenamjenskog ratnog broda             | 10  |
| Tablica 2. Broj projektnih varijabli, parametara, ograničenja i atributa                | 18  |
| Tablica 3. Varijable projektnog modela  | 21  |
| Tablica 4. Glavne izmjere i koeficijenti forme projektnog modela                        | 31  |
| Tablica 5. Mehanička svojstva materijala konstrukcijskih elemenata trupa i nadgrađa     | 55  |
| Tablica 6. Kriteriji pomorstvenosti za brodsku posadu                                   | 72  |
| Tablica 7. Kriteriji pomorstvenosti za trup broda jednotrupca                           | 73  |
| Tablica 8. Intenzitet važnosti kriterija po AHP   | 88  |
| Tablica 9. Primjer usporedbe parova dva kriterija                                       | 90  |
| Tablica 10. Primjer matrice usporedbe parova  | 90  |
| Tablica 11. Primjer proračuna težinskih koeficijenata iz matrice usporedbe parova       | 91  |
| Tablica 12. Specifični atributi u atributu globalne učinkovitosti $A_{GU}$ broda        | 92  |
| Tablica 13. Usporedba projekta A i najbližeg projekta s Pareto fronte                   | 133 |
| Tablica 14. Usporedba projekta A s najbližim projektima različitih vertikalnih ubrzanja | 135 |

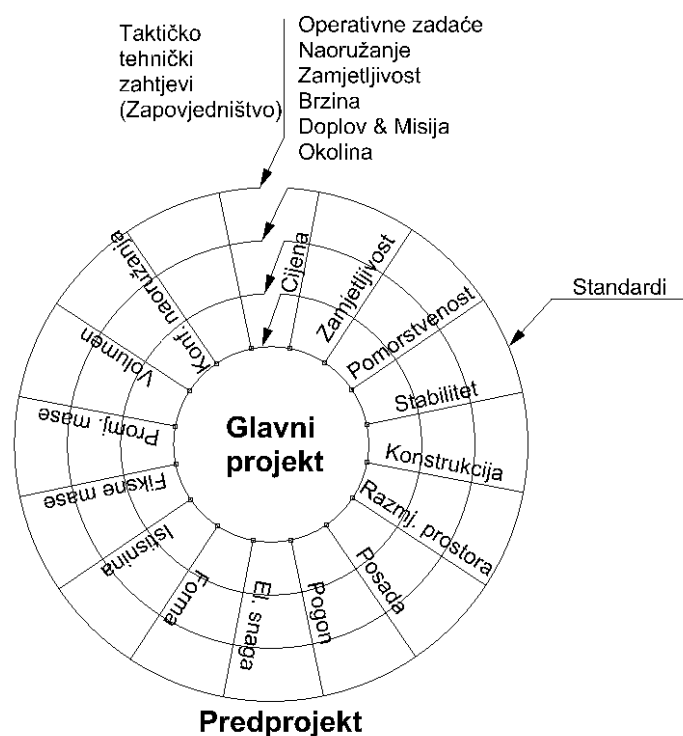
# 1 UVOD

Projektiranje ratnog broda je složen i kompleksan zadatak projektanta s obzirom na činjenicu da je ratni brod objekt koji se sastoji od niza podsustava koji su njegov dio i koji su međusobno ovisni, te predstavlja jedan od najsloženijih proizvoda. Glavni cilj projektiranja ratnog broda je postizanje projekta koji će zadovoljiti postavljene taktičko-tehničke zahtjeve koje određuje vlasnik broda odnosno naručitelj. Taktičko-tehnički zahtjevi su rezultat izrade studija koje prethode ili su dio procesa projektiranja ratnog broda. To je taktička studija koja se bavi raščlambom taktike uporabe postojećih pomorskih snaga, a njezin rezultat je identificiranje nedostataka u primjeni taktičkih scenarija. Pored taktičke studije izrađuju se studija konceptijskih rješenja, čiji cilj je razvijanje više konceptijskih rješenja koja će odgovoriti na nastalu potrebu (nedostatke). Slijedi studija izvedivosti kojom se dokazuje izvedivost predloženih rješenja, te se vrši njihova usporedba. Ratni brod je vrlo skup proizvod i navedene opsežne studije rezultiraju s velikim brojem konceptualnih projekata prije nego se odabere varijanta koja se razrađuje u daljnjem procesu detaljnog projektiranja broda. Navedene studije su usko vezane i za ostale strategijske obrambene dokumente neke zemlje koje daju određene smjernice u planiranju obrambenih aktivnosti. Najkreativniji dio u projektiranju ratnog broda je onaj koji se odnosi na razvijanje konceptualnog projekta, dok je preostali dio koji se odnosi na izradu glavnog i izvedbenog projekta uglavnom rutinski posao projektanta. Intencija ovog rada je upravo u davanju doprinosa izradi studija konceptijskih rješenja i studiji izvedivosti kroz izradu projektnog modela koji će omogućiti razvoj određenog broja konceptijskih projektnih rješenja te provjeru njihove izvedivosti. Nakon što je projekt broda završen i brod proizveden projektni zahtjevi se moraju dokazati tijekom provedbe pokusnih plovidbi na prototipu ako se radi o seriji brodova ili na jednom brodu.

## 1.1 Proces projektiranja ratnog broda

Standardan pristup projektiranja ratnog broda je primjenom projektne spirale za koju je karakterističan početak projektnog procesa od jedne projektne točke koju obično predstavlja neki postojeći brod (prototip). Zatim se u iterativnim postupcima pokušavaju poboljšavati njegove značajke (otpor, stabilitet, pomorstvenost itd.) kako bi se dobilo projektno rješenje koje je bolje od početnog. Primjer projektne spirale ratnog broda prikazan je na Slici 1. koja je preuzeta iz [1], a prikazuje temeljne dijelove svake iteracije projektnog procesa. Glavni nedostatak navedenog pristupa je u činjenici što on ne garantira dobivanje najboljih projektnih

rješenja koja bi bila bolja od postojećih. Proces je relativno spor i potreban je veći broj iteracija kako bi se došlo do zadovoljavajućeg rješenja. Pored navedenog, u procesu projektiranja ratnog broda počele su se primjenjivati i druge metode kao što je provedba parametarskih studija gdje se statističkom obradom parametara većeg broja ratnih brodova dolazi do podataka koji se mogu primijeniti kod određivanja glavnih izmjera i ostalih karakteristika ratnog broda. Pojavom višekriterijske optimizacije ta metoda se sve više primjenjivala u procesu projektiranja ratnog broda. Prednosti ove metode su u izboru projekata na temelju više atributa (kriterija), a jedan od nedostataka je što nije u svim slučajevima garantirala postizanje optimalnog projektnog rješenja tj. postojala je mogućnost završavanja rješenja u lokalnom optimumu. U posljednje vrijeme sve više se primjenjuje i višekriterijska optimizacija ratnog broda primjenom metoda direktnog traženja, metode skoka, te genetičkog algoritma. Glavna prednost ovakvog pristupa je što se njegovom primjenom postižu preferirana projektna rješenja koja se biraju iz Pareto skupa nedominiranih projektnih rješenja. Odabir preferiranih rješenja u odnosu na sva ostala rješenja u projektnom prostoru provodi se u nastavku procesa tijekom subjektivnog donošenja odluka o izboru konačnog rješenja.



Slika 1. Projektna spirala ratnog broda [1]

Prvom primjenom računala u procesu projektiranja ratnog broda u šezdesetim godinama XX stoljeća klasičan način projektiranja ratnog broda projektnom spiralom sve više gubi na značenju, a zamjenjuju ga nove naprednije metode koje teže prema sve boljim projektima broda. Teži se smanjenju vremena u ciklusu razvoja projekta kako bi se što brže i kvalitetnije moglo odgovoriti na zahtjeve naručitelja.

## **1.2 Prikaz dosadašnjih radova o projektiranju ratnog broda**

U [1] i [2] je prikazana metodologija projektiranja broda provedbom parametarskih studija koje su poslužile za odabir glavnih dimenzija i ostalih značajki broda. U [2] su posebno objašnjene nove metode koje se zasnivaju na optimizaciji broda tj. pronalaženju broda najmanje mase koji se ujedno smatrao i najboljim. Reed [3] je 1976. razvio računalni model projekta ratnog broda koji se zasniva na uravnoteženju broda s obzirom na zahtijevanu brzinu, površinu/volumen, početni stabilitet, globalnu čvrstoću, potrebnu električnu energiju, volumen tankova i ostale značajke koje je brod morao imati da bi zadovoljio postavljene zahtjeve. Posebnost ovog modela je u tome što se na temelju postavljenih taktičko-tehničkih zahtjeva iterativnim putem dolazilo do temeljnih geometrijskih značajki broda koji su predstavljali projektno rješenje minimalne istisnine koje je zadovoljavalo postavljene zahtjeve. U [4] je prikazan pristup konceptualnog projektiranja ratnog broda veličine korvete koji se temelji na parametarskim jednadžbama koje su bazirane na statističkoj obradi većeg broja brodova. Sedamdesetih i osamdesetih godina prošlog stoljeća u brodogradnji općenito, a posebno u ratnoj brodogradnji se počela primjenjivati metoda optimizacije broda. Zasniva se na generiranju skupa projektnih varijabli (npr. glavne dimenzije ili njihovi omjeri, koeficijenti trupa, brzina broda, broj brodova i sl.) koje su podložne određenim ograničenjima (minimalnim i maksimalnim vrijednostima), te ostalim kriterijima koji se očituju u relacijama pojedinih varijabli. Od svih mogućih kombinacija varijabli u obzir se uzimaju one koje zadovoljavaju gore navedena ograničenja tj. ona rješenja koja su izvediva. Takva rješenja se zatim ocjenjuju preko funkcije cilja. Optimalno rješenje je ono koje ima maksimalnu ili minimalnu vrijednost funkcije cilja od svih provedivih rješenja. Primjenjuju se dva pristupa, i to metoda direktnog traženja i metoda skoka. Kod direktne metode generiraju se projektna rješenja varirajući projektnu parametre koji se ocjenjuju, a temeljem ocjene projekata odabire se optimalno rješenje. Kod metode skoka dobivaju se informacije o lokalnoj promjeni funkcije cilja (skokovima), zatim se pretražuje projektni prostor u svim smjerovima. Kada se

pronađe točka funkcije koja u svim smjerovima ima skok približno jednak nuli ona predstavlja optimum. U slučaju da funkcija ima više lokalnih optimuma može se dogoditi da se pronađe lokalni optimum, a ne globalni, što je i jedan od glavnih nedostataka ove metode. Autori koji su se bavili navedenim područjem su, Mistree et al [5], Schneekluth & Bertram [2] i Žanić & Čudina [6]. Krajem prošlog stoljeća u projektnim modelima ratnog broda po prvi put se počima primjenjivati genetički algoritam. Prve radove na području razvoja i primjene genetičkog algoritma objavio je Holland [7] sa sveučilišta Michigan pedesetih godina prošlog stoljeća. Značajniji autori koji su nastojali dalje razvijati i poboljšavati primjenu genetičkog algoritma su Michalewicz & Zbigniew [8] . Jedan od prvih radova na području primjene genetičkog algoritma u području optimizacije ratnog broda načinio je Shahak 1998. u svom magistarskom radu [9]. Genetički algoritam zasniva se na generiranju jednog skupa projektnih rješenja koji se naziva generacija koja teže preživljavanju u sljedećem ciklusu, sukladno Darwinovoj teoriji preživljavanja najprilagođenijih. Projektna rješenja se ocjenjuju primjenom funkcije cilja čija vrijednost se naziva fitness, a ona rješenja koja su bolja imaju veći fitness i veću vjerojatnost preživljavanja. Projektna rješenja koja su preživjela se zatim „križaju“ što se simulira primjenom pojedinih operatora genetičkog algoritma. Nova projektna rješenja, potomci, predstavljaju novu generaciju koja bi trebala imati bolje projektne karakteristike od prethodne generacije. Nakon iterativnog ponavljanja gore navedenog procesa dolazi do konvergencije kada nastaju slične generacije i on se zaustavlja, a najbolje rješenje iz zadnje generacije predstavlja preferirano projektno rješenje. Osnovna razlika između primjene genetičkog algoritma i drugih metoda optimizacije je što genetički algoritam u svom jednom ciklusu generira populaciju projektnih rješenja u usporedbi s jednim rješenjem pri svakom koraku koje primjenjuju ostale metode optimizacije. Na taj način genetički algoritam omogućuje pretraživanje projektnog prostora u više smjerova što daje puno veće izgleda za pronalaženje rješenja iz skupine najboljih. Kod jednokriterijske optimizacije broda konačan rezultat je dobivanje optimuma po jednom kriteriju, a to je obično najmanja masa broda, dok kod višekriterijske postoji više kriterija koji su istovremeno u konfliktu pa ne možemo govoriti o dobivanju optimuma već o kompromisnom rješenju. Nadalje, višekriterijska optimizacija rezultira, umjesto s jednim najboljim rješenjem, sa skupom nedominiranih rješenja gdje se primjenjuje Pareto metoda za njihovo određivanje. Cilj ovog rada je u konačnici dobivanje skupa Pareto nedominiranih projektnih rješenja koji će biti potencijalni kandidati za odabir i ulazak u nastavak procesa detaljnog projektiranja ratnog broda. S obzirom na činjenicu da ratni brod nosi veliku količinu sofisticirane opreme i mora imati druge sposobnosti kao što su mala radarska, hidroakustička i infracrvena zamjetivost,

moćnost površinske, protuzračne i protupodmorničke borbe preferirano rješenje mora uzeti u obzir. U radovima koji su nastali u razdoblju od 2000. do 2010. godine model iz [9] nastoji se nadograditi kako bi se uzele u obzir sve važne taktičko-tehničke sposobnosti broda. Kod ovog pristupa radi se o određivanju uvjetnog ili kompromisnog rješenja zbog više kriterija (atributa) koji predstavljaju funkcije cilja. U [10] je predstavljena optimizacija ratnog broda koja uključuje učinkovit način pretraživanja projektnog prostora za nedomoniranim rješenjima. [11] prikazuje primjer višekriterijskog konceptualnog projekta logističkog broda u kojem su cijena, rizik i učinkovitost atributi cilja. [12] razrađuje metodologiju mjerenja rizika kao dio modela višekriterijske optimizacije ratnog broda, dok se [13] bavi praktičnom i kvantitativnom metodom mjerenja učinkovitosti ratnog broda. Značajan doprinos u području primjene metoda optimizacije u brodogradnji dali su i domaći autori od kojih su korišteni radovi Žanić et al [14] i Grubišić & Begović [15]. Iako je težište ovog rada u određivanju optimalnog projektnog rješenja ratnog broda, ključni dio konceptualnog modela se pored ljske genetičkog algoritma sastoji od samo-uravnoteženog modula koji automatski uravnotežava masu, površine i volumen broda. U njemu se iterativno proračunava otpor broda, bilanca električne energije, dostupne i zahtijevane mase i volumeni, te zahtijevane i dostupne površine na brodu dok se ne postigne ravnoteža navedenih parametara. Fokus rada je u definiranju projektnog modela ratnog broda u okvirima postavljenih ograničenja (forma, stabilitet, pomorstvenost) primjenom postojećih matematičkih metoda za odabir najpovoljnijih projekata uz zadovoljenje kriterija kao što su dobivanje dovoljnog broja nedominiranih projekata, te njihova dobra distribucija na Pareto plohi. Ovaj rad se bavi razvojem projektnog modela ratnog broda primjenom metode višekriterijske optimizacije i traženjem skupa Pareto optimalnih rješenja.

### **1.3 Zahtjevi za razvoj projektnog modela**

Predmetni projektni model bavi se manjim višenamjenskim brzim ratnim brodom veličine korvete. Korveta je ratni brod, manji od fregate, a veći od obalnih ophodnih brodova, lako naoružan, brz i vrlo upravljiv. Većina svjetskih mornarica, a posebno srednje i manje ga imaju u svom sastavu za djelovanje u obalnom ili litoralnom akvatoriju. U zadnje vrijeme je upravo trend u uvođenju u uporabu manjih brodova, relativno velike udarne moći i upravljivosti. Korvete su obično istisnine od 500 do 2000 t, dok u manjim mornaricama istisnina može biti i manja od 500 t. Duljina korvete kreće se u rasponu od 55 do 100 metara, a može biti i manja od 55 metara. Naoružanje korvete uglavnom se sastoji od protubrodskog raketnog sustava,

pramčanog topa srednjeg ili manjeg kalibra, sustava za protuzrakoplovnu obranu te protupodmorničkog naoružanja (torpeda i/ili dubinske bombe). Veće korvete mogu imati sposobnost nošenja manjeg helikoptera koji se koristi za izviđanje i protupodmorničku borbu. Kao primjer najnovijeg uvođenja korveta u flotni sastav je švedska Visby klasa, koji je sigurno jedan od najmodernijih brodova ove klase i u čijem projektiranju je maksimalno primijenjena najnovija tehnologija u cilju smanjenja zamjetivosti broda. Sjedinjene Američke Države uvode „Litoral Combat Ship“ koji je veličine korvete, njemačka mornarica „K130 Braunschweig“ klasu novih korveta, a sličan trend je i u mnogim drugim mornaricama. Kod projektiranja bilo kakvog proizvoda ili sustava kao prvi korak potrebno je definirati zahtjeve koji će odrediti osnovne okvire i značajke tog sustava. U ovom podpoglavlju će se definirati zahtjevi za izradu višekriterijskog konceptualnog projektnog modela generičkog tipa višenamjenskog ratnog broda. Da bi se napravio kvalitetan proizvod neophodno je imati jasne i kvalitetne zahtjeve koji definiraju kakav bi trebao biti konačan proizvod. Temeljna namjena višenamjenskog broda veličine korvete je sudjelovanje u obrambenim pomorskim operacijama s sposobnošću vođenja protubrodске borbe, protupodmorničke borbe, djelovanja po kopnenim ciljevima, vlastite AA i proturaketne obrane. Sporedna namjena broda bi se odnosila na zadaće protuterorističke borbe, traganje i spašavanje na moru, te pomoć civilnom stanovništvu u slučaju nepogoda. S obzirom na činjenicu da će se projektni model koristiti za potrebe projektiranja brodova u Republici Hrvatskoj za akvatorij Jadranskog mora veličina broda je u području manjih korveta čija istisnina bi se kretala od 350 do maksimalno 1000 tona. Procjena je da bi se duljina broda kretala u rasponu od 45 do maksimalno 65 metara. Na temelju značajki sličnih brodova u sastavu HRM te raščlambi korveta u [4] maksimalna održiva brzina broda bila bi u granicama od 28 do 35 čvorova, dok bi se ophodna brzina kretala u granicama od 18 do 22 čvora. Brzina ispod 28 čvorova je neprihvatljiva, dok postizanje brzina iznad 35 čvorova je izvedivo ali bi najvjerojatnije utjecalo na prekoračenje drugih zahtjeva kao što je pomorstvenost zbog relativno manjih gabarita broda. U cilju postizanja navedenih brzina forma broda je poludeplasmanskog tipa čije su detaljnije značajke opisane u podpoglavlju 3.1. Materijali trupa koji bi se primijenili u projektnom modelu bi se ograničili na primjenu standardnog brodograđevnog čelika, čelika povišene čvrstoće i aluminijske legure, dok bi nadgrađe u svim slučajevima bilo od aluminijske legure. U budućnosti model bi se mogao nadograditi i za primjenu drugih brodograđevnih materijala. Pogon broda mora biti dimenzioniran na način da se zadovolji postizanje maksimalne brzine broda unatoč činjenici što se ona vrlo rijetko koristi tijekom životnog ciklusa broda. Za vrijeme većeg dijela životnog ciklusa ratni brod plovi ophodnom brzinom koja se kreće u



granicama od 50 – 60% maksimalne brzine ili relativno malom opterećenju motora. Stoga je od velike važnosti dobro dimenzionirati ratni brod za ophodnu brzinu koja određuje jedan dobar dio troškova životnog ciklusa, dok je kod maksimalne brzine prihvatljiva i relativno velika potrošnja goriva. Ratni brod se uglavnom koristi kombiniranim pogonskim sustavom iz razloga što je s jednim pogonskim sustavom gotovo nemoguće ispuniti operativne zahtjeve za brzinom. Pogon broda bi se svodio na tri uobičajene vrste pogona ratnog broda:

- „CODOG“ – kombinacija diesel motora ili plinskih turbina,
- „CODAG“ – kombinacija diesel motora i plinskih turbina,
- „CODAD“ – kombinacija diesel motora.

CODOG je jedna od najčešćih opcija koja se koristi u ratnoj brodogradnji, diesel motori s ekonomičnom potrošnjom se koriste za manje brzine (ophodna ili ekonomična brzina), dok se za postizanje maksimalne održive brzine koriste plinske turbine. CODAG je opcija pogona koja za ophodnu brzinu koristi diesel motore kao kod CODOG-a, a za postizanje maksimalne održive brzine pored diesel motora istovremeno se koriste i plinske turbine. CODAD za ophodnu brzinu koristi jedan do dva diesel motora, a za maksimalnu brzinu sve raspoložive diesel motore. CODAD opcija pogona je odabrana iz razloga što se ona i do sada primjenjivala na sličnim brodovima HRM. U okviru opcija pogonskog sustava projektnog modela primijenjene su tri vrste propulzora: vodomlazni, propulzor s promjenjivim usponom krila (CPP – controllable pitch propeller) i propulzor s fiksnim usponom krila (FPP - fixed pitch propeller). Brod bi bio opremljen protubrodskim raketnim sustavom (ASMS) srednjeg dometa što proizlazi iz zahtjeva za sposobnošću vođenja protubrodske borbe. U projektnom modelu ASMS ima tri opcije koje su ovisne o broju raketa instaliranih na brodu. Za provedbu protupodmorničke borbe (PPB) brod je opremljen sa lakim torpedima (LTOR) koje su u projektnom modelu rangirane u tri opcije ovisno o broju torpeda na brodu. Za gađanje ciljeva na kopnu, za protuzrakoplovnu (AA) borbu i proturaketnu borbu brod je opremljen s pramčanim topom (BGUN). Projektni model predviđa tri opcije za pramčani top koje su ovisne o kalibru i konkretnom proizvođaču. Za AA borbu do srednjih visina (oko 6 km) brod je opremljen AA sustavom čije opcije su raketni AA sustav ili višecjevni AA i proturaketni top. Brod je opremljen sa sensorima za motrenje morske površine, zračnog prostora, te ispod morske površine, te ostalom potrebnom zapovjednom, komunikacijskom i navigacijskom opremom. Glavni senzori broda su motrilački radar za otkrivanje i praćenje ciljeva na morskoj površini i zraku, ciljnički radar spregnut s instaliranim topovima, elektro optički sustav (EOS), navigacijski radar, te pramčani sonar. U cilju učinkovite zaštite, brod je opremljen sa sustavom mamaca ciljeva, detektorom radarskog signala i detektorom laserskog signala.

Vezano za daljnju zaštitu broda i mogućnost smanjenja zamjetivosti broda projektni model ima slijedeće opcije koje uključuju ili isključuju ugradnju sustava na brod:

- sustav nuklearno – biološko-kemijske (NBC) filtroventilacije s pripadnim sensorima,
- radarska zamjetivost,
- infra crvena (IR) zamjetivost,
- elektromagnetska zamjetivost,
- hidroakustička zamjetivost.

Svaki od navedenih sustava utječe na globalnu učinkovitost broda u dijelu koji se odnosi na preživljavanje broda. NBC sustav predstavlja sustav filtroventilacije, koji se sastoji od senzora koji mjere kontaminiranost vanjske okoline, podsustava za filtriranje zagađenog vanjskog zraka, te zaštitu određenih brodskih prostora osiguravajući nadtlak u njima. Smanjenje radarske zamjetivosti se postiže na dva načina. Prvi se postiže izvedbom nadvodnog dijela konstrukcije u obliku nagnutih površina („stealth izvedba“), a drugi se odnosi na izolaciju vanjskih površina materijalima ili specijalnim bojama koje na neki način apsorbiraju radarske valove i onemogućuju im da se reflektiraju prema njihovom izvoru. Smanjenje IC zamjetivosti se postiže izvedbom na način da se površine brodske konstrukcije i opreme viših i visokih temperatura ugrađuju na manje izloženim mjestima, izoliraju ili hlade. Jedan od primjera je izvedba ispuha glavnih motora ispod morske površine. Elektromagnetska zamjetivost odnosi se na zaštitu broda od protubrodskih mina s elektromagnetskim upaljačem koji aktivira brodsko magnetsko polje. Elektromagnetsko polje broda se može neutralizirati ugradnjom na brod sustava zavojnica čije elektromagnetsko polje neutralizira ukupno magnetsko polje broda (tzv. Degausing magnetski sustav). Hidroakustička zamjetivost odnosi se na hidroakustički trag koji se širi s broda, a koji može aktivirati protubrodске mine s hidroakustičkim upaljačem. U projektnom modelu ova zamjetivost je povezana s vrstom propulzora koja je ugrađena na brod. Vodomlazni propulzor ima najmanji hidroakustički trag, FPP propulzor veći, dok bi CPP propulzor imao najveći hidroakustički trag tj. bio bi najnepovoljniji. Pored propelera na hidroakustičku zamjetivost utječe zvuk glavnih i ostalih brodskih strojeva koji se preko konstrukcije broda prenosi na more i širi dalje. Dobrom zvučnom izolacijom može se utjecat na smanjenje ove vrste zamjetivosti. Smanjenje svih navedenih vrsta zamjetivosti utječe na povećanje učinkovitosti broda dok istovremeno poskupljuje brod. Brod bi bio opremljen standardnom palubnom opremom, opremom trupa, kormilarskim uređajem, opremom za borbenu otpornost broda (protupožarna oprema, oprema za borbu protiv naplavlivanja u slučaju oštećenja broda), te opremom za spašavanje. U cilju postizanja što veće žilavosti broda i njegovih sustava pojedini brodski sustavi bi bili

duplicirani, a to se posebno odnosi na izvore i distribuciju električne energije po brodu. Brod bi morao biti potpuno operativan za uvjete okoliša koji su definirani gornjom vrijednošću stanja mora 4 prema WMO (World Meteorological Organization) skali iz [16] ( $H_{1/3} = 2.5$  metara). Ograničena operativnost broda očekuje se za stanja mora od 4 do 6 po istoj skali, a preživljavanje broda na najvišim stanjima mora na Jadranu. Doplov i autonomnost broda su izraženi kroz tri moguće opcije kako je prikazano u Tablici 1. Zahtjevi su prikazani u tabličnoj formi u Tablici 1. i dovoljni su za razinu konceptualnog projektiranja broda. Stavke u Tablici 1. koje imaju opcije će se varirati u projektnom modelu kako bi se generiralo više projekata koji će se ocjenjivati i rangirati u cilju dobivanja skupa preferiranih projekata. One stavke iz tablice zahtjeva koje nemaju opcije i za koje je naznačeno da su iste za sve projekte ostaju konstantne i nemaju bitnijeg utjecaja na ocjenjivanje, rangiranje i odabir preferiranih projekata. Iz navedenih zahtjeva proizlaze značajke koje utječu na globalnu učinkovitost broda, te ograničenja koja definiraju projektni prostor izvodivih projekata.

**Tablica 1. Zahtjevi za razvoj projektnog modela višenamjenskog ratnog broda**

| Rbr | Zahtjev                    | Opis  | Opcije  |
|-----|----------------------------|---|---|
| 1   | Forma broda                | Poludeplasmanska forma s dubokim V pramčanim rebrima i U krmenim rebrima.               | Projektne varijable forme se variraju kako bi se dobila najprikladnija forma.   |
| 2   | Materijal trupa i nadgrađa | Kombinacije materijala standardnog brodograđevnog čelika i Al legure.                   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Trup od standardnog brodograđevnog čelika, nadgrađe od Al legure</li> <li>2. Trup od čelika povišene čvrstoće, nadgrađe od Al legure</li> <li>3. Trup od aluminijske legure, nadgrađe od Al legure</li> </ol> |
| 3   | Pogon broda                | Kombinacije pogona s diesel strojevima i plinskim turbinama, te samo diesel strojevima. | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. CODOG s vodomlaznim ili FPP ili CPP propulzorom</li> <li>2. CODAG s vodomlaznim ili FPP ili CPP propulzorom</li> <li>3. CODAD s vodomlaznim ili FPP ili CPP propulzorom</li> </ol>                            |
| 4   | ASMS                       | Protubrodski raketni sustav srednjeg dometa.  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 2 rakete</li> <li>2. 4 rakete</li> <li>3. 8 raketa</li> </ol>   |
| 5   | BGUN                       | Pramčani top srednjeg kalibra.  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. BGUN malog kalibra 40 mm</li> <li>2. BGUN srednjeg kalibra 57 mm</li> <li>3. BGUN srednjeg kalibra 76 mm</li> </ol>   |
| 6   | LTOR                       | Lako torpeda za ASW.  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. LT 342 mm 2 kom</li> <li>2. LT 342 mm 4 kom</li> <li>3. LT 342 mm 6 kom</li> </ol>  |
| 7   | AA sustav                  | Protuzrakoplovni i proturaketni sustav.   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. AA višecjevni top 23 mm</li> <li>2. AA raketni sustav za srednje visine</li> </ol>  |
| 8   | Maksimalna održiva brzina  | Od 28 do 35 čvorova.  |   |
| 9   | Ophodna brzina             | Od 18 do 22 čvora.  |   |

**Tablica 1. Zahtjevi za razvoj projektnog modela višenamjenskog ratnog broda - nastavak**

|    |  |   |   |
|----|--|---|---|
| 10 | Doplov broda                                 | Doplov broda pri ophodnoj brzini.   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 1000 nautičkih milja (NM)</li> <li>2. 1250 NM</li> <li>3. 1500 NM</li> </ol>  |
| 11 | Autonomnost broda                            | Autonomnost broda u danima, a ovisi o veličini skladišnog prostora za hranu i pitku vodu na brodu.  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 7 dana</li> <li>2. 10 dana</li> <li>3. 15 dana</li> </ol>   |
| 12 | NBC sustav                                   |   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ugrađen NBC sustav</li> <li>2. Bez NBC sustava</li> </ol>   |
| 13 | Radarska zamjetivost                         |   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. „Stealth“ izvedba konstrukcije</li> <li>2. Obična izvedba konstrukcije</li> </ol>   |
| 14 | IR zamjetivost                               |   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Izvedba s reduciranom IC zamjetivošću</li> <li>2. Obična izvedba</li> </ol>   |
| 15 | Elektromagnetska zamjetivost                 |   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Izvedba s ugrađenim sustavom smanjenja magnetske zamjetivosti</li> <li>2. Izvedba bez sustava smanjenja magnetske zamjetivosti</li> </ol>                                       |
| 16 | Hidroakustička zamjetivost                   |   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Vodomlazni propulzor – najmanji hidroakustički trag</li> <li>2. FPP propulzor – velik hidroakustički trag</li> <li>3. CPP propulzor – vrlo velik hidroakustički trag</li> </ol> |
| 17 | Operativnost broda                           | Potpuna operativnost broda za stanje mora 4 po WMO skali ( $H_{1/3} = 2.5$ metara), te djelomična operativnost za stanje mora od 4 do 6 po istoj skali. |   |
| 18 | Glavni brodske senzori                       | Motrilački radar, navigacijski radari (S i X band), EOS, ciljnički radar, pramčani sonar. Ista oprema za sve projekte.                                  |   |
| 19 | Oprema za elektroničku borbu i zaštitu broda | Mamci ciljeva, detektor radarskog signala, detektor laserskog signala. Oprema ista za sve projekte.   |   |

**Tablica 1. Zahtjevi za razvoj projektnog modela višenamjenskog ratnog broda - nastavak**

|    |  |   |  |
|----|--|---|--|
| 20 | Brodski pomoćni sustavi                          | Brodski pomoćni sustavi standardne izvedbe isti za sve projekte.  |  |
| 21 | Oprema borbene otpornosti broda (SDC)            | SDC oprema standardne izvedbe ista za sve projekte.               |  |
| 22 | Zapovjedno informacijski i komunik. sustav (C4I) | C4I i navigacijska oprema zadnje generacije ista za sve projekte. |  |
| 23 | Sustav uprav. paljbom (SFD)                      | SFD zadnje generacije isti za sve projekte.                       |  |
| 24 | Navigacijska oprema                              | Navigacijska oprema ista za sve projekte.                         |  |

#### 1.4 Scenariji upotrebe višenamjenskog ratnog broda

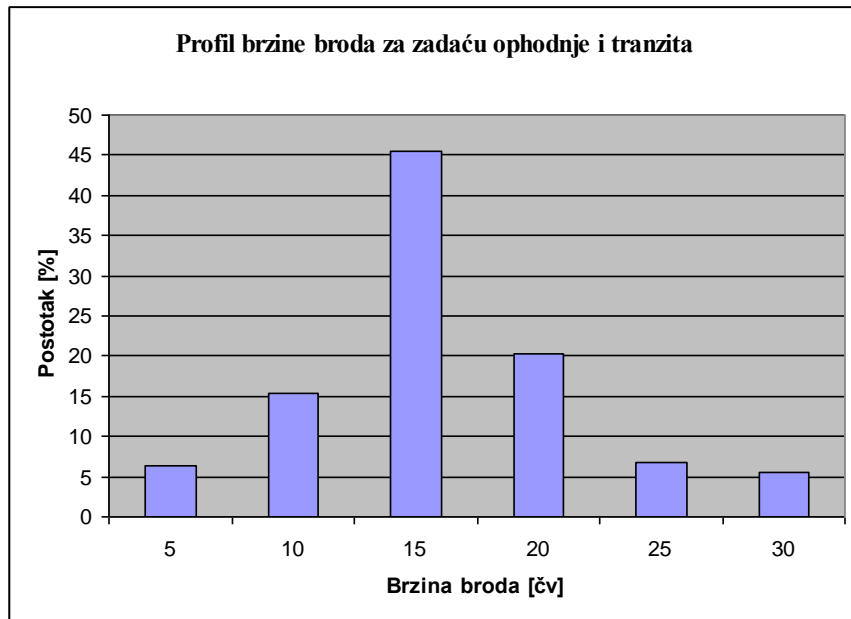
Svaka ratna mornarica ima vlastitu taktiku uporabe pomorskih snaga koja se temelji na pretpostavljenim scenarijima njene uporabe. Takve taktike ovise o procijenjenoj prijetnji, tehničkoj razini mornarice, okruženju te o nizu drugih faktora. Ovdje neće biti riječi o specifičnoj taktici bilo koje mornarice već će se općenito razmotriti scenarij upotrebe ratnog broda te kako on utječe na projekt ratnog broda. Upotreba ratnog broda može se generalno promatrati kao uporaba u ratu i miru. Scenariji višenamjenskog ratnog broda veličine korvete u ratu mogu se razložiti na misije ili zadaće kao što su:

- površinska borba,
- protupodmornička borba,
- protuzrakoplovna i proturaketna borba,
- ophodnja i tranzit.

Aktivnosti koje su u potpori ratnih zadaća su:

- opskrba broda na moru,
- održavanje i popravci brodskih sustava,
- održavanje spremnim broskog naoružanja.

Navedene misije i aktivnosti same za sebe ne predstavljaju smišljene scenarije i taktiku uporabe ratnog broda ali svaki scenarij se može opisat primjenom više navedenih aktivnosti. Jedan od najvažnijih operativnih zahtjeva koji proizlazi iz scenarija uporabe je profil brzine ratnog broda. Primjer profila brzine za zadaću ophodnje prikazan je na Slici 2. Iz profila brzine projektant može dobiti korisne informacije za dimenzioniranje propulzijskog sustava ratnog broda kao što je maksimalna brzina, ophodna brzina te ostale brzine i njihovi postotci u ukupnoj zadaći temeljem čega se mogu odrediti potrebni resursi pogonskog stroja. Simulacijom scenarija površinske borbe dolazi se do vrlo važnih operativnih zahtjeva za projekt kao što je domet i broj raketa protubrodskog raketnog sustava po plovnoj jedinici. Ovaj operativni zahtjev razmatra se kroz scenarij uporabe određenog dijela i cjelokupnih mornaričkih snaga pri čemu treba voditi računa o sinkroniziranoj uporabi više platformi na jedan cilj kako bi učinak bio što veći. Iz navedenog se može zaključiti da se projekt jednog ratnog broda ne može razmatrati kao zasebna cjelina već kao dio većeg sustava s kojim je u interakciji.



**Slika 2. Profil brzine ratnog broda za zadaću ophodnje i tranzita**

Detaljniji zahtjevi za dimenzioniranje protubrodskog raketnog sustava odnose se na značajke protubrodске rakete kao što je mogućnost programiranja njene putanje od platforme do cilja, visina leta iznad površine mora u završnom dijelu putanje, količina eksploziva te druge značajke. Scenarij protupodmorničke borbe temelji se na traženju protivničke podmornice za što se primjenjuju različite taktike te napad na podmornicu. Takvi scenariji obično uključuju uporabu više platformi i njihovo sinkronizirano djelovanje. Na temelju značajki protivničkih podmornica potrebno je dimenzionirati podvodne senzore broda te protupodmorničko naoružanje koje uključuje torpeda i dubinske bombe. Za djelovanje po protivničkim brodovima ili po ciljevima na obali i kopnu potrebno je simulirati taktičke scenarije uporabe pramčanog topa. On se koristi kao sekundarno naoružanje kada se radi o protubrodskoj borbi dok se može učinkovito koristiti za djelovanje po ciljevima na obali i kopnu. Pramčani top se također može koristiti i za obrambene svrhe protiv zrakoplova i raketa. Kao što je vidljivo za dimenzioniranje njegovih taktičko-tehničkih značajki moraju se razmotriti različiti scenariji te kompromisom doći do najprihvatljivijeg rješenja. U slučaju da se on dominantno koristi za uništavanje točkastih ciljeva na obali bilo bi potrebno razviti scenarije u kojima bi se razmotrile značajke tih ciljeva kao što je njihova veličina, broj ciljeva, grupiranost, debljina oklopa, značajke naoružanja koje koriste i slično. Na temelju tih podataka može se dimenzionirati pramčani top. Scenariji uporabe ratnog broda odnose se i na obrambene zadaće temeljem čega se određuju značajke obrambenog naoružanja kao što je protuzrakoplovni top ili neki drugi protuzrakoplovni ili proturaketni sustav. Značajke navedenog naoružanja proizlaze iz scenarija obrane od protivnika za kojeg se pretpostavlja



kakve vrste napadnog naoružanja može upotrijebiti. Npr. ratni brod može očekivati napad iz zraka helikopterom sa udaljenosti od maksimalno 5 km. Na temelju tih podataka može se dimenzionirati protuzrakoplovni top kako bi uspješno odgovorio na tu prijetnju. Obrambeno naoružanje za brod veličine manje korvete je krucijalno za njegovo preživljavanje jer takvi brodovi se mogu koristiti kako u borbenim grupama tako i samostalno. Sve navedeno upućuje na zaključak da jedan višenamjenski ratni brod je dio jedne veće cjeline s kojom mora biti u stalnoj komunikaciji, razmjenjivati potrebne informacije te reagirati po zapovijedi koje dobiva iz nadređenog zapovjedništva. Za uspješno djelovanje ratni brod mora biti opremljen zapovjedno informacijskim sustavima, sustavima motrenja nad morem i u podmorju, sustavima presretanja protivnikovih informacija, sustavima obmanjivanja i elektroničkim ometanjem protivnika što je od velike važnosti za učinkovito funkcioniranje i preživljavanje ratnog broda. Kako bi se najbolje odgovorilo na sve moguće scenarije uporabe ratnog broda potrebno je razviti više konceptualnih projekata ratnog broda od kojih se odabira jedan koji će najbolje odgovoriti na prijetnje iz scenarija taktičke uporabe ratnog broda. Iako je ratni brod projektiran za ratnu namjenu on najveći dio svog životnog ciklusa provede u miru te se i to mora uzeti u obzir kod njegova projektiranja. Takav zahtjev se može odnositi na pomorstvenost broda kako bi posadi bio ugodan boravak na moru. Ratni brod može imati i sporedne zadaće u miru kao što je traganje i spašavanje, borba protiv krijumčara, trgovaca ljudima i drogom, pomoć otočnom stanovništvu u uvjetima katastrofa itd. I takvi zahtjevi se mogu ugraditi kod definiranja taktičko-tehničkih zahtjeva za razvoj nove plovne platforme ratnog broda. Na temelju navedenih scenarija definiraju se taktičko-tehnički zahtjevi, a primjer hipotetičkih zahtjeva za potrebe predmetnog projektnog modela prikazan je u podpoglavlju 1.3. Razvijene zemlje za potrebe simuliranja scenarija taktičke uporabe ratnog broda primjenjuju kompjutorske simulacije tzv. „ratne igre“ kojima se simulira uporaba ratnog broda u različitim situacijama, analiziraju rezultati te donose zaključci o potrebnim značajkama nove platforme. Kod razvijanja scenarija uporabe ratnog broda i definiranje taktičko-tehničkih zahtjeva također je potrebno voditi računa i o raspoloživim financijskim resursima koji su u većini slučajeva ograničeni i značajnu utječu na konačne značajke nove plovne platforme.

## **2 CILJ, HIPOTEZA RADA I ZNANSTVENI DOPRINOS**

### **2.1 Cilj rada i hipoteza rada**

Cilj ovog istraživanja je usavršiti postojeće postupke projektiranja i odabira (poboljšanih) generičkih klasa ratnih brodova najpovoljnijim modeliranjem taktičkih i tehničkih značajki broda. U tu svrhu razvijen je napredni model konceptualnog projektiranja višenamjenskog ratnog broda generičkog tipa koji se može primijeniti za ratne i civilne potrebe. Projektni model se može primijeniti na konceptualnoj razini projektiranja, a njegov rezultat je skup Pareto prihvatljivih rješenja temeljenih na višekriterijskoj optimizaciji dok odluku o odabiru konačnog rješenja donosio naručitelj broda u posebnom postupku. Projektni model se temelji na višenamjenskom tipu ratnog broda. Hipoteza ovog rada je postavka da predloženi napredni projektni model omogućuje dobivanje projektnih rješenja koja su bolja od postojećih. U cilju potvrđivanja hipoteze ovog rada za postojeći ratni brod izvršena je višekriterijska optimizacija primjenom predmetnog projektnog modela, te „ručni“ proračun atributa bez primjene optimizacije. Dobiveni rezultati su uspoređeni i pokazuju gdje se nalazi postojeći projekt u odnosu na Pareto krivulju. Ovaj postupak može se provesti za više postojećih projektnih rješenja kako bi dobiveni rezultati bili što mjerodavniji.

### **2.2 Znanstveni doprinos rada**

Doprinos ovoga rada je u poboljšanju procesa donošenja odluka u postupku optimizacije projekta ratnog broda. U radu je razvijen matematički projektni model za optimizaciju generičkog tipa višenamjenskog ratnog broda. Razvijanje kriterija ocjenjivanja projekata omogućuje projektiranje ratnog broda putem automatiziranog pretraživanja projektnog prostora te dobivanje skupa Pareto optimalnih projekata. Predloženi višekriterijski konceptualni projektni model osigurava primjenu vlastitih ekspertnih znanja na višoj razini realizacije projekata ratnog broda.

### **3 MATEMATIČKI MODEL VIŠEKRITERIJSKOG KONCEPTUALNOG PROJEKTA VIŠENAMJENSKOG RATNOG BRODA**

#### **3.1 Opis projektnog modela**

Budući da se ovaj projektni model zasniva na višekriterijskoj optimizaciji on se sastoji od komponenti koje se mogu povezati sa općom teorijom višekriterijske optimizacije koja je prikazana u podpoglavlju 4.1. Matematički model višekriterijskog konceptualnog projekta višenamjenskog ratnog broda opisuje projektni model i sastoji se od sljedećih dijelova:

- Projektne varijable,
- Parametri projektnog modela,
- Ograničenja u projektnom modelu,
- Funkcije cilja ili atributi projektnog modela.

Projektne varijable se variraju u projektnom modelu te imaju najveći utjecaj na taktičko-tehničke značajke projektnih rješenja. Parametri projektnog modela se izračunavaju na temelju projektnih varijabli i ostaju konstantni tijekom jednog ciklusa proračuna. Konstante se ne mijenjaju tijekom izvršenja pripadnih proračuna u projektnom modelu i predstavljaju dio parametara. Konstante su dobro poznate vrijednosti ili imaju manji utjecaj na taktičko-tehničke značajke projektnog rješenja.

Ograničenja u projektnom modelu definiraju izvedivi dio projektnog prostora, a detaljno su objašnjena u podpoglavlju 3.6. Postavljanjem ograničenja projektni prostor se dijeli na izvedivi dio koji se nalazi unutar postavljenih ograničenja te na neizvedivi dio. Preferirana projektna rješenja se nalaze u izvedivom dijelu a određuju se primjenom metoda višekriterijske optimizacije kako je objašnjeno u poglavlju 4.

Glavni rezultati projektnog modela očituju se u dobivanju preferiranih projektnih rješenja. Projektna rješenja se rangiraju, ocjenjuju i odabiraju na temelju više kriterija koji predstavljaju funkcije cilja ili attribute. U konkretnom slučaju predmetnog projektnog modela postoje dva atributa: cijena životnog ciklusa broda i globalna učinkovitost broda koja se sastoji od većeg broja specifičnih atributa.

Cilj projektnog modela je dobivanje Pareto preferiranih projektnih rješenja minimizacijom cijene životnog ciklusa te istovremeno maksimizacijom učinkovitosti broda. Globalna učinkovitost sastoji se od niza specifičnih atributa koji utječu na učinkovitost broda kao što je

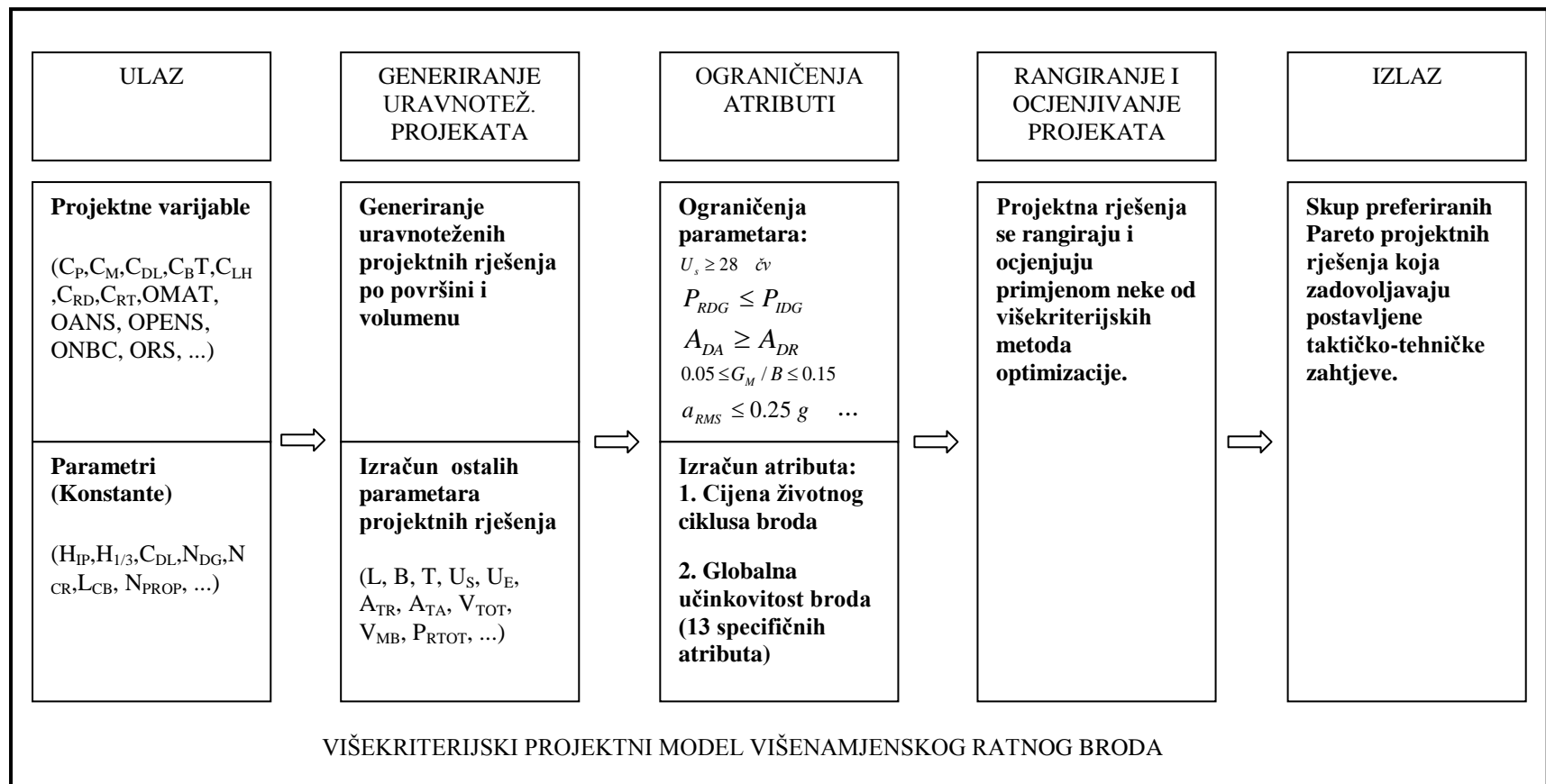
brzina broda, naoružanje koje brod nosi te ostale važne taktičko-tehničke značajke broda. Atributi projekta ratnog broda su opisani u podpoglavlju 3.7. U Tablici 2. prikazan je ukupan broj projektnih varijabli, parametara, ograničenja i atributa u projektnom modelu.

**Tablica 2. Broj varijabli, parametara, ograničenja i atributa u projektnom modelu**

| Broj projektnih varijabli | Broj parametara | Broj ograničenja | Broj atributa |
|---------------------------|-----------------|------------------|---------------|
| 19                        | 507             | 9                | 1+1(13)       |

### 3.2 Struktura projektnog modela

Na Slici 3. prikazana je struktura višekriterijskog projektnog modela višenamjenskog ratnog broda. Ulazne vrijednosti projektnog modela su projektne varijable i dio parametara (konstante). Projektne varijable se generiraju slučajno iz vrijednosti predefiniranog raspona i određuju značajke generiranih projektnih rješenja. Na temelju ulaznih vrijednosti u projektnom modelu se izračunavaju ostali parametri koji se odnose na sve ostale značajke broda kao što su glavne izmjere, volumeni, površine, potrebna energija, stabilitet i pomorstvenost. Tijekom izračuna parametara vrši se uravnoteženje projekata. Pored postizanja potrebne istisnine, dostupna površina i volumen takvih projekata mora biti približno jednaki zahtijevanoj površini i volumenu. U projektnom modelu definiraju se ograničenja pojedinih parametara te se na taj način određuje prostor izvedivih projekata. Projektni model također sadrži attribute na temelju kojih se iz izvedivog dijela projektnog prostora odabiraju preferirana projektna rješenja. Odabir preferiranih projektnih rješenja vrši se primjenom jedne od metoda višekriterijske optimizacije na način da se ona rangiraju i ocjenjuju prema atributima projektnog modela. Izlaz iz projektnog modela je skup preferiranih Pareto projektnih rješenja koji zadovoljavaju postavljene taktičko-tehničke zahtjeve.



Slika 3. Struktura višekriterijskog projektnog modela višenamjenskog ratnog broda

### 3.3 Projektne varijable

Projektne varijable opisuju projektni model i variraju se tijekom provedbe višekriterijske optimizacije te najviše utječu na taktičko-tehničke značajke ratnog broda. Projektne varijable mogu biti kontinuirane i diskretne. Kontinuirane se u projektnom modelu odnose na brodsku formu dok su sve ostale diskretne kao što je dano u detaljnom prikazu projektnih varijabli u Tablici 3. Projektne varijable višekriterijskog konceptualnog projektnog modela generičkog tipa višenamjenskog ratnog broda osim brodske forme opisuju i niz drugih taktičko tehničkih značajki broda kao što su opcije materijala trupa, pogona, doplova, te značajke zamjetivosti. Na taj način projektni model uključuje realne karakteristike projektnih rješenja koji se mogu ocjenjivati i rangirati primjenom Pareto metode i atributa što omogućuje usporedbu i odabir preferiranih projektnih rješenja. Projektne varijable projektnog modela se variraju kako bi se dobilo više usporedivih projektnih rješenja. Projektne varijable predstavljaju ulazne podatke u višekriterijski konceptualni projektni model višenamjenskog ratnog broda. Vrijednost projektnih varijabli u projektnom modelu određuje se slučajno primjenom generatora slučajnih brojeva. U Tablici 3. prikazane su projektne varijable projektnog modela sa pripadnim vrijednostima. Prvih sedam varijabli odnosi se na brodsku formu. Da bi se bolje opisao krmeni dio broda u dodana je varijabla  $C_{RT}$  koja predstavlja omjer površine uronjenog dijela krmenog zrcala u odnosu na površinu glavnog rebra. Projektne varijable forme kreću se u granicama koje su uobičajene za ovaj tip broda te nešto šire radi mogućnosti generiranja širokog spektra projekata koji će se ocjenjivati, rangirati i odabirati tijekom procesa odabira preferiranih projektnih rješenja. Minimalne i maksimalne vrijednosti parametara forme iz Tablice 3. su prikazane samo radi ilustracije te ovise o konkretnom tipu broda za koji će se koristiti predmetni projektni model. Projektna varijabla OMAT se odnosi na materijal čije mehaničke značajke su prikazane u Tablici 5. Projektna varijabla OPSNS odnosi se na 11 opcija pogonskog sustava ratnog broda koje ovise o konkretnoj kombinaciji glavnih strojeva i tipu propulzora. Značajke opcija pogona projektnog modela prikazane su u Prilogu 6. Projektna varijabla doplova broda ima tri opcije o kojima ovisi veličina tankova broda koji se proračunavaju za ophodnu brzinu broda.

**Tablica 3. Varijable projektnog modela**

| Rbr   | Varijabla | Opis  | Minimalna vrijednost | Maksimalna vrijednost |
|---|-----------|---|----------------------|-----------------------|
| Varijable forme broda   |           |   |                      |                       |
| 1   | $C_P$     | Uzdužni prizmatički koeficijent   | 0.55                 | 0.75                  |
| 2   | $C_M$     | Koeficijent glavnog rebra   | 0.55                 | 0.85                  |
| 3   | $C_{DL}$  | Volumetrijski koeficijent   | 1.0                  | 5.0                   |
| 4   | $C_{BT}$  | Omjer B i T   | 2.5                  | 5.0                   |
| 5   | $C_{LH}$  | Omjer L i H   | 7.0                  | 13.0                  |
| 6   | $C_{RD}$  | Omjer duljine od AP do početka kaštela i LWL  | 0.45                 | 0.55                  |
| 7   | $C_{RT}$  | Omjer uronjene površine zrcala i glavnog rebra  | 0.4                  | 0.6                   |
| Varijable materijala, pogona, doplova autonomnosti, naoružanja i zamjetivosti |           |   |                      |                       |
| 8   | OMAT(i)   | Opcije materijala trupa i nadgrađa  | i=1,...,3            |                       |
| 9   | OPSNS(i)  | 11 opcija pogonskog sustava broda predefiniirano je u projektnom modelu s obzirom na glavne pogonske strojeve i tip propulzora (vidi Prilog 2.) | i=1,...,11           |                       |
| 10  | OPENS(i)  | Opcije doplova broda  | i=1,...,3            |                       |
| 11  | OANS(i)   | Opcije autonomnosti broda   | i=1,...,3            |                       |
| 12  | OBGNS(i)  | Opcije pramčanog topa   | i=1,...,3            |                       |
| 13  | OASMS(i)  | Opcije protubrodskog raketnog sustava   | i=1,...,3            |                       |
| 14  | OLTOR(i)  | Opcije torpednog naoružanja   | i=1,...,3            |                       |
| 15  | OAAS(i)   | Opcije AA sustava   | i=1,...,2            |                       |
| 16  | ORS(i)    | Opcije radarske zamjetivosti  | i=1,...,2            |                       |
| 17  | OIRS(i)   | Opcije IR zamjetivosti  | i=1,...,2            |                       |
| 18  | OMAGS(i)  | Opcija magnetske zamjetivosti   | i=1,...,2            |                       |
| 19  | ONBC(i)   | Opcija NBC zamjetivosti   | i=1,...,2            |                       |

Projektne varijable autonomnosti broda se odnosi na autonomnost broda, a ovisna je o količini zaliha hrane i vode za piće. Sukladno ovoj varijabli dimenzioniraju se kapaciteti skladišta hrane na brodu i veličina tankova vode za piće. Projektne varijable vezane za naoružanje odnose se na pramčani top, protubrodski raketni sustav, torpedno naoružanje te AA sustav. Njihove opcije očituju se u količini i vrsti naoružanja po proizvođaču te pripadnih kompleta streljiva. Projektne varijable zamjetivosti broda imaju dvije opcije: obična izvedba kod koje sustavi reduciranja zamjetivosti broda nisu ugrađeni na brod, te izvedba kod koje su isti ugrađeni na brod. Podaci o karakteristikama pojedinih sustava, naoružanja i opreme vezano za navedene projektne varijable kao što su masa, vertikalni položaj težišta, zahtijevana površina, zahtijevana električna snaga su pohranjene u obliku baze podataka, te se koriste u

proračunima samouravnoteženog dijela projektnog modela. Katalozi naoružanja i opreme koji su korišteni za formiranje navedene baze podataka referirani su u literaturi od [53] do [62].

### **3.4 Parametri projektnog modela**

Parametri projektnog modela su pojedine značajke broda koje se izračunavaju na temelju projektnih varijabli. Karakteristični primjeri parametara su vrijednosti parametara duljine broda, širine broda, gaza broda, maksimalne održive brzine, ophodne brzine, zahtijevanog ukupnog volumena broda, vertikalnih ubrzanja koje se izračunavaju na temelju vrijednosti ulaznih projektnih varijabli forme broda. Ovaj projektni model sadrži 507 parametara koji se odnose na otpor, bilancu električne energije, volumen tankova, zahtijevani i dostupni volumen i površine broda, početni stabilitet i pomorstvenost.

Jedan dio projektnih parametara ostaje konstantan. To su parametri koji ne utječu značajno na projektni model ili se projektni model pojednostavljuje na navedeni način. Primjer parametara koje mogu biti konstantne u projektnom modelu su prosječna visina između paluba, raspon i razmak primarnih i sekundarnih ukrepa broda, broj posade, broj instaliranih diesel generatora i slično. Parametri projektnog modela su detaljno prikazani u podpoglavljju 3.5, a odnose se na brodsku formu, otpor broda, dostupan volumen trupa i nadgrađa, bilance potrebne električne energije, zahtijevanih i dostupnih volumena i površina broda, proračun masa i centracije, stabiliteta i pomorstvenosti. U podpoglavljju 3.5.1.1 i 3.5.1.2 skupa sa parametrima brodske forme prikazane su i projektne varijable brodske forme (bezdimenzionalni koeficijenti forme). Ovo je naglašeno iz razloga striktnog razgraničenja projektnih varijabli, parametara, ograničenja i atributa.

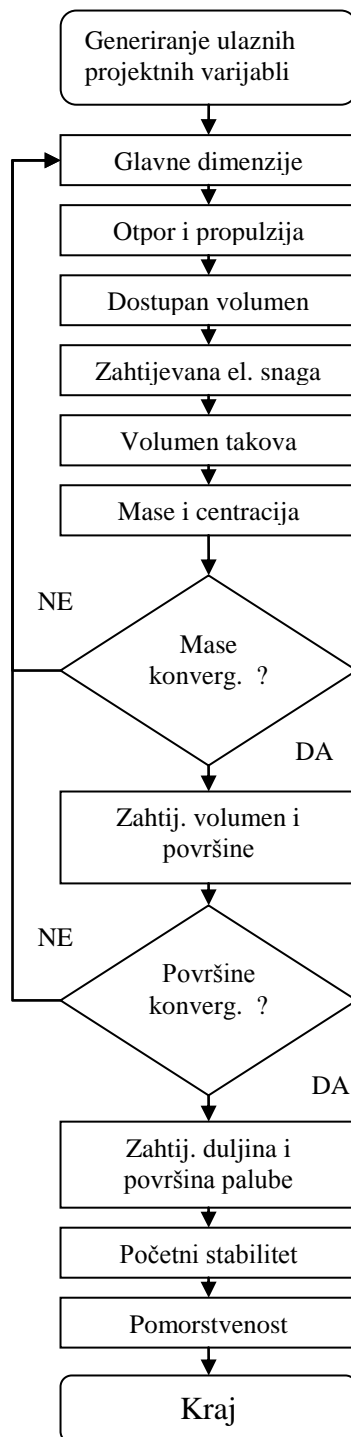
### **3.5 Postupak samouravnotežavanja projektnih rješenja**

Za model je od krucijalne važnosti strukturiranje parametara, redosljed izvedbe i povezanost pojedinih cjelina što čini poseban dio projektnog modela koji se naziva samouravnoteženi dio projektnog modela.

U ovom podpoglavljju je opisan proces uravnoteženja broda u cilju dobivanja projekata koji za zadane ulazne varijable projektnog modela daju brod uravnotežen po masama, površinama i volumenima koji su jednaki zahtijevanim. U podpoglavljima od 3.5.1 do 3.5.11 opisan je dio matematičkog modela tj. izrazi koji su korišteni u samouravnoteženom dijelu projektnog modela. Dijagram toka koji opisuje redosljed izvođenja pojedinih dijelova



samouravnoteženog dijela modela, te iterativne petlje kojima se postiže uravnoteženje projekta prikazan je na Slici 4.



**Slika 4: Dijagram toka samouravnoteženog dijela projektnog modela**

Nakon generiranja ulaznih varijabli projektnog modela, vrši se sukcesivni proračun glavnih dimenzija projekta, otpora broda, dostupnog volumena, zahtijevane električne snage, volumena tankova, te masa i centracije toliko dugo dok se ne postigne uravnoteženje masa. Projekt uravnotežen po masama znači dobivanje projekta potrebne istisnine za zadane ulazne projektne varijable (omjere i koeficijente brodske forme) i opterećenje broda (naoružanje, streljivo, oprema, posada itd.). Parametri koji se odnose na glavne dimenzije se koriste u svim ostalim komponentama, dok se parametri svake komponente koriste kao ulazni parametri slijedeće komponente u nizu. Npr. parametri otpora koriste za izračun volumena tankova, parametri volumena koriste se u modulu za izračun potrebne električne snage, itd. Kod prvog izračuna glavnih dimenzija broda pretpostavi se početna vrijednost mase istisnine broda, koja tijekom procesa konvergira prema zahtijevanoj masi istisnine broda. Ovisno o postavljenoj toleranciji, obično nakon 4 do 6 iteracija mase konvergiraju tj. dolazi se do projekta potrebne istisnine. Nakon konvergencije masa izračunavaju se dostupne i zahtijevane površine projekta koje se uravnotežuju primjenom izraza (338) tj. traženjem nul vrijednosti volumena nadgrađa. Traženje nul vrijednosti volumena nadgrađa je iterativno tj. volumen nadgrađa se korigira dok se ne dobije uravnoteženje zahtijevane i dostupne površine projekta. Za ovu potrebu u projektnom modelu korištena je metoda sekante koja je pouzdana, brzo konvergira i uvijek se dolazi do traženog rješenja kada je ono u području u kojem se izmjenjuje predznak promatrane funkcije. Nakon konvergencije površina koja se obično događa nakon 4 – 5 iteracija vrši se izračun početnog stabiliteta, pomorstvenosti te zahtijevane i dostupne duljine i površine otvorene palube. Ponekad se može dogoditi da mase ne konvergiraju i to je vrlo rijetko dok kod površina to može biti i češće. Takva rješenja koja ne konvergiraju se odbacuju i ne razmatraju u daljnjem tijeku projektnog modela.

Za izračun glavnih dimenzija broda primjenjuju se izrazi:

$$L_{WL} = 10 (\nabla / C_{DL})^{1/3} \quad [m] \quad (1)$$

$$B = (C_{BT} \cdot \nabla) / (C_P \cdot C_M \cdot L_{WL})^{1/2} \quad [m] \quad (2)$$

$$T = \nabla / (C_P \cdot C_M \cdot L_{WL} \cdot B) \quad [m] \quad (3)$$

$$H_{T10} = L_{WL} / C_{LH} \quad [m] \quad (4)$$

Projektne varijable brodske forme generiraju se primjenom generatora slučajnih brojeva u odgovarajućim rasponima, a primjer generiranja populacije uravnoteženih projekata prikazan je u Prilogu 3. i 4.

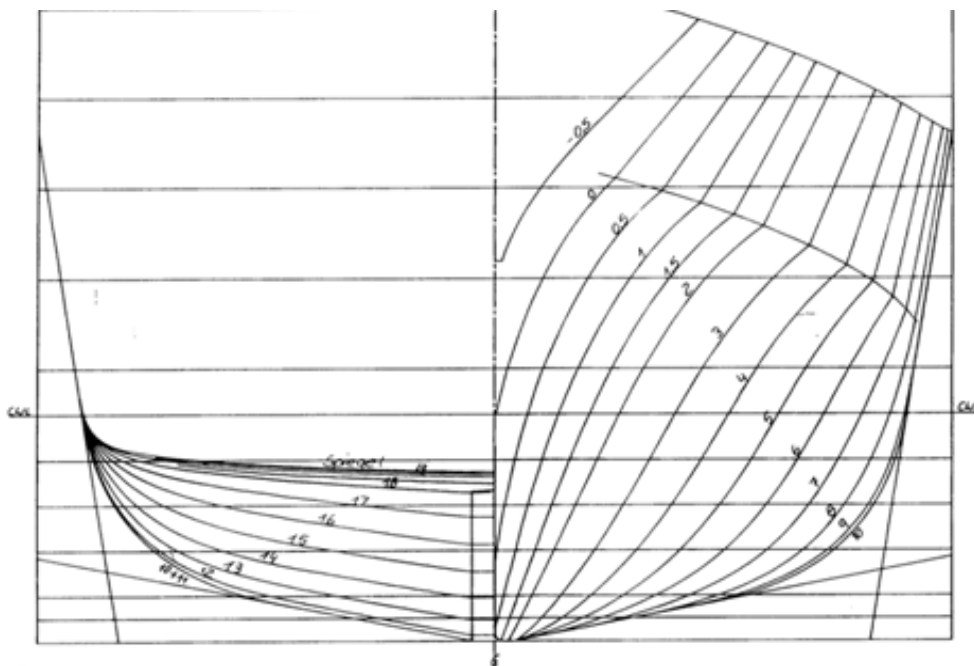
### 3.5.1 Brodska forma, koeficijenti, glavne izmjere i omjeri

Brodska forma projektnog modela je poludeplasmanska s izraženim dubokim V pramčanim rebrima, U krmenim rebrima i oštrim ulaznim pramčanim kutom vodne linije. Uzdužnice forme se podižu prema krmi i na krmenom dijelu su ravne crte koje završavaju na djelomično uronjenom krmenom zrcalu koje je obično nešto šire u usporedbi sa deplasmanskim formama. Primjer poludeplasmanske forme preuzet iz [17] prikazan je na Slici 5. Poludeplasmanska forma je odabrana iz razloga što može najbolje odgovoriti na zahtjevane brzine za ovaj tip broda, zadovoljiti kriterije stabiliteta, te ima dobre pomorstvene značajke. Kako je prikazano u [18] odabir brodske forme je ovisan o omjeru brzine broda i drugog korijena duljine broda na vodnoj liniji.

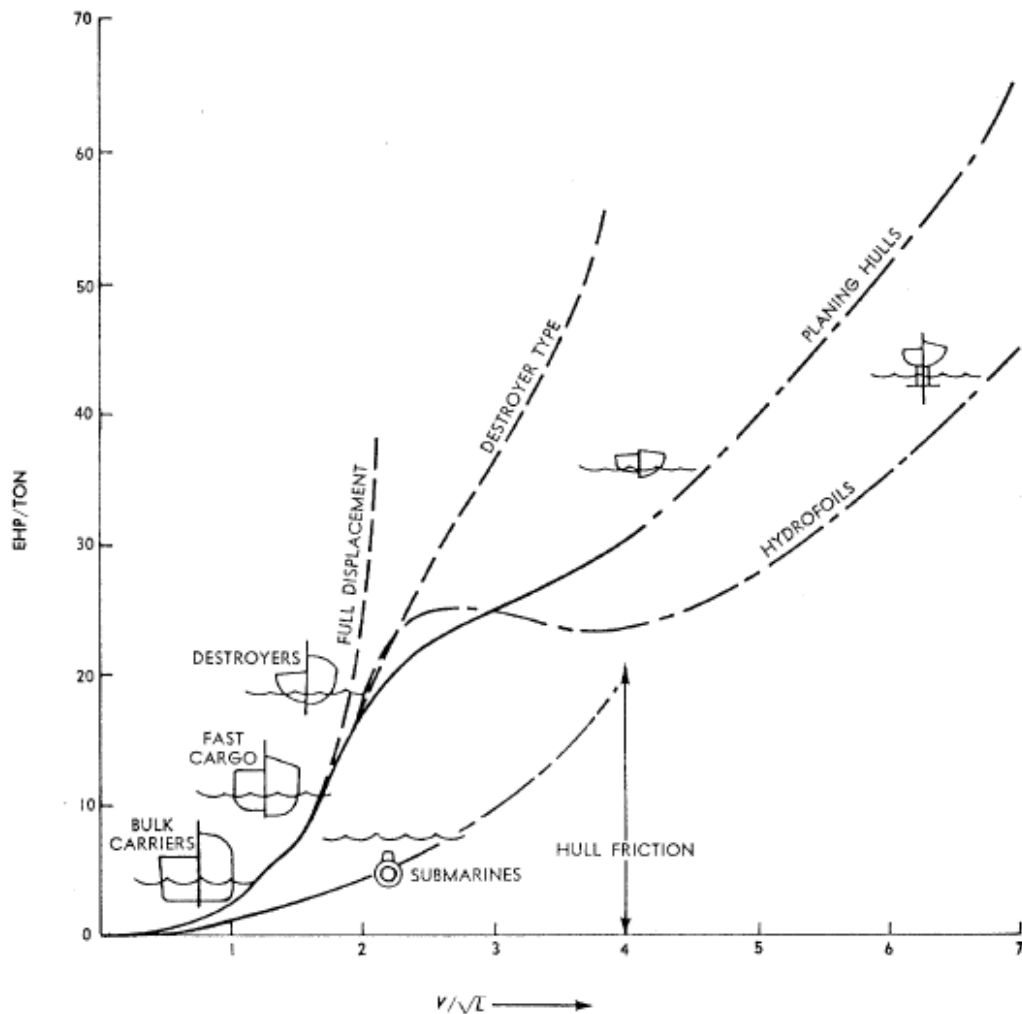
$$K_{VKL} = \frac{U}{\sqrt{L_{WL}}} \quad [\text{čv}/(\text{ft})^{0.5}] \text{ ili } [0,9318((\text{m/s})/(\text{m})^{0.5})] \quad (5)$$

Za poludeplasmanske forme taj omjer se kreće u rasponu od 1.3 do 3, što se vidi na Slici 6. preuzetaj iz [18]. Ovakva forma dobiva pozitivni dinamički tlak u krmenom dijelu, što izdiže trup broda, utječe na smanjenje oplakane površine i trima, te smanjuje otpor broda. Dinamički tlak je umjerene veličine pa su zbog toga ove forme dobile naziv poludeplasmanske ili polugliserske. U [17] je navedeno da je brodska forma za brod veličine korvete uglavnom deplasmanskog tipa, ali to se odnosi na veće korvete čija duljina je iznad 60 metara i istisnina iznad 1000 tona što je izvan okvira ovog projektnog modela. Iako se ovaj projektni model neće baviti razvijanjem brodske forme u obliku brodskih linija, njihova izrada bi slijedila fazu konceptualnog projektiranja tijekom izrade glavnog projekta broda. Konceptualni projekt mora definirati dovoljno podataka o geometriji broda kako bi se brodske linije mogle jednostavno i brzo generirati. U cilju postizanja što boljih pomorstvenih značajki te dobivanja prostora za smještaj opreme i posade brod će imati pramčani kaštel koji će se protezati od sredine broda do pramca. Pramčani kaštel je kontinuirani nastavak trupa broda i u projektnom modelu se smatra dijelom trupa broda a ne nadgrađa. Na pramčanom kaštelu se nalazi nadgrađe koje ima dvije razine. Prva razina su brodski prostori u kojima će biti prostori za posadu (časnički salon, dočasnički salon, kuhinja, ambulanta i radio kabina). Nadgrađe će biti uže od širine palube pramčanog kaštela sa svake strane za jedan metar kako bi se omogućila nesmetana komunikacija prema pramčanom dijelu broda. Na drugoj razini je kormilarnica na pramčanom dijelu prve razine i jarbol na krmenom dijelu prve razine. Na Slici 7., 8., 9., 10. i 11. su prikazane glavne geometrijske značajke forme projektnog modela. U cilju postizanja jasnoće i kompatibilnosti terminologije nazivlja brodske forme definicije glavnih izmjera,

njihovih omjera, te koeficijenata objašnjene su u nomenklaturi i prikazani u 3.5.1.1 i 3.5.1.2. Potrebno je naglasiti kako je u projektnom modelu korišten uzdužni prizmatički koeficijent koji je prikladniji od koeficijenta punoće jer bolje opisuje raspodjelu istisnine ratnog broda po duljini. Isto tako korišten je volumetrijski koeficijent koji predstavlja omjer volumena istisnine i  $(0.1L)^3$  zbog toga što je projektni model baziran na traženju projekta broda koji zadovoljava zahtijevani volumen. U cilju dobivanja projektnog modela generičkog tipa ratnog broda, forma broda može biti i deplasmanskog tipa. Sve glavne izmjere, omjeri i koeficijenti iz 3.5.1.1 i 3.5.1.2 vrijede i za deplasmansku formu. Kada bi model uključio deplasmansku formu cijeli matematički model, osim granica varijabli, ostao bi nepromijenjen dok bi promjene nastale u izlaznim rezultatima tj. dobivena preferirana projektna rješenja bi se nalazila u području koje je karakteristično za deplasmansku formu (npr. koeficijenti  $C_B$ ,  $C_P$  bi bili veći). To bi najviše utjecalo na fazu projekta u kojoj se razvijaju brodske linije što nije u domeni ovog rada.



**Slika 5. Primjer poludeplasmankse forme [17]**



**Slika 6. Relativna snaga otpora u odnosu na omjer brzine i drugog korijena iz  $L_{WL}$  [18]**

**Prijevod i objašnjenje pojmova sa Slike 6:**

Bulk carriers – brod za prijevoz rasutog tereta,

Fast cargo – brzi teretni brod,

Destroyers – razarači,

Full displacement – krivulja otpora deplasmanskih brodova,

Destroyer type – krivulja otpora brodova s formom razarača,

Planning hulls – krivulja otpora brodova s gliserskom formom,

Hydrofoils – krivulja otpora hidrokrilnih brodova,

Submarines – podmornice,

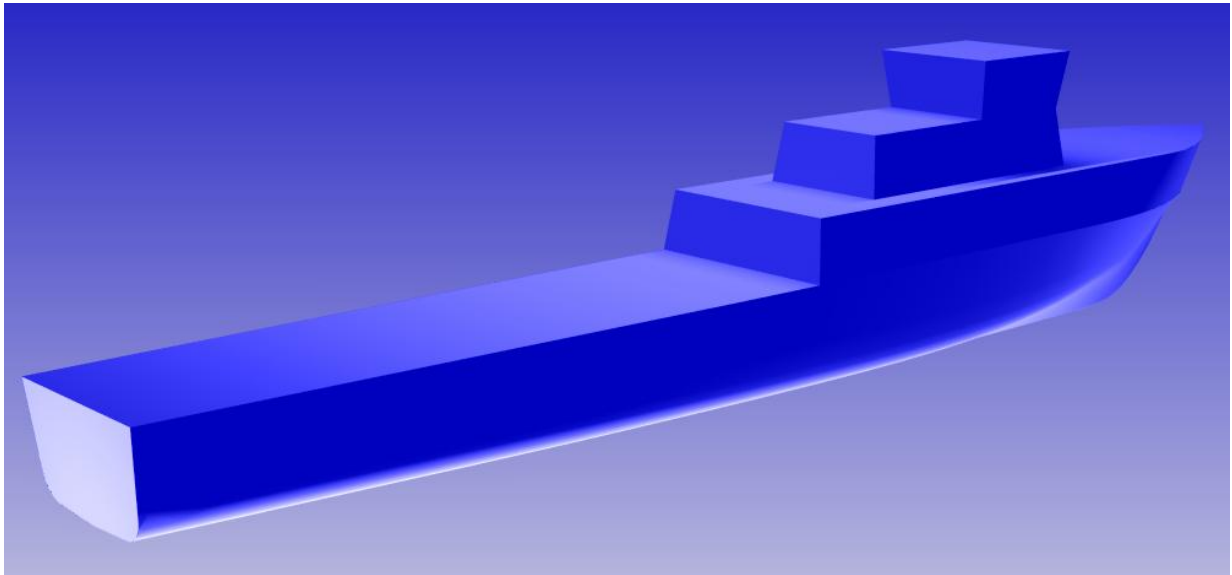
Hull friction – otpor trenja,

$1 \text{ EHP} = 0.747 \text{ kW}$

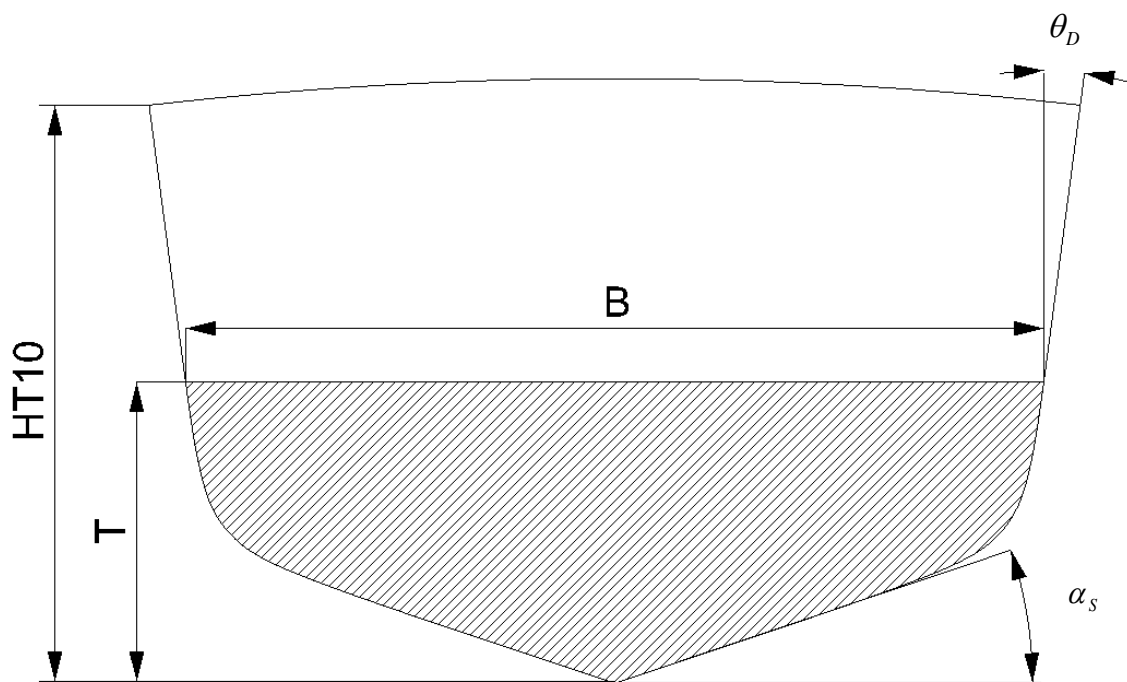
$L \text{ (ft)}, 1 \text{ ft} = 0.3048 \text{ m}$

$V \text{ (čv)}, 1 \text{ čv} = 1.852 \text{ km/h} = 0.51444 \text{ m/s}$

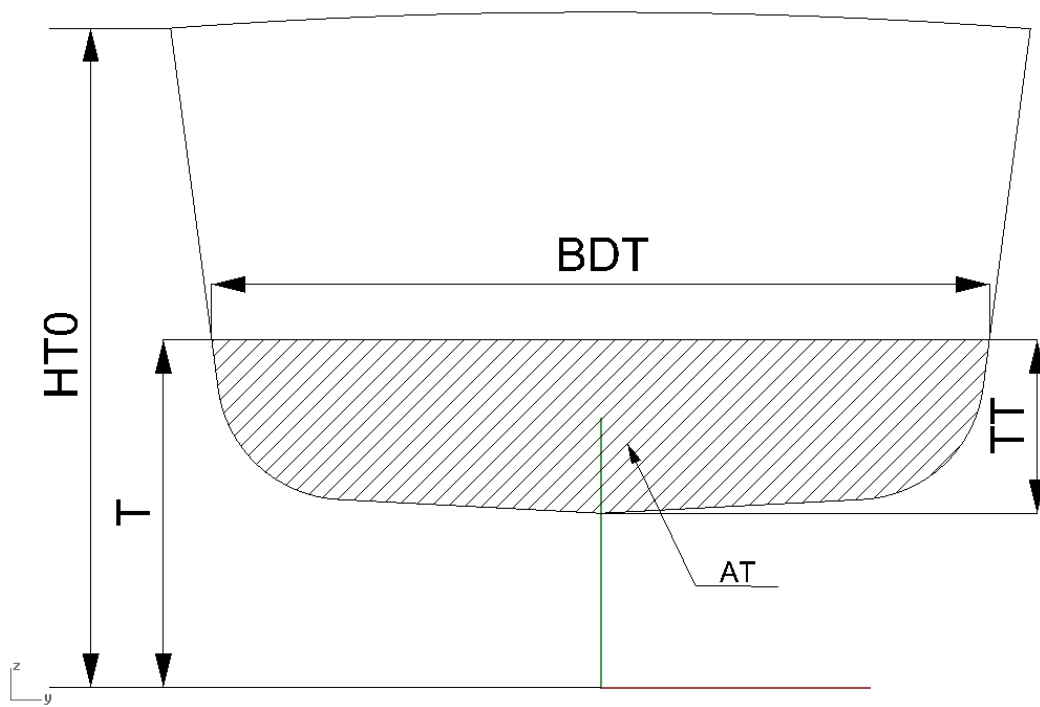
$1 \text{ long ton} = 1.016 \text{ tona}$



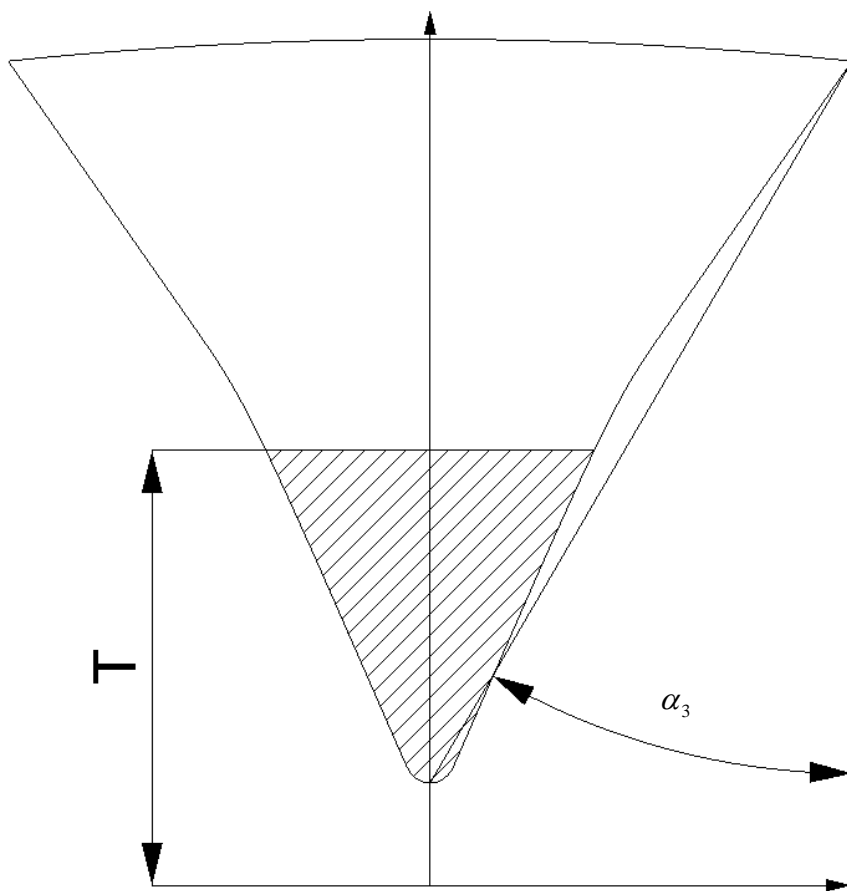
Slika 7. 3D prikaz brodske forme



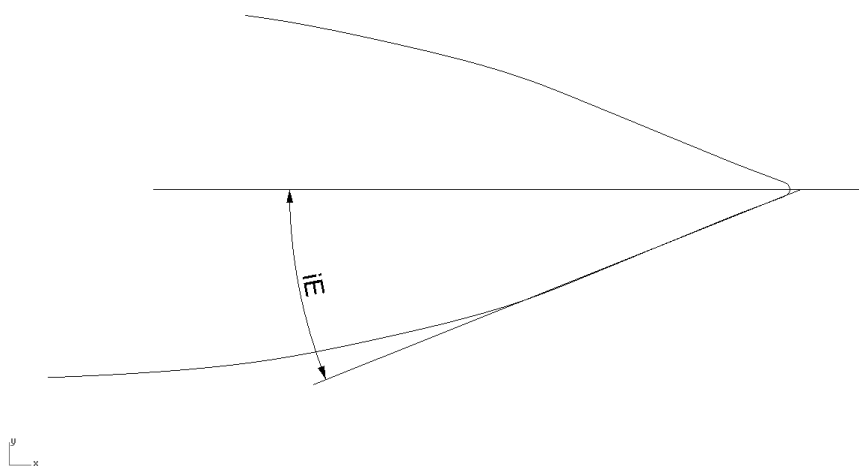
Slika 8. Geometrija glavnog rebra brodske forme



Slika 9. Geometrija zrcala brodske forme



**Slika 10. Geometrija rebra na  $0.15L_{WL}$  od FP**



**Slika 11. Ulazni kut vodne linije na pramcu**



### 3.5.1.1 Glavne izmjere i koeficijenti forme projektnog modela

Tablica 4. Glavne izmjere i koeficijenti forme projektnog modela

| Glavne izmjere forme              |          |          |           |           |            |            |            |          |          |
|-----------------------------------|----------|----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|----------|----------|
| $L_{OA}$                          | $L_{WL}$ | $L_{PP}$ | $L_S$     | $L_{PK}$  | $B$        | $B_{DT}$   | $B_{GR}$   | $B_d$    | $B_N$    |
| $T$                               | $T_T$    | $H_{T0}$ | $H_{T10}$ | $H_{T20}$ | $F_0$      | $F_{10}$   | $F_{20}$   | $L_{CB}$ | $H_{IP}$ |
| Volumen, površine i nagibi oplate |          |          |           |           |            |            |            |          |          |
| $\nabla$                          | $A_M$    | $A_{WL}$ | $A_T$     | $A_{BT}$  | $\theta_D$ | $\alpha_s$ | $\alpha_3$ | $iE$     |          |
| Koeficijenti forme                |          |          |           |           |            |            |            |          |          |
| $C_{LB}$                          | $C_{BT}$ | $C_{LH}$ | $C_{RD}$  | $C_M$     | $C_{WP}$   | $C_{TR}$   | $C_{DL}$   | $C_P$    | $C_B$    |

### 3.5.1.2 Omjeri glavnih izmjera i koeficijenti forme

$$C_{LB} = L_{WL} / B \quad (6)$$

$$C_{BT} = B / T \quad (7)$$

$$C_{LH} = L_{WL} / H_{T10} \quad (8)$$

$$C_{RD} = L_{PK} / L_{WL} \quad (9)$$

$$C_M = A_M / (B \cdot T) \quad (10)$$

$$C_{WP} = A_{WL} / (L \cdot B) \quad (11)$$

$$C_{TR} = A_T / A_M \quad (12)$$

$$C_{DL} = \nabla / (0.1 \cdot L_{WL})^3 \quad (13)$$

$$C_P = \nabla / (A_M \cdot L_{WL}) \quad (14)$$

$$C_B = \nabla / (L_{WL} \cdot B \cdot T) \quad (15)$$

U 3.5.1.1 i 3.5.1.2 su zajedno s parametrima forme prikazane i pojedine projektne varijable forme u cilju jasnijeg opisa forme. Sve projektne varijable projektnog modela su prikazane u 3.3.

### 3.5.2 Otpor broda

Otpor broda u projektnom modelu je riješen primjenom regresijske analize modelskih ispitivanja i testiranja većeg broja brodova u naravi iz [19] i [20]. U [19] metoda se bavi određivanjem otpora deplasmanskih brodova, dok je u drugom radu proširena na brže vitkije forme za Froudeove brojeve iznad 0.5, te se temelji na rezultatima testova na 334 modela. U ovom radu će se prikazati osnovni izrazi za otpor broda iz [19] i [20] koji su korišteni u projektnom modelu za proračun otpora. Koeficijenti ( $c_1$  do  $c_{16}$ ,  $m_1$ ,  $m_2$  i  $\lambda$ ) u izrazima za komponente otpora nisu dani u ovom radu, a detalji o njima mogu se vidjeti u [19] i [20]. S obzirom da se ovaj rad bavi konceptualnim projektnim modelom težište je na otporu broda bez detaljnijeg proračuna i optimizacije vijaka. Za tu potrebu korišten je aproksimativni izraz za određivanje promjera vijaka iz [9]. Alternativno rješenje s detaljnom obradom propulzije prikazano je u 3.5.3.

Sukladno [20] ukupni otpor broda je:

$$R_T = R_F (1 + k_1) + R_{APP} + R_W + R_B + R_{TR} + R_A \text{ [kN]} \quad (16)$$

Koeficijent forme trupa dan je izrazom:

$$1 + k_1 = 0.93 + 0.487118 \cdot c_{14} (B/L)^{1.06806} (T/L)^{0.46106} (L/L_R)^{0.121563} (L^3/\nabla)^{0.036486} (1 - C_p)^{-0.604247} \quad (17)$$

$L_R$  je parametar izražen izrazom:

$$L_R/L = 1 - C_p + 0.06 \cdot C_p \cdot lcb / (4 C_p - 1) \text{ [-]} \quad (18)$$

Oplakana površina trupa aproksimirana je sljedećim izrazom:

$$S = L (2T + B) \sqrt{C_M} (0.453 + 0.4425 C_B - 0.2862 C_M - 0.003467 B/T + 0.3696 C_{WP}) + 2.38 A_{BT} / C_B \text{ [m}^2\text{]} \quad (19)$$

Sukladno [20] izrazi za otpor valova su ovisni o Froudeovom broju, te je za  $F_n < 0.4$  otpor valova :

$$R_{W-A} = c_1 \cdot c_2 \cdot c_5 \cdot \nabla \cdot \rho \cdot g \cdot \text{Exp}\{m_1 \cdot F_n^d + m_4 \cdot \text{Cos}(\lambda \cdot F_n^{-2})\} \text{ [kN]} \quad (20)$$

Otpor valova za Froudeov broj veći od 0.55:

$$R_{W-B} = c_{17} \cdot c_2 \cdot c_5 \cdot \nabla \cdot \rho \cdot g \cdot \text{Exp}\{m_3 \cdot F_n^d + m_4 \cdot \text{Cos}(\lambda \cdot F_n^{-2})\} \text{ [kN]} \quad (21)$$

Otpor valova za Froudeov broj od 0.4 do 0.55:

$$R_W = R_{W-A0.4} + (10F_n - 4)(R_{W-B0.55} - R_{W-A0.4}) / 1.5 \text{ [kN]} \quad (22)$$

Izraz za otpor privjesaka:

$$R_{APP} = 0.5\rho \cdot v^2 \cdot S_{APP}(1 + k_2)_{eq} \cdot C_F \quad [kN] \quad (23)$$

Budući da detalji o privjescima broda u projektnom konceptualnom modelu nisu dovoljno detaljno određeni, rješavaju se tijekom detaljnog projektiranja broda,  $S_{APP}$  je određena po sličnom brodu i izražen kao postotak oplakane površine trupa broda, dok je koeficijent  $1 + k_2$  konstantan i za potrebe projektnog modela prema sličnom brodu iznosi 3.0.

Otpor bulba određen je izrazom:

$$R_B = 0.11 \text{Exp}(-3 P_B^{-2}) F_{ni}^3 \cdot A_{BT}^{1.5} \cdot \rho \cdot g / (1 + F_{ni}^2) \quad [kN] \quad (24)$$

gdje je  $P_B$  mjera izranjanja pramca, a  $F_{ni}$  Froudeov broj temeljen na uronjenom dijelu bulba.

$$P_B = 0.56 \sqrt{A_{BT}} / (T_F - 1.5 h_B) \quad [-] \quad (25)$$

$$F_{ni} = v / \sqrt{g (T_F - h_B - 0.25 \sqrt{A_{BT}}) + 0.15 v^2} \quad [-] \quad (26)$$

Otpor krmenog zrcala je:

$$R_{TR} = 0.5\rho \cdot v^2 \cdot A_T \cdot c_6 \quad [kN] \quad (27)$$

Korelacijski otpor model-brod uzima u obzir hrapavost trupa broda i otpor zraka, a dan je izrazom:

$$R_A = 0.5 \cdot \rho \cdot v^2 \cdot S \cdot C_A \quad [kN] \quad (28)$$

gdje je  $C_A$  koeficijent korelacije:

$$C_A = 0.006 (L_{WL} + 100)^{-0.16} - 0.00205 + 0.003 \sqrt{L_{WL} / 7.5} \cdot C_B^4 \cdot c_2 (0.04 - c_4) \quad [-] \quad (29)$$

Proračun otpora je dio projektnog modela koji je ključan za pravilno funkcioniranje samouravnoteženog dijela projektnog modela koji rješava brodograđevni dio problema, te je na njemu proveden dvostruki test. Izrazi koji proračunavaju komponente otpora broda testirani su u Excelu a zatim je izrađen program koji je dao iste rezultate kao testni primjer iz [20]. Rezultati testa u Excelu prikazani su u Prilogu 1.

Postoje dva osnovna argumenta zbog čega je gore prikazana regresijska analiza primijenjena u projektnom modelu:

- U [20] je baza podataka modela proširena sa modelima brzih ratnih brodova što odgovara zahtjevima ovog projektnog modela,
- U [21] je napravljena usporedba oko deset različitih metoda određivanja preliminarnog otpora broda. Regresijska analiza iz [19] i [20] je odabrana kao najprihvatljivija za proračun preliminarnog otpora broda. U istom radu rezultati otpora metode iz [19] i [20] su uspoređeni s rezultatima modelskih ispitivanja za brod veličine korvete. U područjima

manjih brzina (od 5 do 15 čv) metoda je davala manje vrijednosti otpora dok je za raspon brzina od 25 do 35 čv metoda davala vrijednosti otpora veće za oko 10 % od modelskih ispitivanja. Iz navedenog proizlazi da su odstupanja za maksimalne brzine prihvatljiva za konceptualni projektni model dok su odstupanja za ophodnu brzinu znatno manja što smanjuje ukupna odstupanja u modelu.

Alternativa rješavanju otpora primjenom regresijske analize iz [19] i [20] je primjena regresijske analize iz [22]. Regresijska analiza iz [22] temelji se na velikoj bazi podataka koja sadrži podatke o otporu velikog broja modela i tipova brodova. Cilj rada [22] bio je izrada programa za predviđanje preliminarnog otpora broda koji pokriva veliki raspon brzina i parametara brodske forme. Iz navedenog razloga regresijska analiza iz [22] bi imala prednost u odnosu na regresijsku analizu iz [19] i [20]. Regresijska analiza iz [22] je uspoređena s drugim metodama u [21] te su uspoređeni rezultati s modelskim ispitivanjima broda tipa korvete. Odstupanja metode u odnosu na modelska ispitivanja su u prosjeku manja od 5% što je bolji rezultat u usporedbi s metodom iz [19] i [20]. Sukladno [22] koeficijent dodatnog otpora golog trupa broda se može izraziti kao:

$$CR = f(D_L, B/T, C_P, C_M, iE, C_{RT}, T_W, T_T, B_A, C_{WS}) [-] \quad (30)$$

Broj parametara koji su u funkciji dodatnog otpora golog trupa broda je minimalan dok su svi drugi parametri koji imaju manji utjecaj na dodatni otpor zanemareni. Na taj način je metoda pojednostavljena ali ipak daje prihvatljive rezultate za određivanje preliminarnog otpora broda. U ovoj metodi otpor trenja oplakane površine izračunava se na standardan način primjenom ITTC formule iz 1957.

Treća mogućnost izračuna preliminarnog otpora broda je primjenom regresijske analize koja je detaljno opisana u [23].

U slučaju da se predmetni projektni model želi upotrijebiti za manje brze ratne brodove gliserske forme, otpor broda se može izračunati primjenom [24] i [25]. U navedenim radovima je razvijen empirički model za određivanje otpora gliserskih prizmatičkih brodskih formi koji se temelji na određivanju hidrodinamičkih značajki prizmatičkih glisirajućih površina.

### 3.5.3 Propulzija broda

Propulzijski sustav ratnog broda jedan je od ključnih sustava u cilju osiguranja njegovog učinkovitog funkcioniranja i uporabe. S obzirom da se radi o brzim brodovima propulzijski sustav je izrazito opterećen, izložen vibracijama i kavitaciji. Iz navedenog razloga potrebno je

posvetiti punu pažnju njegovom pravilnom dimenzioniranju kako u konceptualnoj tako i detaljnoj fazi projektiranja. Kao što je prethodno spomenuto propulzijski sustav predmetnog projektnog modela je koncipiran na sljedeći način:

- Značajke pogonskih strojeva uključujući reduktore su poznate i unaprijed odabrane iz kataloga proizvođača, a svi potrebni podaci o snazi, masama, položaju težišta, broju okretaja pohranjeni u obliku baze podataka.
- Osovinski vodovi su dimenzionirani primjenom izraza iz [35] dok je njihova duljina u funkciji duljine broda i vrste propulzora.
- Značajke ležajeva i skrokovia osovinskih vodova su predviđene primjenom podataka sa sličnog broda.

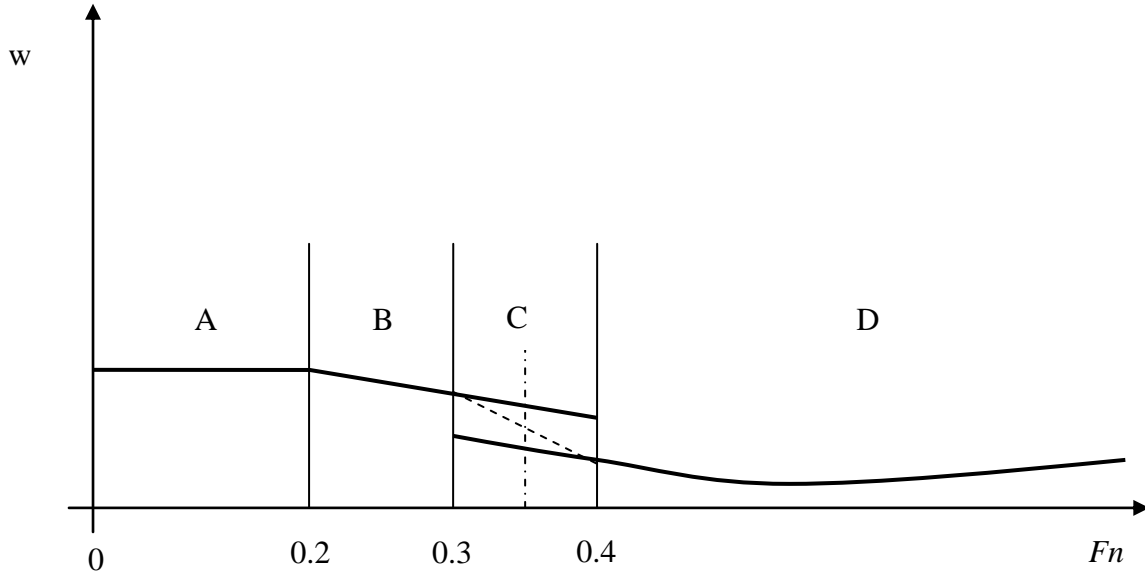
Najzahtjevniji dio pogonskog sustava je propulzor čije određivanje glavnih značajki je prikazano u nastavku ovog podpoglavlja. Moguće je primijeniti podatke iz nekoliko sistematskih serija propelera kao i regresijske formule za  $K_T$  i  $K_Q$  koeficijente. Postupak određivanja optimalnog propelera je iterativan i zahtjeva dosta vremena zbog čega je primijenjena pojednostavljena metoda koja je objavljena u [26], a koja primjenjuje Newton-Rader propeler promjenjivog uspona. Propeler se projektira za jednu projektnu brzinu a to je obično maksimalna kontinuirana brzina. Izvod izraza iz pojednostavljene metode iz [26] za optimalni promjer propelera prikazan je u [30] a temelji se na omjeru  $\frac{K_T}{J^2}$ . Konačni izraz za promjer optimalnog propelera je:

$$D_0 = \frac{1.0855}{(1-w) \cdot F_{FL}} \sqrt{\frac{R_T}{N_{PROP} (1-t) \cdot \{1245 - F_{FL} [7.22 + F_{FL} (17.7 - F_{FL})]\}}} \quad [\text{m}] \quad (31)$$

Promjer vijka ograničen je izrazom  $D_p \leq T \left( \frac{D_{MAX}}{T} \right)$ , a stvarni vijak ima promjer  $D_p = D_0$  za  $D_0 \leq D_{MAX}$ ,  $D_p = D_{MAX}$  za  $D_0 > D_{MAX}$ . Za proračun  $D_0$  potrebno je prethodno izračunati koeficijent sustrujanja, koeficijent smanjenog poriva i rotativni koeficijent koji se primjenjuju u izrazu za snagu. Navedeni koeficijenti određuju se primjenom približnih izraza dobivenih regresijskom analizom. U cilju pokrivanja potrebnog raspona brzina preuzeti su izrazi više autora i to [19] i [20] te [27] i [28]. Nedostatak izraza iz [27] je u tome što postoji razlika u vrijednostima koeficijenta za  $C_B < 0.45$  i  $C_B > 0.45$  zbog čega se pojavljuje skok u prijelaznom području. Taj problem je riješen na način da se u području oko  $C_B = 0.45$  koeficijenti interpoliraju iz dva izraza primjenom kubne parabole. Kompletni izrazi za propulzijske koeficijente preuzeti su iz [30].

### 3.5.3.1 Koeficijent sustrujanja

Za područje nižih brzina primjenjuje se izraz iz [19] i [20], a za veće brzine modificirani izrazi iz [27]. Na Slici 12. skiciran je koeficijent i područje interpolacije.



Slika 12. Koeficijent sustrujanja [30]

Izrazi za koeficijent sustrujanja za pojedina područja  $F_n$  su:

$$F_n \leq 0.2 \quad w_A = 0.165 \cdot C_B^2 \cdot \sqrt{\frac{\left(\frac{L_{WL}}{B}\right)\left(\frac{B}{T}\right)}{M_o \cdot \left(\frac{D_{MAX}}{T}\right)}} \quad [-] \quad (32)$$

$$0.2 < F_n \leq 0.3 \quad w_B = w_A - 0.1 \cdot (F_n - 0.2) \quad [-] \quad (33)$$

$$0.3 < F_n \leq 0.4 \quad w_C = 10 \cdot [(0.4 - F_n) \cdot w_B + (F_n - 0.3) \cdot w_D] \quad [-] \quad (34)$$

$$0.4 < F_n \quad w_D = w_i \quad [-] \quad (35)$$

gdje je

$$w_1 = 0.00343 + F_{\nabla} \{0.11152 - F_{\nabla} \cdot [0.2757 - F_{\nabla} \cdot (0.1633 - 0.02828 \cdot F_{\nabla})]\} \quad [-] \quad (36)$$

$$w_2 = -0.39857 + F_{\nabla} \{1.7369 - F_{\nabla} \cdot [2.26262 - F_{\nabla} \cdot (1.14525 - 0.19804 \cdot F_{\nabla})]\} \quad [-] \quad (37)$$

$$C_B < 0.41 + 0.01 \cdot N_{PROP} \quad w_i = w_1 \quad [-] \quad (38)$$

$$0.41 + 0.01 \cdot N_{PROP} < C_B < 0.043 + 0.01 \cdot N_{PROP} \quad w_i = w_1 + (w_2 - w_1) \cdot F_{BI} \quad [-] \quad (39)$$

$$0.43 + 0.01 \cdot N_{PROP} < C_B \quad w_i = w_2 \quad [-] \quad (40)$$

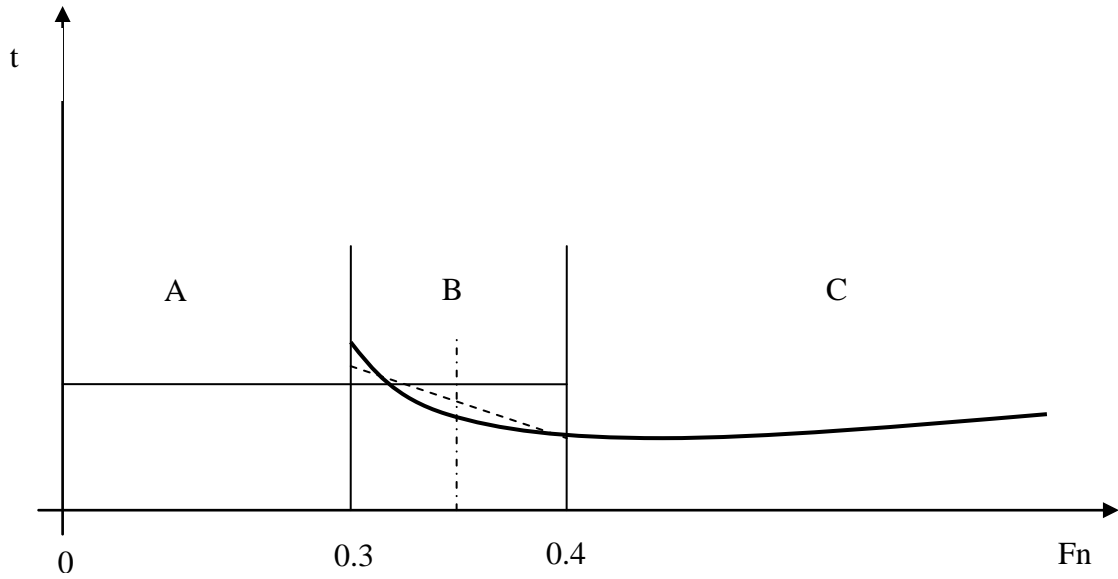
gdje je

$$F_{BI} = 0.25 \cdot 10^6 \cdot (0.44 + 0.01 \cdot N_{PROP} - C_B) \cdot (C_B - 0.01 \cdot N_{PROP} - 0.41)^2 \quad [-] \quad (41)$$

$$F_{\nabla} = Fn \cdot \sqrt{M_O} \quad [-] \quad (42)$$

### 3.5.3.2 Koeficijent smanjenog poriva

Za izraz koeficijenta smanjenog poriva za manje brzine primijenjen je izraz iz [19] i [20] a za veće brzine modificirani izraz iz [27]. Na Slici 13. prikazan je koeficijent i područje interpolacije.



Slika 13. Koeficijent smanjenog poriva [30]

$$Fn \leq 0.3 \quad t_A = 0.325 \cdot C_B - 0.1885 \frac{\left(\frac{D_{MAX}}{T}\right)}{\sqrt{\frac{B}{T}}} \quad [-] \quad (43)$$

$$0.3 < Fn \leq 0.4 \quad t_B = 10 \cdot [(0.4 - Fn) \cdot t_A + (Fn - 0.3) \cdot t_C] \quad [-] \quad (44)$$

$$0.4 < Fn \quad t_C = t_i \quad [-] \quad (45)$$

$$t_1 = 0.36479 - F_{\nabla} \{0.68502 - F_{\nabla} \cdot [0.69963 - F_{\nabla} \cdot (0.34875 - 0.067 \cdot F_{\nabla})]\} \quad [-] \quad (46)$$

$$t_2 = 3.3607 - F_{\nabla} [10.35979 - F_{\nabla} \cdot (10.39454 - F_{\nabla} \{1.09837 + F_{\nabla} [4.29819 - F_{\nabla} (2.5399 - 0.43569 \cdot F_{\nabla})]\})] \quad (47)$$

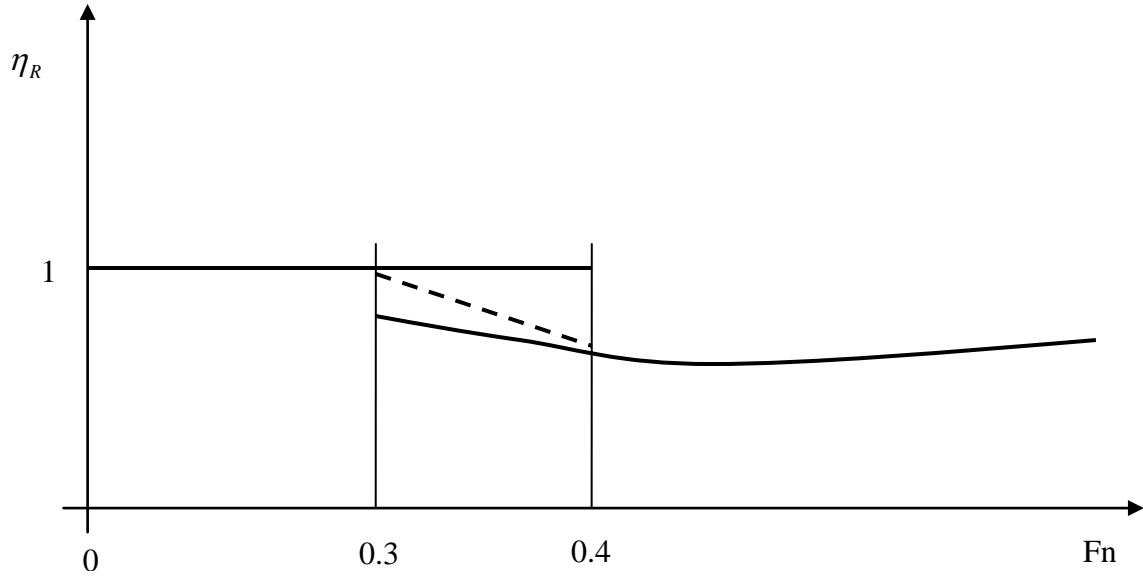
$$C_B < 0.41 + 0.01 \cdot N_{PROP} \quad t_i = t_1 \quad [-] \quad (48)$$

$$0.41 + 0.01 \cdot N_{PROP} < C_B < 0.043 + 0.01 \cdot N_{PROP} \quad t_i = t_1 + (t_2 - t_1) \cdot F_{BI} \quad [-] \quad (49)$$

$$0.43 + 0.01 \cdot N_{PROP} < C_B \quad t_i = t_2 \quad [-] \quad (50)$$

### 3.5.3.3 Relativni rotativni koeficijent

Slično proračunu za  $w$  i  $t$  može se proračunati  $\eta_R$  prema [27]. Za niže brzine  $\eta_R = 1$ . Na Slici 14. prikazan je relativni rotativni koeficijent.



Slika 14. Relativni rotativni koeficijent [30]

$$\eta_{R1} = 0.81524 + F_{\nabla} \left\{ 0.43985 - F_{\nabla} \cdot [0.47333 - F_{\nabla} \cdot (0.19918 - F_{\nabla} \cdot (0.02351 + 0.00201 \cdot F_{\nabla}))] \right\} \quad [-] \quad (51)$$

$$\eta_{R2} = 1.82061 - F_{\nabla} \left\{ 2.30128 - F_{\nabla} \cdot [2.43687 - F_{\nabla} \cdot (1.17665 - 0.21122 \cdot F_{\nabla})] \right\} \quad [-] \quad (52)$$

$$C_B < 0.41 + 0.01 \cdot N_{PROP} \quad \eta_{Ri} = \eta_{R1} \quad [-] \quad (53)$$

$$0.41 + 0.01 \cdot N_{PROP} < C_B < 0.043 + 0.01 \cdot N_{PROP} \quad \eta_{Ri} = \eta_{R1} + (\eta_{R2} - \eta_{R1}) \cdot F_{BI} \quad [-] \quad (54)$$

$$0.43 + 0.01 \cdot N_{PROP} < C_B \quad \eta_{Ri} = \eta_{R2} \quad [-] \quad (55)$$

$$Fn \leq 0.3 \quad \eta_R = 1 \quad [-] \quad (56)$$

$$0.3 < Fn \leq 0.4 \quad \eta_R = 10 \cdot [0.4 - Fn + (Fn - 0.3) \cdot \eta_{Ri}] \quad [-] \quad (57)$$

$$0.4 < Fn \quad \eta_R = \eta_{Ri} \quad [-] \quad (58)$$

### 3.5.3.4 Iskoristivost propelera i snaga na osovini

Izraz za iskoristivost propelera je preuzet iz [30] :

$$\eta_0 = 1.46 \cdot 10^{-4} \cdot \left\{ 13.46 - F_{D0} [2.832 + 1.638 \cdot F_{FN} + F_{D0} \cdot (3.286 - F_{FN})] \right\} \cdot [354 + F_{FN} \cdot (6.57 - F_{FN})] \quad [-] \quad (59)$$

gdje je



$$F_{D0} = \left( \frac{D}{D_0} - 1 \right)^2 \quad [-] \quad (60)$$

za  $F_n < \frac{2.957}{\sqrt{L_{WL}}} \quad F_{FN} = 2.957 \quad [-] \quad (61)$

za  $F_n > \frac{2.957}{\sqrt{L_{WL}}} \quad F_{FN} = \sqrt{L_{WL}} \cdot F_n \quad [-] \quad (62)$

Primjenom propulzijskih koeficijenata dobiva se izraz za snagu na jednoj osovini:

$$P_{SH} = \frac{\sqrt{g} \cdot \rho_m}{\rho} \cdot \frac{F_n \cdot \sqrt{L_{WL}} \cdot R_T}{N_{PROP} \cdot \frac{1-t}{1-w} \cdot \eta_0 \cdot \eta_R \cdot \eta_S} \quad [\text{kW}] \quad (63)$$

$\eta_S = 0.935$  za osovinski vod s reduktorom,

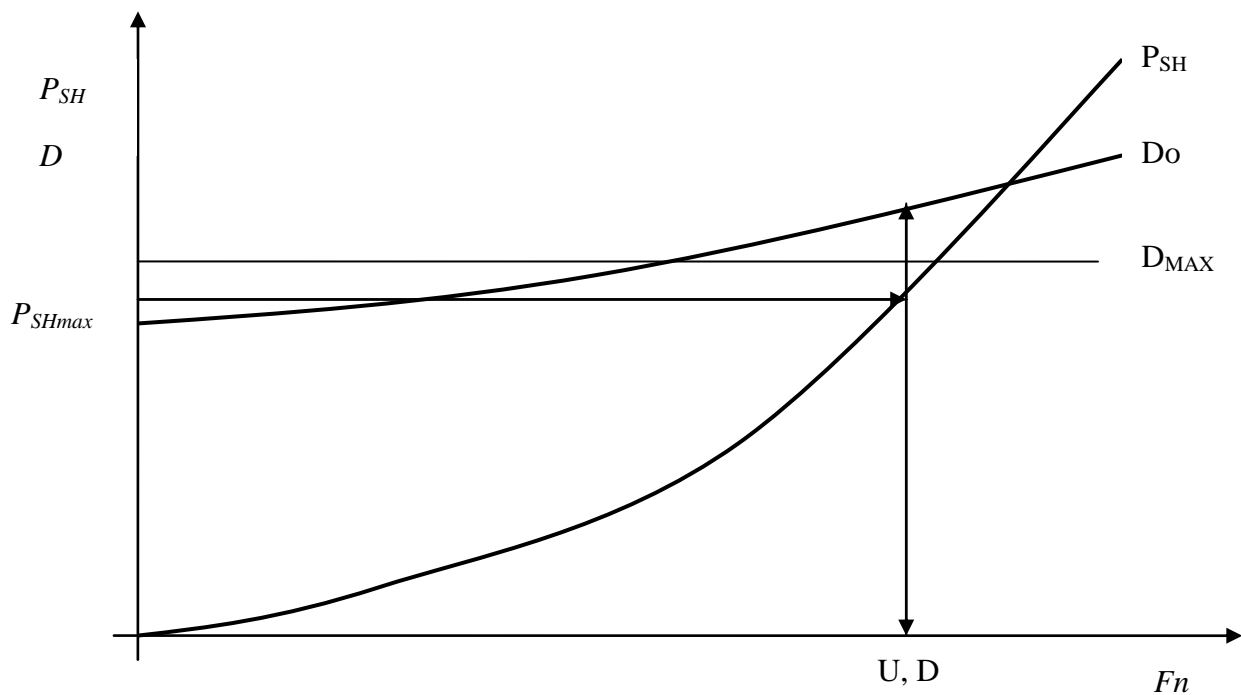
$\eta_S = 0.95$  za sam osovinski vod

Za određivanje  $P_{MCR}$  na snagu na osovini dodaje se rezerva snage zbog pada brzine zbog obraštanja, vjetra, valova i propadanja strojeva izražena koeficijentom  $k_R$ .

$$P_{MCR} = k_R \cdot P_{SH} \quad [\text{kW}] \quad (64)$$

### 3.5.3.5 Određivanje postizive brzine broda i promjera vijka

Budući da je snaga pogonskih motora poznata potrebno je odrediti postizivu brzinu za zadanu snagu na osovini. Na sličan način se mogu odrediti i druge brzine kao što je brzina ophodnje. Na Slici 15. prikazano je određivanje postizive brzine za zadanu snagu na osovini.



**Slika 15. Određivanje brzine broda i promjera propelera za zadanu snagu [30]**

Za seriju  $F_n$  izračunava se otpor, koeficijenti propulzije, optimalni promjer vijka te snaga na osovini. Zatim se sa zadanom snagom na osovini ulazi u dijagram kao što je prikazano na Slici 15. te se određuje pripadna postiziva brzina. Nakon toga se za istu brzinu odredi optimalni promjer vijka kako je prikazano na Slici 15.

### 3.5.3.6 Propulzijski koeficijenti vodomlaznog propulzora

Kao što je prethodno spomenuto vodomlazni propulzor je za razliku od propelera odabran iz kataloga proizvođača na temelju snage glavnih pogonskih strojeva. Iz kataloga se mogu dobiti sve pripadne značajke propulzora kao što su ugradbene dimenzije, masa, vertikalni položaj težišta itd. Propulzijske značajke vodomlaznog propulzora se određuju preko tzv. kvazi propulzijskog koeficijenta koji se prema [31] može izraziti u obliku:

$$Q_{PC} = \eta_j \cdot \eta_p \quad [-] \quad (65)$$

gdje su:

$\eta_j$  - učinkovitost propulzora koja se temelji na omjeru korisnog rada predanog brodu i ukupnog rada propulzora,

$\eta_p$  - učinkovitost pumpe propulzora.

Sukladno [31] za brze patrolne brodove poludeplasmanske forme  $Q_{PC}$  iznosi oko 0.53 pa se zbog sličnosti ta vrijednost može primijeniti i za potrebe ovog projektnog modela. Brodovi s

vodomlaznim propulzorom obično nemaju reduktor, a osovina je znatno kraća pa se gubici prijenosa mogu zanemariti. U tom slučaju snaga na osovini se može prikazati izrazom:

$$P_{SH} = \frac{R_T \cdot U}{Q_{PC}} \text{ [kW]} \quad (66)$$

Detaljan izvod izraza za  $Q_{PC}$  vodomlaznog propulzora prikazan je u [31].

### 3.5.3.7 Kavitacija propelera

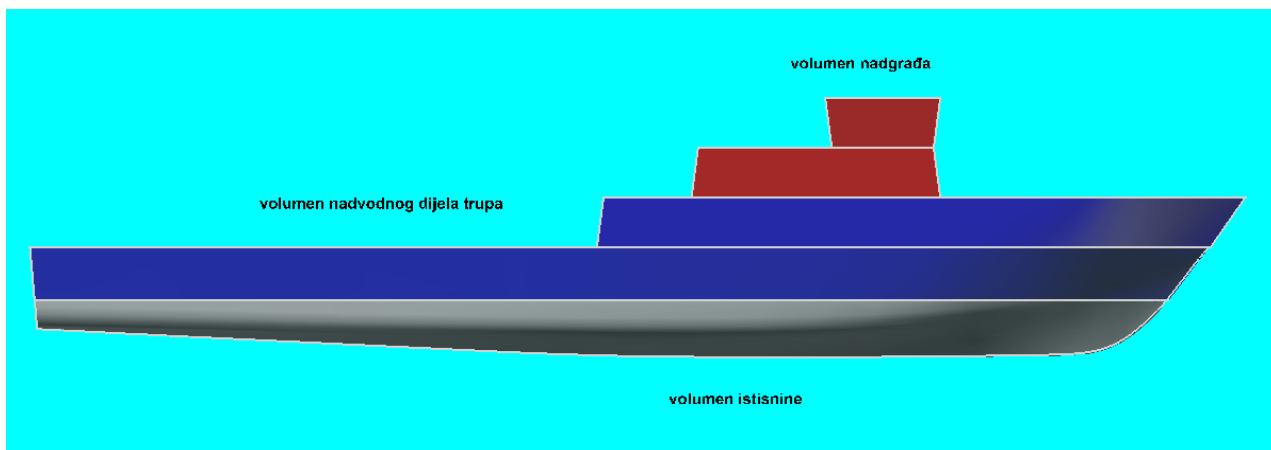
Nakon određivanja optimalnog promjera propelera koji je obično u funkciji maksimalnog gaza na krmu potrebno je provjeriti mogućnost pojave kavitacije na propeleru. Za provjeru kavitacije može se primijeniti modificirani Kellerov izraz [32] :

$$T_p = 2400 \cdot (0.8 \cdot D_p + 9.845) \cdot D_p^2 \text{ [kN]} \quad (67)$$

Prema tom kriteriju propeler mora proizvesti zahtijevanu brzinu bez prelaska nominalnog broja okretaja. Radi se o iterativnom procesu u kojem se izjednačava poriv propelera i otpor broda. Kriterij prihvatljivosti propelera je u postizanju nominalnog broja okretaja sa snagom manjom od  $P_{MCR}$ .

### 3.5.4 Dostupni volumen trupa i nadgrađa

Ovaj dio rada bavi se određivanjem ukupnog dostupnog volumena broda koji se sastoji od volumena trupa i volumena nadgrađa. Volumen trupa proračunava se na način da se proračuna volumen nadvodnog dijela trupa dok podvodni dio predstavlja volumen istisnine koji je poznat. U trup projektnog modela spada i pramčani kaštel broda, dok se volumen nadgrađa dobiva iterativno u procesu uravnoteženja masa i površina/volumena broda. Izračunati dostupni volumeni se koriste kod izračuna električne bilance tj. pojedinih stavki potrebne električne snage instalirane na brodu, proračuna pojedinih masa broda, te za provjeru projekata vezano za dostupni i zahtijevani volumen broda. Podjela dostupnih volumena broda ilustrirana je na Slici 16.

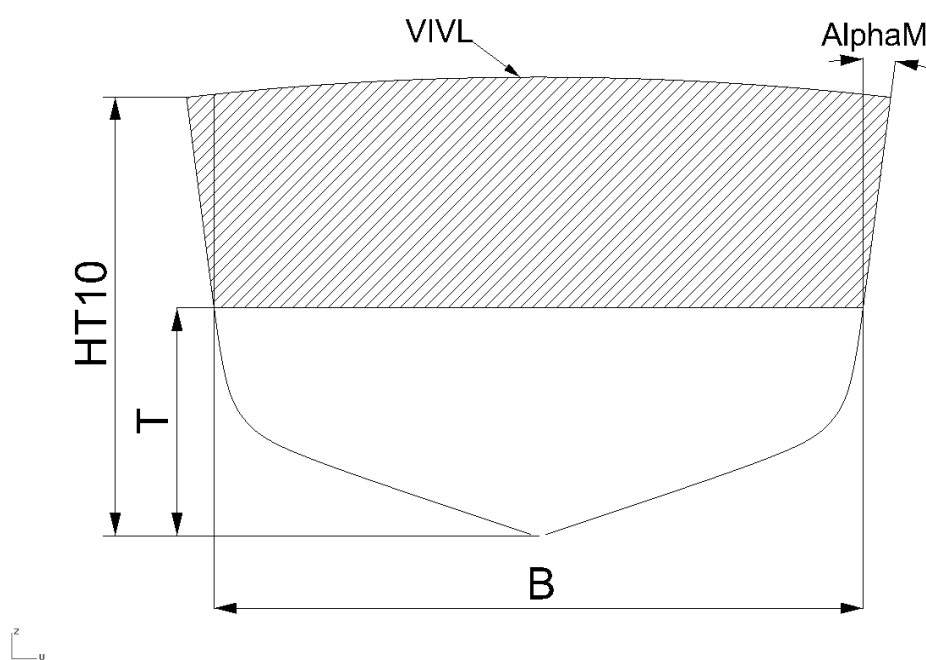


**Slika 16. Dostupni volumeni projektnog modela**

Volumen trupa iznad VL bez pramčanog kaštela dobije se iz izraza koji proizlazi iz jednostavnih geometrijskih relacija sa Slike 17:

$$V_{AVL} = F_0^2 \cdot \text{tg}(\alpha_M) \cdot L_{WL} + L_{WL} \cdot B \cdot C_{WP} \cdot F_0 \quad [m^3] \quad (68)$$

gdje je  $V_{AVL}$  volumen trupa iznad VL bez pramčanog kaštela,  $F_0$  je nadvođe na AP, a  $C_{WP}$  koeficijent VL,  $\alpha_M$  srednji kut nagiba boka broda.



**Slika 17. Volumen trupa iznad VL bez pramčanog kaštela**

Volumen pramčanog kaštela je dobiven na način da se iz jednostavnih geometrijskih odnosa izračuna površina pramčanog kaštela. Za običnu izvedbu uzeto je da je kut nagiba boka pramčanog kaštela nula stupnjeva pa je volumen umnožak površine i prosječne visine između

paluba. Za izvedbu s nagnutom oplatom („stealth“) nagib boka pramčanog kaštela je zadana vrijednost koja je u granicama od 5 do 10 stupnjeva, a volumen se izračunava po slijedećem izrazu:

$$V_{FC} = A_{RFC} \cdot H_{IP} + 0.85 H_{IP}^2 \cdot \operatorname{tg}(\alpha_{SKA}) (1 - C_{RD}) L_{WL} \quad [m^3] \quad (69)$$

gdje je  $V_{FC}$  volumen pramčanog kaštela,  $H_{IP}$  prosječna visina između paluba,  $\alpha_{SKA}$  nagib boka kaštela,  $C_{RD}$  je parametar koji se varira u projektnom modelu u rasponu od 0.45 do 0.55 a predstavlja omjer duljine trupa na kojem se ne proteže kaštel i  $L_{WL}$ ,  $A_{RFC}$  je površina pramčanog kaštela. Ukupni volumen trupa dobije se sumiranjem volumena istisnine, volumena trupa iznad VL bez pramčanog kaštela i volumena pramčanog kaštela. Ukupni dostupni volumen broda je suma volumena trupa i volumena nadgrađa:

$$V_{HT} = \nabla + V_{AVL} + V_{FC} \quad [m^3] \quad (70)$$

$$V_{TOT} = V_{HT} + V_S \quad [m^3] \quad (71)$$

Volumen strojarnice proračunava se po izrazu koji je preuzet iz [30]:

$$V_{MB1} = B \cdot T \cdot C_M (C_P + 9)/10 \quad [m^2] \quad (72)$$

$$V_{MB2} = (H_{T10} - T)(B + (H_{T10} - T)\operatorname{tg}(\alpha_s)) \quad [m^2] \quad (73)$$

$$V_{MB} = X_{MB} (V_{MB1} + V_{MB2}) \quad [m^3] \quad (74)$$

gdje je  $X_{MB}$  ukupna duljina strojarnice što je zadano u projektnom modelu,  $V_{MB1} + V_{MB2}$  je srednja površina poprečnog presjeka strojarnice,  $H_{T10}$  visina trupa broda na glavnom rebru, dok je  $\alpha_s$  nagib boka broda na glavnom rebru.

### 3.5.5 Bilanca električne snage

Bilanca potrebne električne snage za projektni model riješena je sumiranjem električne snage svih trošila na brodu. Proračun potrošnje pojedinih trošila na brodu vezan je za prethodni proračun dostupnog volumena. Na primjer za proračun sustava klimatizacije potrebno je imati podatak o volumenu koji je potrebno hladiti. Obično se kod proračuna bilance potrebne električne snage ratnog broda istovremeno razmatra više scenarija i režima plovidbe kao što je borbena situacija, ophodnja, brod na sidru, brod u teglju u zimskim ili ljetnim uvjetima. Bilanca se određuje za svaki slučaj posebno, a najveća bilanca je mjerodavna za dimenzioniranje izvora električne energije na brodu. Za potrebe ovog rada bilanca električne snage se određuje na jednom pojednostavljenom slučaju kada je brod u borbenim uvjetima koji je najkritičniji, kada je u pogonu najveći dio brodskih sustava, a dobiva se sumiranjem

električne snage svih trošila na brodu, te uzimajući u obzir određenu razinu intermitencije. U projektnom modelu je predviđeno instaliranje tri diesel agregata, od kojih su dva smještena u strojarnici, rade paralelno za normalnu primjenu, dok je jedan u pričuvi instaliran u nadgrađu i koristi se u slučaju kad su oštećena dva agregata u strojarnici. Popis svih fiksnih trošila na brodu u projektnom modelu je izveden u obliku baze podataka koja predstavlja ulazne podatke modela. Ukupna zahtijevana električna snaga zapovjedno informacijskih i komunikacijskih sustava na brodu je određena temeljem karakteristika potrošnje konkretne opreme zapovjedno informacijskog i komunikacijskog sustava što su zadane vrijednosti u projektnom modelu:

$$\begin{aligned} P_{RC4I} = & P_{RNR} + P_{RRNE} + P_{RFD} + P_{RBSON} + P_{RPLT} + P_{RDEC} + P_{RPEW} + P_{RDLS} + \\ & P_{RDRS} + P_{RCE} \quad [kW] \end{aligned} \quad (75)$$

Zahtijevana električna snaga brodskih pomoćnih sustava određena je prema sličnom brodu i sastoji se od:

$$P_{R5} = P_{RANC} + P_{RPT} + P_{RDRA} + P_{RAMBAL} + P_{RSEW} + P_{RWAS} \quad [kW] \quad (76)$$

Zahtijevana električna snaga potrebna za funkcioniranje pojedinih brodskih prostora određena je prema sličnom brodu :

$$P_{R6} = P_{ROFR} + P_{RKITC} + P_{RAMB} + P_{RWS} + P_{RFC} \quad [kW] \quad (77)$$

Zahtijevana električna snaga naoružanja te zapovjedno informacijskog i komunikacijskog sustava na brodu je:

$$P_{PRPC4IA} = P_{RPROP} + P_{RRCS} + P_{RBGUN} + P_{RASM} + P_{RLT} + P_{RAAS} + P_{RC4I} + P_{RDGS} \quad [kW] \quad (78)$$

Zahtijevane električne snage pojedinih dolje navedenih brodskih sustava se računa po izrazima koji su preuzeti iz [9].

$$P_{RAPROP} = 0.00323 P_{MCR} \quad [kW] \quad (79)$$

$$P_{RSTS} = 0.08891 L_{WL} T \quad [kW] \quad (80)$$

$$P_{REES} = 0.007522 V_{TOT} \quad [kW] \quad (81)$$

$$P_{RNBC} = 0.004767 V_{TOT} \quad [kW] \quad (82)$$

$$P_{RHW} = 0.235 N_{CR} \quad [kW] \quad (83)$$

$$P_{RFFS} = 0.003425 V_{TOT} \quad [kW] \quad (84)$$

$$P_{RFH} = 0.00625 V_{HT} \quad [kW] \quad (85)$$

$$P_{RSEK} = 0.395 N_{CR} \quad [kW] \quad (86)$$

$$P_{RHSS} = 0.0226 (V_{TOT} - V_{MB}) \quad [kW] \quad (87)$$

$$P_{RVEN} = 0.103 (P_{RHSS} + P_{RPC4IA}) + P_{RNBC} \quad [kW] \quad (88)$$

$$P_{RACS} = 0.67 (0.1 B_p + 0.02366 (V_{TOT} - V_{MB}) + 0.1 P_{RPC4IA}) \quad [kW] \quad (89)$$

Sumiranjem snaga svih potrošača dolazi se do ukupne potrebne električne snage na brodu  $P_{RTOT}$  a njenim množenjem s marginom projekta i marginom budućeg povećanja snage zbog moguće ugradnje dodatnih trošila dobiva se izraz za konačnu potrebnu instaliranu snagu na brodu:

$$P_{ITOT} = E_{DMF} \cdot E_{FMF} \cdot P_{RTOT} \quad [kW] \quad (90)$$

Potrebna snaga po jednom diesel agregatu:

$$P_{RDG} = P_{ITOT} / ((N_{DG} - 1) 0.9) \quad [kW] \quad (91)$$

gdje je  $N_{DG}$  broj instaliranih diesel agregata na brodu, a koeficijent 0.9 povećanje snage zbog mogućih fluktuacija napona.

### 3.5.6 Volumen tankova

Ukupni volumen tankova ratnog broda sastoji se od volumena tankova goriva za propulziju, tankova goriva za potrebe proizvodnje električne energije na brodu, tankova pitke vode, tanka otpadnih voda (crne i sive vode), tankova ulja za podmazivanje pogonskih i pomoćnih strojeva, tankova otpadnog ulja, te tankova balasta. Izraz za ukupni volumen tankova je:

$$V_{TK} = V_F + V_{LO} + V_W + V_{SEW} + V_{WASTE} + V_{BAL} \quad [m^3] \quad (92)$$

Proračun mase goriva propulzije odnosi se na potrošnju goriva diesel motora pri ophodnoj ekonomičnoj brzini broda, budući je pogon za ophodnu brzinu broda u svih 11 predviđenih opcija diesel motor. Masa goriva ovisi o doplovu broda što je zadana vrijednost koja se varira u projektnom modelu u tri vrijednosti 1000, 1250 i 1500 nautičkih milja, ophodnoj brzini i specifičnoj potrošnji goriva koja je određena iz kataloga proizvođača. Izraz za proračun mase goriva preuzet je iz [9]:

$$W_{BP} = (EN / U_E) P_{EBAVG} \cdot F_{RAVG} 10^{-6} \quad [t] \quad (93)$$

$$P_{EBAVG} = 1.1 P_{SH} / \eta \quad [kW] \quad (94)$$

gdje je 1.1 koeficijent povećanja snage zbog obraštanja i valova.

$$F_{RAVG} = 1.05 f_1 \cdot SFC_{EPE} \quad [t / kWh] \quad (95)$$

Volumen tankova goriva propulzije:

$$V_{FP} = 1.02 \cdot 1.05 \gamma_F \cdot W_{FE} \quad [m^3] \quad (96)$$

1.05 - koeficijent povećanja volumena jer u tankovima uvijek ostane oko 5% goriva,

1.02 - koeficijent ekspanzije goriva zbog promjena temperature okoline.

Masa goriva potrebna za proizvodnju električne energije na brodu dobivena je primjenom izraza iz [30] gdje se primjenjuje princip satne potrošnje goriva:

$$S_P = P_{MCR} \cdot f \cdot n \cdot q \quad [t/h] \quad (97)$$

Faktor snage ovisan je o režimu plovidbe broda i autonomnosti broda koja se varira u projektnom modelu (7, 10 i 15 dana). Za potrebe projektnog modela predviđena su tri režima plovidbe: plovidba kod 100%  $P_{MCR}$  u trajanju od 15% vremena od ukupnog operativnog vremena, plovidba kod 65%  $P_{MCR}$  u trajanju od 35% vremena od ukupnog operativnog vremena, te plovidba kod 40%  $P_{MCR}$  u trajanju od 50% vremena od ukupnog operativnog vremena. Navedeni režimi uz manje korekcije su preuzeti iz [29], a dobiveni su temeljem razmatranja potencijalnih scenarija uporabe višenamjenskog ratnog broda. Na temelju procjene da će strojevi raditi 50% od ukupno raspoloživog vremena autonomnosti broda dobijen je faktor snage i specifična potrošnja goriva za niže režime rada. Izraz za specifičnu potrošnju goriva pri parcijalnim snagama stroja iz [30] je:

$$q = q_m (1.11 - 0.655 f + 0.545 f^2) \quad [t/kWh] \quad (98)$$

Volumen tankova maziva je određen na temelju sličnog broda i u projektnom modelu ostaje konstantan te iznosi 2.5 t.

Volumen tanka vode za piće dobiven je iz izraza preuzetog iz [9]:

$$V_W = 1.02 M_{PV} \cdot \gamma_W \quad [m^3] \quad (99)$$

gdje je

$$M_{PV} = 0.15 N_{CR} 1.016 \quad [t] \quad (100)$$

Volumen tanka otpadnih voda iz [9]:

$$V_{SEW} = 0.05674 \cdot N_{CR} \quad [m^3] \quad (101)$$

Volumen tanka otpadnog ulja iz [9]:

$$V_{WASTE} = 0.02 V_F \quad [m^3] \quad (102)$$

Volumen tanka balasta iz [9]:

$$V_{BAL} = 0.075 V_F \quad [m^3] \quad (103)$$



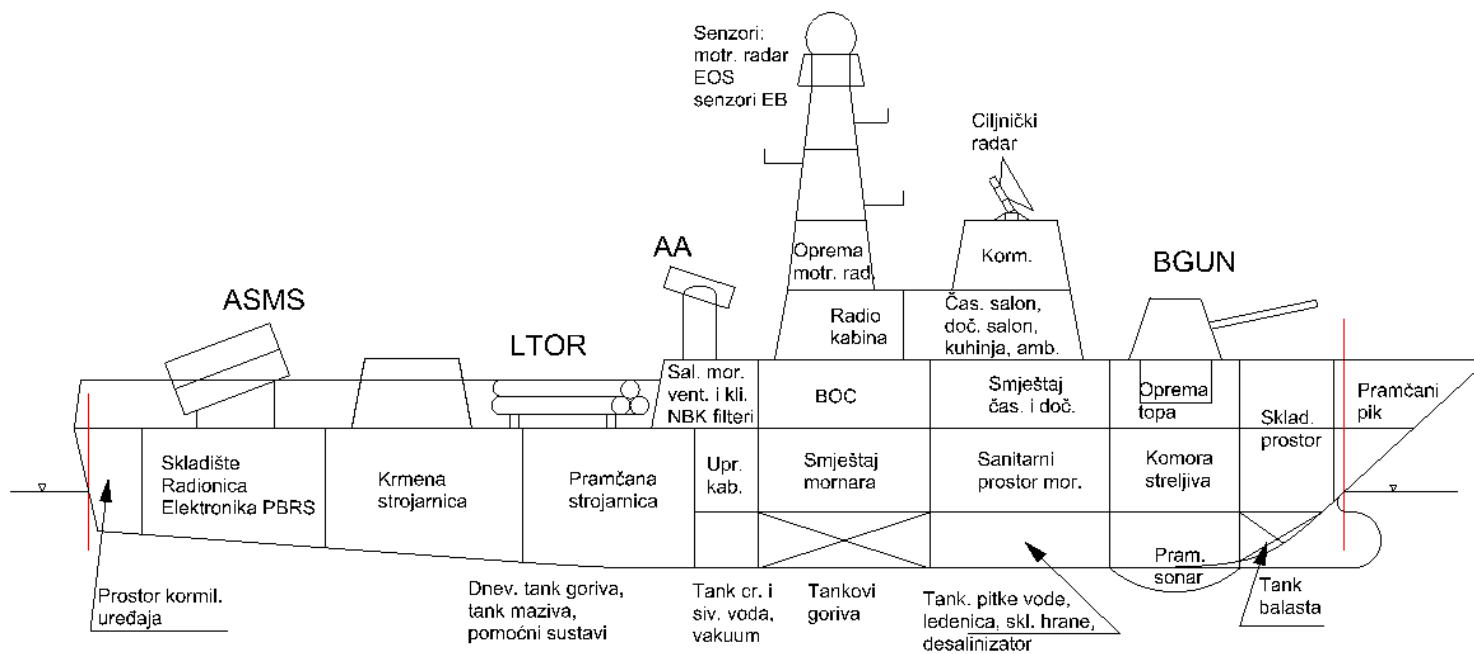
### 3.5.7 Raspored prostora ratnog broda

Skica rasporeda prostora projektnog modela prikazuje Slika 18. Ova skica služi za potrebe definiranja brodskog prostora, te smještaja naoružanja i opreme. Ona je omogućila određivanje vertikalnog položaja težišta naoružanja i opreme koji se koristio u proračunu centracije i određivanja vertikalnog položaja težišta masa projektnog modela. Svi položaji težišta pojedinih masa su vezani za neki od izmjera brodske forme kao što je visina, gaz, visina između paluba i slično. Detalji o centraciji i određivanju vertikalnog položaja težišta projektnog modela su u podpoglavlju 3.5.8. Krenuvši od pramca projektni model se sastoji od sljedećih prostora:

- pramčani pik,
- skladišni prostor,
- tank balasta,
- pramčani top s opremom i komorom streljiva,
- pramčani sonar,
- kormilarnica, prostor za smještaj i život posade,
- prostor opreme radarskih sustava i elektroničke opreme,
- radio kabina,
- borbeni operativni centar,
- prostor smještaja protuzrakoplovnog i proturaketnog sustava,
- prostor za smještaj opreme za ventilaciju, klimatizaciju i nuklearno-biološko-kemijsku filtroventilaciju,
- upravljačka kabina,
- prostor tankova goriva, maziva, pitke vode, tankova crnih i sivih voda, desalinizatora i skladište hrane,
- prostor za smještaj torpednog naoružanja,
- prostor za smještaj protubrodskog raketnog sustava,
- pramčana strojarnica,
- krmena strojarnica s opremom pomoćnih brodskih sustava,
- prostor krmelog skladišta, radionica, oprema PRBS,
- krmeni prostor za smještaj kormilarskog uređaja.

Vertikalne pregrade kako je prikazano na skici nisu konačne, a poprečno pregrađivanje je u domeni predprojekta i glavnog projekta, te se ovaj rad ne bavi navedenim problemom.

## Raspored prostora projektnog modela



Slika 18. Raspored prostora projektnog modela

### 3.5.8 Mase i centracija

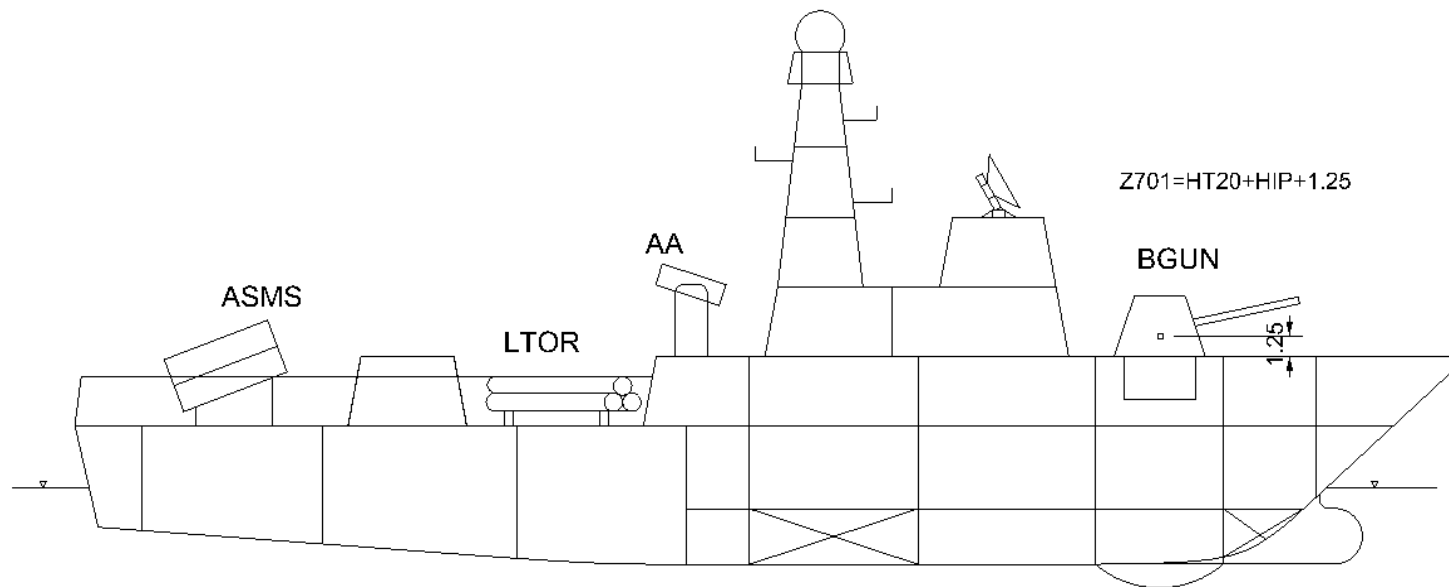
Kod razmatranja masa i proračuna centracije u projektnom modelu mase broda su podijeljene u skupine sukladno podjeli koju je razvila mornarica Sjedinjenih Američkih Država „Expanded Ship Work Breakdown Structure“ (ESWBS). Prema navedenoj podjeli mase broda su svrstane u slijedeće glavne skupine:

- 1 Konstrukcija trupa i nadgrađa,
- 2 Pogonsko brodsko postrojenje,
- 3 Električno brodsko postrojenje,
- 4 Zapovjedno informacijska i komunikacijska oprema,
- 5 Brodski pomoćni sustavi,
- 6 Brodska oprema i namještaj,
- 7 Naoružanje,
- 8 Margine brodskih masa,
- 9 Promjenjive mase (posada, gorivo, voda, hrana).

Detalnija podjela glavnih skupina na podskupine, te podskupina na daljnje stavke prikazana je u [33]. Za potrebe razvoja projektnog modela korištena su tri pristupa kod određivanja masa i centracije broda što je prikazano u 3.5.8.1, 3.5.8.2 i 3.5.8.3. U projektnom modelu određuje se samo vertikalni položaj težišta broda koji se primjenjuje u izrazu za izračun metacentarske visine, dok se uzdužni položaj težišta broda ne razmatra, već se pretpostavlja da je brod uravnotežen u uzdužnoj ravnini tj. da se položaj težišta nalazi iznad težišta uzgona broda. U podpoglavljima koja slijede svi izrazi za mase su u tonama a vertikalni položaj težišta masa u metrima.

### **3.5.8.1 Mase i vertikalni položaj težišta masa skupina 2,4 i 7**

Prvi pristup se odnosi na naoružanje i opremu čiji podaci o masama i vertikalnom položaju težišta su preuzeti iz kataloga proizvođača. To se prvenstveno odnosi na skupinu 2 – pogonski sustav, 4 – zapovjedno informacijska i komunikacijska oprema i 7 – naoružanje. Za tu potrebu je u projektnom modelu formirana posebna baza podataka gdje se nalaze podaci o masama, vertikalnom položaju težišta, te podaci o zahtijevanim površinama i električnoj snazi. Na Slici 19. prikazan je primjer određivanja vertikalnog položaja težišta pramčanog topa, a na sličan način definirani su vertikalni položaj težišta svih masa iz skupina 2, 4 i 7.



**Slika 19. Određivanje vertikalnog položaja težišta pramčanog topa**

Mase propulzora (FPP i CPP) su određene po izrazima iz [34]:

$$W_{206} = 0.004 \left( \frac{A_E}{A_0} \right) D_P^3 \quad [t] \quad (104)$$

$$W_{205} = 0.008 \left( \frac{A_E}{A_0} \right) D_P^3 \quad [t] \quad (105)$$

Mase vodomlaznog propulzora su preuzete iz kataloga proizvođača, a pored mase propulzora uzima se u obzir i masa vode koja se nalazi u propulzoru tijekom njegovog rada. Masa osovinskih vodova je dobivena proračunom geometrijskih karakteristika osovinskih vodova, dok je masa ležajeva uzeta prema sličnom brodu. Promjer osovinskih vodova izračunat je po izrazu iz [35]:

$$d_p = 100 k \sqrt[3]{\frac{P_{MCR}}{N_{PROP}} \left( \frac{560}{\sigma_u + 160} \right)} \quad [mm] \quad (106)$$

Masa osovinskih vodova je izračunata na temelju površine poprečnog presjeka, duljine koja je pretpostavljena, te specifične gustoće materijala. Za osovinske vodove s FPP i CPP propulzorima pretpostavljena duljina osovinskog voda je  $L_{WL}/4$ , dok je za osovinske vodove s vodomlaznim propulzorima je  $L_{WL}/10$ . Ovaj pristup proračuna masa je vrlo pouzdan i doprinosi točnosti kod izračuna vertikalnog položaja težišta broda.

Vertikalni položaj težišta glavnih i pomoćnih strojeva s reduktorima:

$$Z_{210} = 2 Z_{GIR} + Z_{207} \quad [m] \quad (107)$$

Vertikalni položaj težišta FPP i CPP propulzora:

$$Z_{203} = -0.15 T \quad [m] \quad (108)$$

Vertikalni položaj težišta vodomlaznih propulzora:

$$Z_{203} = T \quad [m] \quad (109)$$

Vertikalni položaj težišta osovinskih vodova FPP i CPP propulzora :

$$Z_{201} = (1/4)T \quad [m] \quad (110)$$

Vertikalni položaj težišta osovinskih vodova vodomlaznih propulzora :

$$Z_{201} = (2/3)T \quad [m] \quad (111)$$

Vertikalni položaj težišta ostalih dijelova pogonskog sustava (ležajevi, brtvenice):

$$Z_{204} = 2.05 \quad [m] \quad (112)$$

Vertikalni položaj težišta pomoćnog propulzora:

$$Z_{202} = 0.3 T \quad [m] \quad (113)$$

Vertikalni položaj težišta pogonskog sustava broda:

$$Z_2 = W_{210} \cdot Z_{210} + W_{203} \cdot Z_{203} + W_{201} \cdot Z_{201} + W_{204} \cdot Z_{204} + W_{202} \cdot Z_{202} \quad [m] \quad (114)$$

Vertikalni položaj težišta masa zapovjedno informacijskog i komunikacijskog sustava:

$$Z_{402} = H_{T10} + 2 H_{IP} + 5.0 \quad [m] \quad (115)$$

$$Z_{414} = H_{T10} + 2 H_{IP} + 0.45 \quad [m] \quad (116)$$

$$Z_{413} = H_{T10} + 2 H_{IP} + 0.4 \quad [m] \quad (117)$$

$$Z_{408} = H_{T10} + 2 H_{IP} + 7.5 \quad [m] \quad (118)$$

$$Z_{410} = H_{T10} + 2 H_{IP} + 1.15 \quad [m] \quad (119)$$

$$Z_{401} = H_{T10} + 3 H_{IP} + 0.25 \quad [m] \quad (120)$$

$$Z_{409} = H_{T10} + 2 H_{IP} + 0.35 \quad [m] \quad (121)$$

$$Z_{403} = H_{T10} + 2 H_{IP} + 5.75 \quad [m] \quad (122)$$

$$Z_{418} = H_{T10} + 2 H_{IP} + 0.4 \quad [m] \quad (123)$$

$$Z_{417} = H_{T10} + 0.45 \quad [m] \quad (124)$$

$$Z_{415} = -0.75 \quad [m] \quad (125)$$

$$Z_{411} = 2.1 \quad [m] \quad (126)$$

$$Z_{416} = H_{T10} + 0.4 \quad [m] \quad (127)$$

$$Z_{407} = H_{T10} + H_{IP} + 0.35 \quad [m] \quad (128)$$

$$Z_{412} = H_{T10} + 0.4 \quad [m] \quad (129)$$

$$Z_{404} = H_{T10} + 2 H_{IP} + 4.0 \quad [m] \quad (130)$$

$$Z_{405} = H_{T10} + 2 H_{IP} + 4.0 \quad [m] \quad (131)$$

$$Z_{406} = H_{T10} + H_{IP} + 1.2 \quad [m] \quad (132)$$

$$Z_{419} = 1.15 H_{T10} \quad [m] \quad (133)$$

$$Z_4 = (W_{402} \cdot Z_{402} + W_{414} \cdot Z_{414} + W_{413} \cdot Z_{413} + W_{408} \cdot Z_{408} + W_{410} \cdot Z_{410} + W_{401} \cdot Z_{401} + W_{409} \cdot Z_{409} + W_{403} \cdot Z_{403} + W_{418} \cdot Z_{418} + W_{417} \cdot Z_{417} + W_{415} \cdot Z_{415} + W_{411} \cdot Z_{411} + W_{416} \cdot Z_{416} + W_{407} \cdot Z_{407} + W_{412} \cdot Z_{412} + W_{404} \cdot Z_{404} + W_{405} \cdot Z_{405} + W_{406} \cdot Z_{406} + W_{419} \cdot Z_{419}) / W_4 \quad [m] \quad (134)$$

Vertikalni položaji težišta masa skupine 7:

$$Z_{709} (0) = H_{T10} + H_{IP} + 1.2 \quad [m] \quad (135)$$

$$Z_{709} (1) = H_{T10} + H_{IP} + 1.25 \quad [m] \quad (136)$$

$$Z_{709} (2) = H_{T10} + H_{IP} + 0.25 \quad [m] \quad (137)$$

$$Z_{706} = H_{T10} + 0.8 \quad [m] \quad (138)$$

$$Z_{708} (0) = H_{T10} + 1.325 \quad [m] \quad (139)$$

$$Z_{708} (1) = H_{T10} + 1.82 \quad [m] \quad (140)$$

$$Z_{708} (2) = H_{T10} + 1.82 \text{ [m]} \quad (141)$$

$$Z_{705} = H_{T10} / 2 + 1.25 \text{ [m]} \quad (142)$$

$$Z_{711} (0) = H_{T10} + 0.4 \text{ [m]} \quad (143)$$

$$Z_{711} (1) = H_{T10} + 0.6 \text{ [m]} \quad (144)$$

$$Z_{711} (2) = H_{T10} + 0.65 \text{ [m]} \quad (145)$$

$$Z_{710} (0) = H_{T10} + H_{IP} + 1.1 \text{ [m]} \quad (146)$$

$$Z_{710} (1) = H_{T10} + 4.15 \text{ [m]} \quad (147)$$

$$Z_{702} (0) = 0.0 \text{ [m]} \quad (148)$$

$$Z_{702} (1) = H_{T10} + 0.9 \text{ [m]} \quad (149)$$

$$Z_7 = (W_{709} \cdot Z_{709} + W_{706} \cdot Z_{706} + W_{708} \cdot Z_{708} + W_{705} \cdot Z_{705} + W_{711} \cdot Z_{711} + W_{710} \cdot Z_{710} + W_{702} \cdot Z_{702}) / W_7 \text{ [m]} \quad (150)$$

### 3.5.8.2 Masa i vertikalni položaji težišta masa skupine 1

Drugi pristup primijenjen je kod izračuna mase i vertikalnog položaja težišta trupa broda. Sukladno [36] na masu konstrukcije trupa i nadgrađa otpada oko jedne trećine od ukupne mase broda iz čega proizlazi vrlo velika važnost njenog preciznog određivanja. Inicijalno intencija je bila odrediti masu i vertikalni položaj težišta mase trupa i nadgrađa regresijskom analizom masa niza korveta koja je dana u [4]. Provjerom navedenih podataka utvrđeno je da oni ne daju pouzdane rezultate, te se pristupilo drugom preciznijem i pouzdanijem načinu određivanja mase i vertikalnog položaja težišta. Primjenom [35], „Rules and Regulations for the Classification of Special Service Craft“ od Lloyd Registra u projektnom modelu vrši se proračun konstrukcijskih elemenata broda čija geometrija poprečnog presjeka se primijenila za izračun mase konstrukcijskih elemenata te mase ukupnog trupa broda. Pravila se odnose na civilna brza plovila, a procijenjeno je da se mogu primijeniti i za određivanje konstrukcijskih elemenata ratnog broda na konceptualnoj razini projekta, dok bi se detalji koji se prvenstveno odnose na temeljenje naoružanja i pojedinih uređaja na brodu rješavali tijekom faze detaljnog projektiranja broda. Iako nije uobičajeno za konceptualnu razinu projekta primijeniti ovakav način proračuna masa, on sigurno doprinosi pouzdanosti i točnosti određivanja mase i vertikalnog položaja trupa broda. Pored [35] primijenjeni su iskustveni izrazi za određivanje površina pojedinih dijelova broskog trupa (npr. pregrade, bok, paluba i sl.) iz [30] jer se masa određivala po jedinice površine te se zatim izračunavala masa za cijelu predmetnu površinu. U 3.8.2.1 i 3.8.2.2 objašnjeni su izrazi iz [35] koji su primijenjeni za proračun opterećenja i dimenzioniranje konstrukcijskih elemenata trupa broda. Kako je prikazano u



podpoglavlju 1.3 projektni model ima tri opcije za materijal trupa: standardni brodograđevni čelik, čelik povišene čvrstoće i aluminijsku leguru. Materijal nadgrađa je u svim slučajevima aluminijska legura. U Tablici 5. prikazane su mehanička svojstva materijala trupa u projektnom modelu.

**Tablica 5. Mehanička svojstva materijala konstrukcijskih elemenata trupa**

| Naziv                          | Oznaka    | Granica razvlačenja<br>[N/mm <sup>2</sup> ] | Prekidna čvrstoća<br>[N/mm <sup>2</sup> ] |
|--------------------------------|-----------|---|---|
| Standardni brodograđevni čelik | Grade A   | 235   | 420                                       |
| Čelik povišene čvrstoće        | AH32      | 315   | 440                                       |
| Aluminijska legura             | 5083-H112 | 125   | 275                                       |

### 3.5.8.2.1 Opterećenje brodske konstrukcije

Opterećenje na brodsku konstrukciju je rezultanta statičkog, dinamičkog i udarnog opterećenja na pojedinim pozicijama broda. Hidrostatički tlak djeluje na oplatu broda do vodne linije i izražen je kao:

$$P_h = 10(T_x - (z - z_k)) \quad [kN/m^2] \quad (151)$$

Hidrodinamički tlak valova djeluje na oplatu broda do vodne linije i uzima se veći od  $P_m$  i  $P_p$ :

$$P_m = 10f_z \cdot H_{rm} \quad [kN/m^2] \quad (152)$$

$$f_z = k_z + (1 - k_z) \left( \frac{z - z_k}{T_x} \right) \quad [-] \quad (153)$$

$$k_z = e^{-u} \quad [-] \quad (154)$$

$$u = \left( \frac{2\pi \cdot T_x}{L_{WL}} \right) \quad [-] \quad (155)$$

$$H_{rm} = C_{w,\min} \left( 1 + \frac{k_r}{(C_B + 0,2)} \left( \frac{X_{wl}}{L_{WL}} - X_m \right)^2 \right) \quad [m] \quad (156)$$

$k_r = 2.25$  koeficijent forme valnog tlaka za jednotrupne brze brodove ,

$$C_{w,\min} = \frac{C_w}{k_m} \quad [m] \quad (157)$$

$$k_m = 1 + \frac{k_r (0.5 - X_m)^2}{(C_B + 0.2)} \quad [-] \quad (158)$$

$$X_m = 0.45 - 0.6F_n \quad [-] \quad (159)$$

$$F_n = \frac{0.5144U_m}{\sqrt{g \cdot L_{WL}}} \quad [-] \quad (160)$$

$$C_w = 0.0771L_{WL} (C_B + 0.2)^{0.3} e^{(-0.0044L_{WL})} \quad [m] \quad (161)$$

$$U_m = \frac{2}{3}U \quad [m/s] \quad (162)$$

$$P_p = 10 H_{pm} \quad [kN/m^2] \quad (163)$$

$$H_{pm} = 1.1 \left( \frac{2 X_{wl}}{L_{WL}} - 1 \right) \sqrt{L_{WL}} \quad [-] \quad (164)$$

$$f_L = 0.6 \quad [-] \quad (165)$$

za  $L_{WL} \leq 60$  metara,

$$f_L = 1.5 - 0.015 L_{WL} \quad [-] \quad (166)$$

za  $60 \leq L_{WL} \leq 80$  metara,

$$f_L = 0.3 \quad [-] \quad (167)$$

za  $L_{WL} \geq 150$  metara.

Ograničenje valne visine iznad projektnog gaza je:

$$H_w = 2 H_{rm} \quad [m] \quad (168)$$

Tlak koji djeluje na izložene palube i međupalube broda je:

$$P_{wl} = f_L (5 + 0.01 L_{WL}) (1 + 0.5 a_v) + E \quad [kN/m^2] \quad (169)$$

$a_v$  - vertikalno ubrzanje težišta broda, ne smije biti manje od 1 i veće od 4 za izložene palube, te ne smije biti veće od 1 za međupalube, objašnjeno u podpoglavlju 3.11.

$$E = \frac{0.7 + 0.08 L_{WL}}{H_{T10} - T} \quad [kN/m^2] \quad (170)$$

za izložene palube, ne smije biti veće od 3.

Udarno opterećenje na dno broda:

$$P_{dlb} = \frac{f_d \cdot \Delta \cdot \Phi (1 + a_v)}{L_{WL} \cdot G_o} \quad [kN/m^2] \quad (171)$$

- $f_d = 54$  - koeficijent tlaka forme broda za jednotrupce,
- $\Phi = 0.5$  na vodnoj liniji od krmenog kraja  $L_{WL}$ ,

- $\Phi = 1.0$  na  $0.75 L_{WL}$  od krmenog kraja  $L_{WL}$ ,
- $\Phi = 1.0$  na  $0.5 L_{WL}$  od krmenog kraja  $L_{WL}$ ,
- $\Phi = 0.5$  na krmenom kraju  $L_{WL}$ .

Vrijednosti između navedenih određuju se interpolacijom.

Udarno opterećenje na bokove broda uslijed udaranja:

$$P_{dst} = P_{dlb} \frac{\text{tg}(40 - \theta_B)}{\text{tg}(\theta_S - 40)} \quad [kN / m^2] \quad (172)$$

$\theta_B$  - srednji nagib oplata dna u odnosu na osnovicu u stupnjevima za određeni presjek broda,

$\theta_S$  - srednji nagib oplata boka u stupnjevima na određenom presjeku broda,

$(40 - \theta_B)$  ne smije biti manji od 10 stupnjeva,

$(\theta_S - 40)$  ne smije biti manji od 10 stupnjeva.

Tlak uslijed udaranja na pramčani dio broda na vodnoj liniji uslijed relativnog gibanja:

$$P_f = \text{veće od } P_{dls} \text{ ili } f_1 L_{WL} (0.8 + 0.15 \Gamma)^2 \quad [kN / m^2] \quad (173)$$

$P_f = P_{dls}$  na  $0.75 L_{WL}$  od krmenog kraja  $L_{WL}$ ,

$P_f = P_m$  na  $0.5 L_{WL}$  od krmenog kraja  $L_{WL}$ ,

$P_f = 0.0$  između krmenog kraja  $L_{WL}$  i  $0.5 L_{WL}$  od krmenog kraja  $L_{WL}$ ,

$f_1 = 0.94$  koeficijent udarnog tlaka za brzi jednotrupac,

$$\Gamma = \frac{0.5144 \cdot U}{\sqrt{L_{WL}}} \quad [(m/s) / \sqrt{m}] \quad (174)$$

Tlak na vodonepropusne pregrade:

$$P_{bh} = 7.2 h_b \quad [kN / m^2] \quad (175)$$

$h_b$  - visina opterećenja (stupca vode) u [m] i to za oplatu se uzima udaljenost od točke na  $1/3$  visine oplata od njenog donjeg ruba do visine pregrade na boku, a za ukrepe udaljenost od sredine ukrepe do visine pregrade na boku broda.

Kriteriji koji daju minimalne vrijednost opterećenja za pojedine konstrukcijske elemente dani su u Dijelu 5, Poglavlju 3 „Local Design Criteria for Craft Operating in Non-Displacement Mode“ [35].

### 3.5.8.2.2 Dimenzioniranje konstrukcijskih elemenata broda

Izrazi iz Pravila za dimenzioniranje pojedinih konstrukcijskih elemenata broda su:

Oplata trupa i nadgrađa:

$$t_p = 22.5 s \gamma \beta \sqrt{\frac{p}{f_\sigma \sigma_s}} 10^{-3} \quad [mm] \quad (176)$$

Primarne i sekundarne ukrepe (moment otpora presjeka) :

$$Z = \Phi_Z \frac{p \cdot s \cdot l_e^2}{f_\sigma \cdot \sigma_s} \quad [cm^3] \quad (177)$$

Širina i debljina oplata kobilice:

$$b_k = 7.0 L_R + 340 \quad [mm] \quad (178)$$

$$t_k = \sqrt{k_s} 1.35 \cdot L_R^{0.45} \quad [mm] \quad (179)$$

$$k_s = 235 / \sigma_s \quad (180)$$

Površina poprečnog presjeka i debljina kobilice ne smiju biti manji od:

$$A_k = k_s (L_R + 1) \quad [cm^2] \quad (181)$$

$$t_k = \sqrt{k_s} (0.5 L_R + 6) \quad [mm] \quad (182)$$

Debljina hrptenice ne smije biti manja od:

$$t_w = \sqrt{k_s} (\sqrt{L_R} + 1) \quad [mm] \quad (183)$$

Površina poprečnog presjeka hrptenice ne smije biti manja od:

$$A_f = 0.3 L_R \cdot k_s \quad [cm^2] \quad (184)$$

Debljina bočnih uzdužnih nosača dna ne smije biti manja od:

$$t_w = \sqrt{(k_s \cdot L_R)} \quad [mm] \quad (185)$$

Visina rebrenica u centralnoj ravnini ne smije biti manja od:

za  $B \leq 10$  m

$$d_f = 40 (B + 0.85 D) \quad [mm] \quad (186)$$

za  $B \geq 10$  m

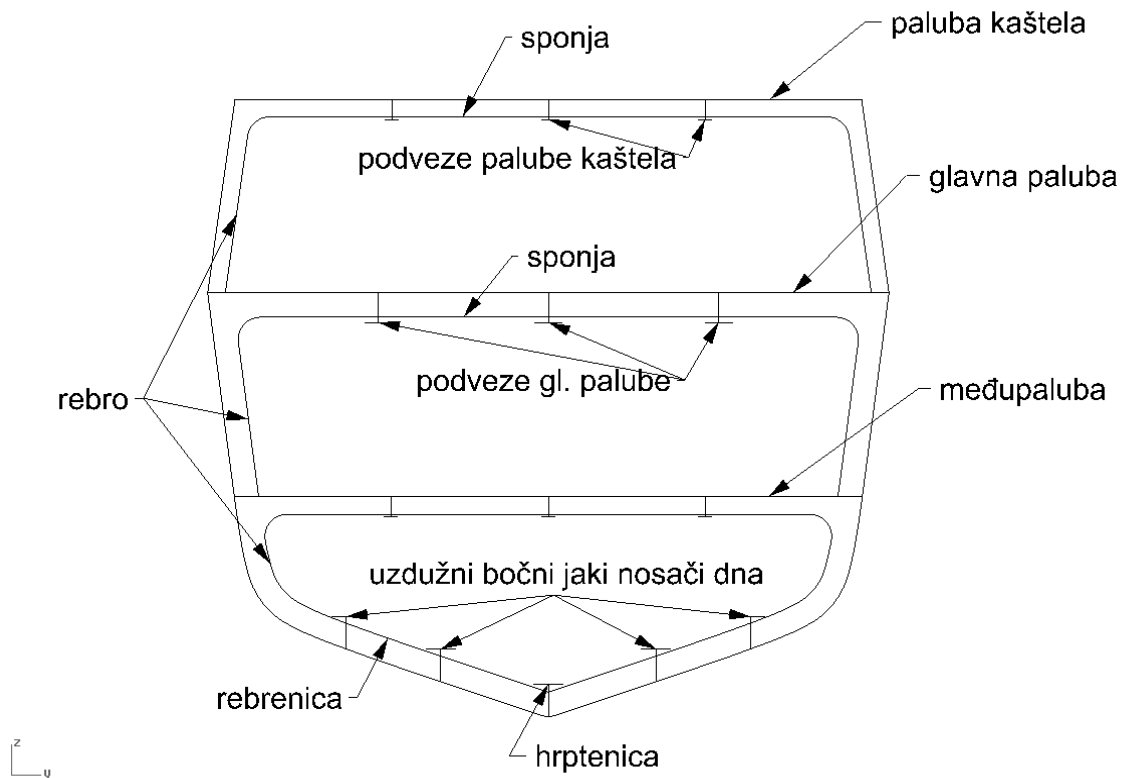
$$d_f = 40 (1.5 B + 0.85 D) - 200 \quad [mm] \quad (187)$$

Debljina oplata rebrenica ne smije biti manja od:

$$t_w = \sqrt{k_s} \left( \frac{3.4 d_f}{1000} + 2.25 \right) \left( \frac{s}{1000} + 0.5 \right) \quad [mm] \quad (188)$$

Površina prirubnice rebrenica ne smije biti manja od:

$$A_f = k_s \cdot 0.15 L_R \quad [cm^2] \quad (189)$$



**Slika 20. Glavno rebro s primarnim nosačima**

Konstrukcija trupa temelji se na uzdužnom sustavu gradnje na dnu i bokovima broda, dok je paluba osnovana u kombiniranom sustavu zbog lakšeg temeljenja naoružanja i palubne opreme te povećanja krutosti palube zbog tehnoloških otvora iznad strojarnice. Primarni uzdužni nosači dna su hrptenica, uzdužni jaki bočni nosači dna (po dva na svakom boku), dok su primarni poprečni nosači dna okvirne sponje na razmacima od 1200 mm. Sekundarni nosači dna su uzdužnjaci na oplati dna razmaka 300 mm. Primarni nosači boka su okvirna rebra na razmaku od 1200 mm, a sekundarni nosači su uzdužnjaci na oplati boka u razmaku od 300 mm. Na palubi čvrstoće postoje primarni uzdužni jaki nosači (centralni plus po jedan na svakom boku) te poprečne sponje. Na isti način je osnovana paluba i bokovi pramčanog kaštela. Navedeni razmaci su odabrani na temelju sličnog broda te preporuke o razmještanju primarnih i sekundarnih nosača iz [35]. Dimenzije i mase konstrukcijskih elemenata nadgrađa nisu proračunavane već je masa nadgrađa dobivena na temelju volumena nadgrađa te iskustvenog podatku o gustoći nadgrađa po  $m^3$ .

### **3.5.8.2.3 Masa i vertikalni položaja težišta trupa broda**

Nakon što se izvrši proračun konstrukcijskih elemenata kako je prikazano u 3.5.8.2.2, temeljem njihovih geometrijskih karakteristika vrši se proračun njihove mase po jedinici

površine a zatim proračun mase za cijelu površinu pojedinih segmenata brodske konstrukcije. Na navedeni način dolazi se do mase pojedinih dijelova brodske konstrukcije te njihovom sumom do ukupne mase trupa broda. Npr. za izračun mase palube, na temelju izračunatih geometrijskih karakteristika uzdužnih jakih nosača, sponja i uzdužnjaka palube te oplata izračunava se njihova masa po jednom metru kvadratnom. Tako dobivena masa se množi s ukupnom površinom palube te se dobiva ukupna masa palube. Na sličan način se dobivaju mase ostalih konstrukcijskih segmenata kao što su dno, bokovi, međupalube. Opći izraz za proračun mase pojedinog broskog konstrukcijskog segmenta kada je poznata masa po jedinici površine i površina:

$$M_K = q_K \cdot A_K \quad [t] \quad (190)$$

Izrazi za proračun površine i vertikalni položaj težišta pojedinih segmenata broda preuzeti su iz [30] te su prikazani u tekstu koji slijedi.

Površina strukture dna i zrcala do visine gaza od osnovice:

$$A_{dz} = S + \left(\frac{A_T}{A_M}\right) B \cdot T \cdot C_M \quad [m^2] \quad (191)$$

Vertikalni položaj težišta strukture dna i zrcala do visine gaza od osnovice:

$$Z_{bot} = \frac{T}{8} \left( \frac{1}{1+C_M} + \frac{1}{2+\frac{B}{T}} \right) \left( 5 - \frac{A_T}{A_M} \right) \quad [m] \quad (192)$$

Površina strukture bokova i nadvodnog dijela zrcala:

$$A_b = L_{WL} (H_{T10} - T) \left[ \sqrt{1 + tg^2(\alpha_m)} \left( \frac{L_{OA}}{L_{WL}} + 1 \right) + 4.0 \left( \frac{F_{20} - F_{10}}{H_{T10} - T} - 1 \right) \right] \cdot \left( 1 + 0.4 \frac{C_{WP}^2}{\frac{L_{WL}}{B}} \right) + (H_{T10} - T) \left[ B \frac{1+C_{WP}}{2} + (H_{T10} - T) tg(\alpha_s) \right] \quad [m^2] \quad (193)$$

Vertikalni položaj strukture bokova i nadvodnog dijela zrcala:

$$Z_{ts} = \frac{5T + 3H_{T10} + F_{20} - F_{10}}{8} \quad [m] \quad (194)$$

Površina glavne palube:

$$A_{gp} = L_{WL} \cdot [0.75B_m + 0.125(B_{DT} + B_{FP})] \quad [m^2] \quad (195)$$

Vertikalni položaj težišta glavne palube:

$$Z_{md} = \frac{2 H_{T10} + 0.02 B + T + F_{20} - F_{10}}{3} \quad [m] \quad (196)$$

Površina strukture poprečnih pregrada:

$$A_{pp} = n_b \{ B \cdot T \cdot C_B + (H_{T10} - T) [ B \cdot C_{WP} + (H_{T10} - T) \operatorname{tg}(\alpha_m) ] \} \quad [m^2] \quad (197)$$

$$n_b = \frac{L_{WL}}{3 + L_{WL} \cdot f_{wb}} - 1 \quad [-] \quad (198)$$

Vertikalni položaj težišta poprečnih pregrada:

$$Z_{bh} = \frac{H_{T10} (C_M + \frac{H_{T10} - T}{T} (1 + \frac{H_{T10} - T}{T} \operatorname{tg}(\alpha_s)))}{C_M (C_P + 1) + \frac{H_{T10} - T}{T} \left[ 1 + C_{WP} + \frac{H_{T10} - T}{T} (\operatorname{tg}(\alpha_m) + \operatorname{tg}(\alpha_s)) \right]} \quad [m] \quad (199)$$

Prema sličnim izrazima izračunata je masa pramčanog kaštela, dok je masa nadgrađa izračunata umnoškom volumena nadgrađa s specifičnom masom nadgrađa po jedinici mase.

Vertikalni položaj težišta ostalih dijelova konstrukcije trupa je kako slijedi.

$$Z_{101} = H_{T10} + 2 H_{IP} + 3.31 \quad [m] \quad (200)$$

$$Z_{102} = H_{T10} + 1.0 \quad [m] \quad (201)$$

$$Z_{103} = 0.5666 H_{T10} \quad [m] \quad (202)$$

$$Z_{104} = H_{T10} + (2/5) H_{IP} \quad [m] \quad (203)$$

Vertikalni položaj težišta mase konstrukcije broda:

$$Z_1 = (W_{105} \cdot Z_{105} + W_{103} \cdot Z_{103} + W_{101} \cdot Z_{101} + W_{102} \cdot Z_{102} + W_{104} \cdot Z_{104}) / W_1 \quad [m] \quad (204)$$

### 3.5.8.3 Masa i vertikalni položaj skupina masa 3, 5, 6 i 9

Određivanje masa i vertikalnog položaja težišta skupina brodskih masa 3, 5, 6 i 9 temelji se na smještaju pojedine opreme kako je prikazano u razmještaju brodskih prostora u podpoglavlju 3.5.7 ili prema sličnom brodu. Izrazi koji definiraju mase ovih brodskih skupina su konstante ili su vezani za pojedine parametre brodske forme kao što je gaz, visina trupa, prosječan razmak između paluba i slično. Proračun pojedinih komponenti navedenih skupina masa (skupina masa 3 i 5) je manje pouzdan od masa skupine 1, 2, 4 i 7 koje su određene na razini pouzdanosti koja je znatno iznad točnosti kada se radi o konceptualnoj fazi projekta broda. S obzirom da se ovdje radi o jednom manjem dijelu masa (15-20%), očekivana greška u modelu će biti manja. Navedene greške se kompenziraju u projektnom modelu na način da se kod izračuna metacentarske visine dodaju margine koje kompenziraju moguće greške u određivanju vertikalnog položaja težišta broda. Izrazi koji definiraju navedene mase prikazani su u tekstu koji slijedi.

Mase brodskih skupina 5:

$$W_{506} = 0.01549 \nabla \quad [t] \quad (205)$$

$$W_{501} = 0.005799 \nabla \quad [t] \quad (206)$$

$$W_{504} = 0.02518 \nabla \quad [t] \quad (207)$$

$$W_{503} = 1.86 \quad [t] \quad (208)$$

$$W_{509} = 2.199 \quad [t] \quad (209)$$

$$W_{505} = 0.017668 \nabla \quad [t] \quad (210)$$

$$W_{502} = 0.65 \quad [t] \quad (211)$$

$$W_{507} = 0.25 \quad [t] \quad (212)$$

$$W_{508} = 0.35 \quad [t] \quad (213)$$

Ukupna masa brodskih pomoćnih sustava:

$$W_5 = W_{506} + W_{501} + W_{504} + W_{503} + W_{509} + W_{505} + W_{502} + W_{507} + W_{508} \quad [t] \quad (214)$$

Vertikalni položaj težišta masa skupine 5:

$$Z_{506} = 0.58 H_{T10} \quad [m] \quad (215)$$

$$Z_{501} = 0.782 H_{T10} \quad [m] \quad (216)$$

$$Z_{504} = 1.066 H_{T10} \quad [m] \quad (217)$$

$$Z_{503} = 0.58 H_{T10} \quad [m] \quad (218)$$

$$Z_{509} = 1.088 H_{T10} \quad [m] \quad (219)$$

$$Z_{505} = 0.364 H_{T10} \quad [m] \quad (220)$$

$$Z_{502} = H_{T10} + 0.45 \quad [m] \quad (221)$$

$$Z_{507} = 0.45 H_{T10} \quad [m] \quad (222)$$

$$Z_5 = (W_{506} \cdot Z_{506} + W_{501} \cdot Z_{501} + W_{504} \cdot Z_{504} + W_{503} \cdot Z_{503} + W_{509} \cdot Z_{509} + W_{505} \cdot Z_{505} + W_{502} \cdot Z_{502} + W_{507} \cdot Z_{507} + W_{508} \cdot Z_{508}) / W_5 \quad [m] \quad (223)$$

Mase brodskih skupina 3:

$$W_{301} = 0.62 \quad [t] \quad (224)$$

$$W_{304} = 0.011529 \cdot \nabla \quad [t] \quad (225)$$

$$W_{303} = 1.54 \quad [t] \quad (226)$$

$$W_{302} = 0.89 \quad [t] \quad (227)$$



$$W_{305} = 0.01557 \cdot \nabla \quad [t] \quad (228)$$

$$W_{306} = 0.708 \quad [t] \quad (229)$$

$$W_{307} = 0.35 \quad [t] \quad (230)$$

Ukupna masa elektro energetskog sustava je:

$$W_3 = W_{301} + W_{304} + W_{303} + W_{302} + W_{305} + W_{306} + W_{307} \quad [t] \quad (231)$$

Vertikalni položaj težišta masa skupine 3:

$$Z_{301} = 0.622 H_{T10} \quad [m] \quad (232)$$

$$Z_{304} = 0.792 H_{T10} \quad [m] \quad (233)$$

$$Z_{303} = 1.206 H_{T10} \quad [m] \quad (234)$$

$$Z_{302} = 0.834 H_{T10} \quad [m] \quad (235)$$

$$Z_{305} = 0.946 H_{T10} \quad [m] \quad (236)$$

$$Z_{306} = 0.749 H_{T10} \quad [m] \quad (237)$$

$$Z_{307} = 0.55 H_{T10} \quad [m] \quad (238)$$

$$Z_{308} = H_{T10} + H_{IP} + 0.65 \quad [m] \quad (239)$$

$$Z_3 = (W_{301} \cdot Z_{301} + W_{304} \cdot Z_{304} + W_{303} \cdot Z_{303} + W_{302} \cdot Z_{302} + W_{305} \cdot Z_{305} + W_{306} \cdot Z_{306} + W_{307} \cdot Z_{307}) / W_3 \quad [m] \quad (240)$$

Masa brodskih skupina 6:

$$W_{606} = 0.02124 \nabla \quad [t] \quad (241)$$

$$W_{601} = 0.01234 \nabla \quad [t] \quad (242)$$

$$W_{609} = (5.631 / 374.1) \cdot \nabla \quad [t] \quad (243)$$

$$W_{611} = (2.028 / 374.1) \cdot \nabla \quad [t] \quad (244)$$

$$W_{608} = 1.663 \quad [t] \quad (245)$$

$$W_{610} = 0.009373 \nabla \quad [t] \quad (246)$$

$$W_{607} = 0.958 \quad [t] \quad (247)$$

$$W_{605} = (4.221 / 374.1) \cdot \nabla \quad [t] \quad (248)$$

$$W_{603} = 0.911 \quad [t] \quad (249)$$

$$W_{602} = 0.114 \quad [t] \quad (250)$$

$$W_{604} = 0.0399 \nabla \quad [t] \quad (251)$$

$$W_{612} = 0.167 \quad [t] \quad (252)$$

$$W_6 = W_{606} + W_{601} + W_{609} + W_{611} + W_{608} + W_{610} + W_{607} + W_{605} + W_{604} + W_{603} + W_{602} + W_{612} \text{ [t]} \quad (253)$$

Vertikalni položaj težišta masa skupine 6:

$$Z_{606} = H_{T10} + H_{IP} + 0.2 \text{ [m]} \quad (254)$$

$$Z_{601} = 0.748 H_{T10} \text{ [m]} \quad (255)$$

$$Z_{609} = H_{T10} + 0.4 H_{IP} \text{ [m]} \quad (256)$$

$$Z_{611} = 0.905 H_{T10} \text{ [m]} \quad (257)$$

$$Z_{608} = 0.655 H_{T10} \text{ [m]} \quad (258)$$

$$Z_{610} = 0.407 H_{T10} \text{ [m]} \quad (259)$$

$$Z_{607} = (H_{T10} - H_{IP}) + 1.15 \text{ [m]} \quad (260)$$

$$Z_{605} = H_{T10} + 0.55 \text{ [m]} \quad (261)$$

$$Z_{604} = H_{T10} + 0.4 \text{ [m]} \quad (262)$$

$$Z_{603} = 0.549 H_{T10} \text{ [m]} \quad (263)$$

$$Z_{602} = 0.333 H_{T10} \text{ [m]} \quad (264)$$

$$Z_{612} = 0.387 H_{T10} \text{ [m]} \quad (265)$$

Vertikalni položaj težišta masa skupine 6:

$$Z_6 = (W_{606} \cdot Z_{606} + W_{601} \cdot Z_{601} + W_{609} \cdot Z_{609} + W_{611} \cdot Z_{611} + W_{608} \cdot Z_{608} + W_{610} \cdot Z_{610} + W_{607} \cdot Z_{607} + W_{605} \cdot Z_{605} + W_{604} \cdot Z_{604} + W_{603} \cdot Z_{603} + W_{602} \cdot Z_{602} + W_{612} \cdot Z_{612}) / W_6 \text{ [m]} \quad (266)$$

Masa brodskih skupina 9:

U ovu skupinu spadaju mase tekućina, mase zaliha hrane, masa streljiva, te masa posade s pripadnom osobnom opremom. Mase streljiva su definirane za svaku opciju naoružanja. One se sumiraju ovisno o opcijama koje su odabrane tijekom generiranja projekta. Masa hrane izračunava se prema izrazu iz [9]:

$$W_{903} = 1.016 N_{CR} \cdot 0.00245 T_S \text{ [t]} \quad (267)$$

Masa posade s pripadnom osobnom opremom:

$$W_{907} = N_{CR} \cdot 0.1 \text{ [t]} \quad (268)$$

Vertikalni položaj težišta tekućina:

$$Z_{902} = 0.211 H_{T10} \text{ [m]} \quad (269)$$

$$Z_{910} = 0.144 H_{T10} \text{ [m]} \quad (270)$$

$$Z_{906} = 0.166 H_{T10} \text{ [m]} \quad (271)$$

$$Z_{905} = 0.144 H_{T10} \text{ [m]} \quad (272)$$

$$Z_{904} = 0.133 H_{T10} \text{ [m]} \quad (273)$$

$$Z_{901} = 0.2 H_{T10} \text{ [m]} \quad (274)$$

$$Z_{911} = (W_{902} \cdot Z_{902} + W_{910} \cdot Z_{910} + W_{906} \cdot Z_{906} + W_{905} \cdot Z_{905} + W_{904} \cdot Z_{904} + W_{901} \cdot Z_{901}) / W_{909} \text{ [m]} \quad (275)$$

Vertikalni položaj težišta masa skupine 9:

$$Z_{907} = 1.25 H_{T10} \text{ [m]} \quad (276)$$

$$Z_{903} = 0.45 H_{T10} \text{ [m]} \quad (277)$$

$$Z_{913} = H_{T10} + (1/3) H_{IP} \text{ [m]} \quad (278)$$

$$Z_{912(0)} = H_{T10} + 1.53 \text{ [m]} \quad (279)$$

$$Z_{912(1)} = H_{T10} + 2.02 \text{ [m]} \quad (280)$$

$$Z_{912(2)} = H_{T10} + 2.02 \text{ [m]} \quad (281)$$

$$Z_{914(0)} = H_{T10} + 0.5 \text{ [m]} \quad (282)$$

$$Z_{914(1)} = H_{T10} + 0.65 \text{ [m]} \quad (283)$$

$$Z_{914(2)} = H_{T10} + 0.7 \text{ [m]} \quad (284)$$

$$Z_{915(0)} = H_{T10} + H_{IP} + 1.25 \text{ [m]} \quad (285)$$

$$Z_{915(1)} = H_{T10} + H_{IP} + 2.65 \text{ [m]} \quad (286)$$

Vertikalni položaj kompleta streljiva oružnih sustava:

$$Z_{908} = (W_{913} \cdot Z_{913} + W_{912} \cdot Z_{912} + W_{914} \cdot Z_{914} + W_{915} \cdot Z_{915}) / W_{908} \text{ [m]} \quad (287)$$

Ukupna varijabilna masa:

$$W_9 = W_{907} + W_{903} + W_{909} + W_{908} \text{ [t]} \quad (288)$$

Vertikalni položaj težišta varijabilnih masa:

$$Z_9 = (W_{907} \cdot Z_{907} + W_{903} \cdot Z_{903} + W_{909} \cdot Z_{909} + W_{908} \cdot Z_{908}) / W_9 \text{ [m]} \quad (289)$$

#### 3.5.8.4 Rekapitulacija masa broda

Masa lakog broda uzimajući u obzir i marginu rasta masa:

$$W_{LS} = (W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6 + W_7)(1 + W_{MF}) \text{ [t]} \quad (290)$$

Ukupna masa broda:

$$W_T = W_{LS} + W_{909} + W_{903} + W_{907} + W_{908} \text{ [t]} \quad (291)$$

#### 3.5.8.5 Rekapitulacija vertikalnog položaja težišta broda

Vertikalni položaj težišta lakog broda:

$$Z_{LS} = (W_1 \cdot Z_1 + W_2 \cdot Z_2 + W_3 \cdot Z_3 + W_4 \cdot Z_4 + W_5 \cdot Z_5 + W_6 \cdot Z_6 + W_7 \cdot Z_7) / (W_{LS} - W_{M24}) \text{ [m]} \quad (292)$$

Vertikalni položaj težišta broda na projektnog vodnoj liniji:

$$K_G = (W_{LS} \cdot Z_{LS} + W_9 \cdot Z_9) / W_T + K_{GMARG} \text{ [m]} \quad (293)$$

Koeficijent  $K_{GMARG}$  se dodaje na izračunatu vrijednost vertikalnog položaja težišta broda zbog smanjenja moguće pogreške kod proračuna, a za ovaj tip broda se uzima oko 0.15 m. Na taj način se ide na stranu sigurnosti jer se povećavanjem  $K_G$  ustvari smanjuje  $G_M$  tj. stabilitet broda.

### 3.5.9 Zahtijevani volumen / površina trupa i nadgrađa

Površina za smještaj naoružanja i zapovjedno informacijske i komunikacijske opreme u trupu:

$$A_{HPR} = A_{RHSG} + A_{RC4IH} \text{ [m}^2\text{]} \quad (294)$$

Površina za smještaj posade u trupu:

$$A_{HL} = A_{HAB} \cdot N_{CR} \text{ [m}^2\text{]} \quad (295)$$

Površina skladišta u trupu po iskustvenom izrazu iz [9]:

$$A_{HS} = (100 + 0.0158 N_{CR} \cdot 9 T_S) 0.0929 \text{ [m}^2\text{]} \quad (296)$$

Površina brodskih funkcija u trupu:

$$A_{HSF} = (1750 \cdot 3.2809^3 (L_{WL} \cdot B \cdot H_{PRT} / 100000)) 0.0929 \text{ [m}^2\text{]} \quad (297)$$

Površina usisa/ispuha kroz palube u trupu:

$$A_{HIE} = 1.4 N_{HPIE} \cdot Z_{PUI}(OPSNS) \text{ [m}^2\text{]} \quad (298)$$

Površina upravljačke kabine (daljinsko upravljanje, signalizacija rada brodskih sustava):

$$A_{RCR} = 9.5 \text{ [m}^2\text{]} \quad (299)$$

Površina brodske radionice:

$$A_{RWS} = 4.25 \text{ [m}^2\text{]} \quad (300)$$

Površina komunikacijskih hodnika u trupu broda:

$$A_{RHH} = (3 / 5) L_{WL} 0.7 \text{ [m}^2\text{]} \quad (301)$$

Površina opreme borbene otpornosti broda:

$$A_{SDC} = 6.5 \text{ [m}^2\text{]} \quad (302)$$

Površina izolacije, oblaganja i lakog pregrađivanja:

$$A_{RIH} = 0.3375 B \cdot + 0.0625 L_{WL} \text{ [m}^2\text{]} \quad (303)$$

Površina krmene palubne kućice:

$$A_{RAAR} = 4.75 \text{ [m}^2\text{]} \quad (304)$$

Površina protupožarne opreme u trupu:

$$A_{RFFE} = 4.25 \text{ [m}^2\text{]} \quad (305)$$

Zahtjevana površina sustava smanjenja magnetske zamjetivosti:

$$A_{RMSG} = 3.75 \text{ [m}^2\text{]} \quad (306)$$

Površina mornarskog salona u trupu:

$$A_{RSRO} = 10.5 \text{ [m}^2\text{]} \quad (307)$$

Površina sanitarnih prostora u trupu:

$$A_{RTH} = 15.45 \text{ [m}^2\text{]} \quad (308)$$

Zahtjevana površina NBC sustava:

$$A_{RHSG} = 7.5 \text{ [m}^2\text{]} \quad (309)$$

Zahtjevana površina vezana za hidroakustičku zamjetivost:

za opcije pogona broda s vodomlaznim propulzorima (opcije 2 i 5):

$$A_{RHSG} = N_{PROP}(OPSNS) 7.5 \text{ [m}^2\text{]} \quad (310)$$

Opcija 7 pogona broda:

$$A_{RHSG} = N_{PROP}(OPSNS) 4.375 \text{ [m}^2\text{]} \quad (311)$$

Ukupna zahtjevana površina palube u trupu :

$$A_{HR} = A_{HPR} + A_{HL} + A_{HS} + A_{HSF} + A_{HIE} + A_{RCR} + A_{RWS} + A_{RHH} + A_{RMSG} (OMAGS) + \\ A_{RNBC}(ONBC) + A_{SDC} + A_{RIH} + A_{RAAR} + A_{RFFE} + A_{RSRO} + A_{RHSG} \text{ [m}^2\text{]} \quad (312)$$

Ukupni zahtjevani volumen u trupu broda:

$$V_{HR} = A_{HR} \cdot H_{IP} \text{ [m}^3\text{]} \quad (313)$$

Ukupna zahtjevana površina / volumen u nadgrađu broda.

Površina za život i rad posade u nadgrađu (časnički salon, dočasnički salon, kuhinja, ambulanta, kabina za goste):

$$A_{DL} = 34.75/N_{CR} \text{ [m}^2\text{]} \quad (314)$$

Površina kormilarnice s navigacijskim stolom :

$$A_{RSR} = 25.7 \text{ [m}^2\text{]} \quad (315)$$

Površina radio kabine :

$$A_{RRR} = 6.5 \text{ [m}^2\text{]} \quad (316)$$

Površina usisa/ispuha:

$$A_{DIE} = 0.0 \text{ [m}^2\text{]} \quad (317)$$

Površina za smještaj opreme motrilačkog i ciljničkog radara:

$$A_{RAAR} = 8.75 \text{ [m}^2\text{]} \quad (318)$$

Površina hodnika u nadgrađu:

$$A_{RHS} = (I / 5) L_{WL} 0.7 \text{ [m}^2\text{]} \quad (319)$$

Površina za smještaj pomoćnog diesel agregata za nuždu:

$$A_{RAG} = 5.55 \text{ [m}^2\text{]} \quad (320)$$

Površina borbenog kompleta AA sustava:

$$A_{RASA}(0) = 3.5 \text{ [m}^2\text{]} \quad (321)$$

za opciju 1 AA sustava,

$$A_{RASA}(1) = 7.07 \text{ [m}^2\text{]} \quad (322)$$

za opciju 2 AA sustava.

Površina sanitarnih prostora u nadgrađu:

$$A_{RTS} = 5.55/N_{CR} \text{ [m}^2\text{]} \quad (323)$$

Površina izolacije i oblaganja u nadgrađu:

$$A_{RIS} = (4B + (3/4)L_{WL}) \cdot 0.05 \text{ [m}^2\text{]} \quad (324)$$

Zahtjevana površina nadgrađa:

$$A_{DR} = A_{DL} + A_{RSR} + A_{DIE} + A_{RRR} + A_{RAAR} + A_{RHS} + A_{RAG} + \\ A_{RASA}(OAAS) + A_{RTS} + A_{RIS} \text{ [m}^2\text{]} \quad (325)$$

Zahtjevani volumen nadgrađa:

$$V_{RS} = A_{DR} \cdot H_{IP} \text{ [m}^3\text{]} \quad (326)$$

Ukupna zahtjevana površina / volumen broda:

$$A_{TR} = A_{HR} + A_{DR} \text{ [m}^2\text{]} \quad (327)$$

$$V_{TR} = V_{HR} + V_{RS} \text{ [m}^3\text{]} \quad (328)$$

Ukupna dostupna površina i volumen trupa broda:

$$V_{HA} = V_{HT} - V_{MB} - V_{TK} \text{ [m}^3\text{]} \quad (329)$$

$$A_{HA} = V_{HA} / H_{IP} \text{ [m}^2\text{]} \quad (330)$$

Ukupni dostupni volumen broda:

$$V_{TA} = V_{HA} + V_S \text{ [m}^3\text{]} \quad (331)$$

Dostupna površina nadgrađa:

$$A_{DA} = V_S / H_{IP} \text{ [m}^2\text{]} \quad (332)$$

Ukupna dostupna površina paluba broda:

$$A_{TA} = A_{HA} + A_{DA} \text{ [m}^2\text{]} \quad (333)$$

Dostupna površina otvorene palube:

$$A_{AOD} = C_{RD} \cdot L_{WL} (B/2) \cdot 1.9 + A_{RFCD} \text{ [m}^2\text{]} \quad (334)$$

Zahtjevana površina otvorene palube:

$$A_{ROD} = A_{RASM}(OASMS) + A_{RLT}(OLTOR) + A_{RAIS}(OAAS) + \\ (3/4) A_{DR} + A_{RSG}(OBGNS) + A_{RDEC} + A_{RMA} + A_{RDE} \text{ [m}^2\text{]} \quad (335)$$

Dostupna duljina izložene palube :

$$X_{ADECK} = 1.03 L_{WL} \text{ [m]} \quad (336)$$

Zahtjevana duljina otvorene palube:

$$X_{RDECK} = X_{RASM(OASMS)} + X_{RLT(OLTOR)} + X_{RAA(OAAS)} + \\ (3/4) A_{DR} / (B_D - 2) + X_{RBG(OBGNS)} + X_{RMAS} + X_{RAN} \text{ [m]} \quad (337)$$

Zahtjevano površine u trupu i nadgrađu dobivene su iz tlocrtna površine brodskih prostora, naoružanja i opreme iz kataloga opreme ili kao podatak sa sličnog broda. U navedenu površinu je uključena i površina potrebna za funkcioniranje, pristup i održavanje naoružanja/opreme. Pretpostavlja se da sve naoružanje i oprema čiji je smještaj predviđen u nadgrađu može biti instaliran samo u nadgrađu, dok naoružanje i oprema koji su predviđeni u trupu mogu biti instalirani u trupu ali i u nadgrađu. Ova pretpostavka je direktno povezana s algoritmom za uravnoteženje brodskih površina/volumena koji se temelji na izrazu:

$$A_{TR} - A_{TA} (V_S) = 0 \text{ [m}^2\text{]} \quad (338)$$

U ovoj jednadžbi traži se nul vrijednost tj. volumen nadgrađa koji zadovoljava uravnoteženje brodskih dostupnih i zahtjevanih površina. U slučaju kad je dobiveni volumen nadgrađa veći od zahtjevanog događa se da postoji više volumena u nadgrađu, dok za istu vrijednost manjak volumena u trupu broda. Iz tog razloga je uvedena gornja pretpostavka a njezin osnovni cilj je uravnoteženja dostupnih i zahtjevanih površina/volumena broda. Kako bi projektni model bio prihvatljiv idealno bi bilo da je dobiveni volumen nadgrađa jednak zahtjevanom ali to nije uvijek slučaj, zbog čega dobiveni volumen nadgrađa mora biti u određenim granicama. Za tu potrebu u projektnom modelu u dijelu koji rješava ograničenja projektnog prostora se postavlja uvjet da dobiveni volumen nadgrađa mora biti veći od zahtjevanog i manji od nekog maksimalnog volumena nadgrađa koji se može izračunati temeljem geometrije nadgrađa ili proizvoljno definirati gornju granicu u odnosu na zahtjevani volumen nadgrađa. Matematička metoda za traženje nul vrijednosti koja je primjenjena u projektnom modelu je metoda sekante.

### 3.5.10 Stabilitet broda

Nakon određivanja ukupne mase i vertikalnog položaja težišta broda u podpoglavlju 3.5.8 relativno lako je odrediti metacentarsku visinu  $G_M$  početnog stabiliteta broda koja predstavlja jedan od ograničenja projektnog prostora u projektnom modelu. Za konceptualnu razinu projekta broda dovoljno je izračunati početni stabilitet broda, a očekuje se da će brod zadovoljiti kriterije vezane za polugu stabiliteta kod većih kuteva nagiba. To je dobra

pretpostavka i za ovaj projektni model s obzirom da brod ima pramčani kaštel koji se proteže od sredine broda do kraja pramca i predstavlja veliku rezervu istisnine što je važno za stabilitet kod većih nagiba.

Metacentarska visina je:

$$G_M = K_B + B_M - K_G \text{ [m]} \quad (339)$$

Od više iskustvenih izraza za određivanje vertikalnog položaja istisnine broda odabran je izraz iz [2] koji je bio najbliži  $K_G$  sličnog broda :

$$K_B = (T/3) (2.5 - C_p \cdot C_M / C_{WP}) \text{ [m]} \quad (340)$$

Udaljenost od težišta uzgona do početnog metacentra je omjer poprečnog momenta inercije vodne linije i volumena istisnine:

$$B_M = I_{xx} / \nabla \text{ [m]} \quad (341)$$

Za određivanje poprečnog momenta inercije vodne linije uvodi se koeficijent  $C_{IT}$  koji je preuzet iz [2] a predstavlja smanjenje momenta inercije pravokutnika kako bi se dobio moment inercije vodne linije broda:

$$I_{xx} = (L_{WL} \cdot B^3 \cdot f(C_{WP}))/12 = (L_{WL} \cdot B^3 \cdot C_{IT})/12 \text{ [m}^4\text{]} \quad (342)$$

$$B_M = (L_{WL} \cdot B^3 \cdot C_{IT})/(12 \nabla) \text{ [m]} \quad (343)$$

$$C_{IT} = 0.0372 (2 C_{WP} + 1)^3 \text{ [-]} \quad (344)$$

Konačni kriterij stabiliteta je bezdimenzionalni koeficijent  $G_M/B$ :

$$C_{GMB} = G_M / B \text{ [-]} \quad (345)$$

U cilju definiranja konačnog kriterija stabiliteta potrebno je odrediti granice  $C_{GMB}$  tj. minimalnu i maksimalnu vrijednost što je definirano u podpoglavlju 3.6.5.

Alternativa proračunu početnog stabiliteta je proračun stabiliteta broda kod većih nagiba tj. određivanje krivulje stabiliteta. Za potrebu ovog modela može se primjeniti približna metoda koja se temelji na metodi Barnhart-Tehwliis a koju je originalno predložio Vlasov. Za kriterije stabiliteta mogu se primjeniti zahtjevi koje je razvila mornarica SAD-a ili preuzeti kriterije iz pravila klasifikacijskih društava za ratne brodove. Navedena metoda može se razmatrati kao moguća nadogradnja projektnog modela u području stabiliteta, a ona je detaljno prikazana u [30].

### 3.5.11 Pomorstvenost

Kako bi projektni model bio vjerodostojan i pouzdan nije se moglo zanemariti određivanje značajki pomorstvenosti broda. Pomorstvenost broda je kompleksno područje brodograđevne



znanosti, a za određivanje pomorstvenih značajki broda primjenjuje se vrpčasta teorija koja za izračun njihanja, brzina i ubrzanja broda primjenjuje dvodimenzionalne hidrodinamičke koeficijente (dodatna masa, prigušenje, uzbudne sile) za čiji izračun je potrebno poznavati brodske linije. Mogu se koristiti i kompleksniji trodimenzionalni modeli kojima se opisuje strujanje oko broskog trupa, ali ove metode nisu bile prikladne za projektni model iz tri razloga. Prvi je što se u projektnom modelu ne definiira forma broda u obliku brodskih linija već samo u obliku parametarskih jednažbi forme pa je navedene metode nije bilo moguće primijeniti. Drugi razlog je što navedene metode i kad bi bile primjenjive u ovom modelu su kompleksne, zauzimaju puno memorije i vremena računala pa bi praktički bile beskorisne jer se u ovom projektnom modelu u jednom prolazu obrađuje na desetke tisuća projekata. Treći razlog je što vrpčasta teorija ne daje prihvatljive rezultate za brze brodove čiji Froudeov broj je iznad 0.5. Iz navedenih razloga za određivanje pomorstvenosti primjenjen je iskustveni izraz iz [35] kojim se izračunava vertikalno ubrzanje težišta broda, a temelji se na rezultatima ispitivanja pomorstvenosti velikog broja modela i brodova u naravi.

$$a_v = 1.5 \theta_B \cdot L_1 (H_1 + 0.084)(5 - 0.1\theta_D) \Gamma^2 \cdot 10^{-3} \text{ [g]} \quad (346)$$

gdje je

$$L_1 = \frac{L_{WL} \cdot B_C^3}{B_W \cdot \Delta} \quad [-] \quad (347)$$

a  $\frac{L_{WL}}{B_W}$  ne manji od 3,

$\theta_D$  - nagib dna broda na  $L_{CG}$  u stupnjevima, ne veći od  $30^\circ$ ,

$\theta_B$  - dinamički kut trima broda u stupnjevima, ne manji od  $3^\circ$  te

$$\Gamma = \frac{0.5144 \cdot U}{\sqrt{L_{WL}}} \quad [(m/s) / \sqrt{m}] \quad (348)$$

Vrijednost  $B_C$  je određena u odnosu na B na vodnoj liniji prema sličnom brodu, vrijednost  $\theta_D$  također prema sličnom brodu i kreće se oko  $20^\circ$ , a  $\theta_B$   $3^\circ$  što je očekivana vrijednost za brze brodove. S obzirom na činjenicu da se vrši izračun ubrzanja ona mogu biti relevantna samo ako se promatraju na nekim kritičnim točkama na brodu na kojima boravi posada tijekom operiranja brodom. Za tu svrhu odabrana je kormilarnica broda te su vertikalna ubrzanja težišta broda preračunata u vertikalna ubrzanja u području kormilarnice.

Opći izraz za ubrzanja na nekom presjeku broskog trupa iz [35]:

$$a_x = a_v \left( 0.86 - 0.32 \frac{x_a}{L_{WL}} + 1.76 \left( \frac{x_a}{L_{WL}} \right)^2 + \xi_a \right) \quad [g] \quad (349)$$

$$\xi_a = 0.14 + 0.32 \frac{x_{LCG}}{L_{WL}} - 1.76 \left( \frac{x_{LCG}}{L_{WL}} \right)^2 \quad [-] \quad (350)$$

Budući je ubrzanje izraženo kao prosjek 1/100 najviših potrebno je pretvoriti ga u RMS („root mean square“) vrijednosti kako bi se moglo uspoređivati s kriterijima pomorstvenosti koji su izraženi na isti način, a za tu potrebu korišten je izraz iz [38]:

$$a_{RMS} = a_x / 2.358 \quad [g] \quad (351)$$

Jedan od bitnih preduvjeta za uspješno projektiranje ratnog broda je određivanje okolišnih uvjeta u kojima će brod operirati. S obzirom na činjenicu da se predmetni projektni model odnosi na akvatorij Jadranskog mora njegovi uvjeti okoliša mogu se opisati sa značajnom valnom visinom, modalnim periodom te vjerojatnošću premašivanja značajne valne visine. Značajna valna visina je zadana dok se modalni period za Jadransko more može odrediti primjenom izraza iz [32] :

$$T_0 = 3.28 \cdot \text{Exp}(-0.169 \cdot H_{1/3}) \cdot H_{1/3}^{0.519294} \quad [s] \quad (352)$$

Vjerojatnost premašivanja značajne valne visine za jadransko more može se aproksimirati primjenom izraza iz [32] :

$$f(H_{1/3}) = \frac{103.13}{1 + \left( \frac{H_{1/3}}{2} \right)^5} \quad [\%] \quad (353)$$

Navedene značajke okolišnih uvjeta Jadranskog mora mogu se primjeniti za određivanje pojedinih parametara kao što su vertikalna ubrzanja, MSI („motion sickness indices“) itd.

U cilju dobivanja boljih projekata ratnog broda i ujednačavanja procesa projektiranja NATO je razvio kriterije pomorstvenosti za ratni brod. Navedeni kriteriji se odnose na posadu, na sam brod, oružne sustave i brodske senzore i opremu, a kao etalonski tip broda za njihovo razvijanje uzeta je fregata.

Tipični kriteriji koji se odnose na posadu broda su MSI (motion sickness indices) i MII (motion induced interruption). MSI je indeks koji predstavlja postotak brodske posade koja povraća, a koja je izložena određenom stanju mora u određenom vremenskom periodu. Kriteriji za brodsku posadu prikazani su u Tablici 6.

**Tablica 6. Kriteriji pomorstvenosti za brodsku posadu**

| Kriterij | Ograničenje      | Lokacija na brodu |
|----------|------------------|-------------------|
| MSI      | 20% posade & 4 h | radno mjesto      |
| MII      | 1/min            | radno mjesto      |

Kriteriji koji se odnose na trup broda su zalijevanje palube, udaranja te izranjanje propelera. Konkretni kriteriji za jednotrupac prikazani su u Tablici 7.

**Tablica 7. Kriteriji pomorstvenosti za trup broda jednotrupca**

| Kriterij               | Ograničenje | Lokacija na brodu                |
|------------------------|-------------|----------------------------------|
| Indeks zalijevanja     | 30/h        | Pramac                           |
| Indeks udaranja pramca | 20/h        | kobilica na pramcu               |
| Izranjanje propelera   | 80/h        | $\frac{1}{4}$ promjera propelera |

Posebni kriteri razvijeni su za izvršenje pojedinih specifičnih zadataka na moru kao što je opskrba, opskrba gorivom, polijetanje / slijetanje zrakoplova s palube, podizanje / spuštanje radne brodice na palubu. Kriteriji pomorstvenosti su validni samo za određenu lokaciju na brodu kao što je most, borbeni operativni centar, pojedin radna mjesta itd. Deatljniji kriteriji pomorstvenosti za naoružanje i senzore mogu se vidjeti u [37].

### 3.6 Ograničenja projektnih parametara

U ovom podpoglavlju su definirana ograničenja u projektnom modelu koja ograničavaju projektni prostor izvodivih projekata kroz ograničenje pojedinih parametara. Uravnotežena projektna rješenja koja se generiraju ne moraju biti i izvediva, dok je izvedivi projektni prostor ograničen nizom varijabli – ograničenja koja se kreću u odgovarajućim rasponima od minimalne do maksimalne vrijednosti, koji mogu biti izraženi u obliku nejednakosti ili u obliku jednakosti kao što je slučaj sa zahtjevanom i dostupnom površinom broda. Ograničenje izraženo u obliku jednakosti se rješavaju kroz algoritam traženja nul vrijednosti, dok se nejednakosna ograničenja provjeravaju nakon generiranja svakog uravnoteženog projekta.

#### 3.6.1 Ograničenje maksimalne održive brzine

Ovo ograničenje je postavljeno na temelju iskustvenih vrijednosti za ovaj tip broda. Njega uglavnom određuje naručitelj broda koji definira minimalnu vrijednost maksimalne održive brzine broda, a također može se postaviti i gornja vrijednost kako se ne bi razmatrali projekti koji zahtjevaju puno veće resurse, a s povećanjem brzine ne postižu se željeni taktički učinci.

S obzirom na činjenicu da je 11 opcija pogonskih strojeva predefinirano u projektnom modelu za svaki generirani projekt se izračunava maksimalna održiva brzina. Za potrebu ovog projektnog modela minimalna vrijednost maksimalne održive brzine je 28 čvorova što je određeno temeljem razmatranja maksimalnih održivih brzina niza sličnih brodova iz baze podataka [4]. Samo ona projektna rješenja čija maksimalna održiva brzina je veća od gore postavljene vrijednosti su izvodiva, dok će sva ostala projektna rješenja biti neizvediva i neće ulaziti u skup preferiranih rješenja koja bi u konačnici mogla biti odabrana kao opcije za nastavak projektiranja ratnog broda u fazi detaljnog projekta. Projektni model je koncipiran na način da se ova vrijednost može podešavati i mijenjati prema potrebi i prema zahtjevima naručitelja broda. Ograničenje maksimalne održive brzine je:

$$U_s \geq 28 \text{ čvorova} \quad (354)$$

### 3.6.2 Ograničenje električnog opterećenja

Ograničenje električnog opterećenja u projektnom modelu se temelji na bilanci potrebne električne snage broda koja bi trebala biti manja od snage instaliranih diesel agregata na brodu. Određivanje bilance potrebne električne snage na brodu opisano je u podpoglavlju 3.5.5. Za potrebe ovog projektnog modela na brodu su instalirana tri električna generatora svaki nominalne snage od 208 kW. Dva se mogu koristiti u normalnim uvjetima funkcioniranja broda, dok se treći koristi samo za slučaj izvanrednih uvjeta tj. u slučaju nužde. Zahtjevana električna snaga izražena je izrazom:

$$P_{RDG} = P_{TOT} / ((N_{DG} - 1) 0.9) \quad [kW] \quad (355)$$

0.9 – koeficijent koji uzima u obzir fluktuaciju napona.

Jednadžba ograničenja je:

$$P_{RDG} \leq P_{IDG} \quad [kW] \quad (356)$$

### 3.6.3 Ograničenje visine trupa broda

Ovo ograničenje sastoji se od tri kriterija. Prvi se odnosi na kriterij visine trupa broda s obzirom na globalnu čvrstoću trupa broda i izražena je u obliku:

$$H_{T10\min} \geq L_{WL} / 14 \quad [m] \quad (357)$$

Ovaj izraz temelji se na iskustvenim podacima iz [4] gdje je dan omjer duljine broda i visine trupa 30 korveta koji se kreće u rasponu od 8 do 16. Iz navedenog proizlazi da brod veličine korvete treba imati omjer visine trupa i duljine u gore navedenim rasponima kako bi

zadovoljio zahtjev za dovoljnom uzdužnom čvrstoćom broda jer se radi o već izvedenim projektima. Odabrana je granična vrijednost omjera  $L_{WL}/H_{T10}$  od 14. Nije odabrana maksimalna vrijednost od 16 jer se išlo na stranu sigurnosti, a i zbog činjenice što su očekivane vrijednosti duljine broda od najviše 60 – 65 metara, za koje uzdužna čvrstoća nije kritična.

Drugi kriterij odnosi se na ograničenje visine trupa broda s obzirom na mogućnost smještaja pogonskih strojeva u strojarnicu:

$$H_{T10\min} \geq H_{MB\min} \quad [m] \quad (358)$$

$$H_{MB\min} = Z_{GIR} + H_{ME} (OPSRB) + (1/2) H_{IP} \quad [m] \quad (359)$$

$(1/2)H_{IP}$  – visina od gornjeg ruba glavnih strojeva do glavne palube ovisna o opciji pogonskog sustava [m].

Treći kriterij odnosi se na stabilitet broda u oštećenom stanju i zahtjeva da rub glavne palube broda mora biti iznad vode kod nagiba broda od  $25^\circ$ . Iz jednostavne geometrije dolazi se do izraza:

$$H_{T10\min} \geq (B_d / 2) \operatorname{tg}(25^\circ) + T \quad [m] \quad (360)$$

Projekt je izvediv po ovom kriteriju samo ako je visina trupa broda generiranog projekta veća od najveće visine trupa broda po tri gore navedena kriterija, dok je neizvodiv u svim ostalim slučajevima.

### 3.6.4 Ograničenje zahtijevane površine palube nadgrađa

Kod uravnoteženja projekta s obzirom na površine palube trupa i nadgrađa dobiva se dostupna površina broda, te volumen nadgrađa kao rješenje jednadžbe (338). Taj volumen može biti manji, jednak ili veći od zahtijevanog volumena nadgrađa. Pored zadovoljenja zahtjeva kod kojeg je dostupna površina jednaka zahtijevanoj i volumen nadgrađa bi trebao biti veći od zahtijevanog volumena kako bi se u nadgrađe mogla smjestiti posada i sva potrebna oprema. To se postiže uvođenjem ograničenja u obliku:

$$A_{DA} \geq A_{DR} \quad [m^2] \quad (361)$$

Iz ovog uvjeta također slijedi da je volumen nadgrađa veći ili jednak zahtijevanom volumenu budući da su površine i volumeni funkcionalno vezani preko visine između paluba. Kod ovog ograničenja postavljena je i maksimalna vrijednost površine nadgrađa koja iznosi  $200 \text{ m}^2$  koja ujedno definira i maksimalnu vrijednost volumena nadgrađa. Maksimalna vrijednost površina nadgrađa određena je u odnosu na očekivane – poznate vrijednosti površine palube koji

variraju ali ne značajno tijekom generiranja projektnih rješenja. Ograničenje površine nadgrađa prema gornjoj vrijednosti je:

$$A_{DA} \leq 200 [m^2] \quad (362)$$

### 3.6.5 Ograničenje početnog stabiliteta

Kao što je naglašeno u 3.5.10 kriterij početnog stabiliteta je omjer metacentarske visine i širine broda. Sukladno [4] ovaj omjer za brod veličine korvete bi se trebao kretati u rasponu od 0.05 do 0.15. Analizom iskustvenog izraza iz [9] za određivanje perioda ljuljanja broda:

$$\frac{G_M}{B} = \frac{c^2 \cdot B}{T^2} \quad [-] \quad (363)$$

uz varijaciju B (od 7 do 9 metara) i T (od 6 do 9 sekundi) u očekivanim vrijednostima za ovaj tip broda, te pretpostavljenom vrijednošću za c od  $0.75 \text{ s/m}^{0.5}$  do  $0.85 \text{ s/m}^{0.5}$  došlo do sličnih vrijednosti za minimalnu i maksimalnu vrijednost  $G_M/B$  koje su bile u rasponu od 0.045 do 0.16. Analiza je pokazala da se može preuzeti kriterij iz [4] za ograničenje početnog stabiliteta broda. Nejednakost za kriterij početnog stabiliteta je:

$$0.05 \leq G_M / B \leq 0.15 \quad [-] \quad (364)$$

### 3.6.6 Ograničenje vertikalnih ubrzanja

Ovaj kriterij uključuje ograničenje vertikalnih ubrzanja u području kormilarnice broda. Sukladno [37] kriterij za vertikalne akceleracije ratnog broda veličine fregate ne bi smio premašiti 0.2 g. Ovaj kriterij je razvio NATO za brodove veličine fregate, a za potrebe ovog projektnog modela on je ublažen na 0.25 g zbog činjenice da se ovdje radi o osjetno manjem brodu a samim time za očekivati je postizanje nešto većih akceleracija. U civilnim kriterijima taj iznos se kreće u rasponu od 0.25 g do 0.3 g. Nejednakost ograničenja za ovaj kriterij je:

$$a_{RMS} \leq 0.25 \text{ g} \quad [g] \quad (365)$$

### 3.6.7 Ograničenje zahtijevane duljine otvorene palube

Ovaj kriterij odnosi se na usporedbu zahtijevane i dostupne duljine palube projektnog rješenja kako bi se na otvorenu palubu mogla smjestiti sva potrebna oprema i naoružanje broda. Dostupna duljina sastoji se od duljine glavne palube od kraja krme do početka pramčanog kaštela, te duljine pramčanog kaštela. Zahtijevana duljina proizlazi iz sume duljina naoružanja

i opreme koja se smješta na otvorenu palubu, dok se dostupna duljina dobiva iz geometrijskih karakteristika generiranih projekata. Nejednakost za ovaj tip ograničenja je:

$$X_{A\text{DECK}} \geq X_{R\text{DECK}} \quad [m] \quad (366)$$

### 3.6.8 Ograničenje zahtijevane površine otvorene palube

Zadovoljenje ograničenja kod kojeg je dostupna površina otvorene palube veća od zahtijevane površine palube omogućuje nesmetan smještaj i instaliranje potrebnog naoružanja i opreme na otvorenoj palubi broda. Zahtijevana površina otvorene palube proizlazi iz tlocrtna površine opreme i naoružanja uključujući i površinu za pristup i održavanje. Dostupna površina proizlazi iz geometrijskih karakteristika generiranog projekta tj. predstavlja površinu glavne palube od kraja krme do početka pramčanog kaštela i površinu pramčanog kaštela. Nejednakost ovog ograničenja je:

$$A_{AOD} \geq A_{ROD} \quad [m^2] \quad (367)$$

## 3.7 Atributi u projektnom modelu

U višekriterijskom projektnom modelu ovog rada, u dijelu koji se odnosi na strukturiranje atributa primijenjen je pristup koji je opisan u [10] i [72]. To je jedan pristup projektiranja ratnog broda koji se dominantno temelji na rangiranju projektnih rješenja primjenom mjere za određivanje učinkovitosti ratnog broda ili atributa globalne učinkovitosti ( $A_{GU}$ ). Vremenska točka u kojoj se pojavljuje navedeni pristup je 1998. godina kada je objavljen članak [72], a nakon toga pristup se do danas konstantno poboljšava i nadograđuje. U sljedećem tekstu ukratko su objašnjene glavne postavke na kojima se temelji taj pristup, navedeni su konkretni primjeri projektnih modela ratnog broda koji koriste navedeni pristup te je opisan način izračuna atributa globalne učinkovitosti u projektnom modelu.

U [72] su navedeni glavni nedostaci pristupa projektiranja ratnog broda prije 1998. god. koji se mogu sažeti kako slijedi:

- Sinteza atributa nije bila adekvatna te oni nisu prezentirani na način učinkovitog donošenja odluka,
- Atributi su često kvalitativni, nekonzistentni i nisu prikladni za inženjersku primjenu,
- Projektni prostor je velik, nelinearan, isprekidan i ograničen velikim brojem ograničenja.

Zbog navedenih problema pretraživanje projektnog prostora je vrlo teško i zahtjevno. Bez strukturiranog pretraživanja projektnog prostora nema racionalnog načina za mjerenje

optimalnosti odabranih rješenja u odnosu na veliki broj konceptualnih rješenja koji nisu uopće razmatrani. U [72] su predloženi elementi koji nedostaju u ovom procesu:

- Kvantitativna metodologija za sintezu skupa najvažnijih, ali istovremeno različitih atributa,
- Učinkovit način pretraživanja projektnog prostora za nedominiranim rješenjima na temelju atributa,
- Praktičan format za prezentiranje nedominiranih konceptualnih rješenja za njihov racionalan odabir.

Prema [72] kritični ili najvažniji atributi su učinkovitost, rizik i cijena. Svaki od njih uključuje određeni broj specifičnih atributa čijom sintezom se dolazi do njihove kumulativne vrijednosti. Učinkovitost ratnog broda, cijena i rizik su potpuno različiti atributi i zahtijevaju različite jedinice mjere te ne mogu biti kombinirani u jedan atribut. Oni moraju biti prezentirani individualno ali simultano i u praktičnom formatu prikladnom za donošenje odluka. Samo ograničen broj atributa može se promatrati simultano što znači razmatranje jednog dijela problema u jednom trenutku ili kombiniranje sličnih atributa u jedan indeks ili globalni atribut.

Atributi u projektnom modelu primijenjeni u ovom radu su: atribut globalne učinkovitosti i atribut cijene životnog ciklusa broda. Atribut globalne učinkovitosti broda sastoji se od utjecaja niza taktičko tehničkih značajki broda kao što je brzina, doplov, naoružanje, autonomnost, mogućnost preživljavanja, a predstavlja ukupnu učinkovitost broda. Atribut globalne učinkovitosti se sastoji od niza specifičnih atributa, a detaljno je prezentiran u podpoglavlju 3.7.1. Atribut cijene sastoji se od cijene gradnje ratnog broda, te dijela cijene koja se odnosi na troškove posade, goriva i maziva, te održavanja broda tijekom njegova životnog ciklusa. Atribut cijene prikazan je u podpoglavlju 3.7.2. Atributi u projektnom modelu predstavljaju funkcije cilja koje se optimiziraju. U ovom konkretnom slučaju potrebno je dobiti projektna rješenja najmanje cijene i najveće učinkovitosti. Projektna rješenja se rangiraju i ocjenjuju na temelju vrijednosti atributa, te se tijekom Pareto rangiranja u konačnici dolazi do Pareto optimalnog fronta tj. nedominiranih projekata što je i cilj ovog rada.

U projektnom modelu atribut cijene životnog ciklusa i atribut globalne učinkovitosti imaju jednaku važnost. Atribut globalne učinkovitosti sastoji se od trinaest specifičnih atributa koje su ponderirane određivanjem njihovih težina primjenom Saatyveve metode usporedbe parova. Na preferiranje pojedinih komponenti presudnu ulogu igraju eksperti, a u ovom slučaju to su zapovjednici ratnih brodova. Konačni izlazni rezultat projektnog modela je dobivanje skupa



Pareto projektnih rješenja koja se prikazuju u 2D obliku tj. preko dva atributa. Takav prikaz je praktičan za donositelje odluke o daljnjem odabiru određenog broja projektnih rješenja s obzirom da prikazuje cijeli Pareto skup u funkciji cijene i  $A_{GU}$ . Ovaj rad se zaustavlja na dobivanju Pareto skupa projektnih rješenja i ne bavi se metodologijom odabira projektnih rješenja s Pareto krivulje. Zbog gore navedenih razloga u radu nije razmatrano interatributno ponderiranje. Također u radu nije bilo potrebe za normaliziranjem atributa cijene životnog ciklusa osim kod određivanja relativne udaljenosti između projektnih rješenja u prostoru atributa. Cijena životnog ciklusa je u tom slučaju normalizirana s maksimalnom cijenom u jednoj generaciji projektnih rješenja.

### **3.7.1 Atribut globalne učinkovitosti ratnog broda**

#### **3.7.1.1 Općenito o globalnoj učinkovitosti ratnog broda**

Globalna učinkovitost ratnog broda je ključna za odabir preferiranih konceptualnih projekata. Prema [10] izračun atributa učinkovitosti ratnog broda temelji se na mišljenju eksperata kojim se vrši sinteza raznorodnih ulaznih informacija kao što su obrambene smjernice, zahtjevi za pojedine taktičke zadaće i misije, prijetnja, rezultati taktičkih scenarija i iskustvo. U ranoj fazi projektiranja ratnog broda projektanti trebaju radni model kojim će se kvantificirati učinkovitost ratnog broda od strane krajnjeg korisnika i donositelja odluka te koji će povezati učinkovitost sa izvedbom pojedinih brodskih sustava. Sukladno [72] takva kvantitativna procjena učinkovitosti ratnog broda je fundamentalna za provedbu strukturiranog procesa optimizacije ratnog broda. Učinkovitost ratnog broda za ograničeni broj koncepata može se analizirati primjenom kompleksnih modela i simulacijom taktičkih scenarija, ali takvi pristupi nisu prikladni za ocjenjivanje velikog broja koncepata. Alternativa takvom modeliranju i simulacijama je primjena mišljenja eksperata u cilju direktne integracije raznovrsnih ulaznih informacija. Prema [72] navedeni problem se može strukturirati kao višekriterijski problem donošenja odluka („multi-attribute decision problem“). Za rješavanje navedenog problema primijenjen je analitički hijerarhijski proces (AHP – „Analytical Hierarchical Process“) koji je razvio Saaty tijekom sedamdesetih godina prošlog stoljeća. Od tada AHP je doživio brojne promjene i poboljšanja. AHP primjenjuje hijerarhijsku strukturu u cilju pojednostavljenja, organizacije i kontroliranja odluka uključujući mnoge specifične attribute te procjenu i mišljenje eksperata u cilju mjerenja relativne vrijednosti ili doprinosa tih specifičnih atributa u procesu sinteze rješenja. AHP omogućuje primjenu kvantitativnih i kvalitativnih atributa.

Hijerarhija predstavlja pojednostavljeni prikaz strukture promatranog sustava i primjenjuje se za analiziranje i određivanje funkcionalnih interakcija između atributa te njihov utjecaj na ukupnu izvedbu sustava. Temelji se na pretpostavci da važni entiteti sustava ili atributi mogu biti grupirani u skupove, gdje entitet jedne grupe ili razine utječe na entitete susjednih grupa ili razina. Alternativna rješenja se uspoređuju na temelju atributa najniže razine, a slična usporedba se provodi za sve razine strukture u cilju procjene izvedbe ukupnog sustava. Navedeni pristup predstavlja novi način projektiranja ratnog broda na konceptualnoj razini.

Za određivanje učinkovitosti ratnog broda nisu dovoljne samo brodograđevne značajke broda kao što je brzina, stabilitet i slično, već niz ostalih taktičkih značajki broda kao što su vrsta i količina naoružanja koje brod nosi, te sposobnosti preživljavanja broda u borbenim uvjetima što uključuje reduciranje svih vrsta zamjetivosti ratnog broda. Sve taktičke značajke broda se primjenom prikladne metrike moraju prikazati u obliku učinkovitosti broda. Određivanje globalne učinkovitosti ratnog broda u ovom radu se temelji na primjeni AHP teorije koja je detaljnije prikazana u 3.7.1.3.

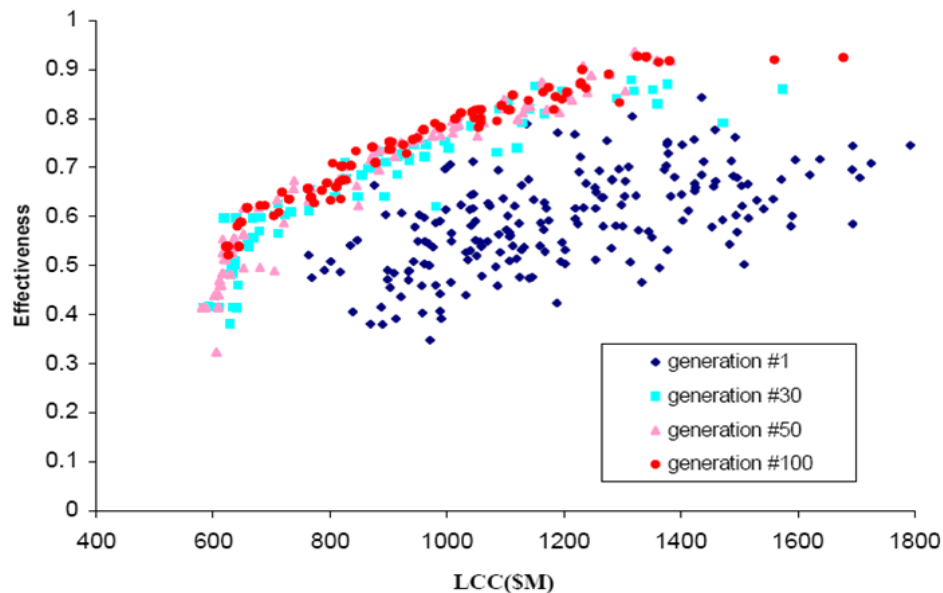
U [13] je provedena validacija primjene atributa globalne učinkovitosti te analitičkog hijerarhijskog procesa usporedbom rezultata simulacijskog programa „Harpoon“ i odlukama temeljenim na mišljenju eksperata. „Harpoon“ je program za modeliranje i simulaciju taktičkih pomorskih ratnih scenarija, a u nekim zemljama se koristi kao simulacijski alat za obuku mornaričkog osoblja. Sadrži bazu podataka od preko 400 tipova ratnih brodova iz mnogih zemalja. Ima bazu podataka oružnih sustava, streljiva, propulzijskih sustava i goriva. Uključuje 120 programiranih scenarija od kojih je većina modelirana temeljem stvarnih povijesnih pomorskih bitaka. Ovom usporedbom rangirano je 16 ratnih brodova različitih značajki primjenom izračuna atributa globalne učinkovitosti i programa „Harpoon“. Rezultat je pokazao da nema značajnog odstupanja u rangiranju brodova po oba načina. U [13] je zaključeno da se atribut globalne učinkovitosti s velikom razinom pouzdanosti može primijeniti za rangiranje alternativnih projektnih rješenja tijekom postupka optimizacije ratnog broda na konceptualnoj razini.

### **3.7.1.2 Primjeri konceptualnih projektnih modela ratnog broda koji primjenjuju**

#### **AGU**

U [72] je prikazan konceptualni projektni model ratnog broda veličine razarača. Primijenjena metoda višekriterijske optimizacije je MOGO („A Multiple-Objective Genetic Optimization“). Projektni model se sastoji od 20 projektnih varijabli, određenog broja parametara i ograničenja te dva atributa: cijene životnog ciklusa i globalne učinkovitosti

ratnog broda. Atribut globalne učinkovitosti sastoji se od 20 specifičnih atributa. Rezultat projektnog modela je skup Pareto preferiranih rješenja koja su prikazana na Slici 21. Generacija je sadržavala 200 projekata a postupak optimizacije je zaustavljen nakon 100 generacija. Na Slici 21. je vidljiv Pareto nedominirani front te projektna rješenja (izvediva i neizvediva) iz više generacija.



**Slika 21. Nedominirani Pareto front projekta ratnog broda veličine razarača [72]**

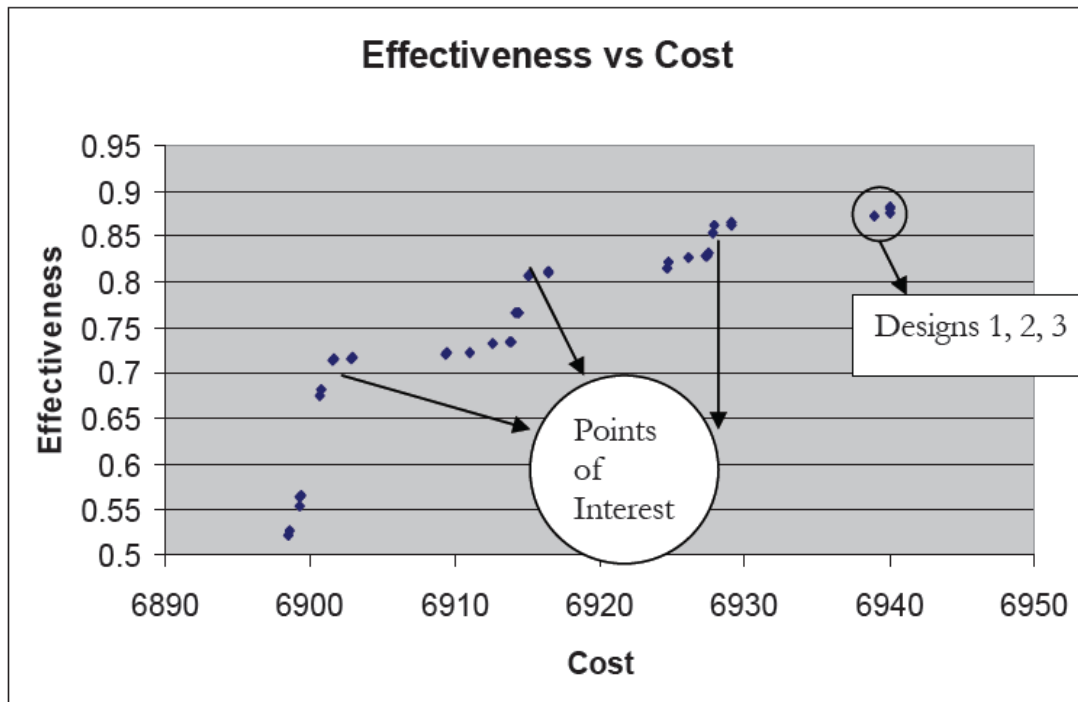
Prijevod pojmova sa slike:

LCC – Life Cycle Cost – cijena životnog ciklusa

Effectiveness – globalna učinkovitost

Generation - generacija

U radu [73] prikazan je konceptualni projektni model amfibijskog napadnog broda. Primijenjen je genetički algoritam za višekriterijsku optimizaciju te analitički hijerarhijski proces za sintezu funkcije globalne učinkovitosti. Cilj projektnog modela je dobivanje projekata maksimalne učinkovitosti i minimalne cijene. Projektni model sadrži 16 projektnih varijabli, određeni broj parametara i ograničenja te dva atributa: cijena gradnje broda i globalna učinkovitost. Atribut globalne učinkovitosti sastoji se od 21 specifičnog atributa. Slika 22 prikazuje Pareto skup preferiranih projektnih rješenja amfibijskog napadnog broda.



**Slika 22. Skup Pareto projektnih rješenja amfibijskog napadnog broda [73]**

Prijevod pojmova sa slike:

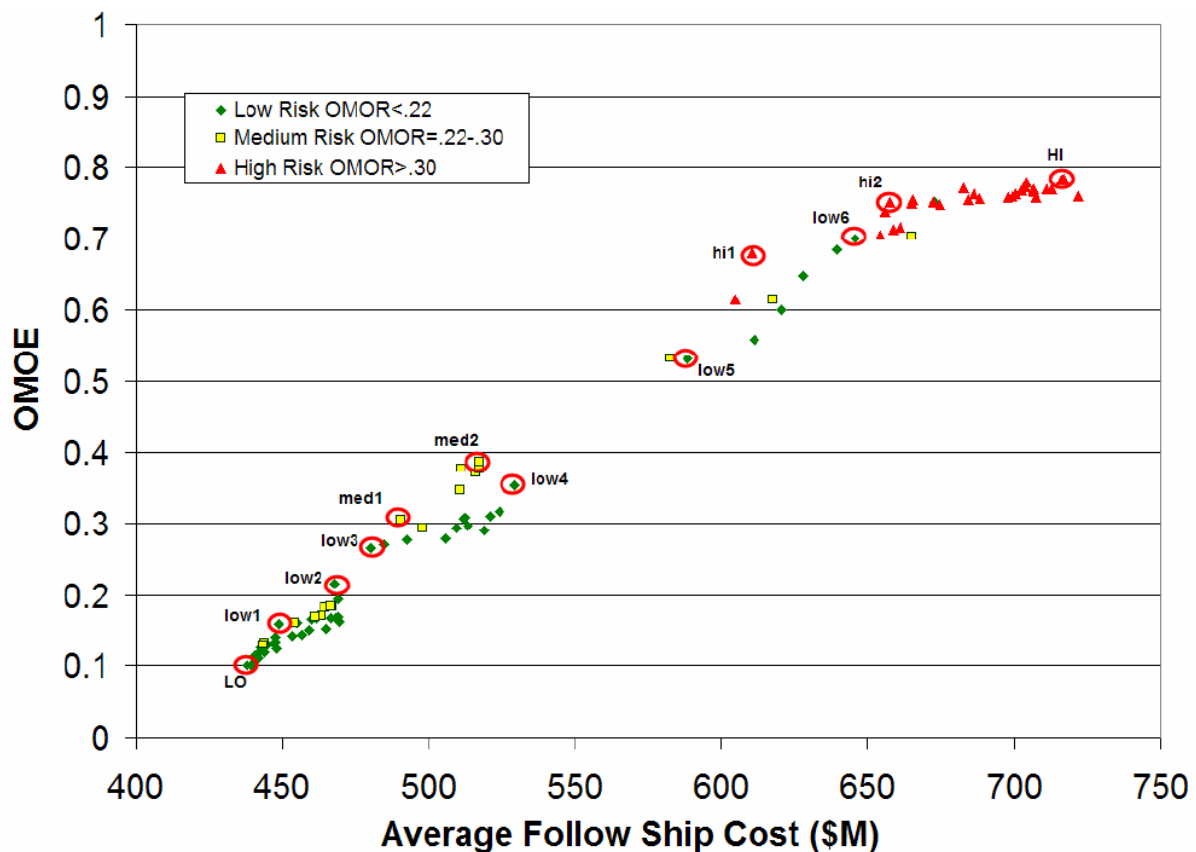
Cost – cijena

Effectiveness – globalna učinkovitost

Points of Interest – projekti od posebnog interesa

Design 1, 2, 3 – projekti 1, 2, 3

U radu [11] je prikazan konceptualni projektni model naprednog logističkog ratnog broda. Primijenjena je MOGO metoda, a atributi su cijena, učinkovitost i rizik. U radu je posebno naglašena važnost funkcije globalne učinkovitosti koja može biti ograničena na zadaće i misije pojedinog broda, proširena na zadaće i misije unutar borbene grupe ili čak šire. Model sadrži 15 projektnih varijabli, određeni broja parametara i ograničenja te tri atributa kako je prethodno navedeno. Slika 23 prikazuje nedominirani Pareto front kao konačni rezultat ovog konceptualnog projekta.



**Slika 23. Nedominirani Pareto front temeljen na cijeni, učinkovitosti i riziku [11]**

Prijevod pojmova sa slike:

Average Follow Ship Cost – prosječna cijena gradnje broda

OMOEE – Overall Measure Of Effectiveness – globalna učinkovitost

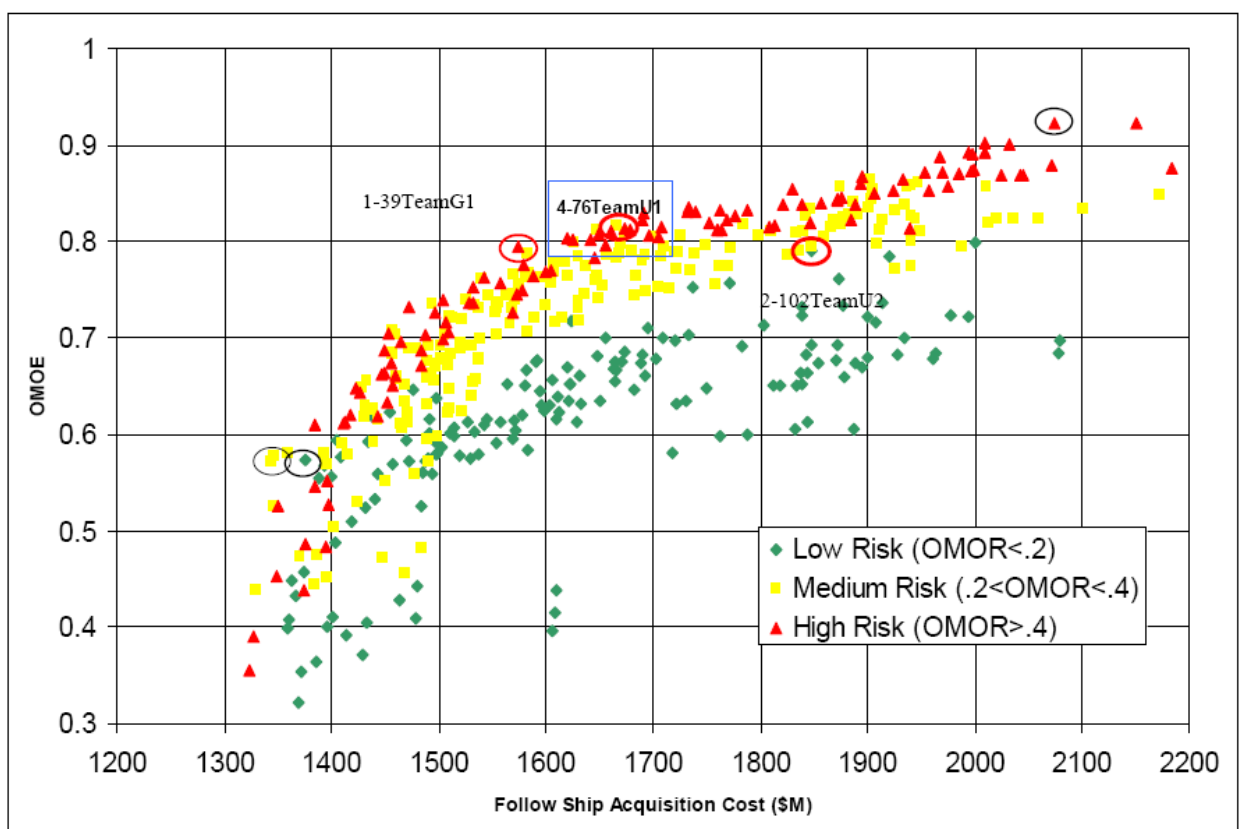
Low Risk – nizak rizik

Medium Risk – srednji rizik

High Risk – visoki rizik

Rad [74] bavi se projektnim modelom brzog ratnog broda za djelovanje u litoralnim vodama. Cilj projektnog modela je razvijanje skupa projektnih rješenja koji će zadovoljiti postavljene taktičko-tehničke zahtjeve koji su vezani za operiranje broda u litoralnim vodama. Za ocjenjivanje konceptualnih projektnih rješenja primijenjen je analitički hijerarhijski proces temeljem kojeg je izračunata učinkovitost broda. U projektnom modelu su analizirani različiti tipovi trupa broda kako bi se odredilo koji od njih je najprikladniji za postavljene zadaće. Na temelju ovakvog konceptualnog projektnog modela izgrađen je litoralni ratni brod za mornaricu Sjedinjenih Američkih Država „USN – Litoral Combat Ship“ , „LCS 2 „Independence“.

U radu [75] opisan je projektni model ratnog broda tipa krstarice („Air Superiority Cruiser“). Za višekriterijsku optimizaciju primijenjena je MOGO metoda, a atributi su cijena, rizik i učinkovitost. U projektnom modelu postoji 16 opcija propulzijskog sustava. U konceptu je posebno razmotrena visoka razina automatizacije u cilju smanjenja cijene životnog ciklusa. Projektni model sadrži 25 projektnih varijabli, određeni broj parametara i ograničenja te attribute kako je navedeno. Atribut učinkovitost se sastoji od 17 specifičnih atributa. Na Slici 24. prikazan je Pareto nedominirani front za različite razine rizika: malim srednji i veliki. Na temelju ovog koncepta mornarica SAD trenutno gradi prvi od tri broda iz klase Zumwalt, razarač „DDG 1000 Zumwalt Class“.



**Slika 24 Pareto nedomonirani front projektnog modela krstarice [75]**

Prijevod pojmova sa slike:

Follow Ship Acquisition Cost – cijena gradnje broda

OMOE („Overall Measure of Effectiveness“) – globalna učinkovitost

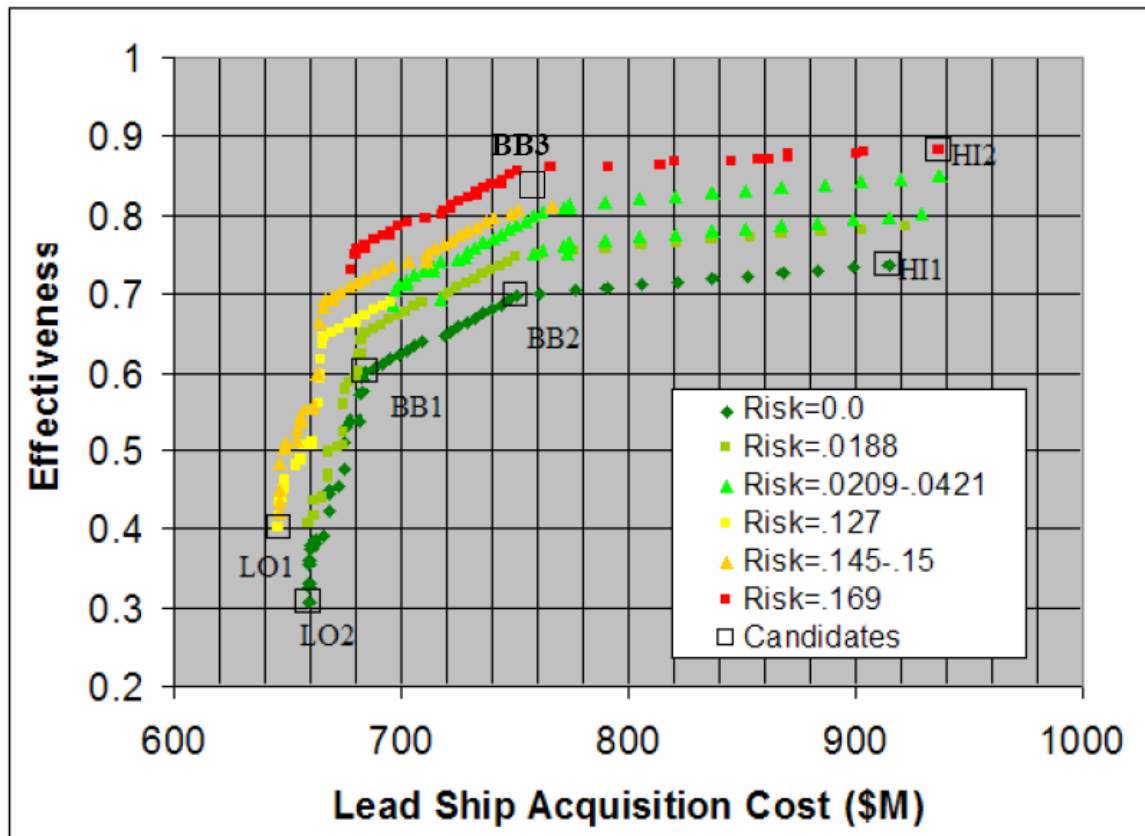
OMOR („Overall Measure of Risk“) – indeks procjene rizika

Low Risk – niska razina rizika

Medium Risk – srednja razina rizika

High Risk – visoka razina rizika

Pored razmatranja rizika rad [12] se bavi i konceptualnim projektnim modelom višenamjenskog ratnog broda za djelovanje u litoralnim vodama. Projektni model sadrži 18 projektnih varijabli, određeni broj parametara i ograničenja te tri atributa: cijena, rizik i učinkovitost. Atribut globalne učinkovitost se sastoji od 18 specifičnih atributa. Na Slici 25. prikazan je Pareto nedominirani front za višenamjenski litoralni ratni brod.



Slika 25 Pareto nedominirani front višenamjenskog ratnog broda za litoralne vode [12]

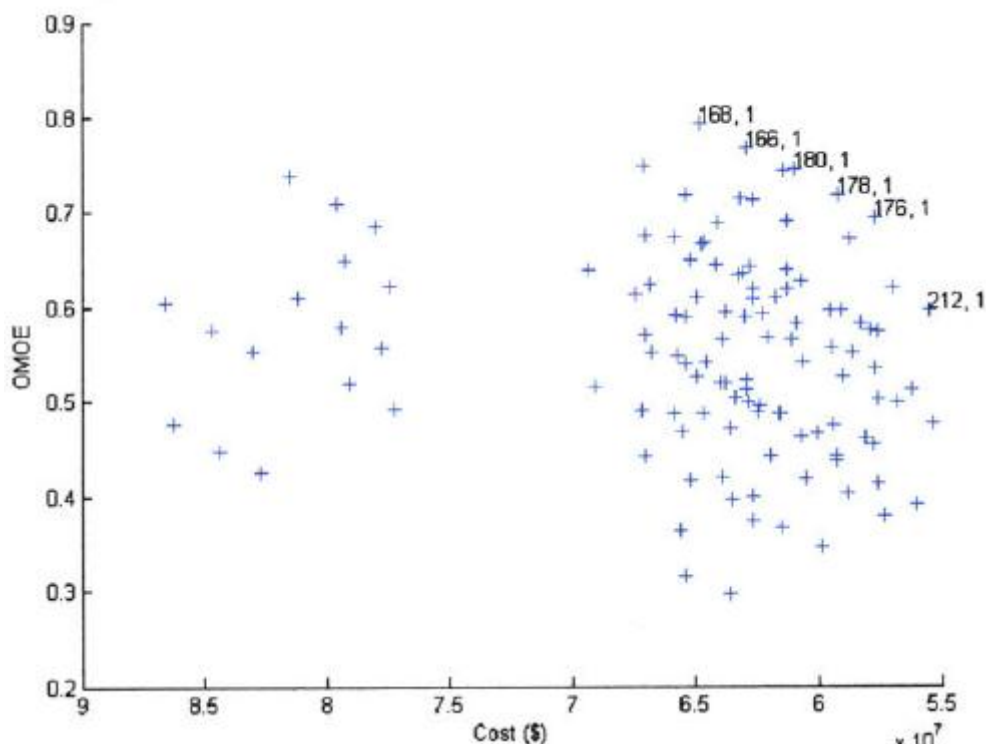
Prijevod pojmova sa slike:

Lead Ship Acquisition Cost – cijena gradnje broda

Effectiveness – globalna učinkovitost broda

Risk - rizik

U [31] je prikazan višekriterijski projektni model poludeplasmanskog patrolnog broda. Projektni model sadrži 14 projektnih varijabli, određeni broj parametara i ograničenja te dva atributa cijenu i učinkovitost. Atribut globalne učinkovitosti sastoji se od 11 specifičnih atributa. Na Slici 26. prikazan je Pareto skup projektnih rješenja.



**Slika 26. Skup Pareto projektnih rješenja za projektni model patrolnog broda [31]**

Prijevod pojmova sa slike:

OMOE („Overall Measure of Effectiveness“) – globalna učinkovitost

Cost – cijena

Na temelju prikazanih primjera konceptualnog projektnog modela može se zaključiti slijedeće:

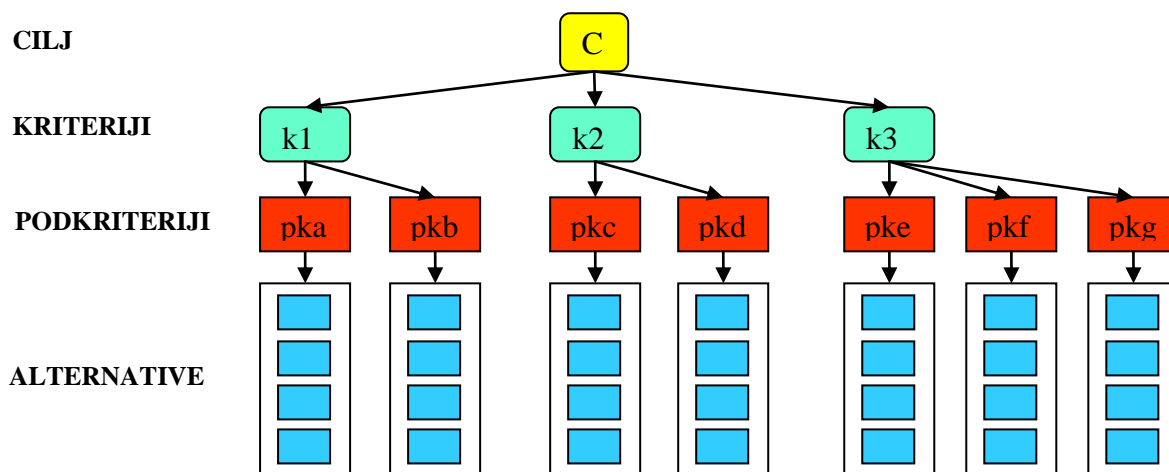
- Način projektiranja ratnog broda kako je gore prikazano temelji se na atributu globalne učinkovitosti ratnog broda koji se sastoji od određenog broja specifičnih atributa. Pored atributa cijene i rizika atribut globalne učinkovitosti je ključan u rangiranju projektnih rješenja i dobivanju skupa Pareto projektnih rješenja,
- U navedenim primjerima konceptualnih projektnih rješenja ovaj pristup kao što je prikazano može se primijeniti za bilo koji tip ratnog broda (razarač, logistički brod, litoralni brod, patrolni brod, amfibijski brod).
- U navedenim modelima uglavnom su korištena dva ili tri atributa i to cijena, učinkovitost i rizik. U višekriterijskom projektnom modelu koji je razvijen u ovom radu primijenjeno je slično strukturiranje atributa: cijena i globalna učinkovitost koja se sastoji od 13 specifičnih atributa.
- Rizik kao atribut nije uključen u predmetnom projektnom modelu iz razloga koji su navedeni u [12] i objašnjavaju kada je potrebno koristiti rizik:



- Procjena rizika je vrlo važna u konceptualnom projektiranju kada se radi o uvođenju novih tehnologija, procesa i koncepata po prvi put što nije dominantno u ovom projektnom modelu.
- Za identifikaciju i kvantificiranje vjerojatnosti rizika i njegovih posljedica poželjan je konkretniji projekt kod kojeg su poznati potencijalni izvođači te konzultiranje velikog broja eksperata iz različitih područja (operativni zahtjevi, naoružanje, zapovijedno informacijski sustavi, brodska oprema, tehnologija gradnje, izrada i integracija softvera, procjena cijene).
- Primjenom atributa cijene i  $A_{GU}$  predmetni projektni model je dovoljno kompleksan i zahtjevan te daje relevantne izlazne rezultate, a slično strukturiranje atributa primijenjeno je u [1], [4] i [9].
- Jedna od prednosti ovog pristupa projektiranju ratnog broda je praktičan format prikazivanja izlaznog rezultata projektnog modela koji je prikladan za donošenje odluke o odabiru određenog broja projektnih rješenja. Donositelj odluke na temelju cijene i učinkovitosti može se vrlo lako odlučiti za određeni broj ili jedno projektno rješenje koje bi se razmatralo u daljnjem procesu projektiranja broda.
- Pouzdanost ovog pristupa projektiranja ratnog broda najbolje je dokazivo činjenicom da od jednog dijela gore prezentiranih konceptualnih projektnih modela su nastali realni projekti i ratni brodovi koji su danas u uporabi u mornarici SAD-a („USN – Litoral Combat Ship“ , „LCS 2 „Independence“) i najnovija klasa razarača koji je trenutno u gradnji i koji će mornarica SAD-a koristiti sljedećih 30 godina („USN - DDG 1000 Zumwalt Class“).
- Navedeni pristup projektiranja prema dostupnoj literaturi za sada je primijenjen u SAD-u. Iz dostupne literature (uglavnom Interneta) nije se moglo doći do informacije o korištenju takvog ili sličnog modela u drugim zemljama. Međutim, u ovakvim i sličnim projektima u SAD-u sudjeluju tehnički časnici (inženjeri) iz drugih zemalja (u svojstvu razmjene časnika) kao što je Grčka, Njemačka, Velika Britanije itd.).
- S obzirom na činjenicu da je SAD vodeća u svijetu u razvoju naoružanja i vojne opreme primjena njihovog pristupa u dijelu modela koji se odnosi na strukturiranje atributa u projektnom modelu ne predstavlja nedostatak u modelu već praćenje najnovijih trendova u projektiranju ratnog broda u svijetu.

### 3.7.1.3 Teoretska podloga AHP

Analitički hijerarhijski proces je teorija o donošenju odluka koja je nadogradnja više-kriterijske teorije učinkovitosti, a koju je krajem 70 godina prošlog stoljeća razvio Thomas Saaty. U tekstu koji slijedi ukratko je opisan AHP preuzet iz [13], dok detaljniji opis i matematička podloga i dokazi AHP se nalaze u [63] i [64]. AHP omogućuje lakše donošenje kompleksnih odluka koje su ovisne o velikom broju kriterija koji utječu na ishod odluke. Primjenom AHP odabira se najbolja alternativa iz skupa ponuđenih koja zadovoljava skup postavljenih kriterija. AHP ima sposobnost prikazivanja kriterija koji utječu na odluku na jedan strukturiran način u hijerarhijskom obliku. Hijerarhijska struktura omogućava donositelju odluke uvođenje raznorodnih vrsta kriterija te njihovo prioretiziranje i određivanje njihovih težinskih vrijednosti analitičkim načinom. Na taj način se jedan složeni problem razlaže na jednostavnije komponente koje se razmatraju zasebno usporedbom parova kriterija, te se zatim sintetiziraju u jednu funkciju učinkovitosti po kojoj se ocjenjuju alternativna rješenja. AHP teorija određuje težinske faktore kriterija na svakoj razini hijerarhije u odnosu na cilj, koristeći iskustvo i znanje eksperata iz predmetnog područja primjenom tzv. matrice usporedbe parova kriterija. Ilustracija hijerarhijske strukture koja se može razviti primjenom ove teorije prikazana je na Slici 27.



Slika 27. Ilustracija hijerarhijske strukture kod primjene AHP

Sukladno AHP usporedba parova primjenjuje skalu od 1 do 9 za dodjeljivanje intenziteta važnosti jednog kriterija u odnosu na drugi. Opis svih vrijednosti intenziteta važnosti prikazan je u Tablici 8. Pretpostavlja se da je onaj koji donosi odluku ekspert iz predmetnog područja kako bi u odluku na najbolji mogući način ugradio svoje iskustvo i znanje kroz određivanja relativne važnosti dva kriterija koji se uspoređuju.

**Tablica 8. Intenzitet važnosti kriterija po AHP**

| Intenzitet važnosti | Definicija                              | Napomena  |
|---------------------|---|---|
| 1                   | Jednaka važnost                         | Dva kriterija sudjeluju jednako u ispunjavanju cilja                                |
| 3                   | Slabija važnost 1. naspram 2.           | 1. kriterij se malo favorizira u odnosu na 2.                                       |
| 5                   | Velika važnost 1. naspram 2.            | 1. kriterij se više favorizira u odnosu na 2.                                       |
| 7                   | Vrlo velika važnost 1. naspram 2.       | 1. kriterij se u velikoj mjeri favorizira i njegova dominacija je dokazana u praksi |
| 9                   | Apsolutna važnost jednog naspram drugog | Najveća moguća dominacija jednog kriterija u odnosu na drugi                        |
| 2,4,6               | Među vrijednosti                        |   |

Usporedba parova se obavlja za sve kriterije na svakoj razini i grani hijerarhijske strukture, a konačan cilj je dobivanje težinskih koeficijenata. Težinski koeficijenti se dobivaju analitički rješavanjem nul vrijednosti matrice usporedbe parova. Analitičko rješenje težinskih koeficijenata mora biti konzistentno što se može provjeriti primjenom AHP teorije. To je potrebno zbog činjenice što ljudske odluke su često puta nekonzistentne, pod utjecajem različitih subjektivnih osjećaja i drugih okolnih uvjeta. Matematički model AHP teorije zasniva se na matričnom proračunu kako je prikazano u nastavku teksta. U dokazu se kreće od kraja procesa. U (368) je prikazana matrica omjera težinskih koeficijenata za jednu točku hijerarhijske strukture s tri kriterija koji su dobiveni iz matrice usporedbe parova.

$$W = \begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \frac{w_1}{w_3} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \frac{w_2}{w_3} \\ \frac{w_3}{w_1} & \frac{w_3}{w_2} & \frac{w_3}{w_3} \end{bmatrix} \quad [-] \quad (368)$$

Da bi ispunila uvjet konzistentnosti matrica mora biti strukturirana na način:

$$w_{ij} = \frac{w_i}{w_j} \quad [-] \quad (369)$$

$$w_{ij} = w_{ji}^{-1} \quad [-] \quad (370)$$

$$w_{ij} = w_{ik} \cdot w_{kj} \quad \text{za sve } i, j, k \quad [-] \quad (371)$$

Jednadžba (368) može se preformulirati u sljedeći oblik:

$$W \cdot w = q \cdot w \quad [-] \quad (372)$$

gdje je  $q$  maksimalna nul vrijednost matrice  $W$ , dok je  $w$  vektor nul vrijednosti koje predstavljaju težinske koeficijente. U cilju dobivanja gornjih vrijednosti koje su karakteristične za potpuno konzistentne matrice, Saaty uvodi pretpostavku ulaska u proces s

potencijalno nekonzistentnom matricom usporedbe parova što je obično slučaj kod ljudskih odluka. U tom slučaju (368) se može prikazati kao:

$$A \cdot x = \lambda_{\max} \cdot x \quad [-] \quad (373)$$

gdje je  $A$  potencijalno nekonzistentna matrica usporedbe parova kriterija, vrijednosti  $a_{ij}$  su samo procjene elemenata konzistentne matrice  $W$ , dok je  $x$  vektor nul vrijednost matrice  $A$ , a  $\lambda_{\max}$  maksimalna vrijednost vektora nul vrijednosti matrice  $A$ . Jednadžba (373) se rješava traženjem nul vrijednosti nekonzistentne matrice  $A$ . Saaty je pokazao da je matrica umjereno nekonzistentna kada je  $\lambda_{\max}$  približno jednak broju kriterija, a sve ostale nul vrijednosti su približno jednake nuli. Kada je matrica umjereno konzistentna vrijednosti vektora  $x$  predstavljaju težinske koeficijente i njihova suma je 1. Što je  $\lambda_{\max}$  bliži broju kriterija to je odluka konzistentnija. Nekonzistentnost se mjeri na način:

$$C_I = \frac{\lambda_{\max} - n}{n} \quad [-] \quad (374)$$

gdje je  $n$  broj kriterija, a smatra se prihvatljivom kod donošenja odluke ako je ispod 10%. Primjer tablice usporedbe parova dan je u Tablici 9. Na hipotetičkom primjeru iz Tablice 9. kriterij *Naoružanje* ima vrlo veliku važnost u odnosu na kriterij *Pokretljivost*, kriterij *Naoružanje* ima srednje veliku važnost u odnosu na *Preživljavanje*, dok kriterij *Preživljavanje* ima jednaku važnost u odnosu na *Pokretljivost*. Iz ovako određenih relativnih važnosti kriterija može se definirati matrica usporedbe parova za ovu točku hijerarhijskog procesa prikazana u Tablici 10.

**Tablica 9. Primjer usporedbe parova dva kriterija**

| Odredi relativnu važnost kriterija u odnosu na Cilj |   |            |   |           |   |                |   |                     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                       |
|---|---|------------|---|-----------|---|----------------|---|---------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-----------------------|
| 1- jednaka  |   | 3- srednja |   | 5- velika |   | 7- vrlo velika |   | 9- ekstremno velika |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                       |
| <b>Naoružanje</b>                                   | 9   | 8          | 7 | 6         | 5 | 4              | 3 | 2                   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | <b>Pokretljivost</b>  |
| <b>Naoružanje</b>                                   | 9   | 8          | 7 | 6         | 5 | 4              | 3 | 2                   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | <b>Preživljavanje</b> |
| <b>Preživljavanje</b>                               | 9   | 8          | 7 | 6         | 5 | 4              | 3 | 2                   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | <b>Pokretljivost</b>  |
| <b>Cilj</b>   | Maksimiziraj učinkovitost broda   |            |   |           |   |                |   |                     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                       |
| <b>Naoružanje</b>                                   | Protubrodski raketni sustav, protupodmornički oružni sustav, PZO sustav |            |   |           |   |                |   |                     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                       |
| <b>Pokretljivost</b>                                | Maksimalna trajna brzina broda, doplov pri ekonomskoj brzini            |            |   |           |   |                |   |                     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                       |
| <b>Preživljavanje</b>                               | Razine zamjetivosti i borbena otpornost broda                           |            |   |           |   |                |   |                     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                       |

**Tablica 10. Primjer matrice usporedbe parova**

|                |            |               |                |
|----------------|------------|---------------|----------------|
|                | NAORUŽANJE | POKRETLJIVOST | PREŽIVLJAVANJE |
| NAORUŽANJE     | 1          | 7             | 3              |
| POKRETLJIVOST  | 1/7        | 1             | 1              |
| PREŽIVLJAVANJE | 1/3        | 1             | 1              |

U cilju dobivanja vektora nul vrijednosti izraz (373) prema [65] ima netrivialna rješenje ako i samo ako je :

$$\det(A - \lambda \cdot EI) = 0 \quad [-] \quad (375)$$

gdje je  $EI$  jedinična matrica. Određivanje determinante ponekad je komplicirano pa je za potrebe ovog rada korištena približna metoda iz [66] u cilju izračuna vektora nul vrijednosti matrice  $A$ . U Tablici 11. prikazan je primjer proračuna težinskih koeficijenata primjenom navedene metode.

**Tablica 11. Primjer proračuna težinskih koeficijenata iz matrice usporedbe parova**

|      | A | B   | C   | D   | R     | EIG   |
|------|---|-----|-----|-----|-------|-------|
| A    | 1 | 1/3 | 1/9 | 1/5 | 0.293 | 0.058 |
| B    | 3 | 1   | 1   | 1   | 1.316 | 0.262 |
| C    | 9 | 1   | 1   | 3   | 2.279 | 0.454 |
| D    | 5 | 1   | 1/3 | 1   | 1.136 | 0.226 |
| Suma |   |     |     |     | 5.024 | 1.000 |

Matrica usporedbe parova ima četiri kriterija (A, B, C, i D). U stupcu R se izračuna  $n$ -ti korijen od umnoška vrijednosti matrica za svaki redak, a  $n$  predstavlja broj kriterija na određenom čvoru hijerarhije. Sumiranjem vrijednosti u stupcu R dobiva se 5.024. U stupcu EIG nalaze se težinski koeficijenti koji se dobiju dijeljenjem svih vrijednosti iz stupca R sa sumom 5.024, a čija suma iznosu 1.

#### 3.7.1.4 Primjena AHP na projektnom modelu ratnog broda

Primjenom AHP teorije razvijena je hijerarhijska struktura za potrebe određivanja globalne učinkovitosti ratnog broda u predmetnom projektnom modelu. Hijerarhijska struktura sa svim pripadajućim kriterijima poslužila je za izračun vrijednosti atributa globalne učinkovitosti ( $A_{GU}$ ) ratnog broda kroz određivanje težinskih koeficijenata svih specifičnih atributa. Vrijednost  $A_{GU}$  kreće se u rasponu od 0 do 1. Na Slici 28. prikazana je hijerarhijska struktura za  $A_{GU}$ . Za svaki čvor strukture primjenom matrica usporedbe parova izračunati su težinski koeficijenti. Ulaz u matrice usporedbe parova dobiven je od časnika Hrvatske Ratne Mornarice (HRM), iskusnih zapovjednika broda i poznavatelja taktike uporabe ovog tipa ratnog broda. To je učinjeno na temelju ispunjavanja tablica sličnih Tablici 9. za sve čvorove

hijerarhijske strukture sa Slike 28. Za izračun  $A_{GU}$  potrebni su konačni težinski koeficijenti druge razine koji su dobiveni množenjem parcijalnih težinskih koeficijenata prve i druge razine. Ista metodologija primijenjena je za dobivanje vrijednosti funkcija performansi pojedinog kriterija iz hijerarhijske strukture. Vrijednosti  $A_{GU}$  dobivaju se na način da se sumira umnožak konačnih težinskih koeficijenata i vrijednosti funkcije performansi svih kriterija. Vrijednosti funkcija performansi dobivaju se na isti način kao i težinski koeficijenti primjenom matrice usporedbe parova kriterija. Suma svih konačnih težinskih koeficijenata je 1, dok vrijednosti funkcije performansi pojedinog kriterija se kreću od 0 do 1. Funkcije performansi mogu biti diskretne vrijednost ili kontinuirane krivulje tzv. S – krivulje.

Izraz za  $A_{GU}$  je:

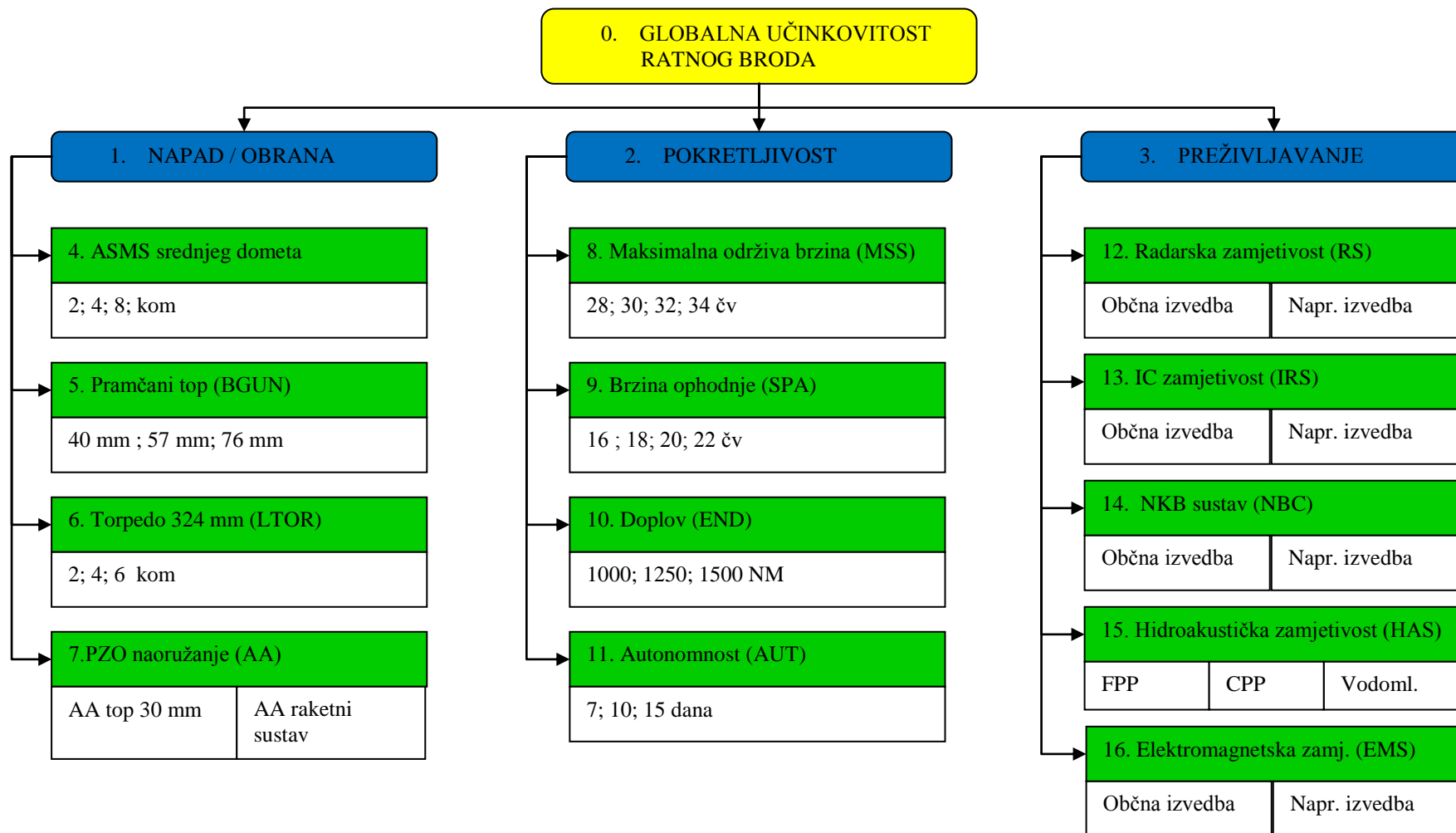
$$A_{GU} = \sum_{i=1}^N K_{TK}(i) V_{FP}(i) \quad [-] \quad (376)$$

U Tablici 12. prikazani su težinski koeficijenti svih specifičnih atributa koji doprinose proračunu vrijednosti  $A_{GU}$ .

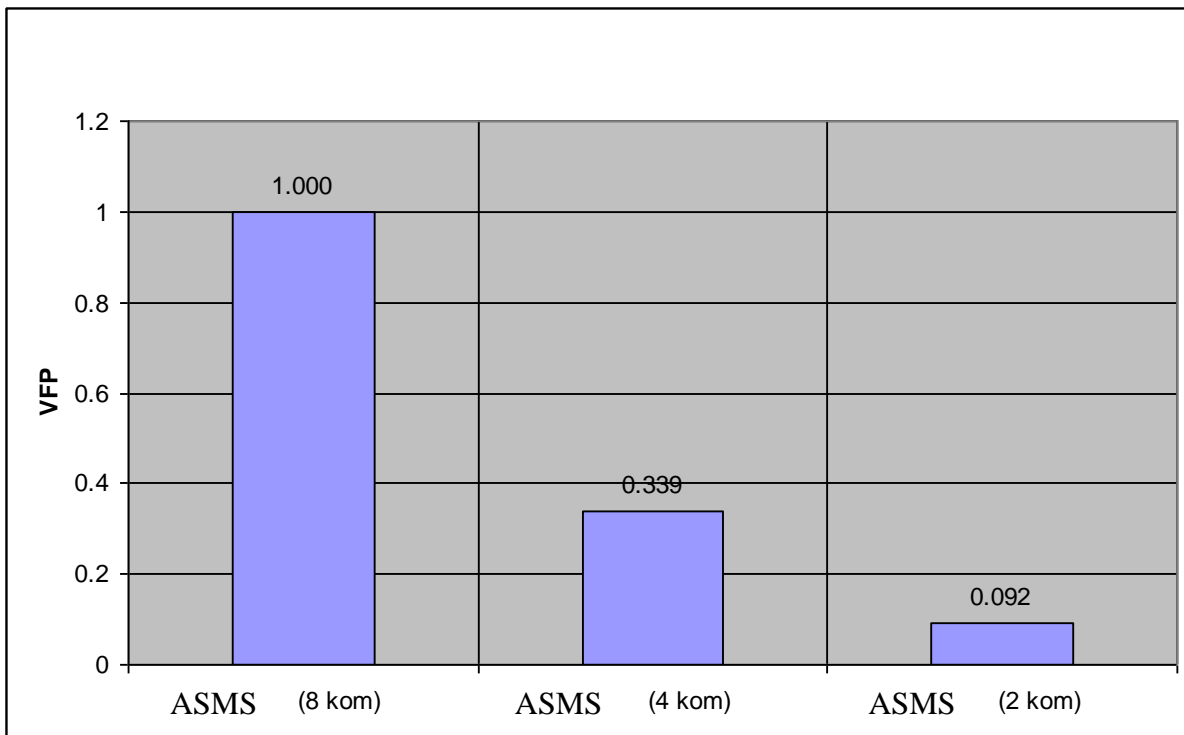
**Tablica 12. Specifični atributi u atributu globalne učinkovitosti ( $A_{GU}$ ) broda**

| Rbr | Naziv specifičnog atributa | Težinski koeficijent | Vrsta funkcije performansi | Specifični atribut odnosi se na   | Slika pripadne funkcije performansi |
|-----|----------------------------|----------------------|----------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| 1   | SA ASMS                    | 0.3042               | diskretna                  | Protubrodski raketni sustav       | 29                                  |
| 2   | SA BGUN                    | 0.0306               | diskretna                  | Pramčani top                      | 31                                  |
| 3   | SA LTOR                    | 0.0988               | diskretna                  | Torpedno naoružanje               | 32                                  |
| 4   | SA AAS                     | 0.1663               | diskretna                  | Protuzrakoplovni obrambeni sustav | 37                                  |
| 5   | SA MSS                     | 0.0189               | kontinuirana               | Maksimalna održiva brzina         | 33                                  |
| 6   | SA SPA                     | 0.0637               | kontinuirana               | Brzina ophodnje                   | 30                                  |
| 7   | SA END                     | 0.0536               | diskretna                  | Doplov                            | 34                                  |
| 8   | SA AUT                     | 0.1019               | diskretna                  | Autonomnost broda                 | 35                                  |
| 9   | SA RS                      | 0.1019               | diskretna                  | Radarska zamjetivost              | 38                                  |
| 10  | SA IRS                     | 0.0280               | diskretna                  | IR zamjetivost                    | 38                                  |
| 11  | SA NBC                     | 0.0244               | diskretna                  | NBC sustav                        | 38                                  |
| 12  | SA HAS                     | 0.0176               | diskretna                  | Hidroak. zamjetivost              | 36                                  |
| 13  | SA EMS                     | 0.0280               | diskretna                  | Elektrom. zamjetivost             | 38                                  |

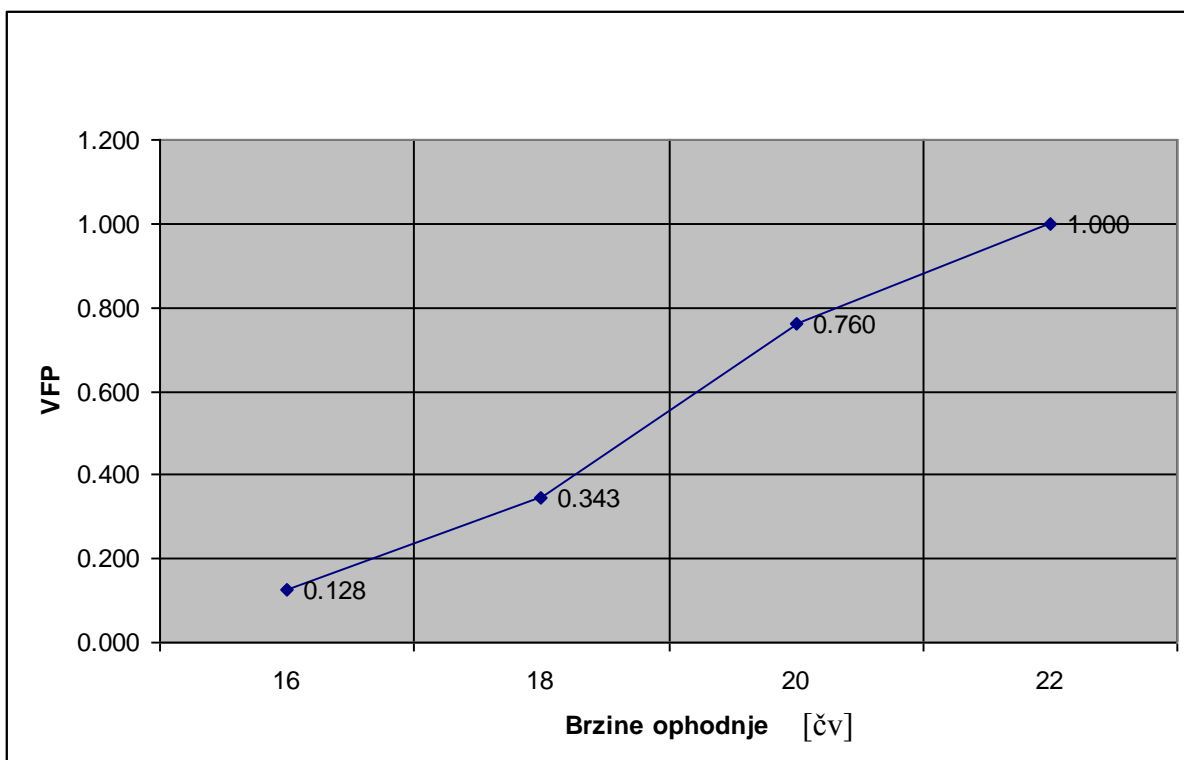
Vrijednosti funkcija performansi svih specifičnih atributa su prikazane su na Slikama od 29. do 38. U Prilogu 7. prikazane su matrice usporedbe parova za sve čvorove hijerarhijske strukture sa Slike 28. Vrijednosti funkcije performansi za specifične attribute preživljavanja, osim hidroakustičke imaju vrijednosti 0 ili 1, ovisno o tome radi li se o izvedbi kada pojedini podsustav preživljavanja nije ugrađen na brod ili izvedbi kada je instaliran na brod.



Slika 28. Hijerarhijska struktura globalne učinkovitosti ratnog broda

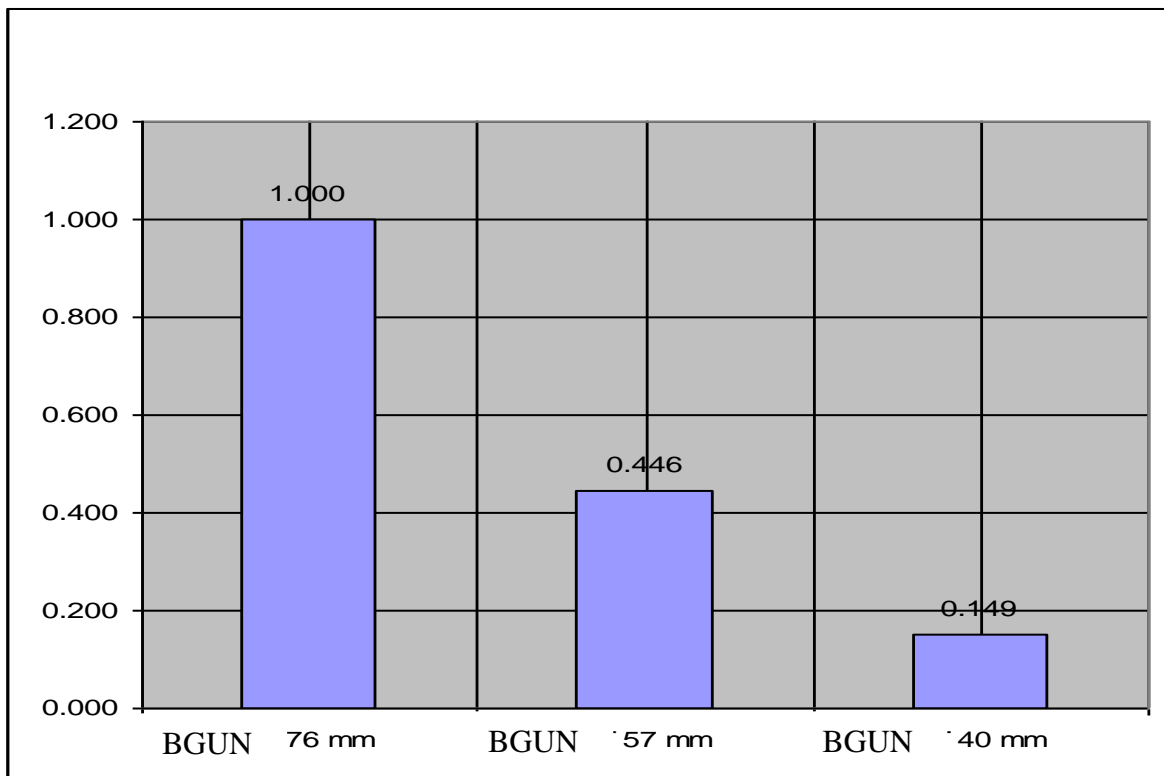


**Slika 29. Vrijednosti funkcije performansi za ASMS**

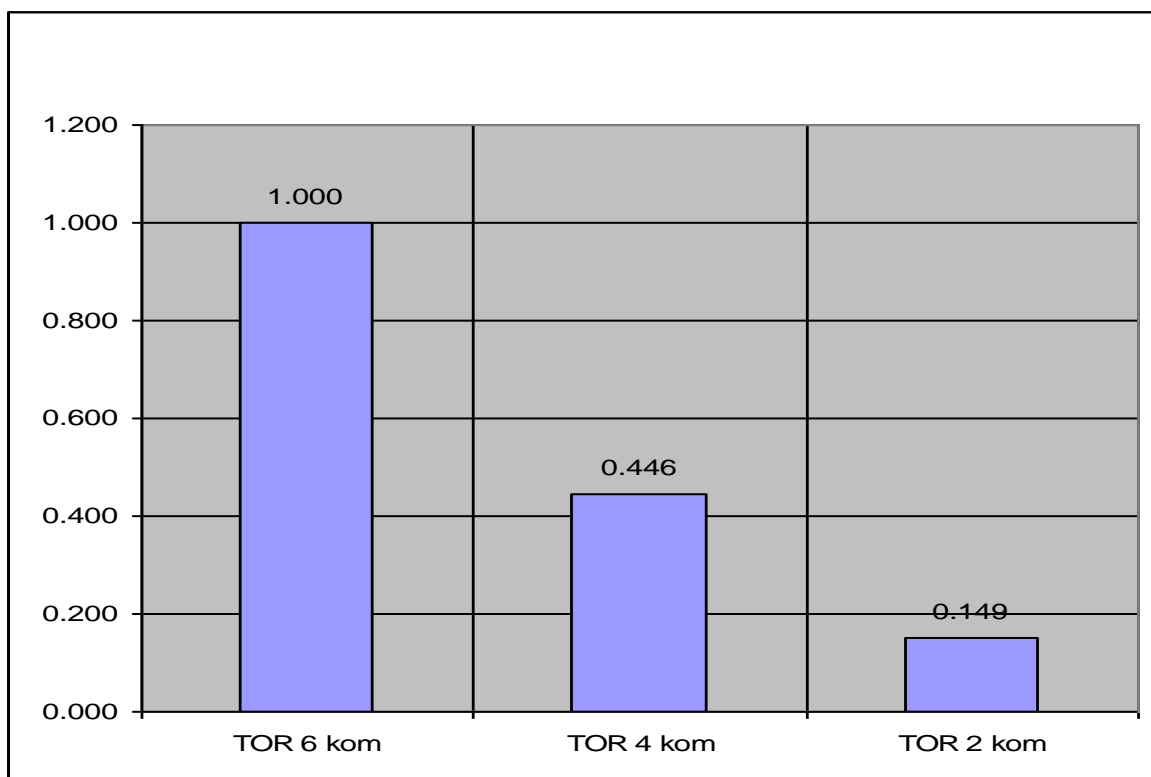


**Slika 30. Vrijednosti funkcije performansi za ophodnu brzinu**

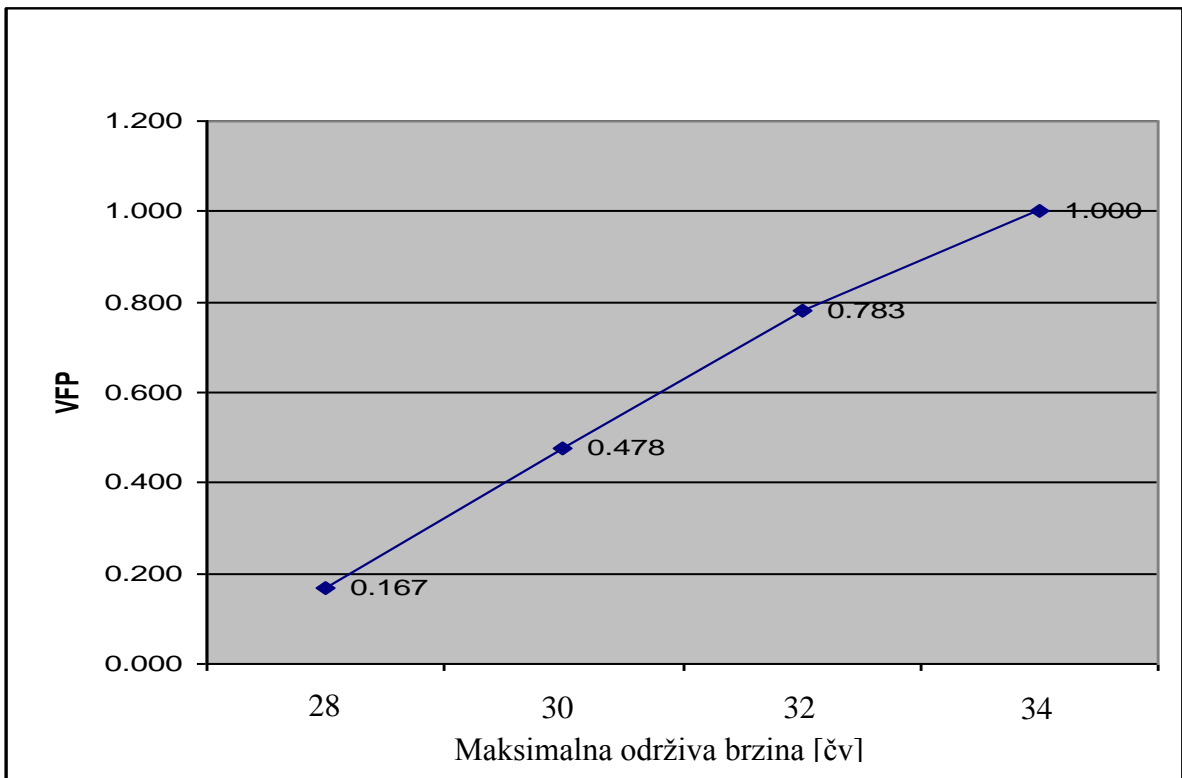




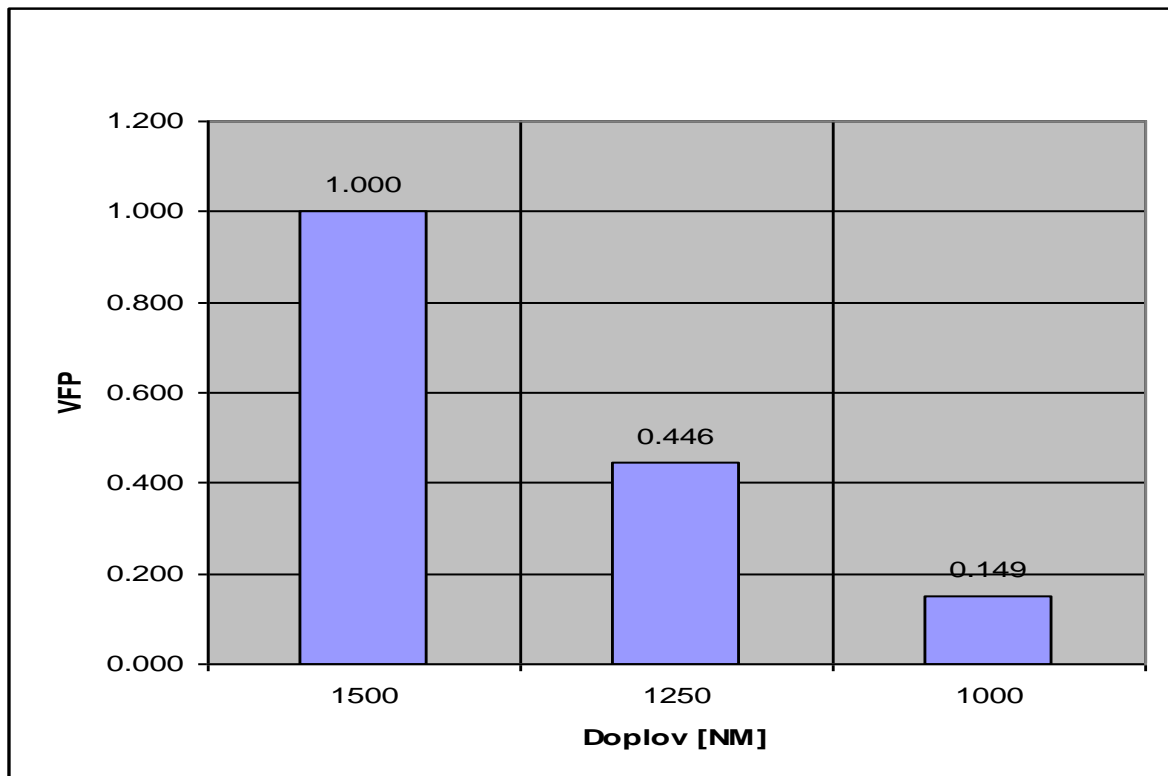
**Slika 31. Vrijednosti funkcije performansi za pramčani top**



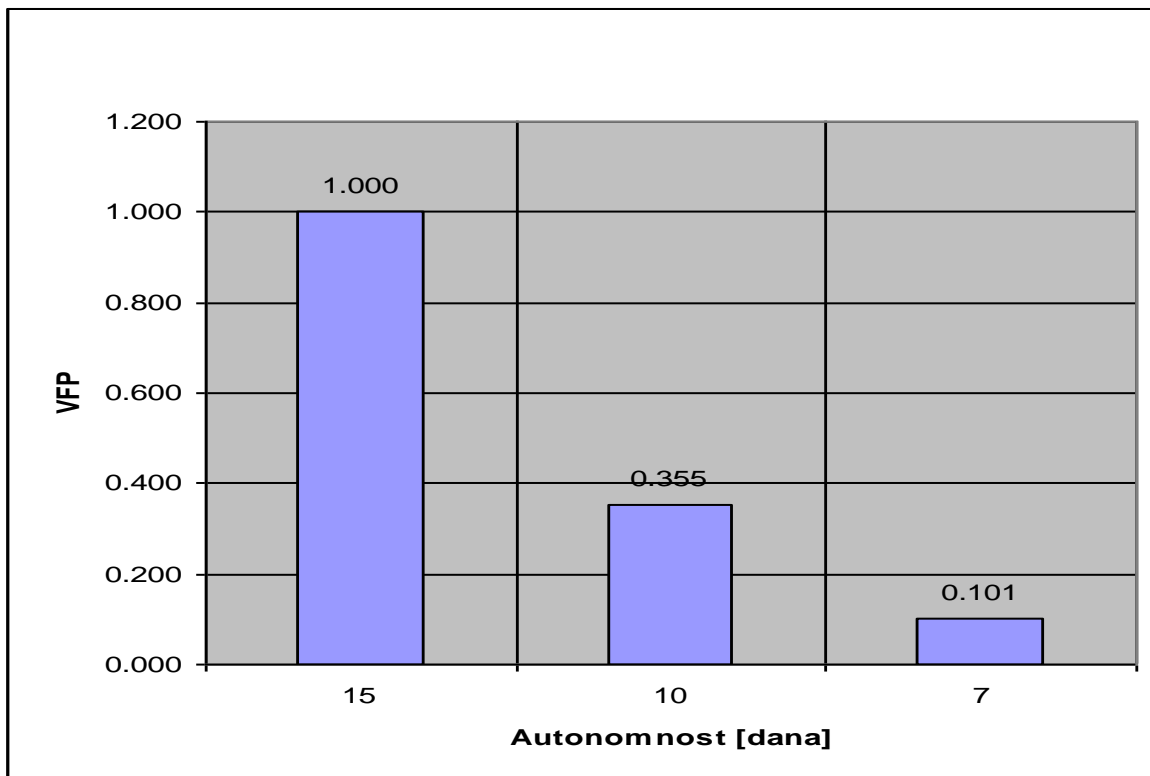
**Slika 32. Vrijednosti funkcije performansi za torpedno naoružanje**



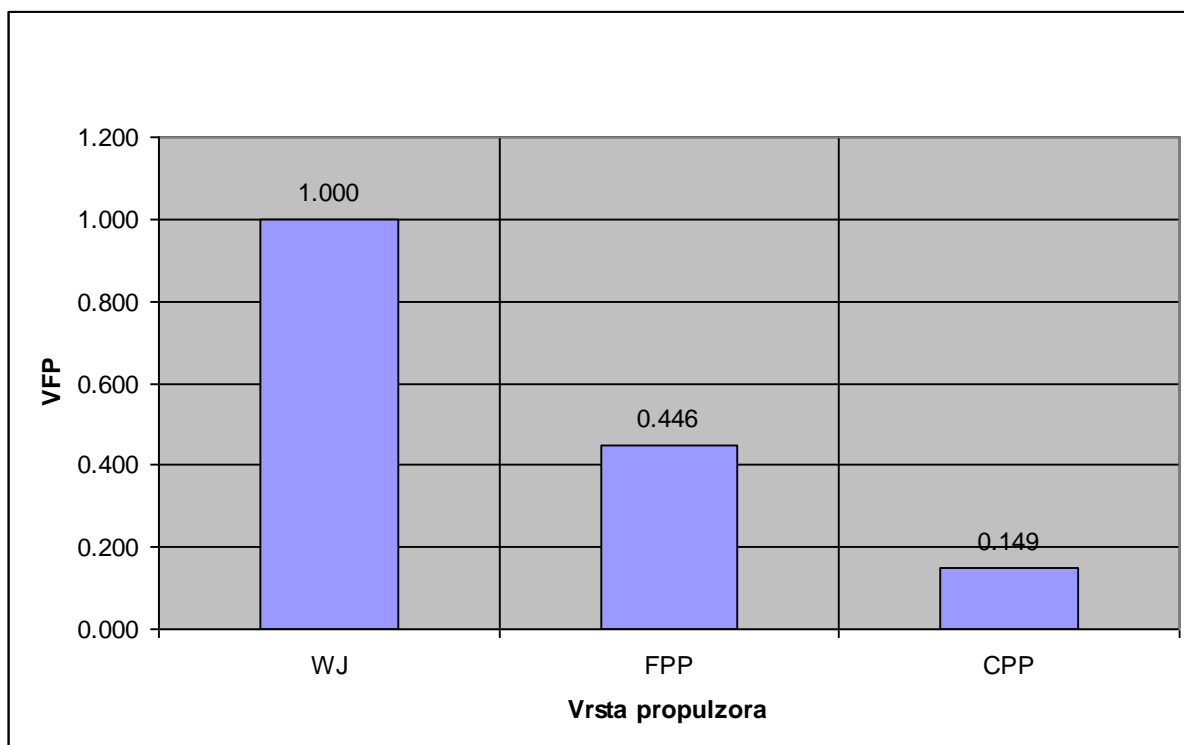
Slika 33. Vrijednosti funkcije performansi za maksimalnu održivu brzinu



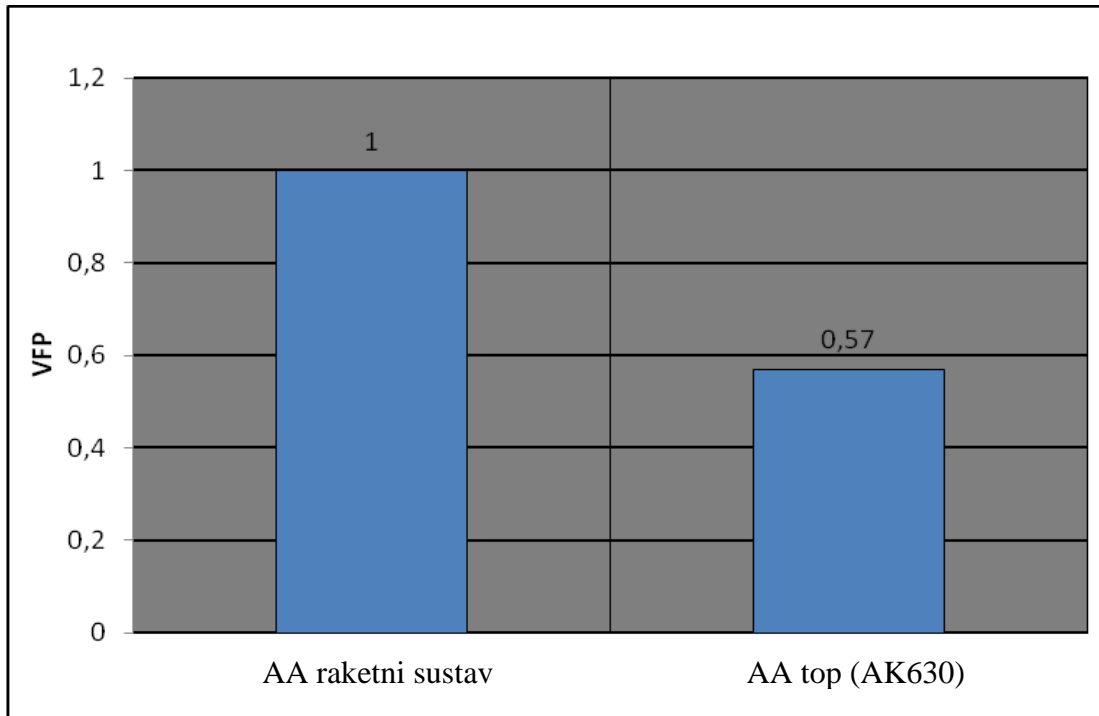
Slika 34. Vrijednosti funkcije performansi za doplov



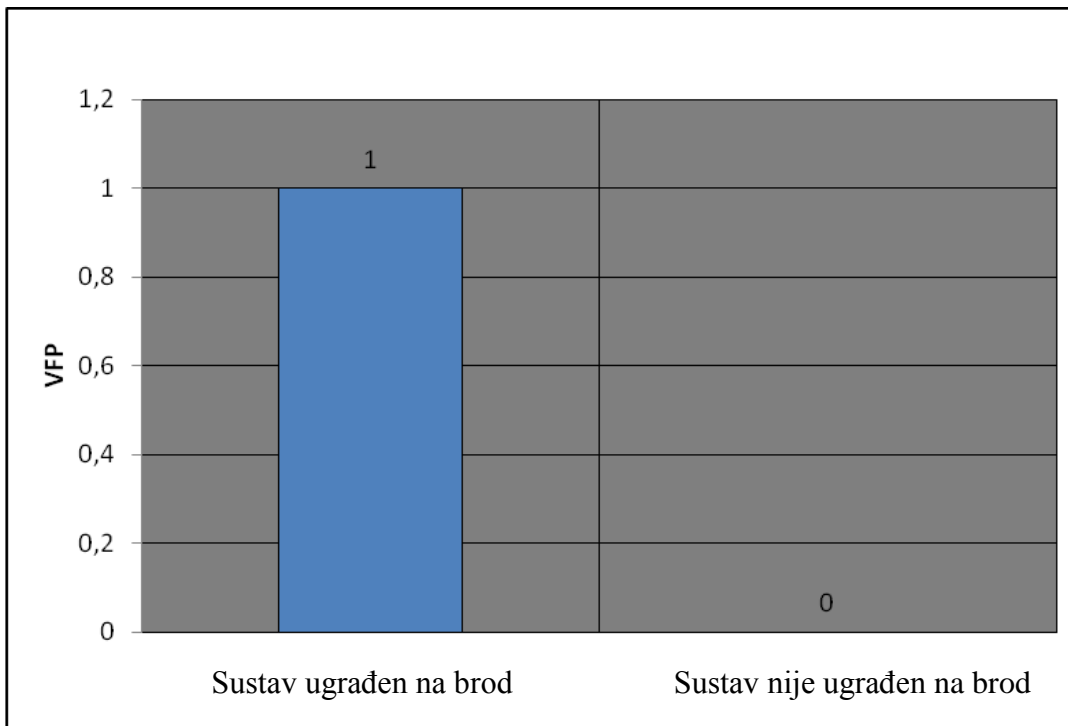
**Slika 35. Vrijednosti funkcije performansi za autonomnost**



**Slika 36. Vrijednosti funkcije performansi za hidroakustičku zamjetivost**



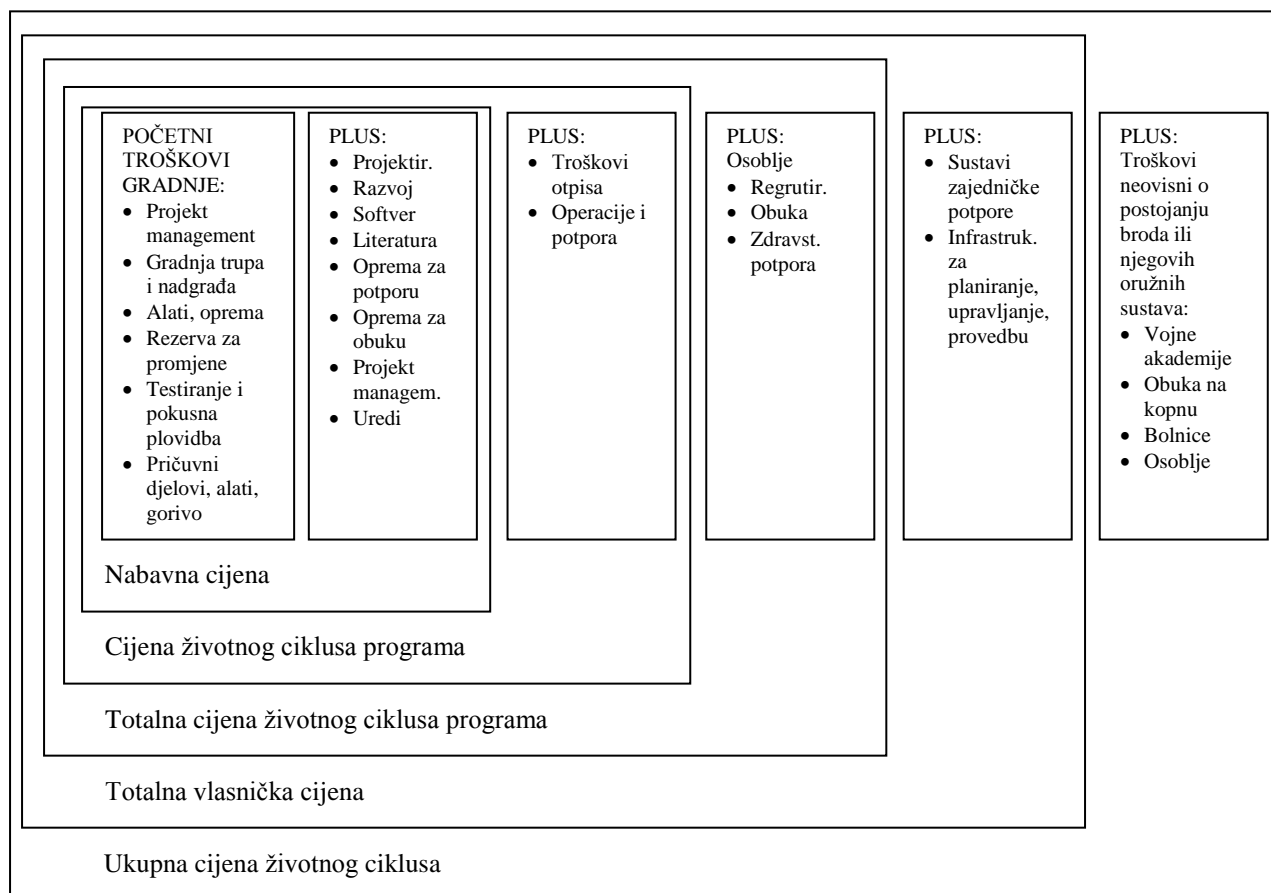
**Slika 37. Vrijednosti funkcije performansi AAS**



**Slika 38. Vrijednosti funkcije performansi za IRS, EMS, RS, NBC**

### 3.7.2 Atribut cijene ratnog broda

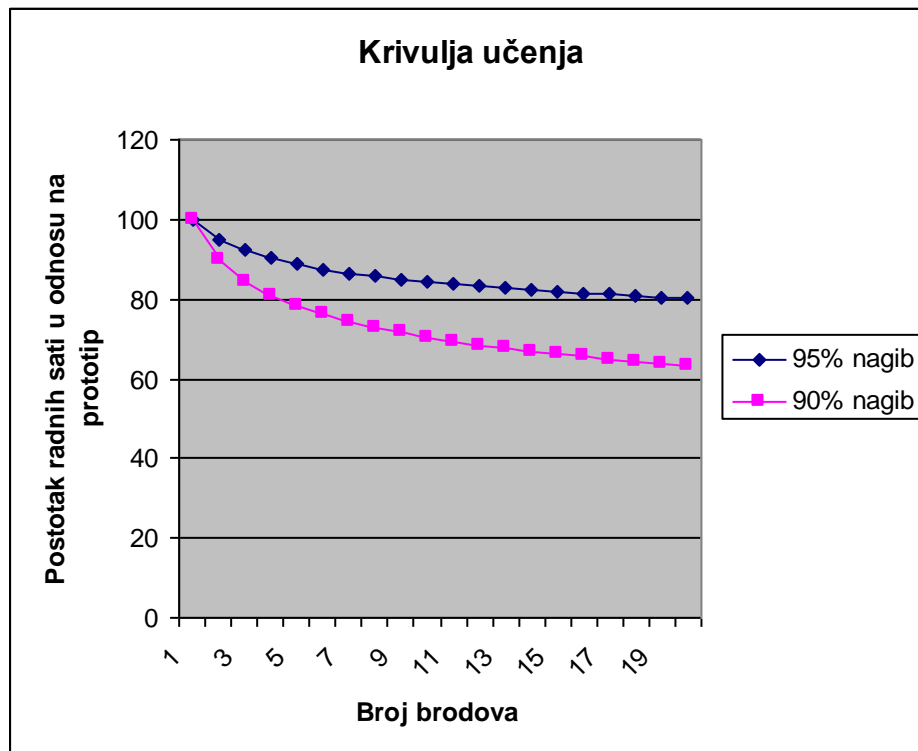
Cijena broda se mora izračunavati tijekom svih faza projektnog procesa broda (konceptualni projekt, idejni projekt, ugovorni projekt, glavni projekt), pa tako i u fazi konceptualnog projekta u cilju uspješne implementacije projekta ratnog broda. Kako bi se procijenio utjecaj cijene na projekt ratnog broda obično se razmatra cijena životnog ciklusa broda. Na Slici 39 prikazane su komponente cijene životnog ciklusa ratnog broda iz [39].



**Slika 39. Komponente cijene životnog ciklusa ratnog broda**

Početni troškovi gradnje pored gradnje broda u što je uključena gradnja trupa i nadgrađa, ugradnja propulzijskog sustava, ugradnja elektro energetske postrojenja, brodskih pomoćnih sustava, naoružanja, senzora, brodske opreme uključuje i troškove vođenja projekta, troškove za alate i šablone, troškove promjena u projektu, troškove testiranja i pokusne plovidbe, te troškove za opskrbu broda inicijalnim pričuvnim dijelovima, alatima i gorivom i mazivom. U cilju učinkovitog određivanja cijene trupa i opreme brodske mase su podijeljene na skupine koje su iste kao skupine masa iz podpoglavlja 3.5.8. Cijena materijala trupa i nadgrađa je poznata i ovisi o trenutnom stanju na tržištu dok se cijena rada temelji na određivanju broja čovjek radnih sati po toni ugrađenog materijala koji se dobiju temeljem povijesnih statistički

obrađenih podataka o radu jednog prosječnog brodogradilišta. Kada se radi o seriji brodova nakon prototipa primjenjuje se „krivulja učenja“ kako bi se došlo do broja čovjek radnih sati za brodove iz serije. Primjer „krivulje učenja“ prikazan je na Slici 40.



**Slika 40. Primjer krivulje učenja**

Cijena naoružanja i elektroničke opreme se posebno procjenjuje primjenom analogije ili parametarskih procjena. Ove cijene se također mogu procijeniti iz direktnih ponuda proizvođača navedene opreme. Cijena softvera se može dobiti procjenom zahtijevanog volumena (broja linija izvornog koda) svih potrebnih vrsta softvera primjenom analogije ili parametarskim procjenama. Na temelju procjene dodatnih troškova instalacije, integracije, sigurnosti za softver dolazi se do potrebnih čovjek dana. Primjenom prosječne čovjek dan cijene dolazi se do procijenjene cijene softvera. Na cijenu materijala i rada pridodaje se profit brodogradilišta te se na taj način dolazi do ukupne prosječne cijene brodogradilišta. Stavke koje se nabavljaju posebno preko vladinih nabavnih službi se vode posebno i pridodaju na cijenu brodograditelja te se dolazi do ukupne cijene gradnje broda.

Do nabavne cijene dolazi se pribrajanjem početnih troškova gradnje sa troškovima projektiranja, razvoja, softvera, literature, obuke itd.

Cijena životnog ciklusa programa pored dosad nabrojanih troškova uključuje troškove potpore koji se odnose na troškove održavanja broda, troškove opskrbe broda gorivom i mazivom te troškove otpisa broda.

Totalna cijena životnog ciklusa uključuje cijenu životnog ciklusa programa kojoj se pridodaju troškovi osoblja vezani za pribavljanje osoblja, obuku i zdravstvenu potporu.

Totalni vlasnički troškovi uključuju troškove totalne cijene životnog ciklusa kojima se pridodaju vezani indirektni fiksni troškovi sustava zajedničke potpore i infrastrukture.

Ukupni troškovi životnog ciklusa pored totalnih vlasničkih troškova uključuju i indirektno troškove koji nisu direktno vezani za brod kao što su troškovi vojnih akademija, obuke na kopnu, bolnica i drugog mornaričkog osoblja.

Za procjenu cijene ratnog broda koriste se modeli cijene programa, projekta ili sustava. Na razini životnog ciklusa model cijene sadrži varijable i jednadžbe koje se primjenjuju za procjenu pojedinih elemenata cijene. Takvi modeli uzimaju u obzir inflaciju, ekonomske faktore, „krivulju učenja“, cijenu operiranja, logističku potporu, tržišnu produktivnost itd.

Procjena cijene broda je vrlo važna i u ovom radu, a temeljem nje se mogu uspoređivati generirana projektna rješenja. Postoji niz čimbenika koji utječu na konačnu cijenu gradnje ratnog broda kao što su poskupljenja materijala i naoružanja, inflacija, dodatni nepredviđeni troškovi itd. Troškovi proizvodnje broda ovise o brodogradilištu, razini tehnologije koju primjenjuje, te o procesu učenja i poboljšanja tijekom proizvodnje na način da svaki sljedeći brod iz serije bude jeftiniji od prethodnog. Na cijenu broda u velikoj mjeri može utjecati broj brodova u seriji, ako je on veći mogu se očekivati i veće prosječne uštede zbog primjene iskustva, učenja i poboljšanja postojećih tehnoloških procesa. Brodogradilišta koja primjenjuju modularni način gradnje i najnovija tehnološka postignuća u automatizaciji proizvodnje također mogu kroz dobru organiziranost i smanjenje broja radnika značajno utjecati na cijenu proizvodnje broda. U NATO publikaciji [68] prikazan je niz načina kojima se cijena životnog ciklusa ratnog broda može smanjiti, što govori o važnosti cijene ratnog broda za NATO zemlje. Prema [69] postoje četiri načina procjene cijene ratnog broda: analogijom, parametarski, ekstrapolacijom i ekspertnom procjenom. Analogija koristi direktnu usporedbu dva slična sustava, primjenjuje se u ranijim fazama projekta, a temelji se na povijesnim podacima. Parametarske procjene temelje se na procjeni cijene temeljem projektnih parametara broda kao što su dimenzije broda, masa, instalirana snaga, itd. Takve analize koriste matematičke izraze koji vežu cijenu s ulaznim parametrima broda primjenom regresijske analize, a opći oblik jednadžbe za procjenu cijene je:

$$C_{BS} = k_c \cdot W \text{ [MEUR]} \quad (377)$$

gdje je  $k_c$  iskustveni koeficijent cijene temeljen na povijesnim podacima, dok je  $W$  masa broskog sustava ili dijela sustava. Metode ekstrapolacije mogu se primijeniti kada postoje

cijene već izgrađenih sličnih sustava, a one su teško primjenjive kada se radi o primjeni novih tehnologija. Procjene koje se temelje na procjeni eksperata također mogu biti nedovoljno precizne, ovisno o instituciji iz koje dolaze eksperti te njihovim interesima vezano za realizaciju projekta. Primjer eksperata mogu biti projektanti broda, brodogradilišta, dobavljači opreme i slično.

U skladu s [69] najveće uštede u cijeni životnog ciklusa ratnog broda mogu se postići u ranijoj fazi projektiranja broda, dok što projekt ide prema detaljnijim fazama te mogućnosti su sve manje. Iz navedenog razloga potrebno je posvetiti punu pažnju cijeni broda u konceptualnoj i preliminarnoj fazi projekta. [69] prezentira niz modela procjene cijene ratnog broda koje se temelje na iskustvenim i povijesnim podacima o gradnji ratnih brodova za potrebe SAD-a. Određivanje atributa cijene ratnog broda za potrebe predmetnog projektnog modela je bio veliki izazov iz sljedećih razloga. Ratna brodogradnja u RH u zadnjih deset godina gotovo i ne postoji, nije izgrađen niti jedan novi ratni brod, zbog toga ne postoje povijesni podaci o cijenama koji bi se mogli koristiti u definiranju modela za proračun atributa cijene. Korištenje starijih podataka ne bi bilo pouzdano zbog činjenice što su se cijene materijala i cijene radova značajno promijenile u razdoblju od zadnjih 20 godina. Na žalost, tijekom tog vremena najvjerojatnije je izgubljen i jedan dio znanja i iskustva koje je bilo akumulirano u brodogradilištima koja su se bavila ratnom brodogradnjom. Iz navedenog proizlazi da je trenutna situacija takva, da kad bi se hipotetički krenulo u gradnju novog ratnog broda u RH, procjenjuje se da bi cijena prototipa bila značajno velika, dok bi cijena svakog slijedećeg broda bila manja. Atribut cijene ratnog broda sastoji se od cijene projektiranja, gradnje, troškova za posadu i gorivo, te troškova održavanja broda za vrijeme životnog ciklusa broda koji je pretpostavljen na 25 godina. U cijenu gradnje ulazi nabavna cijena materijala na koju se dodaje cijena poreza, te cijena radova na obradi i ugradnji materijala u brod. Za potrebe predmetnog projektnog modela nisu se mogli primijeniti modeli cijene iz [67] i [69] jer oni odražavaju utjecaj znanja, iskustva i primjene brodograđevne tehnologije u SAD-u, što svakako nije primjenjivo na stanje ratne brodogradnje u RH. Za potrebe predmetnog projektnog modela atribut cijene sastoji se od tri glavne komponente. Prva komponenta odnosi se na cijene pojedine opreme i naoružanja koje su određene temeljem postojećih ponuda domaćih i stranih tvrtki vezano za nabavu i ugradnju. Te cijene se odnose na brodsko naoružanje, zapovjedno informacijske i komunikacijske sustave, navigacijsku opremu, te opremu pogonskog sustava. Cijene navedene opreme su definirane u obliku baze podataka. Druga komponenta cijene temelji se na određivanju cijene ovisno o masi pojedinih brodskih skupina kao što su skupine 1,3,5 i 6. Proračun cijene navedenih skupina masa zasniva se na



izrazu (377) tj. masi pojedine skupine i iskustvenom koeficijentu cijene koji u sebi sadrži znanje, iskustvo i primjenu tehnoloških brodograđevnih procesa u RH. Koeficijenti cijene dobiveni su iz [70] gdje je izvršen proračun cijene pojedinih brodskih skupina masa za sličan brod. [70] se bavi studijom izvedivosti nekoliko projektnih rješenja ophodnog obalnog broda, te je procijenjeno da bi koeficijenti cijena za skupine masa 1,3,5 i 6 bili prihvatljivi za predmetni projektni model. Treća komponenta sadrži cijenu posade, troškove goriva i maziva, te cijenu održavanja broda za vrijeme životnog ciklusa od 25 godina. Cijena posade izračunava se na temelju broja posade i prosječne bruto plaće po jednom članu posade, što se množi s brojem mjeseci u životnom ciklusu broda. Cijena goriva i maziva proračunava se temeljem profila brzine broda koji je određen na osnovu dosadašnjeg iskustva u uporabi sličnih brodova u HRM. Cijena održavanja je određena kao frakcija cijene gradnje broda godišnje, a postotak je određen na temelju cijena održavanja sličnih brodova u HRM. U navedene cijene nije uključena inflacija koja bi tijekom životnog ciklusa značajno povećala ukupnu cijenu.

Izraz za cijenu životnog ciklusa broda sukladno pojednostavljenom gore opisanom modelu je:

$$C_{TLC} = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6 + C_7 + C_{SJ} + C_{MN} + C_{CREW} + C_{FL} [MEUR] \quad (378)$$

$$C_1 = C_{MTRJ} (OMAT) \cdot (W_1 - W_{106}) + C_{MNDJ} \cdot W_{106} [MEUR] \quad (379)$$

$$C_2 = C_{PROJ} \cdot W_{2P} + C_{OPPJ} \cdot (W_{203} + W_{201}) [MEUR] \quad (380)$$

$$C_3 = C_{ELOPJ} \cdot W_3 [MEUR] \quad (381)$$

$$C_4 = C_{C4IJ} \cdot W_4 [MEUR] \quad (382)$$

$$C_5 = C_{BPOJ} \cdot W_5 [MEUR] \quad (383)$$

$$C_6 = C_{BOPJ} \cdot W_6 [MEUR] \quad (384)$$

$$C_7 = C_{BG} (OBGNS) + C_{AA} (OAAS) + C_{LTOR} (OLTOR) + C_{ASMS} (OASMS) [MEUR] \quad (385)$$

$$C_{SJ} = C_{MSJ} (C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6 + C_7) [MEUR] \quad (386)$$

$$C_{MN} = C_{MNP} \cdot (C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6 + C_7 + C_{SJ} \cdot N_{JLC}) [MEUR] \quad (387)$$

$$C_{FL} = W_{902} \cdot G_{AMAF} \cdot C_{GORJ} / 1000.0 + 0.025 \cdot W_{902} \cdot G_{AMAF} \cdot 4 \cdot C_{GORJ} / 1000.0 [MEUR] \quad (388)$$

Procjenjuje se da je navedeni model cijene dostatan za proračun atributa cijene broda koji se koristi za ocjenjivanje i rangiranje generiranih projektnih rješenja u cilju dobivanja preferiranih projektnih rješenja najmanje cijene.

## 4 PRIMJENJENA METODA ZA DOBIVANJE PREFERIRANIH PROJEKTNIH RJEŠENJA

### 4.1 Teorijska podloga višekriterijske optimizacije

O ovom poglavlju obrađena je višekriterijska optimizacija konceptualnog projekta višenamjenskog ratnog broda. Projektni zahtjevi projektnog modela opisani su u podpoglavlju 1.3, dok je matematički model višekriterijskog konceptualnog projekta u cijelosti prezentiran u 3. poglavlju ovog rada. U ovom dijelu fokus je na metodi optimizacije uz primjenu Pareto principa dobivanja preferiranih projektnih rješenja. Opća teorijska podloga višekriterijske optimizacije prikazana je u tekstu koji slijedi.

Potrebno je odrediti minimum / maksimum:

atributa (funkcija cilja),

$$f_m(x), \quad m = 1, 2, \dots, M \quad [-] \quad (389)$$

primjenom ograničenja nejednakosti,

$$g_j(x) \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, J \quad [-] \quad (390)$$

ograničenja jednakosti,

$$h_k(x) = 0, \quad k = 1, 2, \dots, K \quad [-] \quad (391)$$

i projektnih varijabli

$$x_i^{(L)} \leq x_i \leq x_i^{(U)} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad [-] \quad (392)$$

U jednokriterijskoj optimizaciji postoji samo jedan atribut dok u ovom slučaju postoji više atributa za koje se traži minimalna ili maksimalna vrijednost. Kod jednokriterijske optimizacije konačan rezultat je jedno projektno rješenje dok u ovom slučaju je to niz projektnih rješenja koje dobivamo primjenom Pareto odabira preferiranih rješenja. Atributi u većini slučajeva kod višekriterijske optimizacije su u konfliktu tj. optimizacijom jednog utječe se na drugog i obrnuto, pa za preferirana projektna rješenja se kaže da nisu optimalna već su rezultat kompromisa. Projektni prostor projektnog modela je definiran rasponima projektnih varijabli (392), unutar tog prostora postoje izvediva rješenja koja su definirana ograničenjima (390) i (391), te neizvediva koja se nalaze izvan tog prostora. Prema [40] postoje dva temeljna cilja višekriterijske optimizacije:

1. Pronaći skup projektnih rješenja u blizini Pareto optimalnih rješenja,
2. Skup Pareto rješenja mora biti distribuiran po cijeloj Pareto krivulji ili plohi.

S obzirom da je Pareto odabir preferiranih projektnih rješenja jedan od važnih dijelova ove metode dana je definicija Pareto optimalnog skupa preuzeta iz [43]:

Za slučaj minimizacije atributa (389), uz uvjete ograničenja (390) i (391), te projektnih varijabli (392) može se kazati da vektor rješenja  $x^P$  dominira drugi vektor rješenja  $x$  ako i samo ako

$$\forall m, f_m(x^P) \leq f_m(x) \wedge \exists m, f_m(x^P) < f_m(x), m \in \{1, 2, 3, \dots, M\} \quad (393)$$

Rješenje je Pareto optimalno ako ga ne dominira niti jedno drugo rješenje. U višekriterijskoj optimizaciji obično se radi o skupu nedominiranih Pareto rješenja koja dominiraju sva druga rješenja u projektnom prostoru. Tijekom procesa Pareto rangiranja projektnih rješenja pored Pareto optimalnog skupa rješenja algoritam sortira projektna rješenja u više skupova, od kojih je prvi skup Pareto optimalan i dominira sve ostale, drugi skup dominira treći i sve ostale itd. Detalji metode optimizacije te način dobivanja Pareto optimalnih rješenja opisan je u slijedećem podpoglavlju.

#### 4.2 Usporedba metoda višekriterijske optimizacije i odabir povoljnije

Potencijalne metode koje su se razmatrale za primjenu na višekriterijskom projektnom modelu ratnog broda su Monte Carlo (MC), Inteligencija čestica roja (PSI – Particle Swarm Intelligence) i Evolucijski algoritmi (EA-Evolution Algorithms). MC je stohastička metoda koja se zasniva na sekvencijalnoj primjeni slučajnih brojeva i teoriji vjerojatnosti kod rješavanja različitih vrsta problema. Njena primjena je pogodna za modeliranje kompleksnih sustava koje nije moguće riješiti determinističkim pristupom. Primjenom MC metode veliki sustav može biti prikazan u određenom broju slučajnih uzoraka, a ti podaci mogu se koristiti za opisivanje cijelog sustava. Jedini zahtjev za primjenu MC metode je da se sustav može opisati prikladnom funkcijom distribucije vjerojatnosti temeljem koje se vrši slučajno uzorkovanje.

PSI je metoda optimizacije koja se zasniva na obliku inteligencije roja u kojem se simulira ponašanje biološkog socijalnog sustava kao što je jato ptica ili riba. Matematički model zasniva se na skupu individua od kojih je svaka karakterizirana položajem i brzinom. Položaj korespondira sa potencijalnim rješenjem dok vektor brzine jedne individue određuje u kojem smjeru se provodi pretraživanje te je li on u funkciji istraživanja (visoke brzine) ili iskorištavanja (manje brzine). Algoritam memorira sve pozicije individue tijekom procesa optimizacije, a najbolja pozicija na kojoj je bila neka individua korespondira s optimumom.

Evolucijski Algoritmi su optimizacijski algoritmi koji se temelje na teoriji evolucije i preživljavanja najprilagodljivijih. Primjenjuju mehanizme kao što je mutacija, križanje,

prirodna selekcija i preživljavanje najboljih kako bi se poboljšao skup rješenja u iterativnom procesu. Jedan od evolucijskih algoritama je i genetički algoritam.

Na Fakultetu strojarstva i brodogradnje u Zagrebu razvijen je DeMak (Decision Making) programski paket koji se primjenjuje kod rješavanja višekriterijskih optimizacijskih problema. On sadrži više optimizacijskih metoda od kojih se koristi ona koja je najprikladnija za određeni problem. Sukladno [71] metode koje se koriste u DeMak-u su:

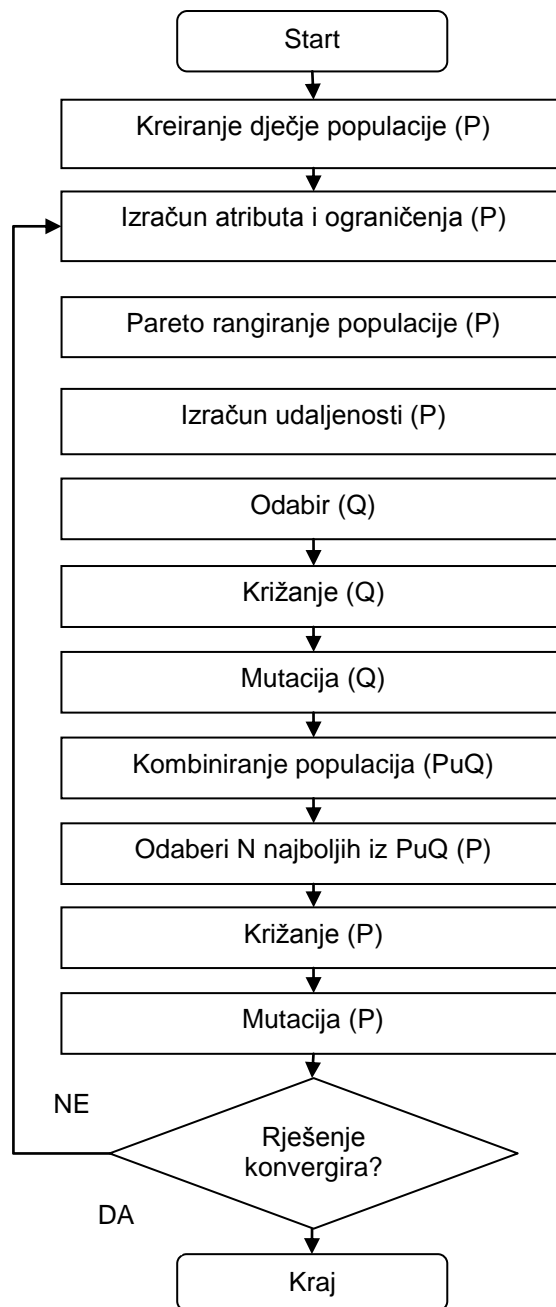
- Monte Carlo,
- Metode evolucijskih strategija,
- Projektiranje primjenom frakcijskih faktorijela,
- Genetički algoritam (MOGA – Multi Objective Genetic Algorithm),
- Višekriterijska optimizacija koja se temelji na inteligenciji roja.

Navedeni programski paket se mogao koristiti za potrebe višekriterijskog projektnog modela višenamjenskog ratnog broda. Budući da autor ovog rada nije imao dovoljno informacija o ovom programskom paketu, njegovoj dostupnosti i mogućnostima tijekom razvoja ovog rada nije došlo do korištenja ovog paketa.

Pored navedenog kod razmatranja i odabira najprihvatljivije metode za rješavanje višekriterijske optimizacije razmatrane su i metode od kojih su neke prikazane u [44] i [45] dok su u konačnici odabrane dvije metode koje su detaljnije razmotrene, testirane na poznatim testnim funkcijama, te je odabrana najprihvatljivija. U 4.2.1 prikazana je metoda „Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm-II“ ili skraćeno NSGA-II, dok je u 4.2.2 prikazana metoda „Parameterless Penalty Non-Dominated Ranking Genetic Algorithm“ ili skraćeno PP-NRGA. U 4.2.3 prikazani su rezultati navedenih metoda te odluka o odabiru povoljnije.

#### **4.2.1 Višekriterijska optimizacija: NSGA-II algoritam**

U [46], [47], [48], [49] i [50] detaljno je opisana metoda NSGA-II dok je u ovom podpoglavlju dan njen skraćeni prikaz. Metoda se temelji na nekoliko važnih postavki od kojih se prva odnosi na primjenu brzog algoritma za nedominirano Pareto sortiranje projektnih rješenja, drugo je uvođenje elitizma primjenom „roditeljske“ i „dječje“ populacije, primjena uvjeta ograničenja bez penalizacije i dodatnih parametara, te uvođenje mehanizma za dobru distribuciju rješenja po cijelom Pareto frontu. Opći dijagram toka metode prikazan je na Slici 41.



**Slika 41. Dijagram toka metode NSGA-II**

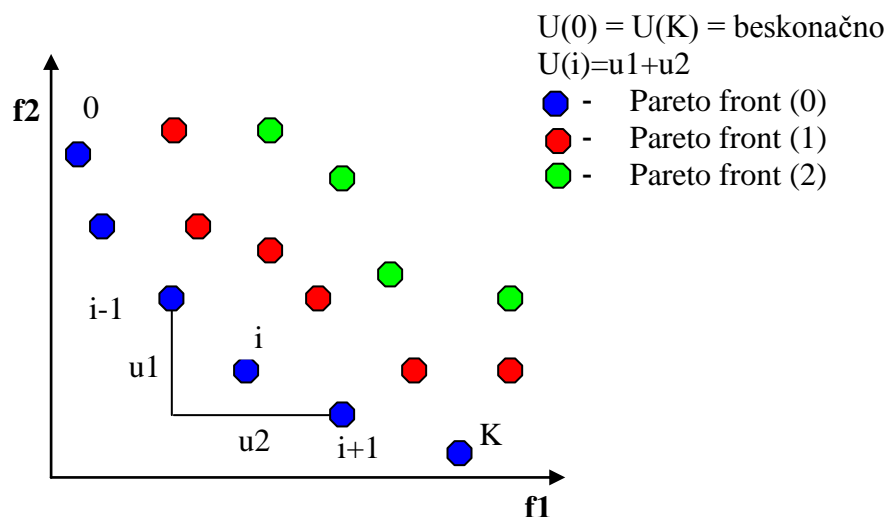
Na početku algoritma inicijalizira se početna „dječja“ populacija P na uobičajeni način s veličinom populacije N. Izračunaju se atributi i ograničenja, a populacija se zatim sortira primjenom Pareto nedominiranog rangiranja (383) tj. svako rješenje mora se usporediti sa svim ostalima kako bi se utvrdilo je li ono dominirano ili ne. To se postiže u više ciklusa ovisno o broju frontova cijele populacije rješenja. U prvom ciklusu se određuju nedomonirana rješenja tj. Pareto optimalna rješenja. Ta rješenja se privremeno izdvajaju iz populacije, traži se novi skup nedominiranih rješenja koji predstavljaju drugi Pareto front koji se izdvaja iz

populacije i tako se proces nastavlja dok se ne dobiju svi Pareto frontovi. Nakon završetka ovog procesa svim rješenjima se dodjeljuje rang, nedominirana rješenja dobivaju rang 0, sljedeći rang se označava s 1, sljedeći s 2, itd. U [47] je detaljno opisana procedura sortiranja kojom se cijeli proces pojednostavljuje, te se značajno smanjuje vrijeme rada računala. Za višekriterijsku optimizaciju, pored uobičajenih Pareto principa rangiranja uvodi se kriterij „dominacije u ograničenim uvjetima“ kao što je prikazano u [46] pomoću kojeg se razlikuju izvediva rješenja od neizvodivih a definicija nedominiranosti se mijenja na sljedeći način:

Za rješenje  $m$  se kaže da „dominira u ograničenim uvjetima“ rješenje  $k$  ako je bar jedan od sljedećih uvjeta ispunjen:

- a) Rješenje  $m$  je izvedivo a rješenje  $k$  nije,
- b) Oba rješenja  $m$  i  $k$  su neizvediva, ali rješenje  $m$  ima manje prekoračenje ukupnih ograničenja,
- c) Rješenje  $m$  i  $k$  su izvodiva i rješenje  $m$  dominira rješenje  $k$  na normalan Pareto način.

Gore opisana nova definicija „dominacije u ograničenim uvjetima“ je ključna za postizanje učinkovitog algoritma za sortiranje rješenja u uvjetima ograničenja, a na ovaj način se izbjegava i penalizacija neizvodivih rješenja. Nakon Pareto rangiranja vrši se izračun udaljenosti između rješenja na pojedinim Pareto frontovima. Te udaljenosti služe tijekom odabira u cilju preferiranja onih rješenja koja se nalaze u području gdje ima manje rješenja kako bi se postigao dobar raspored i gustoća rješenja po cijeloj Pareto krivulji. Na Slici 42. prikazan je način izračuna udaljenosti između rješenja na jednom Pareto frontu.



**Slika 42. Izračun udaljenosti između pojedinih rješenja na jednom Pareto frontu**

Rubnim vrijednostima fronta uvijek se dodjeljuje beskonačna vrijednost kako bi imali prednost tijekom procesa rangiranja u odnosu na rješenja koja dolaze iz gušćeg dijela Pareto

fronta. Za ostala rješenja izračunava se udaljenost na način kako je prikazano na Slici 42.  $f_1$  i  $f_2$  na Slici 42. predstavljaju atribute dok se isti princip može primijeniti i u prostoru projektnih varijabli. Rješenja s većom udaljenošću imaju prednost u odnosu na rješenja s manjom udaljenošću, kako bi tijekom procesa rangiranja došli na poziciju s boljim rangom, a u konačnici ostali u skupu preferiranih rješenja u Pareto frontu nedominiranih rješenja. U tu svrhu uvodi se „operator usporedbe rješenja temeljem udaljenosti“ ( $\prec_n$ ) koji vodi proces odabira u različitim fazama algoritma prema skupu Pareto nedominiranih rješenja jednoliko raspoređenih na cijeloj Pareto krivulji. Tijekom procesa rangiranja rješenja svako rješenje ima dvije pripadajuće značajke: Pareto rang ( $i_{rang}$ ) i udaljenost ( $i_{udalj}$ ). „Operator usporedbe rješenja temeljem udaljenosti“ je:

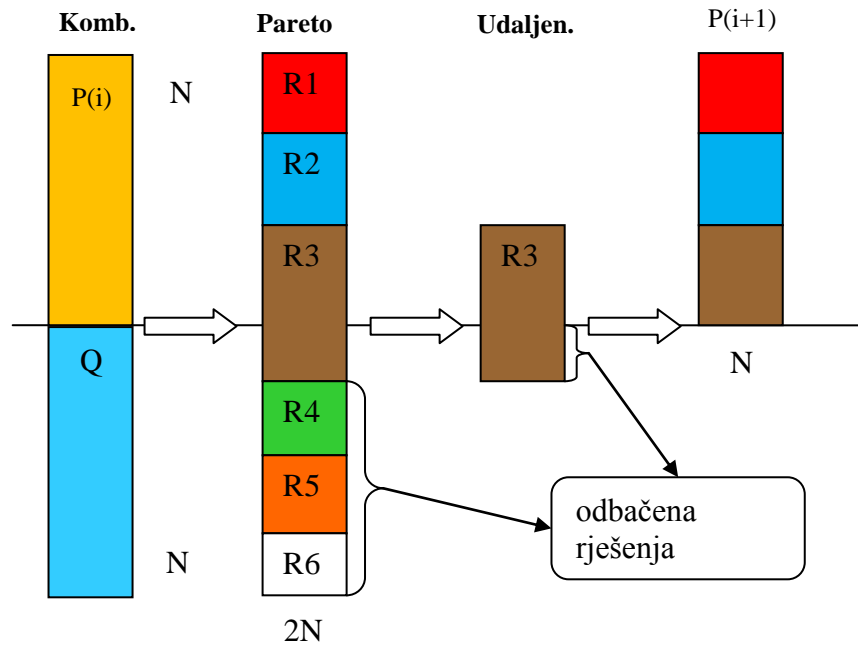
$$i \prec_n j \text{ ako je } (i_{rang} \prec j_{rang}) \quad (394)$$

ili

$$((i_{rang} = j_{rang}) \wedge (i_{udalj} \succ j_{udalj})) \quad (395)$$

Između dva rješenja sa različitim Pareto rangovima preferira se bolje rješenje tj. ono s manjim rangom. U slučaju kad oba rješenja pripadaju istom rangu, preferira se rješenje s većom udaljenošću.

Nakon toga slijedi formiranje „dječje“ Q populacije primjenom turnirskog odabira, križanja i mutacije veličine N. U cilju održavanja svojstva elitizma tj. pamćenja najboljih rješenja populacija P i Q se kombiniraju u novu populaciju PuQ veličine 2N. Populacija PuQ se sortira prema svojstvu nedominacije, elitizam je osiguran jer nova kombinirana populacija sadrži najbolja rješenja iz P i Q. Nakon toga vrši se odabir N rješenja u cilju dobivanja nove populacije P na način da se u nju izuzmu sva nedominirana rješenja iz PuQ. Ako je broj nedominiranih rješenja manji od N, onda se nedominiranim rješenjima dodaju rješenja iz ostalih frontova koji slijede. U slučaju kada N siječe jedan front rješenja iz tog fronta se odabira potreban broj rješenja primjenom „operatora usporedbe rješenja temeljem udaljenosti“ kako je gore opisano. Front koji siječe N se sortira po padajućem redosljedu temeljem udaljenosti te se odabere potreban broj rješenja po redosljedu kako bi se dobila nova „dječja“ populacija veličine N. Algoritam koji ilustrira navedeni proces prikazan je na Slici 43.



**Slika 43. Ilustracija NSGA-II algoritma**

Nakon određenog broja iteracija ovaj algoritam završava dobivanjem Pareto skupa rješenja koja su dobro distribuirana na Pareto krivulji zahvaljujući operatoru usporedbe temeljem udaljenosti. Za navedenu metodu izrađen je program koji je testiran na standardnim test funkcijama iz [46], a rezultati su prikazani u podpoglavlju 4.2.3.

#### 4.2.2 Višekriterijska optimizacija: PP-NRGA algoritam

Optimizacija primjenom metode „Parameterless Penalty Non-Dominated Ranked Genetic Algorithm – PP-NRGA“ prikazana je u radovima [51] i [52]. Ova metoda je slična NSGA-II metodi a razlikuje se u sljedećim segmentima: rangiranju rješenja i odabiru koji se temelji na tzv. ruletu temeljenom na rangovima. Cilj ove metode je bio izbjeći penalizaciju neizvodivih rješenja kako ne bi bila opterećena s dodatnim parametrima što sugerira i samo ime metode. To se postiže uvođenjem funkcije cilja u sljedećem obliku:

$$\varphi_i(x) = f_i(x) + rang f_i + rang g \sum_{j=1}^m \theta(x) \quad [-] \quad (396)$$

gdje je  $i = 1, 2, \dots, k$ ,  $rang f_i$  je rang funkcije atributa koji može imati vrijednosti [1 – veličina populacije].  $Rang g$  je rang sume prekoračenja ograničenja svakog rješenja koji može imati vrijednosti [veličina populacije+1 – 2\*veličina populacije]. Iz navedenog slijedi da rješenja s minimalnim vrijednostima funkcije cilja i najmanjim prekoračenjem ograničenja teže prema



najboljim vrijednostima funkcije cilja. Na navedeni način izbjegava se klasična penalizacija funkcije cilja a uvedeni parametri u funkciji cilja automatizmom adekvatno podešavaju vrijednosti funkcije cilja uzimajući u obzir prekoračenja ograničenja te sukladno tome vrše rangiranje rješenja. Druga značajna razlika u odnosu na NSGA-II je u odabiru jer ova metoda koristi rulet odabir temeljen na prethodno određenim rangovima. Svakom rješenju populacije dodjeljuje se vrijednost fitnesa jednaka njegovom rangu u populaciji, veći rang ujedno znači i veću vjerojatnost preživljavanja u procesu odabira u slučaju maksimizacije i obrnuto kod minimizacije. Vjerojatnost preživljavanja izračunava se prema slijedećem izrazu:

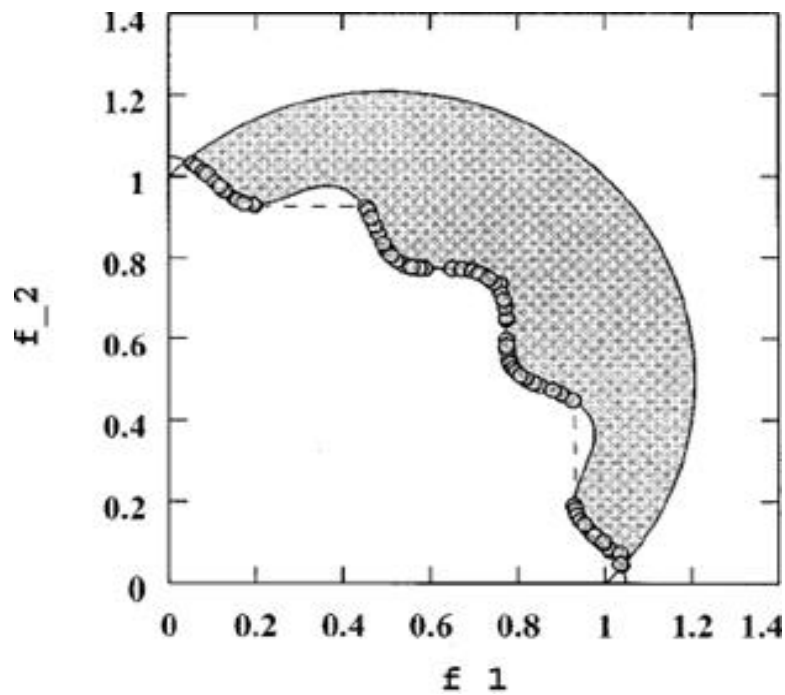
$$P_i = \frac{2 \text{ Rang}}{N (N + 1)} \quad [-] \quad (397)$$

gdje je N broj rješenja u frontu kada se radi o rješenjima, a broj frontova kada se radi o frontovima. Rješenja u frontu su rangirana temeljem udaljenosti koja je objašnjena u 5.2.1, dok su frontovi rangirani temeljem svojstva nedominacije primjenom Pareto metode. Za navedenu metodu izrađen je program koji je testiran na standardnim testnim funkcijama iz [46], a rezultati su prikazani u podpoglavlju 4.2.3.

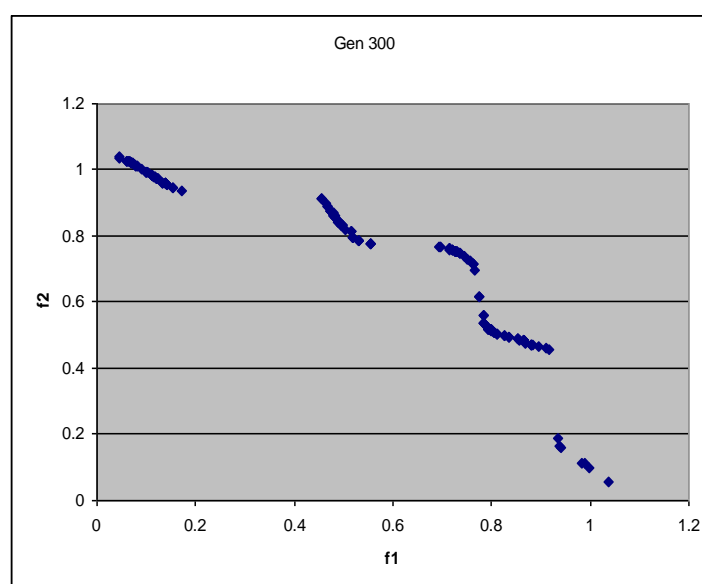
#### 4.2.3 Usporedba metoda i odabir povoljnije

U ovom podpoglavlju su prikazani rezultati dviju prethodno opisanih metoda, te je odabrana preferirana metoda. Obje metode su testirane na standardnim test funkcijama iz [46], a one su dovoljno zahtjevne da bi provjerile izvedbu algoritama optimizacije za obje metode. Testne funkcije s pripadnim ograničenjima su kompleksne, prekidaju projektni prostor na dijelove koji su izvedivi i neizvedivi što na neki način simulira njihovu primjenu za uvjete predmetnog projektnog prostora i ograničenja projektnog modela kojim se bavi ovaj rad. Pretpostavka je da ukoliko zadovolje na ovim testnim funkcijama metode će zadovoljiti i potrebe višekriterijskog projektnog modela višenamjenskog ratnog broda. Na Slici 44. prikazana je testna funkcija TNK iz [40]. Na Slici 45. i 46. prikazani su rezultati testova PP-NRGA i NSGA-II metoda na testnoj funkciji TNK. Na Slici 47. prikazana je testna funkcija CPT1 iz [40]. Na Slici 48. i 49. prikazani su rezultati testova PP-NRGA i NSGA-II metoda na testnoj funkciji CPT1. Rezultati ostalih testnih funkcija nalaze se u Prilogu 5. Svi testovi su izvedeni na populaciji od 200 jedinki, rezultati su stabilni jer je dobiven približno isti Pareto front nakon više ponavljanja, rješenje konvergira prema idealnom poznatom Pareto frontu kao što se može vidjeti na 45. i 46. Konačni Pareto front koji je prikazan na slikama je uzet nakon 300 generacija. Usporedbom rezultata može se zaključiti da metoda NSGA-II ima bolje

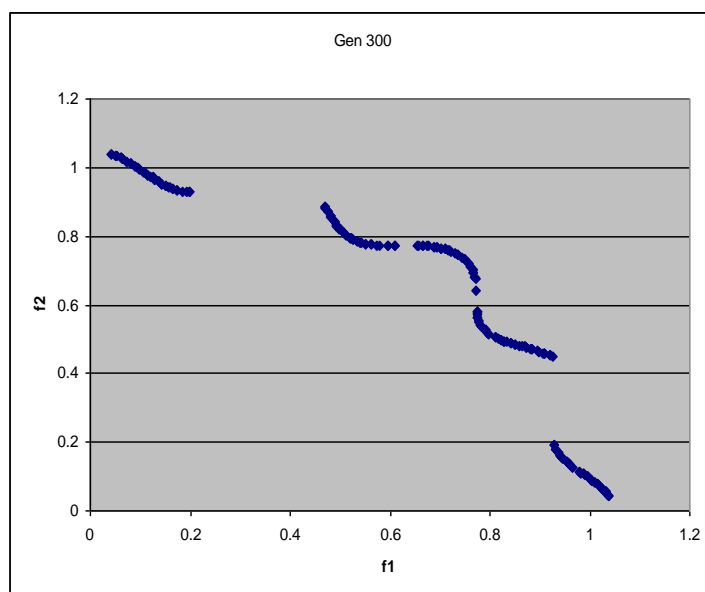
distribuirana rješenja po Pareto krivulji od PP-NRGA, dok je PP-NRGA bila nešto brža tijekom izvođenja programa na računalu za isti broj generacija. Unatoč tome što se PP-NRGA pokazala kao brža metoda, za primjenu na konceptualnom projektnom modelu višenamjenskog ratnog broda odabrana je metoda NSGA-II. NSGA-II u odnosu na PP-NRGA metodu ima bolju distribuciju projektnih rješenja po Pareto krivulji, dok vrijeme rada računala u ovom slučaju nije bilo najvažnije.



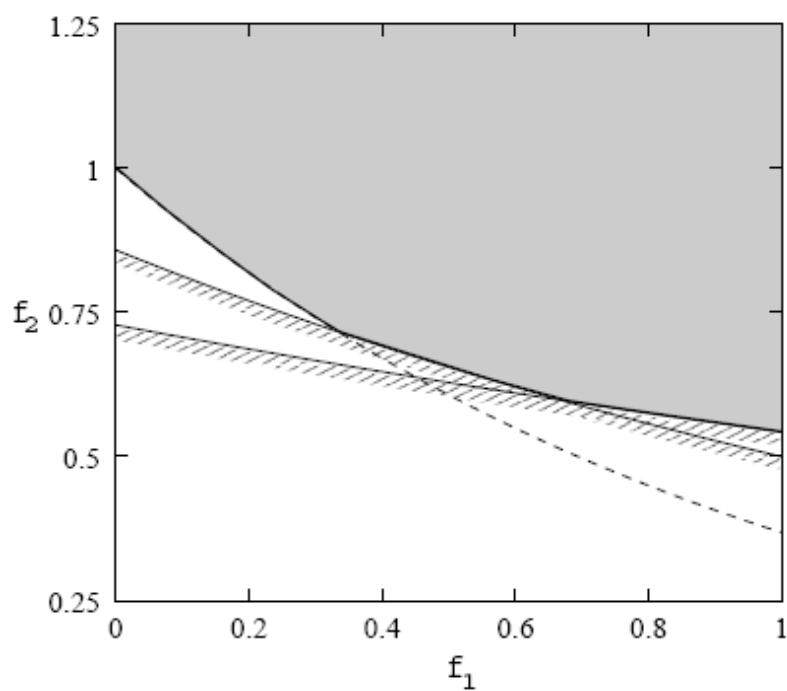
Slika 44. Testna funkcija TNK iz [40]



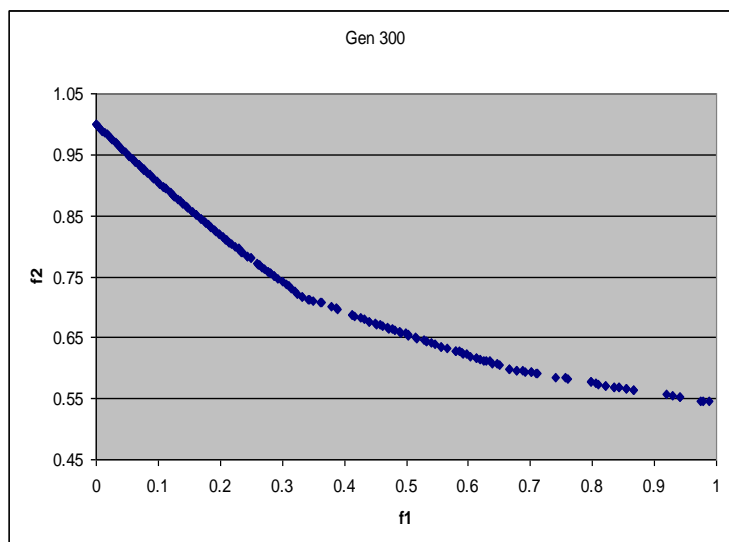
Slika 45. Test PP-NRGA metode na testnoj funkciji TNK iz [40]



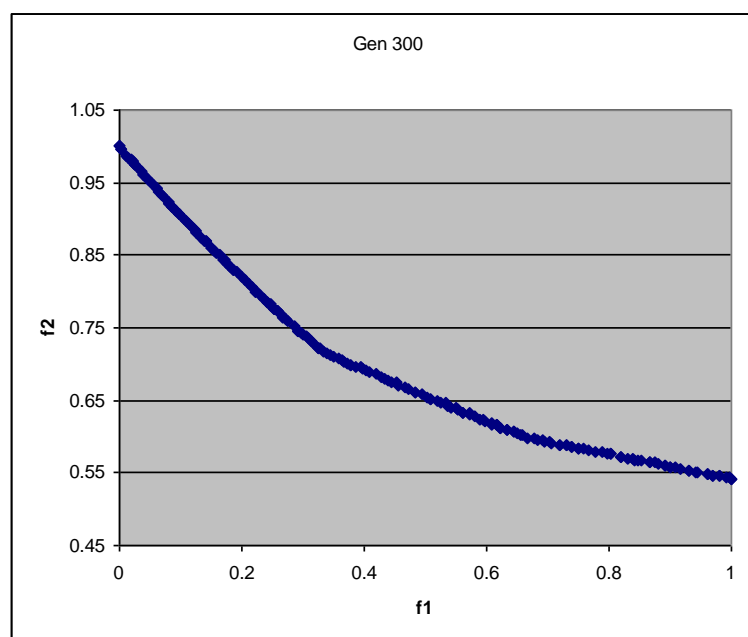
**Slika 46. Test NSGA-II metode na testnoj funkciji TNK iz [40]**



**Slika 47. Testna funkcija CTP1 iz [40]**



**Slika 48. Test PP-NRGA metode na testnoj funkciji CTP1 iz [40]**



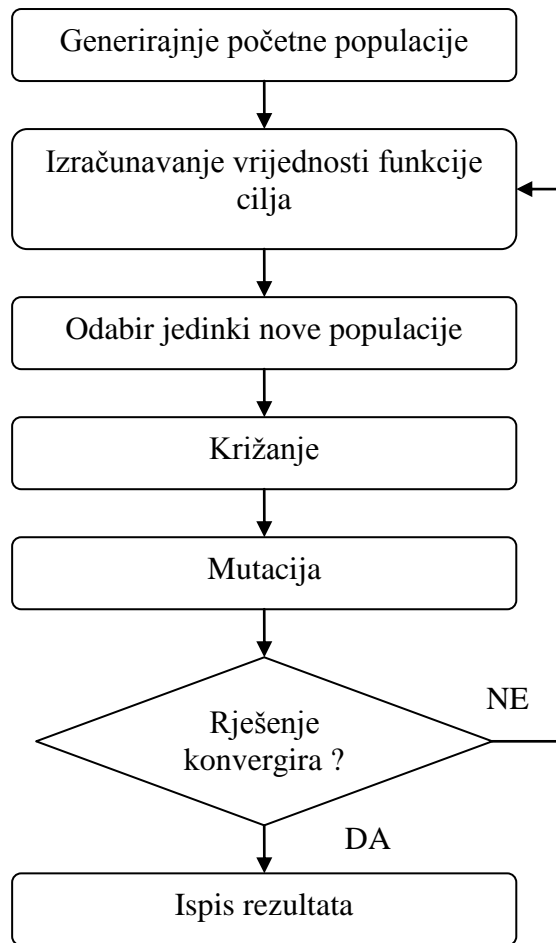
**Slika 49. Test NSGA-II metode na testnoj funkciji CTP1 iz [40]**

### 4.3 Općenito o genetičkom algoritmu

Genetički algoritam (GA) spada u skupinu tzv. evolucijskih algoritama traženja optimuma, a temelji se na teoriji evolucije preživljavanja najprilagodljivijih. Primjenom GA se simulira proces evolucije u prirodi. Jedna od temeljnih razlika u odnosu na klasične metode optimizacije je što GA koristi populaciju rješenja (više projektnih rješenja) u jednoj iteraciji dok klasične metode koriste samo jedno tj. „point by point“ pristup. GA sukladno [41] se može matematički opisati na sljedeći način:

$$x(t+1) = s \{v [x(t)]\} \quad (398)$$

gdje je populacija u trenutku  $t$  opisana s  $x(t)$ , na njoj se provodi operator slučajne varijacije  $v$  i odabira  $s$  kako bi se dobila nova populacija  $x(t+1)$ . Iz generacije u generaciju populacija rješenja se mijenja u skladu s postavljenim pravilima genetičkih operatora kao što su odabir (selekcija), križanje i mutacija. Pretpostavka je da primjenom genetičkih operatora svaka sljedeća populacija ima bolja svojstva u odnosu na prethodnu. Taj proces poboljšavanja željenih svojstava populacije se nastavlja dok ne konvergira tj. pronađu se dvije sukcesivne populacije koje se neznatno razlikuju, a ta razlika je prethodno definirana. Teoretski dokazi o tome zašto su evolucijski algoritmi učinkoviti u traženju globalnog optimuma prikazani su u [9]. Najosnovnija konstrukcija genetičkog algoritma prikazana je na Slici 50.



**Slika 50. Osnovna konstrukcija genetičkog algoritma**

Jedinke unutar populacije predstavljaju projektna rješenja, a u literaturi se nazivaju kromosomi. Generiranje početne populacije je slučajno, a njena kvaliteta u prosjeku je ovisna i o broju kromosoma. Što je broj kromosoma veći, veća je i vjerojatnost da unutar njih postoje i oni s velikom vrijednošću funkcija cilja, stoga će proces traženja optimalnog rješenja biti kraći. Odabir jedinki koje će sudjelovati u formiranju nove generacije temelji se na njihovim vrijednostima funkcija cilja tj. jedinke koje imaju veće vrijednosti funkcija cilja imaju i veću vjerojatnost preživljavanja i prenošenja svog genetskog materijala u slijedeću generaciju. Kada se temeljem vrijednosti funkcija cilja izvrši rangiranje i dodjela vjerojatnosti preživljavanja primjenjuju se genetički operatori. Najprije se vrši odabir jedinki nove populacije. One jedinke koje imaju veću vjerojatnost preživljavanja imaju i kroz operator odabira veću mogućnost sudjelovanja u kreiranju nove generacije, a mogu se pojaviti i više puta u odabranoj skupini. Nakon što se odaberu jedinke za novu generaciju vrši se njihovo križanje tj. od dvije jedinke (roditelji) stvaraju se nove dvije jedinke (djeca) koje dobivaju genetski materijal od oba roditelja. Od odabranih jedinki samo jedan dio sudjeluje u križanju

što se definira vjerojatnošću križanja koja se obično kreće u rasponu od 0.6 do 0.9, ovisno o konkretnom optimizacijskom problemu. Na kraju vrši se mutacija dječje populacije čime se završava proces stvaranja nove generacije. Mutaciji se podvrgava vrlo mali broj dječje populacije kako bi se što bolje simulirali evolucijski procesi u prirodi, a vjerojatnost mutacije kreće se u granicama od 0.05 do 0.25. Dječja populacija se uspoređuje s roditeljskom i ukoliko je razlika neznatna proces se zaustavlja i zadnja generacija se uzima kao rješenje, dok u drugim slučajevima može se postaviti određeni konačan broj iteracija procesa te se on zaustavlja po izvršenju zadnje iteracije. Jedna od važnijih principa u GA je postizanje ravnoteže između pretraživanja cijelog projektnog prostora u odnosu na iskorištavanje najboljih jedinki kako se ne bi dogodilo da algoritam završi pretraživanje u lokalnom umjesto globalnom optimumu. U literaturi to se naziva konflikt iskorištavanja naprama istraživanju („exploitation and exploration conflict“), a način na koji se vrši ravnoteža je prikazan u podpoglavlju 4.4.1. O ovom algoritmu može se uvesti i princip elitizma koji podrazumijeva da se najbolja rješenja iz trenutne generacije obavezno prenose u slijedeću generaciju kako se ne bi izgubio genetski materijal koji ima najbolja svojstva sukladno funkcijama cilja. S obzirom da je algoritam probabilistički mora se provesti nekoliko puta i odabrati najbolje rješenje. Pojedini genetički operatori su detaljno obrađeni u podpoglavljima koja slijede.

## 4.4 Operatori genetičkog algoritma

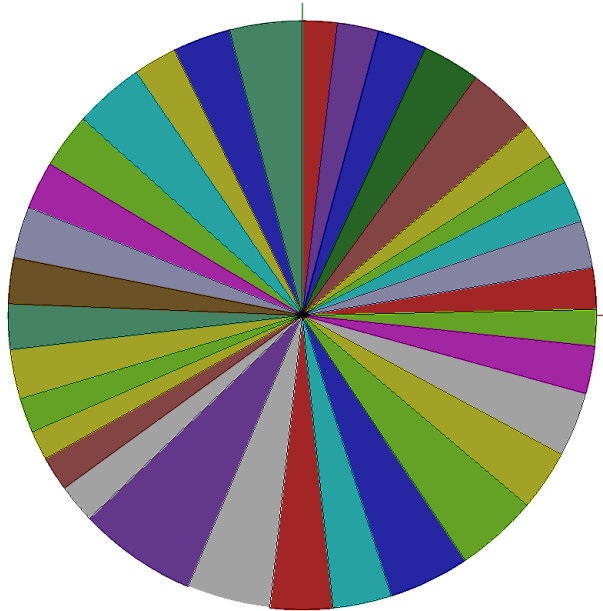
### 4.4.1 Odabir

Odabir kromosoma za formiranje nove generacije temelji se na njihovoj vrijednostima funkcija cilja. Krosomi s većom vrijednošću funkcija cilja imaju veću vjerojatnost preživljavanja i obrnuto. Najosnovniji način odabira u literaturi se naziva klasičan odabir i temelji se na tzv. odabiru primjenom ruleta što znači da je odabir probabilističke naravi. Rulet je podijeljen na onoliko dijelova koliko ima članova populacije, dok je veličina (površina) dijela ruleta koji pripada pojedinom kromosomu proporcionalna njegovoj vjerojatnosti preživljavanja:

$$P_i = \frac{Fitness(x_i)}{\sum_{i=1}^{vel\_pop} Fitness(x_i)} \quad [-] \quad (399)$$

Vjerojatnost da će se rulet zaustaviti na dijelu površine određenog kromosoma je to veća što je veća pripadna površina, što znači da kromosom s najvećom površinom ima najveću vjerojatnost preživljavanja, dok onaj s najmanjom ima najmanju. Simulacija rotiranja ruleta vrši se pomoću algoritma primjenom kumulativne vjerojatnosti, svaki krosom dobiva jedan

segment na brojevnom pravcu koji ide od nula do jedan. Generira se slučajan broj između nula i jedan koji se zatim uspoređuje s kumulativnom vjerojatnošću kromosoma. Kada se slučajno generirani broj poklopi sa segmentom kumulativne vjerojatnosti kromosoma taj kromosom se odabire za sudjelovanje u generiranju nove generacije. Primjer ruleta s pripadnim površinama kromosoma prikazan je na Slici 51.



**Slika 51. Rulet s pripadnim površinama kromosoma**

Kromosomi s većom vrijednošću funkcije cilja imaju veću vjerojatnost preživljavanja, ali i mogućnost višestrukog pojavljivanja u odabranim jedinkama za generiranje nove populacije. Glavni nedostatak klasičnog odabira je što tijekom iterativnog procesa generiranja novih generacija ne dolazi do konvergencije, već se pretraživanje događa slučajno bez ciljanog istraživanja područja projektnog prostora oko najboljih kromosoma. Umjesto iskorištavanja obećavajućeg genetskog materijala najboljih jedinki, algoritam kontinuirano vrši slučajno pretraživanje projektnog prostora. U ovom slučaju čak se događa da su lošiji kromosomi odabrani više puta od boljih kromosoma iz čega proizlazi neadekvatnost algoritma kako je to detaljnije opisano u [9]. Algoritam mora razlikovati bolje kromosome od lošijih te sukladno tome vršiti i njihov odabir. To se može postići na više načina, a jedan od njih je provedbom sortiranja kromosoma padajućim redoslijedom u skladu s njihovom vrijednošću funkcije cilja, te dodjeljivanjem svakom od njih vjerojatnosti preživljavanja temeljem položaja kromosoma u nizu. Proces odabira se temelji na prethodno opisanom rangiranju kromosoma, dok se funkcija vjerojatnosti za taj slučaj može prikazati kao geometrijski niz:

$$P_i = A_1 \cdot P_S^{i-1} \quad [-] \quad (400)$$



gdje se indeks  $i$  kreće u rasponu od 1 do veličine populacije,  $A_1$  je konstanta, a  $P_S$  je kvocijent niza. Konstanta  $A_1$  definira se kao:

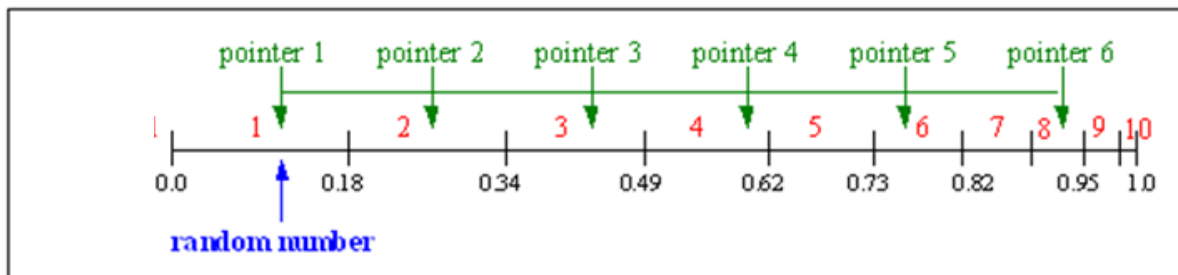
$$A_1 = \frac{1 - P_S}{1 - P_S^{vel-pop}} \quad [-] \quad (401)$$

gdje  $P_S$  predstavlja tzv. „tlak odabira“ koji se može kretati u rasponu od 0 do 1. Kada je  $P_S = 1$  niz ne postoji, sve jedinice dobivaju istu vjerojatnost preživljavanja, a proces odabira je potpuno slučajan. Kad je  $P_S$  bliži nuli odabir je elitistički, dok kad teži prema jedinici odabir je slučajan.  $P_S$  se obično kreće u rasponu od 0.75 do 0.98, a njegova konačna vrijednost se utvrđuje eksperimentiranjem, tj. zadavanjem različitih vrijednosti dok se ne utvrdi koja od njih daje najbolje rezultate. Pojednostavljeno rečeno opisani način poboljšanja procesa odabira proporcionalno povećava vjerojatnosti preživljavanja boljih kromosoma dok proporcionalno smanjuje vjerojatnosti preživljavanja lošijih kromosoma, ovisno o koeficijentu  $P_S$ . U cilju daljnjeg poboljšanja procesa odabira kromosoma uvodi se promjenjivi koeficijent  $P_S$ . U razvoju početnih generacija potrebno je što više fokusirati se na istraživanje cijelog projektnog prostora, dok u završnim generacijama na istraživanje projektnog prostora oko najboljih rješenja. Na ovaj način se izbjegava mogućnost prerane konvergencije u lokalni optimum umjesto u globalni. Istraživanje („exploration“) cijelog projektnog prostora postiže se sa vrijednostima koeficijenta  $P_S$  koja su bliža jedinici dok se iskorištavanje („exploataation“) obećavajućeg područja dobiva sa manjim vrijednostima  $P_S$ . Primjer izraza za promjenjivi  $P_S$  iz [9]:

$$P_S = -0.06 \frac{gen}{gen\_max} + 0.98 \quad [-] \quad (402)$$

gdje je  $gen$  trenutna generacija a  $gen\_max$  maksimalan broj generacija. Kod odabira kromosoma za generiranje nove populacije ne smiju se zanemariti ni oni lošiji kromosomi koji imaju male vrijednosti funkcija cilja. Ta područja projektnog prostora u nekim slučajevima mogu biti od velike važnosti kako bi se održao kontakt sa pojedinim izvedivim područjima projektnog prostora. Ukoliko se lošiji kromosomi u početku procesa zanemare to bi moglo voditi prema preranoj konvergenciji u lokalni optimum. U cilju sprječavanja takvih pojava Baker u [41] je razvio novu stohastički univerzalni odabir koji uzima u obzir genetički materijal cijele populacije tj. ne zanemaruje ni ona loša rješenja. Algoritam se temelji na ruletu koji se vrti samo jednom, ima površine proporcionalne vjerojatnosti preživljavanja, dok se odabir vrši na

način da se na brojevni pravac s kumulativnim vjerojatnostima projiciraju markeri na jednakim razmacima a čiji broj je jednak veličini populacije. Dakle, svaki marker označava odabrani kromosom, a oni s većom vjerojatnošću mogu biti odabrani i više puta, dok u svakom slučaju algoritam odabira i određeni broj loših kromosoma što je i bila intencija. Bakerov odabir je ilustriran na Slici 52. koja je preuzeta iz [42]. Početak prvog markera određuje slučajno generirani broj u prvoj kumulativnoj vjerojatnosti preživljavanja.



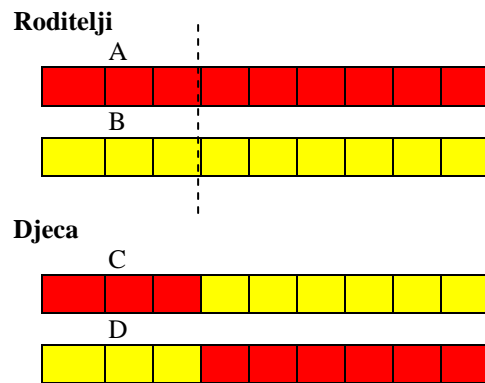
**Slika 52. Ilustracija Bakerovog odabira [42]**

Prijevod pojmova:

- pointer – pokazivač
- random number – slučajni broj

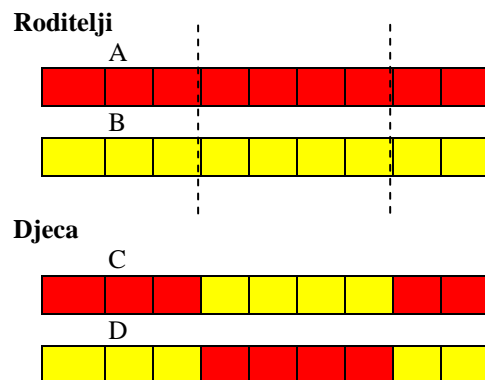
#### 4.4.2 Križanje

Križanjem se prenosi genetski materijal s roditeljske populacije na dječju od odabranih kromosoma kako je objašnjeno u prethodnom podpoglavlju. Križanje se obavlja na način da dva slučajno odabrana kromosoma postaju roditelji, te od njih nastaju nova dva kromosoma (djeca) razmjnom njihovog genetskog materijala. Nove jedinice (djeca) nasljeđuju genetska svojstva svojih roditelja, te mogu biti slični njima ili potpuno drugačiji, te njihove vrijednosti funkcija cilja mogu biti lošije ili bolje od roditeljskih. Odluka o tome hoće li doći do križanja dva kromosoma ovisi o vjerojatnosti križanja koja je obično u rasponu od 0.65 do 0.85. To znači da će u prosjeku 65% do 85% parova kromosoma se križati. Križanjem se razmjenjuju geni dva kromosoma a ilustracija križanja prikazana je na Slici 53.



**Slika 53. Ilustracija križanja dva kromosoma**

Kromosom C naslijedio je od roditelja A prva tri gena, a od roditelja B zadnjih šest gena. Kromosom D naslijedio je od roditelja B prva tri gena, a od roditelja A zadnjih šest gena. Mjesto na kojem se križaju kromosomi može se odrediti generiranjem slučajnog broja između nula i jedan, te njegovim zaokruživanjem na cjelobrojnu vrijednost. Križanje kromosoma može se provest presijecanjem kromosoma na više od jednog mjesta kako je prikazano na Slici 54.



**Slika 54. Ilustracija križanja dva kromosoma s dva presjecišta**

U konkretnom problemu višekriterijske optimizacije broda kromosomi predstavljaju projektna rješenja dok su geni projektne varijable.

#### 4.4.3 Mutacija

Nakon križanja mutacijom se slučajno mijenja kromosom i time završava proces kreiranja nove generacije. Mutacija zahvaća vrlo mali broj kromosoma, a to se definira s faktorom vjerojatnosti mutacije koji se obično kreće u rasponu od 0.05 do maksimalno 0.25. Mutacija se provodi na način da se generira slučajni broj od 0 do 1. Ako je broj manji od postavljene vjerojatnosti mutacije dolazi do mutacije kromosoma, a u suprotnom kromosom ostaje

nepromijenjen. Kad dolazi do mutacije kromosoma, mutiraju pojedini geni što se može odrediti slučajno generiranjem slučajnog broja. Npr. kad je on manji od 0.5 dolazi do mutacije gena, a u suprotnom gen ostaje nepromijenjen. Kad gen mutira, stari gen se briše dok se određuje novi gen u rasponu kako je definirano njegovim granicama. Kromosom može biti reprezentiran na dva načina: u binarnom obliku i u obliku varijabli s realnim vrijednostima. Binarni oblik je prikladan za probleme s cjelobrojnim varijablama dok kod varijabli s realnim vrijednostima one ujedno predstavljaju gene kromosoma. Kao i kod odabira i mutacijom se može utjecat na način istraživanje projektnog prostora kroz istraživanje ili eksploataciju preko vjerojatnosti mutacije. Kada je vjerojatnost mutacije veća fokus je na istraživanju projektnog prostora, dok kod manjih vjerojatnosti mutacije proces je usmjeren na istraživanje prostora oko najboljih kromosoma. Također u mutaciji se može utjecat na njen intenzitet tj. u kojoj mjeri je mutirani gen blizu ili daleko od starog gena. U početnim generacijama može se dozvoliti dobivanje mutiranih gena koji su na većim udaljenostima od svojih prethodnika, dok kako se proces završava taj intenzitet mutacije treba biti sve manji i manji kako bi se na taj način dobili mutirani geni u blizini svojih prethodnika. Na taj način može se doći do novih kromosoma sa boljim svojstvima tj. do boljeg genetskog materijala. Iz navedenog slijedi da intenzitet mutiranja mora biti sve manji i manji što se povećava broj generacija, a primjer promjenjivog mutacijskog operatora iz [9] je:

$$x_i^m = x_i + \Delta(\text{gen}, b_i - x_i) \quad [-] \quad (403)$$

$$x_i^m = x_i - \Delta(\text{gen}, x_i - a_i) \quad [-] \quad (404)$$

gdje je  $[a_i, b_i]$  interval tj. granice gena,

$$\Delta(\text{gen}, x) = x \left[ 1 - r^{1 - \frac{\text{gen}}{\text{gen}_{\max}}} \right]^b \quad [-] \quad (405)$$

$\text{gen}$  je broj generacija,  $\text{gen}_{\max}$  je maksimalan broj generacija,  $r$  je slučajno generirani broj iz intervala od 0 do 1, a  $b$  je parametar koji određuje stupanj nejednolikosti. Jednadžba (403) se primjenjuje za dobivanje mutacija s većim intenzitetom, dok (404) je za mutacije manjeg intenziteta. Iz navedenog izraza je vidljivo da kako proces napreduje mogućnost velikih promjena tijekom mutacije su sve manja i manja.

## 5. TESTIRANJE IZLAZNIH REZULTATA PROJEKTOG MODELA

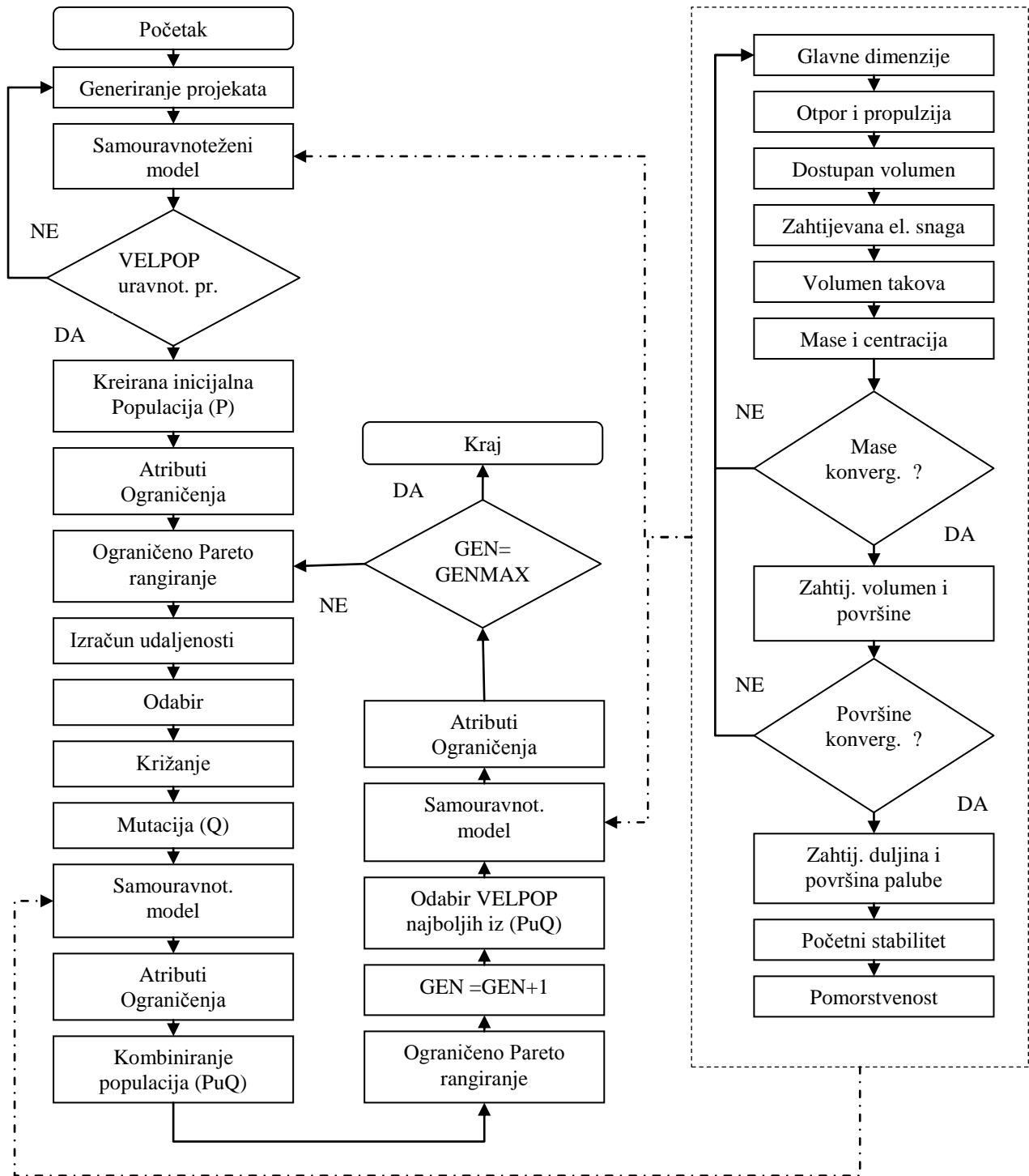
### 5.1 Integracija višekriterijskog projektnog modela s metodom optimizacije

Nakon definiranja višekriterijskog konceptualnog projektnog modela u poglavlju 3 i optimizacijske metode u poglavlju 4, u ovom dijelu rada obrađuje se integracija projektnog modela s primijenjenom metodom te testiranje izlaznih rezultata modela.

I jedan i drugi dio su jednako važne komponente i predstavljaju jedan kombinirani model koji ima za cilj traženje preferiranih projektnih rješenja. Dijagram toka integracije projektnog modela i primijenjene metode prikazan je na Slici 55. Generiranje projekata vrši se slučajnim odabirom projektnih varijabli. Projektne varijable brodske forme su realne varijable koje se nalaze u granicama kako je definirano u poglavlju 3. Granice projektnih varijabli brodske forme su dovoljno „široke“ za ovaj tip broda, te omogućuju kreiranje različitih brodskih formi kako bi se došlo do niza projektnih rješenja tj. populacije. Ostale ulazne varijable su diskretne, a o njihovoj vrijednosti ovisi opcija odabranog materijala trupa i nadgrađa, autonomnosti, doplova, naoružanja, te opreme vezano za svojstvo preživljavanja broda. Nakon generiranja projekta on se pokušava uravnotežiti s obzirom na mase, te dostupne i zahtijevane površine / volumene. Projekti koji se ne mogu uravnotežiti po masi ili površinama se odbacuju, a cilj je dobivanje inicijalne populacije  $P$  od *VELPOP* uravnoteženih projekata. Nakon što je kreirana inicijalna populacija uravnoteženih projekata  $P$  vrši se proračun atributa i ograničenja svih projekata populacije. Zatim se projekti rangiraju u Pareto frontove gdje 0-ti front predstavlja nedominirana rješenja, nakon čega dolaze projekti iz fronta 1, 2, itd. Izračun udaljenosti između projekata pojedinih Pareto frontova vrši se u prostoru atributa. Za prvi odabir dječje populacije  $Q$  primjenjuje se turnirski odabir. Iz inicijalne populacije slučajnim odabirom određuju se dvije jedinke od kojih se jedna odbire za dobivanje skupa jedinki od kojih će primjenom genetičkih operatora nastati  $Q$  dječja populacija. Kada su obje jedinke izvodive odabira se ona s manjim Pareto rangom, kada su obje jedinke iz istog ranga odabira se ona sa većom udaljenošću. Kada je jedna jedinka izvodiva a druga nije, odabira se ona koja je izvodiva, a kada su obje jedinke neizvodive bira se ona sa manjim odstupanjem od ograničenja. Nakon odabira križa se u prosjeku 80% odabranih projekata, dok se 10% mutira kako je objašnjeno u poglavlju 4. Na taj način se završava s kreiranjem dječje  $Q$  populacije. Za  $Q$  populaciju vrši se proračun samouravnoteženosti projekata, te svih pripadnih parametara broda. Jedan manji dio  $Q$  populacije, nakon primjene genetičkih operatora nije

više uravnotežen. Takvim projektima se „umjetno“ dodjeljuju maksimalna ograničenja što ih rangira na začelje svih projekata, te oni iščezavaju tijekom provođenja algoritma.

Sljedeći korak u projektnom modelu je kombiniranje populacija  $P$  i  $Q$ , te dobivanje dvostruko veće nove  $PuQ$  populacije. Ovaj korak je potreban zbog postizanja svojstva elitizma tj. zadržavanja najboljih rješenja. Populacija  $PuQ$  se rangira primjenom Pareto metode u ograničenim uvjetima, te se iz nje formira nova roditeljska populacija  $P$  kako je to opisano u poglavlju 4. Projekti nove  $P$  populacije se provjeravaju u samouravnoteženom modelu, provodi se Pareto rangiranje, te se računaju udaljenosti za sve Pareto frontove. Primjenom turnirskog odabira, križanja i mutacije dobiva se nova dječja  $Q$  populacija. Populacije  $P$  i  $Q$  se kombiniraju u novu  $PuQ$  populaciju, te se taj proces iterativno nastavlja sve dok se ne postigne zadani broj generacija.



**Slika 55. Dijagram toka integracije projektnog modela i primijenjene metode**

## 5.2 Opis programa višekriterijske optimizacije

Temeljem dijagrama toka sa Slike 55. napravljen je softverski program Monako PRB kojim se rješava problem višekriterijske optimizacije predmetnog projektnog modela. Glavni program se sastoji od 39 podmodula, ukupno uključujući komentare ima 5122 linija koda, te 163.84 kB. Program je napisan u MS Visual Studio, Visual Basic. Navedeni programski jezik je odabran zbog toga što je jednostavan, a pretpostavljeno je da u kodu neće biti složenih algoritama kao što su npr. algoritmi za rješavanje velikog sustava linearnih jednadžbi koji zahtijevaju puno memorije i možda prikladnije programske alate. U Visual Basicu bilo je jednostavno izraditi formu ulaznih podataka koja je prikazana na Slici 56. Ostali ulazni podaci koji se odnose na značajke pojedine opreme i naoružanja kao što je masa, položaj težišta po visini, zahtijevana tlocrtna površina, potrebna električna snaga, te cijene se nalaze u podmodulu ulaznih podataka strukturirani u obliku baze podataka. Pojedine vrijednosti iz baze podataka se pozivaju kod izračuna površine, potrebne električne snage, mase i centracije, cijene, te ostalih značajki projekta. Program je strukturiran u obliku optimizacijske ljuške koja primjenjuje metodu NSGA-II koja poziva samouravnoteženi dio modela kako je prikazano na Slici 55. Kako bi program bio što pouzdaniji svi podmoduli su testirani zasebno, te nakon njihove integracije u cijeli program.

Koliko god bio zahtjevan samouravnoteženi dio modela koji rješava brodograđevni dio problema, jednako zahtjevan a možda i više, bio je optimizacijski dio gdje je uspješno primijenjena NSGA-II metoda te primjena Pareto metode za višekriterijsku optimizaciju. NSGA-II metoda je inicijalno testirana na testnim funkcijama kako je opisano u poglavlju 4, dok je dio koji rješava Pareto rangiranje također testiran. Izlazni rezultati programa za svaki projekt svih generacija daju podatke o projektnim varijablama, parametrima, te ostalim pomoćnim podacima kao što je konvergencija masa i površina. Primjer izlaznih rezultata za dvije generacije prikazan je u prilogima 8, 9, i 10. Nije moguće prikazati rezultate svih generacija zbog velikog broja izlaznih podataka. Ključan dio izlaznih podataka nalazi se obično u podacima koji pripadaju zadnjoj generaciji, gdje se nalaze nedominirana tj. preferirana projektna rješenja. U zadnjoj generaciji cijela populacija rješenja predstavlja nedominirana projektna rješenja, a njihov broj ovisi o veličini populacije.



**MONAKO PRB**

**Ulazni parametri genetičkog algoritma:**

Veličina populacije :

Maksimalni broj generacija :

Vjerojatnost preslikavanja :

Vjerojatnost mutacije :

**Značajke ratnog broda :**

Položaj težišta istisnine po duljini (%LWL/2) :

Visina između paluba [m] :

Nagib oplata trupa na gl. rebro [stupnjevi] :

Nagib dna (stupnjevi) :

Dinamički kut trima (stupnjevi) :

Koeficijent forme krme :  ▾

Broj paluba trupa koje probija u/i GS :

Broj paluba nadgrađa koje probija u/i GS i DG :

Broj paluba trupa koje probija u/i DG :

Broj diesel generatora :

**Uvjeti okoliša :**

Značajna valna visina :

**Ulazne varijable projekta (kromosoma):**

|   |   |
|---|---|
| CPMIN: <input type="text" value="0.55"/>  | CPMAX: <input type="text" value="0.75"/>  |
| CMMIN: <input type="text" value="0.55"/>  | CMMAX: <input type="text" value="0.85"/>  |
| CDLMIN: <input type="text" value="1.0"/>  | CDLMAX: <input type="text" value="5.0"/>  |
| CBTMIN: <input type="text" value="2.5"/>  | CBTMAX: <input type="text" value="5.0"/>  |
| CLHMIN: <input type="text" value="7.0"/>  | CLHMAX: <input type="text" value="13.0"/> |
| CRDMIN: <input type="text" value="0.50"/> | CRDMAX: <input type="text" value="0.55"/> |
| CRTMIN: <input type="text" value="0.40"/> | CRTMAX: <input type="text" value="0.60"/> |

**Broj posade :**

Broj časnika i dočasnika :

Broj mornara :

Broj pričuvne posade :

**Projektne margine :**

Margina ukupne mase :

Marg. rasta el. sn. u budućnosti :

Koeficijent rezerve el. snage :

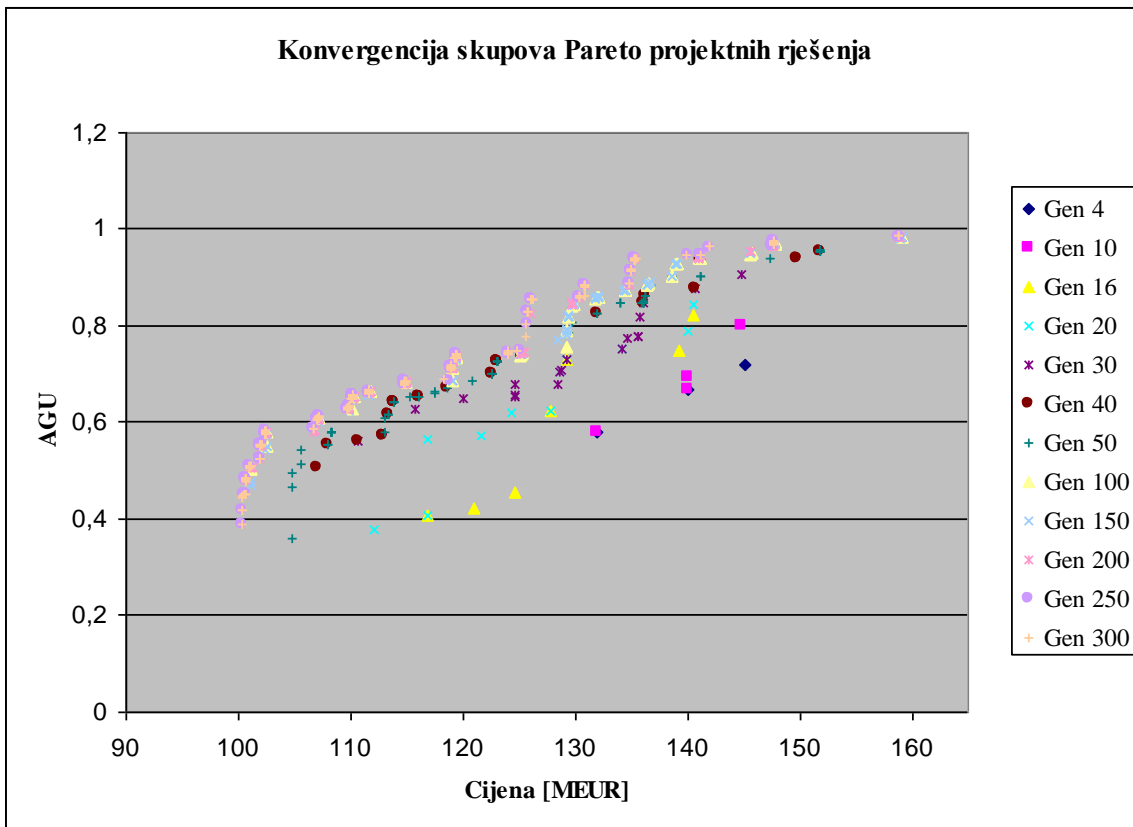
KG margina :

Generacija : **Label34**

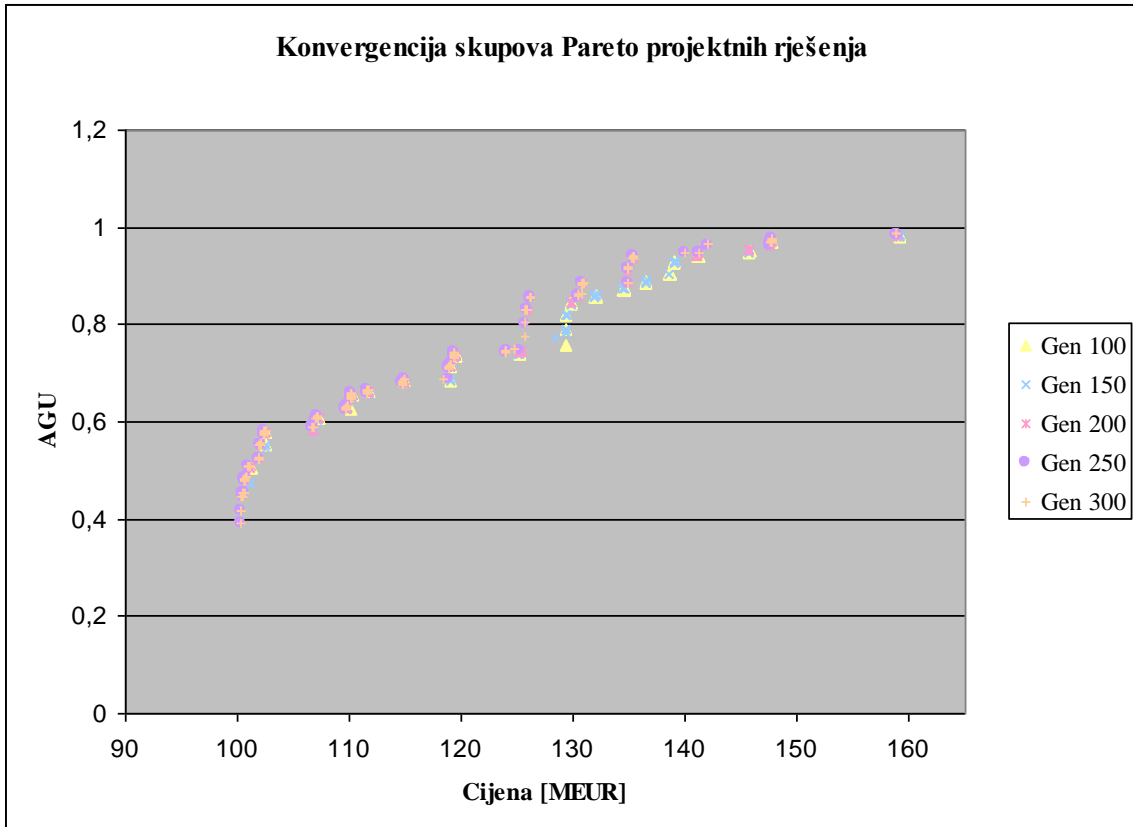
**Slika 56. Forma ulaznih podataka programa MONAKO PRB**

### 5.3 Stabilnost i pouzdanost izlaznih rezultata višekriterijskog projektnog modela

U cilju prezentiranja konvergencije skupa Pareto optimalnih rješenja na Slici 57. i 58. prikazani su skupovi projektnih rješenja u nekoliko uzastopnih generacija. Očito je da skupovi rješenja nakon svakog povećanja određenog broja generacija konvergiraju prema idealnom Pareto frontu. Na nižim generacijama skup Pareto projektnih rješenja je manji dok se on povećava povećanjem broja generacija. Za generacije 70 i veće broj Pareto optimalnih rješenja jednak je broju populacije. Na Slici 58. vidljivo je da nakon 100. pa sve do zadnje 300. generacije projektna rješenja se podudaraju tj. nema znatnih odstupanja iz čega se može zaključiti da je postignut skup projektnih rješenja koja teže prema idealnom Pareto frontu.

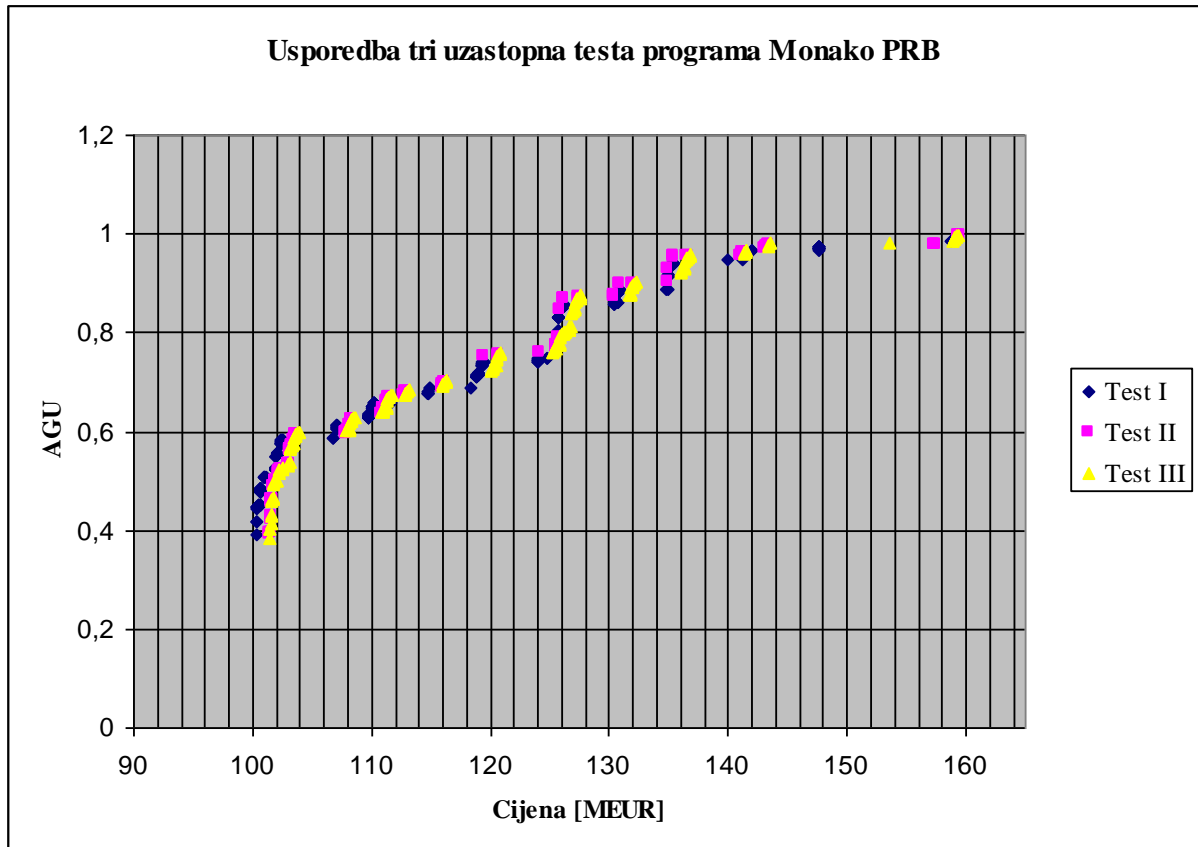


Slika 57. Konvergencija skupova Pareto projektnih rješenja (za 12 različitih generacija)



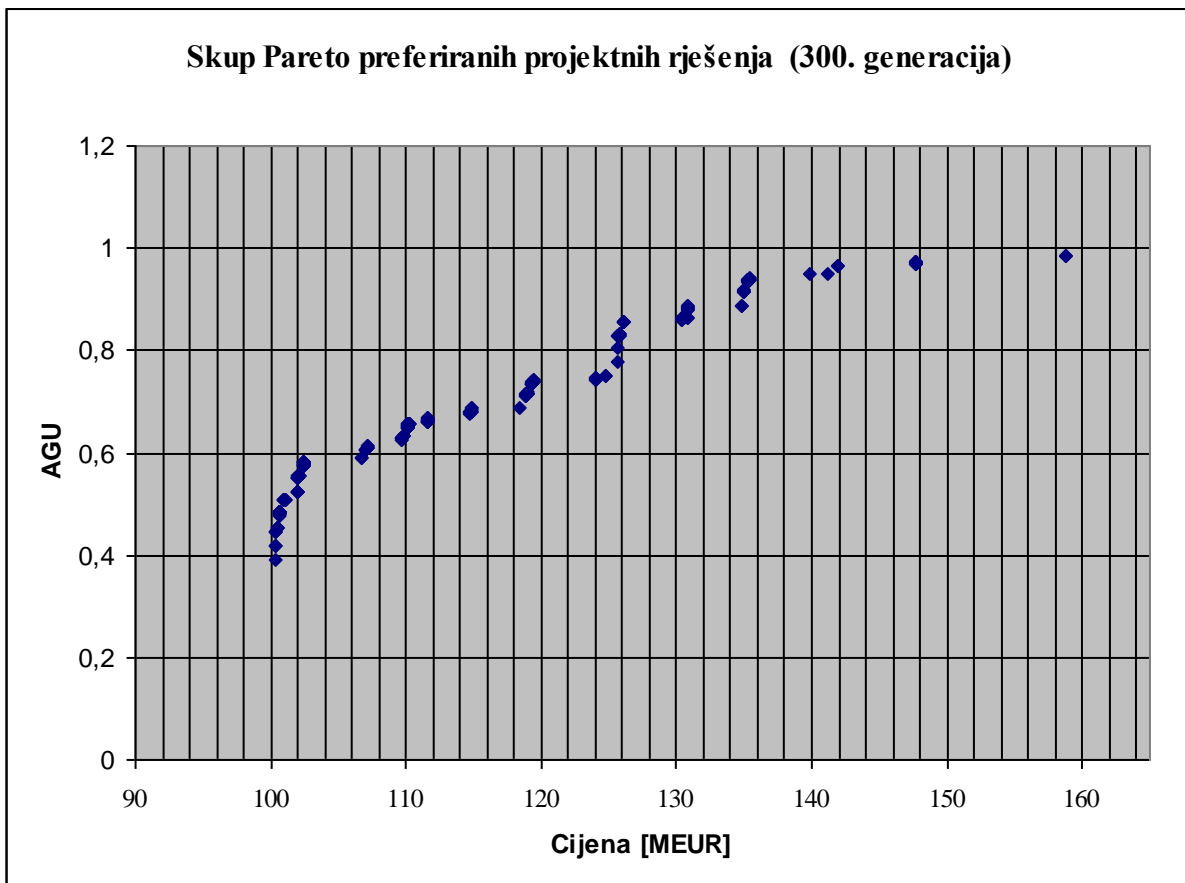
Slika 58. Konvergencija skupova Pareto projektnih rješenja (za 5 različitih generacija)

Na Slici 59. prikazan je dijagram koji pokazuje stabilnost dobivenih rješenja. Proračun je ponovljen tri puta sa slučajno odabranim ulaznim varijablama modela. Svaki put rezultati se poklapaju u blizini idealnog Pareto fronta što pokazuje sa su izlazni rezultati stabilni tj. da daju očekivana Pareto optimalna rješenja.



**Slika 59. Stabilnost izlaznih rezultata na tri uzastopna proračuna (300. generacija)**

Izlazni rezultati programa opisanog u 5.2 predstavljaju skup Pareto optimalnih tj. preferiranih projektnih rješenja. Taj skup projektnih rješenja predstavlja bazu podataka projekata od kojih se uzimaju u razmatranje najviše tri koja ulaze u konačno razmatranje za nastavak projekta kroz glavni projekt, modelska ispitivanja, itd. Na Slici 60. prikazan je primjer Pareto skupa preferiranih projektnih rješenja predmetnog projektnog modela.



**Slika 60. Primjer skupa preferiranih Pareto projektnih rješenja**

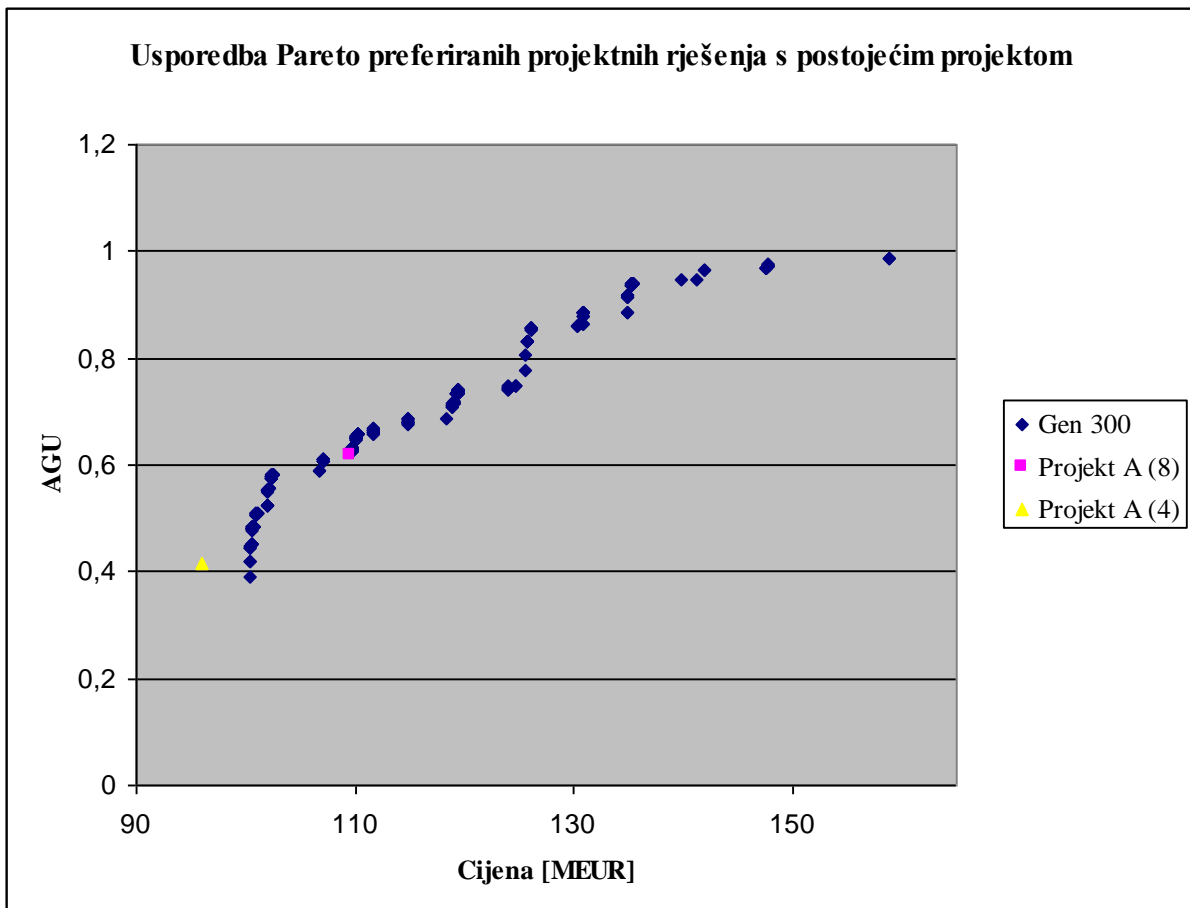
Razmatranjem izlaznih rezultata programa Monaco PRB može se zaključiti sljedeće:

1. Rezultati konvergiraju prema Pareto idealnom frontu optimalnih projektnih rješenja.
2. Skupovi Pareto projektnih rješenja su stabilni što je pokazano dobivanjem približno istih rezultata kod ponavljanja proračuna sa slučajno odabranim ulaznim varijablama.
3. Postoji dovoljan broj projektnih rješenja koja su vrlo dobro distribuirana na Pareto frontu.
4. U početnim generacijama gotovo i nema izvodivih projektnih rješenja, dok povećanjem broja generacija njihov broj se povećava, da bi nakon otprilike 20. generacije sva projektna rješenja bila izvodiva.
5. U skupu Pareto optimalnih projektnih rješenja u većini slučajeva materijal trupa je standardni brodograđevni čelik, a u rijetkim slučajevima čelik povišene čvrstoće, dok materijal Al legure nije odabran za niti jedna projekt. Takvi rezultati se objašnjavaju činjenicom da bi projektna rješenja s trupom od Al legure bila značajno lakša i samim time postizala veće brzine, te i veće vertikalne akceleracije. Zbog navedenog većina takvih projekata je odbačena jer nisu zadovoljili kriterij ograničenja pomorstvenosti.

6. U skupu Pareto preferiranih projektnih rješenja za pogonski sustav u najvećem broju slučajeva je odabrana opcija 7 (CODAD + FPP), a u vrlo malom broju opcija 10 (CODAD + FPP ali manje snage od opcije 7), te rijetko kada opcija 3 (CODAG + FPP). To se objašnjava činjenicom da je projektni prostor definiran vrlo strogim skupom ograničenja zbog čega su projekti s drugim opcijama pogonskog sustava odbačeni. U cilju dobivanja raznovrsnijih rješenja vezano za pogonski sustav u model bi se mogli dodati nove opcije pogonskog sustava.
7. Rezultati su logično očekivani, konvergiraju, stabilni su što podrazumijeva da su pouzdani i vjerodostojni.

#### **5.4 Usporedba dobivenih rezultata s postojećim projektnim rješenjima**

U ovom dijelu rada izvršena je usporedba dobivenih rezultata s vrijednostima parametara postojećih projektnih rješenja. Kako bi usporedba bila vjerodostojna za postojeća projektna rješenja se pretpostavlja da se radi o novim projektima s najnovijom generacijom opreme i naoružanja kako bi uopće bili usporedivi s projektnim rješenjima koje daje predmetni projektni model. Uzimajući u obzir navedenu pretpostavku za postojeća projektna rješenja su „ručno“ izračunati atribut cijene i globalne učinkovitosti broda te su naneseni u dijagram na kojem su prikazani Pareto preferirana projektna rješenja koje daje predmetni projektni model. Za proračun atributa postojećih projektnih rješenja primijenjena je ista metodologija koja je korištena u predmetnom projektnom modelu. Na Slici 61. prikazan je skup Pareto preferiranih projektnih rješenja i jedan postojeći projekt A. Postojeći projekt A s 8 ASMS raketa je pozicioniran vrlo blizu Pareto fronta što je još jedan argument potvrde pouzdanosti razvijenog projektnog modela. To znači da predmetni projektni model daje projektna rješenja koja su vrlo blizu postojećeg projekta koji je detaljno razvijen projekt u svim svojim segmentima kao što je masa i centracija, optimizacija mase, stabilitet, otpor, pomorstvenost itd. Projekt A s 4 ASMS rakete je pozicioniran izvan projektnog prostora kao što je prikazano na Slici 61. Razmatranjem projektnih ograničenja u predmetnom projektnom modelu uočeno je da postojeći projekt ne bi zadovoljio ograničenje početnog stabiliteta zbog toga što je koeficijent omjera  $G_M$  naspram B iznosi 0,185 dok  $C_{GMB}$  mora biti u granicama od 0.05 do 0.15. Iz navedenog proizlazi da postojeći projekt ima preveliku metacentarsku visinu, tj. brod je „krut“ i ima mali period ljuljanja te veća kutna ubrzanja, te kao takav bi bio odbačen u predmetnom projektnom modelu.



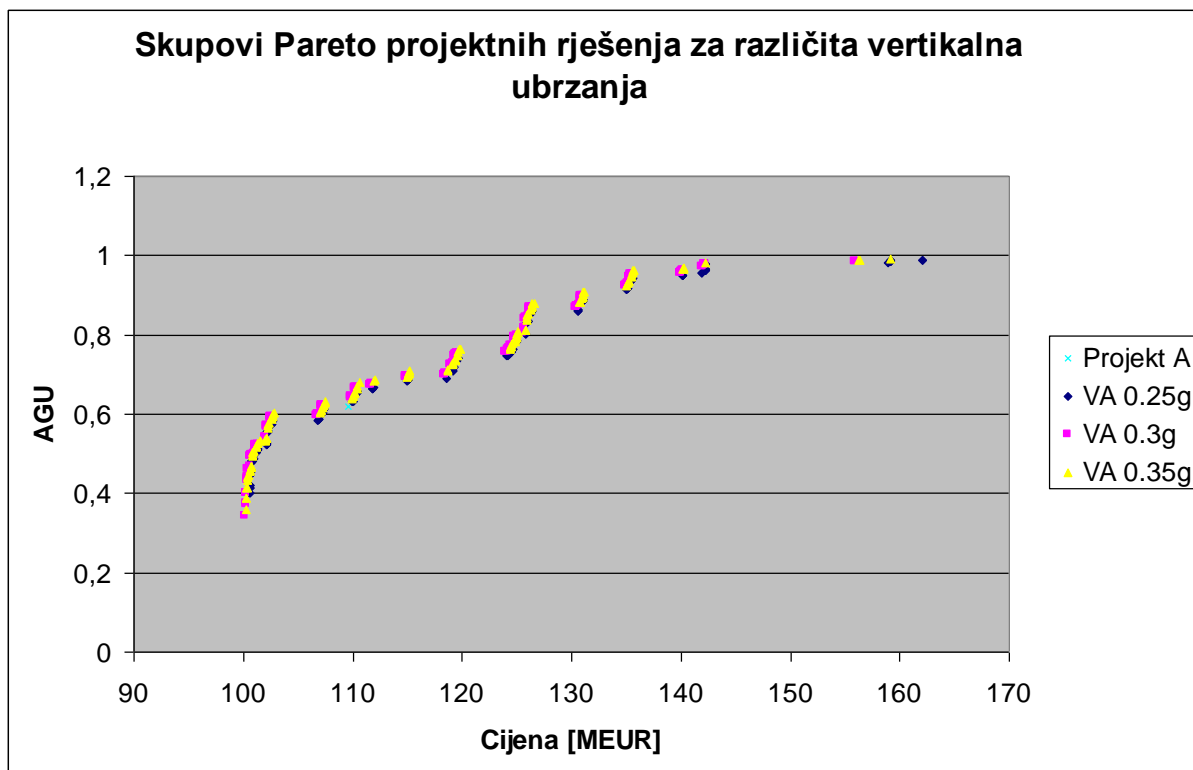
**Slika 61. Usporedba Pareto preferiranih projektnih rješenja s postojećim projektom**

Postojeći projekt A također ne bi zadovoljio niti ograničenje pomorstvenosti budući da vertikalna ubrzanja na mostu kod maksimalne trajne brzine od 32 čvora značajno premašuju graničnu vrijednost vertikalnih ubrzanja od 0.25g i iznose 0,42g. Iz navedenog se može zaključiti da postojeći projekt A ne bi zadovoljio postavljena ograničenja, te ne bi bio u skupini izvedivih projektnih rješenja. U Tablici 13. prikazane su usporedne karakteristike projekta A i najbližeg projekta s Pareto krivulje. Ovom usporedbom može se zaključiti da je obranjena hipoteza rada kojom razvijeni predmetni projektni model daje projektna rješenja koja su izvediva i zasigurno bolja od postojećih. Drugi dostupni postojeći projekti nisu u klasi predmetnog projektnog modela te nisu niti razmatrani za usporedbu. Načelno može se zaključiti da predmetni projektni model daje bolja projektna rješenja od postojećih i da je opravdao uloženi trud u njegov razvoj te da je potvrdio postavljenu hipotezu rada.

**Tablica 13. Usporedba projekta A i najbližeg projekta s Pareto fronte**

|           | Monako PRB | Projekt A |
|-----------|------------|-----------|
| $L_{WL}$  | 45.35      | 49.76     |
| B         | 6.46       | 7.28      |
| T         | 2.19       | 2.1       |
| $H_{T10}$ | 4.57       | 4.5       |
| $C_P$     | 0.75       | 0.70      |
| $C_B$     | 0.58       | 0.45      |
| $C_M$     | 0.78       | 0.65      |
| $C_{WP}$  | 0.9        | 0.78      |
| $D_P$     | 1.99       | 1.2       |
| $P_{PAT}$ | 3440       | 3572      |
| $P_{MCR}$ | 10320      | 10716     |
| $U_S$     | 28.68      | 32.4      |
| $U_E$     | 19.19      | 18        |
| $U_{MAX}$ | 30.42      | 36.4      |
| $W_{LS}$  | 289        | 283.6     |
| $W_T$     | 385        | 389.9     |
| $G_M$     | 0.4        | 1.35      |
| $C_{GMB}$ | 0.063      | 0.185     |
| $A_M$     | 0.24       | 0.42      |
| $A_{GU}$  | 0.6324     | 0.6179    |
| $C_{TLC}$ | 109.99     | 109.6238  |

Pored navedenih testova izvršena je usporedba izlaznih rezultata iz projektnog modela za različita ograničenja vertikalnih ubrzanja i to za vrijednosti vertikalnih ubrzanja od 0.25g, 0.30g i 0.35g. Skupovi dobivenih Pareto projektnih rješenja prikazani su na Slici 62. Sa slike je vidljivo da se ublažavanjem ograničenja vertikalnih ubrzanja dobivaju projektna rješenja veće učinkovitosti. Takvi rezultati su očekivani i logični jer smanjivanjem ograničenja vertikalnih ubrzanja projektni model proizvodi projektna rješenja s većom maksimalnom i ophodnom brzinom što u konačnici utječe na blago povećanje globalne učinkovitosti broda.



**Slika 62. Usporedba Pareto skupova projektnih rješenja za različite vrijednosti ograničenja vertikalnih ubrzanja**

Na Slici 62. prikazan je Projekt A čije značajke su uspoređene s najbližim projektima za sva tri vertikalna ubrzanja. Usporedba značajki sva četiri projekta prikazana je u Tablici 14. Iz navedene usporedbe može se zaključiti da se ublažavanjem ograničenja vertikalnih ubrzanja dobivaju projekti broda veće duljine i vitkije forme s manjim koeficijentima CB, CP i CM te većim brzinama. Navedeni test pokazuje fleksibilnost projektnog modela glede ograničenja koja ne moraju biti „kruta“ već se mogu razmatrati u određenom rasponu interesantnih vrijednosti.



**Tablica 14. Usporedba projekta A s najbližim projektima različitih vertikalnih ubrzanja**

|                  | Projekt A | Monako PRB<br>AV=0.25g | Monako PRB<br>AV=0.3g | Monako PRB<br>AV=0.35g |
|------------------|-----------|------------------------|-----------------------|------------------------|
| L <sub>WL</sub>  | 49.76     | 45.35                  | 47.76                 | 50.07                  |
| B                | 7.28      | 6.46                   | 6.28                  | 6.71                   |
| T                | 2.1       | 2.19                   | 2.09                  | 2.68                   |
| H <sub>T10</sub> | 4.5       | 4.57                   | 4.32                  | 5.61                   |
| C <sub>P</sub>   | 0.70      | 0.75                   | 0.75                  | 0.67                   |
| C <sub>B</sub>   | 0.45      | 0.58                   | 0.59                  | 0.43                   |
| C <sub>M</sub>   | 0.65      | 0.78                   | 0.79                  | 0.64                   |
| C <sub>WP</sub>  | 0.78      | 0.9                    | 0.91                  | 0.84                   |
| D <sub>P</sub>   | 1.2       | 1.99                   | 1.96                  | 2.37                   |
| P <sub>PAT</sub> | 3572      | 3440                   | 3440                  | 3440                   |
| P <sub>MCR</sub> | 10716     | 10320                  | 10320                 | 10320                  |
| U <sub>S</sub>   | 32.4      | 28.68                  | 31.43                 | 34.28                  |
| U <sub>E</sub>   | 18        | 19.19                  | 20.01                 | 21.09                  |
| U <sub>MAX</sub> | 36.4      | 30.42                  | 33.18                 | 35.78                  |
| W <sub>LS</sub>  | 283.6     | 289                    | 289                   | 309                    |
| W <sub>T</sub>   | 389.9     | 385                    | 382                   | 397                    |
| G <sub>M</sub>   | 1.35      | 0.4                    | 0.41                  | 0.36                   |
| C <sub>GMB</sub> | 0.185     | 0.063                  | 0.065                 | 0.054                  |
| A <sub>M</sub>   | 0.42      | 0.24                   | 0.28                  | 0.34                   |
| A <sub>GU</sub>  | 0.6179    | 0.6324                 | 0.6413                | 0.639                  |
| C <sub>TLC</sub> | 109.624   | 109.99                 | 109.8                 | 109.94                 |

## 6. ZAKLJUČAK

Ovim radom razvijen je višekriterijski konceptualni projektni model generičkog tipa za projektiranje manjeg višenamjenskog ratnog broda. Predmetni projektni model se sastoji od dva dijela, prvi koji rješava brodograđevni dio problema, te drugi koji predstavlja optimizaciju primjenom genetičkog algoritma i Pareto metode odabirom preferiranih projektnih rješenja. Model omogućuje opisivanje ratnog broda modeliranjem njegovih taktičko-tehničkih značajki kao što su geometrijske značajke forme, brzina, doplov, autonomnost, te značajki koje se odnose na preživljavanje broda. Sva projektna rješenja koja se razmatraju u predmetnom projektnom modelu su uravnotežena s obzirom na mase i površine / volumene, što znači da se za određeni ulazni skup parametara dobiva brod najmanje istisnine i zahtijevane površine / volumena. Usporedba i rangiranje projekata zasniva se na atributima cijene životnog ciklusa i globalne učinkovitosti broda. Cijena životnog ciklusa sastoji se od cijene gradnje broda, troškova posade, te troškova za gorivo, mazivo i održavanje broda tijekom njegovog životnog ciklusa. Globalna učinkovitost izračunava se primjenom Saatyveve teorije odlučivanja primjenom analitičkog hijerarhijskog procesa u kojem eksperti (zapovjednici brodova) uspoređuju parove kriterija kojima se analitičkim putem dodjeljuju težinski koeficijenti. Konačan rezultat predmetnog projektnog modela je dobivanje skupa Pareto nedominiranih projektnih rješenja. Za potrebu razvoja predmetnog projektnog modela razmotrena je sva potrebna teorija koja se odnosi na brodograđevni dio i dio koji rješava odabir preferiranih projektnih rješenja, te je izrađen program Monako PRB. Izlazni rezultati programa Monako PRB su se pokazali pouzdani i stabilni primjenom standardnih testova osjetljivosti modela (konvergencija projektnih rješenja, ponavljanje proračuna, te usporedbe projektnih rješenja s postojećim projektima). Temeljem usporedbe skupa projektnih rješenja s postojećim projektima obranjena je hipoteza rada koja se zasniva na postavci da će predmetni projektni model davati bolja projektna rješenja od postojećih. Razvijeni projektni model predstavlja sintezu znanja iz raznih brodograđevnih područja te optimizacije koja se primjenjuje na višoj razini što rezultira jednim sinergijskim učinkom u dobivanju preferiranih, boljih projekata. Predmetni projektni model je dovoljno generičkog tipa da se uz manje prilagodbe može primijeniti za projektiranje drugih tipova ratnih brodova kao što su obalni i odobalni ophodni brodovi, logistički brodovi, brodovi za istraživanje, te za potrebe projektiranja civilnih brodova. U postojećem projektnom modelu svakako postoji prostora za nadogradnju i njegovo poboljšanje. To se u prvom redu odnosi na primjenu drugih metoda kod proračuna otpora broda čime bi postojeći projektni

model mogao razvijati projekte brodova različitih formi, a samim time i različitih tipova brodova. Daljnja nadogradnja odnosi se na bolje opisivanje pojedinih skupina masa broda kao što je oprema broda i brodski pomoćni sustavi. Za ovu potrebu u postojećem projektnom modelu primjenjeni su podaci sa manjeg broja sličnih brodova, dok bi predmetni projektni model bio bolji kada bi se primijenio veći broj sličnih brodova. Značajna poboljšanja mogla bi se učiniti na području proračuna stabiliteta i pomorstvenosti uvođenjem modela s detaljnijim proračunima. Za provedbu navedenog bilo bi potrebno raspolagati sa super brzim računalom koje bi bilo u stanju u relativno kratkom vremenu provoditi kompleksne proračune pomorstvenosti. Na taj način bi se u model mogao uvesti i parametar značajnog perioda valova vezano za uvjete okoliša čime bi se primjenom spektra jadranskog mora još bolje opisali uvjeti okoliša koji se mogu susresti u akvatoriju za koji je brod projektiran. U tom slučaju može se razmišljati o primjeni modela koji bi brodsku formu razmatrao kao brodske linije a ne samo primjenom parametara brodske forme. Ovakav pristup je zahtjevniji, traži puno više resursa računala, te čini složenijom integraciju cijelog modela. U cilju kontinuiranog korištenja predmetnog projektnog modela potrebno je povremeno vršiti ažuriranje baze ulaznih podataka koja sadrži podatke o masama, zahtijevanoj površini i cijenama opcija opreme i naoružanja. Zaključujući ovaj rad može se ocijeniti da je razvojem projektnog modela i analizom njegovih izlaznih rezultata obranjena hipoteza rada, model je dao očekivane rezultate i ispunio najveći dio postavljenih ciljeva ovog rada.

## **6.1 Originalni znanstveni doprinos doktorskog rada**

Znanstveni doprinos doktorskog rada u prvom redu se odnosi na poboljšanje procesa donošenja odluka u postupku projektiranja ratnog broda primjenom izrađenog konceptualnog projektnog modela. Projektni model proizvodi skup projektnih rješenja na konceptualnoj razini od kojih se odabira jedan za kojeg se razrađuje detaljan projekt. Izrađeni projektni model će značajno ubrzati i kvalitativno poboljšati fazu konceptualnog projektiranja ratnog broda koja je najzahtjevnija i ima najveći utjecaj na karakteristike konačnog projekta. Projektni model omogućuje dobivanje preferiranih projektnih rješenja koja zadovoljavaju postavljene taktičko-tehničke zahtjeve te su bolja od postojećih koji su projektirani klasičnim načinom. Rezultat ovog rada je projektni model koji sintetizira postojeća znanja o teoriji broda te primjenom naprednih optimizacijskih metoda postiže se učinak njihove primjene na višoj razini.

## POPIS LITERATURE

- [1] D., Watson: "Practical Ship Design", Elsevier Science, 1998
- [2] H., Schneekluth and V., Bertram: "Ship Design for Efficiency and Economy", Butterworth - Heinemann, 1998
- [3] M., Reed: "Ship Synthesis Model for Naval Surface Ships", magistarski rad, Massachusetts Institute of Technology, 1976
- [4] Mustafa Yasin Kara : „A Tool for Evaluating the Early-Stage Design of Corvettes“, magistarski rad, Massachusetts Institute of Technology, 2010
- [5] F., Mistree, W., F., Smith, B., A., Bras, J., K., Allen, D., Muster: "Decision based Design: A Contemporary paradigm for Ship Design", The Society of Naval Architects and Marine Engineers, 1990
- [6] V., Žanić, P., Čudina: "Multiattribute Decision Making Methodology in the Concept Design of Tankers and Bulk Carriers", Brodogradnja : Časopis brodogradnje i brodograđevne industrije. 60 (2009) , 1; 19-43 (članak, znanstveni)
- [7] J., H., Holland: "Adoptation in Nature and Artificial Systems", Massachusetts Institute of Technology, 1992
- [8] Michalewicz, Zbigniew: "Genetic Algorithms in Search + Data structures = Evolution Programs", Springer- Verlag, 1992
- [9] S., Shahak: "Naval Ship Concept Design: an Evolutionary Approach", magistarski rad, Massachusetts Institute of Technology, 1998
- [10] A., J., Brown, J., Salcedo: "Multi-Objective Optimization in Naval Ship Design", Naval Engineers Journal Vol. 115, No. 4, pp. 49-61. 2003
- [11] A., Brown, N., Good: "Multi-Objective Concept Design of an Advanced Logistics Delivery System Ship", ASNE Joint Sea Basing Symposium, 2006
- [12] T., S., Mierzwicki: "Risk Index for Multi-Objective Design Optimization of Naval Ships", magistarski rad, Faculty of Virginia, Polytechnic Institute and State University, 2003
- [13] D., Demko: "Tools for Multi-Objective and Multi-Disciplinary Optimization in Naval Ship Design", magistarski rad, Faculty of Virginia, Polytechnic Institute and State University, 2005
- [14] V. Žanić, I. Grubišić, G. Trincas: "Multiattribute Decision Making System Based on Random Generation of nondominated Solutions-Application to Fishing Vessel Design",

- Proceedings of the 3'rd International Symposium on 'Practical Design of Ships and Mobile Units', PRADS'92, Newcastle upon Tyne, 1992, Vol.2, pp. 623-630
- [15] I., Grubišić, E., Begović: „Multi-attribute Concept Design Model of Patrol, Rescue and Antiterrorist Craft“, 7th International Conference on FAST Sea Transportation, FAST 2003, Ischia 7-10 Oct. 2003, Vol 3, D1, pp. 91-98.
- [16] Jasna Prpić Oršić, Većeslav Čorić: „Pomorstvenost plovnih objekata“, Sveučilište u Rijeci, 2006
- [17] Manfred Fritsch, Volker Bertram : „Hydrodynamic Design Aspects for Fast Conventional Vessels“
- [18] Daniel Savitsky: „On the Subject of High Speed Monohulls“
- [19] J. Holtrop, G. G. J. Mennen : „An Aproximate Power Prediction Method“, 1982
- [20] J. Holtrop : „A Statistical Re-analysis of Resistance and Propulsion Data“, 1984
- [21] Robert D. Moody:“ Preliminary power prediction during early design stages of a ship“, Cape Peninsula University of Technology, 1996
- [22] Siu C. Fung :“Resistance and Powering Prediction for Transom Stern Hull Forms During Early Stage Ship Design“, SNAME, Vol. 99, 1991, pp. 29-84
- [23] E. Begović : „ Hidromehanički modul u višekriterijskom projektnom modelu brzih brodova“, Fakultet strojarstva i brodogradnje u Zagrebu, magistarski rad, 1998
- [24] D. Savitsky : „ Hidrodinamic Design of Planning Hulls“, 1964
- [25] D. Savitsky, Michael F. DeLorme, Raju Datla : „Inclusion of Whisker Spray Drag in Performance Prediction Method for High Speed Planing Hulls“, Marine Technology, Vol. 44, No. 1, Jan 2007, pp. 35-56
- [26] M. C. Eames, T. G. Drummond: „Concept expoloration – an approach to small warship design“, RINA, London, 1976
- [27] D. Bailey: „A statistical analysis of propulsion data obtained from models of high speed round bilge hulls“, Symposium on small fast warships and security vessels, RINA, 1982
- [28] A. Sentić, M. Fancev: „Problemi otpora i propulzije brodova“, Brodogradnja, 1956, Zagreb
- [29] Brodarski Institut: Studija konceptijskih rješenja za obalni ophodni brod i višenamjenski brod“, 2005
- [30] Izvor Grubišić : „Osnovni kompjutorski sistem za projektiranje ratnog broda do faze idejnog projekta“, FSB u Zagrebu, 1987
- [31] A. J. Gillespy :“Integrating Seakeeping in the Design of Semi-Displacement and Displacement Monohulls“, Massachusetts Institute of Technology, doktorski rad, 2010

- [32] I. Grubišić, E. Begović : „Multi –Attribute Concept Design Model of the Adriatic Type of Fishing Vessel“, Brodogradnja 49 (2001)1, 39-54
- [33] Society of Naval Architect and Marine Engineers (SNAME), Ship Design – 1: „Panel Weight Estimating and Margin Manual for marine Vehicles“, 2001
- [34] Lamb, Thomas: „Ship Design and Construction“, Vol I, 2003
- [35] Lloyd Register: „Rules and Regulations for the Classification of Special Service Craft“, 2011
- [36] D. A. Taylor : „Introduction to Marine Engineering“, Elsevier Butterworth - Heinemann, 2003
- [37] NATO Standardization Agreement 4154 : „Common Procedures for Seakeeping in the Ship Design Process“, NATO Standardization Agency, 2000
- [38] J. William Kamphuis: „Introduction to Coastal Engineering and Management“, World Scientific Publishing Co., Ptc., Ltd., 2010
- [39] Allied Naval Engineering Publication ANEP-41: „Ship Costing“, NSA 2006, Ed 4
- [40] Kalyanmov Deb: „Single and Multi-objective Optimization Using Evolutionary Computation“, Indian Institute of Technology Kanpur, Department of Mechanical Engineering, 2004 (<http://www.iitk.ac.in/kangal/deb.htm>)
- [41] Baker, J. E.: „Reducig Bias and Inefficiency in the Selection Algorithm“, Proceedings of the Second International Conference on Genetic Algorithms, Lawrence Erlbaum Assosiates, 1987
- [42] <http://www.geatbx.com/docu/algindex-02.html> (Evolutionary Algorithms: Selection)
- [43] Nan Liu, Bo Huang, Xiaohong Pan: „Using the Ant Algorithm to Derive Pareto Fronts for Multiobjective Siting of Emergency Service Facilities“ , Journal of the Transportation research Board, str. 120-129, 2005
- [44] Ashish Ghosh, Satchidananda Dehuri: „Evolutionary Algorithms for Multi-Criterion Optimization: A Survey“, International Journal of Computing & Information Sciences, Vol. 2, str. 38-57, 2004
- [45] Albert Zamarin, Jasmin Jelovica, Marko Hadjina: „Optimizacija strukture s više funkcija cilja – pregled postojećih metoda genetičkog algoritma“, 2009
- [46] Kalyanmoy Deb, Amrit Pratap, T. Meyarivan: „Constrained Test Problems for Multi-Objective Evolutionary Optimization“ Kanpur Genetic Algorithms Laboratory, (<http://www.iitk.ac.in/kangal>)

- [47] Kalyanmoy Deb, Samir Agrawal, Amrit Pratap, T. Meyarivan: „A Fast Elitist Non-Dominated Sorting genetic Algorithm for Multi-Objective Optimization: NSGA-II“, Kanpur Genetic Algorithms Laboratory, (<http://www.iitk.ac.in/kangal>)
- [48] Aravind Seshadri: „Multi-Objective Optimization Using Evolutionary Algorithms (MOEA)“
- [49] Aravind Seshadri: „A Fast Elitist Multiobjective Genetic Algorithm: NSGA-II“
- [50] Kalyanmoy Deb, Amrit Pratap, Sameer Agarwal, T. Meyarivan: „A fast and Elitist Multiobjective genetic Algorithm: NSGA-II“ International Journal of Computing & Information Sciences, 2002
- [51] Omar Al Jadaan, Lakishmi Rajamani, C. R. Rao: „Non-Dominated Ranked Genetic Algorithm for Solving Multi-Objective Optimization Problems:NRGA“, Journal of Theoretical and Applied Information Technology, 2008
- [52] Omar Al Jadaan, Lakishmi Rajamani, C. R. Rao: „Non-Dominated Ranked Genetic Algorithm for Solving Constrained Multi-Objective Optimization Problems“, Journal of Theoretical and Applied Information Technology, 2009
- [53] MTU katalog pogonskih strojeva i diesel agregata, 2008
- [54] Caterpillar katalog pogonskih strojeva i diesel agregata, 2008
- [55] SAAB Bofors Dynamics : „RBS15 Mk3 Anti Ship Missile System“, catalogue, 2006
- [56] BAE Systems Bofors AB : „Bofors 40 Mk3 Naval Gun System“, catalogue, 2006
- [57] BAE Systems Bofors AB : „Bofors 57 Mk3 Naval Gun for the New Era“, catalogue, 2006
- [58] A Finmeccanica Company : „76mm Super Rapid Light Weight Naval Gun Mount“, catalogue, 2010
- [59] MBDA Missile Systems : „SIMBAD-RC: Remote Control Naval Lightweight Twin Launcher for Ship Self-Defense“, catalogue, 2010
- [60] Brodarski institut : „Brodski automatski šestocijevni protuzrakoplovni top 30mm AK-630M“, uputa za uporabu, 1991
- [61] Eurotorp : „Surface Vessel Torpedo tube B515“, catalogue, 2010
- [62] Eurotorp : „A244/s mod.3 LWT“, catalogue, 2010
- [63] Thomas L. Saaty: „Some Mathematical Concepts of the Analytic Hierarchy Process“, 1991
- [64] Thomas L. Saaty: „Decision Making with the Analytic Hierarchy Process“, Int. J. Services Sciences, Vol. 1, 2008

- [65] O. V. Manturov, N. M. Matveev: „A Course of Higher Mathematics“, Mir Publishers, 1989
- [66] Geoff Coyle: „The Analytic Hierarchy Process“, Pearson Education Limited, 2004
- [67] Aristides Miroyannis: „Estimation of Ship Construction Cost“, Massachusetts Institute of Technology, 2006
- [68] Allied Naval Engineering Publication: „Ways to Reduce Costs of Ships“, 2000
- [69] Mark James Gray: „An Approach for Developing a Preliminary Cost Estimating Methodology for USCG Vessels“, magistarski rad, Massachusetts Institute of Technology, 1987
- [70] Brodarski Institut: „Studija izvedivosti za obalni ophodni brod HRM“, 2008
- [71] V. Žanić, P. Prebeg, S. Kitarović: „Decision Support Problem Formulation for structural Concept Design of Ship Structures“, Fakultet strojarstva i brodogradnje u Zagrebu
- [72] Brown A., : „Reengineering the Naval Ship Concept Design Process“, ASNE, 1998
- [73] S., N.,Neti :“ Ship Design Optimization Using Asset“, Virginia Polytechnic Institute and State University, magistarski rad, 2005
- [74] Oller E., Nikou V., Pssallidas K.: „Focused Mission High Speed Combatant“, Massachusetts Institute Technology, 2003
- [75] Schultz J., Baity J., Kast K., Wilde J., Reimold N., Hardy R.: „Design Report Air Superiority Cruiser (CGX)“, Virginia Polytechnic Institute and State University, 2006

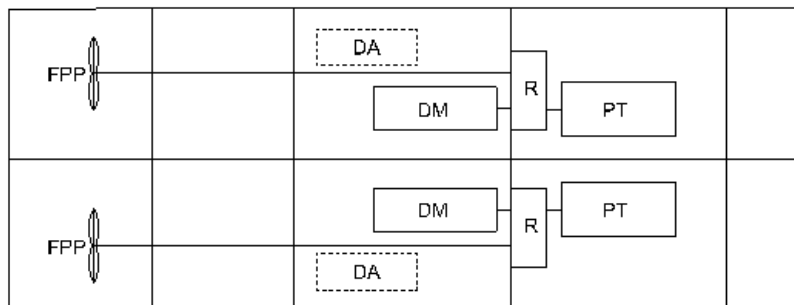


**Prilog 1:** Test programskog modula otpora broda po metodi Holtrop

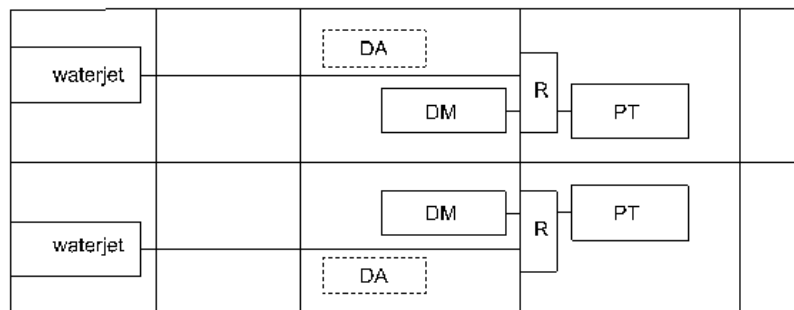
| L <sub>WL</sub>  | 50,00           | m              | A <sub>BT</sub>        | 0.0                     | m <sup>2</sup>           | C <sub>WP</sub>                      | 0,8                     |                                     |                        |                         |  |
|------------------|-----------------|----------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|------------------------|-------------------------|--|
| B                | 12,00           | m              | C <sub>M</sub>         | 0.78                    |                          | C <sub>P</sub>                       | 0,60096                 |                                     |                        |                         |  |
| T                | 3,20            | m              | L <sub>CB</sub>        | -4,5                    |                          | C <sub>B</sub>                       | 0,46875                 |                                     |                        |                         |  |
| ∇                | 900,00          | m <sup>3</sup> | A <sub>T</sub>         | 10.0                    | m <sup>2</sup>           |                                      |                         |                                     |                        |                         |  |
| S <sub>APP</sub> | 50,00           | m <sup>2</sup> | (1+k <sub>2</sub> )    | 3                       |                          |                                      |                         |                                     |                        |                         |  |
| Brzina<br>[čv]   | Brzina<br>[m/s] | F <sub>n</sub> | R <sub>W</sub><br>[kN] | R <sub>Wh</sub><br>[kN] | R <sub>APP</sub><br>[kN] | R <sub>APP<sub>h</sub></sub><br>[kN] | R <sub>TR</sub><br>[kN] | R <sub>TR<sub>h</sub></sub><br>[kN] | R <sub>T</sub><br>[kN] | R <sub>Th</sub><br>[kN] |  |
| 25,00            | 12,861          | 0,581          | 475                    | 474,97                  | 21                       | 21,03                                | 25                      | 24,82                               | 662                    | 659,01                  |  |
| 27,00            | 13,890          | 0,627          | 512                    | 512,32                  | 24                       | 24,29                                | 16                      | 15,45                               | 715                    | 712,02                  |  |
| 29,00            | 14,919          | 0,674          | 539                    | 539,18                  | 28                       | 27,77                                | 2                       | 2,24                                | 756                    | 752,43                  |  |
| 31,00            | 15,948          | 0,720          | 564                    | 563,75                  | 31                       | 31,46                                | 0                       | 0                                   | 807                    | 803,24                  |  |
| 33,00            | 16,977          | 0,767          | 590                    | 589,73                  | 35                       | 35,37                                | 0                       | 0                                   | 864                    | 859,41                  |  |
| 35,00            | 18,005          | 0,813          | 618                    | 618,41                  | 39                       | 39,5                                 | 0                       | 0                                   | 925                    | 919,99                  |  |

**Prilog 2:** Sheme opcija pogonskog sustava broda u projektnom modelu

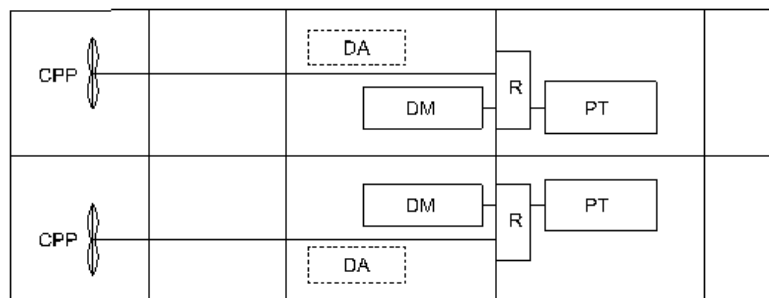
1. CODOG + FPP



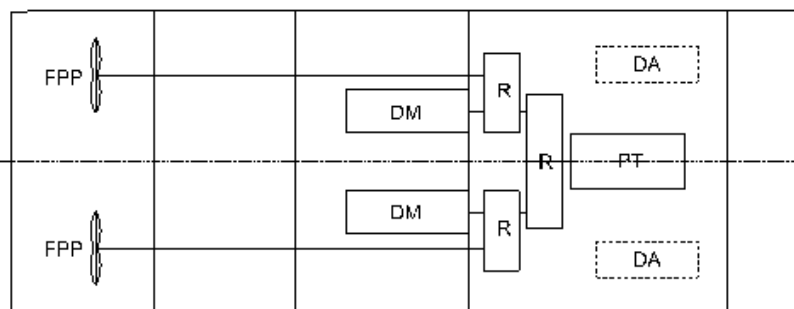
3. CODOG + waterjet



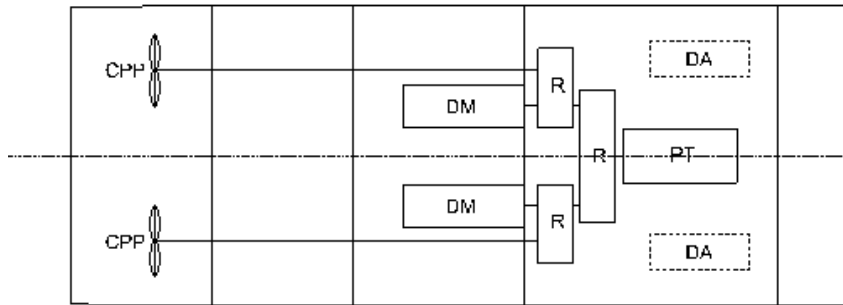
2. CODOG + CPP



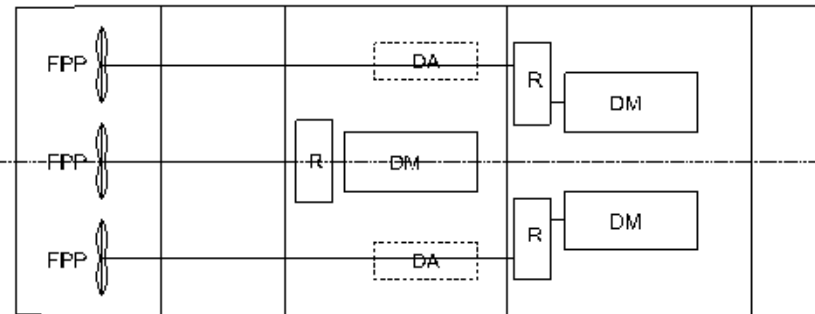
4. CODAG + FPP



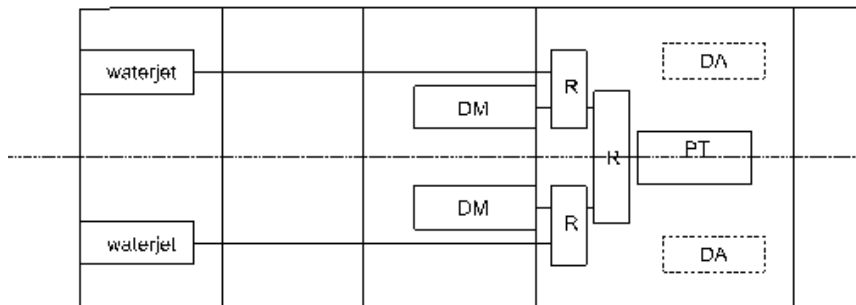
5. CODAG + CPP



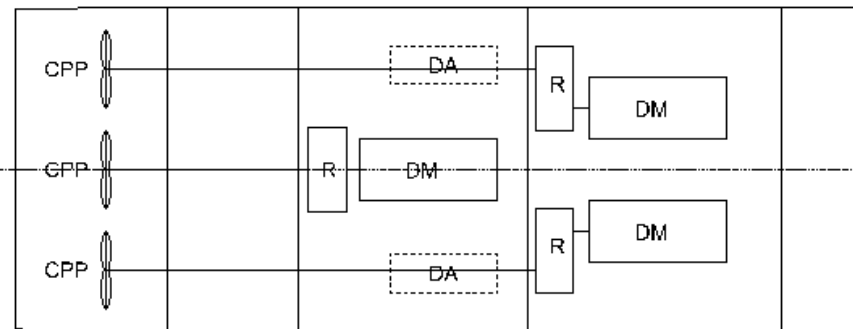
7. 3 DIESEL + FPP



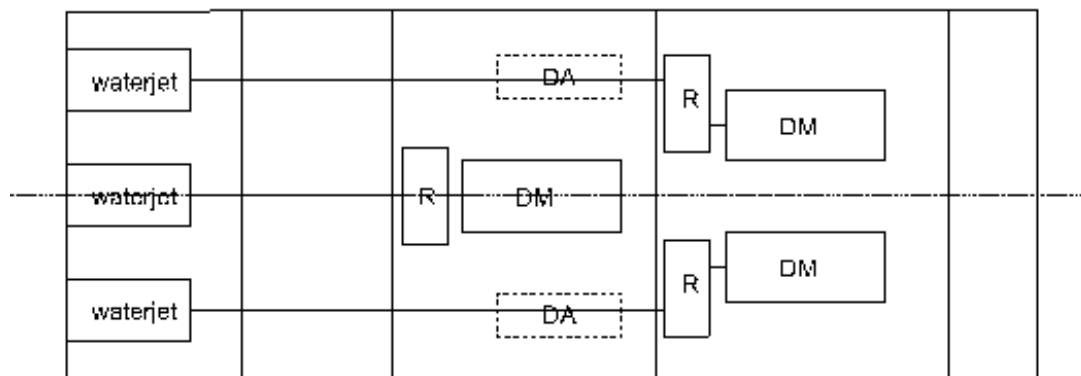
6. CODAG + waterjet



8. 3 DIESEL + CPP



9. 3 DIESEL + waterjet



**Napomena:** Opcije 10 i 11 su iste kao opcije 7 i 8, osim što su snage diesel strojeva različite.

**Prilog 3:** Primjer izlaznih parametara samouravnoteženog dijela projektnog modela (dio I)

| PB | L <sub>WL</sub> | B    | T    | H <sub>T10</sub> | C <sub>P</sub> | C <sub>B</sub> | C <sub>M</sub> | C <sub>WP</sub> | D <sub>P</sub> | P <sub>PAT</sub> | P <sub>MCR</sub> | VS    | U <sub>E</sub> | U <sub>MAX</sub> | W <sub>LS</sub> | W <sub>T</sub> | M <sub>PO</sub> | M <sub>GRE</sub> |
|----|-----------------|------|------|------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|------------------|------------------|-------|----------------|------------------|-----------------|----------------|-----------------|------------------|
| 0  | 49.88           | 7.37 | 2.18 | 4.96             | 0.69           | 0.47           | 0.68           | 0.85            | 2.05           | 3900             | 11700            | 28.94 | 19.49          | 30.5             | 312             | 388            | 385             | -0.0076          |
| 1  | 52.92           | 7.09 | 1.9  | 4.58             | 0.64           | 0.55           | 0.85           | 0.82            | 1.9            | 3440             | 10320            | 31.01 | 20.21          | 32.51            | 322             | 402            | 399             | -0.0083          |
| 2  | 53.01           | 7.29 | 1.95 | 4.59             | 0.64           | 0.52           | 0.81           | 0.82            | 1.94           | 3440             | 10320            | 30.86 | 20.17          | 32.35            | 320             | 405            | 401             | -0.0095          |
| 3  | 52.58           | 6.6  | 2.25 | 5.05             | 0.7            | 0.48           | 0.68           | 0.86            | 2.12           | 6880             | 14920            | 35.54 | 25.26          | 37.15            | 267             | 387            | 384             | -0.0075          |
| 4  | 58.66           | 8.44 | 2.35 | 4.91             | 0.56           | 0.43           | 0.76           | 0.75            | 2.27           | 6880             | 14920            | 35.68 | 25.26          | 37.16            | 368             | 511            | 508             | -0.005           |
| 5  | 47.54           | 8.5  | 2.21 | 5.52             | 0.58           | 0.46           | 0.79           | 0.76            | 2.03           | 6880             | 14486            | 33.02 | 22.94          | 34.53            | 314             | 420            | 418             | -0.0054          |
| 6  | 45.5            | 8.5  | 2.21 | 5.26             | 0.58           | 0.46           | 0.79           | 0.76            | 2              | 6880             | 14486            | 33.05 | 22.83          | 34.56            | 299             | 403            | 400             | -0.0074          |
| 7  | 56.14           | 8.25 | 2.3  | 4.69             | 0.55           | 0.43           | 0.77           | 0.74            | 2.2            | 6880             | 14920            | 36.54 | 25.95          | 38.06            | 343             | 469            | 464             | -0.0097          |
| 8  | 52.01           | 7.82 | 2.38 | 4.79             | 0.62           | 0.42           | 0.68           | 0.8             | 2.2            | 6880             | 14486            | 36.16 | 25.48          | 37.69            | 322             | 421            | 418             | -0.0078          |
| 9  | 45.14           | 8.49 | 2.44 | 5.65             | 0.57           | 0.45           | 0.79           | 0.75            | 2.15           | 6880             | 14486            | 35.02 | 23.87          | 36.65            | 323             | 436            | 432             | -0.0091          |
| 10 | 49.37           | 7.05 | 2.43 | 4.98             | 0.62           | 0.35           | 0.57           | 0.79            | 2.19           | 3440             | 10320            | 34.95 | 22.02          | 36.39            | 234             | 305            | 302             | -0.0091          |
| 11 | 49.79           | 7.55 | 1.88 | 4.98             | 0.62           | 0.5            | 0.81           | 0.8             | 1.85           | 6880             | 14486            | 37.18 | 26.32          | 38.77            | 254             | 369            | 366             | -0.008           |
| 12 | 52.48           | 7.55 | 2.15 | 4.55             | 0.71           | 0.52           | 0.73           | 0.87            | 2.06           | 3900             | 11700            | 28.28 | 19.66          | 29.82            | 351             | 455            | 451             | -0.0089          |
| 13 | 62.64           | 6.4  | 2.4  | 4.93             | 0.57           | 0.37           | 0.65           | 0.76            | 2.35           | 3900             | 11700            | 35.79 | 23.46          | 37.16            | 285             | 371            | 369             | -0.0052          |
| 14 | 52.16           | 7.58 | 2.16 | 4.52             | 0.71           | 0.51           | 0.72           | 0.87            | 2.06           | 3900             | 11700            | 28.3  | 19.64          | 29.84            | 344             | 450            | 448             | -0.0052          |
| 15 | 44.73           | 8.44 | 2.48 | 6.39             | 0.55           | 0.47           | 0.85           | 0.74            | 2.17           | 6880             | 14486            | 34.26 | 23.55          | 35.73            | 329             | 452            | 449             | -0.008           |
| 16 | 47.24           | 9.54 | 2.83 | 6.39             | 0.57           | 0.36           | 0.62           | 0.76            | 2.43           | 6880             | 14486            | 33.56 | 23.71          | 34.97            | 364             | 472            | 467             | -0.0093          |
| 17 | 63.33           | 6.47 | 2.43 | 4.99             | 0.57           | 0.37           | 0.65           | 0.76            | 2.38           | 3900             | 11700            | 35.51 | 23.24          | 36.88            | 290             | 383            | 382             | -0.0037          |
| 18 | 55.26           | 6.47 | 2.07 | 4.32             | 0.75           | 0.45           | 0.61           | 0.91            | 2.04           | 3440             | 10320            | 31.17 | 21             | 32.73            | 253             | 343            | 344             | 0.003            |
| 19 | 51.24           | 6.19 | 2.48 | 5.09             | 0.69           | 0.47           | 0.68           | 0.85            | 2.25           | 3900             | 11700            | 31.69 | 20.43          | 33.13            | 307             | 381            | 378             | -0.0064          |
| 20 | 49.4            | 6.29 | 2.51 | 4.91             | 0.69           | 0.47           | 0.68           | 0.85            | 2.25           | 3900             | 11700            | 31.21 | 20.12          | 32.66            | 303             | 377            | 374             | -0.0071          |
| 21 | 53.54           | 7.36 | 1.97 | 4.63             | 0.64           | 0.52           | 0.81           | 0.82            | 1.96           | 3440             | 10320            | 30.55 | 20.09          | 32.05            | 329             | 415            | 413             | -0.006           |
| 22 | 45.88           | 8.23 | 2.61 | 6.43             | 0.6            | 0.43           | 0.72           | 0.78            | 2.27           | 6880             | 14486            | 32.39 | 22.31          | 33.9             | 324             | 437            | 434             | -0.0055          |
| 23 | 51.68           | 7.77 | 2.36 | 4.36             | 0.62           | 0.42           | 0.68           | 0.8             | 2.19           | 6880             | 14486            | 36.38 | 25.68          | 37.92            | 314             | 413            | 410             | -0.0068          |
| 24 | 43.06           | 8.15 | 2.12 | 4.97             | 0.57           | 0.45           | 0.78           | 0.76            | 1.91           | 3900             | 11700            | 31.78 | 19.45          | 33.21            | 263             | 343            | 342             | -0.0044          |
| 25 | 46.17           | 9.3  | 2.41 | 5.4              | 0.57           | 0.39           | 0.69           | 0.76            | 2.14           | 6880             | 14486            | 32.64 | 22.8           | 34.14            | 311             | 421            | 418             | -0.006           |
| 26 | 54.92           | 6.99 | 1.96 | 4.22             | 0.69           | 0.58           | 0.84           | 0.86            | 1.97           | 6880             | 14486            | 34.21 | 24.06          | 35.85            | 312             | 451            | 449             | -0.0046          |
| 27 | 50.61           | 7.58 | 2.3  | 4.3              | 0.62           | 0.42           | 0.68           | 0.8             | 2.13           | 3440             | 10320            | 31.19 | 20.28          | 32.62            | 304             | 381            | 379             | -0.004           |
| 28 | 45.93           | 7.59 | 2.73 | 5.36             | 0.63           | 0.44           | 0.7            | 0.8             | 2.34           | 6880             | 14486            | 33.47 | 23.6           | 34.91            | 325             | 432            | 429             | -0.0064          |
| 29 | 45.08           | 8.53 | 1.78 | 4.9              | 0.61           | 0.46           | 0.76           | 0.79            | 1.73           | 3440             | 10320            | 32.43 | 19.94          | 33.94            | 241             | 326            | 325             | -0.0032          |
| 30 | 59.52           | 8.12 | 2.38 | 4.58             | 0.61           | 0.39           | 0.64           | 0.79            | 2.3            | 6880             | 14486            | 35.31 | 25.95          | 36.82            | 334             | 465            | 460             | -0.0094          |
| 31 | 46.96           | 6.83 | 2.19 | 4.59             | 0.72           | 0.6            | 0.83           | 0.88            | 2.01           | 3900             | 11700            | 26.79 | 18.85          | 28.34            | 328             | 436            | 432             | -0.01            |
| 32 | 46.82           | 9.44 | 2.83 | 5.93             | 0.65           | 0.39           | 0.6            | 0.82            | 2.42           | 6880             | 14920            | 30.33 | 21.66          | 31.84            | 368             | 504            | 500             | -0.0078          |

|    |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |     |     |     |         |
|----|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|-----|---------|
| 33 | 52    | 8.95 | 2.41 | 4.62 | 0.6  | 0.41 | 0.68 | 0.78 | 2.22 | 6880 | 14486 | 33.79 | 23.94 | 35.29 | 343 | 473 | 470 | -0.0058 |
| 34 | 53.83 | 6.69 | 2.28 | 5.17 | 0.71 | 0.49 | 0.69 | 0.87 | 2.16 | 6880 | 14920 | 34.66 | 24.68 | 36.28 | 274 | 413 | 412 | -0.0035 |
| 35 | 51.99 | 7.27 | 1.83 | 5.22 | 0.63 | 0.53 | 0.85 | 0.8  | 1.85 | 6880 | 14486 | 37.26 | 26.4  | 38.85 | 260 | 379 | 377 | -0.0052 |
| 36 | 43.3  | 8.71 | 1.82 | 4.76 | 0.61 | 0.46 | 0.76 | 0.79 | 1.73 | 3440 | 10320 | 31.98 | 19.51 | 33.44 | 242 | 329 | 326 | -0.0078 |
| 37 | 45.47 | 9.14 | 2.72 | 5.8  | 0.65 | 0.39 | 0.6  | 0.82 | 2.33 | 6880 | 14486 | 30.67 | 22.09 | 32.19 | 324 | 454 | 451 | -0.0068 |
| 38 | 43.29 | 8.72 | 1.82 | 4.7  | 0.61 | 0.46 | 0.76 | 0.79 | 1.73 | 3440 | 10320 | 31.99 | 19.52 | 33.46 | 241 | 327 | 326 | -0.0038 |
| 39 | 45.87 | 7.72 | 2.77 | 5.35 | 0.61 | 0.42 | 0.7  | 0.78 | 2.37 | 3900 | 11700 | 31.11 | 19.65 | 32.6  | 346 | 430 | 427 | -0.0053 |
| 40 | 55.59 | 8.6  | 2.03 | 4.81 | 0.64 | 0.51 | 0.81 | 0.81 | 2.02 | 6880 | 14920 | 33.06 | 23.25 | 34.67 | 361 | 514 | 511 | -0.0067 |
| 41 | 48.31 | 7.53 | 2.07 | 4.29 | 0.67 | 0.53 | 0.79 | 0.84 | 1.95 | 3900 | 11700 | 30.65 | 19.69 | 32.22 | 316 | 413 | 409 | -0.0086 |
| 42 | 57.74 | 7.16 | 2.44 | 4.88 | 0.59 | 0.38 | 0.65 | 0.77 | 2.31 | 6880 | 14920 | 38.06 | 28.17 | 39.59 | 284 | 400 | 398 | -0.0063 |
| 43 | 51.67 | 5.88 | 2.31 | 4.49 | 0.71 | 0.6  | 0.85 | 0.87 | 2.15 | 3900 | 11700 | 30.1  | 20.24 | 31.56 | 334 | 437 | 435 | -0.0038 |
| 44 | 63.3  | 7.89 | 2.45 | 4.87 | 0.59 | 0.37 | 0.62 | 0.77 | 2.39 | 3440 | 10320 | 30.65 | 20.49 | 32    | 366 | 462 | 458 | -0.0085 |
| 45 | 52.67 | 7.44 | 1.86 | 5.32 | 0.63 | 0.51 | 0.81 | 0.8  | 1.87 | 6880 | 14486 | 37.47 | 26.49 | 39.05 | 262 | 383 | 381 | -0.0052 |
| 46 | 47.26 | 6.9  | 2.21 | 4.61 | 0.72 | 0.6  | 0.83 | 0.88 | 2.03 | 3900 | 11700 | 26.72 | 18.84 | 28.27 | 336 | 444 | 440 | -0.0092 |
| 47 | 47.23 | 6.85 | 2.2  | 4.61 | 0.72 | 0.6  | 0.83 | 0.88 | 2.02 | 3900 | 11700 | 26.69 | 18.85 | 28.25 | 333 | 441 | 437 | -0.0099 |
| 48 | 44.65 | 8.92 | 1.9  | 4.82 | 0.61 | 0.46 | 0.76 | 0.79 | 1.8  | 3900 | 11700 | 31.88 | 19.86 | 33.39 | 270 | 361 | 358 | -0.0091 |
| 49 | 56.74 | 7.67 | 2.24 | 4.78 | 0.61 | 0.39 | 0.64 | 0.79 | 2.17 | 3440 | 10320 | 32.27 | 21.15 | 33.69 | 318 | 393 | 391 | -0.0068 |
| 50 | 46.85 | 10.1 | 3.01 | 6.3  | 0.57 | 0.32 | 0.56 | 0.76 | 2.54 | 6880 | 14486 | 33.48 | 23.83 | 34.89 | 363 | 470 | 467 | -0.0076 |
| 51 | 54.87 | 7.94 | 1.73 | 4.28 | 0.65 | 0.54 | 0.83 | 0.82 | 1.82 | 3440 | 10320 | 29.54 | 19.96 | 31.08 | 327 | 420 | 418 | -0.0037 |
| 52 | 48.25 | 7.02 | 2.25 | 4.71 | 0.72 | 0.6  | 0.83 | 0.88 | 2.07 | 6880 | 14486 | 26.52 | 20.6  | 28.14 | 316 | 471 | 468 | -0.0056 |
| 53 | 54.26 | 7.84 | 1.71 | 4.27 | 0.65 | 0.54 | 0.83 | 0.82 | 1.8  | 3440 | 10320 | 29.93 | 20.05 | 31.48 | 321 | 408 | 404 | -0.0094 |
| 54 | 54.13 | 8.26 | 2.25 | 5.22 | 0.67 | 0.46 | 0.7  | 0.84 | 2.15 | 6880 | 14920 | 32.96 | 23.35 | 34.58 | 352 | 484 | 480 | -0.0094 |
| 55 | 49.33 | 7.53 | 2.03 | 4.11 | 0.73 | 0.54 | 0.74 | 0.88 | 1.94 | 6880 | 14920 | 31.77 | 22.48 | 33.51 | 315 | 421 | 418 | -0.0052 |
| 56 | 52.15 | 6.07 | 1.8  | 4.07 | 0.72 | 0.56 | 0.77 | 0.88 | 1.83 | 3440 | 10320 | 32.54 | 21.04 | 34.12 | 243 | 326 | 325 | -0.0046 |
| 57 | 63.33 | 6.47 | 2.43 | 4.99 | 0.57 | 0.37 | 0.65 | 0.76 | 2.38 | 3900 | 11700 | 35.51 | 23.24 | 36.88 | 290 | 383 | 382 | -0.0037 |
| 58 | 51.19 | 8.92 | 2.65 | 4.96 | 0.66 | 0.4  | 0.61 | 0.83 | 2.36 | 6880 | 14920 | 32.1  | 22.66 | 33.63 | 349 | 504 | 501 | -0.0063 |
| 59 | 48.59 | 7.77 | 2.13 | 4.28 | 0.64 | 0.51 | 0.8  | 0.81 | 1.99 | 3900 | 11700 | 32.1  | 19.9  | 33.59 | 321 | 419 | 416 | -0.0069 |
| 60 | 58.97 | 6.05 | 1.93 | 4.57 | 0.59 | 0.48 | 0.82 | 0.77 | 2    | 3440 | 10320 | 35.3  | 23.02 | 36.71 | 257 | 342 | 340 | -0.0045 |
| 61 | 49.74 | 7.52 | 2.03 | 4.14 | 0.73 | 0.54 | 0.75 | 0.88 | 1.94 | 6880 | 14920 | 31.73 | 22.5  | 33.47 | 315 | 424 | 422 | -0.0038 |
| 62 | 51.21 | 8.9  | 2.64 | 4.96 | 0.66 | 0.41 | 0.62 | 0.83 | 2.36 | 6880 | 14920 | 32.07 | 22.64 | 33.61 | 349 | 505 | 502 | -0.0063 |
| 63 | 46.71 | 9.43 | 2.83 | 5.92 | 0.65 | 0.39 | 0.6  | 0.82 | 2.42 | 6880 | 14920 | 30.44 | 21.71 | 31.96 | 364 | 500 | 497 | -0.0068 |
| 64 | 48.55 | 7.76 | 2.13 | 4.28 | 0.64 | 0.51 | 0.8  | 0.81 | 1.99 | 3900 | 11700 | 31.44 | 19.87 | 32.94 | 321 | 419 | 416 | -0.0081 |
| 65 | 48    | 7.81 | 2.14 | 4.29 | 0.64 | 0.51 | 0.8  | 0.81 | 2    | 3900 | 11700 | 31.12 | 19.7  | 32.64 | 323 | 422 | 418 | -0.0086 |
| 66 | 57.28 | 8.36 | 2.33 | 4.78 | 0.56 | 0.43 | 0.77 | 0.75 | 2.24 | 6880 | 14920 | 35.85 | 25.33 | 37.33 | 357 | 497 | 493 | -0.0071 |
| 67 | 53.44 | 8.22 | 2.24 | 5.15 | 0.67 | 0.46 | 0.7  | 0.83 | 2.13 | 6880 | 14920 | 33.18 | 23.4  | 34.79 | 344 | 470 | 468 | -0.0038 |
| 68 | 46.2  | 8.89 | 2.22 | 4.82 | 0.68 | 0.45 | 0.67 | 0.84 | 2.02 | 6880 | 14486 | 32.82 | 22.61 | 34.45 | 319 | 425 | 422 | -0.0073 |

|    |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |     |     |     |         |
|----|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|-----|---------|
| 69 | 42.99 | 8.07 | 2.1  | 4.96 | 0.57 | 0.45 | 0.79 | 0.76 | 1.9  | 6880 | 14486 | 34.88 | 24.51 | 36.42 | 240 | 339 | 338 | -0.0052 |
| 70 | 45.96 | 8.25 | 2.62 | 6.44 | 0.6  | 0.43 | 0.72 | 0.78 | 2.27 | 6880 | 14486 | 32.33 | 22.28 | 33.85 | 325 | 439 | 437 | -0.0055 |
| 71 | 53.84 | 8.53 | 2.11 | 5    | 0.56 | 0.45 | 0.8  | 0.74 | 2.05 | 3440 | 10320 | 30.25 | 19.03 | 31.94 | 351 | 445 | 443 | -0.005  |
| 72 | 53.04 | 7.5  | 1.87 | 5.45 | 0.63 | 0.51 | 0.81 | 0.8  | 1.89 | 6880 | 14486 | 36.94 | 26.18 | 38.53 | 268 | 390 | 389 | -0.0041 |
| 73 | 48.71 | 7.78 | 2.14 | 4.29 | 0.64 | 0.51 | 0.8  | 0.81 | 2    | 3900 | 11700 | 31.34 | 19.84 | 32.84 | 325 | 423 | 420 | -0.0082 |
| 74 | 48.02 | 6.59 | 2.1  | 5.02 | 0.74 | 0.6  | 0.8  | 0.9  | 1.97 | 3900 | 11700 | 26.05 | 18.69 | 27.7  | 314 | 410 | 407 | -0.0068 |
| 75 | 54.7  | 7.05 | 1.99 | 4.94 | 0.63 | 0.49 | 0.78 | 0.8  | 1.99 | 3440 | 10320 | 30.8  | 20.17 | 32.27 | 311 | 390 | 386 | -0.0095 |
| 76 | 45.82 | 8.6  | 2.23 | 5.29 | 0.57 | 0.45 | 0.79 | 0.76 | 2.03 | 6880 | 14486 | 32.94 | 22.79 | 34.45 | 307 | 411 | 409 | -0.0063 |
| 77 | 49.54 | 8.1  | 2.07 | 4.22 | 0.61 | 0.52 | 0.85 | 0.79 | 1.97 | 6880 | 14486 | 33.24 | 23.36 | 34.81 | 336 | 447 | 444 | -0.0066 |
| 78 | 51.87 | 8.21 | 2.78 | 6.44 | 0.56 | 0.36 | 0.64 | 0.75 | 2.45 | 6880 | 14486 | 34.93 | 24.57 | 36.37 | 334 | 439 | 437 | -0.0043 |
| 79 | 45.36 | 8.53 | 2.45 | 5.68 | 0.57 | 0.45 | 0.79 | 0.75 | 2.16 | 6880 | 14486 | 34.84 | 23.75 | 36.51 | 330 | 442 | 438 | -0.0099 |
| 80 | 47.31 | 9.48 | 2.34 | 4.51 | 0.61 | 0.45 | 0.74 | 0.79 | 2.11 | 6880 | 14486 | 32.91 | 22.49 | 34.43 | 333 | 486 | 482 | -0.0098 |
| 81 | 47.11 | 9.06 | 2.69 | 5.97 | 0.72 | 0.43 | 0.6  | 0.88 | 2.34 | 6880 | 14920 | 27.99 | 20.87 | 29.52 | 368 | 508 | 505 | -0.0067 |
| 82 | 55.73 | 9.16 | 2.16 | 4.82 | 0.64 | 0.46 | 0.71 | 0.81 | 2.1  | 6880 | 14920 | 32.81 | 23.23 | 34.42 | 364 | 517 | 515 | -0.0056 |
| 83 | 52.79 | 5.9  | 2.36 | 5.33 | 0.63 | 0.51 | 0.81 | 0.8  | 2.2  | 6880 | 14486 | 37.98 | 27.38 | 39.49 | 269 | 386 | 383 | -0.0062 |
| 84 | 58.85 | 7.03 | 2.25 | 4.61 | 0.59 | 0.35 | 0.61 | 0.77 | 2.2  | 3440 | 10320 | 34.81 | 22.97 | 36.22 | 254 | 340 | 338 | -0.0047 |
| 85 | 51.21 | 8.9  | 2.64 | 4.96 | 0.66 | 0.41 | 0.62 | 0.83 | 2.36 | 6880 | 14920 | 32.07 | 22.64 | 33.61 | 349 | 505 | 502 | -0.0063 |
| 86 | 57.67 | 6.9  | 2.58 | 4.46 | 0.6  | 0.47 | 0.79 | 0.78 | 2.4  | 6880 | 14920 | 35.65 | 25.64 | 37.11 | 358 | 495 | 492 | -0.0051 |
| 87 | 44.58 | 7.63 | 2.6  | 5.65 | 0.65 | 0.4  | 0.62 | 0.82 | 2.24 | 6880 | 14486 | 34.73 | 24.9  | 36.26 | 250 | 363 | 361 | -0.0045 |
| 88 | 52.36 | 8.98 | 2.42 | 4.65 | 0.6  | 0.41 | 0.68 | 0.78 | 2.23 | 6880 | 14486 | 33.68 | 23.89 | 35.18 | 351 | 481 | 476 | -0.009  |
| 89 | 51.69 | 7.79 | 2.37 | 4.39 | 0.62 | 0.42 | 0.68 | 0.8  | 2.19 | 6880 | 14486 | 36.35 | 25.67 | 37.9  | 314 | 413 | 410 | -0.0069 |
| 90 | 47.27 | 9.54 | 2.84 | 6.39 | 0.57 | 0.36 | 0.62 | 0.76 | 2.43 | 6880 | 14486 | 33.54 | 23.69 | 34.95 | 365 | 473 | 468 | -0.0095 |
| 91 | 57.46 | 6.88 | 2.57 | 4.45 | 0.6  | 0.47 | 0.79 | 0.78 | 2.39 | 6880 | 14920 | 35.55 | 25.75 | 37.01 | 353 | 490 | 487 | -0.0067 |
| 92 | 45.65 | 10   | 2.63 | 5.27 | 0.57 | 0.33 | 0.58 | 0.76 | 2.27 | 6880 | 14486 | 32.81 | 23.22 | 34.29 | 308 | 411 | 409 | -0.0061 |
| 93 | 46.3  | 8.02 | 2.38 | 4.46 | 0.75 | 0.49 | 0.65 | 0.9  | 2.13 | 6880 | 14486 | 29.66 | 21.58 | 31.36 | 312 | 446 | 444 | -0.0038 |
| 94 | 46.1  | 7.99 | 2.37 | 4.44 | 0.75 | 0.49 | 0.65 | 0.9  | 2.12 | 6880 | 14486 | 29.84 | 21.63 | 31.52 | 307 | 440 | 438 | -0.0038 |
| 95 | 45.26 | 9.2  | 2.22 | 5.73 | 0.65 | 0.4  | 0.62 | 0.82 | 2.01 | 6880 | 14486 | 33.9  | 23.71 | 35.47 | 260 | 381 | 378 | -0.0098 |
| 96 | 45.63 | 10.2 | 2.20 | 4.48 | 0.59 | 0.45 | 0.76 | 0.77 | 2.02 | 3900 | 11700 | 28.78 | 18.49 | 30.27 | 365 | 482 | 479 | -0.0068 |
| 97 | 53.01 | 8.15 | 2.22 | 5.11 | 0.67 | 0.46 | 0.7  | 0.83 | 2.11 | 6880 | 14920 | 33.46 | 23.51 | 35.07 | 335 | 461 | 457 | -0.0078 |
| 98 | 54.94 | 9.04 | 2.13 | 4.75 | 0.64 | 0.46 | 0.71 | 0.81 | 2.08 | 6880 | 14920 | 33.29 | 23.43 | 34.89 | 352 | 497 | 493 | -0.0071 |
| 99 | 50.87 | 8.88 | 2.26 | 4.18 | 0.62 | 0.39 | 0.63 | 0.8  | 2.11 | 3440 | 10320 | 29.95 | 19.53 | 31.38 | 313 | 414 | 411 | -0.0057 |

**Prilog 4:** Primjer izlaznih parametara samouravnoteženog dijela projektnog modela (dio II)

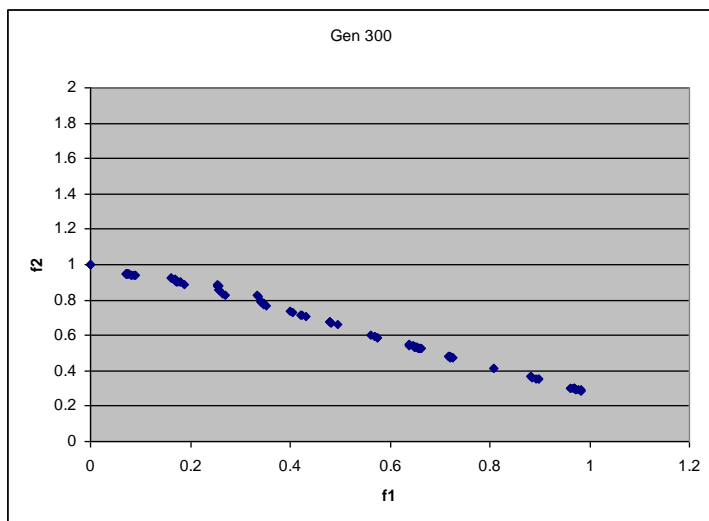
| PB | VD  | V <sub>RS</sub> | VTA  | VTR  | A <sub>TA</sub> | A <sub>TR</sub> | AGRE    | KW24P | KWDA | KWD | KG   | BM   | GM   | CGMB  | AM   | LDP  | LZP   | PPDP   | PPZP   |
|----|-----|-----------------|------|------|-----------------|-----------------|---------|-------|------|-----|------|------|------|-------|------|------|-------|--------|--------|
| 0  | 231 | 226             | 1383 | 1382 | 628             | 628             | 0.0006  | 238   | 203  | 416 | 3.52 | 3.28 | 1.17 | 0.159 | 0.28 | 51.4 | 40.52 | 322.77 | 205.31 |
| 1  | 287 | 227             | 1449 | 1448 | 658             | 658             | 0.0003  | 254   | 222  | 416 | 3.55 | 2.74 | 0.35 | 0.049 | 0.3  | 54.5 | 43.32 | 346.66 | 252.82 |
| 2  | 290 | 233             | 1442 | 1446 | 655             | 657             | -0.0026 | 247   | 215  | 416 | 3.63 | 2.96 | 0.55 | 0.075 | 0.3  | 54.6 | 43.52 | 336.87 | 255.57 |
| 3  | 324 | 232             | 1416 | 1416 | 643             | 644             | -0.0003 | 258   | 216  | 416 | 3.58 | 2.55 | 0.43 | 0.065 | 0.37 | 54.2 | 44.44 | 327.42 | 231.6  |
| 4  | 307 | 236             | 1552 | 1553 | 705             | 706             | -0.0006 | 282   | 239  | 416 | 3.61 | 3.41 | 1.32 | 0.156 | 0.38 | 60.4 | 47.13 | 423.41 | 264.39 |
| 5  | 307 | 225             | 1507 | 1507 | 685             | 685             | 0       | 272   | 232  | 416 | 3.9  | 3.58 | 1.07 | 0.126 | 0.4  | 49   | 40.52 | 374.81 | 252.23 |
| 6  | 398 | 224             | 1424 | 1425 | 647             | 648             | -0.0004 | 255   | 216  | 416 | 3.74 | 3.58 | 1.24 | 0.146 | 0.42 | 46.9 | 40.1  | 339.44 | 228.13 |
| 7  | 388 | 229             | 1454 | 1459 | 661             | 663             | -0.0033 | 252   | 210  | 416 | 3.31 | 3.28 | 1.45 | 0.176 | 0.43 | 57.8 | 39.38 | 393.11 | 206.37 |
| 8  | 336 | 233             | 1402 | 1406 | 637             | 639             | -0.0028 | 260   | 219  | 416 | 3.57 | 3.29 | 1.28 | 0.164 | 0.44 | 53.6 | 40.54 | 346.51 | 208.4  |
| 9  | 372 | 230             | 1477 | 1484 | 671             | 675             | -0.0049 | 271   | 231  | 416 | 4.12 | 3.19 | 0.62 | 0.073 | 0.44 | 46.5 | 41.04 | 355    | 258.06 |
| 10 | 383 | 231             | 1345 | 1350 | 611             | 614             | -0.0039 | 227   | 195  | 416 | 3.92 | 3.15 | 0.9  | 0.127 | 0.5  | 50.8 | 41.9  | 319.51 | 211.37 |
| 11 | 310 | 226             | 1438 | 1438 | 654             | 654             | -0.0001 | 252   | 213  | 416 | 3.5  | 3.24 | 0.91 | 0.12  | 0.5  | 51.3 | 42.1  | 351.4  | 248.94 |
| 12 | 273 | 227             | 1424 | 1425 | 647             | 648             | -0.0007 | 251   | 216  | 416 | 3.26 | 3.28 | 1.39 | 0.183 | 0.24 | 54.1 | 42.11 | 339.48 | 229.02 |
| 13 | 338 | 231             | 1488 | 1489 | 677             | 677             | -0.0006 | 253   | 216  | 416 | 3.65 | 2.25 | 0.2  | 0.031 | 0.38 | 64.5 | 45.37 | 372.44 | 254.15 |
| 14 | 246 | 227             | 1398 | 1398 | 635             | 635             | -0.0001 | 234   | 200  | 416 | 3.25 | 3.32 | 1.44 | 0.191 | 0.24 | 53.7 | 42.08 | 355.03 | 225.5  |
| 15 | 251 | 230             | 1446 | 1451 | 657             | 659             | -0.0033 | 266   | 225  | 416 | 4.24 | 2.89 | 0.19 | 0.023 | 0.4  | 46.1 | 38.66 | 346.59 | 210.9  |
| 16 | 236 | 226             | 1619 | 1625 | 736             | 739             | -0.0036 | 275   | 233  | 416 | 4.48 | 4.42 | 1.86 | 0.195 | 0.43 | 48.7 | 39.25 | 399.6  | 252.34 |
| 17 | 317 | 237             | 1518 | 1514 | 690             | 688             | 0.0024  | 267   | 230  | 416 | 3.8  | 2.27 | 0.09 | 0.014 | 0.37 | 65.2 | 45.78 | 360.27 | 260.45 |
| 18 | 358 | 233             | 1426 | 1430 | 648             | 650             | -0.003  | 265   | 233  | 416 | 3.6  | 3.06 | 0.84 | 0.13  | 0.31 | 56.9 | 45.88 | 307.1  | 259.26 |
| 19 | 340 | 226             | 1348 | 1349 | 613             | 613             | -0.001  | 237   | 202  | 416 | 3.63 | 2.03 | 0.01 | 0.002 | 0.28 | 52.8 | 43.44 | 281.51 | 205.33 |
| 20 | 416 | 225             | 1329 | 1326 | 604             | 603             | 0.0023  | 225   | 190  | 416 | 3.57 | 2.08 | 0.14 | 0.022 | 0.28 | 50.9 | 43.31 | 271.33 | 205.08 |
| 21 | 289 | 233             | 1478 | 1479 | 672             | 672             | -0.0006 | 268   | 236  | 416 | 3.69 | 2.99 | 0.53 | 0.072 | 0.29 | 55.1 | 43.37 | 343.74 | 259.14 |
| 22 | 202 | 230             | 1497 | 1496 | 680             | 680             | 0.0005  | 273   | 232  | 416 | 4.49 | 3.12 | 0.32 | 0.039 | 0.36 | 47.3 | 40.62 | 346.55 | 234.33 |
| 23 | 451 | 232             | 1371 | 1371 | 623             | 623             | 0.0003  | 246   | 206  | 416 | 3.39 | 3.27 | 1.44 | 0.185 | 0.45 | 53.2 | 40.89 | 333.68 | 208.34 |
| 24 | 473 | 223             | 1387 | 1385 | 630             | 630             | 0.0013  | 236   | 203  | 416 | 3.76 | 3.45 | 1.04 | 0.128 | 0.43 | 44.4 | 40.64 | 320.31 | 224.24 |
| 25 | 370 | 231             | 1474 | 1474 | 670             | 670             | -0.0003 | 261   | 221  | 416 | 3.97 | 4.49 | 2.12 | 0.228 | 0.44 | 47.6 | 39.69 | 371.93 | 234.54 |
| 26 | 321 | 228             | 1358 | 1358 | 617             | 617             | 0.0002  | 248   | 208  | 416 | 3    | 2.64 | 0.83 | 0.119 | 0.32 | 56.6 | 47.73 | 346.55 | 230.65 |
| 27 | 452 | 226             | 1391 | 1392 | 632             | 633             | -0.0007 | 248   | 216  | 416 | 3.62 | 3.22 | 1.11 | 0.147 | 0.34 | 52.1 | 48.2  | 337.39 | 256.88 |
| 28 | 484 | 224             | 1444 | 1444 | 656             | 656             | 0.0001  | 260   | 219  | 416 | 3.91 | 2.64 | 0.5  | 0.066 | 0.35 | 47.3 | 42.22 | 318.47 | 248.38 |
| 29 | 242 | 230             | 1383 | 1378 | 629             | 627             | 0.0032  | 239   | 208  | 416 | 3.7  | 4.65 | 2.08 | 0.244 | 0.5  | 46.4 | 38.93 | 354.12 | 210.96 |
| 30 | 321 | 236             | 1471 | 1471 | 669             | 669             | 0       | 260   | 218  | 416 | 3.35 | 3.75 | 2    | 0.246 | 0.4  | 61.3 | 40.31 | 407.49 | 209.56 |
| 31 | 389 | 224             | 1334 | 1334 | 606             | 606             | -0.0001 | 232   | 198  | 416 | 3.3  | 2.33 | 0.36 | 0.053 | 0.2  | 48.4 | 43.49 | 277.02 | 228.1  |



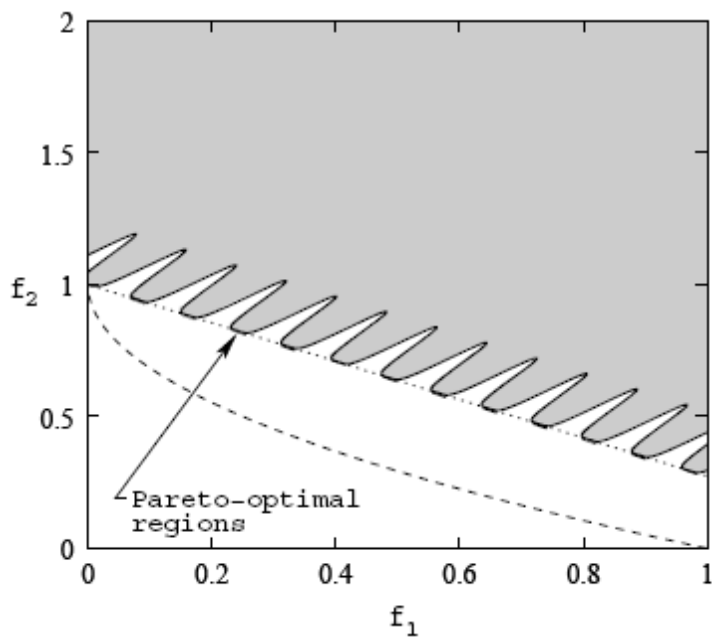
|    |     |     |      |      |     |     |         |     |     |     |      |      |       |       |      |      |       |        |        |
|----|-----|-----|------|------|-----|-----|---------|-----|-----|-----|------|------|-------|-------|------|------|-------|--------|--------|
| 32 | 293 | 231 | 1552 | 1551 | 706 | 705 | 0.0011  | 279 | 236 | 416 | 4.13 | 4.64 | 2.42  | 0.256 | 0.32 | 48.2 | 39.5  | 399.58 | 234.65 |
| 33 | 419 | 233 | 1505 | 1505 | 684 | 684 | 0.0002  | 271 | 230 | 416 | 3.5  | 4.2  | 2.29  | 0.256 | 0.4  | 53.6 | 41.04 | 387.61 | 259.15 |
| 34 | 283 | 233 | 1448 | 1442 | 658 | 656 | 0.0037  | 271 | 229 | 416 | 3.52 | 2.55 | 0.5   | 0.074 | 0.34 | 55.4 | 44.18 | 340.75 | 231.8  |
| 35 | 176 | 232 | 1442 | 1443 | 656 | 656 | -0.0001 | 272 | 233 | 416 | 3.69 | 2.97 | 0.39  | 0.054 | 0.47 | 53.6 | 42.52 | 361.08 | 235.09 |
| 36 | 352 | 224 | 1380 | 1379 | 627 | 627 | 0.0002  | 226 | 196 | 416 | 3.63 | 4.74 | 2.27  | 0.26  | 0.5  | 44.6 | 39.85 | 327.63 | 227.84 |
| 37 | 361 | 225 | 1540 | 1540 | 700 | 700 | -0.0002 | 261 | 220 | 416 | 3.98 | 4.53 | 2.39  | 0.261 | 0.35 | 46.8 | 39.81 | 362.53 | 252.02 |
| 38 | 354 | 229 | 1365 | 1361 | 620 | 619 | 0.0029  | 237 | 207 | 416 | 3.64 | 4.75 | 2.27  | 0.261 | 0.5  | 44.6 | 38.75 | 326.69 | 210.72 |
| 39 | 460 | 224 | 1447 | 1447 | 658 | 658 | 0.0005  | 249 | 213 | 416 | 3.96 | 2.66 | 0.51  | 0.066 | 0.31 | 47.2 | 42.02 | 321.65 | 248.39 |
| 40 | 196 | 234 | 1585 | 1586 | 721 | 721 | -0.0001 | 279 | 237 | 416 | 3.44 | 3.97 | 1.78  | 0.207 | 0.34 | 57.3 | 41.3  | 432.41 | 259.63 |
| 41 | 502 | 225 | 1432 | 1432 | 651 | 651 | -0.0002 | 238 | 204 | 416 | 3.24 | 3.07 | 1.11  | 0.148 | 0.31 | 49.8 | 42.66 | 308.91 | 252.2  |
| 42 | 502 | 229 | 1537 | 1537 | 699 | 699 | 0       | 276 | 233 | 416 | 3.66 | 2.8  | 0.77  | 0.107 | 0.46 | 59.5 | 49.39 | 357.15 | 281.67 |
| 43 | 471 | 226 | 1377 | 1378 | 626 | 626 | -0.0006 | 237 | 203 | 416 | 3.3  | 1.59 | -0.32 | -0.05 | 0.21 | 53.2 | 46.56 | 279.96 | 225.17 |
| 44 | 198 | 232 | 1557 | 1556 | 708 | 707 | 0.0004  | 254 | 220 | 416 | 3.64 | 3.55 | 1.57  | 0.199 | 0.29 | 65.2 | 42.22 | 426.92 | 254.47 |
| 45 | 165 | 233 | 1487 | 1486 | 676 | 676 | 0.0003  | 269 | 229 | 416 | 3.74 | 3.2  | 0.61  | 0.082 | 0.48 | 54.3 | 42.66 | 357.58 | 259.02 |
| 46 | 404 | 224 | 1364 | 1364 | 620 | 620 | 0       | 251 | 216 | 416 | 3.35 | 2.35 | 0.34  | 0.05  | 0.19 | 48.7 | 43.33 | 281.33 | 228.15 |
| 47 | 385 | 224 | 1347 | 1354 | 612 | 615 | -0.0049 | 238 | 204 | 416 | 3.33 | 2.34 | 0.34  | 0.049 | 0.19 | 48.7 | 43.43 | 279.72 | 228.14 |
| 48 | 276 | 224 | 1371 | 1376 | 623 | 625 | -0.0032 | 236 | 203 | 416 | 3.49 | 4.79 | 2.51  | 0.281 | 0.46 | 46   | 43.93 | 344.66 | 232.9  |
| 49 | 231 | 229 | 1461 | 1465 | 664 | 666 | -0.0026 | 253 | 220 | 416 | 3.8  | 3.55 | 1.25  | 0.163 | 0.36 | 58.4 | 47.82 | 393.86 | 257.8  |
| 50 | 300 | 226 | 1640 | 1643 | 746 | 747 | -0.0015 | 276 | 234 | 416 | 4.48 | 5.27 | 2.88  | 0.284 | 0.46 | 48.3 | 38.78 | 412.97 | 252.37 |
| 51 | 202 | 234 | 1447 | 1442 | 658 | 656 | 0.0031  | 251 | 220 | 416 | 3.34 | 3.87 | 1.58  | 0.199 | 0.3  | 56.5 | 41.93 | 375.07 | 235.62 |
| 52 | 402 | 225 | 1357 | 1356 | 617 | 616 | 0.0004  | 246 | 207 | 416 | 3.23 | 2.4  | 0.53  | 0.076 | 0.18 | 49.7 | 43.04 | 292.95 | 228.32 |
| 53 | 198 | 228 | 1411 | 1412 | 642 | 642 | -0.0002 | 228 | 197 | 416 | 3.24 | 3.81 | 1.61  | 0.206 | 0.31 | 55.9 | 41.52 | 366.98 | 229.33 |
| 54 | 163 | 228 | 1544 | 1545 | 702 | 702 | -0.0005 | 279 | 237 | 416 | 3.63 | 3.85 | 1.68  | 0.204 | 0.34 | 55.8 | 47.05 | 391.78 | 281.3  |
| 55 | 460 | 226 | 1379 | 1376 | 627 | 626 | 0.0016  | 248 | 208 | 416 | 3.17 | 3.4  | 1.51  | 0.2   | 0.32 | 50.8 | 46.59 | 328.71 | 229.9  |
| 56 | 408 | 226 | 1315 | 1314 | 598 | 597 | 0.0008  | 214 | 184 | 416 | 3.19 | 2.39 | 0.32  | 0.053 | 0.34 | 53.7 | 50.16 | 274.02 | 230.1  |
| 57 | 317 | 237 | 1518 | 1514 | 690 | 688 | 0.0024  | 267 | 230 | 416 | 3.8  | 2.27 | 0.09  | 0.014 | 0.37 | 65.2 | 45.78 | 360.27 | 260.45 |
| 58 | 453 | 233 | 1537 | 1538 | 699 | 699 | -0.0004 | 277 | 234 | 416 | 3.56 | 4.33 | 2.55  | 0.285 | 0.34 | 52.7 | 41.01 | 383.96 | 259.02 |
| 59 | 499 | 225 | 1408 | 1409 | 640 | 640 | -0.0003 | 242 | 208 | 416 | 3.29 | 3.12 | 1.17  | 0.15  | 0.34 | 50   | 42.26 | 318.59 | 252.28 |
| 60 | 366 | 235 | 1449 | 1447 | 658 | 658 | 0.0014  | 264 | 231 | 416 | 3.74 | 1.98 | -0.55 | -0.09 | 0.38 | 60.7 | 46.84 | 317.78 | 256.26 |
| 61 | 474 | 231 | 1397 | 1394 | 635 | 634 | 0.0019  | 261 | 221 | 416 | 3.25 | 3.38 | 1.41  | 0.187 | 0.32 | 51.2 | 41.23 | 315.46 | 211.5  |
| 62 | 458 | 233 | 1545 | 1545 | 702 | 702 | -0.0004 | 288 | 245 | 416 | 3.56 | 4.29 | 2.5   | 0.281 | 0.33 | 52.7 | 41.04 | 383.38 | 259.02 |
| 63 | 294 | 231 | 1542 | 1540 | 701 | 700 | 0.0011  | 284 | 241 | 416 | 4.11 | 4.63 | 2.43  | 0.258 | 0.33 | 48.1 | 39.51 | 398.15 | 234.64 |
| 64 | 484 | 225 | 1408 | 1408 | 640 | 640 | -0.0001 | 240 | 206 | 416 | 3.29 | 3.11 | 1.15  | 0.149 | 0.33 | 50   | 42.29 | 333.35 | 252.27 |
| 65 | 505 | 225 | 1423 | 1423 | 647 | 647 | 0.0003  | 245 | 211 | 416 | 3.31 | 3.13 | 1.16  | 0.148 | 0.32 | 49.4 | 42.19 | 331.51 | 248.72 |
| 66 | 379 | 235 | 1530 | 1529 | 695 | 695 | 0.0003  | 277 | 234 | 416 | 3.5  | 3.33 | 1.32  | 0.158 | 0.39 | 59   | 41.36 | 407.16 | 236.04 |

|    |     |     |      |      |     |     |         |     |     |     |      |      |      |       |      |      |       |        |        |
|----|-----|-----|------|------|-----|-----|---------|-----|-----|-----|------|------|------|-------|------|------|-------|--------|--------|
| 67 | 160 | 233 | 1484 | 1483 | 674 | 674 | 0.0006  | 264 | 222 | 416 | 3.58 | 3.83 | 1.7  | 0.207 | 0.35 | 55   | 39.63 | 383.69 | 212.15 |
| 68 | 286 | 225 | 1387 | 1387 | 630 | 630 | 0       | 238 | 199 | 416 | 3.43 | 4.74 | 2.76 | 0.311 | 0.42 | 47.6 | 38.21 | 365.83 | 204.99 |
| 69 | 534 | 223 | 1368 | 1366 | 622 | 621 | 0.001   | 241 | 203 | 416 | 3.67 | 3.39 | 1.05 | 0.131 | 0.52 | 44.3 | 40.75 | 303.25 | 227.69 |
| 70 | 201 | 230 | 1503 | 1502 | 683 | 683 | 0.0005  | 273 | 232 | 416 | 4.49 | 3.13 | 0.33 | 0.04  | 0.36 | 47.3 | 40.6  | 347.77 | 234.35 |
| 71 | 174 | 228 | 1501 | 1495 | 682 | 679 | 0.0043  | 245 | 213 | 416 | 3.72 | 3.69 | 1.3  | 0.153 | 0.32 | 55.5 | 46.23 | 417.45 | 257.5  |
| 72 | 137 | 233 | 1520 | 1515 | 691 | 688 | 0.0038  | 278 | 238 | 416 | 3.83 | 3.22 | 0.55 | 0.073 | 0.46 | 54.6 | 42.51 | 364.55 | 259.08 |
| 73 | 510 | 225 | 1426 | 1427 | 648 | 649 | -0.0004 | 246 | 212 | 416 | 3.31 | 3.12 | 1.14 | 0.147 | 0.32 | 50.2 | 42.25 | 319.78 | 252.3  |
| 74 | 257 | 225 | 1370 | 1375 | 623 | 625 | -0.0031 | 251 | 216 | 416 | 3.58 | 2.35 | 0.06 | 0.009 | 0.19 | 49.5 | 43.63 | 284.32 | 228.22 |
| 75 | 160 | 233 | 1399 | 1403 | 636 | 638 | -0.0031 | 242 | 210 | 416 | 3.8  | 2.78 | 0.23 | 0.032 | 0.3  | 56.3 | 47.65 | 343.74 | 240.29 |
| 76 | 405 | 225 | 1450 | 1449 | 659 | 659 | 0.0001  | 264 | 224 | 416 | 3.8  | 3.62 | 1.23 | 0.143 | 0.42 | 47.2 | 39.98 | 345.51 | 228.19 |
| 77 | 509 | 226 | 1477 | 1477 | 671 | 671 | 0.0001  | 274 | 234 | 416 | 3.37 | 3.24 | 1.14 | 0.141 | 0.36 | 51   | 47.66 | 353.18 | 280.6  |
| 78 | 121 | 233 | 1529 | 1525 | 695 | 693 | 0.003   | 268 | 226 | 416 | 4.45 | 3.23 | 0.65 | 0.079 | 0.41 | 53.4 | 39.22 | 403.62 | 211.92 |
| 79 | 382 | 230 | 1505 | 1505 | 684 | 684 | -0.0002 | 279 | 238 | 416 | 4.16 | 3.21 | 0.6  | 0.07  | 0.43 | 46.7 | 40.98 | 358.47 | 258.1  |
| 80 | 491 | 231 | 1464 | 1466 | 666 | 666 | -0.0011 | 282 | 242 | 416 | 3.43 | 4.52 | 2.59 | 0.273 | 0.4  | 48.7 | 45.75 | 388.7  | 262.86 |
| 81 | 168 | 231 | 1549 | 1548 | 704 | 704 | 0.0005  | 291 | 248 | 416 | 4.07 | 4.61 | 2.34 | 0.258 | 0.26 | 48.5 | 39.85 | 391.35 | 234.64 |
| 82 | 196 | 235 | 1612 | 1612 | 733 | 733 | 0       | 281 | 238 | 416 | 3.47 | 4.77 | 2.7  | 0.294 | 0.35 | 57.4 | 40.64 | 454.85 | 259.73 |
| 83 | 409 | 226 | 1423 | 1430 | 647 | 650 | -0.0048 | 276 | 234 | 416 | 3.84 | 1.58 | -0.8 | -0.13 | 0.38 | 54.4 | 52.03 | 302.1  | 280.75 |
| 84 | 366 | 235 | 1466 | 1466 | 666 | 666 | 0.0004  | 250 | 217 | 416 | 3.78 | 3.13 | 0.87 | 0.124 | 0.44 | 60.6 | 44.44 | 355.06 | 256.39 |
| 85 | 458 | 233 | 1545 | 1545 | 702 | 702 | -0.0004 | 288 | 245 | 416 | 3.56 | 4.29 | 2.5  | 0.281 | 0.33 | 52.7 | 41.04 | 383.38 | 259.02 |
| 86 | 568 | 229 | 1452 | 1452 | 660 | 660 | 0.0002  | 272 | 228 | 416 | 3.31 | 2.03 | 0.36 | 0.052 | 0.31 | 59.4 | 49.95 | 351.75 | 254.34 |
| 87 | 412 | 224 | 1395 | 1392 | 634 | 633 | 0.0026  | 237 | 197 | 416 | 3.83 | 3.19 | 1.11 | 0.146 | 0.45 | 45.9 | 39.77 | 316.83 | 201.08 |
| 88 | 413 | 233 | 1524 | 1527 | 693 | 694 | -0.0024 | 278 | 237 | 416 | 3.53 | 4.22 | 2.27 | 0.253 | 0.39 | 53.9 | 41    | 391.89 | 259.2  |
| 89 | 442 | 232 | 1373 | 1373 | 624 | 624 | 0.0001  | 247 | 206 | 416 | 3.4  | 3.3  | 1.46 | 0.187 | 0.45 | 53.2 | 40.83 | 335.14 | 208.35 |
| 90 | 214 | 226 | 1620 | 1626 | 736 | 739 | -0.0038 | 275 | 233 | 416 | 4.48 | 4.42 | 1.86 | 0.195 | 0.43 | 48.7 | 39.24 | 416.45 | 252.35 |
| 91 | 570 | 235 | 1462 | 1462 | 665 | 665 | 0.0002  | 278 | 235 | 416 | 3.33 | 2.03 | 0.33 | 0.047 | 0.31 | 59.2 | 44.7  | 349.14 | 232.37 |
| 92 | 441 | 225 | 1485 | 1485 | 675 | 675 | 0       | 261 | 220 | 416 | 3.84 | 5.71 | 3.67 | 0.366 | 0.5  | 47   | 38.57 | 387.99 | 228.38 |
| 93 | 528 | 225 | 1464 | 1462 | 665 | 665 | 0.0012  | 272 | 231 | 416 | 3.34 | 3.8  | 2.01 | 0.25  | 0.28 | 47.7 | 41.83 | 326.12 | 251.98 |
| 94 | 522 | 224 | 1444 | 1442 | 656 | 656 | 0.0011  | 265 | 225 | 416 | 3.31 | 3.78 | 2.02 | 0.253 | 0.29 | 47.5 | 41.89 | 323.39 | 251.94 |
| 95 | 192 | 225 | 1495 | 1503 | 680 | 683 | -0.0049 | 250 | 211 | 416 | 3.85 | 5.43 | 3.07 | 0.334 | 0.52 | 46.6 | 39.09 | 384.97 | 224.72 |
| 96 | 450 | 231 | 1518 | 1518 | 690 | 690 | 0.0001  | 264 | 230 | 416 | 3.44 | 5.38 | 3.37 | 0.329 | 0.34 | 47   | 38.97 | 403.14 | 231.12 |
| 97 | 169 | 233 | 1457 | 1458 | 662 | 663 | -0.0008 | 256 | 215 | 416 | 3.53 | 3.8  | 1.71 | 0.21  | 0.36 | 54.6 | 39.73 | 377.38 | 212.08 |
| 98 | 173 | 234 | 1522 | 1523 | 692 | 692 | -0.0004 | 261 | 219 | 416 | 3.37 | 4.71 | 2.71 | 0.3   | 0.37 | 56.6 | 38.69 | 442.1  | 212.5  |
| 99 | 400 | 227 | 1413 | 1414 | 642 | 643 | -0.0002 | 233 | 201 | 416 | 3.38 | 4.8  | 2.93 | 0.33  | 0.35 | 52.4 | 46.16 | 389    | 257.11 |

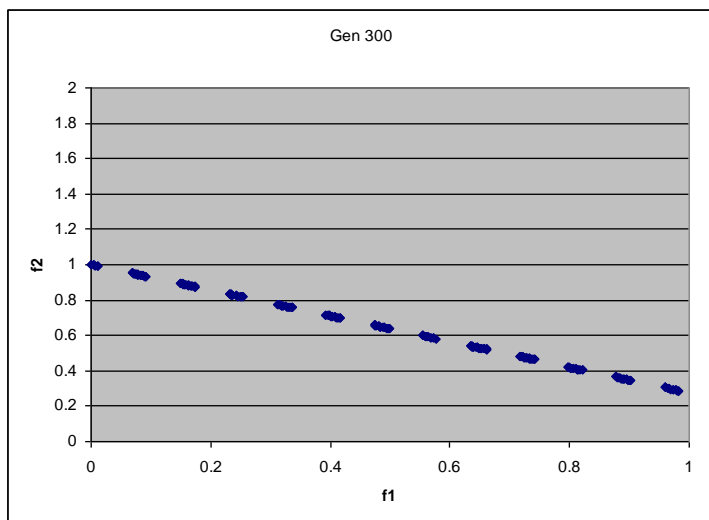
**Prilog 5:** Rezultati metoda NSGA-II i PP-NRGA na testnim funkcijama



PP-NRGA

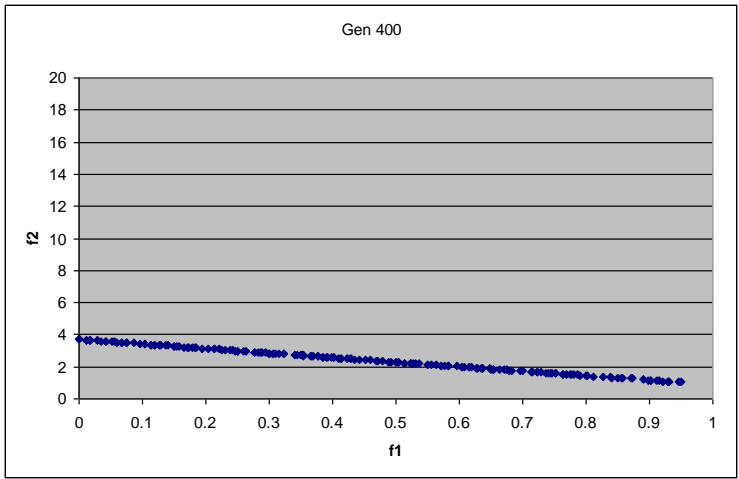


[34]

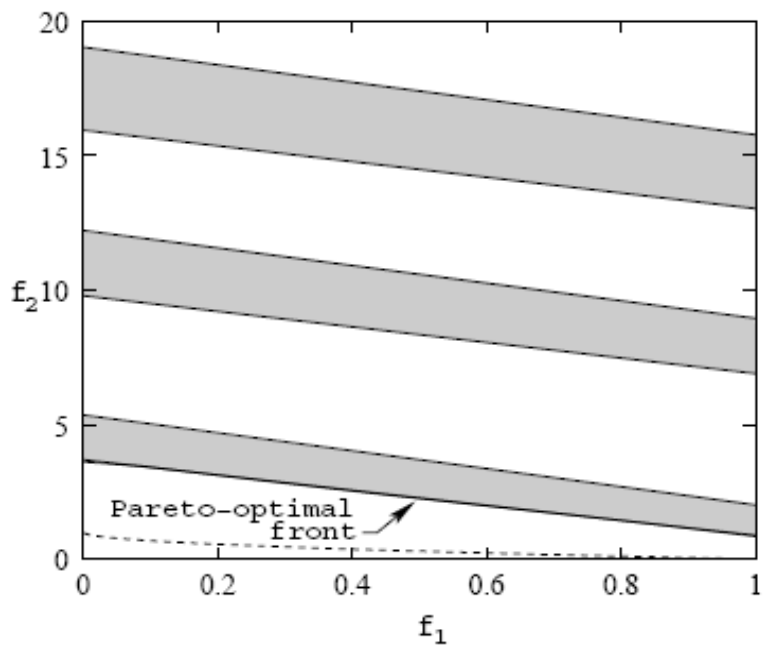


NSGA-II

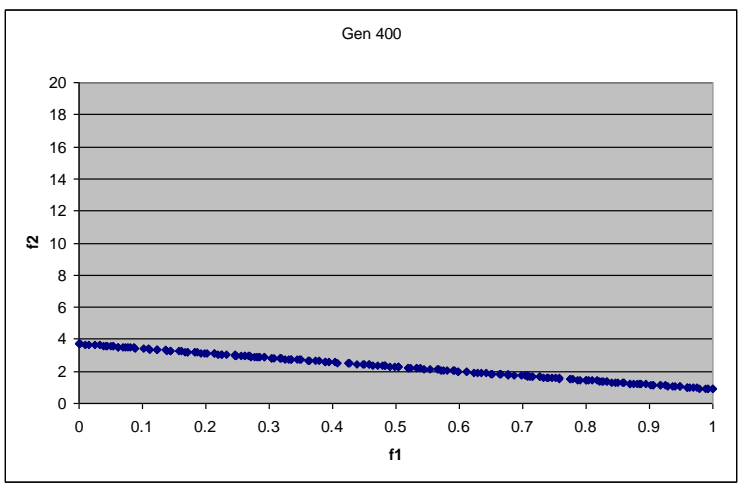
**Slika 63.** Rezultati PP-NRGA i NSGA-II metode s testnim funkcijama iz [34] (I)



PP-NRGA

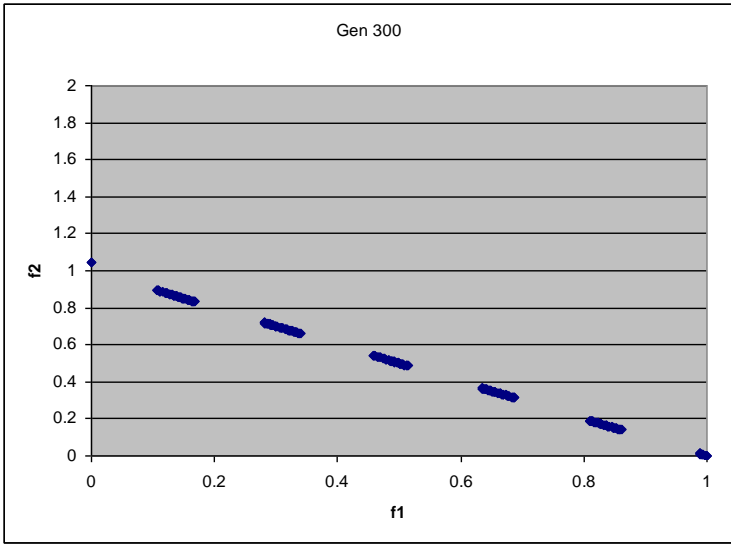


[34]

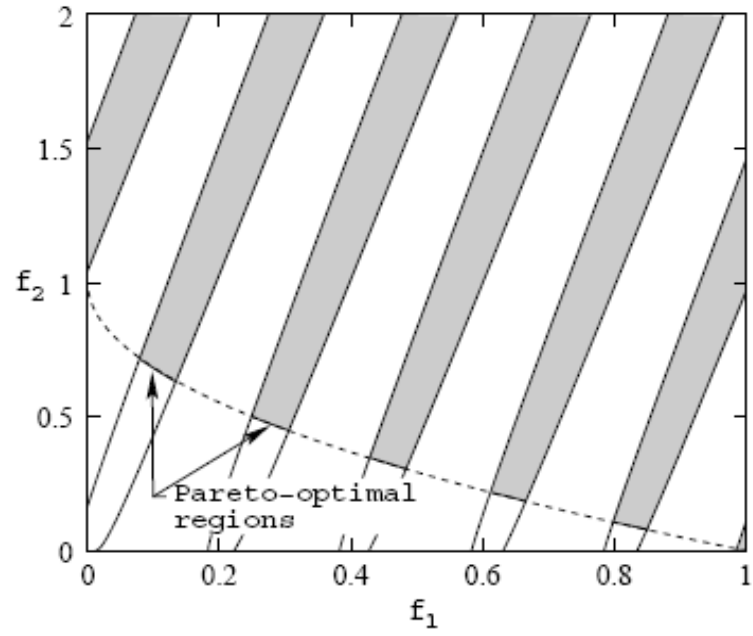


NSGA-II

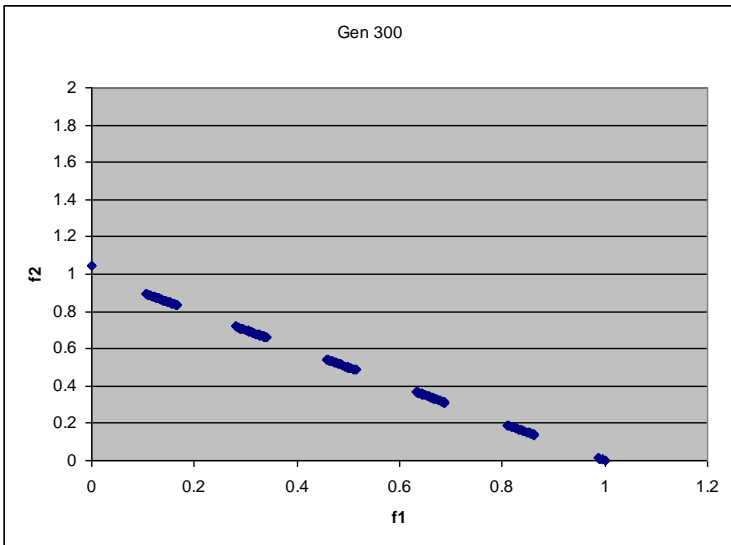
Slika 64. Rezultati PP-NRGA i NSGA-II metode s testnim funk. iz [34] (II)



PP-NRGA



[34]



NSGA-II

Slika 65. Rezultati PP-NRGA i NSGA-II metode s testnim funk. iz [34] (III)

**Prilog 6: Značajke opcija pogona projektnog modela višenamjenskog ratnog broda**

|     |                          | <b>Opcija 1 i 2: CODOG + obični propeler +CPP</b> |          |                |          |             |            |                            |            |                        |                         |          |             |
|-----|--------------------------|---|----------|----------------|----------|-------------|------------|----------------------------|------------|------------------------|-------------------------|----------|-------------|
| Rbr | Naziv                    | Snaga [kW]  | Masa [t] | VPT [m]        | VMM [mt] | Duljina [m] | Širina [m] | Površina [m <sup>2</sup> ] | Visina [m] | Usis [m <sup>2</sup> ] | Ispuh [m <sup>2</sup> ] | Br. okr. | Potr. gor.  |
| 1   | DML MTU 16V 4000<br>M93L | 3440  | 9.35     | 1.04           | 9.68     | 3.37        | 1.47       | 4.94                       | 2.53       | 0.48                   | 0.72                    | 2100     | 227         |
| 2   | DMD MTU 16V 4000<br>M93L | 3440  | 9.35     | 1.04           | 9.68     | 3.37        | 1.47       | 4.94                       | 2.53       | 0.48                   | 0.72                    | 2100     | 227         |
| 3   | PT GE LM 1600            | 14920   | 10.91    | 1.40           | 15.27    | 6.80        | 2.40       | 16.32                      | 2.80       | 1.90                   | 2.88                    | 7000     | 228         |
| 4   | RL                       |   | 2.24     | 0.68           | 1.53     | 1.28        | 1.47       | 1.87                       | 1.90       |                        |                         |          |             |
| 5   | RD                       |   | 2.24     | 0.68           | 1.53     | 1.28        | 1.47       | 1.87                       | 1.90       |                        |                         |          |             |
| 6   | DA CAT C9                | 208   | 1.80     | 0.58           | 1.05     | 2.11        | 1.00       | 2.10                       | 1.17       | 0.10                   | 0.14                    | 1500     | 47,1<br>1/h |
| 7   | DA CAT C9                | 208   | 1.80     | 0.58           | 1.05     | 2.11        | 1.00       | 2.10                       | 1.17       | 0.10                   | 0.14                    | 1500     | 47,1<br>1/h |
|     | UK. MASA                 |   | 46.16    | t              |          | 39.78       |            | 34.13                      |            | 2.95                   | 4.46                    |          |             |
|     | P <sub>ZUI</sub>         |   | 7.41     | m <sup>2</sup> |          |             |            |                            |            |                        |                         |          |             |
|     | V <sub>PT</sub>          |   | 0.86     | m              |          |             |            |                            |            |                        |                         |          |             |
|     | P <sub>PAT</sub>         |   | 6880.00  | kW             |          |             |            |                            |            |                        |                         |          |             |
|     | P <sub>MCR</sub>         |   | 14920.00 | kW             |          |             |            |                            |            |                        |                         |          |             |

Značenje kratica:

V<sub>PT</sub> – vertikalni položaj težišta od osnovice

V<sub>MM</sub> – moment mase

P<sub>ZUI</sub> – površina usisa i ispuha

P<sub>PAT</sub> – snaga kod ophodne brzine

P<sub>MCR</sub> – snaga kod maksimalne kontinuirane brzine

**Opcija 3:** CODOG + waterjet

| Rbr | Naziv                    | Snaga [kW] | Masa [t] | V <sub>PT</sub> [m] | V <sub>MM</sub> [mt] | Duljina [m] | Širina [m] | Površina [m <sup>2</sup> ] | Visina [m] | Usis [m <sup>2</sup> ] | Ispuh [m <sup>2</sup> ] | Br. okr. | Potr. gor.  |
|-----|--------------------------|------------|----------|---------------------|----------------------|-------------|------------|----------------------------|------------|------------------------|-------------------------|----------|-------------|
| 1   | DML MTU 16V 4000<br>M93L | 3440       | 9.35     | 1.04                | 9.68                 | 3.37        | 1.47       | 4.94                       | 2.53       | 0.48                   | 0.72                    | 2100     | 227         |
| 2   | DMD MTU 16V 4000<br>M93L | 3440       | 9.35     | 1.04                | 9.68                 | 3.37        | 1.47       | 4.94                       | 2.53       | 0.48                   | 0.72                    | 2100     | 227         |
| 3   | PT GE LM 1600            | 14920      | 10.91    | 1.40                | 15.27                | 6.80        | 2.40       | 16.32                      | 2.80       | 1.90                   | 2.88                    | 7000     | 228         |
| 4   | RL                       |            | 2.24     | 0.68                | 1.53                 | 1.28        | 1.47       | 1.87                       | 1.90       |                        |                         |          |             |
| 5   | RD                       |            | 2.24     | 0.68                | 1.53                 | 1.28        | 1.47       | 1.87                       | 1.90       |                        |                         |          |             |
| 6   | DA CAT C9                | 208        | 1.80     | 0.58                | 1.05                 | 2.11        | 1.00       | 2.10                       | 1.17       | 0.10                   | 0.14                    | 1500     | 47,1<br>l/h |
| 7   | DA CAT C9                | 208        | 1.80     | 0.58                | 1.05                 | 2.11        | 1.00       | 2.10                       | 1.17       | 0.10                   | 0.14                    | 1500     | 47,1<br>l/h |
| 8   | waterjet Kamewa S3-80    | 3000-7400  | 5.81     | 1.00                | 5.81                 | 5.16        | 1.00       | 5.16                       | 1.70       |                        |                         |          |             |
| 9   | waterjet Kamewa S3-80    | 3000-7400  | 5.81     | 1.00                | 5.81                 | 5.16        | 1.00       | 5.16                       | 1.70       |                        |                         |          |             |
|     | UK. MASA                 |            | 60.39    |                     | 51.40                |             |            | 34.13                      | m 2        | 2.95                   | 4.46                    |          |             |
|     | P <sub>ZUI</sub>         |            | 7.41     | m2                  |                      |             |            |                            |            |                        |                         |          |             |
|     | V <sub>PT</sub>          |            | 0.85     | m                   |                      |             |            |                            |            |                        |                         |          |             |
|     | P <sub>PAT</sub>         |            | 6880.00  | kW                  |                      |             |            |                            |            |                        |                         |          |             |
|     | P <sub>MCR</sub>         |            | 14920.00 | kW                  |                      |             |            |                            |            |                        |                         |          |             |

**Opcija 4 i 5:** CODAG + obični propeler i CPP

| Rbr | Naziv                    | Snaga [kW] | Masa [t] | VPT [m] | VMM [mt] | Duljina [m] | Širina [m] | Površina [m2] | Visina [m] | Usis [m2] | Ispuh [m2] | Br. okr. | Potr. gor.  |
|-----|--------------------------|------------|----------|---------|----------|-------------|------------|---------------|------------|-----------|------------|----------|-------------|
| 1   | DML MTU 16V 4000<br>M93L | 3440       | 9.35     | 1.04    | 9.68     | 3.37        | 1.47       | 4.94          | 2.53       | 0.48      | 0.72       | 2100     | 227         |
| 2   | DMD MTU 16V 4000<br>M93L | 3440       | 9.35     | 1.04    | 9.68     | 3.37        | 1.47       | 4.94          | 2.53       | 0.48      | 0.72       | 2100     | 227         |
| 3   | PT VC TF50A              | 3803       | 2.10     | 0.50    | 1.05     | 4.19        | 1.11       | 4.66          | 2.10       | 0.48      | 0.72       | 16000    | 280         |
| 4   | PT VC TF50A              | 3803       | 2.10     | 1.50    | 3.15     |             |            | 0.00          |            | 0.48      | 0.72       | 16000    | 280         |
| 5   | RL                       |            | 1.49     | 0.68    | 1.02     | 1.28        | 1.47       | 1.87          | 1.90       |           |            |          |             |
| 6   | RD                       |            | 1.49     | 0.68    | 1.02     | 1.28        | 1.47       | 1.87          | 1.90       |           |            |          |             |
| 7   | DA CAT C9                | 208        | 1.80     | 0.58    | 1.05     | 2.11        | 1.00       | 2.10          | 1.17       | 0.10      | 0.14       | 1500     | 47,1<br>l/h |
| 8   | DA CAT C9                | 208        | 1.80     | 0.58    | 1.05     | 2.11        | 1.00       | 2.10          | 1.17       | 0.10      | 0.14       | 1500     | 47,1<br>l/h |
|     | UK. MASA                 |            | 36.11    | t       | 27.69    |             |            | 22.46         |            | 2.00      | 3.02       |          |             |
|     | PZUI                     |            | 5.02     | m2      |          |             |            |               |            |           |            |          |             |
|     | VPT                      |            | 0.77     | m       |          |             |            |               |            |           |            |          |             |
|     | Pophodnje                |            | 6880.00  | kW      |          |             |            |               |            |           |            |          |             |
|     | PMCR                     |            | 14486.00 | kW      |          |             |            |               |            |           |            |          |             |



**Opcija 6:** CODAG + waterjet

| Rbr | Naziv                 | Snaga [kW] | Masa [t] | V <sub>PT</sub> [m] | V <sub>MM</sub> [mt] | Duljina [m] | Širina [m] | Površina [m <sup>2</sup> ] | Visina [m] | Usis [m <sup>2</sup> ] | Ispuh [m <sup>2</sup> ] | Br. okr. | Potr. gor. |
|-----|-----------------------|------------|----------|---------------------|----------------------|-------------|------------|----------------------------|------------|------------------------|-------------------------|----------|------------|
|     | DML MTU 16V 4000      |            |          |                     |                      |             |            |                            |            |                        |                         |          |            |
| 1   | M93L                  | 3440       | 9.35     | 1.04                | 9.68                 | 3.37        | 1.47       | 4.94                       | 2.53       | 0.48                   | 0.72                    | 2100     | 227        |
|     | DMD MTU 16V 4000      |            |          |                     |                      |             |            |                            |            |                        |                         |          |            |
| 2   | M93L                  | 3440       | 9.35     | 1.04                | 9.68                 | 3.37        | 1.47       | 4.94                       | 2.53       | 0.48                   | 0.72                    | 2100     | 227        |
| 3   | PT VC TF50A           | 3803       | 2.10     | 0.50                | 1.05                 | 4.19        | 1.11       | 4.66                       | 2.10       | 0.48                   | 0.72                    | 16000    | 280        |
| 4   | PT VC TF50A           | 3803       | 2.10     | 1.50                | 3.15                 |             |            |                            |            | 0.48                   | 0.72                    | 16000    | 280        |
| 5   | RL                    |            | 1.49     | 0.68                | 1.02                 | 1.28        | 1.47       | 1.87                       | 1.90       |                        |                         |          |            |
| 6   | RD                    |            | 1.49     | 0.68                | 1.02                 | 1.28        | 1.47       | 1.87                       | 1.90       |                        |                         |          |            |
| 7   | DA CAT C9             | 208        | 1.80     | 0.58                | 1.05                 | 2.11        | 1.00       | 2.10                       | 1.17       | 0.10                   | 0.14                    | 1500     | 47,1 l/h   |
| 8   | DA CAT C9             | 208        | 1.80     | 0.58                | 1.05                 | 2.11        | 1.00       | 2.10                       | 1.17       | 0.10                   | 0.14                    | 1500     | 47,1 l/h   |
| 9   | waterjet Kamewa S3-80 | 3000-7400  | 5.81     | 1.00                | 5.81                 | 5.16        | 1.00       | 5.16                       | 1.70       |                        |                         |          |            |
| 10  | waterjet Kamewa S3-80 | 3000-7400  | 5.81     | 1.00                | 5.81                 | 5.16        | 1.00       | 5.16                       | 1.70       |                        |                         |          |            |
|     | UK. MASA              |            | 50.35    | t                   | 39.31                |             |            | 22.46                      |            | 2.00                   | 3.02                    |          |            |
|     | P <sub>ZUI</sub>      |            | 5.02     | m <sup>2</sup>      |                      |             |            |                            |            |                        |                         |          |            |
|     | V <sub>PT</sub>       |            | 0.78     | m                   |                      |             |            |                            |            |                        |                         |          |            |
|     | P <sub>PAT</sub>      |            | 6880.00  | kW                  |                      |             |            |                            |            |                        |                         |          |            |
|     | P <sub>MCR</sub>      |            | 14486.00 | kW                  |                      |             |            |                            |            |                        |                         |          |            |

**Opcija 7 i 8:** CODAD + obični propeler i CPP

| Rbr | Naziv                    | Snaga [kW] | Masa [t] | V <sub>PT</sub><br>[m] | V <sub>MM</sub><br>[mt] | Duljina<br>[m] | Širina<br>[m] | Površina<br>[m <sup>2</sup> ] | Visina<br>[m] | Usis<br>[m <sup>2</sup> ] | Ispuh<br>[m <sup>2</sup> ] | Br.<br>okr. | Potr.<br>gor. |
|-----|--------------------------|------------|----------|------------------------|-------------------------|----------------|---------------|-------------------------------|---------------|---------------------------|----------------------------|-------------|---------------|
| 1   | DML MTU 16V 4000<br>M93L | 3440       | 9.35     | 1.04                   | 9.68                    | 3.37           | 1.47          | 4.94                          | 2.53          | 0.48                      | 0.72                       | 2100        | 227           |
| 2   | DMD MTU 16V 4000<br>M93L | 3440       | 9.35     | 1.04                   | 9.68                    | 3.37           | 1.47          | 4.94                          | 2.53          | 0.48                      | 0.72                       | 2100        | 227           |
| 3   | DMD MTU 16V 4000<br>M93L | 3440       | 9.35     | 1.04                   | 9.68                    | 3.37           | 1.47          | 4.94                          | 2.53          | 0.48                      | 0.72                       | 2100        | 227           |
| 4   | RL                       |            | 1.49     | 0.68                   | 1.02                    | 1.28           | 1.47          | 1.87                          | 1.90          |                           |                            |             |               |
| 5   | RD                       |            | 1.49     | 0.68                   | 1.02                    | 1.28           | 1.47          | 1.87                          | 1.90          |                           |                            |             |               |
| 6   | RS                       |            | 1.49     | 0.68                   | 1.02                    | 1.28           | 1.47          | 1.87                          | 1.90          |                           |                            |             |               |
| 7   | DA CAT C9                | 208        | 1.80     | 0.58                   | 1.05                    | 2.11           | 1.00          | 2.10                          | 1.17          | 0.10                      | 0.14                       | 1500        | 47,1<br>l/h   |
| 8   | DA CAT C9                | 208        | 1.80     | 0.58                   | 1.05                    | 2.11           | 1.00          | 2.10                          | 1.17          | 0.10                      | 0.14                       | 1500        | 47,1<br>l/h   |
|     | UK. MASA                 |            | 44.25    | t                      |                         |                |               | 24.61                         |               | 1.62                      | 2.45                       |             |               |
|     | P <sub>ZUI</sub>         |            | 4.06     | m <sup>2</sup>         |                         |                |               |                               |               |                           |                            |             |               |
|     | V <sub>PT</sub>          |            | 0.77     | m                      |                         |                |               |                               |               |                           |                            |             |               |
|     | P <sub>PAT</sub>         |            | 3440.00  | kW                     |                         |                |               |                               |               |                           |                            |             |               |
|     | P <sub>MCR</sub>         |            | 10320.00 | kW                     |                         |                |               |                               |               |                           |                            |             |               |

**Opcija 9:** CODAD + waterjet

| Rbr | Naziv                    | Snaga [kW] | Masa [t] | V <sub>PT</sub> [m] | V <sub>MM</sub> [mt] | Duljina [m] | Širina [m] | Površina [m <sup>2</sup> ] | Visina [m] | Usis [m <sup>2</sup> ] | Ispuh [m <sup>2</sup> ] | Br. okr. | Potr. gor.  |
|-----|--------------------------|------------|----------|---------------------|----------------------|-------------|------------|----------------------------|------------|------------------------|-------------------------|----------|-------------|
| 1   | DML MTU 16V 4000<br>M93L | 3440       | 9.35     | 1.04                | 9.68                 | 3.37        | 1.47       | 4.94                       | 2.53       | 0.48                   | 0.72                    | 2100     | 227         |
| 2   | DMD MTU 16V 4000<br>M93L | 3440       | 9.35     | 1.04                | 9.68                 | 3.37        | 1.47       | 4.94                       | 2.53       | 0.48                   | 0.72                    | 2100     | 227         |
| 3   | DMD MTU 16V 4000<br>M93L | 3440       | 9.35     | 1.04                | 9.68                 | 3.37        | 1.47       | 4.94                       | 2.53       | 0.48                   | 0.72                    | 2100     | 227         |
| 4   | RL                       |            | 1.49     | 0.68                | 1.02                 | 1.28        | 1.47       | 1.87                       | 1.90       |                        |                         |          |             |
| 5   | RD                       |            | 1.49     | 0.68                | 1.02                 | 1.28        | 1.47       | 1.87                       | 1.90       |                        |                         |          |             |
| 6   | RS                       |            | 1.49     | 0.68                | 1.02                 | 1.28        | 1.47       | 1.87                       | 1.90       |                        |                         |          |             |
| 7   | DA CAT C9                | 208        | 1.80     | 0.58                | 1.05                 | 2.11        | 1.00       | 2.10                       | 1.17       | 0.10                   | 0.14                    | 1500     | 47,1<br>l/h |
| 8   | DA CAT C9                | 208        | 1.80     | 0.58                | 1.05                 | 2.11        | 1.00       | 2.10                       | 1.17       | 0.10                   | 0.14                    | 1500     | 47,1<br>l/h |
| 9   | waterjet Kamewa S3-56    | 1500-3500  | 2.25     | 0.60                | 1.35                 | 3.75        | 0.80       | 3.00                       | 1.20       |                        |                         |          |             |
| 10  | waterjet Kamewa S3-56    | 1500-3500  | 2.25     | 0.60                | 1.35                 | 3.75        | 0.80       | 3.00                       | 1.20       |                        |                         |          |             |
| 11  | waterjet Kamewa S3-56    | 1500-3500  | 2.25     | 0.60                | 1.35                 | 3.75        | 0.80       | 3.00                       | 1.20       |                        |                         |          |             |
|     | UK. MASA                 |            | 52.52    | t                   |                      | 38.24       |            | 24.61                      |            | 1.62                   | 2.45                    |          |             |
|     | P <sub>ZUI</sub>         |            | 4.06     | m <sup>2</sup>      |                      |             |            |                            |            | PZUI                   | 4.063                   |          |             |
|     | V <sub>PT</sub>          |            | 0.73     | m                   |                      |             |            |                            |            |                        |                         |          |             |
|     | P <sub>PAT</sub>         |            | 3440.00  | kW                  |                      |             |            |                            |            |                        |                         |          |             |
|     | P <sub>MCR</sub>         |            | 10320.00 | kW                  |                      |             |            |                            |            |                        |                         |          |             |

**Opcija 10 i 11:** CODAD + obični propeler i CPP

| Rbr | Naziv            | Snaga [kW] | Masa [t] | V <sub>PT</sub><br>[m] | V <sub>MM</sub><br>[mt] | Duljina<br>[m] | Širina<br>[m] | Površina<br>[m <sup>2</sup> ] | Visina<br>[m] | Usis<br>[m <sup>2</sup> ] | Ispuh<br>[m <sup>2</sup> ] | Br.<br>okr. | Potr.<br>gor. |
|-----|------------------|------------|----------|------------------------|-------------------------|----------------|---------------|-------------------------------|---------------|---------------------------|----------------------------|-------------|---------------|
|     | DML MTU 20V 4000 |            |          |                        |                         |                |               |                               |               |                           |                            |             |               |
| 1   | M93              | 3900       | 11.98    | 1.04                   | 12.40                   | 3.37           | 1.47          | 4.94                          | 2.53          | 0.57                      | 0.86                       | 2100        | 213           |
|     | DML MTU 20V 4000 |            |          |                        |                         |                |               |                               |               |                           |                            |             |               |
| 2   | M93              | 3900       | 11.98    | 1.04                   | 12.40                   | 3.37           | 1.47          | 4.94                          | 2.53          | 0.57                      | 0.86                       | 2100        | 213           |
|     | DML MTU 20V 4000 |            |          |                        |                         |                |               |                               |               |                           |                            |             |               |
| 3   | M93              | 3900       | 11.98    | 1.04                   | 12.40                   | 3.37           | 1.47          | 4.94                          | 2.53          | 0.57                      | 0.86                       | 2100        | 213           |
| 4   | RL               |            | 2.71     | 0.68                   | 1.85                    | 1.28           | 1.47          | 1.87                          | 1.90          |                           |                            |             |               |
| 5   | RD               |            | 2.71     | 0.68                   | 1.85                    | 1.28           | 1.47          | 1.87                          | 1.90          |                           |                            |             |               |
| 6   | RS               |            | 2.71     | 0.68                   | 1.85                    | 1.28           | 1.47          | 1.87                          | 1.90          |                           |                            |             |               |
| 7   | DA CAT C9        | 208        | 1.80     | 0.58                   | 1.05                    | 2.11           | 1.00          | 2.10                          | 1.17          | 0.10                      | 0.14                       | 1500        | 47,1<br>1/h   |
| 8   | DA CAT C9        | 208        | 1.80     | 0.58                   | 1.05                    | 2.11           | 1.00          | 2.10                          | 1.17          | 0.10                      | 0.14                       | 1500        | 47,1<br>1/h   |
|     | UK. MASA         |            | 58.38    | t                      | 44.85                   |                |               | 24.61                         |               | 1.90                      | 2.88                       |             |               |
|     | P <sub>ZUI</sub> |            | 4.78     | m <sup>2</sup>         |                         |                |               |                               |               |                           |                            |             |               |
|     | V <sub>PT</sub>  |            | 0.77     | m                      |                         |                |               |                               |               |                           |                            |             |               |
|     | P <sub>PAT</sub> |            | 3900.00  | kW                     |                         |                |               |                               |               |                           |                            |             |               |
|     | P <sub>MCR</sub> |            | 11700.00 | kW                     |                         |                |               |                               |               |                           |                            |             |               |

### Sažetak opcija propulzije

| Rbr | Naziv            | P <sub>PAT</sub> [kW] | P <sub>MCR</sub> [kW] | Masa [t] | V <sub>PT</sub> [m] | P <sub>ZUI</sub> [m <sup>2</sup> ] | Z <sub>ES</sub> [kW] |
|-----|------------------|-----------------------|-----------------------|----------|---------------------|------------------------------------|----------------------|
|     | CODOG + obični   |                       |                       |          |                     |                                    |                      |
| 1   | propeler         | 6880.00               | 14920.00              | 46.16    | 0.86                | 7.41                               | 15.00                |
| 2   | CODOG + CPP      | 6880.00               | 14920.00              | 46.16    | 0.86                | 7.41                               | 15.00                |
| 3   | CODOG + waterjet | 6880.00               | 14920.00              | 60.39    | 0.85                | 7.41                               | 15.00                |
|     | CODAG + obični   |                       |                       |          |                     |                                    |                      |
| 4   | propeler         | 6880.00               | 14486.00              | 36.11    | 0.77                | 5.02                               | 15.00                |
| 5   | CODAG + CPP      | 6880.00               | 14486.00              | 36.11    | 0.77                | 5.02                               | 15.00                |
| 6   | CODAG + waterjet | 6880.00               | 14486.00              | 50.35    | 0.78                | 5.02                               | 15.00                |
|     | CODAD + obični   |                       |                       |          |                     |                                    |                      |
| 7   | propeler         | 3440.00               | 10320.00              | 0.77     | 0.95                | 4.06                               | 15.00                |
| 8   | CODAD + CPP      | 3440.00               | 10320.00              | 0.77     | 0.95                | 4.06                               | 15.00                |
| 9   | CODAD + waterjet | 3440.00               | 10320.00              | 52.52    | 0.73                | 4.06                               | 15.00                |
|     | CODAD + obični   |                       |                       |          |                     |                                    |                      |
| 10  | propeler         | 3900.00               | 11700.00              | 58.38    | 0.77                | 4.78                               | 15.00                |
| 11  | CODAD + CPP      | 3900.00               | 11700.00              | 58.38    | 0.77                | 4.78                               | 15.00                |

## Prilog 7: Proračun matrica usporedbe parova za hijerarhijsku strukturu sa Slike 28

### 1. Određivanje parcijalnih težina za prvu razinu (NAPAD/OBRANA; POKRETLJIVOST; PREŽIVLJAVANJE)

|           | NAP / OBR | POKR | PREŽ | N-ti korijen | Težine |
|-----------|-----------|------|------|--------------|--------|
| NAP / OBR | 1         | 3    | 3    | 2.080        | 0.600  |
| POKR      | 0.333     | 1    | 1    | 0.693        | 0.200  |
| PREŽ      | 0.333     | 1    | 1    | 0.693        | 0.200  |
|           |           |      |      | 3.467        | 1.000  |

### 2. Određivanje parcijalnih težina za čvor NAPAD / OBRANA (ASMS; BGUN; LTOR; AAS)

|      | ASMS  | BGUN | LTOR | AAS | N-ti korijen | Težine |
|------|-------|------|------|-----|--------------|--------|
| ASMS | 1     | 7    | 4    | 2   | 2.736        | 0.507  |
| BGUN | 0.143 | 1    | 0.2  | 0.2 | 0.275        | 0.051  |
| LTOR | 0.25  | 5    | 1    | 0.5 | 0.889        | 0.165  |
| AAS  | 0.5   | 5    | 2    | 1   | 1.495        | 0.277  |
|      |       |      |      |     | 5.395        | 1.000  |

### 3. Određivanje parcijalnih težina za čvor POKRETLJIVOST (maksimalna održiva brzina; ophodna brzina; doplov; autonomnost)

|                     | Max. održiva brzina | Brzina ophodnje | Doplov | Autonomnost | N-ti korijen | Težine |
|---------------------|---------------------|-----------------|--------|-------------|--------------|--------|
| Max. održiva brzina | 1.000               | 0.500           | 0.250  | 0.250       | 0.420        | 0.095  |
| Brzina ophodnje     | 2.000               | 1.000           | 1.000  | 2.000       | 1.414        | 0.319  |
| Doplov              | 4.000               | 1.000           | 1.000  | 1.000       | 1.414        | 0.319  |
| Autonomnost         | 4.000               | 0.500           | 1.000  | 1.000       | 1.189        | 0.268  |
|                     |                     |                 |        |             | 4.438        | 1.000  |

### 4. Određivanje parcijalnih težina za čvor preživljavanje (RS; IRS; NKB; HAS; EMS)

|     | RS    | IRS   | NKB   | HAS   | EMS   | N-ti korijen | Težine |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|--------|
| RS  | 1.000 | 4.000 | 4.000 | 5.000 | 4.000 | 3.170        | 0.510  |
| IRS | 0.250 | 1.000 | 2.000 | 1.000 | 1.000 | 0.871        | 0.140  |
| NKB | 0.250 | 0.500 | 1.000 | 2.000 | 1.000 | 0.758        | 0.122  |
| HAS | 0.200 | 1.000 | 0.500 | 1.000 | 0.500 | 0.549        | 0.088  |
| EMS | 0.250 | 1.000 | 1.000 | 2.000 | 1.000 | 0.871        | 0.140  |
|     |       |       |       |       |       | 6.218        | 1.000  |

## Prilog 8: Izlazni rezultati programa Monako PRB (I dio)

Značenje kratica:

PB – redni broj projekta

PR – rang projekta

SO – suma prekoračenja ograničenja

$L_{WL}$  – duljina broda na VL [m]

B – širina broda na gl. rebru na VL [m]

T – gaz broda na glavnom rebru na VL [m]

$H_{T10}$  – visina trupa broda na gl. rebru [m]

$C_P$  – uzdužni prizmatički koeficijent

$C_B$  – koeficijent punoće

$C_M$  – koeficijent punoće glavnog rebra

$C_{WP}$  – koeficijent punoće vodne linije

$D_P$  – promjer propulzora [m]

$P_{PAT}$  – snaga kod ophodne brzine [kW]

$P_{MCR}$  – snaga kod maksimalne kontinuirane brzine [kW]

$U_S$  – maksimalna kontinuirana brzina [čv]

$U_E$  – ophodna ekonomična brzina [čv]

$U_{MAX}$  – maksimalna brzina [čv]

$W_{LS}$  – masa lakog broda [t]

$W_T$  – masa istisnine broda [t]

### Generacija 2

| PB | PR | SO      | $L_{WL}$ | B    | T    | $H_{T10}$ | $C_P$ | $C_B$ | $C_M$ | $C_{WP}$ | $D_P$ | $P_{PAT}$ | $P_{MCR}$ | $U_S$ | $U_E$ | $U_{MAX}$ | $W_{LS}$ | $W_T$ |
|----|----|---------|----------|------|------|-----------|-------|-------|-------|----------|-------|-----------|-----------|-------|-------|-----------|----------|-------|
| 0  | 1  | 0       | 47,53    | 7,25 | 2,43 | 5,31      | 0,69  | 0,51  | 0,75  | 0,85     | 2,17  | 3900      | 11700     | 28,41 | 19,2  | 29,91     | 329      | 443   |
| 1  | 1  | 0       | 47,41    | 7,23 | 2,42 | 5,3       | 0,69  | 0,51  | 0,75  | 0,85     | 2,17  | 3900      | 11700     | 28,49 | 19,3  | 30        | 329      | 439   |
| 2  | 2  | 0,00025 | 49,53    | 6,86 | 2,08 | 4,39      | 0,74  | 0,54  | 0,74  | 0,89     | 1,98  | 3440      | 10320     | 30,11 | 20    | 31,85     | 301      | 395   |
| 3  | 3  | 0,00026 | 52,18    | 7,24 | 2,2  | 4,65      | 0,74  | 0,54  | 0,74  | 0,89     | 2,08  | 6880      | 14920     | 31,63 | 22,7  | 33,35     | 330      | 465   |
| 4  | 4  | 0,00035 | 51       | 7,57 | 2,04 | 4,75      | 0,71  | 0,59  | 0,82  | 0,87     | 1,97  | 6880      | 14486     | 31,68 | 22,4  | 33,39     | 340      | 476   |
| 5  | 5  | 0,00036 | 47,64    | 7,51 | 2,6  | 5,96      | 0,68  | 0,5   | 0,73  | 0,85     | 2,28  | 6880      | 14920     | 31,97 | 22,3  | 33,51     | 341      | 477   |
| 6  | 6  | 0,00038 | 50,64    | 7,92 | 2,71 | 5,62      | 0,58  | 0,43  | 0,74  | 0,76     | 2,39  | 6880      | 14486     | 31,13 | 22,4  | 32,5      | 340      | 481   |
| 7  | 7  | 0,00039 | 49,78    | 7,46 | 1,99 | 4,59      | 0,72  | 0,59  | 0,83  | 0,88     | 1,92  | 6880      | 14486     | 31,39 | 22,3  | 33,14     | 314      | 452   |
| 8  | 8  | 0,00042 | 49,67    | 7,45 | 1,98 | 4,58      | 0,72  | 0,59  | 0,83  | 0,88     | 1,91  | 6880      | 14486     | 31,49 | 22,3  | 33,23     | 312      | 448   |
| 9  | 9  | 0,00051 | 50,4     | 7,48 | 2,02 | 4,7       | 0,71  | 0,58  | 0,82  | 0,87     | 1,95  | 6880      | 14486     | 32,21 | 22,6  | 33,94     | 329      | 459   |
| 10 | 10 | 0,00056 | 55,03    | 7,43 | 2,53 | 5,04      | 0,59  | 0,38  | 0,63  | 0,77     | 2,34  | 3440      | 10320     | 30,54 | 19,4  | 32,18     | 324      | 402   |

|    |    |         |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |      |       |     |     |
|----|----|---------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|-------|-----|-----|
| 11 | 11 | 0,00057 | 54,74 | 7,5  | 2,56 | 5,01 | 0,59 | 0,37 | 0,63 | 0,77 | 2,35 | 3440 | 10320 | 30,46 | 19,4 | 31,89 | 325 | 402 |
| 12 | 12 | 0,00077 | 60,29 | 6,91 | 2,26 | 4,69 | 0,62 | 0,45 | 0,72 | 0,8  | 2,23 | 6880 | 14486 | 34,22 | 24,9 | 35,68 | 321 | 435 |
| 13 | 13 | 0,00082 | 53,98 | 7,32 | 2,48 | 4,91 | 0,59 | 0,38 | 0,63 | 0,77 | 2,29 | 3440 | 10320 | 31,15 | 19,7 | 32,51 | 309 | 380 |
| 14 | 14 | 0,00083 | 54,12 | 7,37 | 2    | 4,72 | 0,64 | 0,51 | 0,8  | 0,81 | 1,98 | 6880 | 14486 | 32,62 | 23,4 | 34,17 | 314 | 417 |
| 15 | 15 | 0,00087 | 47,11 | 8,56 | 2,89 | 6,29 | 0,56 | 0,38 | 0,68 | 0,75 | 2,46 | 6880 | 14486 | 31,51 | 22,2 | 32,97 | 331 | 461 |
| 16 | 16 | 0,00094 | 53,77 | 7,39 | 1,99 | 4,69 | 0,64 | 0,5  | 0,78 | 0,81 | 1,98 | 6880 | 14486 | 32,77 | 23,4 | 34,32 | 307 | 410 |
| 17 | 17 | 0,00102 | 46,59 | 8,49 | 2,85 | 6,23 | 0,56 | 0,39 | 0,68 | 0,75 | 2,43 | 6880 | 14486 | 31,88 | 22,4 | 33,22 | 322 | 448 |
| 18 | 18 | 0,00117 | 44,12 | 8,36 | 2,37 | 5,45 | 0,57 | 0,46 | 0,8  | 0,76 | 2,09 | 3900 | 11700 | 31,48 | 19,7 | 32,89 | 325 | 413 |
| 19 | 19 | 0,00133 | 43,16 | 7,94 | 2,25 | 5,33 | 0,57 | 0,49 | 0,85 | 0,76 | 2    | 3900 | 11700 | 32,15 | 19,9 | 33,57 | 311 | 386 |
| 20 | 20 | 0,00138 | 51,8  | 8,19 | 2,33 | 5,43 | 0,57 | 0,43 | 0,75 | 0,75 | 2,16 | 6880 | 14920 | 33,65 | 23,4 | 35,08 | 336 | 434 |
| 21 | 21 | 0,00146 | 43,22 | 8,19 | 2,32 | 5,34 | 0,57 | 0,46 | 0,8  | 0,76 | 2,05 | 3900 | 11700 | 32,1  | 19,9 | 33,51 | 313 | 387 |
| 22 | 22 | 0,0016  | 51,08 | 7,4  | 2,72 | 5,64 | 0,6  | 0,39 | 0,66 | 0,78 | 2,4  | 3900 | 11700 | 36,13 | 22,3 | 37,63 | 333 | 418 |
| 23 | 23 | 0,00184 | 42,18 | 7,01 | 2,18 | 5,32 | 0,67 | 0,49 | 0,74 | 0,83 | 1,94 | 3440 | 10320 | 33,84 | 20,2 | 35,41 | 233 | 324 |
| 24 | 24 | 0,00192 | 49,84 | 7,52 | 2,74 | 6,27 | 0,56 | 0,36 | 0,64 | 0,74 | 2,4  | 3900 | 11700 | 35,48 | 22   | 36,89 | 286 | 382 |
| 25 | 25 | 0,00224 | 45,17 | 8,09 | 2,31 | 4,8  | 0,6  | 0,43 | 0,71 | 0,78 | 2,07 | 3440 | 10320 | 34,75 | 20,5 | 36,29 | 295 | 372 |
| 26 | 26 | 0,0039  | 45,29 | 7,08 | 2,63 | 5,47 | 0,74 | 0,53 | 0,72 | 0,89 | 2,27 | 6880 | 14920 | 30,7  | 21,9 | 32,43 | 324 | 460 |
| 27 | 27 | 0,00802 | 50,06 | 6,47 | 2,12 | 4,38 | 0,7  | 0,54 | 0,77 | 0,86 | 2,01 | 6880 | 14486 | 38,29 | 26,9 | 40,04 | 253 | 379 |
| 28 | 28 | 0,01016 | 55,34 | 6,95 | 2,37 | 5,07 | 0,59 | 0,43 | 0,74 | 0,77 | 2,23 | 3440 | 10320 | 30,39 | 19,5 | 32,1  | 320 | 408 |
| 29 | 29 | 0,01765 | 50,87 | 7,28 | 2,11 | 4,46 | 0,7  | 0,5  | 0,71 | 0,87 | 2,01 | 3440 | 10320 | 28,34 | 19,5 | 29,89 | 313 | 406 |
| 30 | 30 | 0,02813 | 50,29 | 7,62 | 2,93 | 5,78 | 0,58 | 0,4  | 0,68 | 0,76 | 2,53 | 6880 | 14486 | 32,49 | 23   | 34,24 | 345 | 459 |
| 31 | 31 | 0,03085 | 45,08 | 6,98 | 2,64 | 5,44 | 0,74 | 0,53 | 0,72 | 0,9  | 2,27 | 6880 | 14920 | 30,85 | 22   | 32,55 | 320 | 457 |
| 32 | 32 | 0,0326  | 47,25 | 7,43 | 2,59 | 6,09 | 0,68 | 0,5  | 0,73 | 0,85 | 2,27 | 6880 | 14486 | 28,07 | 20,9 | 29,77 | 327 | 467 |
| 33 | 33 | 0,04966 | 47,98 | 8,01 | 1,93 | 4,59 | 0,7  | 0,58 | 0,84 | 0,86 | 1,86 | 3900 | 11700 | 31,27 | 19,7 | 33,11 | 329 | 446 |
| 34 | 34 | 0,05169 | 51,2  | 7,98 | 2,73 | 5,69 | 0,58 | 0,43 | 0,74 | 0,76 | 2,41 | 6880 | 14486 | 30,87 | 22,3 | 32,24 | 351 | 498 |
| 35 | 35 | 0,05266 | 45,28 | 7,05 | 2,63 | 5,46 | 0,74 | 0,53 | 0,72 | 0,9  | 2,27 | 6880 | 14920 | 30,6  | 21,9 | 32,33 | 326 | 463 |
| 36 | 36 | 0,05461 | 52,96 | 6,51 | 1,96 | 4,28 | 0,71 | 0,6  | 0,84 | 0,87 | 1,94 | 3900 | 11700 | 34,2  | 21,4 | 35,93 | 331 | 417 |
| 37 | 37 | 0,06785 | 46,26 | 6,51 | 2,19 | 5,08 | 0,73 | 0,55 | 0,75 | 0,89 | 2,01 | 3440 | 10320 | 27,82 | 19   | 29,33 | 298 | 372 |
| 38 | 38 | 0,07131 | 51,22 | 7,75 | 3,01 | 5,86 | 0,58 | 0,4  | 0,68 | 0,76 | 2,59 | 6880 | 14486 | 31,65 | 22,6 | 33,42 | 351 | 487 |
| 39 | 39 | 0,07556 | 47,49 | 7,42 | 2,61 | 5,94 | 0,68 | 0,5  | 0,73 | 0,85 | 2,29 | 6880 | 14486 | 27,85 | 20,8 | 29,52 | 328 | 474 |
| 40 | 40 | 0,07897 | 55,02 | 6,8  | 2,32 | 5,09 | 0,7  | 0,44 | 0,64 | 0,86 | 2,2  | 3440 | 10320 | 28,9  | 19,4 | 30,45 | 317 | 396 |
| 41 | 41 | 0,0807  | 45,28 | 9,38 | 2,92 | 6,4  | 0,56 | 0,36 | 0,64 | 0,74 | 2,46 | 6880 | 14486 | 31,17 | 21,9 | 33,05 | 331 | 461 |
| 42 | 42 | 0,09451 | 49,45 | 6,96 | 2,35 | 5,43 | 0,73 | 0,55 | 0,75 | 0,89 | 2,14 | 6880 | 14920 | 27,43 | 20,9 | 28,92 | 339 | 455 |
| 43 | 43 | 0,09494 | 46,9  | 7,85 | 2,2  | 4,54 | 0,68 | 0,49 | 0,73 | 0,85 | 2,02 | 3900 | 11700 | 30,98 | 19,9 | 32,69 | 314 | 412 |
| 44 | 44 | 0,09869 | 46,91 | 8,37 | 2,61 | 5,08 | 0,61 | 0,4  | 0,65 | 0,79 | 2,28 | 3440 | 10320 | 30,41 | 19,2 | 31,8  | 329 | 419 |
| 45 | 45 | 0,10554 | 53,25 | 8,05 | 2,28 | 5,58 | 0,57 | 0,47 | 0,82 | 0,75 | 2,15 | 6880 | 14920 | 32,78 | 23   | 34,23 | 348 | 472 |
| 46 | 46 | 0,1072  | 55,22 | 7,46 | 2,54 | 5,06 | 0,59 | 0,38 | 0,63 | 0,77 | 2,35 | 3440 | 10320 | 30,48 | 19,4 | 31,93 | 327 | 405 |



|    |    |         |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |      |       |     |     |
|----|----|---------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|-------|-----|-----|
| 47 | 47 | 0,1082  | 50,7  | 7,64 | 2,79 | 5,72 | 0,7  | 0,4  | 0,58 | 0,86 | 2,45 | 6880 | 14920 | 30,16 | 22   | 31,62 | 345 | 452 |
| 48 | 48 | 0,12238 | 47,71 | 7,49 | 2,61 | 5,96 | 0,68 | 0,5  | 0,73 | 0,85 | 2,29 | 6880 | 14486 | 27,62 | 20,8 | 29,27 | 335 | 481 |
| 49 | 49 | 0,12631 | 48,08 | 7,85 | 2,1  | 4,25 | 0,6  | 0,46 | 0,77 | 0,78 | 1,97 | 3440 | 10320 | 34,4  | 21   | 35,98 | 298 | 375 |
| 50 | 50 | 0,12911 | 60,34 | 8,02 | 2,94 | 5,45 | 0,55 | 0,32 | 0,59 | 0,74 | 2,67 | 6880 | 14920 | 38,04 | 27,4 | 39,51 | 354 | 475 |
| 51 | 51 | 0,13183 | 53,55 | 7,44 | 2,3  | 4,37 | 0,74 | 0,48 | 0,65 | 0,9  | 2,17 | 6880 | 14920 | 29,82 | 22   | 31,39 | 331 | 451 |
| 52 | 52 | 0,13192 | 55,8  | 6,99 | 2,63 | 4,95 | 0,59 | 0,42 | 0,7  | 0,77 | 2,41 | 6880 | 14920 | 37,73 | 27,7 | 39,24 | 326 | 441 |
| 53 | 53 | 0,13398 | 53,85 | 7,49 | 2,35 | 4,38 | 0,74 | 0,48 | 0,65 | 0,9  | 2,21 | 6880 | 14920 | 29,32 | 21,8 | 30,9  | 349 | 469 |
| 54 | 54 | 0,13503 | 44,48 | 7,8  | 2,83 | 5,79 | 0,65 | 0,42 | 0,65 | 0,83 | 2,39 | 3900 | 11700 | 31,18 | 19,8 | 32,66 | 327 | 428 |
| 55 | 55 | 0,13875 | 45,6  | 8,41 | 2,91 | 5,59 | 0,6  | 0,36 | 0,59 | 0,78 | 2,46 | 3900 | 11700 | 33,06 | 20,1 | 34,56 | 323 | 410 |
| 56 | 56 | 0,14224 | 51,13 | 7,71 | 2,82 | 5,83 | 0,7  | 0,4  | 0,58 | 0,86 | 2,47 | 6880 | 14920 | 29,92 | 21,9 | 31,36 | 350 | 463 |
| 57 | 57 | 0,14949 | 47,53 | 8,66 | 2,91 | 6,34 | 0,56 | 0,38 | 0,68 | 0,75 | 2,48 | 6880 | 14486 | 31,15 | 22,1 | 32,7  | 343 | 475 |
| 58 | 58 | 0,15115 | 46,68 | 6,58 | 2,21 | 5,13 | 0,73 | 0,55 | 0,75 | 0,89 | 2,02 | 3440 | 10320 | 27,45 | 19   | 28,93 | 305 | 384 |
| 59 | 59 | 0,15192 | 48,74 | 8,63 | 2,09 | 4,52 | 0,63 | 0,51 | 0,81 | 0,81 | 1,97 | 6880 | 14486 | 33,06 | 22,8 | 34,68 | 333 | 465 |
| 60 | 60 | 0,15222 | 55,69 | 6,97 | 2,63 | 4,94 | 0,59 | 0,42 | 0,7  | 0,77 | 2,41 | 6880 | 14920 | 37,79 | 27,8 | 39,3  | 324 | 439 |
| 61 | 61 | 0,15922 | 46,68 | 6,57 | 2,21 | 5,13 | 0,73 | 0,55 | 0,75 | 0,89 | 2,02 | 3440 | 10320 | 27,51 | 19   | 29    | 305 | 384 |
| 62 | 62 | 0,16942 | 47,95 | 6,96 | 2,62 | 4,94 | 0,72 | 0,48 | 0,67 | 0,88 | 2,3  | 6880 | 14920 | 33,19 | 23,2 | 34,77 | 321 | 432 |
| 63 | 63 | 0,17631 | 54,63 | 7,93 | 2,7  | 5    | 0,59 | 0,33 | 0,55 | 0,77 | 2,44 | 3440 | 10320 | 30,71 | 19,4 | 32,03 | 321 | 393 |
| 64 | 64 | 0,18002 | 59,73 | 6,83 | 2,61 | 5,11 | 0,68 | 0,43 | 0,64 | 0,84 | 2,45 | 6880 | 14920 | 36,81 | 26,3 | 38,38 | 341 | 475 |
| 65 | 65 | 0,18598 | 51,06 | 7,54 | 2,27 | 4,55 | 0,7  | 0,44 | 0,63 | 0,86 | 2,12 | 6880 | 14486 | 38,32 | 26,8 | 40,08 | 296 | 394 |
| 66 | 66 | 0,19001 | 55,67 | 8,34 | 1,94 | 4,36 | 0,55 | 0,43 | 0,78 | 0,74 | 1,97 | 3440 | 10320 | 33,44 | 21,2 | 34,87 | 316 | 398 |
| 67 | 67 | 0,19207 | 46,86 | 6,63 | 2,24 | 5,08 | 0,73 | 0,55 | 0,75 | 0,89 | 2,04 | 3440 | 10320 | 27,29 | 18,9 | 28,78 | 311 | 390 |
| 68 | 68 | 0,19316 | 52,6  | 7,28 | 2,21 | 4,67 | 0,74 | 0,54 | 0,74 | 0,89 | 2,1  | 6880 | 14920 | 31,41 | 22,7 | 33,12 | 339 | 474 |
| 69 | 69 | 0,19615 | 60,45 | 8,21 | 3,07 | 5,46 | 0,55 | 0,3  | 0,55 | 0,74 | 2,75 | 6880 | 14920 | 37,93 | 27,4 | 39,39 | 357 | 477 |
| 70 | 70 | 0,19749 | 48,31 | 8,78 | 2,11 | 4,47 | 0,58 | 0,45 | 0,78 | 0,76 | 1,98 | 3900 | 11700 | 32,85 | 20,3 | 34,35 | 325 | 415 |
| 71 | 71 | 0,19803 | 50,64 | 7,83 | 1,82 | 5,23 | 0,59 | 0,46 | 0,77 | 0,77 | 1,83 | 6880 | 14486 | 41,76 | 30,5 | 43,53 | 248 | 340 |
| 72 | 72 | 0,20363 | 47,03 | 9,89 | 3,02 | 6,72 | 0,55 | 0,36 | 0,64 | 0,74 | 2,54 | 6880 | 14486 | 29,78 | 21,2 | 31,51 | 355 | 515 |
| 73 | 73 | 0,20499 | 44,08 | 8,64 | 2,3  | 5,88 | 0,68 | 0,47 | 0,69 | 0,84 | 2,04 | 6880 | 14486 | 32,37 | 22,2 | 34,01 | 265 | 422 |
| 74 | 74 | 0,20866 | 51,95 | 8,05 | 2,28 | 5,16 | 0,6  | 0,41 | 0,68 | 0,78 | 2,13 | 3440 | 10320 | 35,05 | 21,4 | 36,6  | 322 | 402 |
| 75 | 75 | 0,21091 | 44,52 | 8,46 | 3,04 | 5,89 | 0,66 | 0,36 | 0,55 | 0,83 | 2,52 | 6880 | 14486 | 32,33 | 23,2 | 33,79 | 310 | 428 |
| 76 | 76 | 0,22002 | 50,88 | 7,55 | 2,04 | 4,74 | 0,71 | 0,59 | 0,82 | 0,87 | 1,96 | 6880 | 14486 | 31,78 | 22,5 | 33,49 | 339 | 473 |
| 77 | 77 | 0,22124 | 45,07 | 9,27 | 2,06 | 5,63 | 0,59 | 0,5  | 0,84 | 0,78 | 1,91 | 6880 | 14486 | 30,26 | 20,9 | 31,87 | 326 | 445 |
| 78 | 78 | 0,22361 | 55,07 | 6,59 | 1,95 | 5,34 | 0,68 | 0,56 | 0,83 | 0,85 | 1,97 | 6880 | 14920 | 33,31 | 23,5 | 34,86 | 273 | 414 |
| 79 | 79 | 0,22363 | 57,01 | 7,36 | 2,67 | 4,73 | 0,69 | 0,4  | 0,58 | 0,85 | 2,45 | 3440 | 10320 | 30,55 | 20,2 | 31,97 | 351 | 458 |
| 80 | 80 | 0,22763 | 52,63 | 7,96 | 2,25 | 5,51 | 0,57 | 0,47 | 0,82 | 0,75 | 2,13 | 6880 | 14920 | 33,29 | 23,1 | 34,73 | 337 | 455 |
| 81 | 81 | 0,22949 | 52,25 | 8,24 | 2,19 | 4,92 | 0,67 | 0,48 | 0,71 | 0,84 | 2,08 | 6880 | 14486 | 29,38 | 21,7 | 30,93 | 331 | 463 |
| 82 | 82 | 0,2314  | 46,05 | 9,15 | 1,94 | 4,7  | 0,58 | 0,47 | 0,81 | 0,77 | 1,84 | 3440 | 10320 | 31,06 | 19,1 | 32,54 | 327 | 401 |

|     |     |         |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |      |       |     |     |
|-----|-----|---------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|-------|-----|-----|
| 83  | 83  | 0,23408 | 48,44 | 7,05 | 2,43 | 5,12 | 0,66 | 0,45 | 0,68 | 0,83 | 2,19 | 3440 | 10320 | 33,39 | 20,7 | 34,92 | 301 | 385 |
| 84  | 84  | 0,24751 | 53,88 | 8,6  | 2,02 | 4,49 | 0,63 | 0,5  | 0,79 | 0,8  | 2    | 6880 | 14920 | 35,33 | 24   | 36,93 | 340 | 479 |
| 85  | 85  | 0,25306 | 45,06 | 6,79 | 2,71 | 5,44 | 0,74 | 0,53 | 0,72 | 0,9  | 2,32 | 6880 | 14920 | 31,06 | 22,1 | 32,73 | 319 | 455 |
| 86  | 86  | 0,27205 | 46,91 | 8,37 | 2,61 | 5,09 | 0,61 | 0,4  | 0,65 | 0,79 | 2,28 | 3440 | 10320 | 30,43 | 19,2 | 31,85 | 329 | 419 |
| 87  | 87  | 0,27257 | 47,12 | 7,51 | 2,49 | 5,28 | 0,73 | 0,47 | 0,64 | 0,88 | 2,21 | 3440 | 10320 | 26,64 | 18,6 | 28,19 | 326 | 426 |
| 88  | 88  | 0,27719 | 55,3  | 8,47 | 1,76 | 4,5  | 0,61 | 0,48 | 0,78 | 0,79 | 1,85 | 6880 | 14486 | 32,98 | 23,9 | 34,54 | 273 | 403 |
| 89  | 89  | 0,28898 | 54    | 7,32 | 1,98 | 4,71 | 0,64 | 0,51 | 0,8  | 0,81 | 1,97 | 6880 | 14486 | 32,7  | 23,4 | 34,25 | 312 | 415 |
| 90  | 90  | 0,28947 | 51,13 | 7,32 | 2,12 | 4,49 | 0,7  | 0,5  | 0,71 | 0,87 | 2,02 | 3440 | 10320 | 28,17 | 19,5 | 29,7  | 313 | 412 |
| 91  | 91  | 0,28982 | 47,76 | 9,42 | 2    | 4,87 | 0,59 | 0,48 | 0,81 | 0,77 | 1,9  | 6880 | 14920 | 31,77 | 21,6 | 33,29 | 344 | 448 |
| 92  | 92  | 0,29171 | 43,22 | 8,19 | 2,32 | 5,34 | 0,57 | 0,46 | 0,8  | 0,76 | 2,05 | 3900 | 11700 | 32,1  | 19,9 | 33,51 | 313 | 387 |
| 93  | 93  | 0,29339 | 60,29 | 6,91 | 2,26 | 4,69 | 0,62 | 0,45 | 0,72 | 0,8  | 2,23 | 6880 | 14486 | 34,22 | 24,9 | 35,68 | 321 | 435 |
| 94  | 94  | 0,30204 | 50,32 | 8,93 | 2,62 | 5,67 | 0,55 | 0,36 | 0,66 | 0,74 | 2,33 | 3900 | 11700 | 33,3  | 20,5 | 34,71 | 366 | 443 |
| 95  | 95  | 0,30231 | 48,45 | 6,84 | 2,56 | 4,72 | 0,7  | 0,42 | 0,61 | 0,86 | 2,27 | 3440 | 10320 | 27,8  | 18,7 | 29,22 | 285 | 372 |
| 96  | 96  | 0,30237 | 54,77 | 8,65 | 2,45 | 5,45 | 0,6  | 0,41 | 0,68 | 0,78 | 2,28 | 6880 | 14486 | 30,84 | 22,6 | 32,3  | 342 | 490 |
| 97  | 97  | 0,30904 | 44,87 | 8,21 | 1,78 | 4,33 | 0,7  | 0,55 | 0,79 | 0,87 | 1,72 | 6880 | 14920 | 30,14 | 21   | 31,9  | 264 | 373 |
| 98  | 98  | 0,31669 | 47,25 | 8,44 | 2,26 | 4,88 | 0,58 | 0,46 | 0,79 | 0,76 | 2,06 | 6880 | 14486 | 32,52 | 22,4 | 33,99 | 310 | 423 |
| 99  | 99  | 0,33005 | 49,49 | 7,43 | 1,98 | 4,56 | 0,72 | 0,59 | 0,83 | 0,88 | 1,91 | 6880 | 14486 | 31,67 | 22,4 | 33,42 | 310 | 444 |
| 100 | 100 | 0,3342  | 50,83 | 7,1  | 2,58 | 4,75 | 0,65 | 0,43 | 0,66 | 0,82 | 2,31 | 3900 | 11700 | 35,15 | 21,7 | 36,7  | 328 | 417 |
| 101 | 101 | 0,33756 | 51,68 | 6,37 | 1,91 | 4,18 | 0,71 | 0,6  | 0,84 | 0,87 | 1,89 | 3440 | 10320 | 27,08 | 19   | 28,65 | 305 | 388 |
| 102 | 102 | 0,33934 | 48,3  | 6,05 | 1,99 | 4,22 | 0,7  | 0,57 | 0,81 | 0,86 | 1,9  | 6880 | 14486 | 36,85 | 26,1 | 38,5  | 243 | 339 |
| 103 | 103 | 0,33963 | 48,43 | 8,03 | 2,25 | 4,68 | 0,68 | 0,5  | 0,74 | 0,85 | 2,07 | 6880 | 14486 | 27,58 | 20,8 | 29,1  | 314 | 453 |
| 104 | 104 | 0,34156 | 45,23 | 9,39 | 2,93 | 6,39 | 0,56 | 0,36 | 0,64 | 0,74 | 2,46 | 6880 | 14486 | 31,42 | 22   | 32,91 | 330 | 459 |
| 105 | 105 | 0,34942 | 54,91 | 8,78 | 2,07 | 4,62 | 0,62 | 0,49 | 0,79 | 0,8  | 2,04 | 6880 | 14920 | 34,78 | 23,7 | 36,38 | 365 | 506 |
| 106 | 106 | 0,35851 | 48,58 | 6,27 | 2,06 | 4,24 | 0,71 | 0,54 | 0,77 | 0,87 | 1,95 | 6880 | 14486 | 36,09 | 25,4 | 37,74 | 249 | 352 |
| 107 | 107 | 0,3596  | 45,38 | 7,31 | 2,92 | 5,6  | 0,66 | 0,47 | 0,72 | 0,83 | 2,46 | 6880 | 14920 | 31,78 | 22,4 | 33,21 | 342 | 472 |
| 108 | 108 | 0,36723 | 51,3  | 8,43 | 2,22 | 4,79 | 0,65 | 0,43 | 0,66 | 0,82 | 2,08 | 3900 | 11700 | 32,83 | 20,9 | 34,51 | 331 | 427 |
| 109 | 109 | 0,3696  | 51,15 | 7,64 | 2,13 | 4,17 | 0,75 | 0,53 | 0,7  | 0,91 | 2,03 | 6880 | 14486 | 31,76 | 22,9 | 33,71 | 308 | 453 |
| 110 | 110 | 0,3696  | 46,87 | 8,5  | 2,66 | 6,56 | 0,6  | 0,43 | 0,73 | 0,78 | 2,31 | 6880 | 14920 | 30,39 | 21,3 | 32,18 | 364 | 476 |
| 111 | 111 | 0,3714  | 51,96 | 8,98 | 2,04 | 4,32 | 0,6  | 0,42 | 0,69 | 0,78 | 1,98 | 3440 | 10320 | 28,52 | 18,6 | 29,99 | 328 | 410 |
| 112 | 112 | 0,37142 | 53,6  | 7,31 | 1,82 | 4,4  | 0,74 | 0,61 | 0,83 | 0,89 | 1,86 | 6880 | 14486 | 35,82 | 24,3 | 37,71 | 308 | 449 |
| 113 | 113 | 0,38033 | 52,98 | 8,32 | 2,04 | 4,16 | 0,62 | 0,43 | 0,69 | 0,8  | 2    | 3440 | 10320 | 28,26 | 18,9 | 29,67 | 320 | 401 |
| 114 | 114 | 0,386   | 44,63 | 8,62 | 2,82 | 5,42 | 0,6  | 0,4  | 0,67 | 0,78 | 2,39 | 6880 | 14486 | 30,33 | 21,5 | 32,05 | 315 | 447 |
| 115 | 115 | 0,38915 | 50,1  | 7,26 | 2,66 | 5,53 | 0,6  | 0,4  | 0,66 | 0,78 | 2,35 | 3900 | 11700 | 36,97 | 22,6 | 38,5  | 315 | 394 |
| 116 | 116 | 0,39479 | 55,81 | 9,41 | 2,2  | 4,77 | 0,58 | 0,39 | 0,68 | 0,77 | 2,13 | 6880 | 14920 | 36,23 | 25,4 | 37,8  | 359 | 470 |
| 117 | 117 | 0,39771 | 43,68 | 9,55 | 2,24 | 5,05 | 0,58 | 0,38 | 0,66 | 0,77 | 2    | 3900 | 11700 | 36,56 | 21,1 | 38,17 | 274 | 369 |
| 118 | 118 | 0,40546 | 48,6  | 8,25 | 2,44 | 4,56 | 0,64 | 0,44 | 0,68 | 0,82 | 2,19 | 6880 | 14486 | 32,94 | 23,4 | 34,51 | 324 | 440 |

|     |     |         |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |      |       |     |     |
|-----|-----|---------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|-------|-----|-----|
| 119 | 119 | 0,40762 | 41,95 | 6,87 | 2,19 | 5,3  | 0,67 | 0,49 | 0,74 | 0,84 | 1,95 | 3440 | 10320 | 34,01 | 20,3 | 35,56 | 236 | 320 |
| 120 | 120 | 0,41709 | 49,8  | 7,78 | 2,67 | 6,27 | 0,56 | 0,36 | 0,64 | 0,74 | 2,36 | 3900 | 11700 | 35,4  | 21,9 | 36,82 | 285 | 380 |
| 121 | 121 | 0,41749 | 54,47 | 9,45 | 2,2  | 4,65 | 0,55 | 0,37 | 0,68 | 0,74 | 2,12 | 6880 | 14920 | 37,51 | 26,8 | 39,06 | 341 | 437 |
| 122 | 122 | 0,41867 | 55,8  | 6,99 | 2,63 | 4,95 | 0,59 | 0,42 | 0,7  | 0,77 | 2,41 | 6880 | 14920 | 37,73 | 27,7 | 39,24 | 326 | 441 |
| 123 | 123 | 0,41978 | 54,93 | 8,8  | 2,14 | 4,28 | 0,62 | 0,44 | 0,7  | 0,8  | 2,08 | 6880 | 14920 | 35,71 | 25   | 37,32 | 348 | 467 |
| 124 | 124 | 0,42763 | 47,93 | 6,96 | 2,62 | 4,94 | 0,72 | 0,48 | 0,67 | 0,88 | 2,3  | 6880 | 14920 | 33,21 | 23,2 | 34,78 | 320 | 432 |
| 125 | 125 | 0,42882 | 50,36 | 7,86 | 2,81 | 5,05 | 0,58 | 0,38 | 0,65 | 0,77 | 2,45 | 6880 | 14486 | 32,96 | 23,4 | 34,35 | 328 | 436 |
| 126 | 126 | 0,43048 | 54,13 | 9,19 | 2,14 | 4,63 | 0,58 | 0,39 | 0,68 | 0,77 | 2,08 | 6880 | 14920 | 36,98 | 26,1 | 38,56 | 337 | 435 |
| 127 | 127 | 0,4385  | 52,91 | 8,61 | 2,21 | 4,84 | 0,68 | 0,5  | 0,72 | 0,85 | 2,1  | 6880 | 14920 | 31,46 | 22,4 | 33,14 | 366 | 516 |
| 128 | 128 | 0,44141 | 49,32 | 7,24 | 2,5  | 6,05 | 0,6  | 0,45 | 0,76 | 0,78 | 2,24 | 3900 | 11700 | 34,03 | 20,7 | 35,46 | 331 | 417 |
| 129 | 129 | 0,44462 | 50,88 | 8,96 | 2,63 | 5,73 | 0,55 | 0,36 | 0,66 | 0,74 | 2,35 | 3900 | 11700 | 33,2  | 20,5 | 34,61 | 370 | 449 |
| 130 | 130 | 0,44655 | 46,19 | 9,25 | 2,17 | 4,57 | 0,69 | 0,48 | 0,7  | 0,86 | 1,99 | 6880 | 14486 | 31,72 | 21,8 | 33,4  | 323 | 458 |
| 131 | 131 | 0,44767 | 52,98 | 8,61 | 2,21 | 4,84 | 0,68 | 0,5  | 0,72 | 0,85 | 2,1  | 6880 | 14920 | 31,42 | 22,4 | 33,11 | 365 | 515 |
| 132 | 132 | 0,4514  | 53,75 | 7,65 | 1,58 | 4,39 | 0,74 | 0,63 | 0,85 | 0,9  | 1,71 | 6880 | 14920 | 32,63 | 23,1 | 34,54 | 274 | 422 |
| 133 | 133 | 0,45807 | 55,37 | 6,66 | 1,94 | 5,37 | 0,68 | 0,56 | 0,83 | 0,85 | 1,96 | 6880 | 14920 | 33,22 | 23,5 | 34,79 | 274 | 415 |
| 134 | 134 | 0,46498 | 45,68 | 9,5  | 2,86 | 5,82 | 0,61 | 0,36 | 0,6  | 0,79 | 2,43 | 6880 | 14920 | 29,82 | 21,1 | 31,2  | 344 | 465 |
| 135 | 135 | 0,4681  | 60,52 | 7,97 | 2,98 | 5,46 | 0,55 | 0,32 | 0,59 | 0,74 | 2,69 | 6880 | 14920 | 37,99 | 27,3 | 39,46 | 356 | 479 |
| 136 | 136 | 0,46901 | 45,18 | 8,1  | 2,31 | 4,82 | 0,6  | 0,43 | 0,71 | 0,78 | 2,07 | 3440 | 10320 | 34,49 | 20,4 | 36,04 | 295 | 373 |
| 137 | 137 | 0,47196 | 47,16 | 6,79 | 2,49 | 4,45 | 0,71 | 0,44 | 0,62 | 0,87 | 2,21 | 3440 | 10320 | 32,88 | 20,6 | 34,46 | 279 | 364 |
| 138 | 138 | 0,47822 | 44,44 | 8,96 | 2,1  | 5    | 0,63 | 0,49 | 0,78 | 0,8  | 1,92 | 3900 | 11700 | 32,01 | 19,6 | 33,65 | 322 | 421 |
| 139 | 139 | 0,48015 | 41,39 | 7,95 | 1,89 | 4,72 | 0,68 | 0,52 | 0,77 | 0,84 | 1,75 | 3440 | 10320 | 26,04 | 17,6 | 27,71 | 242 | 332 |
| 140 | 140 | 0,48172 | 51,51 | 7,17 | 2,76 | 5,02 | 0,7  | 0,42 | 0,61 | 0,86 | 2,44 | 6880 | 14920 | 34,98 | 24,7 | 36,55 | 332 | 445 |
| 141 | 141 | 0,49916 | 49,63 | 8,35 | 2,59 | 4,97 | 0,65 | 0,39 | 0,6  | 0,82 | 2,3  | 3900 | 11700 | 33,65 | 20,9 | 35,22 | 342 | 429 |
| 142 | 142 | 0,50052 | 55,84 | 8,65 | 2,45 | 5,56 | 0,6  | 0,41 | 0,68 | 0,78 | 2,29 | 6880 | 14486 | 30,8  | 22,6 | 32,25 | 352 | 499 |
| 143 | 143 | 0,50123 | 53,85 | 7,49 | 2,35 | 4,38 | 0,74 | 0,48 | 0,65 | 0,9  | 2,21 | 6880 | 14920 | 29,32 | 21,8 | 30,9  | 349 | 469 |
| 144 | 144 | 0,50772 | 49,93 | 7,91 | 2,34 | 4,69 | 0,65 | 0,5  | 0,77 | 0,82 | 2,15 | 6880 | 14920 | 33,17 | 23,1 | 34,77 | 343 | 478 |
| 145 | 145 | 0,51243 | 45,19 | 9,72 | 2,01 | 4,9  | 0,7  | 0,52 | 0,74 | 0,86 | 1,88 | 6880 | 14920 | 29,49 | 20,9 | 31,35 | 344 | 477 |
| 146 | 146 | 0,51321 | 46,43 | 7,54 | 2,28 | 4,94 | 0,67 | 0,42 | 0,63 | 0,84 | 2,06 | 3900 | 11700 | 35,17 | 21,5 | 36,82 | 264 | 347 |
| 147 | 147 | 0,5172  | 43,61 | 8,39 | 1,85 | 5,05 | 0,72 | 0,59 | 0,82 | 0,88 | 1,75 | 6880 | 14486 | 26,4  | 19,8 | 28,23 | 299 | 410 |
| 148 | 148 | 0,52211 | 45,43 | 9,41 | 2,07 | 5,68 | 0,59 | 0,5  | 0,84 | 0,77 | 1,92 | 6880 | 14486 | 30,05 | 20,8 | 31,66 | 335 | 457 |
| 149 | 149 | 0,52681 | 49,38 | 8,99 | 2,2  | 4,57 | 0,58 | 0,45 | 0,77 | 0,76 | 2,05 | 6880 | 14920 | 36,12 | 24,9 | 37,69 | 338 | 450 |
| 150 | 150 | 0,5279  | 52,99 | 8,62 | 2,21 | 4,85 | 0,68 | 0,5  | 0,72 | 0,85 | 2,1  | 6880 | 14920 | 31,4  | 22,4 | 33,09 | 365 | 516 |
| 151 | 151 | 0,53154 | 48,38 | 9,61 | 2,04 | 4,94 | 0,58 | 0,47 | 0,81 | 0,77 | 1,93 | 6880 | 14920 | 31,55 | 21,5 | 33,08 | 355 | 466 |
| 152 | 152 | 0,53478 | 47,22 | 7,97 | 1,89 | 4,53 | 0,7  | 0,58 | 0,84 | 0,86 | 1,82 | 3900 | 11700 | 31,85 | 19,7 | 33,65 | 321 | 427 |
| 153 | 153 | 0,53737 | 51,62 | 9,14 | 1,86 | 4,35 | 0,65 | 0,51 | 0,78 | 0,82 | 1,86 | 3900 | 11700 | 30,87 | 19,7 | 32,48 | 345 | 459 |
| 154 | 154 | 0,5396  | 55,84 | 6,75 | 1,97 | 5,41 | 0,67 | 0,56 | 0,83 | 0,84 | 1,99 | 6880 | 14920 | 33,15 | 23,4 | 34,7  | 280 | 427 |

|     |     |         |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |      |       |     |     |
|-----|-----|---------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|-------|-----|-----|
| 155 | 155 | 0,55038 | 53,99 | 7,05 | 2,5  | 4,73 | 0,56 | 0,38 | 0,68 | 0,75 | 2,3  | 3440 | 10320 | 37,86 | 23   | 39,36 | 300 | 377 |
| 156 | 156 | 0,56376 | 51,12 | 6,59 | 2,64 | 4,81 | 0,67 | 0,48 | 0,71 | 0,84 | 2,35 | 6880 | 14486 | 31,22 | 22,6 | 32,66 | 310 | 437 |
| 157 | 157 | 0,56834 | 44,44 | 8,73 | 2,32 | 5,87 | 0,68 | 0,47 | 0,69 | 0,84 | 2,06 | 6880 | 14486 | 32,1  | 22   | 33,71 | 273 | 432 |
| 158 | 158 | 0,57434 | 46,81 | 7,11 | 2,08 | 5,42 | 0,71 | 0,6  | 0,84 | 0,87 | 1,94 | 3900 | 11700 | 29,93 | 19,6 | 31,68 | 324 | 425 |
| 159 | 159 | 0,57488 | 58,94 | 7,08 | 1,94 | 5,16 | 0,6  | 0,47 | 0,79 | 0,78 | 2,01 | 6880 | 14486 | 35,42 | 25,6 | 36,9  | 275 | 397 |
| 160 | 160 | 0,57714 | 44,51 | 8,55 | 2,27 | 5,88 | 0,71 | 0,49 | 0,69 | 0,87 | 2,03 | 6880 | 14486 | 30,95 | 21,6 | 32,64 | 273 | 434 |
| 161 | 161 | 0,58156 | 55,84 | 8,65 | 2,45 | 5,55 | 0,6  | 0,41 | 0,68 | 0,78 | 2,29 | 6880 | 14486 | 30,76 | 22,6 | 32,21 | 351 | 499 |
| 162 | 162 | 0,59375 | 44,04 | 8,6  | 1,82 | 4,25 | 0,7  | 0,55 | 0,79 | 0,87 | 1,74 | 6880 | 14920 | 28,8  | 20,4 | 30,57 | 273 | 393 |
| 163 | 163 | 0,59896 | 51,58 | 9,08 | 2,67 | 5,81 | 0,55 | 0,36 | 0,66 | 0,74 | 2,38 | 3900 | 11700 | 32,63 | 20,3 | 34,04 | 382 | 468 |
| 164 | 164 | 0,61447 | 50,94 | 9,04 | 2,65 | 5,74 | 0,55 | 0,36 | 0,66 | 0,74 | 2,36 | 3900 | 11700 | 32,97 | 20,3 | 34,37 | 374 | 459 |
| 165 | 165 | 0,62217 | 56,07 | 6,6  | 1,93 | 5,45 | 0,68 | 0,56 | 0,82 | 0,85 | 1,96 | 6880 | 14920 | 33,54 | 23,7 | 35,09 | 274 | 414 |
| 166 | 166 | 0,62388 | 44,19 | 8,53 | 2,8  | 5,37 | 0,6  | 0,4  | 0,67 | 0,78 | 2,37 | 6880 | 14486 | 30,69 | 21,6 | 32,32 | 309 | 435 |
| 167 | 167 | 0,62783 | 43,88 | 8,64 | 1,86 | 5,06 | 0,71 | 0,58 | 0,82 | 0,87 | 1,76 | 6880 | 14486 | 26,04 | 19,7 | 27,88 | 305 | 423 |
| 168 | 168 | 0,64366 | 46,98 | 7,69 | 2,69 | 4,74 | 0,69 | 0,4  | 0,57 | 0,85 | 2,34 | 3900 | 11700 | 32,93 | 20,7 | 34,52 | 312 | 396 |
| 169 | 169 | 0,64521 | 52,36 | 7,25 | 2,2  | 4,03 | 0,74 | 0,54 | 0,74 | 0,89 | 2,09 | 6880 | 14920 | 31,59 | 22,7 | 33,31 | 332 | 467 |
| 170 | 170 | 0,65473 | 49,31 | 7,23 | 2,5  | 6,05 | 0,6  | 0,45 | 0,76 | 0,78 | 2,24 | 3900 | 11700 | 34,02 | 20,7 | 35,44 | 331 | 417 |
| 171 | 171 | 0,66276 | 47,27 | 8,14 | 2,1  | 5,59 | 0,73 | 0,49 | 0,67 | 0,89 | 1,96 | 6880 | 14486 | 28,89 | 21,1 | 30,61 | 273 | 412 |
| 172 | 172 | 0,66567 | 44,02 | 8,44 | 1,88 | 5,1  | 0,72 | 0,59 | 0,82 | 0,88 | 1,78 | 6880 | 14486 | 25,89 | 19,7 | 27,7  | 306 | 424 |
| 173 | 173 | 0,66902 | 47,89 | 8,24 | 2,72 | 4,76 | 0,66 | 0,37 | 0,55 | 0,83 | 2,37 | 6880 | 14486 | 30,75 | 22,4 | 32,23 | 298 | 404 |
| 174 | 174 | 0,67703 | 45,39 | 9,74 | 2,02 | 4,93 | 0,7  | 0,52 | 0,74 | 0,86 | 1,88 | 6880 | 14920 | 29,53 | 20,9 | 31,38 | 346 | 478 |
| 175 | 175 | 0,67704 | 54,6  | 6,96 | 1,82 | 4,7  | 0,72 | 0,57 | 0,8  | 0,88 | 1,88 | 6880 | 14486 | 31,57 | 22,8 | 33,21 | 309 | 411 |
| 176 | 176 | 0,68975 | 46,54 | 8,93 | 1,94 | 4,95 | 0,67 | 0,42 | 0,63 | 0,84 | 1,84 | 3900 | 11700 | 34,83 | 21   | 36,58 | 266 | 350 |
| 177 | 177 | 0,6916  | 54,13 | 7,88 | 2,61 | 5,99 | 0,64 | 0,43 | 0,67 | 0,81 | 2,37 | 6880 | 14920 | 35,65 | 24,8 | 37,19 | 362 | 490 |
| 178 | 178 | 0,70333 | 43,26 | 8,31 | 2,54 | 5,28 | 0,59 | 0,42 | 0,72 | 0,77 | 2,19 | 3440 | 10320 | 26,9  | 17,6 | 28,46 | 301 | 398 |
| 179 | 179 | 0,70792 | 44,84 | 7,86 | 2,85 | 6,41 | 0,65 | 0,42 | 0,65 | 0,83 | 2,41 | 3900 | 11700 | 31,67 | 19,8 | 33,16 | 346 | 439 |
| 180 | 180 | 0,71219 | 44,6  | 8,48 | 1,89 | 5,17 | 0,72 | 0,59 | 0,82 | 0,88 | 1,79 | 6880 | 14486 | 25,69 | 19,7 | 27,45 | 315 | 433 |
| 181 | 181 | 0,71478 | 44,53 | 9,2  | 2,23 | 4,79 | 0,6  | 0,44 | 0,74 | 0,78 | 2,01 | 3440 | 10320 | 25,69 | 17,4 | 27,33 | 314 | 419 |
| 182 | 182 | 0,71693 | 55,95 | 8,66 | 2,45 | 5,56 | 0,6  | 0,41 | 0,68 | 0,78 | 2,3  | 6880 | 14486 | 30,72 | 22,6 | 32,18 | 353 | 501 |
| 183 | 183 | 0,72733 | 53,41 | 10   | 2,2  | 4,25 | 0,63 | 0,4  | 0,64 | 0,8  | 2,1  | 6880 | 14920 | 30,1  | 21,8 | 31,65 | 349 | 484 |
| 184 | 184 | 0,73063 | 54,12 | 8,35 | 2,75 | 4,35 | 0,56 | 0,35 | 0,63 | 0,75 | 2,46 | 3440 | 10320 | 31,82 | 20,3 | 33,14 | 351 | 450 |
| 185 | 185 | 0,73176 | 43,59 | 8,52 | 2,79 | 5,25 | 0,6  | 0,4  | 0,67 | 0,78 | 2,35 | 6880 | 14486 | 30,77 | 21,6 | 32,38 | 304 | 428 |
| 186 | 186 | 0,7328  | 47,59 | 9,54 | 2,59 | 4,82 | 0,58 | 0,36 | 0,62 | 0,76 | 2,27 | 6880 | 14486 | 32,24 | 22,5 | 33,66 | 321 | 432 |
| 187 | 187 | 0,74083 | 41,39 | 7,95 | 1,89 | 4,72 | 0,68 | 0,52 | 0,77 | 0,84 | 1,75 | 3440 | 10320 | 26,04 | 17,6 | 27,71 | 242 | 332 |
| 188 | 188 | 0,7517  | 54,21 | 10,3 | 2,27 | 4,6  | 0,55 | 0,31 | 0,57 | 0,74 | 2,15 | 3440 | 10320 | 35,31 | 22,2 | 36,84 | 323 | 401 |
| 189 | 189 | 0,75287 | 48,82 | 8,85 | 2,76 | 6,73 | 0,6  | 0,44 | 0,73 | 0,78 | 2,4  | 6880 | 14920 | 28,67 | 20,8 | 30,37 | 382 | 536 |
| 190 | 190 | 0,75605 | 49,26 | 7,58 | 2,03 | 4,07 | 0,73 | 0,55 | 0,75 | 0,89 | 1,94 | 3900 | 11700 | 27,9  | 19,3 | 29,53 | 323 | 425 |

|     |     |         |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |      |       |     |     |
|-----|-----|---------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|-------|-----|-----|
| 191 | 191 | 0,77106 | 54,72 | 8,75 | 2,06 | 4,61 | 0,62 | 0,49 | 0,79 | 0,8  | 2,03 | 6880 | 14920 | 34,89 | 23,8 | 36,5  | 362 | 501 |
| 192 | 192 | 0,78327 | 50,2  | 8,18 | 2,11 | 4,96 | 0,7  | 0,46 | 0,66 | 0,86 | 2    | 3440 | 10320 | 27,86 | 19,1 | 29,4  | 315 | 415 |
| 193 | 193 | 0,7837  | 44,67 | 8,51 | 2,26 | 5,9  | 0,72 | 0,5  | 0,69 | 0,88 | 2,03 | 6880 | 14486 | 30,34 | 21,4 | 32,07 | 277 | 439 |
| 194 | 194 | 0,78393 | 47,65 | 9,91 | 1,99 | 4,91 | 0,62 | 0,49 | 0,79 | 0,8  | 1,89 | 6880 | 14920 | 33,25 | 22,3 | 34,89 | 341 | 475 |
| 195 | 195 | 0,79686 | 51,28 | 9,6  | 1,96 | 3,94 | 0,58 | 0,45 | 0,78 | 0,76 | 1,92 | 3900 | 11700 | 31,71 | 20,1 | 33,21 | 344 | 450 |
| 196 | 196 | 0,79904 | 43,65 | 8,38 | 1,99 | 4,98 | 0,68 | 0,52 | 0,77 | 0,84 | 1,84 | 3440 | 10320 | 24,02 | 17,3 | 25,51 | 298 | 390 |
| 197 | 197 | 0,79926 | 52,04 | 6,4  | 1,93 | 4,21 | 0,71 | 0,6  | 0,84 | 0,87 | 1,91 | 3440 | 10320 | 26,84 | 18,9 | 28,41 | 312 | 396 |
| 198 | 198 | 0,82092 | 45,29 | 8,59 | 2,43 | 6,47 | 0,57 | 0,46 | 0,8  | 0,76 | 2,15 | 3900 | 11700 | 30,78 | 19,4 | 32,2  | 353 | 446 |
| 199 | 199 | 0,822   | 48,43 | 8,85 | 2,48 | 4,68 | 0,56 | 0,41 | 0,74 | 0,75 | 2,22 | 6880 | 14486 | 31,37 | 22,4 | 32,76 | 322 | 452 |

Generacija 300

| PB | PR | SO | LWL   | B    | T    | H <sub>T10</sub> | C <sub>P</sub> | C <sub>B</sub> | C <sub>M</sub> | C <sub>WP</sub> | D <sub>P</sub> | P <sub>PAT</sub> | P <sub>MCR</sub> | U <sub>S</sub> | U <sub>E</sub> | U <sub>MAX</sub> | W <sub>LS</sub> | W <sub>T</sub> |
|----|----|----|-------|------|------|------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|------------------|------------------|----------------|----------------|------------------|-----------------|----------------|
| 0  | 1  | 0  | 45,05 | 6,49 | 2,19 | 4,53             | 0,75           | 0,57           | 0,76           | 0,9             | 1,99           | 3440             | 10320            | 28,85          | 19,22          | 30,53            | 287             | 375            |
| 1  | 1  | 0  | 51,64 | 6,85 | 2,3  | 5,15             | 0,75           | 0,58           | 0,78           | 0,9             | 2,14           | 6880             | 14486            | 31,99          | 22,94          | 33,8             | 340             | 492            |
| 2  | 1  | 0  | 49,98 | 6,89 | 2,33 | 4,87             | 0,75           | 0,56           | 0,74           | 0,9             | 2,14           | 3900             | 11700            | 30,68          | 20,06          | 32,65            | 346             | 460            |
| 3  | 1  | 0  | 51,64 | 6,85 | 2,3  | 5,15             | 0,75           | 0,58           | 0,78           | 0,9             | 2,14           | 6880             | 14486            | 31,99          | 22,94          | 33,8             | 340             | 492            |
| 4  | 1  | 0  | 48,78 | 6,54 | 2,2  | 4,39             | 0,75           | 0,58           | 0,77           | 0,91            | 2,04           | 3440             | 10320            | 28,7           | 19,54          | 30,37            | 312             | 415            |
| 5  | 1  | 0  | 47,81 | 6,46 | 2,17 | 4,75             | 0,75           | 0,58           | 0,77           | 0,91            | 2,01           | 3440             | 10320            | 29,17          | 19,59          | 30,85            | 300             | 398            |
| 6  | 1  | 0  | 48,82 | 6,82 | 2,29 | 4,85             | 0,75           | 0,53           | 0,71           | 0,9             | 2,1            | 3440             | 10320            | 28,58          | 19,51          | 30,21            | 314             | 415            |
| 7  | 1  | 0  | 48,1  | 6,98 | 2,37 | 4,71             | 0,75           | 0,56           | 0,74           | 0,91            | 2,14           | 3900             | 11700            | 29,5           | 19,62          | 31,65            | 343             | 458            |
| 8  | 1  | 0  | 48,36 | 6,96 | 2,33 | 4,81             | 0,75           | 0,53           | 0,71           | 0,9             | 2,12           | 3440             | 10320            | 29             | 19,4           | 30,94            | 322             | 429            |
| 9  | 1  | 0  | 48,58 | 6,78 | 2,27 | 4,83             | 0,75           | 0,53           | 0,71           | 0,9             | 2,09           | 3440             | 10320            | 29             | 19,58          | 30,65            | 312             | 410            |
| 10 | 1  | 0  | 47,82 | 6,46 | 2,17 | 4,75             | 0,75           | 0,58           | 0,77           | 0,91            | 2,01           | 3440             | 10320            | 29,16          | 19,59          | 30,84            | 301             | 398            |
| 11 | 1  | 0  | 47,66 | 6,33 | 2,13 | 4,71             | 0,75           | 0,58           | 0,78           | 0,91            | 1,98           | 3440             | 10320            | 29,72          | 19,74          | 31,41            | 293             | 386            |
| 12 | 1  | 0  | 48,1  | 6,38 | 2,14 | 4,81             | 0,75           | 0,58           | 0,77           | 0,9             | 2              | 3440             | 10320            | 29,63          | 19,77          | 31,32            | 298             | 390            |
| 13 | 1  | 0  | 48    | 6,5  | 2,18 | 4,77             | 0,74           | 0,57           | 0,77           | 0,9             | 2,02           | 3440             | 10320            | 29,49          | 19,68          | 31,16            | 303             | 398            |
| 14 | 1  | 0  | 46,84 | 6,67 | 2,19 | 4,69             | 0,75           | 0,58           | 0,78           | 0,9             | 2,01           | 3440             | 10320            | 28,02          | 19,14          | 29,77            | 308             | 410            |
| 15 | 1  | 0  | 48,35 | 6,76 | 2,27 | 4,81             | 0,75           | 0,53           | 0,71           | 0,91            | 2,08           | 3440             | 10320            | 28,94          | 19,58          | 30,59            | 308             | 406            |
| 16 | 1  | 0  | 46,18 | 6,73 | 2,26 | 5,16             | 0,75           | 0,56           | 0,75           | 0,91            | 2,05           | 3440             | 10320            | 29,03          | 19,24          | 30,98            | 307             | 406            |
| 17 | 1  | 0  | 45,25 | 6,56 | 2,2  | 4,48             | 0,75           | 0,58           | 0,78           | 0,91            | 2              | 3440             | 10320            | 28,09          | 19,02          | 29,76            | 294             | 391            |
| 18 | 1  | 0  | 47,85 | 6,47 | 2,17 | 4,75             | 0,74           | 0,57           | 0,77           | 0,9             | 2,01           | 3440             | 10320            | 29,66          | 19,71          | 31,34            | 300             | 393            |
| 19 | 1  | 0  | 46,26 | 6,73 | 2,28 | 5,13             | 0,74           | 0,56           | 0,75           | 0,9             | 2,06           | 3440             | 10320            | 29,29          | 19,3           | 31,26            | 307             | 406            |
| 20 | 1  | 0  | 48,53 | 6,76 | 2,27 | 4,83             | 0,75           | 0,53           | 0,71           | 0,91            | 2,08           | 3440             | 10320            | 29,1           | 19,61          | 30,75            | 310             | 408            |
| 21 | 1  | 0  | 45,21 | 6,51 | 2,18 | 4,48             | 0,75           | 0,58           | 0,78           | 0,91            | 1,98           | 3440             | 10320            | 28,7           | 19,16          | 30,45            | 288             | 384            |
| 22 | 1  | 0  | 48,22 | 6,4  | 2,15 | 4,83             | 0,75           | 0,58           | 0,77           | 0,9             | 2              | 3440             | 10320            | 29,54          | 19,75          | 31,23            | 300             | 393            |
| 23 | 1  | 0  | 47,6  | 6,65 | 2,66 | 5,27             | 0,74           | 0,51           | 0,69           | 0,9             | 2,32           | 3900             | 11700            | 30,68          | 19,99          | 32,54            | 337             | 443            |
| 24 | 1  | 0  | 48,67 | 6,81 | 2,28 | 4,81             | 0,75           | 0,53           | 0,71           | 0,9             | 2,09           | 3440             | 10320            | 28,59          | 19,51          | 30,23            | 313             | 414            |
| 25 | 1  | 0  | 48,19 | 6,48 | 2,17 | 4,8              | 0,74           | 0,57           | 0,77           | 0,9             | 2,02           | 3440             | 10320            | 29,67          | 19,75          | 31,34            | 303             | 397            |
| 26 | 1  | 0  | 45,07 | 6,49 | 2,19 | 4,53             | 0,75           | 0,57           | 0,76           | 0,9             | 1,99           | 3440             | 10320            | 28,84          | 19,22          | 30,51            | 287             | 376            |
| 27 | 1  | 0  | 44,91 | 6,5  | 2,19 | 4,49             | 0,75           | 0,57           | 0,76           | 0,91            | 1,99           | 3440             | 10320            | 28,68          | 19,17          | 30,36            | 286             | 375            |
| 28 | 1  | 0  | 46,25 | 6,75 | 2,26 | 5,11             | 0,75           | 0,56           | 0,75           | 0,91            | 2,05           | 3440             | 10320            | 29,04          | 19,24          | 31,03            | 307             | 407            |
| 29 | 1  | 0  | 45,07 | 6,49 | 2,19 | 4,53             | 0,75           | 0,57           | 0,76           | 0,9             | 1,99           | 3440             | 10320            | 28,84          | 19,22          | 30,51            | 287             | 376            |
| 30 | 1  | 0  | 46,02 | 6,79 | 2,28 | 5,12             | 0,74           | 0,55           | 0,74           | 0,9             | 2,06           | 3440             | 10320            | 29,23          | 19,25          | 31,25            | 309             | 408            |
| 31 | 1  | 0  | 46,24 | 6,73 | 2,28 | 5,13             | 0,74           | 0,56           | 0,75           | 0,9             | 2,06           | 3440             | 10320            | 29,32          | 19,31          | 31,28            | 306             | 406            |
| 32 | 1  | 0  | 45,26 | 6,51 | 2,18 | 4,49             | 0,75           | 0,58           | 0,78           | 0,91            | 1,99           | 3440             | 10320            | 28,41          | 19,11          | 30,09            | 290             | 387            |
| 33 | 1  | 0  | 46,19 | 6,72 | 2,27 | 5,12             | 0,74           | 0,56           | 0,75           | 0,9             | 2,06           | 3440             | 10320            | 29,37          | 19,32          | 31,34            | 304             | 403            |

|    |   |   |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |     |     |
|----|---|---|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|
| 34 | 1 | 0 | 45,47 | 6,54 | 2,19 | 4,5  | 0,75 | 0,58 | 0,78 | 0,91 | 1,99 | 3440 | 10320 | 28,2  | 19,08 | 29,88 | 290 | 391 |
| 35 | 1 | 0 | 46,08 | 6,73 | 2,26 | 5,16 | 0,75 | 0,56 | 0,74 | 0,91 | 2,04 | 3440 | 10320 | 29,14 | 19,26 | 31,09 | 305 | 404 |
| 36 | 1 | 0 | 44,86 | 6,49 | 2,18 | 4,44 | 0,75 | 0,58 | 0,78 | 0,9  | 1,98 | 3440 | 10320 | 28,54 | 19,11 | 30,22 | 285 | 379 |
| 37 | 1 | 0 | 45,76 | 6,44 | 2,16 | 4,58 | 0,75 | 0,58 | 0,77 | 0,9  | 1,98 | 3440 | 10320 | 28,95 | 19,32 | 30,63 | 287 | 380 |
| 38 | 1 | 0 | 46,27 | 6,51 | 2,18 | 4,63 | 0,75 | 0,58 | 0,77 | 0,9  | 2    | 3440 | 10320 | 28,52 | 19,25 | 30,19 | 293 | 393 |
| 39 | 1 | 0 | 48,08 | 6,72 | 2,25 | 4,78 | 0,75 | 0,53 | 0,71 | 0,9  | 2,07 | 3440 | 10320 | 29,15 | 19,62 | 30,81 | 299 | 397 |
| 40 | 1 | 0 | 45,64 | 6,56 | 2,2  | 4,51 | 0,75 | 0,58 | 0,78 | 0,91 | 2    | 3440 | 10320 | 29,28 | 19,26 | 31,29 | 296 | 396 |
| 41 | 1 | 0 | 48,33 | 6,96 | 2,33 | 4,78 | 0,75 | 0,53 | 0,71 | 0,9  | 2,12 | 3440 | 10320 | 28,97 | 19,39 | 30,91 | 322 | 429 |
| 42 | 1 | 0 | 48,28 | 6,74 | 2,26 | 4,8  | 0,75 | 0,53 | 0,71 | 0,9  | 2,07 | 3440 | 10320 | 28,99 | 19,59 | 30,65 | 304 | 402 |
| 43 | 1 | 0 | 45,22 | 6,5  | 2,18 | 4,48 | 0,75 | 0,58 | 0,78 | 0,91 | 1,98 | 3440 | 10320 | 28,44 | 19,12 | 30,13 | 290 | 384 |
| 44 | 1 | 0 | 45,22 | 6,46 | 2,17 | 4,55 | 0,75 | 0,58 | 0,78 | 0,91 | 1,97 | 3440 | 10320 | 28,69 | 19,19 | 30,37 | 286 | 380 |
| 45 | 1 | 0 | 47,92 | 6,36 | 2,13 | 4,8  | 0,75 | 0,58 | 0,77 | 0,9  | 1,99 | 3440 | 10320 | 28,78 | 19,66 | 30,46 | 293 | 386 |
| 46 | 1 | 0 | 46,69 | 6,64 | 2,19 | 4,67 | 0,75 | 0,58 | 0,78 | 0,91 | 2,01 | 3440 | 10320 | 28,19 | 19,17 | 29,95 | 308 | 408 |
| 47 | 1 | 0 | 48,15 | 6,53 | 2,19 | 4,79 | 0,74 | 0,57 | 0,77 | 0,9  | 2,03 | 3440 | 10320 | 29,26 | 19,63 | 30,93 | 305 | 404 |
| 48 | 1 | 0 | 45,27 | 6,52 | 2,19 | 4,48 | 0,75 | 0,58 | 0,78 | 0,91 | 1,99 | 3440 | 10320 | 28,82 | 19,18 | 30,63 | 291 | 386 |
| 49 | 1 | 0 | 48,01 | 6,37 | 2,14 | 4,8  | 0,75 | 0,58 | 0,77 | 0,9  | 1,99 | 3440 | 10320 | 29,71 | 19,78 | 31,4  | 295 | 388 |
| 50 | 1 | 0 | 47,93 | 6,46 | 2,17 | 4,76 | 0,74 | 0,57 | 0,77 | 0,9  | 2,01 | 3440 | 10320 | 29,69 | 19,73 | 31,36 | 298 | 393 |
| 51 | 1 | 0 | 45,58 | 6,56 | 2,2  | 4,51 | 0,75 | 0,58 | 0,78 | 0,91 | 2    | 3440 | 10320 | 28,11 | 19,06 | 29,79 | 297 | 394 |
| 52 | 1 | 0 | 47,97 | 6,39 | 2,15 | 4,77 | 0,75 | 0,58 | 0,77 | 0,9  | 2    | 3440 | 10320 | 29,64 | 19,74 | 31,33 | 296 | 390 |
| 53 | 1 | 0 | 45,14 | 6,55 | 2,2  | 4,47 | 0,75 | 0,58 | 0,78 | 0,91 | 1,99 | 3440 | 10320 | 28,14 | 19,03 | 29,82 | 292 | 389 |
| 54 | 1 | 0 | 48,03 | 6,89 | 2,31 | 4,78 | 0,75 | 0,53 | 0,71 | 0,91 | 2,1  | 3440 | 10320 | 28,62 | 19,37 | 30,33 | 314 | 418 |
| 55 | 1 | 0 | 46,72 | 6,62 | 2,18 | 4,68 | 0,75 | 0,59 | 0,78 | 0,91 | 2    | 3440 | 10320 | 28,12 | 19,16 | 29,89 | 307 | 406 |
| 56 | 1 | 0 | 48,03 | 6,47 | 2,17 | 4,78 | 0,74 | 0,57 | 0,77 | 0,9  | 2,01 | 3440 | 10320 | 29,7  | 19,74 | 31,37 | 301 | 395 |
| 57 | 1 | 0 | 45,64 | 6,46 | 2,19 | 4,58 | 0,75 | 0,59 | 0,78 | 0,91 | 1,99 | 3440 | 10320 | 28,41 | 19,16 | 30,11 | 295 | 390 |
| 58 | 1 | 0 | 48,66 | 6,78 | 2,27 | 4,85 | 0,75 | 0,53 | 0,71 | 0,9  | 2,09 | 3440 | 10320 | 28,79 | 19,56 | 30,43 | 312 | 412 |
| 59 | 1 | 0 | 48,67 | 6,81 | 2,28 | 4,81 | 0,75 | 0,53 | 0,71 | 0,9  | 2,09 | 3440 | 10320 | 28,59 | 19,51 | 30,23 | 313 | 415 |
| 60 | 1 | 0 | 45,64 | 6,49 | 2,29 | 4,59 | 0,75 | 0,56 | 0,75 | 0,91 | 2,06 | 3440 | 10320 | 29,02 | 19,28 | 30,78 | 295 | 391 |
| 61 | 1 | 0 | 48,28 | 6,74 | 2,26 | 4,82 | 0,75 | 0,53 | 0,71 | 0,9  | 2,07 | 3440 | 10320 | 29,24 | 19,63 | 30,9  | 305 | 403 |
| 62 | 1 | 0 | 45,1  | 6,49 | 2,19 | 4,53 | 0,75 | 0,57 | 0,76 | 0,9  | 1,99 | 3440 | 10320 | 28,81 | 19,21 | 30,49 | 288 | 376 |
| 63 | 1 | 0 | 45,62 | 6,55 | 2,26 | 4,49 | 0,75 | 0,56 | 0,75 | 0,91 | 2,04 | 3440 | 10320 | 28,34 | 19,15 | 29,99 | 289 | 390 |
| 64 | 1 | 0 | 47,9  | 6,44 | 2,16 | 4,75 | 0,75 | 0,58 | 0,77 | 0,91 | 2,01 | 3440 | 10320 | 29,78 | 19,69 | 31,48 | 301 | 396 |
| 65 | 1 | 0 | 47,72 | 6,41 | 2,11 | 4,51 | 0,75 | 0,58 | 0,78 | 0,91 | 1,97 | 3440 | 10320 | 29,4  | 19,68 | 31,11 | 294 | 386 |
| 66 | 1 | 0 | 46,04 | 6,47 | 2,17 | 4,61 | 0,75 | 0,58 | 0,78 | 0,91 | 1,99 | 3440 | 10320 | 29,02 | 19,33 | 30,76 | 293 | 387 |
| 67 | 1 | 0 | 46,32 | 6,78 | 2,27 | 5,13 | 0,75 | 0,56 | 0,75 | 0,9  | 2,06 | 3440 | 10320 | 29,19 | 19,27 | 31,21 | 311 | 410 |
| 68 | 1 | 0 | 46,18 | 6,75 | 2,26 | 5,16 | 0,75 | 0,56 | 0,74 | 0,9  | 2,05 | 3440 | 10320 | 29,04 | 19,24 | 30,99 | 307 | 406 |
| 69 | 1 | 0 | 47,73 | 6,44 | 2,16 | 4,74 | 0,75 | 0,58 | 0,77 | 0,9  | 2    | 3440 | 10320 | 29,24 | 19,61 | 30,92 | 300 | 394 |

|     |   |   |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |     |     |
|-----|---|---|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|
| 70  | 1 | 0 | 46,72 | 6,61 | 2,18 | 4,68 | 0,75 | 0,59 | 0,78 | 0,9  | 2    | 3440 | 10320 | 28,14 | 19,16 | 29,91 | 307 | 406 |
| 71  | 1 | 0 | 46,34 | 6,74 | 2,27 | 4,67 | 0,75 | 0,56 | 0,75 | 0,91 | 2,06 | 3440 | 10320 | 28,96 | 19,24 | 30,95 | 307 | 408 |
| 72  | 1 | 0 | 48,04 | 6,86 | 2,3  | 4,78 | 0,75 | 0,53 | 0,71 | 0,91 | 2,1  | 3440 | 10320 | 28,6  | 19,37 | 30,32 | 315 | 418 |
| 73  | 1 | 0 | 45,71 | 6,5  | 2,2  | 4,61 | 0,75 | 0,58 | 0,78 | 0,9  | 2    | 3440 | 10320 | 28,45 | 19,16 | 30,2  | 296 | 392 |
| 74  | 1 | 0 | 47,58 | 6,43 | 2,16 | 4,73 | 0,75 | 0,58 | 0,77 | 0,91 | 2    | 3440 | 10320 | 29,35 | 19,62 | 31,04 | 298 | 391 |
| 75  | 1 | 0 | 48,21 | 6,46 | 2,12 | 4,55 | 0,75 | 0,58 | 0,77 | 0,91 | 1,99 | 3440 | 10320 | 29,07 | 19,64 | 30,76 | 300 | 396 |
| 76  | 1 | 0 | 45,47 | 6,46 | 2,19 | 4,58 | 0,75 | 0,58 | 0,78 | 0,9  | 1,99 | 3440 | 10320 | 28,69 | 19,2  | 30,42 | 291 | 388 |
| 77  | 1 | 0 | 45,6  | 6,59 | 2,25 | 4,56 | 0,75 | 0,56 | 0,75 | 0,91 | 2,03 | 3440 | 10320 | 29,11 | 19,26 | 30,89 | 295 | 390 |
| 78  | 1 | 0 | 46,84 | 6,67 | 2,19 | 4,69 | 0,75 | 0,58 | 0,78 | 0,9  | 2,01 | 3440 | 10320 | 28,02 | 19,14 | 29,77 | 308 | 410 |
| 79  | 1 | 0 | 45,96 | 6,46 | 2,17 | 4,6  | 0,75 | 0,58 | 0,78 | 0,9  | 1,98 | 3440 | 10320 | 29,11 | 19,34 | 30,84 | 292 | 385 |
| 80  | 1 | 0 | 45,76 | 6,5  | 2,3  | 4,6  | 0,75 | 0,56 | 0,75 | 0,91 | 2,07 | 3440 | 10320 | 28,98 | 19,28 | 30,76 | 297 | 393 |
| 81  | 1 | 0 | 45,39 | 6,45 | 2,28 | 4,57 | 0,75 | 0,56 | 0,75 | 0,9  | 2,05 | 3440 | 10320 | 29,34 | 19,34 | 31,07 | 290 | 386 |
| 82  | 1 | 0 | 46,24 | 6,77 | 2,27 | 5,12 | 0,74 | 0,56 | 0,75 | 0,9  | 2,05 | 3440 | 10320 | 29,3  | 19,29 | 31,32 | 307 | 407 |
| 83  | 1 | 0 | 45,56 | 6,47 | 2,29 | 4,58 | 0,75 | 0,56 | 0,75 | 0,91 | 2,06 | 3440 | 10320 | 29,11 | 19,3  | 30,86 | 294 | 389 |
| 84  | 1 | 0 | 47,76 | 6,44 | 2,16 | 4,75 | 0,75 | 0,58 | 0,77 | 0,91 | 2    | 3440 | 10320 | 29,22 | 19,61 | 30,9  | 300 | 394 |
| 85  | 1 | 0 | 45,35 | 6,45 | 2,28 | 4,56 | 0,75 | 0,56 | 0,75 | 0,91 | 2,05 | 3440 | 10320 | 29,23 | 19,31 | 30,96 | 290 | 386 |
| 86  | 1 | 0 | 45,36 | 6,44 | 2,28 | 4,56 | 0,75 | 0,56 | 0,75 | 0,91 | 2,05 | 3440 | 10320 | 29,3  | 19,33 | 31,02 | 288 | 384 |
| 87  | 1 | 0 | 47,53 | 6,41 | 2,15 | 4,72 | 0,75 | 0,58 | 0,77 | 0,9  | 1,99 | 3440 | 10320 | 29,4  | 19,64 | 31,09 | 295 | 389 |
| 88  | 1 | 0 | 46,79 | 6,62 | 2,19 | 4,68 | 0,75 | 0,58 | 0,78 | 0,9  | 2,01 | 3440 | 10320 | 28,23 | 19,19 | 30,01 | 307 | 407 |
| 89  | 1 | 0 | 45,77 | 6,51 | 2,14 | 4,58 | 0,75 | 0,58 | 0,78 | 0,91 | 1,96 | 3440 | 10320 | 29,06 | 19,31 | 30,79 | 288 | 382 |
| 90  | 1 | 0 | 47,73 | 6,44 | 2,16 | 4,74 | 0,75 | 0,58 | 0,77 | 0,9  | 2    | 3440 | 10320 | 29,24 | 19,61 | 30,92 | 298 | 393 |
| 91  | 1 | 0 | 47,93 | 6,72 | 2,25 | 4,77 | 0,75 | 0,53 | 0,71 | 0,91 | 2,06 | 3440 | 10320 | 29,03 | 19,57 | 30,69 | 299 | 397 |
| 92  | 1 | 0 | 45,58 | 6,65 | 2,22 | 4,45 | 0,75 | 0,56 | 0,75 | 0,9  | 2,01 | 3440 | 10320 | 28,77 | 19,2  | 30,52 | 294 | 389 |
| 93  | 1 | 0 | 48,15 | 6,53 | 2,19 | 4,79 | 0,74 | 0,57 | 0,77 | 0,9  | 2,03 | 3440 | 10320 | 29,26 | 19,63 | 30,93 | 305 | 404 |
| 94  | 1 | 0 | 47,92 | 6,36 | 2,13 | 4,8  | 0,75 | 0,58 | 0,77 | 0,9  | 1,99 | 3440 | 10320 | 28,78 | 19,66 | 30,46 | 293 | 386 |
| 95  | 1 | 0 | 49,26 | 6,93 | 2,34 | 4,81 | 0,75 | 0,56 | 0,74 | 0,9  | 2,14 | 3900 | 11700 | 30,28 | 19,9  | 32,35 | 345 | 459 |
| 96  | 1 | 0 | 45,68 | 6,66 | 2,23 | 4,46 | 0,75 | 0,56 | 0,75 | 0,9  | 2,02 | 3440 | 10320 | 28,68 | 19,18 | 30,44 | 292 | 392 |
| 97  | 1 | 0 | 46,43 | 6,77 | 2,28 | 5,15 | 0,75 | 0,56 | 0,74 | 0,91 | 2,06 | 3440 | 10320 | 28,92 | 19,23 | 30,92 | 313 | 413 |
| 98  | 1 | 0 | 45,49 | 6,54 | 2,19 | 4,51 | 0,74 | 0,57 | 0,78 | 0,9  | 1,99 | 3440 | 10320 | 28,98 | 19,26 | 30,66 | 289 | 385 |
| 99  | 1 | 0 | 50    | 6,89 | 2,33 | 4,88 | 0,75 | 0,56 | 0,74 | 0,9  | 2,14 | 3900 | 11700 | 30,65 | 20,05 | 32,63 | 347 | 461 |
| 100 | 1 | 0 | 45,97 | 6,73 | 2,27 | 5,13 | 0,74 | 0,55 | 0,74 | 0,9  | 2,05 | 3440 | 10320 | 29,18 | 19,26 | 31    | 300 | 400 |
| 101 | 1 | 0 | 46,38 | 6,53 | 2,19 | 4,65 | 0,75 | 0,58 | 0,77 | 0,9  | 2    | 3440 | 10320 | 28,45 | 19,24 | 30,13 | 299 | 395 |
| 102 | 1 | 0 | 46,2  | 6,5  | 2,18 | 4,63 | 0,75 | 0,58 | 0,77 | 0,9  | 2    | 3440 | 10320 | 28,61 | 19,26 | 30,28 | 296 | 391 |
| 103 | 1 | 0 | 48,99 | 6,98 | 2,35 | 4,84 | 0,75 | 0,56 | 0,74 | 0,9  | 2,14 | 3900 | 11700 | 30,03 | 19,81 | 32,16 | 345 | 460 |
| 104 | 1 | 0 | 45,44 | 6,54 | 2,19 | 4,5  | 0,74 | 0,57 | 0,78 | 0,9  | 1,99 | 3440 | 10320 | 29,01 | 19,26 | 30,69 | 291 | 385 |
| 105 | 1 | 0 | 48,15 | 6,98 | 2,38 | 4,7  | 0,75 | 0,55 | 0,74 | 0,9  | 2,15 | 3900 | 11700 | 29,71 | 19,67 | 31,88 | 343 | 457 |



|     |   |   |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |     |     |
|-----|---|---|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|
| 106 | 1 | 0 | 46,34 | 6,74 | 2,27 | 4,67 | 0,75 | 0,56 | 0,75 | 0,91 | 2,06 | 3440 | 10320 | 29    | 19,25 | 31,02 | 307 | 408 |
| 107 | 1 | 0 | 48,3  | 6,75 | 2,26 | 4,82 | 0,75 | 0,53 | 0,71 | 0,9  | 2,08 | 3440 | 10320 | 28,94 | 19,58 | 30,6  | 304 | 403 |
| 108 | 1 | 0 | 45,74 | 6,63 | 2,23 | 4,6  | 0,75 | 0,57 | 0,75 | 0,91 | 2,02 | 3440 | 10320 | 29,17 | 19,25 | 31    | 293 | 393 |
| 109 | 1 | 0 | 45,51 | 6,45 | 2,19 | 4,59 | 0,75 | 0,58 | 0,78 | 0,9  | 1,99 | 3440 | 10320 | 28,75 | 19,22 | 30,48 | 291 | 385 |
| 110 | 1 | 0 | 45,88 | 6,55 | 2,2  | 4,61 | 0,75 | 0,58 | 0,78 | 0,9  | 2    | 3440 | 10320 | 29,46 | 19,32 | 31,53 | 297 | 396 |
| 111 | 1 | 0 | 48,44 | 6,77 | 2,27 | 4,82 | 0,75 | 0,53 | 0,71 | 0,91 | 2,08 | 3440 | 10320 | 28,83 | 19,55 | 30,48 | 310 | 408 |
| 112 | 1 | 0 | 47,83 | 6,36 | 2,13 | 4,74 | 0,75 | 0,58 | 0,78 | 0,91 | 1,99 | 3440 | 10320 | 29,58 | 19,72 | 31,27 | 297 | 390 |
| 113 | 1 | 0 | 45,6  | 6,62 | 2,24 | 4,47 | 0,75 | 0,56 | 0,75 | 0,91 | 2,03 | 3440 | 10320 | 28,56 | 19,16 | 30,31 | 291 | 391 |
| 114 | 1 | 0 | 45,56 | 6,47 | 2,29 | 4,58 | 0,75 | 0,56 | 0,75 | 0,91 | 2,06 | 3440 | 10320 | 29,1  | 19,3  | 30,85 | 294 | 389 |
| 115 | 1 | 0 | 47,91 | 6,47 | 2,17 | 4,76 | 0,74 | 0,57 | 0,77 | 0,9  | 2,01 | 3440 | 10320 | 29,65 | 19,72 | 31,32 | 300 | 394 |
| 116 | 1 | 0 | 45,58 | 6,59 | 2,25 | 4,55 | 0,75 | 0,56 | 0,75 | 0,9  | 2,03 | 3440 | 10320 | 29,08 | 19,26 | 30,85 | 295 | 390 |
| 117 | 1 | 0 | 47,86 | 6,42 | 2,16 | 4,76 | 0,75 | 0,58 | 0,77 | 0,91 | 2    | 3440 | 10320 | 29,41 | 19,66 | 31,09 | 297 | 392 |
| 118 | 1 | 0 | 46,34 | 6,51 | 2,18 | 4,63 | 0,75 | 0,58 | 0,78 | 0,9  | 2    | 3440 | 10320 | 28,75 | 19,29 | 30,52 | 298 | 394 |
| 119 | 1 | 0 | 45,31 | 6,46 | 2,19 | 4,54 | 0,75 | 0,58 | 0,78 | 0,9  | 1,99 | 3440 | 10320 | 28,47 | 19,14 | 30,17 | 291 | 388 |
| 120 | 1 | 0 | 46,56 | 6,91 | 2,31 | 5,16 | 0,74 | 0,54 | 0,72 | 0,9  | 2,09 | 3440 | 10320 | 29,18 | 19,28 | 31,15 | 313 | 413 |
| 121 | 1 | 0 | 45,53 | 6,49 | 2,2  | 4,59 | 0,75 | 0,58 | 0,78 | 0,9  | 2    | 3440 | 10320 | 28,5  | 19,16 | 30,25 | 294 | 390 |
| 122 | 1 | 0 | 45,55 | 6,49 | 2,2  | 4,58 | 0,75 | 0,58 | 0,78 | 0,9  | 2    | 3440 | 10320 | 28,26 | 19,11 | 29,96 | 295 | 392 |
| 123 | 1 | 0 | 45,62 | 6,55 | 2,26 | 4,49 | 0,75 | 0,56 | 0,75 | 0,9  | 2,04 | 3440 | 10320 | 28,35 | 19,16 | 30    | 289 | 390 |
| 124 | 1 | 0 | 47,9  | 6,43 | 2,16 | 4,76 | 0,75 | 0,58 | 0,77 | 0,91 | 2    | 3440 | 10320 | 29,4  | 19,66 | 31,09 | 300 | 394 |
| 125 | 1 | 0 | 45,36 | 6,44 | 2,28 | 4,56 | 0,75 | 0,56 | 0,75 | 0,91 | 2,05 | 3440 | 10320 | 29,3  | 19,33 | 31,02 | 288 | 384 |
| 126 | 1 | 0 | 46,27 | 6,51 | 2,18 | 4,63 | 0,75 | 0,58 | 0,77 | 0,9  | 2    | 3440 | 10320 | 28,52 | 19,25 | 30,19 | 293 | 393 |
| 127 | 1 | 0 | 45,82 | 6,51 | 2,21 | 4,62 | 0,75 | 0,58 | 0,78 | 0,9  | 2,01 | 3440 | 10320 | 28,37 | 19,15 | 30,13 | 298 | 395 |
| 128 | 1 | 0 | 45,61 | 6,48 | 2,2  | 4,6  | 0,75 | 0,58 | 0,78 | 0,91 | 2    | 3440 | 10320 | 28,48 | 19,17 | 30,21 | 295 | 390 |
| 129 | 1 | 0 | 47,89 | 6,43 | 2,16 | 4,76 | 0,75 | 0,58 | 0,77 | 0,91 | 2    | 3440 | 10320 | 29,4  | 19,66 | 31,09 | 300 | 393 |
| 130 | 1 | 0 | 48,11 | 6,45 | 2,16 | 4,78 | 0,75 | 0,58 | 0,77 | 0,9  | 2,01 | 3440 | 10320 | 29,18 | 19,63 | 30,86 | 303 | 399 |
| 131 | 1 | 0 | 45,72 | 6,53 | 2,19 | 4,6  | 0,75 | 0,58 | 0,78 | 0,9  | 2    | 3440 | 10320 | 28,25 | 19,12 | 29,94 | 292 | 392 |
| 132 | 1 | 0 | 48,03 | 6,5  | 2,18 | 4,77 | 0,74 | 0,57 | 0,77 | 0,9  | 2,02 | 3440 | 10320 | 29,48 | 19,68 | 31,15 | 303 | 398 |
| 133 | 1 | 0 | 46,42 | 6,79 | 2,28 | 5,15 | 0,75 | 0,56 | 0,75 | 0,9  | 2,06 | 3440 | 10320 | 29,09 | 19,26 | 31,12 | 313 | 413 |
| 134 | 1 | 0 | 48,27 | 6,78 | 2,27 | 4,8  | 0,75 | 0,53 | 0,71 | 0,91 | 2,08 | 3440 | 10320 | 28,75 | 19,51 | 30,4  | 310 | 408 |
| 135 | 1 | 0 | 45,4  | 6,53 | 2,19 | 4,5  | 0,75 | 0,58 | 0,78 | 0,91 | 1,99 | 3440 | 10320 | 28,33 | 19,1  | 30,04 | 293 | 389 |
| 136 | 1 | 0 | 48,53 | 6,76 | 2,27 | 4,83 | 0,75 | 0,53 | 0,71 | 0,91 | 2,08 | 3440 | 10320 | 29,1  | 19,61 | 30,75 | 310 | 408 |
| 137 | 1 | 0 | 47,87 | 6,47 | 2,17 | 4,76 | 0,74 | 0,57 | 0,77 | 0,9  | 2,01 | 3440 | 10320 | 29,64 | 19,71 | 31,32 | 300 | 394 |
| 138 | 1 | 0 | 48,48 | 6,76 | 2,29 | 4,81 | 0,75 | 0,53 | 0,71 | 0,91 | 2,09 | 3440 | 10320 | 28,74 | 19,54 | 30,38 | 311 | 410 |
| 139 | 1 | 0 | 45,81 | 6,45 | 2,16 | 4,58 | 0,75 | 0,58 | 0,77 | 0,9  | 1,98 | 3440 | 10320 | 28,93 | 19,32 | 30,61 | 287 | 381 |
| 140 | 1 | 0 | 48,52 | 6,76 | 2,29 | 4,81 | 0,75 | 0,53 | 0,71 | 0,9  | 2,09 | 3440 | 10320 | 28,77 | 19,55 | 30,4  | 311 | 410 |
| 141 | 1 | 0 | 47,8  | 6,42 | 2,15 | 4,75 | 0,75 | 0,58 | 0,77 | 0,91 | 2    | 3440 | 10320 | 29,44 | 19,67 | 31,12 | 298 | 392 |

|     |   |   |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |     |     |
|-----|---|---|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|
| 142 | 1 | 0 | 49,12 | 6,94 | 2,34 | 4,8  | 0,75 | 0,56 | 0,75 | 0,9  | 2,14 | 3900 | 11700 | 30,18 | 19,87 | 32,29 | 344 | 459 |
| 143 | 1 | 0 | 46,04 | 6,79 | 2,29 | 5,12 | 0,74 | 0,55 | 0,74 | 0,9  | 2,06 | 3440 | 10320 | 29,21 | 19,25 | 31,22 | 307 | 407 |
| 144 | 1 | 0 | 45,25 | 6,46 | 2,17 | 4,55 | 0,75 | 0,58 | 0,78 | 0,91 | 1,98 | 3440 | 10320 | 28,66 | 19,18 | 30,34 | 286 | 381 |
| 145 | 1 | 0 | 45,59 | 6,55 | 2,2  | 4,52 | 0,74 | 0,57 | 0,78 | 0,9  | 2    | 3440 | 10320 | 28,9  | 19,25 | 30,58 | 293 | 387 |
| 146 | 1 | 0 | 45,21 | 6,42 | 2,18 | 4,56 | 0,75 | 0,58 | 0,78 | 0,91 | 1,98 | 3440 | 10320 | 28,84 | 19,23 | 30,55 | 285 | 380 |
| 147 | 1 | 0 | 45,21 | 6,42 | 2,18 | 4,56 | 0,75 | 0,58 | 0,78 | 0,9  | 1,98 | 3440 | 10320 | 28,93 | 19,24 | 30,65 | 285 | 380 |
| 148 | 1 | 0 | 47,94 | 6,41 | 2,15 | 4,76 | 0,75 | 0,57 | 0,77 | 0,91 | 2    | 3440 | 10320 | 29,5  | 19,71 | 31,18 | 299 | 392 |
| 149 | 1 | 0 | 45,15 | 6,48 | 2,17 | 4,47 | 0,75 | 0,58 | 0,77 | 0,91 | 1,98 | 3440 | 10320 | 28,63 | 19,17 | 30,31 | 285 | 380 |
| 150 | 1 | 0 | 45,79 | 6,54 | 2,2  | 4,58 | 0,75 | 0,58 | 0,78 | 0,9  | 2    | 3440 | 10320 | 28,29 | 19,12 | 30,04 | 298 | 395 |
| 151 | 1 | 0 | 45,88 | 6,55 | 2,2  | 4,61 | 0,75 | 0,58 | 0,78 | 0,9  | 2    | 3440 | 10320 | 29,45 | 19,32 | 31,52 | 297 | 397 |
| 152 | 1 | 0 | 45,64 | 6,51 | 2,2  | 4,57 | 0,75 | 0,58 | 0,78 | 0,9  | 2    | 3440 | 10320 | 28,18 | 19,1  | 29,88 | 297 | 394 |
| 153 | 1 | 0 | 46,1  | 6,74 | 2,26 | 5,17 | 0,75 | 0,56 | 0,75 | 0,9  | 2,05 | 3440 | 10320 | 29,19 | 19,27 | 31,08 | 305 | 404 |
| 154 | 1 | 0 | 45,32 | 6,58 | 2,23 | 4,45 | 0,75 | 0,56 | 0,75 | 0,9  | 2,01 | 3440 | 10320 | 28,82 | 19,2  | 30,54 | 288 | 384 |
| 155 | 1 | 0 | 45,16 | 6,43 | 2,18 | 4,55 | 0,75 | 0,58 | 0,78 | 0,9  | 1,98 | 3440 | 10320 | 28,86 | 19,22 | 30,59 | 286 | 380 |
| 156 | 1 | 0 | 45,24 | 6,42 | 2,18 | 4,56 | 0,75 | 0,58 | 0,78 | 0,91 | 1,98 | 3440 | 10320 | 28,88 | 19,23 | 30,6  | 286 | 380 |
| 157 | 1 | 0 | 45,54 | 6,55 | 2,2  | 4,51 | 0,74 | 0,57 | 0,78 | 0,9  | 2    | 3440 | 10320 | 28,89 | 19,24 | 30,57 | 292 | 387 |
| 158 | 1 | 0 | 46,32 | 6,78 | 2,28 | 5,14 | 0,74 | 0,55 | 0,74 | 0,9  | 2,06 | 3440 | 10320 | 29,24 | 19,29 | 31,26 | 311 | 410 |
| 159 | 1 | 0 | 45,96 | 6,46 | 2,17 | 4,6  | 0,75 | 0,58 | 0,78 | 0,9  | 1,98 | 3440 | 10320 | 29,11 | 19,34 | 30,84 | 292 | 385 |
| 160 | 1 | 0 | 46,24 | 6,72 | 2,28 | 5,11 | 0,74 | 0,56 | 0,75 | 0,9  | 2,06 | 3440 | 10320 | 29,31 | 19,31 | 31,28 | 308 | 407 |
| 161 | 1 | 0 | 45,64 | 6,56 | 2,2  | 4,51 | 0,75 | 0,58 | 0,78 | 0,91 | 2    | 3440 | 10320 | 29,28 | 19,26 | 31,29 | 296 | 396 |
| 162 | 1 | 0 | 47,89 | 6,43 | 2,16 | 4,76 | 0,75 | 0,58 | 0,77 | 0,91 | 2    | 3440 | 10320 | 29,36 | 19,65 | 31,04 | 298 | 393 |
| 163 | 1 | 0 | 47,51 | 6,81 | 2,28 | 4,73 | 0,75 | 0,53 | 0,71 | 0,91 | 2,08 | 3440 | 10320 | 29,06 | 19,45 | 30,75 | 307 | 405 |
| 164 | 1 | 0 | 47,91 | 6,43 | 2,16 | 4,76 | 0,75 | 0,58 | 0,77 | 0,91 | 2    | 3440 | 10320 | 29,35 | 19,65 | 31,03 | 300 | 394 |
| 165 | 1 | 0 | 47,71 | 6,4  | 2,15 | 4,74 | 0,75 | 0,58 | 0,77 | 0,91 | 2    | 3440 | 10320 | 29,55 | 19,69 | 31,24 | 295 | 389 |
| 166 | 1 | 0 | 45,46 | 6,44 | 2,18 | 4,57 | 0,75 | 0,59 | 0,78 | 0,91 | 1,99 | 3440 | 10320 | 28,57 | 19,18 | 30,26 | 291 | 385 |
| 167 | 1 | 0 | 48,99 | 6,98 | 2,35 | 4,84 | 0,75 | 0,56 | 0,74 | 0,9  | 2,14 | 3900 | 11700 | 30,04 | 19,81 | 32,17 | 345 | 460 |
| 168 | 1 | 0 | 47,87 | 6,43 | 2,16 | 4,75 | 0,75 | 0,58 | 0,77 | 0,9  | 2    | 3440 | 10320 | 29,35 | 19,65 | 31,03 | 300 | 394 |
| 169 | 1 | 0 | 45,16 | 6,55 | 2,2  | 4,47 | 0,75 | 0,58 | 0,78 | 0,91 | 1,99 | 3440 | 10320 | 28,15 | 19,03 | 29,83 | 292 | 389 |
| 170 | 1 | 0 | 45,34 | 6,5  | 2,18 | 4,49 | 0,75 | 0,58 | 0,78 | 0,91 | 1,98 | 3440 | 10320 | 28,5  | 19,15 | 30,18 | 290 | 385 |
| 171 | 1 | 0 | 45,41 | 6,53 | 2,19 | 4,5  | 0,75 | 0,58 | 0,78 | 0,91 | 1,99 | 3440 | 10320 | 28,27 | 19,09 | 29,96 | 293 | 389 |
| 172 | 1 | 0 | 45,46 | 6,55 | 2,2  | 4,5  | 0,75 | 0,58 | 0,78 | 0,91 | 2    | 3440 | 10320 | 28,18 | 19,07 | 29,85 | 294 | 391 |
| 173 | 1 | 0 | 45,07 | 6,49 | 2,19 | 4,5  | 0,75 | 0,57 | 0,76 | 0,91 | 1,99 | 3440 | 10320 | 28,76 | 19,21 | 30,44 | 287 | 376 |
| 174 | 1 | 0 | 46,2  | 6,76 | 2,27 | 5,13 | 0,74 | 0,56 | 0,75 | 0,9  | 2,05 | 3440 | 10320 | 29,25 | 19,28 | 31,22 | 306 | 405 |
| 175 | 1 | 0 | 48,3  | 6,75 | 2,26 | 4,77 | 0,75 | 0,53 | 0,71 | 0,9  | 2,08 | 3440 | 10320 | 28,88 | 19,56 | 30,53 | 308 | 406 |
| 176 | 1 | 0 | 45,52 | 6,61 | 2,24 | 4,47 | 0,75 | 0,56 | 0,75 | 0,91 | 2,02 | 3440 | 10320 | 28,63 | 19,17 | 30,36 | 293 | 389 |
| 177 | 1 | 0 | 46,09 | 6,72 | 2,25 | 5,11 | 0,74 | 0,56 | 0,75 | 0,9  | 2,04 | 3440 | 10320 | 29,15 | 19,27 | 30,96 | 300 | 399 |

|     |   |   |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |     |     |
|-----|---|---|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|
| 178 | 1 | 0 | 46,23 | 6,77 | 2,27 | 5,12 | 0,74 | 0,56 | 0,75 | 0,9  | 2,05 | 3440 | 10320 | 29,25 | 19,28 | 31,24 | 309 | 408 |
| 179 | 1 | 0 | 46,43 | 6,77 | 2,28 | 5,15 | 0,75 | 0,56 | 0,74 | 0,91 | 2,06 | 3440 | 10320 | 28,92 | 19,23 | 30,92 | 313 | 413 |
| 180 | 1 | 0 | 45,22 | 6,46 | 2,17 | 4,55 | 0,75 | 0,58 | 0,78 | 0,91 | 1,97 | 3440 | 10320 | 28,69 | 19,19 | 30,37 | 286 | 380 |
| 181 | 1 | 0 | 48,12 | 6,39 | 2,14 | 4,82 | 0,75 | 0,58 | 0,77 | 0,9  | 2    | 3440 | 10320 | 29,62 | 19,76 | 31,31 | 299 | 391 |
| 182 | 1 | 0 | 47,75 | 6,44 | 2,16 | 4,75 | 0,75 | 0,58 | 0,77 | 0,9  | 2    | 3440 | 10320 | 29,23 | 19,61 | 30,91 | 300 | 394 |
| 183 | 1 | 0 | 48,1  | 6,99 | 2,37 | 4,7  | 0,75 | 0,56 | 0,74 | 0,9  | 2,14 | 3900 | 11700 | 29,61 | 19,64 | 31,75 | 342 | 457 |
| 184 | 1 | 0 | 47,73 | 6,44 | 2,16 | 4,74 | 0,75 | 0,58 | 0,77 | 0,9  | 2    | 3440 | 10320 | 29,24 | 19,61 | 30,92 | 298 | 393 |
| 185 | 1 | 0 | 45,7  | 6,53 | 2,19 | 4,56 | 0,75 | 0,58 | 0,78 | 0,9  | 2    | 3440 | 10320 | 28,26 | 19,12 | 29,94 | 292 | 392 |
| 186 | 1 | 0 | 45,74 | 6,63 | 2,23 | 4,6  | 0,75 | 0,57 | 0,75 | 0,91 | 2,02 | 3440 | 10320 | 29,17 | 19,25 | 31    | 293 | 393 |
| 187 | 1 | 0 | 48,07 | 6,46 | 2,17 | 4,77 | 0,75 | 0,58 | 0,77 | 0,91 | 2,01 | 3440 | 10320 | 29,19 | 19,62 | 30,87 | 303 | 398 |
| 188 | 1 | 0 | 45,58 | 6,61 | 2,24 | 4,47 | 0,75 | 0,56 | 0,75 | 0,91 | 2,02 | 3440 | 10320 | 28,66 | 19,19 | 30,39 | 293 | 389 |
| 189 | 1 | 0 | 45,49 | 6,54 | 2,19 | 4,51 | 0,75 | 0,58 | 0,78 | 0,91 | 2    | 3440 | 10320 | 28,2  | 19,08 | 29,89 | 295 | 391 |
| 190 | 1 | 0 | 47,64 | 6,4  | 2,15 | 4,73 | 0,75 | 0,58 | 0,77 | 0,91 | 1,99 | 3440 | 10320 | 29,49 | 19,67 | 31,18 | 295 | 389 |
| 191 | 1 | 0 | 47,58 | 6,43 | 2,16 | 4,73 | 0,75 | 0,58 | 0,77 | 0,91 | 2    | 3440 | 10320 | 29,35 | 19,62 | 31,04 | 298 | 391 |
| 192 | 1 | 0 | 45,75 | 6,51 | 2,29 | 4,6  | 0,75 | 0,56 | 0,75 | 0,91 | 2,06 | 3440 | 10320 | 28,91 | 19,26 | 30,69 | 297 | 394 |
| 193 | 1 | 0 | 46,2  | 6,76 | 2,27 | 5,13 | 0,74 | 0,56 | 0,75 | 0,9  | 2,05 | 3440 | 10320 | 29,26 | 19,28 | 31,23 | 306 | 404 |
| 194 | 1 | 0 | 48,22 | 6,97 | 2,36 | 4,72 | 0,75 | 0,56 | 0,74 | 0,9  | 2,14 | 3900 | 11700 | 29,57 | 19,64 | 31,73 | 344 | 458 |
| 195 | 1 | 0 | 49,17 | 6,94 | 2,34 | 4,8  | 0,75 | 0,56 | 0,74 | 0,9  | 2,14 | 3900 | 11700 | 30,23 | 19,88 | 32,32 | 344 | 458 |
| 196 | 1 | 0 | 46,19 | 6,72 | 2,27 | 5,12 | 0,74 | 0,56 | 0,75 | 0,9  | 2,06 | 3440 | 10320 | 29,37 | 19,32 | 31,34 | 304 | 403 |
| 197 | 1 | 0 | 45,35 | 6,46 | 2,19 | 4,57 | 0,75 | 0,58 | 0,78 | 0,9  | 1,99 | 3440 | 10320 | 28,68 | 19,19 | 30,42 | 289 | 385 |
| 198 | 1 | 0 | 45,43 | 6,44 | 2,18 | 4,57 | 0,75 | 0,59 | 0,78 | 0,91 | 1,99 | 3440 | 10320 | 28,56 | 19,18 | 30,26 | 291 | 385 |
| 199 | 1 | 0 | 48,1  | 6,72 | 2,25 | 4,8  | 0,75 | 0,53 | 0,71 | 0,9  | 2,07 | 3440 | 10320 | 29,1  | 19,61 | 30,76 | 299 | 398 |

## Prilog 9: Izlazni rezultati programa Monako PRB (II dio)

Značenje kratica:

PB – redni broj projekta

PR – rang projekta

SO – suma prekoračenja ograničenja

$V_S$  – volumen nadgrađa [ $m^3$ ]

$V_{RS}$  – zahtijevani volumen nadgrađa [ $m^3$ ]

$V_{TA}$  – ukupni dostupni volumen [ $m^3$ ]

$V_{TR}$  – ukupni zahtijevani volumen [ $m^3$ ]

$A_{TA}$  – ukupna dostupna površina [ $m^2$ ]

$A_{TR}$  – ukupna zahtijevana površina [ $m^2$ ]

$P_{24P}$  – satna potrošnja el. energije [kW]

$P_{ITOT}$  – zahtijevana potrošnja el. energije [kW]

$P_{TIS}$  – ukupna instalirana el. snaga na brodu [kW]

$K_G$  – udaljenost od osnove do težišta mase broda [m]

$B_M$  – udaljenost od težišta uzgona do metacentra [m]

$G_M$  – metacentarska visina [m]

$C_{GMB}$  – koeficijent omjera GM i B

$A_M$  – vertikalna ubrzanja na mostu broda (izražena u g)

$X_{XADECK}$  – dostupna duljina otvorene palube [m]

$X_{RDECK}$  – zahtijevana duljina otvorene palube [m]

$A_{AOD}$  – dostupna površina otvorene palube [ $m^2$ ]

$A_{ROD}$  – zahtijevana površina otvorene palube [ $m^2$ ]

### Generacija 2

| PB | PR | SO      | $V_S$ | $V_{RS}$ | $V_{TA}$ | $V_{TR}$ | $A_{TA}$ | $A_{TR}$ | $P_{24P}$ | $P_{ITOT}$ | $P_{TIS}$ | $K_G$ | $B_M$ | $G_M$ | $C_{GMB}$ | $A_M$ | $X_{XADECK}$ | $X_{RDECK}$ | $A_{AOD}$ | $A_{ROD}$ |
|----|----|---------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|------------|-----------|-------|-------|-------|-----------|-------|--------------|-------------|-----------|-----------|
| 0  | 1  | 0       | 283   | 228      | 1394     | 1394     | 634      | 633      | 269       | 234        | 416       | 3,65  | 2,59  | 0,48  | 0,066     | 0,23  | 49           | 42,69       | 305,09    | 234,64    |
| 1  | 1  | 0       | 258   | 223      | 1378     | 1378     | 627      | 626      | 256       | 221        | 416       | 3,58  | 2,58  | 0,53  | 0,074     | 0,24  | 48,8         | 48,09       | 319,51    | 253,08    |
| 2  | 2  | 0,00025 | 376   | 229      | 1370     | 1372     | 623      | 624      | 277       | 244        | 416       | 3,47  | 2,8   | 0,64  | 0,094     | 0,28  | 51           | 49,94       | 291,81    | 262,97    |
| 3  | 3  | 0,00026 | 364   | 230      | 1449     | 1455     | 659      | 661      | 303       | 261        | 416       | 3,29  | 2,96  | 1,05  | 0,145     | 0,28  | 53,7         | 43,6        | 326,05    | 259,06    |
| 4  | 4  | 0,00035 | 233   | 230      | 1440     | 1438     | 655      | 654      | 298       | 257        | 416       | 3,32  | 3,08  | 1,01  | 0,133     | 0,28  | 52,5         | 42,28       | 353,85    | 235,15    |
| 5  | 5  | 0,00036 | 272   | 228      | 1493     | 1493     | 679      | 679      | 306       | 263        | 416       | 3,92  | 2,66  | 0,4   | 0,053     | 0,29  | 49,1         | 42,39       | 340,42    | 258,49    |
| 6  | 6  | 0,00038 | 338   | 224      | 1456     | 1452     | 662      | 660      | 282       | 240        | 416       | 3,62  | 2,7   | 0,83  | 0,105     | 0,29  | 52,2         | 39,39       | 369,17    | 202,18    |
| 7  | 7  | 0,00039 | 309   | 229      | 1435     | 1435     | 652      | 652      | 297       | 256        | 416       | 3,22  | 3,06  | 1,05  | 0,14      | 0,29  | 51,3         | 43,01       | 339,5     | 258,77    |
| 8  | 8  | 0,00042 | 274   | 229      | 1391     | 1391     | 632      | 632      | 279       | 239        | 416       | 3,23  | 3,06  | 1,04  | 0,139     | 0,29  | 51,2         | 42,55       | 338,1     | 234,95    |

|    |    |         |     |     |      |      |     |     |     |     |     |      |      |      |       |      |      |       |        |        |
|----|----|---------|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-------|------|------|-------|--------|--------|
| 9  | 9  | 0,00051 | 237 | 224 | 1391 | 1391 | 632 | 632 | 278 | 237 | 416 | 3,21 | 3,05 | 1,08 | 0,144 | 0,3  | 51,9 | 47,8  | 328,48 | 253,52 |
| 10 | 10 | 0,00056 | 331 | 231 | 1446 | 1445 | 657 | 657 | 272 | 237 | 416 | 3,8  | 2,97 | 0,87 | 0,118 | 0,31 | 56,7 | 41,13 | 353,43 | 212,36 |
| 11 | 11 | 0,00057 | 358 | 231 | 1454 | 1453 | 661 | 660 | 283 | 248 | 416 | 3,8  | 3,02 | 0,94 | 0,126 | 0,31 | 56,4 | 41,03 | 353,48 | 212,33 |
| 12 | 12 | 0,00077 | 302 | 227 | 1451 | 1451 | 660 | 659 | 285 | 243 | 416 | 3,23 | 2,57 | 0,79 | 0,115 | 0,33 | 62,1 | 41,84 | 380,15 | 206,8  |
| 13 | 13 | 0,00082 | 357 | 225 | 1397 | 1396 | 635 | 635 | 248 | 215 | 416 | 3,59 | 2,94 | 1,02 | 0,139 | 0,33 | 55,6 | 40,82 | 340,44 | 202,54 |
| 14 | 14 | 0,00083 | 252 | 225 | 1424 | 1423 | 647 | 647 | 274 | 233 | 416 | 3,3  | 3    | 0,94 | 0,128 | 0,33 | 55,7 | 40,52 | 366,7  | 206,04 |
| 15 | 15 | 0,00087 | 358 | 223 | 1520 | 1522 | 691 | 692 | 288 | 245 | 416 | 4,19 | 3,2  | 0,92 | 0,108 | 0,34 | 48,5 | 45,73 | 359,84 | 253,24 |
| 16 | 16 | 0,00094 | 252 | 225 | 1403 | 1403 | 638 | 638 | 265 | 225 | 416 | 3,26 | 3,07 | 1,07 | 0,144 | 0,34 | 55,4 | 40,5  | 364,62 | 206    |
| 17 | 17 | 0,00102 | 357 | 223 | 1497 | 1503 | 681 | 683 | 271 | 229 | 416 | 4,08 | 3,18 | 0,99 | 0,117 | 0,35 | 48   | 39,9  | 367,87 | 228,51 |
| 18 | 18 | 0,00117 | 352 | 222 | 1415 | 1414 | 643 | 643 | 258 | 223 | 416 | 3,66 | 3,17 | 1    | 0,12  | 0,37 | 45,4 | 38,54 | 340,23 | 204,86 |
| 19 | 19 | 0,00133 | 372 | 221 | 1368 | 1368 | 622 | 622 | 249 | 215 | 416 | 3,63 | 2,83 | 0,59 | 0,074 | 0,38 | 44,4 | 39,13 | 318,61 | 204,67 |
| 20 | 20 | 0,00138 | 252 | 225 | 1489 | 1490 | 677 | 677 | 290 | 248 | 416 | 3,7  | 3,31 | 1,11 | 0,136 | 0,39 | 53,4 | 38,91 | 393,08 | 205,86 |
| 21 | 21 | 0,00146 | 374 | 221 | 1379 | 1378 | 627 | 626 | 249 | 215 | 416 | 3,65 | 3,1  | 0,92 | 0,112 | 0,39 | 44,5 | 38,79 | 326,44 | 204,72 |
| 22 | 22 | 0,0016  | 237 | 224 | 1418 | 1414 | 645 | 643 | 277 | 240 | 416 | 3,89 | 2,64 | 0,55 | 0,075 | 0,41 | 52,6 | 46,19 | 352,15 | 233,77 |
| 23 | 23 | 0,00184 | 376 | 220 | 1289 | 1289 | 586 | 586 | 243 | 212 | 416 | 3,61 | 2,72 | 0,49 | 0,07  | 0,43 | 43,4 | 40,68 | 266,98 | 204,4  |
| 24 | 24 | 0,00192 | 249 | 224 | 1476 | 1476 | 671 | 671 | 276 | 240 | 416 | 4,03 | 2,74 | 0,56 | 0,074 | 0,44 | 51,3 | 41,27 | 358,87 | 228,8  |
| 25 | 25 | 0,00224 | 420 | 228 | 1360 | 1358 | 618 | 617 | 264 | 232 | 416 | 3,76 | 3,46 | 1,21 | 0,149 | 0,47 | 46,5 | 45,71 | 312,06 | 235,8  |
| 26 | 26 | 0,0039  | 420 | 227 | 1435 | 1432 | 652 | 651 | 302 | 259 | 416 | 3,74 | 2,41 | 0,34 | 0,048 | 0,25 | 46,6 | 43,49 | 300,27 | 258,11 |
| 27 | 27 | 0,00802 | 441 | 223 | 1315 | 1315 | 598 | 598 | 282 | 241 | 416 | 3,1  | 2,3  | 0,52 | 0,081 | 0,43 | 51,6 | 48,77 | 296,03 | 233,5  |
| 28 | 28 | 0,01016 | 308 | 226 | 1451 | 1451 | 660 | 659 | 260 | 227 | 416 | 3,6  | 2,39 | 0,32 | 0,046 | 0,28 | 57   | 43,05 | 338,11 | 229,44 |
| 29 | 29 | 0,01765 | 357 | 224 | 1414 | 1412 | 643 | 642 | 264 | 232 | 416 | 3,36 | 3,16 | 1,15 | 0,158 | 0,25 | 52,4 | 48,91 | 317,41 | 280,83 |
| 30 | 30 | 0,02813 | 424 | 230 | 1546 | 1546 | 703 | 703 | 311 | 268 | 416 | 4,17 | 2,52 | 0,29 | 0,038 | 0,31 | 51,8 | 42,56 | 354,58 | 255,38 |
| 31 | 31 | 0,03085 | 422 | 227 | 1410 | 1417 | 641 | 644 | 290 | 248 | 416 | 3,73 | 2,34 | 0,29 | 0,041 | 0,26 | 46,4 | 43,74 | 294,53 | 258,07 |
| 32 | 32 | 0,0326  | 250 | 223 | 1498 | 1497 | 681 | 681 | 295 | 253 | 416 | 3,99 | 2,61 | 0,26 | 0,036 | 0,22 | 48,7 | 47,81 | 321,2  | 280,37 |
| 33 | 33 | 0,04966 | 259 | 229 | 1407 | 1407 | 639 | 639 | 279 | 245 | 416 | 3,34 | 3,55 | 1,37 | 0,172 | 0,32 | 49,4 | 47,42 | 347,9  | 262,94 |
| 34 | 34 | 0,05169 | 325 | 230 | 1488 | 1492 | 676 | 678 | 303 | 260 | 416 | 3,78 | 2,7  | 0,68 | 0,085 | 0,28 | 52,7 | 39,82 | 376,41 | 208,46 |
| 35 | 35 | 0,05266 | 448 | 227 | 1440 | 1447 | 654 | 658 | 308 | 265 | 416 | 3,76 | 2,39 | 0,3  | 0,043 | 0,25 | 46,6 | 43,58 | 282,39 | 258,11 |
| 36 | 36 | 0,05461 | 344 | 230 | 1392 | 1390 | 633 | 632 | 272 | 237 | 416 | 3,27 | 2,31 | 0,23 | 0,035 | 0,32 | 54,5 | 45,48 | 315,39 | 259,05 |
| 37 | 37 | 0,06785 | 275 | 222 | 1304 | 1304 | 593 | 593 | 254 | 223 | 416 | 3,51 | 2,35 | 0,22 | 0,034 | 0,23 | 47,6 | 42,07 | 270,32 | 204,87 |
| 38 | 38 | 0,07131 | 390 | 230 | 1544 | 1547 | 702 | 703 | 310 | 266 | 416 | 4,09 | 2,54 | 0,44 | 0,057 | 0,29 | 52,8 | 42,36 | 366,14 | 259    |
| 39 | 39 | 0,07556 | 270 | 228 | 1497 | 1498 | 680 | 681 | 295 | 253 | 416 | 4,04 | 2,58 | 0,21 | 0,028 | 0,22 | 48,9 | 48,48 | 335,3  | 283,11 |
| 40 | 40 | 0,07897 | 208 | 225 | 1443 | 1443 | 656 | 656 | 262 | 229 | 416 | 3,65 | 2,81 | 0,69 | 0,102 | 0,25 | 56,7 | 43,31 | 331,58 | 229,38 |
| 41 | 41 | 0,0807  | 289 | 228 | 1521 | 1522 | 691 | 692 | 298 | 255 | 416 | 4,23 | 4    | 1,74 | 0,185 | 0,37 | 46,6 | 37,69 | 392,23 | 207,88 |
| 42 | 42 | 0,09451 | 278 | 223 | 1451 | 1451 | 660 | 660 | 282 | 240 | 416 | 3,62 | 2,51 | 0,37 | 0,052 | 0,2  | 50,9 | 42,6  | 310,13 | 228,66 |
| 43 | 43 | 0,09494 | 395 | 223 | 1369 | 1369 | 622 | 622 | 253 | 219 | 416 | 3,33 | 3,43 | 1,5  | 0,192 | 0,33 | 48,3 | 47,31 | 313,11 | 253,11 |
| 44 | 44 | 0,09869 | 436 | 223 | 1454 | 1454 | 661 | 661 | 264 | 231 | 416 | 3,69 | 3,58 | 1,62 | 0,193 | 0,34 | 48,3 | 41    | 350,16 | 248,86 |
| 45 | 45 | 0,10554 | 208 | 231 | 1518 | 1518 | 690 | 690 | 304 | 261 | 416 | 3,75 | 2,99 | 0,66 | 0,082 | 0,33 | 54,9 | 39,55 | 402,12 | 208,74 |
| 46 | 46 | 0,1072  | 312 | 231 | 1457 | 1457 | 662 | 662 | 283 | 248 | 416 | 3,82 | 2,98 | 0,87 | 0,116 | 0,3  | 56,9 | 41,08 | 373,75 | 212,39 |

|    |    |         |     |     |      |      |     |     |     |     |     |      |      |      |       |      |      |       |        |        |
|----|----|---------|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-------|------|------|-------|--------|--------|
| 47 | 47 | 0,1082  | 245 | 224 | 1468 | 1474 | 667 | 670 | 280 | 237 | 416 | 3,8  | 3,25 | 1,34 | 0,176 | 0,28 | 52,2 | 39,83 | 341,66 | 205,63 |
| 48 | 48 | 0,12238 | 293 | 228 | 1528 | 1528 | 695 | 695 | 313 | 271 | 416 | 4,07 | 2,63 | 0,22 | 0,03  | 0,21 | 49,1 | 48,35 | 323,84 | 283,15 |
| 49 | 49 | 0,12631 | 425 | 223 | 1319 | 1319 | 599 | 599 | 254 | 223 | 416 | 3,19 | 3,31 | 1,46 | 0,186 | 0,44 | 49,5 | 39,9  | 316,35 | 205,31 |
| 50 | 50 | 0,12911 | 318 | 228 | 1522 | 1522 | 692 | 692 | 283 | 238 | 416 | 3,56 | 3,2  | 1,65 | 0,206 | 0,44 | 62,2 | 39,65 | 434,76 | 206,97 |
| 51 | 51 | 0,13183 | 438 | 231 | 1478 | 1478 | 672 | 672 | 292 | 250 | 416 | 3,36 | 3,41 | 1,55 | 0,208 | 0,26 | 55,2 | 49,43 | 352,81 | 283,92 |
| 52 | 52 | 0,13192 | 469 | 231 | 1449 | 1448 | 658 | 658 | 295 | 251 | 416 | 3,6  | 2,28 | 0,4  | 0,057 | 0,39 | 57,5 | 43,86 | 353,08 | 235,7  |
| 53 | 53 | 0,13398 | 434 | 231 | 1482 | 1483 | 674 | 674 | 293 | 250 | 416 | 3,35 | 3,37 | 1,57 | 0,209 | 0,24 | 55,5 | 49,36 | 356,07 | 283,97 |
| 54 | 54 | 0,13503 | 358 | 227 | 1459 | 1455 | 663 | 662 | 290 | 253 | 416 | 4,09 | 2,93 | 0,72 | 0,092 | 0,32 | 45,8 | 42,08 | 321,56 | 258,11 |
| 55 | 55 | 0,13875 | 389 | 222 | 1393 | 1394 | 633 | 633 | 266 | 230 | 416 | 3,75 | 3,54 | 1,77 | 0,211 | 0,41 | 47   | 38,69 | 345,44 | 201,59 |
| 56 | 56 | 0,14224 | 205 | 230 | 1485 | 1491 | 675 | 678 | 299 | 255 | 416 | 3,93 | 3,28 | 1,25 | 0,163 | 0,27 | 52,7 | 40,23 | 348,9  | 211,89 |
| 57 | 57 | 0,14949 | 329 | 223 | 1551 | 1550 | 705 | 705 | 297 | 255 | 416 | 4,27 | 3,26 | 0,92 | 0,106 | 0,32 | 49   | 45,59 | 382,91 | 256,79 |
| 58 | 58 | 0,15115 | 290 | 222 | 1351 | 1350 | 614 | 614 | 256 | 224 | 416 | 3,61 | 2,37 | 0,15 | 0,024 | 0,22 | 48,1 | 43,51 | 275,76 | 228,24 |
| 59 | 59 | 0,15192 | 335 | 229 | 1419 | 1418 | 645 | 645 | 280 | 240 | 416 | 3,26 | 3,83 | 1,87 | 0,217 | 0,37 | 50,2 | 40,72 | 373,02 | 235,01 |
| 60 | 60 | 0,15222 | 473 | 231 | 1447 | 1447 | 658 | 658 | 294 | 250 | 416 | 3,59 | 2,27 | 0,4  | 0,057 | 0,4  | 57,4 | 43,9  | 351,69 | 232,2  |
| 61 | 61 | 0,15922 | 289 | 222 | 1350 | 1350 | 614 | 614 | 256 | 224 | 416 | 3,61 | 2,37 | 0,15 | 0,023 | 0,22 | 48,1 | 43,53 | 275,44 | 228,23 |
| 62 | 62 | 0,16942 | 477 | 228 | 1412 | 1410 | 642 | 641 | 297 | 254 | 416 | 3,59 | 2,5  | 0,61 | 0,088 | 0,31 | 49,4 | 43,73 | 303,26 | 234,65 |
| 63 | 63 | 0,17631 | 350 | 226 | 1449 | 1449 | 659 | 658 | 260 | 226 | 416 | 3,72 | 3,66 | 1,81 | 0,228 | 0,34 | 56,3 | 39,8  | 385,6  | 206,2  |
| 64 | 64 | 0,18002 | 242 | 227 | 1462 | 1463 | 665 | 665 | 290 | 246 | 416 | 3,48 | 2,48 | 0,73 | 0,108 | 0,34 | 61,5 | 49,49 | 375,47 | 258,14 |
| 65 | 65 | 0,18598 | 383 | 230 | 1387 | 1389 | 630 | 631 | 290 | 249 | 416 | 3,36 | 3,6  | 1,74 | 0,231 | 0,5  | 52,6 | 40,99 | 328,19 | 211,85 |
| 66 | 66 | 0,19001 | 261 | 226 | 1431 | 1431 | 650 | 650 | 249 | 217 | 416 | 3,23 | 3,93 | 1,95 | 0,233 | 0,43 | 57,3 | 40,73 | 393,87 | 229,7  |
| 67 | 67 | 0,19207 | 247 | 228 | 1343 | 1337 | 610 | 608 | 275 | 243 | 416 | 3,69 | 2,4  | 0,11 | 0,017 | 0,22 | 48,3 | 42,43 | 294,17 | 211,16 |
| 68 | 68 | 0,19316 | 337 | 230 | 1441 | 1442 | 655 | 655 | 302 | 259 | 416 | 3,35 | 2,97 | 1,02 | 0,139 | 0,27 | 54,2 | 48,96 | 330,2  | 263,45 |
| 69 | 69 | 0,19615 | 361 | 228 | 1528 | 1527 | 694 | 694 | 287 | 241 | 416 | 3,62 | 3,42 | 1,94 | 0,236 | 0,45 | 62,3 | 39,41 | 422,38 | 207,01 |
| 70 | 70 | 0,19749 | 400 | 229 | 1399 | 1399 | 636 | 636 | 279 | 244 | 416 | 3,3  | 4,04 | 2,08 | 0,237 | 0,42 | 49,8 | 38,91 | 358,24 | 211,67 |
| 71 | 71 | 0,19803 | 187 | 224 | 1460 | 1460 | 664 | 664 | 276 | 236 | 416 | 3,66 | 3,76 | 1,26 | 0,161 | 0,72 | 52,2 | 41,36 | 375,39 | 252,75 |
| 72 | 72 | 0,20363 | 211 | 229 | 1627 | 1627 | 739 | 740 | 306 | 263 | 416 | 4,34 | 4,32 | 2,01 | 0,203 | 0,32 | 48,4 | 38,77 | 429,94 | 234,97 |
| 73 | 73 | 0,20499 | 219 | 228 | 1498 | 1490 | 681 | 677 | 288 | 248 | 416 | 3,73 | 4,17 | 1,92 | 0,222 | 0,39 | 45,4 | 40,57 | 358,84 | 254,71 |
| 74 | 74 | 0,20866 | 197 | 225 | 1439 | 1444 | 654 | 656 | 259 | 226 | 416 | 3,63 | 3,63 | 1,5  | 0,186 | 0,44 | 53,5 | 40,85 | 382,77 | 229,16 |
| 75 | 75 | 0,21091 | 354 | 222 | 1416 | 1419 | 643 | 645 | 284 | 242 | 416 | 3,82 | 3,78 | 2,05 | 0,243 | 0,38 | 45,9 | 38,52 | 342,68 | 204,93 |
| 76 | 76 | 0,22002 | 220 | 230 | 1432 | 1429 | 651 | 650 | 298 | 257 | 416 | 3,32 | 3,07 | 1    | 0,132 | 0,29 | 52,4 | 42,31 | 352,53 | 235,13 |
| 77 | 77 | 0,22124 | 194 | 228 | 1505 | 1504 | 684 | 684 | 283 | 243 | 416 | 3,89 | 4,27 | 1,65 | 0,178 | 0,35 | 46,4 | 39,39 | 388    | 234,61 |
| 78 | 78 | 0,22361 | 184 | 225 | 1460 | 1464 | 664 | 666 | 281 | 240 | 416 | 3,35 | 2,39 | 0,23 | 0,035 | 0,31 | 56,7 | 43,28 | 335,85 | 225,88 |
| 79 | 79 | 0,22363 | 311 | 232 | 1463 | 1464 | 665 | 665 | 288 | 252 | 416 | 3,55 | 3,14 | 1,4  | 0,19  | 0,27 | 58,7 | 49,18 | 371,97 | 264,05 |
| 80 | 80 | 0,22763 | 219 | 225 | 1477 | 1475 | 671 | 671 | 285 | 242 | 416 | 3,59 | 2,95 | 0,77 | 0,097 | 0,35 | 54,2 | 39,17 | 392,76 | 205,94 |
| 81 | 81 | 0,22949 | 227 | 225 | 1492 | 1493 | 678 | 678 | 289 | 248 | 416 | 3,42 | 3,89 | 1,88 | 0,228 | 0,28 | 53,8 | 46,57 | 372,29 | 253,88 |
| 82 | 82 | 0,2314  | 299 | 223 | 1385 | 1380 | 629 | 627 | 255 | 224 | 416 | 3,48 | 4,56 | 2,3  | 0,252 | 0,41 | 47,4 | 43,66 | 362,05 | 233,37 |
| 83 | 83 | 0,23408 | 360 | 229 | 1411 | 1410 | 641 | 641 | 272 | 239 | 416 | 3,96 | 2,66 | 0,28 | 0,04  | 0,36 | 49,9 | 49,67 | 299,68 | 286,66 |
| 84 | 84 | 0,24751 | 277 | 231 | 1440 | 1439 | 654 | 654 | 292 | 251 | 416 | 3,09 | 4,04 | 2,23 | 0,259 | 0,41 | 55,5 | 39,2  | 412,03 | 208,91 |

|     |     |         |     |     |      |      |     |     |     |     |     |      |      |      |       |      |      |       |        |        |
|-----|-----|---------|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-------|------|------|-------|--------|--------|
| 85  | 85  | 0,25306 | 480 | 227 | 1409 | 1409 | 641 | 641 | 292 | 249 | 416 | 3,75 | 2,15 | 0,13 | 0,019 | 0,25 | 46,4 | 44,23 | 270,09 | 258,04 |
| 86  | 86  | 0,27205 | 435 | 223 | 1454 | 1455 | 661 | 661 | 264 | 231 | 416 | 3,68 | 3,58 | 1,63 | 0,195 | 0,34 | 48,3 | 40,99 | 350,26 | 252,33 |
| 87  | 87  | 0,27257 | 279 | 228 | 1436 | 1436 | 653 | 653 | 271 | 238 | 416 | 3,78 | 3,19 | 1,04 | 0,139 | 0,22 | 48,5 | 42,73 | 310,27 | 258,42 |
| 88  | 88  | 0,27719 | 237 | 232 | 1506 | 1502 | 684 | 683 | 297 | 256 | 416 | 3,33 | 4,52 | 2,3  | 0,272 | 0,42 | 57   | 46,82 | 404,13 | 263,98 |
| 89  | 89  | 0,28898 | 266 | 225 | 1428 | 1428 | 649 | 649 | 283 | 242 | 416 | 3,29 | 2,95 | 0,9  | 0,123 | 0,33 | 55,6 | 40,61 | 363,98 | 206,02 |
| 90  | 90  | 0,28947 | 343 | 230 | 1418 | 1414 | 644 | 643 | 272 | 239 | 416 | 3,46 | 3,18 | 1,07 | 0,147 | 0,25 | 52,7 | 49,41 | 320,74 | 287,06 |
| 91  | 91  | 0,28982 | 338 | 224 | 1451 | 1451 | 660 | 660 | 268 | 228 | 416 | 3,35 | 4,71 | 2,61 | 0,278 | 0,4  | 49,2 | 37,43 | 387,67 | 202,03 |
| 92  | 92  | 0,29171 | 374 | 221 | 1379 | 1378 | 627 | 626 | 249 | 215 | 416 | 3,65 | 3,1  | 0,92 | 0,112 | 0,39 | 44,5 | 38,79 | 326,44 | 204,72 |
| 93  | 93  | 0,29339 | 302 | 227 | 1451 | 1451 | 660 | 659 | 285 | 243 | 416 | 3,23 | 2,57 | 0,79 | 0,115 | 0,33 | 62,1 | 41,84 | 380,15 | 206,8  |
| 94  | 94  | 0,30204 | 214 | 224 | 1541 | 1542 | 701 | 701 | 266 | 229 | 416 | 3,91 | 3,96 | 1,8  | 0,202 | 0,41 | 51,8 | 39,57 | 409,24 | 229,07 |
| 95  | 95  | 0,30231 | 499 | 228 | 1364 | 1365 | 620 | 620 | 272 | 239 | 416 | 3,6  | 2,69 | 0,8  | 0,117 | 0,25 | 49,9 | 42,56 | 282,09 | 211,4  |
| 96  | 96  | 0,30237 | 195 | 226 | 1570 | 1575 | 714 | 716 | 286 | 244 | 416 | 3,59 | 3,89 | 1,91 | 0,22  | 0,31 | 56,4 | 40,49 | 431,7  | 253,42 |
| 97  | 97  | 0,30904 | 414 | 222 | 1386 | 1386 | 630 | 630 | 282 | 242 | 416 | 3,1  | 4,34 | 2,35 | 0,286 | 0,36 | 46,2 | 39,03 | 331,21 | 204,94 |
| 98  | 98  | 0,31669 | 503 | 223 | 1486 | 1487 | 676 | 676 | 286 | 245 | 416 | 3,52 | 3,45 | 1,36 | 0,161 | 0,38 | 48,7 | 40,83 | 341,86 | 248,91 |
| 99  | 99  | 0,33005 | 300 | 229 | 1403 | 1396 | 638 | 635 | 287 | 247 | 416 | 3,2  | 3,05 | 1,05 | 0,141 | 0,3  | 51   | 42,59 | 335,78 | 234,92 |
| 100 | 100 | 0,3342  | 423 | 229 | 1408 | 1408 | 640 | 640 | 277 | 240 | 416 | 3,7  | 2,6  | 0,6  | 0,084 | 0,37 | 52,4 | 49,52 | 323,73 | 263,19 |
| 101 | 101 | 0,33756 | 428 | 229 | 1379 | 1379 | 627 | 627 | 260 | 229 | 416 | 3,34 | 2,27 | 0,09 | 0,014 | 0,21 | 53,2 | 45,4  | 284,47 | 231,58 |
| 102 | 102 | 0,33934 | 464 | 222 | 1266 | 1267 | 576 | 576 | 272 | 232 | 416 | 3,13 | 2,04 | 0,12 | 0,021 | 0,41 | 49,8 | 49,97 | 269,65 | 233,2  |
| 103 | 103 | 0,33963 | 431 | 223 | 1436 | 1436 | 653 | 653 | 280 | 239 | 416 | 3,29 | 3,47 | 1,61 | 0,2   | 0,24 | 49,9 | 46,98 | 332,14 | 253,34 |
| 104 | 104 | 0,34156 | 302 | 228 | 1508 | 1513 | 685 | 688 | 286 | 244 | 416 | 4,23 | 4,02 | 1,77 | 0,188 | 0,38 | 46,6 | 37,68 | 375,82 | 207,87 |
| 105 | 105 | 0,34942 | 210 | 232 | 1461 | 1462 | 664 | 665 | 297 | 255 | 416 | 3,13 | 4,11 | 2,28 | 0,259 | 0,38 | 56,6 | 38,94 | 429,26 | 212,55 |
| 106 | 106 | 0,35851 | 501 | 228 | 1308 | 1307 | 595 | 594 | 288 | 248 | 416 | 3,29 | 2,24 | 0,24 | 0,038 | 0,4  | 50   | 50    | 261,29 | 235,98 |
| 107 | 107 | 0,3596  | 508 | 222 | 1408 | 1409 | 640 | 640 | 283 | 240 | 416 | 3,7  | 2,25 | 0,42 | 0,058 | 0,28 | 46,7 | 42,1  | 305,04 | 228,17 |
| 108 | 108 | 0,36723 | 205 | 230 | 1458 | 1452 | 663 | 660 | 280 | 244 | 416 | 3,51 | 4,25 | 2,2  | 0,261 | 0,39 | 52,8 | 40,97 | 387,56 | 235,32 |
| 109 | 109 | 0,3696  | 440 | 224 | 1419 | 1419 | 645 | 645 | 277 | 237 | 416 | 2,92 | 3,57 | 2,01 | 0,263 | 0,3  | 52,7 | 42,52 | 326,73 | 252,79 |
| 110 | 110 | 0,3696  | 148 | 229 | 1518 | 1517 | 690 | 690 | 302 | 259 | 416 | 4,3  | 3,24 | 0,66 | 0,077 | 0,3  | 48,3 | 38,54 | 381,95 | 211,44 |
| 111 | 111 | 0,3714  | 311 | 231 | 1456 | 1453 | 662 | 661 | 280 | 247 | 416 | 3,47 | 4,95 | 2,82 | 0,314 | 0,33 | 53,5 | 44,68 | 409    | 236,84 |
| 112 | 112 | 0,37142 | 166 | 231 | 1374 | 1373 | 625 | 624 | 288 | 248 | 416 | 3    | 3,23 | 1,33 | 0,183 | 0,37 | 55,2 | 41,29 | 358,67 | 212,16 |
| 113 | 113 | 0,38033 | 374 | 231 | 1457 | 1454 | 662 | 661 | 265 | 233 | 416 | 3,39 | 4,26 | 2,21 | 0,265 | 0,3  | 54,6 | 41,4  | 367,8  | 232,04 |
| 114 | 114 | 0,386   | 513 | 228 | 1441 | 1441 | 655 | 655 | 287 | 245 | 416 | 3,79 | 3,42 | 1,5  | 0,174 | 0,32 | 46   | 38,96 | 343,98 | 207,68 |
| 115 | 115 | 0,38915 | 257 | 224 | 1370 | 1371 | 623 | 623 | 252 | 216 | 416 | 3,7  | 2,6  | 0,66 | 0,091 | 0,44 | 51,6 | 40,54 | 339,21 | 205,49 |
| 116 | 116 | 0,39479 | 282 | 232 | 1579 | 1578 | 718 | 717 | 312 | 269 | 416 | 3,55 | 5,14 | 3,04 | 0,324 | 0,49 | 57,5 | 46,21 | 445,77 | 287,99 |
| 117 | 117 | 0,39771 | 399 | 228 | 1452 | 1453 | 660 | 660 | 272 | 237 | 416 | 3,76 | 5,36 | 3,1  | 0,324 | 0,65 | 45   | 39,36 | 357,09 | 230,99 |
| 118 | 118 | 0,40546 | 496 | 229 | 1448 | 1446 | 658 | 657 | 288 | 246 | 416 | 3,43 | 3,61 | 1,79 | 0,217 | 0,37 | 50,1 | 41,93 | 334,18 | 258,73 |
| 119 | 119 | 0,40762 | 428 | 220 | 1324 | 1329 | 602 | 604 | 253 | 221 | 416 | 3,77 | 2,59 | 0,22 | 0,032 | 0,43 | 43,2 | 42,61 | 260,34 | 224,17 |
| 120 | 120 | 0,41709 | 205 | 224 | 1478 | 1479 | 672 | 672 | 266 | 229 | 416 | 4,01 | 3,03 | 0,83 | 0,106 | 0,46 | 51,3 | 40,83 | 369,74 | 228,83 |
| 121 | 121 | 0,41749 | 336 | 232 | 1492 | 1496 | 678 | 680 | 289 | 247 | 416 | 3,43 | 5,11 | 3,15 | 0,333 | 0,57 | 56,1 | 38,17 | 434,17 | 209,11 |
| 122 | 122 | 0,41867 | 469 | 231 | 1449 | 1448 | 658 | 658 | 295 | 251 | 416 | 3,6  | 2,28 | 0,4  | 0,057 | 0,39 | 57,5 | 43,86 | 353,08 | 235,7  |

|     |     |         |     |     |      |      |     |     |     |     |     |      |      |      |       |      |      |       |        |        |
|-----|-----|---------|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-------|------|------|-------|--------|--------|
| 123 | 123 | 0,41978 | 367 | 226 | 1465 | 1465 | 666 | 666 | 269 | 228 | 416 | 3,04 | 4,52 | 2,87 | 0,326 | 0,44 | 56,6 | 40,22 | 421,78 | 229,67 |
| 124 | 124 | 0,42763 | 508 | 228 | 1411 | 1409 | 641 | 641 | 297 | 254 | 416 | 3,59 | 2,5  | 0,61 | 0,088 | 0,31 | 49,4 | 43,74 | 302,37 | 234,65 |
| 125 | 125 | 0,42882 | 490 | 230 | 1445 | 1445 | 657 | 657 | 288 | 245 | 416 | 3,73 | 2,91 | 1,06 | 0,135 | 0,35 | 51,9 | 40,43 | 351,4  | 211,8  |
| 126 | 126 | 0,43048 | 291 | 226 | 1491 | 1490 | 678 | 677 | 272 | 230 | 416 | 3,33 | 5,02 | 3,12 | 0,339 | 0,54 | 55,8 | 39,56 | 439,06 | 229,62 |
| 127 | 127 | 0,4385  | 193 | 231 | 1484 | 1491 | 675 | 678 | 296 | 253 | 416 | 3,25 | 4,13 | 2,3  | 0,267 | 0,3  | 54,5 | 40,72 | 408,35 | 235,56 |
| 128 | 128 | 0,44141 | 143 | 223 | 1390 | 1396 | 632 | 635 | 267 | 232 | 416 | 3,86 | 2,39 | 0,13 | 0,018 | 0,36 | 50,8 | 40,13 | 328,41 | 205,39 |
| 129 | 129 | 0,44462 | 153 | 225 | 1526 | 1519 | 694 | 691 | 267 | 231 | 416 | 3,94 | 3,97 | 1,8  | 0,201 | 0,41 | 52,4 | 39,52 | 416,27 | 225,67 |
| 130 | 130 | 0,44655 | 381 | 223 | 1473 | 1468 | 670 | 667 | 295 | 254 | 416 | 3,26 | 5,06 | 3,21 | 0,347 | 0,38 | 47,6 | 45,81 | 358,37 | 277,02 |
| 131 | 131 | 0,44767 | 191 | 231 | 1488 | 1484 | 676 | 674 | 284 | 242 | 416 | 3,24 | 4,14 | 2,31 | 0,268 | 0,3  | 54,6 | 40,71 | 409,16 | 235,57 |
| 132 | 132 | 0,4514  | 187 | 225 | 1458 | 1462 | 663 | 664 | 287 | 246 | 416 | 2,86 | 3,99 | 2,08 | 0,271 | 0,35 | 55,4 | 42,05 | 360,24 | 249,66 |
| 133 | 133 | 0,45807 | 153 | 225 | 1463 | 1463 | 665 | 665 | 270 | 229 | 416 | 3,36 | 2,45 | 0,28 | 0,042 | 0,31 | 57   | 43,11 | 341,3  | 225,93 |
| 134 | 134 | 0,46498 | 452 | 229 | 1567 | 1567 | 712 | 712 | 295 | 252 | 416 | 4,13 | 4,59 | 2,41 | 0,254 | 0,34 | 47,1 | 39,39 | 389,5  | 231,25 |
| 135 | 135 | 0,4681  | 353 | 228 | 1529 | 1530 | 695 | 696 | 298 | 252 | 416 | 3,6  | 3,12 | 1,57 | 0,197 | 0,43 | 62,3 | 39,74 | 413,67 | 206,99 |
| 136 | 136 | 0,46901 | 425 | 228 | 1370 | 1367 | 623 | 622 | 276 | 243 | 416 | 3,77 | 3,46 | 1,2  | 0,148 | 0,47 | 46,5 | 45,68 | 312,81 | 235,8  |
| 137 | 137 | 0,47196 | 543 | 222 | 1324 | 1325 | 602 | 602 | 243 | 211 | 416 | 3,36 | 2,67 | 0,96 | 0,142 | 0,35 | 48,6 | 43,84 | 269,34 | 228,33 |
| 138 | 138 | 0,47822 | 299 | 228 | 1428 | 1428 | 649 | 649 | 276 | 241 | 416 | 3,6  | 4,3  | 2,03 | 0,226 | 0,4  | 45,8 | 40    | 344,29 | 234,48 |
| 139 | 139 | 0,48015 | 451 | 221 | 1373 | 1372 | 624 | 624 | 248 | 218 | 416 | 3,5  | 3,87 | 1,55 | 0,195 | 0,29 | 42,6 | 40,83 | 287,42 | 227,74 |
| 140 | 140 | 0,48172 | 504 | 230 | 1474 | 1472 | 670 | 669 | 301 | 257 | 416 | 3,76 | 2,74 | 0,82 | 0,115 | 0,35 | 53,1 | 49,82 | 315,06 | 287,08 |
| 141 | 141 | 0,49916 | 355 | 230 | 1481 | 1478 | 673 | 672 | 276 | 239 | 416 | 3,69 | 3,95 | 2,01 | 0,24  | 0,4  | 51,1 | 41,64 | 368,23 | 258,88 |
| 142 | 142 | 0,50052 | 149 | 226 | 1612 | 1608 | 733 | 731 | 293 | 251 | 416 | 3,64 | 3,89 | 1,86 | 0,215 | 0,3  | 57,5 | 40,47 | 442,31 | 253,57 |
| 143 | 143 | 0,50123 | 434 | 231 | 1482 | 1483 | 674 | 674 | 293 | 250 | 416 | 3,35 | 3,37 | 1,57 | 0,209 | 0,24 | 55,5 | 49,36 | 356,07 | 283,97 |
| 144 | 144 | 0,50772 | 487 | 229 | 1473 | 1473 | 670 | 669 | 303 | 260 | 416 | 3,38 | 3,03 | 1,12 | 0,142 | 0,33 | 51,4 | 42,37 | 335,01 | 258,86 |
| 145 | 145 | 0,51243 | 254 | 223 | 1447 | 1447 | 658 | 658 | 269 | 228 | 416 | 3,27 | 5,65 | 3,66 | 0,376 | 0,33 | 46,5 | 38,7  | 377,19 | 225,03 |
| 146 | 146 | 0,51321 | 399 | 228 | 1413 | 1411 | 642 | 641 | 272 | 237 | 416 | 3,72 | 3,52 | 1,33 | 0,176 | 0,48 | 47,8 | 42,76 | 319,63 | 258,33 |
| 147 | 147 | 0,5172  | 211 | 222 | 1375 | 1377 | 625 | 626 | 261 | 222 | 416 | 3,31 | 4,19 | 2,01 | 0,239 | 0,26 | 44,9 | 38,44 | 338,21 | 204,8  |
| 148 | 148 | 0,52211 | 170 | 228 | 1523 | 1524 | 692 | 693 | 298 | 257 | 416 | 3,97 | 4,37 | 1,68 | 0,178 | 0,35 | 46,8 | 45,16 | 396,75 | 262,81 |
| 149 | 149 | 0,52681 | 523 | 230 | 1507 | 1505 | 685 | 684 | 300 | 258 | 416 | 3,55 | 4,09 | 1,93 | 0,215 | 0,48 | 50,9 | 46,69 | 374,24 | 287,07 |
| 150 | 150 | 0,5279  | 199 | 231 | 1497 | 1492 | 680 | 678 | 295 | 252 | 416 | 3,25 | 4,14 | 2,31 | 0,268 | 0,3  | 54,6 | 40,7  | 409,54 | 235,57 |
| 151 | 151 | 0,53154 | 309 | 230 | 1481 | 1481 | 673 | 673 | 283 | 242 | 416 | 3,51 | 4,79 | 2,56 | 0,267 | 0,39 | 49,8 | 37,72 | 415,61 | 211,8  |
| 152 | 152 | 0,53478 | 330 | 223 | 1420 | 1420 | 646 | 646 | 264 | 230 | 416 | 3,18 | 3,59 | 1,56 | 0,196 | 0,34 | 48,6 | 41,51 | 325,48 | 252,32 |
| 153 | 153 | 0,53737 | 179 | 231 | 1462 | 1463 | 665 | 665 | 278 | 243 | 416 | 3,15 | 5,05 | 3,07 | 0,336 | 0,35 | 53,2 | 40,07 | 416,87 | 231,99 |
| 154 | 154 | 0,5396  | 126 | 231 | 1486 | 1486 | 675 | 675 | 286 | 244 | 416 | 3,51 | 2,47 | 0,17 | 0,025 | 0,3  | 57,5 | 43,49 | 366,95 | 235,67 |
| 155 | 155 | 0,55038 | 437 | 225 | 1357 | 1355 | 617 | 616 | 263 | 229 | 416 | 3,54 | 2,5  | 0,61 | 0,087 | 0,47 | 55,6 | 47,46 | 324,97 | 234,11 |
| 156 | 156 | 0,56376 | 563 | 224 | 1438 | 1438 | 654 | 654 | 281 | 239 | 416 | 3,44 | 2,06 | 0,32 | 0,049 | 0,25 | 52,7 | 44,73 | 287,63 | 249,15 |
| 157 | 157 | 0,56834 | 201 | 228 | 1462 | 1462 | 664 | 665 | 286 | 246 | 416 | 3,82 | 4,23 | 1,92 | 0,22  | 0,38 | 45,8 | 45,91 | 362,46 | 262,58 |
| 158 | 158 | 0,57434 | 142 | 228 | 1392 | 1392 | 633 | 633 | 278 | 243 | 416 | 3,8  | 2,61 | 0,08 | 0,011 | 0,26 | 48,2 | 48,55 | 303,77 | 259,17 |
| 159 | 159 | 0,57488 | 169 | 233 | 1555 | 1552 | 707 | 706 | 310 | 269 | 416 | 3,64 | 2,85 | 0,43 | 0,061 | 0,39 | 60,7 | 43,51 | 378,64 | 259,93 |
| 160 | 160 | 0,57714 | 161 | 228 | 1465 | 1464 | 666 | 666 | 297 | 256 | 416 | 3,79 | 4,2  | 1,88 | 0,22  | 0,34 | 45,8 | 46,11 | 357,71 | 262,56 |



|     |     |         |     |     |      |      |     |     |     |     |     |      |      |      |       |      |      |       |        |        |
|-----|-----|---------|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-------|------|------|-------|--------|--------|
| 161 | 161 | 0,58156 | 151 | 226 | 1612 | 1608 | 733 | 731 | 293 | 251 | 416 | 3,65 | 3,89 | 1,85 | 0,214 | 0,3  | 57,5 | 40,47 | 442,22 | 250,09 |
| 162 | 162 | 0,59375 | 490 | 227 | 1404 | 1402 | 638 | 637 | 295 | 254 | 416 | 3,24 | 4,63 | 2,52 | 0,293 | 0,33 | 45,4 | 44,98 | 320,86 | 235,72 |
| 163 | 163 | 0,59896 | 148 | 231 | 1583 | 1582 | 720 | 719 | 284 | 247 | 416 | 4,11 | 4,03 | 1,7  | 0,188 | 0,38 | 53,1 | 39,87 | 427,64 | 235,45 |
| 164 | 164 | 0,61447 | 210 | 230 | 1571 | 1570 | 714 | 714 | 281 | 244 | 416 | 4,06 | 4,01 | 1,72 | 0,191 | 0,4  | 52,5 | 39,93 | 401,69 | 231,88 |
| 165 | 165 | 0,62217 | 96  | 226 | 1475 | 1477 | 670 | 671 | 282 | 240 | 416 | 3,38 | 2,44 | 0,24 | 0,036 | 0,31 | 57,8 | 43,18 | 363,73 | 226,01 |
| 166 | 166 | 0,62388 | 522 | 222 | 1418 | 1418 | 645 | 645 | 273 | 232 | 416 | 3,65 | 3,38 | 1,58 | 0,186 | 0,34 | 45,5 | 38,56 | 337,37 | 201,42 |
| 167 | 167 | 0,62783 | 208 | 227 | 1409 | 1411 | 640 | 641 | 285 | 246 | 416 | 3,44 | 4,41 | 2,11 | 0,244 | 0,25 | 45,2 | 38,62 | 349,09 | 211,06 |
| 168 | 168 | 0,64366 | 471 | 223 | 1381 | 1381 | 628 | 628 | 265 | 229 | 416 | 3,57 | 3,42 | 1,68 | 0,219 | 0,38 | 48,4 | 47,77 | 318,19 | 253,09 |
| 169 | 169 | 0,64521 | 518 | 230 | 1408 | 1408 | 640 | 640 | 299 | 256 | 416 | 3,08 | 2,96 | 1,27 | 0,175 | 0,27 | 53,9 | 49,5  | 314,59 | 263,41 |
| 170 | 170 | 0,65473 | 141 | 223 | 1390 | 1396 | 632 | 634 | 267 | 232 | 416 | 3,86 | 2,39 | 0,12 | 0,017 | 0,36 | 50,8 | 40,14 | 328,14 | 205,38 |
| 171 | 171 | 0,66276 | 142 | 223 | 1515 | 1518 | 689 | 690 | 301 | 261 | 416 | 3,71 | 4,28 | 1,94 | 0,238 | 0,3  | 48,7 | 46,73 | 362,47 | 280,48 |
| 172 | 172 | 0,66567 | 208 | 227 | 1405 | 1406 | 639 | 639 | 285 | 246 | 416 | 3,46 | 4,16 | 1,86 | 0,22  | 0,24 | 45,3 | 38,89 | 343,29 | 211,05 |
| 173 | 173 | 0,66902 | 521 | 229 | 1408 | 1408 | 640 | 640 | 287 | 245 | 416 | 3,53 | 3,98 | 2,32 | 0,282 | 0,35 | 49,3 | 39,87 | 344,74 | 211,53 |
| 174 | 174 | 0,67703 | 246 | 223 | 1459 | 1459 | 663 | 663 | 280 | 240 | 416 | 3,28 | 5,69 | 3,69 | 0,379 | 0,34 | 46,8 | 38,68 | 380,02 | 225,06 |
| 175 | 175 | 0,67704 | 124 | 225 | 1402 | 1402 | 637 | 637 | 271 | 231 | 416 | 3,21 | 2,99 | 0,91 | 0,131 | 0,3  | 56,2 | 41,25 | 338    | 206,05 |
| 176 | 176 | 0,68975 | 197 | 229 | 1464 | 1465 | 666 | 666 | 274 | 239 | 416 | 3,64 | 5,84 | 3,48 | 0,39  | 0,57 | 47,9 | 40,5  | 377,5  | 258,56 |
| 177 | 177 | 0,6916  | 74  | 225 | 1489 | 1489 | 677 | 677 | 280 | 236 | 416 | 3,69 | 3,11 | 1,14 | 0,144 | 0,37 | 55,8 | 39,26 | 401,53 | 202,64 |
| 178 | 178 | 0,70333 | 535 | 227 | 1441 | 1441 | 655 | 655 | 265 | 233 | 416 | 3,97 | 3,28 | 0,97 | 0,117 | 0,28 | 44,6 | 40,9  | 311,54 | 234,23 |
| 179 | 179 | 0,70792 | 158 | 227 | 1469 | 1469 | 668 | 668 | 283 | 246 | 416 | 4,48 | 2,96 | 0,37 | 0,047 | 0,32 | 46,2 | 47,09 | 337,23 | 262,5  |
| 180 | 180 | 0,71219 | 188 | 228 | 1432 | 1432 | 651 | 651 | 294 | 254 | 416 | 3,52 | 4,19 | 1,82 | 0,215 | 0,24 | 45,9 | 38,82 | 350,09 | 211,13 |
| 181 | 181 | 0,71478 | 471 | 228 | 1508 | 1508 | 685 | 685 | 291 | 258 | 416 | 3,71 | 4,42 | 2,14 | 0,233 | 0,27 | 45,9 | 40,35 | 362,96 | 258,33 |
| 182 | 182 | 0,71693 | 102 | 227 | 1619 | 1618 | 736 | 736 | 305 | 262 | 416 | 3,66 | 3,9  | 1,86 | 0,215 | 0,3  | 57,6 | 40,45 | 445,16 | 250,1  |
| 183 | 183 | 0,72733 | 390 | 232 | 1538 | 1537 | 699 | 699 | 285 | 243 | 416 | 3,18 | 6,23 | 4,52 | 0,451 | 0,35 | 55   | 39,32 | 439,07 | 232,35 |
| 184 | 184 | 0,73063 | 566 | 231 | 1498 | 1497 | 681 | 681 | 294 | 259 | 416 | 3,51 | 3,48 | 1,82 | 0,218 | 0,34 | 55,7 | 48,08 | 384,32 | 287,61 |
| 185 | 185 | 0,73176 | 578 | 222 | 1406 | 1407 | 639 | 640 | 269 | 228 | 416 | 3,57 | 3,38 | 1,66 | 0,194 | 0,34 | 44,9 | 38,62 | 315,57 | 201,34 |
| 186 | 186 | 0,7328  | 514 | 224 | 1510 | 1509 | 686 | 686 | 289 | 247 | 416 | 3,58 | 4,92 | 3,09 | 0,324 | 0,43 | 49   | 39,16 | 394,26 | 228,8  |
| 187 | 187 | 0,74083 | 451 | 221 | 1373 | 1372 | 624 | 624 | 248 | 218 | 416 | 3,5  | 3,87 | 1,55 | 0,195 | 0,29 | 42,6 | 40,83 | 287,42 | 227,74 |
| 188 | 188 | 0,7517  | 264 | 226 | 1490 | 1494 | 677 | 679 | 270 | 237 | 416 | 3,41 | 6,66 | 4,82 | 0,481 | 0,59 | 55,8 | 37,11 | 454,95 | 206,46 |
| 189 | 189 | 0,75287 | 63  | 229 | 1562 | 1562 | 710 | 710 | 304 | 260 | 416 | 4,16 | 3,38 | 1,02 | 0,115 | 0,25 | 50,3 | 38,14 | 411,98 | 208,27 |
| 190 | 190 | 0,75605 | 471 | 229 | 1438 | 1437 | 654 | 653 | 281 | 246 | 416 | 3,12 | 3,44 | 1,6  | 0,21  | 0,25 | 50,7 | 43,15 | 313,29 | 258,72 |
| 191 | 191 | 0,77106 | 222 | 232 | 1459 | 1458 | 663 | 663 | 294 | 252 | 416 | 3,1  | 4,1  | 2,29 | 0,262 | 0,39 | 56,4 | 38,98 | 426,32 | 212,52 |
| 192 | 192 | 0,78327 | 124 | 230 | 1416 | 1416 | 644 | 644 | 279 | 246 | 416 | 3,47 | 4,32 | 2,22 | 0,272 | 0,28 | 51,7 | 39,55 | 358,05 | 211,83 |
| 193 | 193 | 0,7837  | 103 | 228 | 1473 | 1473 | 670 | 670 | 294 | 253 | 416 | 3,81 | 4,2  | 1,85 | 0,217 | 0,33 | 46   | 46,15 | 359,97 | 262,58 |
| 194 | 194 | 0,78393 | 250 | 229 | 1502 | 1502 | 683 | 683 | 297 | 256 | 416 | 3,41 | 5,49 | 3,33 | 0,336 | 0,44 | 49,1 | 39,02 | 404,59 | 235,05 |
| 195 | 195 | 0,79686 | 416 | 225 | 1446 | 1446 | 657 | 657 | 259 | 225 | 416 | 2,96 | 5,15 | 3,44 | 0,358 | 0,4  | 52,8 | 39,26 | 404,93 | 225,82 |
| 196 | 196 | 0,79904 | 307 | 222 | 1416 | 1415 | 643 | 643 | 252 | 221 | 416 | 3,57 | 4,08 | 1,76 | 0,21  | 0,23 | 45   | 40,16 | 320,47 | 228,1  |
| 197 | 197 | 0,79926 | 429 | 224 | 1399 | 1405 | 636 | 638 | 262 | 230 | 416 | 3,31 | 2,27 | 0,13 | 0,02  | 0,2  | 53,6 | 51,09 | 287,91 | 280,85 |
| 198 | 198 | 0,82092 | 68  | 222 | 1488 | 1488 | 676 | 676 | 281 | 246 | 416 | 4,19 | 3,26 | 0,61 | 0,071 | 0,33 | 46,6 | 43,77 | 374,95 | 233,18 |

199 199 0,822 594 229 1486 1486 676 676 298 256 416 3,5 3,67 1,78 0,201 0,35 49,9 40,52 374,8 235  
 Generacija 300

| PB | PR | SO | V <sub>S</sub> | V <sub>RS</sub> | V <sub>TA</sub> | V <sub>TR</sub> | A <sub>TA</sub> | A <sub>TR</sub> | P <sub>24P</sub> | P <sub>ITOT</sub> | P <sub>TIS</sub> | K <sub>G</sub> | B <sub>M</sub> | G <sub>M</sub> | C <sub>GMB</sub> | A <sub>M</sub> | X <sub>ADECK</sub> | X <sub>RDECK</sub> | A <sub>AOD</sub> | A <sub>ROD</sub> |
|----|----|----|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|-------------------|------------------|----------------|----------------|----------------|------------------|----------------|--------------------|--------------------|------------------|------------------|
| 0  | 1  | 0  | 413            | 227             | 1282            | 1280            | 583             | 582             | 250              | 218               | 416              | 3,33           | 2,32           | 0,35           | 0,054            | 0,25           | 46,4               | 43,22              | 252,48           | 207,41           |
| 1  | 1  | 0  | 232            | 224             | 1447            | 1453            | 658             | 660             | 300              | 258               | 416              | 3,42           | 2,4            | 0,4            | 0,058            | 0,25           | 53,2               | 49,46              | 314,86           | 280,87           |
| 2  | 1  | 0  | 339            | 223             | 1429            | 1429            | 650             | 650             | 285              | 249               | 416              | 3,43           | 2,51           | 0,53           | 0,078            | 0,25           | 51,5               | 49,59              | 300,42           | 280,65           |
| 3  | 1  | 0  | 231            | 224             | 1447            | 1453            | 658             | 660             | 300              | 258               | 416              | 3,42           | 2,4            | 0,4            | 0,059            | 0,25           | 53,2               | 49,46              | 314,85           | 280,87           |
| 4  | 1  | 0  | 430            | 223             | 1352            | 1349            | 614             | 613             | 266              | 233               | 416              | 3,28           | 2,33           | 0,41           | 0,063            | 0,22           | 50,2               | 50,21              | 273,22           | 256,64           |
| 5  | 1  | 0  | 282            | 222             | 1286            | 1291            | 585             | 587             | 245              | 213               | 416              | 3,32           | 2,3            | 0,33           | 0,051            | 0,24           | 49,2               | 48,43              | 271,61           | 229,72           |
| 6  | 1  | 0  | 375            | 223             | 1418            | 1414            | 644             | 643             | 272              | 239               | 416              | 3,43           | 2,64           | 0,67           | 0,098            | 0,23           | 50,3               | 43,77              | 291,48           | 252,36           |
| 7  | 1  | 0  | 392            | 223             | 1413            | 1413            | 642             | 642             | 284              | 248               | 416              | 3,37           | 2,54           | 0,65           | 0,093            | 0,23           | 49,5               | 49,49              | 288,06           | 280,42           |
| 8  | 1  | 0  | 371            | 223             | 1418            | 1414            | 644             | 643             | 278              | 245               | 416              | 3,5            | 2,69           | 0,67           | 0,096            | 0,24           | 49,8               | 49,44              | 291,82           | 280,45           |
| 9  | 1  | 0  | 311            | 223             | 1336            | 1336            | 607             | 607             | 266              | 234               | 416              | 3,41           | 2,62           | 0,66           | 0,098            | 0,24           | 50                 | 47,67              | 288,28           | 233,35           |
| 10 | 1  | 0  | 282            | 222             | 1286            | 1291            | 585             | 587             | 245              | 213               | 416              | 3,32           | 2,3            | 0,33           | 0,051            | 0,24           | 49,3               | 48,43              | 271,77           | 229,72           |
| 11 | 1  | 0  | 324            | 222             | 1293            | 1292            | 588             | 587             | 251              | 220               | 416              | 3,22           | 2,23           | 0,33           | 0,052            | 0,25           | 49,1               | 42,85              | 266,26           | 205,03           |
| 12 | 1  | 0  | 308            | 222             | 1317            | 1318            | 599             | 599             | 256              | 224               | 416              | 3,28           | 2,27           | 0,32           | 0,051            | 0,25           | 49,5               | 42,63              | 272,5            | 201,62           |
| 13 | 1  | 0  | 332            | 222             | 1319            | 1319            | 599             | 600             | 262              | 230               | 416              | 3,32           | 2,31           | 0,34           | 0,053            | 0,25           | 49,4               | 42,4               | 274,67           | 205,1            |
| 14 | 1  | 0  | 376            | 222             | 1354            | 1353            | 615             | 615             | 263              | 231               | 416              | 3,36           | 2,39           | 0,4            | 0,06             | 0,22           | 48,2               | 43,66              | 272,04           | 228,27           |
| 15 | 1  | 0  | 319            | 223             | 1328            | 1333            | 604             | 606             | 263              | 231               | 416              | 3,39           | 2,62           | 0,68           | 0,1              | 0,24           | 49,8               | 47,74              | 285,74           | 229,84           |
| 16 | 1  | 0  | 224            | 222             | 1312            | 1316            | 596             | 598             | 259              | 227               | 416              | 3,52           | 2,47           | 0,37           | 0,055            | 0,24           | 47,6               | 47,44              | 278,4            | 233,02           |
| 17 | 1  | 0  | 431            | 221             | 1292            | 1293            | 587             | 588             | 259              | 227               | 416              | 3,19           | 2,31           | 0,48           | 0,074            | 0,23           | 46,6               | 42,46              | 255,11           | 204,74           |
| 18 | 1  | 0  | 339            | 222             | 1317            | 1317            | 599             | 599             | 259              | 227               | 416              | 3,28           | 2,3            | 0,37           | 0,057            | 0,25           | 49,3               | 42,48              | 272,61           | 205,08           |
| 19 | 1  | 0  | 239            | 222             | 1307            | 1306            | 594             | 594             | 249              | 218               | 416              | 3,52           | 2,44           | 0,35           | 0,052            | 0,25           | 47,6               | 47,5               | 277,62           | 233,03           |
| 20 | 1  | 0  | 315            | 223             | 1335            | 1335            | 607             | 607             | 265              | 232               | 416              | 3,4            | 2,62           | 0,66           | 0,098            | 0,25           | 50                 | 47,71              | 287,29           | 233,34           |
| 21 | 1  | 0  | 418            | 221             | 1274            | 1274            | 579             | 579             | 251              | 220               | 416              | 3,16           | 2,3            | 0,49           | 0,075            | 0,24           | 46,6               | 42,59              | 253,23           | 201,25           |
| 22 | 1  | 0  | 284            | 223             | 1319            | 1319            | 600             | 600             | 258              | 226               | 416              | 3,29           | 2,28           | 0,32           | 0,05             | 0,25           | 49,7               | 42,58              | 273,74           | 205,11           |
| 23 | 1  | 0  | 312            | 222             | 1347            | 1347            | 612             | 612             | 275              | 238               | 416              | 3,57           | 2,21           | 0,35           | 0,052            | 0,25           | 49                 | 47,92              | 278,1            | 233,2            |
| 24 | 1  | 0  | 307            | 229             | 1344            | 1344            | 611             | 611             | 276              | 243               | 416              | 3,51           | 2,63           | 0,57           | 0,084            | 0,23           | 50,1               | 48,24              | 288,99           | 236,07           |
| 25 | 1  | 0  | 306            | 223             | 1321            | 1321            | 600             | 600             | 261              | 229               | 416              | 3,32           | 2,3            | 0,33           | 0,051            | 0,25           | 49,6               | 42,42              | 275,55           | 205,12           |
| 26 | 1  | 0  | 412            | 227             | 1283            | 1280            | 583             | 582             | 250              | 218               | 416              | 3,33           | 2,32           | 0,35           | 0,054            | 0,25           | 46,4               | 43,21              | 252,65           | 207,42           |
| 27 | 1  | 0  | 433            | 227             | 1288            | 1286            | 586             | 585             | 261              | 229               | 416              | 3,32           | 2,32           | 0,37           | 0,057            | 0,25           | 46,3               | 43,23              | 251,24           | 207,4            |
| 28 | 1  | 0  | 240            | 222             | 1315            | 1314            | 598             | 597             | 261              | 228               | 416              | 3,51           | 2,48           | 0,39           | 0,058            | 0,24           | 47,6               | 47,46              | 278,26           | 233,03           |
| 29 | 1  | 0  | 412            | 227             | 1283            | 1280            | 583             | 582             | 250              | 218               | 416              | 3,33           | 2,32           | 0,35           | 0,054            | 0,25           | 46,4               | 43,21              | 252,64           | 207,42           |
| 30 | 1  | 0  | 264            | 222             | 1327            | 1331            | 603             | 605             | 263              | 231               | 416              | 3,53           | 2,49           | 0,4            | 0,059            | 0,25           | 47,4               | 47,38              | 277,95           | 229,53           |
| 31 | 1  | 0  | 265            | 222             | 1307            | 1306            | 594             | 594             | 249              | 218               | 416              | 3,52           | 2,44           | 0,35           | 0,052            | 0,25           | 47,6               | 47,51              | 277,35           | 233,03           |
| 32 | 1  | 0  | 410            | 221             | 1269            | 1275            | 577             | 580             | 254              | 223               | 416              | 3,17           | 2,3            | 0,48           | 0,073            | 0,24           | 46,6               | 42,57              | 253,87           | 204,74           |
| 33 | 1  | 0  | 287            | 222             | 1317            | 1313            | 599             | 597             | 258              | 225               | 416              | 3,5            | 2,43           | 0,36           | 0,054            | 0,25           | 47,6               | 47,53              | 276,67           | 229,54           |

|    |   |   |     |     |      |      |     |     |     |     |     |      |      |      |       |      |      |       |        |        |
|----|---|---|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-------|------|------|-------|--------|--------|
| 34 | 1 | 0 | 430 | 227 | 1290 | 1291 | 586 | 587 | 261 | 230 | 416 | 3,26 | 2,3  | 0,4  | 0,062 | 0,23 | 46,8 | 43,12 | 256,34 | 207,48 |
| 35 | 1 | 0 | 230 | 222 | 1310 | 1315 | 596 | 598 | 257 | 225 | 416 | 3,51 | 2,48 | 0,39 | 0,058 | 0,25 | 47,5 | 47,45 | 277,62 | 229,53 |
| 36 | 1 | 0 | 436 | 221 | 1270 | 1270 | 577 | 577 | 248 | 217 | 416 | 3,11 | 2,29 | 0,53 | 0,081 | 0,24 | 46,2 | 42,65 | 250,24 | 201,2  |
| 37 | 1 | 0 | 377 | 222 | 1271 | 1271 | 578 | 578 | 238 | 206 | 416 | 3,16 | 2,28 | 0,46 | 0,071 | 0,24 | 47,1 | 42,65 | 256,51 | 201,31 |
| 38 | 1 | 0 | 371 | 227 | 1299 | 1301 | 590 | 591 | 262 | 230 | 416 | 3,31 | 2,3  | 0,35 | 0,054 | 0,23 | 47,7 | 43,07 | 262,35 | 207,58 |
| 39 | 1 | 0 | 334 | 228 | 1325 | 1326 | 602 | 603 | 264 | 232 | 416 | 3,38 | 2,6  | 0,66 | 0,098 | 0,25 | 49,5 | 42,52 | 282,42 | 207,85 |
| 40 | 1 | 0 | 436 | 227 | 1309 | 1310 | 595 | 596 | 267 | 235 | 416 | 3,29 | 2,31 | 0,38 | 0,058 | 0,25 | 47   | 43,05 | 258,36 | 207,5  |
| 41 | 1 | 0 | 366 | 223 | 1416 | 1412 | 644 | 642 | 278 | 245 | 416 | 3,49 | 2,68 | 0,68 | 0,098 | 0,24 | 49,8 | 49,47 | 290,52 | 280,44 |
| 42 | 1 | 0 | 340 | 228 | 1344 | 1345 | 611 | 611 | 270 | 237 | 416 | 3,41 | 2,61 | 0,64 | 0,094 | 0,25 | 49,7 | 42,45 | 284,71 | 207,88 |
| 43 | 1 | 0 | 435 | 221 | 1291 | 1291 | 587 | 587 | 254 | 222 | 416 | 3,15 | 2,29 | 0,49 | 0,076 | 0,24 | 46,6 | 42,59 | 253,32 | 201,25 |
| 44 | 1 | 0 | 395 | 221 | 1267 | 1267 | 576 | 576 | 237 | 206 | 416 | 3,15 | 2,27 | 0,46 | 0,071 | 0,24 | 46,6 | 42,64 | 253,26 | 201,24 |
| 45 | 1 | 0 | 303 | 222 | 1299 | 1298 | 590 | 590 | 250 | 219 | 416 | 3,24 | 2,26 | 0,35 | 0,054 | 0,24 | 49,4 | 42,7  | 270,37 | 201,59 |
| 46 | 1 | 0 | 345 | 222 | 1311 | 1312 | 596 | 596 | 264 | 232 | 416 | 3,34 | 2,38 | 0,4  | 0,06  | 0,23 | 48,1 | 48,04 | 270,02 | 233,08 |
| 47 | 1 | 0 | 299 | 223 | 1307 | 1306 | 594 | 594 | 260 | 228 | 416 | 3,36 | 2,32 | 0,33 | 0,05  | 0,24 | 49,6 | 48,23 | 276,82 | 233,25 |
| 48 | 1 | 0 | 431 | 221 | 1291 | 1292 | 587 | 587 | 255 | 224 | 416 | 3,16 | 2,3  | 0,49 | 0,075 | 0,24 | 46,6 | 42,56 | 254,07 | 204,74 |
| 49 | 1 | 0 | 279 | 222 | 1299 | 1300 | 591 | 591 | 252 | 220 | 416 | 3,25 | 2,27 | 0,34 | 0,054 | 0,25 | 49,4 | 42,66 | 271,29 | 205,08 |
| 50 | 1 | 0 | 310 | 222 | 1300 | 1301 | 591 | 591 | 256 | 224 | 416 | 3,29 | 2,29 | 0,35 | 0,055 | 0,25 | 49,4 | 42,49 | 272,87 | 205,08 |
| 51 | 1 | 0 | 418 | 222 | 1298 | 1296 | 590 | 589 | 260 | 229 | 416 | 3,22 | 2,32 | 0,46 | 0,07  | 0,23 | 46,9 | 42,44 | 257,6  | 204,79 |
| 52 | 1 | 0 | 291 | 222 | 1300 | 1299 | 591 | 590 | 253 | 222 | 416 | 3,26 | 2,28 | 0,34 | 0,054 | 0,25 | 49,4 | 42,65 | 270,91 | 201,6  |
| 53 | 1 | 0 | 437 | 221 | 1292 | 1292 | 587 | 587 | 257 | 225 | 416 | 3,18 | 2,31 | 0,49 | 0,075 | 0,23 | 46,5 | 42,49 | 254,08 | 201,25 |
| 54 | 1 | 0 | 371 | 223 | 1373 | 1373 | 624 | 624 | 265 | 232 | 416 | 3,46 | 2,67 | 0,68 | 0,099 | 0,24 | 49,5 | 49,11 | 287,51 | 253,11 |
| 55 | 1 | 0 | 343 | 222 | 1312 | 1312 | 596 | 596 | 263 | 231 | 416 | 3,33 | 2,36 | 0,37 | 0,056 | 0,22 | 48,1 | 48,08 | 269,69 | 233,08 |
| 56 | 1 | 0 | 315 | 222 | 1320 | 1319 | 600 | 600 | 259 | 227 | 416 | 3,31 | 2,3  | 0,34 | 0,053 | 0,25 | 49,5 | 42,45 | 274,14 | 201,62 |
| 57 | 1 | 0 | 405 | 222 | 1296 | 1296 | 589 | 589 | 257 | 226 | 416 | 3,21 | 2,24 | 0,38 | 0,058 | 0,23 | 47   | 42,63 | 255,92 | 204,78 |
| 58 | 1 | 0 | 317 | 223 | 1372 | 1376 | 623 | 626 | 265 | 232 | 416 | 3,43 | 2,62 | 0,63 | 0,094 | 0,24 | 50,1 | 43,36 | 288,81 | 228,53 |
| 59 | 1 | 0 | 299 | 229 | 1344 | 1344 | 611 | 611 | 276 | 243 | 416 | 3,51 | 2,63 | 0,57 | 0,084 | 0,23 | 50,1 | 48,24 | 288,93 | 236,07 |
| 60 | 1 | 0 | 427 | 222 | 1297 | 1297 | 589 | 590 | 259 | 227 | 416 | 3,26 | 2,26 | 0,44 | 0,068 | 0,24 | 47   | 42,64 | 255,22 | 204,78 |
| 61 | 1 | 0 | 307 | 223 | 1315 | 1315 | 598 | 598 | 259 | 227 | 416 | 3,37 | 2,6  | 0,67 | 0,1   | 0,25 | 49,7 | 47,78 | 284,76 | 233,3  |
| 62 | 1 | 0 | 419 | 227 | 1291 | 1289 | 587 | 586 | 261 | 229 | 416 | 3,34 | 2,32 | 0,35 | 0,054 | 0,25 | 46,5 | 43,2  | 253,02 | 207,42 |
| 63 | 1 | 0 | 428 | 227 | 1283 | 1284 | 583 | 584 | 251 | 219 | 416 | 3,26 | 2,33 | 0,48 | 0,074 | 0,23 | 47   | 43,17 | 255,78 | 207,5  |
| 64 | 1 | 0 | 309 | 222 | 1316 | 1316 | 598 | 598 | 261 | 228 | 416 | 3,3  | 2,29 | 0,34 | 0,053 | 0,25 | 49,3 | 42,54 | 271,8  | 205,08 |
| 65 | 1 | 0 | 366 | 222 | 1304 | 1304 | 593 | 593 | 255 | 223 | 416 | 3,15 | 2,31 | 0,47 | 0,073 | 0,25 | 49,1 | 42,8  | 265,87 | 201,57 |
| 66 | 1 | 0 | 418 | 222 | 1299 | 1300 | 591 | 591 | 256 | 224 | 416 | 3,21 | 2,28 | 0,41 | 0,063 | 0,24 | 47,4 | 42,57 | 259,89 | 204,83 |
| 67 | 1 | 0 | 250 | 222 | 1329 | 1333 | 604 | 606 | 265 | 233 | 416 | 3,53 | 2,49 | 0,38 | 0,056 | 0,25 | 47,7 | 47,38 | 279,98 | 233,05 |
| 68 | 1 | 0 | 225 | 222 | 1312 | 1316 | 596 | 598 | 259 | 227 | 416 | 3,52 | 2,48 | 0,39 | 0,057 | 0,24 | 47,6 | 47,41 | 278,8  | 233,02 |
| 69 | 1 | 0 | 315 | 222 | 1315 | 1315 | 598 | 598 | 259 | 227 | 416 | 3,27 | 2,29 | 0,37 | 0,057 | 0,24 | 49,2 | 42,55 | 270,68 | 205,06 |
| 70 | 1 | 0 | 345 | 222 | 1312 | 1312 | 596 | 596 | 263 | 231 | 416 | 3,33 | 2,35 | 0,37 | 0,056 | 0,22 | 48,1 | 48,09 | 269,4  | 233,08 |
| 71 | 1 | 0 | 417 | 222 | 1352 | 1352 | 615 | 614 | 263 | 231 | 416 | 3,36 | 2,45 | 0,52 | 0,077 | 0,24 | 47,7 | 43,57 | 270,01 | 228,21 |

|     |   |   |     |     |      |      |     |     |     |     |     |      |      |      |       |      |      |       |        |        |
|-----|---|---|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-------|------|------|-------|--------|--------|
| 72  | 1 | 0 | 351 | 223 | 1372 | 1372 | 624 | 624 | 265 | 232 | 416 | 3,46 | 2,64 | 0,65 | 0,094 | 0,24 | 49,5 | 49,15 | 286,41 | 253,11 |
| 73  | 1 | 0 | 400 | 222 | 1299 | 1299 | 591 | 590 | 259 | 227 | 416 | 3,25 | 2,26 | 0,38 | 0,058 | 0,23 | 47,1 | 42,52 | 257,77 | 204,79 |
| 74  | 1 | 0 | 326 | 222 | 1314 | 1312 | 597 | 597 | 257 | 225 | 416 | 3,26 | 2,29 | 0,38 | 0,058 | 0,24 | 49   | 42,6  | 269,01 | 205,03 |
| 75  | 1 | 0 | 344 | 223 | 1313 | 1310 | 597 | 596 | 261 | 229 | 416 | 3,21 | 2,33 | 0,43 | 0,066 | 0,24 | 49,7 | 42,66 | 270,93 | 205,12 |
| 76  | 1 | 0 | 390 | 221 | 1273 | 1278 | 579 | 581 | 255 | 223 | 416 | 3,22 | 2,25 | 0,39 | 0,06  | 0,24 | 46,8 | 42,63 | 254,81 | 204,76 |
| 77  | 1 | 0 | 431 | 222 | 1299 | 1299 | 591 | 591 | 258 | 226 | 416 | 3,21 | 2,38 | 0,57 | 0,087 | 0,25 | 47   | 42,37 | 258,93 | 204,79 |
| 78  | 1 | 0 | 376 | 222 | 1354 | 1353 | 615 | 615 | 263 | 231 | 416 | 3,36 | 2,39 | 0,4  | 0,06  | 0,22 | 48,2 | 43,66 | 272,04 | 228,27 |
| 79  | 1 | 0 | 423 | 222 | 1298 | 1298 | 590 | 590 | 254 | 223 | 416 | 3,2  | 2,28 | 0,42 | 0,065 | 0,25 | 47,3 | 42,61 | 258,9  | 201,34 |
| 80  | 1 | 0 | 426 | 222 | 1302 | 1299 | 592 | 590 | 261 | 229 | 416 | 3,27 | 2,26 | 0,43 | 0,066 | 0,24 | 47,1 | 42,61 | 256,3  | 204,8  |
| 81  | 1 | 0 | 432 | 221 | 1271 | 1277 | 578 | 580 | 255 | 223 | 416 | 3,23 | 2,24 | 0,44 | 0,069 | 0,25 | 46,8 | 42,75 | 252,54 | 204,75 |
| 82  | 1 | 0 | 249 | 222 | 1316 | 1316 | 598 | 598 | 261 | 228 | 416 | 3,51 | 2,48 | 0,39 | 0,057 | 0,25 | 47,6 | 47,41 | 278,97 | 233,04 |
| 83  | 1 | 0 | 433 | 221 | 1296 | 1296 | 589 | 589 | 258 | 226 | 416 | 3,25 | 2,25 | 0,44 | 0,067 | 0,24 | 46,9 | 42,69 | 253,96 | 201,29 |
| 84  | 1 | 0 | 314 | 222 | 1315 | 1315 | 598 | 598 | 259 | 227 | 416 | 3,29 | 2,3  | 0,35 | 0,054 | 0,24 | 49,2 | 42,55 | 270,92 | 201,58 |
| 85  | 1 | 0 | 422 | 221 | 1271 | 1276 | 578 | 580 | 255 | 223 | 416 | 3,22 | 2,24 | 0,45 | 0,069 | 0,25 | 46,7 | 42,76 | 251,8  | 204,74 |
| 86  | 1 | 0 | 427 | 221 | 1276 | 1276 | 580 | 580 | 252 | 220 | 416 | 3,21 | 2,23 | 0,45 | 0,07  | 0,25 | 46,7 | 42,79 | 251,49 | 201,26 |
| 87  | 1 | 0 | 310 | 222 | 1295 | 1295 | 589 | 589 | 253 | 221 | 416 | 3,25 | 2,28 | 0,37 | 0,058 | 0,25 | 49   | 42,63 | 268,29 | 201,54 |
| 88  | 1 | 0 | 371 | 222 | 1314 | 1313 | 597 | 597 | 264 | 232 | 416 | 3,34 | 2,36 | 0,37 | 0,056 | 0,23 | 48,2 | 48,08 | 270,53 | 233,09 |
| 89  | 1 | 0 | 379 | 222 | 1281 | 1282 | 582 | 583 | 249 | 217 | 416 | 3,16 | 2,34 | 0,5  | 0,078 | 0,25 | 47,1 | 42,47 | 259,17 | 201,32 |
| 90  | 1 | 0 | 299 | 222 | 1298 | 1298 | 590 | 590 | 256 | 224 | 416 | 3,27 | 2,29 | 0,36 | 0,056 | 0,24 | 49,2 | 42,55 | 270,6  | 205,05 |
| 91  | 1 | 0 | 320 | 228 | 1325 | 1324 | 602 | 602 | 264 | 232 | 416 | 3,38 | 2,6  | 0,66 | 0,097 | 0,25 | 49,4 | 42,51 | 281,27 | 207,83 |
| 92  | 1 | 0 | 438 | 222 | 1296 | 1297 | 589 | 589 | 257 | 226 | 416 | 3,16 | 2,43 | 0,66 | 0,1   | 0,25 | 47   | 42,29 | 259,11 | 204,8  |
| 93  | 1 | 0 | 299 | 223 | 1307 | 1306 | 594 | 594 | 260 | 228 | 416 | 3,36 | 2,32 | 0,33 | 0,05  | 0,24 | 49,6 | 48,23 | 276,82 | 233,25 |
| 94  | 1 | 0 | 303 | 222 | 1299 | 1298 | 590 | 590 | 250 | 219 | 416 | 3,24 | 2,26 | 0,35 | 0,054 | 0,24 | 49,4 | 42,7  | 270,37 | 201,59 |
| 95  | 1 | 0 | 374 | 223 | 1424 | 1423 | 647 | 647 | 284 | 248 | 416 | 3,41 | 2,53 | 0,59 | 0,085 | 0,24 | 50,7 | 49,53 | 296,55 | 280,56 |
| 96  | 1 | 0 | 430 | 227 | 1295 | 1295 | 589 | 589 | 262 | 230 | 416 | 3,25 | 2,44 | 0,59 | 0,089 | 0,24 | 47,1 | 42,87 | 260,27 | 207,52 |
| 97  | 1 | 0 | 236 | 222 | 1329 | 1335 | 604 | 607 | 267 | 234 | 416 | 3,55 | 2,49 | 0,37 | 0,054 | 0,24 | 47,8 | 47,39 | 280,61 | 233,06 |
| 98  | 1 | 0 | 415 | 222 | 1278 | 1278 | 581 | 581 | 252 | 220 | 416 | 3,18 | 2,29 | 0,48 | 0,073 | 0,25 | 46,9 | 42,5  | 256,3  | 201,29 |
| 99  | 1 | 0 | 305 | 223 | 1430 | 1430 | 650 | 650 | 285 | 249 | 416 | 3,43 | 2,51 | 0,54 | 0,078 | 0,25 | 51,5 | 49,57 | 300,3  | 280,66 |
| 100 | 1 | 0 | 300 | 227 | 1326 | 1326 | 603 | 603 | 264 | 232 | 416 | 3,53 | 2,46 | 0,35 | 0,052 | 0,25 | 47,4 | 42,16 | 276,11 | 207,57 |
| 101 | 1 | 0 | 370 | 222 | 1307 | 1305 | 594 | 593 | 261 | 229 | 416 | 3,27 | 2,31 | 0,4  | 0,061 | 0,23 | 47,8 | 42,41 | 263,69 | 204,89 |
| 102 | 1 | 0 | 377 | 222 | 1302 | 1303 | 592 | 592 | 258 | 226 | 416 | 3,24 | 2,3  | 0,41 | 0,063 | 0,24 | 47,6 | 42,48 | 261,59 | 201,38 |
| 103 | 1 | 0 | 338 | 223 | 1424 | 1424 | 647 | 647 | 285 | 249 | 416 | 3,42 | 2,55 | 0,6  | 0,087 | 0,24 | 50,5 | 49,41 | 296,34 | 280,53 |
| 104 | 1 | 0 | 434 | 221 | 1293 | 1294 | 588 | 588 | 254 | 223 | 416 | 3,17 | 2,3  | 0,49 | 0,074 | 0,25 | 46,8 | 42,49 | 256,02 | 201,29 |
| 105 | 1 | 0 | 431 | 223 | 1413 | 1413 | 642 | 642 | 284 | 248 | 416 | 3,37 | 2,53 | 0,65 | 0,093 | 0,24 | 49,6 | 49,51 | 289,06 | 280,42 |
| 106 | 1 | 0 | 421 | 222 | 1355 | 1352 | 616 | 614 | 263 | 231 | 416 | 3,36 | 2,45 | 0,51 | 0,076 | 0,24 | 47,7 | 43,57 | 269,98 | 228,21 |
| 107 | 1 | 0 | 316 | 228 | 1345 | 1346 | 612 | 612 | 270 | 238 | 416 | 3,42 | 2,61 | 0,63 | 0,094 | 0,24 | 49,8 | 42,43 | 285,02 | 207,88 |
| 108 | 1 | 0 | 394 | 227 | 1301 | 1300 | 591 | 591 | 262 | 230 | 416 | 3,31 | 2,41 | 0,49 | 0,074 | 0,25 | 47,1 | 42,82 | 262,16 | 207,53 |
| 109 | 1 | 0 | 409 | 221 | 1294 | 1295 | 588 | 589 | 254 | 223 | 416 | 3,2  | 2,24 | 0,4  | 0,062 | 0,24 | 46,9 | 42,65 | 254,8  | 201,28 |

|     |   |   |     |     |      |      |     |     |     |     |     |      |      |      |       |      |      |       |        |        |
|-----|---|---|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-------|------|------|-------|--------|--------|
| 110 | 1 | 0 | 408 | 227 | 1315 | 1315 | 598 | 598 | 268 | 236 | 416 | 3,33 | 2,3  | 0,33 | 0,051 | 0,25 | 47,3 | 42,99 | 261,09 | 207,53 |
| 111 | 1 | 0 | 292 | 223 | 1334 | 1334 | 606 | 606 | 265 | 232 | 416 | 3,4  | 2,61 | 0,66 | 0,098 | 0,24 | 49,9 | 47,72 | 286,19 | 233,33 |
| 112 | 1 | 0 | 315 | 222 | 1311 | 1312 | 596 | 596 | 256 | 224 | 416 | 3,25 | 2,25 | 0,32 | 0,05  | 0,25 | 49,3 | 42,74 | 268,67 | 201,58 |
| 113 | 1 | 0 | 431 | 227 | 1294 | 1294 | 588 | 588 | 262 | 230 | 416 | 3,26 | 2,39 | 0,54 | 0,082 | 0,24 | 47   | 42,98 | 258,28 | 207,51 |
| 114 | 1 | 0 | 434 | 221 | 1296 | 1296 | 589 | 589 | 258 | 226 | 416 | 3,25 | 2,24 | 0,43 | 0,067 | 0,24 | 46,9 | 42,71 | 253,81 | 201,29 |
| 115 | 1 | 0 | 328 | 222 | 1317 | 1317 | 599 | 599 | 259 | 227 | 416 | 3,3  | 2,3  | 0,35 | 0,054 | 0,25 | 49,3 | 42,47 | 273,02 | 201,6  |
| 116 | 1 | 0 | 431 | 222 | 1298 | 1299 | 590 | 590 | 258 | 226 | 416 | 3,21 | 2,38 | 0,57 | 0,087 | 0,25 | 46,9 | 42,37 | 258,78 | 204,79 |
| 117 | 1 | 0 | 327 | 222 | 1299 | 1299 | 590 | 590 | 256 | 224 | 416 | 3,28 | 2,29 | 0,35 | 0,054 | 0,24 | 49,3 | 42,59 | 271,31 | 205,07 |
| 118 | 1 | 0 | 404 | 222 | 1305 | 1304 | 593 | 593 | 261 | 229 | 416 | 3,26 | 2,29 | 0,38 | 0,059 | 0,24 | 47,7 | 42,46 | 263,32 | 204,88 |
| 119 | 1 | 0 | 407 | 221 | 1270 | 1276 | 577 | 580 | 254 | 223 | 416 | 3,2  | 2,24 | 0,39 | 0,061 | 0,23 | 46,7 | 42,67 | 253,22 | 204,73 |
| 120 | 1 | 0 | 234 | 222 | 1336 | 1341 | 607 | 610 | 267 | 235 | 416 | 3,56 | 2,62 | 0,52 | 0,075 | 0,25 | 48   | 47,11 | 285,9  | 233,1  |
| 121 | 1 | 0 | 407 | 221 | 1296 | 1296 | 589 | 589 | 257 | 226 | 416 | 3,23 | 2,26 | 0,39 | 0,06  | 0,23 | 46,9 | 42,56 | 256,09 | 201,29 |
| 122 | 1 | 0 | 413 | 222 | 1296 | 1296 | 589 | 589 | 259 | 227 | 416 | 3,23 | 2,25 | 0,38 | 0,058 | 0,23 | 46,9 | 42,56 | 256,3  | 204,77 |
| 123 | 1 | 0 | 429 | 227 | 1283 | 1284 | 583 | 584 | 251 | 219 | 416 | 3,26 | 2,33 | 0,48 | 0,074 | 0,23 | 47   | 43,17 | 255,8  | 207,5  |
| 124 | 1 | 0 | 322 | 222 | 1315 | 1316 | 598 | 598 | 259 | 227 | 416 | 3,29 | 2,29 | 0,34 | 0,053 | 0,24 | 49,3 | 42,57 | 271,62 | 201,6  |
| 125 | 1 | 0 | 427 | 221 | 1276 | 1276 | 580 | 580 | 252 | 220 | 416 | 3,21 | 2,23 | 0,45 | 0,07  | 0,25 | 46,7 | 42,79 | 251,49 | 201,26 |
| 126 | 1 | 0 | 371 | 227 | 1299 | 1301 | 590 | 591 | 262 | 230 | 416 | 3,31 | 2,3  | 0,35 | 0,054 | 0,23 | 47,7 | 43,07 | 262,35 | 207,58 |
| 127 | 1 | 0 | 396 | 222 | 1303 | 1300 | 592 | 591 | 261 | 229 | 416 | 3,26 | 2,26 | 0,37 | 0,057 | 0,23 | 47,2 | 42,49 | 258,91 | 204,81 |
| 128 | 1 | 0 | 404 | 222 | 1297 | 1297 | 589 | 589 | 258 | 226 | 416 | 3,22 | 2,25 | 0,39 | 0,061 | 0,23 | 47   | 42,58 | 256,38 | 204,78 |
| 129 | 1 | 0 | 323 | 222 | 1315 | 1316 | 598 | 598 | 259 | 227 | 416 | 3,27 | 2,29 | 0,35 | 0,055 | 0,24 | 49,3 | 42,58 | 271,42 | 205,07 |
| 130 | 1 | 0 | 310 | 222 | 1318 | 1319 | 599 | 599 | 262 | 230 | 416 | 3,31 | 2,3  | 0,33 | 0,051 | 0,24 | 49,6 | 42,5  | 274,07 | 205,11 |
| 131 | 1 | 0 | 406 | 227 | 1297 | 1296 | 590 | 589 | 262 | 230 | 416 | 3,3  | 2,3  | 0,35 | 0,054 | 0,23 | 47,1 | 43,05 | 259,37 | 207,51 |
| 132 | 1 | 0 | 321 | 222 | 1319 | 1320 | 599 | 600 | 262 | 230 | 416 | 3,32 | 2,31 | 0,34 | 0,052 | 0,24 | 49,5 | 42,4  | 274,74 | 205,1  |
| 133 | 1 | 0 | 239 | 222 | 1330 | 1335 | 604 | 607 | 267 | 234 | 416 | 3,55 | 2,49 | 0,36 | 0,054 | 0,24 | 47,8 | 47,34 | 281,36 | 233,06 |
| 134 | 1 | 0 | 299 | 223 | 1333 | 1333 | 606 | 606 | 265 | 232 | 416 | 3,39 | 2,62 | 0,68 | 0,1   | 0,24 | 49,7 | 47,69 | 285,42 | 233,31 |
| 135 | 1 | 0 | 432 | 221 | 1292 | 1294 | 587 | 588 | 257 | 225 | 416 | 3,19 | 2,3  | 0,47 | 0,071 | 0,23 | 46,8 | 42,51 | 255,67 | 201,28 |
| 136 | 1 | 0 | 310 | 223 | 1335 | 1335 | 607 | 607 | 265 | 232 | 416 | 3,4  | 2,61 | 0,66 | 0,097 | 0,25 | 50   | 47,72 | 287,19 | 233,34 |
| 137 | 1 | 0 | 317 | 222 | 1317 | 1317 | 599 | 599 | 259 | 227 | 416 | 3,28 | 2,3  | 0,37 | 0,057 | 0,25 | 49,3 | 42,47 | 272,65 | 205,08 |
| 138 | 1 | 0 | 298 | 223 | 1333 | 1334 | 606 | 606 | 266 | 234 | 416 | 3,41 | 2,59 | 0,64 | 0,095 | 0,24 | 49,9 | 47,76 | 285,64 | 233,33 |
| 139 | 1 | 0 | 383 | 222 | 1280 | 1280 | 582 | 582 | 249 | 217 | 416 | 3,17 | 2,28 | 0,46 | 0,071 | 0,24 | 47,2 | 42,64 | 256,92 | 201,32 |
| 140 | 1 | 0 | 296 | 223 | 1334 | 1334 | 606 | 606 | 266 | 234 | 416 | 3,41 | 2,59 | 0,64 | 0,095 | 0,24 | 50   | 47,76 | 285,9  | 233,34 |
| 141 | 1 | 0 | 314 | 222 | 1314 | 1314 | 597 | 597 | 257 | 225 | 416 | 3,26 | 2,29 | 0,36 | 0,056 | 0,24 | 49,2 | 42,61 | 270,33 | 205,06 |
| 142 | 1 | 0 | 376 | 223 | 1423 | 1422 | 647 | 646 | 284 | 248 | 416 | 3,41 | 2,53 | 0,59 | 0,085 | 0,24 | 50,6 | 49,51 | 295,77 | 280,55 |
| 143 | 1 | 0 | 251 | 222 | 1315 | 1315 | 598 | 598 | 261 | 228 | 416 | 3,52 | 2,49 | 0,41 | 0,06  | 0,25 | 47,4 | 47,37 | 278,25 | 233,01 |
| 144 | 1 | 0 | 401 | 221 | 1275 | 1276 | 580 | 580 | 249 | 217 | 416 | 3,16 | 2,27 | 0,45 | 0,07  | 0,24 | 46,6 | 42,63 | 253,58 | 201,25 |
| 145 | 1 | 0 | 427 | 222 | 1296 | 1296 | 589 | 589 | 256 | 224 | 416 | 3,18 | 2,3  | 0,48 | 0,073 | 0,24 | 47   | 42,46 | 257,36 | 204,79 |
| 146 | 1 | 0 | 400 | 221 | 1266 | 1266 | 576 | 576 | 237 | 206 | 416 | 3,16 | 2,23 | 0,42 | 0,066 | 0,24 | 46,6 | 42,74 | 251,8  | 201,24 |
| 147 | 1 | 0 | 400 | 221 | 1266 | 1266 | 576 | 576 | 237 | 206 | 416 | 3,16 | 2,23 | 0,42 | 0,066 | 0,24 | 46,6 | 42,74 | 251,83 | 201,24 |

|     |   |   |     |     |      |      |     |     |     |     |     |      |      |      |       |      |      |       |        |        |
|-----|---|---|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-------|------|------|-------|--------|--------|
| 148 | 1 | 0 | 320 | 222 | 1316 | 1316 | 598 | 598 | 257 | 226 | 416 | 3,27 | 2,29 | 0,36 | 0,055 | 0,25 | 49,4 | 42,61 | 271,48 | 205,08 |
| 149 | 1 | 0 | 423 | 221 | 1272 | 1273 | 578 | 579 | 248 | 217 | 416 | 3,12 | 2,29 | 0,51 | 0,079 | 0,24 | 46,5 | 42,66 | 251,95 | 201,24 |
| 150 | 1 | 0 | 396 | 222 | 1300 | 1300 | 591 | 591 | 261 | 229 | 416 | 3,24 | 2,3  | 0,42 | 0,064 | 0,23 | 47,2 | 42,42 | 259,54 | 204,81 |
| 151 | 1 | 0 | 398 | 227 | 1315 | 1315 | 598 | 598 | 268 | 236 | 416 | 3,33 | 2,3  | 0,33 | 0,051 | 0,25 | 47,3 | 42,99 | 260,98 | 207,53 |
| 152 | 1 | 0 | 414 | 222 | 1299 | 1297 | 591 | 590 | 261 | 229 | 416 | 3,24 | 2,26 | 0,38 | 0,058 | 0,23 | 47   | 42,53 | 257,07 | 204,79 |
| 153 | 1 | 0 | 230 | 222 | 1311 | 1316 | 596 | 598 | 258 | 226 | 416 | 3,52 | 2,47 | 0,37 | 0,055 | 0,25 | 47,5 | 47,41 | 278,43 | 229,53 |
| 154 | 1 | 0 | 432 | 221 | 1276 | 1276 | 580 | 580 | 252 | 220 | 416 | 3,15 | 2,39 | 0,63 | 0,095 | 0,25 | 46,7 | 42,46 | 255,13 | 201,28 |
| 155 | 1 | 0 | 411 | 221 | 1274 | 1274 | 579 | 579 | 248 | 217 | 416 | 3,16 | 2,24 | 0,43 | 0,067 | 0,24 | 46,5 | 42,72 | 251,75 | 201,23 |
| 156 | 1 | 0 | 407 | 221 | 1275 | 1275 | 580 | 579 | 249 | 217 | 416 | 3,16 | 2,23 | 0,42 | 0,065 | 0,24 | 46,6 | 42,74 | 252,04 | 201,24 |
| 157 | 1 | 0 | 429 | 222 | 1295 | 1296 | 589 | 589 | 256 | 224 | 416 | 3,18 | 2,3  | 0,48 | 0,074 | 0,24 | 46,9 | 42,46 | 257,06 | 204,78 |
| 158 | 1 | 0 | 252 | 222 | 1330 | 1334 | 604 | 606 | 265 | 233 | 416 | 3,54 | 2,48 | 0,38 | 0,055 | 0,25 | 47,7 | 47,38 | 280,05 | 233,05 |
| 159 | 1 | 0 | 423 | 222 | 1298 | 1298 | 590 | 590 | 254 | 223 | 416 | 3,2  | 2,28 | 0,42 | 0,065 | 0,25 | 47,3 | 42,61 | 258,9  | 201,34 |
| 160 | 1 | 0 | 295 | 222 | 1326 | 1330 | 603 | 605 | 263 | 231 | 416 | 3,53 | 2,44 | 0,34 | 0,051 | 0,25 | 47,6 | 47,52 | 277,13 | 229,55 |
| 161 | 1 | 0 | 436 | 227 | 1309 | 1310 | 595 | 596 | 267 | 235 | 416 | 3,29 | 2,31 | 0,38 | 0,058 | 0,25 | 47   | 43,05 | 258,36 | 207,5  |
| 162 | 1 | 0 | 292 | 222 | 1299 | 1299 | 590 | 591 | 256 | 224 | 416 | 3,28 | 2,29 | 0,35 | 0,055 | 0,24 | 49,3 | 42,57 | 271,45 | 205,07 |
| 163 | 1 | 0 | 342 | 222 | 1326 | 1326 | 603 | 603 | 263 | 230 | 416 | 3,36 | 2,64 | 0,73 | 0,108 | 0,25 | 48,9 | 47,67 | 280,75 | 229,73 |
| 164 | 1 | 0 | 307 | 222 | 1316 | 1316 | 598 | 598 | 259 | 227 | 416 | 3,29 | 2,29 | 0,34 | 0,053 | 0,24 | 49,4 | 42,57 | 271,63 | 201,6  |
| 165 | 1 | 0 | 317 | 222 | 1297 | 1296 | 589 | 589 | 253 | 221 | 416 | 3,26 | 2,28 | 0,36 | 0,056 | 0,25 | 49,1 | 42,65 | 269,3  | 201,57 |
| 166 | 1 | 0 | 414 | 221 | 1293 | 1293 | 588 | 588 | 254 | 223 | 416 | 3,19 | 2,23 | 0,39 | 0,06  | 0,24 | 46,8 | 42,7  | 253,86 | 201,27 |
| 167 | 1 | 0 | 339 | 223 | 1424 | 1424 | 647 | 647 | 285 | 249 | 416 | 3,42 | 2,55 | 0,6  | 0,086 | 0,24 | 50,5 | 49,41 | 296,31 | 280,53 |
| 168 | 1 | 0 | 310 | 222 | 1315 | 1315 | 598 | 598 | 259 | 227 | 416 | 3,27 | 2,29 | 0,36 | 0,056 | 0,24 | 49,3 | 42,57 | 271,28 | 205,07 |
| 169 | 1 | 0 | 436 | 221 | 1292 | 1292 | 587 | 587 | 257 | 225 | 416 | 3,18 | 2,31 | 0,49 | 0,074 | 0,23 | 46,5 | 42,49 | 254,16 | 201,25 |
| 170 | 1 | 0 | 429 | 221 | 1291 | 1292 | 587 | 587 | 254 | 222 | 416 | 3,16 | 2,29 | 0,49 | 0,075 | 0,24 | 46,7 | 42,59 | 254,01 | 201,27 |
| 171 | 1 | 0 | 424 | 221 | 1293 | 1294 | 588 | 588 | 257 | 225 | 416 | 3,19 | 2,31 | 0,47 | 0,072 | 0,23 | 46,8 | 42,51 | 255,55 | 201,28 |
| 172 | 1 | 0 | 422 | 221 | 1293 | 1295 | 588 | 588 | 259 | 227 | 416 | 3,2  | 2,31 | 0,47 | 0,071 | 0,23 | 46,8 | 42,48 | 256,21 | 204,77 |
| 173 | 1 | 0 | 426 | 227 | 1289 | 1287 | 586 | 585 | 261 | 229 | 416 | 3,32 | 2,32 | 0,36 | 0,055 | 0,25 | 46,4 | 43,24 | 252,11 | 207,41 |
| 174 | 1 | 0 | 247 | 222 | 1316 | 1316 | 598 | 598 | 258 | 226 | 416 | 3,5  | 2,48 | 0,4  | 0,059 | 0,25 | 47,6 | 47,41 | 278,82 | 229,55 |
| 175 | 1 | 0 | 310 | 223 | 1326 | 1331 | 603 | 605 | 263 | 231 | 416 | 3,37 | 2,61 | 0,69 | 0,102 | 0,24 | 49,7 | 47,77 | 284,35 | 229,83 |
| 176 | 1 | 0 | 438 | 222 | 1296 | 1296 | 589 | 589 | 257 | 226 | 416 | 3,19 | 2,4  | 0,61 | 0,092 | 0,24 | 46,9 | 42,38 | 257,51 | 201,31 |
| 177 | 1 | 0 | 299 | 227 | 1326 | 1326 | 603 | 603 | 264 | 232 | 416 | 3,52 | 2,46 | 0,36 | 0,053 | 0,25 | 47,5 | 42,18 | 276,5  | 207,59 |
| 178 | 1 | 0 | 264 | 222 | 1332 | 1332 | 605 | 605 | 263 | 231 | 416 | 3,53 | 2,48 | 0,38 | 0,056 | 0,25 | 47,6 | 47,41 | 278,96 | 229,55 |
| 179 | 1 | 0 | 236 | 222 | 1329 | 1335 | 604 | 607 | 267 | 234 | 416 | 3,55 | 2,49 | 0,37 | 0,054 | 0,24 | 47,8 | 47,39 | 280,61 | 233,06 |
| 180 | 1 | 0 | 395 | 221 | 1267 | 1267 | 576 | 576 | 237 | 206 | 416 | 3,15 | 2,27 | 0,46 | 0,071 | 0,24 | 46,6 | 42,64 | 253,26 | 201,24 |
| 181 | 1 | 0 | 289 | 222 | 1318 | 1318 | 599 | 599 | 256 | 224 | 416 | 3,28 | 2,27 | 0,33 | 0,051 | 0,25 | 49,6 | 42,62 | 272,63 | 201,62 |
| 182 | 1 | 0 | 314 | 222 | 1315 | 1315 | 598 | 598 | 259 | 227 | 416 | 3,29 | 2,29 | 0,35 | 0,054 | 0,24 | 49,2 | 42,55 | 270,84 | 201,58 |
| 183 | 1 | 0 | 430 | 223 | 1413 | 1413 | 642 | 642 | 283 | 248 | 416 | 3,37 | 2,54 | 0,66 | 0,094 | 0,24 | 49,5 | 49,49 | 289,05 | 280,42 |
| 184 | 1 | 0 | 299 | 222 | 1298 | 1298 | 590 | 590 | 256 | 224 | 416 | 3,27 | 2,29 | 0,36 | 0,056 | 0,24 | 49,2 | 42,55 | 270,6  | 205,05 |
| 185 | 1 | 0 | 400 | 227 | 1295 | 1295 | 589 | 589 | 262 | 230 | 416 | 3,28 | 2,3  | 0,37 | 0,056 | 0,23 | 47,1 | 43,09 | 258,28 | 207,51 |

|     |   |   |     |     |      |      |     |     |     |     |     |      |      |      |       |      |      |       |        |        |
|-----|---|---|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-------|------|------|-------|--------|--------|
| 186 | 1 | 0 | 394 | 227 | 1301 | 1300 | 591 | 591 | 262 | 230 | 416 | 3,31 | 2,41 | 0,49 | 0,074 | 0,25 | 47,1 | 42,82 | 262,16 | 207,53 |
| 187 | 1 | 0 | 298 | 222 | 1318 | 1318 | 599 | 599 | 262 | 230 | 416 | 3,31 | 2,3  | 0,33 | 0,052 | 0,24 | 49,5 | 42,5  | 273,6  | 205,1  |
| 188 | 1 | 0 | 436 | 222 | 1296 | 1296 | 589 | 589 | 257 | 226 | 416 | 3,19 | 2,4  | 0,61 | 0,092 | 0,24 | 46,9 | 42,38 | 257,85 | 201,31 |
| 189 | 1 | 0 | 420 | 222 | 1293 | 1295 | 588 | 589 | 259 | 227 | 416 | 3,2  | 2,31 | 0,47 | 0,071 | 0,23 | 46,9 | 42,48 | 256,48 | 204,77 |
| 190 | 1 | 0 | 306 | 222 | 1297 | 1296 | 589 | 589 | 253 | 221 | 416 | 3,25 | 2,28 | 0,36 | 0,056 | 0,25 | 49,1 | 42,65 | 268,76 | 201,56 |
| 191 | 1 | 0 | 326 | 222 | 1314 | 1312 | 597 | 597 | 257 | 225 | 416 | 3,26 | 2,29 | 0,38 | 0,058 | 0,24 | 49   | 42,6  | 269,01 | 205,03 |
| 192 | 1 | 0 | 424 | 222 | 1302 | 1299 | 592 | 590 | 261 | 229 | 416 | 3,27 | 2,27 | 0,43 | 0,067 | 0,24 | 47,1 | 42,59 | 256,51 | 204,8  |
| 193 | 1 | 0 | 248 | 222 | 1316 | 1315 | 598 | 598 | 258 | 226 | 416 | 3,5  | 2,47 | 0,39 | 0,058 | 0,25 | 47,6 | 47,43 | 278,5  | 229,55 |
| 194 | 1 | 0 | 386 | 223 | 1414 | 1414 | 643 | 643 | 284 | 248 | 416 | 3,37 | 2,53 | 0,64 | 0,092 | 0,23 | 49,7 | 49,51 | 288,73 | 280,43 |
| 195 | 1 | 0 | 378 | 223 | 1423 | 1422 | 647 | 647 | 284 | 248 | 416 | 3,41 | 2,53 | 0,6  | 0,086 | 0,24 | 50,6 | 49,52 | 296,06 | 280,55 |
| 196 | 1 | 0 | 287 | 222 | 1317 | 1313 | 599 | 597 | 258 | 225 | 416 | 3,5  | 2,43 | 0,36 | 0,054 | 0,25 | 47,6 | 47,53 | 276,67 | 229,54 |
| 197 | 1 | 0 | 401 | 221 | 1277 | 1277 | 580 | 581 | 252 | 220 | 416 | 3,2  | 2,25 | 0,4  | 0,063 | 0,24 | 46,7 | 42,64 | 253,92 | 201,26 |
| 198 | 1 | 0 | 414 | 221 | 1293 | 1293 | 588 | 588 | 254 | 223 | 416 | 3,19 | 2,23 | 0,39 | 0,06  | 0,24 | 46,8 | 42,69 | 253,82 | 201,27 |
| 199 | 1 | 0 | 311 | 228 | 1326 | 1326 | 603 | 603 | 264 | 232 | 416 | 3,39 | 2,6  | 0,65 | 0,097 | 0,25 | 49,5 | 42,5  | 282,59 | 207,85 |

**Prilog 10:** Izlazni rezultati programa Monako PRB (III dio)

Značenje kratica:

PB – redni broj projekta

PR – rang projekta

SO – suma prekoračenja ograničenja

OMAT – opcija materijala trupa

OPSNS – opcija pogona

OPENS – opcija doplova

OANS – opcija autonomnosti

OBGNS – opcija pramčanog topa

OASMS – opcija protubrodskog raketnog sustava

OLTOR – opcija torpednog naoružanja

OAAS – opcija PZO sustava

ORS – opcija radarske zamjetivosti

OICS – opcija IS zamjetivosti

OMAGS – opcija magnetske zamjetivosti

ONBC – opcija NBC sustava

Generacija 2

| PB | PR | SO      | OMAT | OPSNS | OPENS | OANS | OBGNS | OASMS | OLTOR | OAAS | ORS | OICS | OMAGS | ONBC |
|----|----|---------|------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|-----|------|-------|------|
| 0  | 1  | 0       | 1    | 10    | 2     | 1    | 1     | 1     | 2     | 1    | 1   | 1    | 0     | 0    |
| 1  | 1  | 0       | 1    | 10    | 2     | 1    | 1     | 2     | 0     | 0    | 0   | 1    | 0     | 0    |
| 2  | 2  | 0,00025 | 1    | 6     | 1     | 1    | 1     | 2     | 1     | 1    | 1   | 1    | 1     | 1    |
| 3  | 3  | 0,00026 | 1    | 1     | 1     | 1    | 2     | 1     | 2     | 1    | 1   | 0    | 1     | 0    |
| 4  | 4  | 0,00035 | 0    | 4     | 1     | 2    | 1     | 1     | 2     | 1    | 0   | 0    | 1     | 1    |
| 5  | 5  | 0,00036 | 1    | 1     | 1     | 1    | 2     | 1     | 1     | 1    | 0   | 0    | 1     | 0    |
| 6  | 6  | 0,00038 | 0    | 5     | 2     | 1    | 0     | 1     | 0     | 0    | 0   | 1    | 1     | 0    |
| 7  | 7  | 0,00039 | 1    | 4     | 1     | 2    | 2     | 0     | 2     | 1    | 0   | 1    | 1     | 0    |
| 8  | 8  | 0,00042 | 1    | 4     | 1     | 2    | 1     | 1     | 2     | 1    | 0   | 1    | 0     | 0    |
| 9  | 9  | 0,00051 | 0    | 4     | 1     | 1    | 1     | 2     | 0     | 0    | 1   | 1    | 1     | 0    |
| 10 | 10 | 0,00056 | 0    | 8     | 0     | 1    | 0     | 1     | 2     | 1    | 1   | 0    | 0     | 1    |
| 11 | 11 | 0,00057 | 0    | 8     | 0     | 1    | 0     | 1     | 2     | 1    | 1   | 1    | 1     | 1    |
| 12 | 12 | 0,00077 | 1    | 5     | 1     | 2    | 0     | 0     | 2     | 0    | 0   | 1    | 1     | 1    |
| 13 | 13 | 0,00082 | 0    | 8     | 0     | 1    | 0     | 1     | 0     | 0    | 1   | 0    | 0     | 0    |



|    |    |         |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|----|----|---------|---|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 14 | 14 | 0,00083 | 1 | 5  | 0 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 15 | 15 | 0,00087 | 1 | 5  | 1 | 1 | 1 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 16 | 16 | 0,00094 | 1 | 5  | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 17 | 17 | 0,00102 | 1 | 5  | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 18 | 18 | 0,00117 | 1 | 10 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 19 | 19 | 0,00133 | 1 | 10 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 20 | 20 | 0,00138 | 1 | 2  | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 21 | 21 | 0,00146 | 1 | 10 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 22 | 22 | 0,0016  | 1 | 9  | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 23 | 23 | 0,00184 | 2 | 6  | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 24 | 24 | 0,00192 | 2 | 10 | 2 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 25 | 25 | 0,00224 | 1 | 6  | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 26 | 26 | 0,0039  | 1 | 0  | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 27 | 27 | 0,00802 | 2 | 3  | 2 | 1 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 28 | 28 | 0,01016 | 0 | 8  | 1 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 29 | 29 | 0,01765 | 1 | 7  | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 30 | 30 | 0,02813 | 0 | 5  | 0 | 1 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 31 | 31 | 0,03085 | 1 | 0  | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 32 | 32 | 0,0326  | 1 | 5  | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 33 | 33 | 0,04966 | 1 | 9  | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 34 | 34 | 0,05169 | 0 | 5  | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 35 | 35 | 0,05266 | 1 | 0  | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 36 | 36 | 0,05461 | 0 | 9  | 0 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 37 | 37 | 0,06785 | 0 | 7  | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 38 | 38 | 0,07131 | 0 | 5  | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 39 | 39 | 0,07556 | 1 | 5  | 1 | 1 | 2 | 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 40 | 40 | 0,07897 | 0 | 8  | 0 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 41 | 41 | 0,0807  | 1 | 5  | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 42 | 42 | 0,09451 | 0 | 2  | 0 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 43 | 43 | 0,09494 | 1 | 9  | 1 | 2 | 1 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 44 | 44 | 0,09869 | 0 | 7  | 1 | 1 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 45 | 45 | 0,10554 | 1 | 2  | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 46 | 46 | 0,1072  | 0 | 8  | 0 | 1 | 0 | 1 | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 47 | 47 | 0,1082  | 0 | 2  | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |

|    |    |         |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|----|----|---------|---|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 48 | 48 | 0,12238 | 1 | 5  | 1 | 1 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 49 | 49 | 0,12631 | 0 | 6  | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 50 | 50 | 0,12911 | 1 | 1  | 2 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 51 | 51 | 0,13183 | 1 | 2  | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 52 | 52 | 0,13192 | 1 | 0  | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 53 | 53 | 0,13398 | 0 | 2  | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 54 | 54 | 0,13503 | 1 | 9  | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 55 | 55 | 0,13875 | 1 | 10 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 56 | 56 | 0,14224 | 0 | 2  | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 57 | 57 | 0,14949 | 1 | 5  | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 58 | 58 | 0,15115 | 0 | 7  | 0 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 59 | 59 | 0,15192 | 0 | 4  | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 60 | 60 | 0,15222 | 1 | 0  | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 61 | 61 | 0,15922 | 0 | 7  | 0 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 62 | 62 | 0,16942 | 1 | 1  | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 63 | 63 | 0,17631 | 0 | 8  | 0 | 1 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 64 | 64 | 0,18002 | 1 | 0  | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 65 | 65 | 0,18598 | 1 | 3  | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 66 | 66 | 0,19001 | 1 | 7  | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 67 | 67 | 0,19207 | 0 | 7  | 0 | 1 | 0 | 1 | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 68 | 68 | 0,19316 | 1 | 1  | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 69 | 69 | 0,19615 | 1 | 1  | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 70 | 70 | 0,19749 | 1 | 10 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 71 | 71 | 0,19803 | 2 | 3  | 0 | 1 | 2 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 72 | 72 | 0,20363 | 1 | 5  | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 73 | 73 | 0,20499 | 2 | 4  | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 74 | 74 | 0,20866 | 0 | 6  | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 75 | 75 | 0,21091 | 1 | 4  | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 76 | 76 | 0,22002 | 0 | 4  | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 77 | 77 | 0,22124 | 1 | 5  | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 78 | 78 | 0,22361 | 2 | 2  | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 79 | 79 | 0,22363 | 0 | 7  | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 80 | 80 | 0,22763 | 1 | 2  | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 81 | 81 | 0,22949 | 1 | 5  | 1 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |

|     |     |         |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|-----|---------|---|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 82  | 82  | 0,2314  | 0 | 7  | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 83  | 83  | 0,23408 | 1 | 6  | 0 | 0 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 84  | 84  | 0,24751 | 1 | 1  | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 85  | 85  | 0,25306 | 1 | 0  | 1 | 0 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 86  | 86  | 0,27205 | 0 | 7  | 1 | 1 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 87  | 87  | 0,27257 | 0 | 7  | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 88  | 88  | 0,27719 | 2 | 5  | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 89  | 89  | 0,28898 | 1 | 5  | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 90  | 90  | 0,28947 | 1 | 7  | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 91  | 91  | 0,28982 | 0 | 2  | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 92  | 92  | 0,29171 | 1 | 10 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 93  | 93  | 0,29339 | 1 | 5  | 1 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 94  | 94  | 0,30204 | 0 | 10 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 95  | 95  | 0,30231 | 1 | 8  | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 96  | 96  | 0,30237 | 1 | 5  | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 97  | 97  | 0,30904 | 2 | 2  | 0 | 1 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 98  | 98  | 0,31669 | 1 | 5  | 0 | 2 | 2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 99  | 99  | 0,33005 | 1 | 4  | 1 | 2 | 1 | 0 | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 100 | 100 | 0,3342  | 1 | 9  | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 101 | 101 | 0,33756 | 0 | 8  | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 102 | 102 | 0,33934 | 2 | 4  | 0 | 1 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 103 | 103 | 0,33963 | 1 | 5  | 1 | 2 | 1 | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 104 | 104 | 0,34156 | 1 | 5  | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 105 | 105 | 0,34942 | 0 | 1  | 2 | 1 | 0 | 1 | 2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 106 | 106 | 0,35851 | 2 | 4  | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 107 | 107 | 0,3596  | 0 | 1  | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 108 | 108 | 0,36723 | 1 | 9  | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 109 | 109 | 0,3696  | 1 | 3  | 2 | 1 | 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 110 | 110 | 0,3696  | 0 | 2  | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 111 | 111 | 0,3714  | 0 | 8  | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 112 | 112 | 0,37142 | 1 | 3  | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 113 | 113 | 0,38033 | 0 | 8  | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 114 | 114 | 0,386   | 1 | 5  | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 115 | 115 | 0,38915 | 1 | 9  | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |

|     |     |         |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|-----|---------|---|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 116 | 116 | 0,39479 | 1 | 1  | 0 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 117 | 117 | 0,39771 | 2 | 9  | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 118 | 118 | 0,40546 | 0 | 4  | 0 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 119 | 119 | 0,40762 | 2 | 6  | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 120 | 120 | 0,41709 | 2 | 10 | 2 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 121 | 121 | 0,41749 | 1 | 1  | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 122 | 122 | 0,41867 | 1 | 0  | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 123 | 123 | 0,41978 | 0 | 0  | 1 | 2 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 124 | 124 | 0,42763 | 1 | 1  | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 125 | 125 | 0,42882 | 0 | 5  | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 126 | 126 | 0,43048 | 1 | 1  | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 127 | 127 | 0,4385  | 0 | 1  | 2 | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 128 | 128 | 0,44141 | 1 | 10 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 129 | 129 | 0,44462 | 0 | 10 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 130 | 130 | 0,44655 | 1 | 4  | 1 | 1 | 2 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 131 | 131 | 0,44767 | 0 | 1  | 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 132 | 132 | 0,4514  | 2 | 1  | 2 | 2 | 2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 133 | 133 | 0,45807 | 2 | 2  | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 134 | 134 | 0,46498 | 1 | 2  | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 135 | 135 | 0,4681  | 1 | 1  | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 136 | 136 | 0,46901 | 1 | 6  | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 137 | 137 | 0,47196 | 1 | 6  | 1 | 2 | 1 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 138 | 138 | 0,47822 | 1 | 9  | 1 | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 139 | 139 | 0,48015 | 2 | 8  | 1 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 140 | 140 | 0,48172 | 1 | 0  | 0 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 141 | 141 | 0,49916 | 0 | 9  | 0 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 142 | 142 | 0,50052 | 1 | 5  | 2 | 1 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 143 | 143 | 0,50123 | 0 | 2  | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 144 | 144 | 0,50772 | 0 | 0  | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 145 | 145 | 0,51243 | 0 | 0  | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 146 | 146 | 0,51321 | 2 | 9  | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 147 | 147 | 0,5172  | 1 | 5  | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 148 | 148 | 0,52211 | 1 | 5  | 0 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 149 | 149 | 0,52681 | 1 | 0  | 0 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |

|     |     |         |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|-----|---------|---|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 150 | 150 | 0,5279  | 0 | 1  | 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 151 | 151 | 0,53154 | 0 | 2  | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 152 | 152 | 0,53478 | 1 | 9  | 2 | 1 | 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 153 | 153 | 0,53737 | 1 | 10 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 154 | 154 | 0,5396  | 2 | 2  | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 155 | 155 | 0,55038 | 1 | 6  | 1 | 1 | 0 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 156 | 156 | 0,56376 | 1 | 5  | 1 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 157 | 157 | 0,56834 | 2 | 4  | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 158 | 158 | 0,57434 | 1 | 9  | 1 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 159 | 159 | 0,57488 | 2 | 5  | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 160 | 160 | 0,57714 | 2 | 4  | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 161 | 161 | 0,58156 | 1 | 5  | 2 | 1 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 162 | 162 | 0,59375 | 2 | 2  | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 163 | 163 | 0,59896 | 0 | 10 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 164 | 164 | 0,61447 | 0 | 10 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 165 | 165 | 0,62217 | 2 | 2  | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 166 | 166 | 0,62388 | 1 | 5  | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 167 | 167 | 0,62783 | 1 | 5  | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 168 | 168 | 0,64366 | 1 | 9  | 0 | 2 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 169 | 169 | 0,64521 | 1 | 1  | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 170 | 170 | 0,65473 | 1 | 10 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 171 | 171 | 0,66276 | 2 | 5  | 1 | 0 | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 172 | 172 | 0,66567 | 1 | 5  | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 173 | 173 | 0,66902 | 1 | 5  | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 174 | 174 | 0,67703 | 0 | 0  | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 175 | 175 | 0,67704 | 1 | 5  | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 176 | 176 | 0,68975 | 2 | 9  | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 177 | 177 | 0,6916  | 0 | 0  | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 178 | 178 | 0,70333 | 1 | 8  | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 179 | 179 | 0,70792 | 1 | 9  | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 180 | 180 | 0,71219 | 1 | 5  | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 181 | 181 | 0,71478 | 1 | 8  | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 182 | 182 | 0,71693 | 1 | 5  | 2 | 1 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 183 | 183 | 0,72733 | 1 | 2  | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |

|     |     |         |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|-----|---------|---|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 184 | 184 | 0,73063 | 0 | 7  | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 185 | 185 | 0,73176 | 1 | 5  | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 186 | 186 | 0,7328  | 1 | 5  | 0 | 2 | 1 | 1 | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 187 | 187 | 0,74083 | 2 | 8  | 1 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 188 | 188 | 0,7517  | 1 | 6  | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 189 | 189 | 0,75287 | 0 | 2  | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 190 | 190 | 0,75605 | 1 | 10 | 1 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 191 | 191 | 0,77106 | 0 | 1  | 2 | 1 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 192 | 192 | 0,78327 | 1 | 7  | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 193 | 193 | 0,7837  | 2 | 4  | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 194 | 194 | 0,78393 | 1 | 1  | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 195 | 195 | 0,79686 | 1 | 10 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 196 | 196 | 0,79904 | 1 | 8  | 1 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 197 | 197 | 0,79926 | 0 | 8  | 0 | 1 | 2 | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 198 | 198 | 0,82092 | 1 | 10 | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 199 | 199 | 0,822   | 1 | 5  | 1 | 0 | 1 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |

Generacija 300

| PB | PR | SO | OMAT | OPSNS | OPENS | OANS | OBGNS | OASMS | OLTOR | OAAS | ORS | OICS | OMAGS | ONBC |
|----|----|----|------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|-----|------|-------|------|
| 0  | 1  | 1  | 0    | 0     | 6     | 1    | 2     | 0     | 0     | 0    | 1   | 1    | 0     | 0    |
| 1  | 1  | 1  | 0    | 0     | 3     | 2    | 2     | 2     | 2     | 2    | 0   | 1    | 1     | 1    |
| 2  | 1  | 1  | 0    | 0     | 9     | 2    | 2     | 2     | 2     | 2    | 0   | 1    | 1     | 1    |
| 3  | 1  | 1  | 0    | 0     | 3     | 2    | 2     | 2     | 2     | 2    | 0   | 1    | 1     | 1    |
| 4  | 1  | 1  | 0    | 0     | 6     | 2    | 2     | 1     | 2     | 2    | 0   | 1    | 1     | 1    |
| 5  | 1  | 1  | 0    | 0     | 6     | 2    | 2     | 0     | 2     | 0    | 0   | 1    | 0     | 0    |
| 6  | 1  | 1  | 0    | 0     | 6     | 2    | 2     | 2     | 0     | 2    | 0   | 1    | 1     | 1    |
| 7  | 1  | 1  | 0    | 0     | 9     | 2    | 2     | 2     | 2     | 2    | 0   | 1    | 1     | 1    |
| 8  | 1  | 1  | 0    | 0     | 6     | 2    | 2     | 2     | 2     | 2    | 0   | 1    | 1     | 1    |
| 9  | 1  | 1  | 0    | 0     | 6     | 2    | 2     | 0     | 2     | 2    | 0   | 1    | 1     | 1    |
| 10 | 1  | 1  | 0    | 0     | 6     | 2    | 2     | 0     | 2     | 0    | 0   | 1    | 1     | 0    |
| 11 | 1  | 1  | 0    | 0     | 6     | 2    | 2     | 0     | 0     | 1    | 0   | 1    | 1     | 0    |
| 12 | 1  | 1  | 0    | 0     | 6     | 2    | 2     | 0     | 0     | 0    | 0   | 1    | 1     | 1    |
| 13 | 1  | 1  | 0    | 0     | 6     | 2    | 2     | 0     | 1     | 2    | 0   | 1    | 1     | 1    |
| 14 | 1  | 1  | 0    | 0     | 6     | 2    | 2     | 1     | 1     | 2    | 0   | 1    | 1     | 1    |
| 15 | 1  | 1  | 0    | 0     | 6     | 2    | 2     | 0     | 2     | 0    | 0   | 1    | 1     | 1    |
| 16 | 1  | 1  | 0    | 0     | 6     | 2    | 2     | 0     | 2     | 1    | 0   | 1    | 1     | 0    |
| 17 | 1  | 1  | 0    | 0     | 6     | 2    | 2     | 0     | 1     | 1    | 0   | 1    | 1     | 1    |
| 18 | 1  | 1  | 0    | 0     | 6     | 2    | 2     | 0     | 0     | 2    | 0   | 1    | 1     | 1    |
| 19 | 1  | 1  | 0    | 0     | 6     | 2    | 2     | 0     | 2     | 2    | 0   | 1    | 1     | 0    |
| 20 | 1  | 1  | 0    | 0     | 6     | 2    | 2     | 0     | 2     | 1    | 0   | 1    | 1     | 1    |
| 21 | 1  | 1  | 0    | 0     | 6     | 2    | 2     | 0     | 1     | 0    | 0   | 1    | 1     | 0    |
| 22 | 1  | 1  | 0    | 0     | 6     | 2    | 2     | 0     | 0     | 1    | 0   | 1    | 1     | 1    |
| 23 | 1  | 1  | 0    | 0     | 9     | 2    | 2     | 0     | 2     | 2    | 0   | 1    | 1     | 1    |
| 24 | 1  | 1  | 0    | 0     | 6     | 2    | 1     | 0     | 2     | 0    | 1   | 1    | 1     | 1    |
| 25 | 1  | 1  | 0    | 0     | 6     | 2    | 2     | 0     | 1     | 1    | 0   | 1    | 1     | 1    |
| 26 | 1  | 1  | 0    | 0     | 6     | 1    | 2     | 0     | 0     | 0    | 1   | 1    | 1     | 0    |
| 27 | 1  | 1  | 0    | 0     | 6     | 1    | 2     | 0     | 0     | 0    | 1   | 1    | 1     | 0    |
| 28 | 1  | 1  | 0    | 0     | 6     | 2    | 2     | 0     | 2     | 2    | 0   | 1    | 1     | 0    |
| 29 | 1  | 1  | 0    | 0     | 6     | 1    | 2     | 0     | 0     | 0    | 1   | 1    | 1     | 0    |
| 30 | 1  | 1  | 0    | 0     | 6     | 2    | 2     | 0     | 2     | 0    | 0   | 1    | 1     | 1    |
| 31 | 1  | 1  | 0    | 0     | 6     | 2    | 2     | 0     | 2     | 2    | 0   | 1    | 1     | 0    |
| 32 | 1  | 1  | 0    | 0     | 6     | 2    | 2     | 0     | 1     | 2    | 0   | 1    | 1     | 0    |
| 33 | 1  | 1  | 0    | 0     | 6     | 2    | 2     | 0     | 2     | 0    | 0   | 1    | 1     | 0    |
| 34 | 1  | 1  | 0    | 0     | 6     | 2    | 2     | 0     | 0     | 0    | 1   | 1    | 1     | 0    |

|    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 35 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 36 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 37 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 38 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 39 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 40 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 41 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 42 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 43 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 44 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 45 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 46 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 47 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 48 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 49 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 50 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 51 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 52 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 53 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 54 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 1 | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 55 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 56 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 57 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 58 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 59 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 1 | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 60 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 61 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 62 | 1 | 0 | 0 | 6 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 63 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 64 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 65 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 66 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 67 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 68 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 69 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 70 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 71 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 72 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 1 | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |



|     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 73  | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 74  | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 75  | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 76  | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 77  | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 78  | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 79  | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 80  | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 81  | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 82  | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 83  | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 84  | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 85  | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 86  | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 87  | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 88  | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 89  | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 90  | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 91  | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 92  | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 93  | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 94  | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 95  | 1 | 0 | 0 | 9 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 96  | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 97  | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 98  | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 99  | 1 | 0 | 0 | 9 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 100 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 101 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 102 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 103 | 1 | 0 | 0 | 9 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 104 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 105 | 1 | 0 | 0 | 9 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 106 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 107 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 108 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 109 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 110 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

|     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 111 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 112 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 113 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 114 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 115 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 116 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 117 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 118 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 119 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 120 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 121 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 122 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 123 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 124 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 125 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 126 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 127 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 128 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 129 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 130 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 131 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 132 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 133 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 134 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 135 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 136 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 137 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 138 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 139 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 140 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 141 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 142 | 1 | 0 | 0 | 9 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 143 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 144 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 145 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 146 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 147 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 148 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |

|     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 149 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 150 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 151 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 152 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 153 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 154 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 155 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 156 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 157 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 158 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 159 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 160 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 161 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 162 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 163 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 164 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 165 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 166 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 167 | 1 | 0 | 0 | 9 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 168 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 169 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 170 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 171 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 172 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 173 | 1 | 0 | 0 | 6 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 174 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 175 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 176 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 177 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 178 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 179 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 180 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 181 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 182 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 183 | 1 | 0 | 0 | 9 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 184 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 185 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 186 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |

|     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 187 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 188 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 189 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 190 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 191 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 192 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 193 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 194 | 1 | 0 | 0 | 9 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 195 | 1 | 0 | 0 | 9 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 196 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 197 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 198 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 199 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |

## ŽIVOTOPIS

Andrija Ljulj rođen je 28. 10. 1966. u Maovicama, općina Vrlika. Osnovnu školu, te prva dva razreda srednje škole završava u Vrlici 1983. Zadnja dva razreda srednje škole matematičko-informatičkog smjera završava u Splitu 1985. Vojni rok završava 1986. godine, te se upisuje na Fakultet elektrotehnike strojarstva i brodogradnje u Splitu, smjer brodogradnja 1986. Završava studij brodogradnje na Fakultetu strojarstva i brodogradnje u Zagrebu 1991. Na FSB u Zagrebu radi kao znanstveni novak od 1991. do 1995., te magistrira na temu „Analiza njihanja i valnog opterećenja vitkih višetrupaca na morskim valovima“. Tijekom rada na FSB u Zagrebu izdaje jedan stručni članak s temom primjene metode konačnih elemenata kod određivanja hidrodinamičke reakcije, te je koautor nekoliko znanstvenih članaka i studija. 1995. zapošljava se u Ministarstvo obrane RH gdje je radio na nekoliko radnih mjesta sve do 2012:

- Glavni stožer OSRH, Ured Pomoćnika Načelnika GS za HRM, viši savjetnik,
- Zapovjedništvo HRM, Odjel za logistiku, referent i časnik za potporu operacija,
- Glavni stožer OSRH, Uprava za logistiku, Donučelnik Odsjeka za logističko operativno planiranje.

Tijekom rada u MORH-u završava niz stručnih tečajeva s temama:

- planiranje združenih operacija,
- NATO i UN logistička potpora,
- logističko izvješćivanje,
- civilno vojni odnosi i upravljanje katastrofama.

Tijekom rada u MORH-u završava temeljnu časničku izobrazbu u Učilištu HRM 1997 te Mornaričku stožernu školu u SAD-u, Rhode Island, Newport. 2003. sudjeluje u mirovnoj operaciji ISAF u Afganistanu, kao časnik za logističke operacije u Zapovjedništvu multinacionalne brigade u Kabulu. Od 2005. do 2008. radi u NATO Agenciji za standardizaciju u Bruxellesu kao časnik za operativnu standardizaciju.

Od 2008. radi u Ministarstvu obrane RH, Upravi za materijalne resurse, Službi za razvoj opremanje i modernizaciju, o Odjelu naoružanja HRM kao viši savjetnik za brodstrojarstvo.

## BIOGRAPHY

Andrija Ljulj was born at 28. October 1966. in Maovice, district Vrlika. He attended the primary school and first two grades of the secondary school in Vrlika. He transferred to Split 1985 where he finished the secondary school in the field of information technology and mathematics. He attended and finished military obligations during 1986 and afterwards enrolled in the studies of naval architecture at the Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture in Zagreb. He graduated in 1991. He worked at the Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture as young researcher from 1991 to 1995. He got masters degree at the end of 1995 in field of „Analysis of the motion and wade loadings of multihulls on the waves“. During his work at the Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture he issued one article related to the hydrodynamic reaction using finite element method and he was coauthor of several other articles. On the beginning of 1995 he got new job in the Ministry of Defense of the Republic of Croatia where he worked on different positions:

- General Staff of the Croatian Armed Forces, Office of Deputy Chief of Staff for Navy, high advisor,
- Navy Headquarters, Department for logistics, Staff officer for maintenance and Staff officer for support of Navy operations,
- General Staff of the Croatian Armed Forces, Department for logistic, Chief of section for logistic operational planning,

During his stay in the Ministry of defense he attended several courses:

- Joint operations planning,
- NATO and UN logistic support,
- Logistic reporting,
- Civil military cooperation and management of crisis situations,

He attended Basic Officers School at the Navy Officers School in Split and graduated in 1997. During 1999 and 2000 he attended Naval Staff College in Newport, Rhode Island, USA and graduated in June 2000. 2003 he participated in ISAF (International Security Assistance Force) peacekeeping operation in Kabul, Afghanistan. From 2005 to 2008 he worked for NATO Standardization Agency in NATO HQ in Brussels as officer for operational standardization. From 2008 to 2012 he worked as advisor in the Directorate for material resources in Ministry of defense.