

Primjena metode Holtrop-Mennen na seriju "Jelsa"

Pensa, Marina

Undergraduate thesis / Završni rad

2008

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:119158>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-10-08**

Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet strojarstva i brodogradnje

ZAVRŠNI RAD

Marina Pensa

Zagreb, 2008.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet strojarstva i brodogradnje

ZAVRŠNI RAD

Voditelj rada:
Doc. dr. sc. Nastia Degiuli

Marina Pensa

Zagreb, 2008.



Sveučilište u Zagrebu	
Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	04-07-2008 Prilog
Klasa:	002-04/08-6/5
Ur.broj:	15-1703-08-182

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Marina Pensa**

Mat. br.: 0023027033

Naslov: **Primjena metode Holtrop-Mennen na seriju "Jelsa"**

Opis zadatka:

U okviru rada potrebno je:

- na temelju rezultata modelskih ispitivanja serije punih brodova velike širine i malog gaza, serija "Jelsa" [1], provedenih u Brodarskom institutu u Zagrebu odrediti empirijski izraz za faktor forme za brod sa značajkama unutar raspona značajki serije,
- izraditi program za izračun komponenata otpora i propulzivnih značajki prema metodi Holtrop-Mennen,
- primjenom metode Holtrop-Mennen izračunati komponente otpora i propulzivne značajke za seriju brodova "Jelsa",
- usporediti faktore forme dobivene iz rezultata modelskih ispitivanja metodom Prohaske [2] i metodom Holtrop-Mennen,
- usporediti rezultate dobivene mjerenjima i metodom Holtrop-Mennen,
- komentirati dobivene rezultate te po potrebi za svako značajnije odstupanje dati dodatno objašnjenje,
- zaključno konstatirati primjenjivost metode Holtrop-Mennen na danu seriju brodova s obzirom na značajke serije.

Prilog:

- [1] Istraživanje optimalnih formi širokih brodova malog gaza, Interni izvještaj, Brodarski institut, Zagreb, 1990.
- [2] Hadžić, N., Određivanje faktora forme serije punih brodova velike širine i malog gaza, Završni projekt, Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2007, p. 123.

Zadatak zadan:

25. listopada 2007.

Zadatak zadao:

Nasira Degiuli
Doc. dr. sc. Nasira Degiuli

Referada za diplomske i završne ispite

Krajnji rok predaje rada:

listopad 2008.

Voditelj studija:

Rajko Grubišić
Prof. dr. sc. Rajko Grubišić

Obrazac PDS/D6 - 3

IZJAVA

Izjavljujem pod punom odgovornošću da sam završni rad radila samostalno , koristeći se navedenom literaturom i znanjem stečenim tijekom studija.

Posebno se zahvaljujem mentorici Doc.dr.sc. Nastiji Degiuli i mr.sc. Marti Pedišić Buča na pruženoj pomoći tijekom izrade ovog završnog projekta.

Marina Pensa

SADRŽAJ

1. SERIJA "JELSA"	1
1.1. OSNOVNA FORMA I GEOMETRIJA SERIJE	1
1.2. PRIKAZ SERIJE "JELSA" ZA PUNO OPTEREĆENJE.....	4
1.3. RAZVOJ SERIJE.....	6
1.4. MODELSKA ISPITIVANJA.....	6
1.5. MODELI I POKUSI.....	7
2. FAKTOR FORME	8
2.1. PROHASKINA METODA ODREĐIVANJA FAKTORA FORME	8
3. METODA HOLTROP-MENNEN	11
3.1. ODREĐIVANJE OTPORA	11
3.1.1. FAKTOR FORME	12
3.1.2. OTPOR PRIVJESAKA.....	13
3.1.3. OTPOR TRENJA.....	13
3.1.4. OTPOR VALOVA.....	14
3.1.5. DODATNI OTPOR TLAKA PRAMCA S BULBOM BLIZU POVRŠINE VODE	16
3.1.6. DODATNI OTPOR TLAKA URONJENE ZRCALNE KRME	16
3.1.7. KORELACIJSKI OTPOR MODEL-BROD.....	17
3.2. ODREĐIVANJE PROPULZIJSKIH ZNAČAJKI.....	18
3.2.1. EFEKTIVNO SUSTRUJANJE.....	18
3.2.2. KOEFICIJENT UPIJANJA (KOEFICIJENT SMANJENOG PORIVA).....	19
3.2.3. KOEFICIJENT PRIJELAZA.....	19
4. VRIJEDNOSTI MODELSKIH ISPITIVANJA SERIJE "JELSA"	20
5. VRIJEDNOSTI IZRAČUNATE METODOM HOLTROP-MENNEN	24
6. USPOREDBE REZULTATA STATISTIČKE METODE HOLTROP-MENNEN I MODELSKOG ISPITIVANJA SERIJE "JELSA"	37
6.1. FAKTOR FORME	37
6.2. UKUPNI OTPOR I EFEKTIVNA SNAGA	40
6.3. KOFICIJENT UPIJANJA	43
6.4. EFEKTIVNO SUSTRUJANJE.....	46
6.5. PORIV	49
6.6. KOEFICIJENT PRIJELAZA	52
7. ANALIZA REZULTATA DOBIVENIH USPOREDBOM METODE HOLTROP-MENNEN I MODELSKOG ISPITIVANJA SERIJE "JELSA"	55
7.1. OGRANIČENJA METODE HOLTROP-MENNEN	57
8. ZAKLJUČAK	58
9. LITERATURA.....	59
PRILOG I	
PRILOG II	

POPIS TABLICA

Tablica 1.1	Glavne značake i dimenzije modela, puno opterećenje	5
Tablica 1.2	Glavne značajke i dimenzije hipotetičkih brodova, puno opterećenje	5
Tablica 1.3	Rasponi Froudeovih i Reynoldsovih brojeva za pojedine hipotetičke brodove serije "Jelsa"	5
Tablica 2.1	Faktor forme k	9
Tablica 3.1	Vrijednosti koeficijenta forme krme	12
Tablica 3.2	Faktor privjesaka $(1+k_2)$	12
Tablica 4.1	Vrijednosti faktora forme	20
Tablica 4.2	Vrijednosti ukupnog otpora	21
Tablica 4.3	Vrijednosti efektivne snage	21
Tablica 4.4	Vrijednosti koeficijenta upijanja	22
Tablica 4.5	Vrijednosti sustrujanja	22
Tablica 4.6	Vrijednosti poriva	23
Tablica 4.7	Vrijednosti koeficijenta prijelaza	23
Tablica 5.1	Oplakana površina trupa	25
Tablica 5.2	Koeficijent otpora trenja	25
Tablica 5.3	Vrijednosti otpora trenja	26
Tablica 5.4	Iznos koeficijenta c_{14}	26
Tablica 5.5	Vrijednosti izraza Lr	26
Tablica 5.6	Faktor forme golog trupa	26
Tablica 5.7	Iznos faktora zbog utjecaja privjesaka	27
Tablica 5.8	Iznosi oplakanih površina privjesaka za određeni model	27
Tablica 5.9	Vrijednosti faktora forme	27
Tablica 5.10	Vrijednosti otpora privjesaka	27
Tablica 5.11	Vrijednosti koeficijenata	28
Tablica 5.12	Vrijednosti koeficijenta m_4 u ovisnosti o brzini	29
Tablica 5.13	Iznosi otpora valova	29
Tablica 5.14	Vrijednosti koeficijenta koji je mjera izrona pramca P_B	30
Tablica 5.15	Vrijednosti izraza i	30
Tablica 5.16	Vrijednosti Froudeovog broja koji se temelji na uronu	30
Tablica 5.17	Vrijednosti dodatnog otpora tlaka pramca s bulbom blizu površine	31
Tablica 5.18	Vrijednosti koeficijenata c_2 i c_4 i korelacijskog koeficijenta C_A	31
Tablica 5.19	Vrijednosti korelacijskog otpora model - brod	32
Tablica 5.20	Vrijednosti ukupnog otpora	33
Tablica 5.21	Vrijednosti efektivne snage	33
Tablica 5.22	Vrijednosti koeficijenata upijanja	34
Tablica 5.23	Vrijednosti poriva	34
Tablica 5.24	Iznosi koeficijenata	34
Tablica 5.25	Vrijednosti koeficijenta viskoznog otpora	35
Tablica 5.26	Vrijednosti efektivnog sustrujanja	36
Tablica 5.27	Omjer površina razvijene površine vijka i površine diska vijka	36
Tablica 5.28	Vrijednosti prizmatičkog koeficijenta stražnjeg dijela broda	36
Tablica 5.29	Vrijednosti koeficijenta prijelaza η_R	36
Tablica 6.1	Relativno odstupanje faktora forme $(1+k)$	37
Tablica 6.2	Relativno odstupanje dano u postotku (%) za ukupni otpor R_T i efektivnu snagu P_E	40
Tablica 6.3	Relativno odstupanje dano u postotku (%) za koeficijente upijanja	43
Tablica 6.4	Relativno odstupanje dano u postotku (%) za efektivno sustrujanje	46

Tablica 6.5 Relativno odstupanje dano u postotku (%) za poriv	49
Tablica 6.6 Relativno odstupanje dano u postotku (%) za koeficijent prijelaza	52
Tablica 7.1 Odstupanje dano u postotku (%) za efektivno sustrujanje w	56

POPIS SLIKA

Slika 1.1 Nacrt rebara, pramčana i krmena kontura osnovne forme M-938	1
Slika 1.2 VHC - bulb forma pramca	2
Slika 1.3 Forma krme s bulbom	2
Slika 1.4 Geometrija svih modela serije "Jelsa"	3
Slika 1.5 Shema serije "Jelsa" za puno opterećenje	4
Slika 2.1. Određivanje faktora forme prema Prohaski	9
Slika 2.2. Konkavna krivulja za brodove punijih formi	9
Slika 2.3 Prostorna ploha razdiobe faktora forme k	10
Slika 6.1 Usporedba prosječnih razlika metode Holtrop-Mennen i modelskog ispitivanja serije "Jelsa" za faktor forme $(1+k)$	38
Slika 6.2 3-D prikaz prosječnog odstupanja (%) koeficijenata forme $(1+k)$	39
Slika 6.3 Usporedba prosječnih razlika metode Holtrop-Mennen i modelskog ispitivanja serije "Jelsa" za ukupni otpor R_T i efektivnu snagu P_E	41
Slika 6.4 3-D prikaz prosječnog odstupanja (%) za R_T i P_E	42
Slika 6.5 Usporedba prosječnih razlika metode Holtrop-Mennen i modelskog ispitivanja serije "Jelsa" za koeficijente upijanja t	44
Slika 6.6 3-D prikaz prosječnog odstupanja (%) koeficijenata upijanja t	45
Slika 6.7 Usporedba prosječnih razlika metode Holtrop-Mennen i modelskog ispitivanja serije "Jelsa" za efektivno sustrujanje w	47
Slika 6.8 3-D prikaz prosječnog odstupanja (%) efektivnog sustrujanja w	48
Slika 6.9 Usporedba prosječnih razlika metode Holtrop-Mennen i modelskog ispitivanja serije "Jelsa" za poriv T	50
Slika 6.10 3-D prikaz prosječnog odstupanja (%) poriva T	51
Slika 6.11 Usporedba prosječnih razlika metode Holtrop-Mennen i modelskog ispitivanja serije "Jelsa" za koeficijent prijelaza η_R	53
Slika 6.12 3-D prikaz prosječnog odstupanja (%) koeficijenata prijelaza η_R	54

POPIS OZNAKA

Veličina :	Opis:	Jedinica:
L_{PP}	duljina broda između okomica	m
L_{WL}	duljina broda na vodnoj liniji	m
B	širina broda	m
T_A	gaz broda na krmenoj okomici	m
T_F	gaz broda na pramčanoj okomici	m
T	srednji gaz broda	m
S	oplakana površina golog trupa broda	m ²
S_{APP}	oplakana površina privjesaka	m ²
V	volumen istisnine broda	m ³
A_{BT}	površina poprečnog presjeka bulba	m ²
A_T	površina poprečnog presjeka zrcalne krme	m ²
h_B	pozicija težišta površine A_{BT}	m
v	brzina broda	m/s
ρ	gustoća vode	kg/m ³
μ	dinamički koeficijent viskoznosti	kg/ms
ν	kinematički koeficijent viskoznosti	m ² /s
g	ubrzanje sile teže	m/s ²
R_T	ukupni otpor broda	N
P_E	efektivna snaga ili snaga otpora tegljenja	kW
R_F	otpor trenja	N
R_{APP}	otpor privjesaka	N
R_W	otpor stvaranja valova i lomljenja valova	N
R_B	dodatni otpor tlaka pramca s bulbom blizu površine	N
R_{TR}	dodatni otpor tlaka uronjene zrcalne krme	N
R_A	korelacijski otpor model-brod	N

Koeficijenti:

L_{WL} / B_{WL}	omjer duljina - širina
B_{WL} / T	omjer širina - gaz
C_{BWL}	koeficijent punoće temeljen na vodnoj liniji
C_B	koeficijent punoće
C_M	koeficijent glavnog rebra
C_P	prizmatični koeficijent
C_W	koeficijent vodne linije
lcb	uzdužni položaj težišta istisnine od sredine broda izražen kao postotak od % L_{PP}
Fn	Froudeov broj
Rn	Reynoldsov broj
k	faktor forme
C_T	koeficijent ukupnog otpora
C_F	koeficijent otpora trenja
C_R	koeficijent preostalog otpora
ΔC_T	koeficijent ukupnog relacijskog dodatka
C_V	koeficijent viskoznog otpora
C_{F0}	koeficijent otpora trenja ekvivalentne ravne ploče
C_W	koeficijent otpora valova
w	efektivno sustrujanje
t	koeficijent upijanja
η_R	koeficijent prijelaza

SAŽETAK

U radu je primjenjena statistička metoda Holtrop-Mennen na hipotetičke brodove serije "Jelsa" koja je nastala u Brodarskom institutu u Zagrebu zbog potrebe procjene otpora brodova punih formi s velikim omjerom širine i gaza.

Opisana je osnovna forma i geometrija serije "Jelsa" te su dane glavne značajke i dimenzije modela za puno opterećenje i način preračunavanja tih vrijednosti na hipotetičke brodove.

Koristeći vrijednosti faktora forme k određenih metodom Prohaske na temelju rezultata modelskih ispitivanja serije "Jelsa", nacrtana je ploha koja može u pretprojektnoj fazi poslužiti za određivanje faktora forme k za bilo koji brod kojem su značajke unutar raspona značajki serije "Jelsa".

Također je opisana metoda Holtrop-Mennen i dani su izrazi za izračunavanje komponentenata otpora i propulzivnih značajki koji će se primjeniti na hipotetičke brodove serije "Jelsa".

Dane su vrijednosti modelskih ispitivanja serije "Jelsa" i vrijednosti izračunate metodom Holtrop-Mennen, te su analizirani rezultati dobivenih usporedbi.

Konstatirana je primjenjivost metode Holtrop-Mennen na danu seriju brodova s obzirom na značajke serije.

Izvršena je kontrola metode zbog velikih vrijednosti odstupanja metode Holtrop-Mennen i modelskih ispitivanja serije "Jelsa" za vrijednosti sustrujanja.

UVOD

Serijska "Jelsa" razvijena je u Brodarskom institutu u Zagrebu u okviru projekta "Istraživanje optimalnih formi širokih brodova malog gaza".

Razvoj brodova takvih karakteristika potaknuli su zahtjevi od kojih je jedan za povećanjem ekonomičnosti brodova, kojim se traži prijevoz najveće moguće količine tereta uz najmanju potrošnju goriva. Drugi zahtjev je za ograničenjem glavnih dimenzija koji je proizašao iz ograničenja dubina luka i plovnih puteva, te duljinama teretnih obala.

U ranoj fazi projektiranja broda važno je odrediti snagu otpora zbog procjene potrebne snage pogonskih strojeva za određenu masu istisnine i brzinu broda.

Razvijene su razne metode određivanja otpora, te od svih mogućih načina prognoziranja, najpouzdanije rezultate daje ispitivanje modela zbog čega je i razvijena sistemska serija "Jelsa".

Međutim, ograničenost vremena izrade pretprojekta uvjetuje proračun otpora broda i potrebne snage približnim metodama koje su zasnovane na dugogodišnjim analizama rezultata modelskih ispitivanja i pokusnih plovidbi.

U radu će se usporediti slaganje rezultata statističke metode Holtrop-Mennen koja je približna metoda i rezultate modelskog ispitivanja serije "Jelsa".

Za statističke metode je karakteristično sakupljanje podataka otpora i propulzije za grupu brodova. Ti podaci se statistički obrade i služe za prognozu pomoću regresijskih formula ili pomoću dijagrama.

Rezultati standardnih serijskih ispitivanja prikazani su u obliku serijskih dijagrama dobivenih ispitivanjem modela sa sustavnim mijenjanjem značajki broda. Postoje male serije kod kojih se variraju samo jedna ili dvije značajke. Tu spada i serija "Jelsa" kod koje se mijenjaju omjeri L_{WL} / B_{WL} i B_{WL} / T .

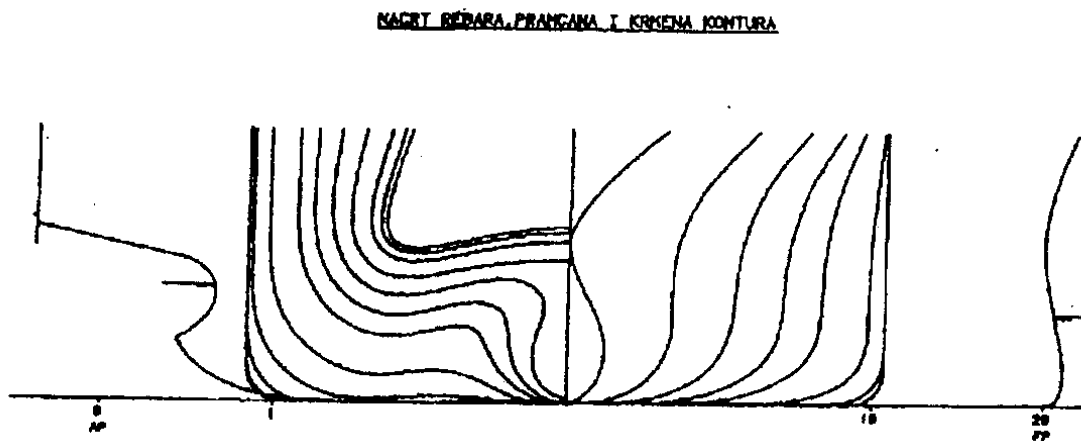
U prilogu I izvršena je kontrola metode zbog velikih vrijednosti odstupanja metode Holtrop-Mennen i modelskih ispitivanja serije "Jelsa" za vrijednosti sustrujanja. Rezultati su komentirani u sedmom poglavlju u analizi usporedbe za sustrujanje.

U prilogu II dani su dijagrami razlika analiziranih vrijednosti u ovisnosti o brzini.

1. SERIJA "JELSA"

1.1. OSNOVNA FORMA I GEOMETRIJA SERIJE

Sistemska serija "Jelsa" je nastala zbog potrebe procjene otpora brodova punih formi s velikim omjerom širine i gaza, budući da približne metode određivanja otpora za takve parametre forme ne daju zadovoljavajuće rezultate. Sastoji se od trinaest modela i jednog kontrolnog modela. Osnovna forma je model M-938, formiran neznatnom promjenom glavnih dimenzija iz broda tipa Argosy, koji je projektiran u brodogradilištu "3.maj" u Rijeci.



Slika 1.1 Nacrt rebara, pramčana i krmena kontura osnovne forme M-938

Ranija ispitivanja modela brodova punih formi tipa Argosy pokazala su da je kombinacija VHC-bulb pramca i leptir krme s bulbom najbolje rješenje oblika trupa za brodove ovih karakteristika, te je isti oblik pramca i krme usvojen za sve modele serije "Jelsa".

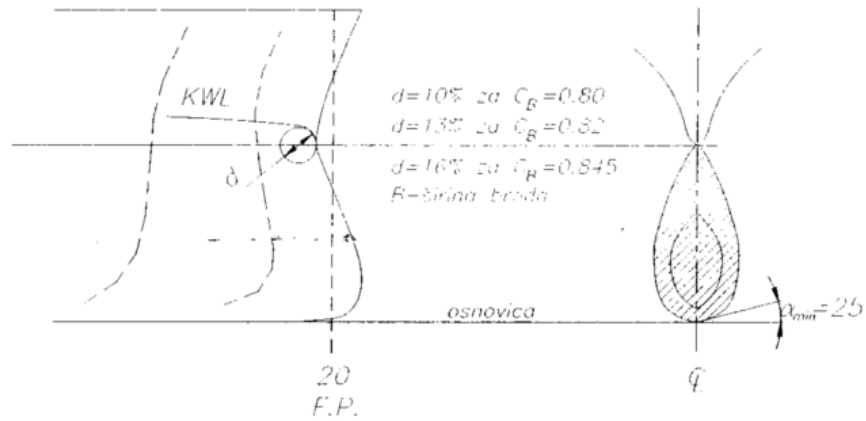
VHC-bulb pramac (V- vertikalni, H-horizontalni, C-cilindar), koji je razvijen u Brodarskom institutu u Zagrebu, povoljan je za brodove punijih vodnih linija radi ublažavanja prijelaza između pramčanog zaoštrenja i pramčanog ramena. Takav pramac smanjuje visinu pramčanog vala, te time smanjuje potrebnu snagu za svladavanje otpora valova.

"Leptir forma" krme s krmnim bulbom je također razvijena u Brodarskom institutu u Zagrebu za brodove s velikim omjerom širine i gaza (ograničenim gazom).

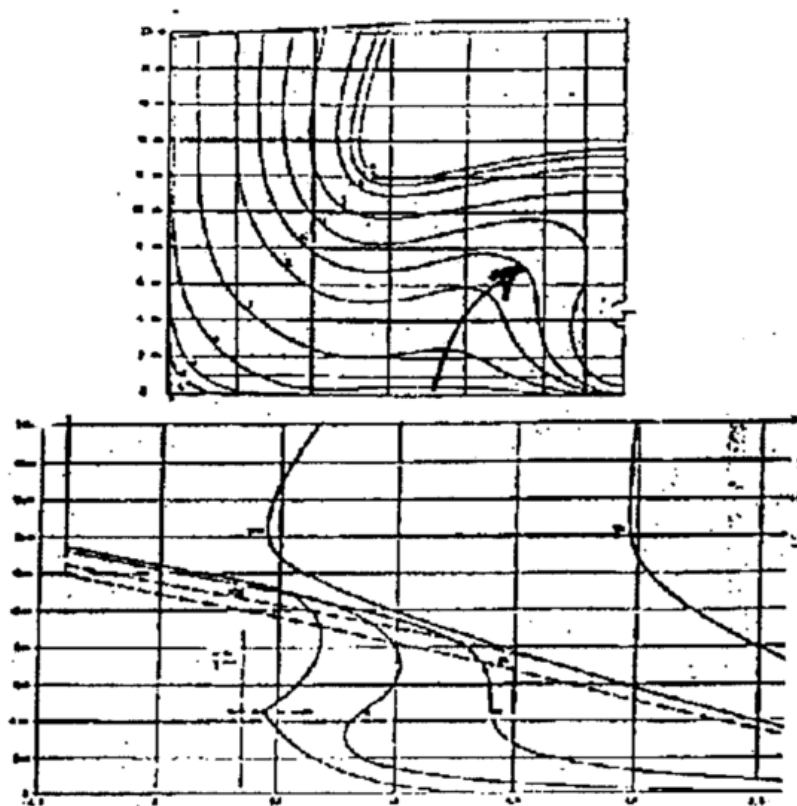
Ta forma krme je izgladena po uzdužnicama, jer se strujanje oko forme odvija približno po tim krivuljama. Zakrivljenost strujnica se na taj način smanjuje, te ovakva forma krme rezultira ravnomjernijim rasporedom sustrujanja (kružni oblik krivulja jednakog sustrujanja) i većom brzinom strujanja vode u gornjem dijelu diska vijka.

Srednje nominalno sustrujanje preko diska vijka je znatno manje nego što je to kod klasičnih formi, no ova forma krme omogućava smještaj vijka većeg promjera s većim stupnjem iskoristivosti.

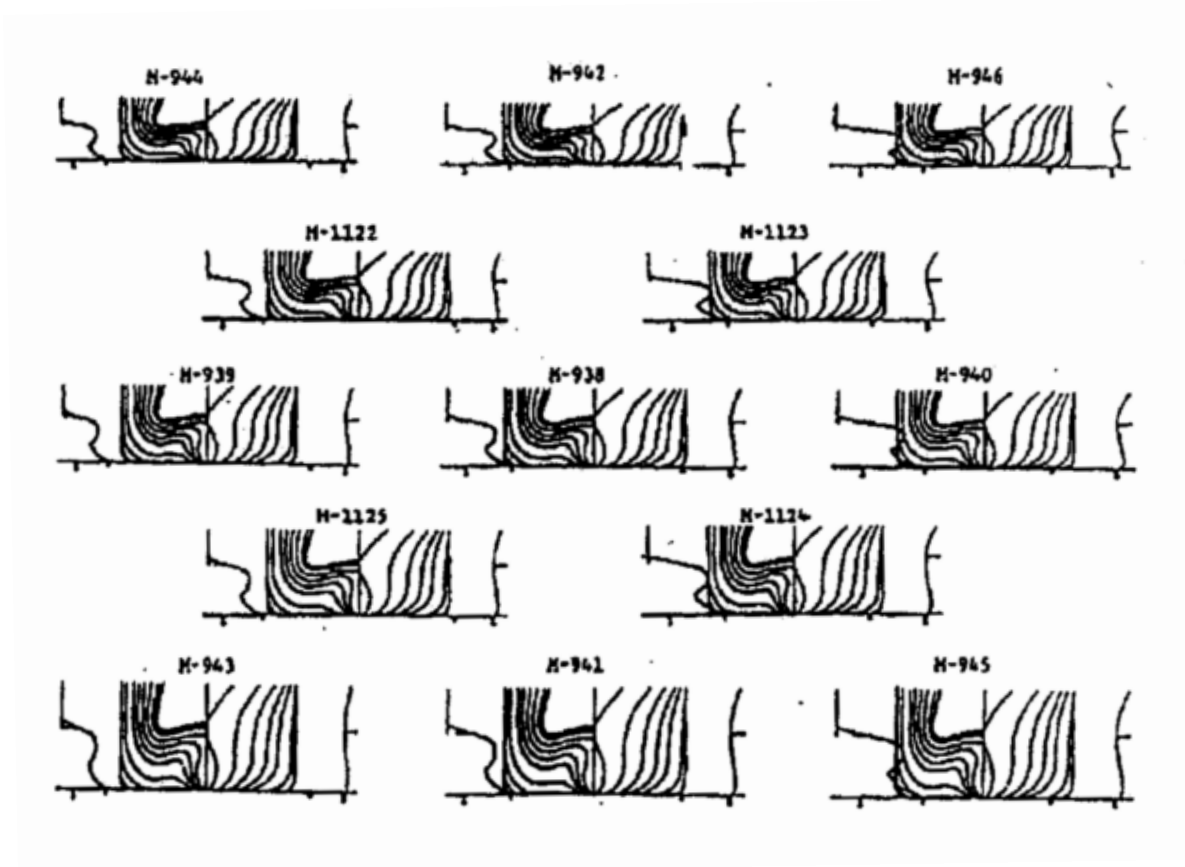
Krmeno zaoštrenje na bokovima je izvedeno najblaže moguće što smanjuje komponentu viskoznog otpora tlaka. "Leptir forma" krme podnosi veću istisninu i omogućava oštrij pramac, što rezultira pomakom težišta istisnine prema krmi.



Slika 1.2 VHC - bulb forma pramca



Slika 1.3 Forma krme s bulbom



Slika 1.4 Geometrija svih modela serije "Jelsa"

1.2. PRIKAZ SERIJE "JELSA" ZA PUNO OPTEREĆENJE

Modeli serije imaju različite omjere L_{WL} / B_{WL} i B_{WL} / T , te konstantni koeficijent punoće i istisninu.

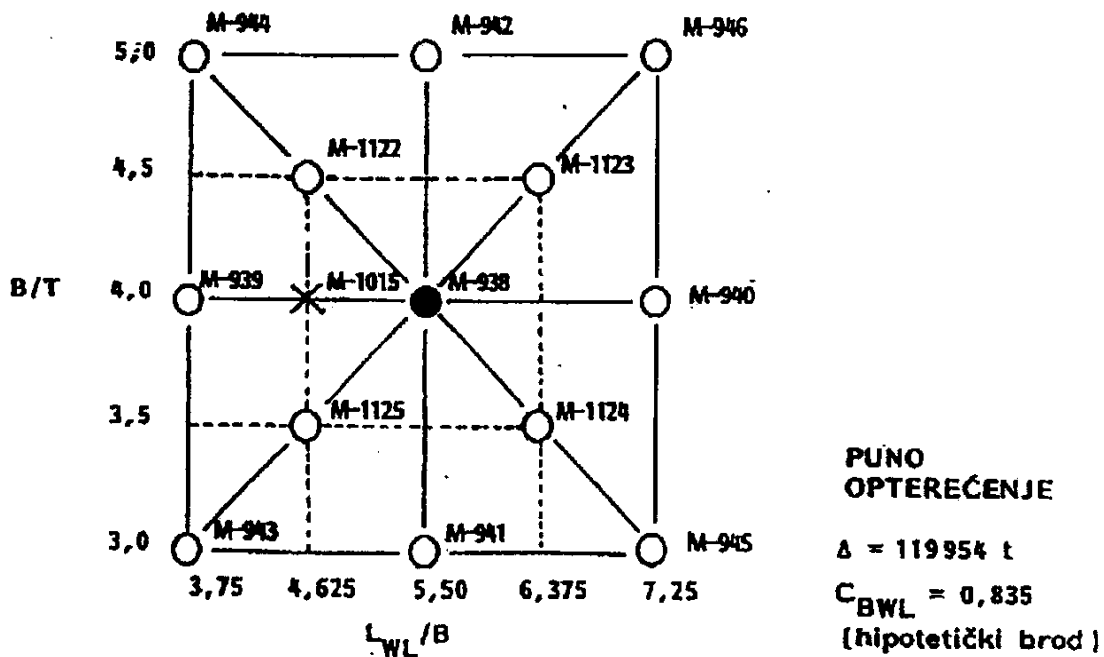
$$\begin{aligned} \frac{L_{WL}}{B_{WL}} &= 3,75-7,25 \\ \frac{B_{WL}}{T} &= 3,0-5,0 \\ C_{BWL} &= 0,835 \end{aligned} \quad (1.1)$$

Shema serije "Jelsa" za puno opterećenje dana je na slici 1.5.

Glavne dimenzije i značajke svih modela za puno opterećenje dane su u tablici 1.1

Glavne dimenzije i značajke svih hipotetičkih brodova za puno opterećenje dane su u tablici 1.2

Rasponi Froudeovih i Reynoldsovih brojeva za pojedine hipotetičke brodove serije "Jelsa" dani su u tablici 1.3



Legenda: ● - osnovni model
○ - modeli
× - kontrolni model

Slika 1.5 Shema serije "Jelsa" za puno opterećenje

Tablica 1.1 Glavne značake i dimenzije modela, puno opterećenje

	M-938	M-939	M-940	M-941	M-942	M-943	M-944	M-945	M-946	M-1015	M-1122	M-1123	M-1124	M-1125
L_{WL} [m]	5,751	4,455	6,913	5,224	6,194	4,047	4,798	6,280	7,446	5,124	5,334	6,606	6,075	4,905
B [m]	1,046	1,188	0,954	0,950	1,126	1,079	1,280	0,866	1,027	1,108	1,153	1,036	0,953	1,060
T [m]	0,261	0,297	0,238	0,317	0,225	0,360	0,256	0,289	0,205	0,277	0,256	0,230	0,272	0,303
T_A [m]	0,261	0,297	0,238	0,317	0,225	0,360	0,256	0,289	0,205	0,277	0,256	0,230	0,272	0,303
T_F [m]	0,261	0,297	0,238	0,317	0,225	0,360	0,256	0,289	0,205	0,277	0,256	0,230	0,272	0,303
V [m ³]	1,283	1,283	1,283	1,283	1,283	1,283	1,283	1,283	1,283	1,283	1,283	1,283	1,283	1,283
C_B	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832
C_M	0,995	0,995	0,995	0,995	0,995	0,995	0,995	0,995	0,995	0,995	0,995	0,995	0,995	0,995
C_P	0,836	0,836	0,836	0,836	0,836	0,836	0,836	0,836	0,836	0,836	0,836	0,836	0,836	0,836
C_W	0,898	0,898	0,898	0,898	0,898	0,898	0,898	0,898	0,898	0,898	0,898	0,898	0,898	0,898
lcb [% L_{PP}]	1,862	1,862	1,862	1,862	1,862	1,862	1,862	1,862	1,862	1,862	1,862	1,862	1,862	1,862
L_{WL} / B_{WL}	5,50	3,75	7,25	5,50	5,50	3,75	3,75	7,25	7,25	4,625	4,625	6,375	6,375	4,625
B_{WL} / T	4,00	4,00	4,00	3,00	5,00	3,00	5,00	3,00	5,00	4,00	4,50	4,50	3,50	3,50

Tablica 1.2 Glavne značajke i dimenzije hipotetičkih brodova, puno opterećenje

	M-938	M-939	M-940	M-941	M-942	M-943	M-944	M-945	M-946	M-1015	M-1122	M-1123	M-1124	M-1125
L_{WL} [m]	258,78	200,47	311,08	235,10	278,75	182,12	215,94	282,62	335,09	230,57	240,02	297,28	273,39	220,73
B [m]	47,06	53,46	42,92	42,71	50,69	48,57	57,59	38,99	46,23	49,85	51,88	46,63	42,88	47,72
T [m]	11,76	13,36	10,73	14,25	10,14	16,19	11,52	13,00	9,24	12,47	11,53	10,36	12,25	13,63
T_A [m]	11,76	13,36	10,73	14,25	10,14	16,19	11,52	13,00	9,24	12,47	11,53	10,36	12,25	13,63
T_F [m]	11,76	13,36	10,73	14,25	10,14	16,19	11,52	13,00	9,24	12,47	11,53	10,36	12,25	13,63
V [m ³]	116919	116919	116904	116911	116924	116902	116884	116880	116860	116994	117246	117359	117192	117248
C_B	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832
C_M	0,995	0,995	0,995	0,995	0,995	0,995	0,995	0,995	0,995	0,995	0,995	0,995	0,995	0,995
C_P	0,836	0,836	0,836	0,836	0,836	0,836	0,836	0,836	0,836	0,836	0,836	0,836	0,836	0,836
C_W	0,898	0,898	0,898	0,898	0,898	0,898	0,898	0,898	0,898	0,898	0,898	0,898	0,898	0,898
lcb [% L_{PP}]	1,862	1,862	1,862	1,862	1,862	1,862	1,862	1,862	1,862	1,862	1,862	1,862	1,862	1,862
L_{WL} / B_{WL}	5,50	3,75	7,25	5,50	5,50	3,75	3,75	7,25	7,25	4,625	4,625	6,375	6,375	4,625
B_{WL} / T	4,00	4,00	4,00	3,00	5,00	3,00	5,00	3,00	5,00	4,00	4,50	4,50	3,50	3,50
A_{BT} [m ²]	35,310	49,239	32,021	43,698	35,740	53,473	44,957	35,671	28,777	43,629	40,680	33,044	35,950	45,535
h_B [m]	4,704	5,326	4,276	5,766	4,259	6,479	4,657	5,228	3,784	5,162	4,858	4,367	4,986	5,531
A_T [m ²]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
S_{APP} [m ²]	125,0	141,0	116,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	178,0	178,0	182,0	178,0

Tablica 1.3 Rasponi Froudeovih i Reynoldsovih brojeva za pojedine hipotetičke brodove serije "Jelsa"

	M-938	M-939	M-940	M-941	M-942	M-943	M-944	M-945	M-946	M-1015	M-1122	M-1123	M-1124	M-1125
Fn	0,12-0,18	0,14-0,21	0,11-0,17	0,13-0,19	0,12-0,18	0,15-0,22	0,13-0,20	0,12-0,18	0,11-0,16	0,13-0,19	0,13-0,19	0,11-0,17	0,12-0,18	0,13-0,20
$Rn \times 10^{-9}$	(1,34-2,02)	(1,04-1,56)	(1,62-2,42)	(1,22-1,83)	(1,45-2,17)	(0,95-1,42)	(1,12-1,68)	(1,47-2,20)	(1,74-2,61)	(1,20-1,80)	(1,25-1,87)	(1,54-2,32)	(1,42-2,13)	(1,15-1,72)

1.3. RAZVOJ SERIJE

Serijska "Jelsa" nastala je iz osnovne forme M-938 razvojem trinaest modela s jednakim koeficijentom punoće forme i jednakom istisninom za isto opterećenje. Razvoj serije se tako temelji na slijedeće tri jednadžbe:

$$\begin{aligned} \nabla &= C_{BWL} \cdot L_{WL} \cdot B_{WL} \cdot T = \text{const} \\ L_{WL} / B_{WL} &= \text{const} \\ B_{WL} / T &= \text{const} \end{aligned} \tag{1.2}$$

1.4. MODELSKA ISPITIVANJA

Modelska ispitivanja u Brodarskom institutu provedena se prema vlastitim standardima koji su u skladu s preporukama međunarodne organizacije ITTC (International Towing Tank Conference).

Prenošenje rezultata otpora s modela na hipotetičke brodove ($\nabla = 119954 \text{ t}$) napravljeno je pomoću korelacijske linije ITTC-1957 s ukupnim koeficijentom korelacije ΔC_T .

Prema standardnoj metodi Brodarskog instituta prenošenje rezultata s modela na brod provedeno je uz pretpostavku da je preostali koeficijent otpora isti za brod i model pri istom Froudeovom broju.

Ukupni koeficijent otpora broda dobiven je na slijedeći način:

$$C_{Tm} = C_R + C_{Fm} \quad \text{- koeficijent ukupnog otpora modela} \tag{1.3}$$

$$C_R = C_{Tm} - C_{Fm} \quad \text{- koeficijent preostalog modela (broda)} \tag{1.4}$$

$$C_T = C_R + C_F + \Delta C_T \quad \text{- koeficijent ukupnog otpora broda} \tag{1.5}$$

ukupni otpora broda određen je prema izrazu:

$$R_T = C_T \frac{1}{2} \rho v^2 S, \tag{1.6}$$

a snaga tegljenja broda prema:

$$P_E = R_T \cdot v / 1000 \tag{1.7}$$

gdje je:

- C_{Tm} - koeficijent ukupnog otpora modela
- C_{Fm} - koeficijent otpora trenja modela
- C_R - koeficijent preostalog otpora modela i broda
- C_T - koeficijent ukupnog otpora broda

- C_F - koeficijent otpora trenja broda
 ΔC_T - koeficijent ukupnog korelacijskog dodatka
 R_T - ukupni otpor broda, [N]
 P_E - efektivna snaga ili snaga otpora tegljenja, [kW]
 ρ - gustoća morske vode, [kg/m³]
 v - brzina broda, [m/s]
 S - oplakana površina broda, [m²].

1.5. MODELI I POKUSI

Modeli za ispitivanje su izrađeni od parafina u mjerilu 1:45. Na 19. teoretskom rebru, u svrhu stimuliranja turbulencije, postavljena je žica promjera 1 mm. Površine modela su tehnički glatke.

Na modelima su izvršeni slijedeći pokusi:

-pokus otpora:

U pokusu otpora dobiva se ovisnost sile otpora (tegljenja) o brzini broda.

-pokus slobodne vožnje vijka:

Pokusom slobodne vožnje vijka određuju se hidrodinamičke značajke vijka, a rezultati pokusa koriste se za proračun komponenata propulzije.

-pokus vlastitog pogona:

Za provedbu analize rezultata vlastitog pogona potrebni su i rezultati pokusa otpora i pokusa slobodne vožnje vijka.

Svrha ovog pokusa je dobivanje prognoznog dijagrama u kojem se za zadano stanje opterećenja broda definira ovisnost snage motora i okretaja vijka o brzini broda.

Na temelju ovog pokusa definiraju se i komponente propulzije koje služe za procjenu propulzijskih značajki broda, odnosno interakcije brod-vijak.

-mjerjenje polja sustrujanja i

-pokus strujnica bojom.

Vučna sila, sila otpora, bila je u pravcu osi osovine vijka, a hvatište približno u težištu istisnine. Tijekom ispitivanja model je imao sve stupnjeve slobode gibanja osim skretanja s pravca u horizontalnoj ravnini.

2. FAKTOR FORME

U završnom radu Nevena Hadžića "Određivanje faktora forme serije punih brodova velike širine i malog gaza" vrijednosti faktora forme k određene su metodom Prohaske na temelju rezultata modelskih ispitivanja serije "Jelsa" provedenih u Brodarskom institutu u Zagrebu u okviru projekta "Istraživanje optimalnih formi širokih brodova malog gaza".

2.1. PROHASKINA METODA ODREĐIVANJA FAKTORA FORME

Prohaska definira trodimenzijski faktor forme prema izrazu:

$$k = \frac{C_V - C_{F0}}{C_{F0}} = \frac{C_V}{C_{F0}} - 1 \quad (2.1)$$

gdje je:

C_V - koeficijent viskoznog otpora

C_{F0} - koeficijent otpora trenja ekvivalentne ravne ploče

Za slučaj kada ne postoji odvajanje strujanja vrijedi slijedeći izraz za koeficijent ukupnog otpora:

$$C_T = C_W + (1+k) \cdot C_{F0} \quad (2.2)$$

gdje je koeficijent otpora valova C_W određen izrazom:

$$C_W = a \cdot Fn^n \quad (2.3)$$

Potencija n se mijenja ovisno o koeficijentu punoće C_B između 4 i 6.

Izraz za koeficijent ukupnog otpora podijeljen s koeficijentom otpora trenja ekvivalentne ravne ploče dovodi do slijedećeg izraza koji predstavlja jednadžbu pravca:

$$\frac{C_T}{C_{F0}} = (1+k) + a \cdot \frac{Fn^n}{C_{F0}} \quad (2.4)$$

U gornjem izrazu član a predstavlja koeficijent nagiba pravca, a $(1+k)$ odsječak na osi ordinate.

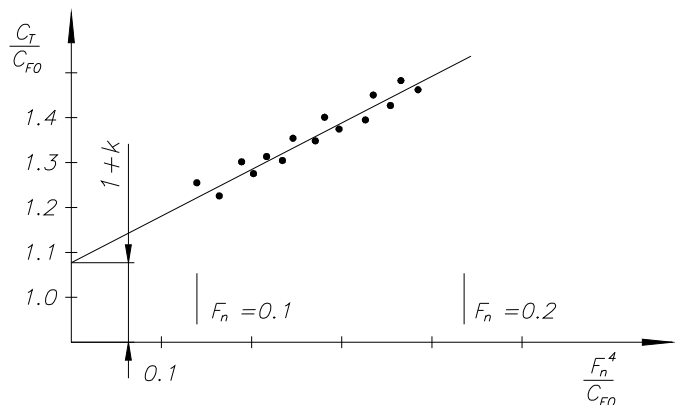
Pomoću gornjeg izraza možemo lako odrediti faktor forme k .

Za crtanje takvog pravca potrebno je izmjeriti desetak točaka u području Froudeovih brojeva $Fn = 0,1 \div 0,2(0,22)$, jer se u tom području otpor valova može aproksimirati gore navedenim izrazom, a mjerenje pri Froudeovim brojevima nižim od 0,1 nije pouzdano zbog grešaka mjernih instrumenata.

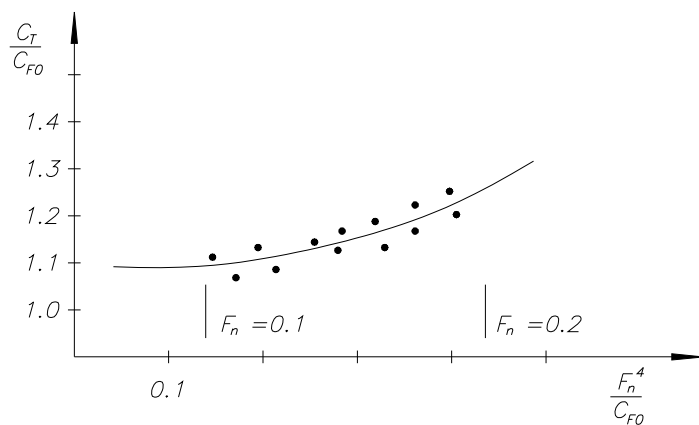
Za izračun koeficijenta otpora trenja koristit će se korelacijska linija model-brod ITTC–1957.

$$C_F = \frac{0,075}{(\log Rn - 2)^2} \quad (2.5)$$

Kod punijih formi brodova jednadžba pravca prelazi u jednadžbu konkavne krivulje što upućuje da postoji ovisnost faktora forme i koeficijenta nagiba pravca o brzini.



Slika 2.1. Određivanje faktora forme prema Prohaski



Slika 2.2. Konkavna krivulja za brodove punijih formi

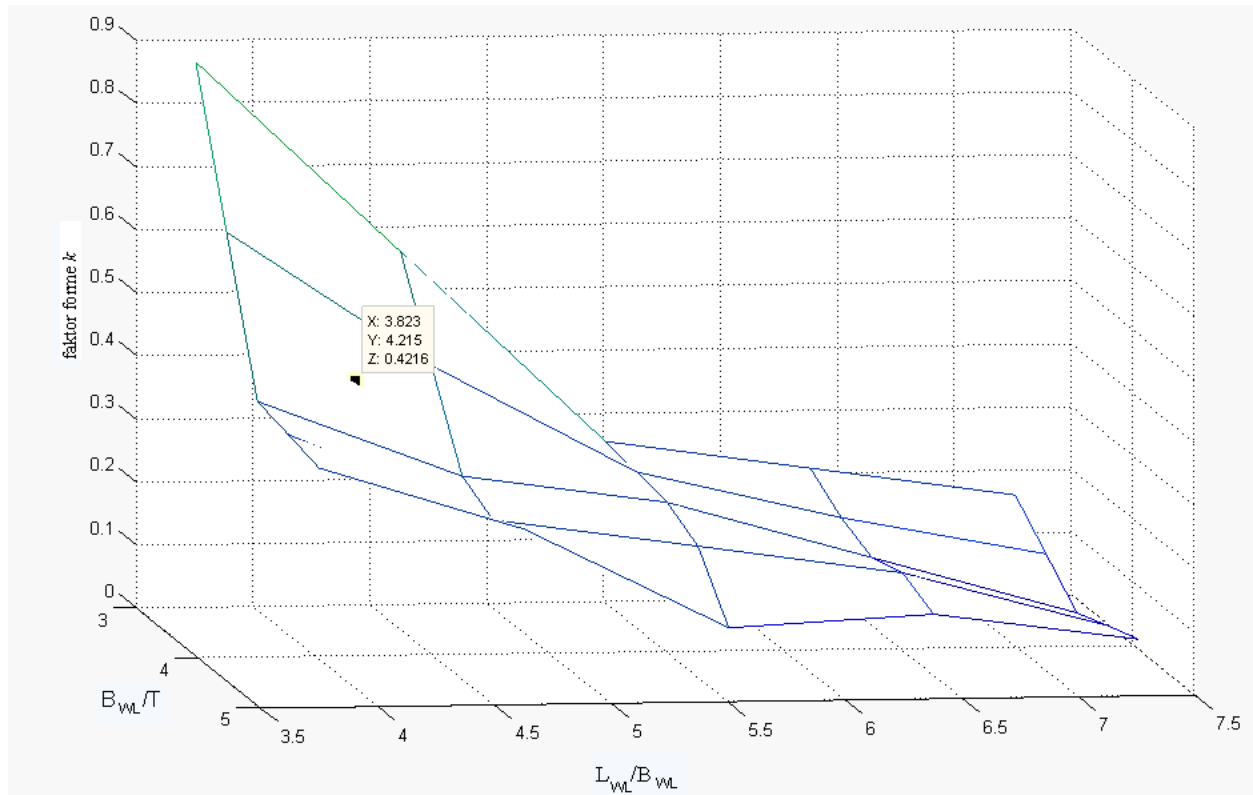
Tablica 2.1. Faktor forme k

Puno opterećenje				
	Fn^4	Fn^5	Fn^6	srednja vrijednost k
Model	faktor forme k			
M-938	0,232	0,238	0,241	0,237
M-939	0,379	0,409	0,429	0,406
M-940	0,032	0,055	0,071	0,053
M-941	0,241	0,256	0,267	0,255
M-942	0,166	0,178	0,187	0,177
M-943	0,833	0,868	0,893	0,865
M-944	0,358	0,381	0,397	0,379
M-945	0,154	0,162	0,166	0,161
M-946	0,074	0,092	0,103	0,090
M-1015	0,270	0,285	0,295	0,283
M-1122	0,239	0,255	0,266	0,253
M-1123	0,146	0,161	0,172	0,160
M-1124	0,161	0,170	0,177	0,169
M-1125	0,417	0,419	0,421	0,419

Na temelju ovih rezultata nacrtana je ploha koja može u pretprojektnoj fazi poslužiti za određivanje faktora forme k za bilo koji brod kojem su značajke unutar raspona značajki serije "Jelsa".

Za generiranje plohe koristimo srednju vrijednost faktora forme k .

Na slici 2.3 prikazana je ploha razvijena u programu Matlab koja prikazuje iznose svih faktora forme k u rasponu značajki serije "Jelsa".



Slika 2.3 Prostorna ploha razdiobe faktora forme k

3. METODA HOLTROP-MENNEN

Holtrop-Mennenova metoda je statistička metoda. Razvijena je preko regresijske analize nasumično odabranih modelskih ispitivanja i sveobuhvatnih podataka dostupnih na "Netherlands Ship Model Basin-u".

Budući da se pokazala nedostatnom za nekonvencionalne kombinacije glavnih parametara koji se koriste, napravljena je prilagodba. Ta prilagodba je rezultirala setom predviđajućih formula sa širim rasponom primjene. Međutim, treba primjetiti kako dane izmjene imaju pokusni karakter budući da su prilagodbe temeljene na malom broju ispitivanja.

3.1. ODREĐIVANJE OTPORA

Generalno je ukupni otpor broda podijeljen na komponente različitog podrijetla.

U podjeli ukupnog otpora slijedeće komponente su uzete u obzir:

- otpor ekvivalentne ravne ploče,
- otpor forme trupa broda,
- viskozni otpor privjesaka,
- otpor stvaranja valova i otpor lomljenja valova,
- otpor (nepotpuno) uronjenog pramca s bulbom,
- otpor uronjene zrcalne krme,
- korelacijsko odstupanje model – brod.

U ovoj statističkoj studiji svaka komponenta je izražena kao funkcija brzine i parametara forme trupa. Numeričke konstante u regresijskim formulama su dobivene iz nasumično odabranih podataka modelskih ispitivanja.

Ukupni otpor broda je podijeljen na

$$R_{total} = R_F(1 + k_1) + R_{APP} + R_W + R_B + R_{TR} + R_A \quad (3.1)$$

gdje je:

- R_F - otpor trenja koji se računa prema korelacijskoj liniji ITTC-1957,
- $(1 + k_1)$ - faktor forme koji opisuje viskozni otpor golog trupa broda u odnosu na otpor trenja,
- R_{APP} - otpor privjesaka,
- R_W - otpor stvaranja valova i lomljenja valova,
- R_B - dodatni otpor tlaka pramca s bulbom blizu površine,
- R_{TR} -dodatni otpor tlaka uronjene zrcalne krme,
- R_A - korelacijski otpor model-brod,

3.1.1. FAKTOR FORME

Formula za faktor forme golog trupa glasi:

$$(1+k_1) = 0,93 + 0,487118c_{14}(B/T)^{1,06806}(T/L)^{0,46106}(L/L_R)^{0,121563}(L^3/\nabla)^{0,36486}(1-C_p)^{-0,604247} \quad (3.2)$$

U formuli (3.2) B i T su teoretska širina i gaz, L je duljina vodne linije, ∇ je teoretski volumen istisnine i C_p je prizmatički koeficijent temeljen na duljini vodne linije.

L_R je definiran sa:

$$L_R = L(1 - C_p + 0,06C_p lcb / (4C_p - 1)) \quad (3.3)$$

gdje je lcb uzdužni položaj težišta istisnine od sredine broda izražen kao postotak od L_{pp} .

Koeficijent c_{14} uzima u obzir oblik krme

$$c_{14} = 1 + 0,0011C_{stern} \quad (3.4)$$

i ovisi o koeficijentu forme krme C_{stern} za kojeg su dani približni izrazi u tablici 3.1.

Tablica 3.1 Vrijednosti koeficijenta forme krme

oblik krme broda	C_{stern}
V-oblik	-10
klasičan oblik	0
U-oblik	10

Faktor zbog utjecaja otpora privjesaka $(1+k_2)$ se određuje prema tablici 3.2.

Tablica 3.2 Faktor privjesaka $(1+k_2)$

konfiguracija privjesaka	$(1+k_2)$
kormilo - 1V	1,1-1,5
kormilo - 2V	2,2
kormila + osovinski skrokovi, 2V	2,7
kormila + nogavice osovinskog voda, 2V	2,4
peraje za stabiliziranje	2,8
ljuljne kobilice	1,4
tunel	2,7

Formula za faktor forme $(1+k)$ tada glasi:

$$1+k = (1+k_1) + [(1+k_2) - (1+k_1)] \cdot \frac{S_{APP}}{S_{tot}} \quad (3.5)$$

gdje je:

S_{APP} oplakana površina privjesaka

S_{tot} oplakana površina trupa uključujući oplakanu površinu privjesaka.

3.1.2. OTPOR PRIVJESAKA

Otpor privjesaka se može izračunati prema formuli:

$$R_{APP} = 0,5\rho v^2 S_{APP} (1 + k_2) C_F \quad (3.6)$$

gdje je:

- ρ -gustoća vode,
- v -brzina broda,
- S_{APP} -oplakana površina privjesaka,
- $(1 + k_2)$ - faktor zbog utjecaja otpora privjesaka,
- C_F -koeficijent otpora trenja broda prema korelacijskoj liniji ITTC-1957.

3.1.3. OTPOR TRENJA

Otpor trenja dan je izrazom :

$$R_F = 0,5\rho v^2 S C_F \quad (3.7)$$

gdje je C_F je koeficijent otpora trenja određen prema korelacijskoj liniji ITTC-1957:

$$C_F = \frac{0,075}{(\log Rn - 2)^2} \quad (3.8)$$

pri čemu je Reynoldsov broj Rn temeljen na duljini vodne linije L_{WL} :

$$Rn = \frac{vL_{WL}}{1,1883 \cdot 10^{-7}} \quad (3.9)$$

Oplakana površina trupa se može dobro aproksimirati:

$$S = L(2T + B)\sqrt{C_M} (0,453 + 0,4425C_B - 0,2862C_M - 0,003467B/T + 0,3696C_{WP}) + 2,38A_{BT} / C_B \quad (3.10)$$

gdje je:

- C_M -koeficijent glavnog rebra,
- L -duljina vodne linije,
- T -srednji teoretski gaz,
- B -širina broda,
- C_B -koeficijent punoće,
- C_{WP} -koeficijent punoće vodne linije,
- A_{BT} površina poprečnog presjeka bulba.

3.1.4. OTPOR VALOVA

Izrazi za otpor valova su ovisni o Froudeovom broju, i izvedeni su za raspon brzina $Fn > 0,55$, $Fn < 0,4$ i $0,4 < Fn < 0,55$, a Froudeov broj je temeljen na duljini vodne linije i glasi:

$$Fn = \frac{v}{\sqrt{g \cdot L}} \quad (3.11)$$

Za $Fn < 0,4$ vrijedi izraz za otpor valova:

$$R_{W-A} = c_1 c_2 c_5 \nabla \rho g \exp \left[m_1 Fn^d + m_4 \cos(\lambda Fn^{-2}) \right] \quad (3.12)$$

Za $Fn > 0,55$ vrijedi:

$$R_{W-B} = c_{17} c_2 c_5 \nabla \rho g \exp \left[m_3 Fn^d + m_4 \cos(\lambda Fn^{-2}) \right] \quad (3.13)$$

Za $0,4 < Fn < 0,55$ vrijedi:

$$R_W = R_{W-A_{0,4}} + (10Fn - 4)(R_{W-B_{0,55}} - R_{W-A_{0,4}}) / 1,5 \quad (3.14)$$

gdje je $R_{W-A_{0,4}}$ prognozirani otpor valova za $Fn = 0,40$ i $R_{W-B_{0,55}}$ je otpor valova za $Fn = 0,55$ koji se računaju prema odgovarajućim formulama.

Koeficijenti u slijedećim izrazima su funkcije forme broda.

Koeficijent λ se može odrediti iz:

$$\begin{aligned} \lambda &= 1,446C_p - 0,03L/B \quad \text{kada je } L/B < 12 \\ \lambda &= 1,446C_p - 0,36 \quad \text{kada je } L/B > 12 \end{aligned} \quad (3.15)$$

Koristeći regresijsku analizu sa eksponentom

$$d = -0.9$$

dobiveni su slijedeći izrazi za koeficijente:

$$c_{17} = 6919,3C_M^{-1,3346} (\nabla / L^3)^{2,00977} (L/B - 2)^{1,40692} \quad (3.16)$$

$$m_1 = 0,0140407L/T - 1,75254\nabla^{1/3} / L - 4,79323B/L - c_{16} \quad (3.17)$$

gdje se c_{16} računa prema:

$$c_{16} = 8,07981C_p - 13,8673C_p^2 + 6,984388C_p^3 \quad \text{kada je } C_p < 0,8 \quad (3.18)$$

$$c_{16} = 1,73014 - 0,7067C_p \quad \text{kada je } C_p > 0,8$$

$$m_3 = -7,2035(B/L)^{0,326869} (T/B)^{0,605375} \quad (3.19)$$

Koeficijent koji se računa za smanjenje otpora valova zbog utjecaja pramca s bulbom je definiran kao:

$$c_3 = 0,56A_{BT}^{1,5} / \{BT(0,31\sqrt{A_{BT}} + T_F - h_B)\} \quad (3.20)$$

gdje je h_B pozicija težišta površine poprečnog presjeka pramca s bulbom A_{BT} poviše linije kobilice, a T_F je gaz broda na pramcu.

$$c_2 = \exp(-1,89\sqrt{c_3}) \quad (3.21)$$

$$c_5 = 1 - 0,8A_T / (BTC_M) \quad (3.22)$$

Koeficijent c_7 se određuje po sljedećim izrazima ovisno o omjeru B/L :

$$c_7 = 0,5 - 0,0625(L/B) \quad \text{kada je } B/L > 0,25$$

$$c_7 = 0,229577(B/L)^{0,333333} \quad \text{kada je } B/L < 0,11 \quad (3.23)$$

$$c_7 = B/L \quad \text{kada je } 0,11 < B/L < 0,25$$

Polovica ulaznog kuta (kut pramčanog zaoštrenja) i_E je kut (izražen u stupnjevima) između vodne linije na pramcu i središnje ravnine broda pri čemu se zanemaruje lokalni oblik pramčane statve. Može se odrediti prema sljedećoj formuli:

$$i_E(^\circ) = 125,67B/L - 162,25C_p^2 + 234,32C_p^3 + 0,155087(lcb + 6,8(T_A - T_F)/T)^3 \quad (3.24)$$

$$c_1 = 2223105c_7^{3,78613} (T/B)^{1,07961} (90 - i_E)^{-1,37565} \quad (3.25)$$

Koeficijent c_{15} se određuje ovisno o omjeru L^3/∇ :

$$c_{15} = -1,69385 \quad \text{kada je } L^3/\nabla < 512$$

$$c_{15} = -1,69385 + (L/\nabla^{1/3} - 8)/2,36 \quad \text{kada je } 512 < L^3/\nabla < 1726,91 \quad (3.26)$$

$$c_{15} = 0 \quad \text{kada je } L^3/\nabla > 1726,91.$$

$$m_4 = c_{15}0,4 \exp(-0,034Fn^{-3,29}) \quad (3.27)$$

3.1.5. DODATNI OTPOR TLAKA PRAMCA S BULBOM BLIZU POVRŠINE VODE

Dodatni otpor zbog pramčanog bulba blizu površine vode se određuje prema izrazu:

$$R_B = 0,11 \exp(-3P_B^{-2}) Fni^3 A_{BT}^{1,5} \rho g / (1 + Fni^2) \quad (3.27)$$

gdje je P_B koeficijent koji je mjera izrona pramca i dan je izrazom:

$$P_B = 0,56 \sqrt{A_{BT}} / T_F - 1,5 h_B \quad (3.28)$$

a Fni je Froudeov broj temeljen na uronu i računa se preko izraza:

$$Fni = v / \sqrt{gi + 0,15v^2} \quad (3.29)$$

gdje je:

$$i = T_F - h_B - 0,25 \sqrt{A_{BT}} \quad (3.30)$$

3.1.6. DODATNI OTPOR TLAKA URONJENE ZRCALNE KRME

Dodatan otpor tlaka zbog uronjene zrcalne krme može se računati preko izraza:

$$R_{TR} = 0,5 \rho v^2 A_T c_6 \quad (3.31)$$

Koeficijent c_6 se određuje ovisno o Froudeovom broju koji se temelji na uronju zrcalne krme F_{nT} :

$$\begin{aligned} c_6 &= 0,2(1 - 0,2F_{nT}) \quad \text{kada je } F_{nT} < 5 \\ \text{ili} & \\ c_6 &= 0 \quad \text{kada je } F_{nT} > 5. \end{aligned} \quad (3.32)$$

Froudeov broj koji se temelji na uronjenosti zrcalne krme:

$$F_{nT} = v / \sqrt{2gA_T / (B + BC_{wp})} \quad \text{ako je } A_T > 0 \quad (3.33)$$

inače:

$$F_{nT} = 0 \quad (3.34)$$

gdje je:

C_{wp} -koeficijent punoće vodne linije

A_T -površina poprečnog presjeka zrcalne krme.

3.1.7. KORELACIJSKI OTPOR MODEL-BROD

Izraz za korelacijski otpor model-brod trebao bi primarno opisati efekte hrapavosti trupa i otpor mirnog zraka:

$$R_A = 0,5\rho v^2 SC_A \quad (3.35)$$

Iz analize rezultata ispitivanja brzina, koji su bili korigirani za idealne uvjete ispitivanja, određena je slijedeća formula za koeficijent C_A :

$$C_A = 0,006(L+100)^{-0,16} - 0,00205 + 0,003\sqrt{L/7,5}C_B^4 c_2(0,04 - c_4) \quad (3.36)$$

gdje je:

$$\begin{aligned} c_4 &= T_F / L && \text{kada je } T_F / L \leq 0,04 \\ \text{ili} &&& \\ c_4 &= 0,04 && \text{kada je } T_F / L > 0,04. \end{aligned} \quad (3.37)$$

3.2. ODREĐIVANJE PROPULZIJSKIH ZNAČAJKI

Statističke formule za određivanje efektivnog sustrujanja w , koeficijenta upijanja t i koeficijenta prijelaza η_R glase:

3.2.1. EFEKTIVNO SUSTRUJANJE

$$w = c_9 c_{20} C_V \frac{L}{T_A} \left[0,050776 + 0,93405 c_{11} \frac{C_V}{(1 - C_{p1})} \right] + 0,27915 c_{20} \sqrt{\frac{B}{L(1 - C_{p1})}} + c_{19} c_{20} \quad (3.38)$$

Koeficijent c_9 ovisi o koeficijentu c_8 koji se definira kao:

$$\begin{aligned} c_8 &= BS / (LDT_A) && \text{kada je } B/T_A < 5 \\ c_8 &= S(7B/T_A - 25) / [LD(B/T_A - 3)] && \text{kada je } B/T_A > 5 \end{aligned} \quad (3.39)$$

Te je tada koeficijent c_9 jednak:

$$\begin{aligned} c_9 &= c_8 && \text{kada je } c_8 < 28 \\ \text{ili} &&& \\ c_9 &= 32 - 16 / (c_8 - 24) && \text{kada je } c_8 > 28 \end{aligned} \quad (3.40)$$

Koeficijent c_{11} se određuje ovisno o omjeru gaza na krmi i promjera propelera:

$$\begin{aligned} c_{11} &= T_A / D && \text{kada je } T_A / D < 2 \\ \text{ili} &&& \\ c_{11} &= 0,0833333(T_A / D)^3 + 1,33333 && \text{kada je } T_A / D > 2 \end{aligned} \quad (3.41)$$

$$\begin{aligned} c_{19} &= 0,12997 / (0,95 - C_B) - 0,11056 / (0,95 - C_p) && \text{kada je } C_p < 0,7 \\ \text{ili} &&& \\ c_{19} &= 0,18567 / (1,3571 - C_M) - 0,71276 + 0,38648 C_p && \text{kada je } C_p > 0,7 \end{aligned} \quad (3.42)$$

$$c_{20} = 1 + 0,015 C_{stern} \quad (3.43)$$

$$C_{p1} = 1,45 C_p - 0,315 - 0,0225 lcb \quad (3.44)$$

Koeficijent viskoznog otpora C_V :

$$C_V = (1 + k) C_F + C_A \quad (3.45)$$

3.2.2. KOEFICIJENT UPIJANJA (KOEFICIJENT SMANJENOG PORIVA)

$$t = 0,25014(B/L)^{0,28956} (\sqrt{BT}/D)^{0,2624} / (1 - C_p + 0,0225lcb)^{0,01762} + 0,0015C_{stern} \quad (3.46)$$

gdje je:

C_p -prizmatički koeficijent.

3.2.3. KOEFICIJENT PRIJELAZA

$$\eta_R = 0,9922 - 0,05908A_E / A_0 + 0,07424C_{PA} \quad (3.47)$$

$$C_{PA} = C_p - 0.0225lcb \quad (3.48)$$

gdje je:

C_{PA} -prizmatički koeficijent stražnjeg dijela broda

A_E / A_0 -omjer razvijene površine vijka i površine diska vijka.

4. VRIJEDNOSTI MODELSKIH ISPITIVANJA SERIJE "JELSA"

Vrijednosti faktora forme $(1+k)$ dane su u tablici 4.1.

Vrijednosti ukupnog otpora R_T [kN] dane su u tablici 4.2.

Vrijednosti efektivne snage P_E [kW] dane su u tablici 4.3.

Vrijednosti koeficijenta upijanja t dane su u tablici 4.4.

Vrijednosti sustrujanja w dane su u tablici 4.5.

Vrijednosti poriva T [kN] dane su u tablici 4.6.

Vrijednosti koeficijenta prijelaza η_R dane su u tablici 4.7.

Tablica 4.1 Vrijednosti faktora forme

(1+k)													
M-938	M-939	M-940	M-941	M-942	M-943	M-944	M-945	M-946	M-1015	M-1122	M-1123	M-1124	M-1125
1,24	1,41	1,05	1,25	1,18	1,86	1,38	1,16	1,09	1,28	1,25	1,16	1,17	1,42

Tablica 4.2 Vrijednosti ukupnog otpora

R_T [kN]														
v[čv]	M-938	M-939	M-940	M-941	M-942	M-943	M-944	M-945	M-946	M-1015	M-1122	M-1123	M-1124	M-1125
12,0	684,3	868,6	517,9	748,8	670,4	1268,4	874,5	586,5	616,3	764,8	746,8	867,3	663,7	809,3
12,5	740,4	953,2	563,5	811,0	729,0	1376,9	954,5	641,3	668,5	821,6	814,7	927,3	724,3	880,6
13,0	799,5	1045,1	613,1	874,2	791,9	1485,7	1038,6	697,5	725,2	878,6	886,6	997,6	785,7	956,3
13,5	861,9	1145,6	668,0	937,5	859,3	1597,8	1126,8	751,4	787,0	937,6	962,9	1078,0	846,0	1025,6
14,0	928,3	1256,5	729,0	1003,2	931,7	1726,8	1223,0	806,0	855,5	1006,7	1044,0	1168,2	907,0	1097,9
14,5	999,3	1379,4	797,5	1072,1	1009,6	1890,4	1330,7	862,8	932,1	1099,6	1130,5	1268,2	968,8	1179,6
15,0	1075,1	1515,4	874,0	1148,1	1093,1	2080,2	1451,3	923,9	1017,8	1201,9	1223,3	1377,6	1034,6	1269,6
15,5	1156,1	1665,9	959,5	1234,1	1182,5	2290,8	1587,6	993,2	1113,9	1299,7	1323,2	1496,4	1106,6	1372,6
16,0	1242,0	1832,0	1053,6	1334,2	1277,7	2529,9	1739,6	1067,8	1220,4	1405,3	1430,6	1624,4	1187,4	1477,4
16,5	1332,5	-	1156,2	1452,8	1378,7	2795,1	1908,5	1146,8	1337,4	1523,2	1546,6	1761,2	1280,4	1569,2
17,0	1427,4	-	1266,7	1591,7	1485,2	3111,1	2093,2	1229,1	1465,0	1663,5	1670,8	1906,8	1385,6	1663,5
17,5	-	-	1384,6	-	1597,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18,0	-	-	1509,1	-	1714,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tablica 4.3 Vrijednosti efektivne snage

P_E [kW]														
v[čv]	M-938	M-939	M-940	M-941	M-942	M-943	M-944	M-945	M-946	M-1015	M-1122	M-1123	M-1124	M-1125
12,0	4224	5361	3197	4622	4138	7829	5398	3621	3804	4721	4610	4316	4097	4996
12,5	4761	6130	3624	5215	4688	8851	6137	4125	4298	5282	5238	4791	4658	5665
13,0	5346	6988	4100	5846	5295	9935	6945	4665	4849	5875	5929	5336	5254	6395
13,5	5985	7955	4628	6510	5967	11091	7824	6217	5465	6508	6686	5983	5874	7120
14,0	6685	9049	5250	7225	6710	12436	8807	5705	6161	7250	7519	6742	6532	7907
14,5	7451	10288	5948	7995	7530	14101	9924	6434	6952	8205	8432	7642	7225	8798
15,0	8295	11693	6744	8858	8434	16051	11198	7129	7853	9274	9439	8661	7983	9797
15,5	9218	13283	7650	9838	9429	18264	12658	7919	8881	10361	10550	9794	8822	10947
16,0	10222	15078	8671	10981	10516	20822	14318	8789	10044	11566	11775	11016	9773	12159
16,5	11309	-	9814	12330	11702	23716	16199	9733	11351	12925	13127	12299	10867	13316
17,0	12482	-	11078	13919	12988	27206	18305	10748	12812	14547	14611	13647	12117	14547
17,5	-	-	12464	-	14378	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18,0	-	-	13973	-	15875	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tablica 4.4 Vrijednosti koeficijenta upijanja

<i>t</i>														
v[čv]	M-938	M-939	M-940	M-941	M-942	M-943	M-944	M-945	M-946	M-1015	M-1122	M-1123	M-1124	M-1125
12,0	0,2090	0,4233	0,2893	0,2466	0,2239	0,2603	0,240	0,1988	0,2351	0,2195	0,2524	0,1938	0,1492	0,2167
12,5	0,2058	0,4131	0,2719	0,2485	0,2187	0,2609	0,236	0,1844	0,2279	0,2403	0,2475	0,1963	0,1530	0,2247
13,0	0,2047	0,4054	0,2627	0,2521	0,2138	0,2718	0,236	0,1772	0,2229	0,2555	0,2436	0,2001	0,1644	0,2284
13,5	0,2051	0,3993	0,2589	0,2580	0,2092	0,2873	0,239	0,1803	0,2195	0,2667	0,2408	0,2007	0,1815	0,2376
14,0	0,2065	0,3941	0,2578	0,2643	0,2055	0,2987	0,242	0,1883	0,2169	0,2704	0,2390	0,1986	0,1998	0,2455
14,5	0,2083	0,3890	0,2572	0,2705	0,2026	0,2989	0,243	0,1990	0,2146	0,2606	0,2380	0,1922	0,2175	0,2500
15,0	0,2105	0,3841	0,2561	0,2744	0,2010	0,2919	0,242	0,2096	0,2124	0,2506	0,2375	0,1852	0,2311	0,2539
15,5	0,2130	0,3793	0,2533	0,2749	0,2008	0,2799	0,240	0,2172	0,2099	0,2501	0,2373	0,1792	0,2389	0,2569
16,0	0,2162	0,3746	0,2491	0,2708	0,2024	0,2603	0,236	0,2244	0,2079	0,2519	0,2374	0,1760	0,2395	0,2667
16,5	0,2202	-	0,2434	0,2608	0,2059	0,2340	0,231	0,2318	0,2067	0,2546	0,2377	0,1773	0,2312	0,2906
17,0	0,2252	-	0,2367	0,2458	0,2114	0,1941	0,228	0,2401	0,2065	0,2547	0,2386	0,1815	0,2148	0,3207
17,5	-	-	0,2292	-	0,2189	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18,0	-	-	0,2211	-	0,2283	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tablica 4.5 Vrijednosti sustrujanja

<i>w</i>														
v[čv]	M-938	M-939	M-940	M-941	M-942	M-943	M-944	M-945	M-946	M-1015	M-1122	M-1123	M-1124	M-1125
12,0	0,3425	0,3257	0,2927	0,3536	0,3234	0,3791	0,4643	0,3434	0,2995	0,3975	0,4119	0,3424	0,3363	0,4883
12,5	0,3400	0,3232	0,2919	0,3630	0,3177	0,3738	0,4534	0,3442	0,2934	0,3915	0,4176	0,3377	0,3377	0,4763
13,0	0,3377	0,3208	0,2902	0,3672	0,3136	0,3631	0,4494	0,3436	0,2895	0,3881	0,4183	0,3344	0,3382	0,4705
13,5	0,3355	0,3184	0,2878	0,3679	0,3106	0,3496	0,4383	0,3420	0,2871	0,3864	0,4156	0,3320	0,3378	0,4682
14,0	0,3336	0,3160	0,2848	0,3663	0,3083	0,3352	0,4334	0,3397	0,2854	0,3859	0,4109	0,3303	0,3366	0,4671
14,5	0,3319	0,3127	0,2818	0,3633	0,3064	0,3212	0,4297	0,3371	0,2840	0,3859	0,4055	0,3290	0,3348	0,4651
15,0	0,3305	0,3087	0,2785	0,3597	0,3046	0,3087	0,4272	0,3341	0,2821	0,3860	0,4002	0,3279	0,3323	0,4604
15,5	0,3294	0,3037	0,2755	0,3562	0,3028	0,2984	0,4256	0,3311	0,2792	0,3859	0,3957	0,3269	0,3293	0,4514
16,0	0,3285	0,2972	0,2724	0,3533	0,3009	0,2908	0,4248	0,3281	0,2747	0,3854	0,3925	0,3258	0,3257	0,4367
16,5	0,3278	-	0,2695	0,3512	0,2987	0,2862	0,4246	0,3252	0,2681	0,3843	0,3909	0,3246	0,3217	0,4150
17,0	0,3272	-	0,2666	0,3504	0,2961	0,2849	0,4249	0,3225	0,2589	0,3824	0,3912	0,3232	0,3172	0,3855
17,5	-	-	0,2637	-	0,2931	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18,0	-	-	0,2611	-	0,2895	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tablica 4.6 Vrijednosti poriva

T [kN]														
v[čv]	M-938	M-939	M-940	M-941	M-942	M-943	M-944	M-945	M-946	M-1015	M-1122	M-1123	M-1124	M-1125
12,0	865,2	1506,1	728,8	993,8	863,7	1714,8	1150,0	732,1	805,7	979,9	998,9	867,3	780,1	1033,0
12,5	932,3	1624,1	773,9	1079,2	933,2	1862,9	1249,9	786,3	865,9	1081,5	1082,6	927,3	855,2	1135,9
13,0	1005,2	1757,5	831,6	1168,9	1007,1	2040,2	1359,9	847,8	933,1	1180,1	1172,1	997,6	940,2	1239,4
13,5	1084,3	1907,1	901,3	1263,5	1086,6	2241,8	1480,6	916,7	1008,3	1278,5	1268,3	1078,1	1033,6	1345,1
14,0	1169,8	2073,6	982,3	1363,6	1172,6	2462,3	1612,8	993,1	1092,5	1379,9	1371,9	1168,2	1133,4	1455,2
14,5	1262,2	2257,6	1073,7	1469,6	1266,1	2696,2	1757,3	1077,1	1186,8	1487,3	1483,6	1268,2	1238,0	1572,8
15,0	1361,8	2460,5	1174,9	1582,2	1368,1	2937,9	1915,3	1169,0	1292,3	1603,9	1604,3	1377,6	1345,5	1701,8
15,5	1469,0	2684,0	1284,9	1702,0	1479,7	3181,3	2087,9	1268,8	1409,9	1733,2	1734,9	1496,4	1453,9	1847,0
16,0	1584,5	2929,4	1402,9	1829,5	1602,0	3420,4	2276,7	1376,7	1540,8	1878,6	1876,1	1624,4	1561,3	2014,7
16,5	1708,8	-	1528,1	1965,5	1736,1	3649,0	2483,4	1492,9	1685,9	2043,6	2028,9	1761,2	1665,6	2212,2
17,0	1842,4	-	1659,6	2110,5	1883,3	3860,4	2710,0	1617,4	1846,3	2231,9	2194,2	1906,8	1764,6	2448,7
17,5	-	-	1796,4	-	2044,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18,0	-	-	1937,5	-	2221,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tablica 4.7 Vrijednosti koeficijenta prijelaza

η_R														
v[čv]	M-938	M-939	M-940	M-941	M-942	M-943	M-944	M-945	M-946	M-1015	M-1122	M-1123	M-1124	M-1125
12,0	0,9825	0,9550	0,9426	1,0700	0,9697	0,9861	0,9301	0,9102	0,8938	0,9924	0,9689	0,9263	0,9304	0,9750
12,5	0,9893	0,9939	0,9432	1,0570	0,9737	1,0021	0,9395	0,9251	0,8972	1,0020	0,9737	0,9414	0,9310	0,9892
13,0	0,9931	0,9959	0,9460	1,0519	0,9772	1,0063	0,9481	0,9375	0,9019	1,0078	0,9799	0,9513	0,9334	0,9973
13,5	0,9949	0,9994	0,9502	1,0518	0,9803	1,0023	0,9559	0,9477	0,9074	1,0108	0,9867	0,9572	0,9370	1,0012
14,0	0,9953	1,0033	0,9553	1,0545	0,9830	0,9935	0,9628	0,9556	0,9135	1,0019	0,9934	0,9604	0,9415	1,0027
14,5	0,9951	1,0076	0,9607	1,0585	0,9854	0,9823	0,9686	0,9616	0,9200	1,0118	0,9995	0,9621	0,9466	1,0032
15,0	0,9946	1,0112	0,9660	1,0624	0,9877	0,9705	0,9734	0,9659	0,9263	1,0111	1,0046	0,9633	0,9522	1,0040
15,5	0,9942	1,0141	0,9708	1,0652	0,9898	0,9592	0,9770	0,9689	0,9321	1,0101	1,0083	0,9646	0,9581	1,0061
16,0	0,9942	1,0165	0,9751	1,0662	0,9918	0,9491	0,9800	0,9706	0,9370	1,0092	1,0105	0,9668	0,9643	1,0106
16,5	0,9947	-	0,9783	1,0646	0,9937	0,9406	0,9807	0,9714	0,9403	1,0086	1,0111	0,9701	0,9709	1,0181
17,0	0,9960	-	0,9805	1,0603	0,9954	0,9338	0,9807	0,9715	0,9418	1,0086	1,0099	0,9749	0,9777	1,0292
17,5	-	-	0,9817	-	0,9971	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18,0	-	-	0,9815	-	0,9987	-	-	-	-	-	-	-	-	-

5. VRIJEDNOSTI IZRAČUNATE METODOM HOLTROP-MENNEN

Vrijednosti oplakane površine S [m²] dane su u tablici 5.1.

Vrijednosti koeficijenta otpora trenja C_F dane su u tablici 5.2.

Vrijednosti otpora trenja R_F [kN] dane su u tablici 5.3.

Iznos koeficijenta c_{14} dana je u tablici 5.4.

Vrijednosti izraza Lr dane su u tablici 5.5.

Vrijednosti faktora forme golog trupa $(1 + k_1)$ dane su u tablici 5.6.

Iznos faktora privjesaka $(1 + k_2)$ dana je u tablici 5.7.

Iznosi oplakanih površina privjesaka S_{APP} dane su u tablici 5.8.

Vrijednosti faktora forme $(1 + k)$ dane su u tablici 5.9.

Vrijednosti otpora privjesaka R_{APP} [kN] dane su u tablici 5.10.

Vrijednosti koeficijenata $i_E, c_1, c_2, c_3, c_5, c_7, c_{15}, c_{16}, c_{17}, m_1, m_3$ i λ dane su u tablici 5.11.

Vrijednosti koeficijenta m_4 dane su u tablici 5.12.

Iznosi otpora valova R_W [kN] dane su u tablici 5.13.

Vrijednosti Froudeovog broja koji se temelji na uronu zrcalne krme F_{NT} jednaki su nuli za sve modele serije "Jelsa".

Vrijednosti koeficijenta c_{16} jednaki su 0,2 za sve modele serije "Jelsa".

Vrijednosti dodatnog otpora tlaka uronjene zrcalne krme R_{TR} [kN] jednaki su nuli za sve modele serije "Jelsa".

Vrijednosti koeficijenta koji je mjera izrona pramca P_B dane su u tablici 5.14.

Vrijednosti izraza i dane su u tablici 5.15.

Vrijednosti Froudeovog broja koji se temelji na uronu F_{ni} dane su u tablici 5.16.

Vrijednosti dodatnog otpora tlaka pramca s bulbom blizu površine R_B [kN] dane su u tablici 5.17.

Vrijednosti koeficijenata c_2 i c_4 i korelacijskog koeficijenta C_A dane su u tablici 5.18.

Vrijednosti korelacijskog otpora model - brod R_A [kN] dane su u tablici 5.19.

Vrijednosti ukupnog otpora R_T [kN] dane su u tablici 5.20.

Vrijednosti efektivne snage P_E [kW] dane su u tablici 5.21.

Vrijednosti koeficijenata upijanja t dane su u tablici 5.22.

Vrijednosti poriva T [kN] dobivenog preko izraza $T = R_T / (t - 1)$ dane su u tablici 5.23.

Vrijednosti koeficijenata $c_8, c_9, c_{20}, c_{11}, C_{p1}, c_{19}$ dane su u tablici 5.24.

Vrijednosti koeficijenata viskoznog otpora C_V dane su u tablici 5.25.

Vrijednosti efektivnog sustrujanja w dane su u tablici 5.26.

Iznosi omjera razvijene površine vijka i površine diska vijka A_E / A_0 dane su u tablici 5.27.

Vrijednosti prizmatičkog koeficijenta stražnjeg dijela broda C_{PA} dane su u tablici 5.28.

Vrijednosti koeficijenta prijelaza η_R dane su u tablici 5.29.

Tablica 5.1 Oplakana površina trupa

	M-938	M-939	M-940	M-941	M-942	M-943	M-944	M-945	M-946	M-1015	M-1122	M-1123	M-1124	M-1125
S (m ²)	15667,73	13840,21	17160,59	14450,41	16894,48	12768,86	14907,73	15819,88	18488,00	14821,89	15415,40	17124,19	15834,65	14264,48

Tablica 5.2 Koeficijent otpora trenja

C_F														
v[m/s]	M-938	M-939	M-940	M-941	M-942	M-943	M-944	M-945	M-946	M-1015	M-1122	M-1123	M-1124	M-1125
6,173	0,00148	0,00152	0,00144	0,00149	0,00146	0,00154	0,00151	0,00146	0,00143	0,00150	0,00149	0,00145	0,00147	0,00150
6,430	0,00147	0,00152	0,00144	0,00149	0,00146	0,00153	0,00150	0,00145	0,00142	0,00149	0,00148	0,00144	0,00146	0,00150
6,687	0,00146	0,00151	0,00143	0,00148	0,00145	0,00153	0,00149	0,00145	0,00142	0,00148	0,00148	0,00144	0,00145	0,00149
6,944	0,00145	0,00150	0,00142	0,00147	0,00144	0,00152	0,00149	0,00144	0,00141	0,00148	0,00147	0,00143	0,00145	0,00148
7,202	0,00145	0,00149	0,00142	0,00147	0,00144	0,00151	0,00148	0,00143	0,00140	0,00147	0,00146	0,00142	0,00144	0,00148
7,459	0,00144	0,00149	0,00141	0,00146	0,00143	0,00151	0,00147	0,00143	0,00140	0,00146	0,00146	0,00142	0,00143	0,00147
7,716	0,00144	0,00148	0,00141	0,00145	0,00142	0,00150	0,00147	0,00142	0,00139	0,00146	0,00145	0,00141	0,00143	0,00146
7,973	0,00143	0,00148	0,00140	0,00145	0,00142	0,00149	0,00146	0,00142	0,00139	0,00145	0,00144	0,00141	0,00142	0,00146
8,230	0,00143	0,00147	0,00139	0,00144	0,00141	0,00149	0,00146	0,00141	0,00138	0,00145	0,00144	0,00140	0,00142	0,00145
8,488	0,00142	0,00146	0,00139	0,00144	0,00141	0,00148	0,00145	0,00141	0,00138	0,00144	0,00143	0,00140	0,00141	0,00145
8,745	0,00142	0,00146	0,00138	0,00143	0,00140	0,00148	0,00145	0,00140	0,00137	0,00143	0,00143	0,00139	0,00141	0,00144
9,002	0,00141	0,00145	0,00138	0,00143	0,00140	0,00147	0,00144	0,00140	0,00137	0,00143	0,00142	0,00139	0,00140	0,00144
9,259	0,00141	0,00145	0,00138	0,00142	0,00139	0,00147	0,00144	0,00139	0,00136	0,00143	0,00142	0,00138	0,00140	0,00143

Tablica 5.3 Vrijednosti otpora trenja

v[m/s]	R_f [kN]													
	M-938	M-939	M-940	M-941	M-942	M-943	M-944	M-945	M-946	M-1015	M-1122	M-1123	M-1124	M-1125
6,173	451,96	411,96	484,10	421,76	482,96	384,63	439,68	451,49	516,91	433,64	448,79	485,73	453,73	419,57
6,430	487,98	444,75	522,71	455,36	521,46	415,23	474,69	487,48	558,15	468,18	484,54	524,46	489,90	452,99
6,687	525,29	478,72	562,71	490,16	561,35	446,94	510,96	524,77	600,87	503,96	521,58	564,58	527,37	487,60
6,944	563,89	513,87	604,09	526,17	602,61	479,73	548,48	563,34	645,07	540,97	559,89	606,10	566,13	523,41
7,202	603,77	550,17	646,85	563,37	645,24	513,61	587,24	603,20	690,74	579,22	599,48	648,99	606,18	560,40
7,459	644,93	587,64	690,98	601,76	689,25	548,58	627,25	644,34	737,88	618,69	640,34	693,26	647,52	598,59
7,716	687,37	626,27	736,48	641,34	734,61	584,62	668,49	686,75	786,48	659,38	682,46	738,90	690,13	637,95
7,973	731,07	666,05	783,34	682,10	781,33	621,74	710,97	730,43	836,53	701,28	725,84	785,90	734,02	678,48
8,230	776,04	706,97	831,55	724,04	829,40	659,93	754,66	775,37	888,04	744,40	770,47	834,27	779,18	720,19
8,488	822,27	749,04	881,12	767,16	878,83	699,18	799,59	821,58	940,99	788,72	816,35	883,99	825,60	763,06
8,745	869,75	792,25	932,04	811,44	929,59	739,50	845,73	869,04	995,39	834,25	863,48	935,07	873,29	807,10
9,002	918,49	836,60	984,30	856,89	981,69	780,88	893,08	917,75	1051,21	880,97	911,85	987,49	922,23	852,29
9,259	968,47	882,08	1037,91	903,50	1035,13	823,32	941,65	967,71	1108,48	928,89	961,46	1041,26	972,43	898,65

Tablica 5.4. Iznos koeficijenta c_{14}

c_{14}
1

Tablica 5.5 Vrijednosti izraza L_r

	M-938	M-939	M-940	M-941	M-942	M-943	M-944	M-945	M-946	M-1015	M-1122	M-1123	M-1124	M-1125
L_r	52,751	40,865	63,412	47,924	56,822	37,124	44,018	57,611	68,307	47,001	48,927	60,599	55,729	44,995

Tablica 5.6 Faktor forme golog trupa

	M-938	M-939	M-940	M-941	M-942	M-943	M-944	M-945	M-946	M-1015	M-1122	M-1123	M-1124	M-1125
$(1+k_1)$	1,355	1,507	1,271	1,367	1,346	1,524	1,495	1,281	1,264	1,418	1,412	1,303	1,313	1,424

Tablica 5.7 Iznos faktora zbog utjecaja privjesaka

$(1+k_2)$
2

Tablica 5.8 Iznosi oplakanih površina privjesaka za određeni model

	M-938	M-939	M-940	M-941	M-942	M-943	M-944	M-945	M-946	M-1015	M-1122	M-1123	M-1124	M-1125
S_{APP}	125	141	116	0	0	0	0	0	0	0	178	178	182	178

Tablica 5.9 Vrijednosti faktora forme

	M-938	M-939	M-940	M-941	M-942	M-943	M-944	M-945	M-946	M-1015	M-1122	M-1123	M-1124	M-1125
$(1+k)$	1,36	1,51	1,28	1,37	1,35	1,52	1,50	1,28	1,26	1,42	1,42	1,31	1,32	1,43

Tablica 5.10 Vrijednosti otpora privjesaka

		R_{APP} [kN]													
v[m/s]	M-938	M-939	M-940	M-941	M-942	M-943	M-944	M-945	M-946	M-1015	M-1122	M-1123	M-1124	M-1125	
6,173	7,2	8,4	6,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,4	10,1	10,4	10,5	
6,430	7,8	9,1	7,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,2	10,9	11,3	11,3	
6,687	8,4	9,8	7,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	11,7	12,1	12,2	
6,944	9,0	10,5	8,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,9	12,6	13,0	13,1	
7,202	9,6	11,2	8,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,8	13,5	13,9	14,0	
7,459	10,3	12,0	9,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,8	14,4	14,9	14,9	
7,716	11,0	12,8	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,8	15,4	15,9	15,9	
7,973	11,7	13,6	10,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,8	16,3	16,9	16,9	
8,230	12,4	14,4	11,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,8	17,3	17,9	18,0	
8,488	13,1	15,3	11,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,9	18,4	19,0	19,0	
8,745	13,9	16,1	12,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,9	19,4	20,1	20,1	
9,002	14,7	17,0	13,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,1	20,5	21,2	21,3	
9,259	15,5	18,0	14,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,2	21,6	22,4	22,4	

Tablica 5.11 Vrijednosti koeficijenata

	M-938	M-939	M-940	M-941	M-942	M-943	M-944	M-945	M-946	M-1015	M-1122	M-1123	M-1124	M-1125
i_E (°)	47,367	58,026	41,852	47,341	47,366	58,028	58,029	41,850	41,851	51,683	51,677	44,225	44,224	51,682
c_7	0,1819	0,2656	0,1380	0,1816	0,1818	0,2656	0,2656	0,1380	0,1380	0,2162	0,2161	0,1569	0,1568	0,2162
c_1	4,4876	27,9874	1,3349	6,1003	3,5287	38,2095	22,0171	1,8210	1,0481	10,0177	8,8061	2,0477	2,6855	11,5568
c_3	0,0239	0,0265	0,0268	0,0252	0,0301	0,0232	0,0285	0,0245	0,0284	0,0277	0,0281	0,0283	0,0252	0,0260
c_2	0,7468	0,7350	0,7337	0,7406	0,7204	0,7496	0,7270	0,7441	0,7271	0,7299	0,7285	0,7276	0,7408	0,7375
c_5	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
c_{16}	1,1393	1,1393	1,1393	1,1393	1,1393	1,1393	1,1393	1,1393	1,1393	1,1393	1,1393	1,1393	1,1393	1,1393
m_1	-2,0332	-2,6344	-1,6691	-2,1429	-1,9324	-2,7302	-2,5513	-1,7986	-1,5471	-2,2878	-2,2405	-1,7769	-1,8915	-2,3368
λ	1,0439	1,0964	0,9914	1,0437	1,0439	1,0964	1,0964	0,9914	0,9914	1,0701	1,0701	1,0176	1,0176	1,0701
c_{15}	-1,6939	-1,6939	-1,6939	-1,6939	-1,6939	-1,6939	-1,6939	-1,6939	-1,6939	-1,6939	-1,6939	-1,6939	-1,6939	-1,6939
c_{17}	1,7594	3,0939	1,0256	3,1455	1,1241	5,5164	1,9747	1,8285	0,6547	2,3585	1,8604	1,0521	1,7387	3,0816
m_3	-1,7823	-2,0200	-1,6289	-2,1225	-1,5577	-2,4048	-1,7654	-1,9390	-1,4225	-1,8872	-1,7566	-1,5815	-1,8415	-2,0449

Tablica 5.12 Vrijednosti koeficijenta m_4 u ovisnosti o brzini

m_4														
v[m/s]	M-938	M-939	M-940	M-941	M-942	M-943	M-944	M-945	M-946	M-1015	M-1122	M-1123	M-1124	M-1125
6,173	-1,17E-15	-1,35E-10	-7,06E-21	-1,68E-13	-1,41E-17	-3,54E-09	-7,41E-12	-5,84E-18	-1,77E-23	-4,19E-13	-6,14E-14	-1,93E-19	-4,71E-17	-2,93E-12
6,430	-8,40E-14	-2,24E-09	-2,29E-18	-6,44E-12	-1,76E-15	-3,88E-08	-1,77E-10	-8,14E-16	-1,22E-20	-1,43E-11	-2,67E-12	-4,14E-17	-5,06E-15	-7,86E-11
6,687	-3,07E-12	-2,38E-08	-2,98E-16	-1,39E-10	-1,03E-13	-2,92E-07	-2,56E-09	-5,21E-14	-3,00E-18	-2,81E-10	-6,42E-11	-3,80E-15	-2,59E-13	-1,25E-09
6,944	-6,48E-11	-1,77E-07	-1,85E-14	-1,88E-09	-3,22E-12	-1,62E-06	-2,46E-08	-1,77E-12	-3,19E-16	-3,50E-09	-9,51E-10	-1,75E-13	-7,31E-12	-1,31E-08
7,202	-8,73E-10	-9,77E-07	-6,27E-13	-1,74E-08	-6,09E-11	-6,97E-06	-1,70E-07	-3,58E-11	-1,71E-14	-3,01E-08	-9,47E-09	-4,60E-12	-1,26E-10	-9,72E-08
7,459	-8,14E-09	-4,23E-06	-1,29E-11	-1,17E-07	-7,59E-10	-2,44E-05	-8,91E-07	-4,73E-10	-5,18E-13	-1,91E-07	-6,80E-08	-7,60E-11	-1,45E-09	-5,42E-07
7,716	-5,58E-08	-1,50E-05	-1,74E-10	-6,04E-07	-6,68E-09	-7,18E-05	-3,72E-06	-4,38E-09	-9,85E-12	-9,37E-07	-3,73E-07	-8,53E-10	-1,19E-08	-2,38E-06
7,973	-2,96E-07	-4,49E-05	-1,67E-09	-2,51E-06	-4,40E-08	-1,83E-04	-1,28E-05	-3,01E-08	-1,26E-10	-3,72E-06	-1,63E-06	-6,93E-09	-7,41E-08	-8,61E-06
8,230	-1,26E-06	-1,17E-04	-1,19E-08	-8,68E-06	-2,27E-07	-4,13E-04	-3,77E-05	-1,61E-07	-1,17E-09	-1,24E-05	-5,87E-06	-4,30E-08	-3,63E-07	-2,63E-05
8,488	-4,50E-06	-2,69E-04	-6,64E-08	-2,57E-05	-9,55E-07	-8,43E-04	-9,69E-05	-7,01E-07	-8,14E-09	-3,54E-05	-1,80E-05	-2,12E-07	-1,46E-06	-7,00E-05
8,745	-1,37E-05	-5,59E-04	-3,01E-07	-6,65E-05	-3,37E-06	-1,58E-03	-2,22E-04	-2,54E-06	-4,48E-08	-8,90E-05	-4,83E-05	-8,61E-07	-4,94E-06	-1,65E-04
9,002	-3,67E-05	-1,07E-03	-1,14E-06	-1,54E-04	-1,02E-05	-2,74E-03	-4,60E-04	-7,93E-06	-2,02E-07	-2,01E-04	-1,15E-04	-2,96E-06	-1,45E-05	-3,52E-04
9,259	-8,75E-05	-1,89E-03	-3,69E-06	-3,24E-04	-2,73E-05	-4,46E-03	-8,78E-04	-2,17E-05	-7,62E-07	-4,12E-04	-2,48E-04	-8,82E-06	-3,75E-05	-6,88E-04

Tablica 5.13 Iznosi otpora valova

R_w [kN]														
v[m/s]	M-938	M-939	M-940	M-941	M-942	M-943	M-944	M-945	M-946	M-1015	M-1122	M-1123	M-1124	M-1125
6,173	5,7	4,3	7,1	6,7	5,4	6,8	3,3	6,7	9,1	4,9	4,5	6,5	6,3	5,6
6,430	9,2	7,6	10,9	11,0	8,7	11,8	5,8	10,4	13,8	8,3	7,6	10,2	10,0	9,5
6,687	14,4	12,7	16,3	17,3	13,6	19,7	9,7	15,8	20,2	13,4	12,2	15,4	15,4	15,3
6,944	21,9	20,6	23,7	26,4	20,5	31,8	15,7	23,2	28,9	21,0	19,1	22,8	22,9	24,0
7,202	32,4	32,3	33,6	39,1	30,0	49,8	24,7	33,2	40,3	31,8	28,9	32,7	33,2	36,4
7,459	46,6	49,2	46,5	56,5	43,0	75,6	37,6	46,5	55,0	46,9	42,7	45,9	46,9	53,7
7,716	65,5	73,0	63,0	79,7	60,1	111,7	55,8	63,6	73,6	67,5	61,3	63,0	65,0	77,4
7,973	90,2	105,7	83,8	110,0	82,3	161,2	80,8	85,4	96,8	95,0	86,3	84,9	88,2	109,0
8,230	121,9	149,6	109,6	149,1	110,6	227,7	114,4	112,7	125,2	131,0	118,9	112,3	117,5	150,4
8,488	161,9	207,6	141,1	198,5	146,2	315,3	158,8	146,3	159,5	177,4	160,8	146,2	154,0	203,7
8,745	211,6	283,0	179,2	260,1	190,2	427,8	216,5	187,1	200,6	236,1	213,9	187,5	198,8	271,3
9,002	272,6	378,9	224,6	335,9	243,9	571,8	290,3	236,2	249,1	309,5	280,0	237,3	253,0	355,8
9,259	346,5	498,9	278,1	428,0	308,7	756,1	383,1	294,6	305,7	400,0	361,6	296,6	318,1	459,9

Tablica 5.14 Vrijednosti koeficijenta koji je mjera izrona pramca P_B

	M-938	M-939	M-940	M-941	M-942	M-943	M-944	M-945	M-946	M-1015	M-1122	M-1123	M-1124	M-1125
P_B	0,7074	0,7317	0,7341	0,6610	0,8924	0,6328	0,8282	0,6484	0,8427	0,7825	0,8417	0,8451	0,7038	0,7086

Tablica 5.15 Vrijednosti izraza i

	M-938	M-939	M-940	M-941	M-942	M-943	M-944	M-945	M-946	M-1015	M-1122	M-1123	M-1124	M-1125
i	5,5705	6,2793	5,0396	6,8312	4,3864	7,8826	5,1863	6,2789	4,1153	5,6568	5,0776	4,5557	5,7651	6,4116

Tablica 5.16 Vrijednosti Froudeovog broja koji se temelji na uronu

F_{ni}														
v [m/s]	M-938	M-939	M-940	M-941	M-942	M-943	M-944	M-945	M-946	M-1015	M-1122	M-1123	M-1124	M-1125
6,173	0,795	0,752	0,831	0,724	0,884	0,677	0,821	0,752	0,909	0,789	0,828	0,869	0,782	0,745
6,430	0,824	0,781	0,862	0,751	0,916	0,704	0,851	0,781	0,942	0,819	0,859	0,901	0,812	0,774
6,687	0,854	0,809	0,892	0,779	0,948	0,729	0,881	0,809	0,975	0,848	0,889	0,933	0,841	0,802
6,944	0,883	0,837	0,922	0,806	0,979	0,755	0,911	0,837	1,006	0,877	0,919	0,964	0,869	0,829
7,202	0,911	0,865	0,952	0,833	1,010	0,781	0,940	0,865	1,038	0,905	0,949	0,994	0,898	0,857
7,459	0,940	0,892	0,981	0,859	1,041	0,806	0,969	0,892	1,069	0,934	0,978	1,024	0,926	0,884
7,716	0,968	0,919	1,010	0,885	1,070	0,831	0,998	0,919	1,099	0,961	1,007	1,054	0,953	0,910
7,973	0,995	0,945	1,038	0,911	1,100	0,855	1,026	0,945	1,129	0,989	1,035	1,083	0,981	0,937
8,230	1,022	0,972	1,066	0,937	1,128	0,880	1,053	0,972	1,158	1,016	1,063	1,111	1,008	0,963
8,488	1,049	0,997	1,094	0,962	1,157	0,904	1,081	0,997	1,186	1,042	1,090	1,139	1,034	0,989
8,745	1,075	1,023	1,120	0,987	1,185	0,928	1,107	1,023	1,215	1,069	1,117	1,167	1,060	1,014
9,002	1,101	1,048	1,147	1,012	1,212	0,952	1,134	1,048	1,242	1,094	1,144	1,194	1,086	1,039
9,259	1,127	1,073	1,173	1,036	1,239	0,975	1,160	1,073	1,269	1,120	1,170	1,221	1,111	1,064

Tablica 5.17 Vrijednosti dodatnog otpora tlaka pramca s bulbom blizu površine

R_b [kN]														
v[m/s]	M-938	M-939	M-940	M-941	M-942	M-943	M-944	M-945	M-946	M-1015	M-1122	M-1123	M-1124	M-1125
6,173	0,2	0,4	0,3	0,1	2,1	0,1	1,4	0,1	1,0	0,7	1,4	1,2	0,2	0,2
6,430	0,2	0,4	0,3	0,1	2,3	0,1	1,5	0,1	1,1	0,8	1,5	1,3	0,2	0,3
6,687	0,2	0,5	0,3	0,1	2,5	0,1	1,6	0,1	1,2	0,8	1,6	1,4	0,2	0,3
6,944	0,2	0,5	0,3	0,1	2,6	0,1	1,7	0,1	1,3	0,9	1,8	1,5	0,2	0,3
7,202	0,2	0,5	0,3	0,1	2,8	0,1	1,9	0,1	1,3	1,0	1,9	1,6	0,2	0,3
7,459	0,3	0,6	0,4	0,1	3,0	0,1	2,0	0,1	1,4	1,0	2,0	1,7	0,2	0,3
7,716	0,3	0,6	0,4	0,1	3,1	0,1	2,1	0,1	1,5	1,1	2,1	1,7	0,3	0,4
7,973	0,3	0,6	0,4	0,1	3,3	0,1	2,2	0,1	1,6	1,2	2,2	1,8	0,3	0,4
8,230	0,3	0,7	0,4	0,1	3,5	0,1	2,3	0,1	1,7	1,2	2,3	1,9	0,3	0,4
8,488	0,3	0,7	0,5	0,2	3,6	0,1	2,4	0,1	1,7	1,3	2,5	2,0	0,3	0,4
8,745	0,3	0,7	0,5	0,2	3,8	0,1	2,6	0,1	1,8	1,4	2,6	2,1	0,3	0,4
9,002	0,3	0,8	0,5	0,2	3,9	0,1	2,7	0,1	1,9	1,4	2,7	2,2	0,3	0,5
9,259	0,4	0,8	0,5	0,2	4,1	0,1	2,8	0,1	2,0	1,5	2,8	2,3	0,3	0,5

Tablica 5.18 Vrijednosti koeficijenata c_2 i c_4 i korelacijskog koeficijenta C_A

	M-938	M-939	M-940	M-941	M-942	M-943	M-944	M-945	M-946	M-1015	M-1122	M-1123	M-1124	M-1125
c_2	0,7468	0,7350	0,7337	0,7406	0,7204	0,7496	0,7270	0,7441	0,7271	0,7299	0,7285	0,7276	0,7408	0,7375
c_4	0,0400	0,0400	0,0345	0,0400	0,0364	0,0400	0,0400	0,0400	0,0276	0,0400	0,0400	0,0348	0,0400	0,0400
C_A	0,000291	0,000358	0,000279	0,000317	0,000296	0,000383	0,000339	0,000267	0,000307	0,000322	0,000311	0,000289	0,000276	0,000333

Tablica 5.19 Vrijednosti korelacijskog otpora model - brod

R_d [kN]														
v[m/s]	M-938	M-939	M-940	M-941	M-942	M-943	M-944	M-945	M-946	M-1015	M-1122	M-1123	M-1124	M-1125
6,173	89,1	96,9	93,7	89,4	97,7	95,5	98,8	82,5	110,9	93,2	93,7	96,8	85,4	92,9
6,430	96,6	105,2	101,7	97,0	106,0	103,6	107,2	89,5	120,3	101,1	101,7	105,0	92,7	100,8
6,687	104,5	113,7	110,0	104,9	114,6	112,1	115,9	96,9	130,1	109,4	110,0	113,6	100,2	109,0
6,944	112,7	122,7	118,6	113,2	123,6	120,9	125,0	104,4	140,3	118,0	118,6	122,5	108,1	117,6
7,202	121,2	131,9	127,6	121,7	133,0	130,0	134,4	112,3	150,9	126,9	127,6	131,7	116,3	126,5
7,459	130,1	141,5	136,8	130,6	142,6	139,4	144,2	120,5	161,9	136,1	136,8	141,3	124,7	135,7
7,716	139,2	151,4	146,4	139,7	152,6	149,2	154,3	128,9	173,3	145,6	146,4	151,2	133,5	145,2
7,973	148,6	161,7	156,4	149,2	163,0	159,3	164,8	137,7	185,0	155,5	156,4	161,5	142,5	155,0
8,230	158,4	172,3	166,6	159,0	173,7	169,8	175,6	146,7	197,1	165,7	166,6	172,0	151,8	165,2
8,488	168,4	183,2	177,2	169,0	184,7	180,6	186,7	156,0	209,6	176,2	177,2	183,0	161,5	175,7
8,745	178,8	194,5	188,1	179,4	196,1	191,7	198,2	165,6	222,5	187,1	188,1	194,2	171,4	186,5
9,002	189,4	206,1	199,3	190,2	207,8	203,1	210,1	175,5	235,8	198,2	199,3	205,8	181,6	197,6
9,259	200,4	218,0	210,9	201,2	219,8	214,9	222,2	185,7	249,5	209,7	210,9	217,7	192,2	209,0

Tablica 5.20 Vrijednosti ukupnog otpora

R_r [kN]														
v[m/s]	M-938	M-939	M-940	M-941	M-942	M-943	M-944	M-945	M-946	M-1015	M-1122	M-1123	M-1124	M-1125
6,173	714,6	730,9	722,9	672,6	755,4	688,3	760,8	667,4	774,2	713,8	743,9	747,6	697,9	706,9
6,430	775,1	792,5	784,3	730,4	819,0	748,1	824,2	724,3	840,5	774,2	806,4	810,9	757,2	767,1
6,687	839,4	858,2	849,4	792,1	886,3	812,8	891,2	784,7	910,8	838,4	872,6	877,9	820,1	831,3
6,944	908,0	928,7	918,6	858,7	957,9	883,7	962,6	849,1	985,6	907,0	943,3	949,2	887,3	900,4
7,202	981,6	1005,2	992,3	930,8	1034,4	962,3	1039,0	918,0	1065,4	981,1	1019,0	1025,3	959,3	975,4
7,459	1061,1	1089,0	1071,2	1009,4	1116,4	1050,8	1121,6	992,1	1150,7	1061,4	1100,8	1106,8	1036,7	1057,2
7,716	1147,4	1181,7	1155,8	1095,9	1204,7	1151,7	1211,7	1072,0	1242,2	1149,3	1189,6	1194,3	1120,4	1147,5
7,973	1241,5	1285,4	1246,7	1191,4	1300,3	1267,8	1310,8	1158,5	1340,4	1246,2	1286,9	1288,7	1211,3	1247,7
8,230	1344,6	1402,5	1344,7	1297,6	1404,2	1403,0	1420,7	1252,3	1446,1	1353,6	1393,9	1390,9	1310,3	1359,7
8,488	1458,0	1535,7	1450,5	1416,0	1517,5	1561,1	1543,5	1354,4	1560,0	1473,5	1512,4	1501,6	1418,4	1485,7
8,745	1583,2	1688,4	1564,9	1548,5	1641,3	1746,2	1681,8	1465,7	1682,7	1607,6	1644,1	1622,0	1536,8	1627,9
9,002	1721,7	1863,7	1688,7	1697,1	1777,1	1964,7	1838,4	1587,0	1815,1	1758,5	1791,1	1752,8	1666,7	1789,1
9,259	1875,0	2065,2	1822,7	1864,0	1926,0	2225,4	2016,0	1719,5	1957,8	1928,5	1955,6	1895,4	1809,3	1971,8

Tablica 5.21 Vrijednosti efektivne snage

P_e [kW]														
v[m/s]	M-938	M-939	M-940	M-941	M-942	M-943	M-944	M-945	M-946	M-1015	M-1122	M-1123	M-1124	M-1125
6,173	4410,9	4511,8	4462,2	4151,6	4662,6	4248,7	4696,6	4119,7	4778,8	4406,4	4592,1	4614,6	4307,8	4363,3
6,430	4983,8	5096,0	5043,2	4696,2	5266,0	4810,1	5299,6	4657,1	5404,2	4978,0	5185,1	5213,8	4868,6	4932,2
6,687	5613,0	5738,9	5680,2	5297,3	5927,0	5435,2	5959,7	5247,4	6090,6	5606,2	5835,6	5870,9	5484,4	5559,2
6,944	6305,4	6449,4	6379,1	5962,9	6652,2	6136,5	6684,3	5896,5	6844,4	6298,8	6550,4	6591,8	6161,8	6253,0
7,202	7069,4	7239,0	7146,5	6703,0	7449,2	6930,4	7482,6	6611,4	7672,6	7065,2	7338,4	7383,7	6908,2	7024,2
7,459	7914,7	8122,4	7989,9	7529,2	8326,8	7838,1	8366,1	7400,0	8583,1	7917,0	8210,3	8255,1	7732,6	7885,8
7,716	8853,1	9118,0	8918,0	8455,9	9295,6	8886,4	9349,7	8271,7	9584,7	8868,4	9179,1	9215,4	8645,2	8854,0
7,973	9898,4	10248,9	9940,3	9499,6	10367,7	10108,8	10451,3	9236,8	10687,5	9936,3	10260,4	10275,4	9657,8	9948,1
8,230	11066,2	11543,0	11067,6	10679,8	11557,2	11547,4	11693,0	10307,1	11902,1	11141,1	11472,4	11447,5	10784,0	11191,1
8,488	12374,8	13034,6	12311,5	12018,8	12879,8	13250,3	13101,0	11495,7	13240,4	12506,1	12836,7	12745,3	12038,9	12609,9
8,745	13844,6	14765,0	13684,9	13541,7	14353,2	15270,1	14706,9	12816,9	14714,9	14058,6	14377,7	14183,6	13439,4	14235,7
9,002	15498,4	16777,1	15201,6	15277,7	15997,3	17685,9	16548,9	14286,5	16339,4	15830,0	16123,6	15779,1	15004,0	16105,6
9,259	17361,4	19122,1	16876,4	17259,1	17833,6	20605,6	18666,9	15921,5	18128,1	17856,8	18107,2	17549,6	16753,0	18257,3

Tablica 5.22 Vrijednosti koeficijenata upijanja

	M-938	M-939	M-940	M-941	M-942	M-943	M-944	M-945	M-946	M-1015	M-1122	M-1123	M-1124	M-1125
t	0,2051	0,2372	0,1910	0,2078	0,2099	0,2399	0,2346	0,1871	0,1891	0,2189	0,2181	0,1930	0,1951	0,2202

Tablica 5.23 Vrijednosti poriva

T [kN]														
v [m/s]	M-938	M-939	M-940	M-941	M-942	M-943	M-944	M-945	M-946	M-1015	M-1122	M-1123	M-1124	M-1125
6,173	898,9	958,2	893,5	849,0	956,0	905,6	994,1	821,1	954,7	913,9	951,4	926,4	867,1	906,5
6,430	975,0	1039,0	969,5	922,0	1036,5	984,2	1076,9	891,0	1036,4	991,2	1031,3	1004,8	940,7	983,7
6,687	1055,9	1125,1	1049,9	1000,0	1121,7	1069,4	1164,4	965,4	1123,2	1073,3	1116,0	1087,9	1019,0	1066,1
6,944	1142,2	1217,5	1135,4	1084,0	1212,4	1162,6	1257,7	1044,6	1215,4	1161,3	1206,3	1176,3	1102,4	1154,8
7,202	1234,9	1317,8	1226,6	1175,0	1309,1	1266,1	1357,6	1129,4	1313,8	1256,0	1303,2	1270,5	1191,8	1250,8
7,459	1334,9	1427,6	1324,1	1274,3	1412,9	1382,6	1465,5	1220,5	1419,1	1358,9	1407,8	1371,5	1288,1	1355,9
7,716	1443,4	1549,2	1428,6	1383,4	1524,7	1515,3	1583,2	1318,8	1531,9	1471,5	1521,4	1480,0	1392,1	1471,6
7,973	1561,7	1685,2	1541,0	1504,0	1645,7	1668,1	1712,7	1425,2	1653,0	1595,5	1645,8	1597,0	1505,0	1600,1
8,230	1691,4	1838,6	1662,1	1638,1	1777,2	1845,9	1856,3	1540,7	1783,3	1733,1	1782,7	1723,6	1628,0	1743,8
8,488	1834,1	2013,3	1792,9	1787,6	1920,5	2054,0	2016,8	1666,2	1923,7	1886,5	1934,2	1860,8	1762,3	1905,3
8,745	1991,6	2213,5	1934,3	1954,8	2077,3	2297,4	2197,4	1803,1	2075,1	2058,3	2102,7	2009,9	1909,5	2087,7
9,002	2165,8	2443,3	2087,3	2142,4	2249,1	2584,9	2402,0	1952,4	2238,3	2251,4	2290,7	2172,1	2070,9	2294,4
9,259	2358,8	2707,4	2252,9	2353,1	2437,6	2927,9	2634,1	2115,4	2414,4	2469,1	2501,0	2348,7	2248,0	2528,7

Tablica 5.24 Iznosi koeficijenata

	M-938	M-939	M-940	M-941	M-942	M-943	M-944	M-945	M-946	M-1015	M-1122	M-1123	M-1124	M-1125
c_8	28,50	32,65	29,41	21,77	40,39	24,75	40,60	19,75	36,80	30,23	34,16	30,50	23,85	26,62
c_9	28,45	30,15	29,04	21,77	31,02	24,75	31,04	19,75	30,75	29,43	30,43	29,54	23,85	26,62
c_{20}	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
c_{11}	1,3835	1,5792	1,4303	1,6844	1,3516	1,9047	1,3553	1,5294	1,2317	1,4671	1,3629	1,2188	1,4412	1,6035
C_{PI}	0,8553	0,8553	0,8553	0,8553	0,8553	0,8553	0,8553	0,8553	0,8553	0,8553	0,8553	0,8553	0,8553	0,8553
c_{19}	0,1231	0,1231	0,1231	0,1231	0,1231	0,1231	0,1231	0,1231	0,1231	0,1231	0,1231	0,1231	0,1231	0,1231

Tablica 5.25 Vrijednosti koeficijenta viskoznog otpora

C_v														
v[m/s]	M-938	M-939	M-940	M-941	M-942	M-943	M-944	M-945	M-946	M-1015	M-1122	M-1123	M-1124	M-1125
6,173	0,002291	0,002654	0,002114	0,002357	0,002265	0,002731	0,002595	0,002137	0,002115	0,002445	0,002415	0,002181	0,002200	0,002477
6,430	0,002281	0,002642	0,002105	0,002347	0,002255	0,002719	0,002584	0,002127	0,002106	0,002434	0,002405	0,002171	0,002191	0,002466
6,687	0,002272	0,002631	0,002096	0,002337	0,002246	0,002707	0,002573	0,002119	0,002097	0,002424	0,002395	0,002162	0,002182	0,002456
6,944	0,002262	0,002621	0,002088	0,002328	0,002237	0,002697	0,002563	0,002110	0,002089	0,002414	0,002385	0,002154	0,002173	0,002446
7,202	0,002254	0,002610	0,002080	0,002319	0,002228	0,002686	0,002553	0,002102	0,002082	0,002405	0,002376	0,002146	0,002165	0,002437
7,459	0,002246	0,002601	0,002073	0,002311	0,002220	0,002676	0,002544	0,002095	0,002074	0,002396	0,002367	0,002138	0,002157	0,002428
7,716	0,002238	0,002592	0,002066	0,002303	0,002213	0,002667	0,002534	0,002087	0,002067	0,002388	0,002359	0,002131	0,002149	0,002419
7,973	0,002230	0,002583	0,002059	0,002295	0,002205	0,002658	0,002526	0,002080	0,002060	0,002380	0,002351	0,002123	0,002142	0,002411
8,230	0,002223	0,002574	0,002052	0,002287	0,002198	0,002649	0,002517	0,002073	0,002054	0,002372	0,002343	0,002117	0,002135	0,002403
8,488	0,002215	0,002566	0,002045	0,002280	0,002191	0,002640	0,002509	0,002067	0,002047	0,002364	0,002335	0,002110	0,002128	0,002395
8,745	0,002209	0,002558	0,002039	0,002273	0,002184	0,002632	0,002501	0,002060	0,002041	0,002357	0,002328	0,002103	0,002122	0,002388
9,002	0,002202	0,002550	0,002033	0,002266	0,002178	0,002624	0,002494	0,002054	0,002035	0,002350	0,002321	0,002097	0,002115	0,002381
9,259	0,002196	0,002543	0,002027	0,002260	0,002171	0,002617	0,002487	0,002048	0,002030	0,002343	0,002314	0,002091	0,002109	0,002374

Tablica 5.26 Vrijednosti efektivnog sustrujanja

							w							
v [m/s]	M-938	M-939	M-940	M-941	M-942	M-943	M-944	M-945	M-946	M-1015	M-1122	M-1123	M-1124	M-1125
6,173	0,5382	0,5955	0,5208	0,5006	0,5723	0,5662	0,6130	0,4616	0,5550	0,5627	0,5744	0,5393	0,4972	0,5459
6,430	0,5376	0,5950	0,5201	0,5002	0,5715	0,5658	0,6124	0,4612	0,5542	0,5621	0,5738	0,5386	0,4967	0,5454
6,687	0,5371	0,5944	0,5195	0,4998	0,5708	0,5654	0,6118	0,4609	0,5534	0,5616	0,5732	0,5380	0,4963	0,5450
6,944	0,5366	0,5939	0,5189	0,4995	0,5701	0,5651	0,6112	0,4606	0,5527	0,5611	0,5727	0,5374	0,4959	0,5446
7,202	0,5361	0,5935	0,5183	0,4992	0,5695	0,5647	0,6107	0,4602	0,5520	0,5606	0,5721	0,5368	0,4955	0,5441
7,459	0,5356	0,5930	0,5177	0,4989	0,5689	0,5644	0,6101	0,4599	0,5513	0,5601	0,5716	0,5362	0,4951	0,5438
7,716	0,5352	0,5926	0,5172	0,4986	0,5683	0,5641	0,6096	0,4596	0,5506	0,5597	0,5711	0,5357	0,4947	0,5434
7,973	0,5347	0,5922	0,5166	0,4983	0,5677	0,5638	0,6092	0,4594	0,5500	0,5593	0,5707	0,5352	0,4943	0,5430
8,230	0,5343	0,5918	0,5161	0,4980	0,5672	0,5635	0,6087	0,4591	0,5494	0,5588	0,5702	0,5347	0,4940	0,5427
8,488	0,5339	0,5914	0,5157	0,4978	0,5666	0,5633	0,6082	0,4588	0,5488	0,5585	0,5698	0,5342	0,4937	0,5423
8,745	0,5335	0,5910	0,5152	0,4975	0,5661	0,5630	0,6078	0,4586	0,5482	0,5581	0,5694	0,5338	0,4934	0,5420
9,002	0,5331	0,5906	0,5148	0,4973	0,5656	0,5627	0,6074	0,4583	0,5477	0,5577	0,5689	0,5333	0,4931	0,5417
9,259	0,5328	0,5903	0,5143	0,4970	0,5652	0,5625	0,6070	0,4581	0,5471	0,5574	0,5686	0,5329	0,4928	0,5414

Tablica 5.27 Omjer površina razvijene površine vijka i površine diska vijka

	M-938	M-939	M-940	M-941	M-942	M-943	M-944	M-945	M-946	M-1015	M-1122	M-1123	M-1124	M-1125
A_E / A_0	0,525	0,565	0,55	0,565	0,55	0,525	0,525	0,525	0,55	0,525	0,525	0,525	0,525	0,525

Tablica 5.28 Vrijednosti prizmatičkog koeficijenta stražnjeg dijela broda

	M-938	M-939	M-940	M-941	M-942	M-943	M-944	M-945	M-946	M-1015	M-1122	M-1123	M-1124	M-1125
C_{PA}	0,7941	0,7941	0,7941	0,7941	0,7941	0,7941	0,7941	0,7941	0,7941	0,7941	0,7941	0,7941	0,7941	0,7941

Tablica 5.29 Vrijednosti koeficijenta prijelaza η_R

	M-938	M-939	M-940	M-941	M-942	M-943	M-944	M-945	M-946	M-1015	M-1122	M-1123	M-1124	M-1125
η_R	1,0201	1,0178	1,0187	1,0178	1,0187	1,0201	1,0201	1,0201	1,0187	1,0201	1,0201	1,0201	1,0201	1,0201

6. USPOREDBE REZULTATA STATISTIČKE METODE HOLTROP-MENNEN I MODELSKOG ISPITIVANJA SERIJE "JELSA"

U svrhu određivanja relativnih pogrešaka tj. odstupanja metoda koristi se izraz:

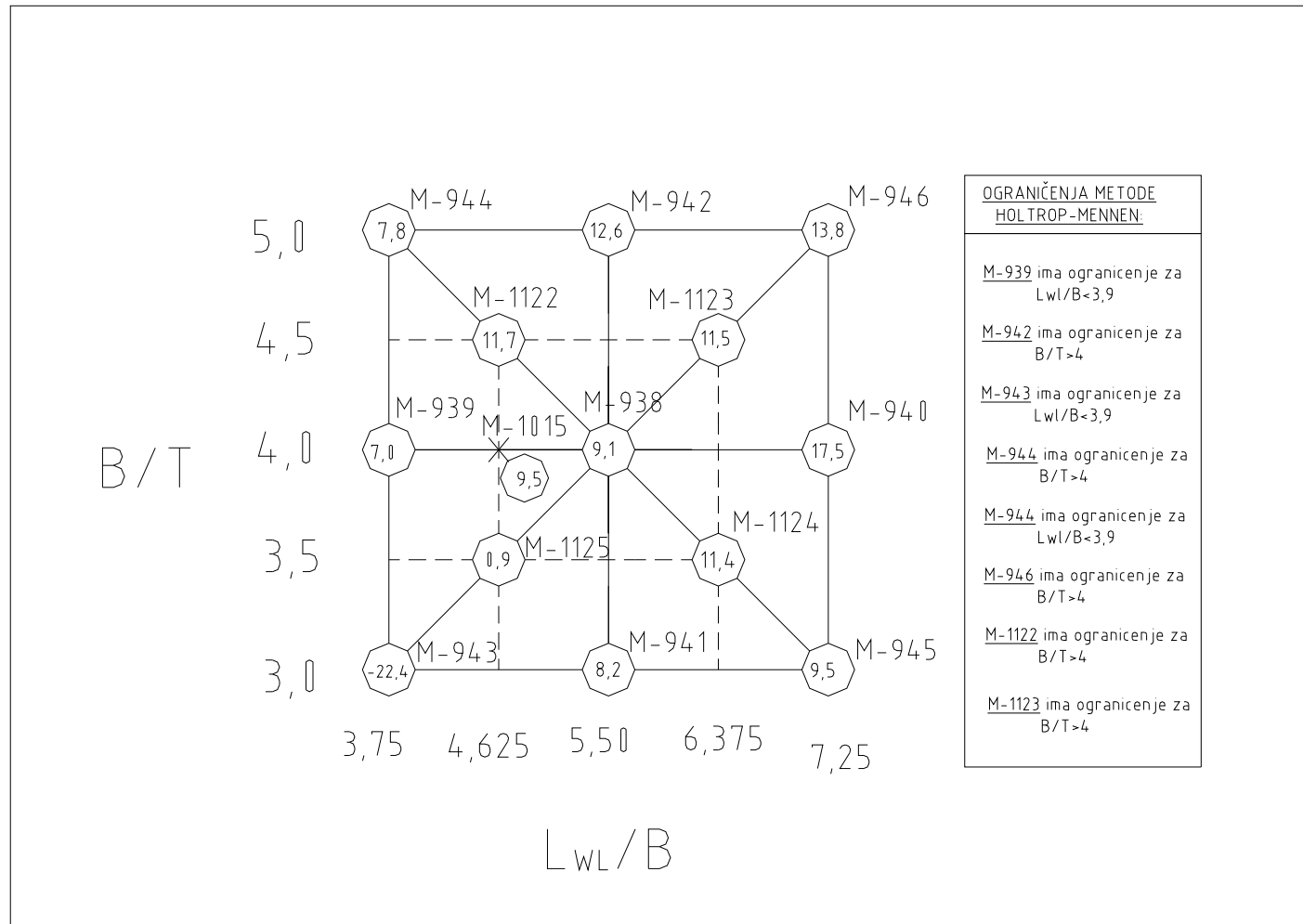
$$\text{relativno odstupanje} = \frac{\text{vrijednosti}_{\text{Holtrop-Mennen}} - \text{vrijednosti}_{\text{Jelsa}}}{\text{vrijednosti}_{\text{Holtrop-Mennen}}} \cdot 100\%$$

Relativna odstupanja vrijednosti dobivenih modelskim ispitivanjima serije "Jelsa" i metode Holtrop-Mennen dane su u slijedećim tablicama i grafovima:

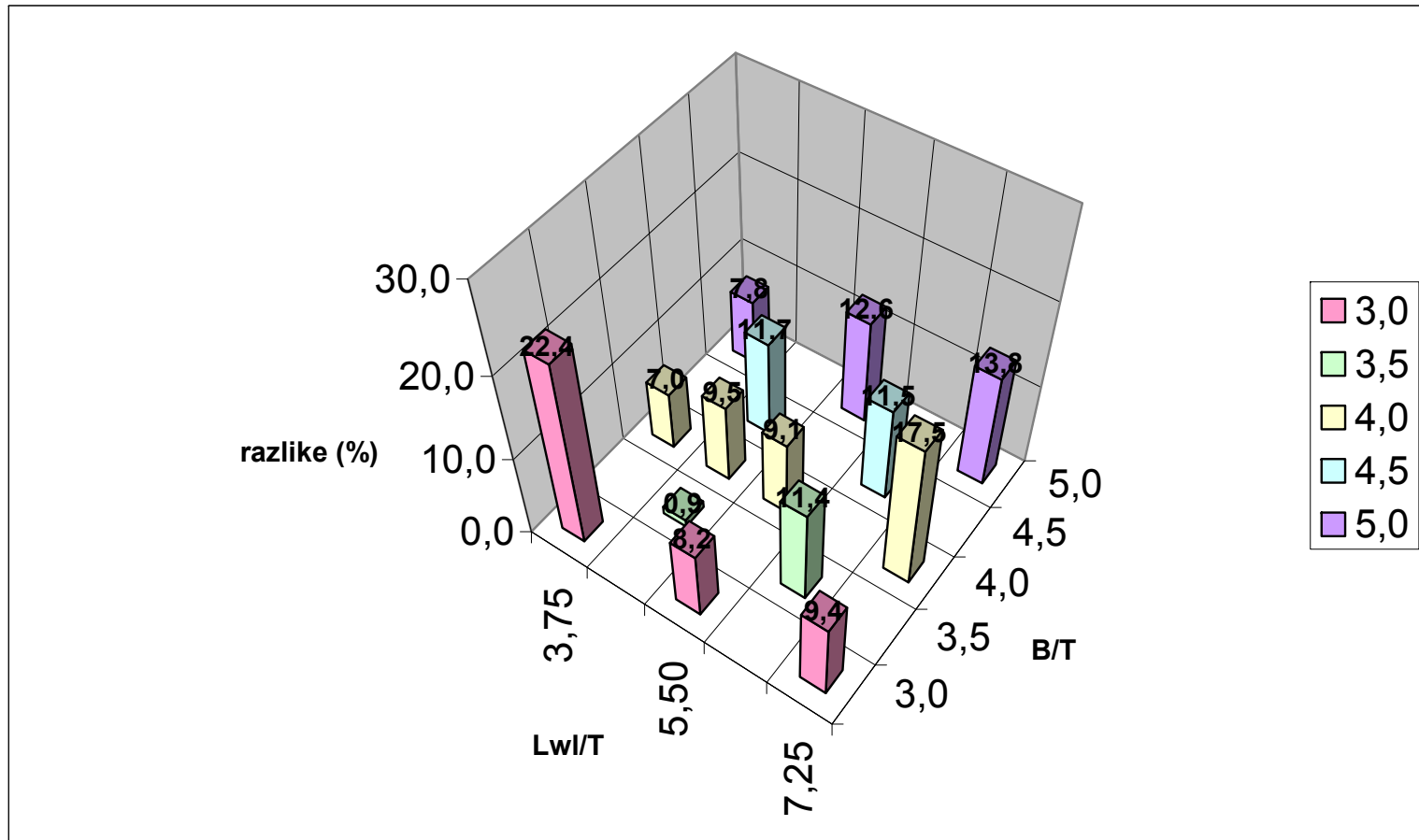
6.1. FAKTOR FORME

Tablica 6.1 Relativno odstupanje faktora forme ($1+k$)

	M-938	M-939	M-940	M-941	M-942	M-943	M-944	M-945	M-946	M-1015	M-1122	M-1123	M-1124	M-1125
rel.ods. (%)	9,06	7,04	17,49	8,18	12,56	-22,39	7,79	9,36	13,76	9,51	11,69	11,51	11,44	0,87



Slika 6.1 Usporedba prosječnih razlika metode Holtrop-Mennen i modelskog ispitivanja serije "Jelsa" za faktor forme $(1+k)$

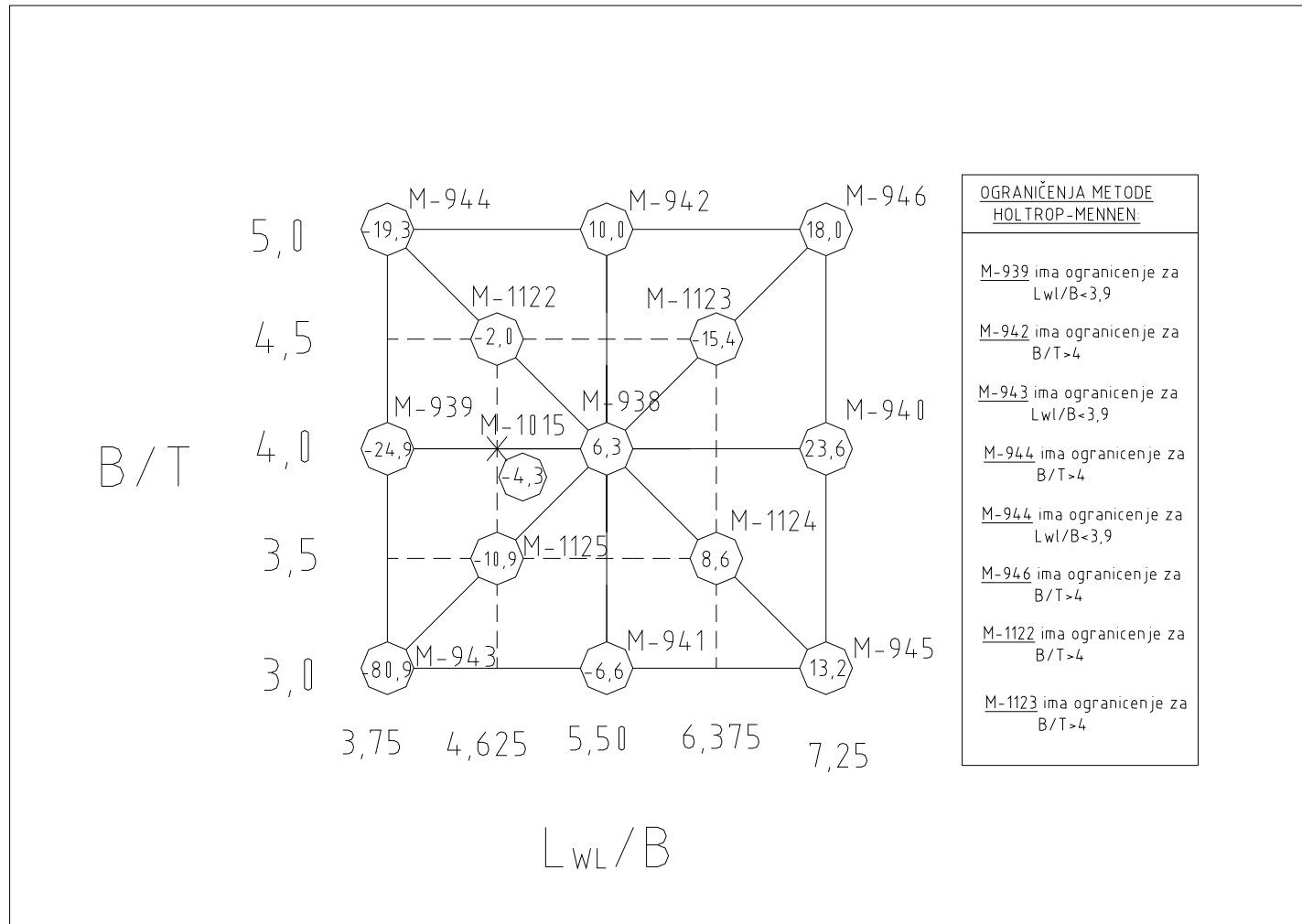


Slika 6.2 3-D prikaz prosječnog odstupanja (%) koeficijenta forme (1+k)

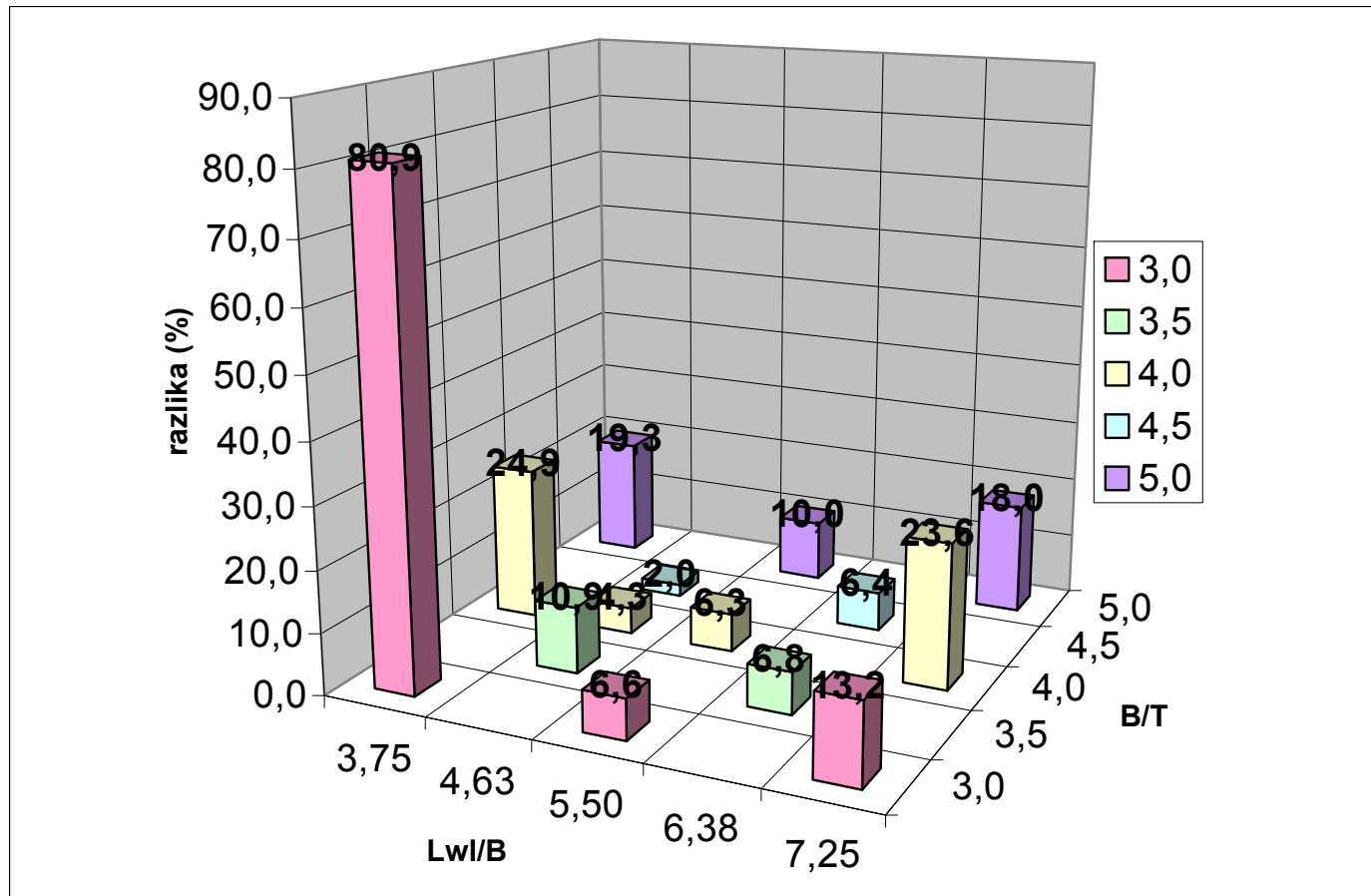
6.2. UKUPNI OTPOR I EFEKTIVNA SNAGA

Tablica 6.2 Relativno odstupanje dano u postotku (%) za ukupni otpor R_T i efektivnu snagu P_E

v[čv]	R_T i P_E													
	M-938	M-939	M-940	M-941	M-942	M-943	M-944	M-945	M-946	M-1015	M-1122	M-1123	M-1124	M-1125
12,0	4,2	-18,8	28,4	-11,3	11,2	-84,3	-14,9	12,1	20,4	-7,1	-0,4	-16,0	4,9	-14,5
12,5	4,5	-20,3	28,2	-11,0	11,0	-84,1	-15,8	11,5	20,5	-6,1	-1,0	-14,4	4,3	-14,8
13,0	4,7	-21,8	27,8	-10,4	10,7	-82,8	-16,5	11,1	20,4	-4,8	-1,6	-13,6	4,2	-15,0
13,5	5,1	-23,4	27,3	-9,2	10,3	-80,8	-17,1	11,5	20,2	-3,4	-2,1	-13,6	4,7	-13,9
14,0	5,4	-25,0	26,5	-7,8	9,9	-79,4	-17,7	12,2	19,7	-2,6	-2,5	-13,9	5,4	-12,6
14,5	5,8	-26,7	25,6	-6,2	9,6	-79,9	-18,6	13,0	19,0	-3,6	-2,7	-14,6	6,6	-11,6
15,0	6,3	-28,2	24,4	-4,8	9,3	-80,6	-19,8	13,8	18,1	-4,6	-2,8	-15,3	7,7	-10,6
15,5	6,9	-29,6	23,0	-3,6	9,1	-80,7	-21,1	14,3	16,9	-4,3	-2,8	-16,1	8,6	-10,0
16,0	7,6	-30,6	21,6	-2,8	9,0	-80,3	-22,4	14,7	15,6	-3,8	-2,6	-16,8	9,4	-8,7
16,5	8,6		20,3	-2,6	9,1	-79,0	-23,6	15,3	14,3	-3,4	-2,3	-17,3	9,7	-5,6
17,0	9,8		19,1	-2,8	9,5	-78,2	-24,5	16,1	12,9	-3,5	-1,6	-17,6	9,8	-2,2
17,5			18,0		10,1									
18,0			17,2		11,0									
srednje vrj.	6,3	-24,9	23,6	-6,6	10,0	-80,9	-19,3	13,2	18,0	-4,3	-2,0	-15,4	6,8	-10,9



Slika 6.3 Usporedba prosječnih razlika metode Holtrop-Mennen i modelskog ispitivanja serije "Jelsa" za ukupni otpor R_T i efektivnu snagu P_E

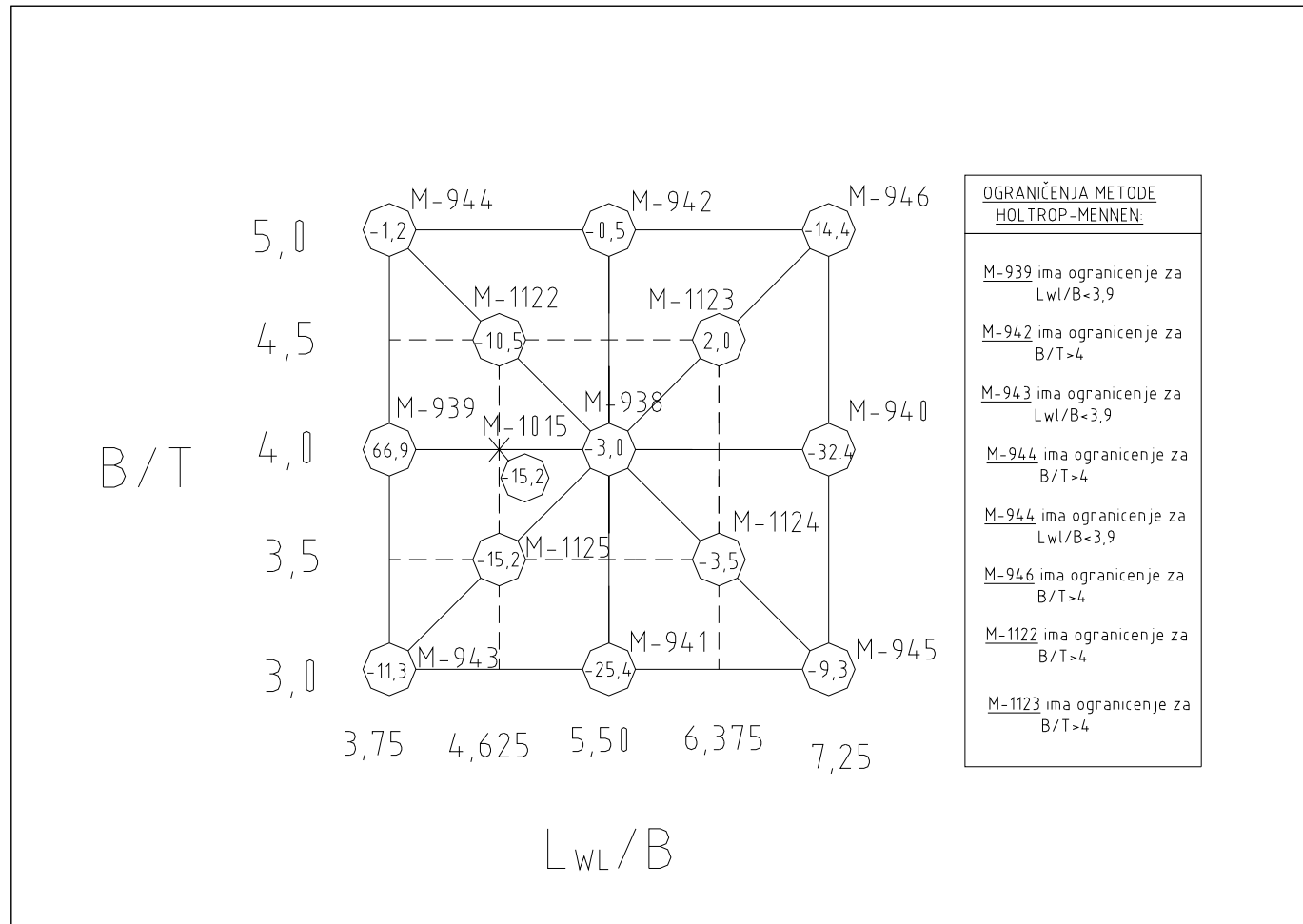


Slika 6.4 3-D prikaz prosječnog odstupanja (%) za R_T i P_E

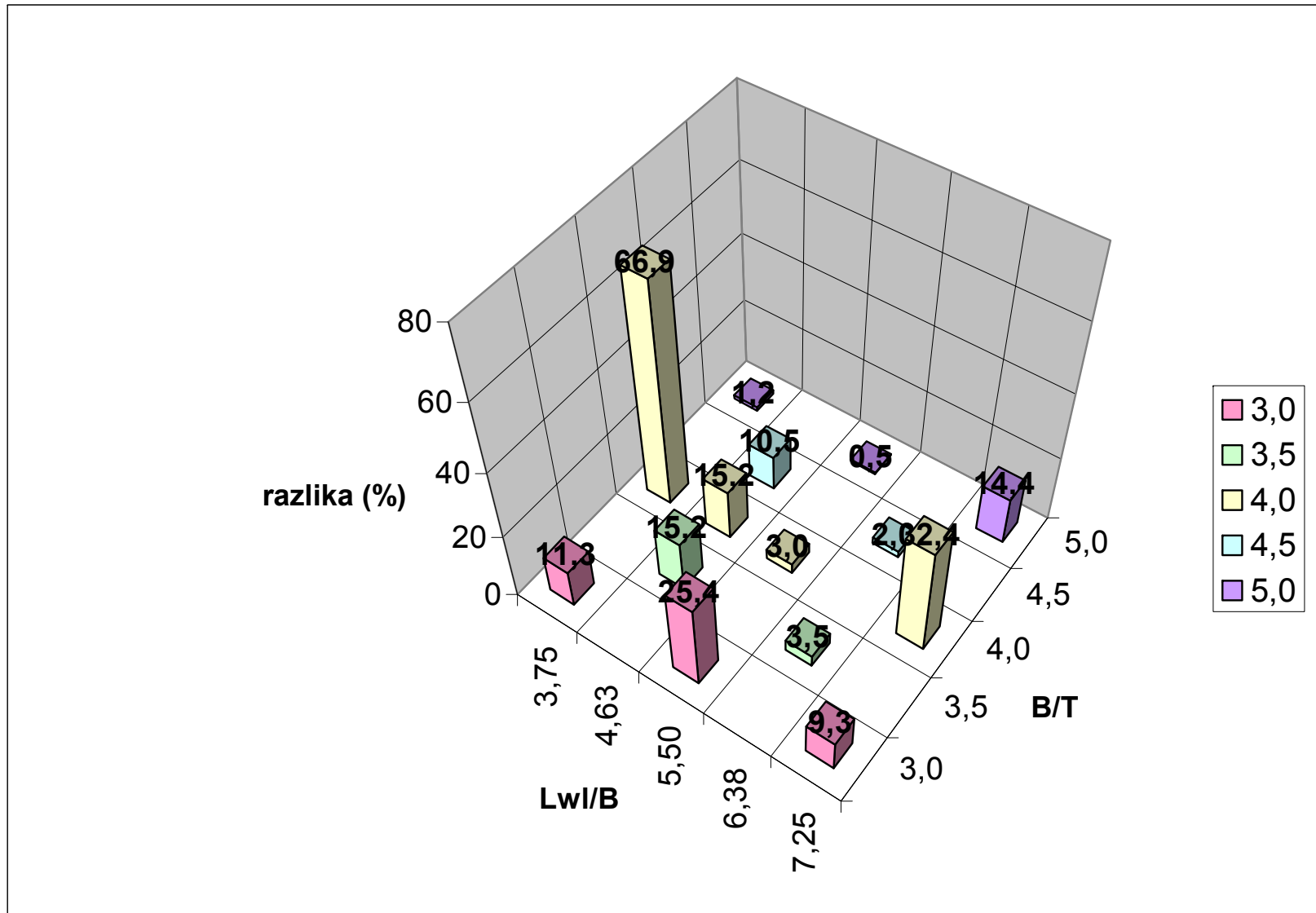
6.3. KOFICIJENT UPIJANJA

Tablica 6.3 Relativno odstupanje dano u postotku (%) za koeficijente upijanja

v[čv]	t													
	M-938	M-939	M-940	M-941	M-942	M-943	M-944	M-945	M-946	M-1015	M-1122	M-1123	M-1124	M-1125
12,0	-1,9	-78,4	-51,5	-18,6	-6,7	-8,5	-2,3	-6,2	-24,3	-0,3	-15,7	-0,4	23,5	1,6
12,5	-0,3	-74,1	-42,4	-19,6	-4,2	-8,7	-0,6	1,5	-20,5	-9,8	-13,5	-1,7	21,6	-2,0
13,0	0,2	-70,9	-37,6	-21,3	-1,9	-13,3	-0,6	5,3	-17,9	-16,7	-11,7	-3,7	15,8	-3,7
13,5	0,0	-68,3	-35,6	-24,1	0,3	-19,7	-1,9	3,7	-16,1	-21,8	-10,4	-4,0	7,0	-7,9
14,0	-0,7	-66,1	-35,0	-27,2	2,1	-24,5	-3,1	-0,6	-14,7	-23,5	-9,6	-2,9	-2,4	-11,5
14,5	-1,6	-64,0	-34,7	-30,1	3,5	-24,6	-3,6	-6,3	-13,5	-19,0	-9,1	0,4	-11,5	-13,5
15,0	-2,6	-61,9	-34,1	-32,0	4,2	-21,7	-3,1	-12,0	-12,3	-14,5	-8,9	4,0	-18,4	-15,3
15,5	-3,9	-59,9	-32,6	-32,3	4,3	-16,7	-2,3	-16,1	-11,0	-14,2	-8,8	7,2	-22,4	-16,6
16,0	-5,4	-57,9	-30,4	-30,3	3,6	-8,5	-0,6	-19,9	-9,9	-15,1	-8,9	8,8	-22,7	-21,1
16,5	-7,4	-	-27,5	-25,5	1,9	2,5	1,6	-23,9	-9,3	-16,3	-9,0	8,1	-18,5	-32,0
17,0	-9,8	-	-23,9	-18,3	-0,7	19,1	2,8	-28,3	-9,2	-16,3	-9,4	6,0	-10,1	-45,6
17,5	-	-	-20,0	-	-4,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18,0	-	-	-15,8	-	-8,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
srednje vrij.	-3,0	-66,9	-32,4	-25,4	-0,5	-11,3	-1,2	-9,3	-14,4	-15,2	-10,5	2,0	-3,5	-15,2



Slika 6.5 Usporedba prosječnih razlika metode Holtrop-Mennen i modelskog ispitivanja serije "Jelsa" za koeficijente upijanja t

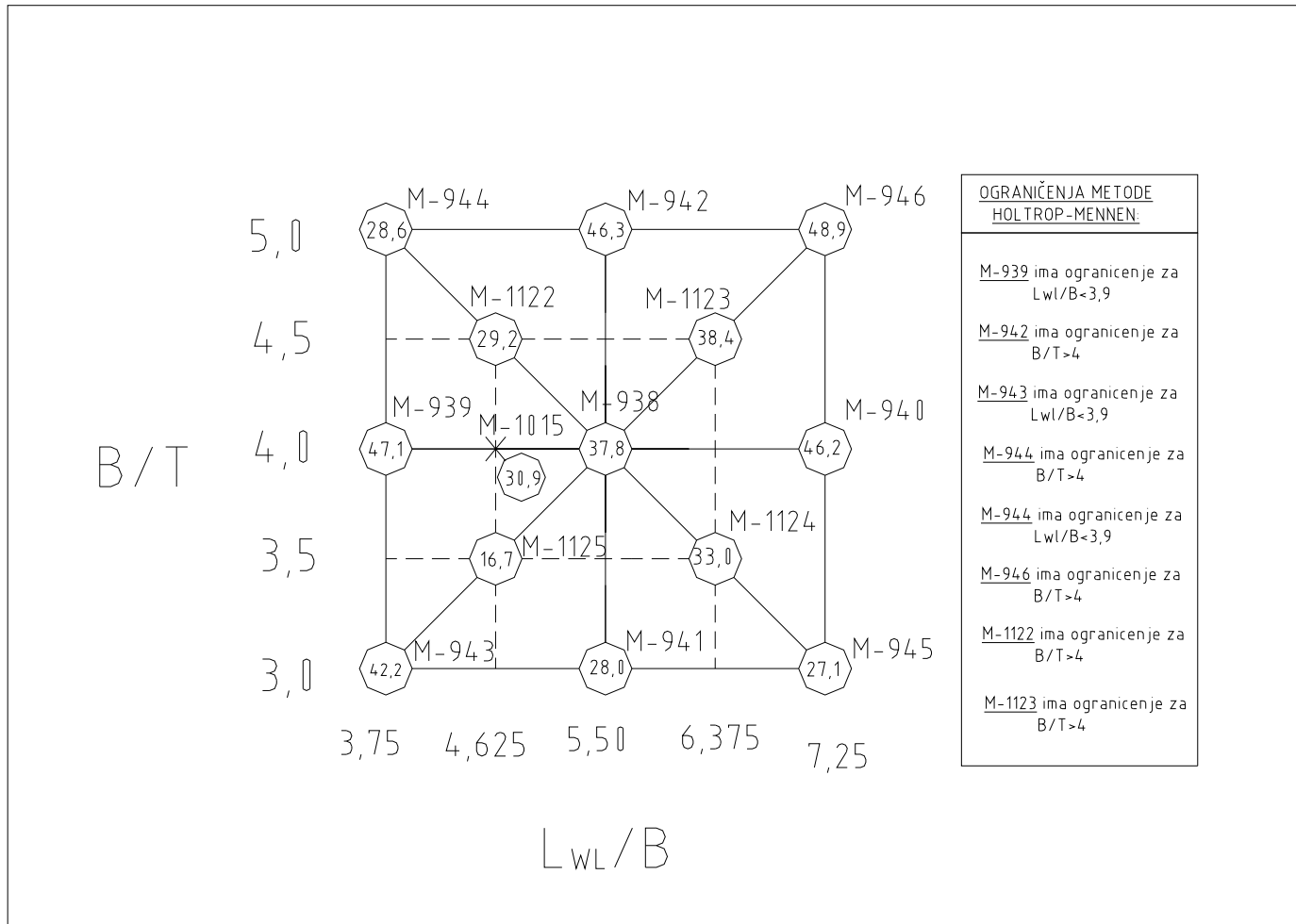


Slika 6.6 3-D prikaz prosječnog odstupanja (%) koeficijenata upijanja t

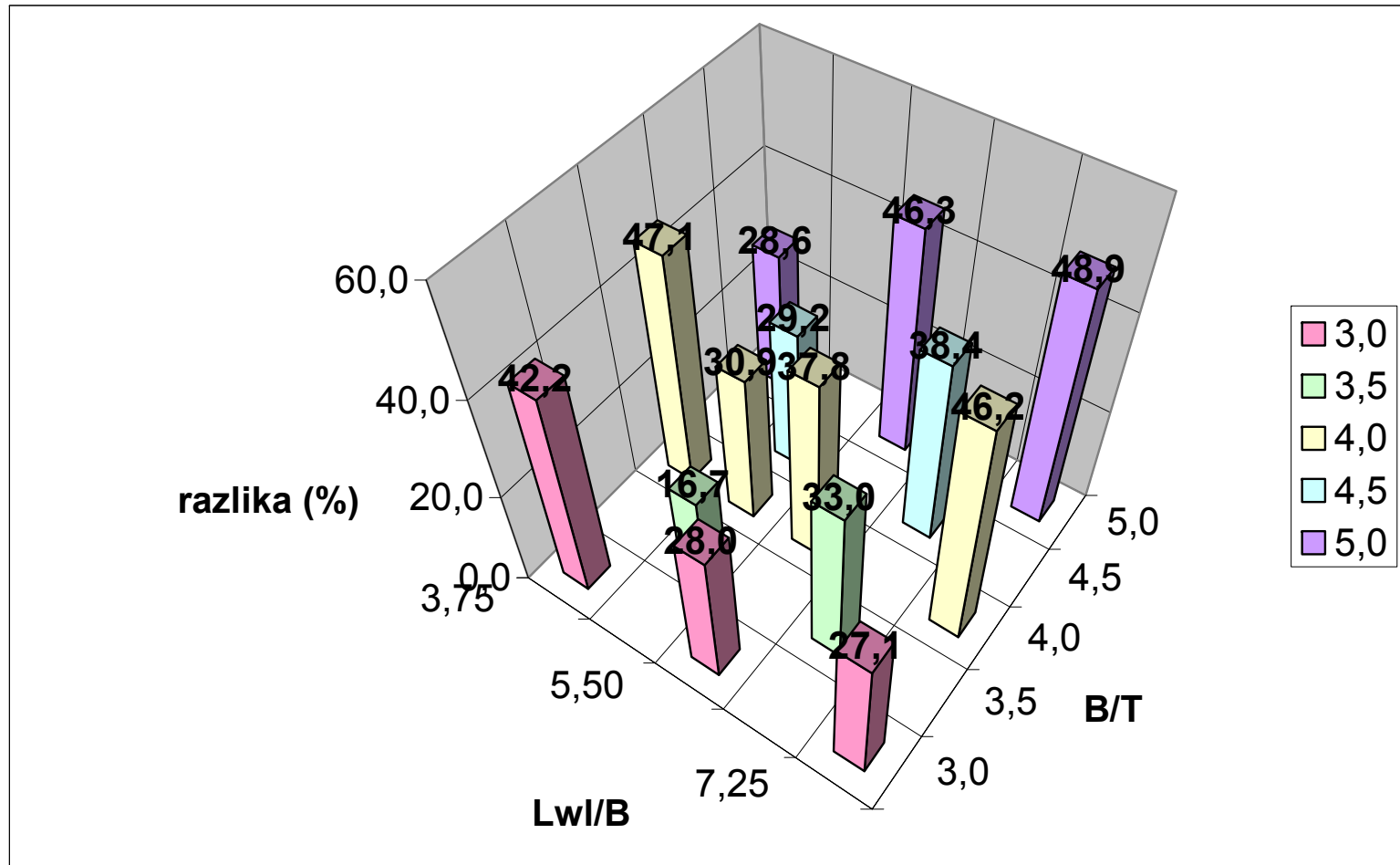
6.4. EFEKTIVNO SUSTRUJANJE

Tablica 6.4 Relativno odstupanje dano u postotku (%) za efektivno sustrujanje

v[čv]	w													
	M-938	M-939	M-940	M-941	M-942	M-943	M-944	M-945	M-946	M-1015	M-1122	M-1123	M-1124	M-1125
12,0	36,36	45,31	43,80	29,36	43,49	33,04	24,26	25,61	46,04	29,36	28,30	36,51	32,36	10,55
12,5	36,76	45,68	43,88	27,43	44,41	33,93	25,97	25,38	47,06	30,35	27,23	37,30	32,01	12,67
13,0	37,12	46,03	44,14	26,54	45,06	35,78	26,55	25,45	47,69	30,89	27,03	37,84	31,85	13,67
13,5	37,47	46,39	44,53	26,35	45,52	38,13	28,30	25,74	48,05	31,13	27,43	38,22	31,88	14,02
14,0	37,77	46,75	45,05	26,62	45,86	40,65	29,04	26,19	48,29	31,16	28,18	38,47	32,06	14,16
14,5	38,03	47,27	45,57	27,18	46,14	43,09	29,57	26,71	48,48	31,11	29,06	38,65	32,37	14,46
15,0	38,24	47,91	46,15	27,85	46,40	45,28	29,93	27,31	48,77	31,03	29,93	38,79	32,83	15,27
15,5	38,40	48,71	46,68	28,52	46,66	47,07	30,13	27,92	49,23	31,00	30,66	38,92	33,39	16,87
16,0	38,52	49,78	47,22	29,06	46,95	48,40	30,21	28,53	50,00	31,04	31,17	39,07	34,07	19,53
16,5	38,60	-	47,74	29,44	47,28	49,19	30,20	29,12	51,15	31,18	31,39	39,24	34,84	23,48
17,0	38,67	-	48,25	29,57	47,70	49,40	30,10	29,67	52,77	31,48	31,29	39,45	35,71	28,88
17,5	-	-	48,77	-	48,18	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18,0	-	-	49,23	-	48,77	-	-	-	-	-	-	-	-	-
srednje vrij.	37,8	47,1	46,2	28,0	46,3	42,2	28,6	27,1	48,9	30,9	29,2	38,4	33,0	16,7



Slika 6.7 Usporedba prosječnih razlika metode Holtrop-Mennen i modelskog ispitivanja serije "Jelsa" za efektivno sustrujanje w

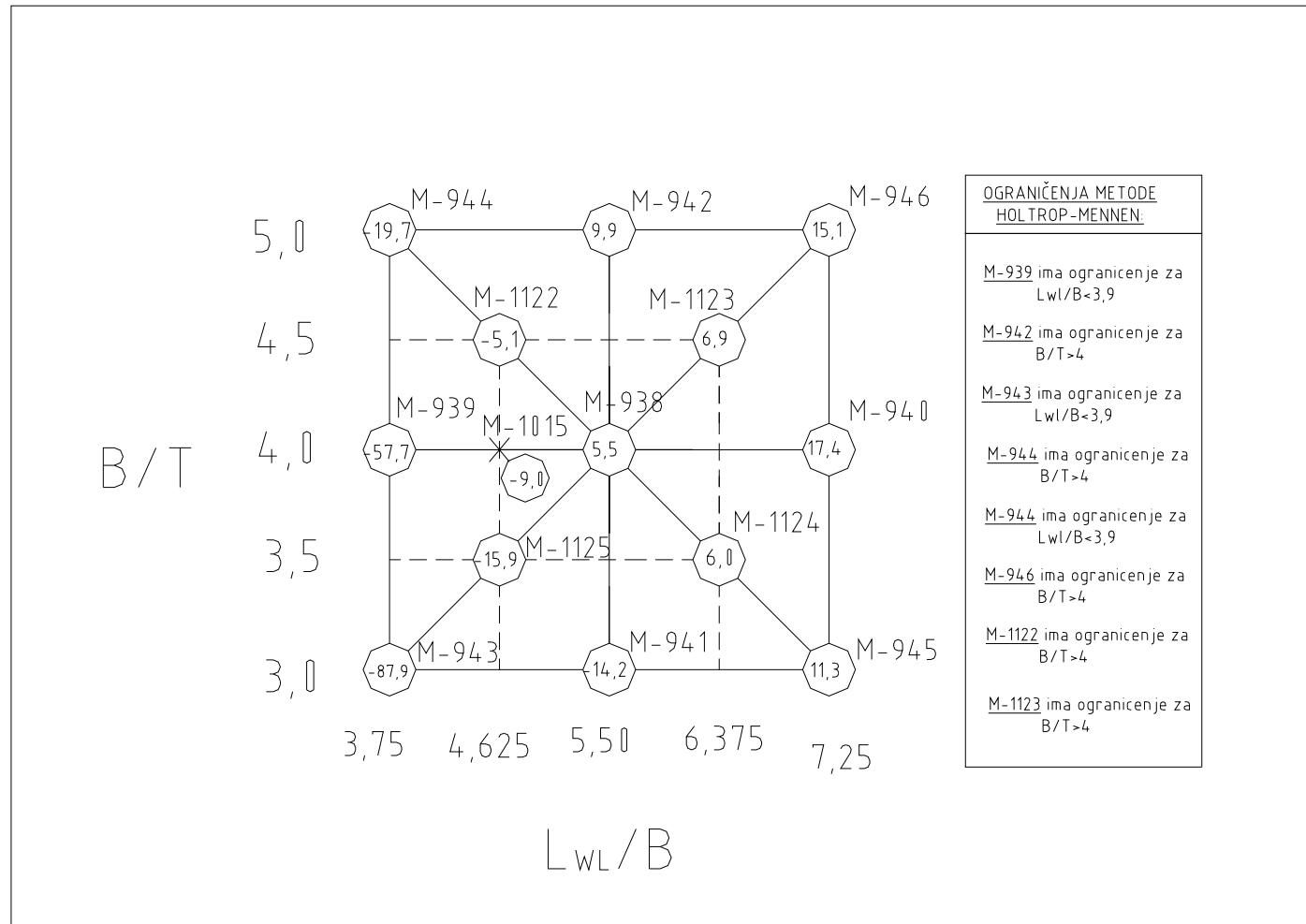


Slika 6.8 3-D prikaz prosječnog odstupanja (%) efektivnog sustrujanja w

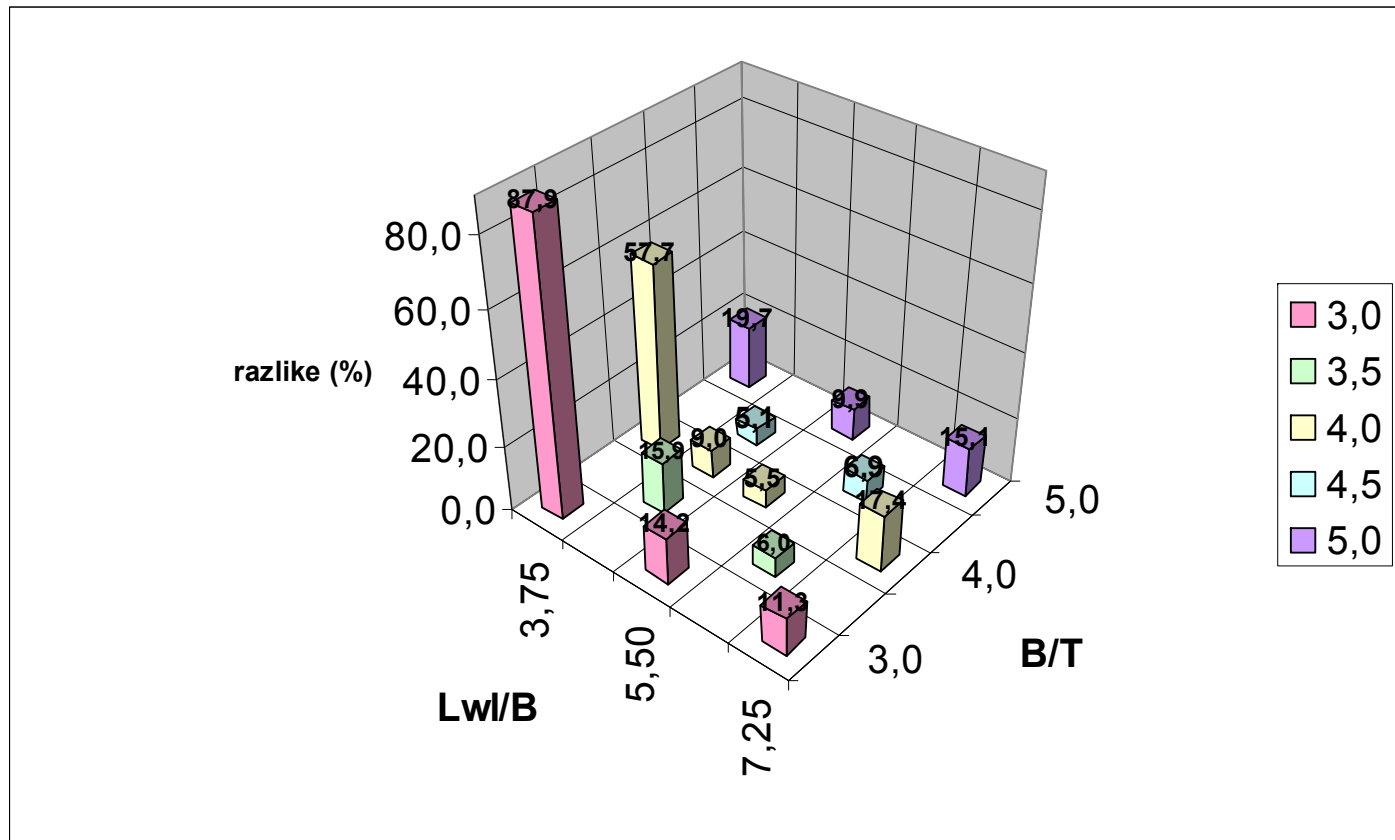
6.5. PORIV

Tablica 6.5 Relativno odstupanje dano u postotku (%) za poriv

v[čv]	T													
	M-938	M-939	M-940	M-941	M-942	M-943	M-944	M-945	M-946	M-1015	M-1122	M-1123	M-1124	M-1125
12,0	3,75	-57,18	18,44	-17,05	9,65	-89,36	-15,68	10,83	15,61	-7,22	-4,99	6,38	10,03	-13,95
12,5	4,38	-56,31	20,17	-17,05	9,97	-89,28	-16,07	11,75	16,45	-9,11	-4,97	7,71	9,09	-15,47
13,0	4,80	-56,21	20,79	-16,89	10,22	-90,79	-16,78	12,18	16,92	-9,95	-5,02	8,30	7,73	-16,25
13,5	5,07	-56,63	20,62	-16,56	10,37	-92,82	-17,73	12,24	17,04	-10,09	-5,14	8,34	6,24	-16,48
14,0	5,27	-57,35	19,92	-16,05	10,43	-94,48	-18,80	12,07	16,85	-9,86	-5,27	8,05	4,90	-16,34
14,5	5,45	-58,14	18,91	-15,33	10,39	-95,01	-19,91	11,75	16,37	-9,45	-5,39	7,53	3,89	-16,00
15,0	5,65	-58,82	17,76	-14,37	10,27	-93,89	-20,97	11,36	15,64	-9,00	-5,45	6,92	3,35	-15,64
15,5	5,94	-59,27	16,62	-13,16	10,09	-90,72	-21,91	10,97	14,71	-8,63	-5,42	6,30	3,39	-15,43
16,0	6,32	-59,32	15,60	-11,69	9,86	-85,30	-22,65	10,64	13,60	-8,40	-5,24	5,75	4,09	-15,54
16,5	6,83	-	14,77	-9,95	9,60	-77,66	-23,14	10,40	12,36	-8,33	-4,89	5,35	5,49	-16,11
17,0	7,49	-	14,20	-7,96	9,34	-68,03	-23,33	10,30	11,03	-8,44	-4,35	5,13	7,59	-17,29
17,5	-	-	13,94	-	9,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18,0	-	-	14,00	-	8,85	-	-	-	-	-	-	-	-	-
srednje vrij.	5,5	-57,7	17,4	-14,2	9,9	-87,9	-19,7	11,3	15,1	-9,0	-5,1	6,9	6,0	-15,9



Slika 6.9 Usporedba prosječnih razlika metode Holtrop-Mennen i modelskog ispitivanja serije "Jelsa" za poriv T

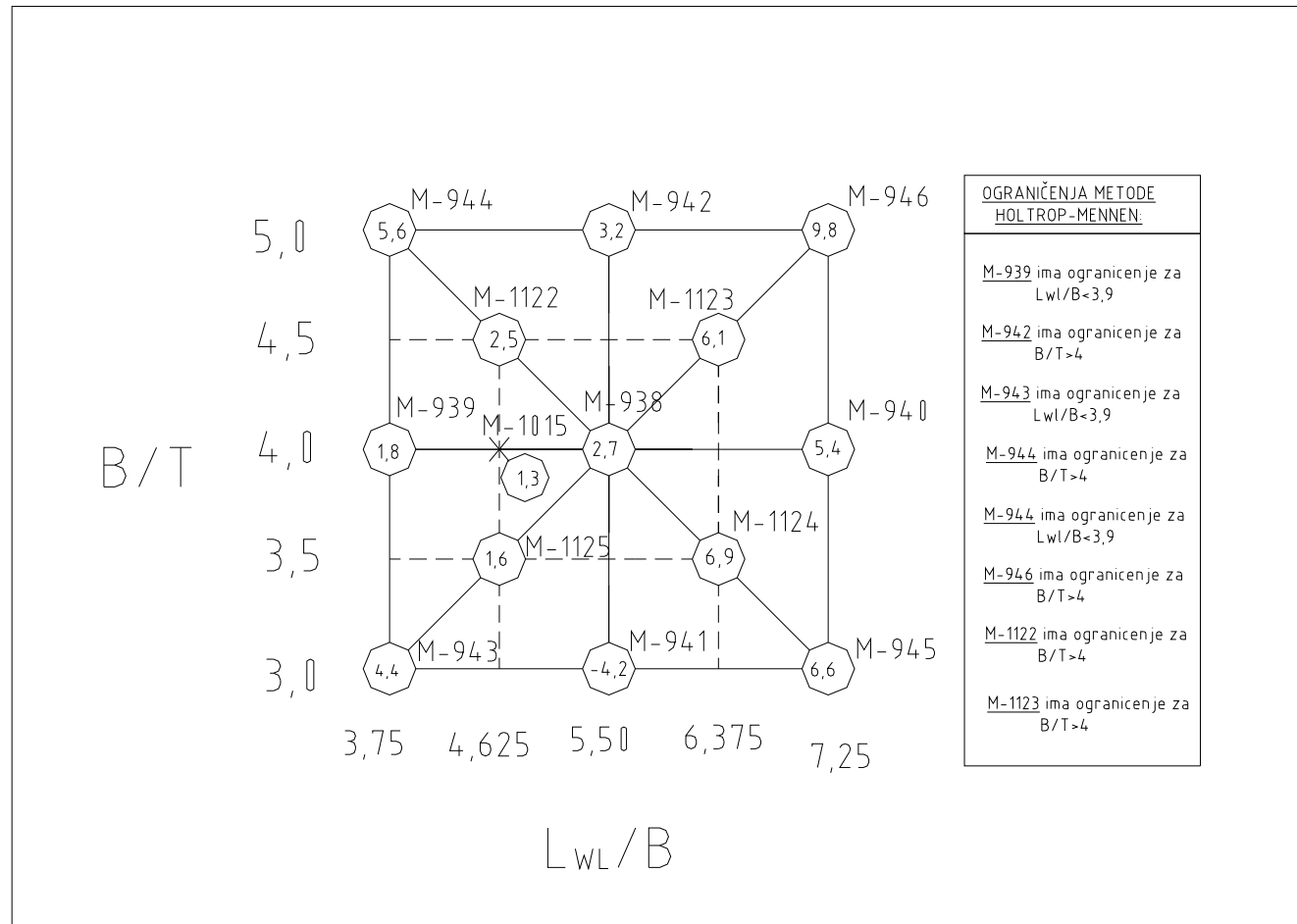


Slika 6.10 3-D prikaz prosječnog odstupanja (%) poriva T

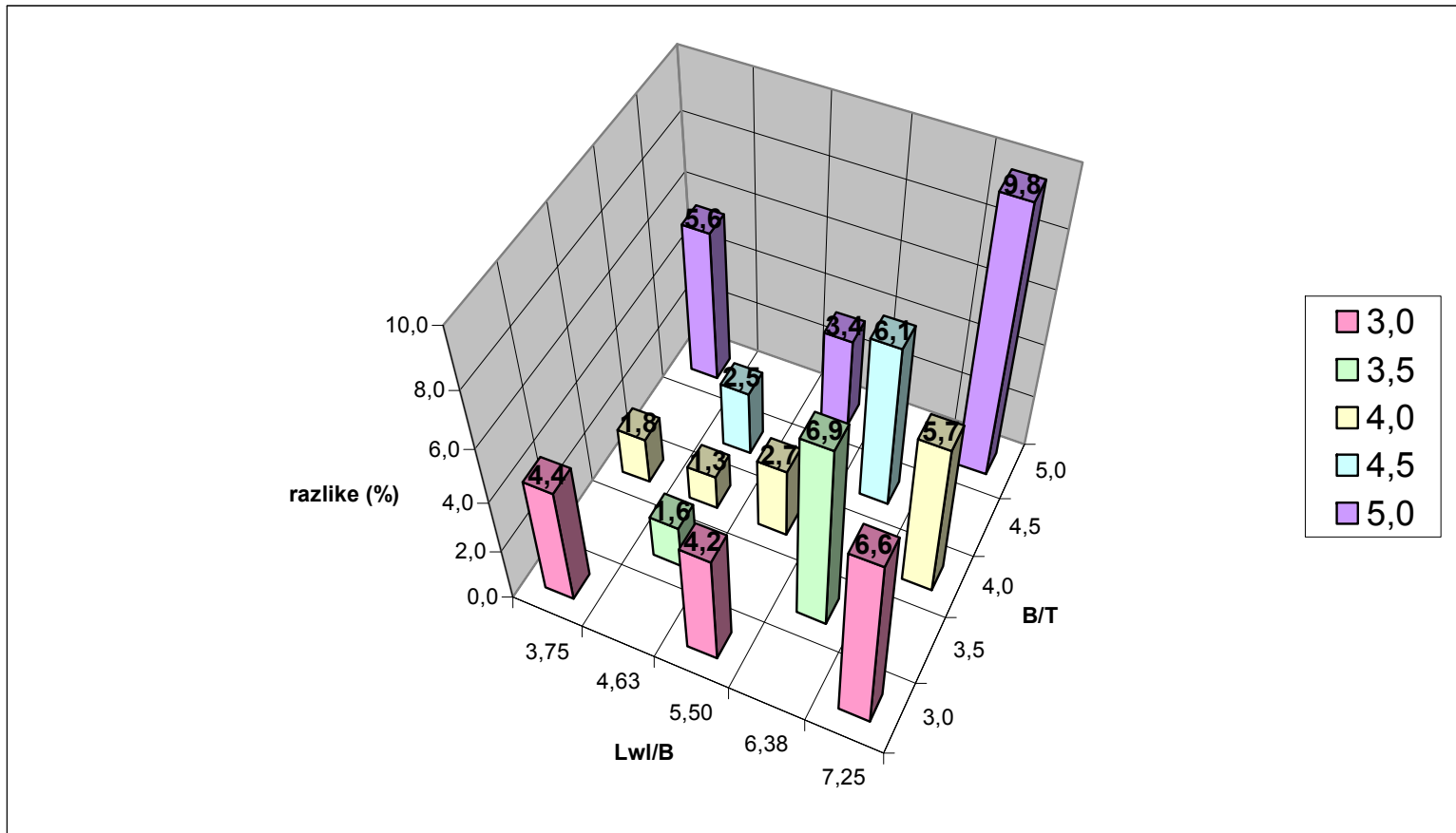
6.6. KOEFICIJENT PRIJELAZA

Tablica 6.6 Relativno odstupanje dano u postotku (%) za koeficijent prijelaza

v[čv]	η_R													
	M-938	M-939	M-940	M-941	M-942	M-943	M-944	M-945	M-946	M-1015	M-1122	M-1123	M-1124	M-1125
12,0	3,7	6,2	7,5	-5,1	4,8	3,3	8,8	10,8	12,3	2,7	5,0	9,2	8,8	4,4
12,5	3,0	2,3	7,4	-3,9	4,4	1,8	7,9	9,3	11,9	1,8	4,6	7,7	8,7	3,0
13,0	2,7	2,1	7,1	-3,4	4,1	1,4	7,1	8,1	11,5	1,2	3,9	6,7	8,5	2,2
13,5	2,5	1,8	6,7	-3,3	3,8	1,7	6,3	7,1	10,9	0,9	3,3	6,2	8,1	1,9
14,0	2,4	1,4	6,2	-3,6	3,5	2,6	5,6	6,3	10,3	1,8	2,6	5,9	7,7	1,7
14,5	2,5	1,0	5,7	-4,0	3,3	3,7	5,1	5,7	9,7	0,8	2,0	5,7	7,2	1,7
15,0	2,5	0,6	5,2	-4,4	3,0	4,9	4,6	5,3	9,1	0,9	1,5	5,6	6,7	1,6
15,5	2,5	0,4	4,7	-4,7	2,8	6,0	4,2	5,0	8,5	1,0	1,2	5,4	6,1	1,4
16,0	2,5	0,1	4,3	-4,8	2,6	7,0	3,9	4,9	8,0	1,1	0,9	5,2	5,5	0,9
16,5	2,5	-	4,0	-4,6	2,5	7,8	3,9	4,8	7,7	1,1	0,9	4,9	4,8	0,2
17,0	2,4	-	3,7	-4,2	2,3	8,5	3,9	4,8	7,5	1,1	1,0	4,4	4,2	-0,9
17,5	-	-	3,6	-	2,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18,0	-	-	3,6	-	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
srednje vrij.	2,7	1,8	5,4	-4,2	3,2	4,4	5,6	6,6	9,8	1,3	2,5	6,1	6,9	1,6



Slika 6.11 Usporedba prosječnih razlika metode Holtrop-Mennen i modelskog ispitivanja serije "Jelsa" za koeficijent prijelaza η_R



Slika 6.12 3-D prikaz prosječnog odstupanja (%) koeficijenta prijelaza η_R

7. ANALIZA REZULTATA DOBIVENIH USPOREDBOM METODE HOLTROP-MENNEN I MODELSKOG ISPITIVANJA SERIJE "JELSA"

Usporedbe metoda su napravljene u rasponu Froudeovih brojeva $Fn = 0.11 \div 0.22$, te unutar tog raspona prosječna odstupanja vrijednosti za pojedini model su mala i nije primjećena povezanost odstupanja tih vrijednosti s porastom Froudeovog broja.

ANALIZA USPOREDBE ZA:

a) faktor forme ($I+k$)

Odstupanja rezultata oko osnovnog modela M-938 su oko 10%. Nesto veća odstupanja javljaju se kod pojedinih modela na granicama serije "Jelsa". Najveće odstupanje je kod modela M-943 (22,4%).

b) ukupni otpor R_T i efektivnu snagu P_E

Za modele čija su odstupanja rezultata unutar 10%, možemo smatrati odličnim poklapanjem.

Za modele čije je odstupanje rezultata između 10-20%, analiza prema metodi Holtrop-Mannen može poslužiti u pretprojektnoj fazi, ali se preporučuje korištenje neke druge metode ako su potrebne veće točnosti rezultata.

Za modele čije je odstupanje rezultata preko 20%, metoda Holtrop-Mannen nije primjenjiva. U tu skupinu spadaju modeli M-939 i M-940 i M-943.

Međutim, treba naglasiti da se veliko odstupanje rezultata (za čak 80-ak %) dobilo za model M-943. Taj model je na granici serije "Jelsa" s omjerima:

$$\frac{L_{WL}}{B} = 3,75$$

$$\frac{B_{WL}}{T} = 3,0$$

Analizom rezultata za ukupni otpor i efektivnu snagu primjećene su manje razlike oko osnovnog modela M-938 koje se prema granicama serije "Jelsa" povećavaju, što je i očekivano.

c) koeficijent upijanja t

Odstupanja rezultata oko osnovnog modela M-938 su uglavnom manja. Nešto veća odstupanja javljaju se kod pojedinih modela na granicama serije "Jelsa" i to kod modela M-939, M-940 i M-941. Najveće odstupanje je primjećeno kod modela M-939 (70%).

d) efektivno sustrujanje w

Vrijednosti sustrujanja dobivene metodom Holtrop-Mennen su značajno precijenjene za sve modele serije "Jelsa" i to prosječno za oko 35% .

Mogući razlog manjih vrijednosti sustrujanja serije "Jelsa" jest "Leptir forma" krme s krmenim bulbom koja je razvijena u Brodarskom institutu u Zagrebu posebno za brodove s ograničenim gazom tj. velikim omjerom širine i gaza broda.

Ta forma krme je izglađena po uzdužnicama, jer se strujanje oko forme odvija približno po tim krivuljama. Zakrivljenost strujnica se na taj način smanjuje, te ovakva forma krme rezultira ravnomjernijim rasporedom sustrujanja i većom brzinom strujanja vode u gornjem dijelu diska vijka. Srednje nominalno sustrujanje preko diska vijka je znatno manje nego što je to kod klasičnih formi.

Zbog velikih vrijednosti odstupanja metode Holtrop-Mennen i modelskih ispitivanja serije "Jelsa" za vrijednosti sustrujanja, izvršena je kontrola metode koristeći brodove :

M-1280 Aframax tanker
M-1263 tanker i
M-1269 car carrier

U tablici 7.1 prikazane su vrijednosti odstupanja metode Holtrop-Mennen i modelskog ispitivanja za efektivno sustrujanje w za gore navedene kontrolne brodove.

(Glavne značajke kontrolnih brodova i usporedba ostalih veličina dana je u PRILOGU I)

Tablica 7.1 Odstupanje dano u postotku (%) za efektivno sustrujanje w

	Holtrop-Mannen	modelska isp.	razlike (%)
M-1280	0,4798	0,4212	12,2
M-1263	0,4360	0,4556	-4,5
M-1269	0,2908	0,3068	-5,5

Vrijednosti odstupanja za dane brodove su zadovoljavajuće osim za M-1280 kod kojeg se pojavljuje nešto veće odstupanje.

M-1280 i M-1263 po svojim dimenzijama i značajkama su sličniji nekim hipotetičkim brodovima serije "Jelsa" nego model M-1296, te također imaju veće vrijednosti sustrujanja.

Međutim poklapanja s modelskim ispitivanjima su zadovoljavajuća, što dovodi do zaključka da je optimiziranje forme brodova serije "Jelsa" ("Leptir forma" krme s krmenim bulbom) dovelo do manjih vrijednosti sustrujanja dobivenih modelskim ispitivanjima, te je time uzrokovano veliko odstupanje od rezultata metode Holtrop-Mennen.

e) poriv T

Budući da poriv T direktno ovisi o ukupnom otporu R_T i koeficijentu upijanja t , vrijednosti odstupanja kod pojedinih modela su slične. Manja odstupanja se javljaju oko osnovnog modela M-938 koje se prema granicama serije "Jelsa" povećavaju.

Najveće odstupanje se javlja kod modela M-943 (oko 90%).

f) koeficijent prijelaza η_R

Relativna odstupanja kod svih modela su unutar 10% , s time da modeli oko osnovnog M-938 pokazuju manja odstupanja.

Model M-1125 s omjerima $\frac{L_{WL}}{B} = 4,625$ i $\frac{B}{T} = 3,5$ je jedini model gdje su za sve uspoređene vrijednosti dobivena zadovoljavajuća odstupanja.

7.1. OGRANIČENJA METODE HOLTROP-MENNEN

Modeli koji odstupaju, uglavnom odstupaju po jednom kriteriju od ukupno četiri:

1. $Fn > 0,65$

2. $C_p < 0,55$

$C_p > 0,85$

3. $B_{WL}/T < 2,1$

$B_{WL}/T > 4,0$

4. $L_{WL}/B < 3,9$

$L_{WL}/B < 14,9$

i to zbog ograničenja primjenjivosti metode Holtrop-Mennen na neke iznose omjera $\frac{L_{WL}}{B}$ i $\frac{B_{WL}}{T}$.

Ipak, metoda je primjenjena i na te modele. Analizom rezultata nije uočena ovisnost točnosti rezultata uspoređenih metoda o ograničenjima metode Holtrop-Mennen.

8. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazani su rezultati mjerenja modelskih ispitivanja serije "Jelsa" preračunatih za odgovarajuće hipotetičke brodove.

Serijska "Jelsa" je razvijena u Brodarskom institutu u Zagrebu u okviru projekta "Istraživanje optimalnih formi širokih brodova malog gaza".

Također je izrađen program za izračun otpora broda i propulzijskih značajki hipotetičkih brodova serije "Jelsa" prema statističkoj metodi Holtrop-Mennen. U pretprojektnoj fazi veliki broj projekatana koristi upravo ovu metodu za predviđanje hidrodinamičkih značajki broda, te je stoga zanimljivo provjeriti stupanj primjenjivosti ove metode na forme brodova velike širine i malog gaza.

Rezultati dobiveni temeljem modelskih ispitivanja, a preračunati prema metodi ITTC-1957 na hipotetičke brodove i rezultati dobiveni metodom Holtrop-Mennen su uspoređeni.

Analizom usporedbe može se konstatirati da je metoda Holtrop-Mennen primjenjiva za pune brodove velike širine i malog gaza uz zadržku, da ukoliko brod ima omjere $\frac{L_{WL}}{B}$ i $\frac{B_{WL}}{T}$ blizu graničnih vrijednosti serije "Jelsa", može se očekivati veće odstupanje.

Pokazalo se da metoda Holtrop-Mennen nije primjenjiva, radi velikog odstupanja u rezultatima metoda za određivanje otpora broda, za model M-943 čiji omjeri iznose $\frac{L_{WL}}{B} = 3,75$ i $\frac{B_{WL}}{T} = 3,0$.

To je model na granici serije "Jelsa"s nekarakterističnim omjerima za brodove tipičnih formi, te je stoga ovo odstupanje očekivano.

9. LITERATURA

- [1] Istraživanje optimalnih formi širokih brodova malog gaza, Interni izvještaj, Brodarski institut, Zagreb, 1990.
- [2] Hadžić, N., Određivanje faktora forme serije punih brodova velike širine i malog gaza, Završni projekt, Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2007, p. 123.
- [3] Holtrop, J. and Mennen, G.G.J., 'A statistical power prediction method' , International Shipbuilding Progress, Vol.25, October 1978.
- [4] Holtrop, J. and Mennen, G.G.J., 'An approximate power prediction method' , International Shipbuilding Progress, Vol.29, July 1982.
- [5] Holtrop, J. 'A statistical re-analysis of resistance and propulsion data' , International Shipbuilding Progress

PRILOG I

KONTROLA METODE HOLTROP-MENNEN

Brodovi koji služe kao kontrola metode Holtrop-Mennen su:

M-1280 Aframax tanker

M-1263 tanker

M-1269 car carrier

Tablica I. 1 Glavne značajke i dimenzije kontrolnih brodova, puno opterećenje

	M-1280	M-1263	M-1269
L_{WL} [m]	246,00	164,47	200,96
B [m]	42,00	26,40	32,26
T [m]	13,5	9,0	9,4
T_A [m]	13,5	9,0	9,4
T_F [m]	13,5	9,0	9,4
V [m ³]	110025	30556	38861
C_B	0,822	0,800	0,651
C_M	0,996	0,994	0,988
C_P	0,825	0,805	0,659
C_W	0,881	0,871	0,799
lcb [% L_{pp}]	2,325	1,559	-0,520
L_{WL} / B_{WL}	5,86	6,23	6,23
B_{WL} / T	3,11	2,93	3,43

Tablica I. 2 Značajke vijaka kontrolnih brodova

	M-1280	M-1263	M-1269
D [m]	6,881	5,15	7,12
A_E / A_0	0,525	0,587	0,595

Usporedbe vrijednosti dobivenih modelskim ispitivanjima i metodom Holtrop-Mennen dane su u slijedećim tablicama:

Tablica I. 3 Tablica usporedbe za M-1280 pri brzini $v=15$ čv ($Fn =1,571$)

M-1280	Holtrop-Mannen	modelska isp.	razlike (%)
R_T	1065,7	927,6	13,0
P_E	8222,8	7157	13,0
t	0,2132	0,2089	2,0
w	0,4798	0,4212	12,2
η_R	1,0186	1,0142	0,4

Tablica I. 4 Tablica usporedbe za M-1263 pri brzini $v= 15$ čv ($Fn =0,1921$)

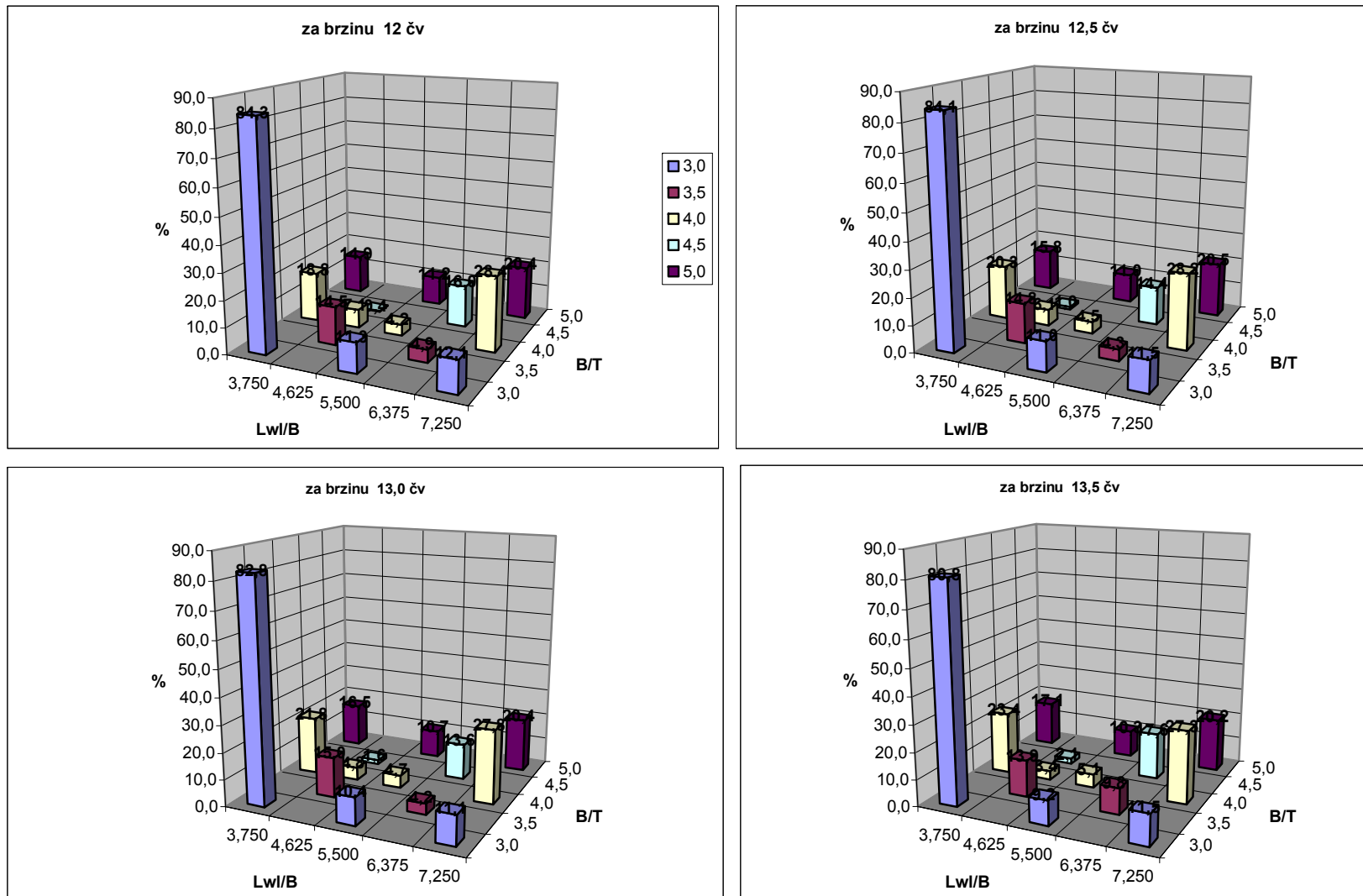
M-1263	Holtrop-Mannen	modelska isp.	razlike (%)
R_T	567,1	507	10,6
P_E	4375,5	3912	10,6
t	0,2015	0,2083	-3,4
w	0,4360	0,4556	-4,5
η_R	1,0146	0,9663	4,8

Tablica I. 5 Tablica usporedbe za M-1269 pri brzini $v= 15$ čv ($Fn =0,2443$)

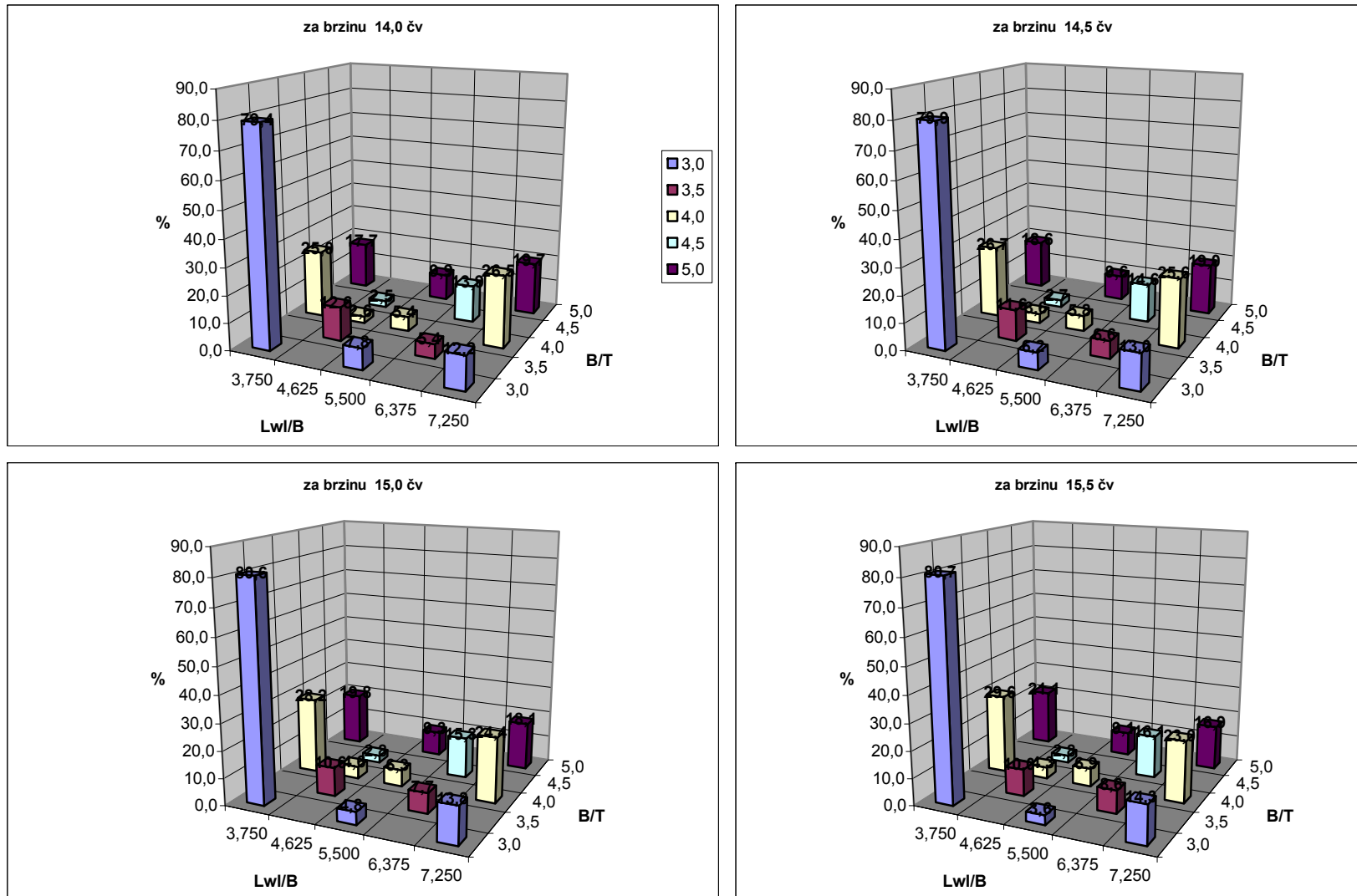
M-1269	Holtrop-Mannen	modelska isp.	razlike (%)
R_T	567,1	507	10,59
P_E	4375,5	3912	10,59
t	0,2015	0,2083	-3,37
w	0,4360	0,4556	-4,49
η_R	1,0146	0,9663	4,77

PRILOG II

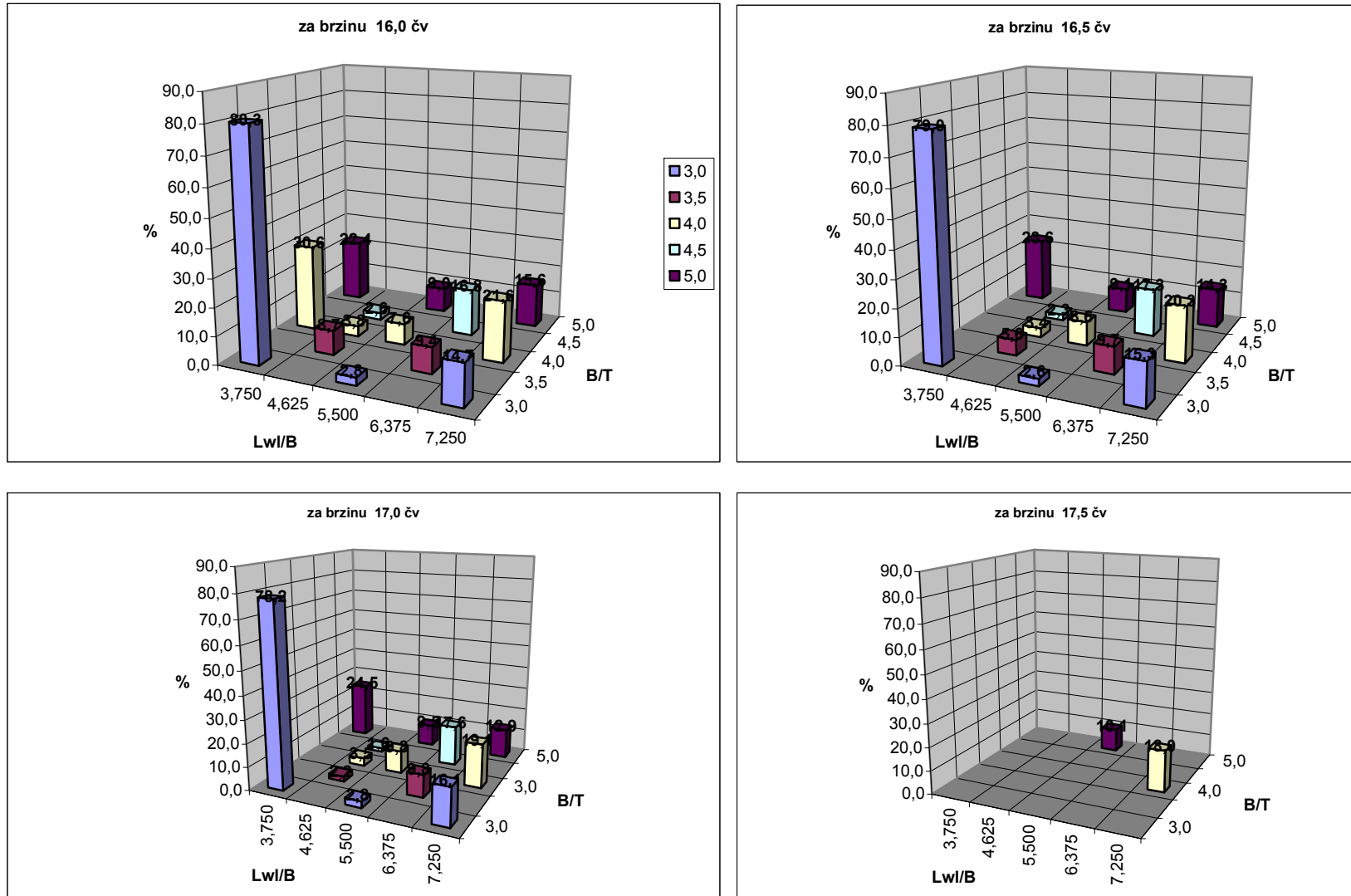
Slika II.1 3-D prikaz odstupanja metoda (%) za ukupni otpor R_T i efektivnu snagu P_E za određene brzine v



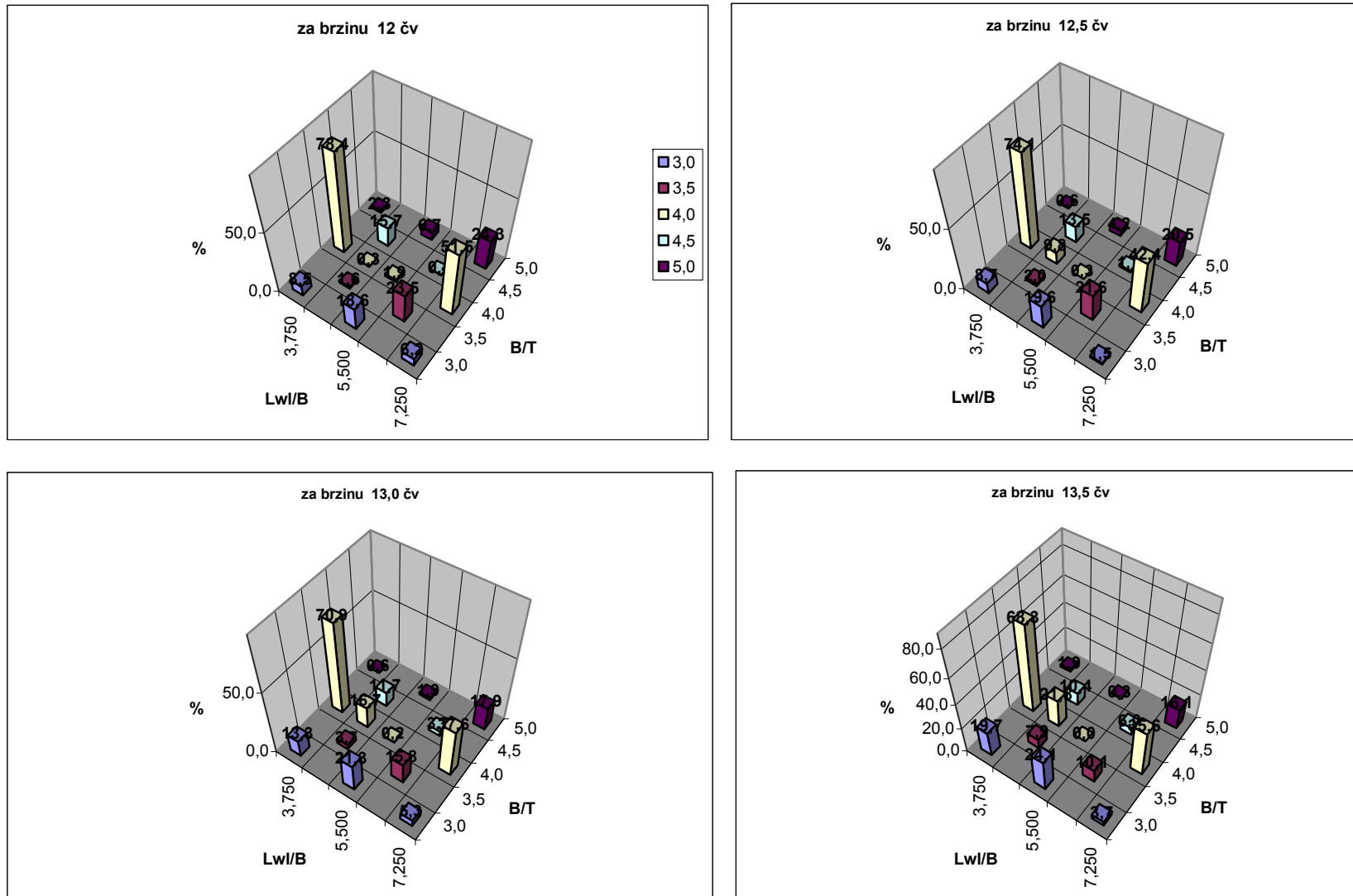
Slika II.2 3-D prikaz odstupanja metoda (%) za ukupni otpor R_T i efektivnu snagu P_E za određene brzine v



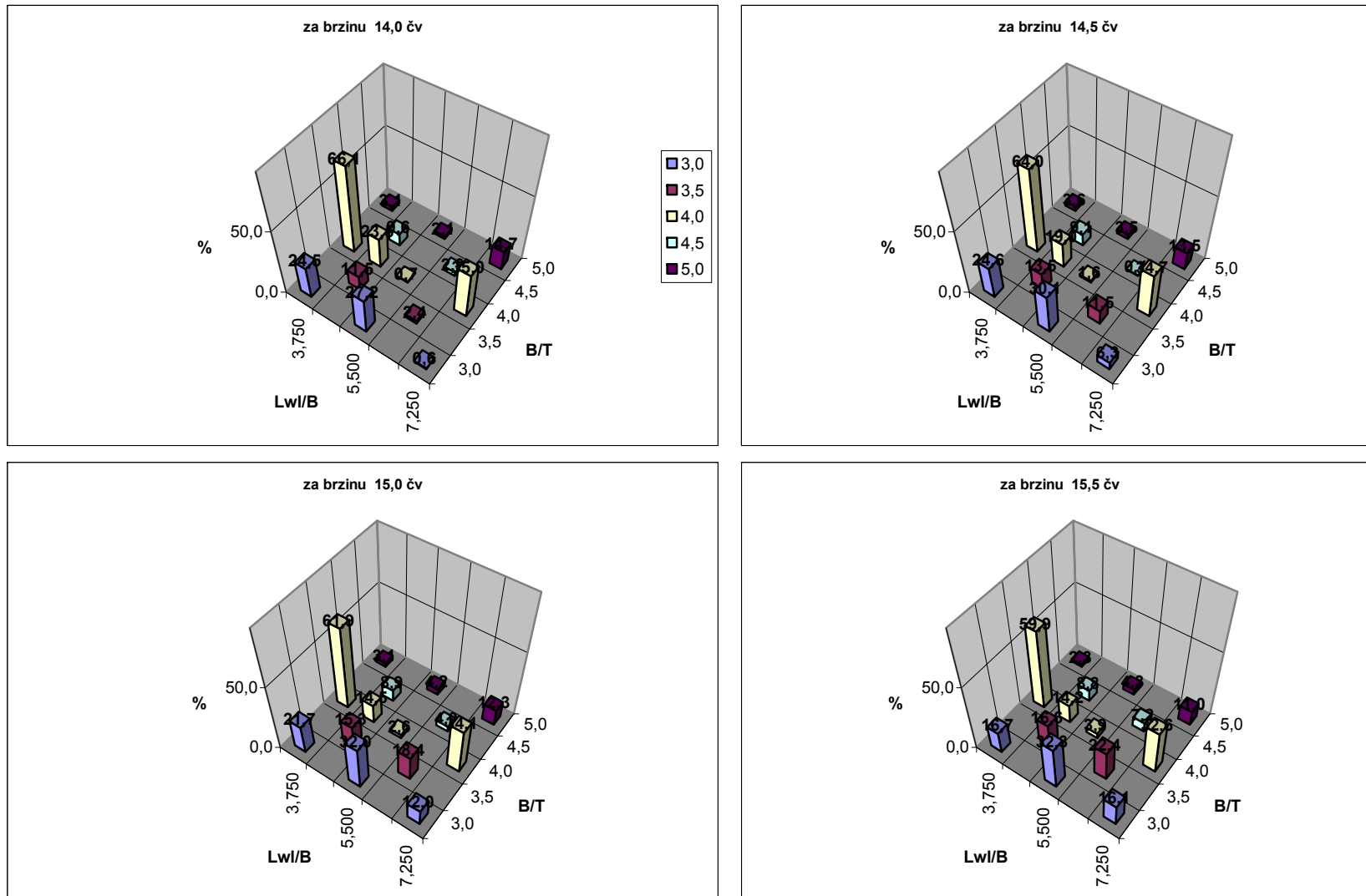
Slika II.3 3-D prikaz odstupanja metoda (%) za ukupni otpor R_T i efektivnu snagu P_E za određene brzine v



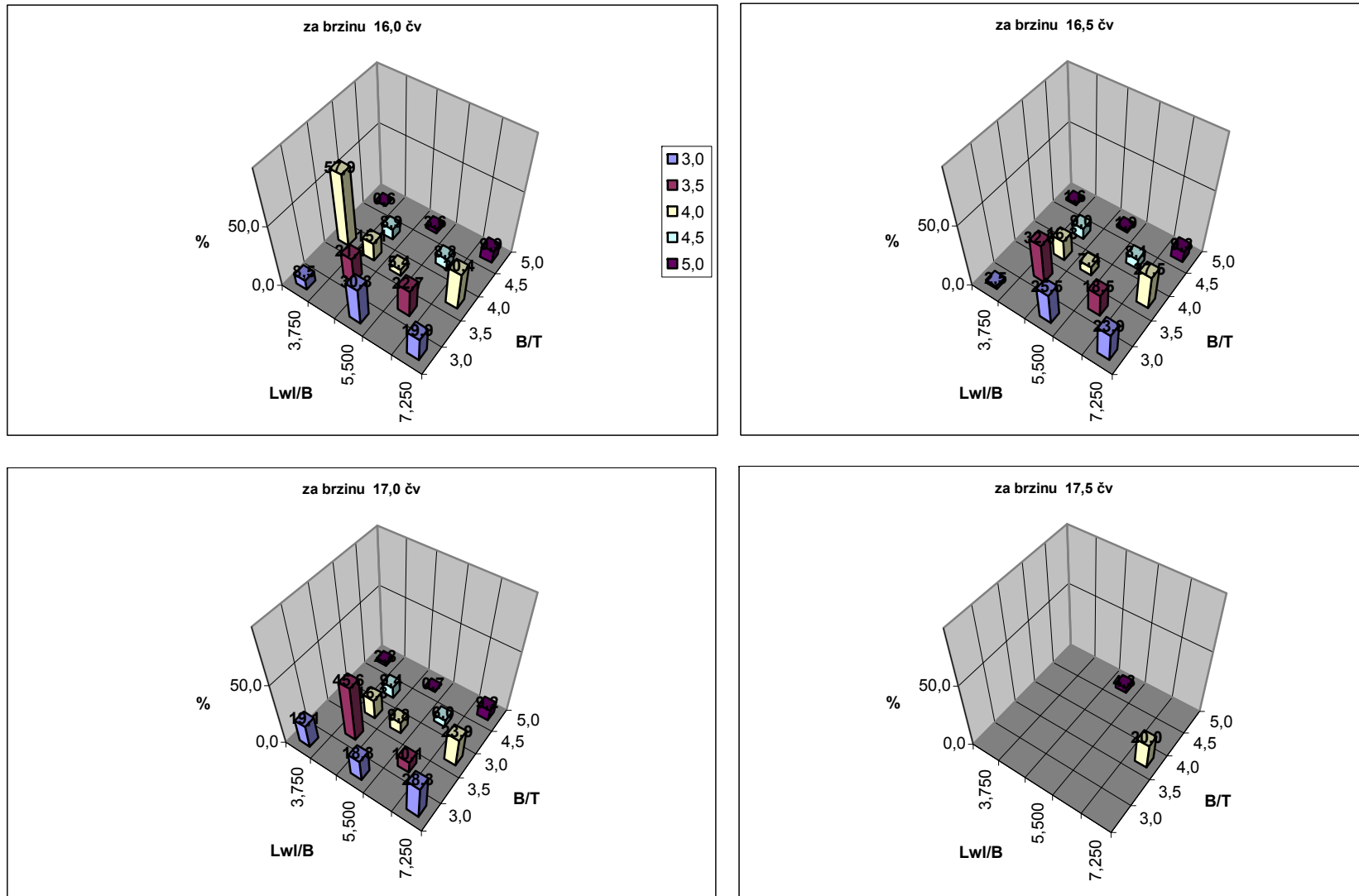
Slika II.4 3-D prikaz odstupanja metoda (%) za koeficijente upijanja t za određene brzine v



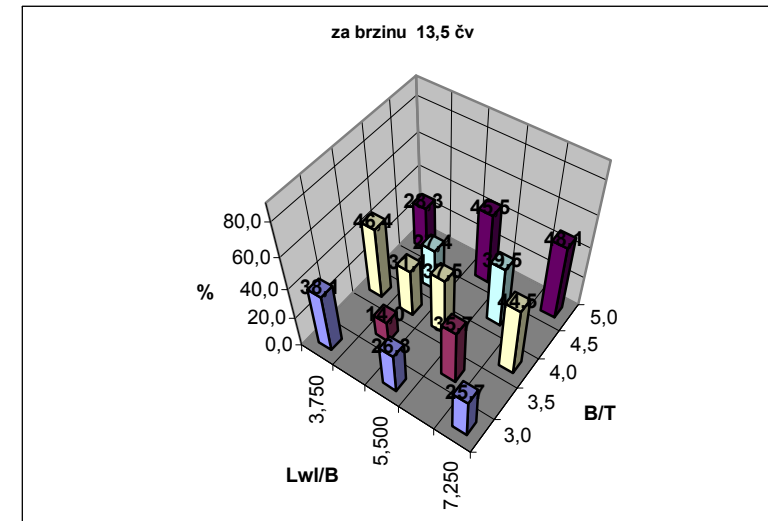
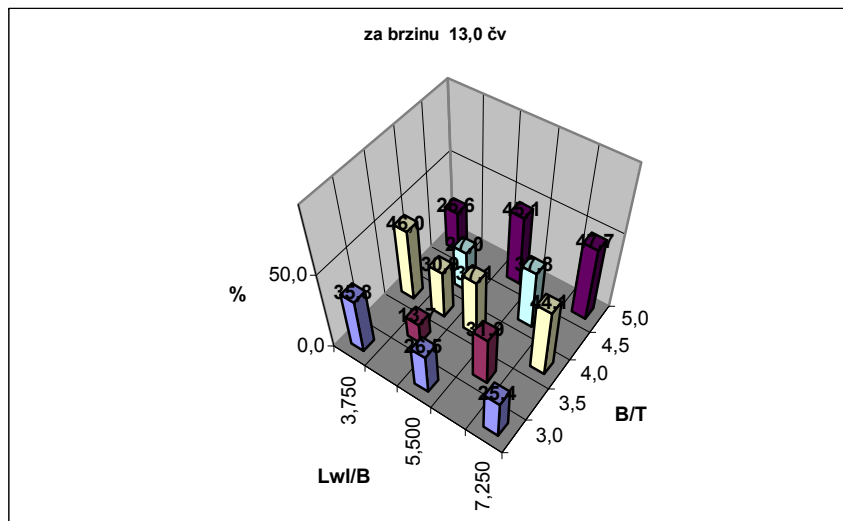
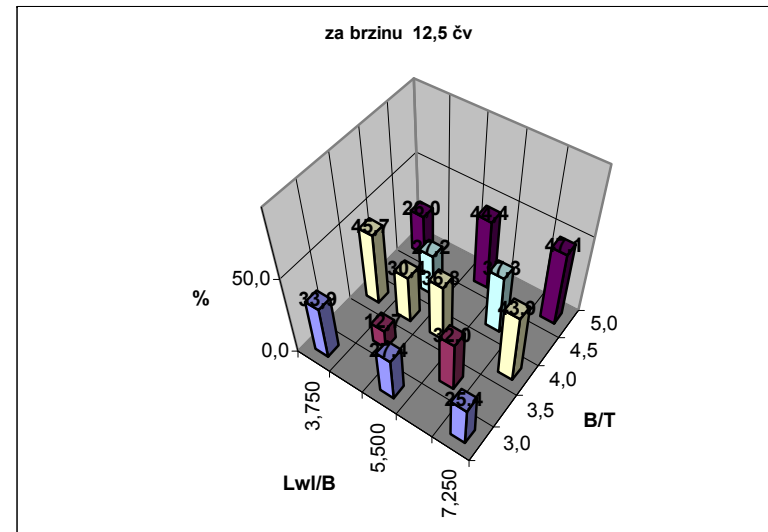
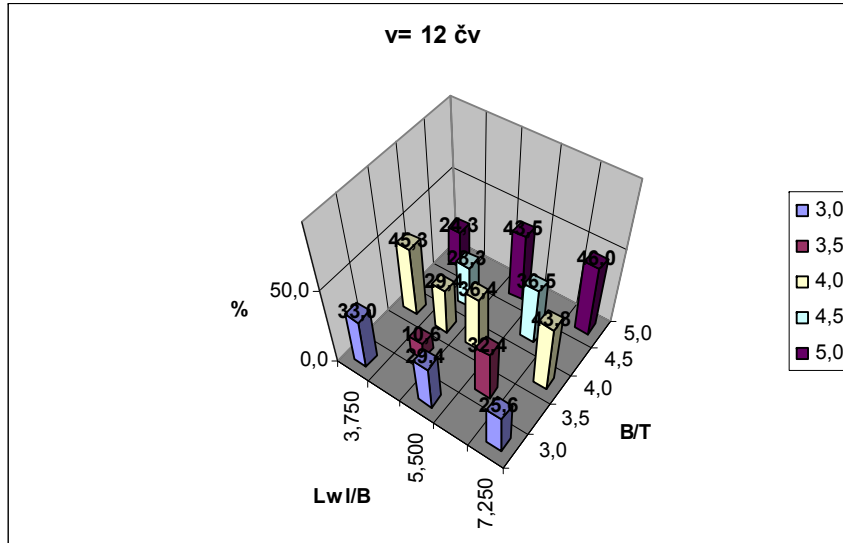
Slika II.5 3-D prikaz odstupanja metoda (%) za koeficijente upijanja t za određene brzine v



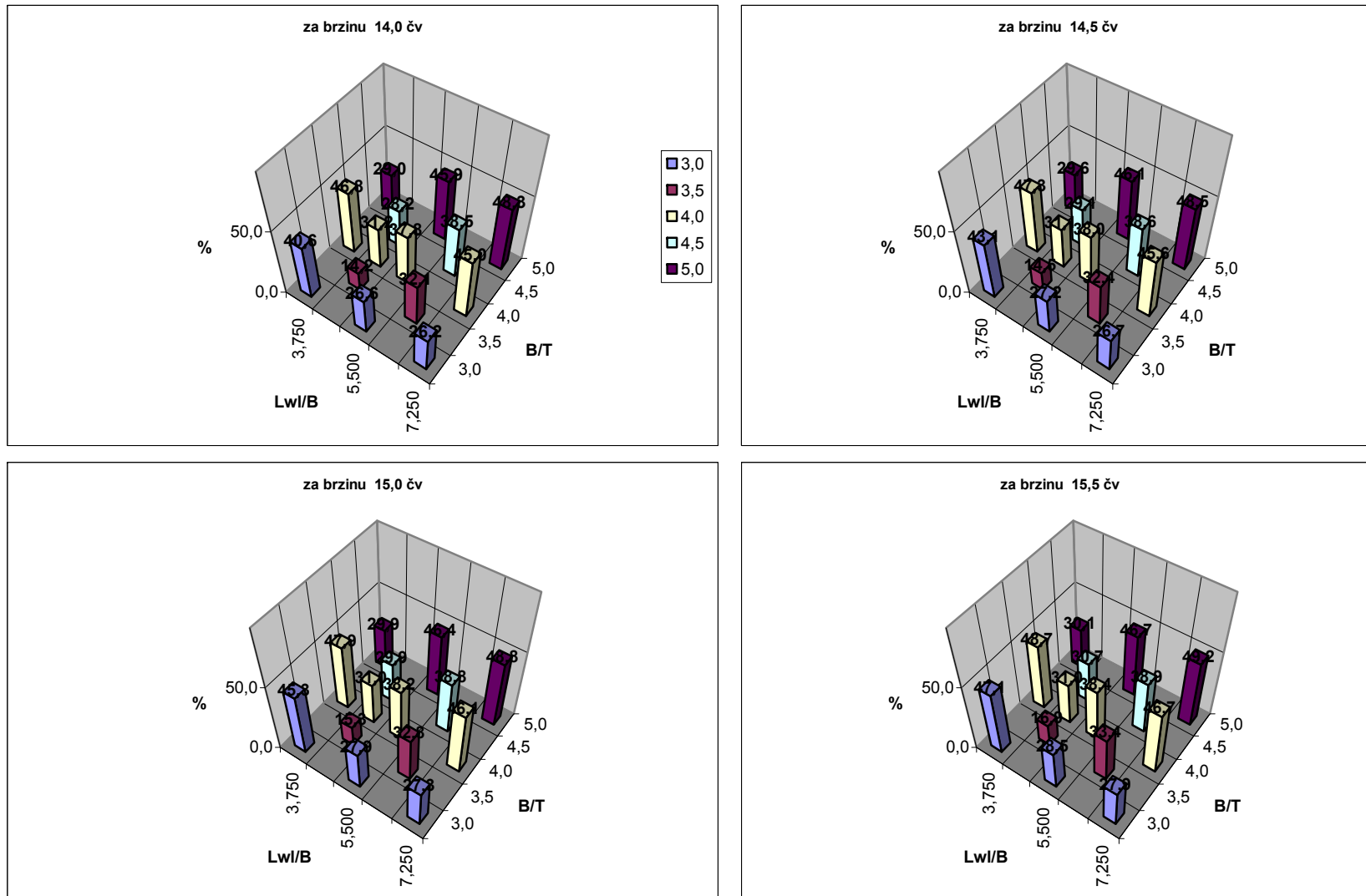
Slika II.6 3-D prikaz odstupanja metoda (%) za koeficijente upijanja t za određene brzine v



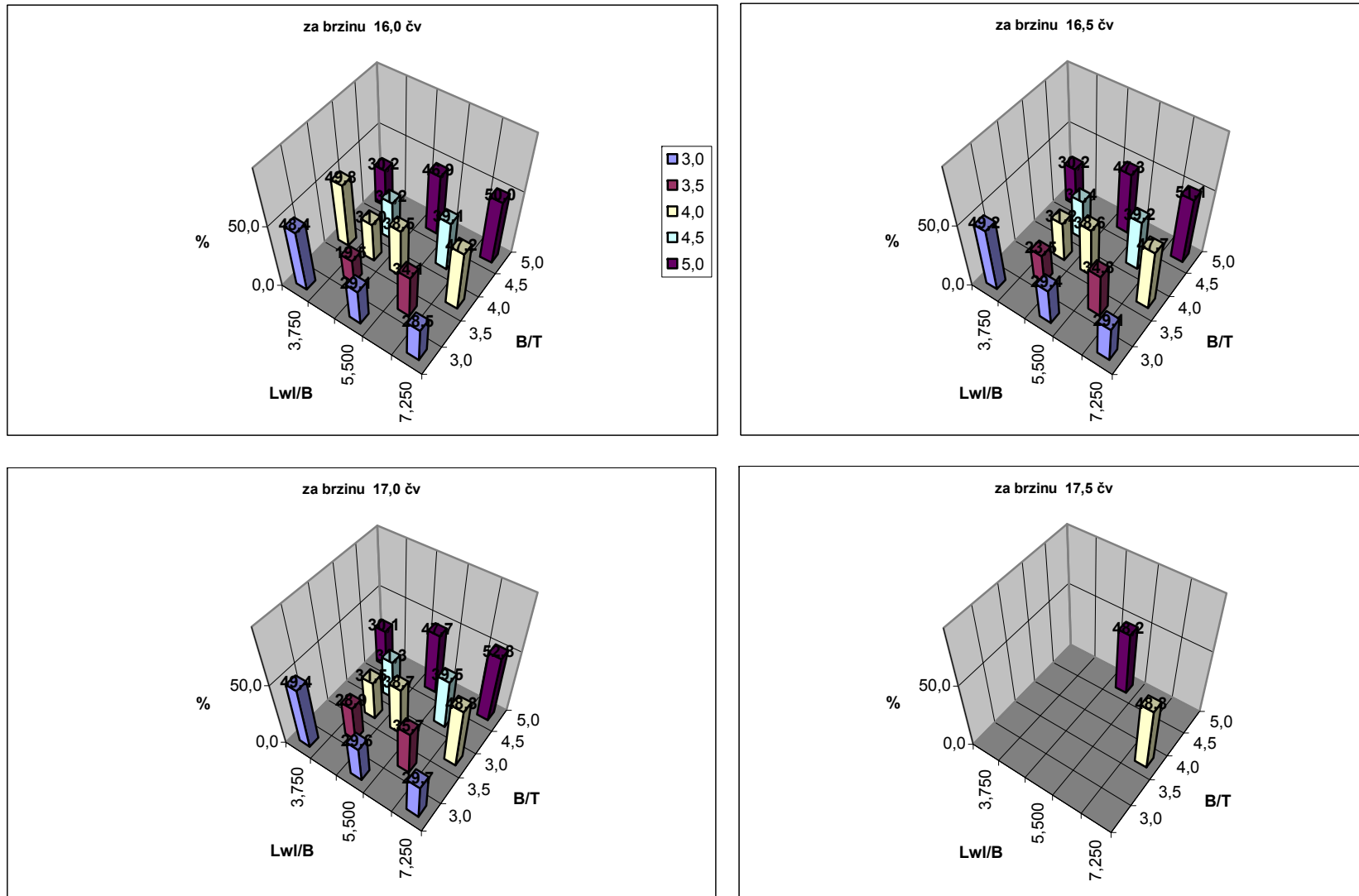
Slika II.7 3-D prikaz odstupanja metoda (%) za sustrujanje w za određene brzine v



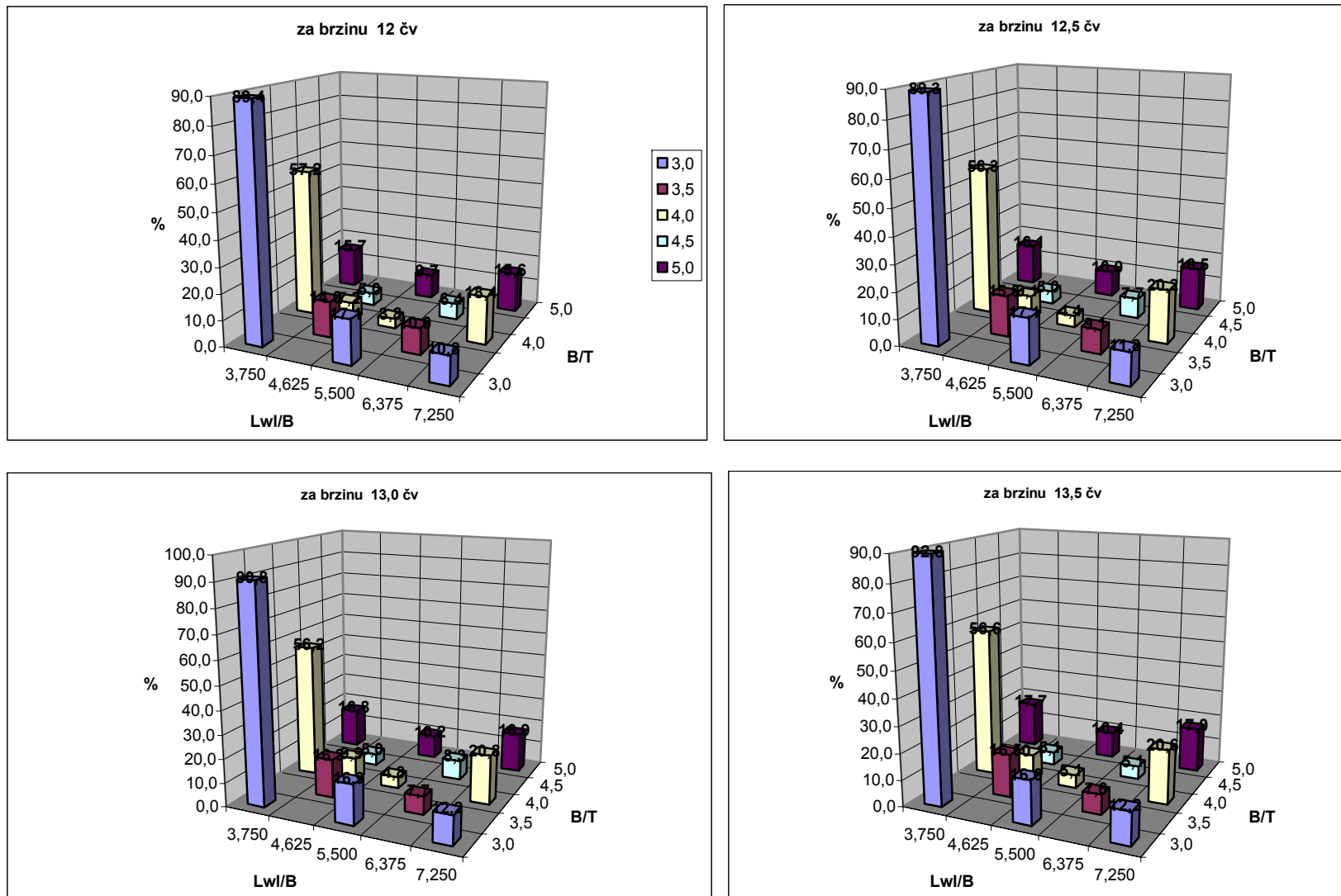
Slika II.8 3-D prikaz odstupanja metoda (%) za sustrujanje w za određene brzine v



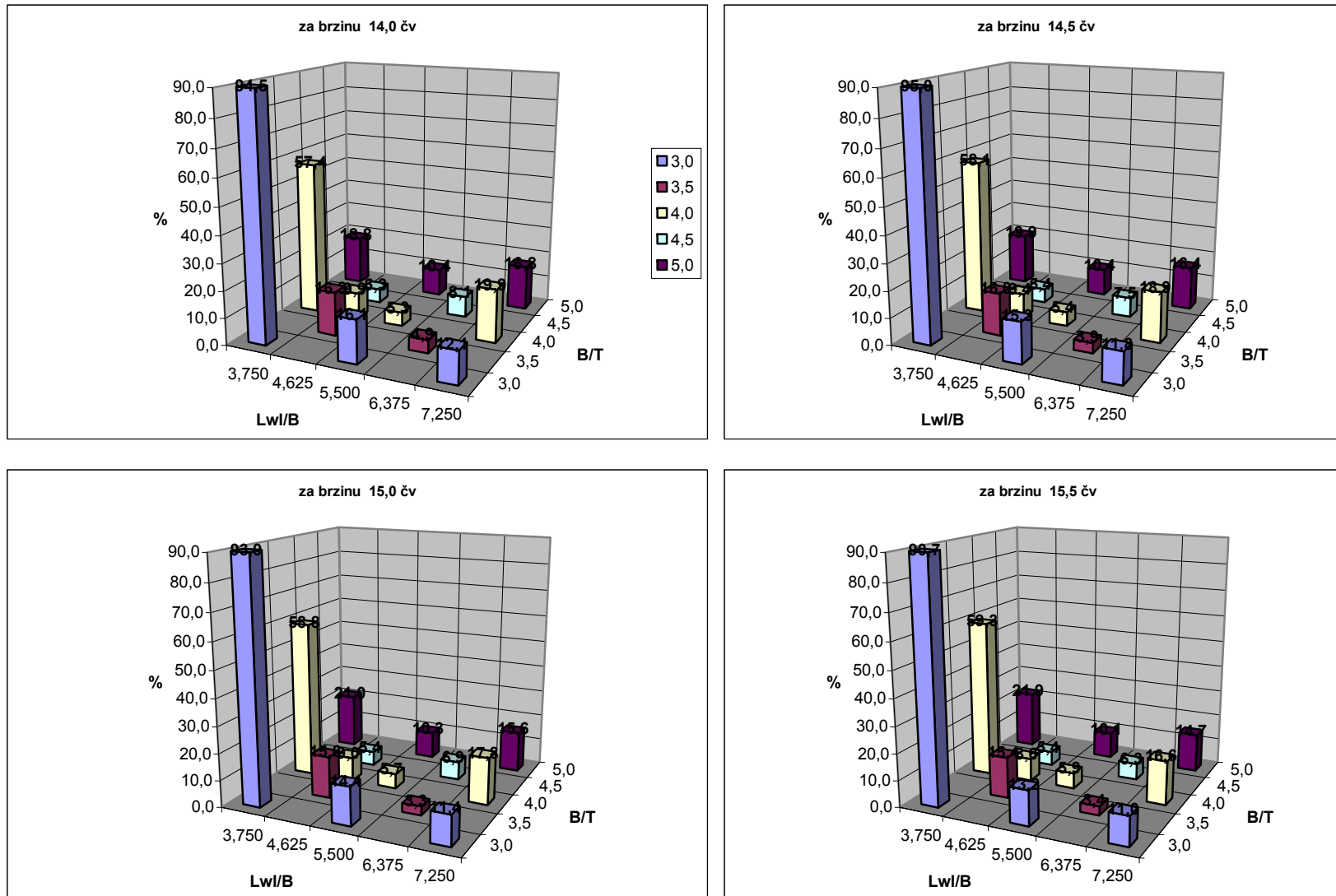
Slika II.9 3-D prikaz odstupanja metoda (%) za sustrujanje w za određene brzine v



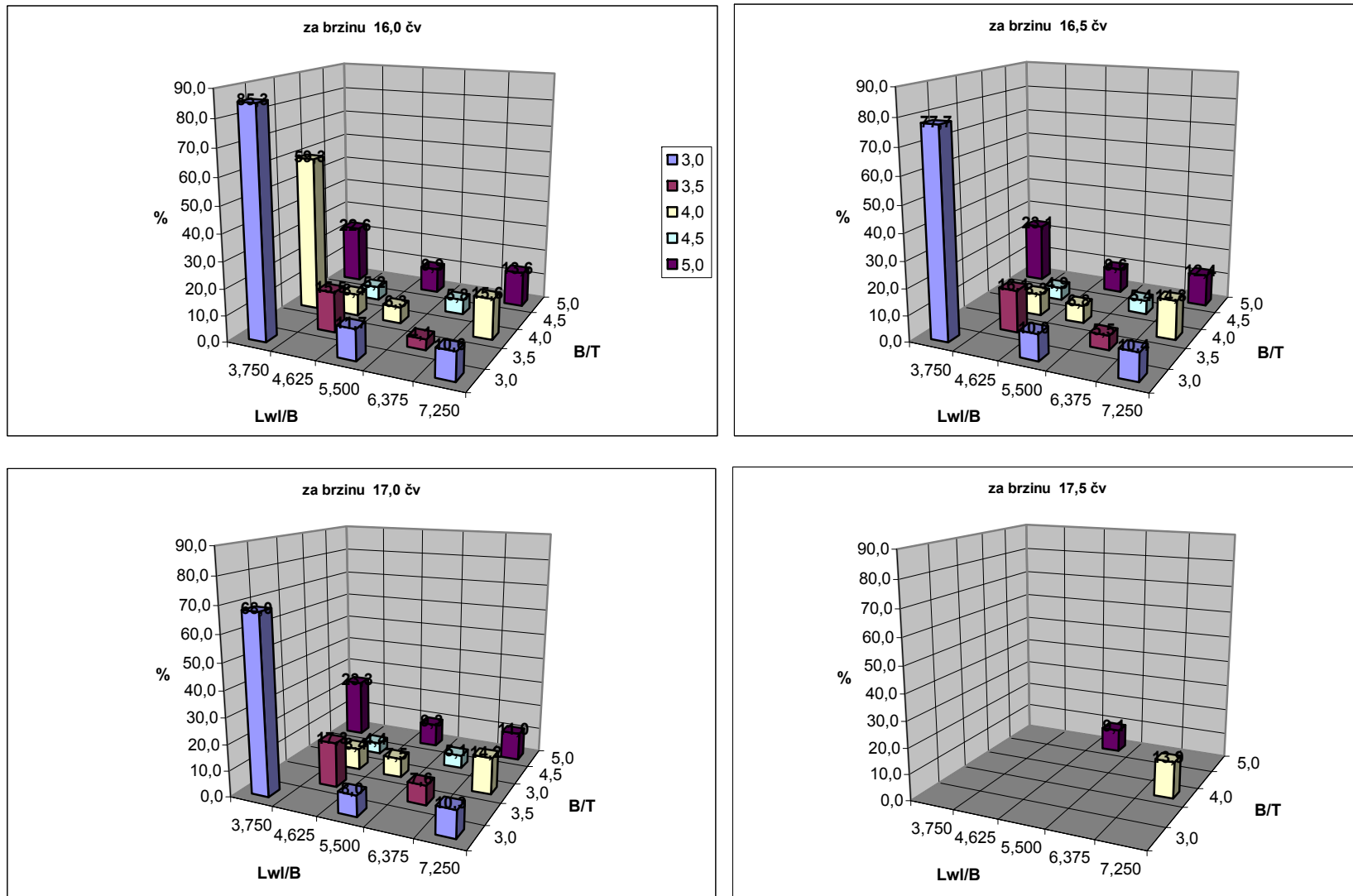
Slika II.10 3-D prikaz odstupanja metoda (%) za poriv T za određene brzine v



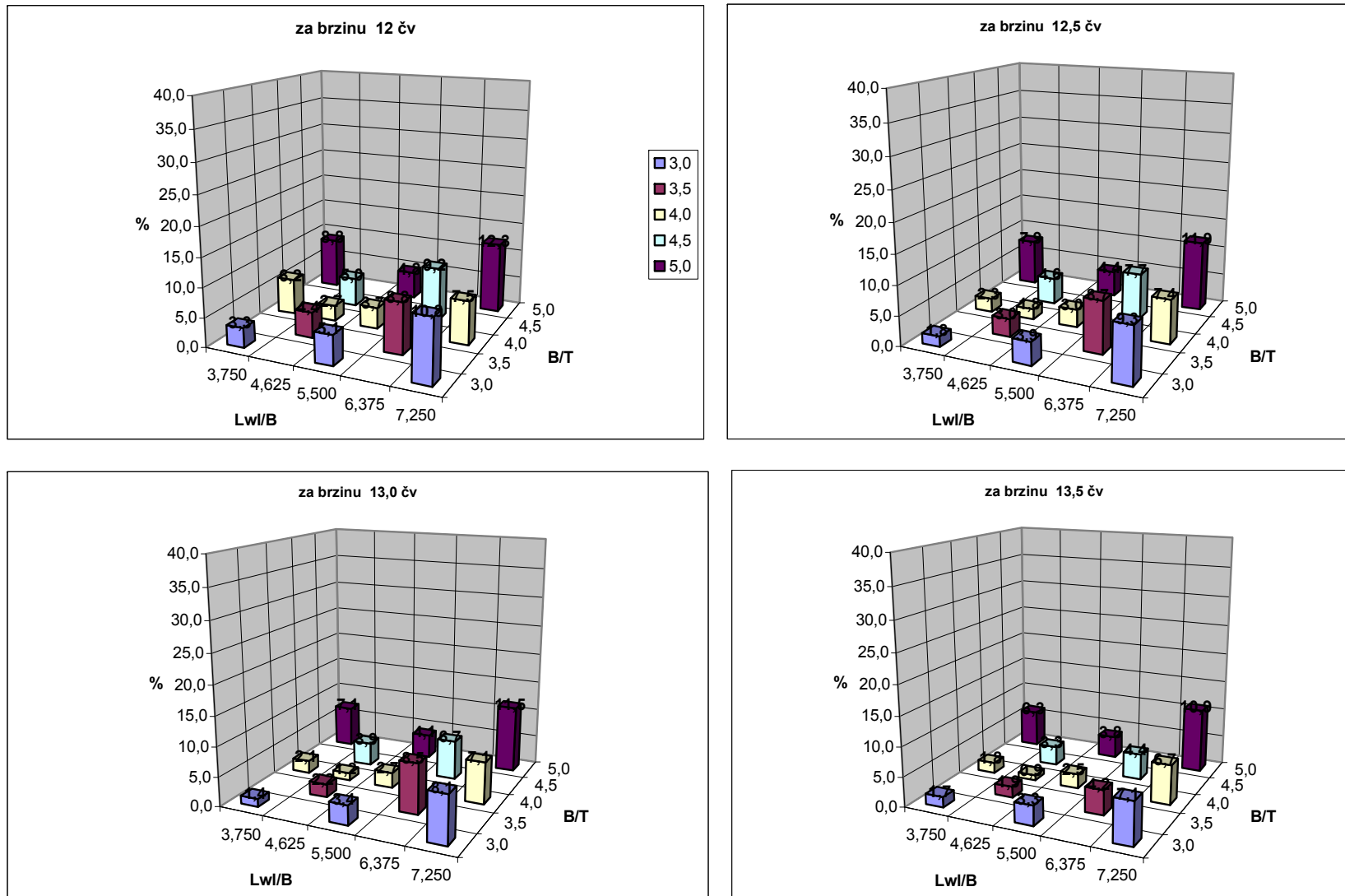
Slika II.11 3-D prikaz odstupanja metoda (%) za poriv T za određene brzine v



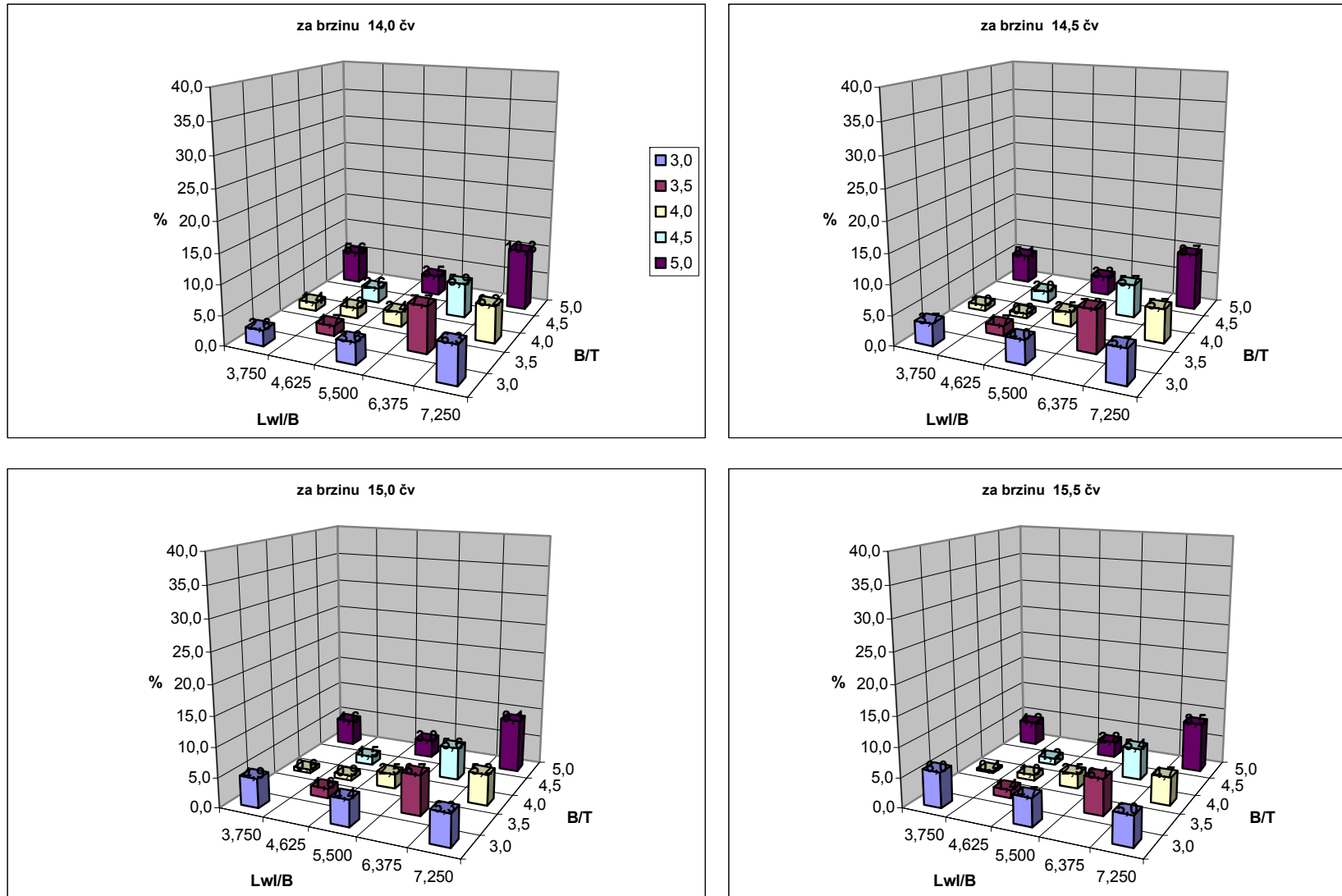
Slika II.12 3-D prikaz odstupanja metoda (%) za poriv T za određene brzine v



Slika II.13 3-D prikaz odstupanja metoda (%) za koeficijent prijelaza η_R za određene brzine v



Slika II. 14 3-D prikaz odstupanja metoda (%) za koeficijent prijelaza η_R za određene brzine v



Slika II. 15 3-D prikaz odstupanja metoda (%) za koeficijent prijelaza η_R za određene brzine v

