

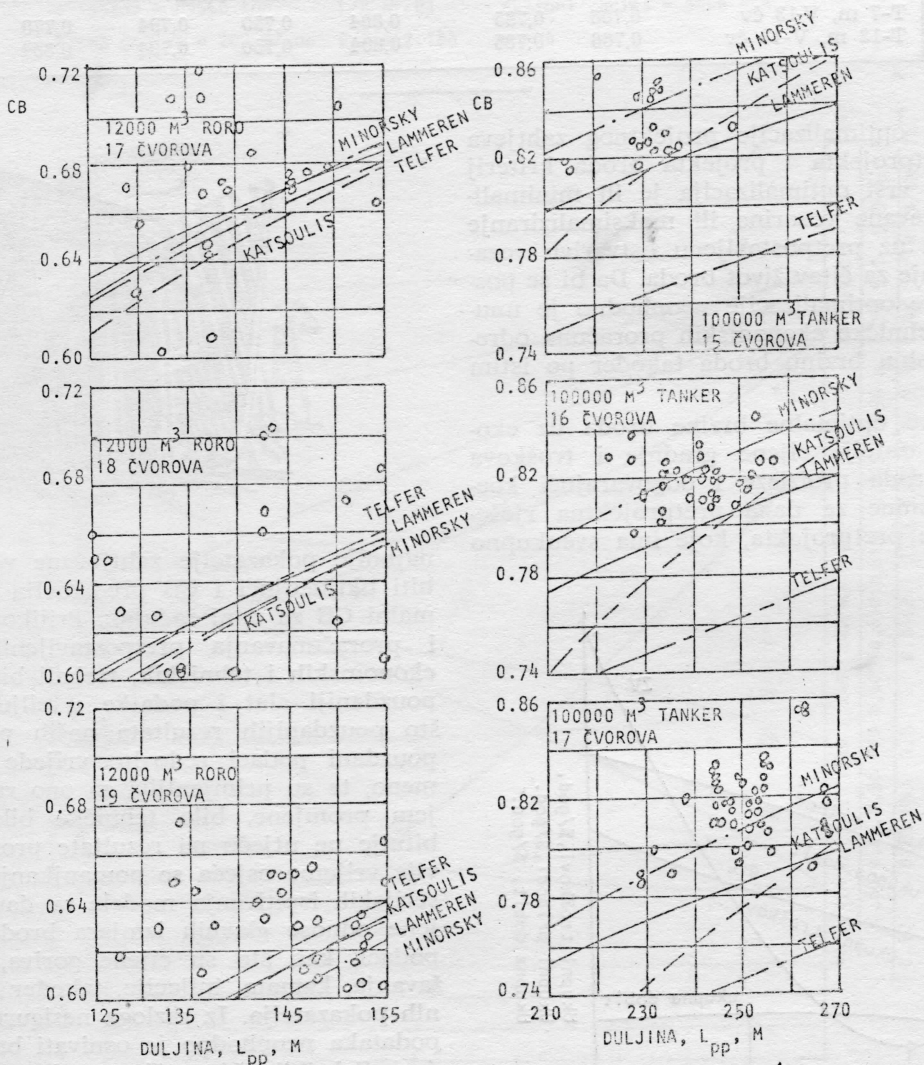
Suvremeni izbor koeficijenta istisnine „CB“ u pretprojektu broda*

SAŽETAK

Dosadašnji klasični izbor koeficijenta istisnine CB za pretprojekt odnosno projekt broda obuhvaćao je korištenje poznatih formula, koje su se temeljile na izgrađenim brodovima, te na analizi i otkrivanju zakonitosti promjena CB s obzirom na manji ili veći broj značajki broda. Razvojem brodogradnje formule su se sve više usavršavale, ali su i pokazivale promjenljivost CB s obzirom na razdoblje stvaranja pojedinih formula. Za današnje razdoblje preporuča se izbor CB isključivo na ekonomskim temeljima tj. ili po kriteriju minimalne zahtjevane vozarine ili po kriteriju maksimalne dobiti. Preporuča se postupak za izbor CB i to za srednje uvjete službe u sredini

razdoblja života broda. Ovakvim postupkom osigurava se ostvarivanje optimalnog CB usklađenog sa svim ostalim optimalnim značajkama projekta a koji će se nalaziti najdulje vremena u životu broda blizu poželjnog optimuma. Ovaj optimum će se ostvariti razumljivo samo uz uvjet da su ekonomske i tehničke veličine pretpostavljene u pretprojektu ostvarene i u životu broda. Jednim primjerom će se pokazati razlike u izboru CB između klasične i moderne metode.

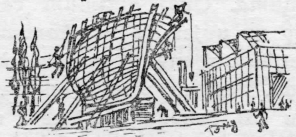
* Koeficijent istisnine CB je omjer volumena što ga istisne trup broda naprama volumenu kvadra, stranice kojega su: najveća širina broda (B), srednji gaz broda (I) i duljina broda između okomica (L_{pp}).



Dijagram 1: Brodovi RoRo ispitani u SSPA od 6000-18000 M³ istisnine, svedeni po izmjerama i istisnini na 12000 M³

Dijagram 2: Tankeri ispitani u SSPA od 50000-150000 M³ istisnine svedeni po izmjerama i istisnini na 100000 M³

U dosadašnjoj praksi osnivanja broda koeficijent istisnine CB dugo godina se pratio i analizirao prema izvedenim brodovima. Praćenje odnosno analiziranje koeficijenta CB vršilo se povremeno od većeg broja autora koji su svoje rezultate rada redovito pretvarali u formule, kojima se omogućavalo proračunavanje koeficijenta istisnine za novi projekt. Proračunavanjem CB na temelju ovih formula projektanti su se osiguravali da su izbor CB za novi projekt izvršili u granicama CB do tada izgrađenih brodova.

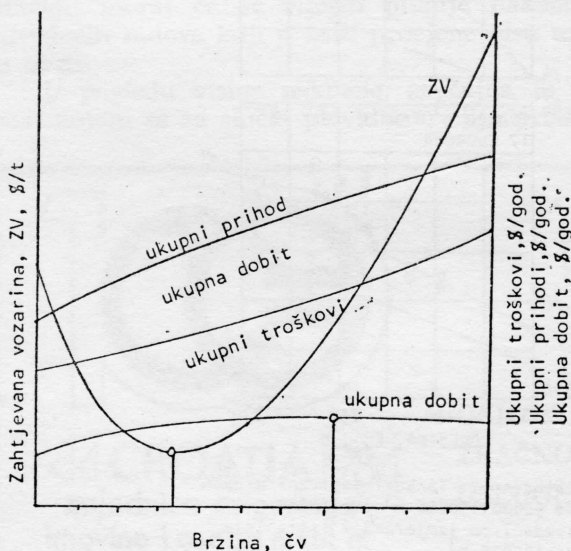


Tablica 1 Usporedba vrijednosti CB prema različitim formulama

	Ayre	Lammeren	Minorsky	Telfer	Sebit	Katsoulis
Za brod Lbp-150 m, B=20 m	oko 1938	oko 1948	oko 1955	oko 1950	oko 1972	oko 1975
T-7 m, V-13 čv	0,766	0,785	0,804	0,750	0,794	0,778
T-12 m, V-13 čv	0,766	0,785	0,804	0,750	0,794	0,854

Prilikom optimalizacije projektnog zahtjeva odnosno preprojekta i projekta broda kriterij po kome se vrši optimalizacija je ili minimaliziranje zahtjevane vozarine ili maksimaliziranje dobiti broda uz pretpostavljenu ostvarivu vozarinu i to oboje za čitav život broda. Da bi se postigao cilj ove optimalizacije neophodno je unutar ostalih tehničko ekonomskih proračuna odrediti i optimalnu brzinu broda također po istim kriterijima.

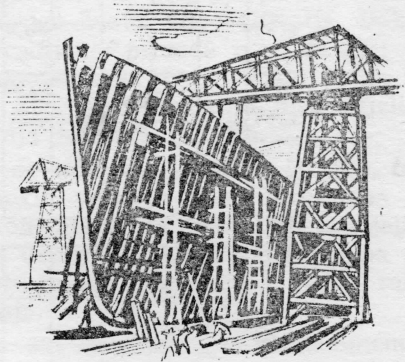
Iz ovakve optimalne brzine broda uz ekonomske pokazatelje cijene gradnje i troškova korištenja broda proizlaze i odgovarajući koeficijenti istisnine za dana preprojektna rješenja. Rješenje preprojekta, koje ima sveukupno



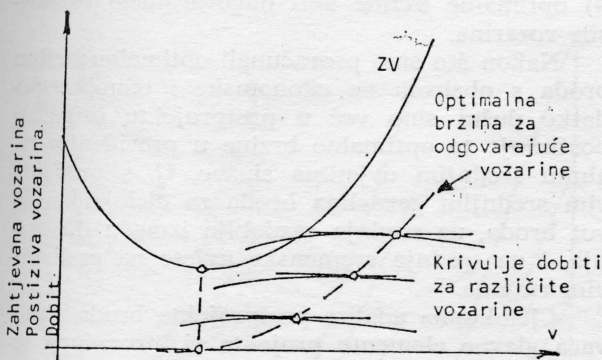
Dijagram 3

U razdoblju od 50-tak godina saznanja iz brodske hidrodinamike i propulzije, te porast vozarina za određene terete, razvoj novih tipova brodova utjecalo je na postupnu promjenu apsolutnih vrijednosti CB.

Prema ovom razmatranju promjena, koje su se događale u predlaganim vrijednostima CB od pojedinih autora, možemo zaključiti da je praktički svaki autor predstavljao pogled na određeno vremensko razdoblje, koje je obrađivao i ujedno predstavljao brodove tog razdoblja. U tablici 1 dana je usporedba vrijednosti CB proračunata prema različitim formulama kako je izneseno u ref. (1) odnosno u dijagramima 1 i 2 za karakteristična dva tipa broda, krivulje promjene CB prema istim autorima kako je navedeno u ref. (2).



najbolje pokazatelje zahtjevane vozarine ili dobiti uključujući i CB predstavlja ujedno i optimalni CB za dani zadatak. Prilikom određivanja i proračunavanja pretpostavljenih vrijednosti, ekonomskih i tehničkih, trebali bismo imati što pouzdaniji alat i podatke u cilju osiguravanja što pouzdanijih rezultata naših proračuna. Ovi pouzdani podaci redovito vrijede samo privremeno, te su primjenjivi za ono razdoblje u kojem promjene, bilo tehničke bilo ekonomske, bitnije ne utječu na rezultate proračuna. U novije vrijeme osjeća se pomanjkanje razrađenijih serijskih ispitivanja modela za današnje uobičajene odnose glavnih izmjera broda. Ekonomski podaci, kao što su cijene goriva, posade, održavanja, kamata, inflacije, također nemaju sigurnih pokazatelja. Iz razloga nesigurnosti prednjih podataka neophodno je osnivati brod sa što većom fleksibilnošću režima rada prilikom njegovog korištenja, i stalno dopunjavati metode proračuna kao i podatke s kojima se vrši proračun s modernijim i savršenijim podacima i metodama. Prema do sada navedenom, postupak za iz-



Dijagram 4

bor optimalnog CB razlikovao bi se od dosadašnjih postupaka određivanja prema poznatim formulama (Van Lammeren, Ayre, Minorsky, Telfer, Sabit, Katsoulis); i preporukama A. Wiliamsa, na način da se predlaže slijedeći postupak.

U projektnom zahtjevu broda neophodno je proračunati iz realnih predviđanja optimalnu br-

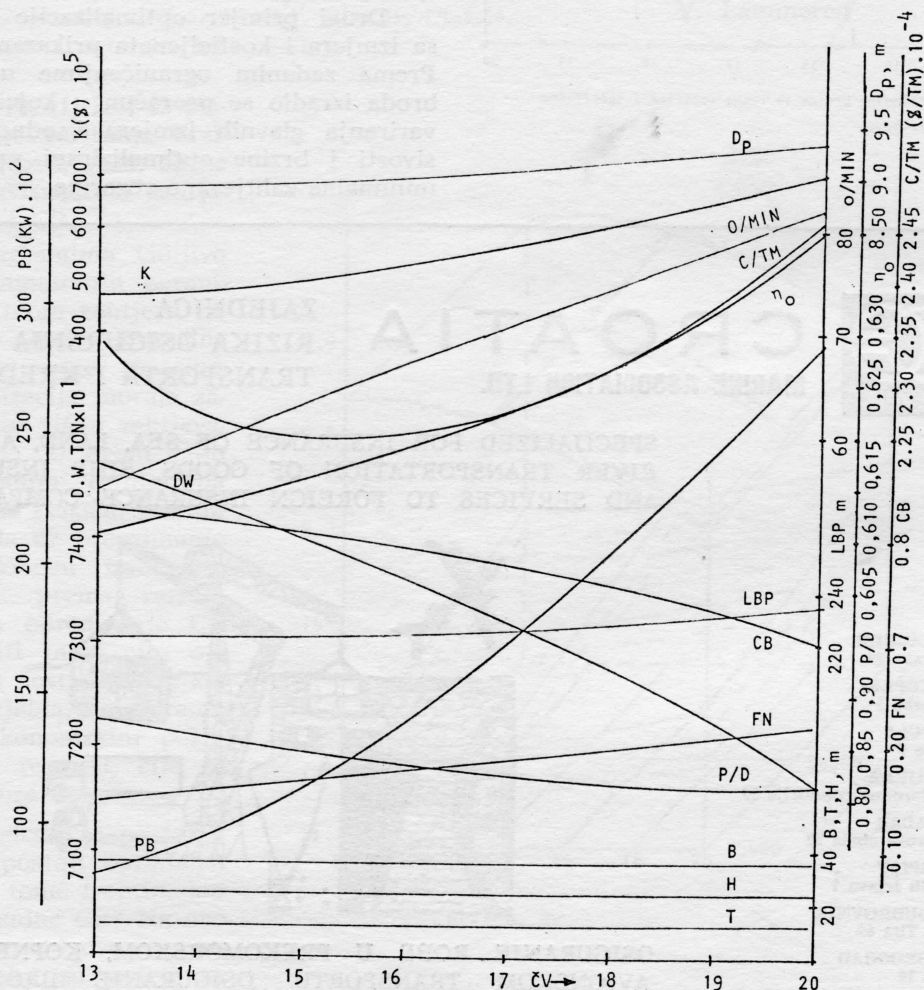
zinu broda u jednom slučaju za minimalnu zahtjevanu vozarinu, a u drugom slučaju za apsolutnu netto dobit, vidi dijagram 3 iz ref. (3)

Zbog nemogućnosti predviđanja jedne pozitive vozarine za čitav život broda preporuča se izvesti proračun optimalne brzine za maksimalne i minimalne predvidive vozarine, vidi dijagram 4 iz ref. (3)

Na taj se način izborom maksimalne i minimalne brzine broda, koje odgovaraju maksimalnim odnosno minimalnim predvidivim vozarinama uvjetuje izbor propulzionog rješenja broda, čijom se fleksibilnošću također optimalizira projekt broda. Optimalizacija se na ovaj način podrazumijeva pokrivanjem što šireg područja zahtjevnih odgovarajućih brzina uz što veću moguću dobit.

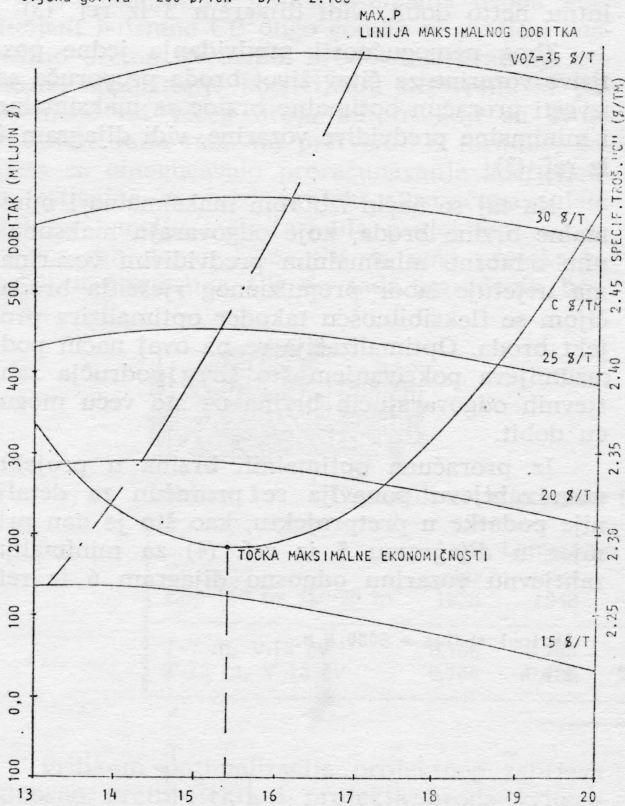
Iz proračuna optimalnih brzina u projektnom zahtjevu ponavlja se proračun za detaljnije podatke u pretprojektu, kao što je dan primjer u dijagramu 5 iz ref. (4) za minimalnu zahtjevnu vozarinu odnosno dijagram 6 iz ref.

Istisnina = 89560 ton L/B = 6,81 Akcioni radius = 5000 N.M.
 Cijena goriva = 200 \$/ton B/T = 2.188 z = 4



Dijagram 5 Optimalna brzina broda

Istisnina = 89562 RON L/B=6,81 Akcioni radius = 5000 N.M.
 Cijena goriva = 260 $\%$ /TON B/T = 2.188



Dijagram 6. Optimalne brzine za razne vozarine i specifične troškove

(4) optimalne brzine kod odgovarajućih ostvarenih vozarina.

Nakon što smo proračunali optimalnu brzinu broda s obzirom na ekonomske i tehničke podatke dužni smo već u pretprojektu osigurati postizanje te optimalne brzine u previđenim realnim srednjim uvjetima službe, tj. s predviđenim srednjim gazovima broda za cjelokupan život broda, uz srednja razdoblja između dokovanja, i uz srednje vremenske uvjete na predviđenim rutama.

Cjelokupna analiza pretprojekta broda obuhvaća glavne elemente projekta tj. proračuna težine praznog opremljenog broda, te potrebne snage za zadanu brzinu. Optimizacijskim postupkom treba izabrati ono projektno rješenje koje daje minimalnu zahtjevanu vozarinu odnosno maksimalnu dobit. Primjer ovakvog optimizacijskog postupka prikazan je na dijagramima 7 i 8 iz ref. (3) u kojima se daju rezultati CB za razne odnose L/B, te razne brzine i istisnine, a za jedan B/T i T/D u dijagramu 7, dok se u dijagramu 8 za gore navedene podatke daje potrebna snaga i odgovarajuća težina praznog opremljenog broda kao i troškovi gradnje broda.

Iz tri navedena rezultata: snaga, težina i troškovi gradnje, proračunavamo zahtjevane vozarine ili odgovarajuće dobiti.

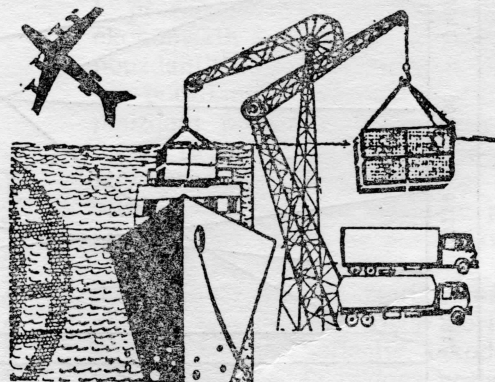
Drugi primjer optimizacije glavnih odnosa izmjera i koeficijenata prikazan je u ref. (5). Prema zadanim ograničenjima u pretprojektu broda izradio se proračun u kojem su rezultati variranja glavnih izmjera i odnosa trupa, nosivosti i brzine optimizirani prema kriteriju minimalne zahtjevane vozarine.



CROATIA
 MARINE ASSOCIATION LTD.

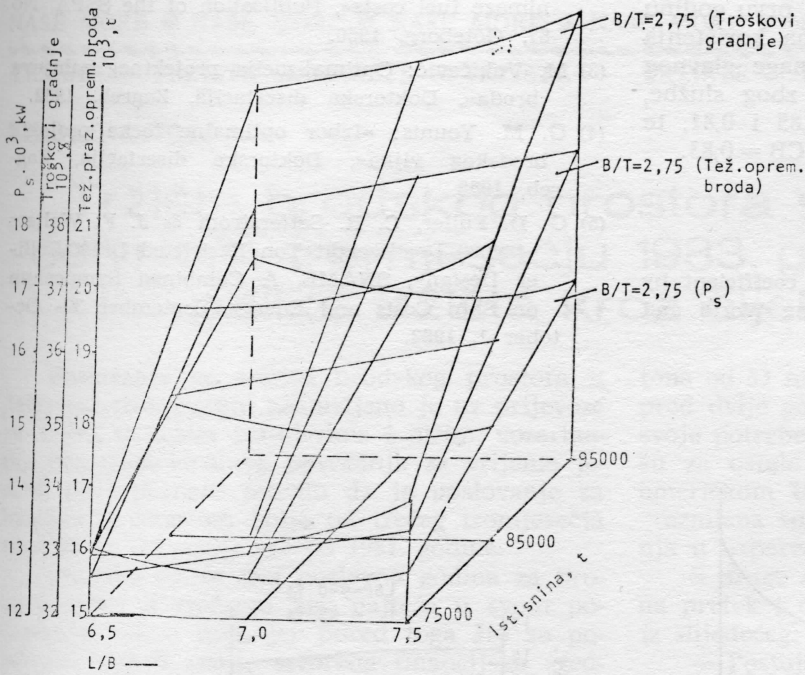
ZAJEDNICA
 RIZIKA OSIGURANJA
 TRANSPORTA I KREDITA

SPECIJALIZED FOR INSURANCE OF SEA, LAND, AIR AND RIVER TRANSPORTATION OF GOODS, SHIP INSURANCE AND SERVICES TO FOREIGN INSURANCE COMPANIES.



41 000 ZAGREB
 Miramarska 22
 66 000 KOPER
 Ljubljanska 3
 52 000 PULA
 Laginjina 7
 51 000 RIJEKA
 Korzo Narodne revolucije 39
 57 000 ZADAR
 Branimirova obala 20
 58 000 SPLIT
 Šibenskih žrtava 1
 50 000 DUBROVNIK
 Maršala Tita 69
 11 000 BEOGRAD
 Terazije 14
 54 000 OSIJEK
 Gajev trg 1

OSIGURANJE ROBE U PREKOMORSKOM, KOPNENOM I AVIONSKOM TRANSPORTU. OSIGURANJE BRODOVA I USLUGE STRANIM OSIGURAVAJUĆIM DRUŠTVIMA.



Dijagram 8: Snaga stroja, težina praznog opremljenog broda i troškovi gradnje broda za $L/B=6,5, 7,0, 7,5$, $B/T=2,75$, $T/D=0,68$, navedene istisnine i $V=16$ čv (konst.)

Dijagram 9, 10, 11, 12 i 13 prikazuju rezultate variranja brzine broda, nosivosti, gaza, širine i duljine, u zavisnosti o zahtjevanoj vozarini i CB.

U ovim dijagramima vidljivo je da zbog nametnutih ograničenja u projektnom zahtjevu nije bilo moguće postići optimalne vrijednosti zahtjevane vozarine, već se optimizacija morala zadovoljiti s nešto višim zahtjevanim vozarinama. U ovom radu kao i prikazanim rezultatima vidljivo je da se klasični pristup osnivanja broda uz preuzimanje CB prema dobrim izvedenim brodovima, tj. prema raznim formulama za određivanje CB treba zamijeniti modernim optimizacijskim postupkom u kojem je CB varijabla, koja prema tehničkim i ekonomskim pokazateljima daje rezultat, čija se optimalnost mora dokazati.

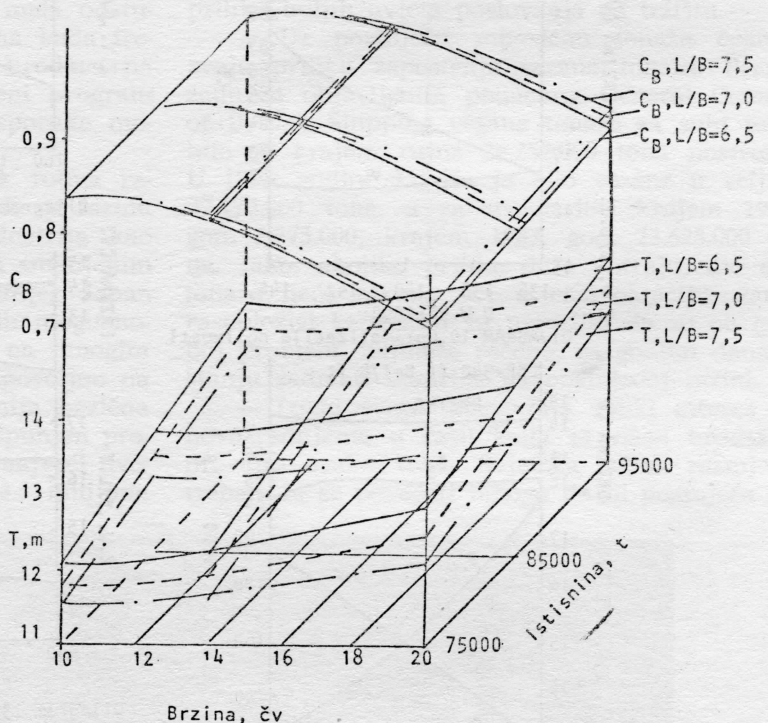
Na kraju logično je postaviti pitanje da li postoji optimalan brod, a prema tome i optimalan koeficijent istisnine CB? Na ovo pitanje možemo odgovoriti potvrdno samo ako su uvjeti za koje je brod projektiran u potpunosti ostvareni i to i tehnički

i ekonomski. Pošto je nemoguće ostvariti sve uvjete, i tehničke i ekonomske, istovremeno jdinstvene, to će i naš projekt biti samo u blizini optimuma. Zadatkom projektanta može se smatrati izrada najpovoljnijeg projekta, ali i istovremeno izvjesnost da nitko drugi nije u stanju napraviti bolji projekt. Za očekivati je da će uskoro svi projektanti izabrati CB u blizini optimuma za srednje uvjete službe u razdoblju života broda.

Kao primjer iznesimo postupak izbora CB za jedan projekt broda s malim gazom.

Prema:

Katsoulis	CB = 0,807
Sabit	CB = 0,804
Telfer	CB = 0,753
Minorsky	CB = 0,814
Ayre	CB = 0,776
V. Lammeren	CB = 0,795



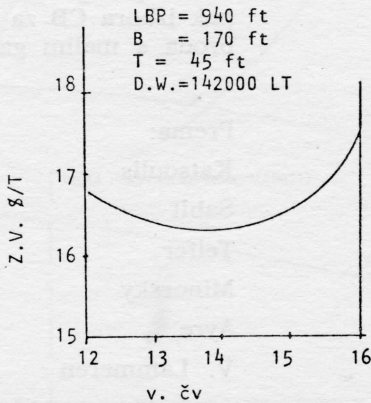
Dijagram 7: Gaz i koeficijent istisnine za $L/B=6,5, 7,0, 7,5$; $B/T=2,5$ i $T/D=0,58$

Prema ekonomskom kriteriju minimalne zahtjevane vozarine (RFR) min i to za prvu godinu korištenja broda kao i za 16 godina korištenja broda s 90% maksimalne trajne snage glavnog stroja plus 10% povećanja otpora zbog službe, optimalan CB je iznosio između 0,85 i 0,81, te se izabrao kao srednja vrijednost $CB = 0,83$.

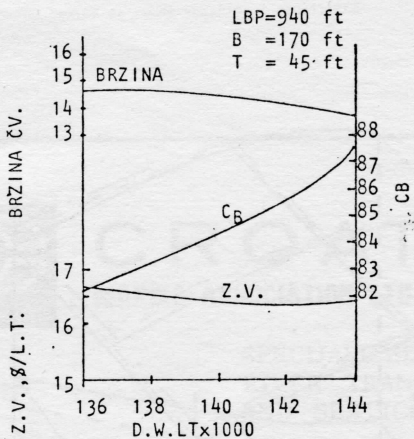
Literatura:

(1) P. S. Katsoulis: »Optimising block coefficient by an exponential formula«, Shipping World and Shipbuilder, February, 1975.

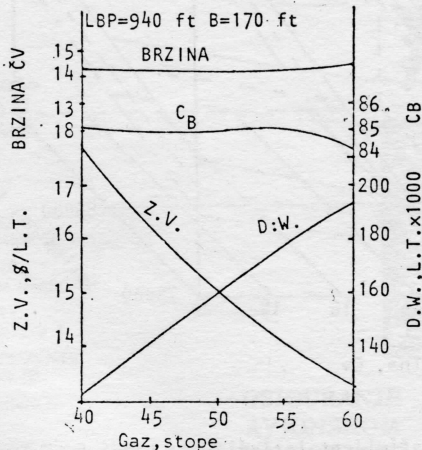
(2) A. Williams: »What can new hull forms do to minimize fuel costs«, Publication of the SSPA, No 87, Göteborg, 1980.
 (3) M. Vukičević: »Optimalizacija projektne zahtjeva broda«, Doktorska disertacija, Zagreb, 1982.
 (4) G. M. Younis: »Izbor optimalne točke projekta brodskog vijka«, Doktorska disertacija, Zagreb, 1982.
 (5) G. D. Fuller, C. R. Setterstrom & J. F. Walter: »144000 Deadweight Ton Restricted Draft Collier Design«, SNAME, A Combined Symposium on Ship Costs and Energy, September 30- October 1, 1982.



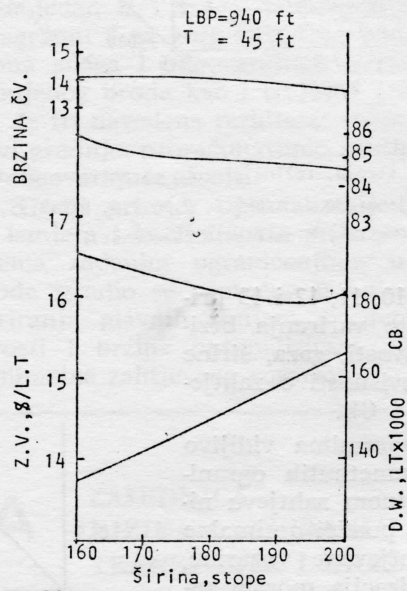
Dijagram 9. Optimalizacija brzine



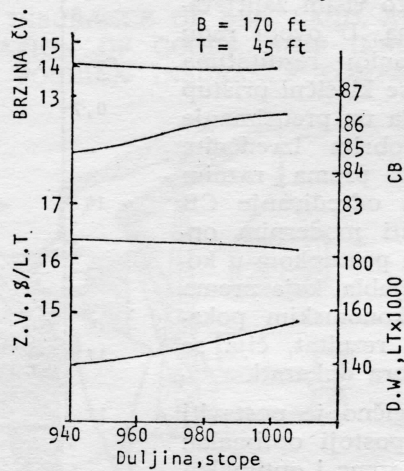
DIJAGRAM 10. Optimalizacija nosivosti



Dijagram 11. Optimalizacija gasa



Dijagram 12. Optimalizacija širine



Dijagram 13. Optimalizacija duljine