Utjecaj plitke vode na manevriranje brodom

Amižić, Zvonimir

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Split, Faculty of Maritime Studies / Sveučilište u Splitu, Pomorski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:164:315855

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-19**

Repository / Repozitorij:

Repository - Faculty of Maritime Studies - Split - Repository - Faculty of Maritime Studies Split for permanent storage and preservation of digital resources of the institution

zir.nsk.hr

UNIVERSITY OF SPLIT

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U SPLITU

POMORSKI FAKULTET

ZVONIMIR AMIŽIĆ

UTJECAJ PLITKE VODE NA MANEVRIRANJE BRODOM

ZAVRŠNI RAD

SPLIT, 2018.

SVEUČILIŠTE U SPLITU

POMORSKI FAKULTET

STUDIJ: POMORSKA NAUTIKA

UTJECAJ PLITKE VODE NA MANEVRIRANJE BRODOM

ZAVRŠNI RAD

MENTOR: **Marijan Zujić,mag.inž.**

STUDENT: **ZVONIMIR AMIŽIĆ (MB:01712701998)**

SPLIT, 2018.

SAŽETAK

Manevriranje, vještina koja se usavršava radom, a definira se kao niz aktivnosti koje se provode u cilju izvođenja uspješnoga priveza, odveza, premještaja uz gat ili pak obalu, prilikom veza u četverovez i na plutaču te prilikom sidrenja. Manevriranje se u širem smislu promatra kao upravljanje brodom, odnosno primjerice, upravljanje brodom s ciljem izbjegavanja sudara ili slično. Upravo iz zadnje navedene stavke vidljivo je kako utjecaj čovjeka, odnosno čimbenika koji mogu utjecati na samo manevriranje je neizbježno. Cilj ovoga rada je prikazati kako plitka voda kao vanjski čimbenik utječe na tehniku manevriranja brodom, odnosno koja obilježja su ključna za manevriranje u takvim posebnim uvjetima. Poseban naglasak bit će stavljen na manevriranje plitkim te uskim kanalima.

Ključne riječi: *manevriranje brodom, plitka voda, upravljanje brodom*

SUMMARY

Maneuvering, skill that is perfected by work and is defined as a series of activities that are carried out in order to perform a successful engagement, take-over, transfer over the pier or shore, when connecting to the four-way and on the buoy during anchoring. Maneuvering is seen in broader terms as a ship's management, for example, handling a ship to avoid collision, escape, or the like. It is clear from the last paragraph that the influence of man or factors that can only affect maneuvering is inevitable. The aim of this paper is to show how shallow water as an external factor affects ship maneuvering techniques, which characteristics are key to maneuvering under such special conditions. Special emphasis will be placed on maneuvering on shallow and narrow channels.

Key words: *ship maneuvering, shallow water, speed*

SADRŽAJ

1. UVOD 1

2. MANEVRIRANJE BRODOM 3

2.1. POJAM MANEVRIRANJA 3

2.2. ČIMBENICI KOJI UTJEČU NA MANEVRIRANJE BRODOM 4

2.3. UTJECAJ NA USPJEŠNOST MANEVIRANJA BRODOM 5

2.3.1. Utjecaj ljudskog čimbenika na manevriranje 5

2.3.2. Uspješno manevriranje brodom 8

3. MANEVRIRANJE BRODOM PRI PLITKOJ VODI 12

3.1. PLOVIDBA U PLITKOJ VODI 14

3.2. PLOVIDBA U USKIM KANALIMA 20

3.2.1. Pretjecanje 22

3.2.2. Mimoilaženje 24

3.2.3. Okretanje i sposobnost kormilarenja u plitkoj vodi 26

4. ZAKLJUČAK 31

LITERATURA 33

POPIS SLIKA 34

POPIS GRAFIKONA 35

1. UVOD

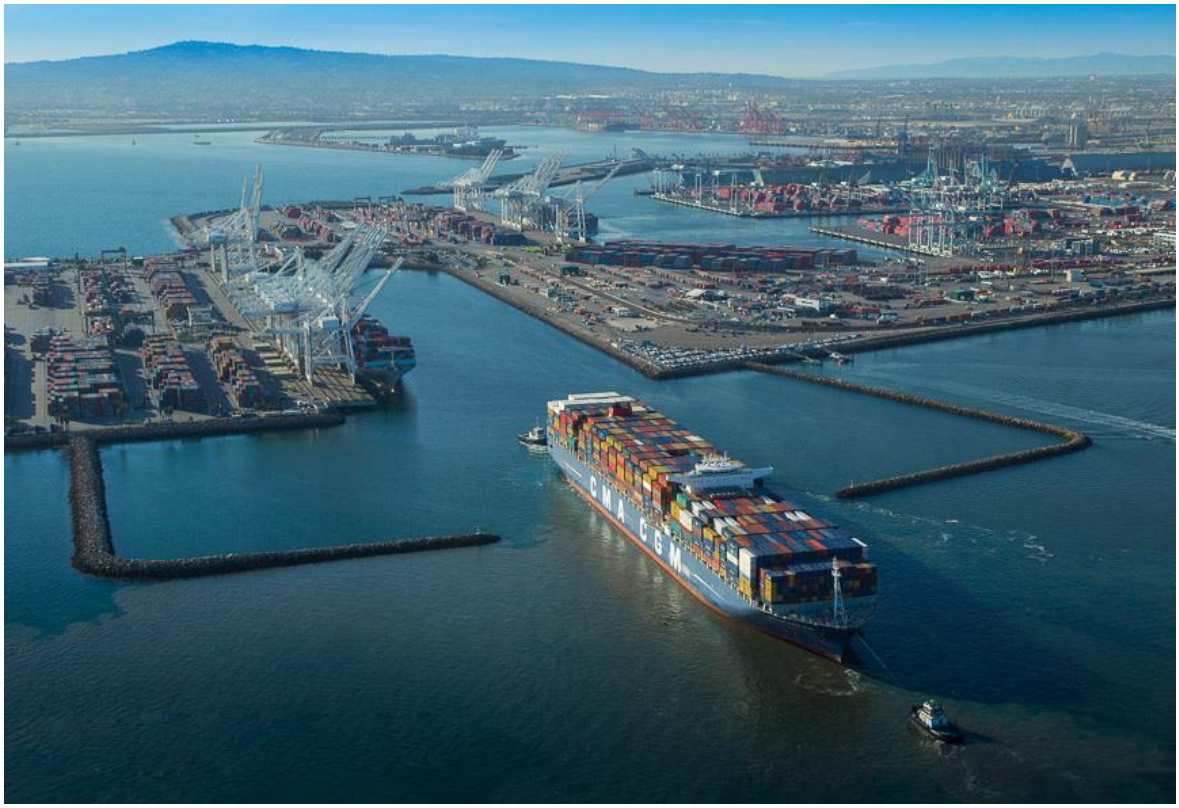
Tematika ovoga rada bavi se vanjskim čimbenicima, odnosno njihovim utjecajima prilikom manevriranja brodom. Razni čimbenici su ti koji mogu utjecati na samo manevriranje brodom. Rukovanje brodom, odnosno manevriranje, zahtjeva određenu kompetentnost kao i odgovornost. Upravo je ovdje naglasak na određenim čimbenicima na koje čovjek ne može sam utjecati. Riječ je o plitkoj vodi kao iznimno bitnom čimbeniku procesa manevriranja brodom. Plitka voda je ta koja na samo manevriranje može nepovoljno utjecati i kao takva utjecati na povoljan ishod manevriranja. Cilj rada je prikazati kako plitka voda te povećanje brzine kod manevriranja u plitkoj vodi negativno utječe na sam proces upravljanja brodom te kako se isti može na povoljan način ispraviti, odnosno na koji način se negativni učinci mogu isključiti ili svesti na sam minimum.

Rad se sastoji od nekoliko temeljnih dijelova. U uvodnom dijelu opisan je sam pojam manevriranja, čimbenici koji utječu na manevriranje brodom te utjecaj na uspješnost manevriranja brodom s naglaskom na utjecaj ljudskih čimbenika na manevriranje te uspješno manevriranje brodom. Treće poglavlje predstavlja načine plovidbe u plitkoj vodi te u uskim kanalima s naglaskom na pretjecanje, mimoilaženje te okretanje i sposobnost kormilarenja u plitkoj vodi. U zaključku se nalaze svi relevantni zaključci doneseni izradom ovog rada.

Brod u plitkoj vodi gubi značajan dio manevarskih sposobnosti te je potrebno dobro poznavanje broda i utjecaja plitke vode kako bi se svaki manevar izveo uspješno. Pokazatelji da se brod nalazi u plitkoj vodi su: tromost broda, kormilo slabije sluša, povećanje gaza, brojač okretaja vijka pokazuje pad koji može iznositi i do 20%, smanjenje okretaja uzrokuje pad brzine koji može iznositi i do 30%, te brod može početi iznenada vibrirati jer frekvencija vode koju brod vuče dolazi u rezonanciju s frekvencijom brodskih vibracija.

Jedan od najopasnih utjecaja plitke vode je brodski čučanj. On ovisi o brzini broda i punoći oblika uronjenog dijela broda. U prošlosti je brodski čučanj bio zanemariv zbog manjihh brzina i manjih gazova broda, no porastom tonaže brodova te njihovih brzina, brodski čučanj postaje važan čimbenik u manevriranju.

Zbog razlike u tlakovima u plitkim vodama te uskim kanalima može doći do međusobnog privlačenja brodova (kod pretjecanja i mimoilaženja) te privlačenja broda za stijenke kanala.



Slika 1. Brod u plitkoj vodi [16]

2. MANEVRIRANJE BRODOM

Manevriranje brodom je zapravo vještina koja se kao i svaka druga usavršava radom. Samo manevriranje definira se kao određeni skup aktivnosti koje se provode u cilju izvođenja uspješnoga priveza, odveza, premještanja uz gat ili obalu, prilikom veza u četverovez i na plutaču, prilikom samog sidrenja.

Drugim riječima može se reći kako svaki pojedini brod ima svoju "ćud", odnosno svoje osobine. Ovisno o samoj vrsti, tipu kao i veličini broda, manevarska se svojstva veoma razlikuju. Naime, čak i kod brodova istog tipa se njihove osobnosti razlikuju. Jedan te isti brod se može različito ponašati u pojedinim slučajevima. Tako će se isti brod kod manevriranja drugačije ponašati po mirnom moru nego po vjetrovitom i valovitom vremenu.

Na ponašanje stoga utječu:

- kormilo broda, njegova obilježja i djelovanje te okretljivost broda,
- vijak, njegova obilježja i djelovanje,
- zaustavljanje i zalet broda,
- vrijeme prebacivanja stroja iz vožnje naprijed u vožnju krmom,
- djelovanje veznih konopa i ostalih sredstava za vez broda,
- korištenje i djelovanje sidara pri manevriranju,
- utjecaj trima i nagiba na brzinu i okretljivost broda te
- poznavanje i korištenje ostalih sredstava i uređaja potrebnih prilikom manevriranja brodom.

2.1. POJAM MANEVRIRANJA

Manevriranje se može promatrati u širem i u užem smislu. Pod širim smislom podrazumijeva se npr. manevriranje brodom s ciljem izbjegavanja sudara, odsukanje, čovjek u moru. Manevriranje u užem smislu predstavlja manevar uplovljenja, priveza, odveza, isplovljenja i dokovanja.

Dakle, postoje posebni slučajevi manevriranja koji se izričito mogu navesti kao:

- tegljenje,
- spašavanje,
- nasukanje,
- prodor vode,
- požar te
- manevriranje pri nevremenu i prilikom napuštanja broda.

"Pod pojmom manevriranja brodom se podrazumijeva vještina upravljanja brodom prilikom pristajanja uz obalu ili gal, prilikom veza u četverovez i na plutaču, prilikom sidrenja i u posebnim slučajevima kao što su manevri prilikom tegljenja, spašavanja, nasukavanja, prodora vode, požara, manevriranja pri nevremenu (zavlačenja) ili prilikom napuštanja broda."[5]

2.2. ČIMBENICI KOJI UTJEČU NA MANEVRIRANJE BRODOM

Manevar se mora dobro izvesti, a kako bi bio uspješno izveden potrebno je poznavati određene čimbenike koji mogu utjecati na samu uspješnost manevriranja.

Čimbenici koji utječu na manevriranje su[5]:

- manevarske posebnosti broda (djelovanje kormila, vijka, veznih konopa),
- utjecaj vanjskih sila i ograničenja (vjetar, struja, akvatorij i dr.),
- znanje i sposobnost osobe koja izvodi manevar.

Kao što je navedeno, manevriranje ovisi o tri navedena čimbenika, no vrlo bitno je naglasiti kako kod svakog pojedinog čimbenika, onaj presudan čimbenik čini čovjek sa svojim znanjem i iskustvom. Osim teorijskih znanja kao i stečenoga iskustva kroz praksu, neki zapovjednici će biti više, a neki manje uspješni. Navedeno uvelike ovisi o psihofizičkim osobinama svakoga od njih. Naglasak je na tome da se svaka vještina stječe

vježbom pa je slijedom logike poznato da će svaki slijedeći manevar biti uspješniji od predhodnoga.

„Odnos čovjeka i stroja ima povijesni kontinuitet prenošenja radnih opterećenja s čovjeka na stroj. Odnos stroja i čovjeka ilustrira B. Döring u tezi: "Čovjek ima sposobnost predviđanja ili spoznajne mogućnosti koje mu omogućuje da vidi što želi ili očekuje vidjeti, dok stroj ne može imati te mogućnosti." ili "Čovjek može prepoznati i upotrijebiti potrebnu informaciju iz mnoštva informacija ili primjera u realnom svijetu s ciljem pojednostavljenja složenih situacija, dok stroj ima ograničenu perceptivnu konstantu.“[1]

Upravo u navedenome citiranome dijelu vidljiv je utjecaj čovjeka, odnosno ljudskih čimbenika na sam čin upravljanja, odnosno manevriranja brodom.

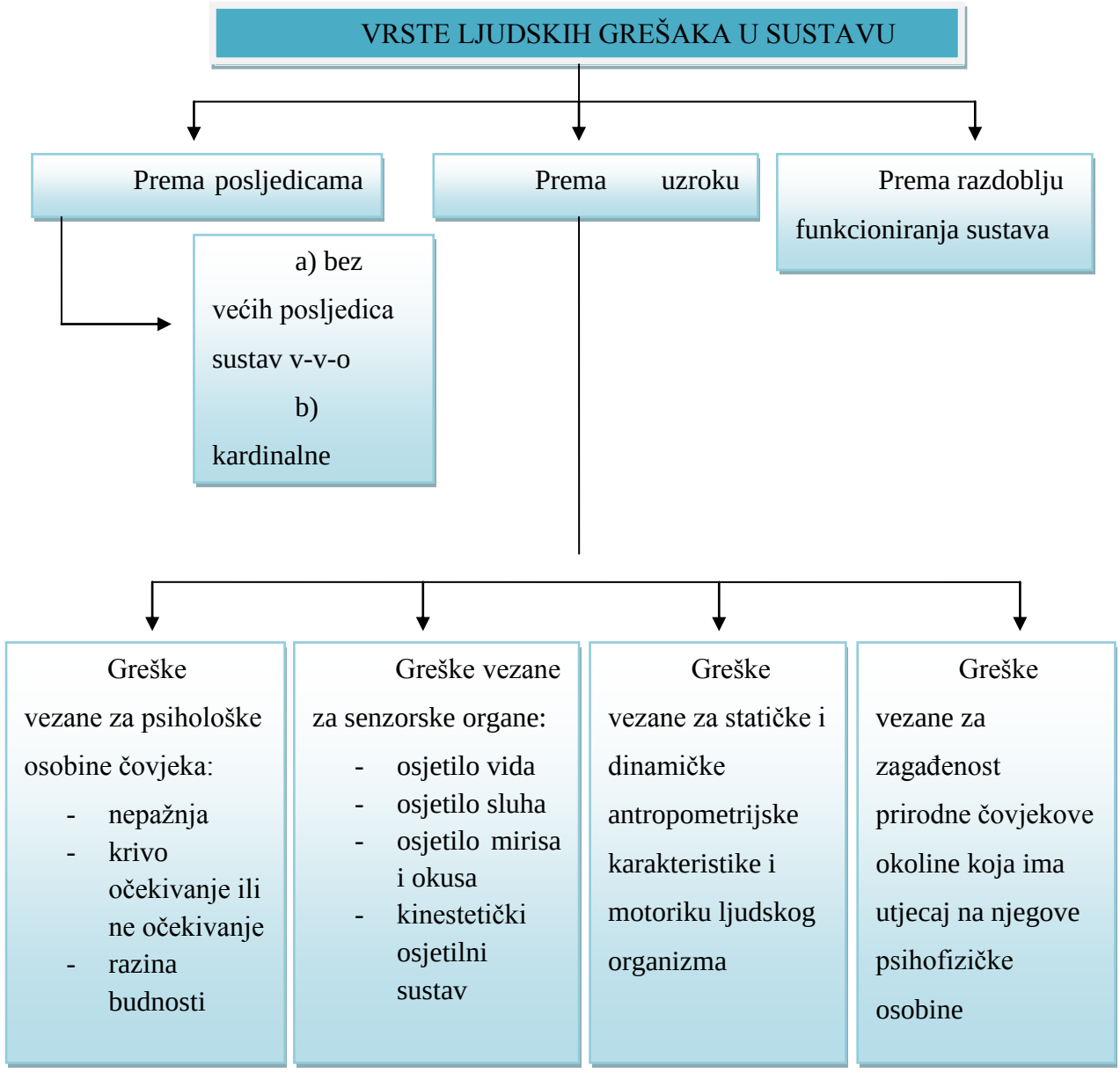
2.3. UTJECAJ NA USPJEŠNOST MANEVRIRANJA BRODOM

Istraživanje s ljudskog gledišta usmjerena su na ljude u njihovim životnim i radnim situacijama. Multidisciplinarna dimenzija (inženjerstvo, psihologije, medicina, sociologija) čini definiranje pojma „čimbenik čovjek“ iznimno složenim. Ljudski čimbenik primjene je tehnika usmjerena na optimiranje odnosa između ljudi i njihovih aktivnosti, pomoću sustavne aplikacije humanističkih znanosti, integriranih unutar okvira inženjerskog sustava [3].

2.3.1. Utjecaj ljudskih čimbenika na manevriranje

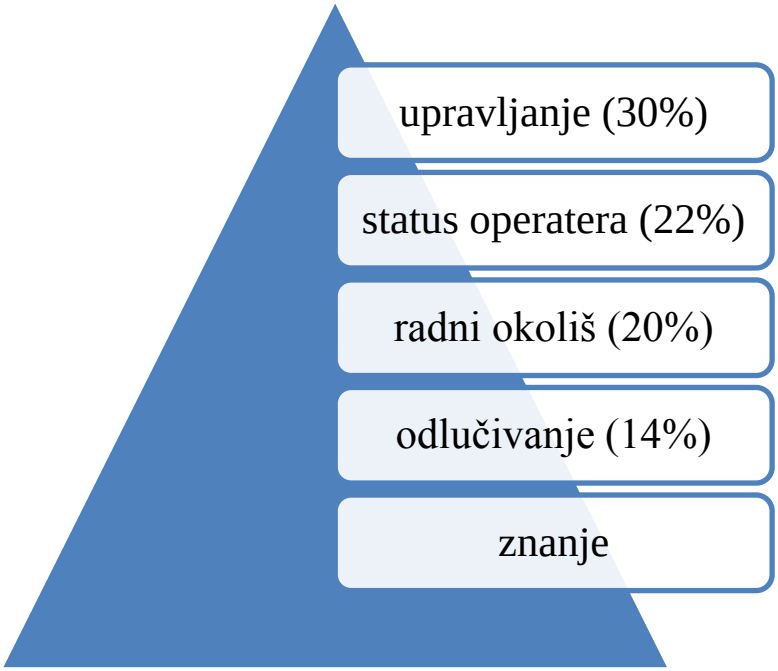
Jedna opća činjenica govori kako je u svim područjima ljudske djelatnosti prisutan rizik pa tako i u samom cestovnom i vodenom prometu, u kojem praktično gledano sudjeluje velik broj ljudi. Svaki od sudionika želi zaštićeno i sigurno završiti željeno kretanje. Upravo iz navedenog razloga promet zaslužuje pozornost na tehničko-tehnološkoj, ekološkoj, ekonomskoj te organizacijskoj razini, kao i na razini društvene etike i individualnih vrijednosti. Najbitnije obilježje prometa je dakle sigurnost. Svaki od čimbenika koje može izazvati čovjek može biti uzrokom nezgode jer se upravo pod uzrokom podrazumijevaju sve greške sudionika. Ovdje je riječ o nekim objektivnim, ali i subjektivnim uvjetima [2].

Greške na koje će se dati osvrt su ljudske greške u sustavu. Greške se mogu podijeliti na tri temeljne kategorije, a to su, greške prema posljedicama greške, greške prema uzroku te prema razdoblju funkcioniranja sustava. Prema posljedicama greške se dijele na greške bez većih posljedica na sustav te kardinalne greške. Prema uzroku greške se dijele na greške vezane za psihološke osobine čovjeka, greške vezane za senzorske organe, greške vezane za statičke i dinamičko antropometrijska obilježja i motoriku ljudskog organizma te greške vezane za zagađenost prirodne čovjekove okoline koja ima utjecaj na njegove psihofizičke osobine.



Slika 1. Vrste ljudskih grešaka u sustavu prometa [2]

Prema istraživanjima ljudske pogreške kvalificirane su u 5 kategorija, a iste su prikazane u grafikonu.



Grafikon 1. Ljudske pogreške u pet kategorija [2]

Valja naglasiti slijedeće, visok postotak (80%) ljudske pogreške razumljiv je, jer je čovjek taj koji upravlja raznim strojevima i uređajima, no kada bi svi procesi bili automatizirani i kompjuterizirani, sve greške bi mogle biti pripisane isključivo mehaničkim kvarovima. No strojevi nerijetko nisu u mogućnosti otkloniti određeni tip kvarova. Za potpuno razmatranje problema trebalo bi znati koliko pogrešaka i kvarova je u stanju otkloniti sama posada da zbog toga ne dođe do nezgode.

Važno je naglasiti, u slučaju da posada ne dobije pravovremeno obavijest o stanju sustava ili njegovim nesavršenostima, kvar ili nezgoda koji nakon toga nastupi pripisuje se ljudskoj pogrešci, a tehnička nepouzdanost nigdje se ne bilježi. Ukoliko je oprema loše konstruirana i nekvalitetna, te postoji mogućnost greške s istom, takva pogreška se također bilježi kao ljudska pogreška odnosno ljudski čimbenik, da bi se određeni postotak trebao registrirati kao greška u konstrukciji opreme.

Kad se govori o ljudskim čimbenicima i ljudskim pogreškama, bitno je naglasiti da se ljudski čimbenici najčešće se promatraju kroz fenomene kao što su:

- umor,
- iskustvo,
- motivacija,
- upravljačka politika,
- standardi za stjecanje svjedodžbi,
- uvjeti službe,
- okoliš,
- lojalnost,
- jezik te
- uvježbanost.

2.3.2. Uspješno manevriranje brodom

Kako bi se manevar dobro izveo, potrebno je poznavati bitne čimbenike koji uvelike utječu na njegovu uspješnost, a to su:

- „manevarske posebnosti broda (djelovanje kormila, vijka, veznih konopa, itd.)
- utjecaj vanjskih sila i ograničenja (vjetar, struja, akvatorij, itd.)
- znanje i sposobnosti osobe koja izvodi manevar“[5]

Svaki od navedenih čimbenika utjecat će na uspješnost manevra, no najveću ulogu svakako igraju ljudski resursi, odnosno čovjek sa svojim znanjem i iskustvom. Za uspješno izvođenje potrebnoga manevra u skučenom akvatoriju, potrebno je iskustvo, vještina i znanje. „Najveći broj istraženih utjecaja ljudskog čimbenika na nezgode u pomorskom prometu vezani su uz ponašanje individualnog člana posade broda i njegov subjektivni pristup rješavanju problema. Poradi toga uspješnost upravljanja brodom uvelike ovisi o vještini, znanju i iskustvu zapovjednika i časnika u straži.“ [4]

Dakle, osim potrebnih teorijskih znanja i stečenog iskustva kroz praksu, neki će zapovjednici kod manevriranja biti uspješniji, dok će neki biti manje uspješni, što opet ovisi o psihofizičkim osobinama svakog pojedinca. Važno je napomenuti da se svaka vještina stječe vježbom, pa je logično da će svaki naredni manevar biti lakši i uspješniji.

Tehničke i tehnološke mogućnosti koje se koriste pri manevriranju teško su ostvarive ukoliko osoblje nije kvalitetno educirano za upravljanje, nadzor i izvođenje pojedinih radnji unutar manevriranja brodom.

Prema raznim istraživanjima dokazano je kako je ljudska pogreška uzrok u čak 80% slučajeva raznih havarija i oštećenja, dok samo 20% otpada na mehaničku pogrešku.

Unutrašnjim čimbenicima koji utječu na uspješnost manevriranja brodom smatraju se utjecaj zapovjednika, peljara, časnika i posade broda, a kao vanjski čimbenik pojavljuje se služba koja utječe na manevriranje odnosno služba nadzora i upravljanja, peljarske službe, zapovjednika i posade tegljača, privezivača te djelatnika lučkih kapetanija i uprava.

Uspješnost manevra ovisi o stupnju sigurnosti koji je postignut tijekom manevra angažiranim sredstvima, kao i u vremenskom trajanju. Sigurnost tijekom manevriranja izravno utječe na opću razinu sigurnosti cijelog sustava. Opasnosti koje prijete tijekom izvedbe su: oštećenje broda, tegljača, plovnih objekata, obale, drugih brodova, te obalne infra i supra strukture.

Dobar osjećaj za prostor i gibanje, ali i samopouzdanje zapovjednika, časnika ili peljara, koje je utemeljeno na znanju, uvelike pridonosi pravilnom izboru potrebnoga manevra i uspješnom izvođenju istog. Ipak, vještina, dobar osjećaj za prostor, gibanje mogu biti nedostatni ako nema potrebnog znanja, te se npr. u skučenom prostoru pogrešno procijeni položaj točke okretišta ili pogrešno procijeni potreban prostor za izvođenje manevra.

S druge pak strane, na ponašanje broda utječu slijedeći čimbenici [5]:

- kormilo broda, njegova obilježja i djelovanje te okretljivost broda,

- vijak, njegova obilježja i djelovanje,
- zaustavljanje i zalet broda,
- vrijeme prebacivanja stroja iz vožnje naprijed u vožnju krmom,
- djelovanje veznih konopa i ostalih sredstava za vez broda,
- korištenje i djelovanje sidara pri manevriranju,
- utjecaj trima i nagiba na brzinu i okretljivost broda te
- poznavanje i korištenje ostalih sredstava i uređaja potrebnih prilikom manevriranja brodom.

Utjecaj ljudskih čimbenika na uspješnost manevra ogledava se kroz rad ljudi u okviru službe nadzora i upravljanja pomorskom plovidbom, dežurnih službenika peljarskih službi,peljara, posada tegljača, privezivača i djelatnika lučkih uprava.

Preduvjet za siguran i dobar manevar je dobro pripremljen plan plovidbe, od mjesta prihvata peljara pa sve do samog mjesta priveza ili obrnuto, ukoliko se radi o isplovljenju. Danas se posebna pozornost pridaje edukaciji osoba uključenih u pomorski promet, što se posebno odnosi na zapovjednika, časnika i ostalih članova posade u poznavanju ljudskog ponašanja, prepoznavanju i izbjegavanju stresa, kao i djelovanju u izvanrednim okolnostima odnosno utjecaja ljudskih čimbenika u plovidbi.

Velik broj nezgoda najčešće nastupa prilikom prilaza akvatoriju luke i terminala. Uzroci su najčešće preveliko samopouzdanje da će opasnost biti primjećena na vrijeme, pogreška prilikom određivanja pozicije broda, te nedovoljno planiranje plovidbe. Organizacijsko-tehnološka podrška od izuzetnog je značaja za postizanje zadovoljavajućeg stupnja sigurnosti, a posebnu pažnju valja posvetiti pri planiranju izgradnje nove luke ili uvođenju naprednije tehnologije prekrcaja, odnosno povećanja prometa u lukama. Važna je procjena utjecaja sustava nadzora i upravljanja pomorskom plovidbom, ustroja rada peljarske službe, privezivačke službe, službe tegljenja, ustroj lučke kapetanije i lučke uprave za stupanj sigurnosti prilikom manevriranja.

Uspješan manevar izveden s dovoljnim stupnjem sigurnosti moguće je ostvariti jedino međusobnom interakcijom svih čimbenika koji djeluju u sustavu manevriranja. Kako bi se ostvario maksimalni učinak, jedan od osnovnih čimbenika, osim poznavanja

tehnologije izvođenja manevra je i dobra međusobna komunikacija. Osnovna pretpostavka za uspješnu i učinkovitu komunikaciju je korištenje engleskog jezika i to korištenje standardnih fraza za komunikaciju u pomorstvu (*IMO Standard Marine Communication Phrases*). Od iznimnog značenja je komunikacija između zapovjednika i peljara jer komunikaciju s ostalim čimbenicima koji djeluju u sustavu tijekom manevriranja na lokalnom jeziku može obavljati i sam peljar.

Slika 3. Brod u plitkoj vodi [17]

3. MANVRIRANJE BRODOM PRI PLITKOJ VODI

Kako će se neki brod ponašati kod manevriranje ovisi o njegovim obilježjima. Potrebno je istaknuti kako će se brod drugačije ponašati po lijepom vremenu, nego po vjetru, odnosno drugačije će se brod ponašati na valovima nego po mirnom moru, u struji nego kad nema struje, u dubokoj nego u plitkoj vodi, odnosno kada ima prostora za manevriranje ili pak kada je taj prostor ograničen. Od vanjskih čimbenika najviše utjecaja imaju:

- vjetar,
- valovi,
- struje i
- plitka voda.

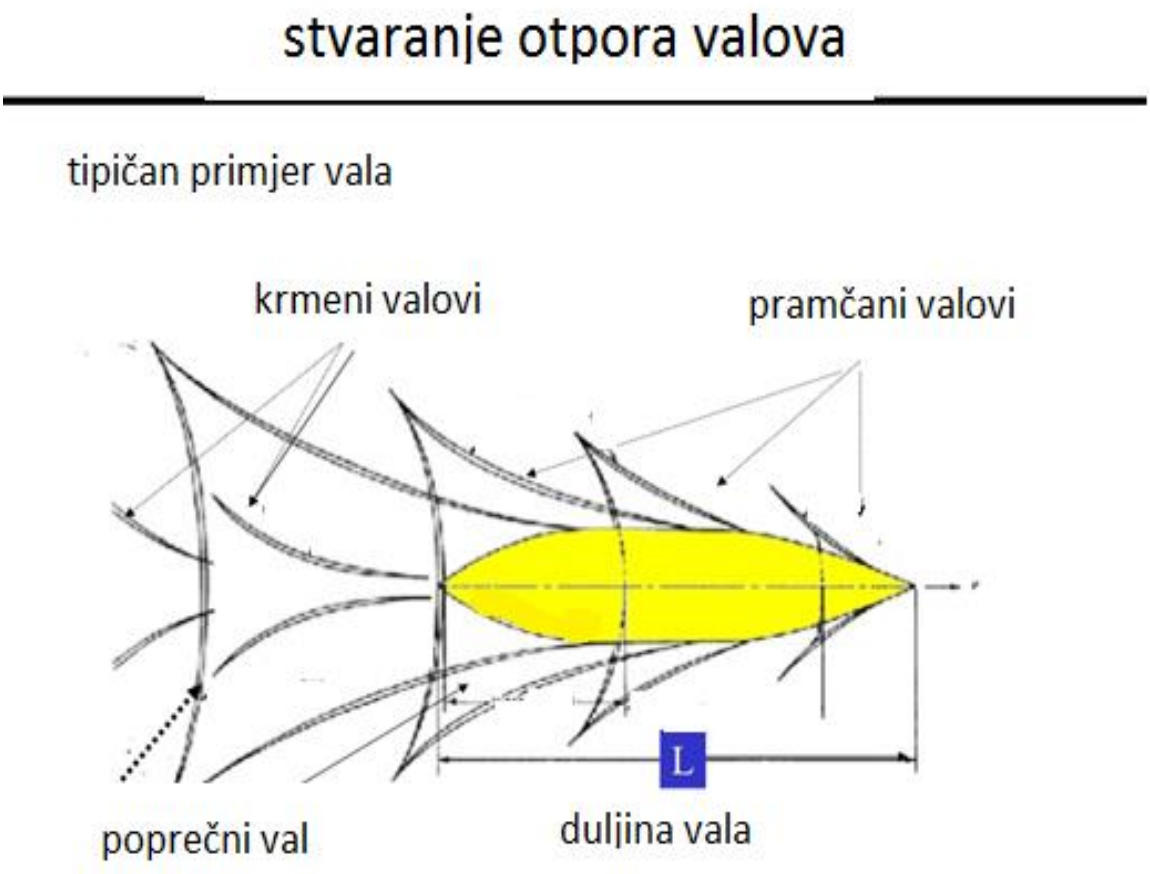
Kada brodovi plove otvorenim morem, voda koju brod sječe te potiskuje se slobodno šiti na sve strane. S druge strane, kod vožnje u tjesnacima kao i plićacima, voda se ne može slobodno kretati. Tada ograničena dubina plovnog puta vrlo bitno mijenja strujanje kako oko tako i ispod broda. Samim time ona utječe na otpor broda, a i na njegovu brzinu.

Stupanj ograničenosti dubine se određuje odnosom dubine mora te gaza broda. otpor trenja u plitkoj vodi se naime povećava za više od 20%. Može se zaključiti kako plitka voda osobito jako djeluje na veličinu te otpor valova koji se povećavaju u plitkoj vodi kod velikih brzina. Poglavito se povećavaju pramčani te krmeni val. Navedeno se objašnjava time što čestice vode tada nisu u stanju napraviti pravilnu te cjelovitu orbitalnu pitanju. Uslijed toga se nagomilavaju pred pramcem.

Čestice vode su potisnute brodskim trupom te stoga nastoje izaći uz povećanu brzinu iza krme. Na taj se način formiraju valovi i to u obliku pramčanih i krmenih brkova. Kod nepovoljnog odnosa dubine vode i to u odnosi na gaz broda u omjeru 1:1,2 – 1:1,5, brkovi pramčanog i krmenog vala poprimaju po jedan poprečni val pramca te krme okomito na uzdužnicu broda. Kako se kretanje čestica vode koje brod potiskuje i vuče za sobom zapravo prenosi na susjedne čestice, tako se povećava i otpor trenja na morskome

dnu te obalama kanala. Brzina broda se stoga smanjuje te opada broj okretaja vijka. Brod zapravo "gura" veliku pramčani val ispred sebe, dok za sobom vuče veliki poprečni krmeni val. Na slijedećem grafičkom prikazu prikazana je promjena oblika valnih sistema u plitkoj vodi.

Pod oznakom a prikazani su valovi u dubokoj vodi. Ukoliko se dubina smanjuje, valovi se postupno šire u poprečnom smislu što je prikazano na slici 2. U najkritičnijem trenutku, odnosno pri određenoj nepovoljnoj brzini kao i gazu broda u odnosu na dubinu, valovi poprimaju oblik gotovo okomit na uzdužnicu broda.



Slika 2. Promjena oblika valova pri plovidbi brodom u plitkoj vodi [7]

3.1. PLOVIDBA U PLITKOJ VODI

Ukoliko brod plovi u plitkoj vodi, on ispred sebe gura veliku količinu vode. Nagomilavanjem tog vodenog brijega ispred pramca se stvara područje visokog tlaka. Voda koju brod gura stoga mora proći i natrag, odnosno mora proći uz bokove ili pak ispod kobilice. Samim time strujanje ispod broda je ubrzano što uzrokuje pad tlaka.

Posljedica pada tlaka uzrokuje i vertikalni pad broda, odnosno dublje uronuće broda. Navedena se pojava može nazvati brodskim čučnjem.

Kada se brod kreće u plitkoj vodi velikom brzinom, a dubina ispod kobilice iznosi između 1 i 1,5 metara, može doći do nasukavanja, tj. udara broda o morsko dno pramcem, sredinom ili krmom, što ovisi o samoj konstrukciji broda. Brodovi punije forme kao što je supertanker, prije će udariti pramcem dok će brod finijeg oblika kao što je ratni brod, putnički brod, prije udariti krmom. Upravo iz tog razloga brodski čučanj predstavlja vrlo važan čimbenik, poglavito posljednjih desetak godina [5]

Navedena se pojava naime ranije nije uzimala u obzir s obzirom da se čučanj kod relativno malih te sporih brodova kretao u centimetrima. Posljednjih godina veličina brodova naglo raste pa se sada susreću tankeri i preko 200 000 DWT. Navedeni brodovi pristaju u luke i na terminale u kojima im zbog velikog gaza često ispod kobilice ne ostaje više od 1,0 - 1,5 metara. Usporedno s rastom veličine proporcionalno rastu i brzine brodova te se kreću od 15 čvorova kod tankera i oko brodova do 20 i više čvorova kod kontenjerskih brodova.

Količina vode ispod kobilice kod plovidbe kanalima te prikazima luka zbog povećanja veličine brodova je sve manja, dok su brzine sve veće. Upravo iz tog razloga brodski čučanj rapidno se povećao i ne izražava se više u centimetrima, nego doseže i vrijednosti od čak 1,5 do 2,0 metara, što se nikako ne može zanemariti.

Postoji nekoliko pokazatelja da je brod ušao u područje plitke vode [5]:

- valovi koje brod stvara vožnjom postupno rastu,
- kut koji valovi zatvaraju s uzdužnicom broda postaje sve veći,
- brod slabije manevrira i tromiji je, a kormilo slabije sluša,

- pokazivač gaza pokazuje povećanje gaza, a dubinomjer smanjenje dubine,
- brojač okretaja vijka pokazuje pad koji može iznositi i do 20%,
- smanjenje okretaja uzrokuje pad brzine koji može iznositi i do 30%,
- brod može početi iznenada vibrirati jer frekvencija vode koju brod vuče dolazi u rezonanciju s frekvencijom brodskih vibracija.

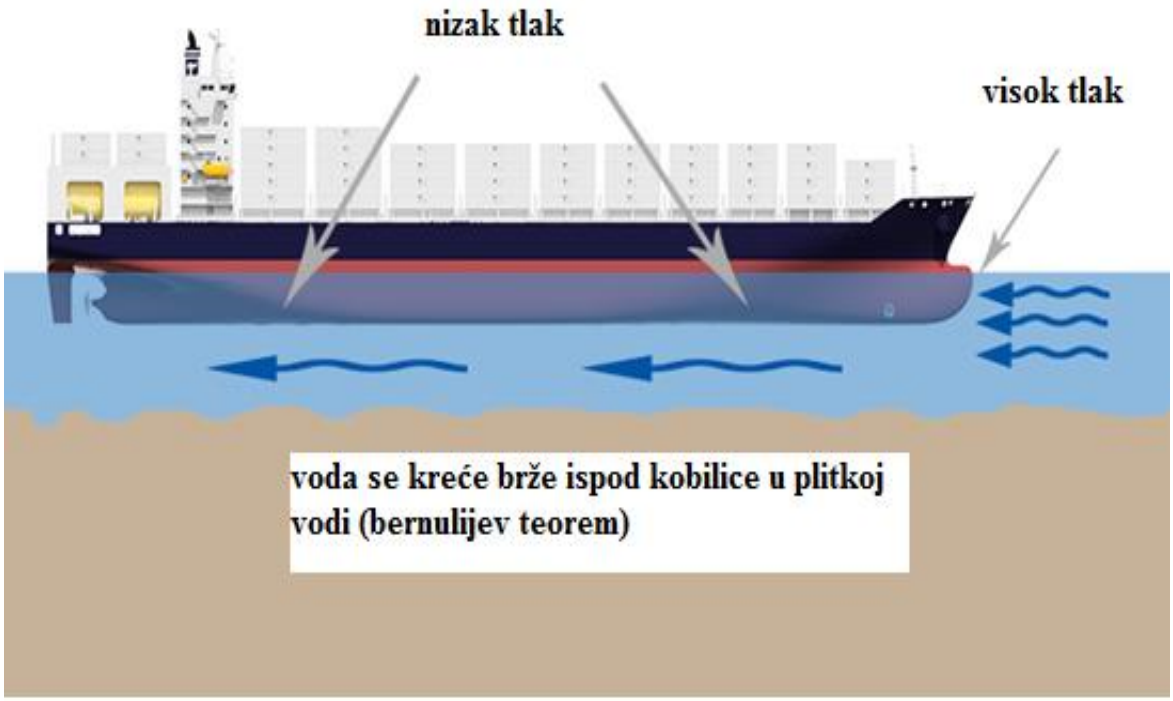
Koliko će iznositi brodski čučanj, može se izračunati po slijedećoj formuli:

$$s_{qat} = \frac{c_b \times V^2}{100}$$

Gdje je:
Cb= punoća vodene linije
V^2= kvadrat brzine broda

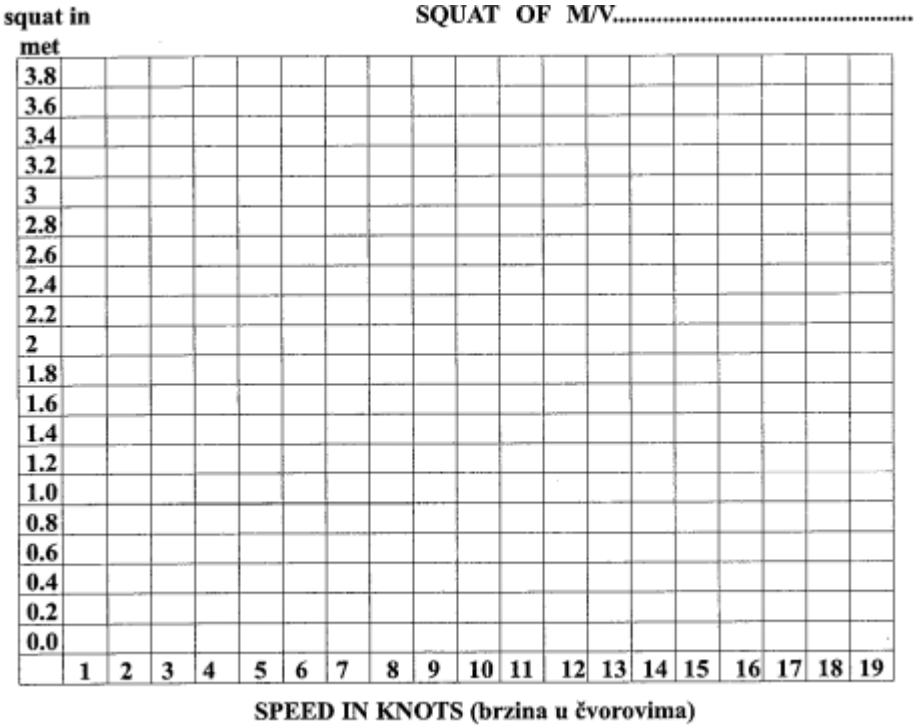
Formula je dobivena analizom na rezultatima mjerenja na brodovima te na modelima. Kako bi se smanjio brodski čučanj mogu poslužiti pojedina uputstva. Naime, glavni čimbenik brodskog čučnja svakako je brzina koja utječe s kvadratom. Ukoliko se brzina broda smanji za polovicu, čučanj će se smanjiti na četvrtinu od postojećeg.

Drugi čimbenik svakako je koeficijent punoće, odnosno Cb. Čučanj varira upravo o tom koeficijentu. Brodovi punije forme poput tankera, ro-ro brodova te slično, u usporedbi sa putničkim te kontenjerskim brodovima pri istim brzinama imaju veći čučanj. Osim navedenog, ovisno o Cb može se procijeniti kako će brod „čučati“ – pramcem ili pak krmom. Ukoliko Cb iznosi 0,7 ili više, brod će više uronjavati pramcem, dok ukoliko je navedeni koeficijent manji od 0,7, više će uranjati krma. Ukoliko Cb iznosi oko 0,7 čučanj je isti i na pramcu i na krmi.



Slika 3. Utjecaj koeficijenta punoće pri plovidbi u plitkoj vodi na sqat [8]

Zbog povećavanja gaza i pada broda, prije ulaska u područje plitke vode ukoliko je potrebno treba iskrcati balast ili dio tereta kako bi se povećao odnos dubine i gaza (H/T) te samim time smanjili neželjeni učinci. Brodski čučanj se danas vrlo lako može predvidjeti te proračunati što otklanja sve neizvjesnosti u vezi sa navedenim problemom. Proračun čučnja prema već spomenutoj formuli omogućuje zapovjedniku broda da u svakom trenutku zna koliko treba smanjiti brzinu kako bi se brodu omogućila sigurna plovidba. Obrazac proračuna je prikazan na slijedećoj slici.



Slika 4. Obrazac proračuna brodskog čučnja [5]

Primjer proračuna brodskog čučnja:

Brodski čučanj za brod koji plovi u plitkoj vodi i uskom kanalu iznosi

$$S_{qat} = \frac{2 \times Cb \times V^2}{100}$$

dok na otvorenom u plitkoj vodi iznosi

$$S_{qat} = \frac{Cb \times V^2}{100}$$

$$Cb = \frac{V}{L \times B \times D}$$

gdje su:

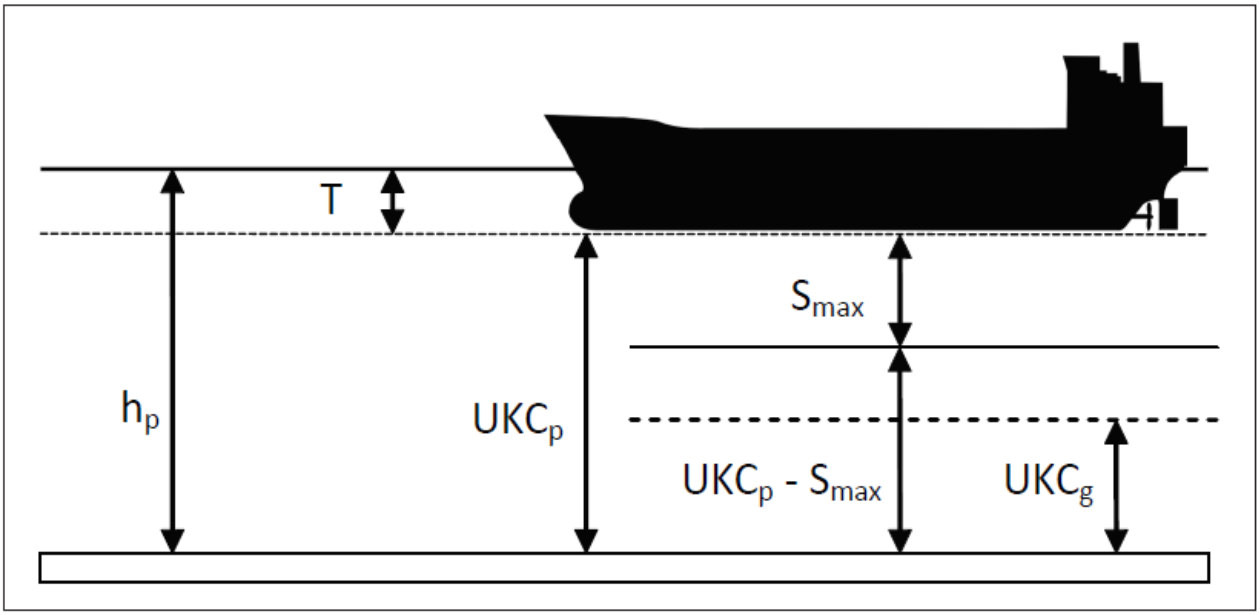
Cb – koeficijent punoće,

V – brzina u čvorovima,

L – duljina ,

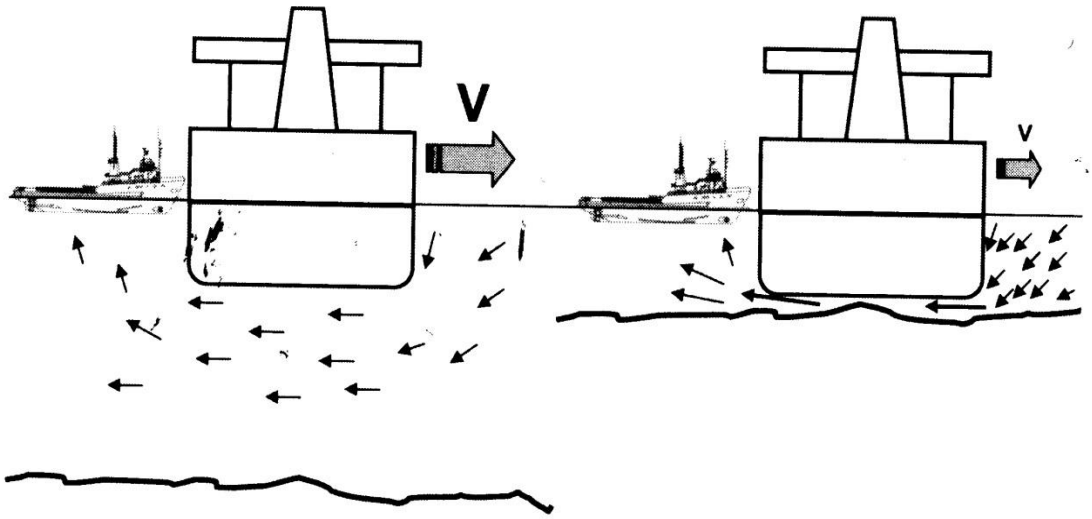
B – veličina i

D –gaz.



Slika5. Prikaz podvodnih veličina analize dodatnog zagažaja [4]

Brod koji se tegli bočno u plitkoj vodi će se kretati sporije od istog broda koji se tegli u dubokoj vodi zbog manjeg prostora pod kobilicom kroz koji voda mora preći s jedne na drugu stranu broda. Međutim smanjenje brzine pri tegljenju je minimalno te se zanemaruje u praksi.



Slika 6. Tegljenje broda u dubokoj i plitkoj vodi

3.2. PLOVIDBA U USKIM KANALIMA

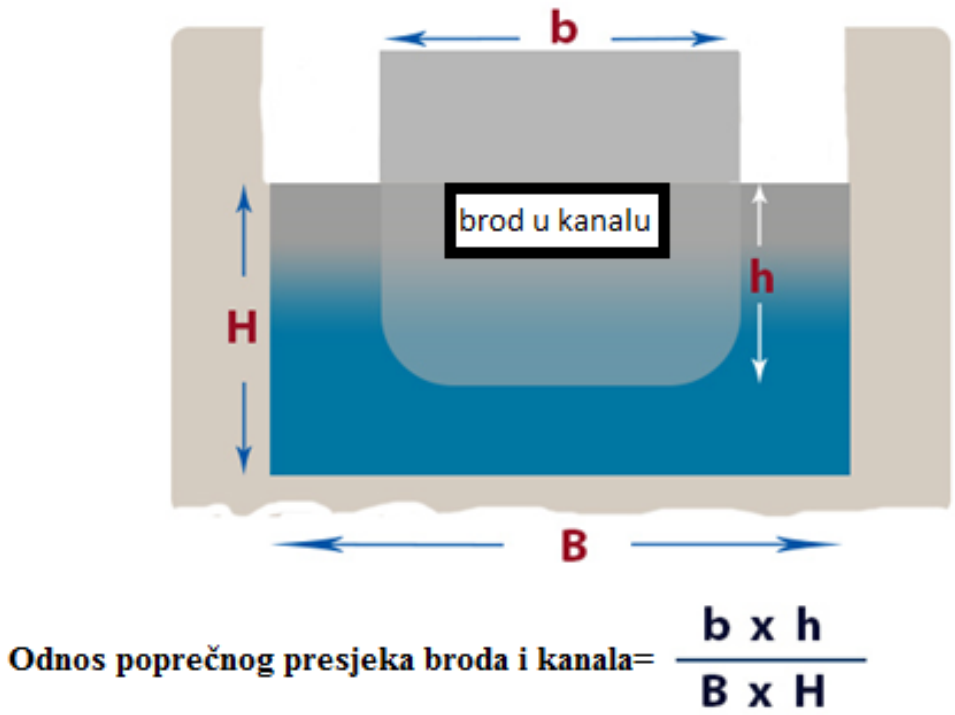
Ukoliko se govori o plovidbi po uskim kanalima, u pravilu nije precizirano što se točno smatra uskim kanalom. Naime, ovisno o veličini broda, uski kanal predstavlja relativan pojam. Naime, zbog porasta veličine brodova i plovni putovi i ušća velikih rijeka postali su ograničavajući čimbenik u plovidbi. Osim s nedovoljnom količinom vode ispod kobilice, kod plovidbe po uskim kanalima brod se susreće i sa nedovoljnom količinom vode po bokovima. Samim time za plovidbu kanalom od posebnog značaja je zakon zvani S faktor. Navedeni čimbenik predstavlja odnos površine presjeka uronjenog dijela glavnog rebra As i površine poprečnog presjeka kanala Ac. Utjecaj stjenki plovnog puta prema tome ovisi o poprečnom presjeku kanala kao i o njegovom odnosu prema poprečnom presjeku brodu.

Presjek broda dan je slijedećom formulom:

$$As = b \times T$$

$$Ac = B \times H$$

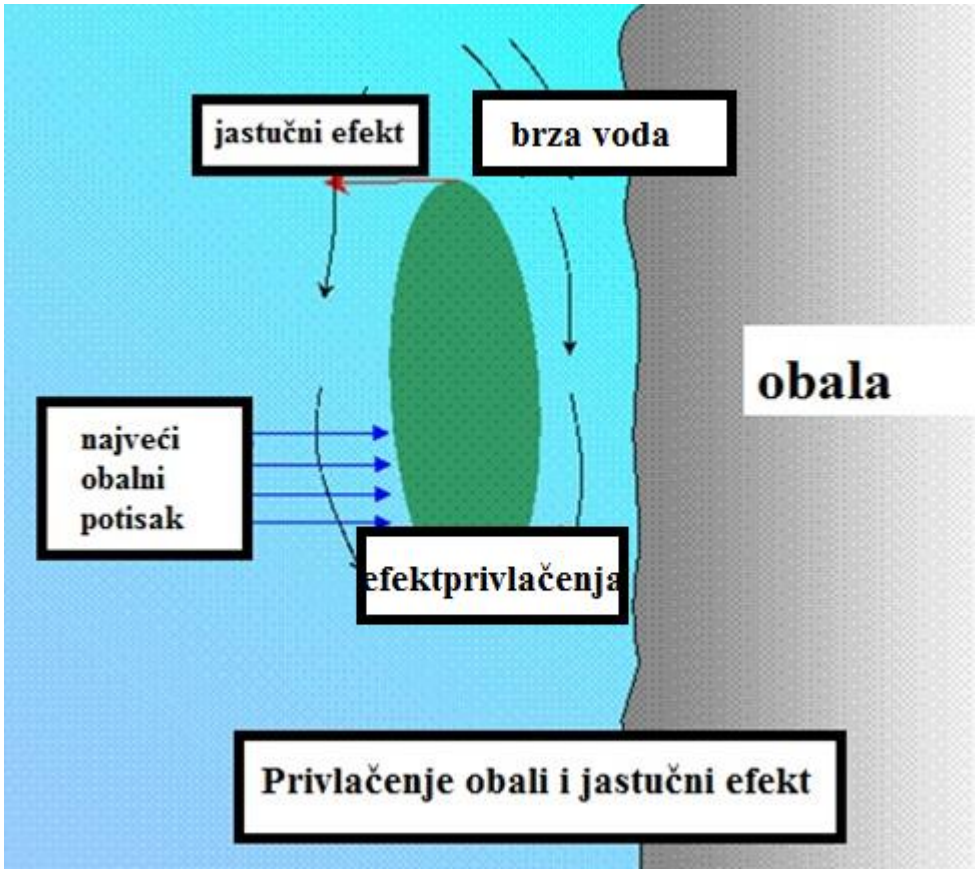
$$S = As/Ac$$



Slika 7. Odnos poprečnog presjeka broda i kanala [8]

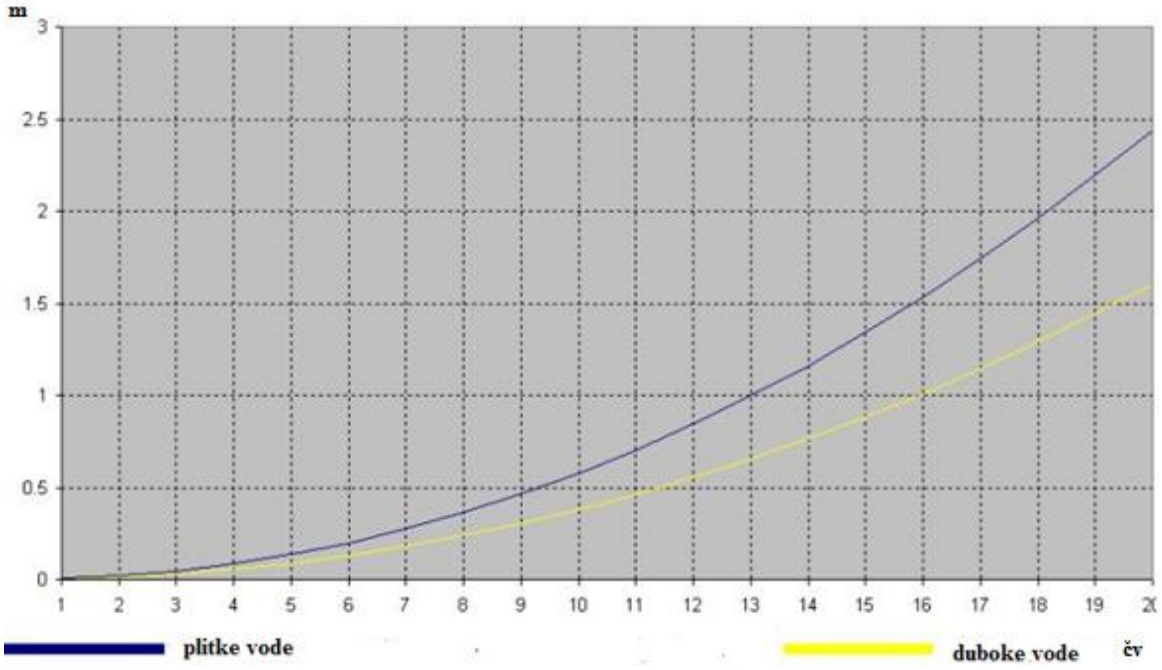
Poznato je da svaki osjetni pad tlaka uzrokuje i dublje uronuće broda. Osim što dolazi do pada tlaka ispod kobilice kod plovidbe brodom u uskim kanalima taj pad tlaka se javlja i po boku borda. Navedeno još više uzrokuje pad nivoa vode, tj. privlačenje broda k obali. Navedeni efekt poznat je i pod nazivom sis. Sis će biti još veći što je kanal uži i plići u odnosu na gaz, te širinu broda te što je brzina broda veća. Na pramcu se nalazi područje visokog tlaka, uz bokove broda niskog, dok na krmi ili iza krme područje visokog tlaka i to sve ovisno o brzini broda.

Moglo bi se čak reći kako je područje visokog tlaka na mjestu brijega vala, a niskog u dolini. S obzirom na pojačano strujanja uzrokovan je pad tlaka. Navedena situacija će nastati ukoliko brod plovi blizu obale većom brzinom. Pojačano strujanje nadalje može prouzročiti pad tlaka između broda i obale, a to uzrokuje da bok broda, a samim time i krma, budu privučeni obali.



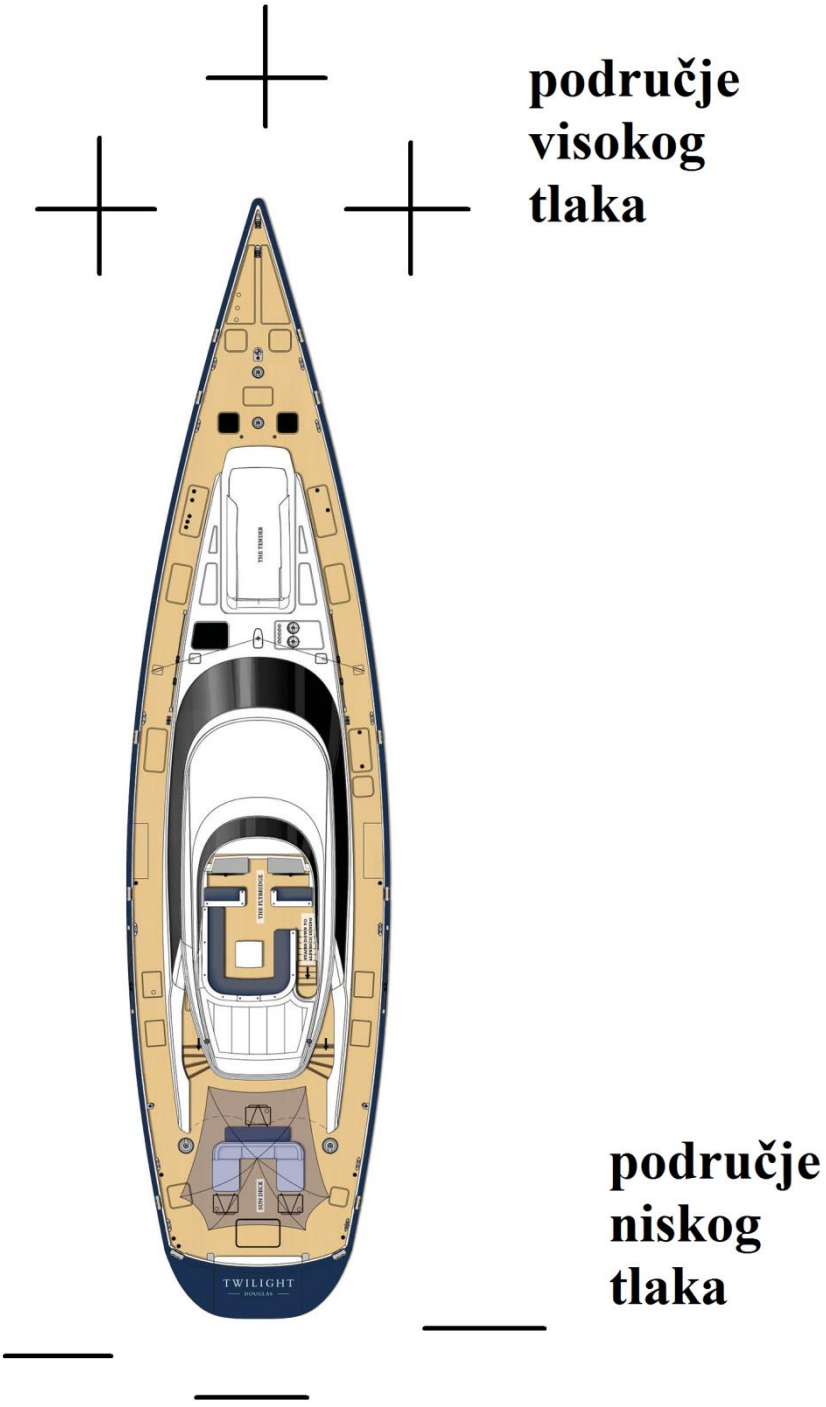
Slika 8. Utjecaj obale pri plovidbi po uskom kanalu [10]

Kod plovidbe po uskom kanalu neprimjerenom brzinom dolazi zapravo i do osjetnog pada razine vode uz obalu kanala, tj. dolazi do nastajanja oseka. Pad vode uz obale neprestano slijedi brod dok isti plovi kanalom. Veličina samog pada razine vode može iznositi od nekoliko centimetara do više od jednog metra. Naime, zbog toga pri prilazu većeg broda kanalom neprimjerenom brzinom mogu nastati štete na obalnim objektima kao i brodovima i brodicama u blizini obale, kao i onima privezanim uz obalu. Kako bi se ovakve pojave izbjegle te smanjile na najmanju mjeru potrebno je ploviti bliže sredine kanala kao i smanjenom brzinom.



Slika 9. Brodski čučanj u plitkom kanalu i dubokoj vodi [10]

Drugi problem koji se javlja pri plovidbi po uskom te plitkom kanalu svakako je međusobno djelovanje brodova kod pretjecanja te mimoilaženja. Naime, brodovi u uskom te plitkom kanalu plove neprimjerenom brzinom na malim udaljenostima, mogu se provući, a uzrok je tako zvani transverzalni squat. Do navedenog dolazi zato što se zbog različitog rasporeda tlaka oko broda te uzajamnog djelovanja javlja ekstremno velik blok faktor. Ovakvo uzajamno djelovanje može prouzročiti da manji brod bude privučen od strane većeg broda što za posljedicu ima sudar.

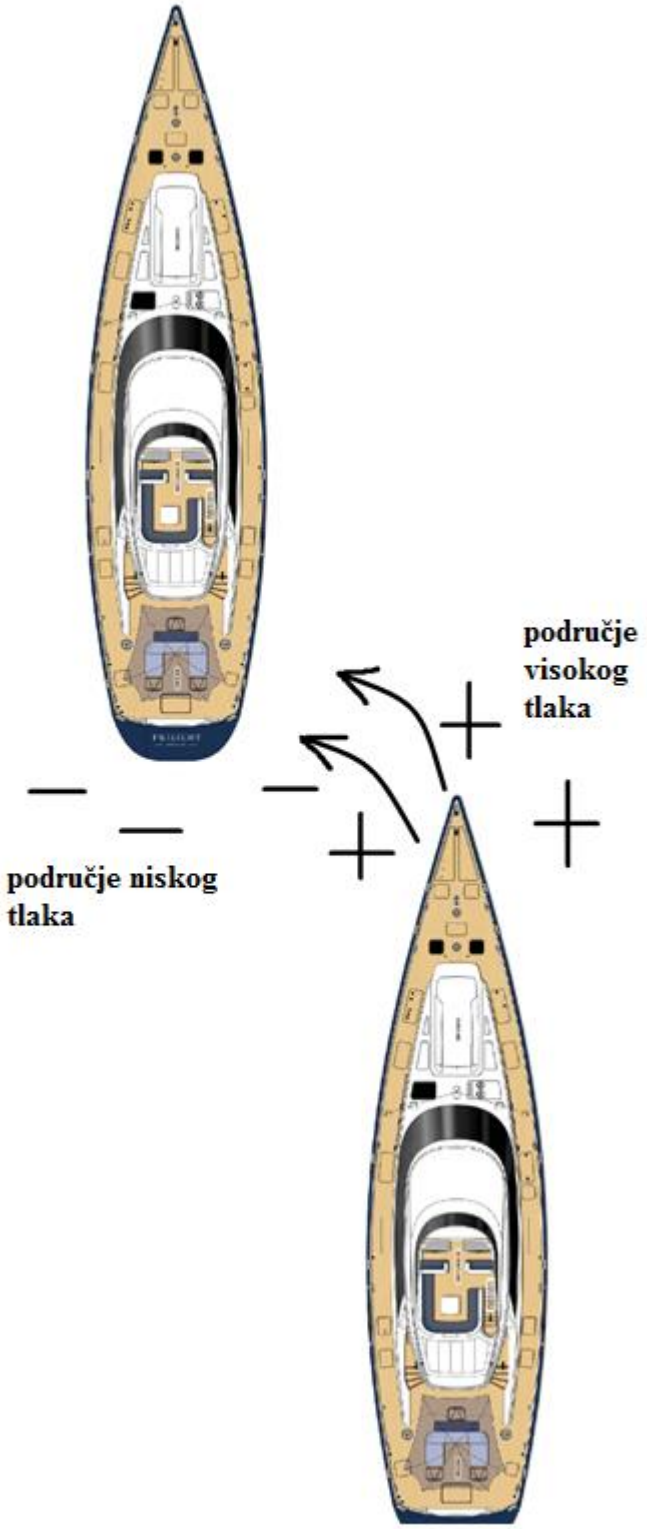


Slika 10. Raspored tlaka zraka pri plovidbi [9]

3.2.1. Pretjecanje

Kod procesa pretjecanja, pramac bržeg broda se približava krmi dostignutog, vodeni brijeg kojeg brod gura ispred sebe dolazi postepeno do udubljenja pored krme dostignutog broda. Voda s brijega vala brzo počinje teći ka samome udubljenju i to povlačeći za sobom njegov pramac prema krmi dostignutog broda. Ukoliko se izbjegne

ovakva pojava na samom početku pretjecanja, prijeti opasnost u nastavku. Naime, dok brodovi plove usporedno postoji mogućnost da krma jednog udari u krmu drugog broda. Kod navedene faze postoji mogućnost presisavanja i kada brod koji pretječe odmiče, no u manjoj mjeri [5]



Slika 11. Privlačenje brodova pri pretjecanju

3.2.2. Mimoilaženje

Ukoliko se u uskom kanalu brodovi mimoilaze, pramčani valovi broda se približe te se konačno sudare te odbiju. Na taj način stvara se vodeni brijeg. Navedeni djeluje kao vodeni jastuk koji sprječava sudar (slika 12).

Slika 12. Mimoilaženje brodova – utjecaj „vodenog jastuka“ [11]

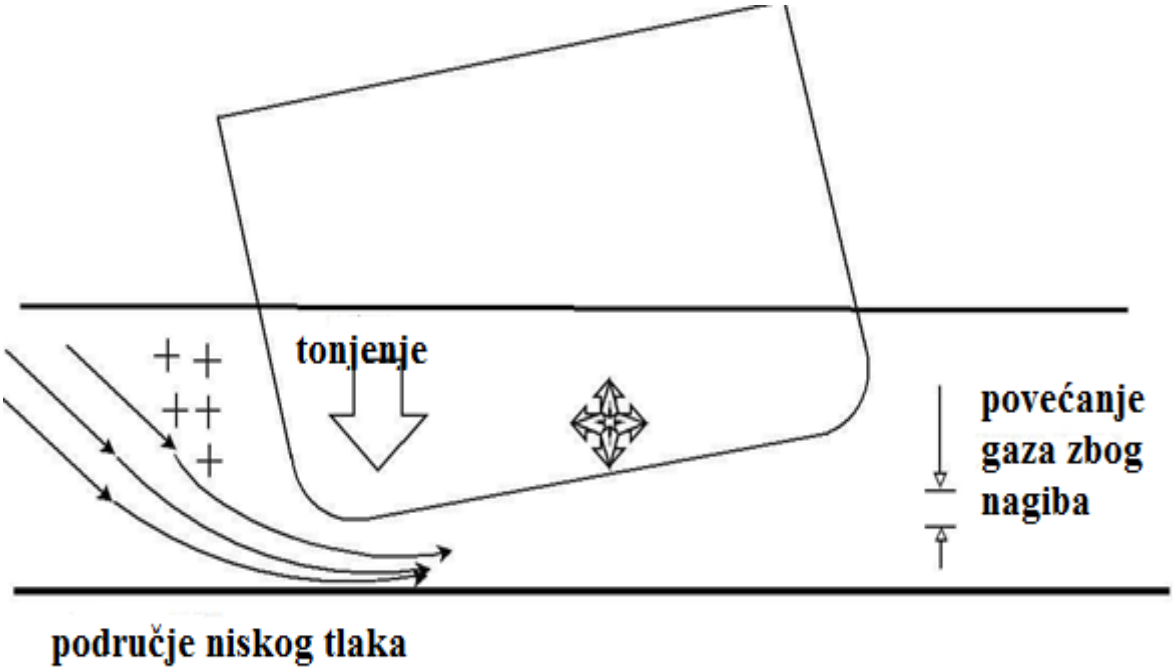
Nadalje, u daljnjoj fazi mimoilaženja strujanje uz bokove brodova se poništavaju i na taj način nastaje veća promjena na razini vode između brodova kod pretjecanja. Ukoliko se brodovi mimoilaze na manjim udaljenostima, može doći i do nekontroliranog naglog skretanja broda ka brodu. Do tako naglog skretanja dolazi uslijed različitog rasporeda tlaka vode duž svakog pojedinog broda (slika 13).

Slika 13. Mimoilaženje 2. Faza [12]

3.2.3. Okretanje i sposobnost kormilarenja u plitkoj vodi

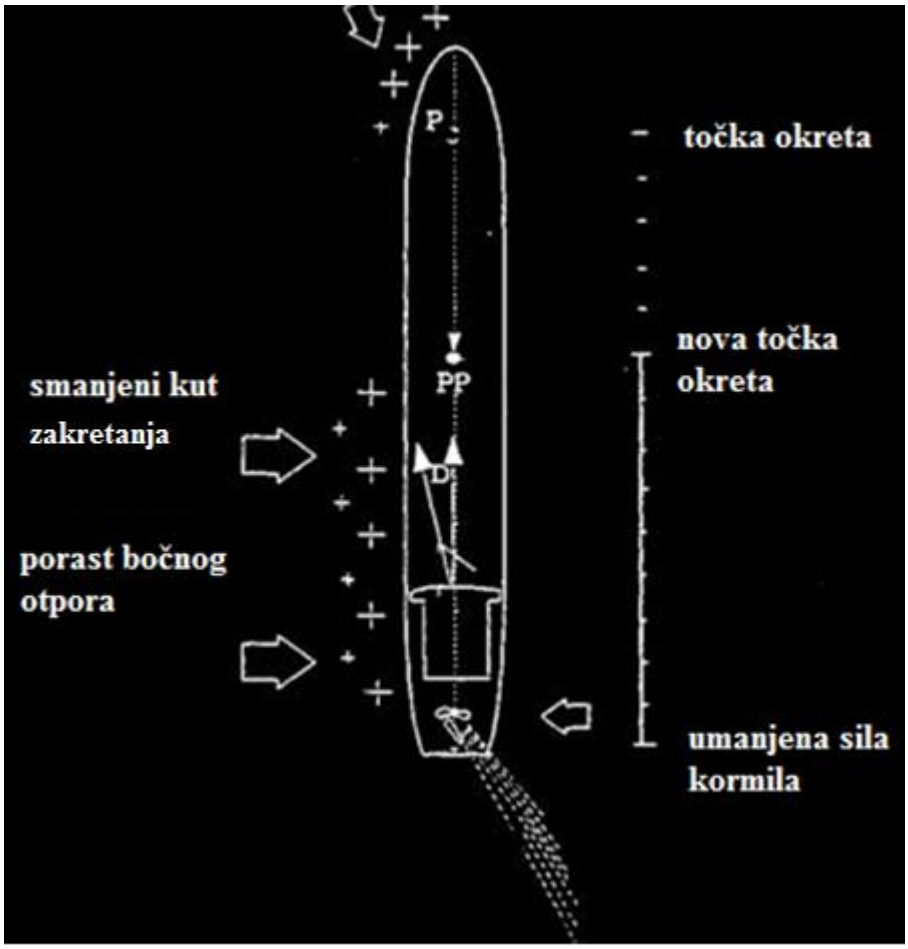
Prilikom plovidbe u plitkoj vodi, okretljivost broda je drugačija, odnosno slabija, a s druge strane ponekad i vrlo teško kontrolirana.

Primjerice, brod otkloni kormilo sasvim udesno dok krma broda počinje izbijati ulijevo. Navedeno uzrokuje porast tlaka na lijevom boku. Tlak je veći od točke okreta prema krmi. Sila kormila je ta koja mora savladati snažan bočni otpor. Slična situacija se događa i na pramcu gdje zbog vrlo male dubine voda koja je ranije slobodno prolazila ispod kobilice sada to nije u stanju stoga se sa lijeve strane pramca stvara područje povećanog tlaka.



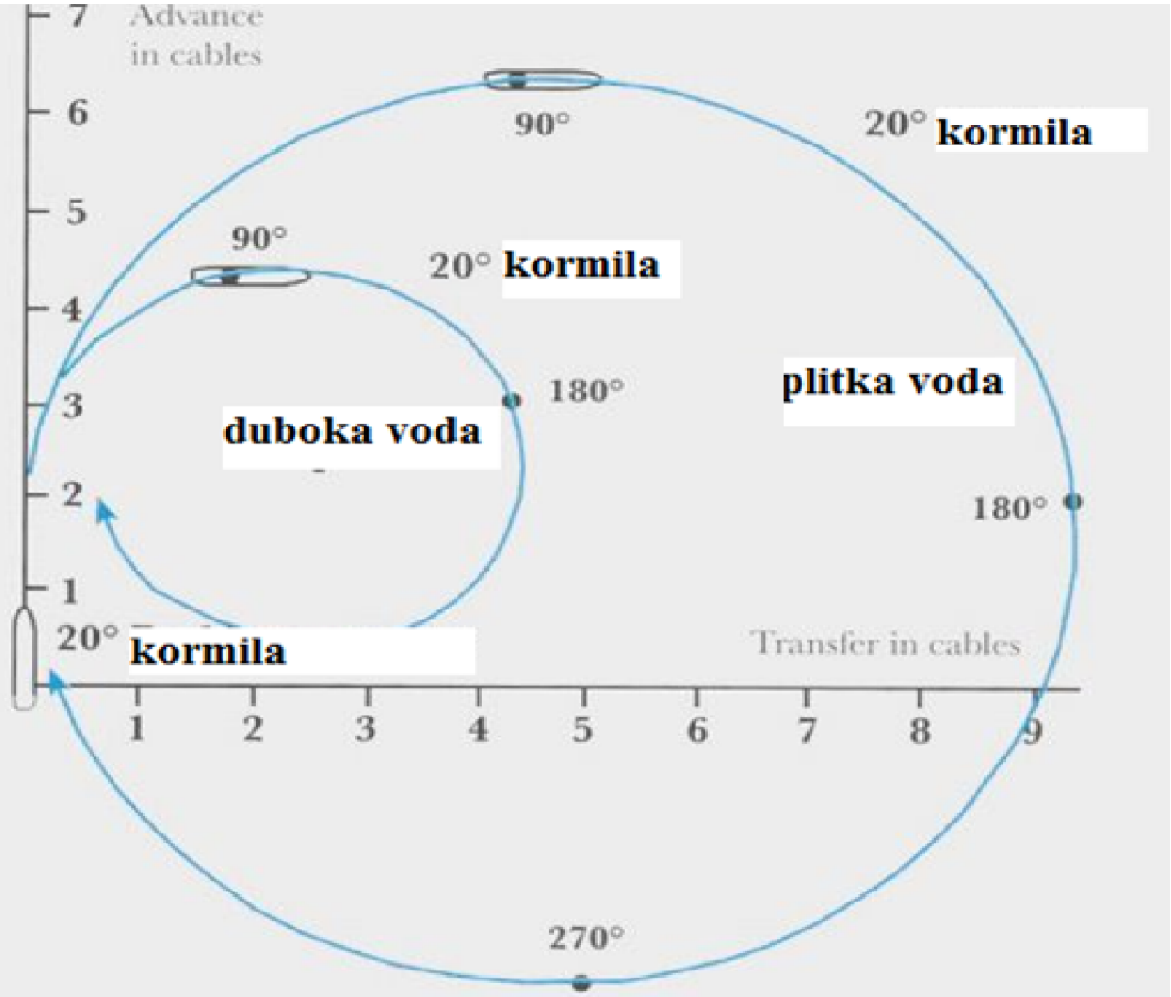
Slika 5. Utjecaj plitke vode na okretljivost broda [13]

Otežano okretanje vrlo lako se može objasniti povećanim tlakom na lijevoj strani iza točke okreta. Navedeno uzrokuje pomicanje točke okreta prema krmi. Kao posljedica javlja se slabije djelovanje kormila. Dakle, slabije djelovanje kormila uzrokuje povećanje kruga okreta broda. Koliko će krug okreta biti veći ovisi o dubini vode ispod kobilice te o brzini broda. Zbog svega navedenog kod same plovidbe po uskim kanalima treba ploviti ekstremno oprezno kao i prilagođenom brzinom. Potrebno je imati na umu i djelovanje svih čimbenika. Okretanje brodom na zavoju potrebno je započeti na vrijeme. Naime, u protivnom prijeti opasnost od nasukavanja ili pak prelaženja na drufu stranu, samim time dolazi i do opasnosti od sudara s brodom koji dolazi iz suprotnog smjera. Ukoliko je riječ o većim brodovima, oni plove bliže sredini kanala. Na zavoju se trebaju okretati tako da se pramac nalazi unutar desne strane. S druge strane krma prilikom okretanja će lagano izbijati k sredini. U veoma uskom kanalu tada nema opasnosti da krma udari ali se pak nasuče na suprotnoj obali s obzirom da vodeni jastuk koji se stvara na suprotnom boku stalno potiskuje brod ka sredini.



Slika 15. Položaj točke okreta broda pri okretanju u plitkoj vodi i njen utjecaj na okretljivost [14]

Prilikom plovidbe po uskom te plitkom području potrebno je biti na oprezu. Naime, upravo tada potrebno je voditi računa o brojnim čimbenicima, a poglavito o brzini. Kod uskih kanala najveću brigu treba voditi o veličini kruga okreta koji je u plitkoj vodi nešto veći. Upravo iz tog razloga u uskim kanalima okreti se ne izvode na osnovi teorijskih proračuna, nego "od oka" i to vodeći se iskustvom kao i stečenom praksom kao i dobrim poznavanjem manevarskih osobina broda. Potrebno je znati da je okretanje bolje započeti ranije nego kasnije jer prostora nema mnogo stoga bi kasno započinjanje okreta brod dovelo u opasnost od nasukavanja i sudara.



Slika 16. Krug okreta broda u plitkoj i dubokoj vodi

Proračun se može izračunati na temelju slijedeće formule:

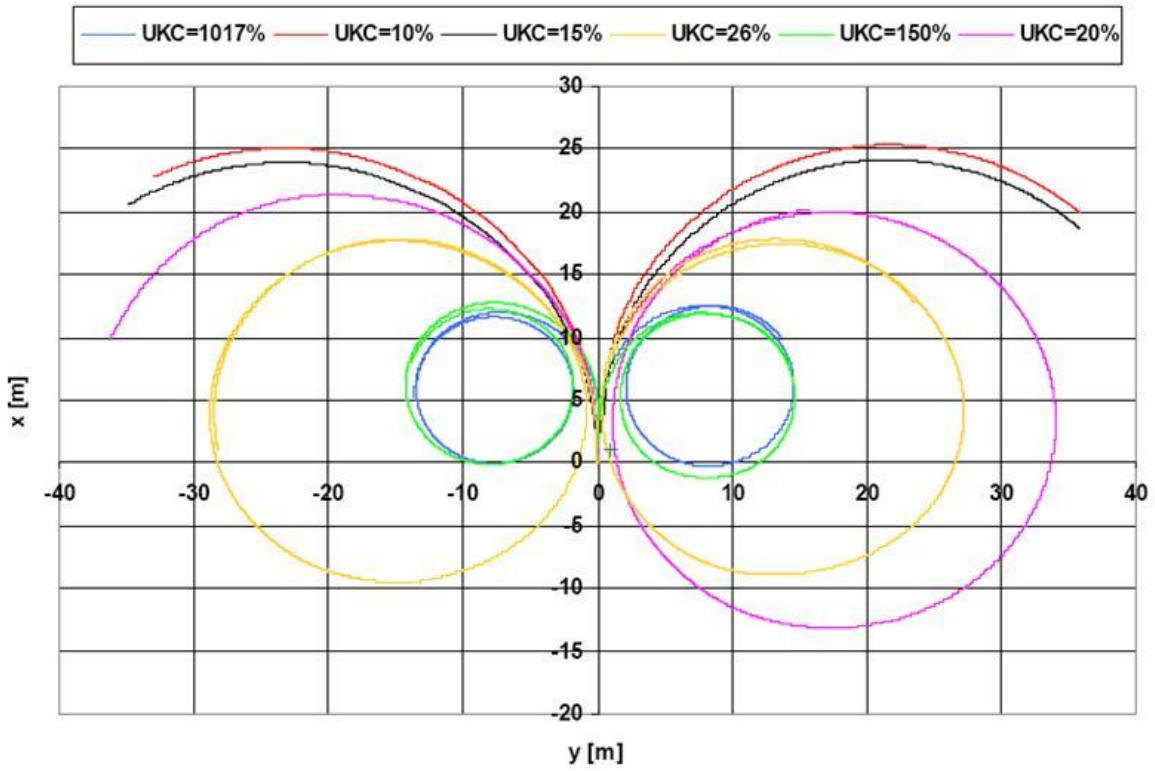
$$\Delta K = K_2 -= K_1$$

$$tg = \frac{\Delta K}{2} = \frac{x}{r}$$

$$x = r \times tg \frac{\Delta K}{2} \ldots$$

Gdje r predstavlja polumjer kruga okreta broda, a ΔK predstavlja razliku kurseva u stupnjevima.

Vidljivo je da se ploveći po uskim te plitkim kanalima potrebno držati opreza i to vodeći računa o čimbenicima kao što je upravo proračunu okreta.



Slika 17. Krug okreta broda za različit UKC (under keel clearance) [15]

4. ZAKLJUČAK

Čovjek, kao dio brojnih sustava u kojima se nalazi, kojima se koristi i kojima upravlja, svakako je i sam vrlo bitan čimbenik uspješnosti realizacije. Čovjek je dakle prvobitno pokretač svega, a kao takav nosi iznimnu odgovornost za svoje postupke. Kada se radi o prometu, bilo da se odnosi na cestovni, zračni ili vodeni promet, bilo za vlastitu upotrebu, prijevoz dobara ili pak ljudi, ili nešto treće, ljudski čimbenik je taj koji igra veliku ulogu. Na samo ljudsko ponašanje može utjecati nekoliko vanjskih te nekoliko unutarnjih čimbenika.

Najprije je potrebno spomenuti na one čimbenike na koje sam čovjek može djelovati. Nadalje, osim spomenutih čimbenika, na čimbenik okoliša čovjek ne može izravno utjecati. Upravo je o ovom čimbeniku riječ u radu, odnosno o čimbeniku plitke vode. Navedenomu se može samo prilagoditi i svojim znanjem, motivacijom i iskustvom oduprijeti istom. Samo iz ovih nekoliko spomenutih čimbenika vidljivo je kako se radi o vrlo važnom poglavlju u samom manevriranju brodom.

Ograničena dubina plovnog puta vrlo bitno mijenja strujanje oko te ispod broda te samim time i znatno utječe na otpor broda, a tako i na njegovu brzinu. Stupanj ograničenosti dubine stoga se određuje odnosom dubine mora te gaza broda. Otpor trenja se stoga u plitkoj vodi povećava za više od 20%. Najnepovoljniji trenutak za brod je pri određenoj nepovoljnoj brzini i gazu broda kad brod djeluje kao da je upao u dolinu te ovakva pojava može izazvati privlačenje trupa broda prema morskom dnu i to uz opasnost udara broda od morsko dno. Kod brzine broda od 20 čv. dubina od 25 metara negativno utječe dok pak za brzinu ispod 12 čv. dubina mora od preko 15 metara nema nikakvog utjecaja. U pojedinim situacijama kod velike brzine broda u plitkoj vodi nema negativnog utjecaja te plitka voda čak počinje djelovati na pozitivan način. Ipak potrebno je voditi računa o neprilagođenoj brzini i to zbog tako zvanog indirektnog sudara s obalnim objektima te vezanim brodovima.

LITERATURA

(1) Bielić, T. (2004.): „*Utjecaj eronomskih čimbenika na upravljanja brodom*“, NAŠE MORE: znanstveno-stručni časopis za more i pomorstvo, Vol. 51, No. 5-6, str. 175

(2) Dacić, S., Salihović, S. (2011.): „*Čovjek kao čimbenik poizdanosti dinamičkog sustava vozač-vozilo-okolina*“, Sigurnost Vol. 53, No. 4, str. 331

(3) Ivanković, M. (2007.): *„Prevencija utjecaja ljudskog čimbenika u zračnom prometu*“, fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, diplomski rad, str. 11

(4) Mohović, R., Rudan, I., Mogović, Đ. (2012.): “*Problemi korištenja simulatora u edukaciji upravljanja i manevriranja brodom”*, Pomorstvo, vol.26.no.1., str.191.

(5) Radulić, R. (2001.): „Manevriranje brodom“, Profil International,str. 7, Zagreb

(6) http://www.marinapomorac.com/manevriranje

(7) https://www.slideshare.net/adsokant/basics-ofshipresistance

(8) https://www.myseatime.com

(9) www.oocities.or

(10) https://www.cultofsea.com

(11) www.boatsmartexam.com

(12) http://duluthshippingnews.com

(13) http://www.ebah.com.br

(14) http://www.maritimementors.com

(15) https://www.sciencedirect.com

(16) https://westcoastoceans.wordpress.com/2014/05/

(17)https://www.somersetlive.co.uk/news/somerset-news/photos-show-arrival-biggest-ever-1499549

POPIS SLIKA

Slika 1. Brod u plitkoj vodi [16].....2
Slika 2. Vrste ljudskih grešaka u sustavu prometa [4] 7
Slika 3. Brod u plitkoj vodi [17].....9
Slika 4. Promjena oblika valova pri plovidbi brodom u plitkoj vodi [7]..... 13
Slika 5. Utjecaj koeficijenta punoće pri plovidbi u plitkoj vodi na sqat [8]..... 16
Slika 6. Obrazac proračuna brodskog čučnja [1]..... 17
Slika7. Prikaz podvodnih veličina analize dodatnog zagažaja[6].....19
Slika 8. Tegljenje broad u dubokoj i plitkojvodi…….….19
Slika 9. Odnos poprečnog presjeka broda i kanala [8]..... 20
Slika 10. Utjecaj obale pri plovidbi po uskom kanalu [10]..... 21
Slika 11. Brodski čučanj u plitkom kanalu i dubokoj vodi.....22
Slika 10. Raspored tlaka pri plovidbi [9]..... 22
Slika 11.Privlačenje brodova pri pretjecanju.....24
Slika 12. Mimoilaženje brodova – utjecaj „vodenog jastuka“ [11]..... 24
Slika 13. Mimoilaženje 2. faza [12] 25
Slika 14. Utjecaj plitke vode na okretljivost broda [13]..... 26
Slika 15. Položaj točke okreta broda pri okretanju u plitkoj vodi i njen utjecaj na okretljivost [14] 27
Slika 16. Krug okreta broda u plitkoj i dubokoj vodi…….....29
Slika 17. Krug okreta broda za različit UKC (under keel clearance).....30

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Ljudske pogreške u pet kategorija 7

KRATICE

AIS- Automatic Identification System

VTS- vessel traffic service