

**SVEUČILIŠTE U SPLITU  
POMORSKI FAKULTET U SPLITU**

**Filip Sabljic**

**Plovidba pod utjecajem struje, vjetra i valova**

**ZAVRŠNI RAD**

**SPLIT, 2019.**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**POMORSKI FAKULTET U SPLITU**

**STUDIJ: Pomorska nautika**

**Plovidba pod utjecajem struje, vjetra i valova**

**ZAVRŠNI RAD**

**MENTOR:**

**dr. sc. Zvonimir Lušić**

**STUDENT:**

**Filip Sabljic**

**(MB:0171273528)**

**SPLIT, 2019.**

## SAŽETAK

U ovom radu se obrađuje problematika utjecaja vanjskih čimbenika na brod u plovidbi, prije svega utjecaj morske struje, vjetra i valova. Na utjecaj prethodno navedenih čimbenika na brod u plovidbi se ne može izravno utjecati, nego časnici na brodu moraju, uz pomoć podataka koji se o tim čimbenicima dobivaju uz pomoć proračuna te raznih pomorskih izvještaja, prilikom planiranja te izvođenja putovanja te čimbenike imati na umu te u skladu s njima postupati. U svakodnevnim situacijama, svaki brod se nalazi na izravnim udarima kombinacije tih čimbenika, a postupci u takvim situacijama su detaljno obrađeni kroz ovaj rad.

**Ključne riječi:** *brod u plovidbi, morske struje, vjetar, valovi, zanošenje*

## ABSTRACT

The aim of this paper is to elaborate the impact of external factors on the ship that is underway, focusing primarily on the effects of currents, winds and seas. The impact of the aforementioned factors on a ship in navigation can not be directly affected, but officers of the watch on board must, using data gathered by computing and various maritime reports, plan and carry out the voyages, bearing in mind and complying with them. In everyday situations, each ship is at all times faced with the combination of all these factors and ways of coping with them are, hereby, described in detail.

**Keywords:** *ship in navigation, currents, winds, seas, drift*

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2. OSNOVNO O PLOVIDBI</b> .....	<b>2</b>
2.1. OSNOVNI NAVIGACIJSKI ZADACI .....	2
2.2. PRIPREMA BRODA ZA PLOVIDBU.....	3
2.3. VOĐENJE BRODA PO UCRTANIM KURSOVIMA.....	4
<b>3. UTJECAJ MORSKE STRUJE NA BROD U PLOVIDBI</b> .....	<b>6</b>
3.1. PLOVIDBA POD UTJECAJEM MORSKE STRUJE .....	8
3.1.1. Određivanje elemenata morske struje .....	8
3.1.2. Određivanje komasnog kursa.....	9
3.1.3. Određivanje kursa preko dna i zbrojene pozicije.....	10
3.2. PLOVIDBA POD UTJECAJEM STRUJE MORSKIH MIJENA.....	11
<b>4. UTJECAJ VJETRA NA BROD U PLOVIDBI</b> .....	<b>12</b>
4.1. UTJECAJ VJETRA NA ZAUSTAVLJENI BROD .....	13
4.2. UTJECAJ VJETRA NA BROD U VOŽNJI .....	15
4.2.1. Određivanje približnog i stvarnog kuta zanošenja zbog vjetra .....	18
4.2.2. Određivanje procijenjene pozicije pri zanošenju zbog vjetra .....	19
4.2.3. Određivanje kursa kroz vodu pri zanošenju zbog vjetra.....	20
<b>5. UTJECAJ VALOVA NA BROD U PLOVIDBI</b> .....	<b>21</b>
5.1. PLOVIDBA S VALOVIMA U PRAMAC .....	22
5.2. PLOVIDBA S VALOVIMA U KRMU .....	23
<b>6. ZAJEDNIČKI UTJECAJ MORSKE STRUJE, VJETRA I VALOVA NA BROD U PLOVIDBI</b> .....	<b>24</b>
6.1. POZICIJA U RAZMAKU VREMENA U PLOVLJENJU SA ZANOŠENJEM OD POZNATE STRUJE.....	25
6.2. POZICIJA U RAZMAKU VREMENA U PLOVLJENJU SA ZANOŠENJEM OD NEPOZNATE STRUJE .....	26
<b>7. ZAKLJUČAK</b> .....	<b>28</b>
<b>LITERATURA</b> .....	<b>29</b>
<b>POPIS SLIKA</b> .....	<b>30</b>

# 1. UVOD

Svaki brod se pri plovidbi susreće s raznim silama koje na njega djeluju. Rezultanta svih tih sila određuje putanju kretanja broda kroz vodu. Sile uzrokovane vanjskim čimbenicima su sile na koje zapovjednik i časnici ne mogu izravno utjecati, već uz pomoć proaktivnih sila stvorenih porivnim strojevima, kormilom, sidrima, tegljačima itd. nastoje te sile ili poništiti do određene granice ili ih iskoristiti u svoju korist, u ovisnosti o tome što im zadatak nalaže. Pod vanjske čimbenike ubrajamo morske struje, vjetar, valove, utjecaj plitke vode, situacije mimoilaženja s drugim brodovima pri malim udaljenostima, piratstvo i dr., no u ovom radu ćemo se ograničiti na utjecaj struje, vjetra i valova.

Ovaj rad je koncipiran iz sedam poglavlja, pri čemu se u pet poglavlja izravno opisuje problematika ovog rada, dok se prvo i sedmo poglavlje odnosi na uvod i zaključak.

U uvodu je prikazana sažeta uvertira u srž problema koji će se obrađivati te koncept samog rada. Drugo poglavlje donosi osnovne podatke o navigaciji te općenitoj pripremi broda za plovidbu neovisno o prevladavajućim uvjetima. U trećem poglavlju se počinje baviti s problematikom ovog rada u punom smislu riječi, tj. obrađuje se utjecaj morske struje na brod u plovidbi, pri čemu se obrađuje plovidba pod utjecajem stalne struje te struje morskih mijena. U četvrtom poglavlju se razmatra utjecaj vjetra na brod u plovidbi, a u petom poglavlju se razmatra isti problem, ali sada kao posljedica djelovanja valova na brod u plovidbi. Pored toga razmatraju se situacije u kojima valovi dolaze brodu u pramac te u krmu. Rad se privodi kraju kroz šesto poglavlje u kojem se razmatraju situacije iz svakodnevnih situacija, odnosno analizira se zajednički utjecaj morske struje, vjetra i valova na brod u plovidbi. Konačno se rad završava sedmim poglavljem, odnosno zaključkom, a on donosi zaključke proizišle iz analize prethodnih situacija.

## 2. OSNOVNO O PLOVIDBI

Navigacija, nekoć zvana nautika, predstavlja vještinu upravljanja brodom te proces njegovog navođenja iz jednog mjesta u drugo. U tom procesu koriste se sva dostupna znanja iz raznih područja (matematike, meteorologije, oceanografije itd.) kako bi se osiguralo da brod dođe iz jednog mjesta u drugo najpovoljnijim putem. U plovidbi je jako bitno znati se na odgovarajući način služiti navigacijskom opremom, kao npr. navigacijskom kartom i drugim pomagalima te u skladu s tim znati odrediti i provjeravati kurs, poziciju i brzinu broda.

Navigacija se dijeli na pomorsku, zrakoplovnu, te na svemirsku navigaciju. Pomorska navigacija se najprije dijeli na površinsku i podmorničku navigaciju. S obzirom da je tema ovog rada povezana s površinskom navigacijom, tako ćemo se ograničiti na daljnje analiziranje iste.

Površinska pomorska navigacija, u ovisnosti o području na kojem brod plovi, se dijeli na obalnu navigaciju, oceansku navigaciju ili navigaciju otvorenog mora i polarnu navigaciju.

Kada brod plovi na određenom području u kojem se obala i pojedini objekti mogu dobro razaznati, tada se govori o obalnoj navigaciji.

Kad se pak obala ne vidi te ne postoji mogućnost razaznavanja obalnih objekata koji igraju važnu ulogu u obalnoj navigaciji, tada se govori o oceanskoj navigaciji.

Kada se plovi u područjima koja se nalaze unutar paralele  $70^{\circ}$  N i S s dodatnim subpolarnim pojasom oko  $10^{\circ}$ , tada se govori o polarnoj navigaciji. [6]

### 2.1. OSNOVNI NAVIGACIJSKI ZADACI

Preduvjet za sigurnu plovidbu je sustavno i odgovorno rješavanje navigacijskih zadataka uz pomoć kojih se može odrediti poziciju broda, kontrola njegove putanje te kontrola navigacijskih instrumenata. Rješavanje tih navigacijskih zadataka se izvršava uz pomoć određene navigacijske metode koja će u prevladavajućim uvjetima plovidbe iznjedriti najbržim i najpreciznijim rješenjima.

Navigators je osoba koja rukovodi procesom upravljanja broda uz pomoć prisutnih navigacijskih pomagala. Proces plovidbe suočava navigatora s raznim zadacima i problemima koje je dužan riješiti.

Osnovni zadaci koji se pri tom javljaju su:

- određivanje kursa, udaljenost koju treba prijeći u tom kursu, vrijeme plovidbe između dvije pozicije,
- određivanje opažene pozicije broda, provjeravanje kursa i brzine broda te
- određivanje zbrojene pozicije broda na temelju prije opažene pozicije, kursa i prevaljenog puta.

Neka od pomagala koja se koriste za rješavanje prethodno navedenih zadataka su:

- kompas, instrument za orijentaciju, za održavanje kursa broda i mjerenje azimuta vidljivih objekata,
- smjerna ploča i sekstant, za mjerenje kutova,
- brzinomjer, za mjerenje brzine i prevaljenog puta,
- dubinomjer, za mjerenje dubine mora,
- elektronički navigacijski uređaji, npr. ARPA, GPS, Loran C, ECDIS itd.,
- sat i kronometar, za poznavanje točnog vremena,
- navigacijski priručnici, daju opis plovnog područja,
- pomorska karta, omogućava orijentaciju i grafičko rješavanje navigacijskih zadataka,
- nautičke tablice i računala, omogućavaju računsko rješavanje navigacijskih zadataka,
- navigacijski pribor, npr. trokut, paralelno ravnalo, šestar, dvokutomjer i sl., pomagala za grafičko rješavanje zadataka. [6]

## **2.2. PRIPREMA BRODA ZA PLOVIDBU**

Sigurnost broda se, pored tehnološke ispravnosti navigacijskih uređaja na brodu, temelji i navigacijskoj pripremi broda.

Pod navigacijskom pripremom broda podrazumijeva se: proučavanje područja plovidbe, crtanje kursova, izbor rute, određivanje udaljenosti između početne i krajnje pozicije, vrijeme isplovljenja, vrijeme uplovljenja, proračun potrebne brzine da bi se određena ruta odradila unutar zadatih vremenskih okvira itd. Osoba čiji potpis stoji iza te pripreme je sam zapovjednik, a glavna osoba zadužena za provođenje te pripreme je navigacijski časnik (uglavnom 2. časnik palube).

Izbor najpovoljnije rute ovisi o hidrometeorološkim prilikama, hidrografskim i navigacijskim karakteristikama područja plovidbe, opremljenosti broda, gustoći prometa, karakteristikama luke dolaska (npr. morske mijene) i slično. U slučaju da je promet na određenom plovnom području reguliran sustavom odvojene plovidbe, tada se tih ruta treba pridržavati. [6]

### 2.3. VOĐENJE BRODA PO UCRTANIM KURSOVIMA

Temeljni zadatak časnika navigacijske straže je održavanje broda na prethodno isplaniranoj ruti bez obzira na prevladavajuće uvjete. Sigurno upravljanje brodom se postiže upotrebom sve raspoložive navigacijske opreme, zatim raspoznavanju svih bitnih objekata koji mogu poslužiti pri određivanju pozicije broda, mogućnosti određivanja pozicije broda u bilo kojem trenutku, bez obzira bila to opažena ili zbrojena pozicija, kontroliranju rada svih instrumenata sa svrhom upozorenja časnika na određene opasnosti koje se mogu javiti pri plovidbi, kao što su pojava nekih prepreka na trenutnom kursu, opasnost sudara s drugim brodom čiji kurs se siječe s našim itd. [6]

Na koji način će brod reagirati na određene manevre u plovidbi ustvari najviše ovisi o njegovim karakteristikama, ali i o prevladavajućim uvjetima u kojima brod plovi. Jedan te isti brod će na jednake manevre različito reagirati u različitim uvjetima. Upravo zbog te činjenice je, osim poznavanja karakteristika samog broda, potrebno poznavati i na koji način na brod djeluju čimbenici na koje se ne može izravno utjecati, tj. vanjski čimbenici.

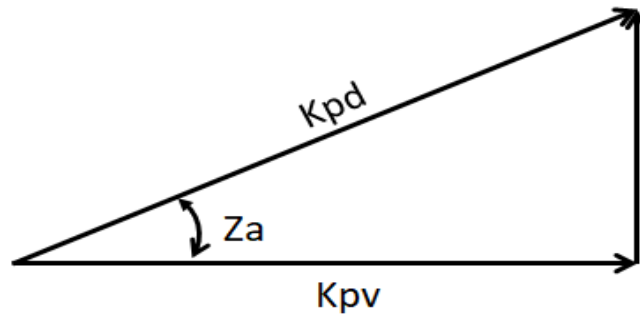
Oni čimbenici koji će se u ovom radu primarno analizirati su:

1. utjecaj vjetra,
2. utjecaj valova te
3. utjecaj morske struje [4]

Uz ove prethodno nabrojane vanjske čimbenike javlja se pojam zanošenja broda. Zanošenje je pojava kretanja broda rezultirajućim kursom i brzinom uslijed djelovanja morske struje, vjetra, valova te ostalih čimbenika. U idealnom slučaju, kod plovidbe brodom samo uz pomoć sila stvorenih pogonskim strojevima, bez utjecaja vanjskih čimbenika, brod bi iz pozicije  $P_1$  stigao u poziciju  $P_2$  po ucrtanom kursu te u proračunatom vremenu. U realnim, svakodnevnim situacijama, na brod ne djeluju samo sile stvorene pogonskim strojevima, već i sile koje stvaraju vanjski čimbenici, tj. morske struje, vjetar, valovi itd. te se pod njihovim utjecajem brod počinje kretati drugim kursom i drugom



brzinom u odnosu na onu planiranu. Brod ne slijedi ucrtani kurs, već plovi po nekom drugom kursu koji se naziva kurs preko dna (Kpd) te samim time neće stići na poziciju  $P_2$ , već na neku drugu poziciju  $P_2'$  (slika 1). Razliku između ovih dvaju kursova, tj. kursa koji pokazuje brodski kompas (Kpv) i kursa kojim brod plovi (Kpd), definiramo veličinom koja se naziva kut zanošenja ( $Za$ ). [1]



**Slika 1. Utjecaj zanošenja na kurs broda [7]**

### 3. UTJECAJ MORSKE STRUJE NA BROD U PLOVIDBI

Morsku struju se može jednoznačno odrediti ako su poznata njena sljedeća tri elementa: smjer, brzina i stalnost. Ono što je bitno naglasiti za smjer struje je to da se za razliku od vjetrova, koji se označavaju prema smjeru odakle dolaze (meteorološka konvencija), struje označavaju prema smjeru kamo idu (oceanografska konvencija).

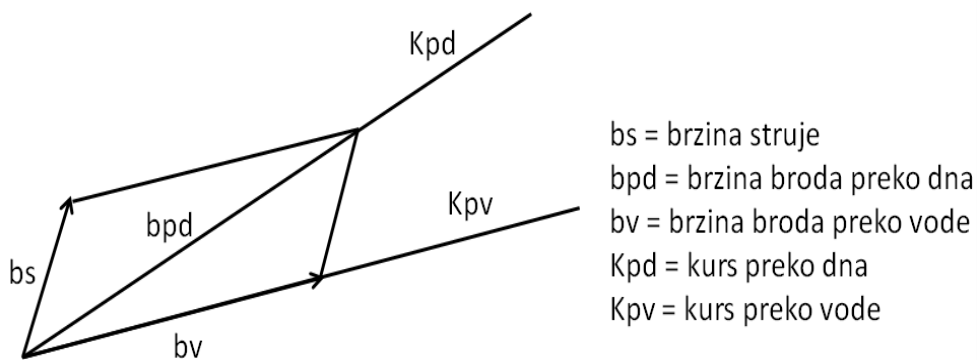
Morske struje nastaju kao posljedica djelovanja raznih sila na morsku površinu. Ove struje su uglavnom jednakog smjera i jačine za određeni godišnji period. Pored morskih struja bitno je spomenuti i struje morskih mijena. Jačina i smjer ovih struja su lokalno vrlo promjenjivi, iz razloga što one uvelike ovise o dubini, obliku i veličini bazena, konfiguraciji obale i dna. [5]

Da bi se što bolje razumjele karakteristike polja strujanja u određenom akvatoriju, potrebno je nešto reći o osnovnim silama uzročnicama morskih struja. Glavne sile uzročnice su:

1. Sila koja nastaje zbog horizontalnih razlika u gustoći mora – gradijentske struje;
2. Plimotvorna sila koja uzrokuje struje morskih mijena;
3. Sila potiska vjetra koja nastaje djelovanjem tangencijalne napetosti vjetra na površinu mora – struje drifta;
4. Coriolisova sila (efekt)

Osim sila uzročnica, kao što je već ranije djelomično navedeno, na strujanje znatno utječu dimenzije te topografske karakteristike obale i morskog dna određenog bazena. [3]

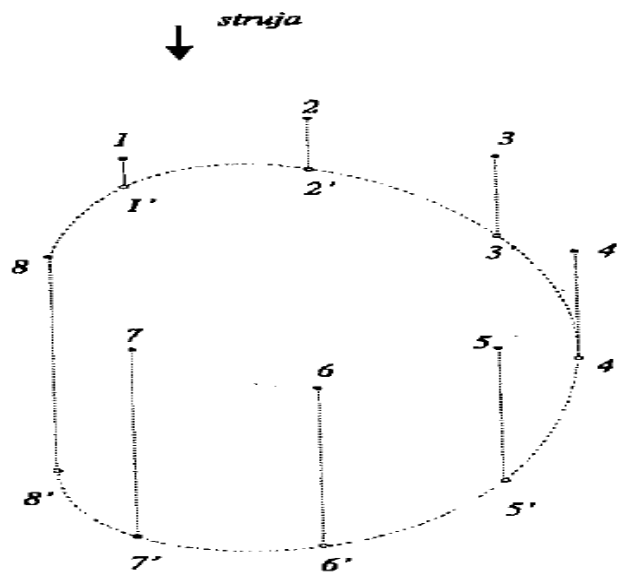
Kao što je već ranije naglašeno, pri razmatranju utjecaja vanjskih čimbenika, u ovom slučaju struje, na brod u plovidbi, treba razlikovati stvarni kurs i brzinu od prividnog kursa i brzine, odnosno brzinu i kurs broda kroz vodu te brzinu i kurs broda preko dna. Kada na brod djeluje struja, tada se, pored kretanja broda kroz vodu, kreće i voda zajedno s brodom te samim time utječe na brzinu i kurs broda, a stvarna brzina i kurs broda će biti rezultanta tih dvaju kretanja (slika 2). Prilikom upravljanja brodom u ovakvim uvjetima uvijek se u obzir uzima kurs i brzina broda preko dna.



**Slika 2. Plovidba brodom pod utjecajem morske struje [5]**

Ono o čemu se, pored prethodno spomenutih stvari, prilikom plovidbe brodom pod utjecajem struje mora voditi briga su veličina i oblik kruga okreta broda. Krug okreta je veličina, koja, u idealnim situacijama, odnosno situacijama u kojima se zanemaruje utjecaj vanjskih čimbenika na plovidbu brodom, ima oblik kruga, a dok se pod utjecajem struje deformira, odnosno izdužuje u smjeru struje i poprima oblik krivulje. Oblik kruga okreta može se vrlo jednostavno skicirati ako su poznati elementi struje, na način da se svaka točka kruga okreta broda u mirnoj vodi pomakne u smjeru struje upravo za njezin prevaljeni put u proteklom vremenu.

Na slici 3 može se vidjeti da je pomak 1-1' najmanji, a pomak 8-8' najveći jer je do tog trenutka proteklo najviše vremena. Iz toga se može zaključiti da deformacija kruga okreta ovisi o brzini izvođenja okreta, odnosno što je manja brzina kojom se to obavlja to će deformacija biti veća i obrnuto. Koliki će struja imati utjecaj na brod, osim o samim karakteristikama struje, ovisi i o poprečnom presjeku kanala u odnosu na poprečni presjek broda. Otpor podvodnog dijela broda proporcionalan je kvadratu brzine struje i presjeku podvodnog oblika broda suprotstavljenog struji. Iz ovoga slijedi da će učinak struje na određeni brod biti veći u uskom kanalu i plitkoj vodi iz razloga što će u tom slučaju oko i ispod broda brzina struje biti veća. To se događa zato jer ista količina vode mora proći kroz manji poprečni presjek u jednakom vremenskom intervalu. [5]



Slika 3. Krug okreta pri plovidbi brodom pod utjecajem morske struje [5]

### 3.1. PLOVIDBA POD UTJECAJEM MORSKE STRUJE

Horizontalno kretanje vodenih masa mora i oceana naziva se morska struja. Kao što je već ranije navedeno, glavni elementi morskih struja su brzina, smjer i stalnost. Također je naglašeno da se smjer struje označava prema smjeru kamo ide, tj. na isti način kao i kurs broda. Brzina struje (current speed) se uglavnom mjeri u čvorovima, no ponekad se izražava i u M/dan ili m/s. Stalnost struje se izražava u postocima, a računa se kao omjer vektorskog i skalarnog srednjaka brzine morske struje.

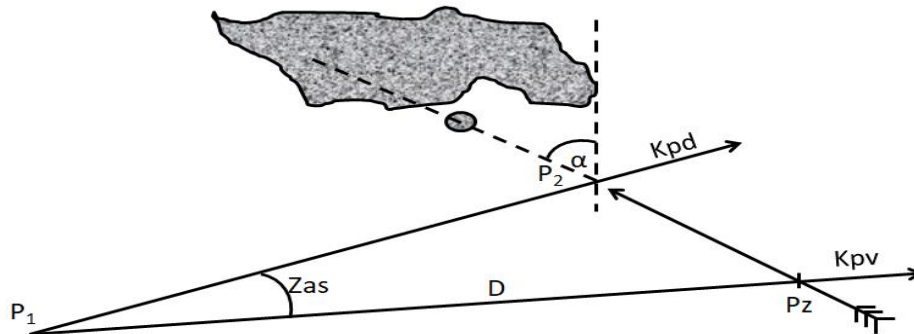
Podatci o glavnim elementima struje se uglavnom dobivaju iz navigacijskih karata, ali ponekad i na temelju odnosa dvaju istodobno određenih pozicija, npr. opažene i zbrojene. Postupak određivanja elemenata struje na potonji način nije potpuno točan iz razloga što na položaj broda, osim struja, utječu i drugi čimbenici, kao što su vjetar, zatim razne greške vezane za brzinu i kurs broda i dr. [6]

#### 3.1.1. Određivanje elemenata morske struje

Ako se zanemare drugi čimbenici koji utječu na zanošenje broda, elementi struje u svakodnevnom situacijama proračunavaju se na sljedeći način: od prethodne točne pozicije  $P_1$  ucrtta se pravi kurs kroz vodu ( $K_p$ ), zatim se nakon jednog sata (ili  $\frac{1}{2}$  ili  $\frac{1}{4}$  sata) plovidbe odrede opažena ( $P_2$ ) i zbrojena pozicija ( $P_z$ ) u istom trenutku (slika 4). Ovo vrijeme plovidbe se uzima radi jednostavnosti proračuna brzine struje. Sada s točkama  $P_1$ ,  $P_z$  i  $P_2$  određen je „trokut sila“. Smjer vektora  $\overrightarrow{P_z P_2}$  predstavlja smjer struje, a njegov intenzitet je

brzina odnosno prevaljeni put struje ovisno od upotrijebljenog vremena. Vektorom  $\overline{P_1P_2}$  je određen kurs i brzina preko dna (vpd). Kut  $P_zP_1P_2$  predstavlja srednju vrijednost kuta zanošenja zbog struje ( $Zas$ ).

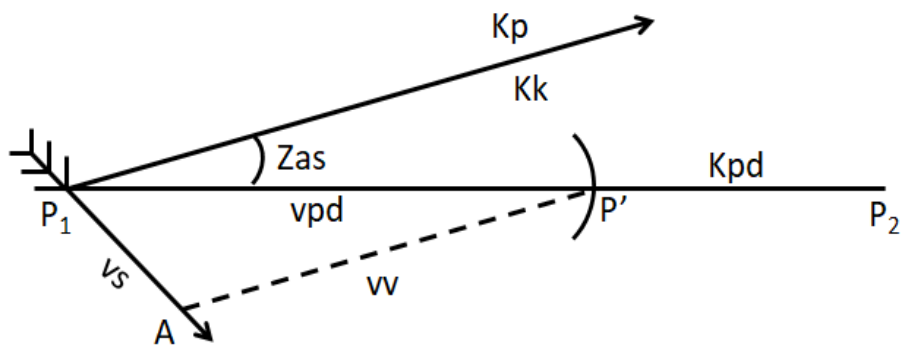
Osim na ovaj način, brzina broda preko dna te kut zanošenja koji nastaje uslijed djelovanja struje na brod, može se odrediti uz pomoć Nautičkih tablica (N.T. 20 i 21). [5]



**Slika 4. Određivanje elemenata morske struje na osnovi opažene i zbrojene pozicije [6]**

### 3.1.2. Određivanje kompasnog kursa

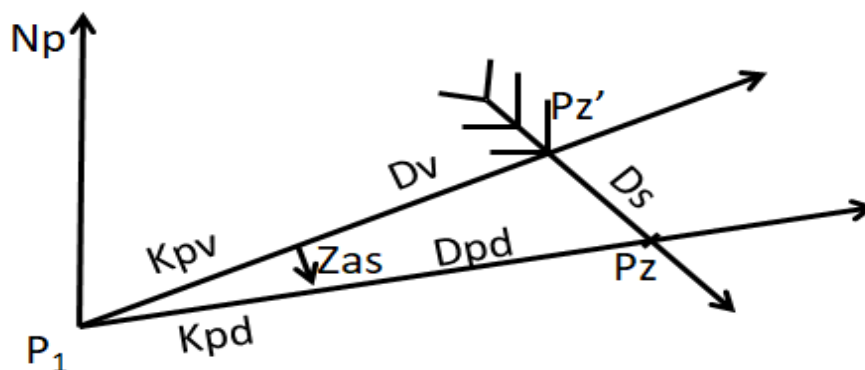
Ako se želi postići da brod stigne iz pozicije  $P_1$  u  $P_2$  po određenoj putanji, tada je potrebno skrenuti brod prema struji za odgovarajuću vrijednost  $Zas$  (slika 5). To se postiže grafičkim određivanjem odgovarajućeg pravog kursa na sljedeći način:  $\overline{P_1P_2}$  predstavlja put preko dna. Iz pozicije  $P_1$  se ucrtta smjer struje te na njega nanosi brzina struje ( $vs$ ). Iz točke  $A$ , s otvorom šestara u miljama koliko iznosi brzina broda kroz vodu ( $vv$ ), presiječe se put preko dna te dobije „trokut brzina“. U tom strokutu stranica  $\overline{P_1A}$  predstavlja smjer i brzinu struje, stranica  $\overline{AP'}$  brzinu broda kroz vodu te stranica  $\overline{P_1P'}$  brzinu broda preko dna. Smjer stranice  $\overline{AP'}$  određuje pravi kurs kroz vodu koji se ucrtta iz  $P_1$  i pretvori u kompasni kurs ( $Kk$ ). Smjer stranice  $\overline{P_1P'}$  predstavlja kurs preko dna, a vrijeme dolaska u  $P_2$  određuje se brzinom preko dna na putu preko dna. [6]



Slika 5. Određivanje kompasnog kursa pri utjecaju morske struje [6]

### 3.1.3. Određivanje kursa preko dna i zbrojene pozicije

Zadatak određivanja zbrojene pozicije i puta preko dna kojim plovi brod zanošen strujom se rješava proračunom kursa preko dna na sljedeći način (slika 6): prvo se iz prethodne točne pozicije  $P_1$  ucrtava kurs pravi kroz vodu te se na njega nanosi prevaljeni put kroz vodu. Na taj način se dobije pozicija  $P_z'$ , koja se zatim pomakne u smjeru struje upravo za njezin prevaljeni put te dobije procijenjena pozicija  $P_z$ . Sada je s točkama  $P_1$ ,  $P_z$  i  $P_z'$  određen „trokut prevaljenih putova“. U tom trokutu stranica  $\overrightarrow{P_1P_z}$  predstavlja kurs preko dna te prevaljeni put preko dna, stranica  $\overrightarrow{P_z'P_z}$  smjer i prevaljeni put struje te stranica  $\overrightarrow{P_1P_z'}$  kurs pravi kroz vodu i prevaljeni put kroz vodu. Pri tom kut  $P_z'P_1P_z$  predstavlja srednji kut zanošenja zbog struje. [6]



Slika 6. Određivanje kursa preko dna i zbrojene pozicije pri utjecaju morske struje

[6]

Kolika će biti preciznost ovako dobivene pozicije ovisit će isključivo o preciznosti uračunatih elemenata struje, odnosno zanošenja. U nepovoljnim situacijama ona ima tendenciju biti bliža procijenjenoj nego zbrojenoj poziciji.

U slučaju da se smjer struje podudara s kursom kroz vodu, tada su kurs broda kroz vodu te kurs preko dna jedan te isti kurs, a brzina broda u tom slučaju će biti jednaka zbroju odnosno razlici tih dvaju brzina, u ovisnosti o tome plovi li brod u smjeru struje ili u smjeru suprotnom struji. [6]

### **3.2. PLOVIDBA POD UTJECAJEM STRUJE MORSKIH MIJENA**

Struje morskih mijena su struje koje nastaju kao horizontalna komponenta promjene razine mora pod utjecajem morskih mijena. Struje morskih mijena su periodične te, kao i same morske mijene, mogu biti poludnevne ili dnevne.

Na otvorenim morima te oceanima njihov je utjecaj nije značajan, ali uz obale može biti vrlo velik, tako da struje morskih mijena uz obalu mogu postizati jako velike brzine. Struja plime (flood-ingoing stream) je pojava koja se javlja od trenutka uzdizanja morske površine i traje sve dok ne nastupi visoka voda. Plima je usmjerena prema obali. Pojava suprotna struji plime se naziva struja oseke (ebb-outgoing stream) koja je usmjerena od obale. Struja oseke je pojava koja se javlja od trenutka spuštanja morske površine i traje sve do nastupa niske vode. Još jedan pojam koji se javlja kod struja morskih mijena je ustajala voda (slack water) te on označava period kroz koji struja mijenja svoj smjer. Na početku izmjene strujanja su slaba, tj. imaju jako malu brzinu, no protokom vremena sve više dobivaju na brzini do trenutka u sredini izmjene, odnosno kod srednje razine mora kada imaju najveću brzinu (maximum speed) te nakon toga brzina ponovno opada do iduće ustajale vode gdje je brzina strujanja jednaka nuli.

U današnje doba smjer i brzina struja morskih mijena mogu se naći u tablicama morskih mijena koje izdaju hidrografski uredi.

Preciznost predviđenog vremena nastupa ustajalih voda se kreće u granicam  $\pm 0,5h$ . Jedna od glavnih karakteristika struja morskih mijena je ta da nemaju uvijek isti smjer. Svaki dobar pomorac mora imati na umu da je određivanje elemenata struja morskih mijena jedan od najkompliciranijih zadataka s kojima će se susresti. [6]

#### 4. UTJECAJ VJETRA NA BROD U PLOVIDBI

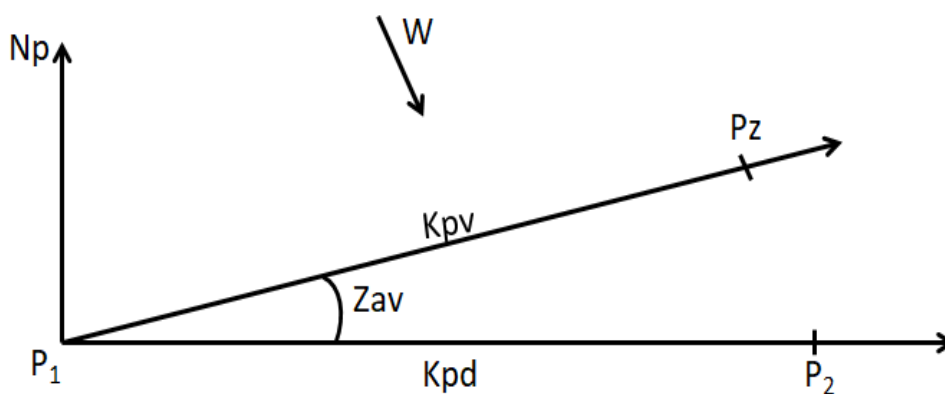
Brod se pri plovidbi istovremeno kreće kroz dva medija, a to su voda i zrak. Koliki će biti utjecaj vjetra na brod ovisi o površini koja se nalazi iznad vodene linije te o rasporedu tog dijela broda. Pored toga, utjecaj vjetra na brod je povezan i s uronjenim dijelom broda, odnosno ovisit će i o gasu te trimu broda. [4]

Ukoliko se promatra plovidba brodom pod utjecajem samog vjetra, tada se pretpostavlja da na brod ne djeluju nikakve druge vanjske sile, odnosno zanemaruje se utjecaj morskih struja na brod. S obzirom da medij kroz koji brod plovi miruje, iz toga proizlazi da je brzina koju brod razvija djelovanjem pogonskih strojeva i vjetra brzina kroz vodu ( $b_v$ ) ali ujedno i brzina preko dna ( $b_{pd}$ ). Iz istog razloga je prevaljeni put kroz vodu ( $D_v$ ) jednak prevaljenom putu preko dna ( $D_{pd}$ ). Pod utjecajem vjetra brod će ploviti rezultirajućom brzinom koju zajedno stvaraju pogonski strojevi i vjetar.

Iz gornjeg slijedi da je:

$$b_v = b_{pd}$$

$$D_v = D_{pb}$$



Slika 7. Zanošenje od vjetra [1]

Vjetar ( $W$ ) je horizontalno kretanje zračnih masa. Vjetar je jednoznačno određen s dva glavna elementa, a to su njegov smjer i brzina.

Pod utjecajem vjetra (slika 7) stvarni smjer plovidbe broda leži na pravcu  $\overrightarrow{P1P2}$ , koji ujedno predstavlja kurs preko dna ( $K_{pd}$ ), a prividni smjer plovidbe leži na pravcu  $\overrightarrow{P1Pz}$ , koji predstavlja kurs pravi kroz vodu ( $K_{pv}$ ).



Kut zanošenja zbog djelovanja vjetra na brod u plovidbi je kut između kursa pravog kroz vodu ( $K_{pv}$ ) i kursa preko dna ( $K_{pd}$ ). Predznak kuta zanošenja je pozitivan ako zanošenje ima smjer kretanja kazaljke na satu, a ako ima smjer suprotan kazaljci na satu onda je negativan.

Kut zanošenja ( $Z_{av}$ ) ovisi o:

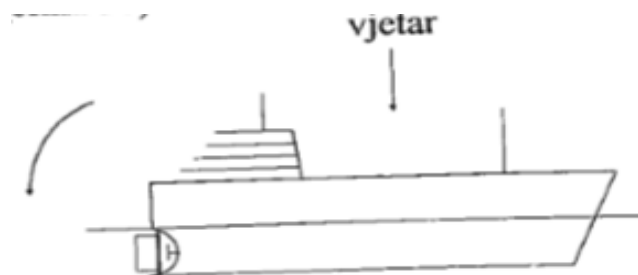
- pramčanom kutu vjetra (vjetar u pramac ili krmu ne izaziva zanošenje, dok će vjetar s boka uzrokovati najveće zanošenje)
- odnosu brzine broda i brzine vjetra (veća brzina broda u odnosu na brzinu vjetra stvara manje zanošenje i obratno)
- obliku i veličini površine broda iznad vodene linije (veće površine stvaraju veće zanošenje i obratno)
- gazu i podvodnom obliku broda (veći gaz stvara manje zanošenje i obratno)

[1]

#### 4.1. UTJECAJ VJETRA NA ZAUSTAVLJENI BROD

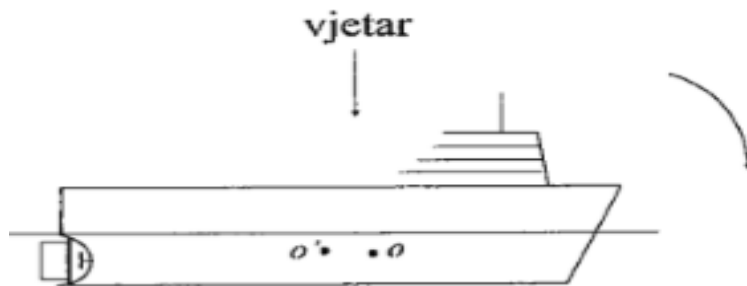
Kako će zaustavljeni brod reagirati na vjetar, odnosno kako će se postaviti u odnosu na smjer vjetra uvelike ovisi o razmještanju nadgrađa i o trimu broda. Kroz ovo poglavlje proučavaju se četiri osnovna slučaja:

1. Ako je brod na ravnoj kobilici, a veći dio nadgrađa mu se nalazi na krmu, krma će jače „padati“ niz vjetar, tj. pramac će se postaviti prema vjetru (slika 8).



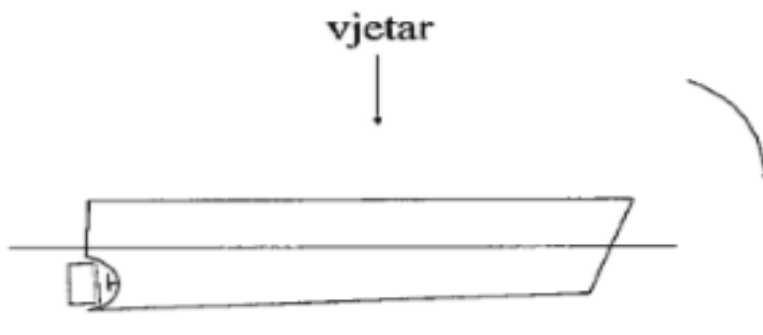
**Slika 8. Zanošenje od vjetra [4]**

2. Ako brod ima veći dio nadgrađa na pramcu pramac će jače „padati“ niz vjetar (slika 9).



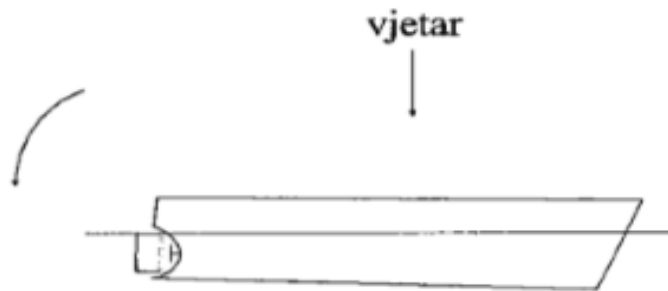
**Slika 9. Utjecaj vjetra–nadgrađe na pramcu [4]**

3. Ako brod nije na ravnoj kobilici, već ima krmeni trim (krma je dublje uronjena), a površina izložena vjetru na pramcu i na krmi jednaka, pramac će jače „padati“ niz vjetar jer krma pruža veći otpor kretanju kroz vodu (slika 10).



**Slika 10. Utjecaj vjetra–zatežan brod [4]**

4. Ako brod ima pramčani trim (pramac dublje uronjen), krma će jače „padati“ niz vjetar (slika 11).



**Slika 11. Utjecaj vjetra-pretežan brod [4]**

Iako u svakodnevnim situacijama postoji mnogo više slučajeva od ovih prikazanih, ovaj rad je, radi lakšeg razumijevanja problema, ograničen na ova četiri slučaja. S obzirom da su brodovi različito građeni, te pored toga nekad više, a nekad manje nakrcani, zbog toga će jedan te isti brod različito reagirati te se različito postaviti u odnosu na vjetar u različitim slučajevima. Može se reći da se velika većina brodova postavlja uglavnom bočno na vjetar. Kada ne bi bilo podvodnog dijela broda, tada bi se teoretski svi brodovi postavili bočno u odnosu na vjetar, no s obzirom da je krma uglavnom više uronjena nego pramac krma će u vodi stvarati veći otpor, pa se brodovi uglavnom postavljaju koso, pri čemu se krma nalazi nešto više uz vjetar. Učinak vjetra na pojedini brod se može poprilično precizno odrediti po rasporedu nadgrađa te trimu. Zaustavljeni brod će se pod utjecajem vjetra na njegov dio iznad vodene linije zanositi. Brzina zanošenja će ovisiti o nadvodnom dijelu broda i o gazu, odnosno brzina će biti to veća što je nadvodni dio veći, a gaz manji i obrnuto.

Iz ovoga se može zaključiti da će brodovi bez tereta (u balastu) imati daleko veće zanošenje nego nakrcani brodovi. Stoga će pri vjetrovitom vremenu i manevriranje brodom u balastu biti znatno teže nego manevriranje nakrcani brodom. [4]

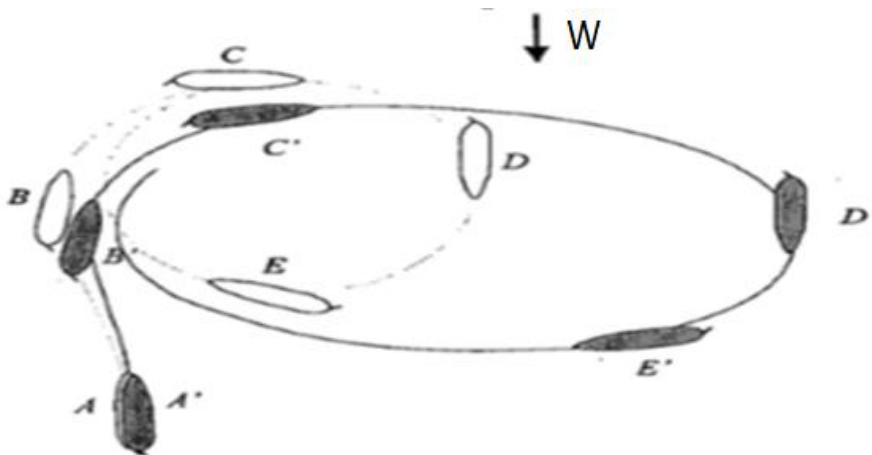
#### **4.2. UTJECAJ VJETRA NA BROD U VOŽNJI**

Vjetar može dolaziti brodu iz raznih pravaca, no radi lakšeg razumijevanja rad je ograničen na samo tri slučaja, a to slučajevi u kojima vjetar puše u pramac broda, u njegovu krmi ili pak po jednom od bokova.

Ukoliko se razmatra slučaj u kojem vjetar puše u pramac ili u krmu, tada neće doći do zanošenja broda, nego će vjetar utjecati isključivo na brzinu broda. Ako vjetar puše u pramac broda, tada će se njegova brzina smanjiti, kao što će i zaustavni put te zalet broda

biti dosta kraći, a ako pak vjetar puše u krmu broda, brzina će mu se povećati, kao što će i zaustavni put te zalet biti dosta veći. Koliko će zalet i zaustavni put biti veći odnosno kraći uvelike ovisi o veličini nadvodnog dijela broda i o gazu broda. Ukoliko se razmatra slučaj u kojem vjetar dolazi brodu s jedne od bočnih strana, tada će doći do pojave zanošenja broda udesno odnosno ulijevo u ovisnosti o tome s koje strane vjetar dolazi. Zanošenje broda, kao i prije spomenuti zalet i zaustavni put, će ovisiti o veličini i rasporedu nadgrađa te o gazu broda. Kako će se pramac broda ponašati u slučajevima zanošenja, odnosno da li će imati tendenciju „prihvaćanja“, tj. da li će ići pramcem u vjetar ili pak tendenciju „padanja“, tj. ići pramcem niz vjetar, ovisit će o brzini broda, trimu te o rasporedu nadgrađa.

U slučajevima plovidbe naprijed većom brzinom, većina brodova ima tendenciju „prihvaćanja“, no kod brodova koji nemaju veliku snagu porivnih strojeva te uz to plove u balastu, postoji mogućnost zadržavanja u bočnom položaju. Pramac takvih brodova se teže okreće iz bočnog položaja, osobito u slučajevima malog gaza na pramcu. Takvi brodovi će se teško okrenuti niz vjetar, a tada je potrebno zaustaviti stroj te brod snažno zavesti krmom što će dovesti do toga da brod krmom ide u vjetar. Ovu činjenicu treba znati vješto iskoristiti. Krug okreta brodova s opisanim karakteristikama će, zbog utjecaja vjetra na plovidbu, biti deformiran.



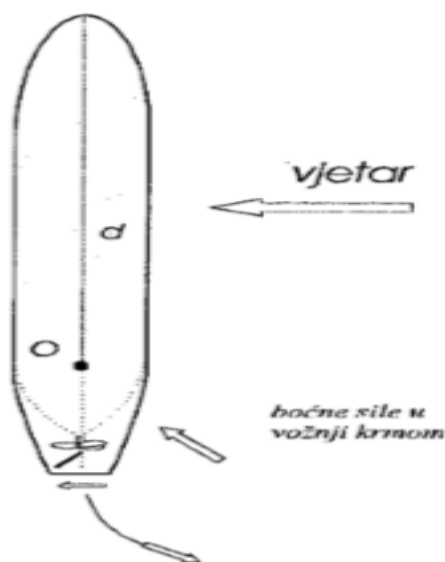
**Slika 12. Oblik kruga okreta broda pod utjecajem vjetra [4]**

Na slici 12 je vidljivo da se brod iz pozicije A' preko B' do pozicije C' dosta lako kreće. Razlog tomu je to što brod ima tendenciju postavljanja bočno u odnosu na vjetar. Brzina broda pri tom opada. Iz položaja C' u položaj D' brod se teže okreće zbog tendencije zadržavanja bočnog položaja u odnosu na vjetar. Od položaja D' do E' brod se ponovno

brzo i lako kreće radi već poznate činjenice. Iz položaja E' do B' brod će doći dosta sporo zbog tendencije zadržavanja bočnog položaja, ali i zbog toga što se pramac teže postavlja u vjetar.

Iz priloženog se može zaključiti da brod opisanih karakteristika u plovidbi naprijed ima tendenciju postavljanja u, i zadržavanja, bočnog položaja te da se pramac teško postavlja u vjetar. Ovo se može objasniti na način da se brod zamisli kao poluga s uporišnom točkom na mjestu vijka. Ukoliko potisna sila proizvedena vijkom nije dovoljno jaka, odnosno ako je sila koju stvara vjetar jača, tada će vjetar s lakoćom nadvladati slab moment okreta. Takav brod će se u nevremenu teško odupirati snažnom vjetru i valovima. Ovo se može shvatiti i na sljedeći način: vijak predstavlja silu koja „vuče“ brod, a njeno hvatište se nalazi na samom vijku koji se pak nalazi na krmu. Sve ostalo je izloženo „nošenju“ s vjetrom. Pored toga, kod vožnje krmom, točka okreta se pomjeri te se nalazi na oko  $1/3$  do  $1/4$  dužine od kreme (slika 13). Prema tome, poluga na koju djeluje vjetar prema pramcu je daleko veća od one prema krmu. To se može shvatiti kao da se brod vijkom „čvrsto drži“ i „vuče“ krmu, a pramac poput jedra „leti“ niz vjetar. Zbog toga će brod, bez obzira na jak izboj kreme koji, po mirnom vremenu, uzrokuje vijak, po nevremenu krmom uvijek ići u vjetar.

Pri vožnji krmom brod uvijek ide krmom u vjetar bez obzira na izboj.



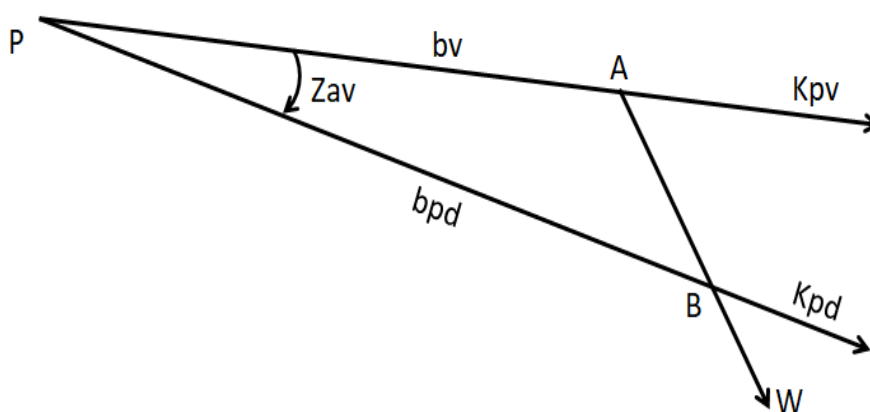
**Slika 13. Izboj u vožnji krmom pod utjecajem vjetra [4]**

Zbog velikog utjecaja vjetra na brod, svaki manevar bi se trebao vršiti žurno, energično, sa snažnom vožnjom stroja i velikim otklonom kormila. Što se pojedini manevri sporije izvode, to se više izlažemo vjetru. Ovo bi trebala biti zvijezda vodilja pri upravljanju brodom po vjetrovitom vremenu. [4]

#### 4.2.1. Određivanje približnog i stvarnog kuta zanošenja zbog vjetra

Kut zanošenja izazvan vjetrom se može približno odrediti na temelju mjerenja ili procjene kuta između uzdužnice broda i njegove brazde.

Određivanje kuta zanošenja zbog vjetra ( $Z_{av}$ ) se može odrediti na temelju uspoređivanja odnosa brzina broda i vjetra.



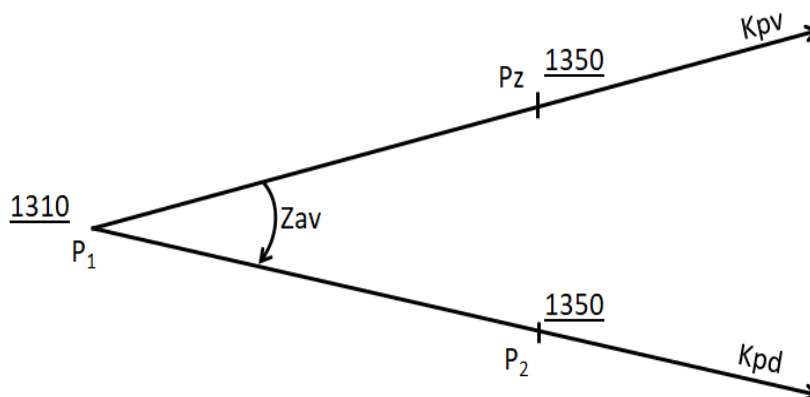
Slika 14. Određivanje zanošenja od vjetra uspoređivanjem brzine broda [1]

Na kursu pravom kroz vodu ( $K_{pv}$ ) proizvoljno se označi točka P te od nje nanese dužina brzine broda po broju okretaja vijka (slika 14). Dobivena točka se označi s A. Dužina  $\overline{PA}$  predstavlja brzinu broda kroz vodu ( $b_v$ ). Zatim se iz točke A ucrtta smjer vjetra (W). Otvorom šestara s veličinom brzine po brzinomjeru ( $b_{pd}$ ) se presiječe ucrtani smjer vjetra W i dobivena točka se označi s B. Dužina  $\overline{PB}$  predstavlja brzinu preko dna, ali i kurs preko dna ( $K_{pd}$ ). Dužine se nanose u odgovarajućem omjeru (npr.  $1\text{cm}=1\text{čv}$ ).

Stvarni kut zanošenja koji je nastao zbog utjecaja vjetra moguće je odrediti uz pomoć dvije opažene pozicije (slika 15).

U proizvoljnom vremenskom razmaku se odrede dvije točke opažene pozicije broda  $P_1$  i  $P_2$ . Za vrijeme određivanja druge opažene pozicije  $P_2$  odredi se i pozicija zbrojena  $P_z$  te ucrtta kurs pravi kroz vodu ( $K_{pv}$ ). Dužina  $\overline{P_1P_z}$  predstavlja prevaljeni put

kroz vodu ( $Dv$ ), a dužina  $\overline{P_1P_2}$  prevaljeni put preko dna ( $Dpd$ ). Kut između ovih dužina je stvarno zanošenje, u ovom slučaju od vjetra. Dužina  $\overline{PzP_2}$  je vektor zanošenja. [1]



**Slika 15. Određivanje kuta zanošenja od vjetra pozicijama [1]**

#### 4.2.2. Određivanje procijenjene pozicije pri zanošenju zbog vjetra

Prilikom plovidbe brodom pod utjecajem vjetra prvo se određuje kut zanošenja. Od opažene pozicije s poznatim kutom zanošenja i kursom pravim kroz vodu ( $Kpv$ ) može se procijeniti kurs preko dna ( $Kpd$ ) te ucrtati na pomorsku kartu:

$$Kpd = Kpv + (\pm Zav)$$

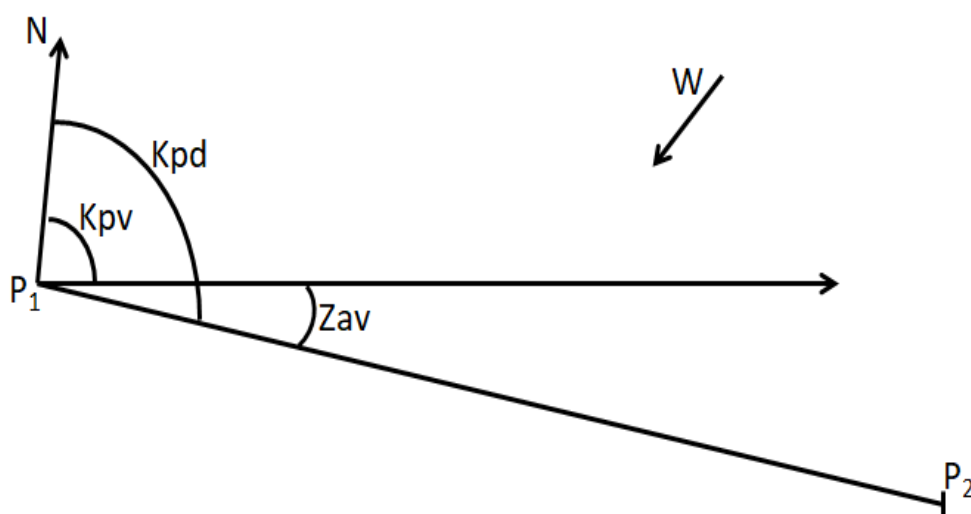
Predznak kuta zanošenja koje nastaje zbog vjetra ( $Zav$ ) se određuje prema strani broda na koju djeluje vjetar. Kut će biti pozitivan ako zanošenje ima smjer kretanja kazaljke na satu, a ako ima smjer suprotan kazaljci na satu onda je negativan, tj. vjetar s lijeve strane broda će zanositi brod udesno ( $Zav=+$ ), a vjetar s desne strane broda ulijevo ( $Zav=-$ ).

Procijenjena pozicija pri plovljenju brodom pod utjecajem vjetra se određuje na pretpostavljenom kursu preko dna ( $Kpd$ ) uzimajući u obzir brzinu koju pokazuje brodski brzinomjer, uz pretpostavku da je:

$$bv = bpd [1]$$

### 4.2.3. Određivanje kursa kroz vodu pri zanošenju zbog vjetra

Određivanje kursa kroz vodu pri zanošenju zbog vjetra se rješava kada su poznate pozicije polaska  $P_1$  i dolaska  $P_2$ . Dužina  $\overline{P_1P_2}$  (slika 16) predstavlja željeni kurs preko dna (Kpd), odnosno prevaljeni put preko dna (Dpd). Potrebno je odrediti kurs kroz vodu (Kpv) s poznatim kutom zanošenja ( $Z_{av}$ ) tako da brod slijedi ucrtani kurs preko dna (Kpd) od  $P_1$  do  $P_2$ .



Slika 16. Određivanje kursa kroz vodu pri zanošenju zbog vjetra [1]

Ako je zanošenje poznato, tj. prehodno određen, kurs pravi kroz vodu, referirajući se na prethodnu sliku, može se računskim putem dobiti vrlo jednostavno:

$$K_{pv} = K_{pd} - (\pm Z_{av})$$

Ovo vrijedi uz pretpostavku da je  $b_v = b_{pd}$ . [1]



## 5. UTJECAJ VALOVA NA BROD U PLOVIDBI

U ušćima rijeka, uskim kanalima te u zatvorenim akvatorijima vjetar ne stvara velike valove. Međutim na otvorenom moru vjetar uzrokuje stvaranje velikih valova. Njihov utjecaj na brod, njegovu brzinu i kurs je značajan, čak do te mjere da nerijetko uzrokuje pomorske nezgode i havarije, uglavnom manjih brodova. Zbog posljedica koje valovi mogu izazvati, potrebno je znati na koji način manevrirati brodom u takvim situacijama. Valovi nastaju kao posljedica djelovanja vjetra na čestice mora koje pod njegovim djelovanjem dobivaju ubrzanje te postupnim prenošenjem gibanja s jedne na drugu stvaraju valove. Svaka od tih čestica se može zamisliti u procesu kružnog gibanja pri čemu se na brijegu vala kreću u smjeru vala, a u dolini vala u suprotnom smjeru. Za vrijeme jako olujnog vjetra valovi na otvorenom moru poprimaju jako strm oblik na prednjoj strani, pri čemu se čestice na vrhu brijega dodatno ubrzavaju, „otkidaju“ i stvaraju krijestu. Valovi mrtvog mora su razvučeni te imaju sinusoidalni oblik, ali nemaju krijestu. Kod živog mora je u krijesti valova koncentrirana najveća snaga te se upravo ona obrušava na brod.

Pri plovidbi po valovitom moru brod ne plovi mirno već se, pod utjecajem valova ili valja ili posrće, u ovisnosti o tome iz kojeg smjera dolaze valovi. Ukoliko valovi dolaze u pramac tada dolazi do posrtanja broda, odnosno pramac se uzdiže na brijeg, a zatim naglo propada u dolinu. U tim situacijama dolazi do velikog naprezanja brodske konstrukcije te ujedno i gubi na brzini. Može doći i do toga da vijak u određenim trenucima izlazi iz mora što je uzrok njegovog slabijeg djelovanja. Posrtanje je ovisno o brzini broda, odnosno što je veća brzina broda, to će i posrtanje biti veće. U ovakvim situacijama razumno je smanjiti brzinu do određene granice, ali nikad toliko da kormilo prestane slušati jer u takvim situacijama brod ostaje bez aktivnog upravljanja te se događa najnepoželjniji scenarij, a to je postavljanje broda bočno u odnosu na valove.

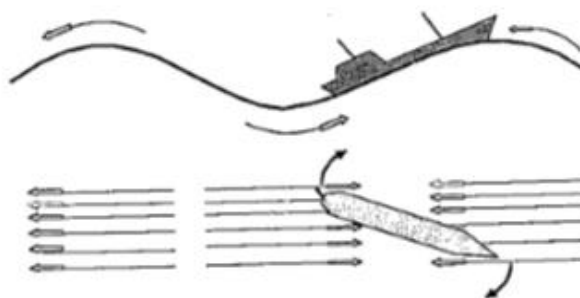
Ukoliko valovi dolaze u krmu, tada ne dolazi do smanjenja brzine broda, ali ni do njenog povećanja. U tim situacijama brod se uzdiže s krmom na brijeg vala te nakon određenog vremena propada u dolinu. To propadanje nije toliko intenzivno kao kod prethodno opisane situacije, već dosta blaže s laganim zanošenjem krme lijevo-desno. Za ovakve situacije je karakteristična nestabilnost kursa, odnosno brod slabije drži pravac. S obzirom da u ovom slučaju nema naprezanja konstrukcije broda i stroja, ovaj položaj je nešto povoljniji od prethodnoga, posebno ako je brzina broda veća od brzine čestica na

brijegu vala. Ukoliko brzina broda nije veća, udaranje valova u krmu je snažno što dovodi to toga da brod gubi stabilnost kursa, a potencijalna posljedica toga je dovođenje broda u bočni položaj uz snažno valjanje.

Ukoliko valovi dolaze s boka broda, brod se valja. Valjanje može biti vrlo jako i opasno ako su valovi veliki. S obzirom da je ovakav položaj za brod najnepovoljniji i najopasniji, potrebno ga je držati u jednom od prethodno opisanih položaja. Najpovoljniji položaj je pramcem na valove uz brzinu kod koje kormilo još dobro sluša. Treba imati na umu da, i kod ovakvih situacija, brod ima tendenciju postavljanja u bočni položaj, osobito kad je dužina broda otprilike jednaka polovici dužine vala. Navedenu tendenciju treba pokušavati izbjeći kormilarenjem i prilagođenom brzinom. [4]

### 5.1. PLOVIDBA S VALOVIMA U PRAMAC

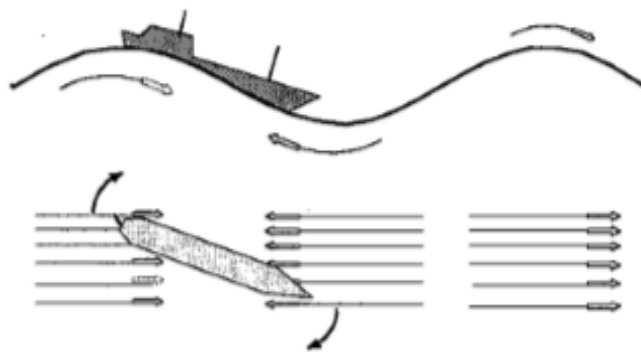
Kada se pramac broda nalazi na brijegu vala, čestice vala ga snažno guraju natrag, a krmu, koja je u dolini, čestice vala snažno vuku naprijed te tako stvaraju veliki zakretni moment koji nastoji brod postaviti bočno na valove (slika 17). Kormilo, koje se nalazi u dolini, slabo sluša jer se uz njegovu plohu čestice valova gibaju prema naprijed. Struja vijka se jedina nešto značajnije može suprotstaviti ovakvom stanju. Zbog toga se, pri plovidbi pramcem na valove, mora voziti brzinom pri kojoj kormilo dobro sluša, bez obzira na pojačano posrtanje pri povećavanju brzine. Ukoliko je snaga stroja preslaba i/ili vijak premalen, brod će imati poteškoća pri izvlačenju iz opisanog položaja. [4]



Slika 17. Zakretni moment pri plovidbi s valovima u pramac [4]

## 5.2. PLOVIDBA S VALOVIMA U KRMU

Pri plovidbi s valovima u krmu, pramac broda, koji se nalazi u dolini, te krma, koje je na brijegu vala, su izloženi snažnom zakretnom momentu koji nastoji postaviti brod bočno u odnosu na smjer valova (slika 18). Razlog tomu je to što čestice u dolini vala snažno vuku pramac natrag, a čestice na brijegu vala snažno guraju krmu naprijed. U ovakvom položaju se ni kormilom broda nije moguće izvući jer čestice vode slabo djeluju na plohu kormila zbog njihovo kretanja naprijed. Brod se također izlaže opasnosti da dođe bočno na valove te se nagne za veliki kut, što može dovesti do tragičnih posljedica. Upravo zbog ovoga je plovidba s valovima u krmu opasna. Valovi redom jedan za drugim udaraju u krmu, brod pri tom dobiva sve jače okretne zamahe koje kormilar mora pokušati, koliko god je to moguće, poništavati. Vrlo često to i nije jednostavan posao, osobito kada je brzina čestica valova na brijegu veća nego brzina broda. [4]



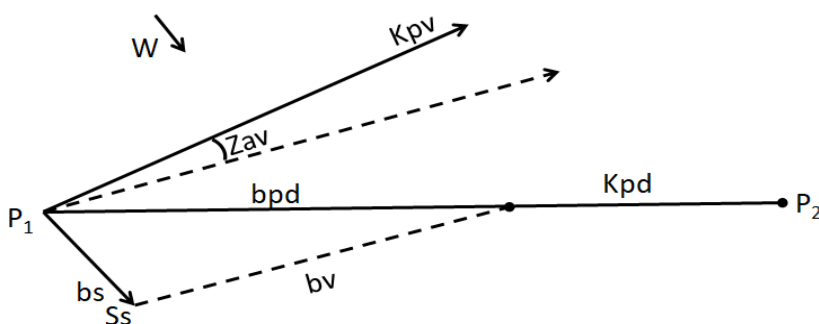
**Slika 18. Zakretni moment pri plovidbi s valovima u krmu [4]**

Valovi uzrokuju zanošenje na isti način kao i prethodno objašnjeni struje i valovi. U sljedećem poglavlju pokazat će se kako u praksi odrediti elemente ukupnog zanošenja broda te kako iste iskoristiti pri određivanju budućih elemenata plovidbe broda.

## 6. ZAJEDNIČKI UTJECAJ MORSKE STRUJE, VJETRA I VALOVA NA BROD U PLOVIDBI

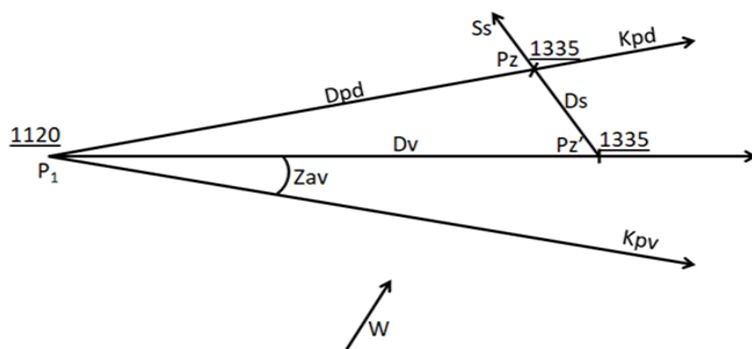
Morska struja i valovi se, pored ostalog, javljaju i kao posljedica vjetra, pa se u svakodnevnim situacijama gotovo uvijek plovi pod zajedničkim djelovanjem morske struje, vjetra i valova. Rješavanju zadataka u takvim situacijama se pristupa korak po korak, odnosno prvo se rješava problem plovljenja pod isključivim utjecajem struje, a zatim pod utjecajem vjetra i valova ili obrnutim redoslijedom.

Kurs kroz vodu (slika 19) može se odrediti rješavanjem problema plovidbe pod utjecajem struje, a zatim se s poznatim kutom zanošenja uzrokovanog vjetrom i valovima određuje kurs pravi kroz vodu. [1]



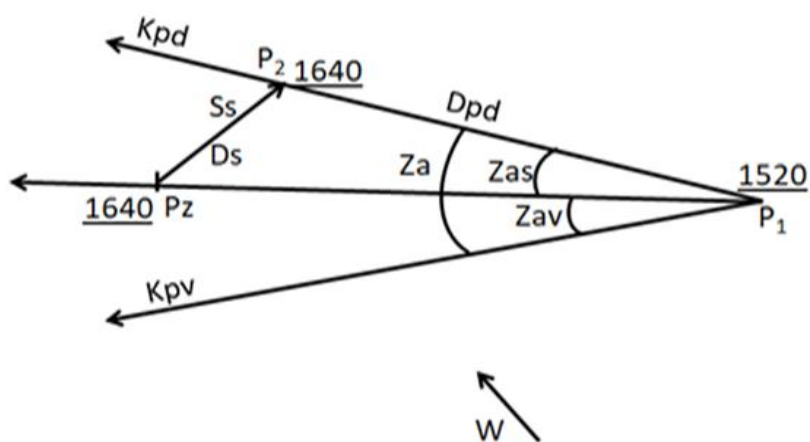
**Slika 19. Određivanje kursa kroz vodu pri istovremenom djelovanju vjetra i struje**  
[1]

Na slici 20 prikazan je način određivanja zbrojene pozicije i kursa preko dna (Kpd) pri istovremenom djelovanju vjetra i struje. Problem se rješava tako da se najprije odredi zbrojena pozicija i kurs preko dna (Kpd) za utjecaj vjetra. Pretpostavka je da je zanošenje od vjetra ranije određeno. Nakon toga se s brzinom kroz vodu (bv) i vremenskom razlikom za određeni trenutak izračuna prevaljeni put kroz vodu (Dv) te ucrtta pozicija Pz'. Zatim se iz pozicije Pz' ucrtta smjer struje (Ss) i na njega nanese prevaljeni put struje (Ds) u vremenskom intervalu koji odgovara vremenu između početne pozicije P1 i tražene zbrojene (pretpostavljene) pozicije Pz. Dobivena točka na vektoru struje predstavlja traženu zbrojenu poziciju Pz pri zajedničkom djelovanju vjetra i struje na brod. Dužina  $\overline{P1Pz}$  predstavlja prevaljeni put preko dna (Dpd), ali i kurs preko dna (Kpd). [1]



**Slika 20. Određivanje zbrojene pozicije i pretpostavljenoga kursa preko dna (Kpd) pri istovremenom djelovanju vjetra i struje [1]**

Veličina ukupnog kuta zanošenja može se uvijek odrediti na temelju zbrojene ( $P_z$ ) i opažene pozicije ( $P_2$ ) kako je to već ranije opisano. Međutim, kut zanošenja može se približno odrediti procjenom veličine kuta zanošenja uzrokovanog vjetrom ( $Z_{av}$ ), a zanošenje uzrokovano strujom se određuje na temelju poznatih elemenata struje koji se pak mogu pronaći u pomorskim kartama ili priručnicima (slika 21). [1]

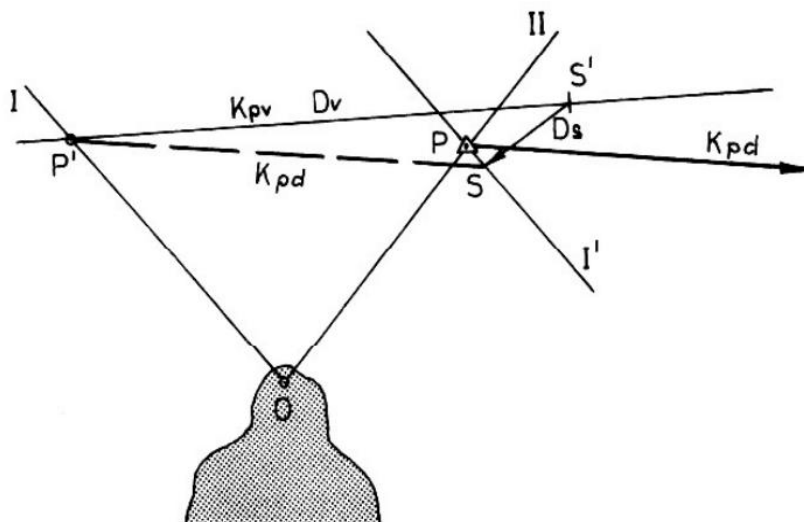


**Slika 21. Određivanje kuta zanošenja pri istovremenom djelovanju vjetra i struje [1]**

### 6.1. POZICIJA U RAZMAKU VREMENA U PLOVLJENJU SA ZANOŠENJEM OD POZNATE STRUJE

Ukoliko su poznati smjer i brzina struje, tada se od slobodno odabrane točke  $P'$  na prvom smjeru ucrtava kurs pravi kroz vodu ( $K_{pv}$ ) i dužina prevaljenog puta kroz vodu ( $D_v$ ) između dva opažanja (slika 22). Iz zbrojene pozicije  $S'$  ucrtava se smjer struje ( $S_s$ ) i dužina

prevaljenog puta struje ( $D_s$ ) između opažanja, a vrh se označi sa  $S$ . Kroz vrh  $S$  se ucrtava prva prenesena stajnica ( $I'$ ). U sjecištu drugog ( $II$ ) i prvog prenesenog smjera nalazi se pozicija  $P$  u trenutku drugog opažanja. Pravac  $P'S$  određuje kurs preko dna ( $K_{pd}$ ). [1]



**Slika 22. Pozicija u razmaku vremena kod plovidbe sa zanošenjem od poznate struje [1]**

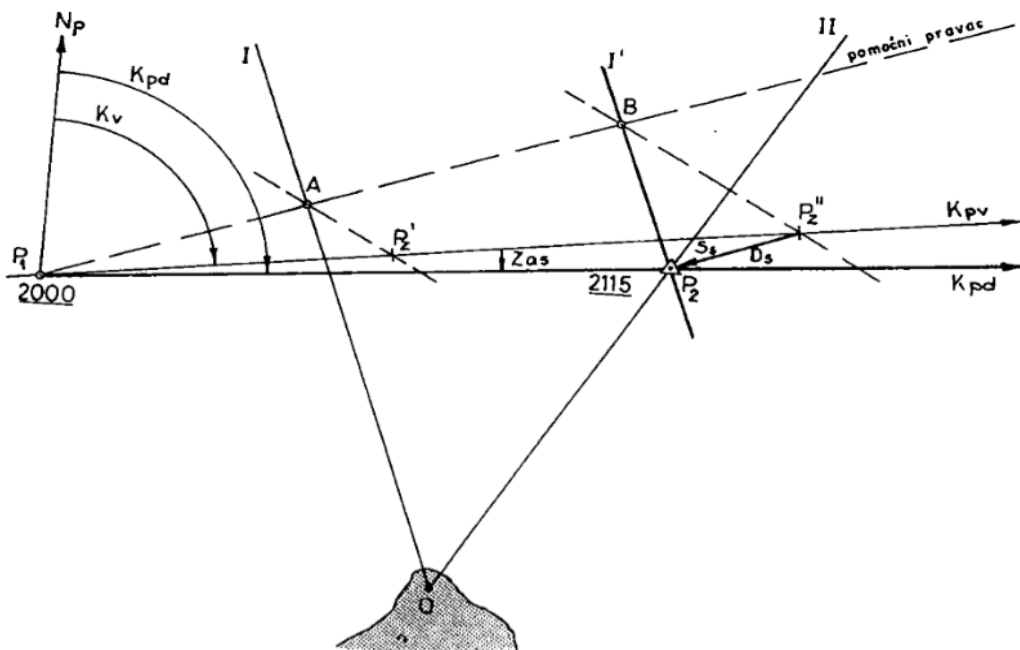
## 6.2. POZICIJA U RAZMAKU VREMENA U PLOVLJENJU SA ZANOŠENJEM OD NEPOZNATE STRUJE

Pozicija u razmaku vremena se može odrediti promatranjem jednog ili dva objekta u plovljenju sa zanošenjem od nepoznate ili poznate struje, odnosno nepoznatih i poznatih elemenata struje.

Ukoliko su smjer i brzina struje nepoznati, tada se od opažene pozicije  $P_1$  ucrtava kurs pravi kroz vodu ( $K_{pv}$ ) te pomoćni pravac proizvoljnog smjera (slika 23). Nakon toga u određenom trenutku se opaža objekt  $O$  i na karti ucrtava azimut ( $I$ ). U trenutku opažanja prvog azimuta određuje se zbrojena pozicija  $Pz'$  koja se zatim ucrtava na  $K_{pv}$ . Zatim se ucrtava spojnica koja spaja zbrojenu poziciju  $Pz'$  i točku sjecišta pomoćnog pravca i prvog azimuta (točka  $A$ ). Nakon određenog vremena, ali pod uvjetom da je razlika u azimutu veća od  $30^\circ$ , ponovno se opaža isti objekt  $O$  te drugi azimut ( $II$ ) također ucrtava na kartu. Za vrijeme drugog opažanja također se odredi zbrojena pozicija  $Pz''$  i ucrtava na kurs pravi kroz vodu. Kroz zbrojenu poziciju  $Pz''$  ucrtava se pravac paralelan spojnici  $Pz'A$  i dobije sjecište s pomoćnim pravcem, odnosno točka  $B$ . Nakon što se kroz točku  $B$  ucrtava preneseni

prvi azimut (I'), u sjecištu s drugim azimutom (II) se dobije pozicija broda u razmaku vremena  $P_2$  za vrijeme drugog opažanja.

Ucrtana spojnica  $\overline{P_1P_2}$  predstavlja prevaljeni put preko dna (Dpd) između ovih pozicija. Kurs preko dna predstavlja kut između meridijana i pravca  $\overline{P_1P_2}$ . Dužina  $\overline{P_2P_2''}$  pak predstavlja prevaljeni put (Ds) i smjer (Ss) struje između opažene  $P_1$  i zbrojeno-opažene pozicije  $P_2$ . [1]



**Slika 23. Pozicija u razmaku vremena u plovljenju za zanošenjem od nepoznate struje[1]**

## 7. ZAKLJUČAK

Dobro je poznata činjenica da se određeni brod nikad neće kretati od točke A do točke B po zamišljenoj putanji, nego da će oblik te putanje uvelike ovisiti o velikom broju čimbenika. Čak u slučaju da se zanemari utjecaj vanjskih čimbenika na plovidbu brodom, još uvijek putanja neće biti idealna, a razlog tomu je to što svaki brod posjeduje vlastite, unutarnje nedostatke, a jedan od tih nedostataka bi bio npr. izboj vijka. Sada tim unutarnjim nedostacima trebamo nadodati utjecaj vanjskih čimbenika, odnosno morske struje, vjetera i valova koji će putanju broda dodatno deformirati te će doći do pojave poznate pod nazivom zanošenje broda. Ukupno zanošenje je razmatrano kroz doprinose zanošenju koji se javljaju uslijed samostalnog djelovanja prethodno spomenutih vanjskih čimbenika, odnosno morske struje, vjetera i valova.

Kao što je navedeno na samom početku rada, navigacija je vještina vođenja broda od jedne pozicije do druge. Iako bi se moglo zaključiti da su svi prethodno spomenuti postupci pripreme broda za plovidbu sasvim dovoljni za sigurno vođenje broda od luke polaska do luke dolaska, to nije tako. Svako novo putovanje znači suočavanje s nikad prije suočenim uvjetima plovidbe. Dobra priprema broda za to putovanje je vrlo važan dio svakog putovanja, no zapovjednik broda, kao i njegovi časnici, moraju biti u stanju u određenom trenutku donijeti odluke koje će iznjedrili najboljim rezultatima u prevladavajućim uvjetima. Kvaliteta donešenih odluka će ovisi o kompetentnosti i kvaliteti kadra koji ih je donio. Ne postoji skripta ili knjiga po kojoj se treba ravnati pri takvim situacijama. Potrebno je što bolje upoznati svoj brod, njegove načine reagiranja u različitim vremenskim uvjetima te osjetiti što brod može izdržati, a što ne, odnosno do kojih granica se može ići.



## LITERATURA

- [1] Benković, F.; Piškorec, M.; Lako, Lj.; Čepelak, K.; Stajić, D.: *Terestrička i Elektronska navigacija*, Hidrografski institut ratne mornarice, Split, 1986.
- [2] Bowditch, N.: *The American Practical Navigator*, DMAHTC, Maryland, 2002.
- [3] Leder, N.: *Pomorska meteorologija i oceanologija*, predavanja
- [4] Radulić, R.: *Manevriranje brodom*, Profil International d.o.o., Zagreb, 2001.
- [5] Radulić, R.: *Terestrička navigacija*, Profil International d.o.o., Zagreb, 2003.
- [6] Simović, A., I.: *Terestrička navigacija*, Školska knjiga, 2001.
- [7] Tiwari, V.: *Principles of ship handling*, <https://cultofsea.com/ship-handling/ship-handling/>, (pristupljeno 02.07.2019.).

## POPIS SLIKA

Slika 1. Utjecaj zanošenja na kurs broda [7] .....	5
Slika 2. Plovidba brodom pod utjecajem morske struje [5] .....	7
Slika 3. Krug okreta pri plovidbi brodom pod utjecajem morske struje [5].....	8
Slika 4. Određivanje elemenata morske struje na osnovi opažene i zbrojene pozicije [6].....	9
Slika 5. Određivanje kompasnog kursa pri utjecaju morske struje [6].....	10
Slika 6. Određivanje kursa preko dna i zbrojene pozicije pri utjecaju morske struje [6].....	10
Slika 7. Zanošenje od vjetra [1].....	12
Slika 8. Zanošenje od vjetra [4].....	13
Slika 9. Utjecaj vjetra–nadgrađe na pramcu [4] .....	14
Slika 10. Utjecaj vjetra–zatežan brod [4] .....	14
Slika 11. Utjecaj vjetra–pretežan brod [4] .....	15
Slika 12. Oblik kruga okreta broda pod utjecajem vjetra [4] .....	16
Slika 13. Izboj u vožnji krmom pod utjecajem vjetra [4].....	17
Slika 14. Određivanje zanošenja od vjetra uspoređivanjem brzine broda [1].....	18
Slika 15. Određivanje kuta zanošenja od vjetra pozicijama [1] .....	19
Slika 16. Određivanje kursa kroz vodu pri zanošenju zbog vjetra [1] .....	20
Slika 17. Zakretni moment pri plovidbi s valovima u pramac [4].....	22
Slika 18. Zakretni moment pri plovidbi s valovima u krmu [4].....	23
Slika 19. Određivanje kursa kroz vodu pri istovremenom djelovanju vjetra i struje [1] .....	24
Slika 20. Određivanje zbrojene pozicije i pretpostavljenoga kursa preko dna (Kpd) pri istovremenom djelovanju vjetra i struje [1].....	25
Slika 21. Određivanje kuta zanošenja pri istovremenom djelovanju vjetra i struje [1] .....	25
Slika 22. Pozicija u razmaku vremena kod plovidbe sa zanošenjem od poznate struje [1] ...	26
Slika 23. Pozicija u razmaku vremena u plovljenju za zanošenjem od nepoznate struje [1] ...	27

