

# Morske struje Jadrana

---

**Bender, Mato**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2018**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Dubrovnik / Sveučilište u Dubrovniku**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:155:294816>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-31**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Dubrovnik](#)



SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU  
POMORSKI ODJEL

MATO BENDER  
MORSKE STRUJE JADRANA  
ZAVRŠNI RAD

Dubrovnik, lipanj 2018.

SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU  
POMORSKI ODJEL  
POMORSKE TEHNOLOGIJE JAHTA I MARINA

MORSKE STRUJE JADRANA  
ZAVRŠNI RAD

Mentor:  
kap. MILOŠ BRAJOVIĆ dipl.ing.

Pristupnik:  
MATO BENDER

Dubrovnik, lipanj 2018.

SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU

POMORSKI ODJEL

Preddiplomski sveučilišni studij Pomorske tehnologije jahta i marina

Ur. broj:

Dubrovnik, lipanj 2018

Kolegij: Pomorska meteorologija i oceanografija

Mentor: kap. Miloš Brajović dipl.ing.

#### ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Pristupnik: MATO BENDER

Zadatak: Morske struje Jadrana

Zadatak treba sadržavati:

1. Svojstva i mjerenja morskih struja u svijetu
2. Opis morskih struja Jadrana

Osnovna literatura:

1. M. Buljan, M. Zore-Armanda, Oceanographic properties of the Adriatic Sea. Oceanography and Marine Biology - Annual Review, 1976.
2. Britannica. URL: <https://www.britannica.com/science/density-current>

Zadatak uručen pristupniku: 15.03.2018

Rok za predaju završnog rada: 15.06.2018

Mentor:

Pročelnik pomorskog odjela:

kap.Miloš Brajović dipl.ing.

Žarko Koboević

dipl.ing.

## SAŽETAK

Tema su završnog rada morske struje Jadrana. Završni rad sastoji se od tri dijela: Morske struje, Mjerenje morskih struja te Morske struje Jadrana. Cilj je ovoga rada ukazati na prisutne morske struje u Jadranu, njihovu važnost, karakteristike i rezultirajuće efekte. U prvom poglavlju, koje sadrži četiri potpoglavlja, obuhvaćene su osnovne značajke, karakteristike, važnosti i podjele morskih struja. Nadalje, drugo poglavlje opisuje postupke mjerenja morskih struja, mjerača, njihovu podjelu i način rada koje su uvelike važne zbog boljeg poznavanja i prepoznavanja gibanja i utjecaja struje. Najpoznatiji i najučestaliji mjerači su plitko plutajući, duboko oceanska plutača, Dopplerov strujomjer i kopneni mjerači struje. Treće poglavlje obuhvaća morske struje Jadrana. Ovo poglavlje sastoji se od tri potpoglavlja u kojima se govori o sastavu Jadranskog mora (primjerice od kojih vrsta mora se sastoji), o cirkulaciji ovisnoj o godišnjim dobima te o mjerenjima morskih struja Jadrana.

KLJUČNE RIJEČI: topla morska struja, gradijenti, Coriolisov efekt, Levantinska voda

## SUMMARY

The topic of my undergraduate thesis is sea currents in the Adriatic Sea. My thesis consists of three parts: Sea currents, Measuring sea currents and Sea currents of the Adriatic Sea. The goal of this paper is to point to the sea currents which are present in the Adriatic Sea, their importance, their characteristics and resulting effects. The first chapter, which consists of four subsections, includes basic features, importance and classification of sea currents. The second chapter describes procedures in measuring sea currents, gauges, their classification and the way they work, which is very important for the better knowledge and determination of circulation and impact of currents. The most known and the most frequent gauges are shallow and deep buoyant ocean floats, Doppler - sonar system and electric current meters. The third chapter covers sea currents of the Adriatic Sea. This chapter has three subsections which talk about the Adriatic Sea composition (for example which types of the sea there are), about circulation influenced by seasons, and measurements of the sea currents in the Adriatic Sea.

KEY WORDS: warm sea current, gradients, the Coriolis effect, Levantine water

## SADRŽAJ:

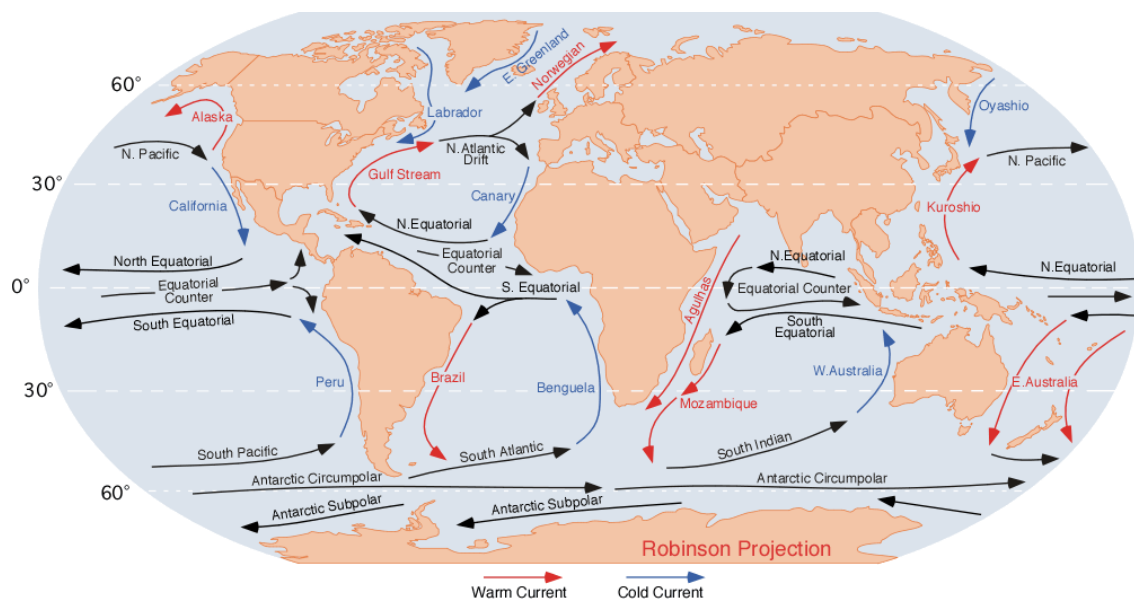
|  |    |
|--|----|
| I. UVOD .....  | 1  |
| 1. MORSKE STRUJE .....   | 2  |
| 1.1. Coriolisov efekt .....                                    | 2  |
| 1.1.1. Ekmanova spirala .....                                  | 3  |
| 1.2. Podjela morskih struja prema uzroku nastanka .....        | 4  |
| 1.2.1. Gradijentske struje .....                               | 4  |
| 1.2.2. Struje morskih mijena .....                             | 6  |
| 1.2.3. Struje vjetra .....                                     | 7  |
| 1.3. Podjela struja prema fizikalno kemijskim svojstvima ..... | 8  |
| 2. MJERENJA STRUJE .....                                       | 11 |
| 3.1. Plitko plutajući mjerači .....                            | 12 |
| 2.2. Duboko oceanska plutača .....                             | 13 |
| 2.3. Dopplerov strujomjer .....                                | 14 |
| 2.4. Kopneni mjerači struje .....                              | 15 |
| 3. MORSKE STRUJE JADRANA .....                                 | 18 |
| 3.1. Strujanja u Jadranu po godišnjim dobima .....             | 19 |
| 3.2. Vodene mase Jadrana .....                                 | 21 |
| 3.3. Mjerenja morskih struja Jadrana .....                     | 23 |
| 3.3.1. Struje južnog i srednjeg Jadrana .....                  | 27 |
| 3.3.2. Struje srednjeg i sjevernog dijela Jadrana .....        | 29 |
| 4. ZAKLJUČAK .....   | 33 |
| POPIS LITERATURE .....   | 34 |
| POPIS SLIKA .....  | 36 |

## I. UVOD

Od davnina ljude je zanimalo kretanje mora prvenstveno kako bi mogli otkriti nove dijelove svijeta, a kasnije obavljati prekoceansku trgovinu. Poseban značaj ima Golska struja koja je zaslužna za otkriće Novoga Svijeta i razvoja europskih velesila toga doba. Njihove prve karte su bile štire ali dovoljne za preplovljavanje oceana. Prvotno su ljudi mjerili brzine struja sa kopna bacajući plutajuće objekte i mjereći vrijeme, ili bacajući sa prove usidrenoga broda. Razvojem tehnologije i novih načina mjerenja njihove su karte postale detaljnije i točnije usprkos činjenici da je otkriveno tek mali dio spoznaja o strujama. U današnje vrijeme ocean je poprilično malo istražen, ne samo struje, već i flora i fauna. Tako je primjerice i naše Jadransko more pretežito neistraženo. U ovom radu opisane su struje Jadranskoga mora i njihove promjene po godišnjim dobima. Uz to, prikazani su svi faktori koji utječu na nastanak morske struje, njen oblik te karakteristike. Nadalje, objašnjene su metode i postupci mjerenja smjera i brzine same struje. Kao primjer takve metode je Dopplerov strujomjer. Završno, opisane su morske struje Jadrane kategorizirane po regijama istočne obale Jadrana. Može se reći, da unatoč maloj prostranosti, Jadran obiluje raznolikim strujama.

## 1. MORSKE STRUJE

Morska struja gibanje je morskih čestica zbog djelovanja raznih vanjskih i unutrašnjih sila, vjetra, nejednakog zagrijavanja, morskih mijena i slično.<sup>1</sup> Naime, to je usmjereno gibanje vodene mase unutar vodenog stupca mora. Također, na struje utječu i veličina bazena te topografija obale i morskog dna. Osnovni elementi struje su brzina (najčešće izražena čvorovima po satu, nautičkim miljama na dan ili metrima u sekundi, tj. kilometrima na sat), smjer (određen pravcem kojim teče struja) i stalnost (izražena u postotcima). Sami smjer struje određuje se suprotno od određivanja smjera vjetra. Trenje uzrokovano rotacijom Zemlje i Coriolisova sila bitno utječu na brzinu i smjer morskih struja.



Slika 1. Globalni prikaz oceanskih strujanja; Izvor:

[https://en.wikipedia.org/wiki/Ocean\\_current#/media/File:Corrientes-oceanicas.png](https://en.wikipedia.org/wiki/Ocean_current#/media/File:Corrientes-oceanicas.png) (zadnji pogled 26.4.2018.)

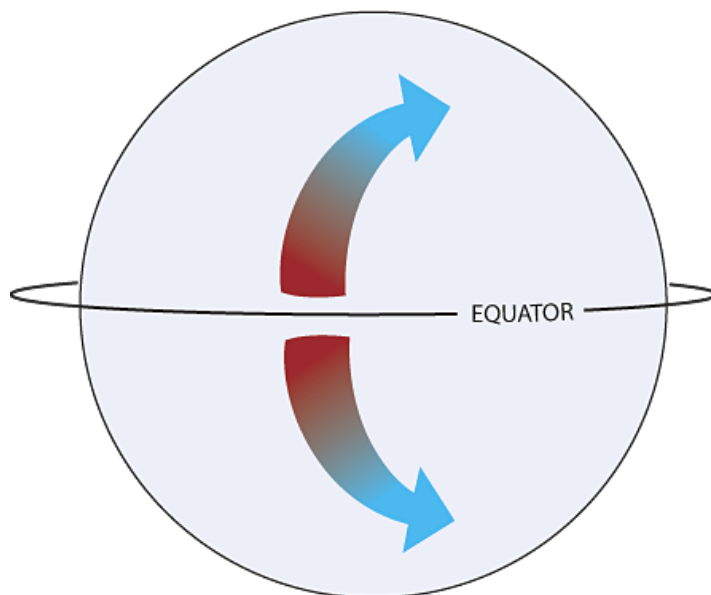
### 1.1. Coriolisov efekt

Coriolisov efekt vrlo je bitan faktor u manifestiranju morskih struja. Slika 2. prikazuje rotaciju Zemlje oko svoje osi koja zakreće atmosferu prema desno na sjevernoj polutci i prema lijevo na južnoj polutci rezultirajući zakrivljenim putanjama. Zakrivljenje atmosfere i struja čine kompleksan cjelokupni sustav struja vjetrova što pokreće morske struje. Naziv je dobio prema francuskom matematičaru Gaspardu Gustavu de Coriolisu koji je proučavao

<sup>1</sup> Pomorska enciklopedija, Jugoslavenski leksikografski zavod, Zagreb, 1981., str. 115



prenošenje energije u rotacijskim sustavima kao što su vodeni kolutovi.<sup>2</sup> Ako se Zemlja ne bi rotirala oko svoje osi, atmosfera i struje mora samo bi cirkulirale između ekvatora i polova u smjeru naprijed- nazad.



Slika 2. Coriolisov efekt; Izvor:

[https://oceanservice.noaa.gov/education/kits/currents/media/supp\\_cur05b.html](https://oceanservice.noaa.gov/education/kits/currents/media/supp_cur05b.html) (zadnji pogled 26.4.2018.)

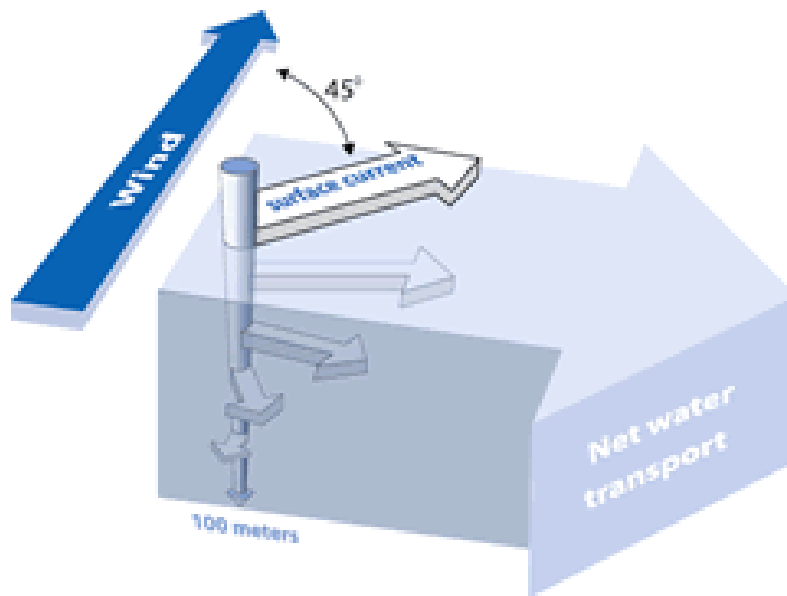
#### 1.1.1. Ekmanova spirala

Nazvana je po švedskom znanstveniku Vagnu Walfridu Ekmanu koji je prvi teoretizirao posljedice Coriolisovog efekta 1902.<sup>3</sup> Kada se površinska voda pokreće zbog sile vjetra, onda se dublji slojevi vode također pokreću. Svaki dublji sloj vode kreće se sporije nego prethodni sve dok prijenos brzine ne prestane na nekoj dubini od otprilike sto metara. Kao i površinska voda, tako se i dublja voda zakreće zbog Coriolisovog efekta. Zbog svoje manje brzine dublja voda više se zakreće te kreira spiralu u lijevo ili desno, ovisno na kojoj se zemljinoj polutci nalazi.

---

<sup>2</sup> National Ocean Service. URL: [https://oceanservice.noaa.gov/education/kits/currents/media/supp\\_cur05b.html](https://oceanservice.noaa.gov/education/kits/currents/media/supp_cur05b.html) (zadnji pogled: 26.4.2018.)

<sup>3</sup> National Ocean Service. URL: <https://oceanservice.noaa.gov/education/kits/currents/05currents4.html> (zadnji pogled 26.4.2018.)



Slika 3. Ekmanova spirala; Izvor:

[https://oceanservice.noaa.gov/education/kits/currents/media/supp\\_cur05e.html](https://oceanservice.noaa.gov/education/kits/currents/media/supp_cur05e.html) (zadnji pogled 26.4.2018.)

Slika 3. prikazuje različitost smjera struje na raznim dubinama gdje je na kraju rezultanta vidno različita od smjera struje na površini.

## 1.2. Podjela morskih struja prema uzroku nastanka

Na nastanak morskih struja utječe rotacija Zemlje, prevladavajući vjetrovi koji pušu na površini i usmjeravaju tok vode (stalni ili sezonski vjetrovi), temperatura, razlika u salinitetu, privlačna sila Mjeseca i riječni tokovi. Na smjer i snagu morskih struja utječu i oblik morskog dna i obale, promjene u gustoći vode kao i druge struje. Podjela morskih struja prema uzroku nastanka dijeli se u tri grupe: gradijentske struje, struje morskih mijena i struje vjetra.

### 1.2.1. Gradijentske struje

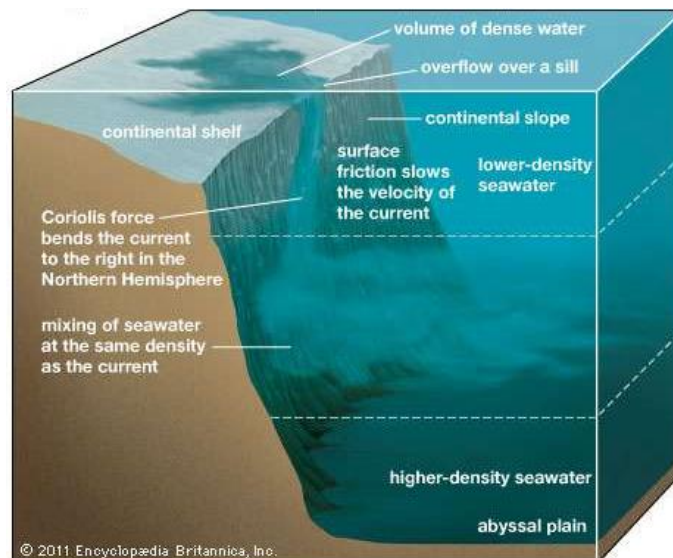
Struje koje nastaju zbog horizontalnih razlika u gustoći mora i sile teže pod utjecajem zagrijavanja, hlađenja, evaporacije, padalina, dotoka rijeka i tako dalje. Na gustoću mora utječu salinitet i toplina mora. Tako će gušće more zbog sile teže ponirati ispod rjeđeg. Primjer toga Sredozemno je more koje se kod Gibraltara zbog svoje veće gustoće i temperature (13.4 °C i saliniteta 38.4‰) ulijeva pod Atlantski ocean (11.4 °C - 12.5 °C i

saliniteta 35.6 ‰).<sup>4</sup> Pri strmijim dijelovima pada u dubine brzinom struje od 1.2 m/s. Nazivaju se i struje gustoće, geostrofičke struje te relativne struje. Definirane su kao struje na koje djeluju samo unutarnje sile. Što je razlika u gustoći veća, struja će brže teći.



Slika 4. Prikaz gradijentske struje; Izvor: <https://www.britannica.com/science/density-current> (zadnji pogled 27.4.2018.)

Slika 4. prikazuje gradijentsku struju koja se zakrivljeno spušta sve do oceanskog dna gdje se razlijeva.



<sup>4</sup> Britannica. URL: <https://www.britannica.com/science/density-current> (zadnji pogled 27.4.2018.)

Slika 4.1. Prikaz gradijentske struje; Izvor: <https://www.britannica.com/science/density-current/images-videos> (zadnji pogled 27.4.2018.)

Slika 4.1. prikazuje spust gradijentske struje sve do područja mora istih karakteristika gdje se onda razlijeva.

### 1.2.2. Struje morskih mijena

Struje morskih mijena nastaju pod utjecajem plimotvorne sile posljedično promjeni položaja Zemlje i Mjeseca. Strujanje vezano za plimu i oseku, tj. progresivne i stojne plimne valove, zovemo strujama morskih mijena.<sup>5</sup> U različitim morima plima i oseka imaju različit karakter kao i pripadajuće im struje. Obje se ciklički mijenjaju te se nakon dvanaest ili dvadeset četiri sata vraćaju na početno stanje. Ovisno o intenzitetu pojave plime i oseke, tj. o njihovim amplitudama, mijenja se brzina. U ponekim uskim tjesnacima, kroz koje se puni ili prazni, bazeni te struje mogu biti dosta brži. Horizontalno gibanje vodenih masa uzrokuje struju morskih mijena dok je pojava visokih i niskih voda vertikalna komponenta morskih mijena.

Struje morskih mijena, kao i morske mijene, mogu biti poludnevnog, dnevnog i mješovitog tipa. Shodno tome, mijenjaju smjer i brzinu. Smjer struje morskih mijena, koje su isključivo poludnevnog tipa, mijenja se približno svakih šest sati. Promjena smjera nastaje malo poslije nastupa prve visoke odnosno niske vode kod stojnog vala. Brzina struje tada se postupno povećava i najveću brzinu postiže približno tri sata poslije nastupa visoke vode (struja oseke), odnosno tri sata poslije nastupa niske vode (struja plime). Nakon toga brzina struje opada do nultog iznosa, a struja mijenja smjer. Ovaj se ciklus promjena odvija kod struja poludnevnog tipa u vremenskom intervalu od približno 12,4 sata, a kod struja dnevnog tipa u intervalu od približno 24,8 sati.

Općenito, struje morskih mijena dijele se u obrtne i rotacijske struje. Obrtne struje morskih mijena mijenjaju svoj smjer za približno 180°. Maksimalnu brzinu struja dostiže u polovici vremena između nastupa visokih i niskih voda. Brzina struje jednaka je nuli u vremenu nastupa visoke ili niske vode. Ovakve vrste struja morskih mijena javljaju se u uskim kanalima i tjesnacima, a nazivaju se povratne struje morskih mijena. S druge strane, rotacijske struje morskih mijena struje su tzv. kružnog tijeka kretanja. Kod njih se smjer mijenja u jednom ciklusu plime i oseke za 360°. Ove se struje javljaju na otvorenim morima. Smjer se

---

<sup>5</sup> Pomorska enciklopedija, Jugoslavenski leksikografski zavod, Zagreb, 1981., str. 120

mijenja u smjeru kazaljke na satu na sjevernoj hemisferi, a obrnuto na južnoj hemisferi. Uzrok zakretanja smjera struje morskih mijena je Coriolisova sila. Maksimalnu brzinu struja postiže tijekom plime i oseke.

Struje morskih mijena stvaraju progresivne i stacionarne (stojne) valove. Kod progresivnog vala maksimalna brzina struje u horizontalnoj ravnini javlja se u trenutku visoke ili niske vode. U tom trenutku vertikalna brzina gibanja vodene mase iznosi nula i nema promjene razine mora. U vremenskom trenutku približno u sredini između nastupa visoke i niske vode morska struja ima horizontalnu brzinu nula, ali je vertikalna brzina pomicanja vode najveća. Tada se mijenja visina razine mora i na taj način razina mora progresivno putuje. Kod stacionarnog vala maksimalna brzina struje pojavljuje se približno u sredini vremena između nastupa visoke i niske vode. Brzina struje jednaka je nuli u mjestima nastupa visoke i niske vode. Točke u kojima se javlja maksimalna brzina struje nazivaju se čvorovima. Struja mijenja smjer za  $180^\circ$  dva puta u ciklusu periode promjene visoke i niske vode. Maksimalna brzina struje stacionarnog vala pomaknuta je za dužine vala u odnosu na pojavu maksimalne brzine progresivnog vala.

Morske mijene složena su pojava jer objedinjuju često progresivne i stacionarne valove pa se odnosi između faza morskih mijena i elemenata struje (brzina i smjer) razlikuju u raznim područjima. Zbog tog razloga potrebno je za određeno područje gdje se pojavljuju usporediti osmotrene podatke s podacima iz Tablica morskih mijena da bi se mogao uspostaviti odnos između faza morskih mijena i elemenata struja morskih mijena. U slučaju da je struja nekog drugog porijekla jača od struja morskih mijena, struja će stalno zadržavati rezultirajući smjer dok će joj brzina rasti ili opadati ovisno o smjeru i jačini struja morskih mijena. U Jadranskom moru brzine plimnih struja ne prelaze nekoliko cm/s osim na iznimnim lokalitetima.

### 1.2.3. Struje vjetra

Struje vjetra nastaju djelovanjem tangencijalne napetosti vjetra na površini mora.<sup>6</sup> Vjetar, osim što stvara morske valove, silom trenja povlači površinsku vodu i stvara porivnu morsku struju. Ipak, mehanizam prijenosa energije nije dovoljno poznat, stoga nije moguće točno odrediti odnos između brzine i sile povlačenja vjetra (zbog toga što ovisi i o drugim parametrima, vertikalnoj stabilnosti zraka i mora te o stanju mora).

---

<sup>6</sup> Pomorska enciklopedija, Jugoslavenski leksikografski zavod, Zagreb, 1981, str. 120



Slika 5. Primjer južne struje koja nanosi otpad na hrvatsku obalu, uzrokovano jugom; Izvor: <http://morski.hr/2017/12/15/ostre-kritike-dubrovkana-smece-je-zimska-razglednica-dubrovnik-a-nikoga-nije-briga/> (zadnji pogled 29.4.2018.)

Porivna sila vjetra silom trenja povlači za sobom masu na površini vode i tako rezultira stvaranjem morske struje. Smjer vjetra na velikim morskim prostranstvima uglavnom je stalan, relativno je stalne jačine te uzrokuje stalnu morsku struju. Struje vjetra značajne su u globalnim razmjerima i tu ubrajamo pasatne, monsunske, ekvatorske i struje zapadnih vjetrova.

Pasatne struje zahvaćaju velik dio svjetskih morskih područja i imaju zapadni smjer strujanja. To su primjerice Kanarska struja, Bengalska struja, Kalifornijska struja te Zapadna australska struja. Osnovni princip je da ove struje prelaze iz viših u niže geografske širine i donose hladniju vodu. Monsunske struje se periodično izmjenjuju u proljeće i jesen s promjenom vjetra. Monsunska struja u zimskom periodu u Indijskom oceanu ima zapadni smjer, a u ljetnom periodu sjeveroistočni smjer dok je u istočnoazijskim morima smjer struje sjeverni ili sjeverozapadni. Ekvatorske struje imaju zapadni smjer, a javljaju se u područjima sjeverno i južno uz ekvator. To su područja konstantnog vjetra, s napomenom da se u tim područjima stvaraju tropski orkani. Struje zapadnih vjetrova promjenjive su struje koje tijekom čitave godine imaju uglavnom istočni smjer.

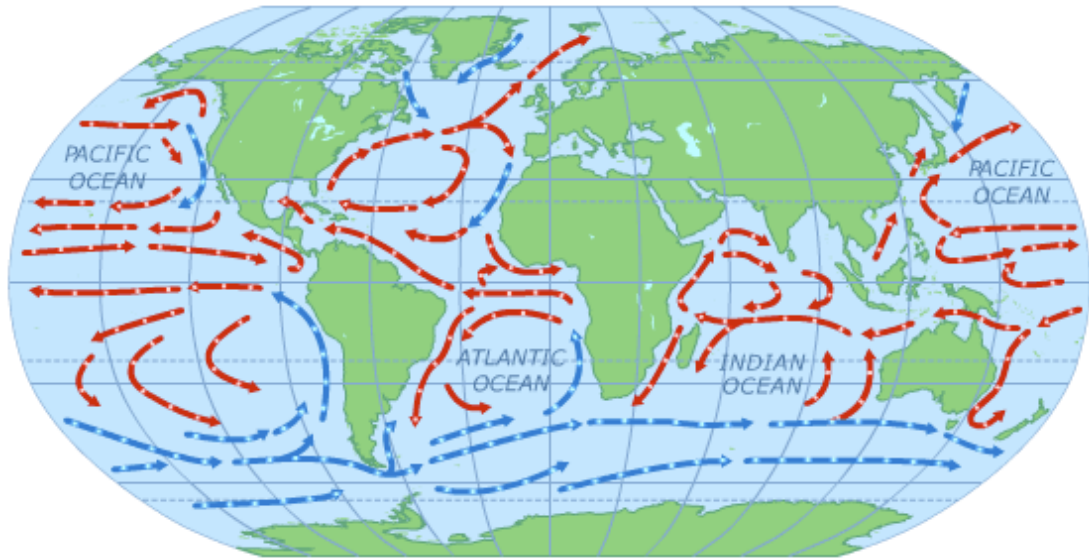
### 1.3. Podjela struja prema fizikalno kemijskim svojstvima

Prema fizikalno kemijskim svojstvima struje mogu biti tople, hladne, bočate, vrlo slane te neutralne. Tople morske struje odražavaju se povoljno na okoliš, točnije, pospješuju ciklonalnu aktivnost, donose obilne padaline te povisuju temperaturu u zimskim razdobljima. Kod toplih (ali i jako slanah struja) temperatura i slanoća više su od temperature i slanoće mora u koje ulaze. Najpoznatije tople struje su Golfska, Japanska i Brazilska struja. Golfska struja topla je struja sjevernog dijela Atlantskog oceana, od Floridskoga prolaza do Newfoundlandskog plićaka.<sup>7</sup> Njene vode su tople budući da struja potječe iz toplog dijela svijeta. Njena nazočnost stvara velike promjene u klimi mnogih mjesta. Tako, primjerice, vjetrovi koji pušu iznad ove struje u sjevernoj Europi donose topli zrak u Norvešku, Švedsku, Dansku, Belgiju te zbog toga navedeni dijelovi imaju blaže zime od drugih. Japanska struja naziva se još i Kuro-shio, a posebice je izražena od svibnja do kolovoza. Navedena struja teče od otoka Luzona, istočnom obalom Tajvana i Japana do otprilike 35° sjeverne geografske širine. Tada se spaja s hladnom morskom strujom Oya-shio. Ona dolazi sa sjevera te zajedno sa Kura-shio tvori Sjevernu tihooceansku struju. Treća, Brazilska struja, nalazi se blizu obala Brazila po kojem je i dobila naziv. Karakteristična je po svojoj modroj boji te pod utjecajem Zemljine rotacije skreće istočno prema Africi. Na tom dijelu naziva se Južnoatlanska spojna struja.

Kod hladnih (ali i bočatih struja) temperatura i slanoća niže su od temperature i slanoće mora u koja ulaze. Za razliku od toplih, pogoduju razvitku anticiklonalnih sustava, stabilnom i suhom vremenu te uzrokuju pustoš na susjednom kopnu. Ipak, uvjetuju velika bogatstva života u moru. Najpoznatije su Grenlandska, Labradora i Humboldtova struja. Grenlandska se nalazi u Atlantskom oceanu. Nastaje u Arktičkom moru, teče na jug uz istočnu obalu Grenlanda. Nakon najjužnije točke Grenlanda, Cape Farewella, zakreće na sjever te utječe u Baffinov zaljev. Druga, Labradora struja, hladna je i također se nalazi u Atlantskom oceanu. Teče iz Baffinova zaljeva prema jugu duž obale poluotoka Labradora. Kraj Newfoundlanda se sastaje s Golfskom strujom te se na njihovom kontaktu stvara gusta magla i golemi vrtlozi vode. To je jedno od najvećih ribolovnih lovišta svijeta, posebice bakalara. Labradora struja nosi grenlandske ledene brjegove. Treća, Humboldtova struja, naziva se još i Peruanska te Čileanska struja. Hladna je struja Tihog oceana. Obiluje ribom i planktonima te u primorju uzrokuje nisku temperaturu zraka, maglu i malu količinu oborina.

---

<sup>7</sup> Hrvatska enciklopedija. URL: <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=22558> (zadnji pogled 29.4.2018.)



Slika 6. Tople i hladne struje svijeta; Izvor:

[https://d32ogoqmya1dw8.cloudfront.net/images/eslabs/climate/global\\_currents.gif](https://d32ogoqmya1dw8.cloudfront.net/images/eslabs/climate/global_currents.gif) (zadnji pogled: 29.4.2018.)



## 2. MJERENJA STRUJE

Još od doba istraživanja pomorci su trebali znati brzine i smjer morskih struja kako bi znali usmjeravati svoje brodove unutar luka i na njihovim rutama. Pomorac treba biti sposoban izmjeriti snagu struje promatrajući udaljenost, vrijeme i smjer.

Najjednostavnija metoda određivanja svojstva struje uključuje jednog promatrača, plutajući objekt i štopericu. Promatrač stoji na usidrenom brodu sa štopericom, zatim baci plutaču u more i mjeri vrijeme dok plutača prijeđe dužinu broda. Onda zaustavi štopericu i zapiše vrijeme potrebno za određenu duljinu u određenom smjeru. Zatim podijeli put s vremenom i dobije brzinu koja je jednaka brzini struje.

Iako sredstva za mjerenje struja još uvijek imaju sličan koncept, pomorci danas koriste podosta sofisticiranije uređaje. Današnje plutače često su bove opremljene mnoštvom oceanografskih instrumenata. Neke su opremljene GPS-om. Druge vrste plutača potonu na duže periode da bi izmjerile struje na dubinama. Na kraju plutače izrone te odašilju svoju poziciju.

Sva plutajuća mjerila nazivaju se Lagrangova mjerila i to po matematičaru Josephu Louisu Lagrangeu (1736. - 1813.)<sup>8</sup> koji je prvi opisao putanje fluida. No brzine strujanja mogu biti mjerene i na druge načine, na primjer Eulerovim mjačem. Nazvan je po švicarskom matematičaru Leonhardu Euleru (1707. - 1783.). Eulerovo mjerilo uključuje opisivanje toka fluida mjerenjem brzine i smjera fluida na jednom mjestu. Ovom metodom instrument je usidren na jednoj lokaciji i struja je mjerena dok prolazi pored njega.

Mjerenje struja Eulerovim metodama sve je učestalije. Razlog tome je jednostavnije vraćanje skupih stacionara instrumenata nego plutače.

---

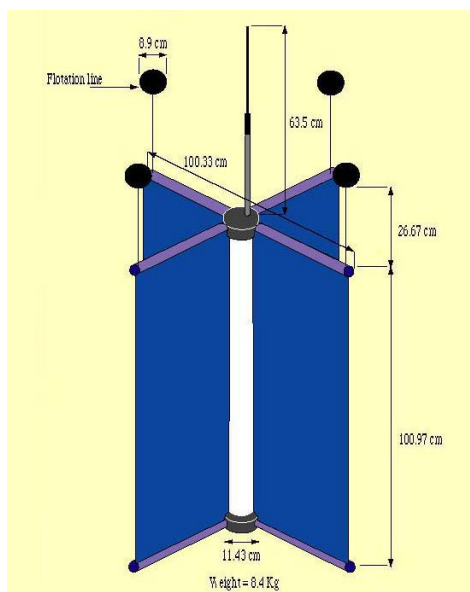
<sup>8</sup> Mala internet škola oceanografije. URL: <http://skola.gfz.hr/m4.htm> (zadnji pogled 30.4.2018.)



Slika 7. Puštanje mjerača struje na obalama Aljaske 1920. godine; Izvor: [http://skola.gfz.hr/slike/m4\\_slika2.jpg](http://skola.gfz.hr/slike/m4_slika2.jpg) (zadnji pogled: 30.4.2018.)

### 3.1. Plitko plutajući mjerači

Davisova plutača instrument je dizajniran za mjerenje vjetrom pokretanih struja. Ima četiri glavne komponente: tijelo, jedra, plutače te sakupljač i odašiljač. Tijelo, koje je vodonepropusna cijev duga oko 1 m i 25 cm široka, sadrži u sebi sakupljač i odašiljač podataka. Jedra su izvučena iz tijela kao 4 para tkanine i plastičnih ruka s otprilike 1 m<sup>2</sup> površine. Jedra pogone plutaču zajedno s prevladavajućom strujom. Četiri plutače prikvačene su konopom na tijelo mjerača što održava plutaču do 1 m ispod površine tako da mjerni instrument nije pod direktnim utjecajem vjetra i valova. Mjeračev odašiljač šalje signal na satelit koji proračunava poziciju i odašilje ju u sakupljačku stanicu. Tipični mjerač će odašiljati signale do godinu dana prije nego što se njegova baterija isprazni.



Slika 8. Shematski prikaz plutače; Izvor: [http://skola.gfz.hr/slike/m4\\_slika1.jpg](http://skola.gfz.hr/slike/m4_slika1.jpg) (zadnji pogled 30.4.2018.)

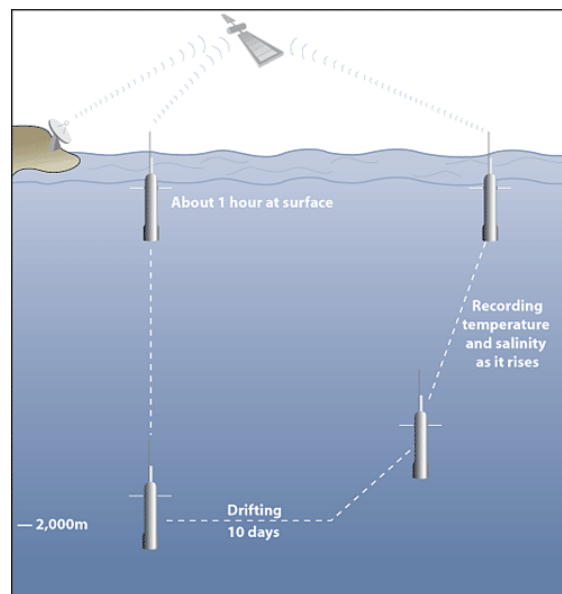


Slika 8.1. Prikaz uronjene plutače; Izvor: [http://skola.gfz.hr/slike/m4\\_slika1.jpg](http://skola.gfz.hr/slike/m4_slika1.jpg) (zadnji pogled 30.4.2018.)

## 2.2. Duboko oceanska plutača

Za nadziranje struja i karakteristika mora daleko ispod površine oceana znanstvenici koriste uređaje nazvane profilirane plutače. Dok Davisove plutače ostaju na površini za vrijeme njihova ispuštanja, profilirane plutače programirane su da zarone na određenu dubinu i ostanu dolje određeni vremenski period. Na toj dubini, koju znanstvenici nazivaju „parkirna

dubina“ , plutača pluta s prevladavajućom strujom. Nakon isteka programiranog vremena profilirana plutača počinje svoj uspon prema površini. Kako se uspinje, može biti programirana da mjeri okolno more što uključuje temperaturu, salinitet i tlak. Kada dosegne površinu, počinje odašiljati signal na satelit da odredi svoj položaj i počne odašiljati podatke. Satelit također prima podatke o putanji. Kada su svi podatci odašlani, plutača zaranja ponovno i cijeli postupak se ponavlja. Plutače su dizajnirane da obave takvih 150 krugova. Neke plutače, kao ova na slici 9., može potonuti i plutati do 2000 metara ispod površine mora.



Slika 9. Putanja i kruženje plutače; Izvor:

[https://aamboceanservice.blob.core.windows.net/oceanservice-prod/education/tutorial\\_currents/media/deep\\_drift\\_500.gif](https://aamboceanservice.blob.core.windows.net/oceanservice-prod/education/tutorial_currents/media/deep_drift_500.gif) (zadnji pogled: 2.5.2018.)

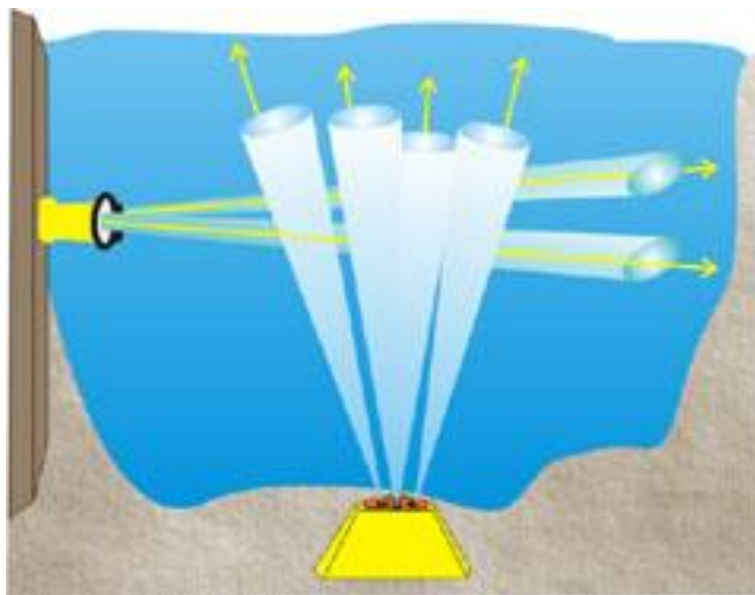
### 2.3. Dopplerov strujomjer

Dopplerov strujomjer naziva se još i ADCP. Ovaj strujomjer mjeri struje koristeći Dopplerov efekt. Emitira seriju visoko frekventnih valova zvuka koji se odbijaju od gibajuće čestice u vodi. Ako se čestice miču dalje od instrumenta, povratni signal niže je frekvencije, a ako se miču prema instrumentu, više je frekvencije zbog toga što se čestice miču istom brzinom kao i more koje ih nosi te onda možemo odrediti brzinu struje.

ADCP je uobičajeno opremljen s 4 akustična pretvornika koji otpuštaju i primaju signale iz četiri različita smjera. To omogućava instrumentu mjerenje struje na različitim dubinama istovremeno. Na većim istraživačkim brodovima ADCP je često trajno ugrađen na oplatu broda i radi neprestano.



Slika 10. Izgled instrumenta koji radi na Dopplerov efekt; Izvor: [https://aamboceanservice.blob.core.windows.net/oceanservice-prod/education/kits/currents/media/bottom\\_mount.jpg](https://aamboceanservice.blob.core.windows.net/oceanservice-prod/education/kits/currents/media/bottom_mount.jpg) (zadnji pogled 2.5.2018.)



Slika 10.1. Prikaz rada Dopplerovog strujomjera; Izvor: [https://aamboceanservice.blob.core.windows.net/oceanservice-prod/education/kits/currents/media/adcp\\_bottom\\_n\\_side.jpg](https://aamboceanservice.blob.core.windows.net/oceanservice-prod/education/kits/currents/media/adcp_bottom_n_side.jpg) (zadnji pogled: 2.5.2014.)

#### 2.4. Kopneni mjerači struje

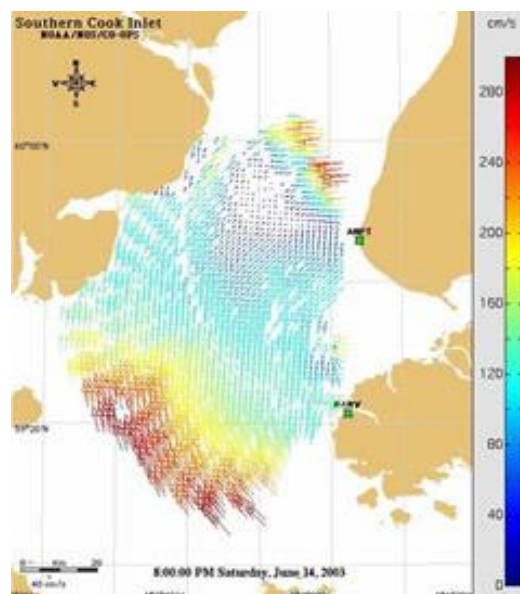
Kopneni mjerači struje koriste radio-antene visoke frekvencije (HF) i radare za mjerenje površinskih strujanja. Prateći isti kalup kao i ADCP one koriste Dopplerov efekt da bi

odredile kada se struje miču prema obali ili od obale. Ovisno kamo se miču, signal će biti visoke ili niske frekvencije. Znanstvenici koriste tu tehnologiju za određivanje brzine strujanja. Kada koriste dvije ili više antena, mogu mapirati čitavo područje između njih s brzinama struja na tisućama mjesta. Koristeći se ovom tehnikom mogu se izraditi mape jačine struja za velika obalna područja.



Slika 11. Primjer visoko frekventne antene; Izvor:

[https://aamboceanservice.blob.core.windows.net/oceanservice-prod/education/tutorial\\_currents/media/hf-radar\\_400.jpg](https://aamboceanservice.blob.core.windows.net/oceanservice-prod/education/tutorial_currents/media/hf-radar_400.jpg) (zadnji pogled: 3.5.2018.)



Slika 11.1. Mapa površinskih strujanja; Izvor:

[https://aamboceanservice.blob.core.windows.net/oceanservice-prod/education/tutorial\\_currents/media/hfradar\\_graphic\\_400.jpg](https://aamboceanservice.blob.core.windows.net/oceanservice-prod/education/tutorial_currents/media/hfradar_graphic_400.jpg) (zadnji pogled 3.5.2018.)

Slika 11.1. prikazuje mapu površinskih strujanja koja je napravljena uz pomoć visoko frekventnih radara. Uz pomoć njihovih podataka cijelo se područje označuje nizovima strjelica različitih boja. Smjer strjelice označava smjer struje, a boja strjelice označava jačinu struje (crvena= brza, plava= spora).

### 3. MORSKE STRUJE JADRANA

S obzirom na zemljopisni položaj Jadranskog mora (duboko usječeno u europsko kopno s uzdužnom osi nagnutoj 45° u smjeru SE-NW), njegov oblik (dužina 800 km i prosječna širina 200 km) i spoj s Mediteranom preko Otrantskih vrata (širine 72 km) te geomorfološke osobine (plitki sjeverni i duboki južni dio) i sile uzročnice u njemu se generira takvo gibanje vodenih masa da ulazne struje od Otranta teku uz hrvatsku obalu prema sjeverozapadu, a izlazne struje teku uz talijansku obalu od sjeverozapada prema Otrantu.<sup>9</sup>

Opća saznanja o dinamičkim osobinama vodenih masa Jadranskoga mora pokazuju da na strujanje u Jadranu naročito utječe izduženi oblik bazena te njegove kontinentalne osobine. To se očituje u sezonskim promjenama osnovnih hidrografskih osobina, a posebno temperature, slanosti i gustoće vodenih masa osobito u sjevernom dijelu Jadrana. Ove horizontalne razlike u gustoći vodenih masa uzrokuju dugoperiodične gradijentske struje koje imaju osobine sezonski moduliranog ciklonalnog strujanja s naglašenim promjenama uz hrvatsku obalu. Naime, dotok slatke vode iz sjeverno jadranskih rijeka (najveći od rijeke Po) te njezino gibanje pod utjecajem Coriolisove sile generiraju Zapadnu jadransku struju uz talijansku obalu Jadrana, što rezultira pojavom strujanja suprotnog smjera uz istočnu obalu poznatom pod nazivom Istočna jadranska struja. Prevladavajući smjer gradijentskih struja uz istočnu obalu je NW, ali je u nekim akvatorijima deformiran smjerom protezanja obale i značajkama topografije dna. Ujedno se javlja nekoliko manjih ciklonalnih vrtloga kao što je onaj u južnom Jadranu oko duboke Južnojadranske kotline.<sup>10</sup> Jedan krak NW strujanja uz istočnu obalu skreće oko Jabučke kotline, a jedan krak u području delte rijeke Po pridružujući se izlaznoj SE struji. Također postoji zatvoreno ciklonalno strujanje tijekom jeseni u Tršćanskom zaljevu.

---

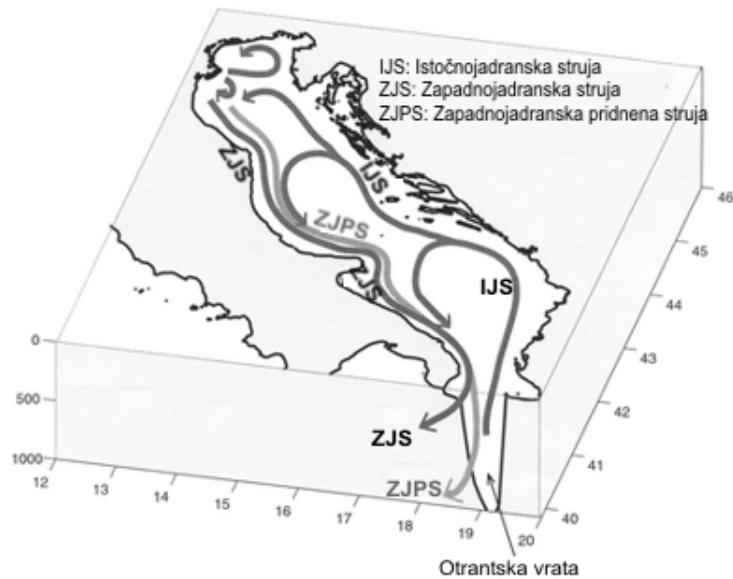
<sup>9</sup>Ministarstvo zaštite okoliša i prirode, Početna procjena stanja i opterećenja morskog okoliša Hrvatskog dijela Jadrana, 2012. URL:

[http://www.mzoip.hr/doc/pocetna\\_procjena\\_stanja\\_i\\_pritisaka\\_na\\_morski\\_okolis\\_hrvatskog\\_dijela\\_jadrana.pdf](http://www.mzoip.hr/doc/pocetna_procjena_stanja_i_pritisaka_na_morski_okolis_hrvatskog_dijela_jadrana.pdf), str.12

<sup>10</sup>Ministarstvo zaštite okoliša i prirode, Početna procjena stanja i opterećenja morskog okoliša Hrvatskog dijela Jadrana, 2012. URL:

[http://www.mzoip.hr/doc/pocetna\\_procjena\\_stanja\\_i\\_pritisaka\\_na\\_morski\\_okolis\\_hrvatskog\\_dijela\\_jadrana.pdf](http://www.mzoip.hr/doc/pocetna_procjena_stanja_i_pritisaka_na_morski_okolis_hrvatskog_dijela_jadrana.pdf), str.12



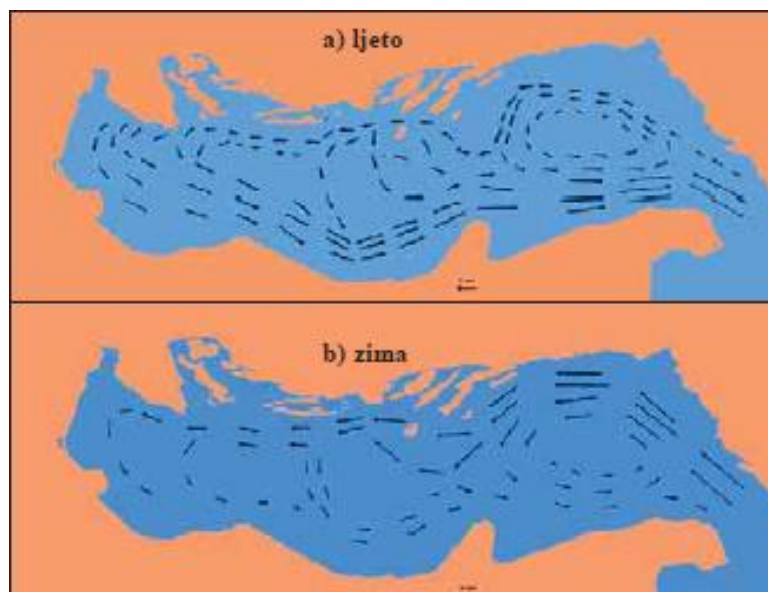


Slika 12. Prikaz glavnih strujanja Jadranskoga mora; Izvor: [http://skola.gfz.hr/slike/d6\\_8\\_slika1.gif](http://skola.gfz.hr/slike/d6_8_slika1.gif) (zadnji pogled: 4.5.2018.)

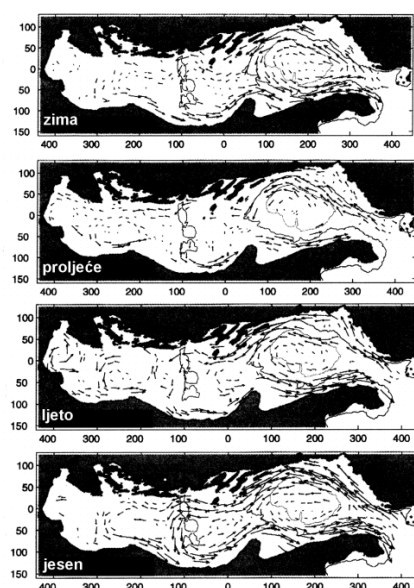
### 3.1. Strujanja u Jadranu po godišnjim dobima

Vodeni stupac otvorenog dijela Jadranskog mora podijeljen je na tri sloja: površinski, srednjedubinski i pridnena.<sup>11</sup> Izračunate gradijentske struje iz hidrografskih parametara, kao i izravna mjerenja stacionarnim strujomjerima i površinskim plovcima te rezultati simulacija hidro dinamičkim modelima pokazuju da se u općem ciklonalnom strujanju površinskog sloja zimi pojavljuje pretežito ulazno strujanje u Jadran s većim brzinama uz istočnu, a ljeti pretežito izlazno strujanje s većim brzinama uz zapadnu obalu. Iako su ove sezonske promjene prvenstveno uvjetovane geostrofičkom sastavnicom strujanja, vjetar također utječe u tom smislu jer ljeti prevladavajući vjetar maestral generira izlaznu dok zimi jugo generira ulaznu sastavnicu struja.

<sup>11</sup>Ministarstvo zaštite okoliša i prirode, Početna procjena stanja i opterećenja morskog okoliša Hrvatskog dijela Jadrana, 2012. URL: [http://www.mzoip.hr/doc/pocetna\\_procjena\\_stanja\\_i\\_pritisaka\\_na\\_morski\\_okolis\\_hrvatskog\\_dijela\\_jadrana.pdf](http://www.mzoip.hr/doc/pocetna_procjena_stanja_i_pritisaka_na_morski_okolis_hrvatskog_dijela_jadrana.pdf), str. 13



Slika 12.1. Prikaz površinske cirkulacije vodenih masa u Jadranu ljeti i zimi; Izvor: [http://www.mzoip.hr/doc/pocetna\\_procjena\\_stanja\\_i\\_prisaka\\_na\\_morski\\_okolis\\_hrvatskog\\_dijela\\_jadrana.pdf](http://www.mzoip.hr/doc/pocetna_procjena_stanja_i_prisaka_na_morski_okolis_hrvatskog_dijela_jadrana.pdf) (zadnji pogled 4.5.2018.)



Slika 12.2. Prikaz srednje površinskog strujanja u Jadranu za zimu , proljeće, ljet i jesen izračunato iz putanja površinskih plovaka između 1.08.1990 i 31.07.1999.; Izvor: [http://www.mzoip.hr/doc/pocetna\\_procjena\\_stanja\\_i\\_prisaka\\_na\\_morski\\_okolis\\_hrvatskog\\_dijela\\_jadrana.pdf](http://www.mzoip.hr/doc/pocetna_procjena_stanja_i_prisaka_na_morski_okolis_hrvatskog_dijela_jadrana.pdf) (zadnji pogled 4.5.2018.)

Gradijenti gustoće vodenih masa u površinskom sloju između sjevernog dijela Jadrana zimi su pretežito uzrokovani razlikama u temperaturi, a ljeti razlikama u slanosti. Tijekom jeseni i proljeća ti se gradijenti smanjuju pa se smanjuje i izmjena vodenih masa između sjevernog i

južnog dijela Jadrana. Tako dok u ljetnom i zimskom razdoblju u širokom području otvorenog dijela srednjeg i južnog Jadrana prevladava uzdužno strujanje, u proljeće i jesen prevladava poprečno strujanje.<sup>12</sup> S time je u vezi i godišnji hod prevladavajućih smjerova u području Palagruškog praga gdje zimi prevladava NW smjer, u proljeće N, ljeti SE, a u jesen SW što povratno utječe na raspored temperature i slanosti morske vode.

### 3.2. Vodene mase Jadrana

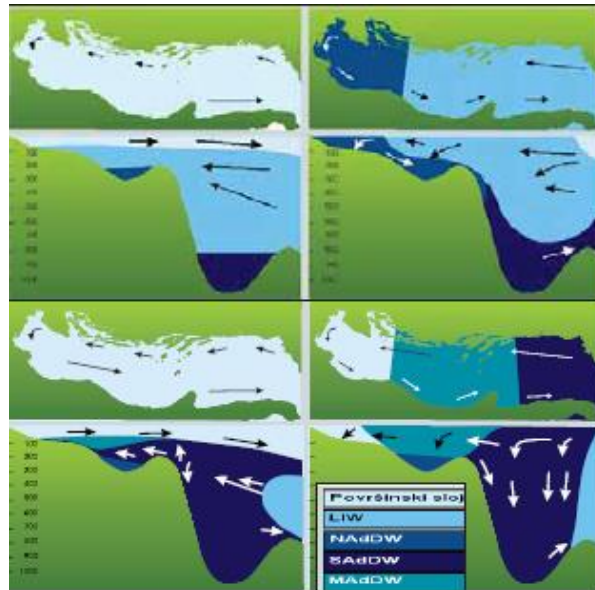
U Jadranskom moru određena su četiri osnovna tipa vodenih masa na osnovi raspodjele temperature i slanosti (Slika 16.). Javno se uočava postojanje srednje dubinskog sloja koji je od površinskog sloja odijeljen dubinom 20 do 40 metara što ovisi o području i sezoni, a proteže se do oko 200 metara u srednjem i oko 400 metara u južnom Jadranu. Strujanje vodenih masa u ovom sloju je tijekom čitave godine u NW smjeru. Ovo se strujanje tijekom ljetnog razdoblja može objasniti kao kompenzacijsko strujanje SE strujanju u površinskom sloju, a tijekom zime, kad strujanje u površinskom smjeru poprima isti smjer, predstavlja kompenzacijsko strujanje pridnenoj sloju u kojem je strujanje SE smjera. Iako je NW strujanje srednje dubinskog sloja najstalnije i u području Palagruškog praga ima učestalost 30 - 50% njegova se jakost, kao i količina vode koja ulazi u Jadran iz Jonskog mora, znatno mijenja u pojedinim godinama što ovisi o klimatskim čimbenicima u širem području istočnog Mediterana, a prema novim spoznajama i sjevernog dijela Atlantika i Jugoistočnog Mediterana.<sup>13</sup> Sjevernojadranska gusta voda (NAdDW) najgušća je i samo u nekim godinama dostigne gustoću da utječe, odnosno obnovi pridnenu vodu Jabučke kotline. Srednjojadranska gusta voda (MAdDW) i južnojadranska duboka voda (SAdDW) formiraju se zimi u uvjetima manjeg sjeverozapadnog strujanja, a uz pojačano vertikalno miješanje. Treba uočiti da je tijekom nekih zima voda u južnojadranskoj kotlini potpuno homogena od površine do dna pri čemu treba uočiti da je bura važan čimbenik u nastajanju dubinske vode. Levantinska srednje dubinska voda (LIV) zbog jakog se isparavanja u istočnome mediteranskom bazenu formira kao vrlo slana voda koja se na putu prema Jonskom moru spušta u srednji sloj i eventualno

---

<sup>12</sup>Ministarstvo zaštite okoliša i prirode, Početna procjena stanja i opterećenja morskog okoliša Hrvatskog dijela Jadrana, 2012. URL: [http://www.mzoip.hr/doc/pocetna\\_procjena\\_stanja\\_i\\_pritisaka\\_na\\_morski\\_okolis\\_hrvatskog\\_dijela\\_jadrana.pdf](http://www.mzoip.hr/doc/pocetna_procjena_stanja_i_pritisaka_na_morski_okolis_hrvatskog_dijela_jadrana.pdf), str. 14

<sup>13</sup>Ministarstvo zaštite okoliša i prirode, Početna procjena stanja i opterećenja morskog okoliša Hrvatskog dijela Jadrana, 2012. URL: [http://www.mzoip.hr/doc/pocetna\\_procjena\\_stanja\\_i\\_pritisaka\\_na\\_morski\\_okolis\\_hrvatskog\\_dijela\\_jadrana.pdf](http://www.mzoip.hr/doc/pocetna_procjena_stanja_i_pritisaka_na_morski_okolis_hrvatskog_dijela_jadrana.pdf), str. 15

dospijeva u Jadran. Pojava većih količina LIV-a zimi povećava površinsku temperaturu mora i slanost vode, a ljeti ih smanjuje u srednje dubinskom sloju.



Slika 13. Prikaz vertikalnog rasporeda tipova vode u Jadranu ljeti (lijevo) i zimi (desno) u razdoblju većeg utjecaja mediteranske vode (gore) i njenog manjeg utjecaja (dolje).; Izvor: [http://www.mzoip.hr/doc/pocetna\\_procjena\\_stanja\\_i\\_pritisaka\\_na\\_morski\\_okolis\\_hrvatskog\\_dijela\\_jadrana.pdf](http://www.mzoip.hr/doc/pocetna_procjena_stanja_i_pritisaka_na_morski_okolis_hrvatskog_dijela_jadrana.pdf) (zadnji pogled 5.5.2018.)

U pridnenom sloju prevladava izlazno strujanje jer se u plitkom sjevernom Jadranu tijekom zimskog razdoblja voda u čitavom stupcu ohladi, postaje gušća i kao NAdDW struji prema dubljoj Jabučkoj kotlini gdje se u pridnenom sloju stalno zadržava dok se neznatnim dijelom advekcijom širi u južni dio Jadrana. Treba uočiti da se kao rezultat strujanja i topografskog efekta u duboko jadranskoj kotlini, čija je najveća dubina preko 1200 metara, javlja ciklonalni vrtlog oblika lijevka kod kojega se strujanje relativno malo mijenja na sezonskoj skali u odnosu na višegodišnju skalu. Proračun transporta vodenih masa između Jadrana i Jonskog mora preko Otrantskog praga izvršen na osnovi određenih pretpostavki pokazuje da se on može znatno razlikovati u pojedinim godinama ( i do 30 puta), a da se izmjena cjelokupnih voda Jadranskoga mora izvrši prosječno za 5 godina.<sup>14</sup> Istraživanja su pokazala da su višegodišnje promjene u izmjeni vodenih masa između Jadrana i Jonskog mora vrlo velike, a

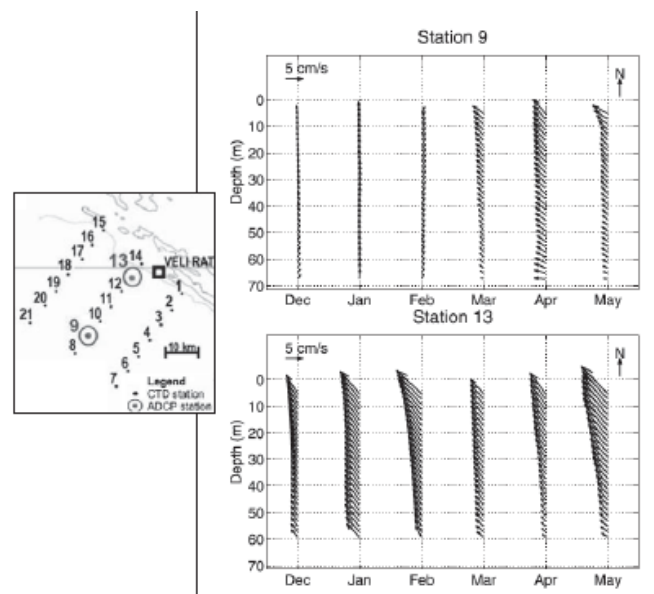
<sup>14</sup>Ministarstvo zaštite okoliša i prirode, Početna procjena stanja i opterećenja morskog okoliša Hrvatskog dijela Jadrana, 2012. URL: [http://www.mzoip.hr/doc/pocetna\\_procjena\\_stanja\\_i\\_pritisaka\\_na\\_morski\\_okolis\\_hrvatskog\\_dijela\\_jadrana.pdf](http://www.mzoip.hr/doc/pocetna_procjena_stanja_i_pritisaka_na_morski_okolis_hrvatskog_dijela_jadrana.pdf), str. 16

razdoblja jakog utjecaja LIV-a vodene mase Mediterana na Jadran poznata su po nazivu jadranske ingresije.

### 3.3. Mjerenja morskih struja Jadrana

Mjerenja struja s vertikalnom rezolucijom od 2 metra u vodenom stupcu na dvije postaje u otvorenom moru na udaljenostima oko 5 i 30 km okomito na svjetionik Veli Rat na Dugom otoku (Slika 14.) pokazala su postojanje dva maksimuma Istočno jadranske struje (EAC) u veljači i u svibnju što ukazuje da na cirkulaciju vodenih masa značajniju ulogu mogu imati promjene strujanja na mjesečnoj nego na sezonskoj skali. Pri tome su struje značajno izraženije bliže obali u odnosu na otvoreno more.

Znatne razlike u jačini srednjih mjesečnih struja dobivene su i na većem broju postaja tijekom mjerenja u 2007. i u 2008. godini.<sup>15</sup>



Slika 14. Prikaz pozicije mjernih postaja (postaje 9 i 13) i mjesečni vektori struja na postajama smještenim na profilu okomitom na svjetionik Veli Rat na Dugom otoku u razdoblju prosinac 2002. svibanj 2003. godine.; Izvor:

<sup>15</sup>Ministarstvo zaštite okoliša i prirode, Početna procjena stanja i opterećenja morskog okoliša Hrvatskog dijela Jadrana, 2012. URL: [http://www.mzoip.hr/doc/pocetna\\_procjena\\_stanja\\_i\\_pritisaka\\_na\\_morski\\_okolis\\_hrvatskog\\_dijela\\_jadrana.pdf](http://www.mzoip.hr/doc/pocetna_procjena_stanja_i_pritisaka_na_morski_okolis_hrvatskog_dijela_jadrana.pdf), str.16

[http://www.mzoip.hr/doc/pocetna\\_procjena\\_stanja\\_i\\_pritisaka\\_na\\_morski\\_okolis\\_hrvatskog\\_dijela\\_jadrana.pdf](http://www.mzoip.hr/doc/pocetna_procjena_stanja_i_pritisaka_na_morski_okolis_hrvatskog_dijela_jadrana.pdf) (zadnji pogled 5.5.2018.)

Opći sustav strujanja u Jadranu u znatnoj se mjeri mijenja pod djelovanjem strujanja na frekventnoj skali plimnih, inercijskih i sinoptičkih poremećaja. Tako potisna sila vjetra koja nastaje zbog prolaza ciklonalnih poremećaja, planetarnih atmosferskih valova i lokalnih obalnih efekata uzrokuje pojavu strujanja na skali od nekoliko dana do tjedan dana čija jakost može biti veća od brzine srednjeg strujanja. Tako npr. bura koja puše iz NE smjera i čija jakost znatno ovisi o orografiji uzduž hrvatske obale generira jako strujanje u sjevernom Jadranu i uzrokuje pojavu izdizanja vodenih masa blizu istočne obale u centralnom i južnom dijelu Jadrana, a pojavu izdizanja i poniranja vode u području Jadranskoga šelfa, potvrdili su u radu Orlić i suradnici 2007. godine.<sup>16</sup>

Jugo dolazeći iz SE smjera puše usporedno s uzdužnom osi Jadrana naguravajući vodu prema njegovom sjevernom dijelu gdje povećava razinu mora i za nekoliko desetaka centimetara. Jugo uzrokuje relativno jako strujanje u smjeru vjetra NW u površinskom sloju kao i u dubljim slojevima u plitkim obalnim područjima, a protivno njegovu smjeru SE uzduž centralne osi bazena na dubinama na kojima nagib razine mora generira suprotan gradijent pritiska koji omogućuje promjenu smjera strujanja. Visokofrekventne struje, uključujući i vjetrom generirane inercijalne oscilacije prisutne su u čitavom Jadranu što je posebno izraženo u stratificiranim uvjetima tijekom ljeta i u otvorenom moru. Plimne struje najviše su izražene u sjevernom Jadranu.

Na strujanje u površinskom sloju u znatnoj mjeri utječu dotoci slatke vode iz jadranskog riječnog sliva.<sup>17</sup> U obalnom dijelu uz zapadnu obalu najviše utječe rijeka Po koja se tijekom zime najviše osjeća u uzdužnom obalnom graničnom sloju dok se tijekom ljeta njen utjecaj znatno širi poprečno prema otvorenim vodama. Ova cirkulacija može biti prolazno poremećena strujama generiranim vjetrom za vrijeme puhanja jakih vjetrova bure i juga. Tako npr. jaka bura u sjevernom Jadranu uzrokuje ciklonalno strujanje sjeverno i anticiklonalno strujanje južno od širine delte rijeke Po.

---

<sup>16</sup>Ministarstvo zaštite okoliša i prirode, Početna procjena stanja i opterećenja morskog okoliša Hrvatskog dijela Jadrana, 2012. URL: [http://www.mzoip.hr/doc/pocetna\\_procjena\\_stanja\\_i\\_pritisaka\\_na\\_morski\\_okolis\\_hrvatskog\\_dijela\\_jadrana.pdf](http://www.mzoip.hr/doc/pocetna_procjena_stanja_i_pritisaka_na_morski_okolis_hrvatskog_dijela_jadrana.pdf), str.17

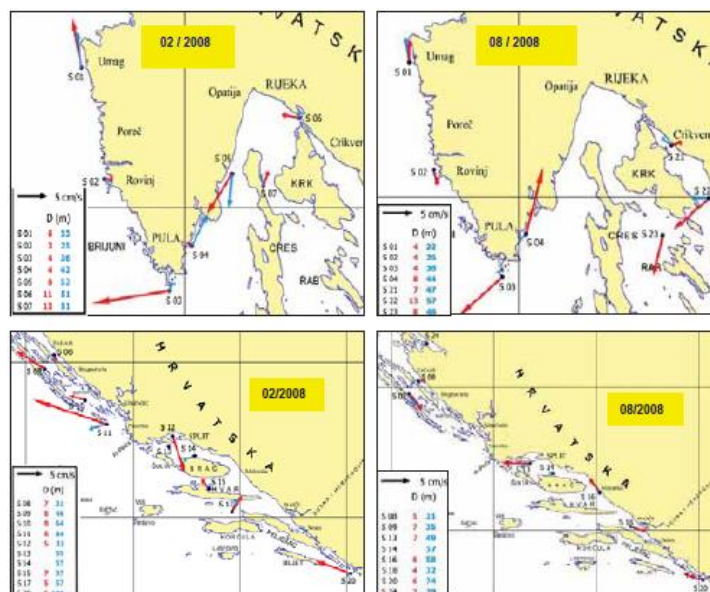
<sup>17</sup>Ministarstvo zaštite okoliša i prirode, Početna procjena stanja i opterećenja morskog okoliša Hrvatskog dijela Jadrana, 2012. URL: [http://www.mzoip.hr/doc/pocetna\\_procjena\\_stanja\\_i\\_pritisaka\\_na\\_morski\\_okolis\\_hrvatskog\\_dijela\\_jadrana.pdf](http://www.mzoip.hr/doc/pocetna_procjena_stanja_i_pritisaka_na_morski_okolis_hrvatskog_dijela_jadrana.pdf), str. 17

Više istraživanja pokazalo je da Zapadno jadranska struja (WAC) u određenim uvjetima, čiji mehanizmi stvaranja za sada nisu u potpunosti razjašnjeni, može stvarajući ciklonalni vrtlog dospjeti u akvatorij između hrvatskih vanjskih otoka Visa i Lastova. U obalnom području pojavljuju se specifične dinamičke osobine u odnosu na otvoreno more jer se pretežito pojavljuju dva sloja vodenih masa koja su tijekom ljetnog razdoblja odvojena termo klimom. Brzine struja nešto su niže nego u otvorenom moru uz prevladavajući NW smjer u površinskom sloju iako s nešto manjom učestalošću jer se u priobalnom području ovisno o obliku bazena i smjeru vjetra javljaju vrtložna strujanja, a naročito su izražene višednevne oscilacije strujanja 3 - 7 dana kod prolaza ciklonalnih poremećaja. U kanalnim vodama strujanje se u površinskom sloju najčešće odvija u smjeru vjetra dok se u pridnom sloju javlja kompenzacijsko strujanje suprotnog smjera. Bura utječe na strujanje u kanalnim vodama i obalnom području na način da se u površinskom sloju odvija niz vjetar uz malo zakretanje udesno u odnosu na njegov smjer dok se u pridnom sloju javlja kompenzacijsko strujanje prema obali.<sup>18</sup> Jugo generira strujanje NW smjeru koje se u pojedinim užim i plitkim kanalima odvija u čitavom vodenom stupcu dok se u dubljim kanalima u pridnom sloju javlja kompenzacijsko strujanje suprotnoga smjera. U zaljevima i kanalima ovisno o veličini, barimetriji, komunikaciji s otvorenim morem i smjeru vjetra strujanje se modificira na način da se stvaraju lokalni ciklonalni i anticiklonalni vrtlozi kao npr. u Kaštelanskom zaljevu i Virskom moru. Tijekom ljeta dolazi do izdizanja pridnene vode u površinski sloj pod utjecajem maestrala, a zimi pod utjecajem bure. Pod djelovanjem vjetra u obalnom se području javljaju slobodne oscilacije čije amplitude i periodi ovise o veličini bazena i mogu imati znatnije iznose.

Iako do danas u obalnom području hrvatskog dijela Jadrana nisu vršena sveobuhvatna mjerenja struja, ipak se na osnovi brojnih povremenih istraživanja, među kojima se posebno ističu ona objavljena u većem dijelu priobalnog akvatorija hrvatskog dijela Jadrana tijekom 2007. i 2008. godine, mogu prilično pouzdano opisati osobine strujanja u većem dijelu kanala i zaljeva kao što su Splitski i Brački kanal, Kaštelanski zaljev, Virsko more i Riječki zaljev. Tijekom 2007. i 2008. godine obavljena su mjerenja struja na ukupno 25 postaja u obalnom području hrvatskoga dijela Jadrana. Na slici 14. prikazani su položaji mjernih postaja sa srednjim mjesečnim vektorima struje za veljaču i kolovoz.

---

<sup>18</sup>Ministarstvo zaštite okoliša i prirode, Početna procjena stanja i opterećenja morskog okoliša Hrvatskog dijela Jadrana, 2012. URL: [http://www.mzoip.hr/doc/pocetna\\_procjena\\_stanja\\_i\\_pritisaka\\_na\\_morski\\_okolis\\_hrvatskog\\_dijela\\_jadrana.pdf](http://www.mzoip.hr/doc/pocetna_procjena_stanja_i_pritisaka_na_morski_okolis_hrvatskog_dijela_jadrana.pdf), str. 17



Slika 14. 1. Prikaz srednjeg mjesečnog vektora morskih struja u veljači i kolovozu 2008.

godine za površinski i pridneni sloj u sjevernom, srednjem i južnom Jadranu; Izvor:

[http://www.mzoip.hr/doc/pocetna\\_procjena\\_stanja\\_i\\_prilisaka\\_na\\_morski\\_okolis\\_hrvatskog\\_dijela\\_jadrana.pdf](http://www.mzoip.hr/doc/pocetna_procjena_stanja_i_prilisaka_na_morski_okolis_hrvatskog_dijela_jadrana.pdf) (zadnji pogled: 5.5.2018.)

Tijekom ovih mjerenja, koja su trajala na pojedinim postajama od nekoliko mjeseci do godine dana, najveće izmjerene brzine morskih struja kretale su se u rasponu od 55 do 80 cm/s u površinskom sloju, a u pridnenom sloju 20 do 30 cm/s. Najveća brzina struje od 102 cm/s izmjerena je kod rta Kamenjak, što je vrlo blizu ekstremnim brzinama morskih struja zabilježenih u Jadranu.<sup>19</sup> Vrlo izrazite mjesečne i sezonske oscilacije morskih struja zabilježene su na svim postajama. Mjerenja su pokazala da je općenito strujanje jače tijekom jeseni i zime, a slabije tijekom proljeća i ljeta uz postojanje iznimki od ovog općeg pravila. Najjače strujanje izmjereno je u veljači, a najslabije u kolovozu što je u skladu s prethodnim spoznajama o sezonskim oscilacijama morskih struja duž istočne obale Jadrana.

U veljači 2008. godine strujanje je bilo u skladu s već dobro poznatim NW strujanjem uz istočnu obalu Jadrana.<sup>20</sup> Prevladavajuće NW strujanje bilo je deformirano u nekim akvatorijima smjerom protezanja obale ili kanala. Strujanje je bilo barotropno što je tipično za

<sup>19</sup>Ministarstvo zaštite okoliša i prirode, Početna procjena stanja i opterećenja morskog okoliša Hrvatskog dijela Jadrana, 2012. URL: [http://www.mzoip.hr/doc/pocetna\\_procjena\\_stanja\\_i\\_prilisaka\\_na\\_morski\\_okolis\\_hrvatskog\\_dijela\\_jadrana.pdf](http://www.mzoip.hr/doc/pocetna_procjena_stanja_i_prilisaka_na_morski_okolis_hrvatskog_dijela_jadrana.pdf), str. 19

<sup>20</sup>Ministarstvo zaštite okoliša i prirode, Početna procjena stanja i opterećenja morskog okoliša Hrvatskog dijela Jadrana, 2012. URL: [http://www.mzoip.hr/doc/pocetna\\_procjena\\_stanja\\_i\\_prilisaka\\_na\\_morski\\_okolis\\_hrvatskog\\_dijela\\_jadrana.pdf](http://www.mzoip.hr/doc/pocetna_procjena_stanja_i_prilisaka_na_morski_okolis_hrvatskog_dijela_jadrana.pdf), str. 19



zimsku sezonu. Najjače površinsko strujanje zabilježeno je u blizini rta Kamenjak i u otvorenom moru kod Žirja gdje su mjesečni vektorski srednjaci brzine bili oko 12.5 cm/s, uz stabilnost smjera oko 70%. Pridnena strujanja bila su znatno slabija i uglavnom su bila manja od 5cm/s. Važno je naglasiti da je strujanje na postajama ispred Umaga i Rovinja bilo suprotnoga smjera što ukazuje na mogućnost pojave ciklonalnog vrtloga u najsjevernijem dijelu Jadrana u ovom godišnjem razdoblju.

Strujanje je bilo najslabije u kolovozu kada su srednje brzine površinskih strujanja bile manje od 5 cm/s , a pridnenih manje od 2 cm/s. Općenito, strujanje uz hrvatsku obalu stabilnije je na površinskome sloju te promjenjivije na dubljim slojevima.

### 3.3.1. Struje južnog i srednjeg Jadrana

U širem području otvorenih voda ispred Dubrovnika tijekom čitave godine prevladava obalno strujanje NW s najvećim energijama strujanja na dugim periodima, nešto manjima na periodima dnevnih struja, a u pridnenom sloju nešto izraženijih poludnevnih struja dok se u ljetnom razdoblju javljaju strujanja s periodima inercijalnih oscilacija. Tijekom čitave godine struje su znatno jače u površinskom nego u pridnenom sloju (i do 10 puta u zimskom razdoblju). Interesantno je uočiti da su na postaji ispred Dubrovnika uz osnovne sastavnice strujanja (niskofrekventne, plimne i one pod utjecajem vjetra) uočene struje s 14-dnevnim periodom oscilacija.<sup>21</sup>

U širem području otoka Korčule i Mljeta strujanje je pod znatnim utjecajem otvorenog mora i općenito se odvija u NW smjeru uz znatno pojačano strujanje tijekom zime. U Pelješkom kanalu strujanje je tijekom stabilnog vremena promjenjivog smjera te slijedi plimu i oseku dok južni vjetar može generirati jake struje u NW smjeru. U većem dijelu Korčulanskog kanala, koji se naslanja na Neretvanski kanal, opće strujanje odvija se u NW smjeru koje u određenim meteorološkim uvjetima može poprimiti i suprotan smjer. U istočnom dijelu kanala prema zapadnom rtu poluotoka Pelješca prevladava ulazno strujanje prema Neretvanskome kanalu. Dominantno strujanje bilo je u sektoru N-NE u cijelom stupcu morske vode, osim u lipnju 2008.<sup>22</sup> godine kada je prevladavajući smjer bio prema istoku. Mjesečne

---

<sup>21</sup>Ministarstvo zaštite okoliša i prirode, Početna procjena stanja i opterećenja morskog okoliša Hrvatskog dijela Jadrana, 2012. URL: [http://www.mzoip.hr/doc/pocetna\\_procjena\\_stanja\\_i\\_pritisaka\\_na\\_morski\\_okolis\\_hrvatskog\\_dijela\\_jadrana.pdf](http://www.mzoip.hr/doc/pocetna_procjena_stanja_i_pritisaka_na_morski_okolis_hrvatskog_dijela_jadrana.pdf), str. 20

<sup>22</sup>Ministarstvo zaštite okoliša i prirode, Početna procjena stanja i opterećenja morskog okoliša Hrvatskog dijela Jadrana, 2012. URL:

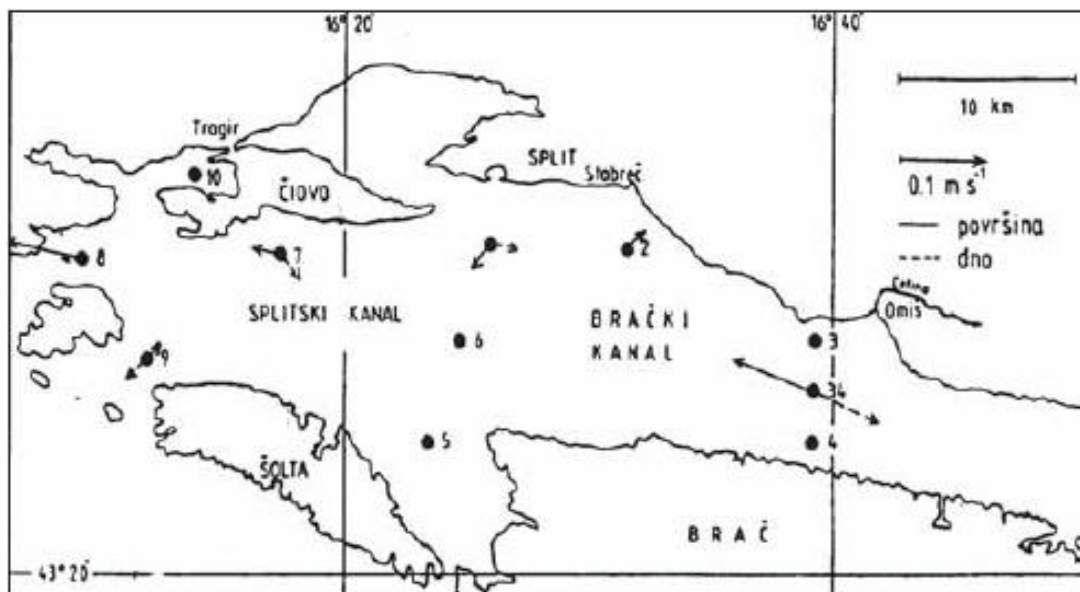
promjene jačine strujanja izrazite su i ne može ih se interpretirati kao sezonske budući da unutar zimske i proljetne sezone strujno polje također mijenja jačinu. Ipak jače i stabilnije strujanje zabilježeno je tijekom zimskog razdoblja, a slabije i manje stabilnosti u ostalom dijelu godine. Neretvanski kanal pod izravnim je utjecajem rijeke Neretve i u vrijeme obilnih kiša njen se utjecaj može osjetiti sve do otoka Visa. U blizini Ploča strujanje je N smjera dok je u ostalom dijelu kanala W smjera. U Malostonskom zaljevu jugo stvara izlazno NW strujanje u površinskom, a kompenzacijsko ulazno SE u pridnenom sloju dok je za vrijeme puhanja bure situacija obrnuta. U akvatoriju između Splitskih vrata i Hvara srednje brzine strujanja su oko 20 cm/s i veće su zimi nego ljeti.<sup>23</sup> U određenim razdobljima izmjena vode odvija se kroz Splitska vrata gdje se pojavljuju relativno jake struje. Jače strujanje također je moguće u kanalu između otoka Hvara i Paklenih otoka. U Splitsko-bračkom kanalu usporedno s uzdužnom osi teku relativno jake W struje, posebno u površinskom sloju. Srednje brzine struja nešto su slabije kod Stobreča i Splita, a strujanje se na tom području odvija usporedno s izobatama formirajući ciklonalni vrtlog po čijem se obodu javljaju relativno slabe struje. Pod utjecajem vjetra, voda rijeke Cetine pojačava strujanje u užem dijelu Bračkog kanala kao i u zapadnom dijelu Splitskog kanala kod otoka Drvenika i Šolte. Slika 14.2. pokazuje srednji smjer i brzinu strujanja dobivenih mjerenjima na nekoliko postaja u ovom području tijekom ljetnog razdoblja. U Splitskom kanalu tijekom proljeća zabilježeno je dominantno strujanje prema zapadu, a registrirane su i interne oscilacije s periodom od 5 do 6 dana koje su se pojačavale nakon puhanja jačih južnih vjetrova. Također je dominantno strujanje u čitavom vodenom stupcu usporedno s obalom prema zapadu zabilježeno u Splitskom kanalu i mjerenjima tijekom 2008. godine s iznimkom mjeseca ožujka i listopada.

---

[http://www.mzoip.hr/doc/pocetna\\_procjena\\_stanja\\_i\\_prilisaka\\_na\\_morski\\_okolis\\_hrvatskog\\_dijela\\_jadrana.pdf](http://www.mzoip.hr/doc/pocetna_procjena_stanja_i_prilisaka_na_morski_okolis_hrvatskog_dijela_jadrana.pdf), str. 20

<sup>23</sup>Ministarstvo zaštite okoliša i prirode, Početna procjena stanja i opterećenja morskog okoliša Hrvatskog dijela Jadrana, 2012. URL:

[http://www.mzoip.hr/doc/pocetna\\_procjena\\_stanja\\_i\\_prilisaka\\_na\\_morski\\_okolis\\_hrvatskog\\_dijela\\_jadrana.pdf](http://www.mzoip.hr/doc/pocetna_procjena_stanja_i_prilisaka_na_morski_okolis_hrvatskog_dijela_jadrana.pdf), str.21



Slika 14.2. Prikazuje rezultatne vektore struja u Bračkom i Splitskom kanalu dobiveni za vrijeme mjerenja tijekom ljeta 1990. godine.; Izvor:

[http://www.mzoip.hr/doc/pocetna\\_procjena\\_stanja\\_i\\_pritisaka\\_na\\_morski\\_okolis\\_hrvatskog\\_dijela\\_jadrana.pdf](http://www.mzoip.hr/doc/pocetna_procjena_stanja_i_pritisaka_na_morski_okolis_hrvatskog_dijela_jadrana.pdf) (zadnji pogled: 5.5.2018.)

Područje između Drvenika i Primoštena poznato je po izmjeni tipova vremena i strujanje vodenih masa odvija se pod njihovim utjecajem. U području Primoštena i Šibenika morfologija dna utječe na smanjenu izmjenu vode jer je relativno zatvoreno prema NW strujanju. U širem murterskom području struje su relativno male što se posebno odnosi na vektorske brzine. Pod utjecajem juga i plime površinske struje mogu se znatno povećati što se posebno odnosi na Murtersko more i uski relativno plitki ulaz u Pašmanski kanal kod Biograda. Zadarski kanal relativno je zatvoren prema jugu i u njemu su izmjerene relativno slabe struje. Strujanje se u velikoj mjeri odvija pod utjecajem vjetra na način da se na površini odvija u smjeru vjetra, a u pridnenom sloju kao kompenzacijsko u suprotnom smjeru.

### 3.3.2. Struje srednjeg i sjevernog dijela Jadrana

Sjeverni širi dio Zadarskog kanala izravno se naslanja na Virsko more koje je relativno dobro istraženo. Strujanje je u čitavom vodenom stupcu pretežito u NW smjeru sa srednjom brzinom oko 11 cm/s (slika 15). Tijekom zime jugo generira strujanje prema obali s protustrujanjem u pridnenom sloju dok tijekom ljeta generira ciklonalno strujanje u površinskom sloju. Bura tijekom zime stvara ciklonalno strujanje sjeverno od linije Trata-Vir, a anticiklonalno strujanje južnije od ove linije. Za vrijeme ljeta bura u površinskom sloju stvara strujanje od

obale s kompenzacijskim protustrujanjem u pridnenom sloju uzrokujući izdizanje pridnene vode blizu obale. Također je uočeno da tijekom ljeta i blaži vjetrovi s mora mogu prouzročiti dnevno izdizanje vode kod vanjskih srednjodalmatinskih otoka.<sup>24</sup>

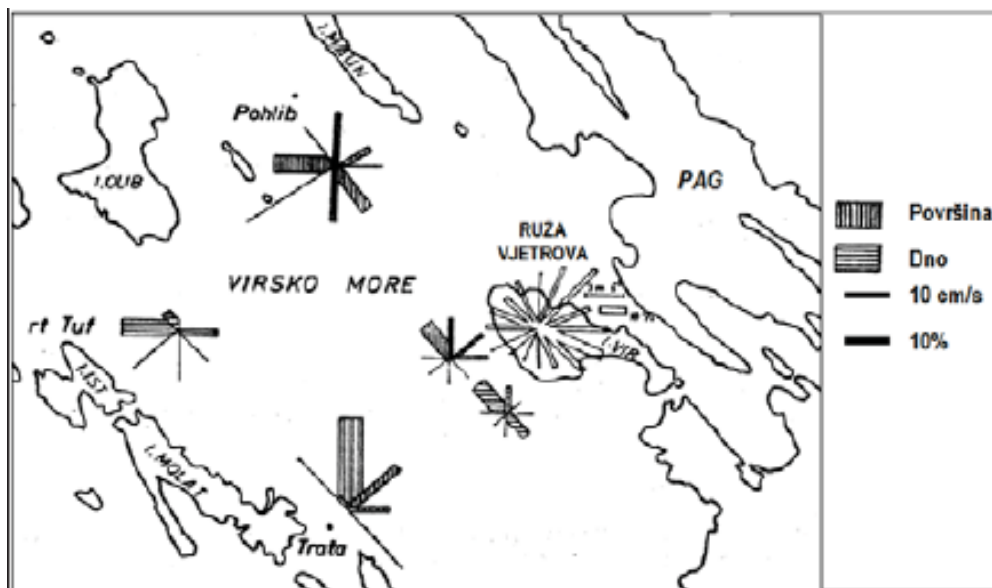
Virsko se more prema sjeveru sužava i preko Srednjih vrata između Krka i Cresa izmjenjuje vodu s Riječkim zaljevom strujanjem u NW smjeru, posebno u zimskom razdoblju. Istraživanja su pokazala da se opće strujanje unutar Riječkog zaljeva odvija pod izravnim utjecajem opće cirkulacije Jadranskoga mora s prevladavanjem gradijentskih struja. No uslijed utjecaja vjetra te ostalih hidromorfoloških parametara, ono može biti znatno modificirano.

Unutar Riječkog zaljeva u zimskom se razdoblju uspostavlja polukružno ciklonalno gradijentsko strujanje koje je približno istog smjera u površinskom i pridnenom sloju, a jakost strujanja ovisi o osobinama vjetra. U Srednjim vratima prevladava ulazno strujanje u Riječki zaljev dok se kompenzacijsko izlazno strujanje odvija kroz Vela vrata. S dinamičkog aspekta ljetna situacija je nešto kompliciranija, no može se zaključiti da ja strujanje baroklino, tj. da se površinsko strujanje kompenzira pridnenim strujanjem suprotnog smjera te da je ljeti strujanje slabije jakosti. Spektralna analiza pokazala je da tijekom ljeta i zime u ukupnoj varijanci strujnog polja oko 80% doprinose višednevne oscilacije vezane za sinoptičke poremećaje. Ove oscilacije jako su polarizirane pri čemu su velike osi elipse usporedne sa smjerom obale u blizini postaje na kojoj su vršena mjerenja. Energija plimnih oscilacija je za red veličine manja u odnosu na energiju višednevnih oscilacija, pri čemu prevladavaju oscilacije od oko 24 sata u odnosu na one s periodom od oko 12 sati. Tijekom stratifikacije u moru se uočavaju i inercijalne oscilacije s periodom od oko 17 sati.<sup>25</sup>

---

<sup>24</sup>Ministarstvo zaštite okoliša i prirode, Početna procjena stanja i opterećenja morskog okoliša Hrvatskog dijela Jadrana, 2012. URL: [http://www.mzoip.hr/doc/pocetna\\_procjena\\_stanja\\_i\\_pritisaka\\_na\\_morski\\_okolis\\_hrvatskog\\_dijela\\_jadrana.pdf](http://www.mzoip.hr/doc/pocetna_procjena_stanja_i_pritisaka_na_morski_okolis_hrvatskog_dijela_jadrana.pdf), str. 22

<sup>25</sup>Ministarstvo zaštite okoliša i prirode, Početna procjena stanja i opterećenja morskog okoliša Hrvatskog dijela Jadrana, 2012. URL: [http://www.mzoip.hr/doc/pocetna\\_procjena\\_stanja\\_i\\_pritisaka\\_na\\_morski\\_okolis\\_hrvatskog\\_dijela\\_jadrana.pdf](http://www.mzoip.hr/doc/pocetna_procjena_stanja_i_pritisaka_na_morski_okolis_hrvatskog_dijela_jadrana.pdf), str. 22



Slika 15. Prikaz ruže struja u virskom moru za cijelo godišnje razdoblje.; Izvor:

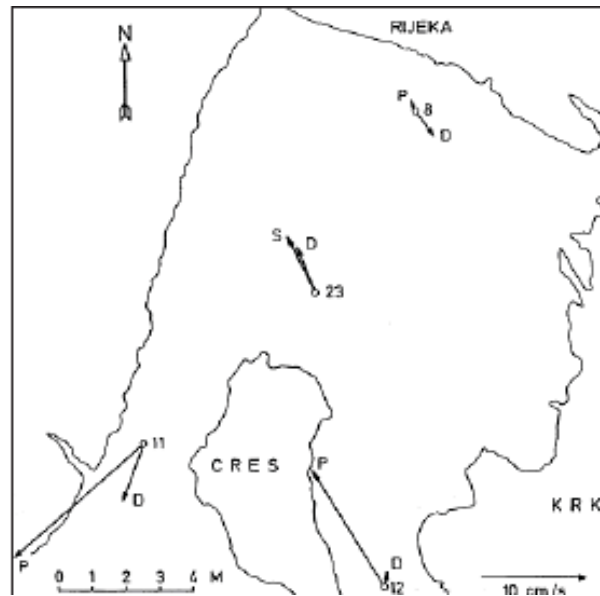
[http://www.mzoip.hr/doc/pocetna\\_procjena\\_stanja\\_i\\_pritisaka\\_na\\_morski\\_okolis\\_hrvatskog\\_dijela\\_jadrana.pdf](http://www.mzoip.hr/doc/pocetna_procjena_stanja_i_pritisaka_na_morski_okolis_hrvatskog_dijela_jadrana.pdf) (zadnji pogled 6.5.2018.)

Mjerenja iz 1992. i 1993. također ukazuju da je strujanje WNW smjera vrlo važna značajka dinamike sjeveroistočnog dijela Riječkog zaljeva, uz značajnu komunikaciju između Vinodolskog kanala i Riječkog zaljeva preko Tihog kanala. Pridнено strujanje znatno je slabije jakosti N smjera što ukazuje da se radi o ulaznom strujanju u Bakarska vrata.

Mjerenja u Velim vratima te kod Rapca i Plomina potvrđuju prevladavajuće izlazno strujanje iz Riječkog zaljeva uz istarsku obalu Velih vrata posebno zimi. Mjerenja struja na ulazu u Kvarner tijekom jeseni i zime 2002. godine ukazuju na prevladavajuće ulazno strujanje uz obalu Istre te izlazno strujanje na istočnom dijelu ulaza u Kvarner, no takva je dinamika u nekim razdobljima modificirana, odnosno na oba kraja ulaza u Kvarner zabilježeno je prevladavajuće NW strujanje. Rezultati dobiveni mjerenjima u Velim vratima te kod Plomina i Rapca u zimskom razdoblju pokazuju izlazno strujanje uz istočnu obalu Istre te upućuju na moguće uspostavljanje anticiklonalnog vrtloga u strujnom polju tijekom zimskog razdoblja u području Kvarnera.

Mjerenja struja u širem akvatoriju Kvarnera i kod otoka pokazala su da je u svim sezonama prevladalo strujanje usporedno s obalom i prema otvorenom moru. Najveća učestalost strujanja prema obali bila je u jesenskoj sezoni, no i tada su dvije trećine ukupnog strujanja bile usmjerene prema otvorenom moru i usporedno s obalom. Prevladavajuće strujanje iz

Riječkog zaljeva prema Kvarneru dobiveno je i mjerenjima tijekom 2008. godine (slika 15.1.).



Slika 15.1. Prikaz srednjih struja u zimskom razdoblju u površinskom, srednjem i pridnom sloju riječkog zaljeva.; Izvor:

[http://www.mzoip.hr/doc/pocetna\\_procjena\\_stanja\\_i\\_pritisaka\\_na\\_morski\\_okolis\\_hrvatskog\\_dijela\\_jadrana.pdf](http://www.mzoip.hr/doc/pocetna_procjena_stanja_i_pritisaka_na_morski_okolis_hrvatskog_dijela_jadrana.pdf) (zadnji pogled 6.5.2018.)

#### 4. ZAKLJUČAK

U ovom radu obrađeni su opći uzroci nastanka morskih struja i sile koje utječu na njihov oblik i cirkulaciju. Također, izneseni su načini mjerenja struja te njihove prednosti i mane. Iz rada se može uvidjeti da hladne struje donose plodnija mora, a siromašnija kopno. Tople struje upravo suprotno obogaćuju kopno i donose blažu klimu te imaju slabija ribolovna područja. Što se tiče Jadranskoga mora i struja, one nisu velikih brzina. Brzine struja u Jadranu mijenjaju se po godišnjim dobima, tj. promjenom temperature i saliniteta mora. Struje se uz istočnu obalu Jadrana kreću u smjeru NW zbog geografskog položaja Jadrana koji se proteže u smjeru SE – NW. Na izlazu iz Jadrana, uzduž talijanske obale, postoje strujanje SE. Uzduž cijelog Jadrana pojavljuje se još nekoliko vrtloženja morskih struja. Iako su struje Jadrana većinom pogonjene razlikama u temperaturi i salinitetu, na njih velik utjecaj zimi imaju jugo i bura te u ljetnim mjesecima maestral. Najveće brzine morskih struja u Jadranu su na ulazu i izlazu kroz Otrant te na pojedinim mjestima gdje se pune i prazne manja „mora“. Uz hrvatsku obalu teče čišća struja koja se kasnije zamuti rijekama jadranskoga slijeva posebice rijekom Po. Stoga, Hrvatska ima puno čišće more od Italije. Na južnom dijelu Hrvatske javlja se problem u zimskim mjesecima kada južni vjetar nanese otpad iz Albanije. Struje u Jadranu dovoljno su istražene, posebice u bitnim predjelima gdje se nalaze bitni gradovi i luke.

## POPIS LITERATURE

1. Ministarstvo zaštite okoliša i prirode, Početna procjena stanja i opterećenja morskog okoliša Hrvatskog dijela Jadrana, 2012. URL: [http://www.mzoip.hr/doc/pocetna\\_procjena\\_stanja\\_i\\_pritisaka\\_na\\_morski\\_okolis\\_hrvatskog\\_dijela\\_jadrana.pdf](http://www.mzoip.hr/doc/pocetna_procjena_stanja_i_pritisaka_na_morski_okolis_hrvatskog_dijela_jadrana.pdf)
2. Pomorska enciklopedija, Jugoslavenski leksikografski zavod, Zagreb, 1981.
3. National Ocean Service. URL: [https://oceanservice.noaa.gov/education/kits/currents/media/supp\\_cur05b.html](https://oceanservice.noaa.gov/education/kits/currents/media/supp_cur05b.html)
4. Britannica. URL: <https://www.britannica.com/science/density-current>
5. Hrvatska enciklopedija. URL: <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=22558>
6. Mala internet škola oceanografije. URL: <http://skola.gfz.hr/m4.htm>
7. A. Artegiani, D. Bregant, E. Paschini, N. Pinardi, F. Raicich, A. Russo, 1997a. The Adriatic Sea general circulation. Part I: Air-sea interactions and water mass structure. *Journal of Physical Oceanography*, 27, 1492-1514.
8. A. Artegiani, D. Bregant, E. Paschini, N. Pinardi, F. Raicich, A. Russo, 1997b. The Adriatic Sea general circulation. Part II: Baroclinic circulation structure. *Journal of Physical Oceanography*, 27, 1515-1532.
9. M. Buljan, M. Zore-Armanda, Oceanographic properties of the Adriatic Sea. *Oceanography and Marine Biology - Annual Review*, 1976.
10. B. Cushman-Roisin, C. E. Naimie, A 3D finite-element model of the Adriatic tides. *Journal of Marine Systems*, 2002.
11. B. Cushman-Roisin, M. Gačić, P.- M. Poulain, A. Artegiani, *Physical Oceanography of the Adriatic Sea*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2001.
12. M. Orlić, M. Gačić, P. E. La Violette, The currents and circulation of the Adriatic Sea. *Oceanologica Acta*, 1992.



13. M. Orlić, M. Kuzmić, Z. Pasarić, Response of the Adriatic Sea to the Bora and Sirocco forcing. *Continental Shelf Research*, 1994.
14. I. Penzar, B. Penzar, M. Orlić, Vrijeme i klima hrvatskog Jadrana. Dr. Feletar, Zagreb, 2001.
15. S. Polli, Le propagazione delle maree nell' Adriatico. Atti del IX Convegno dell' Associazione Geofisica Italiana, Roma, 1960.
16. F. Raicich, M. Orlić, I. Vilibić, V. Malačič, A case study of the Adriatic seiches (December 1997). *Il Nuovo Cimento*, 1997.
17. I. Vilibić, M. Orlić, Adriatic water masses, their rates of formation and transport through the Otranto Strait. *Deep-Sea Research I*, 2002.
18. M. Zore-Armanda, Les masses d'eau de la mer Adriatique. *Acta Adriatica*, 1963.

## POPIS SLIKA

1. Slika 1. Globalni prikaz oceanskih strujanja; Izvor:

[https://en.wikipedia.org/wiki/Ocean\\_current#/media/File:Corrientes-oceanicas.png](https://en.wikipedia.org/wiki/Ocean_current#/media/File:Corrientes-oceanicas.png) (zadnji pogled 26.4.2018.)

2. Slika 2. Coriolisov efekt; Izvor:

[https://oceanservice.noaa.gov/education/kits/currents/media/supp\\_cur05b.html](https://oceanservice.noaa.gov/education/kits/currents/media/supp_cur05b.html) (zadnji pogled 26.4.2018.)

3. Slika 3. Ekmanova spirala; Izvor:

[https://oceanservice.noaa.gov/education/kits/currents/media/supp\\_cur05e.html](https://oceanservice.noaa.gov/education/kits/currents/media/supp_cur05e.html) (zadnji pogled 26.4.2018.)

4. Slika 4. Prikaz gradijentske struje; Izvor: <https://www.britannica.com/science/density-current> (zadnji pogled 27.4.2018.)

5. Slika 4.1. Prikaz gradijentske struje; Izvor: <https://www.britannica.com/science/density-current/images-videos> (zadnji pogled 27.4.2018.)

6. Slika 5. Primjer južne struje koja nanosi otpad na Hrvatsku obalu, uzrokovano jugom; Izvor: <http://morski.hr/2017/12/15/ostre-kritike-dubrovkana-smece-je-zimska-razglednica-dubrovnika-a-nikoga-nije-briga/> (zadnji pogled 29.4.2018.)

7. Slika 6. Tople i hladne struje svijeta; Izvor:

[https://d32ogoqmya1dw8.cloudfront.net/images/eslabs/climate/global\\_currents.gif](https://d32ogoqmya1dw8.cloudfront.net/images/eslabs/climate/global_currents.gif) (zadnji pogled: 29.4.2018.)

8. Slika 7. Puštanje mjerača struje na obalama Aljaske 1920. godine; Izvor:

[http://skola.gfz.hr/slike/m4\\_slika2.jpg](http://skola.gfz.hr/slike/m4_slika2.jpg) (zadnji pogled: 30.4.2018.)

9. Slika 8. Shematski prikaz plutače; Izvor: [http://skola.gfz.hr/slike/m4\\_slika1.jpg](http://skola.gfz.hr/slike/m4_slika1.jpg) (zadnji pogled 30.4.2018.)

10. Slika 8.1. Prikaz uronjene plutače; Izvor: [http://skola.gfz.hr/slike/m4\\_slika1.jpg](http://skola.gfz.hr/slike/m4_slika1.jpg) (zadnji pogled 30.4.2018.)

11. Slika 9. Prikaz putanja i kruženje plutače; Izvor: [https://aamboceanservice.blob.core.windows.net/oceanservice-prod/education/tutorial\\_currents/media/deep\\_drift\\_500.gif](https://aamboceanservice.blob.core.windows.net/oceanservice-prod/education/tutorial_currents/media/deep_drift_500.gif) (zadnji pogled: 2.5.2018.)

12. Slika 10. Izgled instrumenta koji radi na Dopplerov efekt; Izvor: [https://aamboceanservice.blob.core.windows.net/oceanservice-prod/education/kits/currents/media/bottom\\_mount.jpg](https://aamboceanservice.blob.core.windows.net/oceanservice-prod/education/kits/currents/media/bottom_mount.jpg) (zadnji pogled 2.5.2018.)

13. Slika 10.1. Prikaz rada Dopplerovog strujomjera; Izvor: [https://aamboceanservice.blob.core.windows.net/oceanservice-prod/education/kits/currents/media/adcp\\_bottom\\_n\\_side.jpg](https://aamboceanservice.blob.core.windows.net/oceanservice-prod/education/kits/currents/media/adcp_bottom_n_side.jpg) (zadnji pogled: 2.5.2014.)

14. Slika 11. Primjer visoko frekventne antene; Izvor: [https://aamboceanservice.blob.core.windows.net/oceanservice-prod/education/tutorial\\_currents/media/hf-radar\\_400.jpg](https://aamboceanservice.blob.core.windows.net/oceanservice-prod/education/tutorial_currents/media/hf-radar_400.jpg) (zadnji pogled: 3.5.2018.)

15. Slika 11.1. Mapa površinskih strujanja; Izvor: [https://aamboceanservice.blob.core.windows.net/oceanservice-prod/education/tutorial\\_currents/media/hfradar\\_graphic\\_400.jpg](https://aamboceanservice.blob.core.windows.net/oceanservice-prod/education/tutorial_currents/media/hfradar_graphic_400.jpg) (zadnji pogled 3.5.2018.)

16. Slika 12. Prikaz glavnih strujanja Jadranskoga mora; Izvor: [http://skola.gfz.hr/slike/d6\\_8\\_slika1.gif](http://skola.gfz.hr/slike/d6_8_slika1.gif) (zadnji pogled: 4.5.2018.)

17. Slika 12.1. Prikaz površinske cirkulacije vodenih masa u Jadranu ljeti i zimi; Izvor: [http://www.mzoip.hr/doc/pocetna\\_procjena\\_stanja\\_i\\_pritisaka\\_na\\_morski\\_okolis\\_hrvatskog\\_dijela\\_jadrana.pdf](http://www.mzoip.hr/doc/pocetna_procjena_stanja_i_pritisaka_na_morski_okolis_hrvatskog_dijela_jadrana.pdf) (zadnji pogled 4.5.2018.)

18. Slika 12.2. Prikaz srednje površinskog strujanja u Jadranu za zimu, proljeće, ljeto i jesen izračunato iz putanja površinskih plovaka između 1.8.1990. i 31.7.1999.; Izvor: [http://www.mzoip.hr/doc/pocetna\\_procjena\\_stanja\\_i\\_pritisaka\\_na\\_morski\\_okolis\\_hrvatskog\\_dijela\\_jadrana.pdf](http://www.mzoip.hr/doc/pocetna_procjena_stanja_i_pritisaka_na_morski_okolis_hrvatskog_dijela_jadrana.pdf) (zadnji pogled 4.5.2018.)

19. Slika 13. Prikaz vertikalnog rasporeda tipova vode u Jadranu ljeti (lijevo) i zimi (desno) u razdoblju većeg utjecaja mediteranske vode (gore) i njenog manjeg utjecaja (dolje).; Izvor: [http://www.mzoip.hr/doc/pocetna\\_procjena\\_stanja\\_i\\_pritisaka\\_na\\_morski\\_okolis\\_hrvatskog\\_dijela\\_jadrana.pdf](http://www.mzoip.hr/doc/pocetna_procjena_stanja_i_pritisaka_na_morski_okolis_hrvatskog_dijela_jadrana.pdf) (zadnji pogled 5.5.2018.)
20. Slika 14. Prikaz pozicije mjernih postaja (postaje 9 i 13) i mjesečni vektori struja na postajama smještenim na profilu okomitom na svjetionik Veli Rat na Dugom otoku u razdoblju prosinac 2002. svibanj 2003. godine.; Izvor: [http://www.mzoip.hr/doc/pocetna\\_procjena\\_stanja\\_i\\_pritisaka\\_na\\_morski\\_okolis\\_hrvatskog\\_dijela\\_jadrana.pdf](http://www.mzoip.hr/doc/pocetna_procjena_stanja_i_pritisaka_na_morski_okolis_hrvatskog_dijela_jadrana.pdf) (zadnji pogled 5.5.2018.)
21. Slika 14. 1. Prikaz srednjeg mjesečnog vektora morskih struja u veljači i kolovozu 2008. godine za površinski i pridneni sloj u sjevernom, srednjem i južnom Jadranu; Izvor: [http://www.mzoip.hr/doc/pocetna\\_procjena\\_stanja\\_i\\_pritisaka\\_na\\_morski\\_okolis\\_hrvatskog\\_dijela\\_jadrana.pdf](http://www.mzoip.hr/doc/pocetna_procjena_stanja_i_pritisaka_na_morski_okolis_hrvatskog_dijela_jadrana.pdf) (zadnji pogled: 5.5.2018.)
22. Slika 14.2. Prikaz resultantnih vektora struja u Bračkom i Splitskom kanalu dobivenih za vrijeme mjerenja tijekom ljeta 1990. godine.; Izvor: [http://www.mzoip.hr/doc/pocetna\\_procjena\\_stanja\\_i\\_pritisaka\\_na\\_morski\\_okolis\\_hrvatskog\\_dijela\\_jadrana.pdf](http://www.mzoip.hr/doc/pocetna_procjena_stanja_i_pritisaka_na_morski_okolis_hrvatskog_dijela_jadrana.pdf) (zadnji pogled: 5.5.2018.)
23. Slika 15 Ruže struja u Virskom moru za cijelo godišnje razdoblje.; Izvor: [http://www.mzoip.hr/doc/pocetna\\_procjena\\_stanja\\_i\\_pritisaka\\_na\\_morski\\_okolis\\_hrvatskog\\_dijela\\_jadrana.pdf](http://www.mzoip.hr/doc/pocetna_procjena_stanja_i_pritisaka_na_morski_okolis_hrvatskog_dijela_jadrana.pdf) (zadnji pogled 6.5.2018.)
24. Slika 15.1. Prikaz srednjih struja u zimskom razdoblju u površinskom, srednjem i pridnenom sloju Riječkog zaljeva.; Izvor: [http://www.mzoip.hr/doc/pocetna\\_procjena\\_stanja\\_i\\_pritisaka\\_na\\_morski\\_okolis\\_hrvatskog\\_dijela\\_jadrana.pdf](http://www.mzoip.hr/doc/pocetna_procjena_stanja_i_pritisaka_na_morski_okolis_hrvatskog_dijela_jadrana.pdf) (zadnji pogled 6.5.2018.)

## IZJAVA

S punom odgovornošću izjavljujem da sam završni rad izradio samostalno služeći se navedenim izvorima podataka i uz stručno vodstvo mentora\_\_\_\_\_.

Ime i prezime studenta:

Potpis

\_\_\_\_\_