

# Meteorološki i oceanografski parametri opisani u peljaru

---

**Kaštelančić, Tonči**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2020**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:164:646357>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-23**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository - Faculty of Maritime Studies - Split - Repository - Faculty of Maritime Studies Split for permanent storage and preservation of digital resources of the institution](#)



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

**TONČI KAŠTELANČIĆ**

**METEOROLOŠKI I OCEANOGRAFSKI**  
**PARAMETRI OPISANI U PELJARU**

**ZAVRŠNI RAD**

**SPLIT, 2020**

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

**STUDIJ: POMORSKA NAUTIKA**

**METEOROLOŠKI I OCEANOGRAFSKI**  
**PARAMETRI OPISANI U PELJARU**

**ZAVRŠNI RAD**

**MENTOR:**

**doc.dr.sc. Nenad Leder**

**STUDENT:**

**Tonči Kaštelančić (0171257167)**

**SPLIT, 2020.**

## SAŽETAK

U ovom završnom radu obrađeni su oceanografski i meteorološki podatci vezani za geografsko područje Jadranskog mora, a koji su od velike važnosti za sigurnost plovidbe. Opisane su i definirane znanstvene discipline oceanografija i meteorologija, kao i njihova podjela na grane, s posebnim naglaskom na one vezane za pomorstvo. Uz oceanografske podatke navedeni su i opisani meteorološki podatci koji se vežu za klimu, temperatura zraka, naoblaku, oborine, relativnu vlažnost, tlak zraka i tipične vjetrove koji se javljaju na geografskom području Jadranskog mora. U samom zaključku rada naglašena je važnost Peljara kao službene navigacijske publikacije u odnosu na ostalu korištenu literaturu, u kojem su prikazani podaci korišteni za vrijedne upute za što sigurniju plovidbu Jadranskim morem.

**Ključne riječi:** Jadransko more, oceanografija, meteorologija, plovidba

## ABSTRACT

Oceanographic and meteorological data, which are very important for safe navigation, connected to the geographical area of the Adriatic Sea are presented in this work. The scientific disciplines of oceanography and meteorology are described and defined, as well as their division into branches, with special emphasis on those related to the maritime affairs. In addition to oceanographic data, meteorological data related to climate, air temperature, clouds, precipitation, relative humidity, air pressure and typical winds that occur in the geographical area of the Adriatic Sea are also described. In the conclusion of the work, the importance of the Pilot as an official navigation publication in relation to other used literature was emphasized, in which the data used for valuable instructions for the safest navigation in the Adriatic Sea are presented.

**Key words:** Adriatic Sea, oceanography, meteorology, navigation

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD .....</b>	<b>5</b>
<b>2. GEOGRAFSKO PODRUČJE JADRANSKOG MORA .....</b>	<b>6</b>
<b>3. OCEANOGRAFSKE ZNAČAJKE JADRANSKOG MORA .....</b>	<b>7</b>
3.1. Morsko dno.....	8
3.2. Morske mijene .....	8
3.3. Olujni uspori, seši i šćige .....	10
3.4. Površinska temperatura mora .....	13
3.5. Površinska slanost mora.....	14
3.6. Površinska gustoća mora.....	14
3.7. Površinske struje.....	15
3.8. Površinski valovi uzrokovani vjetrom .....	16
<b>4. METEOROLOŠKE ZNAČAJKE JADRANSKOG MORA .....</b>	<b>20</b>
4.1. Klasifikacija klime .....	21
4.2. Temperatura zraka.....	21
4.3. Naoblaka, relativna vlažnost i oborine.....	23
4.4. Magla.....	24
4.5. Vjetar .....	26
<b>5. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>31</b>
<b>LITERATURA .....</b>	<b>32</b>
<b>POPIS SLIKA.....</b>	<b>33</b>

## 1. UVOD

U ovom završnom radu bit će temeljito obrađena tema oceanografskih i meteoroloških podataka Jadranskog mora opisanih u Peljaru. Peljar je, naime, službena navigacijska publikacija Republike Hrvatske koju je izradio Hrvatski hidrografski institut, i od neizmjerne važnosti za ovaj rad. Izrađen je prema preporukama Međunarodne hidrografske organizacije (IHO) te je, uz službenu pomorsku kartu, osnovno navigacijsko pomagalo. Većina pomorskih država izdaje Peljare za svoje područje odgovornosti, a neke i za tuđe teritorije (primjerice UKHO).

Cilj ovoga rada je prikaz geografskih, meteoroloških i oceanografskih podataka Jadranskog mora kao i interpretacija njihove važnosti za sigurnu plovidbu Jadranskim morem.

U drugom poglavlju dana je definicija Jadranskog mora i njegovi osnovni geografski podaci, kao što su prosječna duljina, širina i dubina te broj otoka, otočića i hridi u hrvatskom dijelu Jadrana.

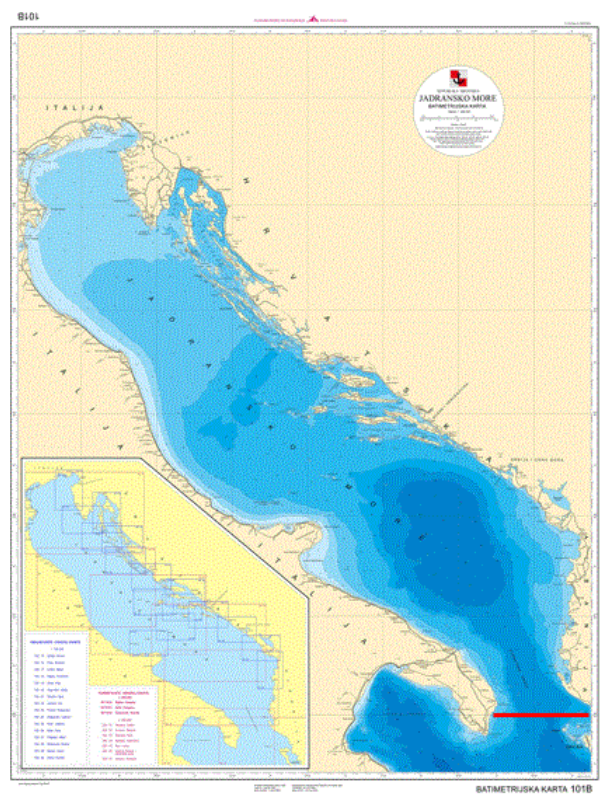
Oceanografske značajke Jadranskog mora date su u trećem poglavlju. Opisana je terminologija pojma oceanografije, kako bi se u nastavku mogli opisati oceanografski podatci vezani za geografsko područje Jadranskog mora, kao što su: morsko dno, morske mijene, olujni uspori, seše i šćige, površinsku temperatura, slanost i gustoća mora, površinske morske struje i valovi uzrokovani vjetrom.

Meteorološki podatci vezani za geografsko područje Jadranskog mora opisani u Peljaru, kao i dodatnoj literaturi na popisu korištenih izvora te popraćeni slikama i pomorskim kartama prikazani su u poglavlju 4.

U zaključku je iznesena važnost svih opisanih podataka u ovom radu koji se odnose na prostor Jadranskog mora, kao i važnost Peljara kao službene navigacijske publikacije za sigurnost plovidbe, a u odnosu na ostale izvore i publikacije.

## 2. GEOGRAFSKO PODRUČJE JADRANSKOG MORA

Jadransko more (Jadran) je dio Sredozemnog mora između Balkanskog i Apeninskog poluotoka, okruženo gorskim lancima Apenina, Alpa, Dinarida i Helenida, na geografskoj dužini između  $12^{\circ}15'E$  i  $19^{\circ}45'E$  i geografskoj širini između  $39^{\circ}45'N$  i  $45^{\circ}45'N$ . Južna granica Jadranskog mora uključuje Otrantska vrata u cijelosti te se proteže spojnicom rt Santa Maria di Leuca – sjeverna obala otoka Krfa – ušće rijeke Butrintit, dok mu uzdužna os mjerena od ušća rijeke Butrintit do Porto di Lido iznosi 475 nautičkih milja, a širinska os, okomita na uzdužnu, od luke Omiš do luke Vasto 117 nautičkih milja. [2]



**Slika 1. Batimetrijska karta Jadrana Hrvatskog hidrografskog instituta s ucrtanom granicom Jadranskog mora [2, 8].**

Duljina Jadranskog mora iznosi 783 km, prosječna širina 248.3 km, a prosječna dubina 173 m; obuhvaća 138 595 km<sup>2</sup>. [1] Koeficijent razvedenosti hrvatske obale iznosi 11 te se ubraja u najrazvedenije morske obale svijeta. U unutarnjim morskim vodama i teritorijalnome moru Republike Hrvatske nalazi se čak 1244 otoka, otočića i hridi te je nakon grčke obale najrazvijenija obala Mediterana. [2]

### **3. OCEANOGRFSKE ZNAČAJKE JADRANSKOG MORA**

U ovom poglavlju rada bit će obrađeni i izneseni ocenografski podatci vezani za geografsko područje Jadranskog mora na temelju Peljara, stoga je važno na početku opisati samu terminologiju oceanografije. Oceanografija je deskriptivna prirodna disciplina (za razliku od oceanologije kao znanstvene discipline) koja se bavi proučavanjem svjetskih mora i oceana te se dijeli na nekoliko različitih, ali međusobno povezanih grana. Neke od oceanografskih grana su fizička, kemijska, biološka i geološka oceanografija. Pojedina oceanografska istraživanja obavljala su se već od antičkoga doba, dok se oceanografija kao zasebna disciplina konačno formirala u 19. stoljeću, napose istraživačkom plovidbom britanske korvete Challenger, a prva međunarodna oceanografska organizacija *International Council for the Exploration of the Sea* osnovana je 1902. u Kopenhagenu. Velik zamah oceanografija je dobila nakon Drugog svjetskog rata, kada su znatna ulaganja razvijenih država omogućila stvaranje svjetske istraživačke flote, koja danas broji više od četiristo brodova pogodnih za rad na otvorenome moru, automatizaciju mjerenja koja se obavljaju *in situ* te razvoj daljinskih istraživanja pomoću radara, zrakoplova i satelita. Upotreba elektroničkih računala pogodovala je iscrpnoj analizi prikupljenih podataka te numeričkomu modeliranju oceana i pojedinih mora. Oceanografska se istraživanja koriste u prognozi klimatskih kolebanja i klimatskih promjena, pri racionalnoj eksploataciji prirodnih morskih bogatstava, pri osiguranju obalnih naselja od poplavlivanja, za unaprjeđenje sigurnosti plovidbe te pri zaštiti mora od zagađenja. [1]

Oceanografski podatci koji će biti opisani u nastavku rada odnosit će se, prema Peljaru, na morsko dno, morske mijene i visinu razine mora, olujne uspore te površinsku temperaturu, slanost



i gustoću mora, pojave leda, kao i površinske struje i valove uzrokovane vjetrom na području Jadranskog mora, koje je u središtu rada.

### **3.1. Morsko dno**

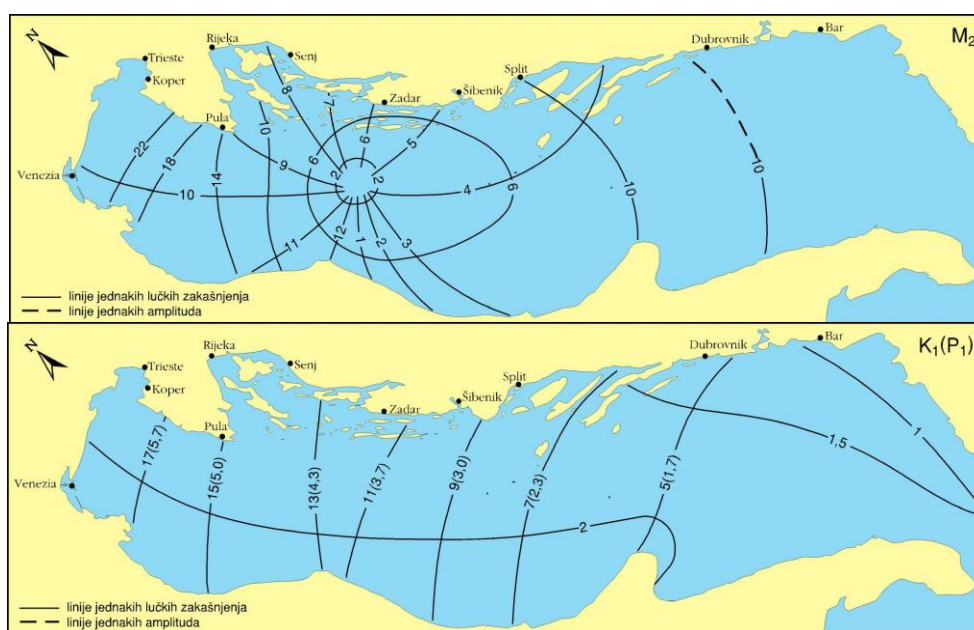
Jadransko morsko dno, prema tipu sedimenta i sedimentnih stijena od kojih je sastavljeno, dijelimo na vanjsku i obalnu zonu. Vanjska zona obuhvaća prostor od otoka prema otvorenom moru, odnosno područje dubljeg mora i može se podijeliti na sjeverno pjeskovito područje i južno s mješovitim sedimentima. Obalna zona je prostor unutar zaljeva i kanala. U sjeveroistočnom obalnom području dno je prekriveno mješovitim sedimentima u kojima se posebno ističe pijesak svijetle boje, a ispred ušća rijeka i krupnozrnati materijal. Takvo je dno i na jugozapadnoj obali, ali su sedimenti zbog blažeg pada dna pravilnije raspoređeni. [2]

### **3.2. Morske mijene**

Govoreći o morskim mijenama, iste su periodično osciliranje masa morske vode pod utjecajem periodičnih sila koje nastaju od privlačnih sila Mjeseca i Sunca. [3] Prema petom izdanju Peljara [2], morske mijene Jadranskog mora mješovitog su tipa s izrazitom nejednakošću u visini. Za vrijeme szigija, odnosno za vrijeme mladog i punog Mjeseca, morske mijene su poludnevnog tipa, a za vrijeme kvadratura (prva i posljednja mjesečeva četvrt) dnevnog tipa. U prijelaznim fazama Mjeseca morske mijene su mješovitog tipa. Za vrijeme szigija, kada su morske mijene poludnevnog tipa, u južnom Jadranu su lučka zakašnjenja jednaka na istočnoj i zapadnoj obali. U srednjem i sjevernom Jadranu povećavaju se u smjeru obrnutom od kretanja kazaljke na satu oko točke koja se nalazi između Ancone i Paga. Ta rotacija plimnog vala zove se amfidomija, a centar rotacije točka amfidomije (slika 2). Rotacija plimnog vala traje oko dvanaest sati i jednaka je periodu jedne potpune oscilacije morskih mijena poludnevnog tipa. Zbog amfidomije, morske su mijene u srednjem i sjevernom Jadranu na svim mjestima kroz koja prolaze izorahije različite za šest sati suprotne u fazi pa dok je na jednoj obali plima, na drugoj je oseka. Amplitude (rasponi) morskih mijena naglo rastu od točke amfidomije prema sjeveru, a sporije prema jugu. Za vrijeme

kvadratura, kada su morske mijene dnevnog tipa, amfidromija ne postoji. Visoke i niske vode nastupaju duž cijelog bazena približno istovremeno, odnosno morske mijene su u fazi. Amplitude morskih mijena su manje nego za vrijeme sizigija i rastu od juga prema sjeveru. [2]

Općenito, amplitude morskih mijena se povećavaju od juga prema sjeveru (slika 1). Srednja amplituda morskih mijena u Baru je 0.22 m, a u Trstu 0.68 m. Od Otrantskih vrata do Bakra porast amplituda je mali, a od Bakra prema sjeveru je velik zbog naglog smanjenja dubine i poprečnog presjeka u bazenu Jadrana. [2]



**Slika 2. Širenje glavne plimne komponente ( $M_2$ ) (gore) i dnevnih komponenti  $K_1$  i  $P_1$  (dolje) (prema Polli, 1960; [2]).**

LUKA	Srednja amplituda (m)	Srednja ekstremna amplituda (m)
Bar	0.22	0.27
Dubrovnik	0.23	0.29
Ploče	0.25	0.35
Split	0.24	0.33
Zadar	0.29	0.38
Bakar	0.30	0.47
Mali Lošinj	0.33	0.45
Rovinj	0.48	0.67
Koper	0.66	0.90
Trst	0.68	0.96

**Slika 3. Srednja amplituda i srednja ekstremna amplituda (za vrijeme sizigija)[5]**

Pravilan hod morskih mijena poremećen je kolebanjem razine mora pod utjecajem atmosferskih faktora, a ti faktori su tlak zraka i vjetar. To je takozvano prisilno kolebanje razine mora uzrokovano dinamičkim utjecajem atmosfere, čiji će okolni čimbenici biti objašnjeni u nastavku ovog dijela rada. Povećanjem tlaka zraka visina razine mora se smanjuje, te obrnuto, smanjenjem tlaka zraka visine razine mora se povećava. Pojava intenzivnog podizanja razine mora koja nastaje zbog djelovanja niskog tlaka zraka i olujnog južnog vjetra (najčešće juga i lebića), u trajanju od jednog ili više dana naziva se olujni uspor („*storm surge*“).

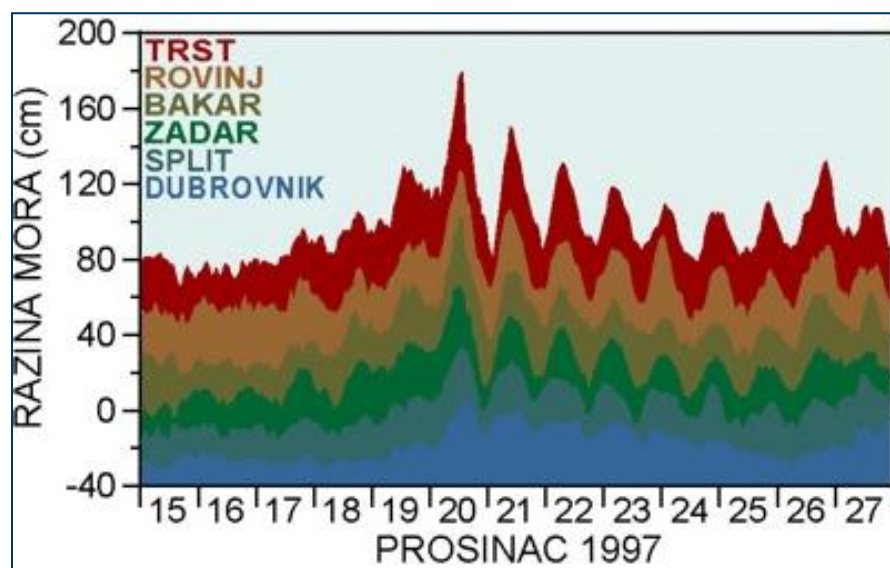
### 3.3. Olujni uspori, seši i šćige

Olujni uspori najčešće su vezani uz prolaz dubokih ciklona preko Jadrana kada je zabilježen porast razine mora do 0.8 metara u srednjem i južnom Jadranu, a u sjevernom Jadranu do 1.5 metara, što uzrokuje poplave u nekim lukama (slika 4). Povećanje tlaka zraka i jaki, dugotrajni sjeverni vjetrovi, odnosno bura i tramontana, mogu uzrokovati sniženje visine razine mora do 0.50 metara u južnom i srednjem Jadranu, a u sjevernom Jadranu do 0.60 metara. Osim prisilnog kolebanja razine mora, brze i intenzivne promjene tlaka zraka te smjera i brzine vjetra, mogu uzrokovati i slobodne oscilacije (stojni val) razine mora, zvane seše. U cijelom bazenu Jadranskog mora javljaju se seši s periodima osciliranja od oko 22 sata (uninodalni – osnovni seš Jadrana; slika 5) i oko 11 sati (binodalni seš). Amplituda jadranskog seša može biti i do 0.6 metara.

Seši se javljaju i u pojedinim manjim dijelovima Jadrana odnosno u zaljevima, uvalama, kanalima, ušćima rijeka i lukama.



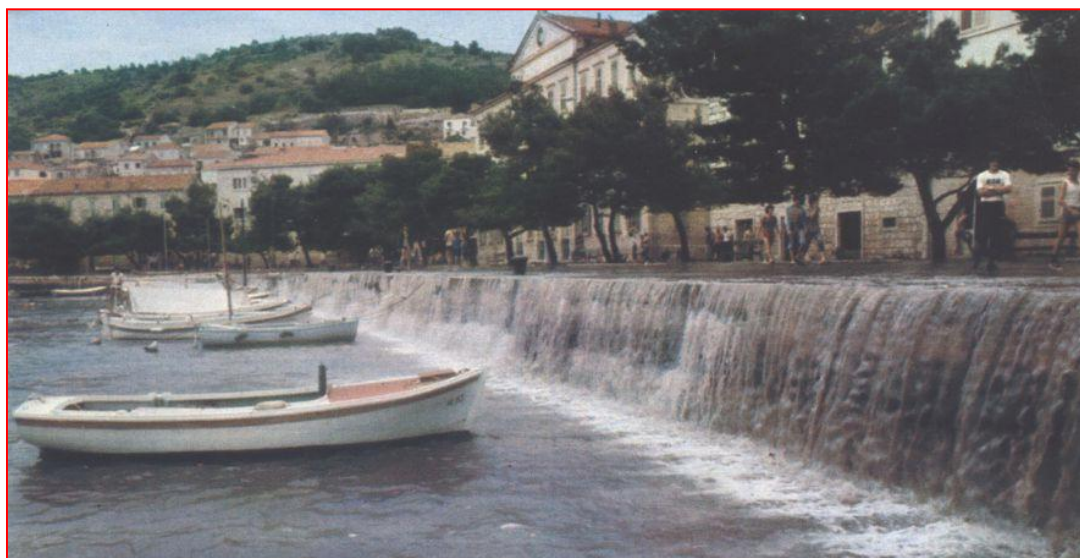
Slika 4. Poplava u Starom Gradu 2010. godine uzrokovana plimnim oscilacijama i olujnim usporima [8].



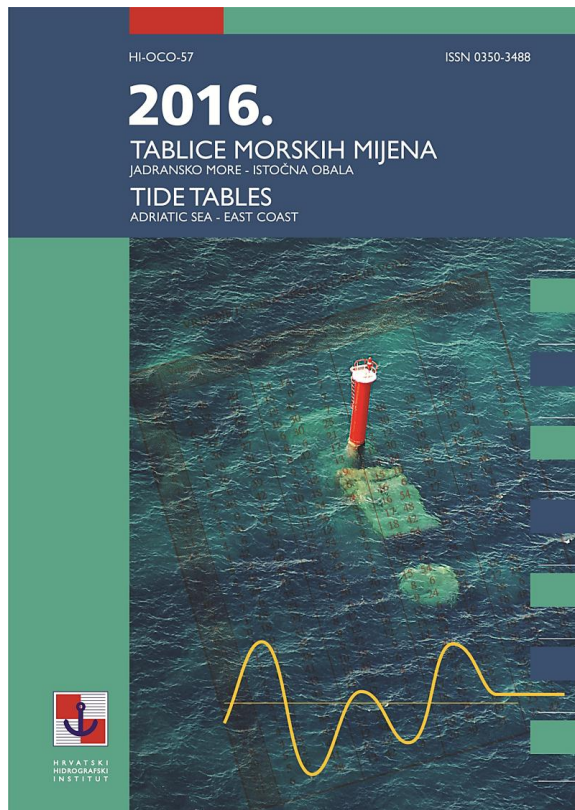
Slika 5. Seš cijelog Jadrana iz prosinca 1997. godine, perioda oko 21.5 sati [8].

Šćige su, s druge strane, ekstremne oscilacije visine razine mora koje se u stručnoj literaturi nazivaju meteotsunami, a zabilježene su 1978. godine u Veloj Luci, kada je ukupni raspon oscilacija morske razine bio oko 6 metara i perioda oko 15 minuta. Ti valovi poplavili su velik dio Vele Luke i uzrokovali velike materijalne štete (slika 6). Postoji još nekoliko ovakvih slučajeva na Jadranskoj obali, uzrokovanih putujućim poremećajem atmosferskog tlaka (težinski val) koji izaziva intenzivno gibanje u moru zbog pojave takozvane dvostruke rezonancije. Budući da sinoptičari ne mogu na sinoptičkim kartama uočiti ovakav poremećaj atmosferskog tlaka, za sada se može zaključiti da tu pojavu nije moguće prognozirati. [8].

Zanimljivo je naglasiti kako Hrvatski hidrografski institut iz Splita svake godine izdaje publikaciju „*Tablice morskih mijena, Jadransko more – istočna obala*“ za narednu godinu (slika 7), u kojoj su prikazane prognozirane visine i vremena nastupa visokih i niskih voda za 8 glavnih i 9 sporednih luka, kojima je obuhvaćena čitava istočna obala Jadrana. [2]



**Slika 6. Meteotsunami u Vela Luci 21.06.1976. [8].**



Slika 7. Tablice morskih mijena u izdanju Hrvatskog hidrografskog instituta [9]

### 3.4. Površinska temperatura mora

Osvrćući se na površinsku temperaturu mora, važno je naglasiti na samom početku kako zagrijavanje, kao i hlađenje morske vode ovisi o različitim konstantnim i promjenjivim faktorima, poput rasporeda kopna i vode, struja i promjenjivosti strujanja (po smjeru i termičkim osobinama), oborina, leda, riječnih voda i ostalih čimbenika. Nezanemarivi su i utjecaji vjetrova, odnosno valova te termičke različitosti između kopna i vode. Važno je istaknuti i kako voda ima najveću zapreminsku karakterističnu toplinu te da samim time njezina glatka površina reflektira velik dio sunčevih zraka u atmosferu te da taj dio sunčeva zračenja ne sudjeluje u pregrijavanju vode, no da sama voda propušta sunčeve zrake i do većih dubina. [3]

Govoreći usko o površinskoj temperaturi Jadranskog mora, važno je istaknuti da je Jadransko more umjereno toplo, s izraženim godišnjim hodom površinske temperature mora. Zimi su temperature

ROVINJ

SLJEČANJ 2016.

#### VRIJEME I VISINA VISOKIH I NISKIH VODA

Dan	Vrijeme (h min)	Visina (cm)	Vrijeme (h min)	Visina (cm)	Vrijeme (h min)	Visina (cm)	Vrijeme (h min)	Visina (cm)
1	2 24	70	9 30	49	11 48	50	19 6	29
2	3 24	71	12 0	43	13 54	43	19 48	35
3	4 18	72	12 30	35	17 42	43	21 6	41
4	5 6	75	12 54	28	19 12	48	22 42	44
5	5 48	77	13 24	21	19 54	54	23 54	45
6	6 24	81	13 48	14	20 24	59		
7	0 48	44	7 0	83	14 18	8	20 54	64
8	1 36	43	7 36	85	14 48	4	21 24	68
9	2 18	42	8 12	86	15 18	1	22 0	72
10	3 6	41	8 48	86	15 48	0	22 30	75
11	3 42	40	9 24	84	16 18	0	23 6	77
12	4 30	40	10 6	80	16 54	3	23 42	78
13	5 18	40	10 42	74	17 30	7		
14	0 30	78	6 12	41	11 30	67	18 6	13
15	1 12	77	7 24	42	12 18	59	18 48	21
16	2 6	77	8 54	40	13 36	52	19 42	28
17	3 12	77	10 36	35	15 54	48	20 54	36
18	4 18	78	11 54	27	18 0	51	22 30	40
19	5 24	79	12 48	19	19 18	57	23 54	42
20	6 12	81	13 30	12	20 6	63		
21	1 0	42	7 0	83	14 6	6	20 48	68
22	1 48	42	7 42	84	14 42	3	21 24	72
23	2 36	41	8 18	84	15 12	1	22 0	74
24	3 12	41	8 48	82	15 48	2	22 30	75
25	3 48	41	9 24	80	16 12	4	23 0	76
26	4 24	41	9 54	76	16 42	7	23 30	75
27	5 0	42	10 18	71	17 6	12		
28	0 0	74	5 36	43	10 48	66	17 30	17
29	0 30	73	6 24	44	11 18	60	17 48	23
30	1 6	71	7 24	44	11 48	53	18 12	29
31	1 42	70	9 6	43	12 42	46	18 30	35

mora najniže, a do istog najintenzivnijeg ohlađivanja dolazi pod utjecajem meteoroloških faktora. Tako je zimi temperatura mora na krajnjem sjeverozapadu oko 7 °C, a u Otrantskim vratima oko 14 °C. S druge strane, u skladu s meteorološkim faktorima koji utječu na površinsku temperaturu mora, u proljeće započinje intenzivno zagrijavanje istoga. Tada površinska temperatura poprima otprilike od 17 °C do 18 °C na čitavom Jadranu. Ljeti je, dakako, temperatura mora najviša, u prosjeku od 22 °C do 25 °C., a otvoreno more je najčešće toplije od priobalja. Ljeti, također, temperaturne razlike mogu biti veće na istoku u odnosu na zapadnu obalu Jadrana. U jesen, s druge strane, započinje ohlađivanje mora, koje u tom periodu intenzivno poprima temperaturne vrijednosti od 14 °C do 18 °C. Važno je naglasiti kako su na površini mora u priobalnom području temperature maksimalne u srpnju i kolovozu, a minimalne u veljači. Na otvorenom moru ekstremi kasne oko mjesec dana, a najniže vrijednosti temperature zabilježene su na ušćima većih rijeka te u područjima s podmorskim izvorima slatke vode, takozvanim vruljama, zato što je u tim područjima morska voda znatno razrijeđena slatkom vodom. Tako se u tim područjima u ekstremnim meteorološkim uvjetima površina mora zamrzne, dok je u nekim godinama utjecaj Mediterana na Jadran znatno veći nego inače pa je tada površinska temperatura Jadrana veća od prosjeka. [2]

### **3.5. Površinska slanost mora**

Površinska slanost mora odnosno salinitet Jadranskog mora u prosjeku iznosi oko 38.3 te je niži od površinske slanosti u istočnom Mediteranu, a viši od slanosti u zapadnom Mediteranu. Prema Peljaru, sjeverni Jadran ima manju slanost od srednjeg i južnog Jadrana, zbog utjecaja alpskih rijeka, ponajviše zbog rijeke Po. U kolebanju saliniteta moglo bi se reći kako Jadran ima dva godišnja minimuma – u svibnju i prosincu, te dva maksimuma – u rujnu i veljači. Slanija voda u godinama kada Mediteran intenzivnije utječe na Jadran, ulazi iz Mediterana u Jadran te tada povećava njegovu slanost, čime je slanost veća od prosječne i ponekad dostiže čak vrijednosti preko 39. Takvu pojavu nazivamo jadranskom ingresijom. [2]

### **3.6. Površinska gustoća mora**

Površinska gustoća mora ovisi o dva važna čimbenika. Ti čimbenici su temperatura i slanost mora, a površinska gustoća mora u Jadranskom moru ima izražen sezonski hod. Prema

vrijednim informacijama iz petog izdanja Peljara, ekstremne vrijednosti gustoće mora zabilježene su u sjevernom Jadranu i to: maksimum od  $1029.5 \text{ kg/m}^3$  zimi i minimum od  $1022.0 \text{ kg/m}^3$  ljeti. [2]

Poznavanje površinske gustoće mora je vrlo važno u pomorstvu, jer je moguće odrediti količinu tereta na brodu pomoću gaza.

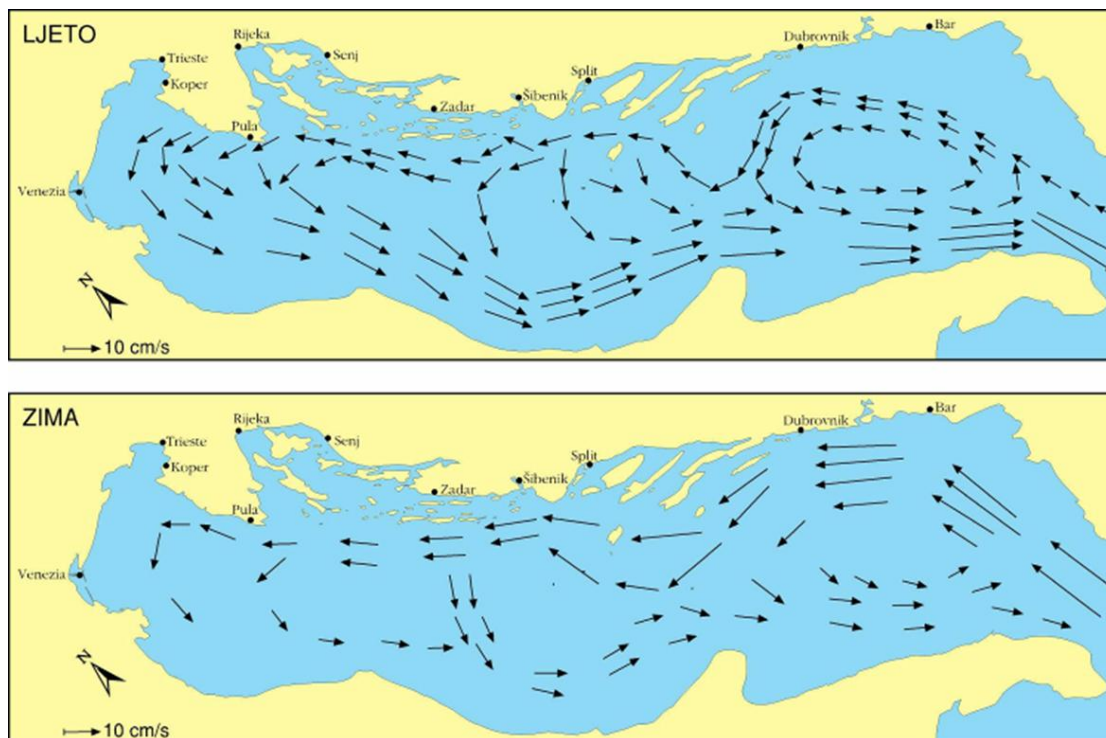
Pojava leda ekstremno je rijetka u Jadranskom moru. Javlja se tako za vrijeme iznimno hladnih zima, i to isključivo u područjima sa slatkom vodom, poput Kaštelanskog zaljeva. [2]

### **3.7. Površinske struje**

Površinske morske struje u Jadranskom moru nemaju značajniji utjecaj na sigurnost same plovidbe u području otvorenoga mora, a brzina struja se mijenja u pojedinim područjima i u vremenskim razdobljima. Srednje brzine morskih struja su, prema podacima u Peljaru, oko  $0.5 \text{ čv}$ , a u određenim uvjetima, naročito u uskim prolazima te u blizini riječnih ušća, mogu dosegnuti i do  $4 \text{ čv}$ , dok je smjer također promjenjiv (čak do  $180^\circ$ ) u priobalnom i međuotočnom području. Faktori, odnosno sile uzročnice, koje utječu na spomenute struje u moru brojne su. To su sila koja nastaje zbog horizontalnih razlika u gustoći mora te koja uzrokuje gradijentske struje (o kojima će biti više riječi u nastavku ovoga rada), zatim plimotvorna sila koja uzrokuje struje morskih mijena te u konačnici sila potiska vjetra koja nastaje djelovanjem tangencijalne napetosti vjetra na površinu mora te koja uzrokuje struje drifta, o kojima će također biti više riječi u nastavku rada. Uz spomenute sile uzročnice, na strujanje znatno utječu i topografske karakteristike obale i morskog dna određenog bazena.

Prethodno spomenute gradijentske struje su osnovni uzrok ciklonalnog toka morskih struja u Jadranu, pri čemu je uzlazna struja zimi više izražena uz istočnu, a izlazna struja ljeti uz zapadnu obalu Jadrana (slika 8). Takav sezonski ritam uglavnom je pod utjecajem gradijentskih struja, ali i sezonskih promjena vjetra. [2]





**Slika 8. Površinske morske struje ljeti i zimi (prema Zore-Armanda, 1967.) [2]**

S druge strane, struje morskih mijena jače su izražene u priobalnom području te kanalima i prolazima uz istočnu obalu Jadrana. Plimne struje su pretežno rotirajuće, odnosno u jednom ciklusu plime i oseke smjer se mijenja za 360°, dok su struje morskih mijena uglavnom malih brzina, najčešće od 0.1 do 0.2 čv, a u sjevernom Jadranu i 0.3 čv. [2]

### **3.8. Površinski valovi uzrokovani vjetrom**

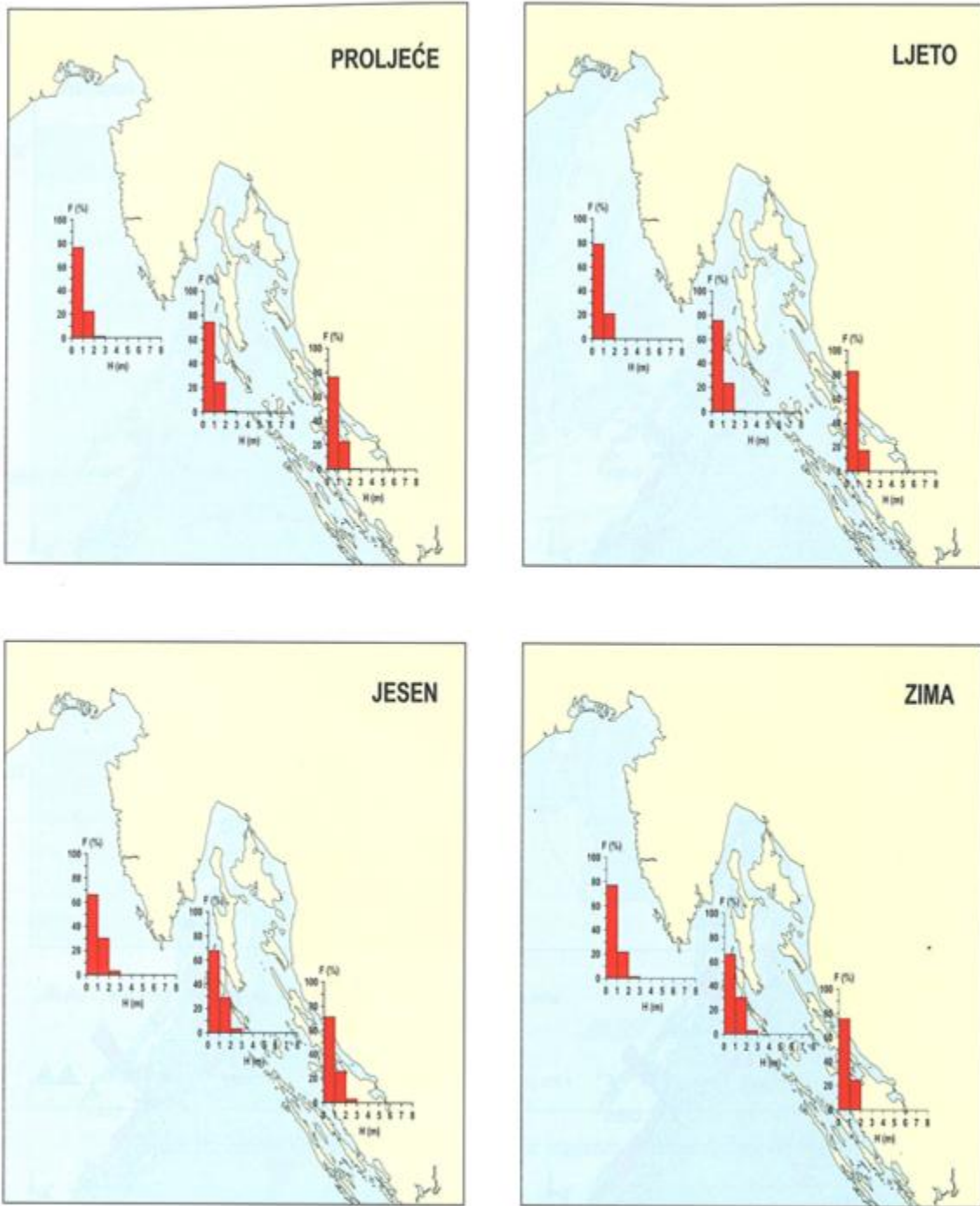
S oceanografskog gledišta, govoreći o površinskim valovima uzrokovanim vjetrom, Jadransko more se smatra zatvorenim morem. Malo je te poluzatvoreno i karakteristično po intenzivnoj ciklonalnoj aktivnosti (naročito u zimskom razdoblju), iznad kojeg pušu vjetrovi različitih smjerova i intenziteta. Najčešće površinske valove na Jadranskom moru uzrokuju bura i jugo u zimskom periodu te sjeverozapadni vjetar u ljetnom periodu. Karakteristike i uzročnici površinskih valova uzrokovanih valova brojne su. Oni ovise o smjeru, brzini i trajanju prevladavajućih vjetrova, o veličini područja nad kojim isti vjetrovi pušu te o topografiji morskog

dna odnosno dubini mora, što na području Jadranskog mora uzrokuje znatno veće visine valove juga nego bure pri istoj brzini i trajanju vjetra. [2]

U Peljaru su iznesene značajke površinskih vjetrova koje su statistički obrađene. Na slici 9 su prikazane sezonske čestine valnih visina ( $H$ ) po sezonama, za pojedina mjesta u sjevernom Jadranu [2] iz koje se vidi da su najučestalije visine valova u svim sezonama i lokacijama u grupi do 1 m visine.

Na području otvorenog mora sjevernog Jadrana apsolutni maksimum visine vala izmjeren je za vrijeme dugotrajnog olujnog jutra i iznosi  $H_{\max} = 10.8$  metara, a za vrijeme bure izmjerena maksimalna visina vala u sjevernom Jadranu iznosi  $H_{\max} = 7.2$  metara. Za vrijeme juga visina maksimalnog izmjerenog vala u srednjem Jadranu iznosi  $H_{\max} = 8.4$  metara, a za vrijeme bure na tom području iznosi  $H_{\max} = 6.2$  metara. S druge strane, u južnom Jadranu najveća visina vala za vrijeme juga iznosi  $H_{\max} = 10.89$  metara, dok za buru u tom području ne postoje pouzdani podatci visine vala. [2, 8]

Karakterističan vjetar na Jadranu je još i lebić (garbin), vjetar s jugozapada koji je rijedak, ali može postići olujnu snagu u vrlo kratkom vremenskom razdoblju i podići valove i do 6 m visine (slika 10), koji su usmjerni okomito na obalu [ 8].



Slika 9. Relativne čestine valnih visina ( $H$ ) po sezonama, za pojedina mjesta u sjevernom Jadranu [2]



**Slika 10. Valovi u Gradskoj luci Split uzrokovani lebićem 20.11.1999. godine [8].**

#### **4. METEOROLOŠKE ZNAČAJKE JADRANSKOG MORA**

Na samom početku ovog poglavlja neophodno je definirati pojam meteorologije. Meteorologija je općenito znanost o pojavama u zračnom omotaču Zemlje, atmosferi i o nekim fizikalnim pojavama u najvišim slojevima Zemljine površine. Stanje atmosfere, kao smjese plinova, određeno je temperaturom, tlakom, sastavom smjese i njenim gibanjem. Dnevne promjene stanja atmosfere, koje nazivamo vremenom, veoma su važne za mnoge ljudske aktivnosti pa uvelike utječu i na rad pomoraca. Veličine koje određuju stanje atmosfere zovu se meteorološki elementi i pojave, a sastav atmosfere uglavnom je konstantan. Jedino je vodena para jedan od glavnih sastojaka kojemu je sadržaj u zraku podvrgnut znatnim promjenama. Te iste promjene količine vodene pare u zraku od velike su važnosti za razvoj vremena. Prema tome, može se zaključiti kako su glavni meteorološki elementi temperatura, vlaga i tlak zraka te vjetar kojim se utvrđuje gibanje atmosfere. Dodatni elementi su oblaci i oborine koji su posljedica prisutnosti vodene pare u atmosferi odnosno posljedica promjene agregatnog stanja vodene pare. [4,5] Osnove za uspostavljanje meteorologije kao egzaktne znanosti postavljene su u 17. stoljeću, uz pojavu prvih instrumenata za mjerenje meteoroloških elemenata. Meteorologija, koja svoj moderni začetak ima u spomenutom 17. stoljeću osamostaljuje se kao znanost u 18. stoljeću.

Pomorstvo se može podijeliti na pomorstvo u užem i širem smislu. U užem smislu je umijeće plovidbe morem odnosno vještina upravljanja i manevriranja brodom, dok u širem smislu obuhvaća sve vrste djelatnosti na moru i u vezi s morem.

Za ovaj rad najzanimljivija je, dakako, pomorska odnosno maritimna meteorologija. Ta grana meteorologije, prema definiciji, proučava cirkulaciju atmosfere i vremenske prilike na oceanima u vezi s problemima navigacije. [3,5]

Meteorološki podatci koji će biti izneseni u nastavku ovoga rada, a koji su opisani i sažeti u petom izdanju Peljara, odnosit će se na klasifikaciju klime i karakteristike meteoroloških parametara: temperaturu zraka, naoblaku, relativnu vlažnost zraka i oborine, maglu, tlak zraka, ciklone i anticiklone, fronte, vjetar, buru, jugo, oštro, lebić (garbin) i lebićadu (garbinadu), pulenat,

maestral, tramontanu, levanat, burin odnosno kopnenjak i zmorac, olujno nevrijeme odnosno oluju (neveru) te pijavicu.

#### **4.1. Klasifikacija klime**

Klima na području čitavog Jadrana, osim njegovog krajnjeg sjevernog i sjeverozapadnog dijela, mediteranska je, što podrazumijeva suha ljeta i vlažno jesensko-zimsko razdoblje. Sjeverni i sjeveroistočni dio Jadrana, odnosno podrulje od Venecije do Rijeke, ima neke karakteristike kontinentalne klime, što se ogleda u izraženijem godišnjem hodu temperature zraka i većoj količini oborina za vrijeme ljetnih mjeseci.

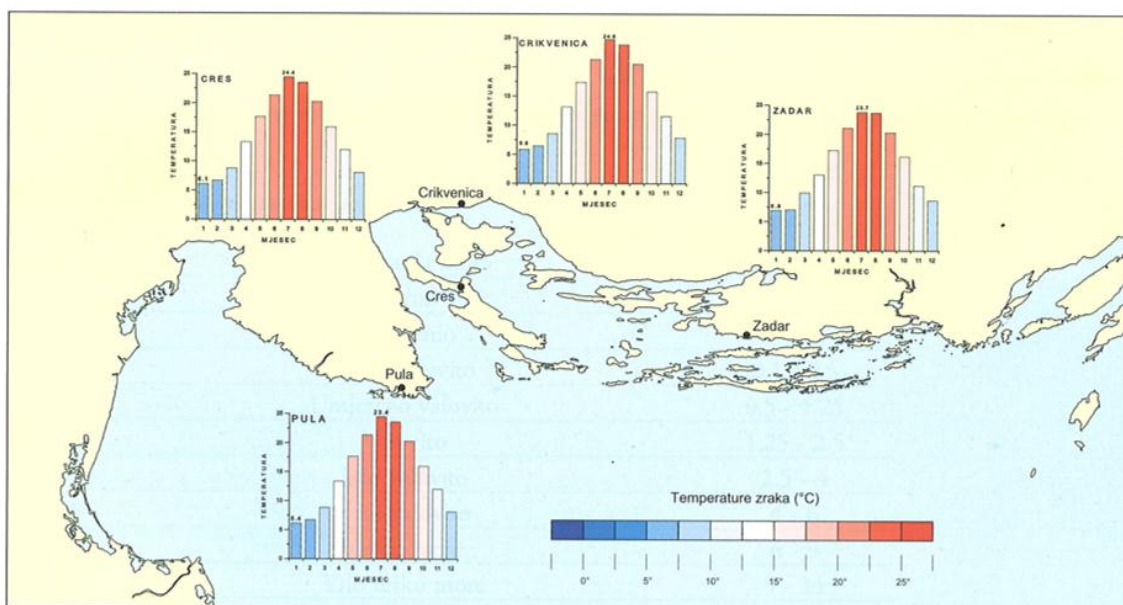
Za sigurnost plovidbe naročito je važno poznavati karakteristike meteoroloških parametara, s naglaskom na poznavanje vjetra. S obzirom na klimatska obilježja i orografske karakteristike jadranskog otočja i priobalja, na Jadranu se poprilično često izmjenjuju suprotni tipovi vremena, s naglaskom na mogućnosti iznenadnih udara vjetra, poput bure, juga, lebića, ljetnih oluja i ostalih. Tada uvjeti za navigaciju postaje iznimno teški i opasni, naročito za manje brodove. [2, 4]

#### **4.2. Temperatura zraka**

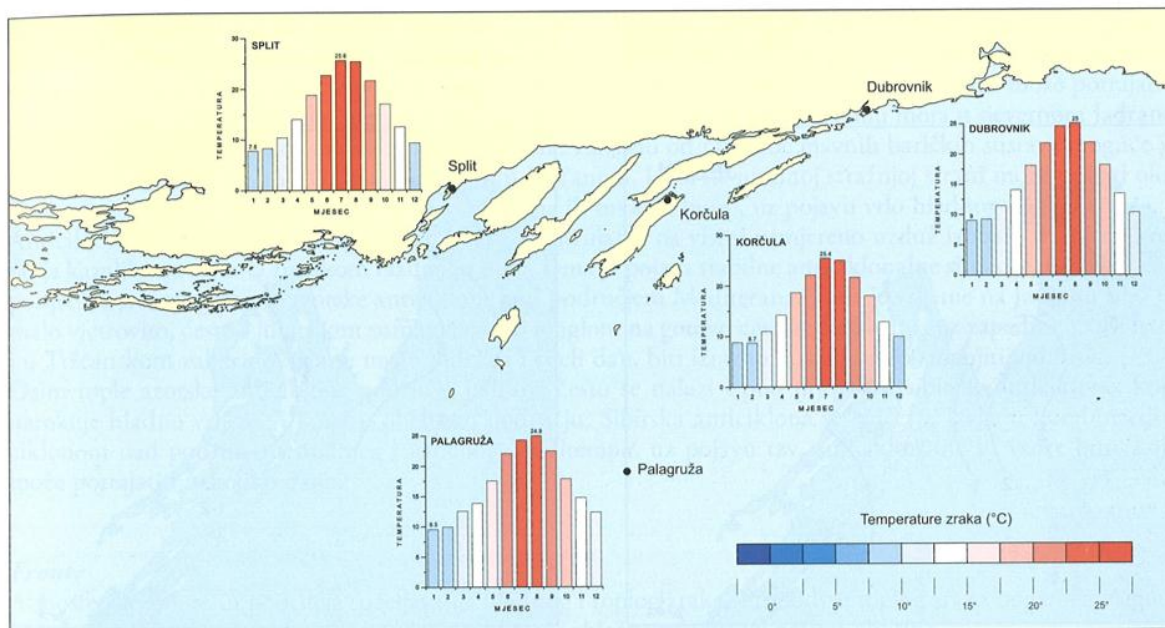
Kao što je spomenuto prethodno u radu, najviše vrijednosti temperature zraka na području Jadrana su u srpnju i kolovozu, dok su najniže vrijednosti temperature zraka u siječnju i veljači. Prema podacima iznesenim u petom izdanju Peljara, srednje siječanjske temperature najniže su na sjevernom Jadranu, a prema južnom Jadranu one rastu (slike 11 i 12). Srednje srpanjske temperature također rastu od sjevernog prema južnom Jadranu pa tako prosječna vrijednost temperature zraka iznosi u Rovinju oko 22.7 °C, a u Dubrovniku primjerice 24.6 °C. [2]

Temperatura zraka iznad oceana i mora općenito je pod velikim utjecajem temperature vode. Stoga prosječne mjesečne temperature zraka na niskim zemljopisnim širinama dosežu oko 32 °C, a povećanjem širina smanjuju se do temperature smrzavanja morske vode oko -1.5 °C, pa i znatno niže. Ipak, ponekad u pojedinim područjima pri određenim vremenskim uvjetima temperature mogu znatno odstupati, unatoč činjenici da je prosječna temperatura zraka najnižih slojeva nešto niža od prosječne temperature morske vode. U tropskom području ta razlika iznosi

oko 0.7 °C, dok su najveće razlike u umjerenim širinama gdje mogu prosječno dosežati 3.0 do 4.5 °C, što znači da općenito postoji prijenos topline iz mora u atmosferu. U uvjetima sa zrakom toplijim u odnosu na more postoji stabilnost atmosfere. Temperatura zraka prilikom plovidbe broda dolazi do izražaja pri ekstremnim vrijednostima, odnosno pri pojedinim temperaturnim pragovima (npr. ispod 0 °C je moguća pojava prehladnih oborina). U plovidbi u zemljopisnim područjima s dugotrajnijim visokim temperaturama (od 35 do 45 °C), osim poteškoća za osoblje, postoje i poteškoće vezane za prijevoz robe koja ne smije biti izložena visokim temperaturama (ponekad i vlazi), a brod nema odgovarajućih rashladnih uređaja, dok u područjima s niskim temperaturama (- 30 do -10 °C) led na moru onemogućava plovidbu. [4]



**Slika 11. Godišnji hod temperature zraka, za pojedina mjesta u sjevernom Jadranu [2]**



**Slika 12. Godišnji hod temperature zraka, za pojedina mjesta u srednjem i južnom Jadranu [2]**

### 4.3. Naoblaka, relativna vlažnost i oborine

Prosječne vrijednosti naoblake na Jadranu su od 4 do 5 desetina neba. Najveća vrijednost naoblake je u jesenskom i zimskom razdoblju, a u ljetnim mjesecima ima niže vrijednosti. Prosječne vrijednosti relativne vlažnosti zraka nad Jadranom kreću se od 50 do 80%. U ljetnim mjesecima vlažnost je manja zbog visokih temperatura, dok visoka relativna vlažnost zraka može biti predznak ljetnih oluja. Važno je također naglasiti kako godišnja količina oborina nad Jadranom varira pod utjecajem smjera pružanja i izraženosti planinskih masiva. Stoga najveće količine oborina imaju sjevernojadranski otoci i područja ispod visokih planinskih masiva, poput Učke, Velebita i drugih. Općenito su oborine na području čitavog Jadrana najizraženije u jesen, a najkišovitiji mjesec je studeni. U ljetnom razdoblju, s druge strane, količine oborina su najmanje, pretežno u srpnju i kolovozu. Na cijelom jadranskom području oborine su uglavnom kišne, a rijetko kada i sniježne – samo u zimskim mjesecima, najčešće na sjevernom Jadranu. U istom, zimskom razdoblju najčešće se također javlja magla, također na sjevernom Jadranu.



#### 4.4. Magla

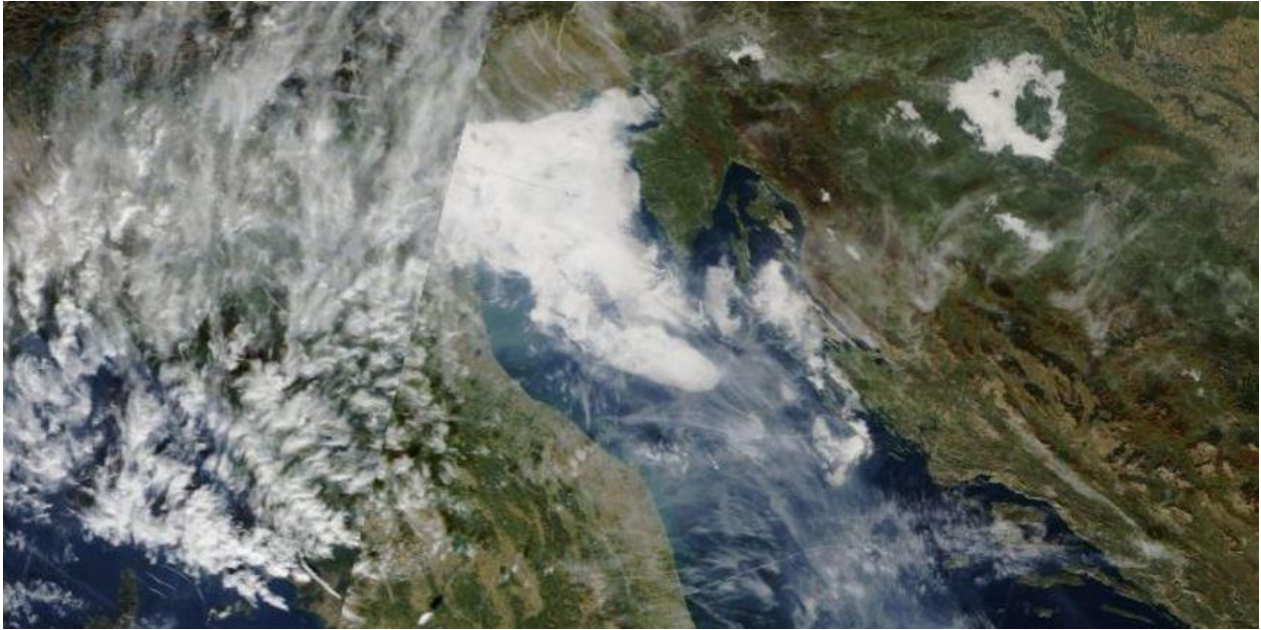
U stručnoj literaturi pod pojmom magla smatra lebdjenje vrlo sitnih vodenih kapljica u atmosferi, koje smanjuju vodoravnu vidljivost na Zemljinoj površini na manje od 1 km (ledeni kristali – ledena magla) . [4]

Magla se sastoji od vrlo sitnih kapljica (polumjera 2-130  $\mu\text{m}$ ) ili ledenih kristala koji su toliko lagani da lebde u zraku. Vidljivost pri magli je manja od 1 km, no može biti u pojedinim situacijama i manja od 50 m, naročito na području uz zapadnu istarsku obalu (slika 13). Tamo se magla i najčešće javlja na Jadranu, i preko deset dana u godini, no bilježi se i u srednjem Jadranu, gdje može izazvati poteškoće u pomorskom prometu zbog nenaviklosti stanovništva.

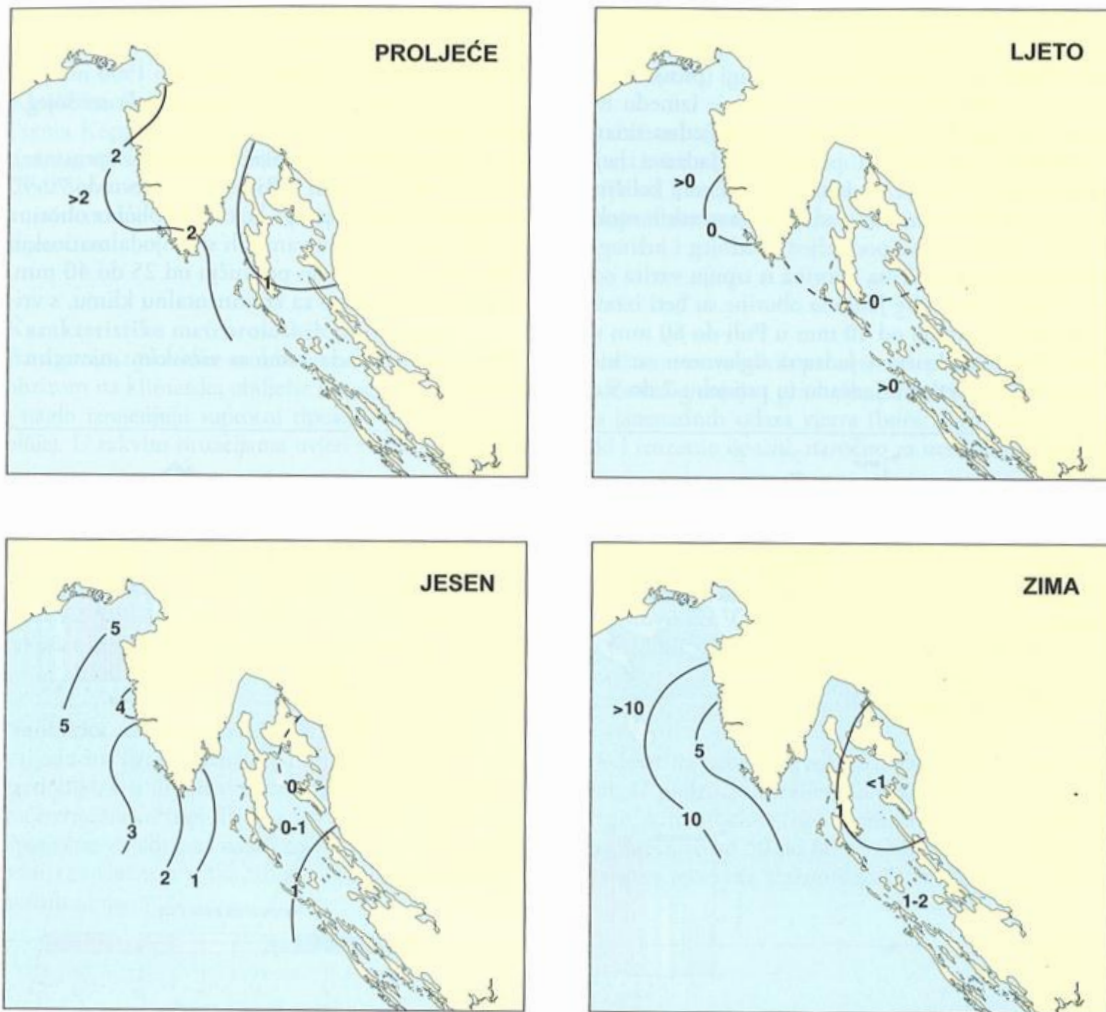
Magle se razlikuju prema uzroku nastajanja, a dijele se na radijacijske, advekcijske te one magle koje su nastale miješanjem zračnih masa. [4]

Loša vidljivost, magla ili sumaglica u atmosferi nastaju u vezi s pretvorbama vode u atmosferi, a može biti opasna i za kopneni promet i za plovila na moru. Duge noći, kad se zrak ižaravanjem može znatnije ohladiti, i visoka relativna vlažnost pogoduju kondenzaciji vodene pare i nastanku tzv. radijacijske sumaglice ili magle. Druga okolnost koja pogoduje kondenzaciji vodene pare i nastanku magle ili sumaglice jest advekcija vlažne zračne mase iznad hladnije podloge, kopnene ili morske, pa stoga i naziv advekcijaska sumaglica ili magla.

Magla se učestalo pojavljuje baš u zimskim mjesecima, a u sjevernom Jadranu (slika 14). nastaje tako što zagrijani zrak dolazi od rijeke Po do sjevernog Jadrana gdje je more dosta hladno, pa kad dođe malo vlažnog i toplog zraka, on se ohladi i pojavljuje se u obliku magle. Ta vrsta magle nema bitne razlike u sastavu od oblaka pri dnu, pa zapravo ispada da za vrijeme magle dan ili nekoliko dana živimo u oblacima. [6]



**Slika 13. Satelitski snimak guste magle u području sjevernog Jadrana [8].**

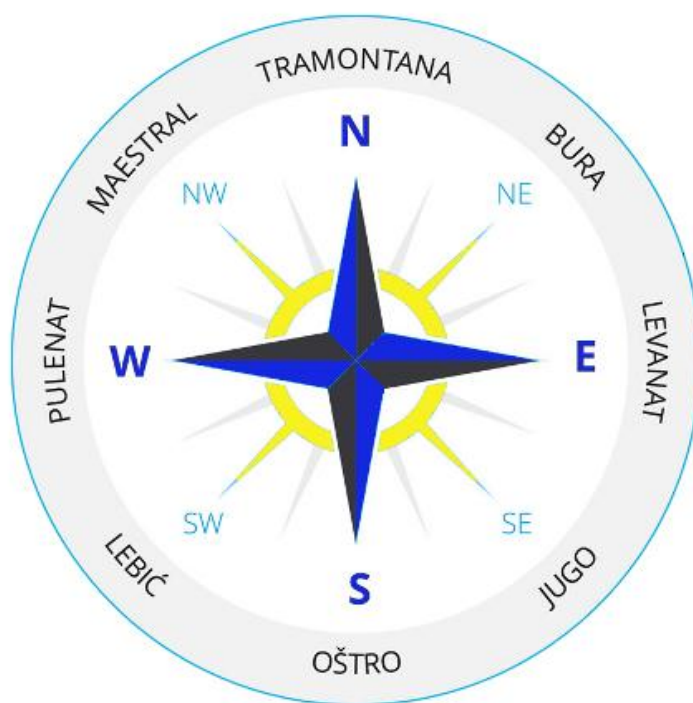


Slika 14. Srednji sezonski broj dana s pojavom magle na istočnoj obali Jadrana ( Prema Tešić i Brozinčavić, 1974.) [2]

## 4.5. Vjetar

Vjetar je, prema definiciji, vodoravno gibanje zraka u odnosu na površinu zemlje. Za njegovo potpuno određivanje potrebno je izmjeriti njegovu brzinu te utvrditi njegov smjer. Stoga su za mjerenje vjetra potrebna barem dva instrumenta – *anemometar* za mjerenje brzine te *vjetrovulja* za smjer vjetra. [3]

Nad područjem Jadrana vjetrovi općenito ovise o razdiobi baričkih sustava na širem području. Najčešći vjetrovi na Jadranu su bura, jugo i maestral, a osim navedenih pušu i vjetrovi iz smjerova S (oštro), SW (lebić, garbin), W (pulenat), N do NW (tramontana), E (levanat) te vjetrovi obalne cirkulacije odnosno burin ili kopnenjak i zmorac. [2] Na slici 15 prikazana je ruža vjetrova za Jadransko more.



Slika 15. Ruža vjetrova na Jadranu [8].

Na području južnog Jadrana najčešći je vjetar u jesenskom i zimskom razdoblju jugo, dok je na sjevernom području Jadrana najčešća bura. Pritom dolazi i do učestale pojave tramontane, naročito nad otvorenim morem, dok se za vrijeme prolaska frontalnih sustava javljaju lebić i lebićada i to češće u sjevernom nego u južnom Jadranu.

Bura je intenzivno strujanje zraka, najčešće iz smjera NNE do ENE, a nastaje kada se relativno hladan zrak koji se gomila na jednoj strani planinske prepreke, spusti niz planinske obronke. Ona je stoga hladan, jak i mahovit zrak koji je tipičan za priobalno područje Jadrana. Buru ne uzrokuju samo temperaturne razlike kopnenih i morskih prizemnih zračnih slojeva, već ona ovisi i o gradijentu tlaka nad Jadranom. Najčešća i najpoznatija je anticiklonalna bura (slika 17). Najveća izmjerena brzina vjetra u buri je 69,0 m/s (248 km/h) s Masleničkog mosta 21.12.1998. Područja s olujnim i orkanskim udarima bure na istočnoj obali Jadrana prikazana su na slici 16. [2]

Jugo je, s druge strane, topao i vlažan vjetar smjera ESE do SSE, a nastaje kada se na području Jadrana približi ciklona preko Pirinejskog poluotoka, sjeverne Afrike ili Francuske te kada se stvori ciklona na području Tirenskog mora i sjevernog Jadrana. Tada je riječ o ciklonalnom jugu. Anticiklonalno jugo se javlja kada se nad zapadnom Europom javi široko područje niskog tlaka, a nad jugoistočnom Europom područje visokog tlaka. Jugo najsnažnije puše na područjima gdje je more otvorenije ili gdje je kanal u smjeru puhanja vjetra. Najčešće i najpoznatije je ciklonalno jugo (slika 18). Maksimalna brzina juga izmjerena je na Palagruži i iznosi 57 m/s (205 km/s). [2]

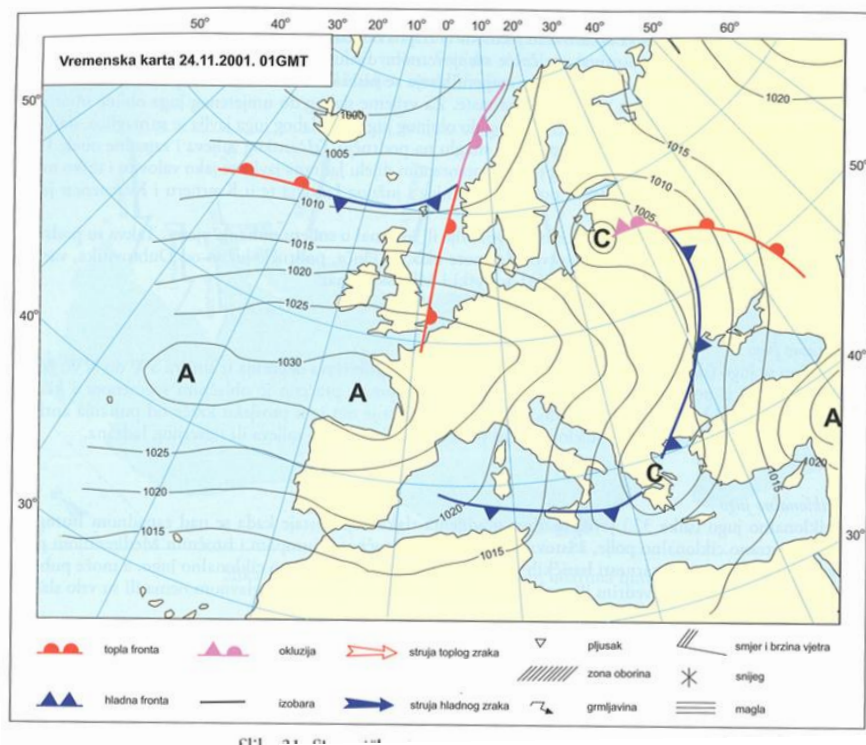
Oštro je vjetar koji puše iz smjera S, a najčešće se javlja na području otvorenog dijela Jadrana, dok lebić ili garbin puše najčešće iz smjera SW. Olujni SW vjetar može se javiti prolaskom nevere preko dijela Jadrana te traje vrlo kratko i to uglavnom ljeti, a takav vjetar naziva se lebićada odnosno garbinada. Pulenat, s druge strane, puše iz W smjera te može uzrokovati jače valovito more, dok je maestral vjetar koji je vrlo tipičan za ljetno razdoblje. Obično počinje puhati između 9 i 11 sati, a prestaje u kasnijim popodnevnim satima. [2]

Tramontana je vjetar koji puše iz smjera NW do N, a uglavnom se javlja zbog gradijenta tlaka pri prolazu ciklonalnih poremećaja sjeverno i sjeveroistočno od Jadrana te se često javlja pri vedrom vremenu. Levnat je vjetar koji uglavnom puše iz E smjera te se javlja kao kombinacija utjecaja bure i juga, dok ranije spomenuti burin odnosno kopnenjak te zmorac nastaju u ljetnom razdoblju

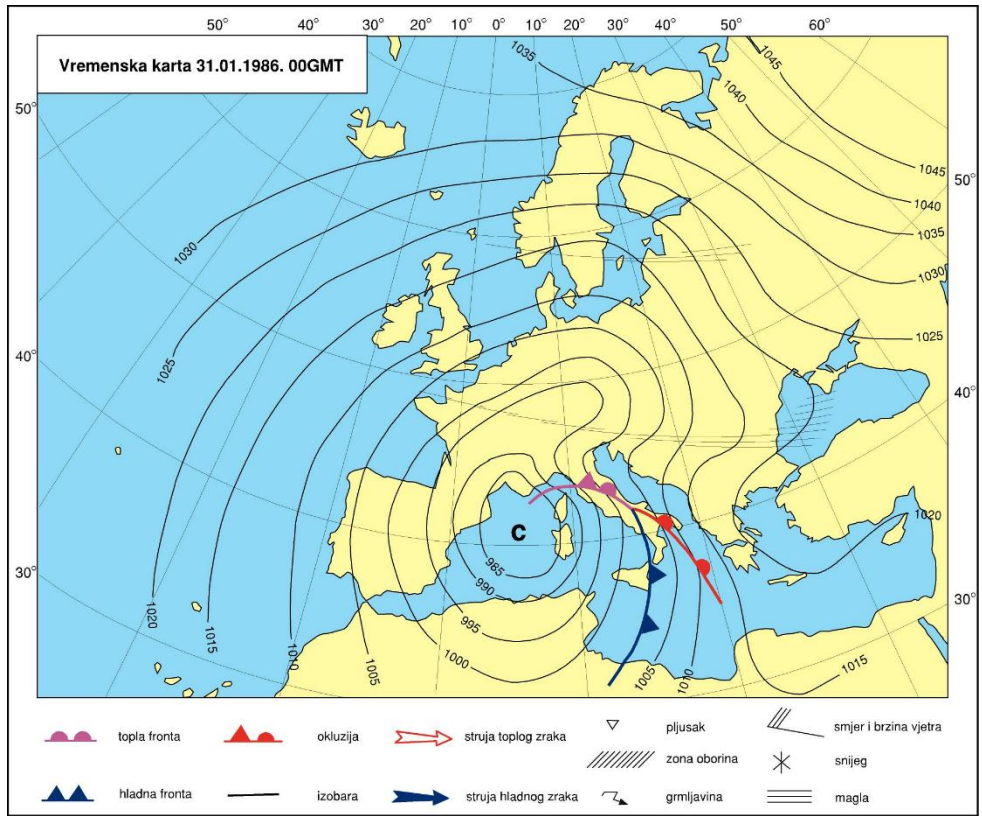
kao posljedica različitog zagrijavanja kopna i mora. Danju puše zmorac, a noću od kopna prema moru burin ili kopnenjak. [2]



Slika 16. Područja s olujnim i orkanskim udarima bure[2]



Slika 17. Sinoptička situacija – anticiklonalna bura[2]



**Slika 18. Sinoptička situacija sa ciklonalnim jugom kada je izmjereno val od 10.8 m [2]**

## 5. ZAKLJUČAK

U ovom završnom radu prikazani su meteorološki i oceanografski podaci od vrlo velikog značaja za sigurnost plovidbe na Jadranskom moru, a koji su iscrpno i detaljno opisani u petom izdanju Peljara I, Hrvatskog hidrografskog instituta. Kako bi se podaci što kvalitetnije iznijeli i opisali, u radu su također detaljno definirane meteorologija i oceanografija kao znanstvene discipline te je navedena njihova podjela na grane, s posebnim osvrtom na one vezane za plovidbu i pomorstvo.

Izneseni i opisani meteorološki i oceanografski podaci vezani su za geografsko područje Jadranskog mora, kako bi se njima omogućila što sigurnija plovidba na istom području. Od oceanografskih podataka prikazane su značajke morskog dna, morske mijene, olujni uspori i ščige, površinska temperatura, slanost i gustoća mora, površinske morske struje i površinski valovi uzrokovani vjetrom. Detaljno su obrađeni meteorološki podaci o klimi, temperaturi zraka, naoblaci, relativnoj vlažnosti, oborinama, magli i vjetrovima na prostoru Jadranskog mora.

Zaključeno je da su na Jadranu s gledišta pomorstva najvažnija pojave olujnog i orkansog vjetra koje uzrokuju visoke valove. Tri su najznačajnija dominantna tipa vjetra: bura, jugo i maestral. Bura je raširenija na sjevernom Jadranu, a jugo i maestral na srednjem i južnom Jadranu. Maksimalni udar bure od 248 km/h izmjeren je na Masliničkom mostu, a od juga 205 km/h na Palagruži. Vrlo važan vjetar je i lebić (garbin) koji puše iz jugozapadnog smjera, a karakterističan je kao vrlo rijedak vjetar koji naglo zapuše olujnom snagom i u kratkom vremenu podiže visoke valove i do 6 m. Druga važna oceanološka pojava su valovi uzrokovani vjetrom. Najviši val uzrokovan jugom bio je visok 10.87 m, a izmjeren kod otočića Sv. Andrija kod Dubrovnika. Ostale meteorološke-oceanografske pojave ne predstavljaju ozbiljan problem za vrijeme plovidbe, osim rijetke pojave ščiga (meteotsunami) koje mogu uzrokovati probleme brodovima u uvalama u kojima se pojavljuju, a to su: Vela Luka, Stari Grad, Ist i Mali Lošinj.



## LITERATURA

- [1] *Online enciklopedija, Leksikografski zavod Miroslav Krleža*, 19. kolovoz 2019., <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=28478>
- [2] *Peljar I. – Jadransko more, istočna obala*, Hrvatski hidrografski institut, Split 2012.
- [3] *Pomorska enciklopedija*, Jugoslavenski leksikografski zavod, Zagreb, izdanje: 1972. – 1989.
- [4] Simović, A.: *Meteorologija*, Zagreb 1970.
- [5] Gelo, B.: *Opća i pomorska meteorologija*, Sveučilište u Zadru, Zadar, 2010.
- [6] *Vrijeme i klima hrvatskog Jadrana*, <http://jadrان.gfz.hr/>
- [7] Cornish, M.; Ives, E.: *Reeds Maritime meteorology*, Fourth Edition, Bloomsbury Publishing Plc., 2019.
- [8] Leder, N.: *Predavanja iz Pomorske meteorologije i oceanologije*, 2020.
- [9] *Tablice morskih mijena*, Hrvatski hidrografski institut, 2016.

## POPIS SLIKA

Slika 1. Batimetrijska karta Jadrana Hrvatskog hidrografskog instituta s ucrtanom granicom Jadranskog mora.....	6
Slika 2. Širenje glavne plimne komponente ( $M_2$ ) gore i dnevnih komponenti $K_1$ i $P_1$ (dolje) prema Polli 1960).....	9
Slika 3. Srednja amplituda i srednja ekstremna amplituda (za vrijeme sizigija).....	10
Slika 4. Poplava u Starom Gradu 2010. godine, uzrokovana plimnim oscilacijama i olujnim usporima.....	11
Slika 5. Seš cijelog Jadrana iz prosinca 1997.godine, perioda oko 21.5 sati.....	11
Slika 6. Meteotsunami u Vela Luci 21.06.1976.....	12
Slika 7. Tablice Morskih mijena u izdanju Hrvatskog hidrografskog instituta.....	13
Slika 8. Površinske morske struje ljeti i zimi (prema Zore- Armanda 1967.).....	16
Slika 9. Relativne čestine valnih visina (H) po sezonama, za pojedina mjesta u sjevernom Jadranu.....	18
Slika 10. Valovi u Gradskoj luci Split uzrokovani lebićem 20.11.1999. godine.....	19
Slika 11. Godišnji hod temperature zraka, za pojedina mjesta u sjevernom Jadranu.....	22
Slika 12. Godišnji hod temperature zraka, za pojedina mjesta u srednjem i južnom Jadranu.....	23
Slika 13. Satelitski snimak guste magle u području sjevernog Jadrana.....	25
Slika 14. Srednji sezonski broj dana s pojavom magle na istočnoj obali Jadrana ( Prema Tešić i Brozinčavić, 1974.).....	26
Slika 15. Ruža vjetrova na Jadranu.....	27
Slika 16. Područja s olujnim i orkanskim udarima bure.....	29
Slika 17. Sinoptička situacija –anticiklonalna bura.....	29

Slika 18. Sinoptička situacija sa ciklonalnim jugom kada je izmjeren val od 10.8 m.....30