

UTJECAJ VJETRA NA ORGANIZACIJU JEDRENJAČKE PLOVIDBE NA HRVATSKOM DIJELU JADRANA

WIND INFLUENCE ON SAILING SHIP NAVIGATION ACROSS CROATIAN PART OF ADRIATIC SEA

TOME MARELIĆ

Sveučilište u Zadru, Odjel za geografiju, Franje Tuđmana 24 i , 23 000 Zadar /
University of Zadar, Department of Geography
e-mail: tmarelic@unizd.hr

UDK: 551.556:<656.61:629.53>(497.5)(210.5)=163.42=111

Primljeno / *Received*: 2016-3-12

Izvorni znanstveni rad
Original scientific paper

U radu se analiziraju obilježja glavnih vjetrova na hrvatskom dijelu Jadrana i njihov učinak na organizaciju jedrenjačke plovidbe od prapovijesti do sredine 19. stoljeća. Područje proučavanja podijeljeno je na sjeverni, srednji i južni Jadran, a obilježja triju prevladavajućih vjetrova – bure, juga i maestrala – promatrana su kroz četiri klimatološka godišnja doba i godišnji prosjek za osamnaest glavnih meteoroloških i klimatoloških postaja. Dobiveni podatci dovedeni su u vezu s arheološkim nalazima s istočne obale Jadrana te historiografskim zapisima koji svjedoče o jedrenjačkoj plovidbi tim prostorom. Korištene historiografske zapise čine putopisna svjedočenja i neki od prvih peljara pisanih kao pomoć pri navigaciji istočnim Jadranom. Cilj rada je utvrđivanje korelacije između rekonstruiranih plovidbenih ruta iz razdoblja kada su informacije o prostoru i prostornim pojavama i procesima, u ovom slučaju vjetru, prikupljane opažanjem i suvremenih izmjerenih podataka. Nastojalo se utvrditi na koji je način na organizaciju plovidbe uvjetovanu vjetrom utjecao napredak tehnologije u obliku poboljšanja konstrukcijske izvedbe plovila i navigacijske opreme.

Ključne riječi: bura, jugo, maestral, Jadransko more, jedrenjačka plovidba

The paper is about characteristics analysis of major winds across the Croatian part of the Adriatic Sea and their impact on organization of sailing ship navigation from prehistory until mid nineteenth century. Research area was divided into northern, middle and southern part of eastern Adriatic, and parameters for three prevailing winds – bora, jugo and mistral, were observed over four climatological seasons and also over annual average values on 18 main meteorological and climatological weather monitoring stations. Information generated from such data was intertwined with archaeological findings from the eastern Adriatic coast and historical writings that witness sailing across the area. Historical writings that were used consist of itineraries and some of the earliest nautical pilots written as a navigational aid for the area of the eastern Adriatic. The prime goal was to determine if there is a correlation between reconstructed sailing routes that existed in times when information about landscape and surrounding occurrences and processes (wind in this case) was collected by observation and contemporary measured data. It was also important to determine if navigation was affected by advances in nautical technology, particularly ship hull and sail construction, and navigation equipment.

Key words: bora, jugo, mistral, Adriatic Sea, sailing ship navigation

Uvod

Od prapovijesti do danas, u razdoblju u kojem postoji kontinuirana valorizacija Jadranskog mora i pripadajuće obale, plovidba se najveći dio vremena odvijala uz pomoć plovila pogonjenih jedrima i veslima. Vjetar, kao glavni porivni energent plovila prije izuma parnog stroja, a potom i motora s

Introduction

Since prehistory, in the period of continuous valorisation of the Adriatic Sea and its coast, navigation was predominantly performed using ships powered by sails and oars. Wind, as a major ship driving force prior to invention of steam engines, and later, internal combustion

unutrašnjim izgaranjem, ne puše uvijek u skladu s potrebama plovidbe. Katkad se te razlike očituju u suprotnosti smjera vjetra s obzirom na željeni smjer plovidbe, no svakako najnepovoljnije situacije nastaju kod razvijanja vjetra olujne snage. Takav vjetar ne samo što može oštetiti i uništiti jarbole i jedra, već je zbog valova koje pritom generira u mogućnosti prevrnuti i potopiti brod ili ga nanijeti na plićak ili obalu pri čemu dolazi do brodoloma s ljudskim žrtvama i materijalnim štetama. Zasigurno je to uzrok mnogim havarijama o kojima postoje mnoga svjedočanstva u vidu hidroarheoloških nalaza (BRUSIĆ, 1970.; GLUŠČEVIĆ, 1994.). Također, starovjekovna i srednjovjekovna plovila bila su znatno manjih dimenzija s obzirom na plovila kakva se u gospodarske svrhe koriste danas, te su im, zbog izrazite ovisnosti o vjetru, manevarske sposobnosti bile sužene. Logično je za pretpostaviti kako je tadašnju plovidbu bilo potrebno organizirati u skladu s vremenskim uvjetima i konfiguracijom obale, odnosno pomno odabrati vrijeme plovidbe i plovidbene rute kako bi se izbjegli potencijalno opasni scenariji, naročito na otvorenome moru.

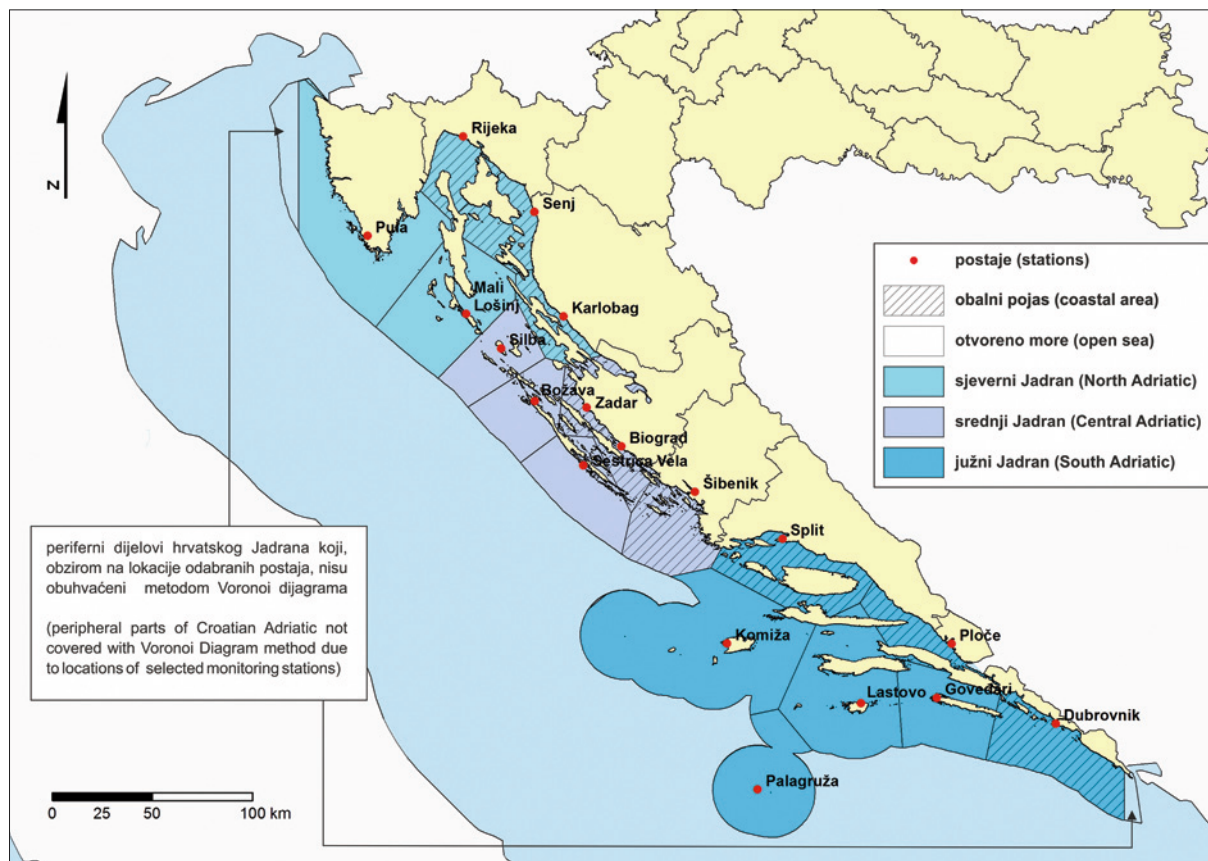
Vrijednih povijesnih zapisa o vjetru i organizaciji plovidbe Jadranom, odnosno njegovim istočnim dijelom, srećom, ne nedostaje, no s obzirom na vrijeme u kojem su nastali, potrebno je imati na umu da su podatci u tim zapisa u pravilu prikupljeni opažanjima, a ne sustavnim mjerenjima. Također, sve do kraja srednjega vijeka, a naročito sredine novoga vijeka, ovaj prostor nije bio dovoljno precizno iskartiran, odnosno bio je percipiran pretežito iskustveno, iz točke motrišta pomoraca koji se (u tom trenutku) nalaze na brodu. Kako bi ih se moglo podrobnije razumjeti, informacije koje ti zapisi nude potrebno je preslikati u egzaktne vrijednosti na način da ih se uspoređi s izmjerenim podatcima o vjetru na hrvatskom dijelu Jadrana.¹ Temeljna pretpostavka od koje se pritom kreće jest da se vremenski uvjeti u posljednja dva tisućljeća nisu značajnije promijenili u kontekstu puhanja vjetra, odnosno da su prostorno-vremenska pojava i intenzitet vjetrova približno jednaki današnjim vrijednostima. U svrhu istraživanja prikupljeni su podatci s osamnaest mjernih (glavnih meteoroloških i klimatoloških) postaja odabranih po kriteriju da svojim rasporedom pokrivaju što

engines, is not always favourable for sailing. Those differences sometimes manifest as upwind, but the most undesirable situations occur during stormy winds. Such wind can not only fracture ships masts and rip sails apart, but the waves it generates can roll over and sink the ship, or push it to the shallow waters and the coast, which can result in human casualties and material losses. It is certainly the cause of numerous shipwrecks later discovered as hydro-archaeological findings (BRUSIĆ, 1970; GLUŠČEVIĆ, 1994). Moreover, antique and medieval vessels were smaller in size, compared to merchant ships of today, and because of their immense dependence on wind, their maneuvering abilities were limited. Therefore it is logical to presume that such form of navigation needed to be organized in relation to weather conditions and coast configuration. In other words, a careful selection of appropriate navigation time schedules and routes in order to avoid potentially dangerous scenarios, particularly in the open sea, had to be performed.

Fortunately, valuable historical writings about wind and sailing across the Adriatic Sea, especially across its eastern part, do exist, but according to times of their origin, it is necessary to keep in mind that data they contain is gathered by observation, and not by systematic measurements. In addition, until medieval times, and especially until mid Modern Ages, this area was not charted properly – it was perceived from “the eye of beholder” of mariners who were sailing across it. To understand this further, information contained in those writings needed to be compared with measured data.¹ The prime hypothesis here is that weather conditions in last two millennia have not been significantly changed in terms of wind flows. That is, their spatial and temporal occurrences and intensity are for most part similar, if not equal, to today’s values. To prove such ideas, wind data for 18 wind monitoring stations (main meteorological and climatological stations) was collected. The main selection criteria was that their layout covers as much of the research area as possible, and that they are distributed as evenly as possible. For the purpose of this paper, the Croatian part of the Adriatic

¹ Rekonstrukcija prapovijesnih i antičkih plovidbenih ruta dobivena je na temelju literature koja se većinom oslanja na arheološke nalaze, dok su plovidbene rute koje su se koristile tijekom srednjeg i novog vijeka rekonstruirane temeljem literature koja se oslanja na pisane izvore o plovidbi (putopisna svjedočenja, peljari).

¹ Reconstruction of prehistoric and antique sailing routes was performed on the basis of literature that is primarily based upon archaeological findings; while medieval and modern age routes were reconstructed by studying literature that relies on the written sources that describe navigation (itineraries, nautical pilots).



Slika 1. Podjela hrvatskog dijela Jadrana za potrebe analize vjetrova po klimatološkim godišnjim dobima
 Figure 1 Regionalization of the Croatian Adriatic Sea for the purpose of wind analysis over different climatological seasons and annual values

veći dio proučavanoga područja te da su unutar njega što ravnomjernije razmještene. Pritom je u svrhu istraživanja hrvatski dio Jadrana podijeljen na tri dijela – sjeverni, srednji i južni (Sl. 1.). Podatci s mjernih postaja dobiveni su od *Državnoga hidrometeorološkog zavoda (DHMZ)*, a odnose se na tridesetogodišnje klimatološko razdoblje od 1981. do 2011. Dobiveni podatci kategorizirani su i klasificirani na sljedeći način: za svaku od postaja vjetar je mjereno u rasponu šesnaest smjerova, a razmatrani parametri za pojedini smjer vjetra su čestina puhanja (kroz dvanaest razreda Beaufortove ljestvice te udio tišine), srednja brzina puhanja te maksimalna brzina puhanja kao sastavnica koja upućuje na pojavu olujnog vjetra i valova. Također, spomenuti parametri mjereni su za godišnji prosjek, ali i za svako pojedino klimatološko doba² kako bi

² Klimatološka godišnja doba su: klimatološka zima (1. prosinca – 28./29. veljače), klimatološko proljeće (1. ožujka – 30. svibnja), klimatološko ljeto (1. lipnja – 31. kolovoza) i klimatološka jesen (1. rujna – 30. studenog) (CVITANOVIĆ, 2002.).

was divided into three parts: northern, central and southern (Fig. 1). The collected wind data was provided by *Croatian Meteorological and Hydrological Service (DHMZ)* and corresponds to thirty-year climate cycle from 1981 to 2011. The data was categorized and classified in the following order: for each station, the wind flow was monitored across the range of 16 directions, and wind flow parameters considered were its frequencies (measured across 12 grades of Beaufort scale and frequency of silence), average velocities and maximum velocities as a component which suggests a possibility of stormy winds and high waves. Those parameters were also measured to get annual average values, and also during the four climatological seasons² to determine seasonal differences in wind directions

² Climatological seasons are: climatological winter (December 1 – February 28/29), climatological spring (March 1 – May 30), climatological summer (June 1 – August 31) and climatological autumn (September 1 – November 30) (CVITANOVIĆ, 2002.).

se utvrdilo kakve su sezonske razlike u promjeni smjera i intenziteta puhanja vjetra. Budući da se mjerne postaje s obzirom na područje istraživanja mogu kartografski promatrati kao točkasti objekti, svakoj od njih aproksimativno je pridružena zona utjecaja metodom *Voronoi dijagrama* (u geografiji poznatijih pod nazivom *Thiessenovi poligoni*) – dijelovi Jadrana za koje se smatra da vjetar unutar njih izravno utječe na rezultate mjerenja za (svaku pojedinu) postaju (Sl. 1.) (URL 1). Pritom se smatra da je svaka od postaja izgrađena na za to povoljnom mjestu, odnosno da ni s jedne strane ne postoji zaklon koji sprječava ili ometa strujanje vjetra prema postaji. Informacije o parametrima vjetra dobivene analizom spomenutih podataka uspoređene su sa zapisima o organizaciji jedrenjačke plovidbe kako bi se uvidjelo koliko povijesni zapisi odstupaju od stvarnog (odnosno pretpostavljenog) stanja te je li se, kronološki promatrano, preciznost opisa vjetra i organizacije plovidbe poboljšavala. Kao kartografska osnova za izradu tematskih karata poslužili su podatci Državne geodetske uprave (*Digitalni atlas Republike Hrvatske – DARH*) te SRTM 90 m digitalni model reljefa (*DMR*), a karte su prikazane u referentnom sustavu HTRS96/TM. Svi grafički prilozi su autorski rad, izrađeni ili na temelju podataka iz literature i dobivenih od DHMZ-a (tematske karte – Sl. 1.- 4. i Sl. 7.) ili skiciranjem interpretiranog teksta pojedinih odlomaka iz literature u svrhu lakšeg razumijevanja (shematski prikazi odnosa vjetra i kursa kod brodova s kvadratnim jedrima – Sl. 5. i 6.).

Istraživanja o korelacijama između vremenskih prilika i plovidbe Jadranom do sada su provodili povjesničari, arheolozi i klimatolozi – pretežito u obliku članaka (BRUSIĆ, 1970.; GLUŠČEVIĆ, 1994.; BILIĆ, 2012.), ali i u doktorskim disertacijama (ŠEŠELJ, 2009.). Neosporno, najveći obolj toj tematici dao je Mithad Kozličić sa suradnicima (J. Faričić, S. Uglešić), čiji se opus sastoji od brojnih iznimno kvalitetnih djela vezanih uz povijest, kartografiju i povijest plovidbe (1990.; 1995.; 1997.; 2006.). Ono što Kozličićevim djelima donekle nedostaje, a bilo je potrebno istražiti, je ponešto preciznija analitika vjetra na Jadranu, koja je u osnovnim crtama zastupljena u literaturi iz klimatologije i meteorologije (ŠEGOTA, FILIPČIĆ, 1996.; PENZAR I DR., 2001.; VUČETIĆ, VUČETIĆ, 2002.; GELO, 2010.). U preglednim klimatskim djelima vjetar je često prikazan deskriptivno, tek s najosnovnijim numeričkim podacima. M. i V. Vučetić pritom temelje svoj rad na vjetrovima i stanjima mora važnima za suvremenu jedriličarsku plovidbu, dok u djelu B. Gele postoje korisna

and intensities. Since the weather stations, when compared to the size of study area, can be cartographically observed as point symbols, each of them was assigned given its buffer impact zone approximately via method of *Voronoi Diagrams* (in geography better known as *Thiessen Polygons*) – parts of the Adriatic which are considered to have a direct impact on the measuring results for each station (Fig. 1) (URL 1). It was also considered that each station was built on the appropriate location and that there are no obstacles that interfere with wind flow towards stations. Information gathered by analysing those data was then compared to historical writings about sailing to determine the scale of deviation from real i.e. estimated situation and if there were any advances in the description of wind flow and navigation over the years. As a cartographic basis for thematic maps presented here, the data of *State Geodetic Directorate (DGU) (Digitalni atlas Republike Hrvatske – DARH)* was used together with SRTM 90 m digital elevation model (*DMR*). The maps are projected in HTRS96/TM reference system. All figures are author's work, created upon literature data and data received from DHMZ (thematic maps – Fig. 1- 4, Fig. 7) or by sketching interpreted text information contained in several different paragraphs in literature, made for reader's easier understanding of paragraphs in this paper (schemes showing current course and wind relations for square-rigged ships – Fig. 5 and 6).

Research on correlations between weather conditions and sailing across the Adriatic was carried out by historians, archaeologists and climatologists – mostly in form of articles (BRUSIĆ 1970; GLUŠČEVIĆ 1994; BILIĆ, 2012), but also in form of doctoral dissertations (ŠEŠELJ, 2009). Undoubtedly, the biggest contribution was made by Mithad Kozličić and his associates (J. Faričić, S. Uglešić), whose bibliography consists of numerous valuable works related to history, cartography and history of navigation (1990; 1995; 1997; 2006). One thing that Kozličić's works somewhat lack is a more precise wind analysis for area of the Adriatic, which is, although in basic terms, described in climatological and meteorological literature (ŠEGOTA, FILIPČIĆ, 1996; PENZAR ET AL., 2001; VUČETIĆ, VUČETIĆ, 2002; GELO, 2010). The wind in those works about climatology is predominantly presented via description method. M. and V. Vučetić focus their work on the description of winds and sea conditions important for modern nautical sailing, while in

poglavlja o analizi prizemne cirkulacije vjetra. Također, postoje radovi, mahom stranih autora, koji se pretežito bave računalnim modeliranjem stanja vjetra i vjetrom generiranih valova na Jadranu, nerijetko temeljenih na studiji slučaja (HEIMANN, 2001.; BERTOTTI, CAVALERI, 2009.; KATALINIĆ I DR., 2015.). U radovima u kojima je preciznije analizirano djelovanje vjetra za područje proučavanja najčešće imaju prostore lokalnih razmjera, ili kraća razdoblja. Jedno od djela koje vrlo izravno dovodi u vezu vjetar i njegov utjecaj na plovidbu na jedra je rad *Smjer vjetra – jedan od problema u antičkoj plovidbi Jadranom* (BILIĆ, 2012.), temeljeno na članku *Problemi plovidbe Jadranom u prethistoriji i antici* Z. Brusića (1970.), koje iako nudi određeno rješenje za problem isplavljanja iz Jadrana za vrijeme antike, ne rješava problematiku u potpunosti u kontekstu maritimnih sposobnosti plovila. Zbog toga je konzultirana literatura koja se bavi utjecajem uvođenja novih konstrukcijskih rješenja i tehnologija na plovila, poput kormila, kobilice i latinskog jedra u svrhu optimizacije plovidbe pokretane vjetrom (CHAMPBELL, 1995.; CASTRO I DR., 2008.).

Prevladavajući vjetrovi na hrvatskom dijelu Jadranskog mora

S obzirom na smještaj, površinu i oblik, Jadransko more spada u zatvorena mora, bez izravne i izražene povezanosti s nekim od oceana, naročito kada se uzme u obzir to da je Sredozemno more, na koje se Jadran nadovezuje s Atlantskim i Indijskim oceanom, povezano samo putem dva uska prolaza (Gibraltarski tjesnac i Sueski kanal) (RIĐANOVIĆ, 2002.; MAGAŠ, 2013.). Samim time na području Jadrana utjecaj primarnih (planetarnih) cirkulacija ne dolazi toliko do izražaja,³ već su vjetrovi koji se nad njim javljaju većinskim dijelom posljedica sekundarnih i tercijarnih cirkulacija zraka, uzrokovanih ponajprije termodinamičkim obilježjima zraka koji se u određenom trenutku nalazi nad

³ Utjecaj jednog segmenta planetarne cirkulacije zraka, tzv. etezije – strujanja zraka nad Mediteranom iz polja visokog tlaka zraka (tzv. *Azorskog maksimuma*) nad istočnim Atlantikom prema polju niskog tlaka zraka (tzv. *Karachi depresiji*) nad kopnom jugozapadne Azije, koja u ljetnim mjesecima, dijelom uzrokuje puhanje maestrala (PENZAR I DR., 2001.; LUKŠIĆ, 2004.; GELO, 2010.). Maestral zapravo nastaje superpozicijom etezije i zmorca (PANDŽIĆ I DR., 2005.).

the work of B. Gelo, there are valuable chapters about analysis of ground air circulation. There are also articles, mainly written by foreign authors, focused on computer modelling of wind and wind-generated waves across the Adriatic, often based on case studies (HEIMANN, 2001; BERTOTTI, CAVALERI, 2009; KATALINIĆ ET AL., 2015). The study area for the majority of articles that describe wind behaviour more precisely is mostly local. One of the articles that directly connect wind and its impact on sailing is *Smjer vjetra – jedan od problema u antičkoj plovidbi Jadranom* (BILIĆ, 2012), based upon article *Problemi plovidbe Jadranom u prethistoriji i antici*, written by Z. Brusić (1970), which does not solve problems of navigation issues completely, although it offers some solutions about how was sailing organized when sailing outwards (the Adriatic). In order to solve that issue more precisely, works that describe influences of introducing navigational technologies such as rudder, keel and lateen sail, with the aim to optimize navigation, were consulted (CHAMPBELL, 1995, CASTRO ET AL., 2008).

Prevailing winds across the Croatian part of the Adriatic Sea

According to its location, area and shape, the Adriatic Sea is considered an enclosed sea, without direct and strong connection to any of the oceans, particularly when considering that the Mediterranean Sea (whose part is the Adriatic Sea), is connected to the Atlantic and Indian Ocean via two narrow passages (Gibraltar Strait and Suez Canal) (RIĐANOVIĆ, 2002; MAGAŠ, 2013). Across the area of the Adriatic, the influence of global air circulation is not so strong³, and the winds are, for the most part, generated by secondary and tertiary air circulations, caused primarily by thermodynamic air characteristics – air masses and pressure systems (cyclones and anticyclones) that cause bora and jugo winds, and local temperature oscillations of sea and coastal land that cause sea-breeze and land-breeze winds (FILIPČIĆ, ŠEGOTA,

³ The influence of one segment of planetary air circulation, so called etesian – Mediterranean air circulation from high pressures (*Azori maximum*) over eastern Atlantic towards low pressures (*Karachi depression*) over southwestern Asian land that, during summer, partly causes mistral flows (PENZAR ET AL., 2001; LUKŠIĆ, 2004; GELO, 2010). Mistral is actually a superposition of etesian and sea-breezes (PANDŽIĆ ET AL., 2005).

tim prostorom – zračnim masama i baričkim sustavima (ciklone i anticiklone) kao glavnim uzročnicima juga i bure te lokalnim temperaturnim oscilacijama mora i obalnog kopna koje uzrokuju vjetrove zmorac i kopnenjak (FILIPČIĆ, ŠEGOTA, 1996.; VUČETIĆ, VUČETIĆ, 2002.). Na hrvatskom dijelu Jadrana pušu vjetrovi iz svih osam smjerova romanske vjetrovne, ⁴ no prevladavajući vjetrovi su jugo, bura i maestral. Pritom jugo⁵ i bura pušu najintenzivnije i u mogućnosti su generirati najviše valove, dok je maestral vjetar koji, u pravilu iz smjera NW, puše umjerenim intenzitetom u ljetnim mjesecima i nije u mogućnosti generirati valove opasne po plovidbu i plovila privezana u lukama.⁶ U česte vjetrove koji pušu nad hrvatskim dijelom Jadrana spadaju zmorac i kopnenjak kao dio lokalne, termički uvjetovane cirkulacije zraka, koji također ne poprimaju olujne razmjere (GELO, 2010.). U ostale vjetrove koji mogu poprimiti olujne razmjere⁷ spadaju istočnjak, tzv. levanat, a naročito jugozapadni vjetar, tzv. garbin. Garbin rijetko dostiže olujnu jačinu, u pravilu su to sinoptičke situacije kada se središte ciklone nalazi sjeverno, a greben Azorske anticiklone južno ili jugozapadno od Jadrana (*Peljar I., Jadransko more – istočna obala*, 1999.; BRZOVIĆ, 2001.).

Sjeverni Jadran, naročito Podvelebitski kanal i Kvarner, prostor su izrazite učestalosti puhanja bure (gotovo 400 % na području Senja i Karlobaga), prije svega u hladnijem dijelu godine, dok je duž zapadne obale Istre intenzitet bure nešto slabiji. Također, bura na ovome dijelu Jadrana postiže i najveće brzine koje se, promatrano kroz srednje vrijednosti, kreću u rasponu od 5 m/s⁸ na području Rijeke i ruba Kvarnera do gotovo 12 m/s u podvelebitskom prostoru. Najveću brzinu bura

1996; VUČETIĆ, VUČETIĆ, 2002). Across the Croatian part of the Adriatic, winds flow from every direction of roman (8-point) wind rose⁴, but prevailing winds are jugo, bora and mistral. Jugo⁵ and bora flow most intensively and are able to generate highest waves, while mistral is a wind that flows from NW direction with moderate intensity and is not able to generate threatening sea conditions.⁶ Sea and land breezes are also very occasional winds, and neither are able to generate high waves (GELO, 2010). Other winds that can cause threatening sea conditions (stormy winds⁷) are the eastern wind, so called *Levanat*, and the southwestern wind, so called *Garbin (Libbico)*. Garbin usually does not develop stormy velocities, except in cases when the eye of the cyclone is located northward and the ridge of Azores high pressure is located southward or southeastward of the Adriatic (*Peljar I., Jadransko more – istočna obala*, 1999; BRZOVIĆ, 2001).

Northern Adriatic, mostly Velebit Channel and Kvarner archipelago, are the areas of immense frequencies of bora wind (almost 400 % around Senj and Karlobag), mostly during the cold part of the year, while along the western coast of Istria those values are significantly lower. Bora also reaches its highest average velocities across this part of the Adriatic, range between 5 m/s⁸ across the area of Rijeka and Kvarner archipelago edge and almost 12 m/s in the coastal area at the foot of Velebit. Highest maximum velocities of bora were recorded around Senj (over 32 m/s). The direction of bora flow is in close relation to the surrounding coastal relief longitudinal axis (Fig. 2). For example, bora across the western Istrian coast

⁴ Za izradu ovoga rada u svrhu veće preciznosti za određivanje smjera vjetra korištena je germanska vjetrovna sa šesnaest smjerova.

⁵ Često se u literaturi, a i u žargonu, kao sinonim za jugo koristi naziv *široko*, *šilok* (tal. *sirocco*), no prema B. Ivančan-Picek i dr. (2008.), jugo i sirocco nisu isti vjetar. Jugo nastaje kao posljedica ciklona koje se generiraju nad sjevernim Sredozemljem (podalpski prostor), dok sirocco nastaje zbog ciklona generiranih nad južnim Sredozemljem i sjevernom saharском Afrikom te sa sobom donosi izmaglicu i saharški pijesak (koji jugo ne sadrži) te katkad puše sve do kontinentalnih dijelova Hrvatske. Upravo su izmaglica i tragovi pijeska u zraku („blatne kiše“) ono što čini razliku između juga i sirocca (IVANČAN-PICEK I DR., 2008.).

⁶ Prosječne brzine maestrala iznose 2 – 4 m/s, a maksimalne rijetko prelaze 15 m/s (usporedba podataka iz kontingencijskih tablica DHMZ-a).

⁷ Olujnim se vjetrom smatra vjetar čija je brzina veća ili jednaka 17,2 m/s.

⁸ 1 m/s = 1,994 čv (približno 2 čv) = 3,6 km/h

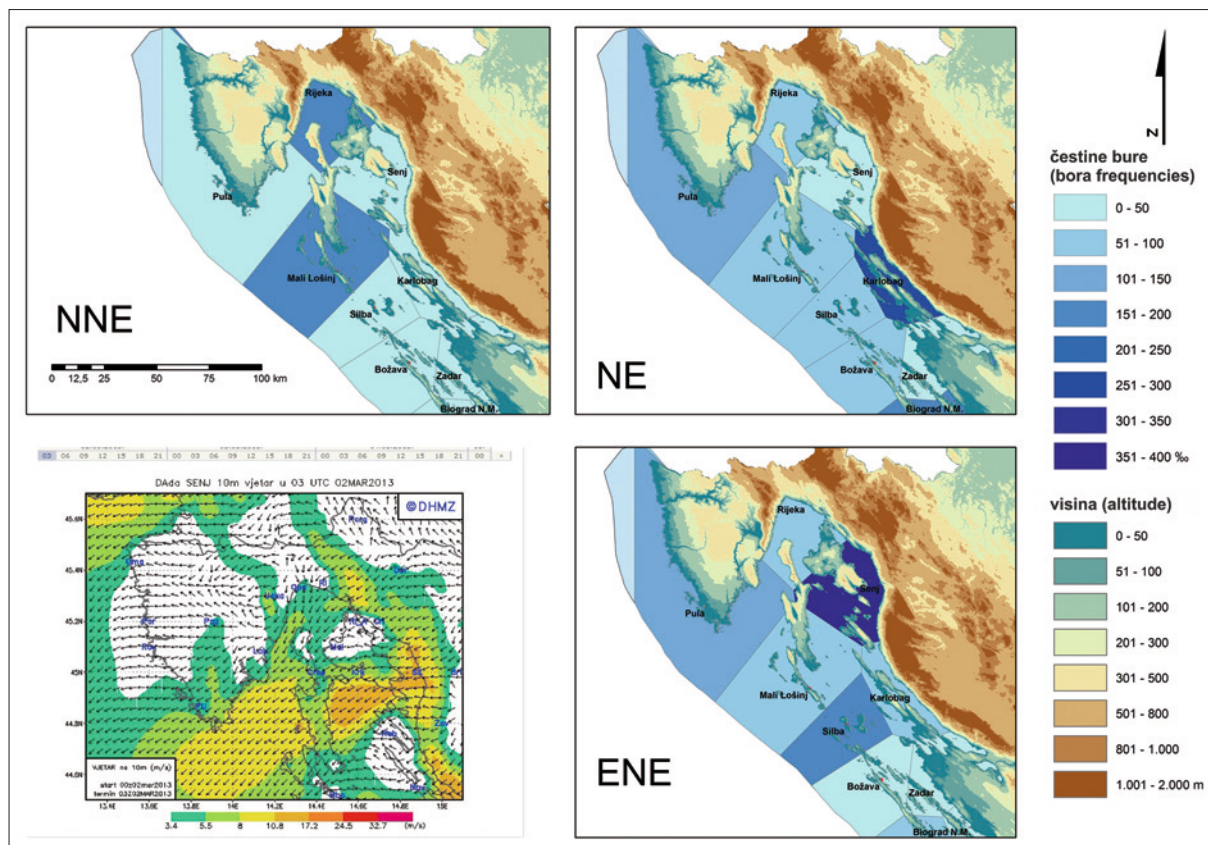
⁴ For purposes of this paper, in order to achieve higher precision, German 16-point wind rose was used.

⁵ In literature and also in everyday speech, terms *široko*, *šilok* (*sirocco*) are often used as synonyms for jugo, but, according to B. Ivančan-Picek et al. (2008), jugo and sirocco are not the same wind. Jugo occurs as a consequence of cyclones generated over north Mediterranean (sub-Alpine area), while sirocco occurs due to cyclones generated over south Mediterranean and north Sahara, brings fogs, contains Sahara sand (which is not contained in jugo events) and sometimes flows even to continental parts of Croatia. According to B. Ivančan-Picek et al. (2008), fogs and traces of sand in air (muddy rains) make the difference between jugo and sirocco.

⁶ Average mistral velocities are 2-4 m/s while maximum velocities rarely exceed 15 m/s (source: DHMZ tabular data).

⁷ Stormy wind is one with velocities of 17.2 m/s or higher.

⁸ 1 m/s = 1,994 knots (approximately 2 knots) = 3,6 km/h



Slika 2. Usporedba razlika u smjeru puhanja bure na sjevernom Jadranu za vrijeme klimatološke zime s numeričkim modelom prognoze vremena ALADIN snimljenog 2. ožujka 2013.

Izvor: DARH, DHMZ, DMR

Figure 2 Comparison of various bora flow directions across North Adriatic during climatological winter with ALADIN forecast model taken on March 2nd 2013

Sources: DARH, DHMZ, DMR

dostiže u podvelebitskom prostoru, pri čemu na području Senja maksimalne brzine zimi redovito dostižu i više od 32 m/s. Smjer puhanja bure u izrazitoj je ovisnosti o pravcu pružanja reljefa u zaobalju (Sl. 2.). Tako, na primjer, na sjevernom Jadranu na zapadnoj obali Istre bura puše iz smjera NE, a na području Riječkog zaljeva i dalje na jug prema Lošinj iz smjerova N i NNE. U Podvelebitskom kanalu, u skladu sa zakretanjem pružanja obalne crte i morfologijom pripadajućega gorja, na području Senja smjer bure je ENE,⁹ a južno od Senja, u blizini Karlobaga bura puše iz smjerova NNE i NE. Jugo je na području sjevernog Jadrana slabije zastupljeno od bure, naročito u podvelebitskom prostoru, gdje brojni otoci, prije svega Pag i Rab, prekidaju privjetrište s pučinskog dijela Jadrana. Dio sjevernog Jadrana koji je najviše

flows from NE direction, while across the area of Rijeka Bay, and further southwards towards Lošinj, N and NNE directions are predominant. In the coastal area at the foot of Velebit, in accordance with curvature of coast line and morphology of neighbouring mountain range, bora flows from ENE⁹ direction across the area of Senj, while southwards, across the area of Karlobag, the flow direction of bora is NNE and NE. Jugo is a less frequent wind across the North Adriatic, particularly in the area at the foot of Velebit, where numerous islands like Pag and Rab block the fetch from southern open sea. Part of the North Adria which is exposed most to jugo events is the southern open sea stretch of Kvarner archipelago, with its S flow direction, and the southern and western part of

⁹ Zbog prijevoja Vratnik koji se nalazi istočno-sjeveroistočno u odnosu na Senj.

⁹ Because of Vratnik Saddle, located east-northeastern from Senj.

izložen utjecaju juga su južni rubni dio Kvarnera, gdje jugo puše iz smjera S te južni i zapadni dio istarske obale do kojeg jugo u pravilu pristiže iz smjera SE (premda postoje rijetki prodori vjetera iz smjera S, što je vidljivo iz niskih vrijednosti čestine od oko 9 % i prosječne vrijednosti maksimalne brzine od 18,5 m/s). Ovaj dio Istre podložan je puhanju maestrala te jugozapadnog vjetera pri čemu oba čestinu i srednju brzinu razvijaju u ljetnim mjesecima, dok su maksimalne brzine jugozapadnog vjetera navise prisutne u zimskom razdoblju (47 % i 22,7 m/s).

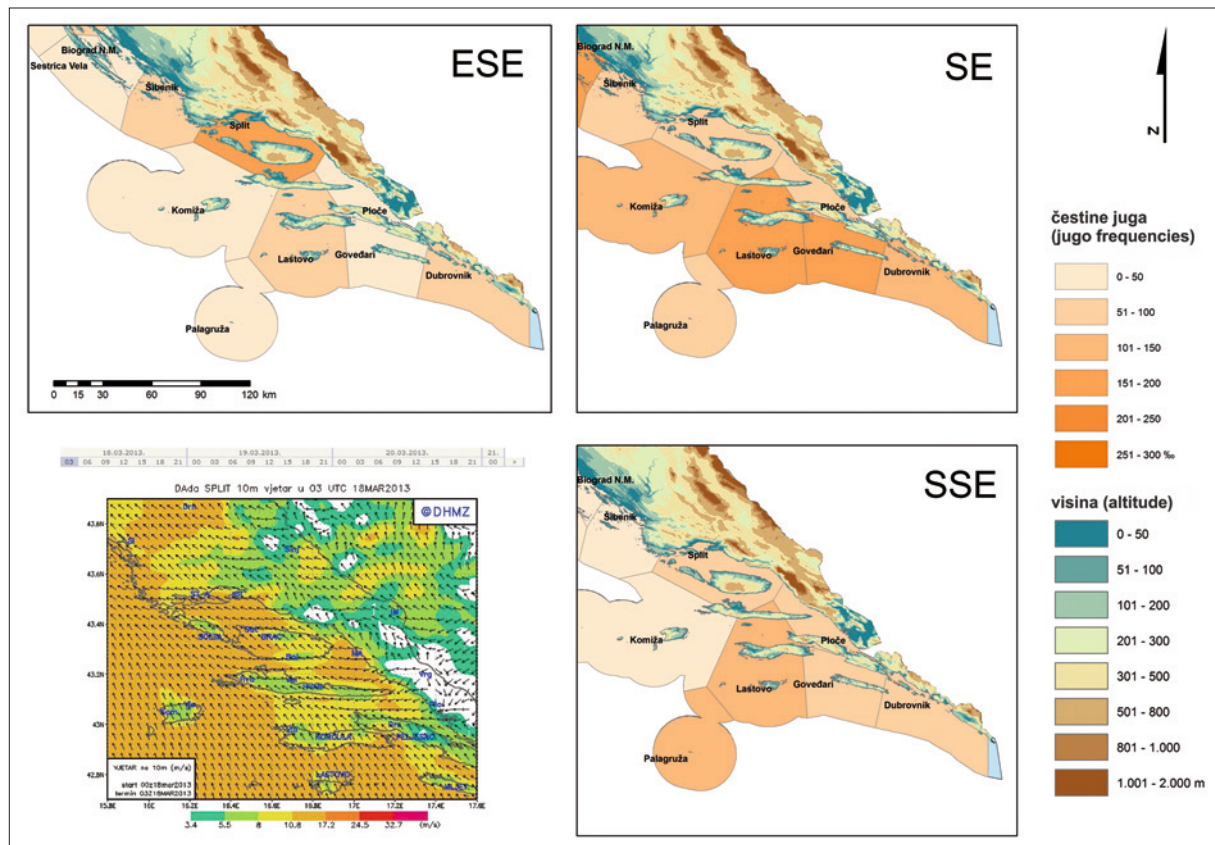
Na prostoru srednjeg Jadrana morfologija obalnog reljefa uvelike se razlikuje naspram njegova sjevernog dijela. Osim što je duž čitavog prostora pravac pružanja reljefnih struktura neporemećen (čitav reljef pruža se po pravcu sjeverozapad-jugoistok), reljef zaobalja (Ravni kotari i Bukovica) je zaravnjeniji, odnosno ne postoji izraziti sraz planinskog reljefa i obale. Izmjereni parametri vjetera također su u skladu s morfologijom, odnosno bura na ovome prostoru puše sa znatno slabijim intenzitetom nego na sjevernom Jadranu, s čestinama pretežito ispod 200 % te srednjim brzinama od oko 4 m/s. Također, NE smjer puhanja bure ujednačen je na čitavom srednjem Jadranu s izuzetkom krajnjega sjeverozapadnog dijela zadarskog arhipelaga (Silbanska skupina otoka) (FARIČIĆ, 2012.) gdje zbog izrazitijeg utjecaja Velebita postoji odmak prema smjeru ENE. Jugo na ovom prostoru puše u pravilu iz smjera SE, premda bliže otvorenom moru postoje rijetki slučajevi puhanja vjetera iz smjera S (do 80 %), no brzine koje pritom razvija, i prosječne i maksimalne, ponešto su veće nego prilikom puhanja juga iz smjera SE. Srednji Jadran prostor je najintenzivnijeg i najujednačenijeg puhanja maestrala (smjer puhanja NW) (Sl. 7.) na čitavom hrvatskom dijelu Jadrana s najvećom učestalošću duž Zadarskog kanala i Pašmanskog kanala, dok su brzine puhanja maestrala najveće na njegovu sjeverozapadnom dijelu koji je više podložan utjecaju otvorenoga mora.

Južni Jadran dio je Republike Hrvatske u kojem teritorijalno more zauzima najveći udio u ukupnoj površini, ponajprije zbog otvorenoga mora oko otoka Visa i Lastova s pripadajućim otočićima te pučinskim manjim otocima poput Jabuke, Sveca i Palagruže. Prostor južnog Jadrana, naročito njegov pučinski dio, najvjetrovitiji je dio Jadrana (na postaji Lastovo izmjeni udio tišine iznosi 10,8 %, na postaji Komiža 9 %, a na postaji Palagruža tek 7,7 %) i to ponajviše zbog puhanja juga tijekom zime i proljeća te puhanja

Istrian coast with SE flow direction (although there are rare occasions of strong breaches from S direction, with frequencies of only 9 % and maximum velocities of 18.5 m/s). This part of Istria is also affected by mistral and the southwestern flows – both winds develop their frequencies and velocities during summer, while maximum velocities of the southwestern wind are present during winter (47 % and 22.7 m/s).

The morphology of coastal relief across the area of Central Adria differs greatly when compared to its northern part. Besides having uninterrupted relief extension axis (the whole relief stretches alongside northwest-southeast axis), hinterland relief (Ravni Kotari and Bukovica) is much more flattened. In other words, there is no tight neighbouring of mountain ranges and coastal area. Measured wind parameters are also in close relation with morphology – intensity of bora is much lower across this area, with frequencies usually lower than 200 % and average velocities of about 4 m/s. Moreover, NE direction of bora is merely equal across whole Central Adriatic, with an exception of farthest northeastern part of Zadar archipelago (Silba island group) (FARIČIĆ, 2012) where, due to more pronounced influence of Velebit mountain range, the direction of bora flow is more ENE. The direction of jugo across this whole part of Adriatic is SE, but across the parts closer to the open sea there are rare occasions of S direction wind (about 80 %), but with higher velocities than they are in cases of SE direction. Central Adriatic is the area of most intense and most equalized flow of mistral (NW flow direction) (Fig. 7) across the whole Adriatic, with its highest frequencies along Zadar and Pašman channels and highest velocities on its most northwestern part, which is more exposed to open sea conditions.

South Adriatic is a part of the Republic of Croatia with the biggest contribution of territorial sea within its total area, mostly because of vast open sea areas around Vis and Lastovo islands with the surrounding smaller islands and small islands like Jabuka, Svetac and Palagruža. The area of South Adriatic, and especially its southernmost part, is part of the Adriatic with highest wind exposures (Lastovo station measured 10.8 % of calmness, Komiža station 9 % and Palagruža station only 7.7 %), primarily due to jugo conditions in winter and spring and mistral conditions in summer. Prevailing jugo direction across this part of Adriatic is SE (Fig. 3), and is conditioned by the surrounding relief, whereas across southernmost



Slika 3. Usporedba razlike u smjeru puhanja juga na južnom Jadranu za klimatološko proljeće s numeričkim modelom prognoze vremena ALADIN snimljenog 18. ožujka 2013.

Izvor: DARH, DHMZ, DMR

Figure 3 Comparison of various jugo flow directions across South Adriatic during climatological spring with ALADIN forecast model taken on March 18th, 2013

Sources: DARH, DHMZ, DMR

maestralski ljeti. Prevladavajući smjer puhanja juga na ovome dijelu Jadrana je SE (Sl. 3.), reljefno uvjetovan, međutim, na južnome pučinskom dijelu juga puše pretežito iz smjera S,¹⁰ dok na užem području Splita juga puše iz smjera ESE, uvjetovano pravcem pružanja Bračkog kanala. Srednje brzine juga na pučinskom dijelu južnog Jadrana kreću se od 6 do 8 m/s, dok prosječne

open sea area the prevailing direction is S¹⁰, and across narrow Split area the direction is ESE, channeled by Brač channel axis. The average jugo velocities across the open sea are within range of 6 to 8 m/s while maximum velocities reach even 32.7 m/s. Bora is also a very frequent wind there, specially across parts of the sea that are closer to the shore. For example, coastal stations measured

¹⁰ U literaturi se vjetar iz smjera S često naziva *oštro* i obično je prijelazni (iako pritom često olujni) vjetar iz juga (SE) u garbin (SW) u situacijama kada se izrazitija depresija zraka premješta sjeveroistočno nad sjeverni Jadran te obično ne puše dugo (VUČETIĆ, VUČETIĆ, 2002.). Budući da je Palagruža južnojadranski pučinski otok gdje reljef dalmatinske obale nema izrazit utjecaj na strujanje vjetra, a čestina vjetra iz smjera S je iznimna (126 % tijekom godine, tj. u prosjeku više od 140 % u hladnijem dijelu godine i oko 80 % u toplijem) i približno odgovara zastupljenosti SSE i SE vjetra na okolnim postajama, nedvojbeno je da je riječ o jugu. Podrobnije o stanju vjetra na postaji Palagruža pročitati na: URL 2.

¹⁰ In literature, S direction wind is often called *oštro* and is usually transitional (although at the same time often stormy) form from jugo (SE) into garbin (SW), that occurs in situations of greater air depressions traveling northeastern over the north Adriatic, and it usually does not last long (VUČETIĆ, VUČETIĆ, 2002). Since Palagruža is south Adriatic open sea island mostly free of coastal relief influences, and frequencies of S wind are immense (126 % annually, i.e., about 140 % in cold seasons and about 80 % in warm seasons) and approximately corresponds to frequencies of SSE and SE winds on surrounding stations, it is undoubtedly jugo. More detailed info about wind conditions on Palagruža station can be found on: URL 2.

maksimalne brzine iznose i do 32,7 m/s. Bura je na južnom Jadranu također čest vjetar, prije svega na dijelovima mora bližima obali. Primjerice, na obalnim postajama čestina bure kreće se od 240 ‰ (Ploče) do 308 ‰ (Split), dok na pučinskome dijelu udio bure rijetko prelazi 150 ‰. Prevladavajući smjer puhanja bure uz obalu je NNE, a na otvorenome moru se zbog utjecaja otočnog reljefa puhanje bure kanalizira i u smjerove N (Komiža, Palagruža, Govedari) i NE (također Komiža i Govedari). Bura na obalnome dijelu južnoga Jadrana uz zamjetnu čestinu puše manjim brzinama od onih na podvelebitskom prostoru sa srednjim brzinama od 4 do 6 m/s, dok maksimalne brzine iznose oko 27 m/s. Na otvorenome moru južnoga Jadrana bura puše znatno rjeđe, no s obzirom na to da su srednje i maksimalne brzine slične onima uz obalu, očito je da i taj dio biva zahvaćen olujnim probojima zraka sa sjeveroistoka, najviše zimi i u proljeće.

Organizacija jedrenjačke plovidbe na hrvatskom dijelu Jadrana s obzirom na puhanje bure, juga i maestrala

Plovidba u prapovijesti i antici

Obalni prostor hrvatskog dijela Jadrana naseljen je u prapovijesti (BRUSIĆ, 1970.; STRAŽIČIĆ, 1989.), a najstariji arheološki nalazi plovila s ovoga područja potječu iz trećeg tisućljeća pr. Kr. To su u pravilu ostatci monoksila i splavi, no crtež broda s kvadratnim jedrima na keramici iz Grapčeve špilje na Hvaru upućuje na najraniju plovidbu brodovima s jedrima po Jadranu između 2500. i 2400. pr. Kr. (BRUSIĆ, 1970.).¹¹ Zapisi o plovidbenim rutama iz toga razdoblja ne postoje, no moguće ih je donekle rekonstruirati s pomoću arheoloških nalazišta potopljenih brodova. Na temelju arheoloških nalaza iz neolitika i kasnijih doba s obiju obala Jadrana te vodeći se hipotezom kako su tadašnja jedra omogućavala plovidbu samo niz vjetar, Brusić pretpostavlja neke od temeljnih plovidbenih ruta

¹¹ Ovaj nalaz kasnije je bio preispitivan, jer prema jednoj teoriji taj crtež kada ga se zaokrene za 180° zapravo predstavlja crtež slona, no ta teorija je odbačena. Naime, slonovi su izumrli na području Europe oko 100 000 godina ranije, a u doba nastanka nalaza iz Grapčeve špilje zbog tehnološke ograničenosti nije bio moguć kontakt Europljana sa subsaharskom Afrikom (GLUŠČEVIĆ, 1994.).

frequency of bora from 240 ‰ (Ploče) to 308 ‰ (Split), while in the open sea it rarely exceeds 150 ‰. The prevailing bora direction in coastal part is NNE, while in the open sea, due to lower influence of island relief, bora flow is channelled into N (Komiža, Palagruža, Govedari) and NE directions (also Komiža and Govedari). Alongside coastal area, besides relatively high frequencies, with its average velocities from 4 to 6 m/s, while maximum velocities reach about 27 m/s, the velocities of bora are lower than across the coastal area at the foot of Velebit. Across South Adriatic open sea the frequencies of bora are much lower, but having in mind that its average and maximum velocities are similar to those alongside the coast, it is obvious that this part of Adriatic is also exposed to stormy wind breaches from northeast, especially during winter and spring.

Organization of sailing ship navigation across the Croatian part of the Adriatic due to bora, jugo and mistral

Prehistory and Antique Sailing

The coastal part of Croatian Adriatic has been populated since prehistory (BRUSIĆ, 1970; STRAŽIČIĆ, 1989), and the earliest archaeological findings of ships from this area were dated up to third millennia B.C. Generally speaking, those findings are remains of dugout canoes and rafts, but a ceramic drawing of square-rigged ship, found within Grapčeva cave, Hvar Island, points to the earliest usage of vessels rigged with sails across the Adriatic between 2500 and 2400 B.C. (BRUSIĆ, 1970).¹¹ There are no preserved writings about navigation routes from that area, but it is possible to reconstruct them (at least partially) by studying locations of prehistoric shipwrecks. Based upon archaeological findings from Neolithic and later ages, and guided by the hypothesis that square-rigged ships were able to sail only downwind, Brusić alleged some of fundamental navigation routes across Adriatic

¹¹ This finding was later investigated, because, according to one theory, it actually depicts an elephant when turned 180°, but that theory was rejected. Namely, elephants in Europe were extinct about 100,000 years prior to origins of this finding, a period when technological limitations did not allow prehistoric Europeans to travel to sub-Saharan parts of Africa (GLUŠČEVIĆ, 1994.).

Jadranom – longitudinalnih i transverzalnih.¹² Pritom konstatira kako su u prapovijesti pomorci longitudinalno plovili pretežito istočnom obalom Jadrana (Sl. 7.) (BRUSIĆ, 1970.). U prilog tomu svakako ide izrazita razvedenost obale s brojnim longitudinalno usmjerenim kanalima između otoka te otoka i obale, a vjetrovi koji bi pritom mogli sigurno pogoniti brodove slabih manevarskih sposobnosti su kopnenjak i blago jugo u smjeru uplovljavanja u Jadran te maestral i zmorac u smjeru isplovljavanja. Prvi zapisi koji opisuju plovidbu tim područjem potječu iz antičke Grčke, gdje je plovidba uglavnom prikazivana kao dugačka navigacija izviđačkih obilježja, pri čemu, npr. Teopomp navodi da je za preplovljavanje Jadrana potrebno šest dana.¹³ Također, iz antike potječu i preteče današnjih peljara, Pseudo Skilakov *Periplus* i Pseudo Skimnova *Periegeza*, u kojima stoji da se plovidbe Jadranom odvijaju i danju i noću te da otoci istočne obale Jadrana uvelike olakšavaju plovidbu (BRUSIĆ, 1970.; KOZLIČIĆ, 1990.; GLUŠČEVIĆ, 1994.). Prema M. Kozličiću (1990.), koji svoja tumačenja nadovezuje na radove hrvatskoga povjesničara Ivana Lučića (1604. – 1679.), u antici su postojale tri vrste plovidbenih ruta Jadranom, ovisno o veličini brodova: *interjadranska ruta* koja prolazi sredinom Jadrana, a kojom su se koristili veliki brodovi, *route između vanjskih i srednjih otoka* kojima su se koristili brodovi srednje veličine te

– longitudinal and transversal.¹² He concluded that, during prehistory, longitudinal directions stretched mostly alongside the eastern Adriatic coast (Fig. 7) (BRUSIĆ, 1970). That statement is supported by the fact that the eastern coast is full of numerous longitudinally pointed channels between islands and between islands and the coast. Winds that could safely power vessels with lower maneuvering abilities are land-breeze and mild jugo in the direction of sailing in, and mistral and sea-breeze in direction of sailing out of the Adriatic Sea. The earliest writings about navigation across this area originate from Ancient Greece, and describe sailing mostly as a long, scout-type navigation, and for example, Theopompos wrote that sailing across the whole Adriatic lasted for 6 days.¹³ The Antiquity is also the age of first proto-pilots like Pseudo Scylax's *Periplus* and Pseudo Scymnus's *Periegesis*, which contain information that sailing across the Adriatic was organized during daytime and nighttime, and that numerous islands along the eastern Adriatic made sailing much easier to perform (BRUSIĆ, 1970; KOZLIČIĆ, 1990; GLUŠČEVIĆ, 1994). According to M. Kozličić (1990), whose interpretations followed the works of Croatian historian Ivan Lučić (1604 – 1679), during the Antiquity there were three types of navigation routes, depending on the ship size; *interadriatic route* that stretched across centre of

¹² Iznimno važna točka na kojoj se susreću longitudinalne i transverzalne jadranske plovidbene rute je Palagruža. Na tom otoku postoje tragovi ljudskih aktivnosti još iz neolitika, a pronađeni su i nalazi keramike iz 6. i 5. stoljeća prije Krista koji se dovode u vezu s postojanjem Diomedovog svetišta (ŠEŠELJ, 2009.). Prema L. Šešelju (2009.), jedna od antičkih plovidbenih ruta („zapadna ruta“) pružala se od istočne strane Otrantskih vrata prema Palagruži, a potom otvorenim Jadranom ili njegovom zapadnom obalom prema ušću rijeke Po u današnjoj Italiji (antičkim naseljima Adria i Spina).

¹³ L. Šešelju (2009.) iznosi kako su se brzine antičkih plovila na jedra kretale od 4 do 6 čvorova pri povoljnome smjeru vjetra i od 1,5 do 3,5 pri nepovoljnom smjeru vjetra. S obzirom na nemogućnost preciznog mjerenja prijeđene udaljenosti (analogno tomu i brzine) u antici te nedovoljno preciznih zapisa o prijeđenim dnevnim intervalima, procjene o mogućim brzinama brodova u ovome radu nisu dane. Naime, osim o vjetru i oceanografskim uvjetima, brzina broda ovisi i o mnogim drugim parametrima, npr.: težini broda, hidrodinamičkim svojstvima broskog trupa (forma trupa), površini oplošja uronjenog dijela trupa, glatkoći površine uronjenog dijela trupa (brod s trupom obraslim algama i školjkašima pruža veći hidrodinamički otpor), vrsti i površini jedra i sl. (WILSON, 2010.), a koje je bez empirijskih testova nemoguće precizno odrediti za plovila s jedrima iz prošlosti.

¹² Very important point, which was the crossing point longitudinal and transversal Adriatic sailing routes, is Palagruža. There were found traces of prehistoric human activities, and also ceramic fragments dated between the sixth and the fifth century B.C. that are related to possible existence of Diomedes's sanctuary (ŠEŠELJ, 2009). According to L. Šešelju (2009), one of antique sailing routes (“western route“) stretched from eastern side of Strait of Otranto towards Palagruža, and then, across Adriatic open sea or its western coast towards mouth of river Po in today's Italy (antique settlements Adria and Spina).

¹³ L. Šešelju (2009), for example, presumes that antique sailing ship velocities were somewhat between 4 and 6 knots during favorable, and between 1.5 and 3.5 knots during unfavorable wind conditions. Considering imprecise measurements of crossed path length (analogue to that, velocities, too) during Antique Period and inaccurate writings about daily sailing intervals, assumptions about ship velocities have not been given in this paper. Ship velocity, except on wind and oceanographic conditions, relies on many other parameters such as: ship weight, ship hull hydrodynamics (hull design), total surface area of submerged part of ship hull and its roughness (hull overgrown with seaweed and clamshells has higher hydrodynamic resistance), type and total area of the ship's sail, etc. (WILSON, 2010), which could not be precisely determined without an empirical test for antique sailing ships.

rute između otoka i obale kojom su se koristili manji brodovi (Sl. 7.). Ovaj poredak ruta bio je uobičajen kada su vremenske prilike omogućavale plovidbu otvorenim morem (npr. ljeti), dok su se u preostalom dijelu godine brodovi svih veličina držali, gdje god je to bilo moguće, obale kopna. Opis otočnoga pojasa istočnog Jadrana kao prostora sigurnog za plovidbu te usklađivanje plovidbenih ruta s veličinom brodova također upućuje na činjenicu da su Grci bili svjesni učinka olujnog vjetera i visokih valova i u skladu s tim plovidbu organizirali na način da manji brodovi plove bliže lukama. Također, M. Kozličić u svojem djelu *Historijska geografija istočnog Jadrana u starom vijeku* (1990.) prilaže kartografski prikaz brodoloma iz doba antike, čijom se usporedbom sa srednjim brzinama bure na Jadranu (npr. za godišnji prosjek) može vidjeti kako su se u velikom broju slučajeva zbili upravo na područjima na kojima bura puše većim srednjim brzinama, odnosno gdje postoji veća vjerojatnost od olujnih udara bure. U takva područja ubrajaju se podvelebitski prostor, Kvarner, šibensko primorje te rt Ploča (Punta Planka) na čijem se području često smjenjuju jugo i bura u relativno kratkom vremenu (ŠEŠELJ, 2009.) (Sl. 4.). Iako ni vjetar, kao ni ostali prirodni čimbenici (npr. nasukavanje na greben) ne moraju nužno biti glavni ili jedini uzrok havarija na moru, postoji mogućnost kako su neki od prikazanih brodoloma povezani s naglim naletima bure s obzirom na to da je bura, vjetar koji se pojavljuje iznenada, i izaziva vremenske prilike izrazito nepovoljne za plovidbu, naročito kod (tadašnjih) plovila lošijih manevarskih sposobnosti.¹⁴

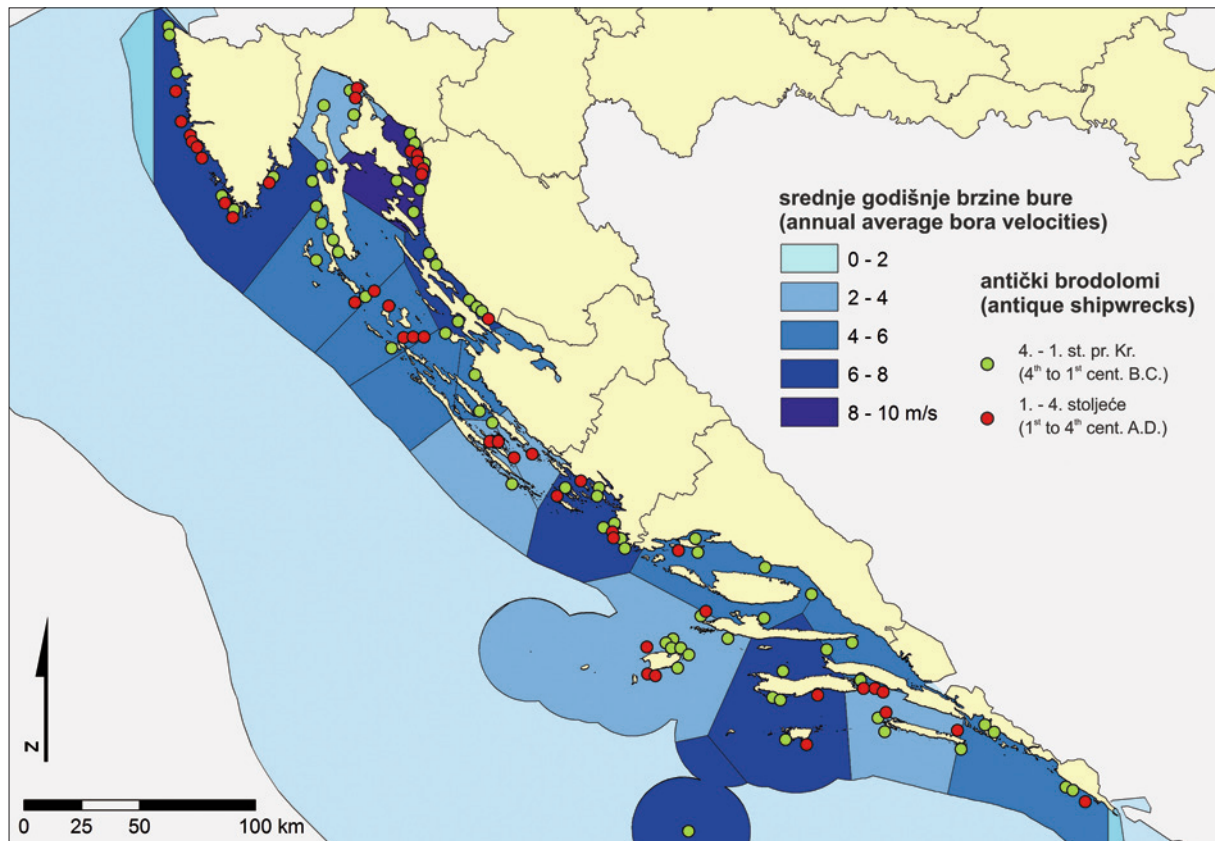
Postoje dvojbe o tome kolike su bile maritimne sposobnosti antičkih brodova u kontekstu plovidbe na jedra i smjera vjetera. Tvrdnje kreću od one da su tadašnji brodovi mogli ploviti isključivo niz vjetar (BILIĆ, 2012. prema BRUSIĆ, 1970.), do ideje kako se raspon raspoloživih smjerova plovidbe za određeni vjetar kretao

the Adriatic and was used for the largest vessels, *routes between outer and central islands* used for mid-sized vessels, and *routes between islands and coast* used for the smallest of vessels (Fig. 7). This route order was common in situations when the weather conditions enabled sailing across the open seas (i.e. in summer), while during the remaining part of the year, vessels of all sizes sailed in close proximity to the coast whenever possible. The description of eastern Adriatic island range as an area safe for navigation and synchronizing routes with ship size also point to the fact that Ancient Greeks were aware of local stormy winds and wavy sea conditions and organized navigation accordingly. In his book *Historijska geografija istočnog Jadrana u starom vijeku* (1990) M. Kozličić also included a map of antique shipwrecks, which, when compared to bora average velocities (i.e. average annual values), shows that many of those shipwrecks took place in the areas prone to higher bora average velocities (areas with higher probability of excessive bora velocities). Such areas are the coast at the foot of Velebit, Kvarner archipelago, Šibenik littoral area and cape Ploča (Punta Planka) – a place with frequent alternations between bora and jugo in relatively short periods (ŠEŠELJ, 2009) (Fig. 4). Although neither wind nor other natural factors (i.e. stranding on a reef) could necessary be the main or the only cause of shipwrecks, there is a possibility that some the mapped shipwrecks are related to sudden bora breaches. Bora is a wind that occurs suddenly and generates extremely unfavourable sailing conditions, especially for vessels with lower maneuvering abilities.¹⁴

There were doubts about how sophisticated the maneuvering abilities of antique vessels in context of harvesting wind as a power resource were. Assumptions stretch from those that they could sail exclusively downwind (BILIĆ, 2012, according to BRUSIĆ, 1970), to the idea that the range of available sail directions for certain wind

¹⁴ Prema S. Gluščeviću (1994.), arheološki ostatci brojnih brodoloma iz antike pronađeni su u blizinama otočića i nenaseljenih otoka te obalnih i otočnih rtova (npr. otok Maun – 4. stoljeće prije Krista, rt Pernat, Cres – 2. stoljeće prije Krista, rt Plavac, Zlarin – 2./1. stoljeće prije Krista, rt Arat, Silba – 1. stoljeće prije Krista, Palagruža – 1. stoljeće, rt Izmetište, Hvar – 1./2. stoljeće, rt Glavat, Mljet – 2. stoljeće, Ilovik 2./3. stoljeće.), na temelju čega se može zaključiti kako su nastali zbog olujnog stanja mora (npr. olujne bure).

¹⁴ According to S. Gluščević (1994), archaeological findings of numerous shipwrecks were discovered near smaller or uninhabited islands and capes (e.g. Maun Island – the fourth cent. B.C., cape Pernat, Cres Island – second cent. B.C., cape Plavac, Zlarin Island – second/first cent. B.C., cape Arat, Silba Island – first cent. B.C., Palagruža Island – first cent. A.D., cape Izmetište, Hvar Island – first/second cent. A.D., cape Glavat, Mljet Island – second cent. A.D., Ilovik Island – second/third cent. A.D.), leading to an assumption that they were probably caused by storms (e.g. bora breaches).



Slika 4. Usporedba lokaliteta antičkih brodoloma na hrvatskom dijelu Jadrana u razdoblju od 4. stoljeća prije Krista do 4. stoljeća sa srednjim brzinama bure [m/s] za godišnji prosjek

Izvor: DARH, DHMZ, BRUSIĆ, 1970.; KOZLIČIĆ, 1990.; GLUŠČEVIĆ, 1994.; ŠEŠELJ, 2009.; URL 3, URL 4

Figure 4 Comparison of Antique shipwreck locations across the Croatian Adriatic from the fourth century B.C. to the fourth century A.D. with annual average bora velocities [m/s]

Sources: DARH, DHMZ, BRUSIĆ, 1970; KOZLIČIĆ, 1990; GLUŠČEVIĆ, 1994; ŠEŠELJ, 2009; URL 3, URL 4

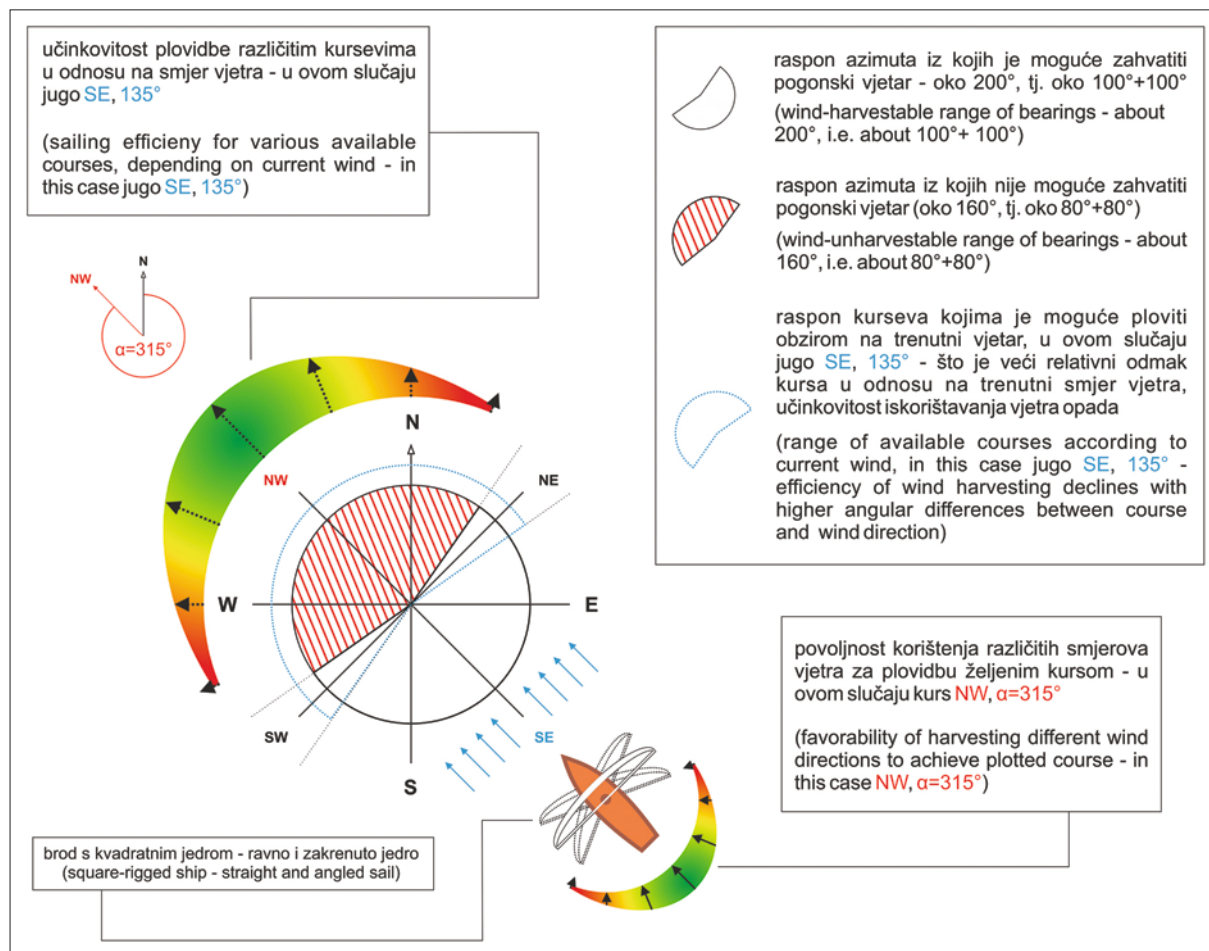
oko 100° lijevo¹⁵ i 100° desno od smjera vjetra, što ukupno čini oko devet zraka kompasa¹⁶ (CHAMPBELL, 1995.; BILIĆ, 2012.). Drugim riječima, antički brodovi, pokretani kvadratnim jedrima, nisu bili u mogućnosti ploviti „u vjetar“, kao ni kursom koji se od smjera vjetra razlikovao za manje od sedam zraka kompasa. Ako se za

flow extended for about 100° port and 100° starboard, which sums up to 9 points of compass¹⁵ (CHAMPBELL, 1995; BILIĆ, 2012). In other words, the ancient square-rigged ships could not sail upwind, and on courses which relatively differ from the opposing wind for less than 7 points of compass. For example, in a scenario of jugo

¹⁵ Ovdje bi zapravo bilo pravilno reći: „u smjeru kazaljke na satu i u smjeru suprotnom od kazaljke na satu“ – izraz „lijevo i desno“ korišten je isključivo u svrhu kraćenja teksta.

¹⁶ Zraka kompasa u ovom slučaju predstavlja glavnu ili pomoćnu stranu svijeta na kompasu podijeljenom na šesnaest glavnih i pomoćnih strana svijeta, međusobno razmaknutih za 22,5° (jednoj zruci stoga pripada raspon od 11,25° lijevo i 11,25° desno od nje) (BILIĆ, 2012.). U stranoj literaturi, pod zrakom kompasa (engl. *point of compass*) često se susreće podjela ruže vjetrova na trideset dva smjera (32 × 11,25°), pri čemu jednoj zruci kompasa pripada kut od 5,625° lijevo i desno od nje (CHAMPBELL, 1995.).

¹⁵ Point of compass, in this case, represents compass cardinal or ordinal direction for a 16-point wind rose, with an angle of 22.5° between each point (16 × 22.5° – a range of 11.25° clockwise and counterclockwise for each point of compass) (BILIĆ, 2012). Foreign literature often considers 32-point wind rose (32 × 11.25°) with range of 5.625° clockwise and counterclockwise for each point of compass (CHAMPBELL, 1995.).



Slika 5. Shematski prikaz mogućnosti iskorištavanja raspoloživog raspona smjerova vjetra za plovitvu željenim kursom (primjer kurs NW, $\alpha=315^\circ$) te mogućnost izbora kursa s obzirom na trenutni vjetar (primjer jugo SE) za brod s kvadratnim jedrom

Izvor: izrađeno na temelju: CHAMPBELL, 1995.; BILIĆ, 2011.

Figure 5 Scheme that shows the possibilities of harvesting disposable wind range in order to sail on a determined course (NW course as an example) and disposable course ranges according to current wind direction (SE jugo as an example) for square-rigged ships

Source: made according to: CHAMPBELL, 1995; BILIĆ, 2011

primjer pogonskog vjetra uzme jugo koje puše iz smjera jugoistoka (135°), antičkom brodu ne bi bila moguća plovitba kursom većim od $56,25^\circ$ (~ENE) i manjim od $213,75^\circ$ (~SSW), odnosno ne bi, primjerice, mogao ploviti u smjeru istoka (90°) ili juga (180°) (Sl. 5.) (CHAMPBELL, 1995.; BILIĆ, 2012.).

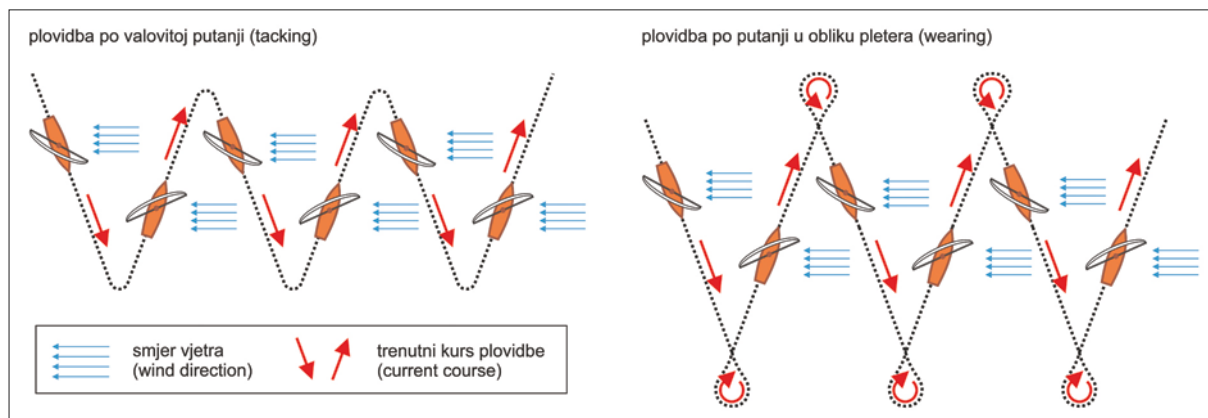
Proučavanjem antičkih zapisa o Jadranu, kao što su npr. Pseudo Skilakov *Periplus* i Pseudo Skimmova *Periegeza* ili *Argonautika* Apolonija Rođanina, uočeno je da je istočni Jadran redovito opisivan od sjeverozapada prema jugoistoku, iz čega se može izvesti zaključak da je to ujedno bio njihov smjer plovitve duž istočne obale Jadrana. Također, u starome vijeku, ljeto je bilo razdoblje

flowing from SE (135°), an antique ship could not sail on course larger than 56.25° (~ENE) and smaller than 213.75° (~SSW) – it could not, for example, sail towards east (90°) or south (180°) (Fig. 5) (CHAMPBELL, 1995; BILIĆ, 2012.).

Studies of antique writings about the Adriatic, such as: Pseudo Scylax's *Periplus*, Pseudo Scymnus's *Periegesis* and Apollonius of Rhodes's *Argonautica*, showed that eastern Adriatic was described in a way as if it were sailed across in southeast direction. It leads to a conclusion that such direction was, in fact, the prevailing antique sailing route. Moreover, during those times, summer was the period of most intensive sailings – March, April, May and October were considered

najintenzivnije plovidbe, ožujak, travanj, svibanj i listopad bili su smatrani opasnim za plovidbu, dok se za vrijeme zimskih mjeseci najčešće nije plovilo (ŠEŠELJ, 2009.; BILIĆ, 2012.). Ako se uzme u obzir ljetni režim puhanja vjetra na istočnom Jadranu s maestralom kao prevladavajućim vjetrom pogodnim za plovidbu i usporedi ga se s antičkim redoslijedom opisivanja istočne obale Jadrana (smjer isplavljanja iz Jadrana), vidljivo je da se uglavnom poklapaju, zbog čega je evidentno da su maestral koristili kao pogonski vjetar za plovidbu prema jugu i jugoistoku, odnosno za isplavljanje iz Jadrana. Prema T. Biliću (2012.), u Jadran su uplovljavali duž njegove obje longitudinalne obale, koristeći pritom trenutačno povoljne vjetrove, a za perioda tišina ili slabog vjetra, pogon na jedra upotpunjavali su veslima. Povoljni vjetrovi usmjereni prema sjeveru Jadrana mogu biti jugo tijekom proljeća, a koje također puše ljeti, ali mnogo rjeđe, čime zbog neredovitosti nije dovoljno pouzdan vjetar za dulju plovidbu, ali i zmorac i kopnenjak koje brodovi pritom mogu iskoristiti kao bočni vjetar slijeva, odnosno zdesna za obalne plovidbe. Kasnije, tijekom ranoga srednjeg vijeka dolazi do uvođenja latinskog jedra na manje brodove, no budući da je latinsko jedro teško prilagođavati vjetru kod brodova velikih dimenzija, kao jedra na glavnom jarbolu prevladavala su kvadratna jedra, dok bi se manje latinsko jedro obično nalazilo na krmenom jarbolu (CASTRO I DR., 2008.). Pritom se procjenjuje da je dodavanje latinskog jedra na krmeni jarbol povećavalo raspon iskoristivosti bočnoga vjetra za otprilike po pola zrake kompasa sa svake strane broda (pri podjeli ruže vjetrova na šesnaest smjerova, odnosno po jedna zraka pri podjeli na trideset dva smjera) (CHAMPBELL, 1995.). Ako se plovidba kojim slučajem ipak treba odvijati u smjeru suprotnom od vjetra (ili donekle suprotnom), plovidbena ruta nije pravocrtna već je kurs potrebno konstantno mijenjati lijevo-desno. To se obično izvodi ili po valovitoj putanji (engl.: *tacking*) ili po putanji u obliku pletera (niza petlji) (engl.: *wearing*) na način da se kurs zakreće pod kutovima pri kojima je „suprotni vjetar“ jedrima moguće zahvatiti bočno (Sl. 6.) (URL 5).

as months dangerous for safe navigation, while during the winter months sailings usually were not performed (ŠEŠELJ, 2009; BILIĆ, 2012). If we consider summer wind conditions across the eastern Adriatic with mistral as a power resource, and compare it to the antique order of coast description (outwards sailing direction), it is evident that they overlap for most part, which means that they harvested mistral as a propulsive wind for southward and southeastward sailings. According to T. Bilić (2012), directions of sailing inwards took place along both longitudinal Adriatic coasts, harvesting favourable winds, and that during the periods of calmness, oars were used as a propulsion devices. Favourable winds that flow northwards could be jugo in spring (and also in summer, but less often) and sea- and land-breezes that could be harvested as side winds flowing from port and starboard direction during coastal navigation. Later, during medieval times, smaller vessels were rigged with lateen sails. Since large scale lateen sail is difficult to adjust quickly; larger vessels had square-rigged main masts and lateen-rigged mizzen-masts (CASTRO ET AL., 2008). It is assumed that the addition of lateen-rigged mizzen-mast at ship stern extended the range of harvestable winds for about a half of point of compass on each side (with usage of 16-point wind rose, and for about one point each side for a 32-point wind rose) (CHAMPBELL, 1995). If, in any case, navigation needed to be done on a course that is opposite (or nearly opposite) to the wind, then the route was not straight-lined. The course needs to be constantly alternated clockwise and counterclockwise, usually by using one of two techniques – a wavy route called *tacking* or an opposing loop route called *wearing*, so that the course is plotted at angles that allows upwind to hit ship's sides (Fig. 6) (URL 5).



Slika 6. Načini manevariranja brodom s jedrima u slučajevima kada je potrebno ploviti u smjeru suprotnom ili donekle suprotnom od smjera vjetra

Izvor: izrađeno prema: URL 5

Figure 6 Techniques used for maneuvering square-rigged ships in cases of sailing upwind or near-upwind

Source: made according to: URL 5

Rute srednjovjekovnih i novovjekovnih vjerski motiviranih plovidbi

U jedne od najpouzdanijih i najpreciznijih pisanih izvora o organizaciji plovdbе istočnom obalom Jadrana, barem one dužobalne, tijekom srednjega i ranoga novog vijeka svakako spadaju putopisi hodočasnika iz Europe u Svetu Zemlju u kojima su često iscrpno opisani brojni elementi plovdbе. Također, postoje i zapisi kako su ovaj dio Jadrana preplivile i za kršćanstvo iznimno važne osobe – 1177. papa Aleksandar III., te 1212. i 1219. – 1920. Franjo Asiški (FARIČIĆ, 2014.; 2015.). Nedvojbeno je da takav plovdbeni pothvat zahtijeva organizaciju na visokoj razini koja treba biti planirana i izvedena u skladu s vremenskim prilikama prostora kroz koji se odvija plovdba, uključujući i vjetar, zbog čega se sa sigurnošću može pretpostaviti da su takve plovdbene rute Jadranom bile jedan od pokazatelja hidrometeoroloških prilika koje vladaju tim dijelom Jadrana, očito povoljnih za dužobalnu plovdbu. Kraj srednjega vijeka razdoblje je tehnoloških unaprjeđenja plovdbе na području Sredozemlja, pa tako i Jadrana. Tijekom 13. stoljeća dolazi do uvođenja kormila, a izum i uvođenje jednostavnog kompasa u 12., odnosno suhog kompasa u 14. stoljeću, važan su tehnološki iskorak. Također, 13. i 14. stoljeće vrijeme su izrade prvih pomorskih karata za ove prostore (FARIČIĆ, 2014.; 2015.).

Hodočasnički plovdbeni pothvati, čiji je cilj bio krajnji istok Sredozemlja, tzv. Levant, najčešće su za polazišnu točku imale Veneciju,

Medieval and Modern Age routes used for sailings for religious purposes

One of the most reliable and most precise written sources of sailing across the eastern Adriatic, at least longitudinal sailing, that took place during medieval and modern times are pilgrimage travels that thoroughly describe sailing from Europe to the Holy Land. There are also writings that describe voyages of two very important Christian persons across the Adriatic – Pope Alexander III in 1177 and Francis of Assisi in 1212 and 1219 – 1920 (FARIČIĆ, 2014; 2015). Undoubtedly, such endeavours required organization on the highest level which had to be planned and executed in accordance with local weather conditions, including wind. So, it is presumable that such sailing routes in some part reflect past climate conditions, obviously favourable in terms of sailing along coasts. Late Middle Ages are the times of technological advancements in navigation across the Mediterranean, the Adriatic included. During the thirteenth century, rudder has been introduced, and invention and application of simple compass in the twelfth century and dry compass in the fourteenth century present major technological leaps forward. Additionally, the thirteenth century and the fourteenth century are the times when first nautical charts that showing Adriatic area were produced (FARIČIĆ, 2014; 2015).

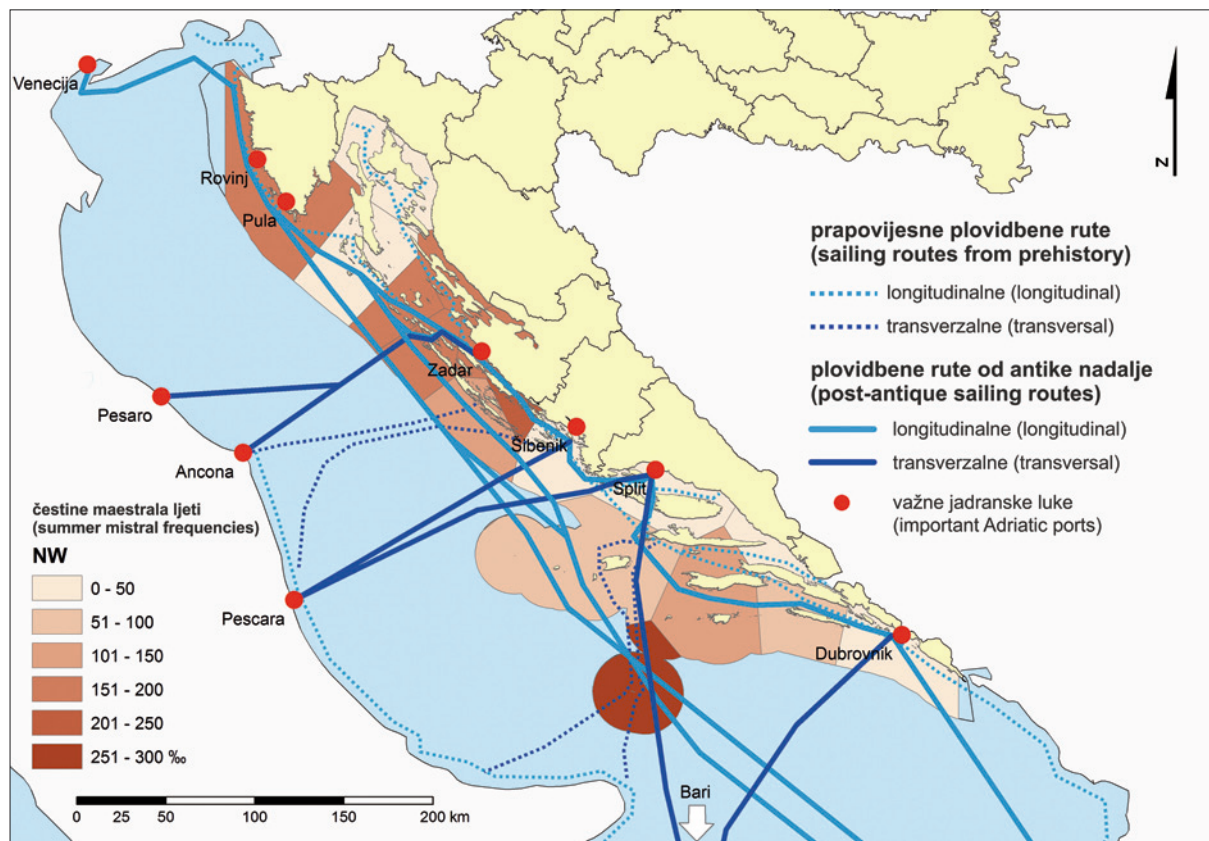
Pilgrimage sailing endeavours, whose target was the easternmost part of Mediterranean, the so called Levant, usually started from Venice, mostly because, by that time, Venice had made intense connections with the Mediterranean and

ponajviše jer je Venecija bila dobro povezana sa Sredozemljem i srednjom Europom te je ujedno imala pod kontrolom najveći dio plovnoga puta prema Levantu (PAVIĆ, 2007.; FARIČIĆ, 2014.). Plovidba iz Venecije redovito je započinjala u proljeće ili ljeto (od travnja do kolovoza), a dio plovidbe koji je obuhvaćao Jadran trajao je od osam do dvadeset dana, ovisno o vremenskim prilikama, odabranoj plovidbenoj ruti, broju posjeta lukama i zadržavanju unutar luka. Takav vid plovidbe najčešće je bio organiziran duž obalnih longitudinalnih plovnih pravaca Jadranom. Nakon isplovljavanja iz Venecije plovidba se nastavljala uz zapadnu obalu Istre (uz pristajanje u luke Poreč, Rovinj ili Pula). Nakon zapadne obale Istre, jedna od ruta bila je tzv. *vanjski ogranak* (FARIČIĆ, 2014.; 2015.), a nastavljala bi se, obično bez zaustavljanja, otvorenim morem duž čitavog vanjskog istočnojadranskog otočnog pojasa prema Otrantskim vratima (iako bi pritom česta postaja bila luka Dubrovnik), odnosno prema otoku Krfu i Jonskom moru. Druga mogućnost, tzv. *unutarnji ogranak* (FARIČIĆ, 2014.; 2015.), bila je plovidba kroz pučinski dio Kvarnera između otoka Lošinja i Unija, nakon čega bi se kroz Sedmovraće¹⁷ plovidba okrenula prema obali, uz luke Zadar, Šibenik i Split, odakle bi najčešće bila nastavljena kroz Splitska vrata uz otoke Hvar i Korčulu prema Dubrovniku, dok je jedna od ruta uključivala i plovidbu iz zapadnog Kvarnera prema otocima Jabuka, Sv. Andrija, Vis i Palagruža (KOZLIČIĆ, 1997.; PAVIĆ, 2007.). Valja napomenuti da sve hodočasnike plovidbe nisu imale Veneciju za polazišnu točku, već su postojale i transverzalne plovidbene rute koje su povezivale zapadnu i istočnu obalu Jadrana (npr. luke Ancona, Pesaro, Pescara i Bari s lukama Zadar, Šibenik, Split i Dubrovnik) (FARIČIĆ, 2014.), nakon čega se plovidba prema izlasku iz Jadrana redovito nastavljala njegovom istočnom obalom (Sl. 7.).

¹⁷ Morski prostor sjevernoga zadarskog arhipelaga između otoka Molata, Tuna Malog, Tuna Velog, Zverinca i Dugog otoka, poznat je pod nazivom *Sedmovraće* (ili *Maknare*) zbog sedam morskih prolaza (sedam vrata) između otoka koji ga okružuju (*Peljar I., Jadransko more – istočna obala*, 1999.).

the central Europe, and also had the greatest part of sailing routes towards Levant under its control (PAVIĆ, 2007; FARIČIĆ, 2014). Sailings that started from Venice would begin during spring or summer months (from April till August), and its segment that included sailing across Adriatic lasted from 8 to 20 days, depending on weather conditions, chosen route, number of shore visits and time spent within ports. Such type of navigation was usually organized alongside Adriatic coastal longitudinal routes. After sailing off from Venice, navigation would continue along western coast of Istria (visits to ports of Poreč, Rovinj or Pula were often included). After leaving the coast of Istria, one of the routes, the so called, *outer branch* (FARIČIĆ, 2014; 2015), continued over the open sea, usually without stops, along outer island belt towards Strait of Otranto, the Island of Corfu and Ionian Sea (although, there was an occasional stop at the port of Dubrovnik). Another possibility, the so-called, *inner branch* (FARIČIĆ, 2014; 2015) was navigation through open sea border of Kvarner archipelago between Lošinj and Unije islands. After that, the course was altered towards the coast through Sedmovraće¹⁶, in order to reach towns like Zadar, Šibenik and Split, and later, through Splitska vrata, alongside islands Hvar and Korčula islands the sailing was directed towards Dubrovnik. One of the routes included sailing from western Kvarner archipelago towards Jabuka, Sv. Andrija, Vis and Palagruža islands (KOZLIČIĆ, 1997; PAVIĆ, 2007). It is worth mentioning that not all pilgrimage routes had Venice as a starting point – transversal sailing routes also existed in order to connect western and eastern Adriatic coasts (i.e. ports like Ancona, Pesaro, Pescara and Bari with ports of Zadar, Šibenik, Split and Dubrovnik) (FARIČIĆ, 2014). Afterwards, navigation would usually continue alongside eastern Adriatic coast (Fig. 7).

¹⁶ Sea area of northern Zadar archipelago, between Molat Island, Tun Mali, Tun Veli, Zverinac and Dugi otok Island is known as *Sedmovraće* (or *Maknare*) because of seven straits (seven gates) between the surrounding islands (*Peljar I., Jadransko more – istočna obala*, 1999).



Slika 7. Usporedba jadranskih prapovijesnih i antičkih plovidbenih ruta s hodočasničkim srednjovjekovnim plovidbenim rutama i čestinom maestrala (NW) [%] za klimatološko ljeto

Izvor: DARH, DHMZ, BRUŠIĆ, 1970.; KOZLIČIĆ 1990.; GLUŠČEVIĆ, 1994.; FARIČIĆ, 2014.

Figure 7 Comparison of prehistoric and antique sailing routes with medieval pilgrimage sailing routes and with (climatological) summer frequencies of mistral (NW) [%]

Sources: DARH, DHMZ, BRUŠIĆ, 1970; KOZLIČIĆ 1990; GLUŠČEVIĆ, 1994; FARIČIĆ, 2014

Usporedbom pravaca pružanja hodočasničkih plovidbenih ruta i godišnjih doba tijekom kojih su se odvijale sa smjerom i intenzitetom vjetra na istočnom dijelu Jadrana, ponajprije je uočljivo da su za plovidbu odabrani mjeseci tijekom kojih su vremenske prilike postojeane i predvidljive sa slabom mogućnošću razvitka olujnih vjetrova te za čijeg je trajanja dan najdulji, što uvelike olakšava orijentaciju na moru korištenjem terestičke navigacije (FARIČIĆ, 2014.; 2015.). U ljetnim mjesecima na Jadranu osim toga postoji i prevladavajuće zapadno i sjeverozapadno strujanje vjetra, tzv. etezija, i zmorac koji svojim smjerom puhanja iznimno pogoduju longitudinalnoj plovidbi Jadranom u smjeru jugoistoka, naročito na području srednjeg dijela hrvatskog Jadrana, a zastupljeniji su na pučinskom dijelu istočnog Jadrana nego uz njegovu istočnu obalu. Pučinski dio Jadrana je, u odnosu na obalni dio, i područje s većim čestinama i brzinama vjetra tijekom cijele

When longitudinal pilgrimage routes and seasons during which those routes were used are compared to the direction and intensity of wind across the eastern Adriatic, it is noticeable that navigation was organized during months with mild and predictable weather conditions (with lower storm probabilities) and with longer daylight to optimize navigation using terrestrial objects (FARIČIĆ, 2014; 2015). Besides that, the prevailing northwestern wind flow occurs during summer across the eastern Adriatic. Those wind flows are known as etesian and sea-breeze, which are very favourable for longitudinal sailings in southeast direction, especially across the Central Adriatic, with their frequency somewhat higher across the open sea. The Adriatic open sea is also a region of high wind frequencies and velocities all year round, so the same situation occurs in summer in cases of mistral as the predominant wind, making it very suitable for propelling large

godine, pa tako i u ljetnim mjesecima s maestralom kao prevladavajućim vjetrovom, čime je pogodniji za plovidbu većih brodova. Vidljivo je također kako plovidbene rute koje su se odvijale tijekom srednjega i ranoga novog vijeka ne odstupaju mnogo od prapovijesnih i antičkih plovidbenih ruta, izuzev postojanja longitudinalnih ruta koje prolaze sredinom Jadrana, što je posljedica upotrebe većih plovila s boljim maritimnim sposobnostima te korištenja tehnološki naprednije navigacijske opreme.

Ipak, nisu sva hodočasnička putovanja tekla bez poteškoća vezanih uz vjetar, a koje su se, kako je suditi prema pisanim izvorima, najčešće događale zbog naglog jačanja bure ili pojave juga koje puše u suprotnom smjeru od smjera plovidbe. Tako, na primjer, Sir Richard Guylforde, tijekom putovanja u Svetu Zemlju od 1506. do 1507. navodi postojanje nepovoljnog vjetrova za plovidbu od Visa prema Hvaru tijekom srpnja (KOZLIČIĆ, 1997.), pri čemu se očito radi o buri, dok Sir Richard Torkington na svojem putovanju u lipnju 1517. spominje „suprotan vjetar uz obalu Istre“ (KOZLIČIĆ, 1997.), koji se može interpretirati kao jugo. John Locke na putovanju u Svetu Zemlju 1585. opisuje Palagružu kao „opasan otok“ (KOZLIČIĆ, 1997.), što ne začuđuje zbog iznimnih čestina i brzina vjetrova na tom području čitave godine.

Prvi suvremeni peljari

Djela koja opisuju plovidbu duž obala i otoka istočnog Jadrana, a koja nisu nastala na temelju vjerski motiviranih plovidbi, su portulani i izolari¹⁸ brojnih autora iz srednjega i novoga vijeka, kao što su npr. Benedetto Bordone, Piri Reis ili Giovanni Francesco Camoccio (KOZLIČIĆ, 1995.; NOVAK I DR., 2005.), a kao jedne od značajnijih djela u kojima su opisani plovni putovi Jadranom valja spomenuti izolar *Viaggio da Venetia a Constantinopoli (Put od Venecije do Carigrada)* iz 1598., autora Giuseppea Rosaccia i *Senjski peljar* iz 1639. (KOZLIČIĆ I DR., 2012.). Prvi pisani trag o raspravi o utjecaju vjetrova na plovidbu je djelo Dubrovčanina Benedikta Kotruljevića *O plovidbi* iz 1464. (KOZLIČIĆ, 2006.), no prvi pravi doprinos objašnjenju vjetrova na Jadranu u znanstvenom aspektu dao je Francuz Beautemps-Beaupré, hidrografski inženjer Hidrografskoga

¹⁸ Portulani su priručnici za obalnu navigaciju, a izolari su knjige s opisima otoka. Svoju su najširu primjenu imali od 14. do 17. stoljeća (CVITANOVIĆ, 2002.).

vessels. It is noticeable that sailing routes that took place during late medieval times and early modern period do not deviate much from the prehistoric and antique routes, except for outer longitudinal routes that stretch across centre of the Adriatic due to the usage of large vessels with better maneuvering abilities and more sophisticated navigational equipment.

However, not all pilgrimage sailings were carried out without difficulties arising from the wind conditions, which, according to written sources, mostly occurred due to sudden bora breaches or due to jugo that would strengthen from the opposite direction. For example, Sir Richard Guylforde, during his voyage to the Holy Land 1506 – 1507, wrote that unfavourable wind occurred during their sailing from Vis to Hvar (KOZLIČIĆ, 1997), which was obviously a bora event, while Sir Richard Torkington on his voyage during June of 1517 mentioned “opposing wind along coast of Istria” (KOZLIČIĆ, 1997), which can be considered as a jugo event. John Locke, during his voyage to the Holy Land 1585 described Palagruža as a “dangerous island” (KOZLIČIĆ, 1997), which is not surprising because of immense annual wind frequencies and velocities across island and its surrounding area.

Earliest modern pilots

Writings that describe navigation along coasts and islands of the eastern Adriatic, which were not influenced by religion, are portolan charts and isolarios¹⁷, created by numerous authors from medieval times and modern period, for example, Benedetto Bordone, Piri Reis, or Giovanni Francesco Camoccio (KOZLIČIĆ, 1995.; NOVAK ET AL., 2005). One of the most important works that describe navigation routes across the Adriatic was the isolario *Viaggio da Venetia a Constantinopoli (Voyage from Venice to Constantinople)* written by Giuseppe Rosaccio in 1598, and *Senj Pilot* from 1639 (KOZLIČIĆ ET AL., 2012). The first written source about how navigation is affected by wind comes from Dubrovnik author Benedikt Kotruljević, entitled *O plovidbi (About Navigation)* from 1464 (KOZLIČIĆ, 2006), but the earliest detailed scientific contribution to understanding wind conditions across the Adriatic was made by a

¹⁷ Portolan charts are early nautical maps, while isolarios are form of early pilots – books that described islands, and were used by mariners, mostly between fourteenth and seventeenth century (CVITANOVIĆ, 2002.).

mornaričkog instituta u Parizu, tijekom svoje dvije hidrografske izmjere Jadrana; prve 1806., a druge 1808. i 1809. (KOZLIČIĆ, 2006.), dok je *Portolano del Mare Adriatico (Peljar Jadranskog mora)* iz 1830., talijanskog kapetana Giacoma Marienija, prvo iscrpno i cjelovito suvremeno djelo takve vrste za istočni dio Jadrana (ZORE-ARMANDA, 2000.; KOZLIČIĆ I DR., 2012.; FARIČIĆ, MIROŠEVIĆ, 2017.).

Izolar Giuseppe Rosaccija

Plovidbena ruta istočnim Jadranom, koja se odnosila na dugu plovidbu, prema izolaru G. Rosaccija započinjala je u Veneciji, veoma je slična prethodno opisanim hodočasničkim rutama. Uz nju, Rossaccio navodi i alternativne „nepoželjne“ rute koje se u pravilu odnose na plovidbu uz obalu podno padina Velebita, odnosno Biokova. Spominje i važan transverzalni plovidbeni pravac Jadranom koji je vodio na jug i jugozapad od srednjodalmatinskih otoka, preko otoka Palagruže i Tremiti prema zapadnoj Jadranskoj obali (PAVIĆ, 2000.; 2003.). Vidljivo je kako opisana ruta ne odstupa mnogo od ranije opisanih hodočasničkih (Sl. 7.) pa čak ni od antičkih plovidbenih ruta, što vodi zaključku da se hidrometeorološki uvjeti, uključujući i vjetar, nisu (značajnije) mijenjali tijekom čitavoga tog razdoblja te da maritimne sposobnosti plovila pogonjenih jedrima i veslima nisu značajnije napredovale sve do pojave parobroda na Jadranu sredinom 19. stoljeća (PAVIĆ, 2000.). Za pretpostaviti je da, iako Rosaccio u svojem izolaru plovidbene rute Podvelebitskim kanalom i Podbiokovljem ne preporučuje zbog opasnosti od senjskih Uskoka, odnosno osmanlijske prisutnosti u srednjodalmatinskom primorju (PAVIĆ, 2000.), njihova periferna uloga vjerojatno je posljedica i slabe prometne dostupnosti toga prostora s kopna te strmih i negostoljubivih obala, odnosno čestog i intenzivnog puhanja bure na tim prostorima, a koji ne pogoduju navigaciji (KOZLIČIĆ I DR., 2012.).

Hidrografska izmjera Jadrana Beautemps-Beaupréa

Vjetar na Jadranu i njegov utjecaj na plovidbu prvi je temeljitije opisao Beautemps-Beaupré 1806. i 1808. – 1809. prilikom hidrografske izmjere Jadrana. On vjetrove na istočnoj obali Jadrana dijeli na osnovne i ostale, pri čemu u

French hydrographer-engineer at the Hydrographic Naval Institute of Paris, Beautemps-Beaupré during his two hydrographic surveys of the Adriatic – the first in 1806, and the second from 1808 to 1809 (KOZLIČIĆ, 2006). The pilot entitled *Portolano del Mare Adriatico (Adriatic Sea Pilot)* from 1830, written by an Italian captain Giacomo Marieni, was the first exhaustive and extensive work of that kind written for the eastern Adriatic (ZORE-ARMANDA, 2000; KOZLIČIĆ ET AL., 2012; FARIČIĆ, MIROŠEVIĆ, 2017).

Giuseppe Rosaccio's isolario

The sailing route across the eastern Adriatic, as a segment of longer navigation across the Mediterranean, according to Rosaccio's isolario, started at Venice, and was similar to aforementioned pilgrimage sailing routes. Rossaccio also mentioned alternative “unfavourable” routes which are, in general, routes stretching alongside the coastal area at the foot of Velebit and Biokovo. An important transversal route which was directed southward and southwestward alongside mid-Dalmatian islands, and later across Palagruža and Tremiti islands towards western coast of the Adriatic was also mentioned (PAVIĆ, 2000; 2003). It is noticeable that such a route does not deviate much from pilgrimage routes (Fig. 7), and not even from antique routes, which leads to the conclusion that climate conditions, including winds, have not changed (significantly) during the whole period, and that maneuvering abilities of vessels powered by sails and oars had not improved a lot until the appearance of steam ships in mid nineteenth century (PAVIĆ, 2000). It can be assumed that, although Rosaccio in his isolario did not recommend the routes at the foot of Velebit and Biokovo due to threats posed by the Uskoks of Senj and Ottoman presence in mid-Dalmatian littoral area (PAVIĆ, 2000), their peripheral role was probably a consequence of weak land transport connections of that area with its hinterland and steep and inhospitable coasts, and also of frequent and intensive bora flows across those areas, unfavourable for navigation (KOZLIČIĆ ET AL., 2012).

Beautemps-Beaupré's Hydrographic survey of the Adriatic

The earliest thorough study about the Adriatic winds and their influence on sailing was performed by Beautemps-Beaupré in 1806 and 1808 – 1809

osnovne ubraja buru i jugo (KOZLIČIĆ, 2006.). Za buru tvrdi kako je zbog žestine puhanja opasan vjetar za plovidbu, najsnažnije puše potkraj zime, pojavljuje se iznenada i puše na udare (najintenzivnije u Kvarneru i na sjevernom Jadranu), te „baca“ brodove prema talijanskoj obali. Ipak, Beautemps-Beaupré spominje i pozitivne utjecaje bure na plovidbu, na način da je brod može koristiti kao pogonski vjetar, pri čemu s dijela Jadrana na potezu od Dugog otoka do Visa brod pogonjen burom može ploviti do Rta Gargano (današnja Italija), koji se nalazi jugozapadno od Palagruže. Usporedbom toga podatka sa suvremenim mjerenjima i obalnim reljefom koji se pruža paralelno sa spomenutim pojasom, može se uočiti da je na tom dijelu Jadrana brzina bure nešto manja, a zbog nepostojanja visokog i razvijenog reljefa i nešto manje sklona oscilacijama i naglim udarima zbog čega može biti pogodnija za jedrenje. Drugi način korištenja bure kao pogonskog vjetra, prema Beautemps-Beaupréu, je isplavlavanje iz Jadrana kada se brod nalazi na pučini južnog Jadrana (KOZLIČIĆ, 2006.). Beautemps-Beaupré navodi da se juga pomorci ne trebaju bojati kao bure, ali da je tijekom zimskih mjeseci praćeno maglom koja može zakloniti pogled na obalu s mora. Tvrdi i kako nije rijetkost da na pojedinim dijelovima Jadrana puše više vjetrova istodobno – npr. na području Kvarnera bura, a južnije na pučini jugo. Beautemps-Beaupré spominje vjetrove smjera N i NW za koje navodi da su manje opasni nego jugo, stvaraju manje valove i omogućuju isplavlavanje iz Jadrana, pri čemu maestral puše tijekom proljeća i ljeta. Nerijetko se smjenjuje s jugom, pri čemu prilikom smjena smjerova vjetra nastaju zatišja. Spominje i noćne vjetrove s kopna, koji pušu manjom ili većom jačinom, čime katkad mogu otežati uplovlavanje u luke (KOZLIČIĆ, 2006.).

Peljar Jadranskog mora Giacomina Marienija

Vrijedan osvrt na utjecaj vjetra na plovidbu Jadranom sadržan je i u djelu *Peljar Jadranskog mora* iz 1830. Giacomina Marienija, talijanskog kapetana. Peljar je nastao na temelju podataka prikupljenih tijekom sustavne i cjelovite hidrografske izmjere Jadrana provedene u suradnji Austrijske Carevine, Kraljevstva Dviju Sicilija i Ujedinjenog Kraljevstva 1818. – 1819. Marienijev peljar, osim što, kao i Beautemps-Beaupréovo hidrografsko djelo s početka 19. stoljeća, sadrži posebno poglavlje o vjetrovima,

during his hydrographic survey of the Adriatic. Beautemps-Beaupré classified winds into *main winds* and *other winds*, where bora and jugo are treated as main winds (KOZLIČIĆ, 2006). He claimed that bora is a wind which is threatening to navigation due to its immense intensity; it flows at its maximum at the end of winter, appears instantly and blows in sudden breaches (with highest intensity across the north Adriatic and Kvarner archipelago), and it “throws” ships towards Italian coasts. Nevertheless, Beautemps-Beaupré also mentioned positive effects of bora events on sailing – ships could harvest bora as a power resource when sailing from eastern mid-Adriatic (from Dugi Otok Island to Vis Island) towards Cape Gargano (Italy), positioned southwest of Palagruža. Comparing that data with the contemporary wind monitoring and coastal relief it is noticeable that bora velocities across that part of Adriatic are lower in scale and less prone to oscillations and sudden breaches due to relatively flat relief, so it could be more suitable for sailing. The other way of harvesting bora, according to Beautemps-Beaupré, is in situations of sailing outwards from the Adriatic, when the ship is positioned in the open seas of the South Adriatic (KOZLIČIĆ, 2006). Beautemps-Beaupré stated that jugo does not cause such threats as bora does, but during winters it is followed by thick fog that blocks the sight when observing coast from ship’s decks or masts. He also stated that there are frequent occasions of multiple winds generated across the Adriatic at the same time – for example, a situation of bora event across Kvarner archipelago and simultaneous jugo event ongoing southwards across open seas. Other winds, less threatening than jugo, as described by Beautemps-Beaupré, are N and NW winds, generate smaller waves, and are favourable for sailing outwards the Adriatic. Mistral, as he claimed, occurs during spring and summer, with frequent inter-substitutions of mistral and jugo with ongoing periods of calmness between the two. He also mentioned nighttime winds coming from coastal land mass, which flow at lower and higher velocities, and can (sometimes) cause difficulties to ships sailing into ports (KOZLIČIĆ, 2006).

Giacomo Marieni’s Adriatic Sea Pilot

A valuable study of the influence of wind on sailing was given by Giacomo Marieni in his 1830 work entitled *Adriatic Sea Pilot*. The pilot was created upon data collected during systematic and thorough hydrographical survey of the Adriatic performed in cooperation of the Kingdom of

razmatra i obilježja vjetra na pojedinim dijelovima istočne obale Jadrana, koji Marieni dijeli na obalu Istre, Kvarner, Podvelebitsko primorje te sjevernu, srednju i južnu Dalmaciju. K tome upozorenja na prevladavajuće, osobito snažne vjetrove dana su u bilješkama na listovima pomorske karte *Carta di cabotaggio del Mare Adriatico* koju je Vojno-geografski institut iz Milana objavio 1822. – 1824. (FARIČIĆ, MIROŠEVIĆ, 2017.)

Marieni smatra da je istočna obala Jadrana pogodnija za plovidbu od zapadne, i to tijekom cijele godine za uplovljavanje i za isplavljavanje, dok zapadnu obalu Jadrana smatra pogodnom za isplavljavanje samo u proljeće (MARIENI, 1830.). Prema Marieniju, burom se nazivaju vjetrovi smjera NNE, NE i ENE, najprisutniji je vjetar nakon juga i kod pomoraca ulijeva strah zbog iznenadnog pojavljivanja čime pri navigaciji često ne dopušta dovoljno vremena za prilagodbu plovidbe. Također, u Marienijevu peljaru stoji da bura najjače puše zimi (od devet do čak trideset dana, a ljeti najviše tri dana), i to na području Kvarnera, pri čemu podiže česte i promjenjive valove te brod može odbaciti na zapadnu obalu Jadrana. Jugo opisuje kao vjetar koji u Jadran ulazi kroz Otrantska vrata, nakon čega prati smjer pružanja Jadrana, uzrokuje nemirno more, a zbog snage i trajanja najčešće od tri do devet dana može biti opasno za plovidbu. Za maestral Marieni kazuje da često puše u proljeće, a noću se izmjenjuje s vjetrom s kopna, smatra ga pogodnim vjetrom za isplavljavanje iz Jadrana i općenito pogodnim za plovidbu jer ne stvara velike valove (MARIENI, 1830.). Ovdje ponajprije valja istaknuti kako je Marienijevo zapažanje o različitosti smjera bure, ovisno o pružanju obalnog reljefa, hvalevrijedan zapis, no istodobno njegova tvrdnja kako maestral najintenzivnije puše u proljeće ne odgovara izmjerenim podacima. Naime, maestral je vjetar specifičan ponajprije za ljetno razdoblje jer je osim lokalnim termičkim razlikama između mora i kopna, prije svega uvjetovan sinoptičkom situacijom prisutnom nad čitavim Sredozemljem, koja se javlja samo u ljetnim mjesecima (MARIENI, 1830.).

Prema spomenutoj podjeli Jadrana, Marieni navodi da je uz istočnu obalu Istre bura najžešći vjetar i puše paralelno s obalom, a da su naročito jaki udari bure na području Limskog kanala. Za jugo na tom području kazuje kako ima smjer SE, nije opasan kao bura, ali na pučini podiže velike valove te puše najintenzivnije tijekom zime i proljeća, a Rt Premantura je najopasniji dio istarske obale za puhanja juga. Također, navodi da je tijekom

Austria, Kingdom of Two Sicilies and the United Kingdom 1818 – 1819. Marieni's pilot, except for having a separate chapter about winds, as in Beauteemps-Beaupré's work, contains particular wind properties across separate eastern Adriatic sub-regions. Marieni divided the eastern Adriatic into Istria coast, Kvarner archipelago, coastal area at the foot of Velebit, and north, central and south Dalmatia. Additionally, warnings about prevailing stormy winds were included in form of notes on segments of the nautical chart entitled *Carta di cabotaggio del Mare Adriatico (Adriatic Sea Cabotage Chart)*, published by Milano Military-Geographic Institute 1822-1824 (FARIČIĆ, MIROŠEVIĆ, 2017).

Marieni considers that the eastern Adriatic coast is much more favourable for navigation than its western coast, for both directions – sailing inwards or outwards of Adriatic, while the western coast is favourable for sailing outwards only in spring (MARIENI, 1830). According to Marieni, bora is an umbrella term for winds that flow from NNE, NE and ENE directions; it is the most prevailing wind besides jugo and causes fear among mariners due to its sudden appearance, not allowing them to adapt the sails and course of the ship adequately. In addition, he claims that bora most frequently occurs in winter (in intervals lasting from 9 to 30 days, and up to 3 days in summer) across Kvarner archipelago, whilst often generating unpredictable sea conditions that can throw ships towards western Adriatic coast. Jugo is described as a wind entering the Adriatic from the Strait of Otranto, then following the axis of the Adriatic, causing wavy sea conditions and can be threatening to navigation (due to its intensity and 3 to 9 day intervals). Mistral is described as a wind that occurs in spring, and is substituted by land-breeze during nighttime. Marieni considers mistral as the most favourable wind for sailing outwards the Adriatic, and very favourable for sailing in general because it is not able to generate high waves (MARIENI, 1830). It needs to be emphasized here that Marieni's observation over differences in bora flows is a highly valuable record, but at the same time his claims that spring is the season of most frequent mistral events do not go hand in hand with contemporary measured data. Mistral is a type of air circulation caused, besides local sea-land thermal imbalance, by specific summertime synoptic situation covering the Mediterranean that occurs only in summer.

Marieni stated that along the eastern coast of Istria bora is the most intense wind that flows in

ljeta uz obalu Istre prisutan povjetarac koji puše iz smjera NW danju, dok noću mijenja smjer u NE – ovdje pod povjetarcem vjerojatno podrazumijeva maestral, a ne čisti zmorac, s obzirom na to da bi zbog osi pružanja zapadne obale Istre smjer zmorca trebao biti bliži SW. Kvarner je, prema Marieniju, dio Jadrana na kojem puše najjača bura koja je pritom u stanju odbaciti brodove izvan zaljeva, a ljeti puše blaže i ima naziv burin. Za jugo na području Kvarnera navodi kako nije toliko opasan za plovidbu izuzev situacija nagle izmjene smjera vjetra iz juga u buru. Uz Kvarner, Marieni izdvaja i Podvelebitsko primorje kao područje iznimne snage bure, naročito uz obalu, pri čemu ističe Senj, za koji navodi da je na tom području snaga bure zimi golema te da su moguće situacije u kojima u Senju bijesni bura, a nekoliko milja dalje na pučini ili nema vjetra ili puše neki drugi vjetar. Dalmaciju Marieni u svojem peljaru dijeli na tri dijela: sjevernu, srednju i južnu, pri čemu granicom sjeverne i srednje Dalmacije smatra Rt Planku (Ploča). Sjeverna Dalmacija je, prema Marieniju, bogata zaklonima od vjetra, prostor na kojem puše najjača bura je šibensko primorje, dok je područje oko Dugog otoka izloženo puhanju vjetrova s juga i jugoistoka. Brodovima na putu od Zadra prema Šibeniku za vrijeme zime Marieni preporučuje plovidbu kanalima između otoka zadarskog arhipelaga, odnosno izbjegavanje plovidbe pučinskom stranom Dugog otoka. Rt Planka i poluotok Pelješac u Marienijevu su peljaru granice srednje Dalmacije, za koju kazuje da je izložena sjevernim vjetrovima, naročito uz obalni pojas te kako jugo uzrokuje nevremena u hladnijem dijelu godine a da je ljeti blago. Vezano uz ljeto, Marieni navodi i kako u tom razdoblju pušu povjetarci s istoka i sjeverozapada, ali da otoci svojim pravcem pružanja štite kanale od vjetrova iz smjera NW i SW. Za južnu Dalmaciju Marieni navodi da je to područje podložno puhanju bure, naročito kod ušća Neretve, dok je jugo naročito neugodno na otvorenom moru jugoistočno od Dubrovnika, a njegov je intenzitet nešto slabiji uz obale otoka (MARIENI, 1830.).

parallel with the shore, and that most immense bora breaches are along Limski channel. Jugo is, as he wrote, a less threatening wind flowing from SE direction which can generate high waves in the open sea, most frequently in winter and spring, and Cape Premantura is the most dangerous part of Istrian coast during jugo events. He also wrote that alongside coast of Istria there are events of NW breeze at daytime, which is probably mistral, and not pure sea-breeze, because sea-breeze should have the direction closer to SW. According to Marieni, Kvarner archipelago is part of the Adriatic with most intense bora events which are able to throw ships to open seas, and that in summer bora has lower intensity and is called *burin*. Jugo is not such a threatening wind across Kvarner archipelago, except for the events of sudden bora-jugo alterations. Marieni highlighted the coastal area at the foot of Velebit as a region of excessive bora events, especially in the vicinity of Senj, and that there are scenarios of furious bora breaches across Senj region, while few miles ahead, across open sea there is some other wind or even total calmness. Dalmatia is divided by Marieni into north, central and south part. According to Marieni, the border between North and Central Dalmatia is Cape Planka (Ploča). North Dalmatia is full of safe havens for ships. Littoral area of Šibenik is region of most intense bora, while the area around Dugi Otok is most prone to south and southeast wind. For ships that sail from Zadar to Šibenik during winter, Marieni recommended routes that go through channels between the islands, and to avoid sailing past outer coast of Dugi Otok. Cape Planka and Pelješac peninsula are Marieni's borders of Central Dalmatia, a region he says is prone to northern wind breaches, especially along its coastal part. He also claims that jugo causes storms in winter but flows mildly in summer. He also wrote that there are events of east and northwest breeze across this region but that island relief dampens stronger flows from NW and SW directions. According to Marieni, South Dalmatia is a region prone to bora events, particularly around Neretva river mouth, whilst jugo is the most unpleasant wind across open seas, southeast of Dubrovnik, with its intensity somewhat declining in areas closer to the island coasts (MARIENI, 1830).

Zaključak

Arheološki nalazi i kasniji pisani izvori o jedrenjačkoj plovidbi hrvatskim dijelom Jadrana od prapovijesti do novog vijeka nedvojbeno kazuju kako je vjetar bio iznimno važan čimbenik u organizaciji plovidbe. Važnost učinka vjetra na plovidbu odražavala se prostorno, izborom odgovarajućih plovidbenih ruta te vremenski, na način da se većina plovidbe organizirala u toplijem dijelu godine kada prevladavaju povoljnije atmosferske prilike i to tijekom čitave povijesti plovidbe na jedra ovim prostorima. Tijekom prapovijesti i antike longitudinalne plovidbene rute uglavnom su bile priobalne i međuotočne, dok se kasnije, ponajviše za vrijeme srednjega i početka novoga vijeka, povećanjem dimenzija i razvitkom maritimnih sposobnosti brodova te poboljšanjem navigacijske opreme (suhi kompas, pomorske karte) sve više koristi pučinski rub otoka. Vidljivo je da su vjetrovi poput maestrala, blažeg do umjerenog juga te vjetrova lokalne cirkulacije zraka bili povoljni za plovidbu. Pritom se kao iznimno povoljan vjetar izdvaja mastral. Kao vjetrovi za čijeg se puhanja plovidba ne preporučuje redovito se spominju bura i olujno jugo, premda se, prema navodima Beautemps-Beaupréa, i bura na otvorenome moru, kada već gubi na intenzitetu, može iskoristiti kao pogonski vjetar za plovidbu prema jugozapadu.

Usporedbom podataka o vjetru na istočnoj obali Jadrana u djelima Beautemps-Beaupréa i Marienija sa zapisima iz staroga i srednjega vijeka, vidljivo je kako su oni njihova svojevrsna nadogradnja što se tiče preciznosti podataka, dok su opisi pojedinih vjetrova i njihova utjecaja na plovidbu u biti isti, što ide u prilog potvrdi hipoteze kako su hidrometeorološke prilike na Jadrano u pravilu ostale neizmijenjene, kao i njihov utjecaj na plovidbu. Također, usporede li se s podacima o smjerovima, čestinama i srednjim brzinama vjetra iz novijeg doba dobivenih uz pomoć suvremenih mjernih instrumenata, vidljivo je da su i ti podatci potvrda tisućljetnih spoznaja o obilježjima vjetra na istočnoj obali Jadrana, a Beautemps-Beaupréovi, a naročito Marienijevi zapisi o vjetru na istočnoj obali Jadrana su, unatoč nedostatku preciznijih mjerenja i egzaktnijih numeričkih podataka, iznimno vrijedan materijal, ne samo historiografski, već i zbog mogućnosti praktične primjene i u današnje doba.

Conclusion

Archaeological findings and posterior written sources of sailing across the Croatian part of the Adriatic that took place since prehistory till Modern Age undoubtedly prove that winds were an extremely important factor in terms of sailing organization. Throughout the history of sailing in this area it has been reflected in two ways— spatially by choosing the appropriate sailing routes and temporarily by organizing sailing during warm part of the year with more favourable weather conditions. During prehistory and antiquity, longitudinal sailing routes stretched mostly in close proximity to the coast and through channels between islands, while later, especially medieval and modern age routes went mostly along island open sea boundaries as bigger ships and new navigational technologies were introduced (dry compass, nautical charts). It is obvious that winds such as mistral, mild jugo and local air circulation were favourable for mariners, with mistral being the most favourable one. Winds that were usually not recommended for sailing were bora and stormy jugo, although, according to Beautemps-Beaupré, even bora, after declining in strength, could be efficiently harvested across open seas for sailing southwestwards.

A comparison between the information about winds contained in Beautemps-Beaupré's and Marieni's works and similar older sources showed that their writings are an improvement in terms of precise wind descriptions, while core descriptions of specific winds and how they affected sailings are basically the same—a confirmation of the hypothesis that weather conditions have not been changed, same as their influence on sailing. A comparison between those writings and contemporary wind data (frequencies and velocities), showed that they are a testament of millennia-old knowledge of winds across eastern Adriatic. It also showed that Beautemps-Beaupré's and Marieni's works are, despite the lack of precise measurements and exact numerical data, highly valuable material, not only in terms of historiography, but in terms of their possible application even today.

IZVORI / SOURCES

Digitalni atlas Republike Hrvatske (DARH), Državna geodetska uprava, Republika Hrvatska.

Digitalni model reljefa (DMR), SRTM 90m, URL: <http://srtm.csi.cgiar.org/>

Državni hidrometeorološki zavod (DHMZ), Grič 3, 10 000 Zagreb – podatci o čestini te srednjoj i maksimalnoj brzini vjetra iz šesnaest smjerova za klimatološka godišnja doba i godišnji prosjek kroz tridesetogodišnje razdoblje (1981. – 2011.) zaprimljeni su tijekom zime 2012. i proljeća 2013. / tabular wind data (frequencies, average and maximum velocities in 16-point range over annual average values and particular climatological season values) for 1981-2011 climate cycle were acquired during winter of 2012 and spring of 2013.

URL 1: *Voronoi dijagrami*, Lecture 7: Voronoi Diagrams, Presented by Allem Miu, 6,838 Computational geometry, September 27, 2001, <http://nms.lcs.mit.edu/~aklmiu/6.838/L7.pdf>, 20. 9. 2016.

URL 2: *Palagruški arhipelag*, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Katedra za satelitsku geodeziju, http://astrogeo.geoinfo.geof.hr/pelagosa_arhipelag/?page_id=2966, 12. 11. 2016.

URL 3: *Podvodna arheološka nalazišta i muzeji*, Međunarodni centar za podvodnu arheologiju u Zadru, <http://icua.hr/hr/podvodnanalazistaimuzeji>, 29. 11. 2016.

URL 4: *Nepoznati brodolomi kod Visa i Palagruže*, Slobodna Dalmacija, <http://www.slobodnadalmacija.hr/scena/mozaik/clanak/id/281778/kod-visa-i-palagruze-tri-do-sada-nepoznata-brodoloma>, 29. 11. 2016.

URL 5: *Ancient Sailing and Navigation*, Nabateja, <http://nabataea.net/sailing.html>, 30. 11. 2016.

LITERATURA / BIBLIOGRAPHY

BERTOTTI, L., CAVALERI, L. (2009): Wind and wave predictions in the Adriatic Sea, *Journal of Marine Systems*, 78, 227-234.

BILIĆ, T. (2012): Smjer vjetra – jedan od problema u antičkoj plovidbi Jadranom, *Pomorstvo: Scientific Journal of Maritime Research*, 26 (1), 81-93.

BRUSIĆ, Z. (1970): Problemi plovidbe Jadranom u prethistoriji i antici, u: *Pomorski zbornik*, 8, Zadar, 549-568.

BRZOVIĆ, N. (2001): Razvoj olujnih vjetrova na Jadranu, u: *Jadranska meteorologija*, 49, Zagreb, 33-44.

CASTRO, F., CICILIO, F., FONESCA, N., VACAS, T. (2008): A Quantitative Look at Mediterranean Lateen- and Square-Rigged Ships (Part 1), *The International Journal of Nautical Archaeology*, 37 (2), 347-359.

CVITANOVIĆ, A. (2002): *Geografski rječnik*, Hrvatsko geografsko društvo – Zadar, Hrvatsko geografsko društvo – Zadar, Matica hrvatska Zadar, Filozofski fakultet Zadar Zadar, pp. 685.

CHAMPBELL, I. C. (1995): The Lateen Sail in World History, *Journal of World History*, 6 (1), 1-23.

GELO, B. (2010): *Opća i pomorska meteorologija*, Sveučilište u Zadru, Zadar, pp. 614.

FARIČIĆ, J. (2012): *Geografija srednjodalmatinskih otoka*, Sveučilište u Zadru i Školska knjiga, Zadar, Zagreb, pp. 515.

FARIČIĆ, J. (2014): The Significance of the Croatian Coastline in the Network of European Pilgrim Routes, u: *Pilgrimage and Sacred Places in Southeast Europe: History, Religious – Tourism and Contemporary Trends*, (ur. Katić, M., Klarin, T., McDonald M.), Lit Verlag, Berlin, 25-47.

FARIČIĆ, J. (2015): Dolasci sv. Franje Asiškog na hrvatsku obalu u kontekstu pomorsko-geografskog sustava Jadrana, *Kačić*, 46-47, 67-90.

FARIČIĆ, J., MIROŠEVIĆ, L. (2017): Carta di cabotaggio del Mare Adriatico (1822–1824): A Turning-Point in the Development of Adriatic Maritime Cartography, *Imago Mundi*, 69 (1), 99-111.

FERRARESE, S., CASSARDO, C., ELMI, A., GENOVESE, R., LONGHETTO, A., MANFRIN, M., RICHIARDONE, R. (2009): Air-sea interactions in the Adriatic basin: simulations of Bora and Sirocco wind events, *Geofizika*, 26 (2), 157-170.

GLUŠČEVIĆ, S. (1994): Brodolomi i brodarenje na istočnoj obali Jadrana od prapovijesti do 19. stoljeća, *Kaštelanski zbornik*, 4, 25-58.

- HEIMANN, D. (2001): A model-based Wind Climatology of the Eastern Adriatic Coast, *Meteorologische Zeitschrift*, 10 (1), 5-16.
- IVANČAN-PICEK, B., JURČEC, V., DRVAR, D. (2006): On the Causes of Adriatic Jugo Wind Variations, *Hrvatski meteorološki časopis*, 41, 21-32.
- KATALINIĆ, M., ČORAK, M., PARUNOV, J. (2015): Analysis of wave heights and wind speeds in the Adriatic Sea, u: *Maritime Technology and Engineering*, (ur. Guedes Soares, C., Santos, T. A.), Taylor & Francis Group, London, 1389-1394.
- KOZLIČIĆ, M. (1990): *Historijska geografija istočnog Jadrana u starom vijeku*, Književni krug, Split, pp. 417.
- KOZLIČIĆ, M. (1995): *Kartografski spomenici hrvatskog Jadrana*, AGM, Zagreb, pp. 390.
- KOZLIČIĆ, M. (1997): *Plovidba Jadranom 14.-16. stoljeća u putničkim izvješćima*, Radovi Filozofskog fakulteta u Zadru. Razdio povijesnih znanosti, 35, 257-279.
- KOZLIČIĆ, M. (2006): *Istočni Jadran u djelu Beaumets-Beaupréa*, Hrvatski hidrografski institut, Split, pp. 496.
- KOZLIČIĆ, M., FARIČIĆ, J., UGLEŠIĆ, S. (2012): Geografska osnova navigacije Velebitskim kanalom prema Senjskom peljaru iz 1639. godine, *Geoadria*, 17 (1), 45-71.
- LUKŠIĆ, I. (2004): Neki odnosi između zmorca, etezije i atmosferskog poremećaja, *Hrvatski meteorološki časopis*, 39, 121-133.
- MAGAŠ, D. (2013): *Geografija Hrvatske*, Sveučilište u Zadru i Meridijani, Zadar i Samobor, pp. 597.
- MARIENI, G. (1830): *Portolano del Mare Adriatico*, Compilato sotto la Direzione dell'Istituto geografico militare dell'I. R. Stato maggiore generale, Dal capitano Giacomo Marieni, Dall'Imperiale regia stampera, Milano, pp. 601.
- NOVAK, D., LAPAINE, M., MLINARIĆ, D. (2005): *Pet stoljeća geografskih i pomorskih karata Hrvatske*, Školska knjiga, Zagreb, pp. 467.
- PANDŽIĆ, K., WEIGEL, K., LISKO, T. (2005): Wind Roses for Several Onshore-Offshore Profiles at the Eastern Adriatic Coast, *Hrvatski meteorološki časopis*, 40, 620-622.
- PAVIĆ, M. (2000): Plovidbena ruta sjevernim Jadranom u izolaru Giuseppea Rosaccija, *Radovi Zavoda za povijesne znanosti HAZU u Zadru*, 42, 173-194.
- PAVIĆ, M. (2003): Plovidbena ruta srednjim i južnim Jadranom u izolaru Giuseppea Rosaccija, *Radovi Zavoda za povijesne znanosti HAZU u Zadru*, 45, 153-199.
- PAVIĆ, M. (2007): Prilog poznavanju hodočasničkih putovanja od Venecije do Svete Zemlje u XVI. stoljeću, *Croatica Christiana Periodica*, 59, 33-47.
- Peljar I., Jadransko more – istočna obala*, Hrvatski hidrografski institut, Split, 1999., pp. 496.
- PENZAR, B., PENZAR, I., ORLIĆ, M. (2001): *Vrijeme i klima hrvatskog Jadrana*, Nakladna kuća Dr. Feletar, Zagreb, pp. 258.
- RIĐANOVIĆ, J. (2002): *Geografija mora*, Hrvatski zemljopis – Naklada Dr. Feletar, Zagreb, pp. 214.
- STRAŽIČIĆ, N. (1989): *Pomorska geografija Jugoslavije*, Školska knjiga, Zagreb, pp. 311.
- ŠEGOTA, T., FILIPČIĆ, A. (1996): *Klimatologija za geografe*, Školska knjiga, Zagreb, pp. 471.
- ŠEŠELJ, L. (2009): *Promunturium Diomedis: Svetište na rtu Ploča i jadranska pomorska trgovina u helenističkom razdoblju*, Doktorska disertacija, Poslijediplomski studij *Povijest hrvatskog pomorstva*, Sveučilište u Zadru, Zadar, pp. 674.
- VUČETIĆ, M., VUČETIĆ, V. (2002): *Vrijeme na Jadranu – meteorologija za nautičare*, Fabra d.o.o., Zagreb, pp. 129.
- WILSON, R. M. (2010): *The Physics of Sailing*, JILA and Department of Physics, University of Colorado, Boulder, Colorado, USA.
- ZORE-ARMANDA, M. (2000): Razvoj fizičke oceanografije na Jadranu, *Pomorski zbornik*, 38, 301-331.