Hidrografske i oceanografske značajke Jadranskog mora

Vojković, Toni

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:164:800764

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

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

zir.nsk.hr

UNIVERSITY OF SPLIT

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U SPLITU
POMORSKI FAKULTET

TONI VOJKOVIĆ

HIDROGRAFSKE I OCEANOGRAFSKE ZNAČAJKE JADRANSKOG MORA

ZAVRŠNI RAD

SPLIT, 2016.

SVEUČILIŠTE U SPLITU

POMORSKI FAKULTET

POMORSKE TEHNOLOGIJE JAHTA I MARINA

HIDROGRAFSKE I OCEANOGRAFSKE ZNAČAJKE JADRANSKOG MORA

ZAVRŠNI RAD

MENTOR: **STUDENT:**

Prof. dr. sc. Zlatimir Bićanić **Toni Vojković (MB: 0171234265)**

SPLIT, 2016.

SAŽETAK

Svrha završnog rada je upoznavanje s oceanografijom i hidrografijom općenito, a poseban naglasak je na upoznavanju Jadranskog mora i njegovih obilježja. Da nije bilo velikih istraživanja mora koja su započela u drugoj polovici 19. stoljeća, danas bi se o moru znalo jako malo. Tako danas, da bi unaprijedili svoje znanje i omogućili sigurnost na moru, u Hrvatskoj imamo *Hrvatski hidrografski institut* koji doprinosi povećanju sigurnosti plovidbe u području hidrografske djelatnosti. Završni rad se sastoji od pet temeljnih poglavlja. Nakon uvoda, drugo poglavlje opisuje osnovne pojmove i povijesni razvoj oceanografije. Treće poglavlje opisuje hidrografiju kao znanost te današnje organizacije hidrografije. Četvrti dio govori o značajkama Jadranskog mora kao što su slanost, vodene mase, utjecaj vjetra na strujanje, morske mijene i razina mora u Jadranu. Na kraju je prikazan osvrt na završni rad u cjelini.

Ključne riječi: *hidrografija, oceanografija, Jadransko more*

ABSTRACT

The aim of this paper is to introduce into the oceanography and the hydrography in general, with a special emphasis on the Adriatic Sea and it’s features. The significant marine research started in second half of the 19th century, making the knowledge of the sea a lot easier. Today *Croatian Hydrographic Institute* brings to the safety of navigation in the area of hydrographic activities in Croatia. This paper consists of five basic chapters. After the introduction, the second chapter describes the basic concepts and the historical development of oceanography. The third chapter describes the hydrography as a science and today's organizations of hydrography. The fourth part is about the features of the Adriatic Sea, such as salinity, water masses, the wind effect on currents, tides and sea levels in the Adriatic. Finally, a review of the thesis as a whole is shown.

Key words: *hydrography, oceanography, Adriatic Sea*

SADRŽAJ

1. UVOD 1
2. OCEANOGRAFIJA 2
2.1. DEFINICIJA OCEANOGRAFIJE 2
2.2. PODJELA OCEANOGRAFIJE 3
2.3. POVIJESNI RAZVOJ OCEANOGRAFIJE 5
2.3.1. Klasično doba oceanografije (3000. pr.Kr. do 1400.) 6
2.3.2. Predchallengersko doba (1492.–1777.) 7
2.3.3. Challengersko doba (1832.-1876.) 10
2.3.4. Poslijechallengersko doba (1893.- 1960.) 11
2.3.5. Glomar-challengersko doba (od 1961. do danas) 12
3. HIDROGRAFIJA 15
3.1. HIDROGRAFIJA KAO ZNANOST 16
3.2. POVIJEST HIDROGRAFIJE 19
3.3. HIDROGRAFSKE ORGANIZACIJE 23
4. JADRANSKA OCEANOGRAFIJA I HIDROGRAFIJA 24
4.1. JADRAN OPĆENITO 24
4.2. ISTRAŽIVANJE JADRANSKOG MORA 26
4.3. SLANOST JADRANSKOG MORA 27
4.4. MORFOLOGIJA BAZENA I STRUJE 27
4.5. VODENE MASE U JADRANU 28
4.6. UTJECAJ VJETRA NA STRUJANJE 30
4.7. BILANCA VODE NA POVRŠINI JADRANA 30
4.8. MORSKE MIJENE I RAZINA MORA U JADRANU 31
4.8.1. Općenito o morskim mijenama 31
4.8.2. Plimne oscilacije u Jadranu 33
4.8.3. Sezonske i klimatske promjene razine mora u Jadranu 34
5. ZAKLJUČAK 36
LITERATURA 37
POPIS SLIKA 38

1. UVOD

More je kolijevka života. More je izvor života. To veliko blago, plavetnilo koje prekriva veći dio planeta Zemlje, oduvijek je izazivalo zanimanje kod ljudi. Upravo zbog velikog interesa za morem i onim što ono skriva došlo je do istraživanja mora i razvoja mnogih znanosti.

Oceanografija je multidisciplinarna znanost o zemljinim oceanima i njihovih međusobno povezanih ekosustava te kemijskih i fizičkih procesa. Ona se bavi proučavanjem mora kroz pet područja, paralelno sa ostalim granama srodnih znanosti da bi nam što bolje objasnila karakteristike mora i podmorja, kako bi čovječanstvo bolje iskoristilo more i njegova bogatstva, uz što manje nanesene štete. Povijest oceanografije se odvijala kroz pet perioda, počevši od primarnog iskorištavanja mora zbog ribolova i plovnog puta, preko prvih nautičkih instrumenata, otkrića Amerike i ostalih kontinenata, do korištenja satelita. Tek u drugoj polovici 19. stoljeća istraživanje mora i oceana doživjelo je svoj procvat, tako ćemo kroz ovaj rad spomenuti i nekoliko najzaslužnijih osoba zbog kojih o moru i kopnu danas znamo ovoliko mnogo. Za sigurnu plovidbu zaslužna je hidrografija, znanost o prirodnim obilježjima voda i znanost o kopnu koje je okruženo vodom. Ona se bavi mjerenjem i opisom voda sigurnih za plovidbu, te izradom karata. Kroz naslove koji slijede saznat ćemo čime se to točno bavi hidrografija, i bolje upoznati obilježja vode.

Posebni naglasak će biti na upoznavanju Jadranskog mora, njegovih karakteristika, sigurnosti plovidbe te biljnog i životinjskog svijeta, kojim je itekako bogat. Jadransko more je pravo bogatstvo Hrvatske, i tu činjenicu prepoznaju i ljudi diljem cijelog svijeta. Zato imamo Hrvatski hidrografski institut koji osnažuje jadransku orijentaciju Hrvatske i stvara pretpostavke razvoja pomorskog gospodarstva.

2. OCEANOGRAFIJA

2.1. DEFINICIJA OCEANOGRAFIJE

Riječ oceanografija potječe od dvije grčke riječi *ocean* i *graf*, što bi označilo pisanje o oceanu. Oceanografija ili oceanologija je multidisciplinarna znanost o zemljinim oceanima i njihovim ekosustavima. Svoj razvoj ona temelji na različitim spoznajama baziranim na hidrofizici, hidrokemiji, geologiji, hidrologiji i sl. Služi se također i:

- **općom i analitičkom kemijom**; pri ispitivanju sastava morske vode, sadržaja plinova u moru itd.,
- **geometrijom**; da bi prikazali reljef morskoga dna i izradili karte struja, slanosti, temperature itd.,
- **fizikom i matematikom**; pri traženju što jednostavnijih zakona i formula o strujanju valova i morskim mijenama,
- **pomorskom geofizikom**; za proučavanje gravitacijskih, magnetskih i električnih svojstava Svjetskog mora,
- **hidroakustikom**; za proučavanje širenja zvuka kroz morsku vodu,
- **navigacijom**; pri lociranju istraženih i izmjerenih podataka na otvorenoj pučini,
- **hidrografijom**; pruža podatke o obalnom reljefu i oscilacijama morske razine. [2]

U početku oceanografija je isključivo služila potrebama plovidbe i iskorištavanju prirodnih bogatstava mora, ponajprije ribljeg fonda. Na osnovi podataka o morskim strujama, valovima, morskim mijenama i drugim oceanografskim elementima, pomorci su odabirali sigurniju plovidbenu rutu, odnosno poduzimali mjere za sigurniji boravak u luci. Za ribolovstvo vrlo je značajno poznavanje slanosti, temperature i sadržaja hranjivih soli na pojedinim područjima, kao indikatora ribljeg bogatstva. Oceanografski elementi mora od velike su važnosti za hidrotehničku gradnju i projektiranje brodova.
Potrebe čovječanstva traže sve veće iskorištavanje mora i podmorja. Sve to pred oceanografiju postavlja nove zadatke:

- usvajanje ekonomičnih procesa desalinizacije morske vode; za osiguranje zalihe slatke vode,

- upoznavanje biljnog i životinjskog svijeta; za što racionalnije iskorištavanje kao izvora hrane,
- traženje i iskorištavanje izvora energije i nalazišta rudnoga blaga,
- bolje poznavanje fizičkih, kemijskih, bioloških, morfoloških i geoloških znanja o podvodnom svijetu; za podvodnu plovidbu i upotrebe oceanografskih sredstava,
- iskorištavanje energetskih potencijala: morskih struja, valova i toplinske energije
- praćenje kvalitete morske vode,
- zaštita od zagađenja. [2]

2.2. PODJELA OCEANOGRAFIJE

Svi oceani i mora zajedno s atmosferom čine jedinstven Zemljin omotač, toliko složen da ga možemo proučavati samo tako da ga podijelimo na manje prirodne cjeline koje prirodno imaju i neke svoje specifičnosti povezane s položajem na Zemlji i neke druge geometrijske karakteristike. Tako se oceanografija dijeli na pet područja:

1. fizička oceanografija: područje oceanografije koje opisuje fizikalna stanja mora i njihove promjene u odnosu na vrijeme i prostor. Dakle, proučava fizičke procese u moru i određuje njihova stanja. Jednim dijelom smatrah se i granom fizičke geografije zbog toga jer opisuje raspodjelu vodenih masa, uvjete pod kojima se te fizičke mase formiraju i utjecaj strujnog sistema svjetskog mora na stvaranje vodenih masa različitih fizičkih svojstava. Međutim, od fizičke geografije se razlikuje po tome što izučava i objašnjava uzroke kretanja vodenih masa, sile koje ih generiraju, energiju u moru, interakciju i različite oblike širenja i prenošenje energije svjetskog mora. Za tumačenja teoretskih postavki i hipoteza služi se znanjima svih grana oceanografije i geofizike, što omogućuje izučavanja kompleksnog prirodnog sistema koji sadržava mnoge fenomene, a koji se mogu samo približno izolirati jedan od drugoga.

2. kemijska oceanografija: bavi se proučavanjem kemijskog sastava morske vode i kemijskim procesima u morskoj vodi, te proučava ulogu kemijskih svojstava morske vode u odnosu na biološke, fizičke i geološke procese koji su stalno prisutni u morskoj sredini. Ona omogućuje kvalitetnije objašnjenje mehanizma bioloških, fizičkih i geoloških procesa u moru. Slanost morske vode ima značajnu ulogu u fizičkoj oceanografiji za određivanje gustoće morske vode i za proračunavanje gradijentskih struja i brzine širenja zvuka u

moru. Kemijskim analizama određuje se sadržaj hranjivih soli (dušik, fosfor, silicij…), alkaliniteta, otopljenih plinova (kisik, ugljični dioksid), a sadržaj tih elemenata omogućuje analizu starosti, porijekla i kretanja vodenih masa i njihov utjecaj na život u moru. Kemijske analize sadržaja teških metala, organskih i anorganskih tvari, kao i prethodno navedene analize, bitni su pokazatelji stupnja zagađenja mora.

3. meteorološka oceanografija: ovo područje proučava međuodnos mora (hidrosfera) i zraka (atmosfera). Rezultati tih proučavanja imaju veliko značenje u svim oceanografskim analizama i studijama. Posebno je značajan utjecaj stalnih vjetrova na generiranje strujnih tokova i pojava konvekcije (upwelling) prizemnih vodenih masa u površinske slojeve, koje prenose hranjive soli iz prizemnih u površinske slojeve, što je vitalno značajno za procese bioprodukcije. Proučava i procese izmjene toplinske energije zrak-more-zrak o kojima ovisi toplotna bilanca mora, važan faktor u klimatološkim analizama i prognozama hidrometeoroloških elemenata. Paralelno s oceanografskim mjerenjima mjere se i motre meteorološki elementi, npr. Temperatura zraka, smjer i brzina vjetra, atmosferski tlak, rod i vrsta oblaka, količina naoblake i dr. Izmjereni i motreni podaci primjenjuju se u svim oceanografskim analizama.

4. biološka oceanografija: područje koje proučava biljni i životinjski svijet u moru. Razlikuju se nekoliko glavnih skupina morskih organizama koji žive u određenim predjelima morskog životnog prostora. Tako postoje bentos (organizmi morskog dna) i pelagijal (organizmi slobodnih voda). U bentosu se razlikuj sesilni bentos (organizmi pričvršćeni na morskom dnu) i vagilni bentos (organizmi koji se kreću po dnu), a u pelagijalu plankton (organizmi koji slobodno lebde u moru te se pasivno transportiraju raznim agensima) i nekton (organizmi koji se mogu aktivno kretati u moru).

5. geološka oceanografija: ona proučava morsku geologiju. Do sada je proučavan geološki sastav recentnog nanosa i konfiguracija morskog dna. Razvijaju se istraživanja ispod morskog dna, ponajprije seizmičkom i ultrazvučnom tehnikom. Rezultati ukazuju na mogućnost iskorištavanja zaliha energije deponirane ispod morskog dna, kao što su nafta, plin, i druga prirodna bogatstva. [2]

2.3. POVIJESNI RAZVOJ OCEANOGRAFIJE

Tek u drugoj polovici 19. stoljeća istraživanje mora i oceana doživjelo je svoj procvat. Prije toga istraživanja su bila ograničena na površinu oceana i na stvorenja koje su ribari vadili iz njega. U želji da objasni nastanak i karakteristike sedimentnih stijena na kopnu, njemački geolog Johannes Walther je bio među prvima koji je počeo proučavati obalne sedimente i procese.

Bougainvill i Cook su izveli istraživanja u Južnom Pacifiku i u svojim su izvještajima spomenili mora koja su posjetili. Tako se prethodnicom oceanografskih istraživanja, odnosno istraživanja otvorenih mora (*high seas*) može smatrati putovanje broda Beagle (1831.-1836.), na kojem je Charles Darwin postavio znanstvene osnove za istraživanje Zemljine povijesti (stvaranje vrsta evolucijom), te promišljanjima o gibanju morskoga dna u nastojanju da objasni stvaranje koraljnih otoka (atola). Sir James Clark Ross je poduzeo 1840. prvo moderno mjerenje dubine mora. Postojanje ogromne strmine iza kontinentalnih šelfova nije otkriveno sve do 1849. Mauryjeva Fizikalna geografija mora iz 1855. je bio prvi udžbenik iz oceanografije. Polaganje sjevernoatlantskog telegrafskog kabla potvrdilo je prisutnost srednjooceanskog hrpta.

Nakon sredine 19. stoljeća kada su znanstvena društva prolazila kroz poplavu novih terestričkih botaničkih i zooloških informacija, europski povjesničari prirode počeli su osjećati nedostatak više nego anegdotskih znanja o oceanima.

Počeci oceanografije kao kvantitativne znanosti zapravo su započeli 1872. kada su Charles Wyville Thompson i John Murray (oceanograf) krenuli u *Challenger* ekspediciju (1872.-76.). Ubrzo su ostali europski i američki narodi poslali znanstvene ekspedicije (kao što su učinili mnogi privatni pojedinci i institucije), a osnovani su i instituti posvećeni proučavanju oceanografije. Četiri najvažnija u Sjedinjenim Državama jesu Oceanografski institut *Scripps*, Oceanografski institut *Woods Hole*, Opservatorij *Lamont-Doherty*, i Sveučilište washingtonske škole oceanografije. Najvažnija nova institucija u Britaniji jest Southamptonski oceanografski centar.

Prva međunarodna oceanografska organizacija stvorena je 1901. pod imenom Međunarodno vijeće za istraživanje mora. 1921. godine u Monaku je osnovan Međunarodni hidrografski ured (IHB). Kasnije je 1966. Kongres SAD-a stvorio Nacionalni savjet za pomorska bogatstva i tehnički razvoj u čijoj je nadležnosti bilo istraživanje i

proučavanje svih aspekata oceanografije. Također je omogućio da Nacionalni znanstveni zavod novčano podupre ljude koji su obavljali ta proučavanja na polju oceanografije. [2]

2.3.1. Klasično doba oceanografije (3000. pr.Kr. do 1400.)

Ovo doba oceanografije obuhvaća najstarije spoznaje o razvoju oceanografije, no međutim njezini točni počeci nisu definirani. Poznato je da su Indijci i Polinezijci još u prapovijesnom razdoblju (3000.g.pr.Krista) zbog trgovine plovili Tihim i Indijskim oceanom. Tada je Sredozemno more, zajedno sa okolnim bliskoistočnim zemljama u porječju Nila, Eufrata, Tigrisa i Inda, bilo dio svjetskog globusa s poznatim zemljama starog vijeka i ujedno središte najpoznatijih svjetskih civilizacija. Navedeni prostor je smatran pločom omeđenom kopnenim i vodenim prostranstvima, a okružen velikom rijekom Oceanus. Ovakvo mišljenje se zadržalo dok ga nije promijenila klasična grčka nauka (Aristotel, Ptolomej, Eratosten, Hiparh, Strabo), a zatim i Babilonci. S vremenom, Zemlji se pripisuje oblik okruglog nebeskog tijela i izračunate su njezine dimenzije, a na geografskim kartama projicirani njezini oblici, površine i prostranstva. Za razvoj astronomske navigacije, ove spoznaje i činjenice bile su od velikog značaja. Astronomskom navigacijom se počinju služiti najstariji pomorci: Feničani, Grci, Vikinzi. Izumljeni su navigacijski instrumenti (astrolab, sekstant) koji su znatno pridonijeli sigurnosti plovidbe, a time i daljnjem razvoju nauke o moru. Feničani oko 500. pr.Kr. prolaze kroz Herkulove stupove i dopiru do Britanije dok Grci od 400. do 300. pr.Kr. izučavaju Sredozemlje i stvaraju njegove prve karte. Vikinzi oko 1000. prelaze sjeverni Atlantik i dopiru do istočne obale Kanade. Za vrijeme srednjeg vijeka humanističke znanosti doživljavaju svoj procvat, a moć tadašnjih velesila pretežno je usmjerena na kontinentalna osvajanja (Bizantinci, Arapi, Mongoli), stoga znanost o moru stagnira. U 9. stoljeću Arapi otkrivaju kompas. Oni su konstruirali prvi magnetski kompas pričvrstivši magnetsku iglu na dva plovka uronjena u posudu s vodom. Pretpostavlja se da su Kinezi već 2000-te godine prije Krista koristili svojstvo magnetske igle za određivanje smjera sjevera. Tek polovicom 12. stoljeća n.e. Arapi su kompas prenijeli u Sredozemlje (najranije spominjanje 1187.). No, Flavio Gioia iz Amalfija smatra se prvim izumiteljem kompasa, stoga što je 1302. sjedinio iglu s ružom vjetrova, tako da su igla i ruža bile neovisne o okretanju broda. U 16. stoljeću kompas je i dalje vrlo primitivan i ima vrlo promjenjivu točnost. Tek u 19. stoljeću pomorci su zapazili da željezni predmeti smješteni uz kompas

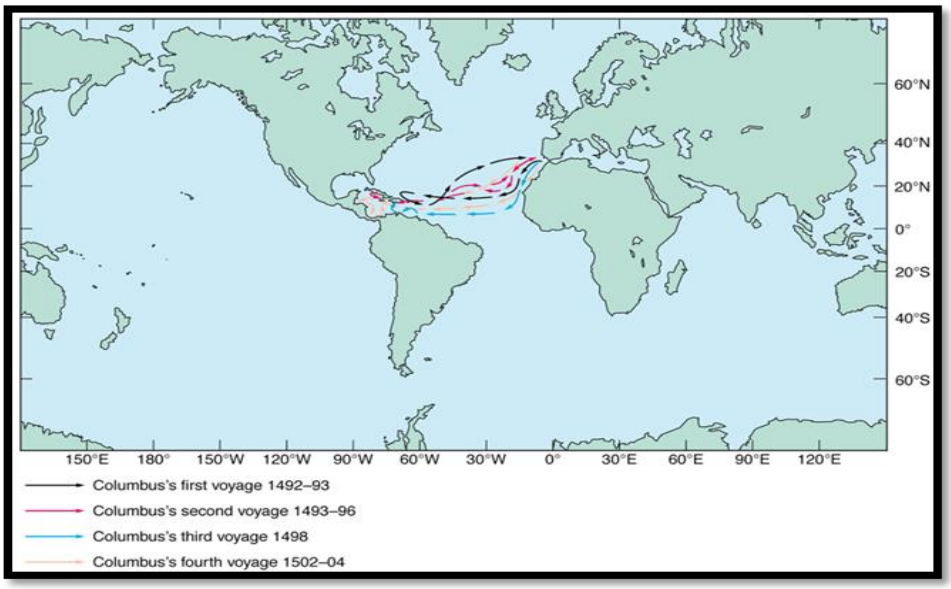
mogu uzrokovati velike pogreške. Mnoga saznanja ranijih pomoraca, kao na primjer Feničana, izgubila su se. Evropski pomorci pretpostavljali su da mora postojati put oko Afrike. Tako će započeti doba velikih otkrića. [2]

2.3.2. Predchallengersko doba (1492.–1777.)

Predchallengersko doba obuhvaća razdoblje od početka renesanse do polovice 19. stoljeća. Ovo doba je zlatno doba u hidrografiji, razdoblje velikih putovanja i otkrića, kolonizacije i razvoj trgovine. Možemo ga podijeliti na:

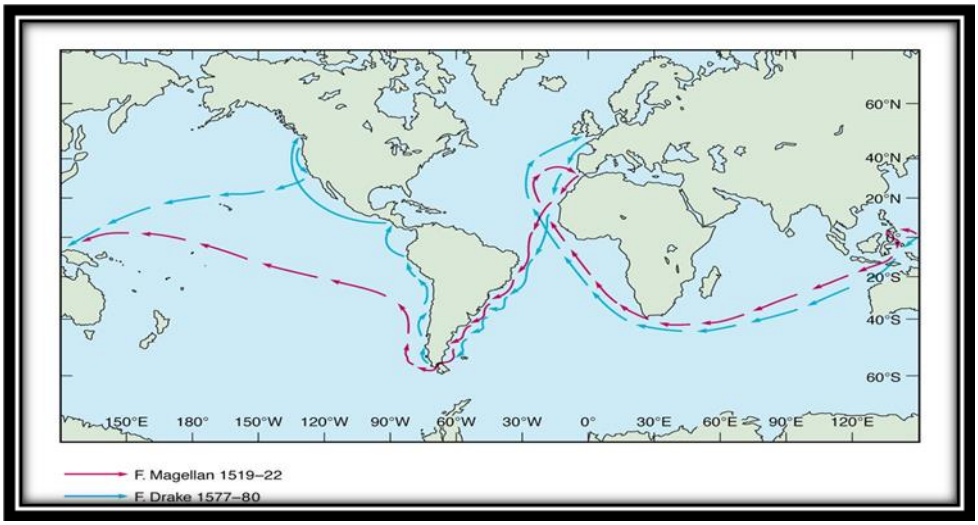
- *Doba velikih otkrića (1400-te do 1700-te)*
- *Doba prvih znanstvenih putovanja (1700-te do 1872.)*

Doba velikih otkrića. U traganju za novim i kraćim putovima u Indiju osobito se ističu Španjolska i Portugal kao najjače pomorske nacije onog vremena. Njihovim pomorcima od polovice 15. do polovice 16. st. pripada najveća zasluga za velika geografska otkrića novih kontinenata i prolaza. U to doba pomorci su sami izrađivali svoje karte. Prve pomorske karte izradili su početkom 14. stoljeća kormilari zapadnog Sredozemlja (Baleari), poznate pod nazivom *Portolano* karte, a na njima su se crtali samo priobalni detalji. 1416. godine princ Henrik od Portugala osnovao je u Sagresu školu za navigaciju. Henrik Pomorac se nadao pronalasku puta oko Afrike prema istoku. Henrik Pomorac je zaslužan za kolonijalnu trgovinu robljem, koja je bila osnovni motiv za istraživanje Afrike. Od portugalskih kapetana koji su probali oploviti Afriku ističe se Bartolomeo Diaz (1487./88.). Diaz nije oplovio Afriku, ali je prošao Rt Dobre nade, a da toga nije bio svjestan. Vasco da Gama (1498.) iz Atlantika preko Rta Dobre nade ulazi u Indik i dolazi do Indije. Oko 1492. Nijemac Martin Behaim, napravio je najstariji postojeći globus na temelju Ptolomejevih karata. Kako je Ptolomej uzeo opseg zemlje po Posidoniju, a ne po Eratostenu, udaljenost je bila znatno manja od stvarne. To je uvjerilo Kolumba da se do Azije može lako preko Atlantika. On je život posvetio traženju zapadnog puta u Indiju. 1492. došao je do Bahamskih otoka (San Salvador) za koji su mislili da je zapadna Indija. Slika 1. prikazuje Kolumbova putovanja.



Slika 1. Kolumbova putovanja [6]

Ferdinando Magellan (1480. -1521.) je uz Da Gamu i Kolumba treći veliki istraživač. Pomorac, geograf i istraživač koji je prvi oplovio Zemlju. Kada su napokon došli do Filipina, Magellan je ubijen i ekspedicija se raspala. To je 1580. ponovio Sir Francis Drake (slika 2.).



Slika 2. Magellanova i Drakeova putovanja [6]

Motiv Španjolaca za daljnje istraživanje Južne Amerike dala je legenda o *El doradu - Pozlaćenom*. To je bio vladar za kojeg se govorilo da se svakog dana premazuje uljem i prska zlatnom prašinom, te da vlada basnoslovno bogatom zemljom nazvanoj Manoa.

Pretpostavlja se da su Arapi došli do Australije puno prije Europljana, ali ih je tamo malo toga zanimalo, pa nisu više ponovili putovanje. Zanimljivo je da se Australija nalazila na zemljopisnim kartama prije no što su je Europljani otkrili. Europski su geografi potaknuti Magellanovim izvještajima o postojanju kopna južno od njegova prolaza, zaključili da postoji simetrična raspodjela kopna sjeverno i južno od ekvatora. Nacrtali su veliki zamišljeni kontinent i nazvali ga *Terra Australis*. Zamišljeni kontinent obuhvaćao je Antartiku, Australiju i velik dio Pacifika. Mit o velikom južnom kontinentu privlačio je evropske istraživače. Prirodoslovac, a kasnije i gusar William Dampier, je 1688. plovio sa svojim gusarima uz australsku obalu.

Doba prvih znanstvenih putovanja. Zapadni svijet je u nešto više od 60 godina otkrio put u Novi svijet i novi ocean (Pacifik). U tom razdoblju obrisi svih kontinenata osim Australije i Antartike su ucrtani u karte. Ponovni interes za prirodne znanosti počinje u 16. stoljeću i tijekom slijedećih stotinjak godina mnoge su studije izveli prirodoslovci amateri.

Početkom 18. stoljeća nekoliko europskih zemalja (pogotovo Španjolska, Francuska, Nizozemska i Engleska) nastoje otkriti nove zemlje radi kolonizacije, dobivanja sirovina ili trgovine, pogotovo začinima za koje se vjerovalo da pomažu u liječenju kuge.

Od 1529. portugalske karte prikazuju čitav svijet uključujući Pacifik, te Indiju i Kinu pravilno smještenima, te s Sjevernim i Južnim Polom. Jedna karta iz 1532. prikazuje Antartik gotovo točno što pobija povjesničare koji tvrde da istraživanje polova počinje u 19. stoljeću. Mercator (1512.-1594.) je oko 1560. izumio projekciju, koja je radikalno izmijenila navigacijske karte. I danas se praktički sve karte crtaju u ovoj projekciji usprkos izobličenju skale koje je sve veća što je dalje od ekvatora. U 17. stoljeću Englezi preuzimaju primat u kartografiji.

G. Galilei, talijanski matematičar, fizičar i astronom, pretpostavio je da su vertikalne oscilacije mora uzrokovane kretanjem Zemlje. Na osnovi razrađene Galileove teorije, I. Newton postavlja svoju teoriju gravitacijske sile Sunca i Mjeseca, koja uzrokuje vertikalne oscilacije, na kojoj se zapravo osniva moderna teorija o morskim mijenama, a kojoj je mnogo svojim radom pridonio francuski astronom Laplace.

1674. Robert Boyle, engleski fizičar i kemičar, objasnio je vezu između saliniteta, temperature, tlaka i dubine mora. Bavi se termičkim prilikama u moru, utvrđuje da su

dublje razine mora hladnije od površinskih i da se temperaturni odnosi mijenjaju s klimatskim prilikama atmosfere. Naglašava ono što je već tada bilo poznato, tj. da je ocean jednoliko zaslanjen i da se stupanj slanosti ne mijenja znatno od mjesta do mjesta.

1719. John Harrison, urar bez formalnog obrazovanja iz Yorkshire-a, napravio je svoj prvi kronometar (sat). Harrison je cijeli svoj život posvetio izradi kronometra, ali je tek četvrtim kronometrom (1759.) uspio zadovoljiti, i po dimenzijama i po točnosti, stroge uvjete Odbora. Nagrada mu je dodijeljena tek 1773. Tako je kronometar postao standardni instrument pomorske i zračne navigacije.

Praktično su prva moderna istraživanja mora (pogotovo biologije mora) započela tijekom putovanja i istraživanja Humboldta, te kapetana Jamesa Cooka. Od 1768. do 1779. kapetan James Cook je u svoja tri putovanja, za potrebe britanske mornarice, odredio granice Pacifika, otkrio Novi Zeland, Australiju i Havaje. Također je mjerio stanja površine oceana i napravio prvu točnu kartu oceana pomoću kronometra. 1772. Cook je s dva broda (*Resolution* i *Adventure*) pošao na svoje drugo putovanje. U tri ljetne sezone Cook je dokazao da sjeverno od 65 stupnja južne širine ne postoji nikakav kontinent. Umro je na Havajima u sukobu s domorodcima. [2]

2.3.3. Challengersko doba (1832.-1876.)

Velika putovanja obogatila su europske muzeje najrazličitijim morskim životinjama. Ti objekti su potakli razne biološke probleme omogućivši razvoj teorije o jedinstvu organizama. Značajan poticaj za razvoj teorije o evoluciji dobio je prirodoslovac C. Darwin 1859. kada se ukrcao na engleski brod *Beagle* na petogodišnje putovanje u vode južnog Atlantika. Pitanje postojanja života u većim dubinama, zbog visokog hidrostatskog tlaka, također se javljalo kao veoma aktualno u tom razdoblju.

U *Royal Society* se osniva poseban *Circumnavigating Commitee* za istraživaje svjetskih mora. Britanska vlada osigurava potreban novac, a ratna mornarica korvetu *Challenger*, trojarbolni jedrenjak opremljen najsuvremenijim oceanografskim instrumentima i opremom. Zadaci ekspedicije bili su istraživanje fizičkih prilika dubokog mora i velikih oceanskih bazena, određivanje kemijskog sastava morske vode u svim dubinama oceana i provjeravanje fizičko-kemijskih obilježja taloga na morskome dnu i

prirodu njihova postanka te ispitivanje raspodjele organskog života na svim morskim dubinama i na morskom dnu.

Ekspedicija *Challenger*, kao prva moderna ocenografska ekspedicija, znatno je pridonijela boljem fizičkom, biološkom, kemijskom i geološkom poznavanju oceana, postavivši oceanografski rad na znanstvene osnove. Osim toga, taj rad je potaknuo i ostale pomorske narode na slične pothvate, koji su se na približno sličan način obavljali do početka Prvog svjetskog rata, a analiza uzoraka sedimenata morskog dna omogućila je izradu prve sedimentološke karte Svjetskog mora.

Američki doprinos razvoju nauke o moru također je izražen djelatnošću nekolicine ljudi od kojih su neki bili profesionalni mornarički časnici. Među prvima je M. F. Maury, direktor ustanove za izradu pomorskih karata i instrumenata, autor jednog od prvih i vrlo cijenjenih djela o moru *Fizikalna geografija mora* iz 1885. godine. Značenje tog djela je u Mauryjevoj spoznaji da u oceanu i njegovu zračnom omotaču postoji kružni sistem masa s jako izraženim međudjelovanjem. Svojom kartom Atlantika, jednom od prvih takve vrste, koja sadržava obilje podataka o tipovima vremena (temperature, vjetrovi, struje, osobito Golfska) i dubinama (brakovi kod Newfoundlanda), mnogo je pridonio navigaciji, biološkom istraživanju otvorenih morskih prostranstava (ribolov, kitolov), utisnuo je put fizikalnoj i biološkoj oceanografiji, posebno pomorskoj meteorologiji. [2]

2.3.4. Poslijechallengersko doba (1893.- 1960.)

U tom razdoblju značajna je aktivnost velikog entuzijasta i istraživača mora princa Alberta I. od Monaka, koji je od 1885. do 1914. obavio oko 25, uglavnom bioloških krstarenja u sjeveroistočnom Atlantiku i zapadnom Mediteranu, skupivši obilan materijal. Uza samu obalu u Monte Carlu podiže reprezentativnu zgradu oceanografskog muzeja, u kojoj se na svjetskoj znanstvenoj razini taj materijal pohranjuje. Njegovi nasljednici, brojnim aktivnostima u istraživanju mora pridonose razvijanju i unapređenju oceanografskih ispitivanja na Mediteranu. Tako Monako postaje središte *Međunarodnog hidrografskog biroa*, koji rješava važne probleme mora i radi na općoj batimetrijskoj karti oceana. Također je i središte *Međunarodnog savjeta za znanstveno istraživanje Mediterana*.

U razdoblju između 19. i 20. stoljeća poduzimaju se nove ekspedicije koje upotpunjuju saznanja o Svjetskom moru, koje su znatno pridonijele njegovom

ocenografskom znanju. Osim toga, su potakle mnoga teoretska pitanja u oceanografiji. Mora su počeli proučavati istraživači različitih specijalnosti (meteorolozi, fizičari, kemičari, biolozi, geolozi), pa je oceanografija iz deskriptivne prešla u analitičku znanost. Osobito su se istakli znanstvenici nordijskih zemalja.

Posebno značenje za suvremeni ocenografski rad ima njemačka ekspedicija *Meteor* (1925.-1927.) kojom započinju moderna kompleksna istraživanja južnog Atlantika pomoću najmodernijih instrumenata i metoda. Tu je prvi put primjenjen ultrazvučni dubinomjer koji je, uz dubinsko grabilo, omogućio bolje poznavanje reljefa i sastava dna. Prikupljeno je 70 000 izmjera oceanskih dubina. Neposrednim mjerenjem struja dobio se uvid u dinamiku oceana, upotrebom Nanseovih boca s preokretnim termometrima dobiveni su elementi za izračunavanje termohalinih odnosa, primjenom klorimetrijskih mjerenja prvi put pri određivanju hranjivih soli, uz istraživanje planktona, započelo se s istraživanjima biomase, odnosno primarne produkcije.

Interes za istraživanje oceana i mora raste. Uspostavlja se suradnja između vojnih i civilnih instituta. Rezultati takve suradnje novi su oceanografski znanstveni radovi, atlasi i razne oceanografske publikacije. Ratne akcije na moru u toku Drugog svjetskog rata veoma su pridonijele bržem razvitku oceanografske tehnike. Po završetku rata nastavile su istraživati more posebno zemlje koje nisu bile zahvaćene ratom kao što je npr. Švedska. Svima postaje jasno da svjetsko oceansko prostranstvo i sve veći interes zemalja za njegovim upoznavanjem prelaze nacionalne mogućnosti te nužno zahtjevaju međunarodnu znanstvenu suradnju na najvišoj razini. U okviru *Međunarodne geofizičke godine* (1957.-1958.) zajedničkim naporom velikog broja pomorskih zemalja, prema unaprijed pripremljenom međunarodnom programu, obavljena su oceanografska mjerenja u svim dijelovima oceana, što je znatno pridonijelo napretku suvremene oceanografije kao i upoznavanju svih dijelova Svjetskog oceana. [2]

2.3.5. Glomar-challengersko doba (od 1961. do danas)

Godine 1964. počinje međunarodni program bušenja oceana, u svrhu kojeg je izgrađen brod *Glomar Challenger* koji je bušio do 6000 m dubine, 1000 m unutar sedimenata, a 600 m kroz tvrdu stijenu ispod toga. U podmorju je izbušeno oko 400 bušotina, kojih je bilo i u Sredozemnom moru. Taj program se sastojao od trinaest ekspedicija te je znatno proširio poznavanje sedimenata i stijena oceanskog dijela Zemljine

kore, a proučavanjem mikrofosila i razvoj života u oceanu i rasprostranjenost mora u geološkoj povijesti.

Međunarodni desetogodišnji program oceanskog istraživanja (IDOE) obuhvaćao je istraživanja stanja okoline i tvari koje na nju utječu i zagađuju je, te istraživanja izvora života i čimbenika koji kontroliraju njihovu proizvodnju. U sklopu tog programa započelo se s odvojenim istraživanjima u obliku potprograma, npr. GEOSECS koji proučava raspodjelu kemijskih svojstava morske vode.

U 20. stoljeću dolazi do podjele istraživanja mora po znanstvenim granama (fizika mora, kemija mora, biologija mora...). Svaka od njih koristi specifične metode pa je teško sažeto prikazati razvoj u zadnja dva stoljeća. U 21. stoljeću (danas) ide sa na multidisciplinarnost – suradnja znanstvenika iz različitih područja, a metode se iz dana u dan usavršavaju i otkrivaju se nove. Današnji istraživački brodovi opremljeni su najsofisticiranijom tehnologijom, laboratorijima za ispitivanje života u morskim dubinama, posebnim sobama za elektroniku, meteorološkom postajom, akustičnim mjeračem profila struja, računalnom mrežom s pristupom Internetu, brodskom navigacijom, sondama za mjerenje velikih dubina, hidrauličnim dizalicama, ledenicama i hladnjacima za pohranu uzoraka.

Primjer novih metoda je i uporaba satelita. Satelitska oceanografija razvila se tijekom zadnjih desetljeća prošlog stoljeća, pokušavajući riješiti problem vremenskih i prostornih nedostataka oceanografskih podataka. Naime, klasična mjerenja svojstava oceana su vrlo skupa te zahvaćaju vrlo mala područja, dok su prednosti satelitske oceanografije prostorna pokrivenost koja omogućava kontinuirana mjerenja stanja svjetskih mora. Osim prostorno-vremenske pokrivenosti, prednosti su i periodičnost uzorkovanja podataka, mjerenja više parametara istovremeno te korištenje jednog instrumenta na cijeloj zemaljskoj kugli, zbog čega se ne javljaju problemi s kalibracijski uzrokovanim razlikama i sistematskim greškama različitih instrumenata.

Glavni nedostatak satelitske oceanografije jest pokrivenost samo površine oceana i mora, dok su mjerenja svojstava dubljih slojeva nemoguća. Osim toga, atmosferski utjecaj može bitno utjecati na kvalitetu podataka, a kalibracija instrumenta se mora obaviti uz pomoć klasičnih metoda mjerenja. Naposljetku, tehnologija satelitskih mjerenja je mnogo skuplja od klasičnih metoda uzorkovanja. Sateliti predstavljaju platformu na koju se postavljaju različiti senzori. Razlikujemo tri skupine satelita ovisno o načinu pozicioniranja iznad Zemlje:

1. *Kružni sateliti*, kojima je orbita nagnuta prema ekvatoru, te periodički prolaze iznad određenih područja (linije uzorkovanja), obilazeći Zemlju za oko 50 minuta
2. *Polarni sateliti*, koji kruže okomito na ekvator te prolaze iznad obaju polova na visini od oko 800 km, te
3. *Geostacionarni sateliti*, koji kruže oko Zemlje brzinom kojom Zemlja rotira, te se stoga uvijek nalaze iznad istog područja na visini od 35 800 km.

Na satelite se postavljaju odgovarajući senzori, koji mjere pojedine atmosferske i oceanografske parametre. Neki od senzora su:

1. *Mikrovalni radiometar* – služi za mjerenje količine vodene pare u stupcu zraka, a osim toga služi za korekciju podataka visine pomoću visinomjera (altimetra) pri mjerenju topografije oceana i promjena razine mora
2. *Radarski visinomjer (altimetar)* – namjena mu je mjerenje trajanja puta i intenziteta reflektiranih radio valova, na taj način određujući topografiju morske površine te visinu razine mora, brzinu vjetra u atmosferi te visinu površinskih kratkoperiodičkih valova u oceanima
3. *Radiometri i spektrometri* – služe za mjerenje dolaznog zračenja na pojedinim frekvencijama, na taj način određujući parametre kao što su površinska temperatura mora, koncentracija klorofila u morima, udio pojedinih karakterističnih spojeva u moru i atmosferi. [10]

Danas oceanografi primaju toliku količinu podataka da su potrebna računala velikih kapaciteta i brzina da bi se uspjelo spremiti i obrađivati podatke dobivene od satelita. NASA (*the National Aeronautics and Space Administration*) i CNES (*Centre National d'Études Spatiales*) razvili su i stavili u upotrebu *Topex/Poseidon*, satelit koji omogućuje kartiranje površinskih oceanskih struja, valova i morskih mijena svakih 10 dana. 1993. objavljene su prve točne globalne karte morskih doba (mijena) dobivene na osnovu *Topex/Poseidon* mjerenja. 1995. počelo je kartiranje oceanskog dna pomoću satelita *Geosat*.

3. HIDROGRAFIJA

Da bi se što bolje razumio pojam hidrografija, prije se moraju objasniti neki drugi pojmovi, tj. termini. Konkretno, počevši od pojma **geologija** koji predstavlja znanost koja se bavi proučavanjem Zemlje te pokušava objasniti kako je Zemlja formirana i kako se mijenja. Znanstvenici koji se time bave zovu se geolozi i proučavaju tlo, stijene, planine, rijeke, oceane i druge dijelove Zemlje. Također, geologija može obuhvatiti izučavanje građe drugih planeta, pa se naziv može proširiti na pojam planetarne geologije. Riječ geologija je nastala od grčkih riječi γη (Gea = Zemlja) i λογος (logos = znanost, rasprava, diskusija). Srodno njoj, pojavljuje se **geografija** znanost koja proučava prostornu stvarnost Zemljine površine. Riječ geografija prvi je skovao Eratosten oko 200. pr. Kr. kako bi označio opisno učenje o Zemlji. [1]

Geografija je sintetička znanost, koja spaja mnoga dostignuća brojnih znanosti radi objašnjavanja geografskog prostora. Pripada skupini prirodnih znanosti jer joj je osnovno polazište u prirodnim značajkama geoprostora.

Opća geografija se dijeli na fizičku geografiju (analitička proučavanja se odnose na objekte i pojave prirodne sredine) i antropogeografiju (proučavanja se odnose na ljudske djelatnosti). Fizička geografija (ili fiziogeografija) dijeli se na geomorfologiju, hidrografiju, klimatologiju i biogeografiju.

Nadalje, **hidrologija** je znanost koja se bavi procesima upravljanja, mijenjanja i nadopunjavanja vodnih zaliha na Zemljinoj površini, znanost koja se bavi vodama iznad, na i ispod Zemljine površine, pojavljivanjem, utjecajem i raspodjelom vode na okoliš uključujući i utjecaj na živa bića. I posljednji značajni termin **hidrogeografija**, proučava vodu na Zemljinoj povšini i u podzemlju, a u proučavanju vode polazi od njezina životnog značenja, prirodnih svojstava, njene prostorne pojavnosti i njezina djelovanja. Glavni objekt hidrogeografije je hidrosfera – obuhvaća vodu u sva tri agregatna stanja. [3]

Razdioba hidrogeografije:

- hidrografija,
- društvena hidrogeografija,
- regionalna hidrogeografija.

3.1. HIDROGRAFIJA KAO ZNANOST

Hidrografija je znanost o prirodnim obilježjima voda i znanost o kopnu koje je okruženo vodom. I ovdje, kao i kod oceanografije, termin hidrografija potječe od dvije grčke riječi što znače voda i pisati, dakle nauka o vodama, tj. opis vode. Imamo dva značenja hidrografije. Općeniti smisao ovog termina riječi i stručni smisao. Razlika je u vodama o kojima se govori. Kada je riječ o općenitom smislu, riječ hidrografija se odnosi na mjerenje i opis bilo kojih voda, i kao takva se dijeli na dvije grane: oceanografiju i limnologiju (znanost o jezerima). A ako govorimo o njoj u stručnom smislu, tada mislimo na mjerenje i opise voda sigurnih za plovidbu. Danas se sve više baziramo na stručni termin, jer su dijelovi hidrografije postali glavna područja znanosti. Hidrologijom, već spomenutoj znanosti, se obično bave nacionalne i internacionalne organizacije koje podupiru sakupljanje podataka kroz precizna istraživanja i izrađivanje karata i opisnih materijala za navigacijske svrhe. Znanost o oceanografiji je djelomice izdanak klasične hidrografije. U mnogočemu podaci se mogu zamjenjivati, ali brodski hidrografski podaci će biti posebno usmjereni na plovidbu brodova i njenu sigurnost.

Što dakle uključuju hidrografska mjerenja?

Hidrografska mjerenja uključuju:

- informacije fizičke oceanografije, tj. plimu i oseku, morske struje i valove
- mjerenje dna, ali s posebnom važnošću na morska geološka obilježja kao što su stijene, plićine, grebeni itd. koji predstavljaju rizik za plovidbu te sprječavaju prolazak brodova
- za razliku od oceanografije, hidrografija uključuje obilježja obale, prirodna i ljudska, koja pomažu u plovidbi
- hidrografsko istraživanje stoga uključuje pouzdane položaje i prikaze brda, planina, svjetala i tornjeva koji pomažu u određivanju položaja broda jednako kao i izgled mora te morskog dna. [3]

Hidrografske karte su najbolje mornarsko oruđe za izbjegavanje nesreća jer one pokazuju najmanje dubine i zanemaruju pravu topografiju podmorja koja se ucrtava na batimetrijskim kartama i stoga kažemo da hidrografija zbog sigurnosnih razloga teži

tradicionalnom gledištu. Za razliku od hidrografskih karti, batimetrijske najbolje prikazuju podmorja pa kao i topografske karte služe za znanstvene i ostale svrhe.

Također, hidrografsko istraživanje se razlikuje od batimetrijskog u nekim važnim pogledima, dijelom zbog sklonosti najmanjim dubinama, koje su primjerene sigurnosnim zahtjevima prvog i geomorfologiji opisnih zahtjeva posljednjeg. Samo još jedan važan primjer pokazuje kako se zvučni odjeci sakupljaju pod postavkama nagnutih prema najmanjim dubinama dok se u batimetrijskim istraživanjima oni namještaju za najbolji opis topografskih obilježja podmorja koja mogu uključivati brzinu zvuka i korekcije strmina koji su pouzdanije, ali uklanjaju sigurnost.

Postoji hidrografija riječnih tokova koja sadržava informacije o dnu, toku, strujama, kvaliteti vode i okolnog kopna. Interijerna hidrografija ili hidrografija slijevova poklanja posebnu pažnju rijekama i slatkovodnim vodama.

Voda je najraširenija tvar na Zemlji, ona je osnova za cjelokupan organski život i ona je jedina tvar koja se pojavljuje na Zemlji istodobno u sva tri agregatna stanja, dakle, egzotična i univerzalna tvar. Na površini Zemlje ima je najviše u tekućem stanju, dakle u moru, tj. u oceanima, zatim u jezerima, u močvarama i u rijekama. U podzemlje dospijeva voda iz atmosfere poniranjem, procjeđivanjem i na druge načine, nastavljajući gibanje zavisno od hidrogeoloških uvjeta dotične sredine. Voda kao led pojava je koja prevladava u polarnim krajevima ili u visokoplaninskim predjelima. U plinovitom je stanju prisutna i u atmosferi u kojoj vidimo produkte kondenzacije (kapljice vode) i sublimacije (kristali leda i njihove nakupine čine snježne pahuljice). O prirodi i značenju vode napisano je vrlo mnogo. Značenje vode u prošlosti bilo je doista veliko, a sada, u doba znatno razvijenijeg, tehniziranog društva, svakako je još i veće.

Posebna svojstva vode:

- s fizičkog, kemijskog i biološkog stajališta potječu iz njezine molekularne strukture i određuju specifičan položaj vode među svim tvarima,
- s geografsko-ekološkog gledišta, proučavanja u sklopu hidrogeografije najveće značenje ima gibanje vode i s tim povezana (samo)obnova i (samo)pročišćavanje;

1) *gibanje vode:* voda se na Zemlji giba stalno i pod utjecajem energije Sunca. More isparava obavljajući pritom posredničku ulogu glavnog izvornika slatke vode koja

ponovno dolazi na Zemlju padalinama. Isparavanje s površine mora najveći je izvor vlage u atmosferi. Mali hidrološki ciklus - voda s površine mora isparava u atmosferu, a padalinama se veliki dio vraća natrag u more. Veliki hidrološki ciklus – niz pojava i procesa premještanja, preobrazbe i obnove vode na površini Zemlje, u njezinoj unutrašnjosti i u atmosferi. Padaline natapaju površinu kopna, jednim dijelom otječu po nagnutim stranama terena stvarajući potoke, rijeke, na pojedinim mjestima jezera, a djelomično se procjeđuju u tlo. Vlaga koju je tlo upilo djelomično odlazi u dubinu kao podzemna voda,a djelomično isparava kroz evaporaciju ili kroz transpiraciju biljaka. Dio vode iz podzemlja izvire i napaja rijeke i jezera, dok se dio giba kroz podzemlje sve do mora. Voda koja je dospjela u atmosferu isparavanjem iz voda na i u kopnu,nastavlja stalno gibanje vode u prirodi. Zračnim strujanjima vlaga se prenosi na kopno gdje se javlja kao kiša ili snijeg natapajući tlo. Ciklus završava otjecanjem vode rijekama u more.

2) *obnova vode:* samoobnova vode je stalna izmjena vode kroz gibanje između kopna, mora i atmosfere. Ona je trajna značajka stalnog gibanja vode. Najbrže se obnavlja voda u živim bićima (biološka voda), oko 8 dana traje obnova vode u atmosferi, nekoliko je godina potrebno za obnovu vode u rijekama, tlu, močvarama i jezerima dok u ledenjacima,morima i ledenim pokrovima obnova traje tisućama godina, a najdulje u ledu u podzemlju (merzlota) gdje je potrebno čak 10 000godina. U tlu se voda brzina obnove vode raste sa smanjenjem dubine.

3) *samočišćenje vode:* autopurifikacija ili samočišćenje vode je sposobnost vode da se samapročisti i neutralizira opasnosti od otpada koji je u nju dospio. Svojstvo autopurifikacije vode uvjetovano je postojanjem živog svijeta. U vodi žive autotrofni organizmi koji grade organsku tvar i heterotrofni organizmi koji razgrađuju organsku tvar. Ako se u vodi ostvari biološka ravnoteža između heterotrofnih i autotrofnih organizama, uz dovoljno svjetlosti, dovoljnu količinu kisika i prisutnost mnogobrojnih organizama, voda će imati svojstvo samočišćenja. Intenzitet autopurifikacije ovisi o brzini otjecanja, temperaturi vode i strukturi korita. Autopurifikacija će biti najveća u brzoj vodi s mnogo kisika gdje postoje povoljniji uvjeti za prijelaz kisika iz zraka u tekuću vodu (gorske tekućice). [3]

Kvaliteta vode na kopnu: kakvoća vode ovisi o tvarima koje su otopljene u njoj;

- Analiza otopljenog kisika – smanjenja količina kisika ukazuje na onečišćenost vode organskim proizvodima.
  BPK – biološka potrošnja kisika
  KPK – kemijska potrošnja kisika
- pH vrijednost – kemijski pokazatelj pomoću kojeg se mjeri kiselost vode, voda ima karakterističan pH između 6 i 8.
- Tvrdoća vode – koncentracija kalcijeva karbonata u vodi.
- Stupanj saprobnosti – temelji se na činjenici da pojedine biljke i životinje rastu i žive u određenim specifičnim uvjetima i mogu poslužiti kao mjerilo za kakvoću vode.
- Bakteriološka svojstva vode – određuju se gustoćom kolioformnih klica (NBK) i pokazatelj su prisutnosti fekalija.

Gradacija kakvoće vode:

I. razred – voda izvorne kakvoće koja se izravno može koristiti za piće, upotrebljava se u prirodnom stanju za opskrbu stanovništva i potrebe prehrambene industrije,
II. razred – voda koja se upotrebljava za vodoopskrbu uz nužno provedeno pročišćavanje, koristi se za rekreaciju i uzgoj riba,
III. razred – voda slabije kvalitete, nepogodna za vodoopskrbu,ali pogodna za manje osjetljivu industriju i za potrebe poljoprivrede,
IV. razred – voda najslabije kakvoće koje su nepogodne za korištenje.

3.2. POVIJEST HIDROGRAFIJE

Podrijetlo hidrografije leži u izradi karata kao crteža i zabilješki koje su radili pojedini mornari. One su uglavnom bile u privatnom vlasništvu pojedinaca koji su ih zbog različitih tajni koje su sadržavale koristili za trgovinsku i vojnu prednost. Na kraju su mnoge organizacije, naročito mornarice, shvatile da sakupljanje tih pojedinačnih znanja i distribucija vlastitim članovima daju prednost organizaciji. Sljedeći korak je bila organizacija članova da aktivno sakupljaju informacije. Stoga su nastale hidrografske organizacije posvećene posebno za sakupljanje, organizaciju, izdavanje i distribuciju hidrografije sadržane u kartama i smjerovima plovidbe.

Pojam pomorske karte datira s početka 13. stoljeća, kada je Marko Polo donio kompas iz Kine u Europu. U to doba nastaju prve portulanske karte (*Carta Pisa-na*) koje više nisu višenamjenske, već su izrađene samo za potrebe plovidbe morem.

Pomorska kartografija može se podijeliti na 3 epohe:

- epohu portolanskih karata, u kojoj se karte izrađuju rukopisno;
- epohu hidrografskog premjera, koju karakterizira pojava prvih izmjerenih dubina na kartama i otvaranjem prvih institucija zaduženih za kartiranje i upravljanje podmorjem te;
- najnoviju epohu elektroničkih pomorskih karata i globalne pokrivenosti pomorskim kartama.

Pomorske su karte izrađene tako da je njihovo korištenje relativno jednostavno. Naime, njihova prava svrha dolazi do izražaja u najnepovoljnijim vremenskim prilikama i uvjetima opasnosti po život i teret broda (opasnost od nasukavanja, potapanja ili požara na brodu). Dakle, u najtežim je uvjetima pomorska karta posebno značajna i bitna, jer ona tada postaje faktor koji ponekad u djeliću sekunde može spasiti živote i imovinu. Primjerice, u iznimno teškoj vremenskoj situaciji osoba koja upravlja brodom mora odlučiti hoće li nasukati brod ili ploviti dalje, čime odgovara za posadu broda i teret.

Pomorske karte imaju relativno "jednostavan" prikaz u odnosu na topografske ili tematske karte. Na njima je prikazano manje objekata po jedinici površine, a za prikazivanje objekata koristi se manji broj boja, djelomice zbog toga što na morskoj površini ima malo objekata, a kopneni objekti koji se prikazuju imaju svrhu orijentacije (prikazuju se samo karakteristični objekti – orijentiri). U prikazivanju topografije podmorja važna je činjenica da previše prikazanih dubina opterećuje sadržaj i odvlači pozornost prilikom donošenja odluke.

Primarna zadaća objekata prikazanih na pomorskim kartama je sigurnost plovidbe, a krajem prošlog stoljeća dobivaju i zadaću očuvanja pomorskog okoliša. Služba koja se bavi tim zadacima naziva se hidrografskom službom.

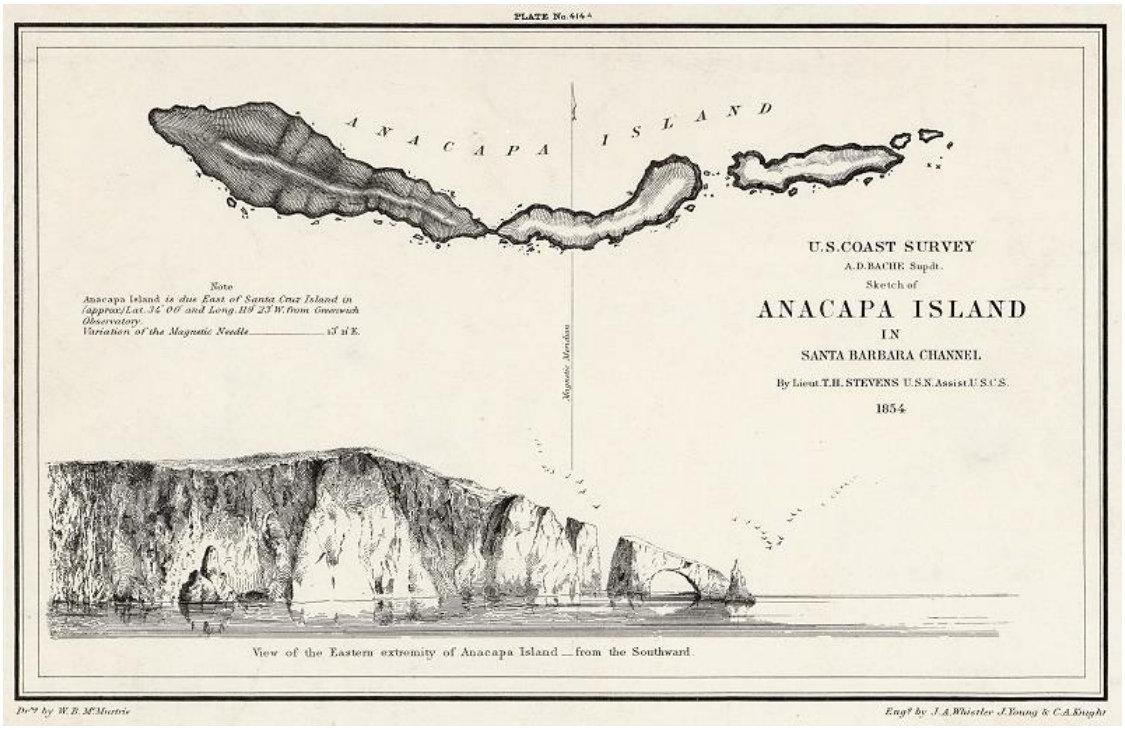
Povijest sustavne brige za sigurnost plovidbe seže u 1680. godinu, kada je u Francuskoj osnovana arhiva pomorskih karata, a 1720. godine osnovan je *Dèpôt général des cartes et plans journaux et mémories concernat la navigation*, prvi hidrografski servis

na svijetu. Taj servis 1886. godine mijenja naziv u *Service hydrographique de la Marine*, koji nosi i danas. Godine 1791. utemeljen je vojni ured za izmjeru iz kojega je 28. kolovoza 1795. godine britanski Admiralitet osnovao hidrografski odjel *Royal Hydrographic Office* (Austin 2007, Ritchie 1991). Međunarodna suradnja na polju hidrografije počinje s konferencijom u Washingtonu 1899. godine, zatim slijede dvije konferencije u Petrogradu, 1908. i 1912. godine. Početkom 20. stoljeća, 1919. godine, 24 države sastaju se u Londonu na Hidrografskoj konferenciji. Na konferenciji je donesena odluka o osnivanju stalnog tijela koje bi se brinulo o hidrografskoj službi, što bi rezultiralo sigurnošću plovidbe. Tako je 1921. godine osnovana IHO sa sjedištem u kneževini Monako. Organizacija započinje rad s 19 država članica, dok danas okuplja 83 zemlje. Na istočnoj obali Jadrana Austro-Ugarska Monarhija započela je prvi sustavni hidrografski premjer 1859. godine, a godinu dana poslije, 27. travnja 1860. osnovala je Hidrografski zavod (*Hydrographische Anstalt*) u Trstu. Sljedeće, 1861. godine otvorena je u Puli podružnica hidrografskog zavoda, a 1862. godine čitav se hidrografski zavod preselio iz Trsta u Pulu i promijenio naziv u Hidrografski ured (*Hydrographische Amt*). Nakon Prvoga svjetskog rata Rapalskim ugovorom 1920. godine Pula, a s njom i Hidrografski zavod, prelazi pod talijansku upravu. Kraljevina Jugoslavija početkom rujna 1922. godine u Tivtu formira Hidrografski ured, koji se sljedeće godine seli u Dubrovnik i djeluje u sklopu Pomorske vojne akademije. Krajem 1929. godine (1. listopada) Hidrografski ured seli se u Split, jer se ondje nalazi Direkcija pomorskog saobraćaja, te započinje prve samostalne hidrografske i topografske primjere. Ured dobiva vlastitu zgradu 1935. godine, a 1937. godine mijenja naziv u Hidrografski institut. Tih godina Institut izdaje brojne pomorske karte i publikacije te formira mareografsku službu na Jadranu. Početkom Drugoga svjetskog rada prestaje raditi, a Talijani odnose cjelokupan inventar. U veljači 1944. godine na teritoriju otoka Visa formirano je skladište navigacijskih karata i opreme, a u Monopiliju (Italija) osnovan je Hidrografski odsjek. Time hidrografska služba treći puta počinje djelovati na ovim prostorima. U studenome 1944. godine, tada ponovno Hidrografski institut, vraća se u Split, u zgradu na Mejama. Hidrografski institut 1979. godine dobiva modernu zgradu u Splitu, na Poljudu. Za Domovinskog rata, 1991. godine, Institut je pretrpio golemu materijalnu štetu (devastacija zgrade i opreme) i kadrovski odljev, ali ništa od opreme i arhive nije propalo, jer je bilo dislocirano. [4]

Prikazivanje objekata na pomorskim kartama u velikoj je mjeri ujednačeno kod svih izrađivača karata, a oslanja se na preporuke i ključ Međunarodne hidrografske organizacije

(*International Hydrographic Organization* – IHO). Svaka nacionalna hidrografska služba uz preporuke IHO-a njeguje specifičnosti svoga područja, što rezultira specifičnostima u prikazivanju objekata na pomorskim kartama. Tijekom stoljeća i pol duge hidrografske službe na Jadranu, Hidrografski institut je publicirao velik broj pomorskih karata, planova i nautičkih publikacija te izgradio specifičan stil izrade papirnatih pomorskih karata i publikacija potrebnih za sigurnost plovidbe. Taj je stil prilagođen specifičnostima arhipelaškog prostora i dugogodišnjoj tradiciji izrade pomorskih karata, a njeguje se i na današnjim elektroničkim izdanjima pomorskih karata. Tradicija i specifičnosti izrade pomorskih karata vidljive su u publikaciji koja prikazuje znakove i kratice na pomorskim kartama.

I James Whistler dao je zanimljiv doprinos hidrografiji. Svojim umjetničkim talentom izradio je ponekad prekrasne crteže obale (slika 3.) koji su se pojavljivali na kartama tijekom njegova kartografskog rada zajedno i s civilnim i mornaričkim hidrografskim organizacijama u SAD-u. Ti su se crteži na ranim kartama oblikovali urezivanjem metala pomoću kiseline kako bi pomagali mornarima u identificiranju obala i lukâ kojima su se približavali.



Slika 3. Jamesova karta [7]

3.3. HIDROGRAFSKE ORGANIZACIJE

U većini zemalja hidrografske službe obavljaju specijalizirani hidrografski uredi. Pri tome je međunarodna koordinacija hidrografskih potpora smještena u rukama Međunarodne hidrografske organizacije. U Hrvatskoj je za izradu službenih karata Jadranskog mora zadužen Hrvatski hidrografski institut.

Međunarodna hidrografska organizacija (kratica: IHO) je međuvladina savjetodavna i tehnička organizacija za hidrografiju čiji je cilj poticanje sigurnosti pomorskog prometa i zaštita morskog okoliša. IHO ima status promatrača pri Ujedinjenim narodima i smatra se mjerodavnom za hidrografska istraživanja odnosno pomorsko kartiranje. Osnovana je 21. lipnja 1921. godine i sjedište joj se nalazi u Monaku. Službeni jezici organizacije su engleski i francuski jezik.

Djelatnosti i ciljevi Međunarodne hidrografske organizacije su:

- koordiniranje aktivnosti među državnim hidrografskim uredima,
- standardizacija odnosno najviši mogući stupanj jednoličnosti pomorskih karata i dokumenata,
- usvajanje pouzdanih i učinkovitih metoda hidrografskih istraživanja,
- znanstveni razvoj na području hidrografije odnosno opisne oceanografije.

4. JADRANSKA OCEANOGRAFIJA I HIDROGRAFIJA

4.1. JADRAN OPĆENITO

Mare Hadriaticum latinsko je ime Jadranskog mora iz doba antike, a najvjerojatnije potječe od nekadašnje luke u etruščanskoj koloniji Adriji (ili Hadriji). Današnji prostor Jadranskog mora obuhvaća prostor između Balkanskog i Apeninskog poluotoka. Najjužnija točka je Prevlaka, a najzapadnija rt Savudrija, a između njih je 783 kilometara. Današnji oblik i veličina Jadranskog mora je relativno mlada tvorevina, nastala u kvartalu morskom trangresijom, dok je sama jadranska zavala starija, nastala na podlozi stare geosinklinale, koja je bila u uzročnoj vezi sa nabiranjem Dinarida i Apenina.

Geološki razvitak Jadrana i njegovo recentno oblikovanje odvijalo se u nekoliko faza, koje su imale svoga odraza i na morfologiju čitavog jadranskog bazena. Jadranska zavala je formirana poslije alpske orogeneze, tektonskim procesima, tj.nabiranjem Dinarida i nanosima rijeke Pada i drugih alpskih rijeka.

Prije 60 milijuna godina Jadranu nije bilo još ni traga, a i Sredozemno more je izgledalo posve drugačije. Umjesto današnjeg Sredozemnog mora, koje zatvaraju Europa, Azija i Afrika, nalazio se ondje veliki kompleks većih i manjih otoka, međusobno odvojenih prilično uskim kanalima.

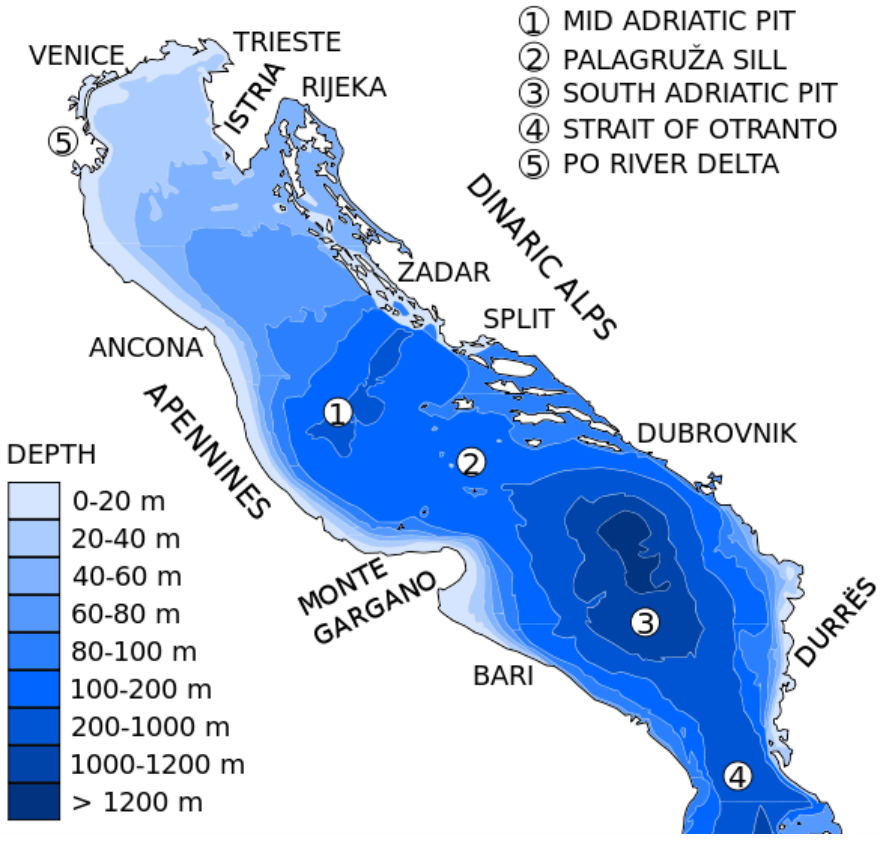
Jadransko more,zapravo njegov južni dio nastao je na isti način i u isto vrijeme kao i Sredozemno more, tj. naglim ulegnućem, pri čemu je veliko značenje imala prolomna linija, koja i danas dijeli Jadranski bazen u dva izrazita morfološka dijela. No tadašnja prolomna linija, ne odgovara današnjoj sjevernoj obali, već je ona bila mnogo južnije. Sjevernu obalu Jadrana za tercijalnih perioda predstavlja linija od Monte Gargana u Italiji preko otoka Tremiti, Pianosa, Palagruže i Mljeta do dalmatinskog kopna. Južno od ove linije naglo padaju dubine do preko 1200 m. To je stara, duboka, južna kotlina Jadrana, na jugu omeđena Otrantskim podmorskim grebenom. Sjeverno od spomenute linije, formirala se kasnije mnogo mlađa, sjeverna, plića kotlina Jadrana.

Jadranska obala se pruža od sjeverozapada prema jugoistoku, paralelno sa pružanjem kopnenog reljefa i otoka. Ona je izdužena, tj. longitudinalna. Za Jadransku obalu su naročito karakteristični njezini zaljevi, zatoni i kanali, koji su prepoznatljivi pod terminom dalmatinski tip obale.

Jadranska obala se odlikuje velikim mnoštvom vrlo malih otočića i grebena što je posljedica vrlo razornog abrazionog djelovanja mora. Točnije, hrvatska jadranska obala ima 1246 otoka, otočića i hridi, ukupne dužine 4058 kilometara i smatra se jednom od najrazvedenijih u Europi. Zapadna obala je u cijelosti talijanska, a na istoku Jadransko more dodiruje Italiju, Sloveniju, Hrvatsku, Bosnu i Hercegovinu, Crnu Goru i Albaniju. U sjeverozapadnom dijelu je plitko (u Tršćanskom zaljevu do 23 m), a na jugu mnogo dublje (u Južnojadranskoj zavali preko 1200 m). Prosječna dubina je oko 240 m (slika 8.).

Jadransko more dijeli se na četiri cjeline:

- sjeverozapadni plićak (dubine do 50 metara)
- jabučka morska udolina (do 243 m)
- palagruški poprečni prag (do 130 m)
- duboka južnojadranska zavala (najveća dubina 1233 m)



Slika 4. Dubina Jadranskog mora [8]

4.2. ISTRAŽIVANJE JADRANSKOG MORA

Već odavno, Jadransko je more značajan plovni put između sjeverne Europe i Sredozemlja s razvijenim pomorskim državama pa se na njegovim obalama i prije 19. stoljeća pojavilo više istaknutih istraživača. Istraživanja Jadranskog mora su stalno provođena zbog sigurnosti u plovidbi, i stoga se paralelno s razvojem brodarstva na Jadranu razvila i oceanografija.

U 19. stoljeću hidrografska istraživanja su se proširila i tada počinje moderno sakupljanje podataka i njihovo sistematsko obrađivanje. Među istraživačima se ističe J. R. Lorenz, koji je istraživao Kvarner te je opisao vjetrove koji se javljaju na tom području i njihov utjecaj na gibanje vode. Također, vršio je mjerenja temperature, saliniteta, gustoće, boje mora i prozirnosti. Proučavao je i podmorske vrulje uz obalu sjevernog Jadrana, međutim teoriju o tom mu je pobio Cori. Hidrografsko – oceanografska izmjera Jadrana počinje za francuske vladavine.

1822. u Trsu je tiskana prva službena karta Jadranskog mora, a 1830. izlazi prvi *Peljar Jadranskog mora.* Godine 1860. Austrija osniva u Trstu *Hidrografski zavod* čime je praktički utemeljena hidrografsko – oceanografska služba na Jadranu. Radi se na mjerenju obale, izrađuju se priručnici i publikacije iz navigacije, astronomije, geomagnetizma, oceanografije, meteorologije i dr. Austrijski istraživači su izvršili prva istraživanja Jadrana, te utvrdili prvu sliku morskih struja Jadrana. Austrijska ekspedicija s brodom *Najade* i talijanska s brodom *Ciclope* prešle su čitav jadranski bazen između 1911. i 1914. mjereći temperaturu, salinitet, sadržaj kisika i ispitujući razne biološke pojave. Na osnovi podataka ovih ekspedicija izračunate su geopotencijalne topografije za Jadran koje su pokazivale sistem jadranskog strujanja u različitim sezonama. Na temelju ove građe razni su autori mogli dati tumačenje nastanka i kretanja dubinskih voda istočnog Mediterana. Istodobno su Sveučilište i JAZU u Zagrebu organizirali i znanstveno – istraživački rad na brodu *Vila Velebita*, u području sjevernog Jadrana. Ova ekspedicija dala je evidenciju da se u području Kvarnera i oko njega, zimi, stvara voda najviše gustoće koja je do tada nađena u Mediteranu.

1930. godine osniva se *Institut za oceanografiju i ribarstvo* u Splitu. Tada je započelo sistematsko istraživanje kemijskih svojstava voda srednjeg Jadrana, istraživanje biljnog planktona i bentosa te istraživanje zooplanktona i rješavanje nekih pitanja iz područja ribarstvene biologije. Još i danas je u funkciji brod *Andrija Mohorovičić* koji se

koristio za oceanografska istraživanja u cijelom Jadranu. Glavna publikacija Instituta je *Acta Adriatica*. Poslije Drugog svjetskog rata nastavlja se još intenzivnijim radom u istraživanju Jadrana, čemu najviše doprinosi ekspedicija brodom *Hvar* 1948./1949. koja je obuhvatila gotovo cijeli Jadran i izvršila kompletna hidrografska, sedimentološka, biološka i ribarstveno – biološka istraživanja, posebno istraživanja pridnenih ribljih naselja na 167 postaja otvorenog Jadrana. U vezi s izučavanjem ribljih naselja, a i nezavisno od toga istraživana je živa i neživa sredina tih naselja: hidrografske osobine morske vode, građa bentala, te sastav i proizvodnja planktona i postignuti su značajni rezultati s obzirom na fizičke, kemijske i dinamičke osobine jadranske vode, na bazičku proizvodnju fitoplanktona, građu fitobentosa. Među raznim istraživačkim brodovima, valja spomenuti i istraživački brod *Bios,* te brodove ratne mornarice *Miner* i *Spasilac*. [5]

4.3. SLANOST JADRANSKOG MORA

Cijeli Mediteran, pa tako i samo Jadransko more pripada slanim morima. Slanost raste od sjevera prema jugu zbog rijeke Po koja se ulijeva u sjevernom dijelu Jadrana, te tako snižava slanost. Najveći dio jadranskog volumena, tj. otvorene vode srednjeg i južnog Jadrana, imaju slanost između 34,8 i 38,9 psu. Dakle, sjeverni Jadran ima nižu i promjenljiviju slanost. Slađa voda iz Jadrana u Jonsko more struji u površinskom i pridnenom sloju, a slanija ulazi u intermedijarnom sloju. Na većim dubinama srednjeg i južnog Jadrana jasno se ističu tri sloja. Srednji (intermedijarni) sloj je najslaniji. Višegodišnje fluktuacije slanosti bile su predmet mnogih studija. U razdoblju od šezdesetih do osamdesetih godina uočen je trend povišenja slanosti u cijelom bazenu, uključujući obalne zone. To je bilo povezano sa smanjenjem priliva slatke vode Nila u istočno Sredozemlje zbog djelovanja Asuanske brane.

4.4. MORFOLOGIJA BAZENA I STRUJE

Jadranski bazen duguljastog je oblika, te je uvelike uvučen u kopno i to uteče na termohalina svojstva i strujanje. U režimu strujanja vidljivi su i promjenljivi režim vjetra te promjene tlaka zraka. Izračunate geostrofičke struje pokazale su utjecaj topografije na strujno polje. Jednostavni analitički model je pokušao objasniti utjecaj topografije na strujno polje. Tok strujanja povratno utječe na raspored slanosti na palagruškom pragu i, uz

ostalo, također pokazuje valovitu formu. Glavni ciklonalni tok strujanja je najizraženiji na nekoj udaljenosti od obale, gdje je slaz u dubinu najstrmiji, odnosno gdje je najveća gustoća izobata. Horizontalni raspored površinske temperature i slanosti na istoj udaljenosti od obale ukazuje na postojanje fronte (nagle promjene karakteristika) koja je dobro potvrđena satelitskim opažanjima. Obalna fronta mijenja položaj u raznim sezonama i raznim meteorološkim situacijama. U sjevernom Jadranu je tijekom 1982/83. studirana frontalna zona u okviru ALPEX-MEDALPEX projekta. Pokazalo se da, uz ostalo, fronta mijenja svoj položaj pod utjecajem bure. U novije vrijeme dosta je radova posvećeno istraživanju strujanja, objektivnom analizom postojećih podataka, izradom dinamičkih modela, te analizom opsežnog eksperimenta pomoću satelitski praćenih plovaka. Prema svim tim istraživanjima se čini da je općejadranski ciklonalni vrtlog najizraženiji u jesen, kada je i strujanje najbrže. [5]

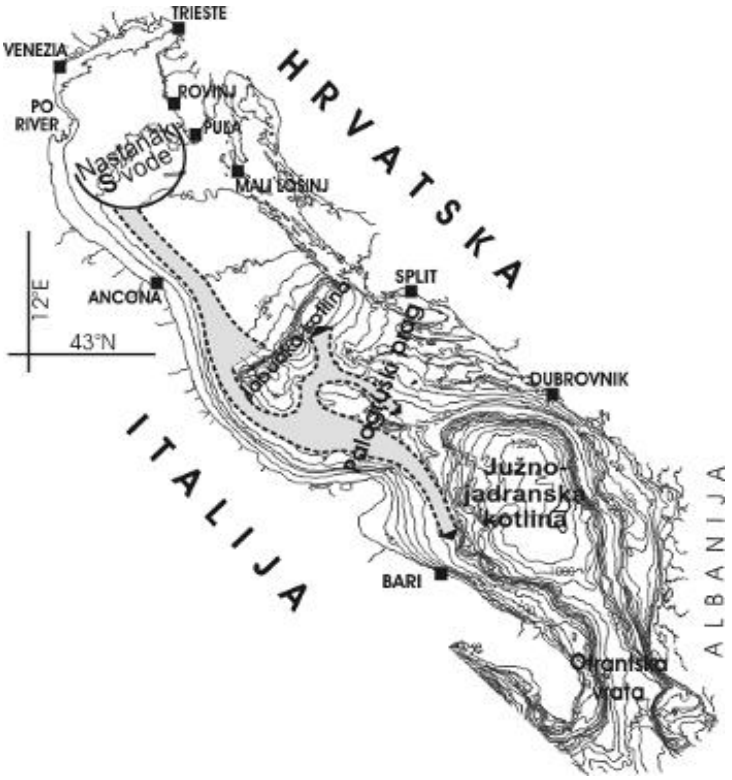
4.5. VODENE MASE U JADRANU

Područja u moru koja su karakterizirana određenim termohalinim i drugim svojstvima, te koja posjeduju zajednička dinamička svojstva (nastajanje, širenje) nazivaju se *vodene mase*. U Jadranu postoje četiri osnovne vodene mase, prvi put klasificirane u radu M. Zore (1963):

1. Sjevernojadranska voda visoke gustoće (S tip), t = 11ºC, S = 38.5
2. Srednjejadranska voda (M tip), t = 12ºC, S = 38.2
3. Južnojadranska duboka voda (J tip), t = 13ºC, S = 38.6
4. Levantinska intermedijarna voda (A tip), t = 14ºC, S = 38.7.

S tip vode nastaje na sjevernojadranskom šelfu u zimskim mjesecima, za vrijeme izraženih prodora hladnih zračnih masa nad Jadran. Tada, zavisno o termohalinim svojstvima mora koji prethode prodorima hladnog zraka u zimskom periodu, dolazi do stvaranja S vode procesima vertikalne konvekcije i miješanja. Njezina gustoća ovisi o inicijalnoj razdiobi temperature i slanosti te o iznosu gubitka energije iz mora, koji nastaje zbog prodora hladnog zraka i pojačane evaporacije. Najgušća S voda nastaje kod smanjenog dotoka sjevernojadranskih rijeka, te kod dugotrajnih epizoda bure, te može doseći sigma-t vrijednosti do 30. Nakon što je stvorena, S voda teče prema Jabučkoj kotlini

gdje se njezin najgušći dio akumulira, dok veći dio nastavlja gibanje prema južnom Jadranu preko Palagruškog praga (slika 5.).



Slika 5. Shema širenja sjevernojadranske (S) vode visoke gustoće u Jadranu. [10]

Za područje srednjeg Jadrana karakterističan je M tip, i to kada je izmjena vodenih masa između Jadrana i Sredozemlja mala. On zahvaća područje između sezonske termokline/piknokline i S vode stacionirane na dnu Jabučke kotline. Za vrijeme pojačanog dotoka A vode, M voda biva potisnuta i asimilirana u A vodu, koja može biti advektirana sve do sjevernog Jadrana. Godine u kojima dolazi do pojačanog dotoka levantinske vode visokog saliniteta u Jadrana nazivaju se ingresijske godine, a povezane su s generalnom atmosferskom cirkulacijom i razdiobom tlaka zraka nad Europom.

J tip vode nastaje u ciklonalnom vrtlogu unutar Južnojadranske kotline, za vrijeme zimskih mjeseci pri procesima duboke konvekcije. Nakon nastajanja, dio J vode se giba u pridnenim slojevima Otrantskih vrata prema dubokim slojevima Jonskog mora i istočnog Sredozemlja, dok se dio J vode zadržava u dubokim slojevima južnog Jadrana. [10]

4.6. UTJECAJ VJETRA NA STRUJANJE

Utjecaj vjetra na struje uočen je najprije u poluzatvorenim bazenima istočne obale kada su na tim lokacijama započeta sistematičnija mjerenja. Naime, ranije se je više mjerilo na otvorenom moru i to u pravilu po lijepom vremenu zbog nužnosti sidrenja broda. Tako dobiveni 24-satni nizovi mjerenja nisu ukazivali na utjecaj vjetra. Ekološke studije u obalnim bazenima zahtijevale su znatno duža mjerenja po svakom vremenu, što je bilo olakšano mjerenjima s plutača od sredine osamdesetih godina. Vjetar uzrokuje tranzijentne struje, koje mogu biti i za red veličine većeg iznosa od ostalih komponenti strujnog polja. Bura je vjetar koji vjerojatno najviše utječe na strujanje. Na sjevernom Jadranu i u pojedinim bazenima istočne obale (npr. Virsko more, Kaštelanski zaljev) pridonosi vrtložnosti strujnog polja, pa uzrokuje ili pojačava postojeće ciklonalne i anticiklonalne vrtloge, ovisno o konfiguraciji bazena. [5]

4.7. BILANCA VODE NA POVRŠINI JADRANA

Bilanca vode na površini mora, tj. protok mase označava se oznakom W, a sadrži tri komponente.

Prva komponenta je *precipitacija, odnosno iznos oborina* (P), a predstavlja prijenos tekuće i krute vode iz atmosfere u more ili na kopno u određenom vremenskom intervalu. Direktno se mjeri na kišomjernim postajama, no na žalost velika područja svjetskih oceana nisu pokrivena ovakvim mjerenjima. Stoga procjene ovog parametra nisu zadovoljavajuće preciznosti u pojedinim područjima.

Druga komponenta su *riječni dotoci* (R) koje je moguće točno odrediti, ali je njihov utjecaj ograničen na obalna područja i zatvorene bazene (gdje mogu bitno mijenjati termohalina svojstva i cirkulaciju), a nije izražen na otvorenim morima i oceanima. Protok mase u oceanima izravno je povezan sa salinitetom u površinskom sloju, dok u obalnim područjima i zatvorenim bazenima koji nemaju veliki doticaj s otvorenim morima (npr. Jadran i Mediteran) protok mase bitno utječe i na promjene morske razine.

Treća komponenta je *evaporacija, tj. stopa isparavanja* (E) i predstavlja količinu vode prenesene iz mora (tekuće stanje) u atmosferu (plinovito stanje) u određenom vremenskom intervalu. Ona ovisi o više faktora, kao što su: relativna vlažnost zraka,

temperatura zraka, temperatura mora i brzina vjetra. Bilancu vode na površini mora izražavamo kroz ovu formulu:

$$W = P + R – E$$

Komponente bilance vode na površini Jadrana su određene njegovim geografskim položajem, topografskim karakteristikama, riječnim slivovima od kojih je posebno važan sliv rijeke Po, te klimatskim karakteristikama koje općenito definiraju protoke na površini mora. Isparavanje ima sezonski hod s maksimumom u zimskim mjesecima te minimumom u ljetnom periodu. To je posljedica činjenice da je razlika između temperatura mora i zraka veća u zimskim mjesecima nego u ljetnim, pa je stoga isparavanje tada i veće. Osim toga, vjetar je dodatni čimbenik koji puše jače i češće zimi i tako pojačava isparavanje u odnosu na ljetno razdoblje. Oborine su također najizraženije u kasnu jesen i ranu zimu, a po iznosu i obliku su slične isparavanju, osim što djeluju suprotno – prenose vodu iz atmosfere u more. To je rezultat geografskog položaja Jadranskog mora koje je zimi na putanji atlantskih ciklona, dok je ljeti prevladavajuća Azorska anticiklona i stabilna vremenska situacija. Riječni dotoci su relativno veliki u usporedbi s globalnim odnosima pojedinih komponenata bilance vode, a primarno su uzrokovani velikim slivom rijeke Po koja predstavlja gotovo 1/3 svih slatkovodnih dotoka u Jadran. Minimum riječnih dotoka se javlja između srpnja i listopada, dok su visoki iznosi u ostalim razdobljima rezultat direktnih oborinskih voda u razdoblju od studenoga do veljače te topljenja snijega u proljetnom razdoblju. Kao rezultat mjerenja i motrenja javlja nam se da je bilanca vode na površini Jadrana pozitivna, odnosno Jadran više prima vode nego što je gubi, stoga Jadran kao cjelina predstavlja bazen dilucije. [10]

4.8. MORSKE MIJENE I RAZINA MORA U JADRANU

4.8.1. Općenito o morskim mijenama

Fenomen plime i oseke, tj. događaj kada se more podiže i spušta oduvijek je zanimao ljude, laike, a posebno ljude raznih struka koje su povezane s djelatnostima na i u moru, te u priobalju. Kada govorimo o dugoperiodičkim oscilacijama razine mora, tada mislimo na periode veće od cca 1 min, i njihovo pojavljivanje može se zahvaliti djelovanju plimotvorne sile kao i djelovanju atmosferskih sila, ponajprije tlaku zraka i vjetra.

Plimotvorna sila je uzrokovana gravitacijskim privlačenjem vodenih masa od strane Sunca i Mjeseca, te centrifugalnom silom koja se javlja uslijed revolucije Zemlje. Njezino djelovanje ima periodički karakter, sa najjače izraženim poludnevnim i dnevnim komponentama. Djelovanjem plimotvorne sile morska razina periodički oscilira, a epizode rasta odnosno pada razine mora definiramo kao morske dobi. Plima se definira kao vrijeme rasta razine mora, dok oseka predstavlja vrijeme opadanja razine mora. Utjecaj plimotvorne sile može mijenjati razinu mora preko deset metara u svjetskim oceanima, a u Jadranskom moru kao poluzatvorenom bazenu od tridesetak centimetara u južnom Jadranu do jedan metar u sjevernom Jadranu.

Meteorološki utjecaj na kolebanje razine mora je dvojak: prisilne oscilacije - uspori - koji su značajniji na periodima većim od jednog dana, te slobodne oscilacije - seši. Prisilne oscilacije su pod jakim utjecajem tlaka zraka, no još veći utjecaj imaju vjetrovi. Slobodne oscilacije predstavljaju odgovor mora na brze promjene meteoroloških parametara, a njihova je amplituda i pod utjecajem topografije bazena. Oba procesa zajedno mogu uzrokovati poplavljivanje obalnih područja, posebice za vrijeme živih morskih mijena.
Fluktuacije razine mora na dugim periodima mogu imati obilježja periodičkog i neperiodičkog kolebanja. Najintenzivnije periodičko osciliranje razine mora ima sezonski karakter. Uzrokovano je sezonskim promjenama gustoće mora, a ovisno je i o meteorološkim procesima na sezonskoj skali. Neperiodičko kolebanje razine mora je uzrokovano neperiodičkim djelovanjem meteoroloških parametara na klimatskoj skali, dinamičkim procesima u moru, te geološko-tektonskim promjenama morskog dna i podmorja.

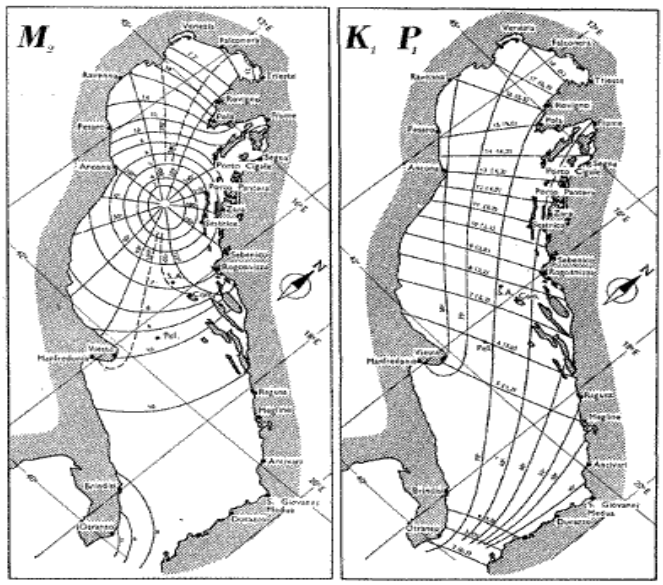
U zadnje vrijeme velika pozornost se pridaje antropogenom utjecaju na kolebanje odnosno rast razine mora. Naime, zbog poljoprivrednih i industrijskih aktivnosti povećava se koncentracija različitih plinova u atmosferi, npr. ugljičnog dioksida, metana, CFC spojeva i drugih. Ti plinovi vrlo dobro upijaju dugovalno zračenje Zemlje, na taj način povećavajući temperaturu Zemlje. Taj efekt, zvan efekt staklenika, djeluje i na porast razine mora koji nastaje prvenstveno uslijed termalnog širenja mora kao i otapanja polarnih kapa i alpskih ledenjaka.

4.8.2. Plimne oscilacije u Jadranu

Plimne oscilacije u Jadranu su uglavnom mješovitog tipa, osim u području ispred Zadra gdje su prevladavajuće dnevne oscilacije, zbog blizine amfidromijske točke poludnevnih harmonijskih komponenata. Ukupan raspon plimnih oscilacija kreće se od oko 30 cm u južnom Jadranu do oko 120 cm u Tršćanskom zaljevu, dok srednje dnevne amplitude iznose 22 cm u Dubrovniku, 23 cm u Splitu, 25 cm u Zadru, 30 cm u Bakru te 47 cm u Rovinju. Karakteristike plimnog signala dobijene su harmonijskom analizom podataka sakupljenih na **mareografskim postajama** u dugom vremenskom razdoblju, kao i pomoću **numeričkih modela** širenja plimnog signala.

U Jadranu je značajno sedam harmonijskih komponenata, četiri poludnevne (M_2, S_2, K_2 i N_2) i tri dnevne (K_1, O_1 i P_1). Razvoj plimnih oscilacija u Jadranu se obično opisuje pomoću komponenata s najvećom amplitudom M_2 i K_1, dok su svojstva ostalih poludnevnih komponenata slična s M_2, a dnevnih komponenata s K_1. Karakteristika poludnevnih komponenata je kruženje oko amfidromijske točke koja je smještena otprilike na pola puta između Ancone i Šibenika, a u kojoj su amplitude vrlo male. Idući od amfidromijske točke prema sjevernom Jadranu amplitude naglo rastu, a najviše vrijednosti poprimaju unutar Tršćanskog zaljeva (komponenta M_2 postiže vrijednosti do 26 centimetara). Od amfidromijske točke prema južnom Jadranu amplitude također rastu, te postižu najveće vrijednosti između Pelješca i talijanske obale, no one iznose manje od polovine najvećih vrijednosti u sjevernom Jadranu.

Dnevne komponente se šire od hrvatske obale prema talijanskoj, a njihova amplituda kontinuirano raste od južnog Jadrana prema sjevernom. Amplituda komponente K_1 iznosi od 5 cm u Dubrovniku do 18 cm unutar Tršćanskog zaljeva. Slika 6. prikazuje specifikacije glavne poludnevne M_2 i dnevne K_1 plimne komponente, određene na osnovi mareografskih mjerenja. [10]

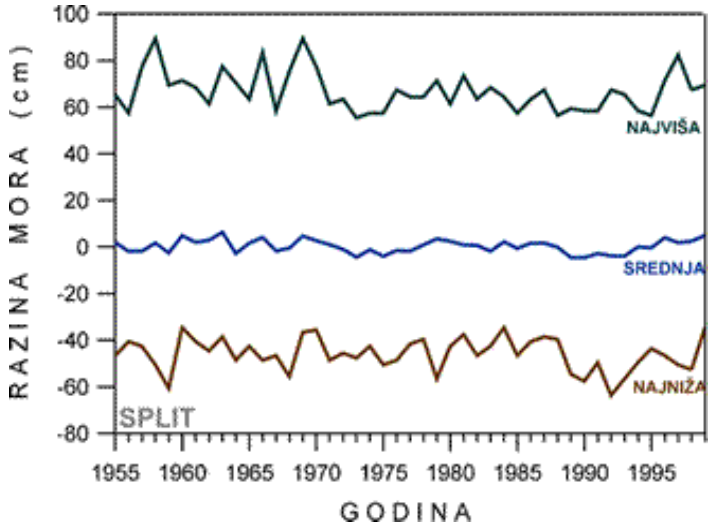


Slika 6. Karakteristike glavne poludnevne M_2 i dnevne K_1 plimne komponente, određene na osnovi mareografskih mjerenja [10]

4.8.3. Sezonske i klimatske promjene razine mora u Jadranu

Sezonske oscilacije razine Jadranskog mora su pretežno uzrokovane godišnjim hodom ukupne toplinske bilance, što ima za posljedicu grijanje odnosno hlađenje površinskog sloja mora. U proljeće (travanj-svibanj) javlja se stratificirana vertikalna struktura u moru odnosno termoklina (piknoklina), koja se zbog zagrijavanja razvija i produbljuje u ljetnim mjesecima. S dolaskom jeseni ona slabi kao posljedica izražene sinoptičke aktivnosti nad Jadranom dok se u zimskim mjesecima uspostavlja homogena struktura stupca mora. Proces nastajanja, razvoja i nestajanja termokline (piknokline) uzrokuje promjene gustoće u stupcu mora, te stoga utječe i na godišnji hod razine mora (tzv. sterički efekt). Najviše razine mora u Jadranu se javljaju za vrijeme razaranja termokline u jesenskim mjesecima (listopad-prosinac), a najniže u proljetnim i ljetnim mjesecima. Slika 7. prikazuje vremenski niz najviših, srdnjih i najnižih razina mora na primjeru Splita.

Promjene razine mora na višegodišnjoj skali su posljedica klimatskih fluktuacija općenito, npr. u tlaku zraka, u površinskim protocima topline, oborinama, itd. U Jadranu njihov iznos se procjenjuje na nekoliko centimetara, zbog čega nije moguće precizno izračunati trendove razine mora.



Slika 7. Vremenski niz najviših, srednjih i najnižih razina mora u Splitu [10]

Dosadašnja saznanja ukazuju na trend usporavanja porasta razine mora u Jadranu. No, ovdje je potrebno naglasiti važnost vertikalnih pomaka tla, koji na pojedinim područjima mogu pojačati trendove porasta razine mora, dok u nekim područjima (npr. Skandinavija) uzrokuju sniženje razine mora. Prema jednom od novijih istraživanja, usporavanje porasta razine mora u Jadranu je posljedica smanjenja oborina te dotoka slatke vode u Mediteranu, te promjene cirkulacije i hidrografskih svojstava dubokih vodenih masa. Međutim, u zadnjih desetak godina u Jadranu je primijećen izrazit porast razine mora, što govori o jačini višegodišnjih i višedekadnih klimatskih fluktuacija. Uočljive su višegodišnje fluktuacije razine mora, naročito fluktuacije maksimalnih razina mora. U ovom razdoblju linearni trend srednjih razina mora iznosi -2.5 cm/100 godina, no uočljiv je izraziti porast razine mora u zadnjih desetak godina.

Ako dođe do porasta razine mora od 50 cm u Jadranu, koliko se predviđa na globalnoj razini, tada bi višestruko porasla opasnost od poplavljivanja obalnih područja odnosno destruktivnog djelovanja mora na obalnu infrastrukturu. Tako bi poplavljivanje obalnih gradova i naselja u sjevernom Jadranu postalo redovita godišnja pojava. No, utjecaj bi se osjetio i u cijelom Jadranu, naročito u niskim naplavnim područjima kao što su delte rijeka npr. dolina rijeke Neretve, gdje bi moglo doći do zaslanjivanja velikih površina koje bi stoga bile neobradive. Alternativa tome je skupa izgradnja zaštitnih nasipa ili drugih načina obrane od visokih razina mora. [10]

5. ZAKLJUČAK

Prethodnicom oceanografskih istraživanja, odnosno istraživanja otvorenih mora (eng. *high seas*) smatra se putovanje broda *Beagle* (19. stoljeće), na kojem je Charles Darwin postavio znanstvene osnove za istraživanje Zemljine povijesti (stvaranje vrsta evolucijom), te promišljanjima o gibanju morskoga dna u nastojanju da objasni stvaranje koraljnih otoka. U početku oceanografija je isključivo služila potrebama plovidbe i iskorištavanju prirodnih bogatstava mora, ponajprije ribljeg fonda. Na osnovi podataka o morskim strujama, valovima, morskim mijenama i drugim oceanografskim elementima, pomorci su odabirali sigurniju plovidbenu rutu, odnosno poduzimali mjere za sigurniji boravak u luci. Za ribolovstvo vrlo je značajno poznavanje slanosti, temperature i sadržaja hranjivih soli na pojedinim područjima, kao indikatora ribljeg bogatstva. Oceanografski elementi mora od velike su važnosti za hidrotehničku gradnju i projektiranje brodova. Potrebe čovječanstva traže sve veće iskorištavanje mora i podmorja.

Međunarodna hidrografska organizacija je osnovana 1921. godine, ona je međuvladina savjetodavna i tehnička organizacija za hidrografiju čiji je cilj poticanje sigurnosti pomorskog prometa i zaštita morskog okoliša. Hrvatski hidrografski institut, član Međunarodne hidrografske organizacije slijednik je organizirane djelatnosti na Jadranskom moru. Organizirana hidrografska djelatnost na Jadranu provodi se već 200 godina. Stoga se i HHI svrstava u najstarije hidrografske organizacije svijeta sa čime možemo biti ponosni.

Jadranska oceanografija i hidrografija opisuje nam obilježja Jadranskog mora i priobalja, Spomenuli smo da se Jadransko more pruža u smjeru sjeverozapad - jugoistok, a nalazi između Balkanskog i Apeninskog poluotoka, u dužini 783 km. U sjeverozapadnom dijelu je plitko (u Tršćanskom zaljevu do 23 m), a na jugu mnogo dublje (u Južnojadranskoj zavali preko 1200 m). Prosječna dubina je oko 240 m. Temperatura jadranskog mora kreće se od 22 i 25 °C ljeti i 5 do 15 °C zimi. Prozirnost i modrina daleko su veće od drugih mora, te prozirnost iznosi i do 56 metara. Salinitet iznosi 38‰, što je više od svjetskog prosjeka. Morske struje su slabog intenziteta, uz istočnu, hrvatsku obalu, su tople, a uz zapadnu talijansku su hladne. Jadransko more obiluje raznim biljnim i životinjskim svijetom, brojnim otocima i uvalama, stoga bi ga trebalo zaštititi od onečišćenja te sačuvati prirodno bogatstvo i biološku raznolikost.

LITERATURA

[1] Alfirević S.: *Geologija Jadrana*, Biblioteka za prirodne nauke, Split, 1965.

[2] Gačić M., Zore-Armanda M.: *Oceanografija*, Pomorski fakultet, Dubrovnik, 1988.

[3] Riđanović J.: *Hidrogeografija*, Školska knjiga, Zagreb, 1989.

[4] Jugoslavenski leksikografski zavod Miroslav Krleža, *Pomorska enciklopedija*, Zagreb, 1989.

[5] Zore-Armanda M., *Razvoj fizičke oceanografije na Jadranu*, Pomorski zbornik 38, (2000)1, str., 301-331.

[6] www.pfst.hr, (25.siječnja, 2014.)

[7] https://www.archives.gov/exhibits/featured_documents/whistler_etching/, (3.svibnja, 2016.)

[8] www.wikipedia.org, (12.travnja 2016.)

[9] www.hhi.hr, (25.rujna 2015.)

[10] http://skola.gfz.hr/, (2.svibnja 2016.)

[11] www.izor.hr, (1.listopada 2015.)

[12] www.cim.irb.hr, (1.listopada 2015.)

POPIS SLIKA

Slika 1. Kolumbova putovanja [6] 8

Slika 2. Magellanova i Drakeova putovanja [6] 8

Slika 3. Jamesova karta [7] 22

Slika 4. Dubina Jadranskog mora [8] 25

Slika 5. Shema širenja sjevernojadranske (S) vode visoke gustoće u Jadranu. [10] 29

Slika 6. Karakteristike glavne poludnevne M_2 i dnevne K_1 plimne komponente, određene na osnovi mareografskih mjerenja [10] 34

Slika 7. Vremenski niz najviših, srednjih i najnižih razina mora u Splitu [10] 35